서울특별시교육감 인정
2011. 8. 5. | 2011-230



고등학교

지구 과학 I

교사용 지도서

이태욱 | 박수인 | 김완섭 | 강석철 | 이용준
이혜경 | 장헌영 | 김병노 | 이경은

(주)교학사



고등학교 **지구 과학 I**

교사용 지도서

이태욱 | 박수인 | 김완섭 | 강석철 | 이용준
이혜경 | 장헌영 | 김병노 | 이경은

(주)교학사

머리말

'2009 개정 과학과 교육과정' 의 '과학' 에서는 구체적인 과학 개념보다는 융합적 시각에서 우주, 생명, 문명에 대한 현대 과학적 해석을 통해 현대 과학의 의미, 가치, 역할을 통합적으로 이해시킴으로써 과학을 창의 · 인성 교육의 핵심 과목으로 활용한다.

현대 과학을 '우주와 생명' 과 '과학과 문명' 의 주제로 구분하여 제시함으로써 학교에서 가르치는 과학과 현대 사회에서 요구하는 과학의 격차를 해소하고, 학생들이 과학 지식과 과학적 탐구의 가치를 정확하게 인식할 수 있도록 하였다. 특히 완성도 높은 과학 교육을 통해 현실 생활에서 직면하게 될 문제를 정확하게 파악하고, 창의적으로 문제를 해결하는 능력을 기르도록 하였다. 궁극적으로는 문제 해결에 필요한 정확한 정보를 파악하여 사회와 원만하게 소통하고, 합리적인 의사 결정을 할 수 있도록 하여 민주화된 과학 기술 사회가 요구하는 창의 · 인성 교육을 강화하는 데 있다.

'2009 개정 과학과 교육과정' 에서는 과학 개념에 대한 통합적 이해를 강조하고, 이를 위하여 자연과 생명과 문명을 과학적으로 탐구하는 능력을 길러야 함을 목표로 제시하였다. 이러한 능력을 토대로 학생들이 과학 지식과 기술이 형성되고 발전하는 과정을 이해하고, 현실에서 직면하는 문제를 정확하게 파악하고, 합리적으로 해결할 수 있도록 하였다.

'2009 개정 과학과 교육과정' 의 지구과학 1은 지구와 우주에 대한 통합적 이해를 바탕으로 현대 지식 기반 사회의 민주 시민으로서 갖추어야 할 지구 과학에 대한 기초 소양을 함양하기 위한 과목이다. 이를 위해 지구와 우주에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 지구의 소중함과 아름다움을 인식하고, 지구 과학의 기본 개념을 이해하며, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러 지구 과학과 관련된 다양한 문제를 과학적으로 이해하고 해결하는 데 필요한 능동적인 태도와 과학적 소양을 기르는 데 학습 목표를 두고 있다.

'지구과학 1' 의 내용은 지구와 우주에 대하여 관심과 흥미를 가지고 학습할 수 있도록 소중한 지구, 생동하는 지구, 위기의 지구, 다가오는 우주라는 4개의 대단원을 설정하고, 그에 따른 9개의 중단원으로 구성하였다. 이와 같은 교육과정에 따라 교과서의 내용을 학생들에게 보다 쉽고 효과적으로 지도하는 데 도움을 주고자 '지구 과학 1 교사용 지도서' 를 개발하였다. 지도서의 내용 에서는 교수, 학습 상황에 따라 적절하게 대처할 수 있도록 충분한 참고 자료와 사례를 제공하였으며, 수업에서 필요한 핵심 내용을 판서 자료로 제공하였고, 탐구 활동은 실제 사전 실험을 통해 유의 사항을 제시하고, 그 결과를 자세히 제시하였다.

과학의 학습 지도는 같은 학습 내용이라 할지라도 교사에 따라 다양하게 전개될 수 있는 것이므로, 이 지도서에 제시한 학습 지도 방법은 하나의 예에 불과한 것으로 인식하여 주기 바란다. 따라서 교사는 이 지도서를 참고하여 각각의 교육 환경에 따라 창의적이고 효율적인 학습 지도 방법을 모색할 것이라 기대한다.

저자 일동

차례



총론

Ⅰ. 2009 개정 과학과 교육과정 해설 08
Ⅱ. 지구 과학 Ⅰ 교육과정 해설 13
Ⅲ. 교과서 및 지도서의 편찬 방향 42
Ⅳ. 신·구 지구 과학 Ⅰ의 내용 비교 52
Ⅴ. 교수·학습 연간 지도 계획 54
Ⅵ. 참고 문헌 56

각론

Ⅰ 소중한 지구

1. 행성으로서의 지구 60
1 생명체가 사는 유일한 행성–지구 62
2 생명체를 지키는 지구계의 구성 요소 65
3 지구계에서의 순환과 상호 작용 71
중단원 마무리 77

2. 지구의 선물 78
1 지하자원의 생성과 개발 80
2 토양의 생성과 이용 84
3 자원으로서의 대기와 물 87
4 해양 자원과 개발 92
5 친환경 에너지 95
6 관광 자원으로서의 지구 환경 97
중단원 마무리 99

3. 아름다운 한반도 100
1 한반도의 지질과 지형 102
2 한반도의 지질 명소 109
중단원 마무리 123

단원의 마무리 124
학업 성취도 평가 128

Ⅱ 생동하는 지구

1. 고체 지구의 변화 134
1 지진과 화산 136
2 판 구조론과 지각 변동 146
3 풍화 작용 152
4 사태 157
5 지질 재해의 피해와 대책 160
중단원 마무리 173

2. 유체 지구의 변화 174
날씨의 변화 176
1 태풍 181
2 우리나라의 주요 악기상 184
3 대기의 순환 189
4 대기의 순환과 해류 195
5 자연 재해의 피해와 예방 197
6 단원 마무리 203

단원의 마무리 204
학업 성취도 평가 208

Ⅲ 위기의 지구

1. 환경 오염 214

1 환경 오염의 발생 과정 216
2 환경 오염으로 인한 피해 220
3 우주 쓰레기 223
중단원 마무리 225

2. 기후 변화 226

1 과거의 기후 변화 228
2 기후 변화의 원인 231
3 지구 온난화 236
4 지구 환경의 변화 244
5 지구 환경 보존을 위한 노력 254
중단원 마무리 257

단원의 마무리 258

학업 성취도 평가 262

Ⅳ 다가오는 우주

1. 천체 관측 268

1 천체의 겉보기 운동 270
2 행성의 운동과 태양계 모형 276
3 태양 관측 286
4 달 관측 292
중단원 마무리 299

2. 우주 탐사 300

1 망원경과 우주선 302
2 태양계 탐사와 태양계 구성원의 특징 310
3 외계 생명체와 외계 행성 탐사 319
중단원 마무리 323

단원의 마무리 324

학업 성취도 평가 328





저자 약력 및 집필진

이태욱 | 대표 저자
- 서울대학교 사범대학 지구과학교육과(이학사)
- 서울대학교 대학원 과학교육(박사)
- (전) 상경중 교장
- esetw@chol.com

박수인 | Ⅰ · Ⅱ 단원 집필
- 서울대학교 사범대학 지구과학교육과(이학사)
- 독일 필립스 대학교 지질과학대학(박사)
- (전) 한국 지구과학회 회장
- (현) 강원대학교 자연과학대학 지질학과 전임교수
- sweenp@kangwon.ac.kr

김완섭 | Ⅱ 단원 집필
- 서울대학교 사범대학 지구과학교육과(이학사)
- 서울대학교 대학원 과학교육(석사)
- (전) 서울특별시 교육연구정보원 교육연구사
- (현) 서울특별시 중부교육지원청 장학사
- zeehak@sen.go.kr

강석철 | Ⅳ 단원 집필
- 서울대학교 사범대학 지구과학교육과(이학사)
- 서울대학교 대학원 과학교육(석사)
- (전) 서울과학고등학교 교사
- (현) 신도림고등학교 교사
- origin@paran.com

이용준 | Ⅲ 단원 집필
- 서울대학교 사범대학 지구과학교육과(이학사)
- 서울대학교 대학원 과학교육(석사)
- (전) 서울과학고등학교 교사
- (현) 용산고등학교 교사
- 3dragong@hanmail.net

이혜경 | Ⅰ · Ⅲ 단원 집필
- 서울대학교 사범대학 지구과학교육과(이학사)
- 서울대학교 대학원 과학교육(석사)
- (전) 문정고등학교 교사
- (현) 광양고등학교 교사
- yaklee@hanmail.net

장헌영 | Ⅳ 단원 집필
- 연세대학교 이과대학 천문학과(이학사)
- 영국 케임브리지 대학교 천문학과(박사)
- (전) 고등과학원 조교수
- (현) 경북대학교 천문대기과학과 교수
- hyc@knu.ac.kr

김병노 | Ⅳ 단원 집필
- 서울대학교 사범대학 지구과학교육과(이학사)
- 서울대학교 대학원 과학교육(석사)
- (전) 서울대학교 부설여자중학교 교사
- (현) 서울과학고등학교 교사
- sirius10@dreamwiz.com

이경은 | Ⅱ 단원 집필
- 교원대학교 지구과학교육학과(이학사)
- 서울대학교 대학원 과학교육(석사)
- (전) 서울대학교 부설여자중학교 교사
- (현) 용산고등학교 교사
- parknlee@chol.com



총 론

Ⅰ. 2009 개정 과학과 교육과정 해설 08

Ⅱ. 지구 과학 Ⅰ 교육과정 해설 13

Ⅲ. 교과서 및 지도서의 편찬 방향 42

Ⅳ. 신 · 구 지구 과학 Ⅰ의 내용 비교 52

Ⅴ. 교수 · 학습 연간 지도 계획 54

Ⅵ. 참고 문헌 56



I 2009 개정 과학과 교육과정 해설

1. 과학과 교육과정 개정의 배경

21세기의 인류는 세계화 · 정보화의 거센 물결과 함께 기후 변화, 에너지, 식량, 환경 등의 분야에서 심각한 어려움에 직면하고 있다. 우리 사회도 1990년대의 민주화 이후 국토 개발, 에너지, 환경, 보건 · 위생, 안전 등 과학 기술과 관련된 복합적인 사회 문제에 의한 심각한 갈등으로 선진국으로의 도약을 위한 노력에 어려움을 경험하고 있다. 치열한 무한 기술 경쟁에 적절하게 대응하고, 새로운 패러다임으로 자리를 잡고 있는 저탄소 녹색 성장의 꿈을 실현시키면서, 동시에 과학 기술과 관련된 복합적인 사회 문제를 합리적이고 원만하게 해결할 수 있는 높은 수준의 창의성과 인성을 모두 갖춘 인재를 양성하기 위한 교육이 필요한 것도 그런 이유 때문이다.

민주화된 과학 기술 시대가 요구하는 인성은 상대에 대한 이해와 배려를 기반으로 하는 기초적인 윤리적 수준을 넘어서, 자연과 인간의 문명에 대한 충분한 현대 과학적 이해를 근거로 합리적으로 문제를 파악하고, 남과 소통하고, 비판적으로 판단하고, 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 기본적인 능력을 말한다(스노우, 2001; 김영식, 2007, 2009; 호프만, 1996; 이덕환, 2007). 과학 기술 시대가 요구하는 높은 수준의 창의성과 인성을 길러 주기 위해서는 우리 과학 교육의 방향도 달라져야만 한다.

이제 미래를 지향하는 과학 교육은 과학자 양성에 필요한 지나친 개념 중심의 교육에서 과감하게 벗어나, 문과와 이과의 구분 없이 모든 학생들에게 인위적 분과 과목 구분의 벽을 뛰어넘는 융합 교육을 통한 진정한 창의 · 인성 교육을 추구해야 한다.

2007년 2월 28일 개정 고시되어 2009년부터 적용되기 시작했던 '2007 개정 교육과정'은 1997년에 개정된 '제7차 교육과정'의 기본 철학을 유지하면서 그동안의 사회 · 문화적 시대 상황의 변화를 반영하기 위한 수시 개정으로 도입되었다. 2009년 12월 23일 교육과학기술부 고시 제2009-41호로 고시된 '2009 개정 과학과 교육과정'은 본격적인 '융합형' 교육을 통해 과도한 분과적 교육의 한계를 극복하고, 불합리한 문과와 이과의 구분을 넘어서 모든 학생들에게 현대 과학의 의미, 가치, 역할을 이해시키는 동시에, 완성도 높은 심화 교육을 통해 미래 과학기술 사회가 요구하는 높은 수준의 창의성과 인성을 고루 갖춘 합리적 인재를 양성하는 것을 목표로 한다. 개정된 교육과정은 2011년부터 고등학교에 단계적으로 적용된다.

2. 과학과 교육과정의 변천

과학과 교육과정은 학교에서 실현될 과학 교육의 방향을 제시한다. 우리나라의 과학과 교육과정은 1945년 이후 여덟 번 개정되었다.

처음은 교수 요목 시기(1946~1954)로서 우리 실정을 고려한 교육 이념과 교수 요목을 만들었고, 제1차 교육과정 시기(1954~1963)에는 처음으로 우리 실정을 고려한 교육과정의 체제와 기틀이 마련되었다. 제2차 교육과정의 시기(1963~1973)는 국가의 과학 기술 발전을 도모하기 위한 방안으로써 과학교육을 강화할 필요성에 따라 과학의 기초적인 중요 내용을 정선하여 지도한 시기였고, 제3차 교육과정의 시기(1973~1981)는 미국의 과학 교육 개혁 움직임의 영향을

받아 학문 중심 또는 탐구 중심의 과학 교육 이념이 크게 부각된 시기였다. 그 결과 각급 학교의 과학 교육에서 학년별 단원 수는 줄어들었지만 과학의 학문 영역별 중요 개념 중심으로 구조화되었고, 학습 내용의 수준도 높아졌으며, 관찰, 실험 등 탐구 활동도 강화되었다.

제4차 교육과정의 시기(1981~1987)는 학문 중심 교육과정의 영향을 많이 받았다. 개정의 주안점은 교육 내용을 지식의 학문적 체계뿐만 아니라 유용성 면에서 정선하고, 그 수준을 적정화한 것이었다. 그러나 지나친 학문 중심의 교육 사조 때문에 내용이 어렵고, 학습 부담이 많으며, 일상생활과 거리가 있어 과학자가 될 일부 학생만을 위한 과학 교육이라는 비판을 받았다. 제5차 교육과정의 시기(1987~1992)에는 제4차 교육과정의 지나친 학문 중심 교육과정에 대한 비판과 1980년대 초에 미국에서 일기 시작한 '모든 이를 위한 과학(Science for All)' 개혁의 움직임을 수용하여 과학 · 기술 · 사회(STS) 관련 내용을 과학 교육에 적극적으로 반영하였다. 제6차 교육과정의 시기(1992~1997)는 시대적 변화에 대처하고 문제를 해결할 수 있는 능력을 기르며, 생활인으로서 필요한 과학적 탐구 활동을 통하여 과학의 기본 개념의 이해, 과학적 사고력의 신장, 그리고 과학적 증거를 바탕으로 자기의 생각과 타인의 견해를 비교하여 합리적으로 판단하고 옳은 것을 받아들이려는 과학적 태도를 길러 주는 데 역점을 두었다.

'제7차 교육과정' 의 시기(1997~2007)는 2000년대를 주도해 나갈 능력과 교양을 갖춘 새로운 가치 창조자로서 의식 있는 한국인을 기르기 위해 마련된 것으로, 그 철학이나 교육 방식에서 기존 교육과정과는 차별화되도록 고안되었다. '제7차 교육과정' 은 국민 공통 기본 교육과정과 고교 선택중심 교육과정의 설정, 심화 · 보충형 수준별 교육과정의 도입, 교육과정 편성 · 운영의 자율권 확대, 교육과정 평가와 질 관리의 강화 등을 주요 특징으로 하였다. 그러나 '제7차 교육과정' 이 추구하고 있는 이상과 현장의 교육 환경 사이의 괴리로 인해 '제7차 교육과정' 의 적용 과정에서 여러 가지 어려움 점이 있었으며, 그동안 각계 각층이 개정의 필요성을 제기하였다. 특히, '제7차 교육과정' 에 대해서는 심화 · 보충형 수준별 교육과정 운영의 한계, 10학년 과학의 이수 단위 수의 부족, 이공계 기피의 심화 등 교육과정 안팎에서 드러난 크고 작은 문제점이 제기되었다.

'2007 개정 교육과정' 의 시기(2007~2009)는 '제7차 교육과정' 의 기본 철학을 유지하면서 그동안의 사회 · 문화적 시대 상황의 변화를 반영하기 위한 수시 개정으로 도입되었다. '과학적 소양 함양' 과 '창의성 교육' 을 강조하면서, 10학년 '과학' 의 이수 단위를 늘리고, 어려운 내용을 삭제하고 단원을 통합하여 학습량을 감축하고, 과도한 탐구 활동을 적정화하기 위해 노력하였다. 특히 학생 스스로 주제를 선택하여 자기 주도적으로 심화된 탐구를 할 수 있는 '자유 탐구' 를 도입하고, 과학 글쓰기와 토론 등을 통한 평가의 다양화도 시도하였다.

그러나 과학에 대한 학생들의 관심이 급격하게 줄어들고, 국제 성취도 평가에서 우리 학생들의 학력 저하가 심각해지고, 선택 중심 교육과정에서 과도한 과목 분할에 따른 문제 등이 지속적으로 지적되면서, 선택 중심 교육과정을 합리적으로 조정하고, 과학 교육을 획기적으로 강화해야 한다는 의견이 과학계, 과학교육계, 교육 현장을 중심으로 강하게 제기되었다. (한국과학기술한림원, 2008).

2009년 7월 대통령 직속 교육과학기술자문회의가 국민 공통 기본 교육 과정을 9학년까지로 조정하고, 고등학교의 과도한 선택 과목을 정비하고, 모든 학생이 적어도 15단위 또는 20단위 이상의 과학을 반드시 이수해야 하고, 대학교육선이수과정(UP)을 정규 교육과정으로 편성할

수 있도록 하는 '미래형 교육과정'을 발표하였다.

'2009 개정 과학과 교육과정'은 한국과학기술단체총연합회, 한국과학기술한림원, 한국공학한림원, 전국자연과학대학장협의회, 한국과학교육학회 등 13개 과학(교육) 단체가 교육과학기술부에 새로운 교육과정에 대한 '동의서'를 제출하고, 각종 토론회, 공청회, 교육과정 심의회의 검토와 심의를 거쳐 확정되었다. 한편, 교육과학기술부는 2010년 1월 11일 고시 제2010-1호를 통해 고등학교 과학과의 모든 교과서(과학, 물리 Ⅰ, 물리 Ⅱ, 화학 Ⅰ, 화학 Ⅱ, 생명 과학 Ⅰ, 생명 과학 Ⅱ, 지구 과학 Ⅰ, 지구 과학 Ⅱ)를 '인정 도서'로 전환하는 정책을 발표하였다. 이는 교과서 집필자와 출판사의 독창성과 전문성을 최대한 발휘하게 함으로써 교과서의 다양성을 보장하기 위한 노력이다.

3. 최근 외국의 과학 교육 동향

21세기에 들어서면서 세계의 거의 모든 선진국들은 초·중등학교의 과학 교육을 강화하기 위한 적극적인 노력을 기울이고 있다. 일본에서는 '교육재생 간담회'를 발족시켜 학교 교육의 시수 10% 확대와 수학 교육과 과학 교육 강화를 핵심으로 하는 개혁안을 정부에 제출했다. 미국 국가과학위원회는 "미국에서는 일관된 STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics) 교육 강화 기조 유지 및 고도의 역량을 갖춘 교사 양성 등의 강력한 개혁안을 건의하였고, 또한 수학계와 과학계의 석학들이 결성한 수학과학교육위원회(Commission on Mathematics and Science Education)에서 "너무 많은 내용을 깊이 없이" 가르치는 과학 교육 과정의 문제점을 지적하고, 대학에서 보다 상급의 내용을 배우기 위해 필요한 과학의 핵심 내용을 지정하고, 그에 대한 구체적인 성취 기준을 설정할 것을 제안하였다. 또한 과학의 여러 분야를 통합적으로 교육해야 한다는 추세에 발맞추어 "우주에서 인간의 위치(where we are in the universe)"와 "우리는 어떻게 여기까지 왔는가(how we came to be)"라는 다분히 인문학적인 두 가지 융합적 주제를 중심으로 과학의 모든 핵심 내용을 다루는 방법을 제안하였다. 싱가포르에서는 2008년부터 시행 중인 과학 교육과정에서 다양성, 모형과 시스템, 상호 작용 등의 흥미로운 주제를 중심으로 하는 통합적 주제를 다루고 있다.

4. 과학과 교육과정 개정의 필요성

1997년에 마련되어 2000년부터 본격적으로 적용되었던 '제7차 교육과정'은 21세기의 세계화·정보화 시대를 주도할 자율적이고 창의적인 한국인을 육성하기 위한 것이었다. 학습자 중심의 다양하고 특성화된 교육과정을 강조하였지만, 학교 현장의 현실적인 여건이 교육과정의 운영을 충분히 뒷받침해 주지 못하면서 교사들의 부담이 늘어나는 등 당초 기대했던 성과를 거두지 못한 것으로 평가되었다(이화성 외, 2008). 2007년에 고시된 '2007 개정 교육과정'은 '제7차 교육과정'의 교육 철학을 유지하면서, 그동안의 사회·문화적 환경의 변화를 수용하고, 교사의 수업 부담 가중, 과학 수업 시수의 부족, 학생들의 과학에 대한 흥미 상실 등의 문제를 해결하려고 노력하였다. 그러나 학생들의 학력 저하와 과학기술과 관련된 사회적 갈등과 분열이 심각하게 인식되기 시작했고, 기초 인성의 수준을 넘어서는 수준 높은 창의·인성을 강조하는 새로운 과학 교육에 대한 강력한 사회적 요구를 수용하기 위해서는 다음과 같은 획기적인 과학과 교육과정의 개정이 필요하게 되었다.

첫째, 민주화된 미래 과학기술 시대를 살아갈 인재는 단순히 분과적 과학 개념이 아니라 현대 과학의 의미, 가치, 역할에 대한 충분한 이해가 반드시 필요하다. 현대 과학은 더 이상 과학자의 전유물이 아니라 국민 모두가 반드시 갖춰야 하는 필수 소양이다. 현대의 과학은 국가 경쟁력과 학문적 지식 증진을 위해서 뿐만 아니라, 민주화된 사회에서 국민들의 다양한 의견을 합리적으로 수렴하고, 원만하게 조정하기 위한 가장 현실적이고 효율적인 수단이기 때문이다.

둘째, 불합리한 '문과'와 '이과'의 구분에서 확실하게 벗어나서 모든 학생에게 미래 사회가 요구하는 높은 수준의 창의·인성 함양을 위해 과학 교육을 강화해야 한다. 현대 과학기술 시대의 인성은 단순히 인문학이나 윤리학의 수준을 넘어서야 한다. 자연을 무시한 인문학이나 윤리학이 의미가 없는 것과 마찬가지로 인간을 무시한 과학도 의미가 없다. 현대 민주화된 과학기술 사회의 인성에는 자연과 인간과 문명에 대한 현대 과학적 이해가 반드시 필요하다. 이제 과학 교육에서는 단순히 과학자 양성을 위한 창의성만 강조할 것이 아니라, 모든 학생의 인성 함양을 위해 누구에게나 과학 교육이 반드시 필요하다는 인식을 공유해야만 한다.

셋째, 물리, 화학, 생명 과학, 지구 과학으로 지나치게 세분화된 틀에서 벗어난 융합형 과학 교육이 필요하다. '제7차 교육과정'과 '2007 개정 교육과정'에서 7학년부터 10학년까지의 과학은 물리, 화학, 생명 과학, 지구 과학이라는 철저하게 인위적으로 구분된 분과적 개념 위주 교육의 틀을 벗어나지 못해 당초 통합 교육의 취지를 살리지 못했고, 학생들에게 과학의 중요성을 충분히 일깨워 주지도 못했으며, 심화 과정에서 과학을 애써 배워야 한다는 동기 부여에도 어려움이 있었다. 이제 학생들이 우주, 지구, 생명, 인간, 문명에 대한 융합적 해석을 통해 현대 과학이 무엇이고, 인류 문명에 어떤 가치가 있는 것이고, 미래 사회에서 어떤 역할을 할 것인지를 이해함으로써 누구나 과학의 심화 과정을 배울 수밖에 없다는 분명한 동기를 부여해 주어야 한다.

넷째, 학교에서 가르치는 과학과 현실 사회에서 필요한 과학 사이의 격차도 해소해야 한다(이덕환, 2007). 실생활이나 자연에서 관찰할 수 있는 단순한 과학적 원리를 강조하는 수준을 넘어서 현실 생활에서 일상적으로 직면하게 되는 과학적 문제를 충분히 이해하고 합리적으로 판단할 수 있는 능력을 길러 주어야 한다. 어려운 개념 위주의 교육보다 과학의 맥락을 이해함으로써 학생들이 과학적 문제를 확실하게 인식하고 합리적으로 해결할 수 있도록 해주어야 한다.

다섯째, 창의성과 탐구에 관심이 없는 학생들에게도 과학을 가르쳐야 한다. 창의성이 과학에만 한정된 것도 아니고, 창의성이 부족하거나 탐구와 실험을 좋아하지 않는 학생도 과학은 반드시 배울 수밖에 없는 현실이다. 창의성과 함께 과학적 소양과 과학 정신을 바탕으로 하는 수준 높은 인성의 중요성을 강조하고, 탐구와 실험을 적절한 수준으로 순화해서 모든 학생들이 과학 교육을 즐기는 수준을 넘어서 과학의 진정한 의미와 중요성을 인식하도록 유도해야 한다.

여섯째, 과학 교육의 완성도를 향상시켜야 한다. 단순히 과학의 내용이 어려워서 학생들이 과학을 싫어하게 되었다는 지적보다는, 지나치게 어려운 것을 가르칠 이유는 없지만 어려운 내용도 꼭 필요한 것이라면 효율적으로 가르치는 교수·학습법을 적극적으로 개발하도록 노력해야만 한다. 특히 '제7차 교육과정'에서 처음 채택했던 주제 중심의 접근 대신 과목의 내용을 지구 과학 Ⅰ과 지구 과학 Ⅱ로 분산시키고, 어렵지만 꼭 필요한 내용을 추가하여 분과별 완성도를 향상시킬 필요가 있다.

일곱째, 과학에서도 글 읽기와 쓰기의 중요성을 강조해야 한다. 과학에서도 글을 통한 소통이 절대적으로 중요하기 때문에 과학 교육에서도 글 읽기와 쓰기를 충분히 강조해야 한다.

이러한 개선의 필요를 고려하여 미래의 민주화된 과학기술 시대를 살아갈 학생들에게 필요한 진정한 의미의 창의 · 인성 교육에 필요한 과학과 교육과정을 마련하였다. '2009 개정 과학과 교육과정' 은 무한 기술 경쟁에서 우리 사회의 생존을 보장하고 과학기술과 관련된 심각한 복합적 사회 문제를 해결할 수 있는 능력을 갖춘 인재 양성을 위해서는 과도한 선택 과목을 정비하고, 융합형 교육을 통해 창의 · 인성 교육을 강화해야 한다는 시급한 사회적 요구에 따라 마련된 것이다.

21세기의 과학 교육은 정보 혁명을 기반으로 하는 민주화된 과학기술 사회에서 살아가기 위해 필요한 현대 과학적 내용을 핵심으로 하여야 한다. 이를 바탕으로 모든 학생들이 미래 사회의 변화에 합리적으로 대응하여 개인적으로 행복을 추구하고, 복잡한 사회 문제에 대해 합리적이고 원만한 합의에 능동적으로 참여할 수 있는 창의 · 인성을 갖추도록 해야 하고, 이공계 대학으로 진학할 학생들에게는 대학 교육에 필요한 충분한 기초 지식을 배울 수 있도록 해 주어야 한다.



Ⅱ 지구 과학 Ⅰ 교육과정 해설

1. 지구 과학의 학문적 특성과 영역

지구 과학은 인간이 살고 있는 삶의 터전인 지구와 그 지구를 둘러싸고 있는 우주에서 일어나는 각종 자연 현상을 과학적인 탐구 방법을 통하여 연구하는 학문이며, 연구를 통하여 밝혀낸 사실들을 인간의 생활에 응용하여 삶의 질을 더욱 높이려는 학문이다. 이와 같은 지구과학의 탐구는 지구 표면에서부터 지구의 깊숙한 내부, 지구를 둘러싸고 있는 바다와 대기, 그리고 태양계 천체와 우주까지 그 영역이 확장된다. 시간적으로는 우주의 탄생에서부터 현재와 미래까지, 공간적으로는 주변의 사소한 현상부터 광활한 우주 전체를 포함한다. 따라서 지구과학은 다음과 같은 학문적 특성을 갖는다고 볼 수 있다.

첫째, 지구 과학적 사건은 원인으로부터 결과에 이르기 까지 짧은 시간부터 매우 긴 시간까지 다양한 시간 규모를 가진다.

둘째, 지구 과학의 탐구 대상은 원자에서부터 우주까지 매우 다양한 공간 규모를 가진다.

셋째, 지구 과학의 탐구 대상은 실험을 통해 재현하기 어려운 경우가 많아서 모형 실험이나 시뮬레이션을 많이 활용한다.

넷째, 지구와 우주에서 일어나는 현상에는 매우 많은 변인이 복합적으로 작용하고 있어 개별 연구가 어렵고, 통합적인 연구가 필요하다.

다섯째, 지구 과학의 탐구 대상은 직접 접근하여 연구하기 어려운 경우가 많아 원격 탐사를 통해 얻어진 자료를 해석하여 결론을 도출하는 간접적인 연구가 많다.

지구 과학에서 탐구하는 영역은 크게 4가지로 나누어진다. 지각과 지구 내부를 연구하는 지질과학, 각종 기상 현상이 일어나는 대기를 연구하는 대기과학, 바다와 해저에서 일어나는 현상을 연구하는 해양과학, 그리고 지구 밖의 환경과 천체를 연구하는 천문학이 그것이다. 이들 영역은 과거에는 각기 독립된 학문 분야로서 연구되어 왔으나, 근래에는 각 영역이 서로 영향을 미치며 상호 보완 관계에 있다는 것이 알려짐으로써 지구 환경과학이라는 입장에서 하나로 통합되어 연구하고 있는 경향이다.

2. 지구 과학 Ⅰ의 성격

'지구 과학 Ⅰ'은 지구와 우주에 대한 통합적인 이해를 바탕으로 현대 지식기반 사회의 시민이 갖추어야 할 지구 과학에 대한 기초 소양을 함양하기 위한 과목이다.

따라서 '지구 과학 Ⅰ'의 내용은 학생이 지구와 우주에 대하여 관심과 흥미를 가지고 학습할 수 있게 '소중한 지구', '생동하는 지구', '위기의 지구', '다가오는 우주' 등의 주제로 내용을 구성하였다. '소중한 지구' 단원에서는 지구계를 구성하는 각 권의 상호 작용과 에너지의 순환 등을 이해하여 지구 환경을 구성하는 모든 요소가 밀접하게 연관되어 있음을 이해하고, 지구의 다양한 자원에 대한 소중함과 우리나라의 지질을 이해하게 하였다.

이를 바탕으로 이후 단원에서는 지구와 우주에 관한 현상들을 통합적인 관점에서 접근할 수 있게 구성하였다.

이와 같이 '지구 과학 Ⅰ'에서는 시·공간적으로 밀접하게 관련된 지구와 우주에 관한 현상을 통합적으로 이해하는 데 초점을 맞추며, 지구와 우주 및 주변 환경의 변화에 대한 인간의 탐구 노력과 지식의 발달 과정을 이해하여 올바른 자연관과 우주관을 가지게 하였다. 또한 지구 과학의 발달 과정을 통해 과학적 지식이 새로운 발견에 의해 끊임없이 변화할 수 있음을 인식시키도록 하였다.

여기서 더 나아가 '지구 과학 Ⅰ'은 지구에서 일어나는 자연적 변화와 인간 활동에 의해 일어나는 변화를 통한 지구 환경 변화의 심각성을 인식하고 이를 과학적으로 이해하며, 적절한 대응 능력을 기르는 기회를 가지게 하였다. 고체 지구의 변화와 유체 지구의 변화에서는 지진, 화산, 기상 현상, 해양 재해 등을 다루어 인간 생활과 직접적으로 연관되는 지구의 변화에 대한 전반적인 특징을 실제 사례를 바탕으로 실제적이고 포괄적으로 이해하게 구성하였다. 이를 바탕으로 환경 오염과 기후 변화에서는 이와 같은 지구의 변화에 대한 자연적인 원인과 인간 활동에 의한 원인을 구분하여 그 인과 관계를 체계적으로 이해할 수 있게 구성하였다.

마지막으로 '지구 과학 Ⅰ'에서는 급속도로 발전하고 있는 우주 과학의 흐름을 이해하게 하기 위해 최신의 다양한 우주 탐사 동향과 연구 성과를 다룰 수 있게 하였다. 특히 우주 탐사는 우주 망원경, 우주 탐사선의 특징, 최신 우주 탐사 계획에서 최근의 경향을 충분히 반영하여 구성하였다. 또한 학습자의 경험과 관련된 주제를 중심으로 지구 과학에 대한 흥미와 관심을 일으켜 지구 과학의 기본 개념을 학습하고, 관찰, 실험, 조사, 토론 등 다양한 활동을 통하여 탐구 능력을 기르게 하였다. 탐구 활동은 교육과정에 제시된 '탐구 활동 예시'를 참조하여 학생들의 학습에 도움이 되도록 구성하였으며, 학교의 여건이나 수업 상황에 맞추어 일부 탐구 활동을 선택하거나 다른 활동으로 대체 또는 추가 도입을 하도록 하였다.

3. 지구 과학 Ⅰ의 목표

지구와 우주에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 지구의 소중함과 아름다움을 인식하고, 지구 과학의 기본 개념을 이해하며, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러, 지구 과학과 관련된 다양한 문제를 과학적으로 이해하고 해결하는 데 필요한 능동적인 태도와 과학적 소양을 기른다. 또한 지구 과학의 탐구 방법을 이해하고 이를 활용하여, 실제로 지구 과학과 일상생활에 관련된 문제에 대하여 탐구할 수 있는 능력을 배양한다.

지구 과학은 내용 영역을 고체 지구, 대기와 해양, 우주로 나눌 수 있지만, 이 네 개의 영역이 상호 작용하는 유기적인 시스템을 형성하고 있음을 이해하는 것이 중요하며, 따라서 종합적인 시야에서 올바른 개념 체계를 갖고 이론을 이해하는 것이 중요하다.

'지구 과학 Ⅰ'은 일반 학생들에게 지구와 우주에 흥미와 관심을 가지게 하고, 현대 지식 기반 사회의 시민으로서 갖추어야 할 지구 과학에 대한 기초 소양을 함양시키고자 하는 교과 성격에 따라 지구계의 각 영역에 대한 기본적인 내용들을 학습하고, 기술 발달과 사회상의 변화에 따라 지구 과학의 발전 정도가 달라짐을 이해할 수 있게 한다. 이를 바탕으로 현 인류가 당면한 전 지구적 또는 우주적 문제들에 대하여 과학적인 시각에서 해결책을 탐구해 보는 기회를 제공하게 되었다.

이를 달성하기 위한 목표는 4가지로 구성되어 있다.

가. 지구 과학의 기본 개념을 이해하고, 지구와 우주에 관한 문제 해결에 이를 적용한다.

지구를 구성하는 지권, 기권, 수권, 생물권 등의 각 영역이 유기적으로 긴밀하게 상호 작용하고 있음을 이해하고, 이러한 지구계에 대한 통합적인 관점과 이해를 바탕으로 지구 과학에 관련된 문제들을 해결하는 능력을 기르게 한다.

나. 지구와 우주를 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 지구 과학과 관련한 전 지구적 문제와 일상생활의 문제에 대한 과학적 이해와 해결 방안 모색에 이를 활용한다.

탐구 활동을 통해 학생들이 일상생활에서 접할 수 있는 지구 과학에 관련된 문제를 직접 해결하고 탐구하는 기회를 갖도록 하며, 또한 학생들의 직접적인 활동을 통해 현장에서 얻을 수 있는 자료를 이해하고 활용할 수 있는 능력을 기르도록 한다.

다. 지구와 우주의 소중함과 아름다움을 인식하고, 흥미와 호기심을 가지고 지구와 우주에 관한 문제를 과학적으로 해결하고 실천에 옮기는 태도를 기른다.

학생들이 삶의 터전으로서의 지구에 대한 소중함을 깨닫고 아름다움을 느끼며, 생명체가 존재할 수 있는 지구 환경의 특징과 지구로부터 얻을 수 있는 자원과 에너지의 중요성과 유한함을 인식하게 한다. 또한 지구에서 나타나는 자연적인 변화와 인간에 의한 변화를 이해하고, 인간 활동에 의해 나타나는 지구 환경의 변화로부터 나타나는 여러 가지 문제들을 이해하고 해결하려는 태도를 기르게 한다.

라. 과학 · 기술 · 사회의 상호 관계를 인식하고, 지구와 우주에 관한 문제에 대한 사회적 논의에 건설적으로 참여한다.

지구 과학의 발전은 자원 탐사, 기후 변화, 항공 우주 공학, 농수산 등 인간의 생활과 관련 있는 다양한 분야의 기술 발달에 영향을 끼침을 이해하게 한다. 최근 과학 기술의 발달에 따라 지구 과학의 발전이 이루어지고 있음을 다양한 사례를 통해 이해하고, 나아가서는 지구나 우주와 관련된 사회적 논의의 배경과 내용을 이해하고 건설적으로 참여하는 능력과 자세를 가지도록 한다.

4. 지구 과학 Ⅰ의 내용 및 해설

가. 내용 체계

영역		내용 요소
소중한 지구	행성으로서의 지구	생명체를 위한 최적 환경 지구, 지구계의 상호 작용
	지구의 선물	지하자원, 토양 자원 대기, 수자원, 자원의 보고로서의 해양 관광 자원으로서의 지구 환경, 미래 친환경 에너지
	아름다운 한반도	한반도의 지질과 지형, 한반도의 지질 명소
생동하는 지구	고체 지구의 변화	지진 · 화산 판 구조론, 풍화 작용, 사태, 지질 재해의 피해와 대응책
	유체 지구의 변화	기상 · 해양 정보와 생활, 대기 · 해수의 순환과 기상 현상, 태풍, 황사, 해일, 기타 악기상 등, 기상 · 해양 재해의 피해와 대응책
위기의 지구	환경 오염	대기 오염, 해양 오염, 토양 오염, 수질 오염, 우주 쓰레기
	기후 변화	지구 역사 속 기후의 변화, 기후 변화의 원인, 엘니뇨, 온실 효과, 지구 온난화, 사막화, 오존 홀 등, 지구 환경 변화 해결을 위한 방안
다가오는 지구	천체 관측	별자리 관측과 계절에 따른 별자리 변화, 천체의 운동과 좌표계, 태양 관측, 태양의 표면과 대기의 특징, 행성 관측과 행성의 운동, 달의 위상 변화, 일식과 월식
	우주 탐사	우주 탐사선, 태양계 천체들의 특징, 우주 망원경의 종류와 특징, 외계 행성과 생명체 탐사, 최신 우주 탐사 계획

나. 영역별 내용

Ⅰ. 소중한 지구

이 단원에서는 우리가 살고 있는 지구와 한반도의 아름다움과 소중함을 과학적인 견지에서 느끼고 이해하게 하는 데 중점을 둔다. 이를 위하여 생명체가 살고 있는 유일한 행성으로서 지구가 지니는 특징과 인류가 살아가는 데 필요한 지구에 분포하는 여러 가지 유형의 자원을 다루며, 한반도의 대표적인 아름다운 지질과 지형을 탐색하여, 스스로 답사해 보고자 하는 동기를 유발한다.

1장 행성으로서의 지구

이 장에서는 지구에 생명체가 살 수 있는 조건을 천문학, 대기과학, 해양과학, 지질과학, 지구환경과학 등 다양한 관점에서 다루어, 생명체를 위한 최적 환경으로서 지구의 특징을 통합적으로 이해하게 한다. 이를 위해서 지구가 지권, 기권, 수권(빙권 포함), 생물권 등의 하부 권역으로 이루어져 있으며, 외권(우주권)과도 상호 작용하는 유기적이고 역동적인 시스템이라는 것을 이해하게 한다. 지구 시스템을 지도할 때는 초 · 중학교에서 학습한 지구의 각 권역에 관련된 내용을 단순히 반복하거나 하위 권역들의 특징을 지나치게 세분하여 다루지 말고, 각 권의 구조와 특징을 상호 작용의 관점에서 다루어 종합적인 학습이 이루어질 수 있게 한다.

(1) 내용 해설

1. 태양계에서 생명체가 살기 위한 조건을 갖춘 유일한 행성으로서 지구의 소중함을 이해한다.

지구에 현재와 같은 생명체가 살 수 있는 조건을 태양으로부터의 거리, 물의 존재, 대기의 역할, 생물이 진화하기에 충분한 항성(태양)의 수명, 지축의 안정 등 다양한 관점에서 다룸으로서 지구의 소중함에 대한 과학적이고도 심미적인 인식을 기를 수 있게 한다.

탐구 활동

금성, 화성, 지구의 특징을 비교하여 지구에만 생물이 존재하는 이유 탐색하기

지구의 특징을 태양계의 다른 행성들과 비교하여 지구에만 생명체가 존재하는 까닭을 학생들이 스스로 찾아낼 수 있게 하고, 이를 과학적인 설명과 연계 짓는다.

유의 사항

① 지구가 생명체가 존재하는 유일한 행성이라는 것을 감성적인 수준에서 이해하는 것을 넘어서 여러 가지 과학 지식을 균형 있게 다룬다.

② 생명체의 존재 조건을 이야기하다 보면 간혹 우주와 태양계, 생물의 기원 및 진화와 같은 복잡한 문제로까지 확대되는 경우가 있을 수 있다. 하지만 그러한 것들은 다른 단원이나 과목에서 다루게 되므로, 여기에서는 그것들과 관련지어 지나치게 구체적이거나 어려운 내용이 추가되지 않게 주의한다.

2. 지구계를 구성하는 각 권 내의 현상들(오존층, 자기권 등)이 생명 유지에 기여함을 이해한다.

지구계를 이루고 있는 하부 권역에서 일어나는 현상들이나 각 권 간의 상호 작용이 지구의 생명체를 존속하는 데 기여하고 있음을 설명한다. 이때는 앞에서 다룬 생명체의 존재 조건이나 뒤에서 다루게 될 에너지 및 물질의 순환과 중복되지 않는 현상들을 선택하고, 그러한 것들을 최적의 상태로 보존해야 할 책임이 우리 인류에게 있음을 함께 다루게 한다.

유의 사항

① 지구계를 다룰 때에도 각 권에 대한 내용을 반복하거나 지나치게 상세한 정보를 제공하기 보다는 각 권 사이의 상호 작용과 그것이 지구 환경 및 그 속에서 살고 있는 생명체들에 기여하는 바에 초점을 맞추게 한다.

② 사람의 활동에 의한 변화가 지구계에도 영향을 줄 수 있음을 간략히 언급하여 이후의 학습과 연계되게 한다.

3. 에너지의 순환 및 물질 교환의 관점에서 지구계를 구성하는 각 권의 상호 작용을 이해한다.

지구계에서는 각 권이 상호 작용하는 동안 에너지와 물질의 순환(탄소 순환, 물의 순환 등) 및 교환이 일어나며, 이로 인해 지표의 변화, 날씨의 변화 등 여러 가지 지구 과학적인 현상이 일어남을 구체적인 예를 들어 이해할 수 있게 한다.

(2) 내용의 연계

'행성으로서의 지구'는 초등학교 및 중학교, 고등학교의 과학 교육과정 중 '제7차 교육과정'에서는 '지구' 영역, 그리고 '2007 개정 교육과정'에서는 '지구와 우주' 영역에서 다룬 내용을 재해석하여 종합적으로 다루는 단원이다.

또한, 이 단원의 내용은 '2009 개정 과학과 교육과정' 중 과학의 '태양계와 지구', '생명의 진화', '에너지와 환경' 내용을 바탕으로 하며, '지구 과학 I'의 다른 단원이나 '지구 과학 II'의 내용을 공부하는 데 전반적으로 기여할 것이다.

2장 지구의 선물

이 장에서는 인류가 살아가는 데 필요한 대부분의 자원을 지구에서 얻음을 인식시킨다. 생물이 살아가는 데 필요한 공기, 물, 토양은 물론 현대 문명의 기반이 되는 금속이나 비금속, 화석 연료, 그리고 미래의 에너지로 각광받는 친환경 자원도 지구 환경에서 얻을 수밖에 없음을 이해하게 한다. 물질적인 자원뿐 아니라, 아름다운 지구 환경은 관광 자원으로 사람들을 즐겁고 편안하게 하며 경제적으로도 유용함을 느끼게 한다. 이 절에서는 자원의 생성과 분포와 관련된 내용을 기본적인 수준에서 주로 다루며, 자원의 소중함과 유한함을 인식하게 한다.

(1) 내용 해설

1. 지하 자원의 개발과 이용에 대한 예와 경제적 가치를 설명한다. 지하 자원의 생성 과정과 개발 과정을 알고, 그것의 활용 사례와 경제적 가치를 설명할 수 있다.

자원을 인간 활동에 필요한 물질 및 에너지 자원으로 정의하고, 지하 자원의 생성 과정은 간단하게 다룬다. 지하 자원의 유한성을 설명하고 지속적인 경제 성장과 지구환경 보존의 두 가지 목적에 모두 부합되는 환경 · 자원 정책에 대해 토의하게 한다.

2. 자원으로서 토양의 중요성을 알고, 다양한 토양의 생성 과정 및 토양 유실 저하 요인과 이에 대한 방지 대책을 제시한다.

토양의 생성 과정을 간단히 언급하되 자세한 풍화 작용은 다음 단원에서 다룬다. 토양의 종류에 대해서도 너무 자세히 다루지 않게 한다. 사람의 영향에 의하여 토양의 유실과 산성화가 일어나는 과정을 이해하고, 이를 방지하기 위한 대책에 대해서 토의하게 한다.

3. 대기와 물이 생물권에 작용하는 영향과 중요성을 이해한다.

생물을 중심으로 대기와 물의 중요성을 다루기보다는 지구 전체의 입장에서 대기와 물의 중요성을 다룬다. 특히 대기와 물의 존재와 생물과의 관계, 또는 물의 공급 여부에 따른 생물의 번성 등을 관련지어 이해하게 한다. 필요하다고 생각하면 대기와 물이 존재하는 행성과 그렇지 않은 행성을 비교하여 다룰 수도 있다.

4. 하천수, 지하수, 빙하 등의 형성 과정과 분포를 이해하고, 이에 따른 자연 환경과 인간 생활 환경의 관계를 이해한다.

하천수, 지하수, 빙하의 생성 과정과 분포를 다루되 너무 자세하게 소개하는 것은 피한다. 또한 하천수, 지하수, 빙하의 분포 차이로 인하여 발생하는 인간의 다양한 생활 환경을 전형적인 예를 이용하여 이해하게 한다.

탐구 활동

세계 여러 나라의 수자원 개발 및 보존 방법을 조사하여 우리나라에서의 적용 가능성 평가하기

개발과 보존 중 어느 한쪽을 강조하거나 혹은 두 가지 모두를 고려한 방법을 골고루 조사하

여 우리나라의 환경 및 풍토 등에 부합되는 방법을 선택할 수 있게 한다.

5. 해양에서 얻을 수 있는 에너지, 물질, 식량 자원의 종류와 분포를 알고 해양 개발의 중요성을 이해한다.

해양이 자원의 보고임을 인식시키고, 3면이 바다인 우리나라의 해양 개발의 중요성을 관련시켜 인식하게 한다. 해양 자원을 지나치게 심도 있게 다루는 것은 피한다. 해양 에너지 자원은 다음의 친환경 에너지에서 주로 다룬다.

6. 관광 자원으로서 활용되는 지구 환경의 예를 찾아보고 그 가치를 이해한다.

학생 활동을 통하여 관광 자원으로서 활용되는 지구 환경의 사례를 조사하게 하고, 생성 과정과 그 가치에 대해서 알게 한다.

탐구 활동

지구 환경을 활용한 관광 자원 개발하기

아직 개발되지 않은 자원을 어떻게 개발할지 창의적으로 구상하는 한편, 이미 개발되어 있는 자원도 좀 더 다양하고 새로운 방식으로 재개발하는 방안을 구상할 수 있게 한다.

7. 지열, 바람, 조석, 파도, 태양 등 미래의 친 환경 에너지의 원천을 지구에서 얻을 수 있음을 이해한다.

미래의 친환경 에너지 자원은 재생 가능한 것이 많으며, 지구 환경에서 이를 얻을 수 있음을 강조한다. 이러한 에너지를 얻기 위해서는 지구에서 일어나는 과정을 잘 이해하는 것이 중요함을 인식시킨다.

(2) 내용의 연계

이 장은 '제7차 교육과정'에서는 3학년의 '여러 가지 돌과 흙'과 연계되며, '2007 개정 교육과정'에서는 7학년의 '지각의 물질과 변화', 10학년의 '지구계' 영역에서 다룬 내용을 생활과 관련하여 소개한 것이다.

또한, 이 내용은 '2009 개정 과학과 교육과정' 중 '과학'의 '정보 통신과 신소재', '에너지와 환경' 등의 내용을 바탕으로 하며, '지구 과학 I'의 '위기의 지구'나 '지구 과학 II'의 '지구의 구조와 지각 물질' 단원을 학습하는 데 기여할 것이다.

3장 아름다운 한반도

이 장에서는 앞에서 다룬 관광 자원으로서의 지구 환경과 관련하여 특히 한반도의 아름다운 곳과 이러한 지형이 형성되는 지구 과학적 과정을 이해하게 하여 과학적 이해를 바탕으로 자연의 아름다움과 신비로움을 느끼게 한다.

(1) 내용 해설

1. 한반도의 유명 관광지에서 볼 수 있는 지형과 지질학적 현상을 이해한다. (지층과 습곡, 단층, 암석, 지표의 평탄화 과정, 퇴적 작용, 화산 활동, 변성암 생성 과정 등)

한반도의 대표적인 관광지 중에서 지질학적 형성 과정(지층과 습곡, 단층, 암석, 지표의 평탄화 과정, 퇴적 작용, 화산 활동, 변성암 생성 과정 등)을 이해하기 쉬운 곳을 선정하여 사례로 소개한다. 또한 학생 활동을 통해서 자기가 사는 지역의 대표적인 지형에 대해 지질학적 형성 과정을 조사하게 한다.

탐구 활동

우리 지역에 있는 암석의 종류 및 특징 조사하기

우리 지역에서 볼 수 있는 암석의 종류를 조사하고, 우리 지역에서 특징적으로 나타나는 암석의 유형과 특징을 정리하게 한다.

2. 한반도의 대표적인 아름다운 지형을 심미적인 관점에서 감상하고 소중함을 인식하며, 다양한 방법으로 표현할 수 있다.

한반도의 대표적인 아름다운 지형들을 소개하고, 자연 현상에 대한 과학적 이해를 바탕으로 아름다움을 인식하며, 이를 여러 예술 작품으로 표현한 사례들을 조사해 보게 한다.

탐구 활동

우리 지역의 대표적인 지형의 지질학적 형성 과정을 소개하는 관광 안내판 만들기

지형 및 암석의 특징적인 모습 및 분포 정도를 자세하게 묘사하고 그 생성 원리를 과학적인 설명과 연계짓는다.

(2) 내용의 연계

이 장은 지구에 대한 심미적 측면을 잘 구현한 내용으로서, '제7차 교육과정' 에서는 3학년의 '운반되는 흙', 4학년의 '강과 바다' 와 연계되며, '2007 개정 교육과정' 에서는 '지표의 변화', 7학년의 '지각의 물질과 변화', '지각 변동과 판 구조론', 10학년 '지구계' 에서 다룬 내용을 생활과 관련하여 소개한 것이다.

이 내용은 '2009 개정 과학과 교육과정' 중 '과학' 의 '에너지와 환경' 등과 연계되며, '지구과학 I' 의 '생동하는 지구' 와 '지구 과학 II' 의 '지구의 변동과 역사' 내용을 학습하는 데 기여할 것이다.

Ⅱ. 생동하는 지구

이 단원에서는 다양한 시간의 규모 속에서 지구가 내부적으로 매우 역동적이고 변화가 많은 행성임을 인식하게 한다.

1장 고체 지구의 변화

이 장에서는 간헐적이고 급격한 변화로서 지각 변동의 과정과 원리를 판 구조론의 관점에서 설명하고, 지속적이고 느린 변화로서 풍화 작용을 현상적으로 이해하게 한다. 또한 고체 지구

의 변화 과정에서 발생하는 각종 재해의 발생 원인을 설명하고 그 피해를 줄이기 위한 대책을 다룬다.

(1) 내용 해설

1. 지진, 화산 등 지각의 변화를 일으키는 과정과 원리를 판 구조론과 연계하여 설명할 수 있다.

화산과 지진이 발생한 곳의 세계적인 분포 자료를 이용하여 화산과 지진이 일어나는 곳이 판의 운동과 관련이 있음을 설명한다. 지진과 화산의 발생 기작을 간단히 소개하고, 이를 7학년에서 학습한 판 구조 운동과 연계지어 이해하게 한다. 특히 판 구조 운동은 전 지구 규모로 지속적으로 느린 속도로 일어나지만, 이 과정에서 발생하는 지진과 화산은 간헐적이며, 국지적으로 급격하게 일어나는 변화임을 이해하게 한다. 또한 지진과 화산이 지구의 내부 에너지와 물질이 방출되는 과정임을 지구계 상호 작용의 관점에서 파악하게 한다.

탐구 활동

고체 지구의 변화를 설명하는 다양한 이론의 발달 역사 조사하기

화성론과 수성론의 대립, 대륙 이동설로부터 판 구조론의 등장까지 다양한 이론들의 과학사적 흐름을 살펴보고, 각 이론들이 주장하는 핵심을 비교하여 살펴보게 한다.

2. 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 이해한다.

풍화 작용의 원리를 기계적 및 화학적인 원인으로 구분하여 다루되, 주변에서 볼 수 있는 다양한 현상을 이용하게 한다. 또한 풍화 작용이 눈으로 직접 확인하기 어려운 고체 지구의 느린 변화이지만, 물과 바람 등에 의해 지표면 어디에서나 항상 일어나고 있음을 이해하게 한다.

3. 사태의 과학적 원인, 과정, 결과를 이해한다.

사태의 원인(집중 호우, 지형, 지질, 인위적 원인 등)을 구분하고, 각각의 원인들이 사태를 만들어내는 과정을 실제 사례와 관련지어 이해할 수 있게 한다.

4. 지진, 화산, 사태 등 지질 재해의 종류와 피해 및 피해를 줄이기 위한 대책을 설명할 수 있다.

지진과 화산, 사태 등과 이로 인해 발생하는 지진 해일(tsunami), 이류(mudflow), 화산 분진 등과 같은 각종 피해의 종류 및 그 피해를 줄일 수 있는 대책을 이해할 수 있게 한다. 재해의 피해에서는 최근에 발생한 사례를 조사하게 하여 자연 재해를 현실감 있게 느끼게 하고, 자연 재해를 예방하는 방법에 대하여 이해할 수 있게 한다.

탐구 활동

지진 및 화산 활동 등의 예측을 위한 전조 현상을 조사하기

다양한 지각 변동의 전조 현상들을 조사해 보고, 실제 예측에 반영 가능 여부 또는 정도를 판단해 보게 한다.

유의 사항

① STS 및 실생활 사례와 현상을 중심으로 학생들의 흥미와 관심을 유발하게 하고, 지구 과학의 학문적 역할과 특징을 이해시키는 수준에서 지구의 각종 재해와 관련된 내용을 다룬다. 또한 전 지구적으로 보았을 때 태풍, 지진, 및 화산 활동으로 인한 좋은 점도 함께 다루어 균형 있는 시각을 가질 수 있게 한다.
② 우리나라에서 홍수해가 있을 때 사태에 의한 피해도 많다는 점을 고려하여 사태를 기상 재해와 연관지어 다룬다.

(2) 내용의 연계

이 장은 '제7차 교육과정' 3학년의 '운반되는 흙', 5학년의 '화산과 암석', 6학년의 '흔들리는 땅'과 연계되며, '2007 개정 교육과정'과는 4학년의 '지표의 변화', 7학년의 '지각의 물질과 변화', '지각 변동과 판 구조론', 10학년의 '지구계'의 내용과 직접 연계된다.

2장 유체 지구의 변화

이 장에서는 온대 저기압과 태풍과 같은 기상 현상이 매우 큰 규모의 대기 변화이며, 황사, 해일 등 여러 기상 현상들이 대기뿐 아니라 지권, 수권 등 다른 권역과의 유기적인 시스템 속에서 일어남을 이해하게 한다. 이러한 지구에서 일어나는 대규모 변화가 사람을 포함한 생물권에 큰 영향을 줄 수 있음을 인식시킨다.

(1) 내용 해설

1. 고기압이나 저기압이 통과할 때 날씨의 변화 양상과 그 원리를 기단과 전선과 관련지어 이해한다.

이동성 고기압이나 온대 저기압이 특정한 지역을 통과하면서 발생하는 날씨의 변화를 실제 우리나라 주변의 일기도와 관련지어 이해할 수 있게 한다. 온대 저기압에서의 날씨를 온난 전선 및 한랭 전선과 관련지어 다루며, 전선의 생성을 기단의 성질과 연관지어 다룬다.

탐구 활동

일기도나 위성 사진을 이용하여 기상 현상 해석하기

인터넷에서 일기도와 위성 사진을 찾아 기상 요소들의 변화 양상을 이해하고, 우리나라 주변이나 특별한 기상 현상이 발생하는 지역의 날씨를 해석하게 한다.

2. 태풍의 발생, 이동, 소멸 과정과 태풍에 따른 날씨 변화를 대기의 운동, 해양 및 육지와의 상호 작용 등과 관련지어 이해한다.

태풍은 최근에 발생한 사례를 중심으로 우리나라에 준 피해와 영향 및 위력을 간략하게 다루고, 주로 발생하는 시기와 진로를 이해할 수 있게 한다. 또한, 해수 온도 변화가 태풍의 위력에 미치는 영향과 육지에 상륙했을 때의 영향을 상호 작용의 관점에서 이해하게 한다. 태풍의 규모와 내부 구조 등은 간략하게 다룬다.

3. 뇌우, 국지성 호우 등 우리나라의 주요 악기상과 그 생성 메커니즘을 설명할 수 있다.

뇌우, 국지성 호우(집중 호우), 강풍, 폭설, 우박 등과 같은 우리나라의 주요 악기상들을 소개하고 이들의 생성 메커니즘(기작)을 설명하되 되도록 간단히 다룬다. 만약 설명이 어려운 경우

에는 역사상 관측 기록된 대표적인 사례들을 소개하도록 한다.

4. 여러 기상 현상을 대기와 해양의 대순환과 연계하여 설명할 수 있다.

크고 작은 규모의 여러 가지 기상 현상들이 대기와 해양의 대순환과 연관되어 있음을 이해하게 한다. 예를 들어, 대기의 대순환에서 우리나라가 편서풍대에 속하고 이에 따라 온대 저기압이나 이동성 고기압의 이동 방향과 관련지을 수 있게 한다. 또한 이 과정에서 대기와 해양의 상호 작용이 각종 기상 현상에 미치는 영향을 다룬다.

5. 대기와 해양에서 일어나는 다양한 현상이 우리 생활에 많은 영향을 준다는 사실을 이해한다.

유체 지구인 대기와 해양에서 발생하는 다양한 현상들이 우리 생활에 미치는 영향을 조사하고, 이를 통해 지구계 내에서 기권 및 수권, 지권, 생물권의 상호 작용을 이해하게 한다.

6. 태풍, 뇌우, 토네이도, 해일 등의 피해 사례를 조사하고, 피해를 최소화할 수 있는 방법을 설명할 수 있다.

최근의 사례를 중심으로 기상 재해(황사 포함) 및 해양 재해로 인한 피해를 조사하고, 이러한 자연 재해로부터 피해를 줄일 수 있는 방안을 이해하게 한다.

탐구 활동

20세기 황사 현상의 변화 추이 분석하기

실제 관측 자료를 활용하여 최근 우리나라의 황사 현상이 어떻게 달라졌는지 파악하게 하고, 그 원인에 대해 조사하여 토론하게 한다.

(2) 내용의 연계

이 장은 '제7차 교육과정' 3학년의 '맑은 날, 흐린 날', 5학년의 '날씨 변화', 6학년의 '일기 예보'와 연계되며, '2007 개정 교육과정'과는 3학년의 '날씨와 우리 생활', 6학년의 '날씨의 변화', 9학년의 '대기의 성질과 일기 변화', 10학년의 '지구계'와 연계된다.

또한, '2009 개정 과학과 교육과정' 중 '과학'의 '태양계와 지구'의 내용을 바탕으로 하며, '지구 과학 II'의 '지구의 변동과 역사', '대기와 해양의 운동과 상호 작용' 내용을 학습하는 데 기여할 것이다.

Ⅲ. 위기의 지구

이 단원은 지구가 겪고 있는 위기를 환경 오염과 기후 변화로 구분하여 다룬다.

1장 환경 오염

이 장에서는 환경 오염을 지구의 네 가지로 구분하고 각각의 오염원과 오염이 발생하는 과정, 그리고 피해 사례와 그 심각성을 다룬다. 더불어 우리나라의 본격적인 우주 탐사 시대를 맞

아 우주의 오염에 대해서도 새롭게 인식하고 나를 둘러싼 환경을 지구뿐 아니라 우주에까지 확장시킬 수 있는 넓은 시야를 갖게 한다.

(1) 내용 해설

1. 대기 오염, 해양 오염, 토양 오염, 수질 오염 등 각종 지구 환경 오염이 발생하는 과정을 과학적으로 이해한다.

산업화 및 자동차 매연 등으로 인한 대기 오염, 유조선 기름 유출 및 쓰레기 등에 의한 해양 오염, 가축 배설물 및 농약 등에 의한 토양 오염, 지하수를 포함한 강이나 하천에서 수질 오염이 발생하는 과정을 구분지어 다루되, 오염원이 중복되는 부분은 상호 작용의 관점에서 이해하게 한다.

탐구 활동

지역 환경 오염 사례를 활용한 역할 놀이하기

지역 사회에서 쟁점이 되고 있는 환경 오염 사례를 조사하고 역할극을 통해 구성원 간의 갈등을 과학적으로 해결하는 과정을 경험하게 함으로써 시민으로서의 주민 의식 등 올바른 인성을 함양하게 한다.

2. 다양한 환경 오염의 결과로 나타나는 심각한 피해 사례를 조사한다.

최근 사례를 중심으로 대기 오염, 해양 오염(예: 태안 기름 유출 사고), 토양 오염, 수질 오염의 실제 피해를 조사하게 하여 환경 오염이 지구 환경에 미치는 심각성을 인식시킨다.

탐구 활동

1. 오염 물질 배출 제로(zero) 도시 설계하기

오염 물질 배출을 줄일 수 있는 과학적인 방법을 조사하고, 이를 활용하여 이상적인 도시를 설계하는 활동을 통해 창의력을 기를 수 있게 한다.

2. 지구에서의 변화 과정을 이용하여 환경 오염 확산 예측하기

지구 시스템 내의 상호 작용과 순환 과정을 이해한 것을 바탕으로 환경 오염이 확산되는 양상을 예견해 보고, 이에 대한 대응책을 토론하게 한다.

3. 우주 쓰레기가 증가하는 원인과 문제의 심각성을 이해한다.

우주 쓰레기의 종류와 우주 개발 과정에서 필연적으로 발생하는 크고 작은 우주 쓰레기의 증가 원인을 파악하고, 이들이 우리에게 가져올 수 있는 위험성을 인식시킨다.

유의 사항

① 생동하는 지구 단원에 있는 '황사'는 일반적인 기상 현상으로서 보았다면, 이 단원에서는 인간 활동에 의한 지구 환경 변화의 일부라는 관점으로 원인과 변화하는 양상, 그 피해와 대책을 중점으로 다룬다.

② 환경 오염을 다룰 때에는 실제로 주변에서 발생하는 사례와 실제적인 자료를 활용하여 학생들의 흥미를 유발하고, 학생들에게 유의미하다는 느낌을 줄 수 있게 한다.

2장 기후 변화

이 단원에서는 과거 기후의 변화와 고기후 연구 방법을 먼저 다루고, 이를 토대로 기후 변화의 원인에 대한 여러 가지 가설을 다룬다. 또한 지구 온난화를 중심으로 엘니뇨, 황사, 오존홀 등을 다루고, 이들이 지구 환경에 미친 영향 및 환경 문제 해결을 위한 인간의 노력을 함께 다룬다.

(1) 내용 해설

1. 지구의 역사를 통하여 기후가 어떻게 변해 왔는지를 알고, 고기후 연구 방법을 설명할 수 있다.

과거의 기후 변화에 관한 정보를 통해서 미래의 지구 기후 변화를 예측할 수 있음을 알고, 이러한 기후 변화가 생명체에 어떤 영향을 미치는지 추정해 보게 한다. 지구의 기후는 항상 변화하는 것이라는 점을 고기후 자료를 통해서 이해하게 하고, 지구의 기후가 어떤 변화를 거쳐 왔는지를 알기 위해서 고문헌, 식물의 나이테, 빙하 및 지질 조사를 통해서 기후 자료를 복원한다는 것을 인식시킨다.

탐구 활동

관측 자료를 활용하여 한반도의 기후 변화 경향성 파악하기

기상청에서 제공하는 다양한 기상 요소에 대한 관측 자료를 수집하고, 연도별로 정리하여 한반도의 기후가 어떻게 달라지고 있는지 토론하게 한다. 학생들이 직접 분석하기 어려운 자료의 경우 교사가 간단한 형태로 가공하여 제공하도록 한다.

2. 기후 변화의 원인을 설명하는 여러 가지 가설을 이해한다.

해륙의 면적비와 분포 양상, 해수면 변화, 대기권 구성 물질 변화, 밀란코비치 주기 등과 같은 기후 변화의 원인을 설명하는 여러 가지 가설을 이해하게 하고, 빙하기와 간빙기를 초래할 수 있는 과학적인 이유를 설명하게 한다.

탐구 활동

기후 변화의 원인을 설명하는 다양한 가설을 주제로 과학적 논쟁하기

지구의 기후 변화의 원인을 설명하는 여러 가지 가설을 조사하고, 각각의 가설이 지니는 장점과 제한점을 과학적인 관점에서 토론하게 한다.

3. 지구 온난화를 지구 열수지와 관련지어 이해한다.

지구 열 수지에 대한 이해를 토대로 지구 온난화를 비롯한 기후 변화를 이해하게 한다.

탐구 활동

지구 기온 변화 자료 분석을 통하여 지구 온난화 경향 조사하기

직접적인 장기 관측 자료를 확보하기 어려운 경우, 최근 신문 · 잡지 · 방송 등의 대중 매체에 소개된 다양한 지구 기후 변화 현상 및 기상 이변 사례를 수집하고 분석하여, 지구의 기후가 전반적으로 어떻게 변하고 있는지 토론해 본다.

4. 엘니뇨, 해수면 상승, 오존 홀, 사막화, 황사 등과 같은 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.

엘니뇨, 지구 온난화에 수반된 해수면 상승 및 강수량 감소로 인한 사막화, 과잉 토지 이용에 따른 황사, 유해 화학 물질에 의한 오존층 파괴 등을 다룬다. 또한 이 현상들이 전반적인 지구 환경과 인간의 생활에 미치는 영향을 인식시킨다.

5. 인간의 활동에 의한 지구 환경 변화의 사회적, 경제적 영향을 알고, 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력들을 알아본다.

전 지구적으로 힘을 합하여 오존홀의 크기를 줄인 사례를 이용하거나, 각종 협정과 조약을 통해 지구 환경 문제를 해결하려는 노력을 소개한다.

(2) 내용의 연계

이 장의 내용은 '제7차 교육과정'에서는 3학년의 '맑은 날, 흐린 날', 5학년의 '날씨 변화', 6학년의 '일기 예보'에서 배운 내용, '2007 개정 교육과정'에서는 3학년의 '날씨와 우리 생활', 6학년의 '날씨의 변화', '계절의 변화', 9학년의 '대기의 성질과 일기 변화', '해수의 성분과 운동', 10학년의 '지구계' 등에서 배운 내용을 바탕으로 한다.

또한, '2009 개정 과학과 교육과정' 중 '과학'의 '에너지와 환경'의 내용을 바탕으로 하며, '지구 과학 II'의 '대기와 해양의 운동과 상호 작용'을 학습하는 데 기여할 것이다.

Ⅳ. 다가오는 우주

이 단원에서는 천체 관측 활동을 통해 천문 우주 과학에 대한 흥미를 유발하고, 태양계 및 우주 탐사를 위한 과학적인 노력을 이해함으로써 천문 우주 과학이 인류의 현재와 미래의 생활과도 밀접하게 관련됨을 깨닫게 한다. 따라서, 많은 지식을 단순히 기억하게 하기보다는 천체와 우주에 관한 개념과 원리를 실제 관측 활동, 천체 관측 및 우주 탐사를 위한 도구 및 방법, 관측 결과 및 탐사 성과 등과 관련지어 이해할 수 있게 한다.

1장 천체 관측

이 단원은 밤하늘에서 별을 관측하는 활동으로 시작되고 단원을 공부하는 동안에도 여러 번의 관측 활동을 제안하고 있다. 천체 관측 활동은 지구 과학 학습과 연구에 중요한 요소이므로, 가급적 학교나 학교 주변에서 실제 관측이 이루어질 수 있게 하고, 실제 관측이 어려운 경우에는 컴퓨터 프로그램이나 인터넷 자료 등을 적극적으로 활용하게 한다. 특히 태양 관측이나 행성의 운동을 다룰 때에는 그러한 대안적인 매체들이 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

천체의 모습과 천체의 운동을 관측한 결과는 과학적인 개념과 원리를 통해 적절히 설명되어져야 한다. 천체를 대상으로 할 때에는 직접적인 관찰과 실험이 불가능한 경우가 많으므로 적절한 모형을 사용하게 하고, 학생들이 직접 모형을 다루어 보거나 창안할 수 있는 기회를 제공하게 한다. 또, 모형을 실제 자연 현상에 대응시켜 설명할 때 주의할 점에 대해서 토론함으로써

모형의 장점과 제한점을 함께 이해하게 한다.

또한, 이 단원에서는 지구 중심설에서 태양 중심설로 우주관이 변천한 과정, 우주 탐사의 역사 등 과학사적인 내용을 소개하게 하고 있다. 이러한 소재를 다룰 때에는 과거 사건을 연대기적으로 나열하는 것을 피하고, 그러한 일들이 우주의 참모습을 알고 미지의 세계를 개척하려는 인간의 노력이며 그 과정에는 과학과 과학 기술이 중요한 역할을 하였음을 이해할 수 있게 한다. 또한, 과거와 현재의 성과를 바탕으로 미래를 조망할 수 있는 지구 과학적인 식견을 쌓게 하는 데에도 주안점을 둔다.

(1) 내용 해설

1. 별은 상대적인 위치가 변하지 않은 채 별자리를 이루며, 별자리가 이동하고 있음을 관측하여 인식한다.

하루 밤이나 여러 날 동안 밤하늘을 관측하고, 관측 결과를 바탕으로 별들은 상대적인 위치가 고정된 채 운동하고 있음을 알 수 있게 한다. 직접 관측하는 것이 가능하지 않을 때에는 별자리판, 밤하늘을 찍은 사진이나 동영상, 별자리를 볼 수 있는 컴퓨터 프로그램 등을 적극적으로 활용하고, 직접 관측해 보고자 하는 동기가 유발되게 한다.

2. 지구의 운동에 의하여 천체들이 일주 운동과 연주 운동을 함을 설명할 수 있다.

천구의 개념을 도입하여 지구에서 볼 때 모든 천체들은 천구상에 분포하고 있으며, 지구의 자전과 공전으로 인해 천체의 일주 운동과 연주 운동이 일어남을 설명한다. 일주 운동에서는 지구상의 위치에 따른 일주 운동의 모습을 해석하게 하고, 연주 운동에서는 태양의 연주 운동을 중심으로 계절에 따른 별자리나 황도 12궁을 흥미롭게 소개한다.

3. 적도 좌표를 이용하여 천체의 위치를 나타내고, 남중 시각과 지평선 위에 떠있는 시간을 설명할 수 있다.

지구상의 위치를 경도와 위도로 나타내듯 천체의 위치도 적도 좌표로 나타낼 수 있으며, 천체의 남중 시각과 지평선 위에 떠 있는 시간이 적도 좌표의 적경, 적위값과 관련됨을 이해하게 한다.

탐구 활동

역서에서 천체의 적도 좌표를 찾아 천체의 관측 시기 알아내고 별자리판에서 확인하기

이 단원을 공부하는 계절에 대표적인 별자리의 적경과 적위를 알아보고, 별자리를 관측할 수 있는 최적의 시간을 결정하여 별자리판에서 확인하거나 밤하늘에서 직접 관측한다.

4. 여러 파장대로 태양 표면을 관측한 자료를 탐구하여 흑점, 쌀알무늬 등에 대해서 설명할 수 있다.

서로 다른 파장으로 태양을 촬영한 자료를 탐색하여 태양 표면에 나타나는 현상들을 알아보

고, 그것을 태양 활동과 관련지어 설명한다.

탐구 활동

태양 관측 안경이나 필터가 장착된 망원경 또는 인터넷 조사를 통해 다른 파장대에서 관측되는 태양의 모습을 알아보기

태양의 모습을 다양한 방법으로 직접 관찰하거나 인터넷에서 서로 다른 파장으로 촬영한 태양 사진을 찾아 태양 표면에 나타나는 현상을 알아본다. 태양을 관측할 때에는 강한 태양 빛으로 눈이 상하지 않게 세심한 부분까지 주의하게 강조한다.

5. 흑점 관측을 통해 태양이 차등 자전함을 설명할 수 있다.

여러 날 동안 태양을 관측한 자료에서 흑점을 관찰하고, 흑점의 이동으로부터 태양이 자전하고 있음과 태양의 자전 주기가 태양의 위도에 따라 다르다는 사실을 이해하게 한다.

탐구 활동

태양의 흑점을 관측하고 태양의 위도에 따른 자전 주기 구하기

여러 날 동안 태양의 흑점을 촬영한 사진들에서 흑점의 움직임을 파악하고, 이를 이용하여 태양의 위도에 따른 자전 주기를 정량적으로 계산한다.

6. 태양의 대기를 관측하는 방법을 알고 태양 대기의 특징인 채층, 홍염, 코로나에 대해서 설명할 수 있다.

스펙트럼을 이용하여 태양 대기를 관측하는 원리를 설명한다. 또, 여러 가지 태양 사진들로부터 태양 대기의 활동 영역을 확인하고, 그 속에서 일어나는 현상들의 특징과 이들이 지구에 미칠 수 있는 영향을 이해하게 한다. 여러 날짜에 촬영된 사진들이나 동영상을 활용하여 태양의 활동이 변화하고 있음을 직접 확인할 수 있게 한다.

7. 역사적인 관점에서 다양한 태양계 모형을 살펴보고, 이들로 행성의 시운동을 설명할 수 있음을 이해한다.

고대의 우주관으로부터 프톨레마이오스, 코페르니쿠스, 티코 등의 태양계 모형을 소개하고, 이들이 천체의 운동을 어떻게 설명하였는지 이해하게 한다. 지구 중심의 태양계 모형이 태양 중심 모형으로 바뀐 원인 중의 하나가 행성의 관측을 효과적으로 설명하는 데 있었음을 파악하게 하고, 이를 위하여 행성의 관측과 시운동을 다룬다.

8. 회합 주기, 공전 주기, 태양에 대한 행성의 위치에 대해 학습하고 행성의 운동이 케플러 법칙을 따름을 설명할 수 있다.

행성을 직접 관측하거나 컴퓨터 프로그램을 통해 관측 상황을 구현하고, 관측 결과를 행성과 지구의 위치 관계를 이용하여 설명한 후, 행성의 공전 주기와 회합 주기의 개념을 이해하게 한다. 행성의 회합 주기를 이용하여 공전 주기를 구하는 과정을 다루고, 행성의 공전과 관련지어 케플러의 제 1, 2, 3 법칙을 다룬다. 또한, 행성뿐만 아니라 중력적으로 속박되어 있는 천체들

은 케플러 운동을 만족하고 있음과 케플러의 법칙이 인공위성이나 태양 탐사선의 궤도를 결정하는 데도 활용되고 있음을 간략히 소개한다.

탐구 활동

육안 관측이나 컴퓨터 프로그램, 인터넷, 쌍안경, 망원경 등을 이용하여 행성 관측하기

역서에서 행성들의 적경과 적위를 조사하여 행성의 관측 시기를 파악한 후, 직접 관측하거나 컴퓨터 프로그램을 통해 확인한다. 쌍안경이나 망원경을 이용하여 관측할 때는 행성의 위상이나 표면(대기)의 특징을 함께 관측한다.

9. 달과 태양, 지구의 상대적인 위치로 달의 위상을 설명할 수 있다.

여러 날 달을 관측한 자료를 수집하여 태양, 지구, 달의 상대적인 위치 변화와 위상을 비교해 보고, 달이 지구 주위를 공전하는 동안 달과 태양, 지구의 상대적인 위치가 달라지므로 달의 위상도 달라진다는 것을 이해하게 한다.

탐구 활동

모형을 이용하여 달과 관련된 천문 현상의 원리 탐구하기 (예 : 달의 위상 변화)

다양한 방법과 재료를 이용하여 달과 관련된 천문 현상들을 모형으로 구현해 보고, 실제 천문 현상이 일어나는 원리를 설명하게 한다. 태양, 지구, 달의 크기와 거리 관계를 보여 주어 실제 크기 관계는 모형과 차이가 있음을 인식하게 한다.

10. 일식과 월식이 일어나는 원리를 이해하고 이때 관측할 수 있는 현상을 설명할 수 있다.

달의 운동, 태양, 지구, 달의 위치 관계, 지구에서 관측한 태양과 달의 크기 등에 대한 이해를 바탕으로 일식과 월식이 일어나는 원리를 설명하고, 일식과 월식이 일어날 때 태양이나 지구에서 관측되는 현상(예: 코로나, 지구에 드리운 달의 그림자, 식경로 등)을 파악하게 한다.

탐구 활동

모형을 이용하여 달과 관련된 천문 현상의 원리 탐구하기 (예 : 일식, 월식)

다양한 방법과 재료를 이용하여 달과 관련된 천문 현상들을 모형으로 구현해 보고 실제 천문 현상이 일어나는 원리를 설명하게 한다. 태양, 지구, 달의 크기와 거리 관계를 보여주어 실제 크기 관계는 모형과 차이가 있음을 인식하게 한다.

11. 달의 위상이 같더라도 달의 적경과 적위에 따라 달의 남중 고도와 관측 가능한 시각이 달라짐을 설명할 수 있다.

직접 관측하거나 역서 혹은 인터넷 정보를 통해 달의 남중 고도와 관측 가능 시각을 확인하고, 앞서 학습한 적도 좌표의 개념을 이용하여 적경과 적위가 다른 달의 관측 특성을 설명한다.

2장 우주 탐사

이 단원에서는 학생들의 흥미와 호기심을 유발하기 위해 외계 행성계와 외계 생명체 탐사에 관한 내용을 추가하였다. 하지만 이러한 내용을 다룰 때에도 탐사와 관련된 과학적인 원리를 적절한 수준에서 소개하여 지나치게 흥미 위주가 되지 않게 지도한다.

(2) 내용 해설

1. 태양계 구성원에 대한 탐사 역사에 대해서 알고 탐사를 통해 알게 된 물리적 특징을 설명할 수 있다.

태양계 탐사의 역사를 다루기 전에 태양계 탐사의 목적과 필요성, 의의 등을 생각해 보게 하고, 과학사적인 입장에서 탐사 방법과 과정을 소개한다. 비교적 최근에 이루어진 태양계 행성 탐사, 화성 탐사, 달 탐사 등을 통해 알게 된 태양계 천체들의 특징을 설명한다.

2. 우주 탐사선 및 우주 정거장의 정의와 역할을 설명하고, 우리나라의 우주 탐사 현황에 대해서 설명할 수 있다.

현대 생활에 많이 이용되는 인공위성과 우리나라 우주인도 방문하였던 우주 정거장을 소재로 하여 흥미를 유발하고, 인공위성, 우주 정거장, 우주 탐사선을 통해 밝혀진 과학적 성과와 생활에 가져온 유익에 대해 이해하게 한다. 이를 통해 막대한 예산과 시간을 들여서 우주 탐사를 하는 까닭에 대해서 이해할 수 있게 한다. 또한, 우주 탐사에는 발사대의 지리적 위치 선정, 로켓 발사 원리, 원격 조정 등 종합적인 과학 지식과 기술이 요구됨을 인식시킨다.

탐구 활동

1. 우주 정거장에서 이루어지는 연구 활동 및 우주인 생활 조사하기

학생들이 현재까지 우주 정거장에서 진행된 연구 주제와 앞으로 진행되었으면 하는 주제들을 분담하여 토의해 보는 방식으로 활동을 구성한다. 또한, 우주 정거장에서 우주인의 생활 방식을 조사하는 활동을 통해 중력이나 기압 등 우주 환경이 지구 환경과 다른 점을 이해하게 하고, 미래에 그러한 우주 환경에서 생활하게 된다면 어떻게 해야 할는지 논의하는 기회를 제공한다.

2. 우리나라의 미래 우주 개발 계획 구상해 보기

학생들이 일상생활이나 사회적인 필요, 또는 우리 인류의 미래와 밀접하게 관련된 우주 개발 계획을 구상하여 발표하게 한다. 이때는 과학적인 근거를 갖춘 계획을 세울 수 있게 안내하고, 다른 학생들의 계획을 건설적으로 비판하는 기회를 제공하게 한다. 주변 환경에서 문제를 발견하고 새로운 계획을 구상하는 과정에서 창의적인 문제 해결 능력을 기를 수 있게 한다.

3. 우주 망원경의 정의와 역할을 알고, 우주 망원경 관측을 통해 알아낸 성과에 대해서 설명할 수 있다.

우주 망원경을 설치해야 하는 필요성을 알고, 우주 망원경이 천문 우주 과학의 발전에 기여한 바를 이해할 수 있게 한다. 새로 설치될 우주 망원경의 특징을 소개하고, 새로운 우주 망원경이 가져다 줄 성과에 대한 기대감을 높이게 한다.

4. 관측 파장대별로 관측할 수 있는 천체의 물리적 특징을 이해하고, 망원경의 종류가 다름을 설명할 수 있다.

광학 망원경, 전파 망원경 등 서로 다른 종류의 망원경의 기본 원리를 설명하고, 서로 다른 망원경으로 관측한 사진에 나타난 천체의 특징을 탐색하게 한다. 이를 통하여 서로 다른 파장대를 이용하여 천체를 관측해야 하는 필요성을 알고, 그 관측 성과로부터 정립된 과학 지식을 이해하게 한다.

5. 외계 생명체가 살 수 있는 조건을 행성의 일반적인 특성을 통해 이해하고 탐사가 가지는 의미를 설명할 수 있다.

지구 밖의 외계 생명체가 존재할 수 있는 조건을 태양계 행성들의 특징과 비교해 보는 수준에서 다루면서 생명체 존재 가능 범위의 개념을 소개한다. 첫 단원에서 이미 학습한 내용을 바탕으로 지구에서 생명체가 발생하고 진화한 조건들을 상기하게 하고, 이를 통해 생명체가 살 수 있는 지구와 같은 환경이 생성되고 유지되는 일이 얼마나 어려우면서도 중요한 것인지를 깨닫게 한다.

6. 외계 행성체 탐사 원리와 방법을 이해하고, 지구 밖 생명체 탐사의 진행 상황을 설명할 수 있다.

외계 행성계를 탐사하는 과학적인 원리와 방법을 설명하고(예: 도플러 효과, 중력 렌즈 효과), 이러한 방법으로 알아내 최근 탐사 성과를 소개한다. 외계 행성계에 살고 있을지 모를 지적 생명체와 소통하기 위한 과학적인 프로젝트(SETI)를 함께 다루어 학생들의 흥미를 높이게 한다.

탐구 활동

1. 지구 밖(태양계 내와 태양계 외부를 모두 포함) 생명체 탐사 프로젝트 조사하기

지구 밖에서 생명체를 찾으려는 외계 생명체 탐사 프로젝트가 어떤 과학적인 지식과 원리를 응용한 것인지 조사하여 발표하고, 최근의 탐사 성과를 바탕으로 외계 생명체의 존재 가능성에 대해 토론하는 기회를 제공한다.

2. 별의 광도에 따른 생명 존재 가능 지역 추정하기

별의 광도를 결정하는 요인들을 알고, 별의 온도와 별이 주계열에 머무는 기간에 따라 생명 존재 가능성이 어떻게 달라질는지 이해하게 한다.

(2) 내용의 연계

이 단원의 내용은 '제7차 교육과정'에서는 5학년의 '태양의 가족'에서 학습한 내용과 연계되고,

'2007 개정 교육과정'에서는 5학년의 '지구와 달', '태양계와 별', 6학년의 '계절의 변화', 8학년의 '태양계', '별과 우주', 10학년의 '천체의 운동'에도 연계된다.

한편 '2009 개정 과학과 교육과정'의 '과학'에서는 '우주의 기원과 진화', '태양계와 지구'의 내용을 바탕으로 하며, '지구 과학 II'의 '천체와 우주'를 학습하는 데 기여할 것이다.

유의 사항

① 지구 과학의 학습에서는 학생들이 직접 자연 현상을 탐색하는 것이 중요하므로, 가능한 한 교사는 학생들과 함께 다양한 천체들과 천문 현상을 관측할 수 있게 한다. 교사가 학생들과 함께 관측하는 것이 여의치 않을 때에는 학생들이 가족들이나 친구들과 같이 관측할 수 있게 적절한 안내를 제공하게 한다.

② 직접 관측하거나 실험적으로 다루기 어려운 대상을 공부할 때에는 모형, 동영상, 인터넷 자료 등 다채로운 자료를 활용하고, 가급적 학생들이 직접 모형을 만들어 보거나 스스로 자료를 찾아 공부하게 함으로써 학생들의 창의성과 자기 주도적인 학습 태도를 기르게 한다.

③ 좌표계 등 공간 개념을 요구하는 학습 내용은 학생들이 어려워하므로 모형 실험이나 역할 놀이, 실제 관측 활동을 적극적으로 도입하여 단순 암기에서 벗어나 유의미한 학습이 이루어질 수 있게 한다.

④ 태양계 탐사와 우주 탐사는 최근 관심의 대상이 되고 있지만, 관측 기기나 탐사 방법에 대한 원리를 지나치게 깊게 다룰 경우 자칫 과학 기술적인 내용을 중심으로 운영되어 오히려 학생들이 흥미를 잃게 될 수 있다. 따라서, 우주과학 기술에 관련된 자세한 내용은 피하고, 관측 결과와 탐사 성과에 초점을 맞추어 설명하게 한다.

⑤ 천동설에서 지동설로의 변화 과정이나 태양계 탐사의 역사를 다룰 때에도 과거의 사건들을 연대기적으로 다루거나, 방대한 사실적 데이터를 단순히 나열하는 방식을 지양함으로써 암기에 의한 학습이 되지 않게 주의한다.

⑥ 우주 탐사의 목적 중의 하나는 우주를 이해하고 이를 바탕으로 올바른 우주관을 갖게 하는 것이다. 따라서, '지구 과학 I'에서는 우주의 신비를 보여 주는 다양한 관측 결과를 소개하고, 그것과 관련된 과학적인 원리를 소개하여 올바른 우주관 및 우주론에 대한 학생들의 관심을 유발한다. 하지만 우주의 기원, 우주의 구조와 진화 등에 관한 심화된 내용은 고등학교 '과학' 이나 '지구 과학 II'에서 다루므로, '지구 과학 I'에서는 우주론 자체를 깊이 있게 다루지는 않게 한다.

⑦ 학생들의 흥미 유발을 위해 외계 생명체에 관한 내용을 도입하였으나, 과학적인 근거가 제대로 정립되지 않은 내용이 소개되는 것을 피하고, 외계 생명체 탐사에 관련된 과학적인 원리와 지금까지 밝혀진 과학적인 사실에 근거한 학습이 이루어질 수 있게 한다.

⑧ 생명에 대한 관점이나 태도가 다양할 수 있으므로, 지구에 존재하는 생명체를 중심으로 생각해 보는 수준에서 내용을 구성하게 한다.

4. 교수 · 학습 방법

교수 · 학습 방법에서는 '학습 지도 계획', '자료 준비 및 활용', '학습 지도 방법', '실험 · 실습 지도', '과학 교수 · 학습 지도 지원' 으로 나누어 그 내용을 설명하고 있다. 여기에서는 이들 각각에 대하여 상세화하여 실제 학습 지도에 도움을 주고자 한다.

가. 학습 지도 계획

(1) '지구 과학 Ⅰ' 의 학습 지도에서는 주제와 관련된 학생의 경험이나 일상생활의 문제를 적극 활용하도록 한다.

핵심 개념과 관련한 주제 중심의 접근을 할 수 있게 학습지도 계획을 세운다. 그 이유는 '지구 과학 Ⅰ' 은 지구 과학의 학문적인 개념의 기초를 다루지만 동시에 일상생활에서 지구 과학과 관련된 여러 가지 개인적이고 사회적인 관심사에 대한 기초 소양을 함양하고자 하는 성격도 가진 과목이기 때문이다. 또, 지구 과학 개념을 일상생활에서 접하는 경험과 결부시킴으로써 학문의 유용성을 인식할 수 있다. '지구 과학 Ⅰ' 의 각 중단원 수준에서 제시된 내용 요소를 보더라도 주제 중심으로 구성되었음을 알 수 있다. 예를 들면 생동하는 지구 단원에는 사태, 지질 재해의 피해와 대응책, 태풍, 황사, 해일, 기타 악기상 등, 기상 해양 재해의 피해와 대응책에 대한 주제가, 위기의 지구 단원에는 환경오염, 엘니뇨, 지구 환경 변화 해결을 위한 방안이라는 주제가 포함되어 있다.

따라서 '지구 과학 Ⅰ' 을 학습하는 데 있어 일상생활의 상황을 중심으로 전개함으로써 학습한

지구 과학에 관한 지식과 방법 등의 유용성과 일상생활과의 연관성을 인식할 수 있게 한다. 일상생활과 관련한 주제를 다룰 때 주의할 점은 너무 전문적이고 지엽적인 내용을 다룸으로써 오히려 학생들의 흥미를 상실하게 하고 배우는 학습량을 증가시키는 요인이 되지 않게 하는 것이다.

⑵ '과학'과 '지구 과학 II' 및 다른 교과와의 연계성을 고려하여 학습 내용의 중복이나 비약이 없도록 학습 내용의 수준과 학습 지도 시기 등을 조절할 수 있다.

'과학' 중 '우주의 기원과 진화,' '태양계와 지구'에서 다루는 우주와 은하, 별, 태양계, 지구계 등은 '지구 과학 Ⅰ'에서 다루는 '다가오는 우주,' '생동하는 지구,' '소중한 지구'와 일부 내용이 어느 정도 중복될 가능성이 있다. '과학'에서는 우주의 탄생, 태양계와 지구의 생성과 진화라는 큰 틀 속에서 간략하게 다룸으로써 흐름을 유지할 수 있게 하고, '지구 과학 Ⅰ'에서는 지구 과학의 주요 개념들을 더욱 심화하여 다룸으로써 이후의 '지구 과학 Ⅱ'를 선택하게 될 학생들을 위한 기본적인 이해를 도울 수 있게 구성한다.

⑶ 지구 과학 내용과 관련된 사회적 쟁점에 대한 과학 글쓰기와 토론을 할 수 있도록 수업을 계획한다.

지구 온난화와 이상기후 등의 자연현상이 전 인류의 삶에 막대한 영향을 끼치는 현대에는 지구 과학 내용 및 지구 과학과 관련된 사회적 쟁점을 이해하는 것 뿐 만 아니라 이에 관한 글쓰기와 토론 능력 역시 매우 중요하다. 학생들은 지구 과학 내용 및 지구 과학과 관련된 사회적 쟁점에 대한 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 소양을 기를 수 있을 뿐만 아니라 지구 과학에 대한 이해도 증진시킬 수 있을 것이다. 따라서 연간 수업 계획 시 학생들이 배운 내용과 관련한 지구 과학 글쓰기와 토론을 할 수 있는 기회를 가질 수 있게 계획하여 학생들이 지구 과학과 관련한 문제에 대한 자신의 생각을 과학적인 근거에 기초하여 논리적으로 표현할 수 있는 능력을 기를 수 있게 한다.

⑷ 학생의 수준과 흥미, 학교와 지역 사회의 특성 등을 고려하여 내용을 재구성하거나 다양한 학습 방법을 활용하여 지도할 수 있다.

'지구 과학 Ⅰ'의 내용 중에는 지역과 관련성이 높은 부분이 많이 있다. 예를 들면 '지구의 선물'에서 다루는 다양한 자원은 지역 사회에서 많이 산출되거나 사용하는 것과 관련을 지으면 좋다. 또한 아름다운 한반도, 사태, 지질 재해, 태풍, 황사, 기타 악기상, 환경오염 등은 지역 사회와 관련이 높은 주제이므로 주변의 사례를 조사하고 활용하는 것이 바람직하다. 이 밖에도 사태, 태풍, 황사 등과 같은 주제는 많이 발생하는 시기가 있기 때문에 적절한 시기에 이러한 탐구 활동을 수행한다면 효과적인 수업으로 이끌 수 있다.

이 밖에도 성공적인 교수 · 학습 활동으로 이끌기 위해 학생의 특성, 학교 교육과정의 특수성, 지역 사회의 여건, 학교의 실정에 따라 내용을 재구성하거나 다양한 학습 방법을 활용하여 지도할 수 있다.

(5) 천문, 기상, 해양, 지질 등의 내용을 상호 관련시켜서 이들 내용이 통합적으로 이해되도록 한다.

'지구 과학 Ⅰ'의 내용 중에는 서로 관련성이 높은 부분이 많다. '행성으로서의 지구'는 '다가오는 우주'와 연관이 있으며, '지구의 선물'과 '아름다운 한반도'는 '생동하는 지구'와 연관성이 많다. 또한 '생동하는 지구'에서 다루는 기본 개념은 '위기의 지구' 단원 학습에 기여한다. 따라서 '지구 과학 Ⅰ'의 각 영역별 내용을 다루면서 서로 유기적으로 관련을 지어 통합적으로 이해하게 지도한다.

(6) 과학 학습과 관련된 특별 활동, 과학 전시회 등 여러 가지 과학 활동에 학생이 적극 참여할 수 있도록 계획한다.

교실이나 실험실은 과학을 탐구적으로 학습하는 환경을 제공하는데 어느 정도 한계가 있으며, 이를 보완하기 위해서 야외 학습이나 현장 학습 등이 필요하다. 이러한 야외 · 현장 탐구 활동은 교실에서 경험할 수 없는 물질과 현상을 관찰하고 직접 경험할 수 있는 기회를 제공할 수 있어서 매우 중요하다. 특히 다른 과학들이 자연 내에 존재하는 세부적인 경향성들을 법칙화하여 다루는 반면, 지구 과학은 지구 안팎의 지질, 대기, 해양, 천문과 같은 거시적인 범주에서 실제 자연 현상들에 관한 설명을 원리로서 다루고 있으므로 이를 학습하는 데에 야외 · 현장 탐구 활동의 경험이 더욱 의미 있다고 할 수 있다. 한편 학교의 실정에 따라서 수업과 관련된 다양한 학습 자료의 준비가 어려운 경우에는 더욱 더 교실 밖에서 이루어지는 과학 관련 활동에 적극 참여할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다. 또한 관련 분야를 연구하는 기관을 탐방함으로써 실제 과학자들이 어떤 첨단기구들을 이용하여 어떻게 지구 과학적 소재들을 연구하고 있는지에 대해서도 알아봄으로써 앞으로 지구 과학 Ⅱ를 학습하거나 심화된 전공 공부를 이어나가는 데에도 도움을 줄 수 있다. 무엇보다도 교실 밖의 활동은 교실 내의 활동보다 더 학생들의 흥미와 관심을 끌 수 있다.

따라서 교육과정상 시기에 맞춰 '지구 과학 Ⅰ'의 학습 내용과 관련된 야외 체험 학습장, 과학 전시관, 자연사박물관 또는 관련 연구기관 등을 탐방하여 학습 내용과 관련된 과학 활동을 직접 체험하거나 설명을 들을 수 있는 특별활동을 계획하여 지도할 필요가 있다. 이와 같이 다양한 경험의 기회를 제공하는 것은 학생들의 능동적, 자기 주도적 탐구 기회를 제공할 뿐만 아니라 다양한 탐구 능력을 향상시키는 데에도 도움이 될 것이다. 또한 다양한 야외 · 현장 학습의 실제적인 운영은 재량 활동 시간을 활용할 수 있다. 학생들이 이런 활동을 할 때 개인별 또는 모둠별로 흥미 있는 과제를 선정하여 일정 기간 동안 조사 및 연구를 진행할 수 있게 지도하고, 그 결과를 정리하여 발표할 수 있는 기회를 제공하게 한다.

(7) 지질 답사나 천체 관측과 같은 야외 활동의 경우 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용, 안전 지도 등에 관한 계획을 미리 세워 수업에 차질이 없게 한다.

야외에서 지질 답사를 시행하는 경우 사전 답사를 통해 미리 관찰 지점의 위치를 확인하고 관찰 지점의 상태와 관찰 내용에 대한 사항을 파악해 두는 것이 중요하다. 또한 현장에서 학생

들이 관찰할 내용과 활동에 대한 구체적인 자료를 미리 준비해두도록 한다. 천체 관측의 경우에도 관측 대상에 대한 정보와 관찰 가능 시간 및 방위, 관측 장소의 관측 여건 등에 대한 사전 정보와 자료가 필요하다. 지질 답사나 천체 관측과 같은 야외 활동은 그 특성상 안전에 유의해야 하는 경우가 많으므로, 안전 지도가 충분히 이루어지도록 하며 날씨도 충분히 고려하여 계획한다.

나. 자료 준비 및 활용

(1) 지역에 따라 자료를 준비하기 어렵거나 탐구 활동을 하기 어려운 경우에는 인터넷, 동영상 등 교육과정의 목표에 부합하는 자료나 활동으로 대체할 수 있다.

'지구 과학 Ⅰ' 교과는 탐구 활동을 위한 자료가 필요하거나 학교 밖으로 현장 답사가 필요한 경우가 있다. 예를 들면 아름다운 한반도를 들 수 있다. 이 주제를 다룰 때는 학교 주변의 명소를 방문하여 활용하는 것이 좋다. 그러나 지역 여건이나 시기에 따라 제한을 받는 경우나, 다가오는 우주 단원에서처럼 밤에 활동이 필요하기 때문에 학습이 곤란한 경우에는 컴퓨터, 멀티미디어 장치 등을 활용하여 간접적인 경험을 제공함으로써 탐구 활동을 대체할 수 있다.

(2) 지구 과학에 대한 흥미와 호기심을 높일 수 있게 생활 주변 및 첨단 과학 관련 소재를 학습 자료로 활용한다.

학생들은 생활 주변 및 첨단 과학 관련 소재에 많은 관심을 가지고 있다. 따라서 학습 내용과 관련한 이러한 소재를 적극 활용함으로써 학생들의 흥미와 호기심을 높일 수 있게 하며, 과학의 유용성과 무한한 발전 가능성을 이해할 수 있게 한다. 특히, 첨단 과학 관련 소재를 활용할 경우에는 그 원리에 대한 학문적인 접근보다는 학생들이 배우는 과학 내용이 이러한 첨단 과학과 어떻게 연관되어 있는지에 대한 개괄적인 이해에 초점을 둘 수 있게 자료를 준비한다. 인공위성을 이용한 대기나 해양 또는 지각 운동에 대한 자료 수집, 슈퍼컴퓨터를 이용한 일기 예보, 허블 우주 망원경을 이용한 천체 관측 등이 좋은 예가 될 수 있다.

(3) 첨단 과학, 과학자, 과학사 등과 관련된 자료를 활용한 과학 글쓰기와 토론을 지도할 수 있게 과학도서 목록을 준비한다.

첨단 과학, 과학자, 과학사 등과 관련된 자료를 활용한 글쓰기와 토론을 위해서는 이러한 활동의 주제가 될 수 있는 다양한 과학 읽기 자료가 필요하다. 따라서 학생들의 수준에 맞는 다양한 과학도서 목록이나 과학관련 인터넷 뉴스 검색 포털 목록 등을 미리 준비하여 제공함으로써 과학 글쓰기와 토론 시 참고 자료로 활용될 수 있게 한다.

(4) 학생의 이해를 돕거나 흥미를 유발하기 위하여 모형이나 시청각 자료, 소프트웨어, 인터넷 자료 등을 활용할 수 있게 준비한다.

학습 내용에 따라 모형이나 시청각 자료, 소프트웨어, 인터넷 자료 등은 좋은 학습 자료가 될 수 있다. 따라서 이러한 자료가 효과적일 것으로 판단되는 학습 내용의 경우에는 관련 자료들을 미리 준비하여 수업에 활용할 수 있게 한다. 그러나 모형이나 모의실험 소프트웨어 등 실제 자연현상을 단순화시켜 설명하는 자료들을 사용할 때에는 실제 자연현상과의 차이점에 대해서 인식할 수 있게 지도한다.

다. 학습 지도 방법

(1) 주제 중심으로 내용을 전개하여 학생들의 흥미와 호기심을 유발하면서 지구 과학의 기본 개념을 다루게 한다.

'지구 과학 Ⅰ'의 내용에는 주제를 중심으로 구성된 것이 많다. 예를 들면 지구의 선물, 아름다운 한반도, 환경오염, 기후변화 등이다. 이러한 주제를 중심으로 지구 과학의 기본 개념을 이해하고 활용하게 수업을 전개할 수 있다. 따라서 '지구 과학 Ⅰ'을 학습하는 데 있어 일상생활의 상황을 중심으로 학생들의 흥미와 호기심을 유발하면서 지구 과학의 기본 개념을 다루게 한다.

(2) 탐구 과정을 학습 내용과 적절히 관련시켜 지도함으로써 탐구 능력을 신장시킨다.

과학 탐구는 과학 교육의 특징일 뿐만 아니라 과학 지식의 습득 못지않게 과학 교육에서 중요하게 강조되는 내용이다. 탐구 활동을 지도할 때는 학습 내용이나 학생의 수준을 고려하여 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리 등의 기초 탐구 과정을 바탕으로 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 분석 및 해석, 결론 도출 및 평가, 일반화 등의 통합 탐구 과정을 적절하게 경험하게 하여 궁극적으로는 종합적인 탐구 능력을 기를 수 있게 한다. 특히 지구 과학의 특성 상 이미 발생한 현상을 바탕으로 거꾸로 과거의 원인을 탐구하는 귀추적 탐구를 반영할 수 있도록 한다.

(3) 탐구 활동에서 모둠 학습의 경험을 통해 과학 탐구에서 상호 협력이 중요함을 인식시킨다.

탐구 활동은 모둠 학습으로 진행하는 경우가 많이 있다. 탐구 활동을 모둠으로 할 때에는 역할 분담을 하게 하는 등 탐구 활동에 모든 학생들이 참여할 수 있게 지도한다. 또, 과학의 협동 연구 사례들을 제시함으로써 과학 탐구에서 상호 협력이 중요함을 인식시키게 한다.

(4) 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점에 대한 자료를 읽고, 이를 활용한 과학 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통 능력을 함양할 수 있도록 지도한다.

지구 과학 내용 및 지구 과학과 관련된 사회적 쟁점에 대한 글쓰기와 토론은 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통 능력 함양을 위한 좋은 방법이다. 학생들은 지구 과학과 관련된 사회적 쟁점에 대하여 논리적이고 과학적으로 자신의 의견을 제기하는 과정에서 통찰력과 비판적 사고력을 기르게 된다. 또, 토론은 나의 생각을 다른 사람에게 알리고 설득하는 능력뿐만 아

니라 다른 사람의 생각을 듣고 평가하는 능력까지 길러 주므로 의사소통 능력 신장에 유용하다고 할 수 있다. 따라서 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통 능력 등의 함양을 위하여 교사는 학습 내용 지도와 관련하여 적절한 시기에 지구 과학 글쓰기와 토론을 할 수 있는 기회를 제공하는 것이 필요하다.

(5) 학습 활동은 가능한 한 학생 중심으로 진행하며, 수업에서 의사소통을 할 때에는 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지게 한다.

지식은 배워지는 것이 아니라 스스로 만들어가는 것이라는 구성주의 관점에서 볼 때 학생 중심의 활동은 학생들이 스스로 지식을 구성하게 하기 위한 좋은 학습 방법이라고 할 수 있다. 따라서 가능한 한 학생 중심의 활동이 이루어지게 지도한다. 또, 이러한 활동 중에는 여러 가지 다양한 의사소통이 이루어지게 되는데, 이러한 때에는 자신의 의견을 명료하고 조리 있게 표현하면서도 다른 사람의 의견을 경청하고 존중하는 태도를 가지게 지도한다. 토론에서 남의 의견을 경청하는 행동은 민주 시민의 자질일 뿐만 아니라 자신의 생각과 다른 학생의 생각을 비교하고 평가할 기회를 부여하며, 좋은 토론을 하기 위해서도 필요하다는 것을 이해시킨다.

(6) 학생들의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 지도한다.

한 학급에 포함된 학생들은 능력과 흥미 등에서 개인차를 가지고 있으며, 동일한 내용을 동일한 방법으로 지도하였다고 해도 학습 내용을 이해하는 정도나 학습에 흥미를 보이는 정도는 학생에 따라 많은 차이를 나타낸다. 따라서 교사는 학생들의 개인차 정도를 인지하고 가능하면 수업 상황에서 학생들의 개인차를 고려할 수 있는 방안을 모색하게 한다.

(7) 강의, 토의, 실험, 조사, 견학, 과제 연구 등의 다양한 교수 · 학습 방법을 적절히 활용하여 지도한다.

효과적인 교수 · 학습 방법은 학습 내용이나 학습자에 따라서 달라질 수 있다. 따라서 교사는 학습 효과를 높일 수 있게 학습 내용과 학습자의 특성 등을 충분히 고려하여 강의, 실험, 토의, 조사, 견학, 과제 연구 등의 다양한 교수 · 학습 방법을 활용하게 한다.

(8) 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있는 발문을 하고, 개방형 질문을 적극 활용한다.

질문은 학생들의 흥미와 호기심을 유발함으로써 궁극적으로는 학습 동기를 유발하게 하는 좋은 학습 방법이다. 따라서 수업 시간에 적절한 발문을 사용한다면 흥미와 호기심을 유발할 수 있을 뿐만 아니라 학생들이 답을 생각하는 과정에서 인지적 작용을 촉진시킴으로써 학습 효과를 높일 수도 있을 것이다. 발문을 할 때는 질문의 이러한 유용성을 고려하여 학생들에게 의미 있는 발문을 하도록 하며, 특히 개방형 발문을 함으로써 학생들이 사고할 수 있는 기회를 제공하게 한다.

⑼ 컴퓨터를 활용한 실험, 인터넷, 멀티미디어 등을 적절히 활용한다.

가장 좋은 과학 탐구 방법은 학생들이 실제로 탐구 활동을 경험하게 하는 것이다. 따라서 학교 수업에서 실제 실험이나 활동이 가능한 탐구 활동의 경우에는 가능한 한 실제 실험이나 탐구를 하게 한다. 다만, 신속하고 정교한 실험 수행을 위해서는 MBL과 같은 컴퓨터 활용 실험을 실시하거나, 실제 실험이 불가능하거나 안전상의 문제가 있는 등의 경우에는 컴퓨터, 인터넷, 멀티미디어 등을 활용한 가상 실험 또는 시범 실험 등을 적절히 활용한다.

⑽ 첨단 과학, 과학사, 과학과 기술, 과학과 사회, 환경 등에 관련된 서적을 읽게 권장함으로써 과학에 대한 흥미와 호기심을 유발하고, 과학 · 기술 · 사회의 상호 관련성을 이해시킨다.

학교에서 배우는 과학을 싫어하는 학생들도 첨단 과학이나 과학자 이야기 등에는 흥미를 보이는 경우가 있다. 특히 지구 과학에서는 고대로부터 다양한 과학사적 쟁점들이 이어져왔으므로 학습 내용에 해당하는 과학사적 사건들을 학습의 도입부분이나 정리부분에 소개하여 흥미 유발이나 오개념 수정을 유도하거나 과학의 본성을 이해할 수 있도록 지도한다. 최신의 과학 이야기는 그 내용을 학생들이 정확히 이해하기는 어렵지만, 학생들에게 과학의 유용성과 무한한 발전 가능성, 그리고 나 자신이 과학 발전에 기여할 수도 있다는 생각 때문에 과학에 대한 학생들의 흥미와 관심을 끌기에 충분하다. 따라서 학습 내용의 지도 중 이와 관련있는 첨단 과학, 과학자 이야기, 과학사, 과학과 사회, 환경, 시사성 있는 과학 내용 등을 적절히 도입한다면 학생들이 장래의 과학자로서 자신의 진로를 모색해 보는 계기를 부여하게 될 것이다.

라. 실험 · 실습 지도

⑴ 실험의 목적과 방법을 이해하고 실험을 수행할 수 있게 지도한다.

과학의 내용은 과학 개념과 탐구 과정으로 구성되어 있다. 실험은 주요한 탐구 활동으로서 학생들은 실험을 통해 새로운 과학 지식을 얻거나 확인하게 된다. 따라서 실험실에서 이루어지는 탐구 활동이 실험 과정을 단순히 따르는 수동적인 실습에 그치지 않게 실험의 목적과 방법을 이해하고 수행할 수 있게 지도한다. 지구 과학에서는 실험실에서 할 수 있는 실험의 규모가 실제 자연 현상의 규모에 비해 비약적이거나 극단적인 변인통제에 의해 수행되기 쉬우므로 그 차이점에 대해서 자세히 설명한다.

⑵ 실험을 하기 전에 실험실 안전 수칙을 확인하여 실험 시 이를 준수하도록 하고, 사고 발생 시 대처 방안을 미리 수립한다. 특히 화학 약품, 파손되기 쉬운 실험 기구, 가열 기구 등을 다룰 때의 주의점을 사전에 지도하여, 사고가 발생하지 않도록 한다.

실험 · 실습 지도에서 안전은 아무리 강조해도 지나치지 않은 내용이다. 실험 · 실습이 안전하게 이루어지기 위해서는 올바른 실험 기구의 사용 방법을 아는 것이 필수적이다. 따라서 실험 전에 실험 기구의 사용 방법을 올바로 익힐 수 있게 지도함으로써 안전사고가 일어나지 않게 유의한다. 또, 상해나 화상을 입을 수 있는 실험 · 실습을 할 경우에는 이에 대한 충분한 안

전 지도를 하여 사고를 방지하게 한다.

⑶ 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 반드시 사전 답사를 실시하고 관련 자료를 조사하여 안전하고 효과적인 수업이 되도록 지도한다.

사전에 철저한 준비와 계획이 없는 야외 탐구 활동이나 현장 학습은 그 효과가 반감되기 쉽다. 따라서 의미 있는 야외 탐구 활동이나 현장 학습이 되게 하기 위해서는 사전 답사나 관련 자료 조사 등 철저한 준비가 필요하다. 또, 학교 안보다 상대적으로 사고가 일어나기 쉬운 학교 밖에서 사고가 발생하지 않게 위험한 시설이나 지형 등을 미리 파악하게 하며, 안전 지도에 소홀하지 않게 한다. 또, 안전 수칙을 만들어 안전 점검을 하고 학습 지도 시 필요하다고 생각할 때마다 안전에 관한 주의를 환기시켜야 한다.

⑷ 실험 후의 폐기물은 환경오염을 최소화하게 처리한다.

실험 후의 폐기물은 환경을 오염시키지 않게 처리하여야 한다. 특히, 환경오염 문제가 심각하게 대두되고 있으므로 환경오염에 대비하여 폐기물을 종류별로 분류하여 수집함으로써 그 처리가 용이하게 하여야 한다. 이것은 학생들의 환경 교육 차원에서도 중요한 의미를 가진다.

마. 과학 교수 · 학습 지도 지원

⑴ 단위 학교에서는 실험, 관찰 등 과학 활동의 특성에 따라 연 차시 학습으로 운영할 수 있도록 지원한다.

실험이나 관찰, 야외 · 현장 탐구 활동 등의 과학 활동 중에는 한 시간 동안에 모두 마치는 것이 어려운 경우가 많이 있다. 활동을 준비하고, 활동을 실시하고, 유의미한 결과를 도출하기 위해서는 연 차시 학습이 필요한 경우가 많이 있는데, 단위 학교에서는 이러한 점을 고려하여 과학 활동의 특성상 필요한 경우 연 차시 학습이나 학년 · 학급별 단체 탐방일 등을 계획하여 운영하는 것이 가능하게 지원한다.

⑵ 시 · 도 교육청에서는 내실 있는 과학 교수 · 학습을 위해 과학실, 과학 실험 기자재 등을 확보하기 위한 재원을 지원한다.

내실 있는 과학 교수 · 학습을 위해서는 과학실, 과학 실험 기자재 등의 확보가 필수적이다. 그러나 교사나 학교 수준에서 과학실, 과학 실험 기자재 등을 확보하는 것은 한계가 있다. 또한 적절한 야외 · 현장 탐구 활동을 수행하는 데에 있어서도 교사나 학교 수준에서는 운영 및 재정면에서 한계가 있다. 따라서 시 · 도 교육청에서는 내실 있는 과학 교수 · 학습을 위하여 이들에 대한 재원을 지원하는 것이 필요하다.

5. 평가

평가와 관련해서는 '평가 영역', '평가 방법', '평가 도구의 개발', '평가 결과의 활용', '평가의 절차' 등 다섯 가지 항목으로 제시하였다. 여기에서는 이들 각각에 관하여 설명하고자 한다.

가. '지구 과학 Ⅰ'에서는 기본 개념의 이해, 과학의 탐구 능력, 과학적 태도 등을 평가하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 지구, 우주 및 지구 환경과 관련된 기본 개념의 통합적인 이해 정도를 평가한다.

(2) 탐구 활동 수행 능력과 이를 일상생활 문제 해결에 활용하는 능력을 평가한다.

(3) 과학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

'지구 과학 Ⅰ'에서는 지구 과학의 기본 개념의 이해, 과학의 탐구 능력 및 과학적 태도 등 교과의 목표에서 제시한 영역에 대해 고르게 평가한다. 통합적이고 종합적인 이해 능력을 평가하여 학생들로 하여금 단편적인 개념의 암기를 지양하고 과학적 개념을 바탕으로 다양한 상황에서 문제를 해결하는 능력을 강조한 것이다. 탐구 능력의 평가에서는 탐구 활동 수행 능력과 이를 일상생활 문제의 해결에 적용하는 능력의 평가에 초점을 맞추고 있다. 이는 탐구 능력의 신장이 학교에서 부딪치는 학습 문제의 해결만이 아니라 일상생활 문제의 해결에까지 전이되어야 함을 강조하는 것이라고 볼 수 있다. 그리고 과학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등 정의적 영역에 대한 평가 또한 매우 중요하다. 최근 인간의 활동에 의한 지구환경의 변화가 증대되고 있는 점을 감안하여 지구 과학적 과정에 대한 이해를 바탕으로 지구 환경에 대한 책무성과 대처방안에 대한 이해와 역량을 가지고 있는지를 평가하는 것이 중요하다.

나. 평가는 선다형, 서술형 및 논술형, 관찰, 보고서 검토, 실기 검사, 면담, 포트폴리오 등의 다양한 방법을 활용한다.

평가 영역이나 내용의 성격에 따라 평가 방법은 선다형, 서술형 및 논술형, 관찰, 보고서 검토, 실기 검사, 면담, 포트폴리오 등의 다양한 방법을 사용할 수 있다. 선다형, 서술형 및 논술형 등의 지필 검사는 지식의 평가나 탐구 사고력의 평가에 활용할 수 있으며, 리커트 척도의 질문지를 통해 과학에 대한 관심, 흥미, 과학적 태도 등 정의적 영역에 대한 평가를 할 수 있다. 이러한 평가는 그 결과를 객관화할 수 있다는 장점이 있다. 실험이나 야외 · 현장 탐구 활동 중의 기구 조작 능력이나 전반적인 참여도, 태도 등은 관찰을 통해서 평가할 수 있는데, 이때에도 평가의 객관성을 유지하기 위해서 사전에 평가 항목과 점수 배당 기준표를 만들어 활용해야 한다. 보고서 검토와 실기 검사는 탐구 사고력과 조작적 능력의 평가에 유용한데, 보다 객관적인 평가를 위해서 사전에 평가 기준을 만들어 활용할 필요가 있다. 또, 면담, 포트폴리오 등 다양한 방법을 활용하는 것이 바람직하다. 한편 야외 · 현장 탐구 활동 평가의 경우, 습득된 개념 등과 같은 인지적 영역에 관한 객관적인 평가도 가능하겠지만, 학생 개개인의 의미 구성 방식의 차이를 인정하여 개별적으로 성취한 학습 수준이나 정의적 · 정서적 경험에 대한 대안적 평가도 가능하다.

다. 타당도와 신뢰도가 높은 평가가 되게 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.

평가에서 중요한 것은 평가 도구의 타당성과 신뢰성이다. 이를 위해 평가 도구를 개인적으로 개발하기보다는 동료 교사들과의 논의를 통하여 공동으로 개발하고 검토하는 것이 바람직하다.

라. 평가는 설정된 성취 기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.

평가 결과는 대체로 다음 두 가지 목적에 활용된다. 첫째, 학생들이 원래 계획했던 목표에 어느 정도 도달되었는지를 알아본 후 성적이나 등급을 부여하는 것이고, 둘째, 평가 결과를 교수 · 학습 개선에 활용하는 것이다. 이 중에서 후자는 학생들이 학습 과정에서 어려워하는 내용과 그 원인을 파악하여 그 결과를 토대로 학습 지도의 계획이나 지도 방법의 개선에 활용할 수 있다는 점에서 중요성이 크게 인식되고 있다. 또, 평가 결과는 학생들의 과학 관련 진로 지도 등에 활용할 수 있다.

마. 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.

평가는 일련의 절차, 즉 계획 수립, 문항과 도구 개발, 시행, 결과의 처리 및 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다. 첫 단계인 평가 계획 수립 시 이후의 단계에 대한 구체적인 계획을 수립하는 것이 바람직하며, 평가에 관한 내용은 가능한 한 동료 교사 및 학생들과 공유하는 것이 필요하다.



Ⅲ 교과서 및 지도서의 편찬 방향

1. 교과서의 편찬 방향

본 교과서는 2009년 12월 23일 고시된 2009년 개정 교육과정(교육과학기술부 고시 제 2009-41호)과 '2010년 고교 과학 인정 감수 기준', 또 각종 연구 보고서 등을 기초로 하여, 새 교육과정에서 추구하는 인간상과 교육 목표를 효과적으로 달성할 수 있는 질 높은 교과서를 편찬하기 위하여 다음과 같은 기본 방향을 설정하여 미래 과학 기술 사회가 요구하는 높은 수준의 창의성과 인성을 고루 갖춘 합리적 인재를 양성하는 것을 목표로 개발하였다.

1. 교과서 편찬의 기본 방향

(1) 2009년 개정 과학과 교육과정을 충실히 반영하였다.

2009년 개정 교육과정에서 고등학교 학생이 배울 '지구 과학 Ⅰ'은 선택 교육과정으로 학생들이 민주 사회 구성원으로서 갖추어야 할 최소한의 소양을 함양하기 위한 과목이다.

① 교육과정이 추구하는 인간상 반영 : 다음과 같은 조건을 만족시킬 수 있는 사람을 기를 수 있도록 편찬 방향을 설정하였다.

- **전인적 성장의 기반 위에 개성의 발달과 진로를 개척하는 사람**
- **기초 능력의 바탕 위에 새로운 발상과 도전으로 창의성을 발휘하는 사람**
- **문화적 소양과 다원적 가치에 대한 이해를 바탕으로 품격 있는 삶을 영위하는 사람**
- **세계와 소통하는 시민으로서 배려와 나눔의 정신으로 공동체 발전에 참여하는 사람**

② 교과 교육과정의 반영

- **교과의 성격과 목표에 충실한 내용 선정 및 교수?학습 방법을 제시하였다.**
- **[학습 내용], [학습 방법], [평가]를 종합적으로 고려한 내용으로 구성하였다.**
- **학생의 발달 단계를 고려한 내용의 수준과 학습량을 적정화하였다.**

(2) 교육과정 중심의 학교 교육 체제에 적합한 교과서가 되도록 구성하였다.

① 교육과정을 구현하기 위한 주된 교육 자료로서의 교과서 편찬

- **국가 수준 교육과정의 상세화, 구체화 자료로서의 적합성을 제고하였다.**
- **교육과정의 목표 구현을 위한 주된 자료의 성격을 띠도록 구성하였다.**
- **학교 교육과정의 편성 · 운영에 도움을 줄 수 있는 풍부한 자료를 제시하였다.**
- **지역이나 학교의 실정, 교과의 특성에 따라 융통성 있는 운영이 가능하도록 구성하였다.**

② 교수 · 학습 과정 중심의 교과서 편찬

• 구체적 학습 지도 계획 작성이 용이한 자료의 성격을 지니게 하였다.
• 단원 전개 과정에서 학습 방법을 충분히 제시하였다.
• 교수 · 학습 과정의 개선에 기여할 수 있는 내용으로 구성하였다.
• 정보 기술, 교육용 소프트웨어 등 다양한 교육 매체 활용이 가능한 내용으로 구성하였다.

⑶ 학습자 중심의 다양하고 질 높은 교과서가 되도록 구성하였다.

① 창의력과 인성 및 사고력, 탐구력을 기를 수 있는 내용 구성

• 학생의 개인차와 발달 단계를 반영하여 수준별 학습이 가능하도록 구성하였다.
• 학습의 과정, 탐구 과정, 통합적인 사고력 신장을 할 수 있도록 구성하였다.
• 학습 과정 중심의 단원 전개 및 체제의 창의적 구안을 도모하였다.
• 실생활에 응용 가능하도록 실용성, 유용성을 중시한 구성 요소들을 포함시켰다.

② 이해하기 쉽고, 재미있으며 활용하기에 편리하도록 편찬

• 학생의 생활 경험을 반영한 흥미와 동기 유발할 수 있도록 하였다.
• 자기 주도적 학습에 도움을 줄 수 있는 내용으로 구성하였다.
• 다양한 편집, 디자인 기법의 도입, 가독성을 제고하여 쉽고 보기 편하게 꾸몄다.
• 개별 학습, 소집단 학습 등 직접적인 체험을 중시하는 내용으로 구성하였다.

2. 교과서 내용의 선정과 조직

① 내용은 교육과정에 따라 대단원으로 '소중한 지구', '생동하는 지구', '위기의 지구', '다가오는 우주' 4개 영역으로 구성하였다. 대단원은 다시 2 ~ 3개의 중단원으로 구분하였다.

② 중단원 안에 제시되는 세부 내용 요소는 개념의 순서, 내용의 연계성, 통합성이 적절하게 유지되도록 구성하였다.

③ 초 · 중 · 고등학교 내용과의 연계성을 고려하여 학습 내용의 누락이나 중복이 없도록 하였다.

④ 학습자의 흥미를 높이고 창의성과 인성, 문제 해결력을 신장시킬 수 있는 내용으로 선정 · 조직하였다.

⑤ 내용이나 탐구 학습의 소재는 학생의 실생활 경험과 밀접한 관련이 있는 것으로 선정하였다.

⑥ 교육과정에 제시된 탐구 과정을 다양하게 학습 목표에 접근할 수 있도록 구성하였다.

⑦ 주요 개념, 원리, 법칙, 이론, 학설은 정설화된 것을 선정하되 공정하게 진술하였다.

⑧ 과학의 유용성, 잠재성뿐만 아니라 과학의 윤리적인 측면과 제한점 등 과학 · 기술 · 사회의 상호 관련성을 다양한 관점에서 사고할 수 있도록 내용을 구성하였다.

⑨ 과학자, 과학사, 과학과 생활, 과학 · 기술 · 사회와 같은 다양한 읽기 자료를 제시하여, 과학 학습에 흥미를 유발할 수 있도록 하였다.

⑩ 실험의 소재는 지역, 계절, 학교의 실습 여건을 고려하여 실험 수행이 가능한 것으로 선정하고, 사전 실험을 통해 안정성과 실험 조건, 소요 시간을 확인하여 내용을 조직하였다.

⑪ 실험 기기는 조작이 간단하고 안전한 것으로 선정하였다.

⑫ 실험에 따라 안전 사고를 예방하기 위하여 유의 사항과 주의 사항을 적절히 제시하였다.

⑬ 학교 현실에서 직접 수행하기 어려운 탐구 활동은 자료 해석이나 가상 실험을 제시하여 그 원리를 알 수 있도록 하였다.

3. 교과서의 구성과 특징

각 단원의 내용 전개 순서에 따라 상세히 설명하면 다음과 같다.

Ⅰ 도입부

(1) 대단원 도입부

대단원 도입부는 총 2쪽으로 구성되었다. 단원이 시작되는 문으로 학습 동기를 유발할 수 있는 내용의 사진을 실었으며, 그림을 통해 앞으로 배울 내용을 짐작할 수 있게 하였다. 또한 그 단원에서 배울 내용을 중단원 제목과 함께 제시하여 단원에 대한 흥미와 동기를 유발할 수 있도록 구성하였다.



(2) 중단원 도입부

대단원은 2 ~ 3개의 중단원으로 구성되었다. 그리고 각각의 중단원은 2~6개의 소단원으로 구성되었다. 중단원 도입부는 중단원에서 공부할 내용에 대한 도입문으로 학습 목표와 중단원에서 배울 내용에 대한 역사적 사실이나 일상생활에서의 경험적 사실에 대한 설명과 생각 열기로 구성하였다. 특히 생각 열기는 중단원 도입문에 대한 대표적인 질문을 제시하여 앞으로 공부할 내용에 대해 미리 생각할 수 있도록 하였다.



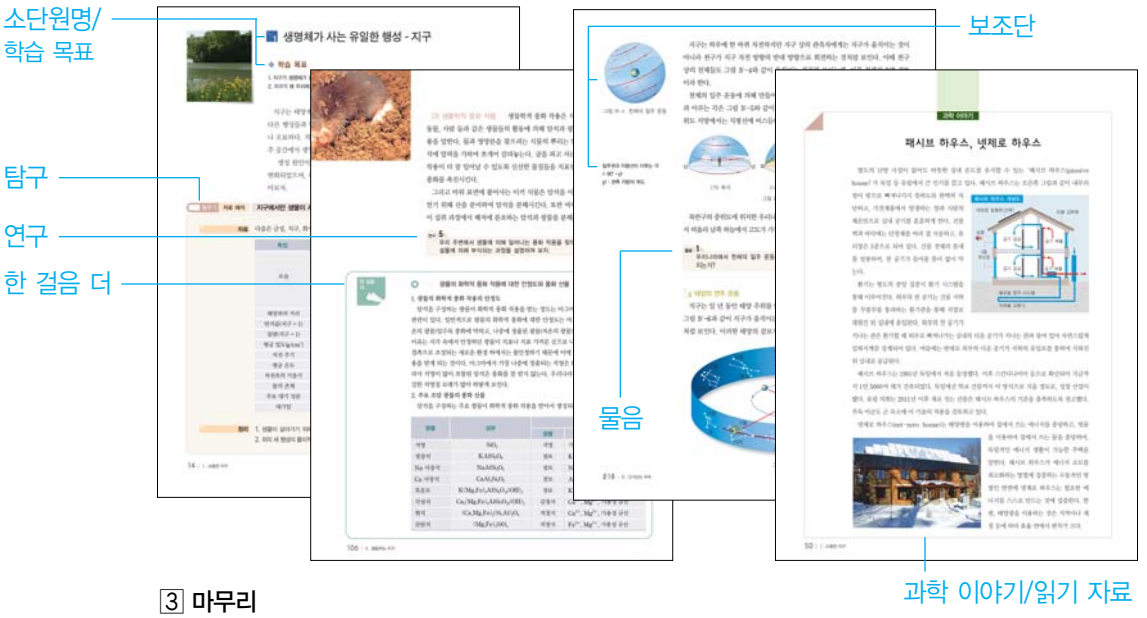
2 본문 학습 활동

학생들이 지루해 하지 않고 과학에 흥미를 가질 수 있도록 소단원(주제)별로 내용을 설정하여 쉽게 성취감을 맛볼 수 있게 하였다. 도입부터 시작하여 고등학교 1, 2학년 수준에 맞게 관찰과 경험을 바탕으로 전개하였다.

- **소단원 제목** 교육과정에 제시된 내용 항목을 분석하여 1개, 또는 2~3개를 1개로 통합하여 소단원 제목을 구성하였다.
- **학습 목표** 소단원에서 학습할 내용을 정리하여 앞으로 공부할 내용에 대한 방향을 제시하였다.
- **학습 동기 유발** 실생활 경험이나 역사적인 사실 등과 같은 내용을 제시하면서 학습에 흥미를 갖도록 유도하였다.
- **학습 활동** 본문 학습은 일상생활에서의 경험을 과학적 원리로 설명하면서 이론적 사실로 끌어내도록 하고, 탐구 활동을 통하여 개념을 이해하는 데 도움을 주도록 구성하였다. 탐구 활동은 조사, 관찰, 실험, 토의, 자료 해석 등과 같은 다양한 탐구 활동을 통하여 도입, 수행, 토론 또는 결과를 정리하는 단계 등을 거쳐 원리나 법칙 등 기본 개념을 자연스럽게 이해할 수 있도록 하였다. 또한, 과학의 원리에 대한 설명의 이해를 높이기 위해 과학과 생활, 과학 이야기, 과학사, 한걸음 더 등의 다양한 과학 관련 자료를 제시하여 과학적 사고력과 창의력을 기를 수 있도록 하였다.
- **보조단** 본문 내용과 관련된 사진, 용어 설명, 부가 설명, 등을 제시하여 본문을 이해하는 데 도움을 줄 수 있도록 하였다.
- **물음** 본문 학습 활동 중에 관련 질문을 제시하여 학습한 내용의 중요 사항을 상기시키고, 질문에 대한 답을 통해 다음 학습할 내용을 쉽게 이해할 수 있도록 하였다.
- **연구** 본문의 중요한 과학적 원리를 학생들 스스로 생각할 수 있도록 구성하였다. 연구를 해결하는 과정을 통해 과학적 사고력이 향상될 수 있다.
- **한 걸음 더** 본문 학습 활동에서 기본적인 개념 외에 추가적으로 알면 도움이 되는 내용을

제시하여 수준별 학습이 가능하도록 하였다.

- **과학 이야기** 읽을거리로 과학과 생활, 과학사, 과학 이야기 등을 실어 학생들에게 다양한 흥미를 유발하게 하였다. 그리고 이를 단순한 읽기 자료의 개념을 넘어 과학에 흥미를 갖고 학습할 수 있게 하였으며, 학습한 내용이 실생활에 어떻게 응용되고 있는지를 알 수 있게 하였다.



3 마무리

(1) 중단원 마무리

중단원 마무리는 되짚어 보기, 확인하기로 구성되었다.

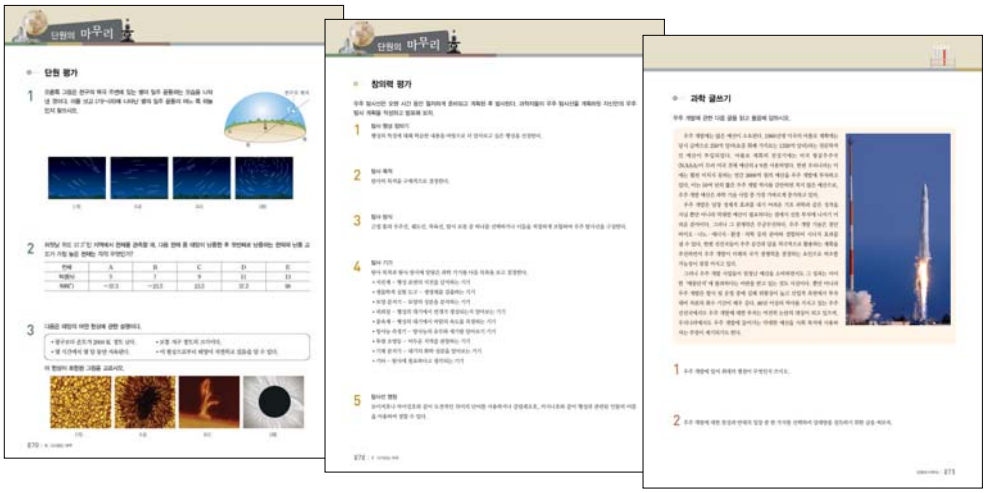
- **되짚어 보기** 단원의 학습 목표를 통해 본문 학습 활동을 하고, 그에 따라 마무리로 학습 목표를 제대로 이행하였는지 확인할 수 있도록 구성하였다. 또한, 주용 용어를 제시하여 꼭 알아야 할 핵심 용어를 정리하였다.
- **확인하기** 학생 스스로 학습 목표의 도달 정도를 점검하는 데 도움을 주기 위해서 중단원 끝에 제시하여 단원을 정리하고 복습하는 기회를 활용할 수 있도록 하였다.



⑵ 대단원 마무리

대단원의 학습을 마무리하는 단계로 교육과정에서 제시한 목표를 성공적으로 달성하였는지 확인할 수 있는 다양한 평가가 이루어질 수 있도록 단원 평가, 창의력 평가, 과학 글쓰기의 세 단계로 구성하였다.

- **단원 평가** 이 단원에서 배운 내용을 종래의 지식 확인 성격의 문제를 탈피하여 다양한 형태의 문제로 구성하였다. 이를 통해 종합적으로 학습 목표 점검과 공부한 내용을 정리할 수 있도록 하였다.
- **창의력 평가** 이 단원에서 배운 내용 중 실생활과 관련된 소재를 제시하여 과학적 창의력을 키울 수 있는 문제 위주로 구성하였다. 이를 통해 과학적 원리를 적용한 통합적 사고력을 기를 수 있게 하였다.
- **과학 글쓰기** 과학과 관련된 상식이나 과학의 사회적 쟁점에 대한 자료를 제시하여 글쓰기를 통해 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사 소통 능력을 기를 수 있도록 하였다.



⑶ Science Theme (과학의 과거 · 현재 · 미래)

앞에서 배운 대단원 내용과 관련된 과학 이야기를 과거, 현재, 미래의 과정으로 제시, 혹은 현재, 미래의 과정으로 제시하였다. 이를 통해 과학 학습에 대한 흥미를 더욱 유발시키고, 앞으로 지구가 처할 미래나 인류의 미래를 생각해 보도록 하였다.



(4) 부록

본문과 직접 연결하여 학습에 활용할 수 있는 자료로 구성하였다. 부록의 내용으로는 한국 지질도, 여러 가지 광물의 성질과 대표적 용도, 천연 기념물, 명승지 지정 현황, 국립 공원과 도립 공원, 성도(별자리) 등을 수록하였다. 그리고 정답 및 해설을 실어 학생 스스로 확인할 수 있는 자기 주도적 자율 학습이 되도록 하였다.

4. 지구 과학 Ⅰ 교과서의 활용

교과서는 교육과정을 충실히 반영한 예시 자료의 성격을 지니므로 교육과정의 목표와 내용을 구현하기 위해 재구성하여 지도할 수 있다. 지도할 때 고려할 사항은 다음과 같다.

① 교과서의 내용 등 학습 활동과 전개 방법을 충분히 숙지하고 지도한다.

② 교과서의 내용은 예시 자료의 성격이 있다. 따라서 지역이나 학교 사정에 따라 달라질 수 있으므로 적절히 조절하여 지도한다.

③ 많은 시간이 필요한 과학 활동은 미리 계획을 세워 계절과 지도 시기를 조정하여 지도한다.

④ 직접 체험하기 곤란한 과학 활동은 간접 체험을 통해 지도할 수 있게 다양한 보조 자료를 활용하여 지도한다.

2. 교사용 지도서의 편찬 방향

이 교사용 지도서는 2009 년 개정 교육과정(교육과학기술부 고시 제 2009-41호)에 맞도록 편찬한 고등학교 지구 과학 Ⅰ 교과서의 내용을 학생들에게 보다 쉽고 효과적으로 지도하는 데 도움을 주고자 개발한 것이며, 다음과 같은 방향에 따라 개발하였다.

1. 지도서의 개발 방향

① 교과서와 지도서의 학습 순서가 일치하고 유기적으로 연계되도록 구성하였고, 교사가 학생을 지도하는 데 편리하고 유용하도록 하였다.

② 과학과의 본질과 특성, 주요 이론, 교육과정, 교수 · 학습 지도 등을 잘 안내해 줄 수 있도록 구성하였다.

③ 교과서의 학습 내용과 지도 방법을 상세하게 제시하였다.

④ 교수 · 학습 자료를 풍부하게 제시하고, 활용 방법을 안내하였다.

⑤ 탐구 활동은 준비물, 탐구 방법, 유의점, 탐구 결과, 기타 필요한 사항 등을 구체적으로 제시하였다.

⑥ 교사의 수업 전문성 신장을 도와 줄 수 있도록 구성하였다.

⑦ 각 단원마다 학업 성취도를 평가할 수 있는 다양한 평가 도구 및 방법을 제시하였다.

2. 지도서의 내용의 선정과 조직

① 교수 · 학습 상황에 따라 적절히 대처할 수 있도록 충분한 참고 자료와 사례를 제공하였다.

② 수업에서 필요한 핵심 내용을 판서 자료로 제공하였다.

③ 탐구 활동은 실제 사전 실험을 통해 유의 사항과 주의 사항을 제시하고, 그 결과를 자세하게 제시하였다. 또한 현장 여건에 따라 다른 방법으로 할 수 있도록 제시하였다.

3. 지도서의 구성과 특징

교사용 지도서는 크게 총론과 각론, 부록으로 구성하였으며, 구체적으로 다음과 같이 구성되었다.

(1) 총론의 구성

총론에는 2009년 개정 과학과 교육과정 해설, 교과서 및 지도서의 편찬 방향, 교수 · 학습 지도 계획, 교수 · 학습 내용 및 평가 방법 등을 제시하였다.

① 2009년 개정 과학과 교육과정 해설

2009년 개정 과학과 교육과정의 성격, 목표, 고등학교 1 학년 내용의 교육과정 등을 상세히 해설하였으며, 아울러 이에 대한 교수 · 학습 방법과 평가에 관해서도 자세히 해설하였다.

② 교과서 및 지도서의 편찬 방향

- **교과서의 편찬 방향** 2009년 개정 과학과 교육과정에 따른 고등학교 지구 과학 Ⅰ 교과서 편찬 방침과 교과서의 구성 및 특징을 설명하고 교과서의 활용법을 제시하였다.
- **지도서의 편찬 방향** 교사용 지도서의 개발 방향, 지도서의 구성 및 활용법 등에 대한 자세한 안내를 실었다. 특히 '각론의 구성'에서는 이 교과서를 활용하는 데 있어서 교사에게 실질적인 도움을 주기 위해 교과서의 각 요소별로 상세한 해설을 하였다.

③ 교수 · 학습 지도 계획

각 학교에서 연간 지도 계획을 작성할 때 참고가 되도록 연간 지도 계획안을 계획하였고, 각 단원별 학습 지도 계획안은 각론의 각 단원마다 수록하여 교사가 지도 계획을 세우는 데 도움이 되게 하였다.

④ 참고 문헌

집필시 참고한 문헌 및 학습 지도 과정에서 참고가 될 수 있는 국내외의 자료들을 소개하였다.

(2) 각론의 구성

각론에서는 단원의 개관, 단원의 학습 계열, 학습 목표, 대단원의 흐름, 단원 지도상의 유의점, 학습 지도 계획, 지도의 실제를 제시하였다. 그리고 교수 · 학습이 이루어지는 각 단계에서 교사에게 도움이 될 수 있는 내용을 교과서 내용의 순서대로 다양하게 기술하였다.

① 대단원

- **단원의 길잡이** 이 단원에서 다루어야 할 학습 내용을 대략적으로 해설하여 중단원 및 소단원에서 다루어지는 학습 내용을 일목요연하게 알 수 있도록 정리하였다.
- **단원의 표지 사진 설명** 단원 도입을 위한 사진을 제공하고 이에 대해 해설함으로써 동기 유발에 활용하도록 설명하였다.
- **단원의 학습 계열** 초등학교, 중학교에서의 선수 학습과 고등학교 2~3 학년으로 연결되는 후속 학습 사이의 연계성을 알 수 있도록 단원의 연계성을 제시함으로써 개념의 계통성과 학생들의 학습 준비 상태를 알 수 있도록 하였다.
- **단원의 학습 목표** 교육과정에서 제시한 4개 단원의 학습 내용과 기본 개념 등을 항목별로 진술하였다.
- **대단원의 흐름** 대단원의 흐름과 각 중단원에서 해결해야 할 문제를 설명하였다.

- **단원 지도상 유의점** 학습 활동을 하다 보면 특히 강조해야 할 부분과 주의가 필요한 부분이 있다. 이때 강조할 부분이나 주의해야 할 점 또는 내용상 오류를 범하기 쉬운 개념 등을 소개함으로써 지도에 도움이 되게 하였다.
- **단원의 학습 지도 계획** 각 단원마다 학습 활동을 위한 시간 배당, 교수 · 학습 활동 내용, 지도상의 유의점 등을 쉽게 알아볼 수 있게 도표로 제시하였다. 또 차시별로 구분하여 수업 운영에 도움이 되게 하였다. 그러나 더 세밀한 지도 목표가 필요할 때에는 교사가 직접 지도 계획을 세우는 것이 바람직하다.
- **본 단원의 지도 방법** 본 단원 전체를 지도할 때 교사가 꼭 유념해야 할 사항과 학생들이 지켜야 할 사항 등을 제시하였다.

② 중단원

- **중단원 학습 목표** 중단원에서의 학습 목표를 구체적으로 제시하여 수업의 방향을 가늠하도록 하였다.
- **중단원의 흐름** 중단원에서 배울 내용을 대략적으로 설명하였다.
- **중단원 도입 활동** 그림 설명이나 학생들이 호기심이나 흥미를 갖고 학습에 동기 유발할 수 있도록 학습의 소재, 방법 등에 대한 예를 구체적으로 설명하였다. 특히 교사가 교과서와 다른 소재나 방법으로 접근하기 원할 경우를 고려하여, 교과서에 제시되지 않은 범교과의 소재들도 다양하게 제시하였다.
- **생각 열기** 중단원에서 배울 내용 중 포괄적이고 대표적인 질문에 대한 답을 주어 일상생활에서 자주 접하는 과학적 원리를 알 수 있도록 하였다.

③ 소단원

- **차시 안내** 수업을 시작할 때, 한 차시의 수업에 대한 안내를 할 수 있도록 하였다.
- **소단원 학습 목표** 소단원마다 학습 목표를 구체적으로 진술하여 수업의 방향을 알 수 있게 하였다.
- **소단원 지도상의 유의점** 각 차시의 수업 진행에서 강조해야 할 부분이나 특히 주의해야 할 점 등을 지도상의 유의점으로 제시하였다.
- **판서** 매 차시 동안 가르칠 핵심 내용을 일목요연하게 정리하여 수업에 도움을 줄 수 있도록 하였다.
- **본문 해설** 수업을 진행하는 데 필요한 내용을 충분히 제시하여, 교사가 더 깊은 내용을 이해하고 지도하는 데 도움이 될 수 있도록 하였다. 또한, 학습 내용과 관련이 있는 내용이나 통계 자료, 흥미 있는 내용 등도 함께 제시하였다. 이 부분은 학생 지도 자료가 아닌 교사의 참고 자료로, 학습 진도가 높은 학생들의 질문에 대한 참고 자료로도 활용할 수 있다. 교과서 본문에서 개념의 난이도가 있을 때에는 교과서에 읽을거리를 넣어 학생들로 하여금 이해를 돕도록 하였다. 그리고 이것으로 부족한 부분은 지도서에 다시 그에 대한 보충 설명을 하여 이해를 도왔다.
- **탐구** 탐구를 수행할 때 예상되는 유의 사항과 안전과 관련된 것은 주의 사항으로 제시하였다. 또한 탐구 과정에 대한 질문과 정리에 대한 답을 상세히 설명하였다.
- **물음 / 연구** 본문 학습 활동 중에 나오는 물음, 연구에 대한 자세한 해설을 제시하였다.
- **학습 활동** 수업할 때 학생들에게 질문할 내용을 제시하고 이에 대해 설명하였다.

• **참고 자료** 본문 학습 활동과 관련된 관련 인터넷 사이트를 제시하거나 필요한 경우 관련 자료를 제시하여 교사들의 이해를 돕도록 하였다.

④ 중단원 마무리

중단원에서 배운 내용을 일목요연하게 정리한 한눈에 보기, 주요 용어, 확인하기로 크게 나누어 정리하였다. 특히 확인하기 문제는 중단원의 마무리 평가 문제로서 정답과 해설을 자세히 제시하였다. 이로써 내 실력이 학습 목표에 어느 정도 성공적으로 도달했는지 스스로 진단할 수 있도록 하였다.

⑤ 대단원 마무리

대단원의 학습을 마무리하는 단계로 단원 평가, 창의력 평가, 과학 글쓰기 세 단계로 구분하여 싣고, 교육과정에서 제시한 학습 목표를 성공적으로 달성했는지 확인하도록 하였다. 그리고 정답과 해설을 자세히 제시하였다.

⑥ 시험 대비 학업 성취도 평가

대단원 학습 내용을 정리하면서 학생들에게 제시할 수 있는 시험 대비용 문제로 지필 평가와 서술형 평가를 실었으며, 이에 대한 자세한 정답과 해설을 실었다. 지필 평가는 학교 내신 성적과 수능을 대비하여 주로 선다형의 문제를 실었으며, 서술형 평가는 주로 단답형의 문제를 실었다.

4. 지도서의 활용

이 교사용 지도서는 과학 교과의 교수 · 학습 계획 수립과 실제 수업에 도움을 주기 위한 보조 자료가 될 수 있도록 구성하였다. 그러나 실제 교수. 학습 활동을 위해서는 교사들이 지도서의 내용을 보완하거나 재구성하여 사용할 수도 있을 것이다. 교사용 지도서는 다음과 같은 점을 고려하여 활용한다.

① 교사용 지도서는 교과서의 교수 · 학습에 필요한 방법이나 절차를 알 수 있도록 나타낸 예시 자료이다. 따라서, 지역이나 학교 사정을 고려하여 창의적인 학습이 이루어지도록 지도한다.

② 지도서에 제시된 교수 · 학습 지도 계획은 지역 및 학교의 실정, 계절 등을 고려하여 지도 시기를 조정할 수 있다. 특히, 실제 활동이 어려운 경우에는 교육용 소프트웨어 등의 대체 가능한 멀티미디어 자료를 미리 준비하여야 한다.

③ 단원별 학습 지도 계획에서는 한 단원의 수업 내용을 차시별로 일목요연하게 정리하여 수업 운영에 도움이 되게 하였다. 따라서 구체적인 지도 계획을 세우거나 차시 지도수업의 흐름을 파악하는 데 활용한다.

④ 지도서에 제시된 교수 · 학습 방법과 평가 등은 과학과에서 활용할 수 있는 다양한 여러 가지 방법 중에서 몇 가지 대표적인 것이다. 따라서 이 외에도 과학 학습 및 평가에 도움이 되는 다른 방법도 적극 활용하도록 한다.

⑤ 교수 · 학습 자료는 교사를 위한 것으로 지도상의 유의점, 참고 자료, 오개념 지도 등이 제시되어 있다.

⑥ 참고 자료는 교사의 이해를 돕기 위한 이론적 배경이므로 학생들에게 그대로 지도하지 않는다.



Ⅳ 신 · 구 지구 과학 Ⅰ의 내용 비교

2009년 교육과정에 의한 지구 과학 Ⅰ의 내용

단원	장	절
Ⅰ. 소중한 지구	1. 행성으로서의 지구	(1) 생명체가 사는 유일한 행성 – 지구 (2) 생명체를 지키는 지구계의 구성 요소 (3) 지구계에서의 순환과 상호 작용
	2. 지구의 선물	(1) 지하자원의 생성과 개발 (2) 토양의 생성과 이용 (3) 자원으로서의 대기와 물 (4) 해양 자원과 개발 (5) 친환경 에너지 (6) 관광 자원으로서의 지구 환경
	3. 아름다운 한반도	(1) 한반도의 지질과 지형 (2) 한반도의 지질 명소
Ⅱ. 생동하는 지구	1. 고체 지구의 변화	(1) 지진과 화산 (2) 판 구조론과 지각 변동 (3) 풍화 작용 (4) 사태 (5) 지질 재해의 피해와 대책
	2. 유체 지구의 변화	(1) 날씨의 변화 (2) 태풍 (3) 우리나라의 주요 악기상 (4) 대기의 순환 (5) 대기의 순환과 해류 (6) 자연 재해의 피해와 예방
Ⅲ. 위기의 지구	1. 환경 오염	(1) 환경 오염의 발생 과정 (2) 환경 오염으로 인한 피해 (3) 우주 쓰레기
	2. 기후 변화	(1) 과거의 기후 변화 (2) 기후 변화의 원인 (3) 지구 온난화 (4) 지구 환경의 변화 (5) 지구 환경 보존을 위한 노력
Ⅳ. 다가오는 우주	1. 천체 관측	(1) 천체의 겉보기 운동 (2) 행성의 운동과 태양계 모형 (3) 태양 관측 (4) 달 관측
	2. 우주 탐사	(1) 망원경과 우주선 (2) 태양계 탐사와 태양계 구성원의 특질 (3) 외계 생명체와 외계 행성 탐사

제 7 차 교육과정에 의한 지구 과학 Ⅰ의 내용

단원	장	절
Ⅰ. 하나뿐인 지구	1. 지구의 탐구	(1) 지구 과학의 성격과 영역 (2) 지구 과학의 역사 (3) 지구의 탐구 방법
	2. 지구의 구성	(1) 지구 환경 (2) 지구 환경의 상호 작용
	3. 지구 환경의 변화	(1) 과거의 지구 (2) 기후의 변화 (3) 미래의 지구
Ⅱ. 살아 있는 지구	1. 지구의 변동	(1) 화산 (2) 지진 (3) 변동대
	2. 일기의 변화	(1) 물의 순환 (2) 구름과 비 (3) 일기 예보 (4) 우리나라의 날씨
	3. 해양의 변화	(1) 해양의 분포와 해저 지형 (2) 해수의 성질 (3) 해류 (4) 해양 탐사
Ⅲ. 신비한 우주	1. 천체의 관측	(1) 천체 관측의 역사와 영역 (2) 천체 관측 도구 (3) 관측의 실제
	2. 태양계 탐사	(1) 태양계 탐사 방법 (2) 탐사 결과 (3) 천동설과 지동설



Ⅴ 교수 · 학습 연간 지도 계획

연간 지도 계획은 고등과학 과정에 배당된 136시간(34주 수업)을 기준으로 총 85시간을 할당하여 교사가 학습 여건에 따라 다양하게 활용할 수 있도록 구성하였다. 그리고 연간 지도 계획과 같이 장기간의 계획을 세울 때에는 지역의 기후나 계절, 학생의 발달 정도 등을 고려하여야 하고, 또 국경일과 같은 공휴일이 있는 주에는 며칠 동안 계속해야 하는 활동이 어려울 수 있으므로 미리 점검해 두어야 한다.

단원	장	절	시간수		월	비고
Ⅰ. 소중한 지구	1. 행성으로서의 지구	1 생명체가 사는 유일한 행성-지구	1	4	3	삼일절 입학식
		2 생명체를 지키는 지구계의 구성 요소	1			
		3 지구계에서의 순환과 상호 작용	2			
		중단원 마무리				
	2. 지구의 선물	1 지하자원의 생성과 개발	1	6	4	
		2 토양의 생성과 이용	1			
		3 자원으로서의 대기와 물	1			
		4 해양 자원과 개발	1			
		5 친환경 에너지	1			
		6 관광 자원으로서의 지구 환경	1			
		중단원 마무리				
	3. 아름다운 한반도	1 한반도의 지질과 지형	3	7	5	어린이날 석가탄신일
		2 한반도의 지질 명소	3			
		중단원 마무리				
	단원의 마무리		1			
Ⅱ. 생동하는 지구	1. 고체 지구의 변화	1 지진과 화산	3	12	6	현충일
		2 판 구조론과 지각 변동	3			
		3 풍화 작용	2			
		4 사태	1			
		5 지질 재해의 피해와 대책	3			
		중단원 마무리				
	2. 유체 지구의 변화	1 날씨의 변화	3	14	7	
		2 태풍	1			
		3 우리나라의 주요 악기상	2			
		4 대기의 순환	3		8	광복절
		5 대기의 순환과 해류	2			
		6 자연 재해의 피해와 예방	2			
		중단원 마무리				
	단원의 마무리		1			

단원	장	절	시간수		월	비고
Ⅲ. 위기의 지구	1. 환경 오염	1 환경 오염의 발생 과정	3	7	9	추석
		2 환경 오염으로 인한 피해	2			
		3 우주 쓰레기	2			
		중단원 마무리				
	2. 기후 변화	1 과거의 기후 변화	2	14	10	개천절
		2 기후 변화의 원인	2			
		3 지구 온난화	4			
		4 지구 환경의 변화	3			
		5 지구 환경 보존을 위한 노력	2			
		중단원 마무리				
	단원의 마무리		1			
Ⅳ. 다가오는 지구	1. 천체 관측	1 천체의 겉보기 운동	3	12	11	
		2 행성의 운동과 태양계 모형	4			
		3 태양 관측	2			
		4 달 관측	3			
		중단원 마무리				
	2. 우주 탐사	1 망원경과 우주선	3	9	12	성탄절
		2 태양계 탐사와 태양계 구성원의 특징	3			
		3 외계 생명체와 외계 행성 탐사	2			
		중단원 마무리				
	단원의 마무리		1			
계			85	85		



VI 참고 문헌

- 지구의 이해, 조석주 외, 시그마프레스, 2009
- 지구환경과학개론, 소칠섭 외 역, 시그마프레스, 2000
- 지구과학개론, 한국지구과학회, 교학연구사, 2000
- 제주도 지질 여행, 박기화 외, 한국지질자원연구원, 2006
- 기후 변화와 지구 환경, 니노미야 고조, 진한엠엔비, 2010
- 한국의 지질, 대한지질학회, 시그마프레스, 1999
- 생동하는 지구(제4판), 박수인 외 역, 시그마프레스, 2004
- 쉽게 배우는 기상학, 채동현 외, 교육과학사, 2007
- 대기과학개론(개정판), 한국기상학회, 시그마프레스, 2006
- 자연 재해와 재난, 이동우 외 역, 시그마프레스, 2006
- 쉽게 풀어보는 기후변화협약, 이연상, 한울, 2008
- 대기오염개론(환경시리즈 5), 오광중 외, 동화기술, 2004
- 기후변화 핸드북, 기상청, 2010
- 수질오염개론, 김좌관, 동화기술, 2010
- 토양과 지하수 오염 대책, 배계선 외 역, 21세기사, 2004
- 지구온난화와 그 영향과 예방, 박헌렬, 우용출판사, 2003
- 천문학 및 천체물리학, 강혜성 외, 시그마프레스, 2010
- 기본 천문학, 강혜성 외, 시그마프레스, 2008
- Astronomy: a beginner's guide to the universe 5th ed, Eric Chaisson, Pearson Benjamin Cumming, 2006
- Aurora: observing and recording nature's spectacular light show, Neil Bone, Springer, 2007
- Earth: a new perspective, Nicolas Cheetham, Quercus, 2005
- Earth From Space, Andrew K. Johnston, Firefly Books, 2007
- Hubble: the mirror on the universe, Robin Kerrod, Firefly Books, 2007
- The Illustrated Atlas of the Universe, Mark A. Garlick, Weldon Owen, 2006
- The moon, Michael Carlowicz, Abrams, 2007
- The Planets: a journey through the Solar system, Giles Sparrow, Quercus, 2007
- Universe: a journey from Earth to the edge of the Cosmos, Nicolas Cheetham, Quercus, 2007
- An Introduction to Modern Astrophysics, Bradly W. Carroll 외, Pearson, 2007
- Earth Science, Tarbuck, Lutgens, Tasa, Prentice Hall, 2009
- Geology : an introduction to physical geology, 4th ed., Chernicoff 외, Prentice Hall, 2007
- How Does Earth Work?, Smith 외, Prentice Hall, 2010
- Plate Tectonics, Tomecek, Chelsea House Publications, 2009
- Science 101 Weather, Trudy E.Bell, HarperCollins, 2007
- The Down-to-Earth Guide to Global Warming, David, Scholastic, 2007
- Global Warming, editors of Time magazine, Time, 2007
- Earth Science, Tarbuck, Lutgens, Tasa, Prentice Hall, 2009
- Natural Hazards & Disasters, Holmes, Warn, Trans-Atlantic Publications, 2008
- The Good Earth: Introduction to Earth Science, 2ed McConnell, Steer, Knight, Owens, 2008



각 론

Ⅰ. 소중한 지구 58

Ⅱ. 생동하는 지구 132

Ⅲ. 위기의 지구 212

Ⅳ. 다가오는 우주 266

I 소중한 지구

단원의 길잡이

이 단원에서는 우리가 살고 있는 지구와 한반도의 아름다움과 소중함을 과학적인 견지에서 느끼고 이해하게 하는 데 중점을 둔다. 이를 위하여 생명체가 살고 있는 유일한 행성으로서 지구가 지니는 특징과 인류가 살아가는 데 필요한 지구에 분포하는 여러 가지 유형의 자원을 다루며, 한반도의 대표적인 아름다운 지질과 지형을 탐색하여 스스로 답사해 보고자 하는 동기를 유발한다.

단원의 교육 과정

1장 행성으로서의 지구

1. 태양계에서 생명체가 살기 위한 조건을 갖춘 유일한 행성으로서 지구의 소중함을 이해한다.
2. 지구계를 구성하는 각 권의 상호 작용을 이해한다.

2장 지구의 선물

1. 지하자원의 개발과 이용에 대한 경제적 가치를 알고 소중함을 이해한다.
2. 자원으로서 토양의 중요성을 알고, 다양한 토양의 생성 과정 및 토양 유실 저하 요인과 이에 대한 방지 대책을 제시한다.
3. 대기와 물이 생물권에 작용하는 영향과 중요성을 이해한다.
4. 하천수, 지하수, 빙하 등의 형성 과정과 분포를 이해하고, 이에 따른 자연 환경과 인간 생활 환경의 관계를 이해한다.
5. 해양에서 얻을 수 있는 에너지, 물질, 식량 자원의 종류와 분포를 알고 해양 개발의 중요성을 이해한다.
6. 관광 자원으로서 활용되는 지구 환경의 예를 찾아보고 그 가치를 이해한다.
7. 지열, 바람, 조석, 파도, 태양 등 미래의 친 환경 에너지의 원천을 지구에서 얻을 수 있음을 이해한다.

3장 아름다운 한반도

1. 한반도의 유명 관광지에서 볼 수 있는 지형과 지질학적 현상을 이해한다.
2. 한반도의 대표적인 아름다운 지형을 심미적 관점에서 감상하고 소중함을 인식한다.



단원의 학습 계열

전에 배운 내용
1장 행성으로서의 지구 '2007 개정 교육과정'에서는 '지구와 우주' 영역에서 다룬 내용 '2009 개정 과학과 교육과정' 중 7학년의 '태양계와 지구', '생명의 진화', '에너지와 환경' 내용 **2장 지구의 선물** '2007 개정 교육과정'에서는 7학년의 '지각의 물질과 변화', 10학년의 '지구계' 영역에서 다룬 내용 '2009 개정 과학과 교육과정' 중 7학년의 '정보 통신과 신소재', '에너지와 환경' 등의 내용 **3장 아름다운 한반도** '2007 개정 교육과정'에서는 6학년 '지표의 변화', 7학년의 '지각의 물질과 변화', '지각 변동과 판구 조론', 10학년 '지구계'에서 다룬 내용 '2009 개정 과학과 교육과정' 중 7학년의 '에너지와 환경'에서 다룬 내용



단원 지도상의 유의점

1. 지구가 생명체가 존재하는 유일한 행성이라는 것을 감성적인 수준에서 이해하는 것을 넘어서 여러 가지 과학 지식을 균형 있게 다룬다. 생명체의 존재 조건을 이야기하다 보면 간혹 우주와 태양계, 생물의 기원 및 진화와 같은 복잡한 문제로까지 확대되는 경우가 있을 수 있다. 하지만 그러한 것들은 다른 단원이나 과목에서 다루게 되므로, 여기에서는 그것들과 관련지어 지나치게 구체적이거나 어려운 내용이 추가되지 않게 주의한다.
2. 지구계를 다룰 때에도 각 권에 대한 내용을 반복하거나 지나치게 상세한 정보를 제공하기보다는 각 권 사이의 상호 작용과 그것이 지구 환경 및 그 속에서 살고 있는 생명체들에 기여하는 바에 초점을 맞추게 한다. 또, 사람의 활동에 의한 변화가 지구계에도 영향을 줄 수 있음을 간략히 언급하여 이후의 학습과 연계되게 한다.

참고 문헌 및 누리집

- 지구의 이해, 조석주 외, 시그마프레스, 2009
- 인터넷 지구라는 행성, 최진범 외, 춘광, 2000
- 푸른 행성(지구환경과학 개론), Skinner 등, 시그마프레스, 2000
- 지구과학 개론, 한국지구과학회, 교학연구사, 2000
- 한국의 지질노두 150선, 진명식 외, 한국지질자원연구원, 2004

이 단원의 내용	앞으로 배울 내용
1장 행성으로서의 지구 1. 생명체가 사는 유일한 행성 – 지구 2. 생명체를 지키는 지구계의 구성 요소 3. 지구계에서의 순환과 상호 작용 **2장 지구의 선물** 1. 지하자원의 생성과 개발 2. 토양의 생성과 이용 3. 자원으로서의 대기와 물 4. 해양 자원과 개발 5. 친환경 에너지 6. 관광 자원으로서의 지구 환경 **3장 아름다운 한반도** 1. 한반도의 지질과 지형 2. 한반도의 지질 명소	**1장 행성으로서의 지구** '지구 과학 Ⅰ'의 다른 단원이나 '지구 과학 Ⅱ'의 내용을 공부하는 데 전반적으로 기여 **2장 지구의 선물** '지구 과학 Ⅰ'의 '위기의 지구'나 '지구 과학 Ⅱ'의 '지구의 구조와 지각 물질' 단원을 학습하는 데 기여 **3장 아름다운 한반도** '지구 과학 Ⅰ'의 '생동하는 지구'와 '지구 과학 Ⅱ'의 '지구의 변동과 역사' 내용을 학습하는 데 기여

1 행성으로서의 지구

중단원의 학습 목표

1. 태양계에서 생명체가 살기 위한 조건을 갖춘 유일한 행성으로서 지구의 소중함을 이해한다.
2. 지구계를 구성하는 각 권 내의 현상들(오존층, 자기권 등)이 생명 유지에 기여함을 이해한다.
3. 에너지의 순환 및 물질 교환의 관점에서 지구계를 구성하는 각 권의 상호 작용을 이해한다.

중단원의 흐름

이 장에서는 지구에 생명체가 살 수 있는 조건을 천문학, 대기과학, 해양과학, 지질과학, 지구환경과학 등 다양한 관점에서 다루어, 생명체를 위한 최적 환경으로서 지구의 특징을 통합적으로 이해하게 한다. 이를 위해서 지구가 지권, 기권, 수권(빙권 포함), 생물권 등의 하부 권역으로 이루어져 있으며, 외권(우주권)과도 상호 작용하는 유기적이고 역동적인 시스템이라는 것을 이해하게 한다.

지구 시스템을 지도할 때는 초 · 중 · 고등학교에서 학습한 지구의 각 권역에 관련된 내용을 단순히 반복하거나 하위 권역들의 특징을 지나치게 세분하여 다루지 말고, 각 권의 구조와 특징을 상호 작용의 관점에서 다루어 종합적인 학습이 이루어질 수 있게 한다.



중단원의 지도 계획

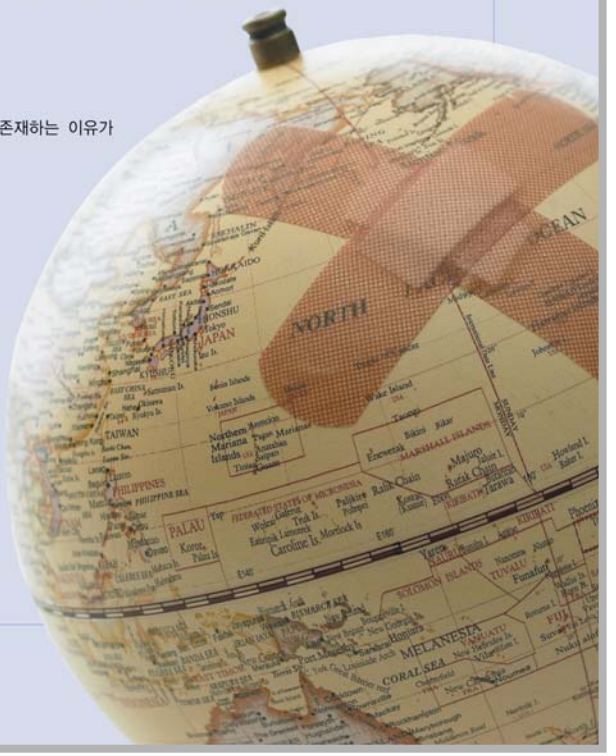
소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
1 생명체가 사는 유일한 행성-지구	1		1	pp. 14~16	■ 원시 지구의 탄생과 환경 변화, 지구에서만 생명체가 사는 이유	자료 해석
2 생명체를 지키는 지구계의 구성 요소	1	1 지구계의 구성 요소	2	pp. 17~19	■ 지구계의 구성 요소	자료 해석
		2 지권의 작용		pp. 19~20	■ 각 구성 요소의 작용	조사
		3 기권의 작용		pp. 20~21		자료 해석
		4 수권의 작용		pp. 21~22		자료 해석
		5 생물권의 작용		p. 22		
3 지구계에서의 순환과 상호 작용	2	1 탄소의 순환	3~4	pp. 23~24	■ 탄소, 물, 에너지의 순환 형태와 과정 및 생태계에 미치는 영향	자료 해석
		2 물의 순환		pp. 24~25		자료 해석
		3 에너지의 순환		pp. 26~27		자료 해석
		4 지구 환경 구성 요소들의 상호 작용		p. 27	■ 지구 환경 구성 요소들 간의 상호 작용 내용	
중단원 마무리				p. 29		

과학의 영역은 시대의 변천에 따라 너무나도 다양해졌고 또 세분화되었다. 그러나 최근 들어서는 필요에 따라 여러 세분화된 영역을 커다란 하나의 체계로 다시 묶기도 한다. 물질 과학, 생명 과학, 유전 공학 등이 그 예이다. 지구 과학이란 분야 역시 그러한 체계 중의 하나이다. 그런데 최근 지구를 연구하는 영역에서 지구를 하나의 독자적인 체계로 다루기보다는 태양계를 이루고 있는 하나의 행성으로서 다루어야 할 필요성이 대두되었고, 지구를 이해하기 위해서는 타 행성들에 대한 이해와 더 나아가 태양을 포함한 태양계 전체에 대한 이해가 필요하게 되었다.

지구에 대한 새로운 이해를 위해 탄생하게 된 것이 행성 과학(혹은 행성 지구 과학)이란 분야이다. 행성 과학은 기존 지구 과학에서 다루던 지구 내의 현상들보다는 지구가 어떻게 탄생되고 진화되었는가에 보다 더 비중을 두고 있다. 또한 지구를 구성하는 각 영역이 어떻게 태양계 내에서 생명체의 탄생과 유지에 기여할 수 있는지를 이해하고자 하는 것이다.

생각 열기

태양계의 행성 중 지구에만 생명체가 존재하는 이유가 무엇일까?



중단원 지도 방향

1. 지구에 현재와 같은 생명체가 살 수 있는 조건을 태양으로부터의 거리, 물의 존재, 대기의 역할, 생물이 진화하기에 충분한 항성(태양)의 수명, 지축의 안정 등 다양한 관점에서 다룸으로서 지구의 소중함에 대한 과학적이고도 심미적인 인식을 기를 수 있게 한다.
2. 지구계를 이루고 있는 하부 권역에서 일어나는 현상들이나 각 권 간의 상호 작용이 지구의 생명체를 존속하는 데 기여하고 있음을 설명한다. 이때는 앞에서 다룬 생명체의 존재 조건이나 뒤에서 다루게 될 에너지 및 물질의 순환과 중복되지 않는 현상들을 선택하고, 그러한 것들을 최적의 상태로 보존해야 할 책임이 우리 인류에게 있음을 함께 다루게 한다.
3. 지구계에서는 각 권이 상호 작용하는 동안 에너지와 물질의 순환(탄소 순환, 물의 순환 등) 및 교환이 일어나며, 이로 인해 지표의 변화, 날씨의 변화 등 여러 가지 지구 과학적인 현상이 일어남을 구체적인 예를 들어 이해할 수 있게 한다.

생각 열기

지구에는 물과 물의 순환을 지속시키는 안정된 대기가 있고, 자외선을 막아 주는 오존층이 존재한다. 생명체가 살아가기 위해 꼭 필요한 산소가 많으며, 적당한 온실 효과가 있어 생명체가 살아갈 수 있도록 일정한 온도가 유지되고 있다.

행성 과학의 태동

행성으로서의 지구를 이해하기 위해서는 행성계를 이루고 있는 타 행성들에 대한 자료가 필요하다. 이를 위해서는 직접 행성계에 대한 탐사를 수행하여 자료를 획득하거나, 아니면 지구에 떨어지는 물질들로부터 자료를 획득해야 한다.

지구에 떨어지는 행성 물질의 자료 획득은 운석에 대한 연구로부터 이루어진다. 오래 전부터 하늘에서 운석이 떨어지는 것이 관측되어 왔고, 또 다수의 운석이 채집되기도 했다. 그런데 행성계의 수수께끼를 푸는 데 결정적인 계기를 가져온 운석이 지구상에 떨어졌고, 또 그때까지 인류가 보유하고 있던 운석 수보다 많은 운석이 발견된 사건이 바로 인류의 달 착륙을 전후로 해서 일어난 것이다. 멕시코 북부에 있는 알렌데(Allende) 마을은 지도상에서도 찾아보기 힘든 조그마한 마을이다. 그런 마을이 과학사에서 매우 중요한 지명이 된 것은 1969년 2월 8일 이 마을의 상공에 소나기처럼 쏟아진 운석(알렌데 운석이라 불림)이 나중에 태양계 생성의 초기 단계를 밝히는데 중대한 기여를 했기 때문이다.

또 하나의 사건은 1969년 11월 일본의 남극 소화(昭和) 기지 주변의 야마토 산맥에서 방대한 양의 운석(남극 운석이라 불림)이 발견된 것이다. 그때까지만 하더라도 전 세계적으로 운석 보유수는 2~3천 개 정도에 불과했지만, 이 발견으로 말미암아 인류는 적어도 만 개 이상의 운석을 보유하게 되었으며, 운석에 대한 활발한 연구는 태양계 생성의 비밀을 푸는 데 크게 기여하게 되었다.

1 생명체가 사는 유일한 행성 – 지구

소단원의 학습 목표

1. 지구가 생명체가 살 수 있는 조건을 갖추고 있음을 설명할 수 있다.
2. 지구가 왜 우리에게 소중한 곳인지 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 지구가 생명체가 존재하는 유일한 행성이라는 것을 감성적인 수준에서 이해하는 것을 넘어서 여러 가지 과학 지식을 균형 있게 다룬다.
2. 우주와 태양계, 생물의 기원 및 진화와 같은 복잡한 문제로 확대되지 않도록 구체적이거나 어려운 내용은 다루지 않는다.

내용 해설

탐구 1 자료 해석

지구에서만 생물이 사는 이유

1. 목표

태양계의 행성 중 유일하게 지구에만 생물이 사는 이유를 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 생물이 살아가기 위해서는 적당한 온도, 충분한 물, 산소와 질소를 주성분으로 하는 공기가 필요하다.
2. 금성은 태양과 너무 가깝기 때문에 H_2O가 액체인 물로 전환되지 못하였고, 이로 인해 온실 기체인 이산화탄소가 매우 높은 농도로 존재하게 되었다. 금성은 태양과 가까운 데다가 온실 효과로 인해 표면 온도가 470˚~480˚C에 달한다. 화성은 지구 크기의 절반으로 중력이 지구보다 약하기 때문에 수증기를 포함한 대부분의 기체가 우주로 날아갔으며, 극소량의 이산화탄소가 대기를 구성한다. 그러므로 생명체가 살 수 있는 조건인 물과 온도, 공기를 갖춘 행성은 태양계 내에서 지구만이 유일하게 된 것이다.



1 생명체가 사는 유일한 행성 - 지구

❖ 학습 목표

1. 지구가 생명체가 살 수 있는 조건을 갖추고 있음을 설명할 수 있다.
2. 지구가 왜 우리에게 소중한 곳인지 설명할 수 있다.

지구는 태양계에 속한 행성으로 지금으로부터 약 46억 년 전에 태양이 형성된 후 다른 행성들과 함께 형성되었다. 그러나 태양계의 행성 중에서 지구의 환경은 너무나 오묘하다. 적당한 온도, 충분한 물, 산소와 질소를 주성분으로 하는 공기 등은 우주 공간에서 생명의 탄생과 진화를 위한 최적의 조건을 갖추고 있는 것이다.

생성 원인이 비슷한 태양계 내의 행성들이 어떤 과정에 의해 각기 다른 환경으로 변화되었으며, 특히 지구는 어떻게 생명체가 살고 있는 유일한 행성이 되었는지 알아보자.

탐구 1 자료 해석 지구에서만 생물이 사는 이유

자료 다음은 금성, 지구, 화성의 모습과 물리적인 특성을 비교한 것이다.

특징	금성	지구	화성
모습			
태양과의 거리	1억 800만 km	1억 5000만 km	2억 2800만 km
반지름(지구 = 1)	0.95	1	0.53
질량(지구 = 1)	0.82	1	0.11
평균 밀도(g/cm^3)	5.24	5.50	3.9
자전 주기	244.3일	23시 56분	24시 37분
평균 온도	480℃	15℃	−63℃
자전축의 기울기	177˚	23.5˚	25.2˚
물의 존재	없음	있음	거의 없음
주요 대기 성분	이산화탄소	질소, 산소	이산화탄소
대기압	95기압	1기압	0.01기압

정리 1. 생물이 살아가기 위해서는 어떤 조건들이 필요한가?
2. 위의 세 행성의 물리적인 특징을 비교하여 보고, 지구에서만 생명체가 존재하게 된 까닭을 설명해 보자.

14 | 1. 소중한 지구

1. 원시 지구의 탄생 과정 : 미행성체의 충돌로 원시 지구 탄생 → 마그마의 바다 → 맨틀과 핵의 분리 → 원시 지각과 바다 및 대기의 형성

2. 원시 지구 환경의 변화
   ① 지각의 진화 : 미행성체 충돌이 멈추자 지구 표면이 식어 지각이 형성
   ② 대기의 진화 : 이산화탄소는 해수에 용해되어 석회암 생성, 남조류의 광합성에 의해 이산화탄소는 줄고 산소는 증가

탄생 초기의 지구는 지금의 지구와는 환경이 전혀 달랐다. 수많은 미행성체들의 충돌로 발생한 열에너지는 지구 표면을 그림 Ⅰ-1과 같이 마그마의 바다를 만들었으며, 운석 속의 물과 대기 성분들은 시간이 지남에 따라 지구계의 환경을 구성하는 요소들로 진화하였다. 마그마의 바다로 형성된 원시 지구에서 그림 Ⅰ-2와 같이 철이나 니켈 같은 무거운 금속 성분은 가라앉아 지구 중심부의 핵을 만들고, 가벼운 규산염 물질은 맨틀을 형성하게 되어 지구는 지각, 맨틀, 핵 등으로 분리되었다. 미행성체의 충돌이 줄어들어 지표가 식으면서 지각이 형성되었고, 대기 중의 수증기는 그림 Ⅰ-3과 같이 응결하여 구름을 형성하였으며 이때 내린 비는 원시 해양을 형성하였다.



그림 Ⅰ-1 미행성 충돌과 마그마 바다(상상도)

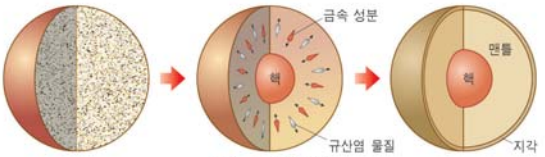


그림 Ⅰ-2 지권의 형성



그림 Ⅰ-3 원시 해양(상상도)



그림 Ⅰ-4 원시 해양의 화산 활동

원시 해양 속에서는 그림 Ⅰ-4와 같이 활발한 화산 활동이 일어났는데, 이들 화산 활동으로부터 많은 양의 염화 이온(Cl^-)이 물속으로 녹아 들어갔고, 비와 강물이 육지의 암석으로부터 나트륨, 마그네슘 등의 광물질을 녹여 바다로 운반해 옴으로써 오늘날과 같이 다양한 염류가 녹아 있는 바닷물이 형성된 것이다.

원시 지각에서는 그림 Ⅰ-5와 같이 활발한 화산



❶ 그림 Ⅰ-5 지권의 형성

❶ 지구 대기의 생성

지구가 만들어질 당시 원시 지구의 지면은 마그마와 운석 충돌에서 방출된 수증기와 이산화탄소, 그리고 운석에서 휘발한 성분들로 된 고온의 원시 대기로 덮여 있었다. 그 위에는 이들이 대류하는 두꺼운 원시 대기가, 더 높은 곳에는 초저온의 희박한 대기가 있었다. 원시 대기는 이산화탄소, 질소, 수증기, 일산화탄소 등으로 이루어져 있었다고 생각된다. 아주 뜨거운 지면 위의 원시 대기에서는 대류 현상이 생겼다. 이 현상에 따라 상승한 원시 대기는 상층부에서 냉각되어 비가 되어 떨어졌다. 그러나 그 빗방울이 지면에 가까이 오면서는 지면의 높은 열 때문에 다시 상승하는 현상의 반복되었다.

시간이 흐르면서 기온이 낮아지고 마그마 바다가 식어갔다. 응결한 수증기가 비가 되어 지면에 내렸고, 이제는 굳은 마그마 바다 즉 원시 지각 위로 떨어졌다.

비가 내리면서 원시 대기 속에 있던 이산화탄소가 그 빗물에 녹아 들어갔고 그에 따라 원시 대기를 채우던 이산화탄소가 대기권에서 사라지기 시작했다. 이산화탄소는 바다 속으로 들어가 거기에 녹아 있던 중탄산 칼슘 이온과 결합해 석회암이 되었다. 대기권의 이산화탄소가 사라지는 속도는 점점 더 빨라졌고, 그 반면에 지면의 온도는 내려갔으며 수증기가 점점 더 많아졌다.

이산화탄소는 수증기와 함께 우리가 잘 알고 있는 온실 가스이다. 현재 지구의 온도가 평균 15°C, 즉 너무 낮지도 않고 너무 높지도 않으며 또 밤과 낮의 온도차가 크지 않아, 생물이 살기에 적합한 것은 수증기가 대기 중에서 대단히 적어진 이산화탄소와 함께 온실 기체 역할을 하기 때문이다.

원시의 대기는 이와 같이 극한한 생물이 살기 어려운 상태이었다. 그러나 이러한 변화를 겪으면서 시아노박테리아라는 원시 남조류가 처음 나타나면서 수중에서 물과 이산화탄소를 얻어 산소를 생산하기 시작하였다.

누적되는 시아노박테리아의 산소 생산에 수중에는 점점 산소의 포화 상태에 이르고, 마침내 수중의 산소가 대기 중으로 빠져나가기 시작하여 대기의 조성이 변하기 시작하였다. 대기 중에 산소가 모이면서 원시 지구에 강하게 내리쬐던 태양으로부터의 자외선이 산소를 변화시켜 생긴 오존이 대기권에 하나의 층으로 자리잡게 됨으로써 자외선을 어느 정도 막아 주어 생물이 살아갈 방어막 구실을 하게 되었다.

❶ 금성

금성의 대기층은 지구보다 훨씬 두꺼워서 표면 온도가 높으며, 밤낮의 기온 차이가 크지 않을 거라고 생각된다. 표면에서의 대기압은 약 90기압이고, 표면 온도는 약 450°C 정도이다. 그리고 금성을 구상하는 대기 성분은 지구와 크게 달라, 대기 중의 약 96%가 이산화탄소이며, 3%가 질소로 이루어져 있다. 나머지는 수증기, 암모니아, 산소 등이 조금씩 차지한다. 지표로부터 약 30~70 km 높이에는 황산으로 만들어진 구름이 있고, 지구처럼 대기의 순환이 일어나는 것으로 밝혀졌다.

❷ 화성

화성은 지구 크기이며, 질량도 작아 대기를 충분히 잡아 둘 만큼의 중력이 작용하지 않아 수증기를 포함한 대부분의 대기가 탄생 초기에 우주로 날아갔다. 그러므로 대기압이 매우 낮으며 대기의 주성분은 극소량의 이산화탄소가 차지한다.

❸ 지구에 생명체가 번성하는 이유

(1) 태양으로부터의 적당한 거리: 지구에 생명체가 번성하는 첫 번째 이유는 태양으로부터 적당한 거리(약 1억 5,000만 km)에 위치하여 적당한 양의 태양 복사 에너지를 받고 있기 때문이다.

(2) 지구의 공전 궤도: 지구의 공전 궤도는 거의 원에 가까운 타원 궤도이다. 만약 지구의 공전 궤도가 납작한 타원 궤도라면 태양에 가까운 위치(근일점)에서는 바다의 물이 끓어 증발해 버리고, 태양에서 먼 위치(원일점)에서는 물이 얼어버릴 것이다.

(3) 달의 존재: 달의 인력은 지구의 자전축을 안정시켜 주고, 달에 의한 기조력은 지구에 조석 현상을 일으켜 조류(밀물과 썰물)를 생기게 한다. 이러한 조류는 해안의 갯벌에 다양한 생태계를 형성한다.

(4) 풍부한 물의 존재: 생명체가 살아가기 위해서 가장 필요한 성분은 물이다. 지구는 태양계의 행성 중에서 가장 풍부한 물(바다)을 가지고 있으며, 이러한 풍부한 물은 지구 표면의 약 70%를 덮고 있다.

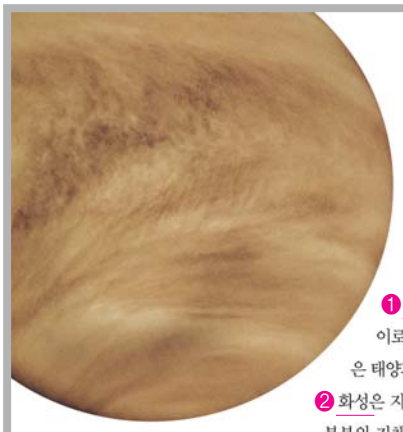
(5) 이상적인 지구의 크기와 잘량: 지구의 반지름은 평균 6,371 km, 질량은 약 6.6×10^{26} kg으로서 이에 따른 평균 표면 중력은 9.8 m/s^{2}이다. 이러한 중력은 지구의 공기 성분을 붙잡아 두어 적당한 대기압을 유지시킨다.

(6) 지구 대기의 성분: 지구 대기의 약 78%는 질소이고 약 21%는 산소, 기타 1%(이산화탄소, 수증기, 아르곤 등)로 되어 있어서 동물의 호흡에 필요한 산소를 충분히 제공해 주고, 이산화탄소와 수증기 등은 적당한 온실 효과를 일으켜 지구를 보온하고 있다.

(7) 지구를 보호하는 자기장: 지구 둘레에 형성되어 있는 자기장은 우주에서 지구로 날아오는 유해한 입자들을 붙잡아 두고, 고에너지 우주선을 차단해 지구상의 생명체를 보호한다.

연구 1

지구의 자전축이 23.5°보다 커진다면 겨울은 더 추워지고 여름은 더 더워져 연교차가 커지게 된다.



활동에 의해 수소, 수증기, 질소, 이산화탄소, 메테인, 암모니아 등의 기체가 지표면으로 배출되었는데, 수증기는 대부분 비가 되어 원시 해양을 형성하였고 나머지 기체는 원시 대기를 형성하였다. 이같은 지구의 역사와 비교하면 금성과 화성에는 왜 생명체가 존재하지 않는지를 설명할 수 있다.

❶ 금성은 태양과 너무 가깝기 때문에 물이 액체 상태로 존재하지 못하였고, 이로 인해 온실 기체인 이산화탄소가 매우 높은 농도로 존재하게 되었다. 금성은 태양과 가까운 데다가 온실 효과로 인해 표면 온도가 470~480℃에 달한다.

❷ 화성은 지구 크기의 절반으로 중력이 지구보다 약하기 때문에 수증기를 포함한 대부분의 기체가 우주로 날아갔고, 온도가 낮아 지하에 얼음의 형태로 존재하며, 극소량의 이산화탄소가 대기를 구성한다.

지구에 생명체가 존재하는 특별한 행성이 된 이유를 정리하면 다음과 같다.

❸ 지구는 태양으로부터 약 1억 5천만 km 정도 떨어져 있는데, 지구가 지금의 거리에서 태양에 대해 약 5% 정도 더 가깝게 있었다면 지상의 물이 모두 끓어 증발하여 생물체가 살 수 없고, 약 15% 정도 더 멀리 떨어져 있다면 대기 중의 이산화탄소가 모두 드라이아이스로 변해 온실 효과를 발휘하지 못하며, 지표상의 물이 모두 얼어 생명체가 살 수 없는 행성이 된다.

1 AU
지구와 태양 사이의 거리로, 약 1.5×10^8 km이다.

지구가 지금처럼 태양으로부터 1 AU 떨어진 이상적인 위치에 있더라도 태양 주위를 지금과는 달리 이심률이 큰 타원 운동을 한다면, 태양에 가까운 위치에서는 바다의 물이 끓고 멀어진 위치에서는 물이 얼어 버리는 행성이 된다.

다음으로 우리가 살고 있는 지구가 특별한 이유는 달의 존재이다. 우리 지구는 다른 행성에 비해 상대적으로 큰 크기(반지름=1740 km)의 위성인 달을 가지고 있다. 달이 지구에 미치는 가장 큰 영향은 달의 인력에 의한 조석 현상이다. 조석 현상에 따른 조류(밀물과 썰물)는 해안지대 갯벌에 다양한 생태계를 이루며 많은 생물이 번성할 수 있게 해 준다.

조석 현상
해안에서 하루에 두 번씩 해수면이 주기적으로 상승·하강하는 운동을 조석이라 하며, 이에 수반되는 해수의 이동을 조류라고 한다.

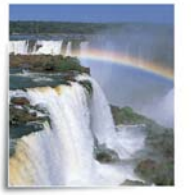
지구에 다양한 생명체가 번성할 수 있는 또 하나의 요인으로 지구 자전축의 경사를 들 수 있다. 지구의 자전축은 현재 23.5°의 경사를 이루고 있는데, 이러한 자전축의 경사 때문에 계절이 생기고 그에 따른 수많은 생명체들이 번성하고 있는 것이다.

태양계에 속한 다른 행성들이 생명체가 존재할 수 없는 환경을 가지게 된 것은 태양으로부터의 거리, 물의 존재, 대기의 역할, 자전축의 경사 등 여러 가지 조건이 생물의 탄생과 진화에는 적합하지 않기 때문이다.

연구 1
지구의 자전축이 지금의 23.5°보다 더 커진다면 지구의 기후는 어떻게 달라지는지 알아보자.

16 | 1. 소중한 지구

2 생명체를 지키는 지구계의 구성 요소



❖ 학습 목표

1. 지구계의 구성 요소가 가지고 있는 특징을 설명할 수 있다.
2. 지구계를 구성하는 각 권 내의 현상들이 생명 유지에 기여함을 설명할 수 있다.

인간이 살고 있는 지구를 우리는 '살아 있는 지구'라고 표현한다. 살아 있는 생명체처럼 지구는 끊임없이 다양한 변화 속에서 시스템을 유지해 왔기 때문이다. 지구의 시스템을 구성하고 있는 각 영역은 독립된 영역이 아니고, 끊임없이 상호 작용하며 전체 지구 환경의 평형을 유지하면서 생명체가 살아갈 수 있도록 해주고 있다.

1 지구계의 구성 요소

지구계의 영역은 구성하고 있는 물질의 종류와 상태에 따라서 기권, 지권, 수권, 생물권, 외권 등으로 구분된다. 우리 주변의 자연 환경을 각 영역으로 구분해 보고, 각 영역의 특징에 대해 알아보자.

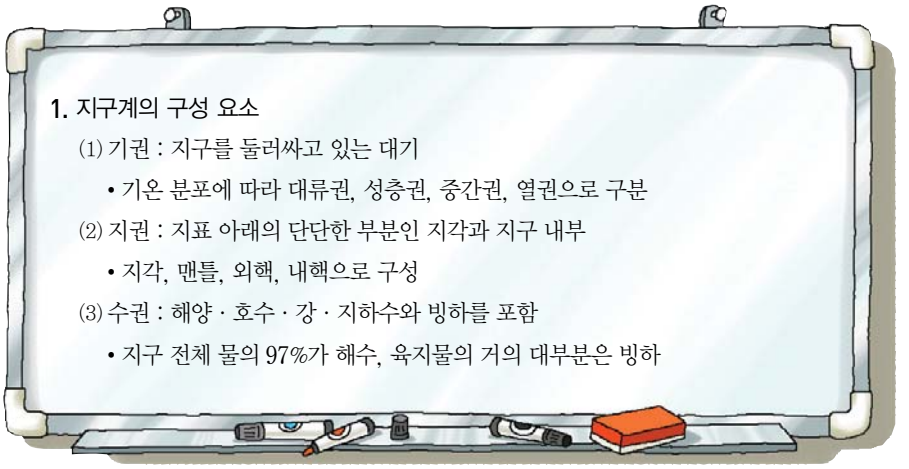
탐구 2 자료 해석 지구계의 구성 요소

자료 다음 그림은 지구계를 구성하고 있는 여러 영역을 구분하여 나타낸 것이다.



정리 1. 그림의 각 영역을 지권, 수권, 기권, 생물권, 외권 등으로 구분하여 보자.
2. 지구 내부는 어떤 영역에 포함될 수 있는가?

❶ 기권은 지구를 둘러싸고 있는 대기를 말하며, 온도 분포에 따라 지표면으로부터 대류권, 성층권, 중간권, 열권 등으로 구분한다. 지구의 대기는 지구계 안에서 가장 움직임이 크고 빨리 변화한다. 대기권 전체 질량의 약 75 % 정도가 가장 하부층인 대



2 생명체를 지키는 지구계의 구성 요소

소단원의 학습 목표

1. 지구계의 구성 요소가 가지고 있는 특징을 설명할 수 있다.
2. 지구계를 구성하는 각 권 내의 현상들이 생명 유지에 기여함을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 지구계의 구성 영역에서 일어나는 현상들이나 각 권의 상호 작용이 지구의 생명체를 존속시키는 데 기여함을 설명한다.
2. 사람의 활동에 의해 지구계의 변화를 가져오고 생명체의 존재에도 영향을 주게 되는 것을 언급한다.

내용 해설

1 지구계의 구성 요소

탐구 2 자료 해석

지구계의 구성 요소

1. 목표

지구계를 구성하는 요소가 무엇인지 설명할 수 있다.

2. 결과 / 정리

1. 지권: 지표면과 지구 내부
   수권: 해양과 강, 호수, 빙하 등 물이 분포하는 곳
   기권: 대기층
   생물권: 각 영역에 살고 있는 모든 생물
   외권: 대기권을 벗어난 지상 1,000 km 이상의 우주
2. 지구 내부는 지권으로 구분한다.

❶ 기권

기권은 기온의 평균적인 연직 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분한다.

지상으로부터 약 10 km까지는 높이 올라갈수록 기온이 평균 100 m당 0.65℃씩 감소하는데, 이 구역을 대류권이라고 한다. 대류권은 전체 대기의 약 80%를 차지하고 있으며, 눈, 비, 구름, 바람 등의 기상 현상이 나타난다. 대류권 계면의 높이는 극지방보다 적도 지방에서 높게 나타난다.

대류권 위로 기온이 거의 일정하다가 다시 상승하는 성층권이 있는데, 성층권 계면까지의 높이는 약 50 km이다. 성층권에는 지상 20~30 km 부근에 오존층이 있으며, 오존(O_3)은 태양으로부터 오는 자외선을 흡수하므로 성층권에서 온도가 상승하는 원인이 된다.

지상 50~80 km 사이에는 온도가 다시 내려가는 중간권이 있다. 중간권에서는 약하지만 대류가 일어나며, 중간권 계면 부근에서는 기권에서 가장 낮은 온도가 나타난다.

중간권보다 더 높이 올라가면 온도가 계속 상승하는 열권이 있다. 열권에서는 대기의 기체들이 이온화된 상태로 존재하는 전리층이 형성된다. 전리층은 이온의 밀도에 따라 D층, E층, F_1 F_2층으로 나뉘며, 이들은 전파를 반사하거나 흡수하기 때문에 전파 통신에 영향을 준다.

지표에서 약 100 km까지는 공기가 잘 혼합되어 주요 화학 조성비가 일정하지만, 그 이상의 높이에서는 질소, 산소 등의 성분이 순서대로 층을 형성하고 있다. 기권은 자외선을 차단하여 지상의 생물체를 보호하고 호흡과 광합성에 필요한 기체를 포함하며, 모든 생물체에 필요한 수증기를 공급한다. 또한, 암석의 풍화 작용, 바람, 유수, 빙하 등에 의한 지표의 침식 작용에도 중요한 역할을 한다.

❷ 지권

지구는 대부분이 암석으로 이루어져 있으므로 고체 지구라고 할 수 있다. 지구 내부는 크게 지각, 맨틀, 핵의 3개 층으로 구분된다. 지각은 대륙 지각과 해양 지각으로 구분되며, 그 아래 맨틀의 일부를 포함하는 암석권을 형성한다. 암석권은 다양한 크기와 형태를 가진 여러 개의 판으로 구분된다.

맨틀은 지구 전체 부피의 약 80%를 차지하며 지각보다 밀도가 크다. 약 2900 km 깊이에는 맨틀과 핵을 분리시키는 아주 뚜렷한 경계가 나타난다. 맨틀 아래에 있는 핵은 액체인 외핵과 고체인 내핵으로 구분된다.

❸ 수권

수권은 지구 표면에 있는 모든 자연수를 포함하며, 기후 변화와도 밀접한 관계가 있다. 또한, 생물의 환경에도 매우 중요한 역할을 한다.

수권은 크게 해수와 육수로 구성되어 있는데, 해수가 대부분을 차지하며, 육수에는 빙하, 강, 지하수, 호수 등이 있다.

수권과 기권은 서로 밀접하게 연결되어 있다. 바다에서 증발된 수증기의 일부는 육지에서 비 또는 눈으로 내린다. 강수의 대부분은 하천으로 흐르면서 퇴적물을 운반하고 지형을 변화시키면서 바다로 되돌아간다.



류권에 집중되어 있다. 대류권의 두께는 약 12 km 정도이며, 태양에 의한 지표면의 가열로 활발한 대류 작용이 나타나 수증기에 의한 구름, 비, 눈 등의 날씨 변화를 일으킨다.

대기는 기체의 혼합물로 대부분 질소와 산소로 구성되어 있고, 아르곤이나 이산화탄소가 약 1% 이내로 들어 있다. 지표면 가까이에 집중되어 있는 수증기는 이산화탄소와 함께 온실 효과를 일으켜 지구의 온도를 일정하게 유지시켜 주며, 성층권의 오존층은 태양으로부터 방출되는 자외선을 막아 지구계의 생명체들을 보호하는 역할을 한다.

❷ **지권**은 지표 아래의 단단한 부분인 지각과 지구 내부를 말한다. 지권은 전체 지구 환경에서 가장 큰 질량을 차지하는 고체 부분으로 지각, 맨틀, 외핵, 내핵 등 4개의 층으로 구분할 수 있다.

지각은 대륙 지각과 해양 지각으로 구분되며, 해양 지각의 밀도가 대륙 지각의 밀도보다 더 크다. 맨틀은 지구 전체 부피의 약 80%를 차지하며, 지각보다 밀도가 크다. 맨틀 아래에 있는 핵은 밀도가 더욱 큰 철과 소량의 니켈로 구성되어 있으며, 액체 상태인 외핵과 고체 상태인 내핵으로 구분한다.

❸ **수권**은 해양, 호수, 강 그리고 지하수까지 포함하며, 또한 지표면의 모든 액체 상태의 물과 빙하를 포함한다. 수권의 약 97%는 해수이고, 육수의 대부분은 빙하가 차지한다. 육수의 호수, 강, 지하수는 지구 전체 물의 1% 정도에 해당하므로 인류가 일상생활에 의존하고 있는 물은 지구 전체 물의 양의 극소량에 불과하다. 그러나 이들은 유수나 지하수를 통하여 물을 해양으로 돌려 보내는 운송 시스템을 제공하고 해양에 염류와 다른 광물질을 공급할 뿐만 아니라, 대지 수분의 저장고로서 기후계 내에서 생명 유지에 필요한 역할을 한다.

그림 1-6 지구계의 구성 요소

④ 생물권은 미생물을 포함한 모든 생물을 말하며, 각 영역에 걸쳐 넓게 분포한다. 이들 유기체는 지표, 대기와 해양, 지표 부근의 지하에서 살아가며 지권의 구성이나 기권의 기후 변화에 영향을 준다. 또한 산소와 이산화탄소의 평형을 유지시켜 지구 전체의 온도를 조절하는 역할을 한다.

외권은 지구계를 둘러싸고 있는 지상 1000 km 이상의 우주 공간을 말한다. 지구계는 외권인 우주에서 날아와 지구에 떨어지는 운석의 경우를 제외하고는 물질의 이동이 거의 없다. 한편, 태양풍에 의해 전기를 띤 입자들이 지구로 날아오면, 그림 Ⅰ-7과 같이 지구 주위에 형성된 자기권인 밴앨런대가 보호막의 역할을 하여 생명체와 지구 환경을 보호하는 역할을 한다.

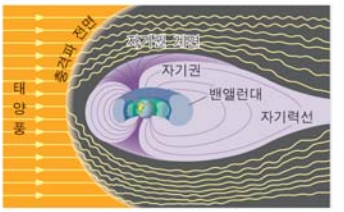


그림 Ⅰ-7 밴앨런대

2 각 권의 작용

(1) 지권의 작용 지표면은 여러 가지 암석으로 이루어져 있으며, 다양한 형태의 지형을 나타낸다. 이러한 지표면은 지진이나 화산 활동과 같은 지각 변동에 의해 끊임없이 구성 성분이나 지형이 변화하며, 지구 환경의 다른 영역에도 영향을 미치고 있다.

지권의 변화가 다른 영역에 영향을 미치는 현상에는 어떤 것들이 있는지 알아보자.

탐구 3 조사 화산 폭발에 의한 환경의 변화

자료 다음 그림 (가)는 미국 워싱턴 주 남서쪽에 있는 세인트헬렌스 화산의 폭발 모습이고, 그림 (나)는 하와이 킬라우에아 화산의 분출 모습이다.


(가) 세인트헬렌스 화산 폭발


(나) 킬라우에아 화산의 용암 분출

정리
1. 화산 폭발로 발생하는 가스의 주성분은 무엇이며, 이로 인해 주변 환경에 어떤 영향을 미치는가?
2. 화구에서 분출된 용암은 어디에서 만들어진 것이며, 이것은 주변 환경을 어떻게 변화시키는가?
3. 화산 분출 외에도 지권이 다른 영역에 영향을 주는 자연 현상들을 조사해 보자.

2. 각 권의 작용

(1) 기권: 자외선을 차단하여 생물체 보호, 온실 효과, 암석의 풍화 및 침식 작용

(2) 지권: 생물체의 서식 공간, 화산 활동으로 인한 지형과 성분의 변화, 대륙 이동 및 지형 변화로 대기와 해수 순환에 영향

(3) 수권: 지구의 평균 기온이 일정하도록 유지, 날씨와 지표의 변화, 생물권의 생활 환경에 영향

(4) 생물권: 풍화와 침식 작용으로 지표 변화, 토양을 비옥하게 하고 지표 온도 상승, 식물의 광합성과 호흡에 의한 대기 조성 변화

④ 생물권

지구 환경에는 지권, 수권, 암권 외에 지구상에 사는 모든 생물체를 포함하는 생물권이 있다. 생물체는 고체 지구의 표면, 토양의 내부, 모든 바다 및 기권 하부에 서식한다. 생물권은 지구 표면을 변형시키는 데 중요한 역할을 한다.

한편, 숲은 태양 에너지를 흡수하여 지표의 온도를 높이기도 하며, 식물은 기권으로부터 이산화탄소를 흡수하여 광합성을 통해 산소를 방출한다. 인간도 생물권의 일부이고 기권, 수권, 암권의 상호 작용의 범주 속에서 생존하고 있다.

2 각 권의 작용

탐구 3 조사

화산 폭발에 의한 환경의 변화

1. 목표

지권에서 일어나는 화산 폭발이 지구 환경에 어떤 영향을 주는지 설명할 수 있다.

2. 지도상의 유의점

화산 폭발이 지구계의 각 영역에 긍정적 영향과 부정적 영향을 모두 미치고 있음을 이해하도록 지도한다.

3. 정리

1. 화산 폭발로 발생하는 가스의 주성분은 수증기, 이산화탄소, 이산화황, 메탄, 염소 등이 다. 이들 가스는 일시적으로 태양 빛을 차단하여 기온을 하강시킨다.
2. 용암은 지구 내부의 맨틀 상부의 연약권에서 생성된 마그마가 지표로 분출한 것으로, 용암이 분출하게 되면 주변 지형을 변화시키고 생태계의 변화를 가져온다. 오랜 시간이 지나 토양이 되면 식물의 성장에 좋은 토양으로 변한다.
3. 지권을 구성하는 판의 이동으로 생태계에 변화를 가져오고, 암석에서 용해된 광물질이 수권에 유입되어 생물의 활동에 영향을 준다.

탐구 4 자료 해석

석회암층의 형성 과정

1. 목표

대기를 구성하는 성분이 지권의 형성에 어떤 영향을 주는지 설명할 수 있다.

2. 지도상의 유의점

수권을 구성하는 물은 상태 변화를 일으키며, 지권이나 생물권 등에 영향을 주게 됨을 이해하도록 지도한다.

3. 정리

1. 카르스트 지형(독일어: Karst)이란 이산화탄소와 유기산이 많이 녹아 있는 지하수에 의해 석회암이 용해되어 생성된 지형이다.
   암석은 극히 미량만 물에 용해되지만, 그 용해성은 암석의 화학 구조에 의해서 크게 다르다. 석회암은 탄산칼슘으로 되어 있어 다른 암석에 비해 물에 대한 용해성이 높다. 물의 흐름에 의해서 침식되어, 석회암이 조금씩 물에 녹아 돌리네, 우발레, 석회 동굴 등의 특수한 지형이 형성되며, 이러한 특징적인 지형을 카르스트 지형이라고 한다.
2. 원시 대기의 주성분이었던 이산화탄소는 바다에 용해되어 석회암의 주성분인 탄산칼슘으로 침전되어 다양한 석회암층을 형성하게 되었다.
3. 기권은 암석의 풍화와 침식 작용을 일으켜 지표면의 변화를 가져온다.

지구 환경 구성에서 지권은 여러 가지 중요한 역할을 하고 있다. 지권 중에서 기후에 가장 큰 영향을 주는 중요한 부분은 육지의 지표면이며, 이것은 지구 전체 면적의 29%를 차지한다. 지표면의 구성 물질은 태양 에너지의 흡수와 방출에 의해 지구 표면 온도 조절에 중요한 역할을 한다.

지표면을 구성하는 토양은 생물체의 서식 공간을 제공하고, 화산 활동에 의한 화산 가스의 방출은 대기의 구성 성분을 변화시키면서 기후 변화에도 영향을 미친다. 또한 대륙의 분포 형태와 지형은 대기와 해수의 순환에 영향을 주기도 한다. 지권의 변화 속도는 매우 느리지만 다른 영역에 가장 많은 영향을 주고 있다.

(2) 기권의 작용 지구를 둘러싸고 있는 대기는 태양열과 지구 자전에 의해서 이동하며, 다양한 변화를 일으켜 인간의 생활에 매우 큰 영향을 준다. 기권은 지구 탄생 이후 그림 Ⅰ-8과 같이 변화하여 현재는 수증기와 질소, 산소, 아르곤, 이산화탄소 등 여러 기체의 혼합물로 되어 있다.

수증기는 기후 변화의 중요한 요소이며, 기권의 성분은 지권, 수권, 생물권과 같은 다른 영역에 여러 가지 영향을 준다.

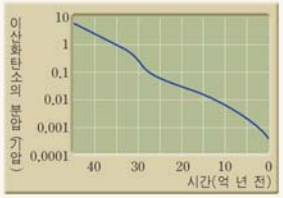
기권을 구성하는 성분이 지권에 미치는 영향을 알아보자.

탐구 4 자료 해석 석회암층의 형성 과정

자료 다음 그림 (가)는 중국 계림의 석회암 지형이고, 그림 (나)는 대기 중 이산화탄소의 조성 변화를 나타낸 것이다.



(가) 석회암 지형(중국 계림)

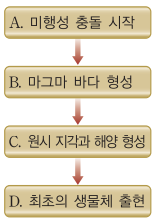


(나) 대기중 이산화탄소의 조성 변화

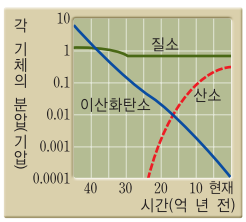
정리
1. 그림 (가)의 석회암층으로 형성된 지형은 요철이 심한 카르스트 지형이다. 이러한 지형은 어떻게 형성된 것인가?
2. 그림 (나)에서 보는 바와 같이 원시 대기 중에 조성비가 높았던 이산화탄소는 거의 대부분이 석회암으로 되었다. 대기 중의 이산화탄소가 어떤 과정에 의해 석회암층을 형성하게 되었는가?
3. 석회암층의 형성 과정과 같이 기권이 지권에 영향을 주는 자연 현상에는 어떤 것들이 있는가?

기출문제 | 2011학년도 대수능

그림 (가)는 지구의 초기 진화 과정을, (나)는 지구 대기 조성 변화를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. A 시기에 맨틀과 핵이 형성되었다.
ㄴ. 지표의 온도는 B 시기가 C 시기보다 높았다.
ㄷ. D 시기에 대기 중 기체 분압의 크기는 질소>산소>이산화탄소 순이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 지구를 구성하고 있는 요소들의 형성 과정에 대한 문제이다. 그림 (가)는 지구 초기의 진화 과정을 보여 주고 있다. 원시 지구에 미행성들의 충돌이 시작되면 지구에는 마그마의 바다를 만들고, 충돌이 잦아들어 마그마가 식으면 원시 지각과 해양을 형성한다. 그림 (나)는 지구 대기의 조성 변화를 보여 주는데, 지구 대기의 구성 원소 중 질소는 거의 변화가 없고, 이산화탄소는 양이 줄고 산소는 양이 늘었다.

ㄴ. 마그마가 식어 지각과 해양이 형성되므로 B 시기의 온도가 C 시기보다 훨씬 높다. 정답 ②

오답 ㄱ. A 시기에는 지구가 아직 분화하지 않았다.
ㄷ. D 시기에는 광합성을 하는 생물체가 많지 않아 대기 중에 아직 산소가 적다. 따라서 기체의 분압은 질소>이산화탄소>산소의 순이다.

기권을 구성하는 기체는 지권, 수권, 생물권과의 상호 작용에 의해 끊임없이 순환하며 지구계의 평형을 유지하고 있다. 대류권에서의 수증기는 구름을 만들고 강수 현상을 일으켜 수권의 물을 형성하고, 공기의 이동에 의한 바람은 해류를 일으킨다. 이와 같이 기권의 대기는 지구 전체의 물질과 에너지의 순환에 중요한 역할을 한다.

성층권의 오존은 태양으로부터 오는 자외선을 차단하여 지상의 생물체를 보호한다. 또한 기권의 이산화탄소와 수증기 등은 온실 효과를 일으켜 지구를 보온하는 역할을 하며, 암석의 풍화 및 지표의 침식 작용에 중요한 역할을 하여 지권을 변화시키고 있다. 또한 우주 공간에서 떠돌다 지구로 유입되는 작은 천체들은 대기와의 마찰로 연소되어 사라지거나 연소에 의해 더 작은 운석으로 지표면에 떨어진다.

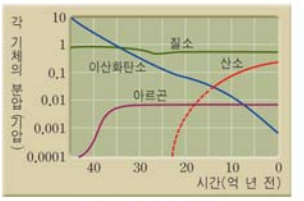


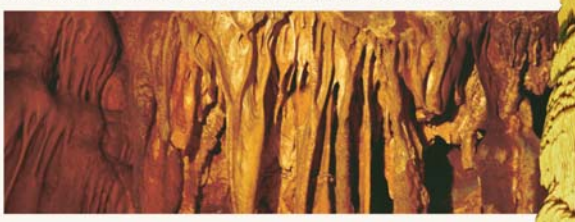
그림 1-8 대기의 조성 변화

(3) 수권의 작용 지구 표면의 많은 부분을 덮고 있는 물과 얼음은 기후 변화와 에너지의 평형, 생물의 생존에 매우 중요한 역할을 한다. 수권의 물은 해수와 육수로 구분되며, 육수의 거의 대부분은 빙하가 차지한다. 수권의 물은 지구계의 다른 영역으로 이동하면서 상태 변화로 인한 에너지의 출입이나 물리적인 형태 변화 등 여러 가지 영향을 미치게 된다.

수권의 물 중에 지하수가 지권 및 생물권에 미치는 영향에 대하여 알아보자.

탐구 5 자료 해석 석회 동굴의 형성

자료 다음 그림은 지하수에 의해 만들어진 충청북도 단양의 고수 동굴 내부 모습이다.



정리
1. 지하수는 어떤 과정을 통하여 석회 동굴을 형성하게 되는가?
2. 지하수에 녹아 있는 이산화탄소는 어디에서 온 것인가?
3. 석회 동굴의 형성 과정은 수권이 어느 영역에 영향을 준 것이라고 생각하는가?

탐구 5 자료 해석

석회 동굴의 형성

1. 목표

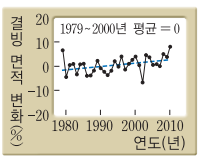
수권을 구성하는 지하수가 지권과 생물권에 미치는 영향을 설명할 수 있다.

2. 정리

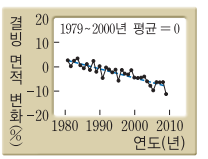
1. 탄산칼슘이 주성분인 석회암이 탄산가스가 녹아 있는 지하수에 서서히 녹아 지하수맥을 따라 동굴이 만들어진다.
   오랜 세월 속에 그렇게 만들어진 동굴 속의 천정에서 역시 소량의 물에 석회암이 녹아 흘러내리거나 떨어져 내리다가, 그 물이 증발하고 탄산가스도 빠져나가서 다시 탄산칼슘이 고체로 되어 굳어버린다. 이 고체가 굳어서 자라는 것이 석순, 석주, 종유석 등으로 불리는 것이다.
2. 지하수는 지표를 흐르던 물이 토양이나 암석 사이로 유입된 것이므로, 대기 중 이산화탄소가 물에 용해된 것이다.
3. 석회 동굴의 형성 과정은 수권인 지하수가 지권에 영향을 준 것이다.

기출 문제 | 2010년 교육청

그림 (가)와 (나)는 1979년부터 2010년까지 남극과 북극 주변 해역의 결빙 면적 변화를 나타낸 것이다.



(가) 남극



(나) 북극

이 기간 동안의 결빙 면적 변화에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 남극 주변 해역의 결빙 면적은 계속 감소하고 있다.
ㄴ. 결빙 면적의 감소율은 남극보다 북극 주변 해역에서 크다.
ㄷ. 결빙 면적의 변화 경향을 볼 때 북극 주변 해역의 표층 염분은 낮아졌을 것이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 약 30년 동안의 극지방 해역의 결빙 면적 변화 그래프를 해석할 수 있는지 묻고 있다. 남극 (가)에서는 결빙 면적의 변화가 크게 요동하는 모습을 보이지만, 전체적으로는 결빙 면적이 증가하는 모습을 보인다. 북극 (나)에서는 결빙 면적이 계속 감소하는 모습을 보인다.
ㄴ. 결빙 면적은 북극에서는 계속 감소하고, 남극에서는 계속 증가하므로 감소율은 북극 주변에서 더 크다.
ㄷ. 북극 주변의 해역에서 얼음은 계속 감소된다. 즉 얼음이 녹아 해수의 양이 증가하므로 표층 염분은 낮다.
정답 ⑤

오답 ㄱ. 남극 주변 해역의 결빙 면적은 조금씩 증가한다.

물음 2

육수의 물은 지표면을 흐르면서 여러 가지 광물질을 녹여 바다로 흘러 들어가는데, 해양에서 해저 화산 폭발에 의해 공급된 염소 이온과 이들 광물질이 반응하여 해수의 염류 성분을 구성하게 된다.

연구 3

생물은 지표면에서 서식하며 배설물 등으로 암석에 화학적 풍화 작용을 일으켜 잘게 부서뜨리고, 땅을 파거나 하여 지표면의 형태를 변화시킨다. 특히, 도로개설이나 건축재료의 채취 등 인간의 활동은 지표면의 형태를 크게 변화시키고 있다.

물이 태양 복사 에너지에 의해 각 권에서 상태 변화를 일으키며 다양한 형태로 순환하는 과정에서, 지구계를 구성하는 각 권에서는 여러 가지 변화가 일어난다.

기상 현상에 의해 만들어진 강수는 지표를 흐르면서 지표면의 형태를 바꾸고, 해양에 여러 가지 광물질을 공급한다. 열용량이 큰 해양의 물은 많은 양의 태양 복사 에너지를 저장하여 지구의 평균 기온을 일정하게 유지시키며, 해류의 이동 속도는 대기보다 느리지만 많은 양의 에너지를 운송하는 역할을 한다.

물음 2 해수와 육수의 성분이 다른 이유는 무엇일까?

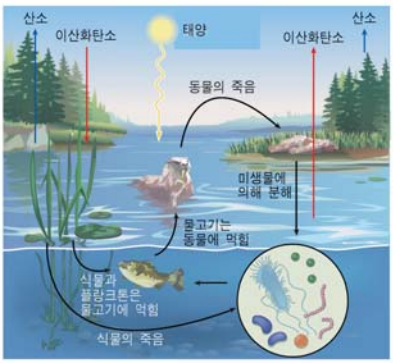


그림 Ⅰ-9 지구 환경에서의 생물의 순환과 상호 작용

(4) 생물권의 작용 지구를 구성하는 지권, 기권, 수권의 모든 영역에는 다양한 생물체들이 서식한다. 생물권은 그림 Ⅰ-9와 같이 지구 환경 구성 요소의 각 영역과 끊임없이 상호 작용하고 있으며, 생물들은 지구 환경 변화에 따라 적응하면서 다양한 종으로 진화해 오고 있다.

또한 생물권의 다양한 생물들은 풍화와 침식 작용을 통해 지구 표면의 지형을 변화시키고, 숲은 토양을 비옥하게 하고 지표의 온도를 적절히 유지시킨다.

그리고 식물의 광합성과 동물의 호흡은 지구 대기 조성에 큰 영향을 주며, 특히 인간의 산업과 건설 활동은 지구 환경 전반에 많은 영향을 주고 있다.

연구 3 생물권이 지표면을 변화시키는 자연 현상에는 어떤 것들이 있는지 알아보자.

한 걸음 더

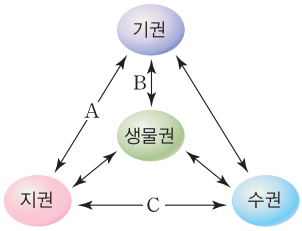
원시 대기의 산소량 변화

원시 대기에서 산소량의 변화는 생물의 기원 및 진화와 밀접한 관련이 있다. 약 35억 년 전에는 박테리아 형태로 생명체가 시작되었다는 증거가 화석으로 발견되었다. 이 박테리아는 광합성 작용을 하면서 대기 중의 이산화탄소를 소모시키며 산소를 발생하기 시작하였다.

또 다른 예는 선캄브리아대의 원생대 지층에서 발견되는 철광층이다. 이 철광층은 박테리아가 광합성 작용으로 생성한 산소와의 반응으로 산화되어 침전되었다. 과학자들은 이 철광층에 들어 있는 철의 양을 계산하여 이때의 산소량이 현재 대기에 포함된 양의 25배 정도로 추정하고 있다. 물 속에 녹아 있던 산소를 철이 소모하기 때문에 35억 년 전부터 20억 년 동안 대기 중에 포함된 산소의 양은 매우 적었다. 그러나 약 15억 년 전부터는 더 이상 반응할 철이 없어지자 대기 중으로 산소가 들어가기 시작하여 생물계는 큰 변화를 가져오게 되었다.

기출문제 | 2010년 교육청

그림은 지구 환경 구성 요소 사이의 상호 작용을 나타낸 것이다.



다음 글은 지구 환경에서 일어나는 현상들을 나타낸 것이다.

(가) 생물의 호흡에 의해 대기 중의 CO_2 농도가 변한다.
(나) 지하 구성 암석의 종류에 따라 지하수의 성분이 달라진다.

(가), (나)의 현상에 해당하는 상호 작용을 A~C에서 골라 옳게 짝지은 것은?

	(가)	(나)		(가)	(나)
①	A	B	②	A	C
③	B	A	④	B	C
⑤	C	B			

해설 지구 환경을 구성하고 있는 지권, 수권, 기권과 생물권은 서로 상호 작용한다. (가)와 (나)는 지구 환경 요소 사이의 상호 작용의 예를 보여 주고 있다. (가)는 생물의 호흡으로 일어나는 대기 중 이산화탄소 농도의 변화이므로, 생물권과 기권 사이의 상호 작용인 B에 해당한다. (나)는 지하 구성 암석의 종류와 이에 따라 지하수의 성분이 달라지므로, 지권과 수권 사이의 상호 작용의 예인 C에 해당한다. **정답** ④

3 지구계에서의 순환과 상호 작용

소단원의 학습 목표

1. 지구계의 에너지 순환 및 물질 교환 과정을 설명할 수 있다.
2. 지구계를 구성하는 각 권의 상호 작용을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 지구계에서는 각 권이 상호 작용하는 동안 에너지와 물질의 순환 및 교환이 일어남을 이해시킨다.
2. 지구계에서의 물질과 에너지의 순환은 날씨와 지표의 변화 등 여러 가지 지구과학적인 현상을 일으키고 있음을 이해할 수 있게 한다.

내용 해설

[1] 탄소의 순환

탐구 6 자료 해석

지구 환경에서의 탄소의 분포

1. 목표

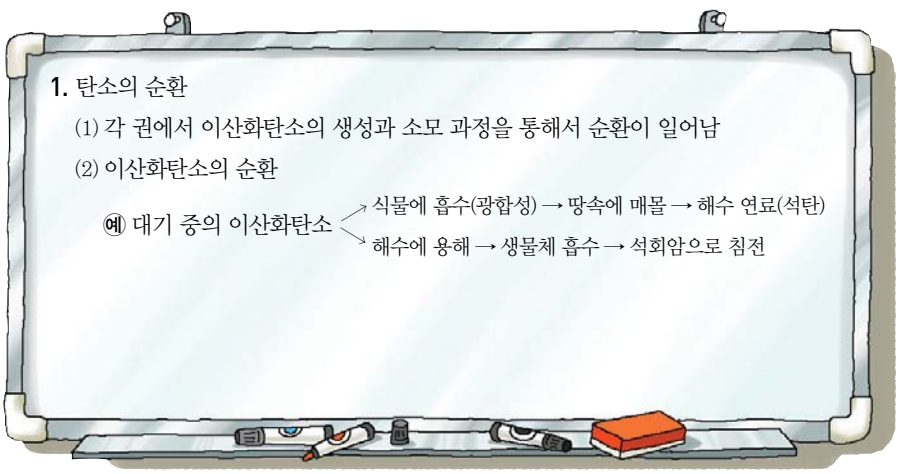
탄소가 지구 환경의 각 영역에서 어떤 형태로 분포하는지 이해한다.

2. 지도상의 유의점

탄소가 지구 환경을 각 영역에서 이동하며, 다양한 형태로 존재하고 있음을 이해하도록 지도한다.

3. 정리

1. 석회암, 해양, 화석 연료, 식물과 동물, 대기
2. 석회암
3. 기권: 이산화탄소, 수권 : 탄산이온, 지권: 석회암 및 화석 연료



3 지구계에서의 순환과 상호 작용



❖ 학습 목표

1. 지구계의 에너지 순환 및 물질 교환 과정을 설명할 수 있다.
2. 지구계를 구성하는 각 권의 상호 작용을 설명할 수 있다.

지구 환경은 여러 가지 요소들이 상호 작용을 하면서 거대한 시스템을 이루고 있으며, 각 구성 요소들 사이에는 물질과 에너지의 순환이 역동적으로 일어난다.

지구계의 구성 요소는 각각 어떻게 상호 작용을 하며 순환하는지 알아보자.

1 탄소의 순환

탄소는 생물체의 기본적인 구성 성분이며, 모든 지구 환경 구성 요소에서 다양한 형태로 존재하며 순환하고 있다. 탄소는 지구 환경에서 어떤 형태로 존재하며, 어떤 과정에 의해 순환하는지 알아보자.

탐구 6 자료 해석 **지구 환경에서의 탄소의 분포**

자료 다음 표는 지구상에 존재하는 탄소의 분포량을 나타낸 것이다.

구분	대기	식물과 동물	화석 연료	해양	퇴적암(석회암)
탄소의 양(10^{15} kg)	720	2000	4130	37,400	60,000,000

정리
1. 각 권에서의 탄소의 분포량을 순서대로 나열하여 보자.
2. 탄소를 가장 많이 포함하는 물질은 무엇인가?
3. 탄소는 기권과 수권 및 지권에서 각각 어떤 형태로 존재하는가?

지구 상에 존재하는 탄소는 그림 Ⅰ-10과 같이 대기, 해양, 육상 식물과 토양을 포함하는 지권 등 지구 환경의 모든 구성 요소에 포함되어 있다. 이 중 탄소의 대부분은 탄산염의 형태로 지권의 석회암 내에 포함되어 있다.

각 영역에서 탄소의 양은 지구 환경 구성 요소간의 흡수와 방출 작용으로 조절되어 거의 평형을 유지하였다. 그러나 산업 혁명 이



그림 Ⅰ-10 탄소의 순환 과정

연구 4

대기권과 해양의 기체 교환과 식물의 광합성, 동물의 호흡, 유기물의 연소, 풍화와 탄산칼슘의 침전 등의 과정에 의해 탄소의 순환 과정이 이루어진다.

2 물의 순환

지구는 태양으로부터 끊임없이 복사 에너지를 받고 있으며, 이 중의 일부는 지표의 물을 증발시킨다. 따라서 바다, 호수, 하천, 습지 등에서는 많은 양의 물이 증발하여 수증기로 대기 중에 유입된다. 물의 증발은 또한 식물의 표면과 잎의 기공을 통해서도 일어나는데, 이를 증산이라 하고, 증발과 증산을 합하여 증발산이라 부른다. 지표에서 증발산으로 대기 중에 유입된 수증기 중 일부는 응결하여 수적(물방울)이나 빙정이 되어 구름을 형성하고, 나머지는 대기 중에 수증기로 존재한다. 구름을 이루고 있는 수적이나 빙정은 비나 눈이 되어 다시 지표로 되돌아온다. 지표로 되돌아온 물은 고산 지대나 극지방에서 눈이나 얼음의 형태로 수백~수천 년 동안 머물다가 녹아서 바다로 되돌아가기도 하고, 곧바로 지표를 흘러 하천을 통해 바다로 되돌아가기도 하며, 토양에 스며들어 지하수를 형성하여 바다로 되돌아가기도 한다. 교과서의 그림 1−11에서처럼 지구상의 물이 지권, 기권, 수권 및 생물권 사이를 상태를 바꿔가면서 끊임없이 이동하고 있는 것을 물의 순환(water cycle) 또는 수문 순환(hydrological cycle)이라 한다.

물의 순환 과정에서 이동량을 살펴보면 육지에서는 강수량이 증발량보다 많고, 해양에서는 증발량이 강수량보다 많다. 그러나 실제로 해수면이 낮아지지 않는 이유는 육지에서 해양으로 유입되는 유수가 해양의 과다한 증발에 따른 물부족을 보충시켜 주기 때문이다.

물의 순환을 국지적으로 보면 단기간에 어떤 지역에서 증발하는 물의 양과 강수에 의해 되돌아오는 물의 양이 동일하지 않다. 그러나 장기간 동안 지구 전체를 고려하면 강수의 형태로 지표로 내리는 물의 양과 지표에서 증발하는 물의 양은 거의 같으며, 이로 인해 지구상에는 물의 평형이 유지되고, 또한 대기도 항상 일정량의 수증기를 포함하게 된다. 대기 중에는 평균 1.33×10^{16} kg의 수증기가 포함되어 있으며, 이를 지구 전체 표면에 대한 강우량으로 환산하면 약 26 mm가 된다. 물의 순환 과정에서 물이 가장 많이 저장되어 있는 곳은 바다로서 지구 전체 물의 약 97%에 해당한다. 그 다음으로 많이 저장된 곳은 빙하와 만년설로서 약 2% 정도이다.


후 인간 활동에 의한 화석 연료의 사용량이 급증하면서 대기 중의 이산화탄소 농도가 커짐에 따라 평형 상태가 무너지고 있다.

연구 4 대기 중의 이산화탄소의 양은 어떻게 평형을 유지해 왔는지 각 권에서의 탄소의 순환 과정을 통하여 구체적으로 알아보자.

2 물의 순환

물은 기권, 수권, 지권, 생물권에 다양한 형태로 존재하는데, 기권에서는 수증기의 형태로 존재하고 수권에서는 대부분이 바다에 존재하며, 지권에서는 빙하의 형태로 가장 많이 존재하고 강이나 하천, 호수 및 지하수 등으로 존재한다. 생물권에서는 생물의 몸체를 구성하는 성분으로 존재한다.

물은 지구계를 구성하는 요소들 사이에서 그림 1-11과 같이 기체, 액체, 고체로 그 상태를 바꾸면서 계속 순환하고 있다. 이 중 가장 일반적인 물의 순환 과정은 바다 → 대기 → 육지 → 하천 → 바다로 구성되는 순환계다. 바다에서 증발한 수증기에 의해 발생한 구름이 육지 쪽으로 이동하여 비나 눈을 내리고, 이 물은 지표를 따라 낮은 곳으로 이동하면서 하천수나 지하수를 형성하여 흐르다가 결국은 바다로 되돌아가는 순환계를 형성한다. 또한, 물은 육지 → 대기 → 육지와 바다로, 바다 → 대기 → 바다로 순환하기도 한다. 이러한 물의 순환 과정에서 지구 상의 물은 평형을 이루고 있다.

물의 순환은 에너지의 순환과 깊은 관련이 있다. 물이 각 권에서 증발 또는 응결하는 과정에서 에너지의 출입이 이루어진다. 지표상의 물은 태양 에너지를 흡수하여 수증기로 되고, 수증기가 응결하여 구름을 만들 때는 흡수한 에너지를 방출한다.

물의 순환에서 물의 체류 시간

대기에서는 약 1.5주, 하천에서는 2주 정도로 공간적 거리에 비해 순환 속도가 매우 빠르다. 하천보다 상대적으로 물이 오래 머물러 있는 호수나 저수지는 10년 정도 체류시간을 가진다. 그리고 바다에서는 약 4,000년 정도이며, 빙하는 한번 형성되면 대체로 기온의 급격한 변화가 없는 이상 그곳에 계속 머물므로 1,000~10,000년 정도라고 한다.

물의 순환과 에너지

물이 증발할 때는 열에너지를 흡수하고, 수증기가 응결할 때는 열에너지를 방출한다. 수증기가 구름을 형성한 것은 위치 에너지이고, 구름에서 강수로 내릴 때나 하천수로 흐를 때에는 운동 에너지를 가진다.

그림 1-11 물의 순환

24 | I. 소중한 지구

물은 지권을 어떻게 변화시키고 있는지 알아보자.

탐구 7 자료 해석 **물의 순환에 의한 지표의 변화**

자료 다음 그림은 지표를 흐르는 물에 의해 형성된 여러 지형들이다.



정리
1. 각 지형의 명칭은 무엇인가?
2. 각 지형은 어떤 과정에 의해 형성된 것인가?
3. 수권의 물이 지권을 변화시키는 예를 더 알아보자.

강의 상류 지역에서는 강바닥의 경사가 급해 침식 작용이 활발하여 폭이 좁고 산의 경사면이 깊게 파인 V자 모양의 계곡이 만들어지며, 경사가 급한 산지에서 경사가 갑자기 완만해지는 평지가 만나는 곳에서는 물의 흐름이 갑자기 느려져서 운반되어 온 물질들이 부채꼴 모양으로 쌓여 선상지를 이룬다.

강의 중류 지역에서는 강물이 구불구불 흐르며 곡류를 형성하는데, 곡류에서 강의 바깥쪽은 계속 침식을 받아 수심이 깊어지고, 안쪽은 퇴적이 일어나 수심이 얕아진다. 강물이 바다로 흘러들어 가는 강의 하류 지역에서는 물의 흐름이 매우 느려지면서 운반되어 온 고운 모래와 점토가 쌓여서 삼각주를 만든다.

V자곡



연구 5 지표를 흐르는 물은 토양에 침투되어 지하수를 형성하고 지권에 영향을 주게 된다. 지하수가 지권에 영향을 주어 형성되는 지형의 구체적인 예를 찾아보자.



2. 물의 순환

(1) 물은 지구 환경에서 다양한 형태로 존재하며, 증발과 강수 과정을 통해 각 권을 순환

(2) 물의 순환을 일으키는 가장 중요한 에너지는 태양 복사 에너지임.

탐구 7 자료 해석

물의 순환에 의한 지표의 변화

1. 목표

지표를 흐르는 물이 순환하면서 다양한 지형을 만들게 됨을 이해한다.

2. 결과 / 정리

1. (가) V자곡, (나) 선상지, (다) 곡류천, (라) 삼각주
2. (가) V자곡 : 강의 상류에서 빠른 유속에 의해 침식되어 만들어진 계곡
   (나) 선상지 : 강에 의해 운반된 자갈이나 모래가 퇴적되어 만들어진 부채 모양의 지형이다. 유속이 느려지면서 물에 의해 운반되는 고체 물질들은 가라앉게 되고, 점점 부채 모양의 지형이 만들어진다.
   (다) 곡류천 : 강의 중류에서 물이 흐르는 바깥쪽과 안쪽의 유속 차이로 바깥쪽은 깎이고 안쪽은 퇴적이 일어나 구불거리는 형태의 하천이 형성됨
   (라) 삼각주 : 강의 하류에서 물의 흐름이 느려지면서 운반되어온 퇴적물이 쌓여 만들어진 지형
3. 빙하가 흐르면서 침식된 U자 계곡, 산 정상이 뾰족하게 침식된 혼 등이 있다.

• 지표를 흐르는 물의 작용

물의 순환 과정에서 지표를 흐르는 물은 암석을 구성하는 광물의 용매로서 작용하며, 물의 풍화 작용은 토양을 형성하는 데 기여한다. 그리고 흐르는 물이나 빙하의 침식 작용 및 퇴적 작용은 지형을 변화시킨다.

연구 5

습윤한 기후의 석회암 지대에서 지하수에 의한 풍화는 석회 동굴을 만들고 지표에는 돌리네, 우발레 등이 발달된 카르스트 지형을 형성하게 된다.

3 에너지의 순환

탐구 8 자료 해석

지구 환경의 에너지원

1. 목표

지구 환경의 에너지원이 지구계에서 어떤 역할을 하는지 설명할 수 있다.

2. 지도상의 유의점

지구 환경의 에너지원이 지구계의 상호 작용에서 각각 어떤 역할을 하는지 이해할 수 있도록 구분하여 지도한다.

3. 결과 / 정리

1. 태양 복사 에너지>지구 내부 에너지>조력 에너지
2. 지구 내부 에너지
3. 30%

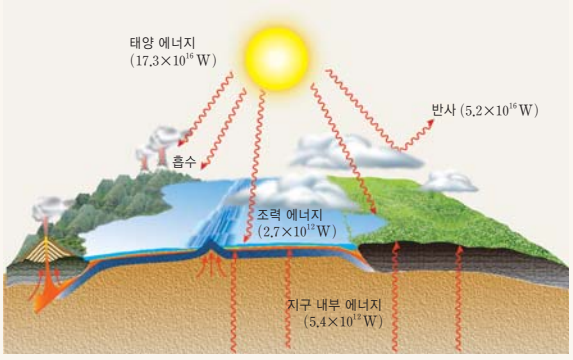
3 에너지의 순환

지구의 자연 환경은 끊임없이 변화하고 있다. 지권에서의 지진이나 화산 활동과 풍화나 침식과 같은 지표면의 변화, 기권에서의 다양한 기상 현상, 수권에서의 해파나 해류의 발생, 생물권에서의 생물의 활동과 같은 모든 자연 현상은 태양 에너지, 지구 내부 에너지, 조력 에너지 등에 의해 일어나고 있다.

이들 에너지는 지구 환경의 상호 작용에서 어떤 역할을 하는지 알아보자.

탐구 8 자료 해석 지구 환경의 에너지원

자료 다음 그림은 지구 환경의 에너지원을 나타낸 것이다.



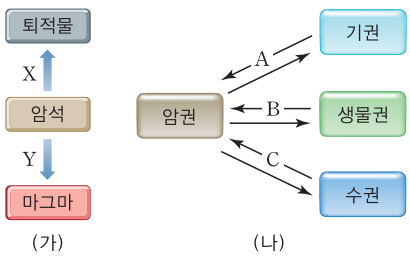
정리
1. 지구 환경의 에너지원의 양을 비교해서 크기 순서대로 나열하여 보자.
2. 주로 지권에서 자연 현상의 변화에 쓰이는 에너지는 무엇인가?
3. 지구로 들어오는 태양 에너지의 일부는 우주로 반사되는데 그 비율은 얼마인가?

태양 에너지는 지구 환경의 에너지 중 가장 많은 양을 차지하며, 지구 환경에 가장 큰 영향을 주고 있다. 수권과 기권에서는 물과 대기의 순환을 일으켜 기후 변화를 일으키고 지권에서는 풍화, 침식, 운반, 퇴적 작용을 일으켜 지표면을 변화시키는 데 이용되며, 생물권에서는 생명 활동의 에너지원으로 이용된다.

지구는 흡수한 만큼의 태양 복사 에너지를 우주 공간으로 방출하여 복사 평형을 이루고 있으므로 지구의 평균 온도를 일정하게 유지할 수 있다. 지구 내부 에너지는 지구 중심으로부터 흘러나오는 열이나 방사성 원소의 붕괴열인데 지권에서 지진, 화산 활동, 판 운동 등 지각 변동을 일으키는 데 쓰이며, 달과 태양이 지구에 작용하여

기출문제 | 2006학년도 대수능

그림 (가)는 암석 변화 과정의 일부를 나타낸 것이고, 그림 (나)는 암권과 다른 지구 환경 구성 요소와의 상호 작용을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은?

〈보기〉
ㄱ. (가)의 X 과정에 가장 큰 영향을 미치는 것은 (나)의 B 작용이다.
ㄴ. (가)의 Y 과정에는 지구 내부 에너지가 이용된다.
ㄷ. 석회암은 (나)의 B 또는 C 작용으로 생성된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄴ. (가)의 Y 과정은 암석이 용융되어 마그마가 생성되는 것이므로 지구 내부 에너지가 이용된다.
ㄷ. 석회암은 생물권의 유해가 쌓여서 생성될 수 있고(B), 바다에 녹아 있는 탄산 성분이 침전되어 생성될 수 있다(C). **정답** ④

오답 ㄱ. (가)의 X 과정은 암석이 풍화 작용을 받아 퇴적물이 생성되는 것이므로 기권, 생물권 및 수권이 모두 영향을 미친다.

나타나는 조력 에너지는 해안 지역에 침식과 퇴적 작용을 일으켜 지형의 변화를 가져오고 생태계에 영향을 미친다.

4 지구 환경 구성 요소들의 상호 작용

지구 환경의 구성 요소들은 서로 간에 매우 유기적인 관계를 맺고 있다. 따라서 지구 환경의 구성 요소들 중 어느 하나에서 변화가 생기면, 그 변화는 다른 구성 요소들에 대해 연쇄적으로 영향을 미치게 된다. 그러므로 지구 환경에서 어떤 변화가 일어났을 때 그 변화를 정확히 알기 위해서는 전체 지구 환경의 관점에서 조사하고 연구해야 그 변화의 원인과 결과를 정확히 파악할 수 있다.

그림 Ⅰ-12와 같이 지구 환경 구성 요소들 사이의 상호 작용은 구성 요소들 자체 내에서도 일어나며, 한쪽 방향이 아닌 양쪽 방향으로 작용한다는 것을 알 수 있다.

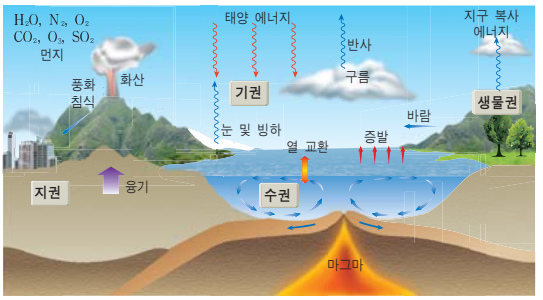


그림 Ⅰ-12 지구 환경 구성 요소의 상호 작용

화산 가스가 기권에 미치는 영향

수증기, 이산화탄소, 이산화황, 염화수소, 일산화탄소 등의 기체가 방출되어 햇빛을 차단하여 기온을 하강시키거나 온실 효과를 일으켜 기온을 상승시킨다.

지구계를 구성하는 기권, 수권, 지권, 생물권은 표 Ⅰ-1과 같이 끊임없이 상호 작용하며, 물질과 에너지의 순환을 일으킨다.

표 Ⅰ-1 지구 환경 구성 요소들 간의 상호 작용

영향 / 근원	기권	수권	지권	생물권
기권	기단 간의 상호 작용	바람에 의한 해파, 해류 발생	풍화, 침식 작용	호흡에 의한 CO_2 배출, 종자와 포자의 운반
수권	수증기 공급, 태양열 저장 ➡ 태풍 발생	해수의 혼합, 심층수의 순환	물과 빙하의 침식 작용, 퇴적물 공급 ➡ 지형 변화	세포 내 물 공급, 수중 생물의 서식처, 생물체에 의한 수권 물질 흡수
지권	화산 가스 공급 내부 에너지 유입	지권 물질이 용해되어 유입	판의 운동, 대륙의 이동	생물 서식처 제공 영양분 공급
생물권	호흡 · 광합성에 의한 기체 이동, 증산 작용에 의한 수증기 공급	생물체에 의한 용해, 부패 물질 이동	풍화 작용 토양 생성	먹이 사슬 유지

3. 에너지의 순환

(1) 지구 환경의 에너지원 : 태양 에너지, 지구 내부 에너지, 조력 에너지

(2) 지구 환경의 변화와 에너지 순환

① 기권 : 태양 에너지의 흡수와 방출에 의해 날씨의 변화

② 수권 : 끊임없는 파도와 해류에 의한 태양 에너지의 고른 분산

③ 지권 : 지진과 화산 활동을 통한 지구 내부 에너지의 분출

4. 지구 환경 구성 요소들의 상호 작용 지구 환경을 구성하는 각 권에서의 상호 작용에 의해 자연 현상이 발생한다.

4 지구 환경 구성 요소들의 상호 작용

• 지구 환경 구성 요소들 간의 상호 작용

가이아 이론은 "지구는 살아 있다"는 가설이다. 이것은 지구는 살아 있다는 주장이 전개되면서 지구를 상징적으로 나타내기 위해 사용된 말이다.

가이아로 표현되는 지구란 현재의 지구 그 자체만은 아니다. 가이아는 공간적으로는 대기권, 지권, 생물권을, 시간적으로는 지구상에 생명이 태어난 시간부터 지금까지를 포함한다. 즉 가이아란 공간적, 시간적 경계를 가지는 하나의 실체이며, 바로 이 실체가 생명을 가지고 있다는 것이다.

지금 이 시점에서도 살아 숨 쉬고 있을 뿐만 아니라 옛부터, 즉 지구상에 생명이 존재하기 시작한 때부터 이미 숨 쉬며 살아 왔다는 것이다.

"지구가 살아 있다"는 주장은 크게 다섯 가지 내용으로 전개된다.

(1) 지구에서 생물계는 무생물계에 큰 영향을 미친다.

(2) 물론 이때 무생물계 역시 반대로 생물계에 영향을 미친다.

(3) 생물계가 무생물계에 미치는 영향은 무생물계가 안정되는 방향으로 진행된다.

(4) 지구의 환경은 이렇게 안정되게 또 오랫동안 거의 일정하게 유지되어 왔는 바, 이는 생물계에 의해서 이루어졌을 뿐 아니라 "생물계를 위해서" 이루어졌다.

(5) 따라서 생물계는 지구 환경을 생물이 살기에 가장 좋은 조건이 되도록 조절해 왔다고 할 수 있다.

지구가 살아 있다는 주장은 이들 내용과 연결돼 다음과 같이 이어진다.

우선 생물계가 무생물계에 미친 영향이 무생물계, 즉 지구 환경이 안정되는 방향으로 진행된 결과 지구는 오랫 동안 어느 정도 일정하게 유지되어 왔다. 이를 항상성(恒常性)이라고 한다. 항상성은 생물계에 유리한 방향으로 작용하므로 이는 지구 스스로가 자기 조절의 기능, 즉 능동적인 기능이 있음을 나타낸 것이라고 보았다. 생물에 유리하게 존재하기 위해서 능동적으로 지구 환경을 변화시켜 왔다는 것은 곧 "지구는 생명을 가진 존재"라는 것이다.

● 지구 온난화를 막아라 : 이산화탄소 저장 장치

화력 발전소나 제철소, 정유 공장 등에서 대규모로 발생하는 이산화탄소를 포집해 해양 퇴적층에 저장하는 기술(CCS. Carbon Capture and Storage)이 이르면 2016년 울릉 분지나 제주 분지, 군산 분지에서 실증 사업에 들어간다.

2008년 국제에너지기구(IEA)가 2050년까지 온실 가스의 10%를 CCS로 감축한다는 계획을 발표한 이후 미국, 노르웨이, 오스트레일리아, 유럽 등에 이어 우리나라도 2010년 7월 '국가 CCS 종합 추진 계획'을 수립했다.

2011년까지 이산화탄소 저장 잠재량 평가를 완료하고 2016년부터 이후 연간 300만 톤의 이산화탄소를 저장, 2030년에는 국가 온실 가스 감축량의 약 10%인 이산화탄소 3200만 톤을 감축하겠다는 계획이다.

• 포집과 저장

현재 우리나라의 CCS는 이산화탄소 '포집'과 '저장' 두 가지에 초점이 맞춰져 있다. 대표적인 예로 서울 화력 발전소나 영동 화력 발전소 같은 주요 화력 발전소에서는 이산화탄소를 흡착제를 이용해 포집하는 시험 설비가 가동 중이다.

한국해양연구원은 2005년부터 국토해양부 과제로 대용량의 이산화탄소를 해양의 퇴적층에 주입하는 기술을 연구해 왔다. 그러나 정작 포집한 이산화탄소를 저장할 곳까지 운반하는 수송 기술은 연구가 부족한 실정이다. 대용량의 이산화탄소를 한번에 쉽게 이송하기 위해서는 포집한 이산화탄소를 압축, 냉각해서 액체 상태나 액체와 기체의 중간 상태인 초임계 상태로 바꾼다.

한국해양연구원 시스템 안전연구소 연구팀은 "압축 냉각된 이산화탄소는 주위 압력이나 온도에 따라 이동 특성이 민감하게 변한다."며 "압력과 온도를 일정하게 유지할 수 있는 수송 시스템이 필요하다."고 강조한다.

연구팀은 "이산화탄소는 질소나 황 같은 불순물이 섞여 있는 정도에 따라서도 이동 성질이 다르고, 일정 온도 아래에서는 하이드레이트 같은 고체로 굳어버리는 성질도 있다."며 "이산화탄소에 화학 물질을 첨가해 이러한 물성을 조절하는 연구를 진행하고 있다."고 덧붙였다.

• 파이프 시스템

현재 이산화탄소 수송 수단 후보로 경합을 벌이고 있는 것은 파이프 시스템이다. 파이프 시스템은 비용이 수송 거리에 비례해서 증가하기 때문에 단거리 운송에 유리하다. 실제로 우리나라가 CCS 사업을 구축하려고 하는 울릉 분지는 육지와 65 km 남짓 떨어져 있기 때문에 다른 나라에 비해 수송 거리가 짧은 편이다.

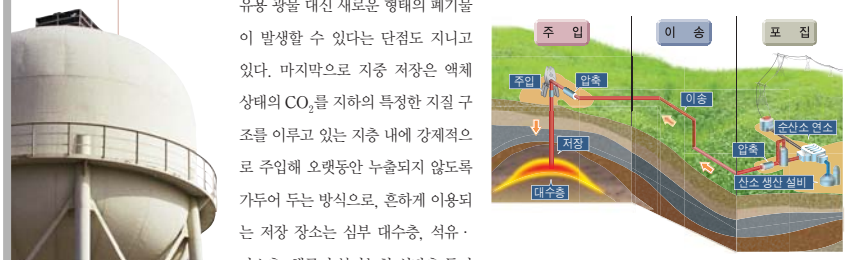
한국해양연구원 시스템 안전연구소 연구팀은 "파이프의 지름을 넓히면 경제성은 좀 더 확보할 수 있지만, 파이프는 한번 설치하면 이산화탄소 수송량이 늘거나 줄었다고 해서 추가하거나 제거하기 어렵기 때문에 처음 설계할 때 신중해야 한다."고 설명하였다.

과학 이야기

지구 온난화를 막아라 : 이산화탄소 저장 장치

인구의 증가와 산업화로 인해 석유, 석탄 등과 같은 화석 연료의 사용이 급속도로 증가하게 됐고, 그 결과 이산화탄소(CO_2)가 대기 중으로 배출되는 양이 크게 증가했다. 많은 과학자들은 대기 중 CO_2의 증가는 현재는 물론 미래의 전 지구적 기후 변화에 상당한 영향을 미칠 것으로 예측하고 있다.

2005년 우리나라의 CO_2 배출량은 약 5억 9천만 톤으로 세계 10위이고 배출 증가율은 중국과 함께 세계 최고 수준이었다. 따라서 우리나라가 CO_2 배출 감축을 미루게 될 경우, 에너지 다소비형 산업 구조의 우리나라 경제는 심각한 손실을 입게 될 것으로 보고 있다. 따라서 CO_2 처분은 우리나라의 산업과 경제, 그리고 미래가 걸린 매우 중요하고 시급한 당면 과제라고 할 수 있으며, 우리나라도 하루 빨리 분야별로 CO_2 처리 및 저장 기술에 대한 연구에 집중하여 선진국 수준으로 끌어올려야 할 것이다. CO_2 처분은 대기 중의 CO_2를 포집해 안정하게 저장하는 것으로, 다른 말로는 CO_2 포집 및 저장(CCS)이라고도 한다. CO_2의 포집은 대규모 CO_2 발생원인 화력 발전소나 제철소에서 연소 전이나 연소 후 혹은 순산소 연소 방식 등을 통해서 이루어진다. CO_2는 해양, 지표, 그리고 지중에 저장할 수 있다. 해양 저장은 CO_2를 바다 밑에 가라앉게 해 저장하는 방식인데, 현재는 해양 생태계에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있기 때문에 국제적으로 금기시되고 있는 CO_2 저장법이다. CO_2는 지표에도 저장할 수 있는데, 이 경우에는 액체 혹은 기체 상태의 CO_2를 Ca, Mg, Fe 등과 같은 양이온을 가진 암석, 광물, 혹은 산업 폐기물과 반응시켜 고체 상태의 탄산염 광물로 전환해 보관한다. 이 저장 방식은 신속하게 CO_2를 저장할 수 있고, 부산물로 유용 광물을 얻을 수 있다는 장점을 지니고 있는 반면, 비용이 많이 들고 포집된 CO_2의 순도가 낮을 경우 유용 광물 대신 새로운 형태의 폐기물이 발생할 수 있다는 단점도 지니고 있다. 마지막으로 지중 저장은 액체 상태의 CO_2를 지하의 특정한 지질 구조를 이루고 있는 지층 내에 강제적으로 주입해 오랫동안 누출되지 않도록 가두어 두는 방식으로, 흔하게 이용되는 저장 장소는 심부 대수층, 석유·가스층, 채굴이 불가능한 석탄층 등이 있다.



〈출처 : 한국지질자원연구원 사보 자료〉



01 행성으로서의 지구

중단원 마무리

되짚어 보기

- 지구가 생명체가 살 수 있는 유일한 행성이 된 것은 태양으로부터의 거리, 물의 존재, 대기의 역할, 생물이 진화하기에 충분한 태양의 수명, 자전축의 경사 등 여러 가지 조건이 만족되었기 때문이다.
- 지구는 지권, 기권, 수권 및 생물권과 같은 영역으로 이루어진 큰 시스템이다.
- 지구 환경에서 물과 탄소는 형태를 바꾸어 가면서 지구의 각 영역을 순환하고 있다.
- 지구 환경을 구성하는 에너지의 근원은 태양 에너지, 지구 내부 에너지 및 조력 에너지가 있다.

| 주 요 용 어 |
미행성 충돌(15쪽)
마그마 바다(15쪽)
기권(17쪽)
지권(18쪽)
수권(18쪽)
생물권(19쪽)
외권(19쪽)
강수(25쪽)

확인하기

1 탄생 초기에는 비슷한 환경이었던 금성과 지구가 전혀 다른 환경으로 진화하게 된 근본적인 원인은 무엇인가?

2 지구의 원시 대기에서 가장 조성비가 높았던 이산화탄소는 어떤 과정에 의해 급격히 감소하게 되었는가?

3 지구계를 구성하는 각 영역에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?
① 기권은 온도 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분한다.
② 지권은 지구계 전체에서 가장 큰 질량을 차지하는 고체 부분이다.
③ 수권의 물은 해수와 육수로 구분되며, 육수의 대부분은 지하수로 구성된다.
④ 생물권은 지구 환경에서 살고 있는 미생물을 포함한 모든 생물로 구성된다.
⑤ 외권은 지구계를 둘러싼 우주 공간으로 지구계와 물질과 에너지의 출입이 없다.

4 다음에서 제시된 현상은 지구계를 구성하는 어떤 영역 간에 일어나는 상호 작용인가?
(1) V자곡의 형성 (2) 생물의 호흡과 광합성
(3) 표층 해수의 이동 (4) 태풍의 발생

중단원 마무리

용어 해설

- **미행성 충돌**: 지구가 형성될 무렵 태양계에는 수많은 작은 행성들이 충돌하여 작은 원시 지구가 만들어졌고, 계속되는 미행성의 충돌로 그 크기가 점점 더 커져 갔다. 어느 정도 크기가 커지자 자체 중력을 가지게 되었으며, 이 중력에 이끌려 더 많은 미행성들이 원시 지구 표면에 충돌하였다.
- **마그마 바다**: 미행성들의 충돌은 지구 표면의 열을 발생시켰고, 이때 형성된 수증기는 온실 효과를 일으키며 지구의 온도를 계속 높였다. 이로 인해 지구 표면은 마그마의 바다로 뒤덮였다.
- **기권**: 지구를 둘러싸고 있는 대기로 온도 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분한다.
- **지권**: 지표 아래의 단단한 부분인 지각과 지구 내부를 말한다.
- **수권**: 해양, 호수, 강, 그리고 지하수를 포함하며, 지표면의 모든 액체 상태의 물과 빙하를 말한다.
- **생물권**: 미생물을 포함한 지구상의 모든 생물을 말한다.
- **외권**: 지구계를 둘러싸고 있는 지상 1,000 km 이상의 우주 공간을 말한다.
- **강수**: 비, 눈, 우박, 안개 따위로 지상에 내린 물

확인하기

1. 금성은 지구보다 태양과 가까워 액체 상태의 물이 존재할 수 없었다.

2. 원시 대기 중에 가장 높은 조성비를 나타냈던 이산화탄소는 지구 생성 초기에 내렸던 비에 녹아 탄산 이온의 형태로 바다에 녹아 들어갔으며, 바닷속의 칼슘과 반응하여 탄산칼슘으로 침전되어 석회암을 형성하게 되었다.

3. ①, ②, ④
수권의 물 중 육수의 대부분은 빙하로 구성되어 있으며, 외권은 지구계로 들어오는 태양 에너지 및 운석과 지구계에서 외권으로 복사 에너지를 방출하므로 지구계와 외권 사이에는 물질과 에너지의 출입이 있다.

4. (1) V자곡의 형성 : 수권과 지권의 상호 작용
(2) 생물의 호흡과 광합성 : 생물권과 기권의 상호 작용
(3) 표층 해수의 이동 : 기권과 수권의 상호 작용
(4) 태풍의 형성 : 기권과 수권의 상호 작용

2 지구의 선물

중단원의 학습 목표

1. 지하자원의 개발과 이용에 대한 예와 경제적 가치를 알고 소중함을 이해한다.
2. 지구계를 구성하는 각 영역에 있는 자원을 자원으로서의 중요성을 안다.
3. 관광 자원으로서 활용되는 지구 환경의 예를 찾아보고 그 가치를 이해한다.
4. 지열, 바람, 조석, 파도, 태양 등 미래의 친 환경 에너지의 원천을 지구에서 얻을 수 있음을 이해한다.

중단원의 흐름

이 장에서는 인류가 살아가는 데 필요한 대부분의 자원을 지구에서 얻음을 인식시킨다. 생물이 살아가는 데 필요한 공기, 물, 토양은 물론 현대 문명의 기반이 되는 금속이나 비금속, 화석 연료, 그리고 미래의 에너지로 각광받는 친환경 자원도 지구 환경에서 얻을 수밖에 없음을 이해하게 한다. 물질적인 자원뿐 아니라, 아름다운 지구 환경은 관광 자원으로 사람들을 즐겁고 편안하게 하며 경제적으로도 유용함을 느끼게 한다. 이 장에서는 자원의 생성과 분포와 관련된 내용을 기본적인 수준에서 주로 다루며, 자원의 소중함과 유한함을 인식하게 한다.



중단원의 지도 계획

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
1 지하자원의 생성과 개발	1	㉠ 지하자원의 정의	5	p. 32	■ 지하자원의 정의	조사
		㉡ 지하자원의 생성 및 개발 과정		pp. 33~35	■ 지하자원의 생성 및 개발 과정	
2 토양의 생성과 이용	1	㉠ 토양의 생성 및 자원으로서의 가치	6	p. 36	■ 토양의 생성 및 자원으로서의 가치	자료 해석해 보기
		㉡ 토양의 유실과 방지 대책		pp. 36~37	■ 토양의 유실과 방지 대책	
		㉢ 토양의 산성화와 방지 대책		p. 38	■ 토양의 산성화와 방지 대책	
3 자원으로서의 대기와 물	1	㉠ 대기와 물이 생물권에 미치는 영향	7	pp. 39~40	■ 대기와 물이 생물권에 미치는 영향	자료 해석
		㉡ 수자원의 분포와 개발 및 보존		pp. 41~43	■ 수자원의 분포와 개발 및 보존	자료 해석 조사



세계 유산은 1972년 유네스코(UNESCO, 국제연합교육과학문화기구) 세계 문화 및 자연 유산의 보호에 관한 협약에 의거하여 세계 유산 목록에 등재된 유산을 지칭한다.

인류의 보편적이고 뛰어난 가치를 지닌 각국의 부동산 유산이 등재되는 세계 유산의 종류에는 문화유산, 자연 유산 그리고 문화와 자연의 가치를 함께 담고 있는 복합 유산이 있다. 이 중 자연 유산은 최상의 자연 현상이나 뛰어난 자연미와 미학적 중요성을 지닌 지역을 포함하여야 하며, 생명의 기록 · 지형의 발달에 있어 중요한 지질학적 변화 과정, 또는 지형학이나 자연 지리학적 측면의 중요 특징을 포함하여 지구 역사상의 주요 단계를 입증하는 대표적 사례이어야 한다. 유네스코에서 지정한 우리나라의 자연 유산은 한라산, 성산 일출봉, 거문오름 용암동굴계 등 3개이다.

생각 열기

세계 자연 유산으로 지정된 한라산은 어떤 지질학적 과정에 의해 만들어진 자연 경관일까?

중단원 지도 방향

1. 자원을 인간 활동에 필요한 물질 및 에너지 자원으로 정의하고, 지하자원의 생성 과정은 간단하게 다룬다.
2. 토양의 생성 과정은 간단히 다루고 토양의 종류에 대해서도 너무 자세히 다루지 않는다. 사람에 의하여 토양의 유실과 산성화가 일어나는 과정을 이해하고, 이를 방지하기 위한 대책에 대해서 토의하게 한다.
3. 대기와 물의 존재와 생물과의 관계, 또는 물의 공급 여부에 따른 생물의 번성 등을 관련지어 이해하게 한다.
4. 하천수, 지하수, 빙하의 생성 과정과 분포를 다루되 너무 자세하게 소개하는 것은 피한다.
5. 해양이 자원의 보고임을 인식시키고, 3면이 바다인 우리나라의 해양 개발의 중요성을 인식하게 한다.
6. 학생 활동을 통하여 관광 자원으로서 활용되는 지구 환경의 사례를 조사하게 한다.
7. 미래의 친환경 에너지 자원은 재생 가능한 것이 많으며, 지구 환경에서 이를 얻을 수 있음을 강조한다.

생각 열기

제주도의 화산 활동은 신생대 제4기 동안의 연속적인 분화 활동에 의해 이루어졌다. 30~10만 년 전에 한라산 고지대와 백록담 정상부가 형성되었으며, 기생 화산 분출을 끝으로 화산 활동이 마무리되었다.

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
4 해양 자원과 개발	1	1 해양 수산 자원	8	p. 44	■ 해양 수산 자원	
		2 해양 광물 자원		pp. 44~45	■ 해양 광물 자원	
		3 해양 에너지 자원		pp. 45~46	■ 해양 에너지 자원	
		4 해양 자원 개발의 필요성		p. 46	■ 해양 자원 개발의 필요성	
5 친환경 에너지	1	1 지열 에너지	9	p. 47	■ 지열 에너지	
		2 파력 및 조력 에너지		p. 48	■ 파력 및 조력 에너지	
		3 풍력 에너지		p. 48	■ 풍력 에너지	
		4 태양 에너지		p. 48	■ 태양 에너지	
6 관광 자원으로서의 지구 환경	1		10	p. 49	■ 관광 자원으로서의 지구 환경	자료 해석
중단원 마무리				p. 51		

1 지하자원의 생성과 개발

소단원의 학습 목표

1. 지하자원이 무엇인지 이해할 수 있다.
2. 지하자원의 생성과 개발 과정 및 활용 사례와 경제적 가치를 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 자원을 인간 활동에 필요한 물질 및 에너지 자원으로 정의하고, 지하자원의 생성 과정은 간단하게 다룬다.
2. 지하자원의 유한성을 설명하고 지속적인 경제 성장과 지구 환경 보존의 두 가지 목적에 모두 부합되는 환경 · 자원 정책에 대해 토의하게 한다.

내용 해설

연구 6

도자기–고령토, 플라스틱 학용품–석유, 전선–구리, 반도체–석영

• 광물 자원의 분류와 용도

광물 자원은 광물의 화학적 성질과 용도에 따라 크게 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 나눌 수 있다.

(1) 금속 광물 자원 : 금속은 광택, 열 전도율, 전기 전도도 등 물리 · 화학적 성질이 다양하기 때문에 현대 산업에서 다목적으로 사용되고 있다. 알루미늄, 철, 티타늄, 망가니즈 등과 같이 지각 내에 비교적 풍부하게 포함되어 산출되는 경우와 금, 은, 수은, 니켈 등과 같이 지각 내에 평균 0.01% 미만의 미량 원소로 산출되는 경우가 있다.

(2) 비금속 광물 자원 : 비금속 광물 자원은 현대 문명에서 차지하고 있는 비중이 점점 높아지고 있으며, 산업에 필수적인 자원으로 용도별로 보아 크게 화학 비료, 요업, 내화제, 건축 재료 등으로 분류한다.



1 지하자원의 생성과 개발

❖ 학습 목표

1. 지하자원이 무엇인지 설명할 수 있다.
2. 지하자원의 생성과 개발 과정 및 활용 사례와 경제적 가치를 설명할 수 있다.

인류 문명의 역사를 석기 시대, 청동기 시대, 철기 시대로 구분하면, 오늘날은 다양한 금속을 이용하는 다금속 시대라고 할 수 있다. 이처럼 인류의 문명은 자연에 존재하는 다양한 자원을 개발하여 이용함으로써 풍요로운 삶과 문화생활을 유지하며 발전해 왔다. 그러나 지구의 자원은 한정되어 있으므로 이를 효율적으로 이용하고 보존하지 않으면 언젠가는 고갈되어 어려움을 겪게 될 것이다.

지하자원이란 무엇이며, 어떻게 생성되고 개발되어 활용되는지 알아보자.

1 지하자원의 정의

자원이란 '인간의 활동과 생산에 필요한 모든 것'을 일컫는다. 지구계의 환경에서 자연 현상에 의해 지하에서 만들어진 자원을 지하자원이라 하는데, 크게 에너지 자원과 광물 자원으로 분류한다.

석탄, 석유, 천연가스 등의 에너지 자원과 광물 자원은 지하에서 오랜 세월에 걸쳐 생성된 것이므로 인간의 시간으로는 재생산이 불가능한 자원이며, 언젠가는 고갈되는 자원에 해당한다.

에너지 자원은 우리의 일상생활과 경제 활동을 위해 사용하는 연료인 석유와 석탄, 천연가스 등을 말하며, 광물 자원은 우리의 생활용품을 만드는데 원료나 재료로 쓰이는 금속 광물이나 비금속 광물을 말한다. 금속 광물은 철, 구리, 아연, 망간, 텅스텐, 주석 등과 같이 금속이 주성분으로 함유된 광물이며, 비금속 광물은 석회석, 고령토, 점토, 운모, 장석 등을 말한다.

우리의 일상생활이나 산업에는 에너지 자원뿐만 아니라 광물 자원이 광범위하게 사용되고 있다. 광물 자원은 오늘날 기초 산업뿐만 아니라 비행기, 자동차, 선박 등의 제조, 반도체와 같은 첨단 산업까지 광범위하게 활용되며 인류의 생존과 문명의 번성에 이바지해오고 있다. 따라서 광물을 비롯한 지하자원의 개발 및 확보는 그 나라의 미래를 위한 필수적인 과업이라고 할 수 있다.

연구 6

다음 사진의 물품들은 우리 생활 주변에서 흔히 볼 수 있거나 사용하는 것들이다. 이들 물품은 어떤 광물 자원을 이용해서 만든 것인지 조사해 보자.



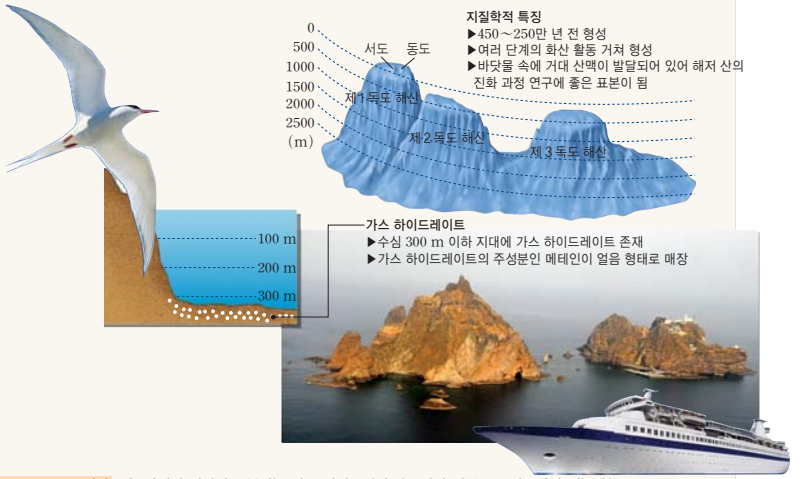
1. 지하자원의 정의: 지구계에서 자연 현상에 의해 지하에서 만들어진 자원
   (1) 에너지 자원: 일상생활과 경제 활동에 쓰이는 석유, 석탄, 천연가스가 있음
   (2) 광물 자원: 금속 광물과 비금속 광물로 구분
2. 자원의 생성 및 개발 과정
   (1) 에너지 자원
      ① 석유, 천연가스: 플랑크톤이나 박테리아가 분해되어 생성
      ② 석탄: 거대한 육상 식물이 분해되어 생성
      ③ 가스 하이드레이트: 메테인이 주성분인 천연가스가 고체화된 물질

2 자원의 생성 및 개발 과정

우리가 활용하고 있는 에너지나 지하자원은 고갈될 위기에 처해 있다. 따라서 새로운 자원을 개발하거나 사용된 자원을 적극 재활용해야 한다. 지구 환경을 보전하면서 지하자원을 현명하게 개발 · 활용하는 방법에 대해 알아보자.

탐구 9 조사 가스 하이드레이트의 분포와 개발

자료 다음 그림은 독도의 지형과 보유 자원을 나타낸 것이다.



정리
1. 차세대 에너지로 불리는 가스 하이드레이트는 어떤 성분으로 이루어져 있는가?
2. 가스 하이드레이트가 주로 분포하는 지역을 알아보고, 어떤 과정에 의해 생성되었는지 알아보자.
3. 가스 하이드레이트가 기존의 화석 연료와 어떤 점에서 다른지 알아보자.

(1) 에너지 자원

그동안 가장 중요한 에너지원으로 사용된 화석 연료는 퇴적물에 포함되어 있던 식물이나 동물의 유해가 높은 열과 압력에 의해 분해되어 생성된 에너지 자원이다. 해양에 사는 플랑크톤이나 유공충 등이 세립의 퇴적물과 함께 쌓인 후 분해된 유기물은 석유나 천연가스를 형성하고, 낮은 지대의 늪지에 두껍게 쌓인 거대한 식물은 분해되어 석탄을 형성한다. 그런데 이러한 화석 연료가 급속한 산업 발달에 따라 과다하게 소비됨으로써 머지않아 고갈될 위기에 처해 있다. 특히 석유는 앞으로 몇십 년 이내로 고갈될 전망이다.

탄소가 온실 효과를 일으켜 온난화의 원인이 되지만, 가스 하이드레이트는 적은 양으로 많은 양의 에너지를 생산해 내므로 에너지 효율이 높고 적은 양의 이산화탄소 배출로 청정 에너지로서의 가치가 매우 높다.

• 가스(메테인) 하이드레이트

가스 하이드레이트는 영구 동토나 심해저의 0℃ 이하의 저온 약 30기압 이상의 고압 상태에서 물과 결합해 형성된 고체 에너지원이다. 모양이 드라이아이스와 비슷하며 불을 붙이면 타는 성질을 가지고 있어 불타는 얼음(Burning Ice)이라고도 불린다. 따라서 가스 하이드레이트는 압력이 높고 온도가 낮은 대륙 가장자리의 바다 속이나 시베리아와 알래스카 등 영구 동토의 지하에 많은 양이 매장되어 있는 것으로 알려지고 있다.

가스 하이드레이트는 1990년대 후반에 발견되어 차세대 에너지원으로 주목을 끌고 있으며, 전 세계 저장량이 석탄과 석유 매장량의 두 배를 넘는다. 우리나라 동해에도 국내 천연가스 소비량 100년분에 해당하는 가스 하이드레이트가 매장돼 있는 것으로 알려지고 있다.

연소시 이산화탄소 배출량이 기존 화석 연료의 24%에 불과하며 저온 고압하에서 생성된 가스 하이드레이트 1 L에는 약 200 L의 천연가스가 함유돼 있다. 그러나 개발 기술의 부족과 막대한 개발비 때문에 상용화에는 시간이 걸리고 있다. 또한 가스 하이드레이트에 포함된 메탄가스의 양은 대기권에 존재하는 양의 약 300배에 이를 것으로 예상되기 때문에, 만일 많은 양의 가스 하이드레이트가 일시에 방출된다면 지구 온난화를 엄청나게 가속화할 수 있다는 우려도 있다.

2 자원의 생성과 개발 과정

탐구 9 조사

가스 하이드레이트의 분포와 개발

1. 목표

화석 연료를 대신할 수 있는 새로운 자원의 개발과 활용에 대하여 이해한다.

2. 지도상의 유의점

가스 하이드레이트가 낮은 경제성과 초보 단계에 있는 개발 기술, 개발에 따른 환경 문제 등으로 인해 아직은 상업적인 생산이 이루어지고 있지는 않지만, 실용화 되었을 때의 경제적 가치와 개발 성과에 대하여 이해하도록 지도한다.

3. 정리

1. 메테인이 얼음처럼 고체화된 물질
2. 저온 고압의 상태에서 메테인이 고체화된 것이므로 영구 동토나 심해저에 주로 매장되어 있다.
3. 화석 연료는 연소할 때 만들어진 이산화

• 천연가스의 생성과 역사

천연가스는 석탄이나 석유와 같이 지금부터 약 35억 년 전에 살던 생물이 묻혀서 만들어진 화석 연료이다. 석탄은 나무와 같은 식물이 흙 속에 파묻혀서 오랜 세월 동안 압력을 받아 만들어진 것이고, 석유와 천연가스는 바다에 살고 있던 플랑크톤이나 동물이 묻힌 후 그 위에 퇴적된 흙 속에서 유체로 변한 것으로, 석유를 채굴하는 것과 마찬가지로 시추공을 바다 밑이나 땅 속 깊이 박아 천연가스를 채굴한다. 또한 천연가스만 매장되어 있는 경우도 있지만 보통은 석유와 함께 매장되어 있다.

우리나라는 1986년 인도네시아에서 LNG를 수입하여 도시 가스용으로 사용하기 시작하였고 현재는 인도네시아, 보르네오, 오만, 카타르 등에서 수입하고 있으며, 발전용 및 가정용 등으로 연간(2000년 추정치) 약 1,415만 톤이 사용되고 있는데 이것은 1차 에너지 수요의 약 8.4%에 이른다. 그러나 지구상에 존재하는 천연가스는 무한정 사용할 수 없으며, 확인된 천연가스 총 매장량은 145조 m^3로 현재 사용하고 있는 추세대로라면 지금부터 약 65년간 사용할 수 있다.

• 전 세계 자원 갈등의 불씨 : 희토류

희토류는 지각 안에 극소량 함유된 금속을 뜻하는 '희유 금속'의 일종으로 란탄 계열의 15개 원소(원자 번호 57~71번)와 스칸듐, 이트륨을 합친 17개 원소를 뜻한다. 이들 원소는 다른 금속에서는 나타나지 않는 특유한 성질 때문에 텔레비전, 피디피(PDP)와 같은 '형광체', 반도체와 디스플레이에 쓰이는 '연마재', 전기차와 풍력 터빈에 쓰이는 '영구 자석' 등의 원료로 쓰인다. 사용되는 양은 많지 않지만 일부 첨단 산업 제품의 필수 소재로 쓰이기 때문에 '광물계의 비타민'이라 불리기도 한다.

우리나라가 중국에서 수입하는 희토류 반제품 · 완제품은 2007년 6011 t, 2008년 4104 t, 2009년 2656 t 등으로 해마다 줄어드는 추세이다. 이에 견주어 희토류를 가공한 화합물 · 반제품과 영구 자석의 수입은 급증하고 있다.



그림 Ⅰ-13 가스 하이드레이트

고갈 위기에 있는 석유를 대신해서 사용하게 될 차세대 에너지인 가스 하이드레이트는 메테인(CH_4)이 주성분인 천연가스가 얼음처럼 고체화된 상태로서, 외관상으로는 얼음이나 드라이아이스와 비슷한 고체의 물질이지만, 결정 구조나 그의 물리적 특성은 매우 다른 모습을 보인다.

가스 하이드레이트는 저온 고압의 환경에서 기체 분자와 물 분자가 결합해 만들어진 물질이다. 가스 하이드레이트는 물 분자가 0.5~0.7 nm(나노미터, 1 nm=10^{-9}m) 크기의 축구공 모양으로 배열해 메테인이나 프로페인, 이산화탄소 같은 기체 분자를 하나씩 담는다. 이런 특이한 결정 구조 때문에 1 m^3의 가스 하이드레이트에는 약 172 m^3에 이르는 기체를 저장할 수 있다. 그림 Ⅰ-13과 같이 얼음이 불타는 듯 보이는 현상은 사실 가스 하이드레이트 안의 메테인이 타기 때문이다.

지질학자들에 의하면 석탄이나 석유 같은 화석 연료를 대체할 에너지원으로 가스 하이드레이트의 가치가 높고 매장량이 막대하다고 한다. 가스 하이드레이트는 울릉도와 독도 근해 수심 1500 m 지역에 6억 톤 가량이 매장되어 있다고 한다. 이는 우리나라 전체의 천연가스 연간 소비량의 30년 치에 달하는 어마어마한 양으로, 무려 252조 원 정도의 가치를 지니고 있다.

우리나라의 천연가스 생산

우리나라 동해 1 가스전에서는 천연가스를 생산하고 있는데, 채굴 가능한 매장량은 액화천연가스(LNG) 기준으로 약 500만 톤이며, 하루에 1000톤을 채굴하여 울산 지역에 공급하고 있다.



동해 1 가스전

(2) 광물 자원 우리 생활에 유용한 광물 성분이 지각 내에 농집된 것을 **광상**이라 하고, 광상에서 채광하여 얻은 경제성 있는 암석과 광물을 **광석**이라고 한다. 광상을 이루는 물질들은 원소 광물의 형태로 존재할 때도 있지만, 대부분은 암석 내에서 광물의 형태로 존재하기 때문에 이들을 통틀어 광물 자원이라고 한다. 광물 자원은 크게 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 구분한다.

우리나라에 분포하는 광상은 선캄브리아대에서부터 신생대에 이르기까지 각 지층에 다양하게 형성되어 있다. 그렇기 때문에 비교적 좁은 국토 면적에도 불구하고 330여 종의 다양한 광물이 분포한다. 그 중 120여 종은 경제성이 있는 광물이고, 상품으로 생산되는 광물은 50여 종에 달한다(표 1-2).

표 Ⅰ-2 우리나라의 주요 광물 자원

자원	광물
금속 광물	금, 은, 동, 납, 아연, 철, 망간, 중석(텅스텐), 휘수연석(몰리브덴), 주석석, 섬아연석, 사금, 티탄철석, 자철석, 황철석
비금속 광물	흑연, 활석, 장석, 고령토, 석회석, 돌로마이트, 규석, 규조토, 석면, 형석, 중정석, 운모, 홍주석
아금속 광물	유비철석, 휘은석
화석 및 핵연료 광물	무연탄, 갈탄, 우라늄
건축재	화강암, 셰일, 사암, 대리암, 골재

(2) 광물 자원

① 광석 : 광물 성분이 지각 내에 농집된 것으로 광상에서 채광하여 얻는 암석

② 광상의 종류 : 지질학적 형성 과정에 따라 구분됨

- 화성 광상 : 화성암이 생성되는 과정에서 마그마로부터 유용 성분이 분리되거나 집적되어 형성된 광상
- 퇴적 광상 : 풍화 산물이 운반, 퇴적되어 형성된 광상
- 변성 광상 : 변성 작용에 의해 기존의 광물이 새로이 농집되거나, 광물의 조성이 달라져 형성된 광상

광상은 형성 과정에 따라 화성 광상, 퇴적 광상, 변성 광상으로 구분할 수 있다.

화성 광상　마그마가 냉각되어 화성암이 형성되는 과정에서 마그마로부터 유용 성분이 분리되거나 마그마 내에 선택적으로 집적되어 형성된 광상이다. 화성 광상에서 얻을 수 있는 금속은 백금, 크롬, 니켈, 금강석, 철, 텅스텐, 구리, 납, 아연, 금, 은 등이다.

퇴적 광상　지표의 암석이나 광상이 풍화되고, 유수에 의해 풍화 산물이 운반·퇴적되어 형성된 광상이다. 퇴적 광상에서 얻을 수 있는 자원으로는 사금, 금강석, 모나자이트, 자철석 등이 있으며, 도자기의 원료인 고령토, 알루미늄의 원료인 보크사이트, 그리고 시멘트의 원료인 석회석 등도 퇴적 광상에 속한다.

변성 광상　지각 내에 들어 있는 광물이 변성 작용을 받는 과정에서 재배열됨으로써 새로운 광물이 농집되거나, 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 달라져 형성된 광상이다. 흑연 광상, 활석 광상, 석면 광상 등은 변성 광상에 속한다.

최근에 우리 인간은 첨단 과학 기술을 이용하여 지하 깊은 곳이나 깊은 해저 바닥까지 뚫고 들어가 우리에게 필요한 지하자원을 개발하여 생산해 내고 있다.

자연 금



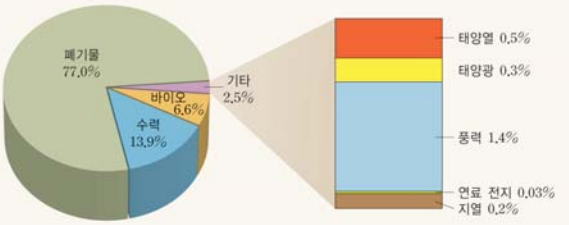
구리 원광(공작석)



탐구 10　해 보기　**자원 부족의 극복에 대한 시나리오 쓰기**

다음 표는 2000년 기준 세계 화석 연료의 채굴 가능 연수이고, 그림은 2007년 우리나라의 신·재생 에너지원별 공급 비중을 나타낸 것이다.

종류	원유	천연 가스	우라늄	아연·구리·납	석탄
채굴 가능 연수	30~40년	48년	45~60년	10~15년	200년



정리
1. 지구상에 남아 있는 화석 연료 중 가장 풍부한 것은 무엇인가?
2. 오늘날 주요 에너지원으로 가장 큰 비중을 차지하고 있는 화석 연료 대신 신·재생 에너지의 개발을 추진하고 있는 이유는 무엇인가?
3. 화석 연료와 각종 광물 자원이 고갈되었을 때 우리의 미래 사회는 지금과 어떻게 다른 모습으로 변화될 수 있을지 예측해 보고 시나리오를 써보자.

• **고령토**(高嶺土)

사기와 자기를 만드는 데 없어서는 안 될 필수 성분이며, 종이·고무·도료를 비롯한 여러 가지 물건을 만드는 데 널리 쓰이는 부드러운 하얀 점토이다. 고령토는 중국에 있는 산(카오링 산)의 이름을 딴 것으로, 경상남도 산청군 금서면 특리에서는 수백 년 동안 고령토를 캐왔다.

천연 상태의 고령토는 수산화철의 색소 때문에 노란색을 띠는 경우도 많다. 따라서 고령토를 상업적 용도로 사용하기 위해서는 점토를 화학적으로 표백하여 철분 색소를 제거하고, 물로 씻어 다른 광물을 제거하는 작업이 필요하다.

고령토는 도자기 산업에 널리 쓰이고 있는데, 용융 온도가 매우 높고 구우면 하얀색을 띠는 특성을 갖고 있어 특히 하얀 사기, 자기, 내열성 물질을 만드는 데 적합하다. 고령토의 분자 구조 내에 철분이나 알칼리 또는 알칼리 토금속이 전혀 없으면, 훌륭한 도자기의 특성을 얻을 수 있다.

• **우리나라의 광상**

우리나라의 지하자원은 광물의 표본실이라 할 정도로 300여 종의 광물이 매장되어 있다. 종류는 많으나 매장량은 빈약하고 경제성이 떨어져 실제 채굴이 이루어지는 것은 30여 종에 불과하다. 자원의 분포 역시 지역적으로 편재되어 금속 광물은 대부분 북한 지역에 매장되어 있고, 남한은 금속 광물에 비해 석회석, 고령토, 규사 등의 광물이 비교적 풍부한 편이다.

철광석은 비교적 풍부하나 북한의 관서, 관북 지방에 편재되어 있다. 남한은 강원도 홍천과 양양, 충북 충주 등지에 매장되어 있으나, 양이 적고 품위가 낮아 경제성이 떨어져 대부분 폐광이 되었다. 텅스텐은 특수강의 원료로 강원도 영월군 상동에 가장 많이 매장되어 있는데, 매장량이 많아 우리나라의 주요 수출품이기도 했다. 금은 생산량이 적어 대부분 수입에 의존하고 있는데, 충남 청양, 충북 음성 등에 소량 분포한다. 석회석은 우리나라에서 가장 풍부한 자원으로 가채연수가 가장 길다. 평안남도, 강원도 남부와 충청북도 북부에 분포하는 전기 고생대 지층에 집중적으로 매장되어 있다. 흑연은 충북 옥천과 보은, 경북 문경에 주로 매장되어 있다.

탐구 10　해 보기

자원 부족의 극복에 대한 시나리오 쓰기

1. 목표

화석 연료와 광물 자원이 유한한 자원임을 알고 이를 극복할 수 있는 방법을 고찰해 본다.

2. 정리

1. 채굴 가능 연수가 가장 긴 석탄이다.
2. 대부분의 화석 연료의 채굴 가능 연수는 100년 이내로 얼마 남지 않았다.
3. 화석 연료와 광물 자원이 고갈 되었을 때 대체할 수 있는 에너지원이나 물질의 개발이 시급하다. 대체 에너지와 대체 물질의 개발이 가져올 수 있는 변화된 미래 사회의 모습을 예측해 보고 자유롭게 시나리오를 쓸 수 있도록 지도한다.

2 토양의 생성과 이용

소단원의 학습 목표

1. 자원으로서의 토양의 중요성을 설명할 수 있다.
2. 토양의 생성 과정 및 토양 유실 요인과 유실과 산성화 방지 대책을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 토양의 생성 과정을 간단하게 언급하고, 자세한 풍화 작용은 다음 단원에서 다룬다.
2. 토양의 종류에 대해서 자세히 다루지 않는다.
3. 인간의 활동으로 인한 토양의 유실과 산성화가 일어나는 과정을 이해하고, 방치 대책에 대해 토의하게 한다.

내용 해설

Ⅰ 토양의 생성 및 자원으로서의 가치

1. 토양의 역할

토양은 지구 면적의 30% 정도이지만 이 중 대부분 산악 지역이나 볼모지로, 인간이 거주와 농업, 목축업에 적당한 토양은 지구 면적의 10%도 되지 않는다. 하지만 토양은 인간 생활에서 없어서는 안 되는 삶의 터전이며, 생명의 근원이다.

(1) 토양은 생명을 유지하는 서식처 역할을 수행한다.

토양은 썩은 뿌리와 낙엽, 동물의 시체 등의 온갖 찌꺼기들은 흙속에 사는 많은 동물들에게 귀중한 식량이 된다. 지렁이, 딱정벌레 등과 같은 작은 동물들은 그 찌꺼기를 먹고 배설한다. 또한 토양에 뿌리는 두고 있는 식물은 토양 속에서 수분과 양분을 섭취하여 생장하고, 동물은 식물이 만들어 놓은 양분을 섭취함으로써 생명을 유지하게 된다. 따라서 토양은 모든 생물이 생명을 유지하는 데 꼭 필요한 근원이며, 다양한 먹을거리가 있는 서식처인 셈이다.





2 토양의 생성과 이용

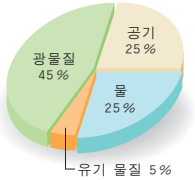
❖ 학습 목표

1. 자원으로서의 토양의 중요성을 설명할 수 있다.
2. 토양의 생성 과정 및 토양 유실 요인과 유실과 산성화 방지 대책을 설명할 수 있다.

토양은 우리가 발을 딛고 생활하는 서식처를 제공하며, 인류의 의식주를 해결하는 모든 자원의 근원지라고 할 수 있다. 이런 토양이 어떤 과정에 의해 생성되며, 이를 유지하고 보존하는 방법이 무엇인지 알아보자.

1 토양의 생성 및 자원으로서의 가치

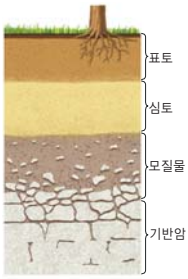
식물 성장에 적합한 토양의 구성 성분



토양은 가장 중요한 자원 중의 하나로, 암석과 광물이 화학적 풍화 작용을 받아 형성된 점토 광물과 생물로부터 유래된 유기 물질로 구성된다. 토양은 그 자체도 풍화 작용의 산물이지만 다른 물질의 화학적, 기계적 풍화에 영향을 미친다.

또한 토양은 빗물을 저장하고 식물과 박테리아, 유기체들의 서식지가 되며, 이러한 생물체에서 공급된 유기물은 물과 반응하여 산성 물질이 되어 화학적 풍화 작용을 촉진시킨다. 식물 뿌리와 동물이 만든 굴은 암석에 균열을 형성시킴으로써 물리적 풍화 작용을 유발시킨다. 토양은 생성 초기에는 원암의 영향을 받으나, 오랜 세월이 지나면 기후의 영향을 받는다.

성숙한 토양의 단면



풍화에 의해 형성된 토양의 단면은 표토, 심토, 모질물로 구분된다. 표토는 죽은 생물체가 분해된 유기물과 광물질이 혼합된 층으로 어두운 색을 띠며, 생물의 활동이 가장 활발한 층이다. 심토는 풍화가 진전되어 점토가 많은 층으로, 표층에서 씻겨 내려온 점토 광물과 산화철이 많이 분포되어 있다. 모질물은 기반암에서 떨어져 나온 돌조각이나 흙으로 이루어진 층이다.

토양은 음식, 종이, 목재, 의약품 등의 원료를 제공하는 식물의 성장에 필수적이고 식물과 동물에게 서식처를 제공한다. 또한 온실가스인 이산화탄소의 저장 및 방출소이기 때문에 기후 온난화에 중요한 역할을 하며, 물과 재생 폐기물을 여과하고, 건설에 중요한 요소이다.

2 토양의 유실과 방지 대책

토양은 인간에게 먹을거리와 서식처를 제공해 주는 귀중한 자원이다. 이러한 토양이 인간 활동의 증가로 인해 오염되고 유실되어 황폐화되어 가고 있다. 귀중한 토양 자원의 보호를 위한 대책을 알아보자.

(2) 토양의 또 다른 역할은 자원의 공급과 정화 기능이다.

토양은 식물의 뿌리를 지지해 주고, 성장에 필요한 물질과 에너지를 공급하여 생산자로서의 역할을 할 수 있게 해 준다. 또 인류가 사용하는 자원을 공급해 주는 역할을 한다. 또한 낙엽 및 동식물의 사체를 분해하여 토양에 이로운 성분으로 만들고, 오염 물질을 깨끗하게 정화하는 역할을 한다. 만약 토양의 이러한 기능이 없다면 지구는 더러운 오염물로 넘쳐나게 될 것이다.

(3) 토양은 인간 생활에 필요한 식량 자원을 제공해 준다.

인간의 모든 먹을거리는 생산자인 식물이 그 기본이 된다. 물론 호수, 또는 연못에서 사는 식물도 있지만, 인간이 먹을 수 있는 식량이 되는 거의 모든 식물은 흙에서 자라난다. 이렇듯 토양은 그 안에 많은 생물들이 살아가고 있는 터전이며, 우리에게 소중한 먹을거리와 자원을 제공해 준다. 또한 오염물을 정화해 주는 소중한 곳이다.

탐구 11 자료 해석 토양의 유실과 보전

자료 다음 그림 (가)는 토양이 유실되어 나무 뿌리가 노출된 모습이고, 그림 (나)는 계단식 논의 모습이다.



(가) 토양의 유실 (나) 계단식 논

정리 1. 그림 (가)의 토양의 유실은 어떤 과정에 의해 이루어진 것인가?
2. 그림 (나)의 계단식 논은 토양 유실을 방지하는 데 어떤 효과가 있는가?
3. 계단식 논은 주로 어떤 지역에서 이루어지는지 알아보자.

인구의 증가로 농지에 대한 이용률이 증가함으로써 심각한 토양의 침식이 야기되고 있다. 비록 토양 침식이 지형, 기후, 식생의 자연적 변화로부터 야기되기도 하지만, 인간 활동의 결과는 심각한 토양의 파괴로 이어지고 있다. 예를 들어 대량 벌목으로 인해 수목들이 쓰러지면 지표수의 이동 속도가 가속되고, 나무 뿌리가 뽑혀 나가면 토양이 불안정하게 된다. 결국 토양은 침식되어 쓸모없는 황무지로 변하게 된다.

토양을 보전하는 것은 생태계의 보전뿐만 아니라 국가 경제의 유지를 위해서도 반드시 필요한 일이다. 토양 유실을 막기 위해서는 황폐화된 삼림을 시급히 복구하고 적절하게 토지를 관리해야 한다. 특히 그 지역의 기후 환경에 알맞게 적절한 작물과 경작 방법을 선택하여야 토양 유실을 최소화할 수 있다. 등고선을 따라 밭갈이를 하여 지표 노출로 인한 침식을 억제하고, 윤작이나 사이짓기를 하여 침식이 발생하는 것을 억제시키기도 한다. 최근에 소개되고 있는 보전 농업 양식에서는 추수 후에 작물의 잎과 줄기로 농경지를 덮거나 논밭갈이를 최소화하는 방법을 쓰고 있다. 논밭을 가는 과정에서 무거운 기계가 토양을 단단하게 다지면 토양 구조가 파괴되어 침식 가능성이 높아지기 때문이다.

또한 정화 능력이 크게 떨어진 토양이나 오염된 토양을 개량하는 데에는 오염된 흙을 제거하고 깨끗한 흙으로 바꾸는 객토 또는 토양 교환법이 이용되기도 한다.



1. 토양의 생성 및 자원으로서의 가치
(1) 토양의 생성 : 암석과 광물이 풍화된 점토 광물과 생물에서 유래된 유기 물질로 구성
(2) 토양의 단면 : 기반암–모질물–심토–표토
2. 토양의 유실과 방지 대책
(1) 토양의 유실 : 인간 활동의 증가로 인한 토양의 침식과 오염이 가속화됨
(2) 방지 대책 : 토양의 침식을 막기 위해 등고선 경작, 풍식을 막기 위해 윤작, 사이짓기를 함. 오염된 토양의 개량은 객토 또는 토양 교환법을 이용

2 토양의 유실과 방지 대책

탐구 11 자료 해석

토양의 유실과 보전

1. 목표

토양의 유실을 막기 위한 방법을 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 벌목으로 나무의 뿌리가 토양의 흙을 결속시키지 못하면 토사가 지표수에 의해 흘러내려 토양이 유실된다.
2. 경사가 심한 경사지에 등고선을 따라 작물을 심는 계단식 경작을 하게 되면 빗물에 의해 토사가 흘러내리는 것을 막을 수 있다.
3. 경사지가 많은 산간 지역에서 토사 유출을 막고 쉽게 물을 대기 위해 하는 방법이다.

• 청산도의 구들장 계단식 논



구들장 논은 청산도를 대표하는 삶의 문화이다. 농토와 물이 부족했던 청산도의 척박한 땅에 한 줌의 곡식이라도 더 거둘 요량으로 만든 것이 구들장 논이다. 구들장은 원래 한옥에서 난방을 위해 온돌방의 방고래 위에 깔아 방바닥을 만드는 얇고 넓은 틀을 말한다.

구들장 논은 이와 같은 원리로 만든 논의 형태이다. 온돌방의 구들장처럼 얇고 넓은 돌로 구들을 만든 후에 그 위에 돌을 쌓고, 다시 흙으로 다져 논을 만들었다. 다진 흙 위로 농사에 필요한 물이 고이고 남은 물은 다시 구들 아래쪽으로 흘러 내리게 되어 있다.

경사가 진 산비탈에 구들장 계단식 논을 만들어 토양의 유실을 막고, 물이 부족한 섬에서의 농사를 보다 쉽게 할 수 있도록 고안해 낸 것이다.

3 토양의 산성화와 방지 대책

• 우리나라 토양의 산성화 원인

(1) 우리나라 기반암의 70% 이상이 모암 자체가 산성을 띠는 화강암과 화강편마암이다. 화강암은 조암 광물의 입자가 큰 편이므로 화강암 지역의 밭 토양은 일반적으로 석영 모래가 많이 섞여 있어 배수가 양호하나 척박한 것이 보통이다.

(2) 강우량이 증발량보다 많은 기후 특성 때문에 물에 잘 녹는 염기가 흙 속에서 씻겨 내려가 산성 토양이 되기 쉽다.

(3) 과잉 경작이 이루어지면서 화학 비료의 사용량이 증가하는데, 가장 많이 사용하고 있는 화학 비료가 토양 속에 질산을 공급하기 위한 질소질 비료이다. 질소질 비료는 토양 속에 수소 이온을 증가시키는 효과가 있어 토양이 산성으로 된다.

(4) 산성 폐기물의 증가, 산업의 발달로 대기 오염이 심해지면서 내리는 산성비도 토양의 산성화 원인이 되고 있다. 산성 토양은 수소 이온 농도 자체가 높아서 식물의 뿌리가 양분을 흡수하는 힘을 약하게 하는 작용이 있으나, 그보다 더 큰 문제는 점토 광물을 구성하고 있는 알루미늄 이온이 녹아 나옴으로써 그 독성으로 인해 식물이 생육에 장애를 받는 것이다.

3 토양의 산성화와 방지 대책

토양이 산성화되는 가장 큰 원인은 화학 비료의 사용이다. 식물의 성장에 필요한 탄소 · 수소 · 산소 · 질소 · 인 · 황 · 철 · 칼륨 · 마그네슘 · 칼슘 10여 가지 원소 중 질소 · 인 · 칼륨은 흙 속의 양으로는 불충분하므로 질소 비료, 인산 비료, 칼륨 비료와 같은 화학 비료를 사용하여 공급하는데, 만약 이들 비료를 과다하게 사용할 경우, 이들이 흙 속에 남아 있으면 차츰 산화되어 질산, 인산, 황산 등이 되므로 토양이 산성화 된다. 이를 막기 위한 방법으로 화학 비료의 사용을 줄이고 자연적인 퇴비를 사용해야 하는데, 볏짚, 풀, 가축의 분뇨 등으로 퇴비를 만들어 토양에 유기물을 공급하여야 한다.

더불어 산업화의 진행으로 공기가 매연이나 배기 가스에 의해 오염되는 경우가 많은데, 이들 성분 속에는 황, 질소, 탄소 성분이 많이 들어 있어 이들이 물과 만날 경우 산성 물질이 되어, 산성비를 뿌리게 되어 토양을 산성화시킨다. 산성비를 줄이기 위해서는 공장의 굴뚝에 탈황 장치와 같은 여과 장치를 의무화하고, 자동차 배기 가스 배출 기준량을 초과하지 않도록 해야 한다.

한 걸음 더

우리나라 토양의 특성(토양의 특성에 관여하는 인자)

토양은 환경 조건에 따라 특성이 다르게 만들어진다. 토양 생성에 관여하는 인자는 기후, 모재, 지형, 시간, 생물 등이며 이들 인자는 토양 생성 과정에 있어서 서로 연관된 작용을 하고 있다. 또한 이들 인자들의 상대적 세기에 따라 특징적인 상이한 토양이 만들어진다.

(1) 기후: 기후가 토양 생성 작용에 미치는 영향은 매우 크며, 특히 강우량과 온도는 중요한 인자로서 주로 토양 중 유기물, 토양 수분 함량 및 점토 광물의 생성과 암석 풍화에 영향을 미친다.

(2) 모재: 토양 생성 인자 중 모재가 토양 특성에 미치는 영향이 가장 크며, 모재의 특성 및 풍화 환경에 대한 저항정도 등에 따라 토양 특성도 다르다. 따라서 토양이 어떠한 모재로부터 발달되었는가를 아는 것은 중요하다. 우리나라의 토양 모재는 매우 다양함으로 토양 특성도 다르다.

(3) 생물: 생물 중 동식물은 유기물의 함량과 종류 및 분포에 영향을 줄 뿐만 아니라, 토양의 물리성에 중요한 토양 구조 및 공극의 특성에 변화를 일으켜 층위 간의 흙을 혼합함으로써 토양 층위 간의 특성 차이를 균일하게 하는 작용 및 암석의 풍화 작용 등에 관여한다.

(4) 시간: 시간은 다른 토양 생성 인자와 함께 토양의 발달을 가속화시키는 활동적인 요소이다. 토양의 생성 연대는 토양이 생성 · 발달하여 온 기간을 말하며, 지질 연대와 직접적인 관계는 없으나 지질 연대 측정법에 의해 토양 생성 연대를 추정할 수 있다.

3. 토양의 산성화와 방지 대책

(1) 산성화의 원인

① 화학 비료 사용으로 토양에 질산, 인산, 황산 등이 축적됨.

② 대기 오염으로 인한 산성비

(2) 방지 대책

① 화학 비료 대신 볏짚, 풀, 가축의 분뇨 등으로 퇴비를 만들어 사용

② 공장 굴뚝에 탈황 장치를 의무화하고 자동차 배기가스 배출 기준량을 초과하지 않도록 함환법을 이용

3 자원으로서의 대기와 물



❖ 학습 목표

1. 대기와 물이 생물권에 작용하는 영향과 중요성을 이해한다.
2. 하천수, 지하수, 빙하 등의 형성 과정과 분포를 설명할 수 있다.
3. 수자원 분포에 따른 자연 환경과 인간 생활 환경의 관계를 설명할 수 있다.

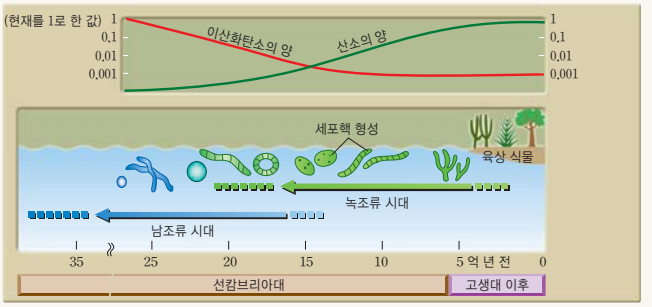
지구가 생물권의 생존에 적절한 기권과 수권을 처음부터 갖고 있었던 것은 아니다. 오늘날 지구의 기권과 수권은 지구계의 지속적인 변화에 대해 적응하며, 여러 지질 시대를 거쳐 진화해 온 결과이다. 그 과정에서 지구는 물이 있는 행성으로 변했고, 물속에서 최초의 생명체가 탄생할 수 있었다.

1 대기와 물이 생물권에 미치는 영향

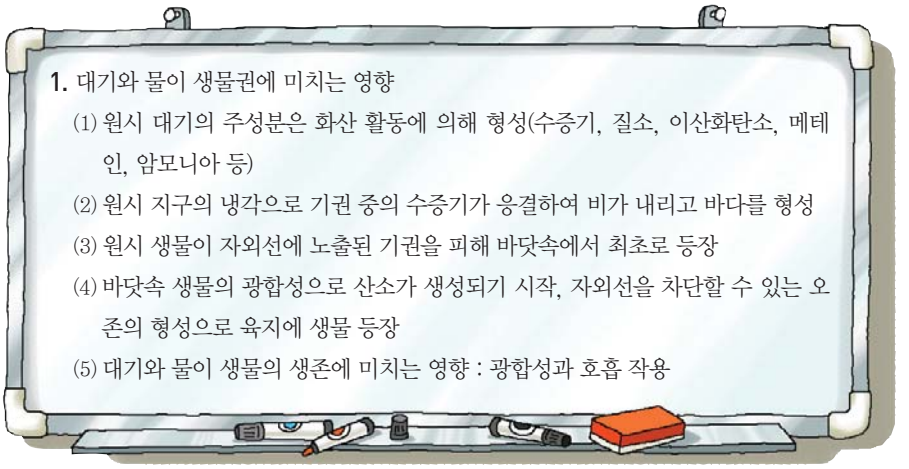
대기와 물은 생명체의 존재와 유지에 어떤 영향을 주게 되는지 알아보자.

탐구 12 자료 해석 **대기 조성 변화와 생물계의 진화**

자료 다음 그림은 지질 시대 동안의 이산화탄소 및 산소량의 변화와 생물계의 진화 과정을 나타낸 것이다.



정리
1. 최초의 생명체는 어디에서 탄생하였으며, 약 5억 년 전 육상으로 생물이 진출할 수 있었던 이유는 무엇인가?
2. 원시 바다는 고온과 산성의 열악한 환경으로 추측되는데, 그 이유는 무엇인가?
3. 원시 지구의 기권에 가장 높은 비율로 들어 있던 이산화탄소는 어떤 과정을 통해서 기권에서 그 양이 줄어들게 되었는가?



3 자원으로서의 대기와 물

소단원의 학습 목표

1. 대기와 물이 생물권에 작용하는 영향과 중요성을 이해한다.
2. 하천수, 지하수, 빙하 등의 형성 과정과 분포를 설명할 수 있다.
3. 수자원 분포에 따른 자연 환경과 인간 생활 환경의 관계를 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 대기와 물의 존재와 생물과의 관계, 생물의 번성 등을 관련지어 이해하게 한다.
2. 수자원의 분포 차이로 인하여 발생하는 인간의 다양한 생활 환경을 이해하게 한다.

내용 해설

4 수권의 작용

탐구 12 자료 해석

대기 조성 변화와 생물계의 진화

1. 목표

대기와 물이 생명체의 존재와 유지에 어떤 영향을 주는지 이해한다.

2. 지도상의 유의점

대기 조성의 변화가 생물계의 변화와 어떤 관계가 있는지 이해하도록 지도한다.

3. 정리

1. 최초의 생명체는 바다 속에서 탄생하였고, 산소의 생성으로 오존이 자외선을 차단하게 되어 육상으로 생물이 진출하게 되었다.
2. 미행성의 충돌에 의해 만들어진 열이 식으면서 대기 중에 높은 농도로 있던 이산화탄소가 빗물에 녹아 바다를 형성하였기 때문에 원시 바다는 고온, 산성이었을 것이다.
3. 유기물에 의한 석회암의 생성 과정을 통해 대기 중의 농도가 줄어들게 되었다.

• 원시 생물의 탄생

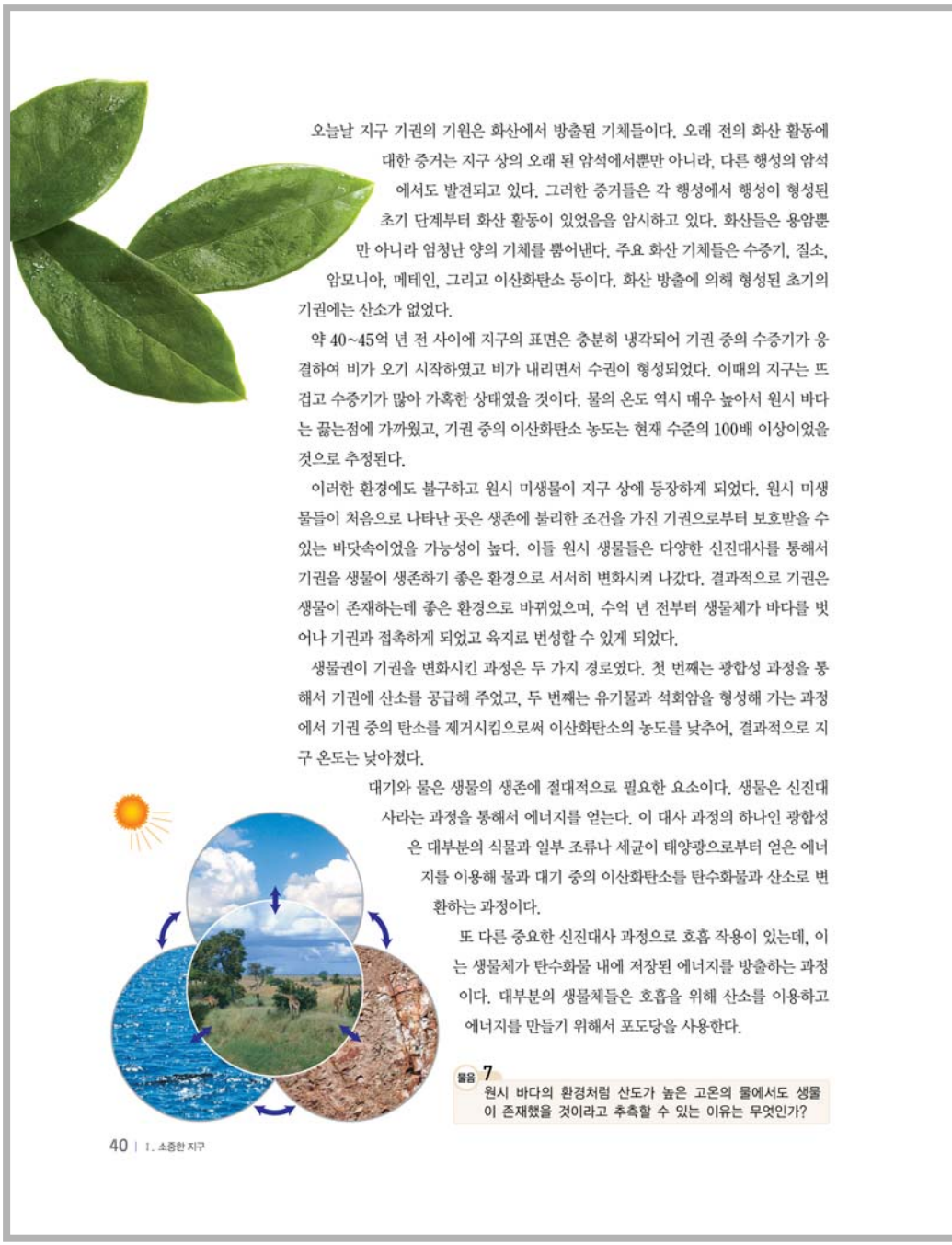
우주 먼지에서 지구가 생성되었을 당시, 지구 상에는 생명이 존재하지 않았을 것이라고 생각된다. 그런 지구에 어떻게 해서 생물이 탄생한 것일까?

생명의 기원을 탐구하는 방법에는 두 가지가 있다. 하나는 고생대의 지층이나 암석에 남은 화석을 찾는 방법이다. 고생대 지층에서는 여러 가지 생물의 화석이 발견되고 있는데 그 이전, 즉 6억 년 이상 이전의 선캄브리아 시대라고 불리는 지층에까지 거슬러 올라가 보면 화석이 갑자기 모습을 감추어 생물에 대해서는 암흑 시대라고 불리는 시기가 있다. 그러나 최근에는 현미경이 아니면 보이지 않는 미세한 생물 화석이 10억 년, 20억 년, 그리고 30억 년 이상 이전의 암석(케츠석)에서 발견되고 있다. 이를 미화석(微化石)이라 한다. 그 대부분은 현재 세균이나 남조류(藍藻類)로 분류된 것과 유사하다.

이와 같이 원시적인 형태의 세포를 가진 생물(원핵 생물)이 적어도 35억 년 이전에 존재하고 있었다는 것이 밝혀졌다. 최근에는 약 38억 년 전의 화석이 북극 부근에서 발견되었다. 만약 그것이 가장 오래 된 지표 암석이라고 하면 지구의 탄생이 약 45억 년 전이므로 생명 기원의 암흑 시대는 7~8억 년간 정도로 단축될 것이다. 세균이나 원생동물 같은 아주 단순해 보이는 세포들조차 매우 복잡한 구조를 갖고 있으며, 무기 화합물에서 간단히 자연 발생할 리는 없다. 어떤 성질을 가진 구조가 가능하면 더욱 원시적인 생물이라고 부를 수 있을지 원시 생물에 관한 구체적인 것에 대해서는 아직 일치된 견해는 없다. 그런 점에서 암흑 시대는 말하자면 가설의 시대라고 해도 좋을 것이다.

생명의 기원을 연구하는 또 한 가지 방법은 가설을 세워 그것을 실험으로 확인해 가는 것이다. 현재의 가설은 오랜 옛날의 지구에는 지금의 지구와는 달리 생명이 탄생하는 특수한 환경 조건이 존재하고 있었을 것이라고 추측하고, 그것이 어떤 것이었나에서 출발한다.

러시아의 오파린은 만약 원시 지구 상에 다량의 유기 화합물이 존재하였다면 그것들이 점차 복잡한 구조를 만들어낼 수 있도록 반응하고, 결국에는 원시 생물이라고 부를 수 있는 구조를 갖게 되었을 것이라고 생각하였다. 오파린의 이러한 생각은 현재의 생명 기원설의 기초가 되고 있다.



오늘날 지구 기권의 기원은 화산에서 방출된 기체들이다. 오래 전의 화산 활동에 대한 증거는 지구 상의 오래 된 암석에서뿐만 아니라, 다른 행성의 암석에서도 발견되고 있다. 그러한 증거들은 각 행성에서 행성이 형성된 초기 단계부터 화산 활동이 있었음을 암시하고 있다. 화산들은 용암뿐만 아니라 엄청난 양의 기체를 뿜어낸다. 주요 화산 기체들은 수증기, 질소, 암모니아, 메테인, 그리고 이산화탄소 등이다. 화산 방출에 의해 형성된 초기의 기권에는 산소가 없었다.

약 40~45억 년 전 사이에 지구의 표면은 충분히 냉각되어 기권 중의 수증기가 응결하여 비가 오기 시작하였고 비가 내리면서 수권이 형성되었다. 이때의 지구는 뜨겁고 수증기가 많아 가혹한 상태였을 것이다. 물의 온도 역시 매우 높아서 원시 바다는 끓는점에 가까웠고, 기권 중의 이산화탄소 농도는 현재 수준의 100배 이상이었을 것으로 추정된다.

이러한 환경에도 불구하고 원시 미생물이 지구 상에 등장하게 되었다. 원시 미생물들이 처음으로 나타난 곳은 생존에 불리한 조건을 가진 기권으로부터 보호받을 수 있는 바닷속이었을 가능성이 높다. 이들 원시 생물들은 다양한 신진대사를 통해서 기권을 생물이 생존하기 좋은 환경으로 서서히 변화시켜 나갔다. 결과적으로 기권은 생물이 존재하는데 좋은 환경으로 바뀌었으며, 수억 년 전부터 생물체가 바다를 벗어나 기권과 접촉하게 되었고 육지로 번성할 수 있게 되었다.

생물권이 기권을 변화시킨 과정은 두 가지 경로였다. 첫 번째는 광합성 과정을 통해서 기권에 산소를 공급해 주었고, 두 번째는 유기물과 석회암을 형성해 가는 과정에서 기권 중의 탄소를 제거시킴으로써 이산화탄소의 농도를 낮추어, 결과적으로 지구 온도는 낮아졌다.

대기와 물은 생물의 생존에 절대적으로 필요한 요소이다. 생물은 신진대사라는 과정을 통해서 에너지를 얻는다. 이 대사 과정의 하나인 광합성은 대부분의 식물과 일부 조류나 세균이 태양광으로부터 얻은 에너지를 이용해 물과 대기 중의 이산화탄소를 탄수화물과 산소로 변환하는 과정이다.

또 다른 중요한 신진대사 과정으로 호흡 작용이 있는데, 이는 생물체가 탄수화물 내에 저장된 에너지를 방출하는 과정이다. 대부분의 생물체들은 호흡을 위해 산소를 이용하고 에너지를 만들기 위해서 포도당을 사용한다.

물음 7 원시 바다의 환경처럼 산도가 높은 고온의 물에서도 생물이 존재했을 것이라고 추측할 수 있는 이유는 무엇인가?

40 | I. 소중한 지구

물음 7

해령의 열곡에서 뿜어져 나오는 열수 광상이나 옐로우스톤 국립 공원에 흩어져 있는 일부 호수는 고온과 산성의 환경이라 다른 생물은 존재하지 못하나, 무핵의 박테리아가 발견된다. 이는 원시 바다의 환경에서도 박테리아와 같은 하등한 생물이 존재했을 가능성을 지시해 주는 것이다.

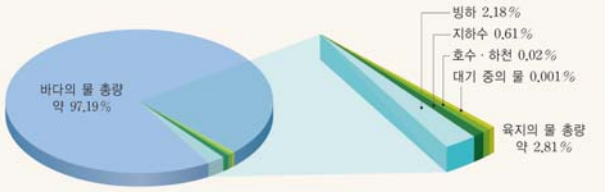
2 수자원의 분포와 개발 및 보존

물은 다양한 지질학적 과정에서 필수불가결한 요소이다. 예를 들면 토양이나 암석에 존재하는 광물의 용매로서 또한 용해물이나 풍화물을 운반하는 운송매체로서 풍화에 필수적이다. 강물이나 빙하의 얼음은 침식의 주요 요소이며 대륙의 경관을 형성하는 데 도움이 된다. 지표면 내로 침투하는 물은 지하수를 형성하여 지형의 변화 및 인간의 생활에 다양한 영향을 미친다.

하천수, 지하수, 빙하와 같은 육지의 물은 어떻게 분포되어 있는지 알아보자.

탐구 13 자료 해석 물의 분포

자료 다음 그림은 수권의 물의 분포를 나타낸 것이다.



정리 1. 육지에서 가장 많이 분포하는 물은 무엇인가?
2. 인간의 생활에 필요한 물은 주로 어디에 분포하는 것을 이용하는가?

수권은 크게 해수와 육지의 물로 구성되어 있는데 해수가 대부분을 차지하며, 육지의 물은 빙하, 하천수, 지하수 등으로 구성되어 있다. 육지의 물 중 가장 많은 것은 빙하이며, 다음으로 지하수, 하천수의 순이다. 지하수는 하천수에 비해 약 100배 이상의 양이지만, 우리가 사용하는 물은 강이나 호수에 주로 의존한다. 지하수는 많은 양의 광물질이 용해되어 있어 사용에 제한이 많다.

육지에 존재하는 물은 해양, 대기, 육지와 같은 다양한 지구 환경 구성 요소를 통하여 순환한다. 태양 복사 에너지는 해양으로부터 물을 증발시키고, 수증기 상태에서 대기로 운송시킴으로써 물의 순환을 주도하게 된다. 적정 온도와 습도에서 수증기가 작은 물방울로 응결하여 구름을 형성하고 비나 눈으로 해양이나 육지로 내리게 되는데, 이 물의 일부는 침투에 의해 지표 아래로 스며들어, 물은 입자 사이의 작은 공극이나 절리를 통하여 토양이나 암석으로 유입하게 되어 지하수를 만든다. 지하로 침투하지 않은 물은 지표 위로 흘러 계곡과 하천을 형성하고 일부는 증발되고 나머지는 해양으로 흘러 들어가게 된다.

2. 수자원의 분포와 개발 및 보존
(1) 해수 : 지구에 분포하는 물의 97%를 차지
(2) 빙하 : 육지의 물 중 가장 많은 양을 차지
(3) 지하수 : 빙하 다음으로 육지에서 많은 양을 차지
(4) 수자원의 분포와 인간의 생활
① 하천수와 지하수가 풍부한 지역 : 문화와 산업의 중심지로 번성
② 사막 지역 : 오아시스가 있는 곳을 중심으로 생활권이 형성
③ 빙하 지역 : 어로와 수렵 활동을 통한 생활 방식

탐구 13 자료 해석

물의 분포

1. 목표

하천수, 지하수, 빙하와 같은 육지의 물이 어떻게 분포하는지 이해한다.

2. 지도상의 유의점

인간이 사용하는 지구계의 물은 극히 일부임을 알도록 지도한다.

3. 정리

1. 빙하
2. 인간의 생활에 필요한 용수는 주로 강이나 호수의 물을 이용한다.

• 우리나라의 대체수 개발

우리나라의 연평균 강수량은 1,283 mm로 세계 평균 973 mm의 1.3배에 달한다. 하지만 기후 특성상 연도별, 지역별 강수량 편차가 크고 강수량도 전체의 70%가 6~9월에 집중되고 있어 수자원 이용면에서 매우 불리한 자연 여건을 안고 있다. 특히 최근 들어 가뭄과 홍수가 연례 행사처럼 반복되고 있으며, 2009년에는 사상 유례가 없을 정도로 가뭄이 심해 전국 72개 강우 관측 지점 중 57곳에서 관측 이래 최소 강수량을 기록하기도 했다.

2010년에도 전국 14개 다목적댐의 저수율은 33.9%로 지난해의 40.9%에 비해 7.0% 낮은 상태로 용수 부족 현상이 반복되었다. 이에 따라 합리적인 수자원 개발과 활용이 어느 때보다 필요한 시점에 이르렀지만 기존 댐의 용수 공급 능력은 한계점에 다다르고 새로운 댐 건설은 규모를 막론하고 반대의 벽에 직면하고 있는 현실이다. 이러한 상황에서 대체 수자원 개발에 대한 관심은 날로 커지고 있으며 지하댐, 강변 여과수, 해수 담수화, 인공 강우 등 대체 수자원 확보 기술은 점점 실용화 단계에 접어들고 있다.

현재 국내에서 가장 큰 성과를 거두고 있는 대체 수자원 개발 분야는 '지하댐'으로 이미 속초 쌍천댐, 상주 이안댐, 영일 남송댐

등 6개 지하댐이 건설돼 1일 약 16만 m^3의 공급 능력을 갖추고 있다.

지하댐이란 지하수가 흐르는 땅속에 인공 물막이 벽을 설치, 물을 가둔 뒤 관정 등을 이용해 지상으로 물을 끌어올리는 소규모 지하 저류지를 말한다. 지하댐은 일반 저수지에 비해 증발 손실과 수질 오염 위험 등이 적은 반면, 유지 관리비가 많이 들고 일시에 대량의 물을 이용하기 어려우며 관개용으로 직접 사용하기에는 수온이 낮다는 단점을 지니고 있다.



매년 겨울에 내린 강설량이 여름에 녹는 양보다 많다면, 눈이 두껍게 쌓이게 되어 눈 자체의 무게로 인하여 기저부의 눈이 얼음으로 재결정되는 변화가 일어난다. 집적된 눈과 얼음이 두껍게 쌓이게 되면 빙하를 형성하게 된다.

지구상에 다양한 형태로 분포하는 물은 모든 생명의 원천으로, 인류 문명은 수자원의 적절하고도 효율적인 개발과 이용에 직접적인 연관을 갖고 생활하고 발전을 거듭해 왔다. 하천수와 지하수, 빙하는 지역마다 분포량이 다르고, 이 때문에 인간의 생활 환경도 다르게 나타난다. 하천수와 지하수가 풍부한 지역은 예나 지금이나 문화와 산업의 중심지로서의 역할을 해왔다. 불모의 사막 지역에는 오아시스가 있는 곳을 중심으로 생활권이 형성되었다. 또한, 빙하가 발달한 극 지역은 어로와 수렵 활동을 통해 삶을 이어간다.

수자원은 대체가 불가능한 유일한 자원으로, 양과 질에 있어 시간적 또는 공간적 분포에 제한을 받고 있다. 따라서 자연 상태에서 시기 또는 위치에 따라 필요로 하는 수량을 항상 확보할 수는 없다. 우리나라는 다행히 다른 부존 자원에 비해 수자원이 비교적 풍부한 지역에 해당하여 예로부터 물은 필요에 따라 언제든지 손쉽게 얻을 수 있는 자원으로 여겨왔다. 그러나 근래에 와서 급속한 경제 성장과 산업 구조의 변천에 따라 물의 용도가 다양해지고 수요가 급증함에 따라 물이 경제 자원으로서의 중요한 부분을 차지하게 되었으며, 물 부족 상태에 이르기도 하였다.

앞으로 21세기에는 물 수요의 대량화와 하천 환경의 오염 악화로 물의 수요와 공급의 시간적, 공간적 불균형을 심화시킬 것이며, 하천 주변 토지 이용의 고도화와 주민 위락 및 휴양 기회의 증가는 물의 이용을 다양화시켜 수자원 개발 여건의 현저한 변화가 예상된다. 따라서 이러한 수자원 개발의 현안 문제를 해소하고 급변하는 국내외 여건에 비추어 볼 때, 앞으로 예상되는 기상 이변에 효과적으로 대처할 수 있는 21세기를 목표로 한 수자원 종합 개발 계획의 수립과 추진이 시급히 필요하다.

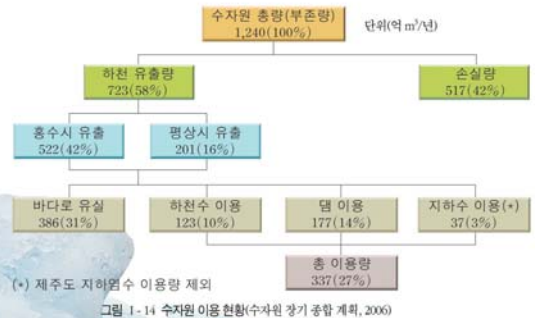


그림 I-14 수자원 이용 현황(수자원 장기 종합 계획, 2006)

• 우리나라의 수자원 개발 계획

21세기 중반의 국민 경제 목표 및 수요를 고려한 장기 수자원 개발 계획(Long-range plan) 수립

수자원 개발 사업은 다른 국가 기간 산업과 비교하여 개발에 많은 시간과 막대한 투자 재원을 필요로 한다. 또한 수자원 개발의 핵심적 역할을 하는 대규모 다목적댐 개발지는 극히 한정되어 있고 일단 개발된 댐은 타 용도 또는 증축에 의한 재개발이 매우 어려우므로 장기계획에 의한 선행 투자가 불가피하다. 따라서 수자원 개발 사업에서는 계획 단계에서 먼 장래의 하천 또는 물이용 전반까지를 고려한 장기 계획을 수립하여야 한다.

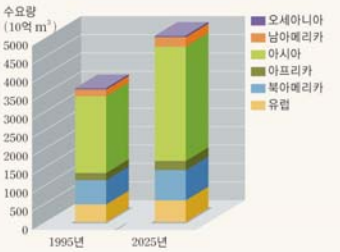
[표] 우리나라의 수자원 개발 계획

구분	목적	구조적 · 비구조적 수단
치수	• 국민의 생명과 재산의 손실 방지 • 안전한 사회 기반 조성	• 다목적댐, 제방, 하천 개수, 유수지, 배수 펌프장, 홍수 경보 체제
관개 배수	• 농업 생산량 증대	• 다목적댐, 저수지, 취수 펌프장, 취수보
생공용수	• 생활용 환경 개선수의 안정적 공급으로 생활 환경 개선 • 공업용수의 안정적 공급으로 산업 발전 촉진	• 다목적댐, 저수지, 지하수 관정, 취수 펌프
수력 발전	• 경제 개발을 위한 전력 생산 • 생활 환경 개선을 위한 전력 생산	• 다목적댐, 발전용댐, 발전소, 송전선
내륙 수운	• 화물 운송으로 교통난 해소 • 여객선 운항으로 생활 환경 개선 • 여가 시간 증대	• 다목적댐, 하도 정비, 운하, 갑문, 부두 시설
하수도	• 도시 개발 및 정비 • 시민의 보건, 생활 개선 • 하천 수질 오염 감소	• 하수도 정비, 우수 · 오수관로, 하수 처리장, 펌프장

세계 여러 나라의 수자원 개발 및 보존 방법은 어떻게 효율적으로 이루어지고 있는지 알아보자.

탐구 14 조사 수자원 개발과 보존

자료 다음 그림은 세계의 물 수요량의 장래 전망을 나타낸 것이고, 아래 표는 미래 사회의 물 부족에 대한 각종 예측 보고서이다.



연구 기관	보고 내용
국제 인구 행동 연구소 (PAI : Population Action International) 2003	오늘날 5억 5천만 명이 물 압박 국가나 물 기근 국가에 살고 있고, 2025년까지 24~34억 명의 사람들이 물 압박 또는 물 부족 국가에 살게 될 것임.
세계 기상 기구 (WMO)	2025년에는 6억 5천 3백만~9억 4백만 명이, 2050년에는 24억 3천만 명이 물 부족을 겪을 것임.
국제 식량 정책 연구소(International Food Policy Research Institute)	앞으로 25년 이내에 5개국 중 한 나라가 심각한 물 부족 사태에 직면할 것임.
UN 요하네스버그 정상 회담 (2002)	2050년 세계 인구는 90억 명에 이를 전망, 11억 명이 안전하게 마실 물 부족에 직면할 것이며, 개발 도상국 질병 원인의 10 %는 안전한 식수 부족 또는 물 부족에 기인함.
UN 세계 수자원 개발 보고서 (2003. 3)	지구의 1인당 담수 공급량은 앞으로 20년 안에 $\frac{1}{3}$로 줄어들고, 2050년까지 적계는 48개국 20억 명 많게는 60개국 70억 명이 물 부족을 겪을 것임.
캐나다 회의(캐나다 시민 단체)	2050년까지 인구는 약 93억 명으로 늘고, 오염된 담수원 면적은 현재 관개용 수자원 면적의 9배에 달한 것임.
마우드발로 세계 경제 포럼 (2004. 12)	산유국이 카르텔을 형성, 석유 자원을 무기화했듯이 머지않아 물이 풍부한 국가들도 그렇게 할 것이라고 전망.
수자원 이니셔티브 보고서 (2009. 1)	'수자원 부도(water bankruptcy)' 가능성 경고, "이제는 1970년대 석유 파동이 아니라 물 파동에 대비해야 한다."고 지적

정리 1. 미래 사회가 물 부족으로 인한 어려운 상황에 놓이게 되는 이유가 무엇인지 알아보자.
2. 우리나라에서는 수자원 개발과 보존을 위해 어떤 사업들이 시행되고 있는지 알아보자.

탐구 14 조사

수자원 개발과 보존

1. 목표

수자원 개발의 필요성과 방법에 대해 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 기후 변화와 사막화로 인한 지구 전체의 물 부족 현상과 물수요의 대량화와 하천 환경 오염 악화로 인한 물 공급 부족이 일어나게 된다.
2. 우리나라의 수자원 개발과 보존 방법은 "수자원개발공사" 홈페이지에서 최근에 발표된 다양한 정책들을 확인할 수 있다.

• 한국수자원공사

1967년 창립된 한국수자원개발공사의 후신으로, 수자원의 효율적인 개발과 관리를 위해 1988년 7월 1일 설립된 정부 투자 기관으로 수자원의 개발 사업, 발전(發電) 사업, 댐 관리 사업, 각종 용수 공급 및 시설운영 관리 사업, 산업기지 사업, 신도시 및 산업단지 건설 사업 등이 주요 사업이다.

구분	목적	구조적 · 비구조적 수단
하천 환경	• 쾌적하고 아름다운 수환경 창조 • 생활 환경 개선, 생활 수준 향상으로 여가 시간 증대	• 다목적댐, 하천 및 저수지 수변 공간 조성, 수변 거점의 환경 보전 정비
염해 방지	• 농업용수 취수원의 염수 침입 방지로 용수의 안정 공급과 식량 증산 • 생공용수 • 취수원의 수질 보전과 용수의 안정 공급 보장 • 생활 환경 개선과 산업 발전 촉진	• 다목적댐, 하구둑, 지하수 재충전
산지 유역 관리	• 토양의 보전, 유출 억제, 산사태 방지 • 수자원 보전 • 임산 개발 촉진	• 사방 사업, 사방댐, 조림 사업, 환경림 조성, 산사태 방지공, 녹색댐
오염원 유역 관리	• 오염원의 관리로 오염 부하량 배출 억제 • 국민 보건 및 생활 환경 개선	• 토지 이용 규제, 상수원 보호 구역의 지정 관리, 특별 대책 지역 지정 관리, 폐수 배출 허용 기준 설정 관리, 환경 기초 시설, 오염 행위 단속
생태계 보전	• 유역 및 하천 개발로 인한 생태계 보호 • 낚시, 스포츠 등 국민 여가 생활 환경 증진	• 다목적댐, 하천 환경 정비, 어도

4 해양 자원과 개발

소단원의 학습 목표

1. 해양에서 얻을 수 있는 에너지, 물질, 식량 자원의 종류와 분포를 설명할 수 있다.
2. 해양 자원을 얻기 위한 해양 개발의 중요성을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 해양이 자원의 보고임을 인식시키고, 3면이 바다인 우리나라의 해양 개발의 중요성을 관련시켜 인식하게 한다.
2. 해양 자원을 지나치게 심도 있게 다루는 것은 피한다.
3. 해양 에너지 자원은 친환경 에너지 단원에서 다루도록 한다.

내용 해설

1 해양 수산 자원

우리나라는 수산 자원이 풍부하여 어류 약 900종, 연체류 약 1,000종, 갑각류 약 300종, 해조류 약 400종이 분포한다. 우리나라는 3면이 바다로 둘러싸인 반도로서 해안선의 길이가 길고, 대륙붕이 넓어 수산업 발달에 매우 좋은 입지 조건을 갖추고 있다.

2 해양 광물 자원

• 망가니즈 단괴

망가니즈 단괴는 망가니즈, 니켈, 구리, 코발트 등 전략적 가치를 보유한 금속광이 포함되어 있는 주요 자원이다. 해수 또는 퇴적층의 공극수에 용해된 금속 성분이 평균 수심 5,000 m인 해저면에서 매우 느린 속도로 침전하여 지름 3~10 cm 정도의 감자 크기 형태로 분포하는 검은색 광물 덩어리이다.

망가니즈 단괴는 퇴적물의 유입이 매우 적은 지역에서 성장하는 특성이 있다. 따라서 대륙붕이나 대륙 사면같이 퇴적률이 높은 지역보다는 대부분 1천 년에 수 mm의 퇴적률을 보이는 대양의 심해 분지에 많이 나타난다. 망가니즈 단괴는 퇴적물이나 상어 이빨



4 해양 자원과 개발

❖ 학습 목표

1. 해양에서 얻을 수 있는 에너지, 물질, 식량 자원의 종류와 분포를 설명할 수 있다.
2. 해양 자원을 얻기 위한 해양 개발의 중요성을 설명할 수 있다.

인류는 급격한 인구 증가와 산업화의 영향으로 환경의 오염, 식량 자원의 고갈, 새로운 광물과 에너지 자원의 확보 등 산적한 문제들의 해결 방안을 해양에서 찾지 않으면 안될 현실에 와 있다. 이제 바다는 인류가 생존을 위해 식량 자원과 광물 및 에너지 자원 문제를 해결할 수 있는 마지막 남은 공간이다. 바다에는 석유와 천연가스, 가스 하이드레이트, 망가니즈 단괴, 에너지 등 우리가 필요로 하는 자원이 많이 있을 뿐 아니라, 다양한 생물이 살고 있는 자원의 보고이기 때문이다. 우리의 생존을 위한 도전은 풍요롭고 아름다운 바다를 어떻게 보호하고, 지속 가능한 방법으로 광물 자원, 에너지 자원, 식량 자원을 개발해 나가는가에 그 성패가 좌우될 것이다.

서해 어종별 어획량 변화(자료 : 서해 수산 연구소)



※1970,80년대는 연평균 어획량
2004년은 연간 어획량
자료:서해수산연구소

1 해양 수산 자원

해양의 수산 자원은 식량 공급에 있어 큰 잠재력을 가진 것으로 여겨져 왔다. 현재 바다는 해마다 6500만 톤 정도의 식량을 공급하고 있는데, 그 절반쯤을 소수의 몇 나라가 차지하고 있다. 어획고가 높은 나라의 대부분은 선진국 또는 공업 기술국이다. 수산 자원의 대부분은 식용으로 이용되지만, 공업 원료 · 의약품 · 공예품 · 공업 제품 등으로도 쓰인다.

2 해양 광물 자원

해수 속의 광물 자원으로는 소금 · 브로민 · 마그네슘 · 금 · 은 · 우라늄 등이 있다. 소금은 예로부터 바다에서 채취되어 왔다. 오늘날에는 암염 또는 심층 염수정에서 퍼올리는 심층수에서도 채취되지만, 건조 지대에서는 바닷물을 햇볕에 말려서 채취하고 있다. 오늘날 세계에서 사용되고 있는 소금의 약 30 %는 바다에서 채취된다. 할로젠족 원소의 하나인 브로민은 화석 심층수에서도 제조되지만, 바닷물에서도 채취된다. 브로민은 가솔린용 노킹 방지제로 사용되는 외에 음식 · 염료 · 의약품 및 사진의 감광 재료 등에도 사용되는데, 사용량의 70 %는 바다에서 채취된다. 해저 아래에서 채광되는 에너지 자원에는 석유나 천연가스 등의 탄화수소 자원이 있으며, 태평양의 심해저에는 망가니즈 · 철 · 코발트 · 카드뮴 등이 풍부한 망가니즈 단괴가 분포하고 있다. 석유와 천연가스는 해저 자원 가운데 가장 가치가 높은 에너지 자원이다.

44 | I. 소중한 지구

1. 해양 수산 자원 : 식량 공급원, 공업 원료나 의약품, 공예품, 공업 제품의 원료로 사용
2. 해양 광물 자원
   (1) 해수 속 광물 자원 : 소금, 브로민, 마그네슘, 금, 은 등
   (2) 해저 광물 자원
      ① 망가니즈 단괴 : 망가니즈, 철, 코발트, 카드뮴 등이 분포
      ② 석유, 천연가스 등의 탄화수소 자원

심해저에서 발견되는 가장 유용한 광물 자원은 망가니즈 단괴이다. 망가니즈 단괴는 평탄한 심해저에 분포하는 흑갈색 단괴로 1874년 영국의 해양 탐사선 챌린저 호에 의해 발견되었다. 망가니즈 단괴는 그림 I-15와 같이 검은색의 둥글둥글한 금속 광물 결집체로, 산업 분야에서 핵심 소재로 쓰이는 망가니즈뿐 아니라 구리, 니켈, 코발트와 같은 유용한 금속 광물을 다량 함유한 '바다의 보물'이다.

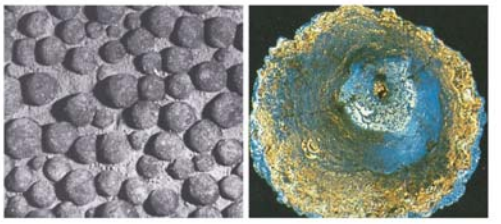


그림 I-15 망가니즈 단괴

2000년 우리나라 금속 광물의 자급률은 1% 미만으로 수입액만 50억 달러에 이르렀으며, 향후에는 그 양이 급속하게 증가해 150억 달러에 이를 것으로 전망되고 있다. 우리나라는 필요 자원을 이처럼 거의 전량 해외에 의존하기 때문에 심해 자원 개발을 더 이상 늦출 수 없다. 그런데 망가니즈 단괴는 1 mm 성장하는 데 수십만 년이 걸릴 정도로 매우 느리게 자라기 때문에 퇴적물이 빨리 쌓이는 대륙붕이나 대륙 사면에서는 만들어지지 않고, 주로 수천 m 깊이의 심해 분지에서 형성된다. 이를 채취하기 위해서는 심해 기술 개발이 필수적이다.

우리나라가 심해의 해양 광물 자원 탐사에 뛰어든 것은 1980년대부터이다. 1983년 하와이 대학의 연구선을 임차해 처음으로 심해저 탐사를 수행한 우리나라는 1992년 건조된 종합 해양 조사선 '온누리호'가 투입되면서 독자적인 탐사를 수행했다.

그 후 유엔이 요구하는 조건을 충족시킴으로써 1994년 세계에서 7번째로 유엔 산하 국제 해저 기구(ISA)로부터 태평양 공해 상의 클라리온-클리퍼튼에 15만 km^2의 할당 광구를 허가받았다. 할당 광구 획득 이후 8년 동안 선행 투자가에게 부가된 의무 사항을 충실히 이행함으로써, 2002년에는 허가 받은 면적의 50%인 7만 5000 km^2를 우리나라 단독 개발 광구로 확정받았으며, 이후 자원 탐사 및 개발 활동을 활발하게 수행하고 있다.

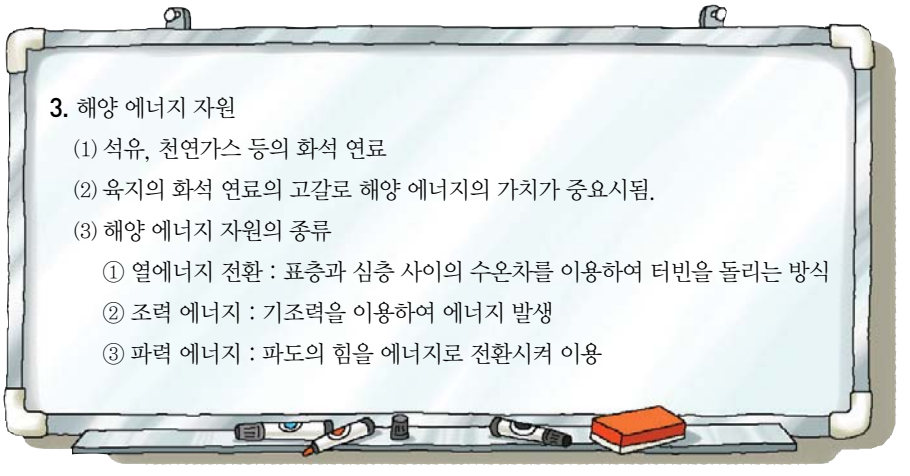
해양 리튬 추출

전 세계 육지에서 상업적으로 채굴할 수 있는 리튬은 410만 톤에 불과하다. 반면 바다에 녹아 있는 리튬의 양은 2300억 톤에 이른다. 바닷물은 마르지 않기 때문에 끊임없이 리튬을 추출할 수 있다. 바닷물 1L에는 0.17 mg의 리튬이 녹아 있는데 극히 소량이다. 2차 전지(충전식 전지)를 만드는 데 필요한 리튬만 바다에서 뽑아내는 기술은 '21세기 연금술'로 불릴 만큼 까다롭고 실용화도 어려운데 이 기술을 대한민국이 갖고 있다. 20년 먼저 연구를 시작한 일본의 기술보다 효율이 30% 높고 친환경적이라는 평가까지 받고 있다.

3 해양 에너지 자원

해저에 퇴적되어 있는 석유, 천연가스 등의 화석 연료는 인류의 과학 기술 문명을 유지할 뿐만 아니라, 오늘날 경제적으로 가장 중요한 해양 자원의 하나이다. 그러나 이들 자원 역시 고갈될 것이 예상되며, 21세기 말까지 인류는 다른 에너지 자원으로의 전환을 추구해야 할 것이다. 한편 해양 에너지 자원으로는 열에너지 전환, 조력 에너지, 파력 에너지를 들 수 있는데, 석유를 대신할 다음 세대의 에너지 자원으로 지목되고 있다.

열에너지 전환은 열대 해역에서의 표층과 심층 사이의 수온 차이를 이용한 것이



등을 핵으로 하여 마치 나무의 나이테처럼 동심원을 이루면서 매우 느리게 성장하는데, 방사능 연대 측정 결과에 의하면 1백만 년에 1~10 mm 또는 1천 년에 1 cm^2당 0.2~1.0 mg 정도가 쌓인다. 따라서 망가니즈 단괴가 어른의 주먹 크기만큼 성장하기 위해서는 1천만 년 이상의 시간이 걸린다.

망가니즈 단괴는 망간 20~30%, 니켈 0.5~1.5%, 구리 0.3~1.4%, 코발트 0.1~0.3%를 비롯한 40여 종의 금속 성분으로 구성되어 있어 '해저의 검은 노다지' 또는 '검은 황금'이라고 부르기도 한다. 선진국들은 1970년대 초반부터 심해저 망가니즈 단괴 탐사와 채취, 제련 기술 개발에 나섰다.

우리나라도 21세기 첨단 산업국가 도약을 위해 전량 수입에 의존하는 주요 전략 금속 자원의 독자적 공급원 확보를 위해, 해양수산부의 지원 아래 북동 태평양에서의 심해저 광물자원 개발 사업과 남서 태평양 망가니즈 탐사 및 해저 열수 광상 탐사 사업을 연계하여 수행하고 있다. 이를 통해 우리나라의 해양 영토 확장과 함께 주요 금속자원의 자급 기반 구축, 그리고 심해저 기술 개발을 통한 첨단 해양과학기술 확보를 기대하고 있다. 1992년부터 본격적인 탐사가 수행된 심해저 광물 자원 개발 사업은 1994년에 유엔 산하 국제 해저기구(ISA)에서 태평양 공해상의 클라리온-클리퍼톤 해역에 15만 km^2의 할당 광구를 인준받았으며, 2002년에는 남한 면적의 4분의 3에 해당하는 7만 5천 km^2의 단독 개발 광구를 확정하였다. 이로써 우리나라만이 개발할 수 있는 막대한 양의 해저 광물 자원을 확보한 셈이다.

심해저 광물 자원 개발 사업은 현재 상업 생산 기반 구축을 목표로 개발 등급 선정 및 최적 채광지 확보를 위한 광구 정밀 탐사와 채광에 의한 인위적 환경 변화 평가를 위한 환경 탐사를 수행하고 있다. 또한 망가니즈 단괴를 효율적으로 채취하기 위한 집광기와 양광기를 자체 개발하고 있으며, 함유 금속을 경제적으로 제련할 수 있는 환경 친화적 제련 시스템도 개발하고 있다.

4 해양 자원 개발의 필요성

• 이어도 종합 해양 과학 기지

이어도는 수중 암초로서 가장 얕은 곳은 해수면 아래 약 4.6 m이며, 수심 40 m를 기준으로 할 경우 남북으로 약 600 m, 동서로 약 750 m에 이른다. 정상부를 기준으로 남쪽과 동쪽은 급경사를, 북쪽과 서쪽은 비교적 완만한 경사를 이루고 있다.

전설에 의하면 이어도를 보면 돌아올 수 없다는 말이 있는데, 이는 먼 옛날에 이곳에 와서 조업을 하다 파고가 10 m 이상이 되면 이 섬이 보였고, 당시 어선으로는 그런 해상 상황에서 무사히 돌아갈 수 없었기 때문일 것이다.

이어도는 1900년 영국 상선인 소코트라(Socotra) 호가 처음 발견하여 그 선박의 이름을 따서 국제적으로는 '소코트라 암초(Socotra Rock)'라고 부른다. 그리고 1910년 영국 해군 측량선 워터위치(Water Witch) 호에 의해 수심 5.4 m의 암초로 알려졌다.

1938년 일본이 해저 전선 중계 시설과 등대 시설을 설치할 목적으로 지름 15 m, 수면 위로 35 m에 달하는 콘크리트 인공 구조물을 설치할 계획이었으나 태평양 전쟁의 발발로 무산되고 말았다. 우리나라에서 이어도의 실재론이 처음 대두된 것은 1951년으로, 국토 규명사업을 벌이던 한국 산악회와 해군이 공동으로 이어도 탐사에 나서 높은 파도 속에서 실체를 드러내 보이는 이어도 정봉을 육안으로 확인하고 '이어도'라고 새긴 동판 표지를 수면 아래 암초에 가라앉히고 돌아왔다. 그 후, 1984년 제주대학교-KBS 파랑도 학술탐사 팀이 암초의 소재를 다시 확인한 바 있으며, 1986년에는 수로국(현 국립해양조사원) 조사선에 의해 암초의 수심이 4.6 m로 측량되었다. 이어도 최초의 구조물은 1987년 해운항만청에서 설치한 이어도 등부표(선박 항해에 위험한 곳임을 알리는 무인 등대와 같은 역할을 하는 항로표지 부표)로서 그 당시 이 사실을 국제적으로 공표하였다.

이어도가 위치한 해역은 우리나라에 훨씬 가까워 앞으로 주변국들과 배타적 경제 수역(EEZ) 확정시 중간선 원칙에 따라 대한민국의 배타적 경제 수역 내에 있게 된 것이다.

다. 찬물과 따뜻한 물이 접하는 곳에는 증기압이 낮은 물질 또는 바닷물 그 자체를 증발 · 응축시키는 것이 가능하다. 이 움직임을 이용하면 저속이기는 하지만 터빈을 돌리는 것이 가능하다. 이 방법은 실제로 영구적인 운용이 가능할 뿐만 아니라, 공업 제품 · 식품 생산에 필요한 수산 양식, 담수의 제조에 이용하는 것도 가능하다.

해양이 가진 또 하나의 에너지원으로 조력을 들 수 있다. 기조력으로 이동하는 해수가 그 동력원이 된다. 북 · 남반구의 중위도 지방에서는 조석에 따른 간만의 차가 크다. 이 지역에는 수심이 얕고 반폐쇄성의 만이 많이 있는데, 높은 조력 에너지를 가진 만의 입구에 댐을 만들어 그곳에 가역 터빈을 설치하면 전기를 연속적으로 발생시킬 수 있다.

파력은 그 힘을 에너지로 변환할 수 있는 잠재력이 많은 것처럼 보인다. 그러나 그 진폭이 변하기 쉬운 성질과 발전 장치의 구조상 발생하는 전기의 단위 조절에 엄청난 비용이 소요되므로, 한정된 지역에서만 그 힘을 사용할 수 있다.

이들 열에너지 전환, 조력 에너지, 파력 에너지 등의 해양 에너지는 재생산이 가능하며, 지구 온난화의 주범인 이산화탄소를 배출하지 않는 청정 에너지원이다.

4 해양 자원 개발의 필요성

이어도 해양 기지



종합 해상 · 기상 관측소, 인공위성에 의한 해양 원격 탐사, 지구 환경 변화 연구, 안전 항해를 위한 등대와 해난 사고시 구난 기지, 해상 기상 예보, 해군의 전략 지원 기지로서의 역할을 수행하고, 기지 주변의 대륙붕 개발을 위한 전초 기지로 활용되고 있다.

인구 증가, 생활 수준의 향상, 과학 기술의 발전으로 육상 자원이 빠르게 고갈되면 인류는 심각한 자원 부족 상태에 놓이게 될 것이다. 그 유일한 대응책은 해양 자원 개발이다. 그러므로 인류는 해양 자원 조사와 활용 기술 개발에 총력을 기울여야만 한다. 흔히 바다의 자원은 무한하기 때문에 고갈되지 않을 것으로 생각하기 쉽다. 그러나 급속한 인구 증가와 해양 개발 기술의 발전으로 해양의 자원이 언제까지나 무한할 것이라는 낙관론은 수정되어야만 하는 상황이다. 인구 증가로 인한 어획량의 급증은 몇몇 주요 어장들의 붕괴를 초래하였으며, 멸종 위기에 처한 어종의 종류도 늘어나고 있는 추세이다. 보다 심각한 것은 해안 도시에서 유출되는 폐수로 인한 오염과 유조선의 난파나 해상 시추선의 사고로 인한 기름 유출이 해양 환경을 악화시키고 있다는 것이다.

바다는 이제 자원 개발을 위한 무한한 공간으로서, 그리고 미래의 생존의 장으로서 확고히 인식되고 있다. 현재 해양 자원의 개발을 위한 조사 및 채취 기술들이 나날이 발전하고는 있으나 육지와는 환경 조건이 다르고, 접근이 어려우며, 개발의 한계가 뚜렷하기 때문에 아직까지는 대부분이 기초적 단계를 벗어나지 못한 경우가 많이 있어 계속적인 투자와 연구가 필요하다. 아직도 바다에 대한 인간의 지식은 충분하지 않으나, 모든 국가들이 공동으로 해양 환경에 미치는 요소들을 조절하고 관리한다면 바다는 되살아날 것이며, 자원 부족으로 위기에 처한 인류의 미래에 가장 중요한 역할을 하는 장이 될 것이다.

4. 해양 자원 개발의 필요성

(1) 인구 증가, 생활 수준의 향상, 과학 기술의 발전으로 육상 자원의 고갈이 심각해짐 ⇒ 해양 자원 개발이 필요

(2) 멸종 어종의 종류가 증가, 해양 환경의 오염 등으로 해양 자원도 위협 ⇒ 해양 자원 개발과 보존을 위한 조사와 투자가 절실히 요구됨

5 친환경 에너지



❖ 학습 목표

1. 지열, 바람, 조석, 파도, 태양 등 미래의 친환경 에너지의 원천을 지구에서 얻을 수 있음을 설명할 수 있다.
2. 친환경 에너지의 종류와 에너지로서의 가치를 이해할 수 있다.

인류는 풍요로운 삶을 위해 에너지를 계속 필요로 하지만 그동안 주로 사용되었던 에너지원인 화석 연료는 그 양이 제한되어 있어 머지않아 고갈될 것이 예견된다. 화석 연료는 고갈의 문제뿐만 아니라 환경의 문제도 안고 있어서, 세계적으로 화석 연료 사용 등으로 나타나는 탄소 배출을 억제하려는 움직임이 계속되고 있다. 또한 최근에 쟁점이 된 저탄소 녹색 성장은 에너지와 자원의 사용을 최소화하고, 동시에 탄소 배출도 최소화하면서 지속 가능한 경제 성장을 구현하는 발전 모형이다. 이는 화석 연료를 대체하는 친환경 에너지 개발과 발전을 가속화하는 계기가 되었다.

친환경 에너지에는 어떤 것들이 있는지 알아보자.

1 지열 에너지

지하수가 지표면 아래 수 m ~ 수백 m 깊이에서 고온의 암석을 통과할 때, 지열 에너지에 의해 데워진 후 지표로 공급된다. 대개의 물은 자연적으로 지층 아래로 스며든 지하수이나, 드물게는 지열 에너지를 이용하기 위한 물을 인공적으로 땅속으로 유입시키기도 한다. 이와 같이 하여 생성된 고온의 물이나 증기는 인공적으로 뚫은 시추공을 통하여 지표면으로 이동된다.



최근 약 50여 개 나라에서 몇 가지 형태로 지열 에너지를 이용하고 있다. 가장 많은 형태는 80~180 ℃ 범위의 비교적 낮은 온도로 가열된 물을 가정용, 상업용, 공업용 열로 사용하고 있다. 파리의 퇴적 분지 내에 있는 지열 저장지에서 끌어올린 따뜻한 지하수는 2만 세대가 넘는 아파트의 난방에 사용되고 있다.

180 ℃가 넘는 온도의 지열을 저장하고 있는 지역은 그림 Ⅰ-16과 같이 전력 발전에 유리한데, 이들은 주로 고온의 지하수, 자연 증기 등의 형태로 화산 활동 지역에서 나타난다. 고온의 지하수나 자연 증기는 지하의 단층과 균열을 따라 지표수가 내려가서 마그마에 의해 데워질 수 있는 일부 지역에 국한된다.



그림 Ⅰ-16 지열 발전

끓는점을 넘는 뜨거운 물과 증기의 자연적인 발생은 귀중한 지열 에너지 자원이다. 샌프란시스코에서 북쪽으로 약 120 km 떨어진 더 가이저(The Geysers)에는 자연 증기를 이용하여 전기를 생산하는 세계에서 가장 큰 규모의 지열 발전소가 있다.

1. 지열 에너지 : 지열 에너지에 의해 가열된 지하수를 전력 생산, 난방에 이용
2. 파력 및 조력 에너지 : 지속 가능한 발전이나 초기 투자 비용이 많이 드는 단점
   (1) 파력 에너지 : 파도에 의해 발생되는 에너지를 이용
   (2) 조력 에너지 : 조석 간만의 차를 이용하여 에너지 생산
3. 풍력 에너지 : 바람이 부는 지역에만 설치 가능, 유지 보수 비용이 많이 드는 단점
4. 태양 에너지
   ① 지속 가능하며 공해가 발생하지 않는 친환경적인 에너지
   ② 태양 전지를 이용하여 대규모 시설에서 소형기기에까지 다양하게 이용

5 친환경 에너지

소단원의 학습 목표

1. 지열, 바람, 조석, 파도, 태양 등 미래의 친환경 에너지의 원천을 지구에서 얻을 수 있음을 설명할 수 있다.
2. 친환경 에너지의 종류와 에너지로서의 가치를 이해할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 미래의 친환경 에너지는 재생 가능한 것이 많으며, 지구 환경에서 얻을 수 있음을 강조한다.
2. 친환경 에너지를 얻기 위해서는 지구에서 일어나는 과정을 잘 이해하는 것이 중요함을 인식시킨다.
3. 친환경 에너지의 필요성을 강조하고, 이들이 환경 보호 측면에서 중요함을 인식시킨다.

내용 해설

Ⅰ 지열 에너지

• 지열 발전(地熱發電, geothermal power generation)

지열 발전이란 땅속에 굴착한 갱정을 통하여 지하에 저류되어 있는 지열 유체를 분출시켜, 그 열에너지를 전기 에너지로 변환시키는 발전 방식이다.

일반적으로 지열 유체 중 증기만을 이용하여 발전하는 천연 증기 발전 방식이 채택된다. 이탈리아의 랄데라로, 미국의 가이저와 같이 건조한 증기가 분출하는 곳은 드물고, 대개의 경우 물이 섞인 증기가 분출하므로 기수분리기(氣水分離器 : 세퍼레이터)로 증기를 분리하여 사용한다.

터빈의 형식으로는 증기 속에 비응축성의 가스가 많을 때라든가 소규모로 일시적인 발전을 위해서는 배기를 대기 중에 방출하는 배압식 터빈이 사용되는데, 보통은 배기를 복수기로 응축시키는 복수 터빈이 사용된다.

기수 분리기로 분리된 열수가 고온 · 다량

일 때에는 이것을 저압 증발(플러쉬)시켜서 발생한 증기를 혼합 터빈의 저압단에 넣어서 출력 증가를 꾀한다. 이것을 플러쉬 발전이라 하는데, 새로운 지열 발전소에는 이 형식이 채택되고 있는 곳이 많다. 복수기에는 직접 접촉식의 제트 콘덴서가 채택되며, 거기에 사용하는 대량의 물을 냉각해서 재사용하기 위한 냉각탑이 설치된다. 증기 발전과는 달리 열수의 열에너지를 이용하여 발전하는 열수 발전 방식이 있는데, 이 방식의 발전소는 아직 예가 드물다.

지열 발전용의 터빈 입구 압력이 고작 7 kg 정도의 저압 터빈이기 때문에 화학 발전용의 터빈에 비하여 대형이 된다. 또 증기 속에 함유되어 있는 비응축성 가스를 제거하는 가스 추출기도 독특한 설비이다.

2 파력 및 조력 에너지

• **조력 발전**(潮力發電)

조력 발전은 바다의 밀물과 썰물의 차이를 이용해 전기를 생산하는 것이다. 조석 현상으로 인해 해면 높이의 차이가 생기게 되고, 이 과정에서 발생하는 위치 에너지의 차이를 전력으로 변환하는 발전 방식이다. 조석 발전이라고도 한다.

기본 원리는 조류가 밀려드는 동안 수문이 열려 저수지가 채워지고, 만조(滿潮)일 때는 수문이 닫힌다. 유입한 바닷물을 높은 곳의 저수지에 가두어 두었다가, 간조(干潮)와 같이 터빈을 작동시킬 만큼 충분한 낙차(落差)를 얻을 때 물을 방수하여 발전기를 회전시키는 원리이다. 즉 저수지로 흘러들어온 조류로 터빈을 작동시켜 발전하는 방식이므로 조력 발전이라고 부른다.

실제적으로는 조차가 큰 강 하구나 만에 방조제를 건설하여 조지를 만들고 방조제 안과 밖의 수위차를 이용하여 발전한다. 발전 방식은 대체로 수력 발전과 비슷하다. 위치 에너지는 조지의 면적과 조차의 제곱에 비례한다.

우리나라에서는 한국수자원공사가 시화호 방조제에 총 시설 용량 254 MW급의 조력 발전소의 가동을 2011년 하반기에 할 예정이다. 또한, 520 MW급의 가로림만 조력 발전소도 2011년 착공 및 2014년 완공을 계획하고 있다.

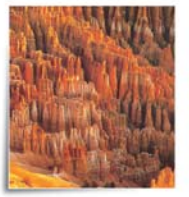


3 풍력 에너지

• **우리나라의 풍력 발전 현황**

우리나라는 1988년부터 본격적인 기술 개발을 추진하여 20 kW급, 300 kW급 등의 소형 풍력 발전기를 개발하였고, 1988~2002년까지 풍력 분야의 기술 개발에 총 230억 원을 투자(18개 과제, 정부 139억 원)하였으며, 『750 kW급 중형 풍력 발전 시스템 개발(2001~2005년)』 사업을 추진해 왔다. 기본 기술은 상당 부분 확보하였으나, 풍력 발전에 대한 핵심 요소 기술의 미흡으로 국내 설치, 가동 중인 풍력 발전기의 국산화율은 매우 저조한 실정이다. 풍력 발전은 기술의 신뢰성 확보를 위한 시범 보급, 지역 에너지 사업 중심에서 민간 사업자의 풍력 단지(Wind Farm) 설치 유도를 통한 보급 확대를 추진 중에 있다.

6 관광 자원으로서의 지구 환경



❖ 학습 목표

1. 관광 자원으로서 활용되는 지구 환경의 예를 찾아보고, 그 가치를 설명할 수 있다.
2. 유네스코가 지정한 세계 자연 유산의 가치에 대해 이해할 수 있다.

지구계는 기권, 수권, 생물권, 암권이 서로 상호 작용하며, 수십억 년 변화를 이어 온 하나의 시스템이다. 이들 간의 상호 작용은 물질과 에너지의 순환을 통해서 다양한 자연 현상에 의한 변화를 일으키며 아름다운 경관을 형성하였으며, 관광 자원으로 인류에게 또 하나의 선물이 되고 있다.

전 세계에 많이 알려진 관광 자원에는 어떤 것들이 있는지 알아보자.

탐구 15 자료 해석 관광 자원의 개발

자료 다음 그림은 전 세계적으로 알려진 관광 명소의 사진이다.


(가) 우리나라 : 제주도

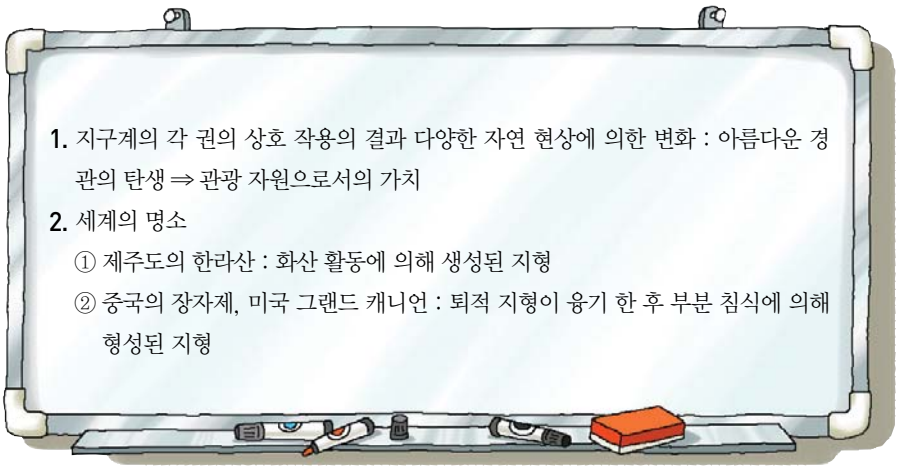

(나) 중국 : 장자제


(다) 미국 : 그랜드 캐니언

정리 1. 그림의 각 지역은 어떤 과정에 의해 아름다운 자연 경관이 되었는가?
2. 유네스코가 지정한 세계 자연 유산에 어떤 것들이 있는지 조사해 보자.

지구계를 구성하는 기권, 지권, 수권, 생물권은 끊임없이 상호 작용하며 다양한 자연 현상에 의해 아름다운 지구 환경을 형성하여 왔다. 제주도의 한라산과 일본의 후지산은 지구 내부의 열과 압력에 의해 생성된 마그마가 분출하여 만들어진 화산 지형으로, 화산 활동 당시 척박했던 환경은 오랜 세월이 지난 지금 아름다운 자연 경관과 다양한 생물의 서식처로 변화되었다.

중국의 장자제나 미국의 그랜드 캐니언은 오랜 기간 동안 퇴적되었던 지층이 융기한 후, 부분적으로 침식되어 형성된 지형이다. 이들 지역은 지구 환경을 구성하는 각 권의 상호 작용의 결과 형성된 자연 경관으로, 인류에게 주어진 또 하나의 지구의 선물이라고 할 수 있다.



6 관광 자원으로서의 지구

소단원의 학습 목표

1. 관광자원으로서 활용되는 지구 환경의 예를 찾아보고, 그 가치를 설명할 수 있다.
2. 유네스코가 지정한 세계 자연 유산의 가치에 대해 이해할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 학생 활동을 통하여 관광자원으로서 활용되는 지구 환경의 사례를 조사하게 한다.
2. 지구 환경의 생성 과정과 그 가치에 대해 알게 한다.

내용 해설

탐구 15 자료 해석

관광 자원의 개발

1. 목표

자연 경관이 만들어진 과정을 이해하고 관광자원으로서의 가치를 설명할 수 있다.

2. 지도상의 유의점

아름다운 자연 경관이 만들어진 과정을 지구 과학적 현상으로 이해할 수 있도록 지도한다.

3. 정리

1. 제주도 : 화산 활동, 장자제와 그랜드캐니언 : 퇴적 지형의 융기와 부분 침식
2. 유네스코 지정 세계 10대 자연 유산
   - 중국 구채구 및 황룡, 캐나다 로키 산맥 공원, 탄자니아 세렝게티 및 응고롱고로 국립 공원, 네팔 에베레스트 국립 공원, 러시아 바이칼 호수, 크로아티아 플리트비체 호수, 베네수엘라 카나이마 국립 공원, 에콰도르 갈라파고스 제도, 오스트레일리아의 그레이트배리어 리프, 미국 옐로우스톤 국립 공원

과학이야기

• 패시브 하우스, 넷제로 하우스

패시브 하우스 학술대회에서 화상 강의를 한 패시브 하우스의 창시자 볼프강 파이스트도 "초창기 패시브 하우스의 폐쇄성에 대한 우려가 유럽에서도 높았지만 실제로 건축이 완성된 뒤 곧 사그러들었다."고 말했다.

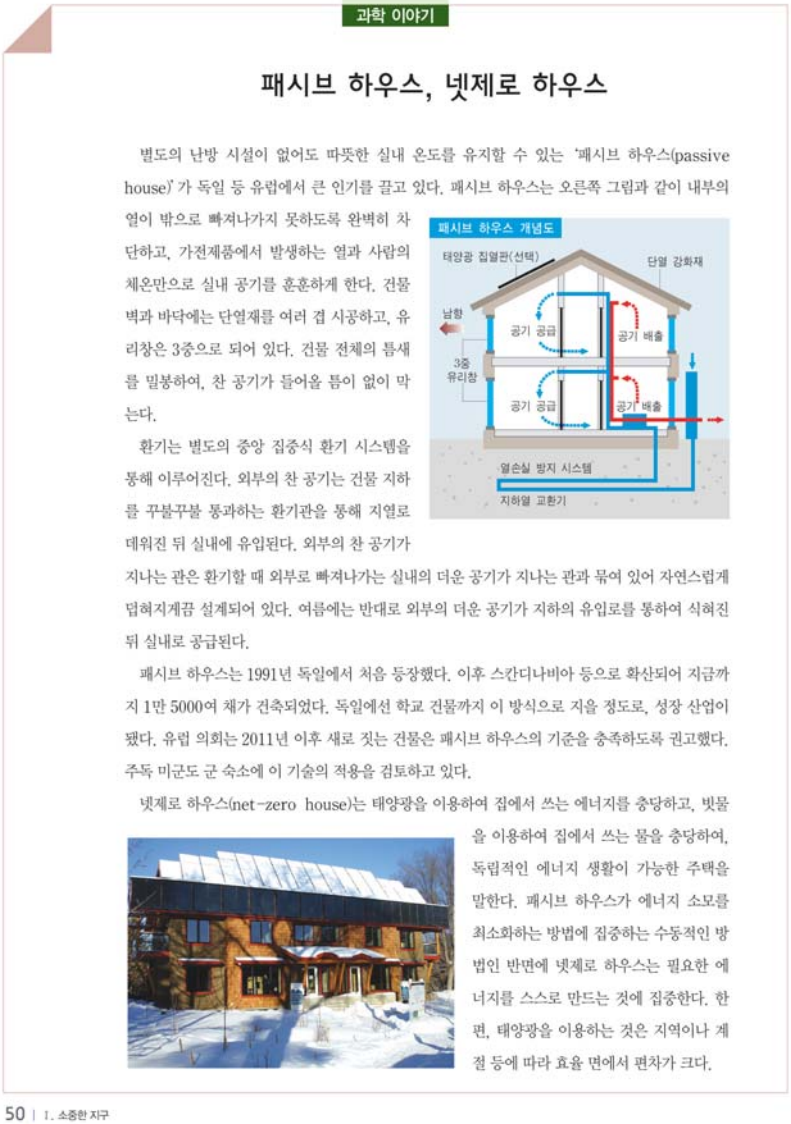
이성근 유럽 패시브 하우스 협회 공인 디자이너는 그 이유를 이렇게 설명하였다. 단열이 제대로 안 된 일반 건축에서 바깥이 −7°C라면 실내 온도가 20°C라도 창문은 10°~14°C, 벽체는 14°~16°C로 떨어지기 때문에 실내에서도 춥다는 느낌이 들게 된다. 하지만 패시브 하우스에선 창문은 16.5°C 이상, 벽체는 18°~19°C를 유지하기 때문에 창가에 다가서도 찬 기운을 느끼지 않는다는 것이다. 방마다 내부 온도가 균일하고 잠깐 창을 열어 놓아도 온도 변화가 적은 것도 특징이다.

패시브 하우스가 에너지 절약과 쾌적성에서 뛰어난 것은 분명해 보인다. 그러나 이를 대중화하기 위해서는 넘어야 할 산이 적지 않다. 이필렬 파시브 하우스 디자인연구소 소장(한국 방송대학 교수)은 매우 춥고 여름은 무더운 우리나라 기후에 맞는 건축 양식, 국산 자재 조달, 시민 의식, 정부의 관심과 지원, "건축비 인하가 과제"라고 꼽았다. 혹한이 드문 유럽에서 패시브 하우스의 추가 난방는 거의 하지 않지만 우리나라에선 흐린 날이나 아주 추운 날 보조 난방이 불가피하다. 또 무더운 여름에는 습기를 제거해 주어야만 한다.

패시브 하우스의 조건은 까다롭다. 연간 난방 에너지가 건물 m^2당 15 kWh를 넘어서는 안 되고, 냉 · 난방, 온수, 전기기기 등 1차 에너지 소비량이 연간 m^2당 120 kWh 미만이어야 한다. 또 문을 닫은 집에서 공기가 새어나가는 양이 50 Pa 압력에서 실내 공기 부피의 60% 미만일 정도로 기밀성을 확보하여야 한다.

우리나라에서는 지난 해 11월 인천 청라지구 한라비발디 단지 안 노인정이 처음으로 독일 패시브 하우스 연구소로부터 패시브 하우스 인증을 받았다. 이 노인정 외에 국내에서 지어진 7채의 패시브 하우스는 현재 인증을 추진 중이거나 인정 기준에는 미치지 못해 엄격한 의미의 패시브 하우스는 아니다. 충북 제천시 도화리에 패시브 하우스를 지은 이태구 세명대 건축공학과 교수는 "시공이 가장 어려운 과제"라며 "기밀성 시공의 잘못으로 인증 기준을 달성하지는 못했지만 기존 건축보다 10배 이상의 에너지 효율을 이뤘다."고 말했다.

장우혁 선이건설(주) 대표 이사는 "현재의 에너지 가격에서 연료비 절감만으로 단기간에 패시브 하우스의 추가 건축비를 회수하는 것은 쉽지 않다."며 "그러나 고에너지 가격의 미래를 생각한다면 합리적 투자"라고 말했다. 횡성의 패시브 하우스를 설계한 조윤범 휴다임 기술 연구소장은 "앞으로 개발 가능성이나 위치가 아니라 집의 성능이 집 가치를 정하는 시대가 온다."며, "기후 변화 시대를 맞아 패시브 하우스의 친환경성과 쾌적성이 제값을 하는 시기가 곧 올 것"이라고 내다봤다.


과학 이야기

패시브 하우스, 넷제로 하우스

별도의 난방 시설이 없어도 따뜻한 실내 온도를 유지할 수 있는 '패시브 하우스(passive house)'가 독일 등 유럽에서 큰 인기를 끌고 있다. 패시브 하우스는 오른쪽 그림과 같이 내부의 열이 밖으로 빠져나가지 못하도록 완벽히 차단하고, 가전제품에서 발생하는 열과 사람의 체온만으로 실내 공기를 훈훈하게 한다. 건물 벽과 바닥에는 단열재를 여러 겹 시공하고, 유리창은 3중으로 되어 있다. 건물 전체의 틈새를 밀봉하여, 찬 공기가 들어올 틈이 없이 막는다.

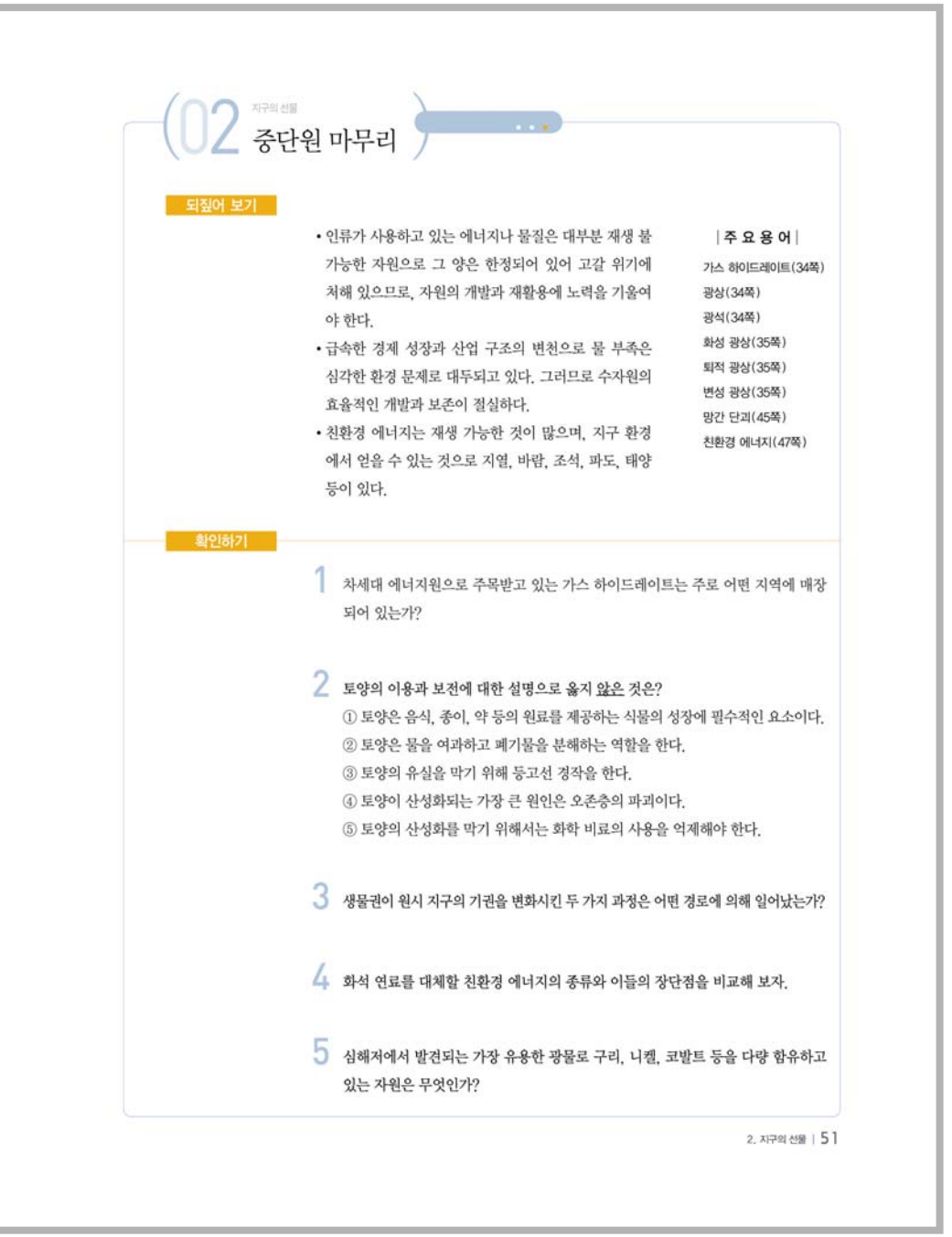
패시브 하우스 개념도
태양광 집열판(선택)
단열 강화재
남향
공기 공급
공기 배출
3중 유리창
공기 공급
공기 배출
열손실 방지 시스템
지하열 교환기

환기는 별도의 중앙 집중식 환기 시스템을 통해 이루어진다. 외부의 찬 공기는 건물 지하를 꾸불꾸불 통과하는 환기관을 통해 지열로 데워진 뒤 실내에 유입된다. 외부의 찬 공기가 지나는 관은 환기할 때 외부로 빠져나가는 실내의 더운 공기가 지나는 관과 묶여 있어 자연스럽게 덥혀지게끔 설계되어 있다. 여름에는 반대로 외부의 더운 공기가 지하의 유입로를 통하여 식혀진 뒤 실내로 공급된다.

패시브 하우스는 1991년 독일에서 처음 등장했다. 이후 스칸디나비아 등으로 확산되어 지금까지 1만 5000여 채가 건축되었다. 독일에선 학교 건물까지 이 방식으로 지을 정도로, 성장 산업이 됐다. 유럽 의회는 2011년 이후 새로 짓는 건물은 패시브 하우스의 기준을 충족하도록 권고했다. 주독 미군도 군 숙소에 이 기술의 적용을 검토하고 있다.

넷제로 하우스(net-zero house)는 태양광을 이용하여 집에서 쓰는 에너지를 충당하고, 빗물을 이용하여 집에서 쓰는 물을 충당하여, 독립적인 에너지 생활이 가능한 주택을 말한다. 패시브 하우스가 에너지 소모를 최소화하는 방법에 집중하는 수동적인 방법인 반면에 넷제로 하우스는 필요한 에너지를 스스로 만드는 것에 집중한다. 한편, 태양광을 이용하는 것은 지역이나 계절 등에 따라 효율 면에서 편차가 크다.

50 | I. 소중한 지구



02 지구의 선물
중단원 마무리

되짚어 보기

• 인류가 사용하고 있는 에너지나 물질은 대부분 재생 불가능한 자원으로 그 양은 한정되어 있어 고갈 위기에 처해 있으므로, 자원의 개발과 재활용에 노력을 기울여야 한다.
• 급속한 경제 성장과 산업 구조의 변천으로 물 부족은 심각한 환경 문제로 대두되고 있다. 그러므로 수자원의 효율적인 개발과 보존이 절실하다.
• 친환경 에너지는 재생 가능한 것이 많으며, 지구 환경에서 얻을 수 있는 것으로 지열, 바람, 조석, 파도, 태양 등이 있다.

| 주 요 용 어 |
가스 하이드레이트(34쪽)
광상(34쪽)
광석(34쪽)
화성 광상(35쪽)
퇴적 광상(35쪽)
변성 광상(35쪽)
망간 단괴(45쪽)
친환경 에너지(47쪽)

확인하기

1 차세대 에너지원으로 주목받고 있는 가스 하이드레이트는 주로 어떤 지역에 매장되어 있는가?

2 토양의 이용과 보전에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
① 토양은 음식, 종이, 약 등의 원료를 제공하는 식물의 성장에 필수적인 요소이다.
② 토양은 물을 여과하고 폐기물을 분해하는 역할을 한다.
③ 토양의 유실을 막기 위해 등고선 경작을 한다.
④ 토양이 산성화되는 가장 큰 원인은 오존층의 파괴이다.
⑤ 토양의 산성화를 막기 위해서는 화학 비료의 사용을 억제해야 한다.

3 생물권이 원시 지구의 기권을 변화시킨 두 가지 과정은 어떤 경로에 의해 일어났는가?

4 화석 연료를 대체할 친환경 에너지의 종류와 이들의 장단점을 비교해 보자.

5 심해저에서 발견되는 가장 유용한 광물로 구리, 니켈, 코발트 등을 다량 함유하고 있는 자원은 무엇인가?

2. 지구의 선물 | 51

중단원 마무리

용어 해설

• **하이드레이트**: 하이드레이트(Clathrate hydrates)는 영구 동토(凍土)나 심해저의 저온과 고압 상태에서 천연가스가 물과 결합해 생기는 고체 에너지원으로, 외관이 드라이아이스와 비슷하며, 불을 붙이면 타는 성질이 있어 '불타는 얼음'으로도 불린다. 대한민국 동해의 울릉 분지에 6억 톤이라는 가스 하이드레이트가 있는 것으로 추산되고 있다.
• **광상**: 유용한 광물이 땅속에 많이 묻혀 있는 부분으로 이루어진 원인에 따라 화성 광상, 퇴적 광상, 변성 광상 따위로 나눈다.
• **화성 광상**: 마그마가 냉각되어 화성암이 형성되는 과정에서 마그마로부터 유용 성분이 마그마 내에 선택적으로 집적되어 형성된 광상이다.
• **퇴적 광상**: 지표의 암석이나 광상이 풍화되고, 유수에 의해 풍화 산물이 운반 · 퇴적되어 형성된 광상이다.
• **변성 광상**: 지각 내에 들어 있는 광물이 변성 작용을 받는 과정에서 재배열됨으로써 새로운 광물이 농집되거나 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 달라져 형성된 광상이다.
• **망가니즈 단괴**: 망가니즈, 니켈, 구리, 코발트 등 전략적 가치를 보유한 금속광이 포함되어 있는 주요 자원이다.
• **친환경 에너지**: 탄소 배출을 최소화하고 재생이 가능하여 환경 오염을 일으키지 않는 에너지이다.

확인하기

1. 하이드레이트는 저온 고압의 조건에서 형성되는 것이므로 심해저나 영구 동토 같은 곳에 주로 매장되어 있다.

2. 토양 산성화의 가장 큰 원인은 화학 비료의 사용과 대기 오염으로 인한 산성비의 형성이다.

3. 광합성 과정에 의해 기권에 산소를 공급하였고, 유기물과 석회암을 형성하는 과정에서 기권 중의 탄소를 제거시킴으로써 이산화탄소의 농도를 낮추었다.

4. ㉠ 풍력 : 국내에 800개 이상의 기업이 있다. 풍력을 이용하는 기술은 바람의 힘으로 터빈을 돌려서 발전하는 방식이며, 연료가 전혀 필요 없으며 공해를 유발하지 않는 장점이 있다. 입지 조건이 까다롭고 초기 건설비가 많이 들며, 고장이 발생한 경우 수리비가 많이 든다는 단점이 있다.

5. 망가니즈 단괴

3 아름다운 한반도

중단원의 학습 목표

1. 한반도의 유명 관광지에서 볼 수 있는 지형과 지질학적 현상을 이해한다. (지층과 습곡, 단층, 암석, 지표의 평탄화 과정, 퇴적 작용, 화산 활동, 변성암 생성 과정 등)
2. 한반도의 대표적인 아름다운 지형을 심미적인 관점에서 감상하고 소중함을 인식하며, 다양한 방법으로 표현할 수 있다.

중단원의 흐름

이 장에서는 앞에서 다룬 관광 자원으로서의 지구 환경과 관련하여 특히 한반도의 아름다운 곳과 이러한 지형이 형성되는 지구과학적 과정을 이해하게 하여, 과학적 이해를 바탕으로 자연의 아름다움과 신비로움을 느끼게 한다.

우리 고장이나 우리나라에 발달된 대표적인 지형 경관을 심미적 관점에서 조사해 보고, 이들의 생성 과정을 구성 암석과 지질 구조와 관련시켜 설명할 수 있도록 한다. 또한 아름다운 지형 경관을 어떻게 관리하고 보호해야 할지 각자의 생각과 모둠별 생각을 정리하여 발표할 수 있게 한다. 아울러 자연 경관을 탐방객들에게 알리는 홍보, 안내하는 안내판을 만들어 보도록 한다.



중단원의 지도 계획

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
1. 한반도의 지질과 지형	3	1 우리 고장의 유명 지형과 지질	11~13	pp. 54~55	■ 변산반도의 격포 해안 지형과 지질의 특징	관찰
		2 한반도 지형의 특징		pp. 56~60	■ 카르스트 지형, 해안 지형, 화산 지형	
2. 한반도의 지질 명소	3	1 우리 지역의 지질 명소	14~16	pp. 61~72	■ 우리 고장의 지질 명소	
		2 옛 조상들의 지형 명소 감상		pp. 73~74	■ 우리나라의 지질 명소와 관련된 예술 작품 조사하기	자료 해석
중단원 마무리				p. 75		
단원의 마무리	1		17	pp. 76~79		

우리나라는 물이 맑고 깨끗하며 산천의 풍경이 수려하여 옛날부터 금수강산이라 불려 왔으며, 우리 선조들은 이러한 아름다운 경관을 즐기고 감상하며 그림이나 시 또는 글로 예찬하였다. 우리 국민들뿐만 아니라 외국 관광객들도 경관이 아름다운 설악산이나 한라산, 울릉도, 홍도, 남해안 다도해 등의 여러 지역을 다녀온 후 한결같이 아름다운 우리나라의 자연 풍광에 대해 찬사를 아끼지 않는다.

우리나라의 자연 경관이 아름다운 것은 우리나라에 분포하는 다양한 종류의 암석과 지질 구조 및 여러 번에 걸친 지각 변동 그리고 복잡한 풍화 작용과 침식 작용에 의해 형성될 뿐만 아니라 삼면이 바다로 둘러싸여 있기 때문이다.

아름다운 풍경이 발달된 전국 곳곳의 많은 지역은 국립 공원이나 천연기념물, 또는 관광 명소로 지정되어 사람들의 휴식과 건강 증진 활동에 널리 활용되고 있다.



생각 열기

우리 고장에는 어떤 명소가 있으며, 이는 어떤 과정으로 형성되었을까?

중단원 지도 방향

1. 한반도의 대표적인 관광지 중에서 지질학적 형성 과정(지층과 습곡, 단층, 암석, 지표의 평탄화 과정, 퇴적 작용, 화산 활동, 변성암 생성 과정 등)을 이해하기 쉬운 곳을 선정하여 사례로 소개한다. 또한, 학생 활동을 통해서 자기가 사는 지역의 대표적인 지형에 대해 지질학적 형성 과정을 조사하게 한다.
2. 한반도의 대표적인 아름다운 지형들을 소개하고, 자연 현상에 대한 과학적 이해를 바탕으로 아름다움을 인식하며, 이를 여러 예술 작품으로 표현한 사례들을 조사해 보게 한다.
3. 우리 고장의 아름다운 자연 경관을 잘 보존하고, 이를 관리하기 위해서 우리들이 해야 할 일과 유의할 점이 무엇인지 알아보도록 지도한다.

생각 열기

부록 3~5에 제시된 천연기념물, 명승지 및 국립 공원과 도립 공원을 참조하여 우리 고장에 있는 명승지를 찾아보고, 61쪽의 탐구 17과 같은 방법으로 선정된 명승지의 지질 및 경관을 조사한 후 그 결과를 보고서로 작성한다.

한반도

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있으며, 남북 방향으로 길게 발달된 태백산맥을 중심으로 서해와 남해 및 동해로 흘러드는 강이 많이 발달되어 있어 자연 경관이 매우 아름답다.

최근 국민 소득이 높아지고 주 5일 일하는 직장이 늘어나고 건강에 대한 국민들의 관심이 높아지면서 많은 사람들이 국내 명승지와 명산, 국립 공원과 해안, 다양한 휴양지를 찾고 있다. 또한 중 · 고등학교에서는 테마별 수학 여행을 실시함으로써 우리 고장이나 우리나라 여러 곳에 분포하는 학생들이 자연 경관을 관찰하고 학습할 체험 기회가 많아졌다. 최근에는 지자체, 문화재청과 학회 등 여러 단체가 자연 경관이 아름다운 지역을 선정하여 지질 공원(Geopark)으로 지정하고자 많은 노력을 기울이고 있다.

우리 모두는 아름다운 자연 경관을 즐기는 것으로 만족하지 말고 이들을 더욱 아름답게 보호, 관리하고 탐방객들이 주의하고 갖추어야 할 행동에는 어떤 것이 있는지 알아본다.

1 한반도의 지질과 지형

소단원의 학습 목표

1. 우리 고장의 유명 관광지에서 볼 수 있는 지형과 지질학적 특징을 설명할 수 있다.
2. 우리나라 지형과 지질의 특징과 형성 과정을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 우리 고장의 대표적인 지형에 대한 조사를 통해 이들의 형성 과정과 구성 암석 및 지질 구조, 그리고 지각 변동과의 상호 관계를 연관시켜 설명할 수 있도록 지도한다.
2. 우리 지역에서 볼 수 있는 암석의 종류를 조사하고, 우리 지역에서 특징적으로 나타나는 암석의 유형과 특징 및 생성 과정을 정리하게 한다.
3. 우리 고장에서 볼 수 있는 다양한 지형들을 조사하고 이들의 형성과정을 이해할 수 있도록 지도한다.
4. 282쪽의 명승지를 참조하여 적합한 명소를 찾아 활동하도록 지도한다.



1 한반도의 지질과 지형

❖ 학습 목표

1. 우리 고장의 유명 관광지에서 볼 수 있는 지형과 지질학적 특징을 설명할 수 있다.
2. 우리나라 지형 및 지질의 특징과 형성 과정을 설명할 수 있다.

우리나라의 지질은 선캄브리아 시대의 변성암과 화성암에서부터 고생대와 중생대를 거쳐 가장 최근의 신생대의 퇴적암까지 다양한 암석으로 구성되며, 그 분포도 매우 다양하다. 이들 암석은 오랜 지질 시대에 걸쳐 풍화 작용과 침식 작용 및 다양한 지각 변동을 겪으면서 여러 지역에 아름다운 자연 경관을 형성하였다. 우리나라와 우리 고장에 분포하는 암석과 지질학적인 특징에 대한 이해는 국토의 효율적인 개발과 활용 및 지하 자원 탐사에 매우 중요하다.

우리 고장에 분포하는 유명 관광지를 찾아보고, 이들 지역의 지질과 지형은 어떤 특징을 갖는지 알아보자.

1 우리 고장의 유명 지형과 지질

채석강과 적벽강

채석강이라는 이름은 중국 시인 이태백이 배를 타고 술을 마시며 물에 뜬 달을 잡으려다 빠져 숨졌다는 중국의 채석강과 비슷하게 생겼다고 하여 붙여진 이름이고, 적벽강이라는 이름 또한 중국 송나라의 문장가 소동파가 노닐던 적벽강과 비슷하다 하여 붙여진 것이다.

전라북도 부안군의 격포 해안은 변산반도 국립 공원의 서쪽 끝부분에 위치한다. 이곳 해안가에는 수만 권의 책을 쌓아 놓은 듯 지층이 차곡차곡 쌓여 매우 두꺼운 퇴적암이 발달되어 있으며, 퇴적층이 형성된 이후 지각 변동과 해수의 침식 작용을 받아 해안선을 따라 수십 m 높이의 해안 절벽이 형성되어 있어 자연 경관이 매우 아름답다. 특히 채석강과 적벽강 지역을 포함한 변산반도 지역은 국립 공원으로 지정하여 보호하고 있다.

격포 해안 지형과 지질의 특징은 어떠한지 알아보자.

탐구 16 관찰 변산반도의 격포 해안 지형과 지질의 특징

과정 오른쪽 그림은 전라북도 서해안에 위치한 변산반도의 격포 해안 지역에서 관찰할 수 있는 특징적인 지질 구조 및 지형이다. 각 지형의 특징을 조사하여 보자.

유의 격포 해안은 해안가에 위치하며 조수 간만의 차가 크므로, 개인의 안전에 각별히 유의하여야 한다.



탐구 16 관찰

변산반도의 격포 해안 지형과 지질의 특징

1. 목표

전라북도 변산반도의 격포 해안 지형과 지질의 특징을 알아본다.

2. 정리

1. 해식 동굴
2. 단층(정단층). 수평으로 잡아당기는 힘(인장 응력)이 작용하여 지층이 끊겼으며, 상반(단층면 위에 놓인 암괴)이 단층면을 기준으로 미끄러져 내렸으므로 정단층이다.
3. 해식 대지(사진 앞쪽의 평탄한 암반)와 해식 절벽(사진 뒤쪽의 수직 절벽)
4. 모래가 쌓인 퇴적 지형이 발달하였다. 격포 해안 일대의 해안 지형에는 크게 침식 지형과 퇴적 지형이 있다. 침식 지형은 주로 해안의 바다 쪽으로 돌출된 부분이 해수(파도)의 침식 작용을 받아 형성되고, 퇴적 지형은 풍화와 침식 작용에 의해 생성된 퇴적물이 육지 쪽으로 깊숙이 들어온 얕은 바다로 운반되어 쌓인 지형이다.



(지점 1) (지점 2) (지점 3) (지점 4)

정리 1. 지점 1에는 어떤 지형이 형성되어 있는가?
2. 지점 2에서는 어떤 지질 구조가 관찰되며, 이 지질 구조는 어떻게 생성되었는가?
3. 지점 3에서는 어떤 지형이 관찰되는가?
4. 지점 4의 해안에는 어떤 퇴적 지형이 발달되어 있는가?

격포 해안 지역에는 탐구 16에서 살펴본 특징적인 지형과 변성암, 화성암, 퇴적암 등의 다양한 암석이 분포하고 있어 야외 지질 학습장으로서 매우 적합한 지역이다. 이곳에 분포하는 편마암(변성암)은 선캄브리아대의 암석이고, 화강암(화성암)은 중생대에 관입한 암석이며, 격포 지역에 넓게 분포하는 퇴적암층은 중생대 후기(약 1억 년 전)에 일어난 지각 변동으로 형성된 퇴적 분지에 자갈, 모래 및 진흙이 두껍게 쌓여 생성된 퇴적암이다. 그리고 적벽강 근처에 소규모로 분포하는 응회암층(퇴적암)은 퇴적암층이 쌓인 후 중생대 후기(약 8500만 년 전)에 일어난 화산 활동으로 분출된 화산재가 쌓여서 형성된 암석이다.

퇴적암층이 쌓인 후 이 지역은 해수의 침식 작용과 융기 작용을 받아 해안을 따라 평탄한 해식 대지와 수십 m 높이의 해안 절벽이 형성되었고, 해안 절벽에는 파도의 침식 작용에 의한 해식 동굴과 해식 대지가 형성되었다. 특히 적벽강 해안 지역의 유문암에는 주상 절리가 잘 발달되어 있다. 채석강과 적벽강 해안 지역에서 관찰할 수 있는 지질 구조에는 연흔, 층리, 단층, 습곡 등이 있다.

격포 해안 지역에는 현재 침식 지형 외에 모래, 진흙 및 자갈이 쌓여 전형적인 퇴적 지형을 형성하고 있다. 모래가 많이 쌓인 지역은 해수욕장으로 활용되며, 개펄은 조개 양식장으로 이용되고 있다.



주상 절리

용암이 식어 굳어질 때 수축에 의해 육각 내지 오각형의 기둥 모양으로 나란하게 갈라진 절리

1. 우리 고장의 유명 지형과 지질

(1) 전라북도 변산반도 일대에 분포하는 암석: 선캄브리아 시대 변성암(편마암), 중생대 화강암, 중생대(백악기) 퇴적암, 이들을 관입한 유문암질 암맥

(2) 지형: 침식 지형(해식 절벽, 해식 대지, 해식 동굴, 돌개구멍, 시스택), 퇴적 지형(해빈), 융기 지형(해안 단구)

(3) 지질 구조: 단층(정단층, 역단층, 주향 이동 단층), 절리(일반 절리, 주상 절리)

(4) 퇴적 구조 및 화석: 층리, 연흔, 퇴적 동시성 단층 및 습곡, 식물 화석, 해빈의 현생 연흔, 생물 교란 구조

내용 해설

1 우리 고장의 유명 지형과 지질

• 변산반도 일대의 지질

변산반도 일대에는 선캄브리아 시대의 변성암류와 쥐라기의 화강암류, 백악기의 격포리층, 유문암질 관입암 및 제4기 충적층이 분포한다. 선캄브리아 시대의 변성암은 주로 편마암으로 이루어져 있으며, 변산반도 북부의 반월 지역에 분포한다.

변산반도 해안에는 격포리층을 관입 내지 분출한 담회색 내지 담홍색의 유문암이 분포한다. 적벽강 해안의 일부 유문암에는 주상 절리가 발달되어 있으며, 해안에 분포하는 지층에 발달된 지질 구조는 부정합, 단층(정단층, 역단층, 주향 이동 단층) 등이 있다.

• 변산반도 일대의 지형

변산반도의 해안에는 해식 절벽, 해식 동굴, 해식 대지, 노치, 씨스택, 돌개구멍 등의 다양한 해식 지형이 발달되어 있다. 특히 수직으로 발달된 해식 절벽은 층리가 잘 발달된 두꺼운 퇴적층과 동시성 퇴적 구조를 관찰하는 데 적합하다. 또한 변산반도 해안에는 모래가 쌓여 변산 해수욕장과 같은 해빈 퇴적층이 형성되어 있으며, 일부 지역의 조간대 퇴적층은 조개 양식장으로 활용되고 있다.

• 변산반도 일대에 다양한 침식 지형이 발달한 이유

후기 백악기에 쌓인 퇴적암이 우리나라 다른 지역의 고생대 암석처럼 단단히 고화되지 않았고, 서해 바닷물의 간만의 차가 커 해수의 침식 작용이 활발하기 때문으로 판단된다.

2 한반도 지형의 특징

❶ 지형의 특성

한반도는 삼면이 바다로 둘러싸여 있고, 북쪽은 압록강과 두만강을 경계로 중국과 접하고 있다. 두만강 하구 약 10 km는 러시아의 연해주와 경계하고 있다. 반도의 직선 길이(온성-서귀포)는 약 1,000 km이다.

동해안은 비교적 단순한 해안선의 모양을 이루고 있으나, 남해안과 서해안은 굴곡이 매우 심하고, 그 해상에는 3,300여 개에 달하는 크고 작은 섬들이 산재하고 있어, 리아스식 해안으로 특징지을 수 있다. 한반도의 약 80%는 산지와 구릉이고, 약 20%만이 저지 또는 평야 지대이다.

현재의 한반도의 대체적인 모양은 제 3기 중기 또는 그 후에 일어났을 것으로 해석되는 지각 변동, 그리고 제 4기에 일어난 빙하성 해수면의 변동, 특히 후빙기에 일어난 해수면의 상승에 의하여 형성되었다.



한반도 지세도

❷ 카르스트 지형

카르스트는 석회암 지대에 분포하는 용식에 의하여 형성된 지형을 일컫는다. 석회암의 절리, 틈새 및 층리에 침투한 물의 용식 작용으로 돌리네, 우발레, 폴리에, 건곡, 폐쇠곡, 라피에 등의 지표 카르스트 상과 석회동굴 등 지하 카르스트의 특수 지형이 생성된다. 이러한 카르스트의 생성, 발달 과정을 카르스트 작용이라 한다. 카르스트의 생성과 발달은 암석 및 기후 조건과 깊은 관련을 갖고 있다. 강원도의 삼척, 평창, 영월과 충청북도의 단양, 제천, 경상북도 문경시 지역에 카르스트 지형이 잘 발달되어 있다.

❶ 2 한반도 지형의 특징

한반도는 삼면이 바다로 둘러싸여 있으며, 대체적으로 동쪽이 높고 서쪽이 낮은 동고서저의 지형을 이룬다. 따라서 한국의 높은 산들은 대부분 동해안 쪽에 치우쳐서 지형의 등줄기(산맥)를 이룬다.그들 산지 사이의 경사를 따라 서쪽과 남쪽으로 하천이 흐르고 하천 중·하류에는 비교적 넓은 충적 평야가 형성되어 있다.

한반도의 산맥 가운데 가장 기본이 되는 것은 태백산맥과 낭림산맥 등의 산맥이다. 이들 산맥에는 북쪽으로는 백두산(2744 m)과 관모봉(2540 m)을 비롯한 고봉들이 솟아 있고, 남쪽에는 소백산맥에 속하는 지리산(1915 m), 태백산맥에 속하는 설악산(1708 m), 태백산(1567 m) 등이 있다. 산맥에는 교통의 요충지 역할을 하는 재(고개)가 많이 분포해 있는데, 남쪽에서는 대관령, 추풍령, 육십령, 죽령 등이 널리 알려져 있다.

한반도의 주요 하천은 압록강, 대동강, 한강, 금강, 영산강, 낙동강 등인데, 대부분의 하천은 지형 관계로 서해나 남해로 흐른다. 하천의 하류 유역을 중심으로 형성되어 있는 평야 중 대표적인 것은 한강 하류의 김포평야, 안성천 하류의 안성평야, 금강 하류의 논산평야, 만경강과 동진강 하류의 호남평야, 영산강 하류의 나주평야, 낙동강 하류의 김해평야 등이다.

우리나라에서 볼 수 있는 특수한 지형에 대하여 알아보자.



그림 Ⅰ-20 석회 동굴의 위치

❷ (1) 카르스트 지형 카르스트(Karst) 지형은 석회암 지대에서 지하수에 의한 화학적 풍화 작용으로 형성된 지형인데, 우리나라에서 이러한 지형은 고생대 바다 환경에서 퇴적된 석회암 분포 지역인 강원도 삼척, 영월, 정선, 경북 울진, 충북 단양 등 여러 지역이다. 이들 석회암의 분포 지역에는 석회암을 원료로 하는 시멘트 공장들이 많이 있다.

또한 이들 석회암 지역에는 석회암 동굴이 많이 발달해 있다. 석회동굴은 지하수가 석회암을 녹여냄으로써 형성된 것이다. 주요 동굴로는 그림 Ⅰ-20과 같이 삼척의 환선굴과 대금굴, 정선의 주암굴, 평창의 백룡굴, 영월의 고씨굴, 봉화의 평천굴, 단양의 고수굴, 울진의 성류굴 등이다. 이들 동굴 내부에는 종유석과 석순, 석주를 비롯한 갖가지 아름다운 동굴 지형이 형성되어 있어 많은 사람들이 찾는 관광지로 되어 있다.

❸ (2) 해안 지형 우리나라의 동해안은 두만강 하구에서 부산 송도에 이르는 직선거리 809 km(실제 거리 1727 km)의 해안 지역이며, 해안선은 비교적 단순하고, 산지가 해안 가까이 있어서 넓은 평야는 없다. 해안에 따라 사구가 발달되어 있고, 경포와 화진포 등 석호가 여러 곳에 형성되어 있다. 특히 모래가 두껍게 쌓여 형성된

2. 한반도 지형의 특징

(1) 한반도 지형의 특징: 남북 방향으로 형성된 반도로 삼면이 바다로 둘러싸임.

(2) 대략 남북 방향의 백두 대간(태백산맥)을 중심으로 동고서저(東高西低)의 지형

(3) 우리나라에서는 서해로 흘러들어 가는 큰 강이 많음(예: 한강, 금강, 대동강, 영산강 등).

(4) 한반도의 특수 지형: 카르스트 지형(석회 동굴, 돌리네, 종유석, 석순), 해안 지형(리아스식 해안), 화산 지형(제주도, 울릉도, 독도, 백두산)

사빈이 발달되어 해수욕장으로 사용된다. 그리고 사빈 해안 사이에는 암석 해안이 나타나며, 암석으로 이루어진 해안의 절벽에는 풍화 작용에 의해 암석을 구성하는 입자들이 빠져나와 형성된 움푹한 구멍인 타포니가 생성되어 있는 경우도 있다. 이러한 타포니는 서해안과 남해안의 해안에서도 발견된다. 해안에서 멀리 떨어진 해상에는 화산섬인 울릉도와 독도가 있다.

남해안은 부산 송도에서 전남 해남에 이르는 해안으로, 해안선이 극도로 복잡한 전형적인 리아스식 해안을 이룬다. 만조와 간조 때의 해수면의 높이차(조차)는 서쪽으로 갈수록 점차 커지고 간석지가 곳곳에 형성되어 있어서 간척된 곳도 많다. 특히 남해안의 서부에는 약 2000개 이상의 섬이 집중적으로 분포하고 있어 세계에서 보기 드문 그림 Ⅰ-21과 같은 다도해를 이룬다.

서해안은 압록강 하구에서 전남 해남에 이르는 해안으로, 직선 거리는 650 km이나, 실제 거리는 4719 km에 달한다. 특히 서해안의 남부는 해안선이 복잡하여 리아스식 해안의 발달이 뚜렷하다. 서해안은 일반적으로 조수차가 큰데, 특히 아산만 일대에서는 조차가 최대일 때의 평균 조차는 8.5 m 이상이 된다.

간석지의 후면에는 사빈 해안이 형성되어 있어 해수욕장으로 이용되기도 한다. 해안을 따라 넓은 평지가 있고, 배후 산지가 비교적 멀리 떨어져 있는 해안부에서는 곳에 따라 사구의 발달도 볼 수 있다.



그림 Ⅰ-21 아름다운 다도해(굴업도)

석호



모래가 만의 입구를 막아 바다와 분리되어 생긴 호수. 우리나라에서는 강릉 이북의 사빈 해안에 많이 발달하여 있으며, 경포호·화진포호·영랑호·청초호 등이 있다.

간석지

바닷물이 들어오는 만조 때와 빠져나가는 간조 때의 조차가 심하여 만들어지는 해안의 넓은 개펄

❹ (3) 화산 지형 우리나라는 현재 화산 활동은 없지만 지질 시대에는 화산 활동이 활발한 시기가 있었다. 이러한 화산 활동으로 형성된 지형에는 제주도(한라산), 울릉도와 독도, 철원의 용암 대지, 그리고 백두산, 개마고원 등이다.

❺ 제주도는 한라산, 성산 일출봉, 만장굴 등 9개의 명소가 유네스코 지정 세계 지질공원으로 지정되어 있는 화산섬이다. 제주도는 신생대의 화산 활동으로 형성되었다. 제주에서의 화산 활동은 크게 5회의 분출 단계로 구분되고 있으며, 110회 이상 용암 분출이 있었던 것으로 확인되고 있다.

❸ 해안 지형

삼면이 바다로 둘러싸여 있는 한반도는 삼면이 각각 다른 해안 지형의 특색을 보인다. 이러한 특징은 한반도에 있었던 지구조 운동과 관련되어 형성된 것으로, 동해안은 융기 해안의 특징을, 서해안과 남해안은 침강 해안의 특징을 보인다.

태백산맥 및 함경산맥과 나란하게 뻗고 있는 동해안은 대체로 직선상 해안으로서, 만입구의 해빈을 제외하고는 대부분 암석 해안이다. 이 암석 해안에는 해식애가 발달하고 있어 기암 절벽의 경관을 이룬다. 강원도 동해안의 해안 지역에는 석호가 발달하며, 포항–울산, 동해–정동진, 속초 등지에서는 해안 단구 지형이 관찰된다. 포항–울산의 해안 단구는 다섯 단계로 구분되며, 강원도의 정동진 해안 단구의 높이는 약 90 m이다.

서해안은 낭림산맥과 태백산맥에서 가지를 쳐 중국 방향 또는 요동 방향으로 뻗는 산계들이 첨멸하는 곳이어서 굴곡이 심하고, 섬들이 많은 리아스식 해안이 발달한다. 이는 후빙기에 일어난 해수면의 상승에 따라 기존 지형이 수몰되면서 나타난 지형이다. 서행안은 조수 간만의 차가 약 9 m에 달하여 만입부에는 염생 습지와 간석지가 넓게 분포한다.

남해안은 태백산맥과 소백산맥, 노령산맥이 첨멸하는 곳이어서 서해안에서와 같이 해안선의 굴곡이 심하고, 섬이 많은 리아스식 해안의 특성을 이룬다. 특히 서남 해안의 일원은 수많은 섬들이 산재하고 있어 다도해라고 부른다.

❹ 화산 지형

현재 우리나라에는 활동 중인 화산은 없다. 그러나 우리나라는 중생대와 신생대에 활발한 화산 활동이 있었고, 그로 인한 화산 지형이 우리나라 곳곳에 분포한다. 특히 신생대 제4기에는 제주도, 울릉도, 독도, 철원·평강 용암 대지, 백두산 등지에는 전형적인 화산 지형이 발달되어 있다.

❺ 제주도

신생대에 대륙판 위로 화산암이 분출하여 만들어진 화산섬으로 현무암이 지표면의 90% 이상을 덮고 있다. 이 같은 화산암 분출은 열점과 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 이들 현무암은 현무암 평원(lava plain)을 이루고 있다. 현무암 분출은 한곳에서만 반복 분출한 것이 아니라 각 구조선을 따라 분출구(vents)가 이동하면서 분출되었다.

제주도의 동·서부 해안은 현무암이 주로 분포하며, 이를 반영하여 이곳 지형은 바다 쪽으로 완만하게 경사져 있다. 현무암질 용암이 분포하는 지역에는 만장굴, 빌레못굴 등 여러 용암 동굴이 발달해 있다. 남부 해안의 경우 서귀포 대포동 해안 일대, 성천포에서 월평동까지 약 3.5 km에 걸쳐 주상절리가 발달해 있다. 대표적인 주상 절리는 대포동 해안에 발달된 '지삿개' 혹은 '모시기정'이라고 불리는 절경지이다. 제주도 화산 지형 중 흥미로운 것은 조면암질 안산암으로 이루어진 산방산(39 5m)은 전형적인 종상 화산이다.

❶ 울릉도

울릉도는 동서 12 km와 남북 10 km의 크기로 해발 약 1,000 m에 달한다. 전체 화산체는 높이 약 3,000 m, 기저부는 약 1,300 km^2에 달하는 아스파이트형(aspite type) 화산으로 해수면상에 노출되어 있는 것은 그의 일부분에 지나지 않는다. 화산체의 중앙에는 장경 3 km의 칼데라가 형성되어 있다. 초기 화산 활동은 하와이상이나 후기 화산 활동상(해수면 위에 노출된 부분)은 발칸상 내지 초발칸상이다.

울릉도에 분포하는 화산암은 알칼리 현무암, 조면암질 현무암, 조면암질 안산암과 조면암이다. 알칼리 현무암의 색깔은 암갈색 또는 암회색으로서 반상 조직을 보이며, 반정은 감람석, 휘석, 사장석 등이고 그 함량은 20~40 wt% 정도이다. 조면암질 현무암은 암회색으로 치밀하다. 또한 사장석 반정을 소량 함유하기도 한다. 조면암질 안산암은 캐서타이트(kaersutite)를 반정으로 갖는 조면안산암과 백류석(leucite)을 기질로 갖는 조면안산암으로 구분된다.

❷ 독도

독도는 울릉도 동남쪽 90 km에 위치하며, 폭 200 m, 길이 500 m 및 수심 100 m의 해협을 경계로 동도와 서도로 분리되어 있다.

동도의 최고봉은 해발 98 m, 섬의 중앙에 직경 15 m, 깊이 20 m의 화구가 있다. 서도의 최고봉은 해발 168 m이나 이 화산체를 해저면으로부터 계산하면 높이는 1,500 m나 되는 거대한 원추구이다. 독도의 화산체를 산출 상태로 구분하면 주로 하부의 화산쇄설암과 상부의 용암류로 분류된다.

하부에 있는 현무암질 각력암 내의 현무암 암편의 K-Ar 전암 연령이 4.6±0.4 Ma이고, 화산 쇄설층을 덮고 있는 조면암질 안산암은 2.7±0.1 Ma인 것으로 알려졌다.

독도의 화산암은 알칼리 현무암, 조면현무암, 조면안산암 및 조면암 등으로 구성되어 있으며, 반정 광물은 감람석, 단사휘석, 자철석, 흑운모, 사장석 및 알칼리장석 등이다.

❸ 철원 용암 대지

철원 용암 대지는 비무장 지대 내에 있는 680 m 고지에서 약 270만 년 전에 분출한 용암류로 주로 구한탄강의 유로를 따라 임진강 하류 문산 부근까지 총연장 100 km를 흘러내려 왔으며, 철원 일대에 넓은 용암 대지를 형성하였다. 이곳은 현재 쌀농사를 짓는 철원평야로 활용되고 있다.

용암 대지는 유동성이 큰 용암이 폭발적인 활동을 하지 않고 대량으로 유출될 때 형성한다. 그러므로 광대한 면적을 덮는 경우가 많다. 점성이 작은 용암은 대부분 현무암이므로, 용암 대지는 보통 현무암으로 되어 있다. 그리고 용암의 분출구는 하나가 아니고 많은 화구군에서 나오는 경우와 대규모의 열극에서 유출하는 경우가 있다. 세계에서 가장 큰 용암 대지는 인도의 데칸(Deccan) 고원(약 50만 km^2) 과 스코틀랜드~북대서양에 걸친(약 50만 km^2) 것이며, 그 밖에 북아메리카의 콜롬비아 대지(15만 km^2), 아르헨티나의 파타고니아 대지(6.5만 km^2), 우리나라 북부의 개마 고원(9만 km^2) 등이 있다. 지구 상의 용암 대지의 총 면적은 200만 km^2이며, 그 형성 시기는 중생대 백악기로부터 신생대 제



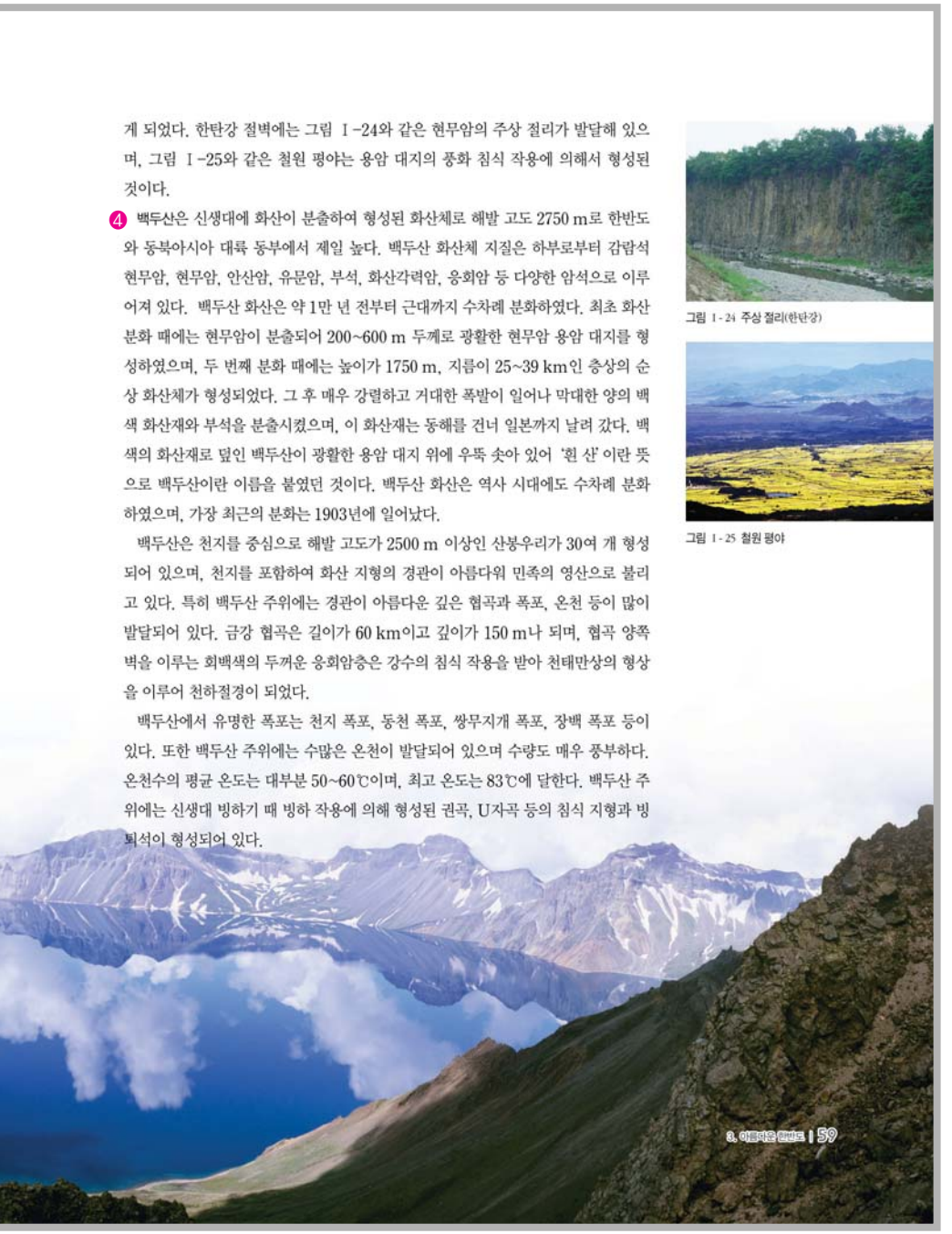
그림 I-22 성인봉(울릉도)

그림 I-23 독도

❶ 울릉도는 유동성이 작은 용암의 폭발에 의해 형성된 종상 화산으로서 형성 시기는 신생대의 약 210만 년 전으로 추정된다. 그림 I-22는 울릉도 최고봉인 성인봉(984 m)이다. 성인봉 북쪽에는 화구 분지인 나리 분지(250 m)가 있으며, 평탄한 분지는 택지와 경작지로 활용되고 있다.

❷ 독도는 해저 약 2000 m에서 솟아오른 용암이 굳어져 형성된 화산섬으로, 신생대의 약 460만 년 전부터 생성되기 시작해서 약 270만 년 전에 해수면 위로 올라왔고, 용암이 식으면서 섬의 모습을 갖춰나갔다. 하나의 섬이었던 독도는 약 250만 년 전 바닷물의 침식 작용에 의해 동도와 서도로 나뉘어졌고, 바람과 파도에 의해 계속 씻기고 부서져 210만 년 전 무렵에는 그림 I-23과 같이 지금의 모습을 갖추게 되었다. 독도는 우리나라 화산섬 중 가장 오래 된 것으로, 울릉도와 비교하면 약 250만 년, 제주도와 비교하면 약 340만 년 앞선다.

❸ 철원 지역의 현무암은 비무장 지대(DMZ) 내에 있는 분화구를 통해 약 27만 년 전에 분출하여 철원 일대를 뒤덮으며 두께 200~500 m의 용암 대지를 형성하였다. 또한 이 용암은 당시 철원 지역을 흐르던 한탄강과 임진강으로 흘러가 강을 메꾸었고, 그 후 침식 작용으로 다시 한탄강과 임진강이 흐르면서 오늘날의 지형을 형성하



게 되었다. 한탄강 절벽에는 그림 Ⅰ-24와 같은 현무암의 주상 절리가 발달해 있으며, 그림 Ⅰ-25와 같은 철원 평야는 용암 대지의 풍화 침식 작용에 의해서 형성된 것이다.

❹ 백두산은 신생대에 화산이 분출하여 형성된 화산체로 해발 고도 2750 m로 한반도와 동북아시아 대륙 동부에서 제일 높다. 백두산 화산체 지질은 하부로부터 감람석 현무암, 현무암, 안산암, 유문암, 부석, 화산각력암, 응회암 등 다양한 암석으로 이루어져 있다. 백두산 화산은 약 1만 년 전부터 근대까지 수차례 분화하였다. 최초 화산 분화 때에는 현무암이 분출되어 200~600 m 두께로 광활한 현무암 용암 대지를 형성하였으며, 두 번째 분화 때에는 높이가 1750 m, 지름이 25~39 km인 층상의 순상 화산체가 형성되었다. 그 후 매우 강렬하고 거대한 폭발이 일어나 막대한 양의 백색 화산재와 부석을 분출시켰으며, 이 화산재는 동해를 건너 일본까지 날려 갔다. 백색의 화산재로 덮인 백두산이 광활한 용암 대지 위에 우뚝 솟아 있어 '흰 산'이란 뜻으로 백두산이란 이름을 붙였던 것이다. 백두산 화산은 역사 시대에도 수차례 분화하였으며, 가장 최근의 분화는 1903년에 일어났다.

백두산은 천지를 중심으로 해발 고도가 2500 m 이상인 산봉우리가 30여 개 형성되어 있으며, 천지를 포함하여 화산 지형의 경관이 아름다워 민족의 영산으로 불리고 있다. 특히 백두산 주위에는 경관이 아름다운 깊은 협곡과 폭포, 온천 등이 많이 발달되어 있다. 금강 협곡은 길이가 60 km이고 깊이가 150 m나 되며, 협곡 양쪽 벽을 이루는 회백색의 두꺼운 응회암층은 강수의 침식 작용을 받아 천태만상의 형상을 이루어 천하절경이 되었다.

백두산에서 유명한 폭포는 천지 폭포, 동천 폭포, 쌍무지개 폭포, 장백 폭포 등이 있다. 또한 백두산 주위에는 수많은 온천이 발달되어 있으며 수량도 매우 풍부하다. 온천수의 평균 온도는 대부분 50~60℃이며, 최고 온도는 83℃에 달한다. 백두산 주위에는 신생대 빙하기 때 빙하 작용에 의해 형성된 권곡, U자곡 등의 침식 지형과 빙퇴석이 형성되어 있다.

그림 Ⅰ-24 주상 절리(한탄강)

그림 Ⅰ-25 철원 평야

3기에 걸친 것이 많다. 이처럼 대량의 현무암질 용암이 대지를 형성하므로, 그 현무암을 특히 대지현무암이라고 한다.

❹ 백두산

백두산 화산체는 넓은 의미로 현무암 용암 대지와 순상 화산체, 그리고 좁은 의미로는 조면암과 화산 쇄설물로 구성된 백두산 화산체로 양분할 수 있다. 대지상 또는 순상 화산체 분포 면적은 중국 쪽으로 13,000 km^2 및 북한 지역으로 5,350 km^2이다. 총 분포 면적은 약 18,350 km^2이고 두께는 1,300 m이다.

협의의 백두산 화산체는 중기 플라이스토세로부터 현세까지의 약 6~7 단계로 구분되는 화산 활동 산물로서 크게 백두산기와 백운봉기(白雲峰期)로 구분된다. 이들은 알칼리 조면암과 유문암질암으로 구성된 성층 화산추(成層 火山錐)로서 정상의 높이가 2,750 m인 복합 화산체이다. 그 후 화산체 주변에 소규모의 현무암질 분석구와 유문암질 돔이 형성되었다.

개마 고원에는 백두산으로부터 백두산 단층대를 따라서 장군봉, 향도봉, 소백산, 간백산, 북포태산, 남포태산, 푸른봉, 황봉, 백암산 등 무수한 산봉우리가 나열되어 있으며, 화산과 분화구는 대체로 백두산, 소백산, 포태산과 황봉 등을 중심으로 한 환상 구조(環狀構造) 내에 약 380여 개가 모여 있다.

백두산 화산체의 하부는 흑색 내지 암회색의 치밀한 괴상의 제 3기 현무암질암으로 구성되며 괴상이거나 반상 조직을 갖는다. 반정과 기질의 주 구성 광물은 감람석(>10 wt%), 사방휘석(<10 wt%) 및 사장석이다. 백두산 화산체의 하부 현무암은 규산(SiO_2)의 조성 범위가 50~52 wt%, Na_2O+K_2O의 함량이 4.8~5.2 wt%로서 조면현무암-현무암-현무암질 안산암의 경계부에 도시된다.

백두산 화산체 상부의 화산암류는 백두산기 조면암질암과 알칼리 유문암, 부석 및 용결 응회암으로 구성된다. 이들은 SiO_2에 대한 Na_2O+K_2O 성분도에서 각각 조면암과 유문암의 알칼리 영역에 도시된다.

백두산이 형성될 때 이 일대의 지각이 상승하면서 암층 내에 환상 단열과 방사상 단열이 많이 생성되었으며, 이들 단열이 상하로 움직여 단층 절벽이 곳곳에 형성되었다. 또한 백두산 지역에는 천지를 중심으로 방사상으로 발달된 수계가 많이 발달되어 있다. 특히 백두산은 지형이 높아 강수량이 많고, 암석의 함수성이 좋아 지하수가 풍부하다. 따라서 백두산 지역에는 폭포가 많이 발달되어 있어 백두산의 자연 경관을 더욱 아름답게 한다. 대표적인 폭포는 천지 폭포, 동천 폭포, 금강 폭포, 쌍무지개 폭포, 사기문 폭포 등이다.

백두산 화구와 화산체에는 많은 온천이 발달되어 있으며, 이들 온천의 온천수는 암석에 발달된 단열의 틈을 따라 유출된다. 백두산 지역의 온천은 백두산 화구에 가까울수록 온천수의 온도가 높다. 백두산 지역의 여러 온천 중 대표적인 온천은 이도백하 지역에 있는 백두산 온천군이다. 이 지역에는 32개의 온천이 무리지어 분포하며, 작은 온천도 100여 개가 있다. 온천수의 온도는 37°~83℃이며 평균 온도는 약 60℃이다.

• 우리나라의 암석 분포

우리나라에 가장 널리 분포하는 암석은 선캄브리아 시대의 변성암과 중생대에 마그마가 관입하여 형성된 화강암류이다. 이들 암석은 지하 깊은 곳에서 생성되었지만 수차례의 지각 변동에 따른 융기와 침식을 통하여 지표에 노출되었으며, 전 국토 면적의 70 %를 차지하고 있다. 나머지 면적의 약 30 %는 주로 퇴적암이 차지하고 있다.

(1) 변성암의 분포: 한반도에서 가장 오래된 암석은 퇴적암이 변성되어 만들어진 변성퇴적암으로 경기도 일대와 강원도 북서 및 북동부, 태백산, 소백산, 지리산 일대에 널리 분포한다. 황해도 일대와 백령도 및 소청도에는 후기 선캄브리아 시대의 암석이 있으며 스트로마톨라이트가 많이 발견된다.

그다음으로 오래된 암석은 변성 퇴적암류를 관입한 화성암이 변성 작용을 받아 형성된 화강편마암으로, 경상북도 북부 지역에 널리 분포한다.

(2) 화성암의 분포: 우리나라에 분포하는 화성암은 중생대에 태평양판이 유라시아 판 밑으로 섭입하면서 생성된 마그마가 관입하여 생성된 화강암류가 대부분이며, 쥐라기의 대보화강암과 백악기의 불국사화강암이 대표적이다.

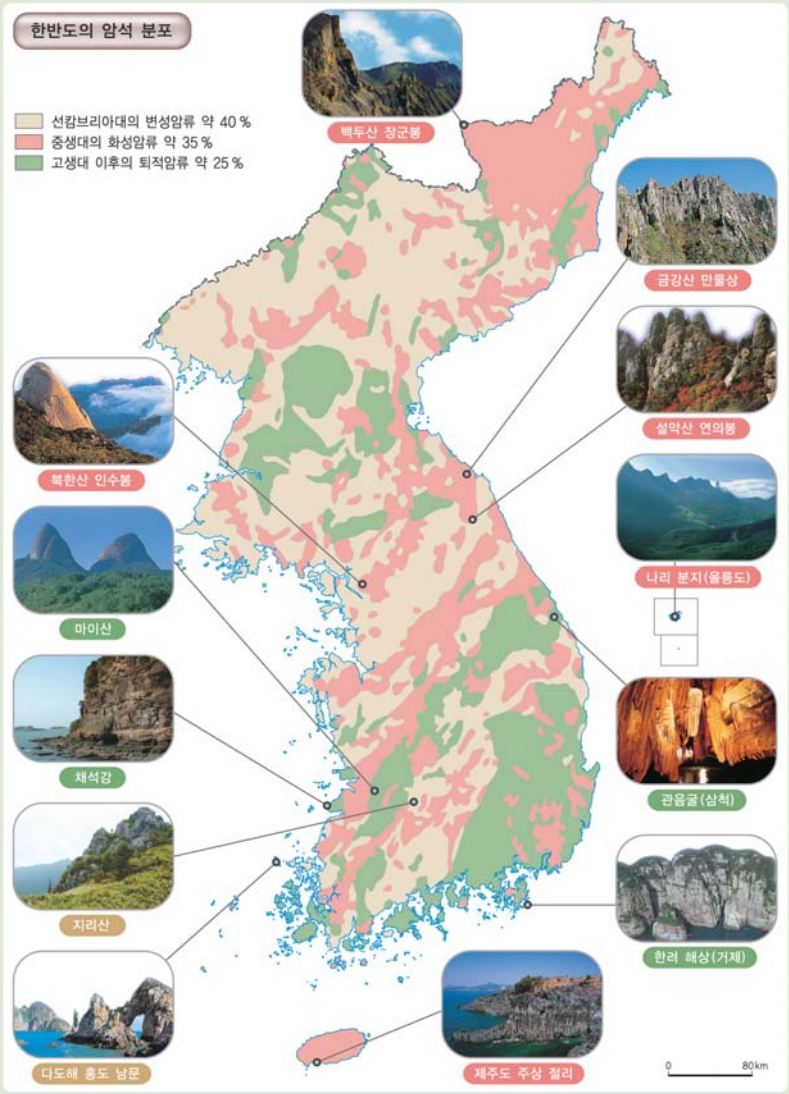
현무암은 신생대 제3기와 제4기에 걸쳐 일어난 화산 활동에 의해 분출되었으며 제주도, 울릉도, 철원, 백두산, 독도, 울릉도 등지에 소규모로 분포한다.

(3) 퇴적암의 분포: 고생대가 시작되면서 해수면의 높이가 서서히 증가하면서 해침이 일어나 강원도와 충북 및 경북 문경 지역에 퇴적물이 쌓였다. 초기에는 주로 모래와 진흙이 쌓이다가 그 위에 탄산염 퇴적물이 두껍게 쌓여 석회암을 형성하였다. 이들 석회암이 쌓인 이후 우리나라는 서서히 융기하기 시작하여 육화되었다.

남한에서는 그 후 중기 석탄기에 다시 해침이 일어나 중기 석탄기와 전기 페름기의 해성층이 쌓인 후 해퇴가 일어나 두꺼운 육성층이 퇴적되었다. 페름기의 육성층 내에는 풍부한 석탄이 포함되어 있으며, 세일층에는 식물 화석이 풍부하다.

우리나라에 분포하는 중생대 퇴적층은 모두 하천이나 호수 같은 육성 환경에서 퇴적된 암석으로 사암, 셰일 및 역암으로 이루어져 있다. 특히 백악기에 쌓인 퇴적암에서는 공룡 뼈와 발자국, 새 발자국 화석, 어류 화석, 식물 화석 등이 풍부하게 발견된다. 신생대 퇴적암은 포항 일대, 강원도 북평, 제주도 서귀포, 성산, 함경북도 길주–명천 지역에 분포한다. 신생대층은 육성층과 해성층으로 이루어져 있으며, 식물 화석과 동물 화석이 풍부하게 발견된다.

특히 제주도 서귀포 해안 일대에 분포하는 서귀포층은 역질 사암, 사암, 사질 이암, 이암, 유리질 화산 쇄설암 등으로 구성되어 있으며, 두께는 약 50 m이다. 서귀포층은 수중 화산활동의 산물이 운반되어 퇴적된 것으로 판단된다. 서귀포층에서는 대형 가리비와 조개 화석 외에 복족류, 완족류, 성게, 유공충, 개형충, 초미화석 등 중요한 화석이 많이 산출되어 1968년 천연기념물 제 195호로 지정 · 보호되고 있다.



2 한반도의 지질 명소



❖ 학습 목표

1. 우리 고장에 있는 지질 명소의 자연 경관 특징과 형성 과정을 설명할 수 있다.
2. 지질 명소의 자연 경관을 소중히 여기고 보전할 수 있는 방안과 대책을 강구할 수 있다

1 우리 지역의 지질 명소

우리나라의 자연 경관이 아름다운 지역은 다양한 암석이 분포하는 곳에 오랜 세월에 걸친 지각 변동과 풍화, 침식 작용에 의해 형성된 곳이다.

우리 고장에 있는 국립 공원이나 도립 공원 또는 명승지나 천연기념물 지역은 국립 공원 홈페이지나 문화재청 홈페이지에 접속하여 찾아볼 수 있다. 예를 들면, 강원도 강릉시 남부에 소재하는 오대산 국립 공원의 소금강 지구는 1971년 최초로 우리나라 명승 제1호로 지정되었으며, 명칭은 '명주 청학동 소금강'이다. 이 지역에 분포하는 화강암은 구성 광물과 암석의 조직이 다양하고 수평 절리와 수직 절리가 많이 발달되어 있고, 오랜 시간에 걸쳐 풍화 작용과 침식 작용을 받아 매우 아름다운 자연 경관과 특수한 지형이 형성되어 있다. 이 명승지를 이루고 있는 암석과 지질 구조 및 다양한 지형을 조사하고, 조사한 자료를 바탕으로 '명주 청학동 소금강' 관광 안내서나 홍보 자료를 만들어 보자.

검색 문화재청

검색 국립 공원

탐구 17 조사 **우리 고장의 지질 명소 조사 및 관광 안내판 만들기**

준비물 오대산 국립 공원 소금강 지구의 지도

과정
1. 지도를 잘 보고 어떤 지형들이 발달되어 있는지 알아본다.
2. 어떤 내용을 중심으로 조사하며, 안내서를 어떤 형태로 만들지 계획을 세운다.
3. 조사한 지점의 위치를 번호로 표시하고, 조사한 내용을 사진이나 그림과 함께 간단히 설명한다.



정리
1. 식당암을 이루고 있는 암석은 어떤 종류인지 알아보자.
2. 만물상의 명칭은 어떤 이유로 유래되었는지 알아보자.
3. 소금강에는 어떤 폭포들이 어디에 분포하고 있으며, 어떤 과정으로 형성되었는지 알아보자.

1 한반도의 지질 명소

소단원의 학습 목표

1. 우리 고장에 있는 지질 명소의 자연경관 특징과 형성 과정을 설명할 수 있다.
2. 지질 명소의 경관을 소중히 여기고 이를 보전할 방안과 대책을 연구할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 우리 고장의 대표적인 자연 관광지를 찾아가 이곳에 분포하는 암석과 특징 및 지질 구조를 조사하고, 어떤 지질학적 작용을 받아 아름다운 경관이 형성되었는지 조사하도록 한다.
2. 우리 고장의 관광지가 우리 고장의 주민은 물론 방문객들에게 어떤 혜택을 주고 있는지 조사하도록 한다.
3. 관광지를 찾는 방문객들에게 관광지의 중요 구성 요소와 특징을 소개하는 안내판이나 설명서를 만들어 보도록 한다.
4. 아름다운 경관을 심미적인 관점에서 감상하고 소중함을 인식하고, 다양한 방법으로 표현할 수 있게 지도하며, 이들이 소중한 자연 유산임을 깊이 인식하고 이들을 잘 관리, 보존할 방법과 대책을 토론하도록 한다.

내용 해설

[1] 우리 지역의 지질 명소

탐구 17 조사

우리 고장의 지질 명소 조사 및 관광 안내판 만들기

1. 목표

우리나라에서 처음 지질 명소로 지정된 오대산 국립 공원의 소금강 명승지를 이루고 있는 암석, 지질 구조 및 지형을 조사하고 관광 안내서를 만들어 본다.

2. 정리

1. 식당암을 이루고 있는 암석은 화강암이다. 화강암에 발달한 수평 절리 위의 암석이 풍화와 침식 작용에 의해 없어져 넓게 노출되었다.
2. 만물상은 암석 조직이 다양한 화강암(조립 화강암과 중립 화강암)에 수평 및 수직 절리가 발달하고, 지속적인 융기와 풍화 및 침식 작용을 받아 다채로운 모습의 기암 절벽이 형성되어 붙여진 이름이다.
3. 소금강 계곡에는 상류에서 하류 쪽으로 낙영 폭포, 광폭포, 구룡폭포 등이 계곡을 따라 생성되어 있다. 이들 폭포는 대부분 물이 흐르는 계곡 방향과 수직으로 발달한 단층, 또는 드물게 절리에 의해 형성된 높은 수직 낭떠러지에 형성되어 있다.

❶ 소금강 지역

(1) 지질: 소금강 지역에 분포하는 암석은 중생대 쥐라기의 화강암류에 속하며, 저반 형태로 나타난다. 이 화강암류는 구성 광물과 암석의 조직에 따라 흑운모화강암, 거정질(페그마타이트질)화강암 및 세립질복운모화강암으로 구분할 수 있다. 흑운모화강암은 세립질복운모화강암과 거정질화강암에 불규칙하게 관입되어 있다.

흑운모화강암은 주로 석영, 정장석, 사장석으로 구성되어 있으며, 소량의 흑운모와 불투명 광물이 포함된다. 석영의 크기는 1~3 mm이며, 5 mm에 달하는 비교적 큰 결정도 관찰된다. 일반적으로 사장석과 정장석의 양은 비슷하다. 일부 화강암에서는 지름이 5 mm 이상인 정장석이 반정으로 나타나는 경우도 있다.

거정질화강암의 구성 광물은 석영, 정장석, 사장석 등으로 구성되어 있으며, 크기는 5 mm 이상이 대부분이다. 세립질복운모화강암은 석영, 정장석, 사장석, 흑운모 등으로 구성되며, 입자의 크기는 대부분 1 mm 미만이다. 이 암석 내에는 소량의 백운모가 함유된 것이 특징이다.

소금강 지역에 분포하는 화강암에는 수직 및 수평 절리가 많이 발달되어 있다. 주향의 주된 방향은 NS-N20°E, N50°E-N80°E, EW, N20°W 등이며, 이 지역의 수계 형성에 영향을 미친 것으로 생각된다.

(2) 지형: 소금강 지역은 산세가 매우 험준한 지역이다. 능선의 모양은 예리하며 뚜렷한 분수계를 이룬다. 산사면은 급경사나 절벽을 이루는 곳이 많으며, 주로 기반암이 노출되어 있다. 소금강 계곡 상류에 있는 만물상을 비롯한 기암 절벽은 풍화와 침식에 대한 저항력이 강한 거정질화강암 및 세립질복운모화강암에 발달된 수직 · 수평 절리를 따라 풍화 · 침식 작용이 일어나면서 생성된 것이다.

❷ 소금강 지역의 중심부에 북동-남서 방향으로 발달된 소금강은 유량이 풍부하고, 계곡 바닥의 경사가 급하여 유속이 매우 빠른 편이다. 따라서 계곡 하상에는 하각 작용이 활발하게 일어나 기반암이 넓게 노출된 곳이 많다. 소금강 계곡의 연자대, 식당암, 삼선암, 백운대 등은 대표적인 침식 지형이다. 이러한 기반암이 노출된 곳 바로 아래에는 급류 또는 폭포와 소(沼)를 형성하는 곳이 많으며, 그 예로는 용수폭, 십자소, 옥수연, 구룡폭포, 구룡연, 구곡담, 낙영 폭포 등이 있다. 소 또는 연(淵)은 급류 또는 폭포의 바로 아래에서 활발하게 일어나는 계곡류의 하방 침식 작용에 의해 형성된 것이다. 이러한 현상은 구룡폭 계곡, 선녀탕 계곡 등의 계곡에서 활발히 일어나고 있다. 또한 계곡 하상의 기반암 곳곳에는 항아리 모양의 돌개구멍(pothole)이 많이 생성되어 있다. 소금강 계곡류가 곡류하는 외측부에서는 측방 침식 작용이 활발하게 일어나 하식굴을 형성한 곳도 있다.

소금강 계곡의 하상에는 호우 시에 흘러내린 커다란 암석 덩어리가 쌓여 있다. 이들 암석 덩어리 크기는 매우 다양하며, 원마도도 매우 다양하다. 앞에서 설명한 지형의 특징으로 보아, 소금강 지역의 지형은 만장년기에 속한다.

❶ 오대산 국립 공원 내의 '명주 청학동 소금강' 지역의 구성 암석과 지질 구조를 조사한 결과와 그 곳의 아름다운 지형이나 경관에 대한 특징을 설명하면 다음과 같다.

명칭 : 명주 청학동 소금강 (명승 제1호)
소재지 : 강원도 강릉시
조사 경로 : 주차장 – 식당암 – 구룡 폭포– 만물상 – 백운대 –낙영 폭포 – 노인봉

식당암

식당암은 평탄한 기반암이 넓게 펼쳐져 마치 넓은 식당처럼 보여 붙여진 이름이다. 실제로 식당암의 넓은 기반암 위에서는 많은 탐방객들이 휴식을 취하거나 식사를 한다. 식당암의 널따란 기반암은 침식 작용이 활발히 일어나면서 위에 놓인 암석들이 제거됨에 따라 화강암에 작용하는 압력이 낮아져 화강암 내에 수평 절리가 많이 발달되고, 박리 작용이 일어나 넓고 평탄한 암반이 형성된 곳이다. 이곳에 분포하는 화강암에는 수평 절리 외에도 수직 절리를 관찰할 수 있으며, 식당암 바위 앞에는 직선형의 계곡이 발달되어 있는데, 이는 단층 작용에 의해 형성된 파쇄대가 계곡류의 침식 작용에 깊게 파인 것으로 생각된다.



[식당암]



❷ 소금강 계곡에는 식당암 외에도 구룡 폭포, 만물상, 백운대, 낙영 폭포 등 다양하고 아름다운 지형이 많이 발달되어 있다. 이는 소금강 계곡의 유량이 풍부하고, 계곡 바닥의 경사가 비교적 급하여 유속이 매우 빨라 물에 의한 침식 작용이 활발하여 많

62 | I. 소중한 지구

은 기반암이 노출되기 때문이다.

많은 사람들이 찾아가는 우리나라의 지질 명소는 국립 공원이나 도립 공원, 천연기념물 등으로 지정되어 있다. 이들 지질 명소를 탐방할 때는 분포하는 암석의 종류와 특징, 지질 구조, 독특한 지형과 경관 등을 자세히 관찰하고, 중요한 부분은 사진을 찍어 보관하는 습관이 필요하다. 그러나 무엇보다도 중요한 것은 자연 경관을 훼손하지 않고 잘 보전하여 오래도록 후손에 물려 주려는 마음의 자세이다.



연구 8 일반적으로 화강암 지대의 계곡에는 표면이 평탄하고 넓은 암반이 잘 발달하여 있는데, 이러한 암반은 어떤 과정에서 생성되는가?

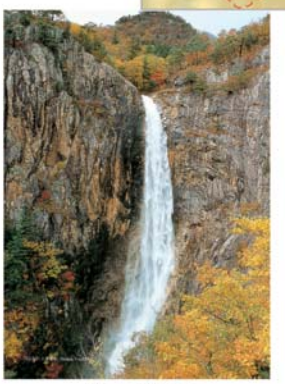
우리나라에서 보호해야 할 대표적인 아름다운 지형과 이들 지형의 형성 과정 및 지질학적인 특징을 알아보자.

❸ (1) 설악산(화강암) 설악산 국립 공원 지역에는 험준한 산 능선과 깊은 계곡이 발달되어 있으며, 크고 작은 폭포와 깊은 호들이 많이 있다. 산 능선에는 그림 Ⅰ-26과 같은 울산바위 등이 있으며 폭포로는 그림 Ⅰ-27과 같은 대승 폭포가 유명하다. 설악산의 경관이 아름다운 것은 이 지역에 분포하는 화강암의 구성 광물과 암석의 조직 및 지질 구조가 매우 다양하고 이에 따라 여러 형태의 풍화 작용과 침식 작용을 받았기 때문으로 생각된다. 약 1억 2천만 년 전 지하 깊은 곳에서 생성된 화강암으로 이루어진 울산바위는, 설악산 지역이 활발한 융기와 침식 작용을 받아 화강암을 덮고 있던 암석들이 제거됨에 따라 지표에 노출되었으며, 이 과정에서 화강암체 내에 수많은 판상 절리와 수직 절리가 형성되었다. 그 이후에도 현재까지 계속되는 융기와 침식 작용 및 절리를 따라 일어나는



설악산의 위치


그림 Ⅰ-26 설악산 울산바위


그림 Ⅰ-27 대승 폭포

연구 8

화강암은 지하 깊은 곳에서 마그마가 고결되어 형성된 암석이다. 만약 이 지역이 융기하고 침식 작용이 활발히 일어나 화강암을 덮고 있던 암석이 모두 제거되면, 화강암 표면에 작용하는 압력이 낮아져 지표 가까이 있는 화강암의 융기 속도는 지하 깊은 곳에 있는 화강암의 융기 속도보다 커 이들 암석 사이에는 지표면과 나란한 절리가 형성된다. 이와 같은 수평 절리면을 암석이 떨어져 나가면 평탄하고 널따란 암반이 형성된다.

• 우리나라의 구성 암석에 따른 명소

(1) 화성암 지역

❸ 설악산

설악산 자연 보호 구역인 내설악 지역의 지질은 대부분 백악기의 화강섬록암, 흑운모 화강암, 복운모화강암, 알칼리장석화강암, 화강반암 등으로 구성되어 있으며, 대승령 일대에는 흑색 셰일, 적색 사암과 셰일, 각력암으로 구성된 백악기의 퇴적암이 소규모로 분포한다. 백악기의 화강암류는 칼크-알칼리 계열에 속한다. 그리고 대청봉 정상 부근과 그 동부·서부 및 남부 즉 외설악의 남부는 선캄브리아 시대의 화강편마암과 반상 변정 편마암으로 구성되어 있다. 설악산의 웅장한 경관과 다양한 지형은 백악기에 관입한 대규모의 화강암체의 다양한 구성 광물과 암석의 조직, 수직 및 수평 절리의 발달, 다양한 형태의 침식 작용으로 만들어진 것이다. 화강암의 암상이 서로 달라서 만들어진 지형으로는 할미바위, 상투바위, 장군바위, 가리산, 주걱봉 등이 있다. 이들은 조립질 홍색화강암과 세립질 흑운모 화강암과의 차별 침식에 의해 만들어진 지형들이다. 특히 화강암으로 이루어진 산봉들은 일반적으로 평활하고 둥글둥글한 지형을 만드는 데 반해 반암류가 분포하는 절리가 잘 발달되어 있으며, 절리를 따라 풍화 작용이 활발하게 일어나 굴곡이 심하고 날카롭게 뾰쪽한 지형 경관이 발달된다. 또한 화강암에 발달되어 있는 절리를 따라 침식이 일어나 험준한 기암 절벽과 다양한 괴석의 장관이 형성되었다. 절리

1. 우리 지역의 지질 명소
   (1) 소금강 지역(명승 1호)
      ① 구성 암석: 중생대 화강암(세립, 중립 및 조립)
      ② 지질 구조: 단층, 수직 절리, 수평 절리
      ③ 지형: 침식 지형, 돌개구멍, 식당암, 백운대
   (2) 설악산 국립 공원
      ① 구성 암석: 선캄브리아 시대의 변성암(편마암), 화강암 · 퇴적암(백악기)
      ② 지질 구조: 단층, 판상 절리, 수직 절리

로 발달로 인해 만들어진 대표적인 경관으로 천불동 계곡의 괴면암들을 들 수 있고, 그 밖에 현제암, 울산암, 미륵봉, 선녀봉, 형제봉, 하늘벽 등을 들 수 있다.

하식 작용으로 만들어진 것으로는 십이선녀탕과 이호담이 있고, 백담사에 이르는 계곡의 하상에는 돌개구멍이 많이 발달되어 있다. 또한 설악산의 여러 계곡을 흘러내리는 계곡류의 활발한 침식 작용에 의해 쌍룡 폭포, 천당 폭포, 대승 폭포 등 많은 폭포와 폭포 아래에 발달된 다양한 형태의 소는 힘차게 떨어지는 물소리는 설악산의 웅장함과 경이로움을 한층 더 드높인다. 기계적 풍화 작용의 하나인 물의 동결 작용에 의한 생성된 테일러스(너덜겅)가 고지대에 분포한다. 특히 대청봉과 소청봉 부근 일대에 전형적인 테일러스가 발달되어 있다. 대규모의 테일러스가 기이한 경관을 이루는 곳은 외설악 계조암에 있는 흔들바위를 예로 들 수 있다.

❶ 북한산

서울 외각은 물론 수도권에서도 웅대한 자태를 알아볼 수 있는 북한산은, 지질 연대로 보아 중생대의 쥐라기에 화강암의 지반이 상승과 침식을 되풀이하며 노출되면서 암석 내 발달된 절리와 표면이 장구한 세월 동안 풍화되어 이루어 놓은 대자연의 걸작품이라 할 수 있다.

인수봉(仁壽峰, 810 m)은 백운대 동쪽에 있는 암봉으로 높이가 200여 m되는 화강암으로 된 산봉우리로, 일반인들은 그대로 올라갈 수 없고 전문 암반 등반가들만이 줄을 타고 올라가는 암반 등반 및 암벽 등반 훈련장으로 이용되며, 외국인들도 많이 찾는 전국에서 단일 암봉 중 제일로 손꼽히며 수도권의 육표(陸標)이고 서울의 상징이기도 한 산이다.

이 산은 백제의 시조인 온조왕이 그의 형 '비류'와 함께 이곳에 올라 도읍을 정했다 하여 부아산(負兒山) 또는 부아악(負兒岳)이라고도 하며, 한편으로는 '등에 어린아이를 업은 형상'이라 부아산이라는 전설도 있고, 이 산은 남성을 닮았다는 말도 있다. 또한 정상에는 어느 도승이 돌 한 개를 가져다 탑을 만들었다는 전설도 있다.

다양하고 활발한 풍화 작용을 받아 많은 사람들로부터 사랑을 받는 험준한 기암 절벽과 아름다운 경관이 형성되었다.



북한산의 위치

❶ (2) 북한산(화강암) 북한산은 인근 도봉산과 함께 서울을 대표하는 산이다. 북한산은 산 전체가 거대한 하나의 바위덩어리로 이루어져 있으며, 인수봉을 비롯하여 백운대, 만경대 등의 웅장한 암봉들이 산 전체를 휘감으며 험준하면서도 수려한 경관을 이루고 있다.

북한산을 이루는 암석은 화강암인데, 이 화강암은 중생대의 약 1억 8천만 ~ 1억 6천만 년 전 사이에 있었던 지각 변동으로 마그마가 지각의 약한 부분을 뚫고 올라와 냉각되어 굳어진 후, 지표의 침식 작용으로 융기하여 노출된 것이다. 지하에 있던 화강암이 지표에 노출되면서 압력 감소에 따라 절리(균열 틈)가 생기고, 절리에 침투한 물의 동결 작용으로 암석이 붕괴된다. 그림 Ⅰ-28과 같은 북한산의 인수봉은 그림 1-29와 같은 수평으로 발달한 판상 절리에 의해 암석 표면이 양파 껍질처럼 층상으로 벗겨져 나가고 정상부가 돔형으로 된 암봉이다.

서울 근교의 북한산, 도봉산, 불암산, 수락산, 관악산을 이루는 암석은 모두 화강암인데, 이들 화강암은 서로 비슷한 시기에 생성된 화강암들이다. 따라서 이들 화강암을 서울화강암이라고도 한다.

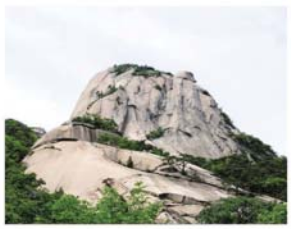

그림 Ⅰ-28 북한산 인수봉


그림 Ⅰ-29 화강암의 판상 절리



한라산의 위치

❷ (3) 한라산(화산암) 한라산은 제3기에 열점에서 분출한 순상 화산이며 화산 정상에는 백록담이 형성되어 있다. 백록담의 지름은 약 575 m이고 깊이는 약 100 m이다. 한라산 주변에는 약 360여 개의 오름(기생 화산)이 분포한다. 제주도는 한라산을 중심으로 동서 방향으로는 경사가 완만하나, 남북 방향으로는 경사가 급하다. 이는 동서 방향으로는 점성이 낮은 용암이 흘러내려 굳어지고, 남북 방향으로는 점성이 큰 용암이 흘러내린 결과로 해석된다.

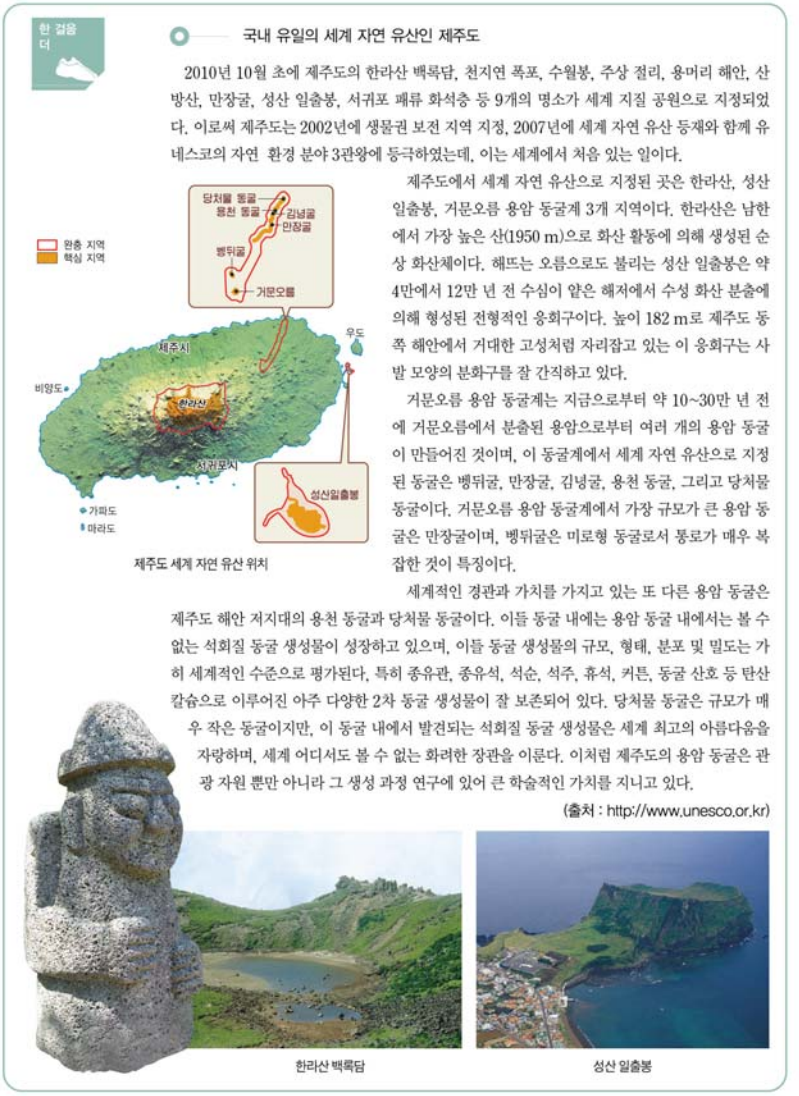
한라산 정상부의 북쪽 지역에는 점성이 큰 용암이 굳어져 생성된 화산암이 분포하며, 한라산 정상 전망대 일대에는 현무암이 분포한다. 그리고 백록담 북쪽의 안쪽 벽 하부에는 퇴적암이 소규모로 분포

(2) 구성 암석에 따른 지질 명소

① 화강암 지역 : 설악산, 북한산 (이 밖에도 속리산, 관악산, 삼척 삼화산)

② 화산암 및 응회암 지역 : 제주도, 백두산, 주왕산, 울릉도, 독도, 칠보산, 한탄강 유역

- 북한산: 화강암, 판상 절리, 포획암, 폭포, 여러 암봉
- 한라산: 주상 절리, 용머리 바위, 오름(분석구), 용암 동굴, 천지연 폭포, 정방 폭포



한 걸음 더

국내 유일의 세계 자연 유산인 제주도

2010년 10월 초에 제주도의 한라산 백록담, 천지연 폭포, 수월봉, 주상 절리, 용머리 해안, 산방산, 만장굴, 성산 일출봉, 서귀포 패류 화석층 등 9개의 명소가 세계 지질 공원으로 지정되었다. 이로써 제주도는 2002년에 생물권 보전 지역 지정, 2007년에 세계 자연 유산 등재와 함께 유네스코의 자연 환경 분야 3관왕에 등극하였는데, 이는 세계에서 처음 있는 일이다.

제주도에서 세계 자연 유산으로 지정된 곳은 한라산, 성산 일출봉, 거문오름 용암 동굴계 3개 지역이다. 한라산은 남한에서 가장 높은 산(1950 m)으로 화산 활동에 의해 생성된 순상 화산체이다. 해뜨는 오름으로도 불리는 성산 일출봉은 약 4만에서 12만 년 전 수심이 얕은 해저에서 수성 화산 분출에 의해 형성된 전형적인 응회구이다. 높이 182 m로 제주도 동쪽 해안에서 거대한 고성처럼 자리잡고 있는 이 응회구는 사발 모양의 분화구를 잘 간직하고 있다.

거문오름 용암 동굴계는 지금으로부터 약 10~30만 년 전에 거문오름에서 분출된 용암으로부터 여러 개의 용암 동굴이 만들어진 것이며, 이 동굴계에서 세계 자연 유산으로 지정된 동굴은 뱅뒤굴, 만장굴, 김녕굴, 용천 동굴, 그리고 당처물 동굴이다. 거문오름 용암 동굴계에서 가장 규모가 큰 용암 동굴은 만장굴이며, 뱅뒤굴은 미로형 동굴로서 통로가 매우 복잡한 것이 특징이다.

세계적인 경관과 가치를 가지고 있는 또 다른 용암 동굴은 제주도 해안 저지대의 용천 동굴과 당처물 동굴이다. 이들 동굴 내에는 용암 동굴 내에서는 볼 수 없는 석회질 동굴 생성물이 성장하고 있으며, 이들 동굴 생성물의 규모, 형태, 분포 및 밀도는 가히 세계적인 수준으로 평가된다. 특히 종유관, 종유석, 석순, 석주, 휴석, 커튼, 동굴 산호 등 탄산칼슘으로 이루어진 아주 다양한 2차 동굴 생성물이 잘 보존되어 있다. 당처물 동굴은 규모가 매우 작은 동굴이지만, 이 동굴 내에서 발견되는 석회질 동굴 생성물은 세계 최고의 아름다움을 자랑하며, 세계 어디서도 볼 수 없는 화려한 장관을 이룬다. 이처럼 제주도의 용암 동굴은 관광 자원 뿐만 아니라 그 생성 과정 연구에 있어 큰 학술적인 가치를 지니고 있다.

(출처 : http://www.unesco.or.kr)

제주도 세계 자연 유산 위치

한라산 백록담

성산 일출봉

❷ 한라산

제주도는 장축이 약 74 km, 단축이 약 32 km이며, 면적은 1,825 km^2에 달한다. 북동동–남서서 방향의 타원형인 이 화산도는 중앙에 해발 1,950 m의 한라산이 있는 순상 화산(shield volcano)이다.

제주도는 하나의 화산섬이라고 할 수 있으나, 시추 결과에 따르면 해수면을 기준으로 평균 200 m 아래에서는 세화리층(細花里層) ; 미고결 뻘층(U층), 이동영, 1996)이 있다. 그 아래에는 한반도 남부 도서 지방에서 흔히 볼 수 있는 백악기의 응회암질암, 유문암질 응회암, 쥐라기 또는 백악기 화강암과, 그 외에 선캄브리아기 암석이 분포되어 있음이 확인되었다.

제주도에 분포하는 화산암은 대체로 알칼리 계열로서, 알칼리현무암, 하와이아이트(hawaiite), 뮤져라이트(mugearite), 벤모라이트(benmoreite) 및 조면암 등으로 분화하였는데, 화산 층서에서도 역시 하부로부터 상부로 갈수록 알칼리현무암→비정질 하와이아이트→뮤져라이트→벤모라이트→조면암 등으로 점점 변한다.

알칼리 현무암은 구성 광물에 따라서 휘석 현무암, 장석 현무암과 감람석 현무암으로 구분된다. 휘석 현무암은 암회색 또는 담홍색을 띠며, 장석, 휘석, 감람석의 반정을 가지고, 기질에도 장석, 휘석 자철석 등이 산출된다. 장석 현무암은 암갈색 또는 흑색을 띠며, 약 30 wt% 정도의 사장석 반정, 소량의 감람석 및 휘석 반정과 자철석을 갖고 있다. 그리고 감람석 현무암은 암회색을 띠며, 감람석 반정을 약 5 wt% 정도 함유하고 휘석, 사장석, 감람석, 자철석 등이 기질을 이룬다.

조면암은 제주도의 남해안과 한라산 정상 일대에 분포한다. 담회색 또는 회록색을 띠나, 풍화면은 황갈색을 보인다. 치밀하고 세립 내지 조립질로서 사장석(안데신), 알칼리 장석, 휘석 등이 반정을 이루며, 기질은 대부분 사장석(올리고클레이스)으로 구성된다.



산방산

• 우리나라의 화산암 및 응회암 지역

화산이 분화한 지역에는 순상 화산, 성층화산, 용암돔 등의 다양한 형태의 화산이 생성되어 아름답고 독특한 지형이 형성된다. 또한, 용암이 흘러내리면서 용암 대지와 용암 동굴 등의 지형이 형성된다(예: 제주도, 백두산, 철원, 만장굴). 그리고 화산 쇄설물(화산재와 화산력)이 쌓인 지역에서는 침식 작용과 풍화 작용에 의해 다양한 형태의 아름다운 지형이 형성된다(예: 주왕산, 독도, 울릉도, 칠보산). 특히 현무암이나 다른 화산암과 화산재가 번갈아 쌓인 지역에서는 응회암이 화산암보다 풍화에 약하기 때문에 응회암이 더 심한 풍화 작용을 받아 표면의 굴곡이 심한 지형이 형성된다.

• 우리나라의 퇴적암 지역

우리나라 여러 곳에는 퇴적암이 분포하며, 이들 퇴적암이 다양한 지각 변동과 풍화 및 침식 작용을 받아 다양한 형태의 지형이 형성된다(예 : 전북 변산반도, 전북 마이산, 경남 덕명리 해안, 전남 홍도 등). 특히 해안 지역에 발달한 퇴적암에는 다양한 퇴적 구조와 단층, 습곡 등이 발달해 있으며, 노두를 관찰하기 쉬워 학습장으로 매우 유용하다.

❶ 마이산(퇴적암)

전라북도 진안에서 30번 국도를 따라서 남서쪽으로 6 km 정도 가면 탑사로 가는 길이 갈리고, 계곡을 따라 1.5 km 쯤 가면 주차장과 매표소를 만난다. 이곳으로부터 600~700 m 걸어가면 탑영제 저수지가 나오며, 1 km 정도 더 가면 탑사가 있다. 탑영제에서 마이산 봉우리들이 보이며 도로변과 탑사의 절벽에서 역암을 관찰할 수 있다. 마이산 일대의 지질은 역암으로 구성된 후기 백악기 지층이며, 탑영제에서 바라본 마이산의 두 봉우리도 반구형으로 둥글게 침식된 역암층이다. 역암층의 표면에는 차별 침식으로 움푹 파인 타포니가 많이 발달되어 있다.

계곡의 양편과 하천의 바닥에 노출된 노두들을 관찰하면, 두꺼운 지층들이 역암과 역질 사암만으로 구성되었으며 수 m마다 층리면이 발달되었다. 층준에 따른 역들의 크기 차이나 평평한 역들의 평행한 배열로 층리, 특히 평탄 층리가 발달하였으며 입자나 기질 모두가 극히 낮은 분급도를 보인다. 입자들은 주로 잔자갈과 왕자갈이나 표력도 포함되며, 대부분이 화강암이지만 담회색 규암도 포함된다.

입자가 클수록 원마도가 높아져서 역들은 아각형이 우세한 반면, 표력들은 대개 아원형이다. 기질은 왕모래를 포함하는 조립 사암에 해당한다. 마이산을 이루고 있는 역암층은 계곡의 하천들에 의해 산지와 퇴적 분지의 경계로 운반되어 충적 선상지에서 퇴적된 것으로 해석된다.

한다. 한라산 정상 전망대의 점성이 낮은 용암은 산사면 아래 약 11 km까지 흘러내렸으며, 곳곳에 새끼용암을 형성하였다. 한라산의 마지막 분출 때에는 격렬한 화산 분출이 있었으며 이때 많은 양의 화산력이 분출되었다.



마이산의 위치

❶ (4) 마이산(퇴적암) 마이산은 전라북도 진안군 진안읍과 마령면에 위치하며, 지리상으로는 태백산맥과 노령산맥의 경계부에 발달되어 있고 섬진강과 금강의 분수령을 이룬다.

마이산은 그림 I-30과 같이 동봉(수마이봉, 667 m)과 서봉(암마이봉, 673 m) 2개의 봉우리로 이루어져 있으며, 마치 말의 귀를 닮았다 하여 붙여진 이름이다. 두 봉우리 사이의 남쪽 경계에는 탑사라는 사찰이 있으며 절 주위에는 거센 비바람에도 무너지지 않는 80여 개의 돌탑이 모여 있다.

마이산은 토양이 전혀 발달되지 못하고 암반으로 이루어져 있으며, 암반 표면 곳곳에는 그림 I-31과 같은 다양한 형태의 타포니가 형성되어 있다. 특히 타포니는 마이산의 북쪽 사면보다는 남쪽 사면에 더 많이 발달되어 있다. 또한 절리를 따라 일어난 풍화 작용과 침식 작용에 의해 형성된 화엄굴과 그 밖에 크고 작은 구멍들이 많이 발달되어 있다.

마이산 지역을 구성하는 퇴적암은 중생대 후기(약 9천만 년 전)에 일어난 조산 운동에 의해 형성된 퇴적 분지 내에 자갈, 모래 및 진흙이 쌓여 형성된 육성 기원의 암석이다. 마이산을 구성하고 있는 암석은 주로 역암이며, 소량의 사암과 이암이 포함된다. 이 역암을 이루는 자갈은 편마암, 편암 및 규암으로 다양하며 자갈의 크기가 수 cm에서 1 m로 변화가 아주 커 분급이 매우 불량하다.

마이산 지역에서 관찰할 수 있는 대표적인 지질 구조는 절리이며, 이 절리를 따라 수직에 가까운 절벽들이 많이 형성되어 있다. 또한 이 절리를 따라 풍화와 침식 작용이 활발하게 일어나 크고 작은 동굴들이 많이 형성되는데, 특히 화엄굴은 절리를 따




그림 I-30 마이산


그림 I-31 마이산의 타포니

③ 퇴적암 지역

- 고생대층: 태백 구문소, 삼척 환선굴, 삼척 백봉령, 카르스트 지형
- 중생대층: 전북 변산반도, 전북 마이산, 경남 덕명리 해안, 해남 우황리 지역, 홍도
- 신생대층: 제주도 서귀포층

라 형성된 굴이다. 마이산 역암 내에는 곳에 따라 단층이 발달되어 있으며, 단층면에서는 단층 활면을 관찰할 수 있고, 단층 사이에서는 단층 점토와 같은 단층암을 관찰할 수 있다. 또한 이 지역의 퇴적암 내에는 층리와 점이 층리 및 깎고 채운 구조를 볼 수 있으며 역암 내에서는 자갈들이 일정한 방향으로 경사를 이루며 배열되어 있는 기왓장 구조가 발달되어 있다. 그리고 역암층 사이에 발달된 일부 세일층 내에서는 나무줄기 화석을 관찰할 수 있다.

❷ (5) 홍도(퇴적암) 다도해 해상 국립 공원 제478호인 홍도는 서해의 남단에 위치하며, 전라남도 신안군 흑산면에 있는 흑산 군도에 속한다. 섬의 길이는 약 6.4 km이고 폭은 약 1.5 km인 타원형이다. 홍도에서 제일 높은 곳은 깃대봉으로 해발 367.8 m이며, 해안은 그림 Ⅰ-32와 같이 마을 지역을 제외하고는 대부분 절벽으로 이루어져 있다. 홍도에는 해수의 침식 작용에 의해 생성된 해식 절벽, 해식 동굴 등의 특수한 해안 지형이 아름다워 다도해 해양 국립 공원으로 지정되었다. 특히 홍도는 풍화에 강한 석영 사암으로 이루어져 있으며, 단층과 절리가 복합적으로 발달되어 기암 절벽이 형성되었고, 이에 강한 해수의 침식 작용이 더해져 해안 절경의 아름다운 경관이 발달되었다.



홍도의 위치

홍도 섬 전체는 사암층으로 곳에 따라 사암, 역질 사암 및 역암으로 이루어져 있다. 사암층과 사암층 사이에는 그림 Ⅰ-33과 같이 얇게 이암층이 끼어 있다. 홍도에 분포하는 퇴적암은 주로 담적자색 내지 적자색으로, 섬이 전체적으로 붉은색을 띠어 홍도라고 부른 것 같다.

홍도의 퇴적암은 지각 변동을 받아 다양한 형태의 습곡과 단층이 형성되어 있다.


그림 Ⅰ-32 홍도


그림 Ⅰ-33 이암층

3. 아름다운 한반도 | 67

❷ 홍도

홍도는 행정 구역상 전남 신안군 흑산면 홍도리로 되어 있다. 지리적 위치는 북위 34° 39′ ~ 34° 44′ 이고, 동경 125° 11′ ~ 125° 13′의 범위이다. 홍도의 총면적은 약 6.13 km^2이고 해안선의 총연장은 36.8 km에 이른다.

홍도는 20여 개의 섬으로 이루어져 있으며, 섬 전체가 1965년 4월 7일 천연기념물 170호로 지정되었다. 이들 섬은 거의 수직으로 발달된 단층과 절리, 그리고 남동 방향으로 경사지는 층리 등으로 급경사의 산릉과 해안 절벽 등을 이루어 자연 경관이 매우 아름답다.

홍도의 지질은 주로 석영사암으로 이루어져 있으며, 담홍색을 띠는 매우 견고하고 치밀한 조직을 보여 준다. 사암의 구성 입자는 세립에서 중립질 모래로 되어 있으며, 그 모래는 주로 석영 입자로 구성되어 있다. 사암층 내에는 수직 절리, 판상 절리 등 다양한 절리계가 출현하고 있지만, 수직 절리의 발달이 가장 우세한 편이다. 죽항리 부근에서 지층의 주향과 경사는 각각 N70°E와 60°NW이며, 양산봉 부근에서는 N30°E와 20°NW이다. 홍도에 분포하는 일부 사암 내에는 층리, 사층리, 건열, 연흔 등의 퇴적 구조가 발달되어 있다.

제 4 기 퇴적층은 죽향리 일대와 해안을 따라 매우 협소하게 분포한다. 이들 퇴적물은 주로 자갈로 구성되며 이들의 원마도는 대체로 양호하다.

홍도에는 해식 절벽, 해식 동굴, 씨스택 등 다양한 해안 지형이 발달되어 있다. 특히 해식 절벽의 경사는 거의 수직에 가까울 정도로 경사가 급하다. 이와 같이 홍도가 다도해의 어느 섬에서 볼 수 없는 기암 괴석과 해식 절벽을 간직할 수 있었던 것은 홍도를 이루고 있는 암석이 바로 풍화와 침식에 강한 석영사암으로 이루어져 있기 때문이다.


층리가 발달된 사암층(홍도)


해식 동굴과 해식 절벽(홍도)


씨스택(홍도)

❶ 환선굴

환선굴은 대이리 석회 동굴군 중에서 가장 규모가 크고, 윤회 과정을 통해 뚜렷한 진화를 보여 주고 있다. 환선굴은 태백산맥의 주능인 1,038 m 고지(양터목)의 남동측 산록부인 해발 고도 730 m 지점에 동굴 입구가 발달되어 있다. 폭 14 m, 높이 10 m인 아치형의 동굴 입구를 통해 다량의 동굴류가 유출되고 있으며, 동굴류는 대이천의 주요한 시원을 이루고 있다. 동구와 대이천 곡저 사이의 고도차는 약 300 m이다.

환선굴의 주굴을 따라 발달되는 단위 지형은 동구로부터 동굴류, 암주(岩株), 대규모 광장, 동굴호, 동굴 폭포, 계류동로, 협곡, 동방, 동로, 그리고 붕락 막장 등이며, 주굴의 광장과 동로를 따라서는 아메바형으로 다수의 가지굴들이 형성되고 있다. 대부분의 가지굴은 동굴류의 활동이 중단된 퇴화 단계의 특징을 보여 주고 있으며, 용식 지형과 붕락 지형이 우세하게 발달된다.

환선굴 내의 만물상 코스의 입구 동벽(洞壁)에는 작은 용식공에서 흘러내린 지하수에 의하여 형성된 유석의 높이는 3 m에 달한다. 만물상 코스의 중간부에는 퇴화된 종유석, 석순, 석주 등이 밀집되어 있기도 한다. 환선굴 중앙 광장 동상(洞床)의 완만한 경사면(거의 수평에 가깝다) 상에는 작은 석회화단구들이 돔 모양의 군집을 이루고 있다. 중앙 광장 동상(洞床)에 형성된 "연꽃바위"는 돔 모양의 석회화 단구의 집합으로 되어 있으며, 규모가 크고 천정에서 떨어지는 동굴수의 소리가 웅장하며 경관이 매우 아름답다.



환선굴의 위치

❶ (6) 환선굴(퇴적암) 강원도 삼척시 대이리 일대에는 전기 고생대의 석회암이 넓게 분포하며 이 석회암 지대에는 환선굴, 관음굴 등 많은 석회 동굴이 형성되어 있다. 이들 석회 동굴이 많이 발달된 지역을 대이 동굴군이라 하며, 천연기념물 제178호로 지정되어 있다. 석회 동굴의 형성은 지하수 내에 녹아 있는 탄산(H_2CO_3)이 석회암을 용해시킴으로써 시작된다. 그 후 지표수가 침수구를 통해 계속 동굴 내로 흘러들어 동굴류를 형성하며, 이 동굴류는 동굴 내부를 흐르는 동안 동굴을 침식시켜 침식 지형을 발달시킬 뿐만 아니라 동굴 지형을 더욱 복잡하게 만든다.

환선굴은 주굴과 많은 지굴로 이루어져 매우 복잡한 형태이다. 특히 동굴 내에는 중앙 광장과 제1광장이라고 부르는 매우 넓고 큰 공간이 형성되어 있다. 환선굴 내에는 규모를 달리하는 다양한 형태의 지형이 발달되어 있다. 먼저 용식 및 침식 지형으로는 동굴 천정에 발달된 그림 Ⅰ-34의 (가)와 같은 용식공과 동굴 폭포 등이 있다. 동굴 지형을 대표한다고 할 수 있는 2차 동굴 생성물에는 종유석, 석순, 석주, 유석, 휴석, 동굴 산호 등이 있다. 이들 2차 동굴 생성물들은 지하수에 녹아 있던 탄산수소칼슘에서 이산화탄소가 빠져나가면 고체 상태의 방해석이 침전하여 생성된다. 종유석과 그림 (나)와 같은 석순 및 석주는 지하수가 천정에서 떨어질 때 생성되며, 유석은 지하수가 동굴의 벽면을 따라 흐를 때 생긴다. 그림 (다)와 같은 휴석은 논두렁 형태로 동굴 바닥의 움푹한 곳에 갇혀 있는 물에 녹아 있는 방해석이 다시 침전하여 생긴 것이다. 동굴 산호는 튀밥이나 사마귀 모양이며, 동굴 벽이나 종유석 표면 등 동굴 내 여러 곳에서 관찰할 수 있다.

환선굴은 고생대의 약 5억 3천만 년 전에 형성된 석회암층 내에 발달해 있다. 환선굴이 형성되기까지는 수백만 년이 걸린 것으로 추정되며, 이 석회암층 사이에는 곳에 따라 얇은 세일층이 끼어 있다.

석회 동굴의 생성 과정

$H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2CO_3$
물 이산화탄소 탄산

$H_2CO_3 + CaCO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$
탄산 석회암 탄산수소칼슘

용식공

주로 동굴 천정에 발달된 항아리 모양의 깊은 구멍이다. 용식공은 동굴의 출구가 형성되기 전 석회암 내에 발달된 공동을 가득 채우고 있던 지하수의 용해 작용과 침식 작용에 의해 형성된다.



(가) 용식공 (나) 석순 (다) 휴석

그림 Ⅰ-34 환선굴 내에 발달된 여러 지형

❷ 관음굴

태백산맥 주능으로부터 분기된 갈매산(해발 고도 782 m)의 북서 사면을 따라 발달되고 있는 계곡부에 폭 4 m, 높이 3.2 m인 아취상의 동굴 입구가 발달되어 있다. 동굴 입구 지점의 해발 고도는 330 m이며, 대이리 지역을 관류하고 있는 대이천 하상과의 고도차는 약 35 m이다. 총 연장 1.2 km인 관음굴의 종단면 구배는 평균 4° 미만으로 수평굴에 가까우나, 3~12 m의 낙차를 갖는 4개의 동굴 폭포들이 계단상(階段狀)으로 발달되고 있어 관음굴의 종단면 형태는 경사 복합굴의 특성을 나타낸다.

관음굴 내에 발달되는 단위 지형은 동굴 입구로부터 동굴류, 동굴 호수, 동굴 못, 계류동로, 동방, 광장, 용식 잔류 사면(slab), 붕락구, 동굴 폭포, 그리고 협곡이다. 단위 지형은 각종 미지형이나 2차 생성물로 장식되거나 피복되어 있으며, 2차 생성물로 인해 특징적인 단위 지형이 형성되는 경우도 있다.

관음굴은 동굴 입구에서부터 수심 3 m에 달하는 동굴호가 있어 출입이 자유롭지 못한 관계로 2차 생성물이 잘 보존되어 있다. "공포(恐怖)의 소(沼)"라 불리는 동구 가까이의 동굴호 주변에는 유석, 종유 커튼, 촛대형 석주(燭台型 石柱), 편심종유석(偏心鐘乳石), 방패(shield) 등의 집합이 일대 장관을 이룬다. 선반에서부터 시작된 종유 커튼, 촛대형 석주와 편심종유석은 길이가 5 m에 달하는 것도 있다.

❸ (7) 덕명리 해안(퇴적암) 경상남도 고성군 덕명리 해안의 바닷가 암반에는 그림 Ⅰ-35와 같은 공룡 발자국들이 선명하게 찍혀 있다. 이 암반은 만조 때에는 물에 잠기나 간조 때에는 노출되므로 공룡 발자국 화석들을 쉽게 관찰할 수 있다. 이들 공룡 발자국 화석은 천연 기념물 제411호로 지정되어 있다.

덕명리 해안의 바닷가 암반을 이루는 퇴적암 바위는 세일층으로 되어 있는데, 그 생성 연대는 중생대의 약 1억 년 전으로 추정된다. 덕명리 해안을 따라 약 4 km에 걸쳐 다양한 공룡 발자국과 함께 새 발자국 화석도 대량으로 발견되었는데, 2천여 개 이상 되는 공룡 발자국은 큰 것은 지름이 40~50 cm에 이른다. 덕명리 해안은 공룡 발자국 산지로는 양적으로나 다양성에 있어서 세계적으로 손꼽히는 곳이며, 중생대 새 발자국 화석지로는 세계 최대라고 알려져 있다.



덕명리 해안의 위치

덕명리 해안의 퇴적암은 다양한 퇴적 구조를 보이고 있는데, 이 퇴적암과 함께 공룡과 새 발자국 화석은 당시 공룡의 생활상, 수륙 분포, 퇴적환경, 새의 진화 과정, 생태 환경 등의 연구에 학술적으로 매우 중요한 가치가 있다고 알려져 있다. 또한 해안 지형은 기암 괴석과 해식 동굴 등 해안 절경을 이루고 있어 자연 경관도 보존 가치가 매우 높으므로, 천연 기념물로 지정하여 보호하고 있다.


그림 Ⅰ-35 덕명리 해안의 공룡 발자국 화석

❹ (8) 지리산(변성암) 국립 공원 1호로 지정되어 있는 지리산은 485 km²에 달하는 광대한 넓이와 둘레의 총 연장 길이가 320 km에 달하는 거대한 산이다. 행정 구역 상으로는 경남, 전북, 전남의 3개도, 5개군, 15면에 걸쳐 있다. 외형적으로는 웅장하면서도 유순해 보이지만 해발 고도가 1500 m가 넘는 봉우리가 15개나 되며, 비경을 갖춘 깊은 계곡들과 폭포 등이 많이 발달해 있어 수많은 사람들이 등산과 휴식을 위해 찾아가는 산이다.

지리산은 '어리석은 사람이 머물면 지혜로운 사람으로 달라진다' 하여 지리산(智異山)이라 불렀고, 또 '멀리 백두대간이 흘러 왔다.' 하여 두류산(頭流山)이라고도 하며, 옛 삼신산의 하나인 방장산(方丈山)으로도 알려져 있다. 남한에서 한라산을 제외하고 최고봉을 나타내는 그림 Ⅰ-36과 같은 지리산 천왕봉은 해발 고도가 1915 m이다. 최고봉인 천왕



지리산의 위치

④ 변성암 지역

- 지리산 국립 공원, 오대산 국립 공원, 덕유산 국립 공원, 태백산 도립 공원
- 소백산 국립 공원, 홍도, 백령도
- 변성암 지역에 분포하는 암석은 선캄브리아 시대의 암석으로 장기간에 걸쳐 풍화와 침식작용 및 융기 작용을 받아 계곡과 골짜기가 깊어 자연 경관이 아름답다.

❸ 덕명리 해안

경남 사천시 시내에서 동쪽으로 고성행 국도를 따라가면 월흥리에서 '상족암 군립 공원' 표지판을 만난다. 표지판의 안내에 따라 남쪽 길로 1 km쯤 가면 공원 시설이 나오고, 해안에 위치한 공룡 발자국 화석 산지로 가는 안내판이 기다린다.

바닷가의 노두는 넓은 지역에 노출된 층리면과 절벽으로 나눌 수 있는데, 층리면들은 썰물 때 넓게 드러나고 그 표면에 공룡 발자국 화석들이 선명하게 나타난다. 전체적으로 흑색 이암과 드물게 협재되는 얇은 판상 사암층들로 구성되었으나, 절벽 노두에는 사층리가 발달된 두꺼운 사암체도 발달된다. 얇은 사암체들의 층리면에는 물결자국이 보존되었으며 30~50 cm 두께의 암회색 맥암도 관찰된다. 많은 층리면들이 보존된 것은 한 층의 퇴적 후 침식이 일어나지 않고 다음 층이 계속 퇴적되었음을 의미한다.

공룡 발자국들은 용각류, 조각류 및 수각류의 족적 보행열들로서 조각류의 경우는 두 발로 걸어서 발자국이 작은데도 간격이 크며, 발톱 흔적이 뚜렷하게 나타난다. 보행열 화석들이 전혀 손상되지 않고 보존된 점으로 보아 이 노두는 호수의 가장자리에서 퇴적되었으며, 호수면의 상승과 하강이 빈번하였음을 알 수 있다. 두꺼운 사암층은 호수로 유입되는 소규모 하도의 퇴적층으로 해석된다. 이 노두는 백악기 함안층에 해당되며, 함안층이 주로 자색 이암으로 된 범람원 퇴적층인 점으로 보아 상족암의 지층은 범람원상에 발달된, 수심이 얕은 소규모 호수에서 퇴적된 것으로 해석된다.

❸ 지리산

1967년 우리나라에서 최초로 국립 공원으로 지정되었으며 3개 도(전라북도, 전라남도 및 경상남도)에 걸쳐 발달되어 있다. 지리산은 해발 고도가 1,000 m 이상인 산봉우리들이 많아 산체가 매우 웅장하다. 지리산의 지세는 해발 고도가 1,000 m 이상인 지대가 북동–남서 및 동–서 방향으로 연장된다. 이에 따라 지리산 주능선은 북서 능선과 동서 능선으로 구분할 수 있으며, 거리는 58 km에 달한다. 지리산의 너른 품 안에는 1,500

m가 넘는 20여 개의 봉우리가 천왕봉(1,915 m), 반야봉(1,732 m), 노고단(1,507 m)의 3대 주봉을 중심으로 병풍처럼 펼쳐져 있으며, 20여 개의 긴 능선이 있고 그 품 속에는 칠선 계곡, 한신 계곡, 대원사 계곡, 피아골, 뱀사골 등 큰 계곡이 있다.

지리산 국립 공원 지역에 분포하는 암석은 크게 선캄브리아 시대의 지리산편마암 복합체에 속하는 변성암류와 중생대 쥐라기에 변성암류를 관입한 화성암류 및 하곡 주변의 낮은 지대에 분포하는 제 4 기층으로 구분된다. 선캄브리아 시대의 편마암류는 가장 넓은 지역에 걸쳐 분포하며, 구성 광물과 암석의 조직이 매우 다양하다. 편마암류는 천왕봉 동부 지역, 뱀사골–피아골 서부 지역, 노고단 남서부 지역 및 화엄사 계곡과 쌍계사 계곡 등지에 분포한다. 이들 변성암은 17~18억 년 전에 지리산 일대에 걸쳐 광범위하게 일어난 강한 변성 작용에 의해 생성된 것으로 알려졌다.

지리산의 자연 경관은 산세가 매우 우람하고 장엄하여 도처에 옥류 및 필경을 간직하고 있어 옛날부터 지리산 12동천, 지리 10경으로 그 경관적 신비가 널리 알려져 있다. 동서로 길게 연이은 주능선은 병풍처럼 우뚝 솟아 고산 영봉의 자태를 보이고 주변부를 휘감은 운무는 가히 선경을 이루며, 주능선을 경계로 남쪽의 화엄사 계곡, 피아골, 대성계곡, 북쪽의 심원 계곡, 뱀사골 계곡, 칠선 계곡 등은 계곡에 접한 암석군과 수경, 가을의 단풍 및 겨울 설경이 펼쳐져 장관을 이루며 높이 60 m의 불일 폭포, 구룡 폭포, 용추 폭포, 칠선 폭포, 치밭목 폭포 등이 도처에 산재하여 계곡부의 경관적 가치를 더해 주고 있다. 그리고 계곡류의 침식 작용에 의해 노출된 하상의 암반에는 많은 돌개구멍이 형성되어 있다.

봉을 주봉으로 하는 지리산은 서쪽 끝의 노고단(1507 m), 서쪽 중앙의 반야봉(1751 m) 등 3봉을 중심으로 하여 동서로 40여 km의 거대한 산악군을 형성한다(그림 Ⅰ-37). 천왕봉을 구성하는 암석은 중생대의 화성암(섬록암)이지만 지리산을 이루는 암석은 대부분 선캄브리아대의 변성암(편마암류)이다. 지리산은 생성 시기가 오래 된 만큼 토양이 두껍게 발달되어 있으며 융기 및 풍화 침식 작용을 많이 받아 깊은 계곡이 형성되었고, 산간 분지와 고원 평탄면도 형성되어 있다.

지리산은 경관이 수려할 뿐만 아니라 화엄사, 천은사, 연곡사, 쌍계사 등 유서 깊은 사찰과 국보 · 보물 등의 문화재가 많으며, 800여 종의 식물과 400여 종의 동물 등 동식물상으로 좋은 생태계가 조성되어 있어 1967년 국립 공원 제1호로 지정되었다. 이처럼 소중한 국립 공원이 훼손되지 않도록 등산객이나 방문객들은 항상 주의를 해야 한다.



그림 Ⅰ-36 지리산 천왕봉



그림 Ⅰ-37 반야봉에서 본 지리산 능선

한 걸음 더

지리산의 산사태

국립 공원 관리 공단과 녹색 연합은 지난 2003년 5월부터 2004년 9월까지 1년 4개월간 지리산 국립 공원 내에서 발생한 산사태를 조사했다. 이 조사 결과 총 29곳에서 대형 산사태를 확인했으며, 이 중 27개소 지역이 천왕봉을 중심으로 한 지리산 동부 지역이었다. 산사태 발생 지역 중 26개 지역을 분석한 결과, 길이 100 m 이하가 12개소(46.2%)로 가장 많았고, 다음으로 100~200 m 길이의 산사태(9개소, 34.6%)였으며, 400 m 이상의 규모를 가진 사태도 1군데 확인됐다. 산사태의 평균 폭은 10m 이상이 23개소로 대부분 매우 넓었으며, 산사태 발생 지역의 평균 경사는 30° 이상으로 경사가 가팔랐다. 나머지 사태의 3개소는 2004년 1월 이후 확인되어 계속 관찰 중이다.

발생한 산사태는 모두 자연적인 산사태로 집중 호우, 지반 불안정 등에 의한 것으로 추정된다. 이처럼 지리산에서 산사태가 자주 발생하는 것은 지리산이 집중 호우를 동반하는 태풍의 길목인 남해안 바로 북쪽에 위치하고 있기 때문으로 보인다. 태풍의 비구름층이 고도 1500 m 이상인 지리산 능선을 넘을 때 집중적인 강우를 유발한다. 일반적으로 산사태는 1차적 원인이 강우이며, 2차적 원인은 지반 및 지질 상태이고, 3차적 원인은 지형(경사)으로 보고 있다.

70 | Ⅰ. 소중한 지구

• 우리나라의 변성암 지역

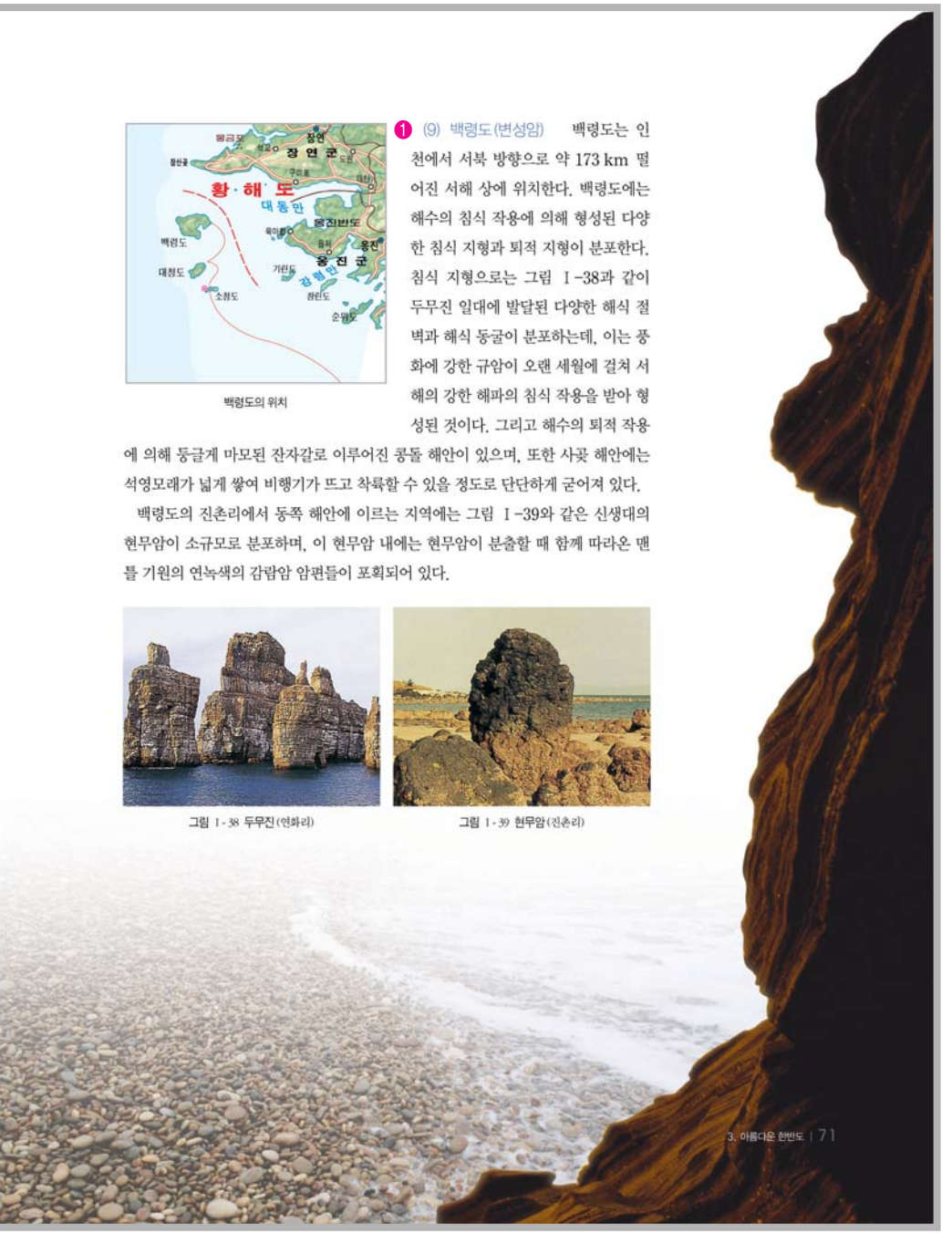
우리나라에서 변성암 지역에 분포하는 대표적인 지질 명소는 지리산 국립 공원, 소백산 국립 공원, 오대산 국립 공원, 태백산 도립 공원, 백령도 등이다. 이들 지역에 분포하는 암석은 대부분 선캄브리아 시대의 변성암류로 이루어져 있으며, 계속되는 융기와 풍화 작용을 받아 산 능선이 비교적 완만하며, 토양층이 두껍게 발달해 있다. 따라서 일부 산 정상을 제외하고는 기반암이 비교적 덜 노출되어 있다.

❶ 백령도

백령도는 황해도의 옹진반도에서 약 30 km 서쪽에, 장산곶에서는 약 12 km 남쪽에 위치한다. 백령도와 인근의 대청도, 소청도 일대에는 황해도 육지에 분포하는 후기 원생대 상원계의 일부에 해당될 것으로 추정되는 지층이 분포한다.

백령도에 분포하는 지층은 크게 4개 군으로 나눌 수 있다. 즉 상원계에 대비되는 변성 퇴적암층과 이를 관입한 시대 미상의 맥암류, 신생대의 현무암 및 미고결층이다.

(1) 후기 원생대 백령층군: 후기 원생대 변성 퇴적암누층은 북동부 일부를 제외한 백령도의 거의 전역에 분포되었다. 이 변성 퇴적암층은 주로 암회색~흑색의 이암, 회색~암회색 또는 흑색의 실트암과 세립사암, 회색~담회색의 세립질 사암 및 규암, 담회색 및



백령도의 위치

❶ (9) 백령도(변성암) 백령도는 인천에서 서북 방향으로 약 173 km 떨어진 서해 상에 위치한다. 백령도에는 해수의 침식 작용에 의해 형성된 다양한 침식 지형과 퇴적 지형이 분포한다. 침식 지형으로는 그림 Ⅰ-38과 같이 두무진 일대에 발달된 다양한 해식 절벽과 해식 동굴이 분포하는데, 이는 풍화에 강한 규암이 오랜 세월에 걸쳐 서해의 강한 해파의 침식 작용을 받아 형성된 것이다. 그리고 해수의 퇴적 작용에 의해 둥글게 마모된 잔자갈로 이루어진 콩돌 해안이 있으며, 또한 사곶 해안에는 석영모래가 넓게 쌓여 비행기가 뜨고 착륙할 수 있을 정도로 단단하게 굳어져 있다.

백령도의 진촌리에서 동쪽 해안에 이르는 지역에는 그림 Ⅰ-39와 같은 신생대의 현무암이 소규모로 분포하며, 이 현무암 내에는 현무암이 분출할 때 함께 따라온 맨틀 기원의 연녹색의 감람암 암편들이 포획되어 있다.

그림 Ⅰ-38 두무진(연화리)

그림 Ⅰ-39 현무암(진촌리)

회백색 또는 담황회색의 중립질~조립질 규암 등으로 구성되었다. 곳에 따라 세립질암의 일부는 녹색조를 띠기도 한다.

백령도의 변성 퇴적암층은 하부로부터 중화동층, 장촌층 및 두무진층으로 구분되며, 이들을 묶어 백령층군이라 부른다.

이암과 실트암의 대부분은 점판암 및 천매암, 또는 세일화하였다. 세립질 사암류는 상당히 규암화하였으며, 일부는 천매암질 사암이다.

한편 중립~조립질 규암의 일부에는 사암의 조직이 보존되어 있다. 변성 퇴적암층 내에는 사층리, 연흔, 층리 등의 퇴적 구조가 풍부하게 발달되어 있다. 또한 이들 변성 퇴적암 내에는 대규모 단층과 습곡 등이 발달되어 있다.

(2) 제3기 현무암: 백령도의 북동부인 진촌리 일대에는 백령층군을 관입, 분출한 제3기 현무암이 분포한다. 분포 지역은 동북동–서남서 방향의 축을 갖는 반타원형을 이루고 있으며, 분포 면적은 4 km^2이다. 현무암 내에는 커다란 황록색~녹황색의 초염기성암 단괴가 들어 있음이 특징적이다.

또한 커다란 사장석 반정이 발달되었고, 드물게 규암 등의 고기 암편도 포획되어 있다. 이 현무암의 주 구성 광물은 감람석, 휘석 및 사장석이며, 부 구성 광물은 자철석과 알칼리장석으로, 이는 알칼리감람석현무암에 해당된다.

진촌리 동쪽 해안의 초염기성암 단괴를 함유한 현무암 노두군은 천연기념물 제393호로 지정되었다. 이 현무암의 절대 연령 측정 결과는 6.6 Ma 내지 4.7 Ma로, 이는 신제3기 마이오세 말에 해당되는 것이다. 또한 K–Ar 연대 측정 결과는 4.65~5.00 Ma로 이는 신제3기 말의 플라이오세에 해당된다.

(3) 제 4기 지층: 제 4기 미고결층에는 충적층, 해빈층, 풍성층 등이 있다. 충적층은 섬의 중부와 서부에 발달되었는데, 대부분 사력과 충적토이다. 중화동의 일부 전답 하위에는 박층의 토탄층(두께: 1 m 미만)이 형성되었다. 백령도 서쪽과 동남쪽 해안에는 해빈층이 발달되었다. 특히 사곶동 해안에는 석영과 장석질의 실트/세립질 모래로 이루어진 사빈층이 넓게 형성되어, 해수욕장과 비상시 간이 비행장으로 이용되고 있다(천연기념물 제391호).

남부 오군포 해안에는 원마도가 매우 양호한 잔자갈층이 넓게 발달되어 있는데(천연기념물 제392호), 현지에서는 이를 '콩돌'이라 부른다. 이는 해파의 마모 작용에 의해 형성된 것으로, 성분은 대부분 규질암이다. 콩돌의 암색은 백색, 적자색, 회색~암회색 등 다양하다. 이러한 마식 자갈층은 서쪽과 동쪽 해안 일부에서도 관찰된다.

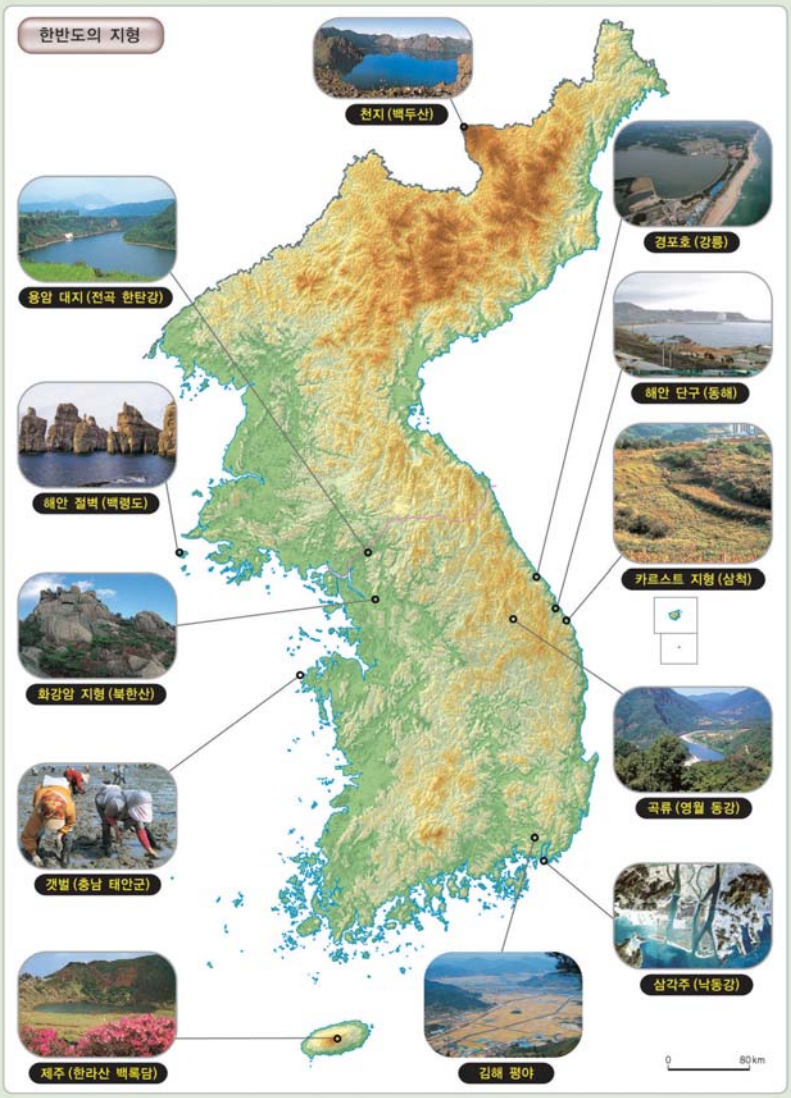
일부 해안에는 해풍에 의해 근거리에서 운반된 풍성 사질층이 불규칙하게 박층으로 쌓여 있다.

(4) 백령도 지형: 백령도는 해수의 조석 간만의 차가 심한 서해안에 위치하고 있어, 해수 작용에 의해 형성된 침식 지형과 퇴적 지형이 많이 발달되어 있다. 침식 지형에는 해식 절벽, 파식 대지, 해식 동굴, 스택 등이 있다. 특히 두무진 일대에는 이들 지형이 잘 발달되어 있어 명승 제8호로 지정되었다.

• 해안 단구

과거의 해수의 침식 작용에 의해 형성된 해성 평탄면이 육지상 노출된 지형을 말한다. 즉, 해식대나 천해저 퇴적면이 이수되어 해안선을 따라 계단상으로 분포되어 있는 지형이다. 단구면의 안쪽에는 과거의 해면을 나타내는 구정선으로 배후의 절벽은 구해식애에 해당된다. 단구의 수, 고도, 규모, 형태, 구성층 등은 단구 형성과 관계된 해수면 변화나 지각 변동, 단구 형성 시의 지형 · 해황 및 구성 암석 등에 따라 다르다. 해안 단구는 일반적으로 간빙기의 고해면기에 형성된 것으로, 그의 연대는 최근 단구 퇴적물 중의 산호 및 기타 화석의 연대 측정에 의하여 그 연대가 약 12~13만 년, 10만 년, 8만 년, 6만 년, 4만 년 전으로 단구의 형성기가 알려졌다.

단구를 덮고 있는 광역 화산회에 의하여 단구의 형성 연대를 측정할 수 있다. 해안 단구는 일반적으로 높은 곳의 것이 오래된 것이다. 그의 원인을 설명하기 위해서는 해면 변화에다 지각의 융기를 생각할 필요가 있다. 융기 속도가 큰 지역은 대개 다수의 고해면기가 해안 단구로서 남아 있다. 구정선의 높이의 올바른 인정과 높이의 측정은 제4기 후기의 지각 변동의 양식, 융기 속도의 분포 · 추이를 보는 데 유용하다. 좁은 변동대에서는 넓은 변동대나 안정 지역보다 융기 속도가 매우 크다.



72 | I. 소중한 지구

[2] 옛 조상들의 지형 명소 감상

탐구 18 **자료 해석**

우리나라의 지질 명소의 기록 조사하기

1. 목표

우리 옛 조상들은 우리나라의 자연 경관의 아름다움을 그림이나 글로 어떻게 표현하였는지 알아본다.

2. 정리

1. 겸재 정선이 금강산의 아름다운 자연 경관을 묘사한 동양화

2. 설악산의 계절 변화를 노래함. 3월에 내리는 눈의 모습을 나비의 나는 모습에 비유하였으며, 6월에 개구리가 동면에서 깨어나 우는 소리를 묘사하였음.

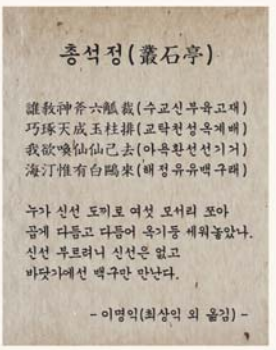
2 옛조상들의 지형 명소 감상

옛 조상들은 우리나라 지형의 아름다운 자연 경관에 대한 느낌이나 감정을 어떻게 표현하였는지 알아보자.

탐구 18 자료 해석 **우리나라의 지질 명소 기록 조사하기**

과정 다음은 우리 조상들이 우리나라 지형의 아름다움을 그림이나 글로 표현한 작품들이다. 왼쪽 그림은 겸재 정선의 금강산을 그린 금강산 전도이고 오른쪽은 설악산을 읊은 시이다.





총석정(叢石亭)

誰敎神斧六鰲裁(수교신부육고재)
巧琢天成玉柱排(교탁천성옥주배)
我欲喚仙仙已去(아욕환선선기거)
海汀惟有白鷗來(해정유유백구래)

누가 신선 도끼로 여섯 모거리 뽀아
곱게 다듬고 다듬어 옥기둥 세워놓았나.
신선 부르려니 신선은 없고
바닷가에선 백구만 만난다.

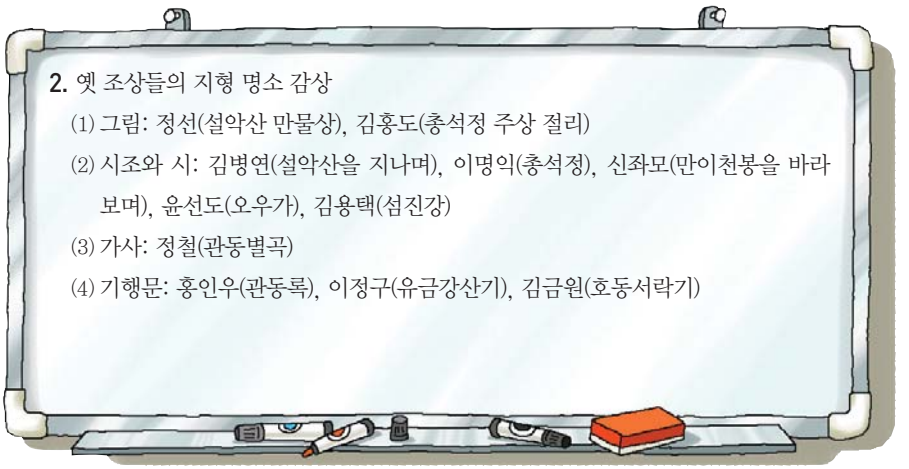
- 이명익(최상익 외 옮김) -

정리 1. 겸재 정선은 금강산의 어떤 모습을 묘사했는가?
2. 이명익은 총석정의 어떤 지질 경관을 시로 표현했는지 토의해 보자.

조선조 숙종 때의 겸재 정선은 우리나라 지형의 아름다움을 동양화로 가장 잘 표현한 화가이다. 그는 금강산과 관동팔경의 명승첩 등의 그림을 많이 남겼다. 또한 단원 김홍도는 해동 명산도에서 금강산 일대의 절경 32곳을 그려 우리 강산의 아름다움을 예술로 승화시켰다.

고려 말 강원도 도지사격이었던 안축은 '금강산은 수려하나 웅장하지 못하고, 지리산은 웅장하나 수려하지 못하지만 설악산은 수려한데다 웅장하기까지 하다.' 고 표현하였다. 동국여지승람에 설악산은 '한가위부터 내려 쌓이기 시작한 눈은 하지에 이르러 비로소 녹는다.' 고 하여 붙인 이름이라 하였는데, 이것은 설악산이 눈이 일찍 오고 오랫 동안 남아 있기 때문에 옛날부터 그렇게 부르게 된 것이다.

이와 같이 우리 옛 선조들은 그림이나 글로써 우리나라 자연 경관의 아름다움을 표현하였으며, 옛 선비들은 우리나라의 경치와 풍광이 좋은 곳을 찾아가 정자나 계곡에서 시와 노래로 풍류를 즐기기도 하였다.



2. 옛 조상들의 지형 명소 감상

(1) 그림: 정선(설악산 만물상), 김홍도(총석정 주상 절리)

(2) 시조와 시: 김병연(설악산을 지나며), 이명익(총석정), 신좌모(만이천봉을 바라보며), 윤선도(오우가), 김용택(섬진강)

(3) 가사: 정철(관동별곡)

(4) 기행문: 홍인우(관동록), 이정구(유금강산기), 김금원(호동서락기)

우리 조상들은 옛날부터 아름다운 강산을 유람하며 많은 그림과 시 및 유람기 등을 남겼다. 이들 중 대표적인 작품 일부를 소개한다.

(1) 그림

① 겸재 정선(1676~1759)은 금강산과 관동 지역을 여행하고 많은 그림을 남겼으며, 그 대표적인 예는 금강산 명승첩, 관동팔경 명승첩, 인왕제색도 등이 있다.

② 단원 김홍도(1745~1806)는 조선 전기 최대의 화가로 손꼽히는 현동자 안견 (15세기), 기우는 왕조의 말미에 마지막 타오르는 불꽃처럼 화사하게 장식한 오원 장승업(1843~1897)과 함께 '조선 삼대 화가' 로 지칭된다. 또는 그는 '조선의 화종(畵宗)' 혹은 '조선의 화성(畵聖)' 으로 지칭되는 겸재 정선(1676~1795)과 더불어 '조선의 화선(畵仙)' 이라고 한다. 김홍도의 대표적인 작품으로는 금강사군첩(金剛四郡帖), 해동명산도첩(海東名山圖帖), 관동팔경도(關東八景圖), 을묘년화첩(乙卯年畵帖) 및 병진년화첩(兵陣年畵帖) 등이 있다.

③ 이 외에도 강세황(그림 태종대), 이인상[그림 송하관폭도(시 · 서 · 화에 능해 삼절(三絕)이라 했음)]과 같은 화가들이 있다.

오늘날에도 많은 화가들이 우리나라의 아름다운 산천을 그림으로 남기고 있다.

(2) 시: 우리 조상들이 금강산을 둘러보고 남긴 한시만 해도 1천 수가 넘는다. 예를 들면 다음과 같다.

> 단발령 위에서 만이천봉을 바라보며
> - 신좌모 (최상익 외 옮김)
>
> 우뚝우뚝 뾰쪽뾰쪽 기괴한 바위
> 사람인가 신선인가 귀신인가 부처인가.
> 평생토록 시 공부해 금강산에서 쓰고 싶었는데
> 금강산을 보고 나니 (시를) 쓸 수가 없다.

(3) 가사(歌辭): 고려 말엽부터 나타난 시가와 산문의 중간 형태의 문학이다. 형식은 주로 4음보의 율문(律文)으로 3 · 4조 또는 4 · 4조를 기조로 하며 행수(行數)에는 제한이 없다.

대표 작품은 송강 정철(1536~1593)이 남긴 관동별곡이다. 관동별곡은 149절 298구로 된 가사체의 장가(長歌)이다. 관동별곡은 정철이 강원도 관찰사로 제수되어 원주에 도임한 뒤 한가한 여가를 얻어 관동 산수를 유람하며 남긴 글이다. 그는 춘천, 철원, 회양 등지를 거쳐 금강산으로 들어간 후 만폭동 폭포, 금강대의 선학, 불정대의 12폭포 등을 구경하고 동해안으로 나와 명사십리, 총석정, 삼일포를 거쳐 낙산, 강릉, 삼척 오죽헌 등을 두루 구경하였다.

예를 들면 금강산의 개심대에 올라 노래한 내용은 다음과 같다.

> 개심대 고텨올라 듕향셩 ᄇᆞ라보며
> 만이쳔봉을 녁녁히 혜여(혀여)ᄒᆞ니
> 봉마다 ᄆᆞ 쳐잇고 긋마다 서린 긔운
> 묽거든 조치(티)마나 조커든 묽지(디)마나
> 져(뎌) 긔운 흐터내야 인걸을 ᄆᆞᆫ들(돌)고쟈
> 형용도 그지 업고 톄세도 하도 홀샤
> 턴디 삼기실졔 ᄌᆞ연이 되연마ᄂᆞᆫ
> 이제와 보게되니 유졍도 유졍홀샤
> –관동별곡 제 8단 중에서–

(4) 산수유기: 금강산 일대를 여행하고 글로 남긴 조선 시대 인물에는 홍인우(1515~1554; 관동록), 이정구(1564~1635; 유금강산기), 이경석(1595~1671; 풍악록), 법종(1670~1733; 유금강록), 김금원(1817~?; 호동서락기) 등이 있다. 이들은 모두 한문으로 된 기행문을 썼다. 김금원은 강원도 원주 출신의 여성으로서 문장을 잘 썼으며, 27세 이후 시문으로 이름을 떨쳤다.

다음은 김금원이 삼일포 일대를 여행하고 남긴 글이다.

삼일포에서

고성으로 길을 바꿔 삼일포(三日浦)를 찾았다. 소나무 숲 그늘 이뤄 어둑한데 호수의 물빛 은은히 반짝거린다. 북쪽으로 바다처럼 호탕한 물결 거슬러 올라가니 서쪽에는 불쑥불쑥 솟은 산봉우리 우뚝 서 있고, 기이하게 생긴 바위가 대문처럼 서 있는데 맑은 모래는 비단처럼 펼쳐 있어 이미 인간 세계가 아니다. 앞에 큰 바위가 하나 있는데 뒤쪽에는 삼일호(三日湖)라고 새겨져 있고, 앞쪽에는 제일호산(第一湖山)이라고 새겨져 있다. 배를 불러 호수에 띄웠다. 호수는 바닷물로 동북쪽으로부터 흘러 들어왔는데 물의 푸르기가 쪽빛 같고, 맑기는 거울 같다. 물새들 놀래지 않고 물풀이 엇갈려 비껴 있는데 깊어도 머리를 넘지 않고, 얕아도 겨우 허리를 잠근다. 호수 가운데 벌려 있는 섬들은 모두 흰 돌이 모여 이루어졌는데 푸른 나무들에 넝쿨이 덮여 얽혀 있다. 36봉우리는 모두 두 손을 마주 잡고 읍 하듯 사방을 둘러싼 채 상긋이 웃으며 나는 듯 춤을 추려는 것 같고, 바위의 모양은 가마솥 같기도 하고 종 같기도 한데 모두 머리를 돌려 안쪽을 향하고 있다. 이 한 곳 광경의 아름답고 고운 모습은 완연히 정숙하고 얌전한 여자가 엷게 화장하고 서 있는 듯하여 빼어난 자태 두 손으로 움켜쥐고 싶다. (이하 생략) 〈출처 : 최상익, 허남욱, 김풍기 편역, 2000, 조선 시대 금강산 유기, 강원대학교 출판부〉

옛 조상들의 명소 기록


인왕제색도 (정선 : 1751년, 국보 216호, 삼성미술관 리움)

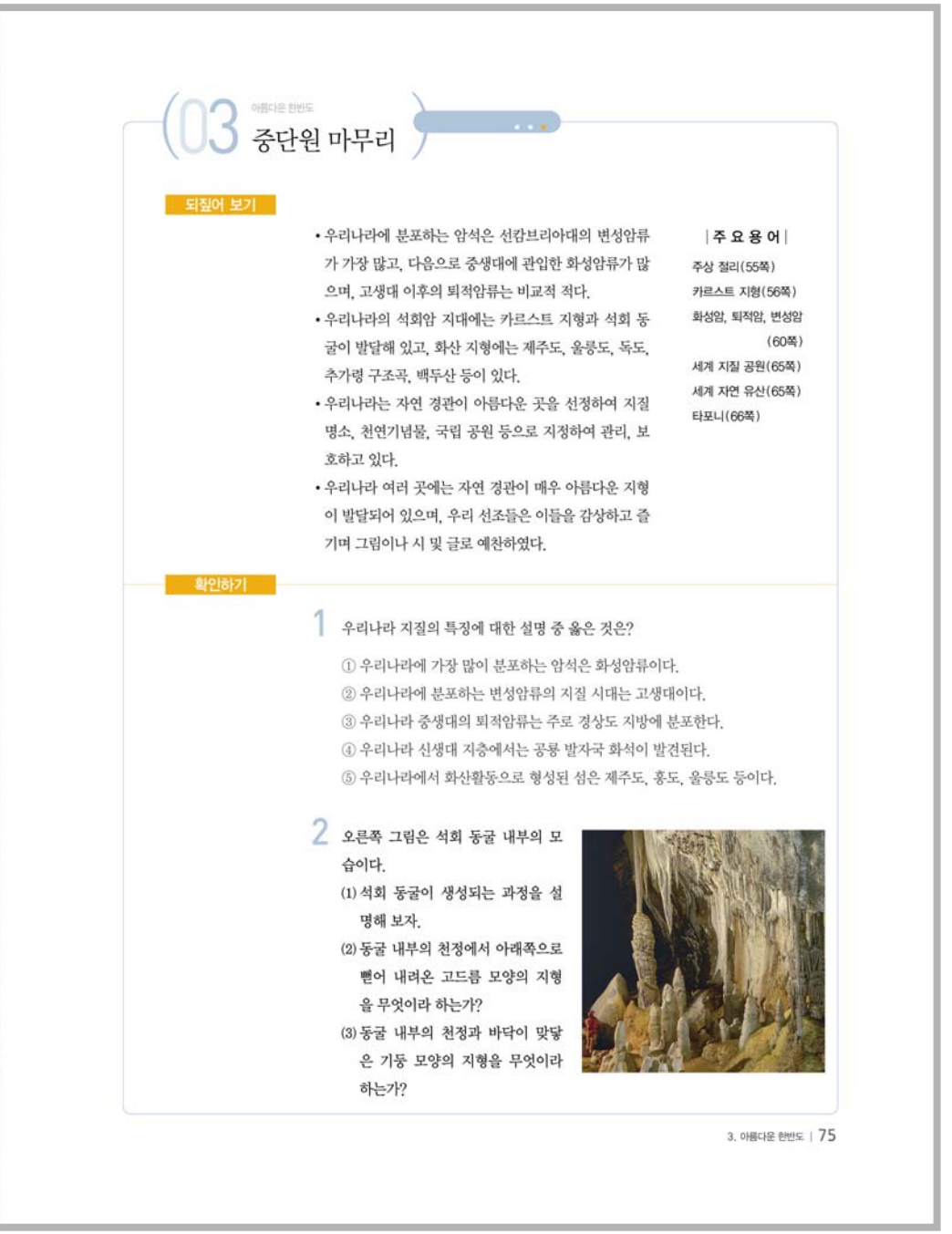

총석정도 (김홍도 : 1795, 을묘년 화첩)


송하관폭도 (이인상 : 18세기 중엽, 국립중앙박물관)


하경산수도 (심사정 : 18세기, 국립중앙박물관)


영통도우도 (강세황 : 1757년, 국립중앙박물관)


태종대도 (강세황 : 1757년, 국립중앙박물관)



03 아름다운 한반도
중단원 마무리

되짚어 보기

- 우리나라에 분포하는 암석은 선캄브리아대의 변성암류가 가장 많고, 다음으로 중생대에 관입한 화성암류가 많으며, 고생대 이후의 퇴적암류는 비교적 적다.
- 우리나라의 석회암 지대에는 카르스트 지형과 석회 동굴이 발달해 있고, 화산 지형에는 제주도, 울릉도, 독도, 추가령 구조곡, 백두산 등이 있다.
- 우리나라는 자연 경관이 아름다운 곳을 선정하여 지질 명소, 천연기념물, 국립 공원 등으로 지정하여 관리, 보호하고 있다.
- 우리나라 여러 곳에는 자연 경관이 매우 아름다운 지형이 발달되어 있으며, 우리 선조들은 이들을 감상하고 즐기며 그림이나 시 및 글로 예찬하였다.

| 주 요 용 어 |
주상 절리(55쪽)
카르스트 지형(56쪽)
화성암, 퇴적암, 변성암 (60쪽)
세계 지질 공원(65쪽)
세계 자연 유산(65쪽)
타포니(66쪽)

확인하기

1 우리나라 지질의 특징에 대한 설명 중 옳은 것은?

① 우리나라에 가장 많이 분포하는 암석은 화성암류이다.
② 우리나라에 분포하는 변성암류의 지질 시대는 고생대이다.
③ 우리나라 중생대의 퇴적암류는 주로 경상도 지방에 분포한다.
④ 우리나라 신생대 지층에서는 공룡 발자국 화석이 발견된다.
⑤ 우리나라에서 화산활동으로 형성된 섬은 제주도, 홍도, 울릉도 등이다.

2 오른쪽 그림은 석회 동굴 내부의 모습이다.
(1) 석회 동굴이 생성되는 과정을 설명해 보자.
(2) 동굴 내부의 천정에서 아래쪽으로 뻗어 내려온 고드름 모양의 지형을 무엇이라 하는가?
(3) 동굴 내부의 천정과 바닥이 맞닿은 기둥 모양의 지형을 무엇이라 하는가?

3. 아름다운 한반도 | 75

주요 용어

- **주상 절리**: 용암이 냉각되어 고결될 때에 수축이 일어나므로 암석 내에 틈이 생기게 되며, 이런 틈을 절리라고 한다. 주상 절리는 용암이 분출되어 굳어진 화산암, 특히 현무암 내에 육각 또는 오각의 기둥 모양의 절리가 형성되어 있는 형태를 말한다.
- **카르스트 지형**: 카르스트 지형은 탄산염암(석회암과 백운암)이 지하수의 용식 작용에 의해 형성된 지형을 일컫는다.
- **화성암**: 마그마가 지각으로 관입하거나 지표로 분출하여 굳어진 암석을 일컫는다. 화성암은 마그마가 냉각되어 굳어지는 장소의 깊고 얕음에 따라 심성암, 반심성암, 화산암으로 분류한다.
- **퇴적암**: 암석의 풍화 산물인 쇄설성 퇴적물이나 생물체의 잔류물 또는 용해 물질이 층상으로 쌓여서 굳어진 암석을 일컫는다.
- **변성암**: 화성암이나 퇴적암 또는 변성암이 지하 깊은 곳에 높은 온도와 압력, 고온의 유체, 시간 등의 변성 요인에 의해 구성 광물과 암석의 조직이 달라져 생성된 암석이다.
- **타포니**(tafoni): 타포니는 '구멍 투성이'라는 뜻으로 괴상의 암석 측면에 동굴 형태로 발달된 풍화혈을 말한다.

확인하기

1. ③

해설 ① 우리나라에 가장 많이 분포하는 암석은 변성암이다.

② 우리나라에 넓게 분포하는 변성암의 지질 시대는 선캄브리아 시대이다.

④ 신생대에는 공룡이 살지 않았다.

⑤ 홍도는 화산 활동에 의해 생성되지 않았다.

2. (1) 석회 동굴은 이산화탄소가 많이 포함된 지하수가 석회암의 틈을 따라 흐를 때 지하수에 방해석(석회암)이 녹아 생성된 동굴이다.

방해석이 녹는 반응식은 다음과 같다.

$H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2CO_3$

$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$

(2) 종유석: 동굴 천정에서 지하수가 떨어질 때 물이 증발하면서 이산화탄소가 빠져나가면 방해석이 침전되어 종유석이 생성된다.

이 반응식은 다음과 같다.

$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$

(3) 석주, 천정에 지하수가 떨어지면서 생성된 종유석과 동굴 바닥에 떨어진 지하수에서 생성된 석순이 계속 자라 서로 닿게 되면 기둥 모양의 방해석 기둥이 생성된다.

단원평가

1. 원시 대기의 주성분이던 이산화탄소는 많은 양이 해수에 용해, 침전되어 석회암을 형성하게 되었고, 원시 대기에 없었던 산소는 약 27억 년 전 남조류의 광합성으로 만들어져 대기 중에 배출되었으며, 이산화탄소보다 더 높은 비율의 대기 성분이 되었다.

2. ③
해설 ㄴ. 해수의 염분 변화의 주요 원인은 수권과 기권의 상호 작용에 의한 것이다.
ㄹ. 화석 연료의 생성은 지질 시대에 번성했던 미생물과 식물들이 퇴적층에 쌓여서 만들어진 것이므로, 생물권과 지권의 상호 작용에 의한 것이다.

3. ①
해설 지구 환경 구성 요소들 사이에서 일어나는 상호 작용은 물질과 에너지의 이동에 의해 일어나는 자연 환경이다.

4. ⑤
해설 해양 에너지 자원 중 조석 에너지나 파랑 에너지는 대체 에너지 자원으로 중요시되고 있으며, 청정 에너지이므로 해수의 오염원이라고 할 수 없다.

5. (1) 리아스식 해안
(2) 카르스트 지형
(3) 공룡 발자국, 새 발자국 화석
(4) 해안 단구
(5) 국립 공원
(6) 관동별곡
(7) 주상 절리

6. (1) 한라산
(2) 변산반도의 채석강
(3) 독도
(4) 백두산

7. (1) 중생대
(2) 퇴적암(셰일층)

8. (1) 화강암
(2) 화강암
(3) 역암
(4) 규암
(5) 변성암
(6) 석회암

단원 평가

1 원시 지구의 대기와 현재 지구의 대기 성분에서 가장 큰 차이를 보이는 것은 산소와 이산화탄소의 분압이다. 그 이유를 설명하시오.

2 다음 〈보기〉는 지구 환경 요소간의 상호 작용을 설명한 것이다. 옳은 것을 모두 고르면?

보기
ㄱ. 해류의 발생 : 기권과 수권의 상호 작용
ㄴ. 해수의 염분 변화 : 생물권과 기권의 상호 작용
ㄷ. 해파에 의한 해안선의 변화 : 지권과 수권의 상호 작용
ㄹ. 화석 연료의 생성 : 생물권과 수권의 상호 작용

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄷ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄹ

3 지구 환경 구성 요소의 상호 작용에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?
① 에너지는 지구 환경 구성 요소들 사이에서 서로 이동할 수 없다.
② 지표 위를 흐르는 물은 침식 작용에 의해 지권의 자연 경관을 변화시키고 있다.
③ 지권의 탄소는 인간 활동에 의한 화석 연료 사용에 의해 대기 중으로 방출되고 있다.
④ 지구 환경 변화를 일으키는 주된 에너지는 태양 복사 에너지이다.
⑤ 지구 환경의 구성 요소 중 어느 한 영역의 변화는 다른 구성 요소에도 영향을 준다.

4 해양 자원에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?
① 해양은 다양한 광물 자원과 에너지 자원, 식량 자원을 제공한다.
② 심해저 광물 중에서 망간 단괴는 유용 광물을 다량 함유하고 있다.
③ 해양 수산 자원은 식량뿐만 아니라 공업 원료나 의약품 등에도 활용되고 있다.
④ 우리나라는 태평양 공해상에서 해저 자원 탐사를 수행하고 있다.
⑤ 해양 에너지 자원 중 조석 에너지나 파랑 에너지는 해수의 오염원이 되고 있다.

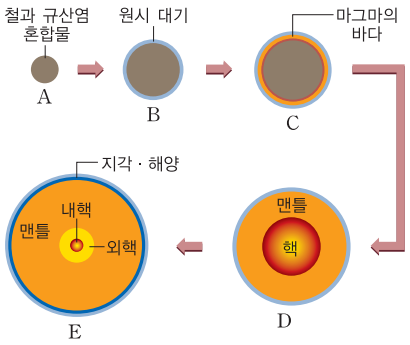
5 다음 물음에 알맞은 말을 보기에서 찾아 써라.

보기
타포니, 수평 절리, 주상 절리, 카르스트 지형, 리아스식 해안, 해안 단구, 공룡 발자국, 명소, 천연기념물, 국립 공원, 관동별곡, 고산가사

76 | I. 소중한 지구

추가 문제

9. 다음 그림은 원시 지구의 생성과 진화 과정을 나타낸 것이다. 이에 대한 물음에 답하시오.



(1) 남해안이나 서해안에 발달된 해안 지형 ( )
(2) 돌리네, 석회 동굴 등이 많이 발달된 석회암 지대의 특수한 지형 ( )
(3) 경상남도 덕명리 해안에서 발견되는 중생대 동물 흔적 ( )
(4) 지각의 융기 작용에 의해 해안 지역에 발달된 계단 모양의 지형 ( )
(5) 자연의 명승지 및 희귀한 동식물을 보호하고, 국민의 보건과 휴양을 위해 국가가 설정한 특정 지역 ( )
(6) 금강산의 아름다움을 노래한 가사 ( )
(7) 용암이 식어 굳어지면서 수축되어 오각형 내지 육각형의 기둥 모양으로 갈라지게 하는 나란한 절리 ( )

6 우리나라에서 다음에 해당하는 화산 지형은 각각 어디인지 답하시오.

(1) 신생대의 화산 활동으로 형성된 화산섬으로 전체적으로는 순상 화산을 이루며, 해발 고도 1950 m인 화산의 정상부에는 화구호가 발달해 있다.
(2) 비무장 지대(DMZ) 내에 있는 680 m 고지에서 분출한 현무암질 용암이 구한탄강을 흘러내려 형성된 대지이다.
(3) 해저에서 솟아오른 용암이 굳어져 형성된 화산섬으로 동도와 서도로 구분된다. 우리나라 화산섬 중 가장 오래된 것이다.
(4) 신생대에 수차례의 화산 활동으로 형성되었으며 최고봉의 높이는 2750 m이다. 화산의 정상부에는 커다란 폭발이 일어난 후 함몰에 의해서 형성된 칼데라호가 있다.

7 오른쪽 그림은 우리나라 남해안에서 발견되는 어떤 동물의 발자국 화석 사진이다.

(1) 이 동물은 어느 지질 시대에 살았던 동물인가?
(2) 이 동물의 발자국이 찍힌 암석은 어떤 종류의 암석인가?


(공룡 발자국)

8 우리나라의 아름다운 경관을 이루는 다음 지형을 구성하고 있는 암석의 이름을 쓰시오.

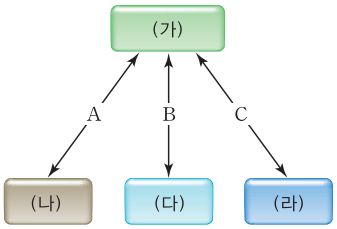
(1) 서울 북한산의 인수봉
(2) 설악산의 울산바위
(3) 전라북도 진안의 마이산
(4) 백령도의 콩돌 해안 자갈
(5) 지리산 국립 공원 지역의 주된 암석
(6) 삼척의 환선굴

(1) B 단계에서 형성된 원시 대기의 주성분은 무엇인지 쓰시오.
(2) C 단계에서 마그마의 바다가 생성된 이유를 설명하시오.
(3) E 단계에서 원시 지각과 원시 해양 중 어느 것이 먼저 생성되었는가?

해설 원시 지구가 탄생한 후 수많은 미행성체들이 충돌하면서 미행성체에 포함되어 있던 수증기와 이산화탄소가 대기 중으로 방출되어 1차적인 원시 대기를 형성하였다. 이러한 원시 대기의 수증기에 의한 온실 효과로 지표의 온도가 계속 상승하여 지구를 이루고 있던 물질이 녹아 마그마의 바다를 이루었다. 그 후 지표가 냉각되어 원시 지각이 먼저 생성되고 많은 비가 내려 원시 바다가 형성되었다.

정답 (1) 수증기, 이산화탄소
(2) 미행성의 충돌에 의한 열과 수증기와 이산화탄소에 의한 온실 효과
(3) 원시 지각

10. 다음은 지구 환경 구성 요소 (가)~(라) 사이의 상호 작용 A~C와 그 예를 나타낸 것이다. (가)~(라)에 해당하는 지구 환경 구성 요소를 쓰시오.

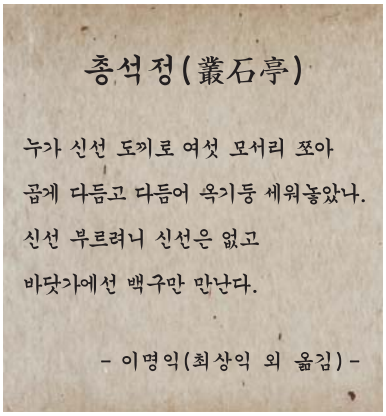


A : 식물 뿌리에 의한 풍화 작용
B : 광합성에 의한 기체 교환
C : 수온 상승에 따른 어종의 변화

해설 A는 생물권과 지권의 상호 작용이고, B는 생물권과 기권의 상호 작용이며, C는 생물권과 수권의 상호 작용이다.

정답 (가) : 생물권, (나) : 지권, (다) : 기권, (라) : 수권

11. 다음은 조선 시대 이명익이 총석정을 한시로 묘사한 것을 한글로 옮겨 놓은 것이다. 총석정의 어떤 자연 경관을 노래한 것인지 쓰시오.


총석정(叢石亭)

누가 신선 도끼로 여섯 모서리 쪼아
곱게 다듬고 다듬어 옥기둥 세워놓았나.
신선 부르려니 신선은 없고
바닷가에선 백구만 만난다.

- 이명익(최상익 외 옮김) -

해설 이 시는 강원도 동해안(북한 지역) 총석정에 발달된 현무암의 주상 절리의 아름다움을 노래한 것이다.

정답 주상 절리

창의력 평가

1. 그림 (가) : 이산화탄소는 원시 대기의 주성분이었으나, 대부분 해수에 녹아 석회암의 형태로 지권에 고정되었다.
그림 (나) : 이산화탄소는 현재 대기 성분의 매우 적은 양을 차지하나, 화석 연료의 소비가 급증한 산업 혁명 이후 대기 중 농도가 높아져 온난화의 주요 원인이 되고 있다.

2. 그림 (가) : 간헐천은 뜨거운 암석층의 영향으로 증기의 압력에 의하여 지하수가 지면 위로 솟아오르는 온천이다. 그러므로 지권과 수권의 상호 작용에 의해 형성된 것이다.
그림 (나) : 모닝글로리 호수는 뜨거운 지하수가 지면 위로 뿜어져 나오면서 만들어진 호수로, 지권과 수권의 상호 작용에 의한 것이다.

3. 환선굴은 석회 동굴이며, 동굴 바닥에 형성된 원형의 휴석은 동굴 천정에서 떨어진 지하수가 동굴 바닥에 고이게 되면, 지하수에 녹아 있던 탄산수소칼슘에서 이산화탄소가 빠져나가고 방해석이 침전하여 작은 논두렁 형태를 이루면서 형성된다.

4. (1) 그림과 같은 지형은 산간 지역에서 강물의 침식 작용에 의해 형성된 것이다.
(2) 이 지역에서 강물은 오른쪽에서 왼쪽으로 흐른다. 동쪽 멀리에서 흘러오는 강물은 잘룩한 지점과 부딪치면서 계속 이 부분을 침식시키고, 결국에는 이 부분이 잘리게 되어 강물은 그림의 앞쪽으로 더 이상 흐르지 않게 될 것이며 우각호가 형성된다.

단원의 마무리

창의력 평가

1 다음 그림은 대기 중 이산화탄소량의 변화를 나타낸 것이다.

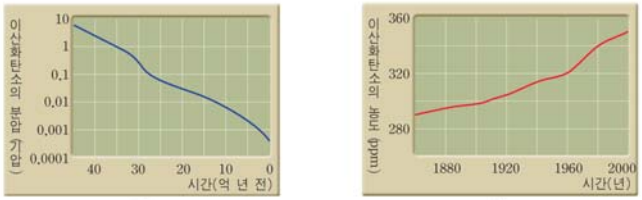


그림 (가)에서는 이산화탄소의 양이 감소하였고, 그림 (나)에서는 증가하였다. 이 변화의 가장 중요한 요인이 무엇인지 각각 설명해 보자.

2 오른쪽 그림 (가)는 미국 서부 옐로스톤 국립 공원 내에 있는 간헐천이고, 그림 (나)는 모닝글로리 호이다. 이들 지형이 각각 지구계의 어떤 영역이 상호 작용하여 만들어낸 자연 경관인지 설명해 보자.


(가) (나)

3 오른쪽 그림은 환선굴 중앙 광장에 발달된 연좌대 모양의 2차 동굴 생성물이다. 이러한 지형의 형성 과정을 설명해 보자.



4 오른쪽 그림은 영월 지역에 발달된 한반도 모습을 한 지형이다.
(1) 이와 같은 지형은 어떤 과정으로 형성되었는가?
(2) 오랜 시간이 지난 후 이 지형은 어떻게 변하는가?



78 | I. 소중한 지구

과학 글쓰기

1. 갯벌 생태계 내에서 가장 우점하는 동물 그룹은 환형동물문(Phykum Annelida)의 갯지렁이류, 연체동물문(Phylum Arthroda)의 조개류와 고둥류 그리고 절지동물문(Phylum Arthropoda)의 게나 새우류가 속하는 갑각류 등 3개의 동물군이다. 이들은 전체 갯벌 동물의 90% 이상을 차지한다.
그 밖에도 성게나 해삼 등의 극피동물문(Phylum Echinodermata)과 히드라나 말미잘 등이 속하는 자포동물문(Phylum Cnidaria)이 있다.

2. 최근에 방조제를 막고 간척하여 농경지, 공업 용지, 주택지, 공항 부지 등으로 이용하고 있다.
간척지 조성은 해양 오염을 가속화시키고, 어류의 산란장을 파괴하며 양식장을 폐쇄시키는 악영향을 초래한다.

과학 글쓰기

다음 글은 갯벌에 대한 기사의 일부를 정리한 것이다.

갯벌은 수산 자원의 근원이며 수산 생물의 모태이다. 해양 생태계의 먹이 연쇄가 갯벌에서 시작되며, 해양 생물의 66 %, 어업 활동의 90 %가 갯벌 생태계와 직 · 간접으로 연관된다. 우리나라의 서해안 갯벌에는 230종의 어류, 193종의 게, 74종의 새우류, 58종의 조개가 살고 있다. 따라서 갯벌의 생물 생산성은 해양의 10~20배, 농지 및 산림의 1~10배에 이른다.

갯벌 속에 살고 있는 다양한 미생물들은 오염 물질을 분해하여 퇴적물과 해수를 정화시키고, 갯벌의 지형은 끊임없는 변화와 퇴적물 이동을 통해 해양 에너지를 흡수함으로써 파랑과 해류, 태풍의 강력한 침식으로부터 육지를 보호한다. 갯벌은 관광, 낚시, 사진 촬영, 해수욕 등을 위한 훌륭한 여가 선용 장소이며, 체험 학습, 조류 관찰, 학술 연구의 대상이 되기도 한다. 서해안의 경기만과 천수만 갯벌은 철새들의 중요한 중간 기착지이며, 남해안의 낙동강 하구 습지는 철새들의 서식처이자 좋은 자연 학습장이 되고 있다.



이처럼 생산성이 높고 역동적이며 민감한 갯벌이 무분별한 개발과 인간 활동에 의해 크게 훼손되고 있다. 지난 20년 동안 사라진 갯벌이 우리나라 전체 갯벌의 25 %에 이른다.

(국토해양부 기사, 2007년 5월 30일)

1 갯벌의 생태계를 구성하고 있는 생물들을 인터넷을 이용하여 조사해 보자.

2 갯벌을 사라지게 한 인간 활동에는 어떤 것들이 있는지 정리해 보자.

3 새만금 방조제 건설 이후 이 곳 생태계에 일어난 변화에 대해 조사해 보자.

4 갯벌의 보존을 위해서 우리가 할 수 있는 일들에 대해 글로 써 보자.

3. 방조제 건설 이후 방조제 내측 바닷물의 염분 농도가 급격히 낮아졌고, 방조제 내측의 조석간만의 차이도 최대 1 m 내외로 줄어들었다. 즉 예전처럼 많이 들어오지도 않고 빠지지도 않는다. 그래서 갯벌 면적이 많이 감소하였다. 바닷물이 더 이상 들어오지 않는 지역은 갯벌이 메말라 붙어 갯벌에 살던 조개나 갯지렁이, 게 등 수많은 저서생물들이 죽었다. 방조제가 막힌지 보름이 채 되지 않아서였다.

한편 바람이 세차게 불 때면 메말라버린 갯벌 지역으로부터 모래와 소금 가루, 생물들이 죽어서 풍기는 썩은 냄새가 주변 마을을 덮쳐 많은 주민들에게 피해를 주고 있다. 그리고 바닷물이 더 이상 빠지지 않아 정체되어 호수처럼 되었고, 부안 문포 앞과 김제 심포 앞은 배수 갑문을 어느 기간 동안 닫아 놓을 때면 바닷물이 흑갈색으로 변해 적조 현상이 자주 발생하기도 했다.

한편 방조제 외측도 상당히 광범위하고 심각한 문제들이 발생하고 있다. 1호 방조제 외측 합구 마을 앞 갯벌에 주민들이 막대한 비용을 들여 뿌린 백합 종패들이 폐사하여 심각한 피해를 입었고, 위도면 치도리 앞 갯벌과 서천군 유부도 갯벌은 모래 갯벌이 뻘갯벌로 변하면서 백합이나 동죽, 바지락 등이 폐사하고 개맛들이 증가하고 있다.

변산 해수욕장과 고창 만돌리 해수욕장의 모래도 깎여나가 사라지는 일이 발생하고 있다. 즉 방조제 외측에서 바닷물의 흐름이 바뀌었고, 일부 지역은 유속이 빨라지나 서해안 전체의 유속은 느려지고 있기 때문이다.

4. 최근 외국에서는 수산 자원과 환경 보존 그리고 기타 문화적 가치 등을 고려하여 갯벌의 경제적 가치를 계산하였다. 그 결과 갯벌의 경제적 가치는 농경지에 비해 100배, 외해역에 비해 거의 40배나 된다고 한다. 이는 지금까지 국토 확장을 위하여 갯벌을 흙으로 메우기에 급급하였던 우리에게 경종을 울리는 사실이다.

선진국에서는 연안역을 보존하고 오히려 복원하는 추세이지만, 우리나라에서는 연안역 보존의 중요성을 아직도 충분히 인식하지 못하고 있으며 연안역을 적절히 관리, 보존할 수 있는 제도적 장치조차 없는 것이 오늘의 현실이다. 따라서 이제는 단순히 경제적 논리만으로 갯벌을 단기적으로 이용하려 하기보다는 돈으로 계산할 수 없는 문화적 가치와 장기적 이익을 고려하여 보존 위주의 습지 보전법이나 연안역 관리법 등을 제정하여야 한다. 이를 계기로 갯벌의 무분별한 개발을 막고 훼손된 환경을 복원하기 위한 근본적인 대책을 세워 나가야 할 것이다. 그리고 무엇보다 시급한 일은 그나마 잘 보존되고 있는 일부 갯벌을 보존 위주의 국립 공원이나 자연 생태계 보존 지역으로, 또는 람사 협약 등록 습지로 지정하는 등의 조치를 취하는 것이다.

지필 평가

01 기권의 각 부분의 특징에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 대류권의 수증기는 기상 현상의 원인이 된다.
② 대류권 계면의 높이는 계절에 따라 달라진다.
③ 중간권은 고도가 높아질수록 온도가 낮아진다.
④ 대류권에는 오존층이 있어 지구의 생명체를 보호한다.
⑤ 성층권은 매우 안정한 층으로 대류 현상이 일어나지 않는다.

정답 ④ 해설 오존은 성층권에 주로 분포하여 자외선을 차단하는 역할을 한다.

02 지구 환경에서 일어나는 물질과 에너지의 순환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 암권에 포함된 탄소는 화석 연료의 사용 또는 화산 활동에 의해 기권으로 이동한다.
② 기권과 수권에 열에너지를 공급하여 대기와 해양의 순환이 일어나도록 하는 에너지는 태양 복사 에너지이다.
③ 지구 환경의 각 권에서 물질의 순환을 일으키는 에너지는 태양 복사 에너지, 지구 내부 에너지, 조력 에너지 등이다.
④ 지각을 움직여 대륙과 해양의 모양과 위치를 변화시켜 생물들의 서식 환경을 변화시키는 에너지는 지구 내부 에너지이다.
⑤ 맨틀 대류는 지구 내부 깊은 곳에 분포하고 있는 에너지를 지표로 이동시키지만, 물질의 순환을 동반하지 않는 특징이 있다.

정답 ⑤ 해설 맨틀 대류에 의해 맨틀 내의 물질이 지표 쪽으로 이동하여 순환하게 된다.

03 지구 환경 속에서 일어나는 탄소의 순환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 자연 상태에서 대기 중의 탄소는 평형 상태를 유지한다.
② 생물체를 매개로 탄소의 화학적, 생물학적 순환이 일어난다.
③ 화석 연료의 과다한 사용으로 대기 중에 방출된 많은 양의 이산화탄소는 지구 온난화 를 초래한다.
④ 저위도 지방에서는 대기 중의 탄소가 해수로 용해되나, 고위도 지방에서는 해양에서 대기로 방출되는 순환이 일어난다.
⑤ 탄소는 땅속에서는 주로 석탄이나 석회암으로 존재하고 대기 중에서는 이산화탄소, 해수에서는 탄산 이온의 형태로 존재한다.

정답 ④ 해설 대기 중의 이산화탄소는 저위도의 고온의 해수에는 용해도가 작아 잘 녹지 않고, 고위도의 저온의 해수에 주로 용해된다.

04 지구계의 각 영역을 순환하는 물이 하는 역할로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은?

보기
ㄱ. 지구계 전체의 열적 평형에 기여한다.
ㄴ. 대기권에 존재하는 물은 상태 변화를 일으키며 기상 현상에 관여한다.
ㄷ. 강물이나 해수는 지표면의 지형 변화를 일으켜 아름다운 자연 경관을 만든다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ⑤ 해설 물은 지구계의 각 영역을 순환하면서 열적 평형과 기상 변화, 지표면의 변화 등 다양한 자연 현상에 관여한다.

05 해양 자원의 이용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 해수 속에는 소금, 브로민, 마그네슘, 은 등의 다양한 광물이 들어 있다.
② 해양 수산 자원은 식용뿐만 아니라 공업, 의약 등의 원료로도 이용된다.
③ 망가니즈 단괴는 구리, 니켈, 코발트와 같은 금속 광물을 다량 함유하고 있다.
④ 해양 에너지는 재생산이 가능하여 청정 에너지로서의 가치가 높다.
⑤ 해양 자원의 양은 무한하여 기술의 발전만 있다면 고갈되어 가는 육지의 자원을 대체할 수 있다.

정답 ⑤ 해설 해양 자원은 인간의 활동으로 인한 오염과 남획으로 위기를 맞고 있다.

06 우리나라의 광물 자원에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은?

보기
ㄱ. 우리나라에 분포하는 광상은 고생대에 형성된 것이 대부분이다.
ㄴ. 도자기의 원료인 고령토는 화성암이 형성되는 과정에서 만들어진 것이다.
ㄷ. 연필심의 원료가 되는 흑연은 변성 광상에 속한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ③ 해설 우리나라는 선캄브리아 시대부터 신생대까지 모든 지질 시대에 걸쳐 다양한 광상이 형성되어 있다. 고령토는 퇴적 광상에 속한다.

07 다음 지형 중 화산 지형에 속하지 않는 것은?

① 한라산 백록담 ② 백두산 천지
③ 울릉도 나리 분지 ④ 성산 일출봉
⑤ 창령 우포늪

정답 ⑤ 해설 창령 우포늪은 저지대가 물에 침수되어 생성된 늪지로 화산 활동과 관계없이 생성된 지형이다.
① 한라산 백록담은 화산 분출 후 화구에 물이 채워져 생성된 호수이다.
② 백두산 천지는 화산 분출 후 화구가 무너진 후 물로 채워진 칼데라 호수이다.
③ 울릉도 나리 분지는 화산 분출 후 화구가 무너진 후 생성된 분지 형태의 칼데라이다.
④ 성산 일출봉은 화산 쇄설물이 쌓여 생성된 분석구(기생 화산 또는 오름)로 화산 활동에 의해 생성된 화산 지형이다.

08 다음 섬에 주로 분포하는 암석의 생성 과정이 같은 것으로만 이루어진 것은?

① 제주도, 홍도 ② 홍도, 울릉도 ③ 백령도, 독도
④ 독도, 홍도 ⑤ 울릉도, 제주도

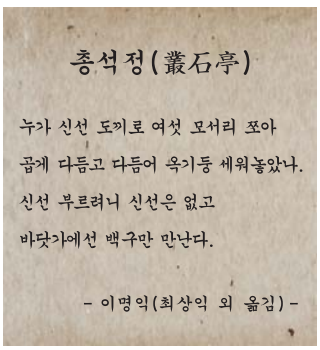
정답 ⑤ 해설 제주도, 울릉도, 독도는 화산 활동에 의해 생성된 섬이고, 홍도는 퇴적암으로 이루어져 있으며, 백령도는 변성암으로 이루어져 있다.

09 다음 경관 중 화강암이 아닌 것은?

① 설악산 공룡바위 ② 소금강 식당암
③ 북한산 인수봉 ④ 금강산 만물상
⑤ 제주도 산방산

정답 ⑤ 해설 제주도 산방산은 화산암으로 이루어진 종상 화산이다.

10 다음은 조선 시대 이명익이 총석정을 한시로 묘사한 것을 한글로 옮겨 놓은 것이다. 어떤 자연 경관을 노래한 것인가?


총석정(叢石亭)

누가 신선 도끼로 여섯 모서리 쪼아
곱게 다듬고 다듬어 옥기둥 세워놓았나.
신선 부르려니 신선은 없고
바닷가에선 백구만 만난다.

- 이명익(최상익 외 옮김) -

① 석회 동굴의 석주 ② 홍도 촛대바위
③ 동해안 석호 ④ 주상 절리
⑤ 백령도 두무진 지역의 해식 절벽

정답 ④ 해설 이 시는 총석정에 발달된 현무암의 주상 절리의 아름다움을 노래한 것이다.

주관식 · 서술형 문제

11 지구의 형성 과정과 동일한 과정에 의해 생성되었을 것으로 추정되는 화성이 물이 없는 행성이 된 이유는 무엇인지 쓰시오.

정답 화성은 지구 크기의 $\frac{1}{2}$로 중력이 작아 수증기를 포함한 대부분의 기체가 우주 공간으로 날아갔을 것이다. 그래서 온도가 낮은 행성으로 되었으며, 극소량의 물이 얼음의 형태로 지하에 존재한다.

12 지구계의 에너지 중 지구 내부 에너지는 어떤 작용을 일으키며, 지구계의 어느 영역에 영향을 주는지 쓰시오.

정답 지구 내부 에너지는 지진, 화산, 조산 운동 등을 일으키는 주 에너지원이며, 이들 활동에 의해 지구계를 구성하는 기권, 수권, 생물권 등 모든 영역에 영향을 준다.

13 지구 환경 구성 요소 중에서 변화는 가장 느리지만 다른 영역에 많은 영향을 미치는 영역은 무엇이며, 어떤 영향을 주는지 예를 들어 설명하시오.

정답 지권, 지권은 토양을 생성하여 생물체의 서식 공간을 제공하며, 화산 활동에 의해 기후 변화에 영향을 미친다. 또한 판의 이동이나 해저 지형의 변화는 대기와 해수의 흐름에 변화를 가져온다.

14 해양 자원 개발이 절실하게 요구되는 이유를 설명하시오.

정답 인구 증가, 생활 수준의 향상, 과학 기술의 발전 등으로 더 이상 인류가 사용할 육상 자원이 부족하여 고갈되어 가고 있기 때문이다.

15 오른쪽 그림은 삼천포 동백섬에 있는 타포니이다. 타포니의 생성 과정을 설명하시오.



정답 타포니는 바닷물이 파도칠 때 부서진 해수 입자들이 해안 절벽을 이루고 있는 암석 표면에 달라붙으면 암석을 이루고 있는 입자들 사이로 침투하게 된다. 암석 입자 사이로 침투한 해수가 마르게 되면 해수 속에 녹아있던 성분들이 결정을 생성하면서 암석 입자 사이의 간격을 넓혀 암석이 부서지면서 생성된다.

| 지구계의 상호 작용 |

1 〈보기〉는 지구 환경 요소 간의 상호 작용을 설명한 것이다.

보기

ㄱ. 해류의 발생 : 기권과 수권의 상호 작용
ㄴ. 해수의 염분 변화 : 생물권과 기권의 상호 작용
ㄷ. 해파에 의한 해안선의 변화 : 지권과 수권의 상호 작용
ㄹ. 화석 연료의 생성 : 생물권과 수권의 상호 작용

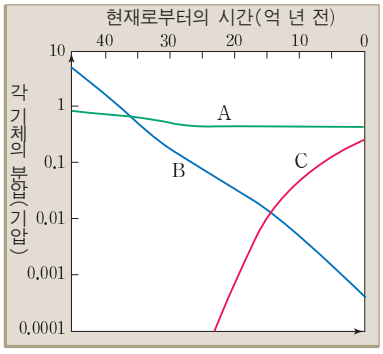
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 모두 고른 것은?

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄹ

정답 ② 해설 ㄴ. 해수의 염분은 강수량과 증발량의 변화에 기인하므로 수권과 기권의 상호 작용이다.
ㄹ. 화석 연료의 생성은 생물권과 지권의 상호 작용에 의한 것이다.

| 대기 성분의 조성 변화 |

2 그림은 지구 형성으로부터의 시간에 따른 대기 성분 기체의 분압 변화를 나타낸 것이다.



그림에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 매우 안정한 기체로, 대기 중의 함량이 거의 일정하게 유지되었다.
ㄴ. B는 대부분 해수에 용해되어 산화철의 퇴적층을 만들었다.
ㄷ. C는 수중 생물의 광합성 작용에 의해 생성되었다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ③ 해설 ㄴ. B는 이산화탄소로 대부분 석회암층을 형성하게 되었다.

| 지하자원 |

3 〈보기〉는 지하자원에 대한 설명이다.

보기

ㄱ. 석유나 천연 가스는 에너지 자원으로 지하자원에 속하지 않는다.
ㄴ. 지하자원은 자연 현상에 의해 만들어진 것으로 언젠가는 고갈되는 자원이다.
ㄷ. 석회석, 고령토, 점토 등은 비금속 광물로 여러 분야에 사용된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 모두 고른 것은?

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ④ 해설 ㄱ. 석유나 천연 가스도 에너지 자원도 자연 현상에 의해 지하에서 만들어진 지하자원이다.

| 수권의 작용 |

4 〈보기〉는 지구계를 구성하는 수권에 대한 설명이다.

보기

ㄱ. 지구 전체 물의 97%가 해수로 구성되어 있다.
ㄴ. 육수 중에서 가장 많은 양을 차지하는 것은 지하수이다.
ㄷ. 해수의 순환은 태양 복사 에너지를 분산하여, 지구가 일정한 온도를 유지하도록 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 모두 고른 것은?

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ③ 해설 ㄴ. 육수는 빙하, 지하수, 호수, 하천수의 순서대로 양이 많다.

| 친환경 에너지 |

5 〈보기〉는 친환경 에너지에 대한 장단점을 설명한 것이다.

보기

ㄱ. 지열에 의해 가열된 지하수에서 에너지를 얻는 것은 일부 지역에 제한된다.
ㄴ. 파력 발전은 서해안과 같이 조차가 큰 해안에 설치하는 것이 효율적이다.
ㄷ. 우리나라의 풍력 발전은 대관령 한 곳에서 시범적으로 운영되고 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 모두 고른 것은?

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ① 해설 ㄴ. 파력 발전은 파도의 에너지를 이용하는 것이므로 조차가 큰 지역과는 상관이 없다.
ㄷ. 우리나라의 풍력 발전은 고리, 새만금, 영덕, 군사 등 이미 여러 곳에서 설치 · 운영되고 있다.

| 우리나라의 지질 명소 |

6 그림 (가)는 전북 진안에 위치한 마이산의 전경이고, 그림 (나)는 마이산을 이루고 있는 암석 사진이다.


(가)


(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 마이산의 지형은 융기 지형이다.
ㄴ. 마이산을 이루고 있는 암석은 사암이다.
ㄷ. 마이산을 이루는 암석이 쌓인 시대는 중생대이다.
ㄹ. 마이산을 이루고 있는 암석은 깊은 바다에서 쌓였다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄹ

정답 ④ 해설 마이산의 지형은 중생대에 호수에 쌓인 지층이 융기하면서 풍화와 침식 작용을 받아 형성되었다.
〈오답 해설〉 ㄴ. 마이산을 이루는 암석은 얕은 호수에 쌓인 역암이다.
ㄹ. 마이산을 이루는 암석은 얕은 호수에서 쌓였다.

| 우리 고장의 유명 지형과 지질 |

7 그림 (가) ~ (라)는 전북 변산반도의 격포 해안에서 관찰되는 지형과 암석, 지질 구조 및 퇴적 구조를 나타낸다.


(가)


(나)


(다)


(라)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

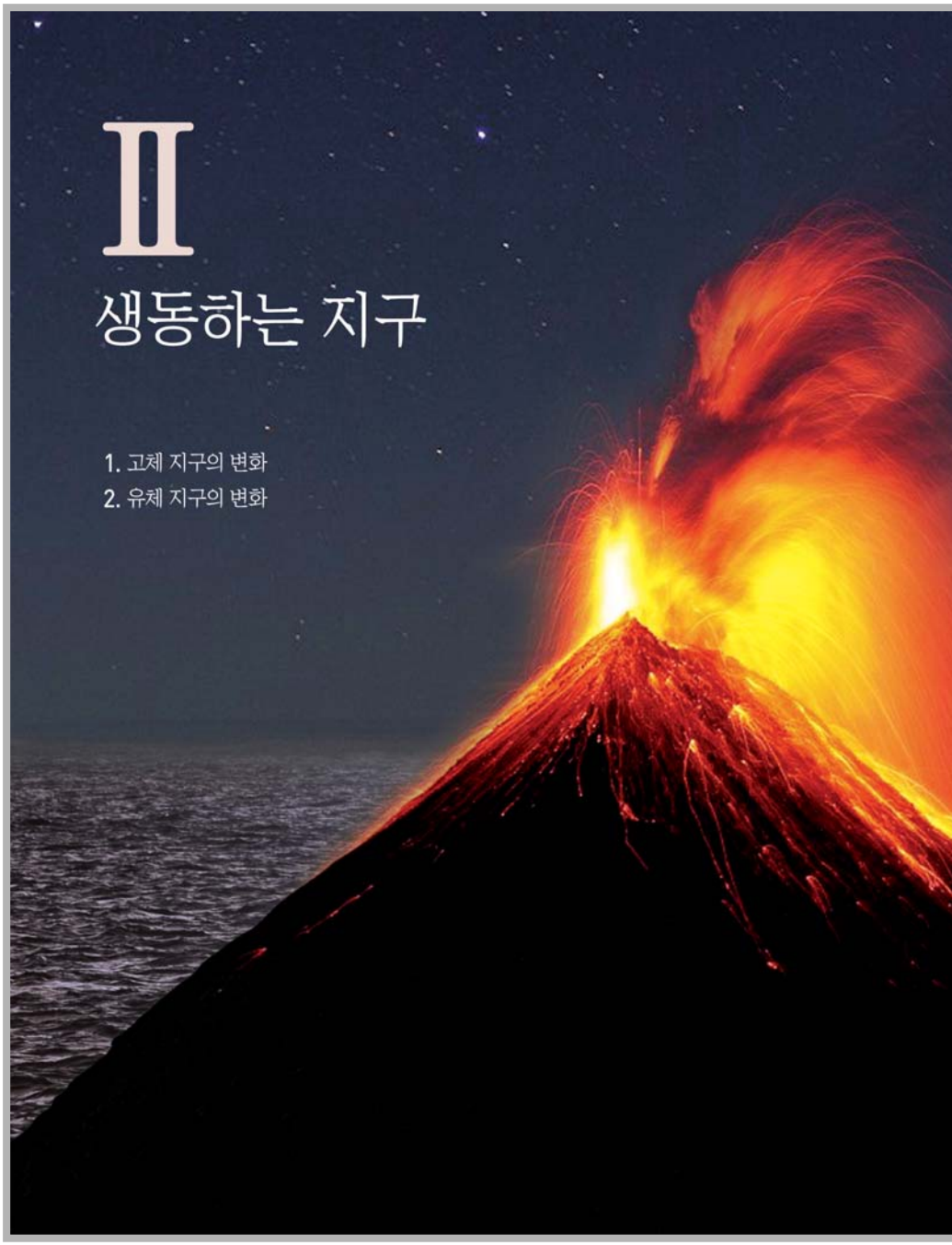
보기

ㄱ. 그림 (가)에는 해식 절벽과 해식 대지가 발달되어 있다.
ㄴ. 그림 (나)에 발달된 절리로 보아 이 암석은 화강암이다.
ㄷ. 그림 (다)와 같은 지질 구조는 응력(수평으로 미는 힘)에 의해 생성된다.
ㄹ. 그림 (라)와 같은 퇴적 구조는 물의 흐름이 빠른 얕은 수중에서 생성된다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄹ

정답 ⑤ 해설 ㄴ. 그림 (나)는 주상 절리이며, 이는 용암이 분출한 후 냉각되면서 주로 화산암에 형성된다.
ㄷ. 그림 (다)는 정단층이며, 이는 인력(잡아당기는 힘)에 의해 생성된다.

Ⅱ 생동하는 지구



단원의 길잡이

이 단원에서는 다양한 시간의 규모 속에서 지구가 내부적으로 매우 역동적이고 변화가 많은 행성임을 인식하게 한다.

단원의 교육 과정

1장 고체 지구의 변화

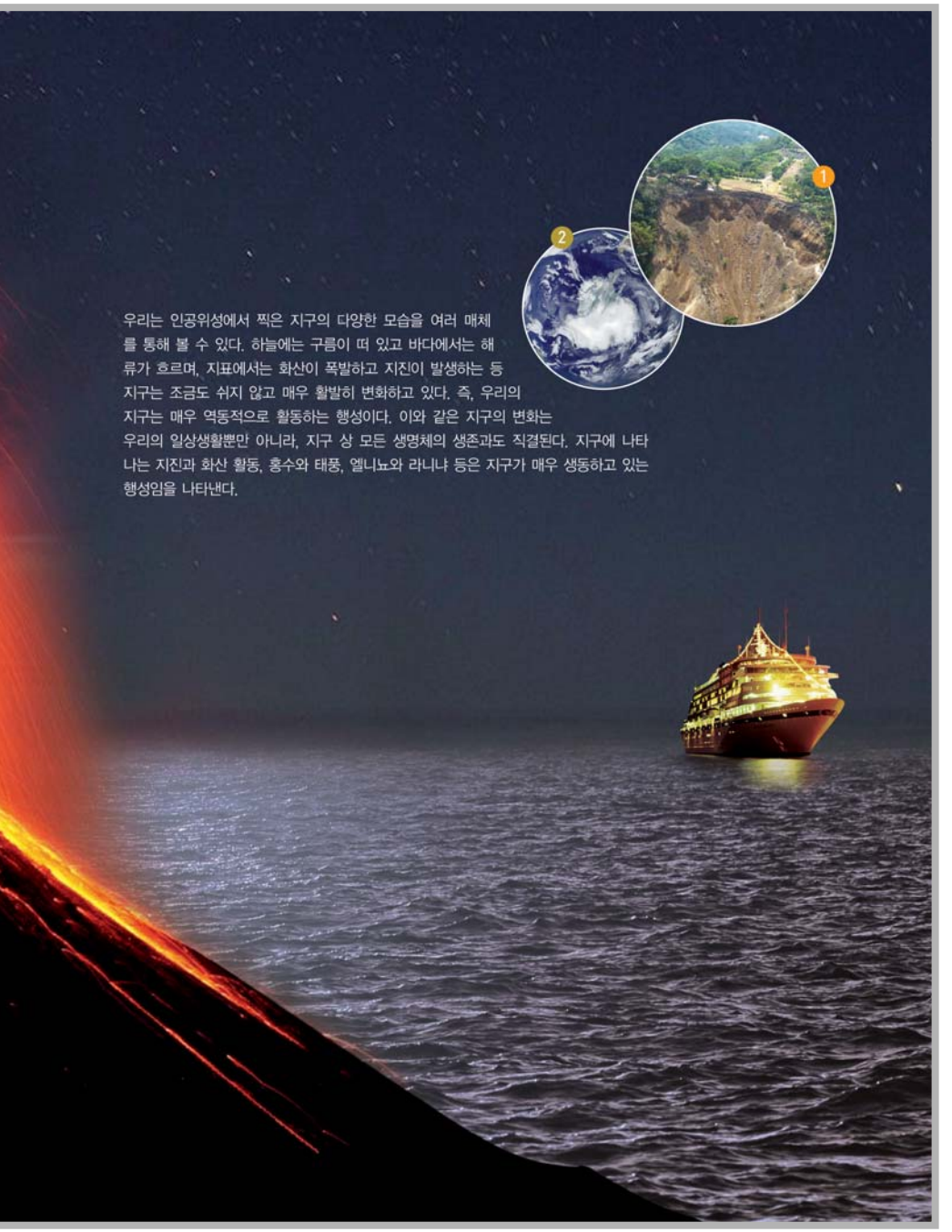
1. 지진, 화산 등 지각의 변화를 일으키는 과정과 원리를 판 구조론과 연계하여 설명할 수 있다.
2. 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 이해한다.
3. 사태의 과학적 원인, 과정, 결과를 이해한다.
4. 지진, 화산, 사태 등 지질 재해의 종류와 피해 및 피해를 줄이기 위한 대책을 설명할 수 있다.

2장 유체 지구의 변화

1. 고기압이나 저기압이 통과할 때 날씨의 변화 양상과 그 원리를 기단과 전선과 관련지어 이해한다.
2. 태풍의 발생, 이동, 소멸 과정과 태풍에 따른 날씨 변화를 대기의 운동, 해양 및 육지와의 상호 작용 등과 관련지어 이해한다.
3. 뇌우, 국지성 호우 등 우리나라의 주요 악기상과 그 생성 메커니즘을 설명할 수 있다.
4. 여러 기상 현상을 대기와 해양의 대순환과 연계하여 설명할 수 있다.

단원의 학습 계열

전에 배운 내용		이 단원의 내용
1장 고체 지구의 변화 제7차 교육과정에서는 3학년 '운반되는 흙', 5학년 '화산과 암석', 6학년 '흔들리는 땅'에서 다룬 내용 '2007 개정 교육과정'에서는 4학년 '지표의 변화', 7학년 '지각의 물질과 변화', '지각 변동과 판 구조론' 10학년 '지구계'에서 다룬 내용 **2장 유체 지구의 변화** 제7차 교육과정에서는 3학년 '맑은 날, 흐린 날', 5학년 '날씨 변화', 6학년 '일기 예보'에서 다룬 내용 '2007 개정 교육과정'에서는 3학년 '날씨와 우리 생활', 6학년 '날씨의 변화', 9학년 '대기의 성질과 일기 변화', 10학년 '지구계'에서 다룬 내용 '2009 개정 과학과 교육과정' 중 10학년 과학의 '태양계와 지구'에서 다룬 내용	➡	**1장 고체 지구의 변화** 1. 지진과 화산 2. 판 구조론과 지각 변동 3. 풍화 작용 4. 사태 5. 지질 재해의 피해와 대책 **2장 유체 지구의 변화** 1. 날씨의 변화 2. 태풍 3. 우리나라의 주요 악기상 4. 대기의 순환 5. 대기의 순환과 해류 6. 자연 재해의 피해와 예방



5. 대기와 해양에서 일어나는 다양한 현상이 우리 생활에 많은 영향을 준다는 사실을 이해한다.
6. 태풍, 뇌우, 토네이도, 해일 등의 피해 사례를 조사하고, 피해를 최소화할 수 있는 방법을 설명할 수 있다.

단원 지도상의 유의점

STS 및 실생활 사례와 현상을 중심으로 학생들의 흥미와 관심을 유발하게 하고, 지구 과학의 학문적 역할과 특징을 이해시키는 수준에서 지구의 각종 재해와 관련된 내용을 다룬다. 또한 전 지구적으로 보았을 때 태풍, 지진, 및 화산 활동으로 인한 좋은 점도 함께 다루어 균형 있는 시각을 가질 수 있게 한다. 아울러 우리나라에서 홍수해가 있을 때 사태에 의한 피해도 많다는 점을 고려하여 사태를 기상 재해와 연관지어 다룬다.

참고 문헌 및 누리집

- 지구의 이해, 조석주 외, 시그마프레스, 2009
- 지구라는 행성, 최진범 외, 춘광, 2000
- 생동하는 지구(제 4 판), 박수인 외 역, 시그마프레스, 2000
- 지구과학개론, 한국지구과학회, 교학연구사, 2000
- 환경지질학, 박수인 외 역, 시그마프레스, 2010
- 한국의 지질, 대한지질학회, 시그마프레스, 1999
- 쉽게 배우는 기상학, 채동현 외, 교육과학사, 2007
- 대기과학개론(개정판), 한국기상학회, 시그마프레스, 2006
- 자연재해의 이해(제3판), 이재수, 구미서관, 2010
- Earth Science, Tarbuck, Lutgens, Tasa, Prentice Hall, 2009
- Geology : an introduction to physical geology, 4th Ed., Chernicoff 외, Prentice Hall, 2007
- How Does Earth Work?, Smith 외, Prentice Hall, 2010
- Natural Hazards & Disasters, Holmes, Warn, Trans－Atlantic Pubns, 2008
- Plate Tectonics, Tomecek, Chelsea House Publications, 2009
- The Good Earth: Introduction to Earth Science, 2nd ed, McConnell 외, McGraw－Hill, 2010

앞으로 배울 내용

1장 고체 지구의 변화
지구 과학 Ⅱ의 '지구의 변동과 역사Ⅰ'의 단원의 내용을 학습하는 데 기여

2장 유체 지구의 변화
지구 과학 Ⅱ의 '대기와 해양의 운동과 상호 작용' 단원의 내용을 학습하는 데 기여

1 고체 지구의 변화

중단원의 학습 목표

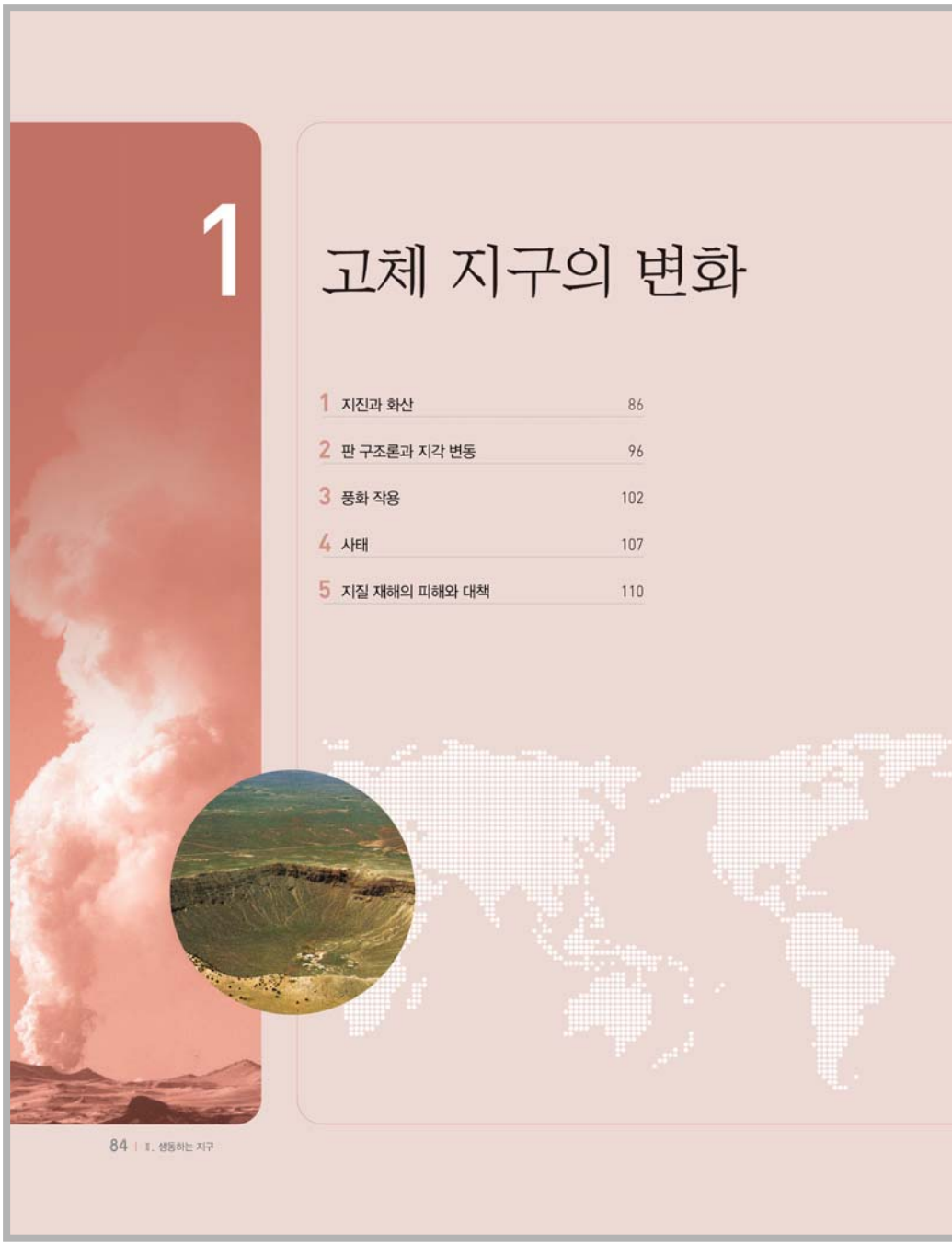
1. 지진, 화산 등 지각의 변화를 일으키는 과정과 원리를 판 구조론과 연계하여 설명할 수 있다.
2. 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 이해한다.
3. 사태의 과학적 원인, 과정, 결과를 이해한다.
4. 지진, 화산, 사태 등 지질 재해의 종류와 피해 및 피해를 줄이기 위한 대책을 설명할 수 있다.

중단원의 흐름

이 장에서는 간헐적이고 급격한 변화로서 지각 변동의 과정과 원리를 판 구조론의 관점에서 설명하고, 지속적이고 느린 변화로서 풍화 작용을 현상적으로 이해하게 한다. 또한 고체 지구의 변화 과정에서 발생하는 각종 재해의 발생 원인을 설명하고 그 피해를 줄이기 위한 대책을 다룬다.

중단원 지도 방향

1. 화산과 지진이 발생한 곳의 세계적인 분포 자료를 이용하여 화산과 지진이 일어나는 곳이 판의 운동과 관련이 있음을 설명한다. 지진과 화산의 발생 기작을 간단히 소개하고, 이를 7학년에서 학습한 판 구조 운동과 연계지어 이해하게 한다. 특히 판 구조 운동은 전 지구 규모로 지속적



중단원의 지도 계획

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
1 지진과 화산	3	1 지진	18~20	pp. 86~90	■ 지진의 원인, 지진파의 종류 및 진도와 규모, 지진대	관찰
		2 화산		pp. 90~95	■ 화산 활동의 형태, 화산에서 분출되는 물질, 화산대	조사
2 판 구조론과 지각 변동	3	1 변동대	21~23	pp. 96~97	■ 변동대의 위치, 판 구조론이 정립되기까지의 역사	조사
		2 판 구조론		pp. 98~99	■ 판 구조론	자료 해석
		3 판 구조론과 지각 변동		pp. 100~101	■ 판 구조론과 지각 변동, 우리나라 주변의 지각 변동	자료 해석
3 풍화 작용	2	1 기계적 풍화 작용	24~25	pp. 103~104	■ 풍화 작용의 종류	자료 해석
		2 화학적 풍화 작용		pp. 104~105		
		3 생물학적 풍화 작용		p. 106		

우리가 살고 있는 지구는 끊임없이 변화하고 있다. 지각에서는 급격한 변화에 해당하는 지진과 화산 활동이 간헐적으로 일어나고 있으며, 지표 상에서는 지속적이고 느린 변화에 해당하는 풍화 작용이 일어나 암석을 부스러뜨리고 있다. 지각에서 일어나는 대부분의 변동은 암석권의 판의 이동과 밀접하게 관련되어 있다. 이러한 변화 과정 중에 인명과 재산에 막대한 피해가 생기기도 한다. 따라서 우리는 자연재해의 원인과 종류 및 특징을 파악하고, 이에 대한 철저한 대비책을 수립하여 자연재해에 의한 인명과 재산 피해를 최소화하여야 한다.



생각 열기

지구 상에서는 지진, 화산, 사태 등의 지각 변동이 매우 역동적으로 일어나며, 지각을 이루는 지표의 암석은 다양한 풍화 작용을 받는다. 이와 같이 지구 상에서 역동적인 변화가 활발하게 일어나는 까닭은 무엇인가?



으로 느린 속도로 일어나지만, 이 과정에서 발생하는 지진과 화산은 간헐적이며, 국지적으로 급격하게 일어나는 변화임을 이해하게 한다. 또한 지진과 화산이 지구의 내부 에너지와 물질이 방출되는 과정임을 지구계 상호 작용의 관점에서 파악하게 한다.

2. 풍화 작용의 원리를 기계적 및 화학적인 원인으로 구분하여 다루되, 주변에서 볼 수 있는 다양한 현상을 이용하게 한다. 또한 풍화 작용이 눈으로 직접 확인하기 어려운 고체 지구의 느린 변화이지만, 물과 바람 등에 의해 지표면 어디에서나 항상 일어나고 있음을 이해하게 한다.
3. 사태의 원인(집중 호우, 지형, 지질, 인위적 원인 등)을 구분하고, 각각의 원인들이 사태를 만들어내는 과정을 실제 사례와 관련지어 이해할 수 있게 한다.
4. 지진과 화산, 사태 등과 이로 인해 발생하는 지진 해일(tsunami), 이류(mudflow), 화산 분진 등과 같은 각종 피해의 종류 및 그 피해를 줄일 수 있는 대책을 이해할 수 있게 한다. 재해의 피해에서는 최근에 발생한 사례를 조사하게 하여 자연 재해를 현실감 있게 느끼게 하고, 자연 재해를 예방하는 방법에 대하여 이해할 수 있게 한다.

생각 열기

지구의 겉 부분인 암석권은 여러 개의 판으로 이루어져 있으며, 이들은 맨틀 대류에 의해 끊임없이 이동하기 때문이다. 판의 경계부에서는 지각의 생성과 소멸, 화산, 지진, 조산 운동 등이 활발하게 일어나고 있다.

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
4 사태	1	1 사태의 원인	26	pp. 107~109	■ 사태의 원인	실험
		2 사태의 종류		p. 109	■ 사태의 종류	
5 지질 재해의 피해와 대책	3	1 사태에 의한 피해 및 방지책	27~29	pp. 110~112	■ 사태의 방지 대책	자료 해석
		2 지진 피해와 그 대책		pp. 112~116	■ 지진 피해의 종류, 지진 전조 현상, 우리나라 지진	조사, 자료 해석
		3 화산 재해		pp. 117~119	■ 화산 재해	자료 해석
		4 화산 분출의 예측		pp. 119~121	■ 화산 분출의 예측	조사
		5 화산 활동의 혜택		pp. 121~122	■ 화산 활동의 혜택	
		6 지구 근접 천체에 의한 재앙		p. 122	■ 지구 근접 천체에 의한 재앙	
중단원 마무리				p. 123		

1 지진과 화산

소단원의 학습 목표

1. 지진의 발생 원인과 지진대에 대해 설명할 수 있다.
2. 용암의 성질과 화산의 형태 및 화산대를 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 지구는 매우 역동적인 행성이며, 다양한 시간의 규모 속에서 다양한 지구 활동이 있음을 이해할 수 있도록 지도한다.
2. 화산과 지진은 일정한 지역에 밀집되어 띠를 이루며 발생하고 있으며, 이들 지역은 판의 경계와 밀접하게 관련되어 있음을 이해할 수 있도록 지도한다.
3. 화산과 지진 활동은 지구 내부 에너지와 물질이 지표로 방출되는 과정이며, 지구계를 구성하는 소시스템에 영향을 미침을 이해할 수 있도록 지도한다.

내용 해설

| 지진

지구를 구성하고 있는 암석의 일부분에 급격한 파괴가 일어나 지진파가 발생하는 현상이다. 지진은 그 원인에 따라 단층 지진, 화산 지진, 함몰 지진, 인공 지진, 유발 지진으로 나눌 수 있다.

(1) 지진의 원인

① 단층 지진: 지구 내부에 작용하는 지질학적인 응력에 의하여 발생하는 지진으로 대부분의 지진이 여기에 속하며, 단층 운동을 수반한다.

② 화산 지진: 화산 활동과 관련된 마그마의 운동에 의하여 발생하는 지진이다.

③ 함몰 지진: 지하 동굴의 함몰 또는 산사태에 수반되어 나타나는 지진을 말하는데, 이러한 지진들은 규모가 작다.

④ 인공 지진: 다이너마이트의 폭발 또는 지하 핵실험은 암석의 발파에 따라 지진파를 발생시키므로 이는 자연 지진과 구별하여 인공 지진이라 한다.



1 지진과 화산

❖ 학습 목표

1. 지진의 발생 원인과 지진대에 대해 설명할 수 있다.
2. 용암의 성질과 화산의 형태 및 화산대를 설명할 수 있다.

2010년 1월 중앙아메리카의 아이티에서 큰 규모의 지진이 발생하여 23만여 명이 목숨을 잃었고, 이어서 2월에는 남아메리카의 칠레에서도 큰 규모의 지진이 발생하여 많은 인명과 재산 피해를 입었다. 또한 2010년 4월과 5월에는 북대서양에 위치한 아이슬란드에서 격렬한 화산 폭발이 일어나 많은 양의 화산재가 하늘 높이 올라가서, 유럽 여러 나라의 항공기 운항에 막대한 지장을 초래했다. 이와 같은 지진과 화산 활동은 주로 어디에서, 왜 일어나는지 알아보자.

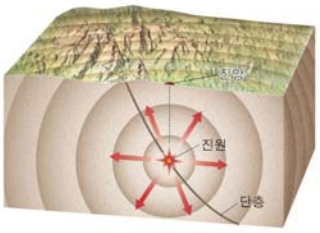


그림 II-1 진원과 진앙

1 지진

지진은 지각에 축적된 탄성 에너지가 갑자기 방출되면서 땅과 건물이 진동하는 현상이다. 지진이 발생하면 탄성 에너지는 지진파의 형태로 지구 내부를 통과하여 모든 방향으로 전달되므로, 지진은 지구 내부의 깊은 곳에 대한 정보를 제공한다. 또한 지진은 내진 설계가 되어 있지 않은 건축물을 파괴시키고, 도시에서는 가스 누출, 전기 합선에 의한 화재 등으로 많은 인명과 재산 피해를 입히기도 한다.

우리나라에서는 일본처럼 지진이 자주 발생하지는 않지만, 지진의 안전지대는 아니어서 지진에 대한 안전 대책이 필요하다.

한 걸음 더

탄성 반발설

지각의 암석에 힘이 가해지면 마치 압축에 의해 눌려 있는 용수철처럼 암석 내에 에너지가 축적되며 지각에 변형이 일어난다. 이 에너지가 어느 한계점에 도달하면 지각이 더 이상 견디지 못하고 단층을 따라 지각이 깨지면서 이 단층에 축적된 에너지가 일시에 방출되고, 지각은 탄성체처럼 원상태로 되돌아가며 땅과 건물이 흔들리는 지진이 발생한다. 이와 같이 단층에 의해 지진이 일어난다는 이론을 탄성 반발설이라 한다.



1. 지진 : 지각에 축적된 에너지가 일시에 방출되면서 땅과 건물 및 지각이 흔들리는 현상.
   (1) 지진의 원인 : 단층, 화산, 함몰 지진(동굴 붕괴, 사태 등), 인공 지진(핵실험, 공사장의 다이너마이트 발파)
   (2) 지진파의 종류와 지진의 세기
      ① 지진파의 종류: P파, S파, 표면파
      ② 지진의 세기 : 지진 규모, 진도

(1) 지진의 원인 지진은 대부분 지각에 작용하는 힘에 의해 단층이 생기면서 발생한다. 또한 화산 폭발이나 마그마의 이동과 관련하여 발생하는 화산성 지진이 있으며, 커다란 지하 동굴의 붕괴나 대규모의 사태에 의해서도 발생한다. 지진은 지각 내에서 가장 많이 발생하며, 지하 약 700 km 이상 깊이에서는 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. 또한 도로 건설이나 채석장에서 이루어지는 대규모 다이너마이트 발파나 지하 핵 실험에 의한 인공적인 지진도 있다.

그림 Ⅱ-1과 같이 지진이 발생한 장소를 **진원**이라 하고, 진원에서 가장 가까운 지표면의 지점을 **진앙**이라고 한다. 일반적으로 진원의 깊이가 70 km 이하이면 **천발 지진**, 70 ~ 300 km이면 **중발 지진**, 300 ~ 700 km이면 **심발 지진**이라 한다.

(2) 지진파의 종류 및 지진 규모 지진이 발생하면 그 에너지는 파동의 형태로 사방으로 전파되는데 이를 **지진파**라 한다. 지진파에는 P파, S파 및 표면파가 있다.

P파는 그림 Ⅱ-2의 (가)와 같이 지진파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 나란한 지진파로서 고체, 액체, 기체를 모두 통과하며, 지각에서의 전파 속도는 6~8 km/s이다. S파는 그림 (나)와 같이 진행 방향과 매질의 진동 방향이 직각인 지진파로서 고체만 통과하며, 지각에서 전파 속도는 3~4 km/s이다. S파는 P파보다 많은 에너지를 전달하며, 진폭은 P파보다 크다. 한편 표면파는 지표면을 따라 전파하며, 속도는 가장 느리나 진폭이 가장 크므로 가장 큰 피해를 입힌다. 그림 Ⅱ-3은 지진파에 의한 지진 기록의 예를 나타낸 것이다.

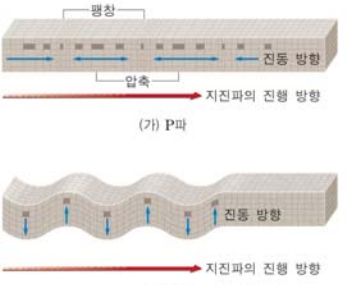


그림 Ⅱ-2 지진파의 전파

지진파의 종류
진원에서 모든 방향으로 전파되는 지진파를 실체파라 하고, P파와 S파가 여기에 속한다. 한편 지표면을 따라서 전파되는 지진파는 표면파라 하고, L파가 있다.

신문이나 TV 등에서 지진의 세기를 보도할 때에는 항상 지진 규모라는 말을 사용한다. **지진 규모**는 지진 자체의 에너지를 나타내는 단위로서 흔히 M으로 나타낸다. 따라서 동일한 지진에 대한 규모는 장소에 관계없이 항상 일정하다. 한편 지진의 진도는 사람이 느끼는 감진 정도, 지표나 건물의 진동 및 피해 정도를 나타내는 수치로서 동일한 지진에 대해서도 장소에 따라 달라진다.

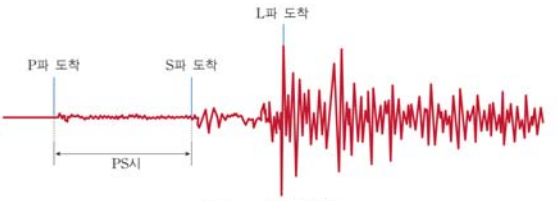
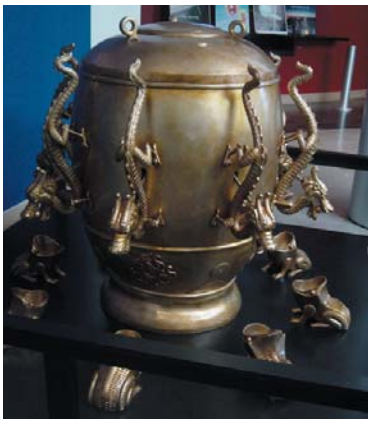


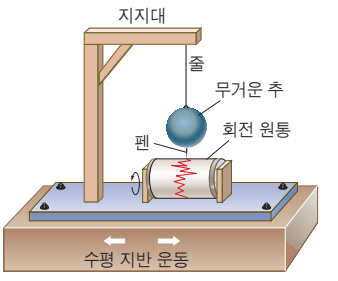
그림 Ⅱ-3 지진 기록의 예

지진 규모
지진계에 기록된 지진파의 진폭과 PS시를 바탕으로 결정한다. 지진 규모가 1 증가할 때마다 지진파의 진폭은 10배씩 증가하고, 에너지는 약 30배씩 증가한다.

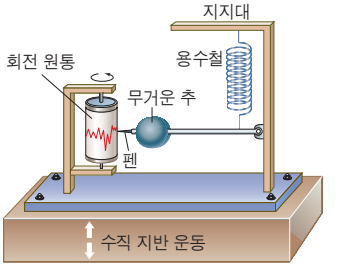

[그림] 지동의

근대적인 지진계는 1880년대부터 만들어졌으며, 이후 정확한 지진을 측정할 수 있게 되었다. 지진계의 무거운 추는 지진계의 모든 부분이 흔들려도 관성으로 정지되어 있고, 종이나 인화지가 감긴 드럼이 회전하며 땅과 함께 진동한다. 이때 추에 매달려 있는 펜이나 추에 붙은 거울에서 반사되는 광선이 드럼 위에 감긴 종이나 인화지에 기록된다. 이러한 지진계는 지표의 흔들림을 측정하기 위해 수평 지진계와 수직 지진계 두 가지의 지진계가 있다.

지진계는 지진 감지 장치와 확대 장치, 기록 장치, 그리고 시간 측정 장치 등으로 이루어져 있으며, 지진을 감지하는 데에는 흔히 매우 긴 고유 진동 주기를 가진 진자가 사용된다.



수평 지진계



수직 지진계

[그림] 지진계

• 지진파의 종류

지진파란 진원에서 지진이 발생하면 그 점을 중심으로 암석 내에 저장되어 있던 탄성 에너지의 일부가 탄성파로 전달되는 것이다. 지진파의 종류에는 실체파인 P파와 S파가 있으며, 지구 표면 가까이의 바깥층을 따라 전파해 가는 표면파로 러브파(L파)와 레일리파(R파)가 있다. P파는 압축과 팽창을 거듭해서 부피 변화를 일으키며 전달된다. S파는 파의 진행방향에 수직 방향으로 진동하는 횡파로 고체만 통과할 수 있다.

지진파	전파 속도 (km/s)	진폭	피해	통과 물질
P파	6~8	작다	작다	고체, 액체, 기체
S파	3~4	중간	크다	고체
표면파	3	크다	매우 크다.	지표면으로 전달

• 지진계

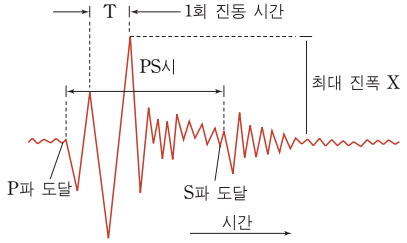
지진계는 지진에 의한 지면의 진동을 측정하는 장치이다. 최초의 지진계는 132년 중국 후한 시대의 장형이 만든 지동의로 알려져 있다.

② 지진 규모: 지진에 의하여 발생한 에너지를 등급화하여, 지진 자체의 절대적 크기를 나타내는 척도이다. 지진 규모에는 리히터 규모, 모멘트 규모 등이 있으나, 특별히 지칭하지 않을 때에는 리히터 규모를 의미한다.

미국 지진학자인 찰스 리히터는 캘리포니아 주 남부 지방에 발생한 지진의 통계적 연구를 수행할 때 지진의 크기를 나타내는 척도의 필요성을 느껴 다음과 같이 지진 규모(M)를 정의하였다.

$$M = \frac{\log X}{T} + y$$

여기서 X는 지진계의 기록지 상에 나타난 최대 진폭이고, T는 1회 진동 시간이며, y는 진앙의 거리 함수이다.



y는 지진계와 진앙 사이의 거리에 비례하는 보정 계수이다. 이 값은 PS시로부터 계산된다.

한 지진에 대하여 여러 관측소의 지진 기록을 이용하여 규모를 산출하여 보면, 그 값이 서로 일치하지 않는 것이 보통이며, 이 경우 산술 평균치가 지진 규모로 채택된다. 리히터 지진 규모는 원래 진앙 거리가 100 km인 관측점에서 지진 규모로 나타낸다.

지진 규모를 간단히 구하는 방법은 그래프를 이용하는 것이다. 이때 지진 기록의 최대 진폭은 mm 단위로 측정하고, PS시는 반드시 초(second)로 측정한다.



리히터(Richter, C. F.)
– 미국 : 1900~1986 –
지진학자로 지진의 크기를 에너지 단위(J)를 이용한 지진 규모 식으로 나타내었다.

지진은 규모(M)에 따라 분류하면 표 Ⅱ-1과 같다.

표 Ⅱ-1 지진 규모에 따른 피해

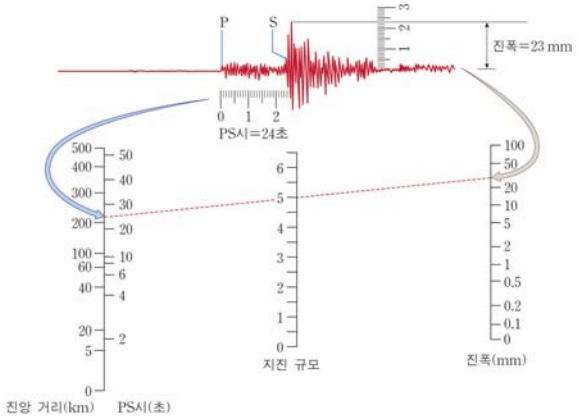
지진 규모(M)	지진 규모에 따른 피해
3 ~ 4	진앙 부근에서 흔들림을 느끼는 정도
4 ~ 5	진원이 아주 얕은 경우 진앙에서 피해 발생
5 ~ 6	진앙 부근에서 소규모 피해 발생
6 ~ 7	진앙 부근에서 비교적 큰 피해 발생
7 ~ 8	내륙 지진일 경우 큰 재해 발생, 해저 지진일 경우 해일 발생
8 ~ 9	내륙 지진일 경우 큰 재해 발생, 해저 지진일 경우 큰 해일 발생
9 ~ 9.5	대규모의 지각 변동 발생, 광범위한 지역에 큰 재해나 큰 해일 발생

한 걸음 더

리히터 지진 규모

지진은 지각 내에 축적된 에너지가 갑자기 방출될 때 일어나며, 이 에너지는 지진파의 형태로 전달된다. 지진파의 성질과 지진 기록을 이용하면 지진 발생 위치와 규모, 지구 내부 구조 등을 알 수 있다. 그러면 지진의 규모는 어떻게 결정될까?

1900년대 초기 과학자나 일반인들은 지진의 크기를 별의 등급처럼 어떤 등급으로 표시할 수 있었으면 좋겠다는 생각을 가져왔다. 그러던 중 미국의 지진학자 리히터는 1935년 자신이 개발한 지진계를 이용하여 지진의 크기를 측정할 수 있는 방안을 제시하였다. 지진의 규모(M)는 지진 기록에서 지진파의 최대 진폭과 PS시를 구한 다음, 아래 그림의 세로축에 각각의 값을 표시한 후 두 점을 연결하여 지진의 규모를 구한다. 지진 기록의 진폭을 측정할 때는 반드시 mm 단위를 사용하고, PS시는 초로 읽어야 한다.



88 | Ⅱ. 생동하는 지구

• 지진 모멘트

최근에는 지진의 규모를 리히터 규모를 수정, 보완하여 지진 모멘트(M_0)로 나타낸다. 지진 모멘트란, 지진은 두 쌍의 서로 직교하는 응력에 의하여 발생한다고 가정하고, 이러한 응력에 대응하는 힘의 크기를 말한다. 탄성론을 이용하면, 작용한 응력과 변형률은 서로 비례하므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$M_0 = \mu US$$

여기서 μ는 강성률, S는 단층면의 면적, U는 단층면 상의 평균변위를 나타낸다. 지진 모멘트는 이 식에서 단층면 상의 평균변위와 단층면의 면적을 직접 대입하여 구할 수 있다. 단층면 상의 평균변위는 지진 발생으로 나타난 지진 단층의 야외조사로부터 구할 수 있으며, 단층면의 면적은 지진 단층의 조사 또는 여진 면적으로부터 추정할 수 있다. 이와 같이 직접적인 방법 외에, 지진파의 변위에 대한 스펙트럼(진동수에 대한 진폭 또는 에너지의 크기를 나타낸 그래프)을 이용하여 구할 수도 있다.

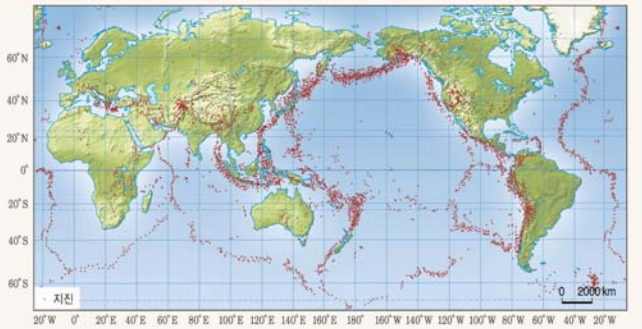
• 진도

지진이 발생했을 때, 어떤 장소에서 지진의 진동 크기를 인체 감각과 주위의 물체, 구조물 및 자연계 등에 나타난 변화 또는 피해 상황에 따라 몇 개의 등급으로 나누어 지진의 크기를 나타내는 척도이다. 진도는 북아메리카에서 널리 쓰이고 있는 수정 메르칼리 진도 척도(Modified Mercalli Intensity Scale)와 일본 기상청 진도 척도(Japan Meteorological Agency Scale)가 있다. 우리나라에서 사용하고 있는 수정 메르

탐구 1 자료 해석 **지진대의 분포 조사**

준비물 세계의 지진 분포 지도, 2010년 지진 발생 자료, 투명 용지, 붉은색 펜

과정 1. 다음 그림은 세계적으로 지진이 자주 발생하는 지역을 나타낸 것이다.



2. 다음 표는 2010년 1월부터 7월까지 세계에서 발생한 규모 6.0 이상의 지진을 나타낸 것이다. 위의 지진대 지도 위에 투명 종이를 올려놓고, 각 지진의 진앙의 위치를 표시해 보자.

발생일	규모	위도	경도	발생일	규모	위도	경도
2010/07/24	7.4	6.48°N	123.53°E	2010/04/12	6.2	37.08°N	3.47°W
2010/07/18	6.9	6.12°S	150.52°E	2010/04/11	7.5	11.0°S	161.13°E
2010/07/14	6.5	38.0°S	73.28°W	2010/04/07	6.0	3.86°S	141.86°E
2010/06/30	6.5	16.53°N	97.71°W	2010/04/07	7.8	2.24°N	97.05°E
2010/06/28	5.9	30.8°N	142.1°E	2010/04/05	7.2	32.09°N	115.25°W
2010/06/24	6.1	5.61°S	151.09°E	2010/03/14	6.6	37.7°N	141.9°E
2010/06/15	5.6	24.06°N	121.63°E	2010/03/11	7.2	34.29°S	71.95°W
2010/06/13	6.2	37.4°N	141.8°E	2010/03/05	6.4	22.32°S	68.1°W
2010/06/13	7.7	7.72°N	91.9°E	2010/03/04	6.4	22.9°N	120.91°E
2010/05/26	6.4	25.8°N	129.96°E	2010/02/28	6.3	24.59°S	65.43°W
2010/05/25	6.5	8.07°S	71.57°W	2010/02/27	8.8	35.85°S	72.72°W
2010/05/19	6.0	5.04°S	77.5°W	2010/02/22	6.0	23.89°N	123.23°E
2010/05/09	7.4	3.6°N	96.04°E	2010/02/18	6.7	42.56°N	130.84°E
2010/05/06	6.4	18.0°S	70.49°W	2010/01/20	6.1	18.43°N	72.88°W
2010/05/03	6.1	29.8°N	141.6°E	2010/01/19	6.0	13.81°N	90.2°W
2010/04/26	6.9	22.25°N	123.73°E	2010/01/13	7.0	18.45°N	72.45°W

정리 1. 세계의 지진대는 크게 몇 개로 구분할 수 있는가?
2. 일본과 우리나라는 지진대에 해당하는가?
3. 2010년에 큰 피해를 입힌 아이티 지진과 칠레 지진은 어느 지진대에 해당하는가?

칼리 진도는 12등급으로 나누어져 있으며, 주로 구조물과 자연물의 변화, 피해 정도에 의하여 분류되고 있다. 진도의 분류 기준에서 인체 감각은 개인차와 개개인의 자세에 따라 달라지므로, 진도 결정에 주관성이 개입되기 쉽다. 또한, 구조물과 자연물의 변화 또는 피해 상황으로부터 진도를 결정할 때도 주관성이 개입되기 쉽다. 따라서 지진의 진도는 지진 진동의 크기를 나타내는 상대적인 척도에 지나지 않으며, 확실하게 정의되는 물리량이 아니다.

탐구 1 자료 해석

지진대의 분포 조사

1. 목표

지진이 어디에서 빈번하게 일어나는지 알아본다.

2. 정리

1. 환태평양 지진대, 인도네시아–히말라야 산맥–지중해 지진대, 중앙 해령 지진대.
2. 환태평양 지진대에 속함.
3. 환태평양 지진대에 속함.

• 진앙의 결정

지진 관측소와 진앙의 거리는 PS시를 이용한다. 진앙과 관측소의 거리를 s라고 하면 P파가 관측소에 도달하는 데 걸리는 시간(t_P)은 $\frac{s}{V_P}$이다. V_P는 P파의 속도이다. S파가 관측소에 도달하는 데 걸리는 시간(t_S)은 $\frac{s}{V_S}$이다. PS시는 P파와 S파의 도달 시간 차이므로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\text{PS시} = t_S - t_P = \frac{s}{V_S} - \frac{s}{V_P}$$

진앙 거리 s는 $s = \frac{\text{PS시}}{(\frac{1}{V_S} - \frac{1}{V_P})}$이다.

한 관측소에서 진앙의 거리는 s를 반지름으로 하는 원이다. 따라서 정확한 진앙을 알기 위해서 적어도 3개 이상의 관측소가 필요하다.



• 지진대

지진 발생 빈도가 높은 띠 모양의 지역을 말한다. 가장 뚜렷한 지진대는 태평양과 대륙과의 경계를 둘러싼 환태평양 지진대로, 일본 열도에서 알류샨 열도, 북아메리카와 남아메리카 대륙의 서해안을 지나 뉴질랜드, 통가, 사모아, 솔로몬, 뉴기니, 필리핀을 지나는 대원을 이루고 있다. 이 지진대에서 발생하는 지진은 전체 지진 에너지의 75.6%에 해당한다.

다음으로 이탈리아에서 발칸반도를 지나 중앙 아시아, 이란, 아프가니스탄, 히말라야 산맥, 티베트, 중국 서부를 연결하는 유라시아 지진대를 들 수 있다. 이 지진대에서 지진

으로 방출되는 에너지는 22.1%에 달한다. 또한, 대서양의 중앙부를 거의 남북으로 가로질러 아프리카의 남단을 거쳐 인도양으로 연결되는 지진대가 있으며, 이를 중앙 해령 지진대라 한다. 이러한 지진대는 판 구조 운동과 관련하여, 대체로 판의 경계를 지나고 있으며, 현재 활동적인 조산대나 화산대와 일치한다.

2 화산

지하 깊은 곳에서 생성된 마그마가 지각의 갈라진 틈을 통하여 화산 가스, 용암, 화산 쇄설물 등을 지표 밖으로 분출하는 현상으로 화산 활동이라고도 한다. 또한 화산이 분출할 때 뿜어 나온 용암과 화산 쇄설물이 쌓여 형성된 산체를 화산이라고 한다. 엄밀하게는 이 산체를 화산체(volcano edifice)라고 하여 화산과 구별하나, 보통 화산은 화산체를 포함하여 넓은 의미로 사용된다.

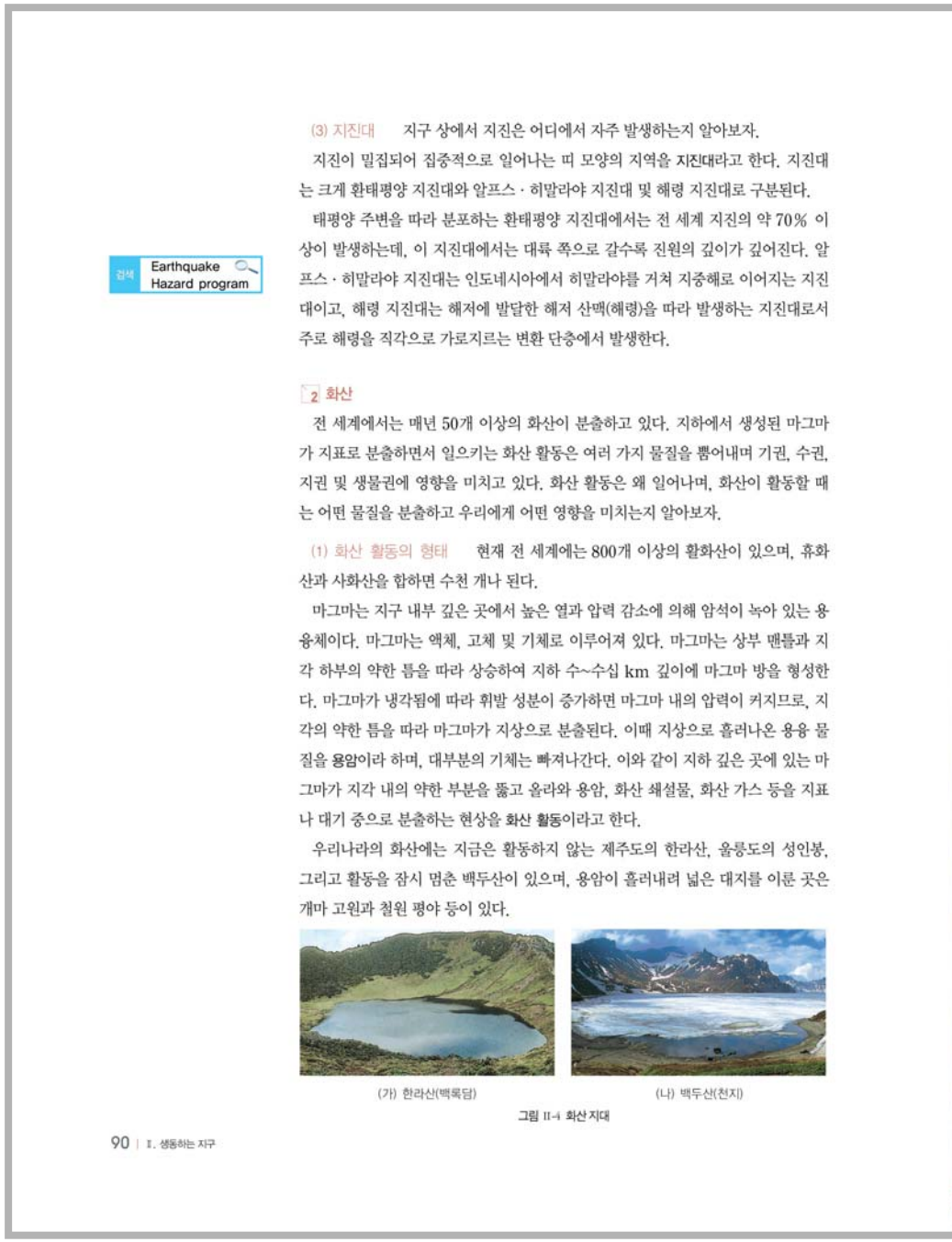
(1) 화산 활동의 형태: 마그마 또는 용암의 성질에 따라 화산 활동의 형태가 달라진다 (교과서 91쪽 '한 걸음 더' 표 참조).

① 유출형 화산 활동: 점성이 작은 현무암질 용암이 비교적 조용하게 멀리까지 흘러내림. 예) 킬라우에아 화산

② 폭발형 화산 활동: 점성이 큰 유문암질 또는 안산암질 용암이 하늘 높이 분출하면서 많은 화산재와 화산암편 및 화산 가스를 분출함. 고온의 화산재 흐름을 형성하여 큰 피해를 입힐 수 있음. 예) 필리핀 마욘 화산, 일본 후지 화산

• 용암의 종류와 용암의 성질

마그마는 상부 맨틀이나 하부 지각이 부분 용융되어 생성된 용융 상태의 암석이며, 용암은 지구 표면으로 분출된 마그마를 나타내는 일반적인 용어이다. 용암 또는 마그마의 성질을 결정하는 중요한 요소는 기체의 함량과 점성 및 온도이다. 마그마에 용해되어 있는 기체의 양은 마그마의 성분에 따라 결정된다. 일반적으로 마그마에 들어 있는 기체 중에는 수증기의 양이 가장 많다. 실험 결과에 의하면 동일한 온도와 압력에서 규장질(유문암질) 마그마는 고철질(현무암질) 마



검색 Earthquake Hazard program

(3) 지진대 지구 상에서 지진은 어디에서 자주 발생하는지 알아보자.

지진이 밀집되어 집중적으로 일어나는 띠 모양의 지역을 지진대라고 한다. 지진대는 크게 환태평양 지진대와 알프스 · 히말라야 지진대 및 해령 지진대로 구분된다.

태평양 주변을 따라 분포하는 환태평양 지진대에서는 전 세계 지진의 약 70% 이상이 발생하는데, 이 지진대에서는 대륙 쪽으로 갈수록 진원의 깊이가 깊어진다. 알프스 · 히말라야 지진대는 인도네시아에서 히말라야를 거쳐 지중해로 이어지는 지진대이고, 해령 지진대는 해저에 발달한 해저 산맥(해령)을 따라 발생하는 지진대로서 주로 해령을 직각으로 가로지르는 변환 단층에서 발생한다.

2 화산

전 세계에서는 매년 50개 이상의 화산이 분출하고 있다. 지하에서 생성된 마그마가 지표로 분출하면서 일으키는 화산 활동은 여러 가지 물질을 뿜어내며 기권, 수권, 지권 및 생물권에 영향을 미치고 있다. 화산 활동은 왜 일어나며, 화산이 활동할 때는 어떤 물질을 분출하고 우리에게 어떤 영향을 미치는지 알아보자.

(1) 화산 활동의 형태 현재 전 세계에는 800개 이상의 활화산이 있으며, 휴화산과 사화산을 합하면 수천 개나 된다.

마그마는 지구 내부 깊은 곳에서 높은 열과 압력 감소에 의해 암석이 녹아 있는 용융체이다. 마그마는 액체, 고체 및 기체로 이루어져 있다. 마그마는 상부 맨틀과 지각 하부의 약한 틈을 따라 상승하여 지하 수~수십 km 깊이에 마그마 방을 형성한다. 마그마가 냉각됨에 따라 휘발 성분이 증가하면 마그마 내의 압력이 커지므로, 지각의 약한 틈을 따라 마그마가 지상으로 분출된다. 이때 지상으로 흘러나온 용융 물질을 용암이라 하며, 대부분의 기체는 빠져나간다. 이와 같이 지하 깊은 곳에 있는 마그마가 지각 내의 약한 부분을 뚫고 올라와 용암, 화산 쇄설물, 화산 가스 등을 지표나 대기 중으로 분출하는 현상을 화산 활동이라고 한다.

우리나라의 화산에는 지금은 활동하지 않는 제주도의 한라산, 울릉도의 성인봉, 그리고 활동을 잠시 멈춘 백두산이 있으며, 용암이 흘러내려 넓은 대지를 이룬 곳은 개마 고원과 철원 평야 등이 있다.

(가) 한라산(백록담) (나) 백두산(천지)

그림 II-4 화산 지대

90 | II. 생동하는 지구

(3) 지진대: 일정한 지역에 밀집되어 띠를 이루며 빈번히 발생하는 지역
주요 지진대 : 환태평양 지진대, 인도네시아–히말라야 산맥–지중해 지진대, 중앙 해령 지진대

2. 화산

(1) 화산 활동: 지하의 마그마가 지각의 갈라진 틈을 통하여 화산 가스, 용암, 화산 쇄설물 등을 지표 밖으로 분출하는 현상

(2) 화산 활동의 형태: 유출형 분출, 폭발형 분출

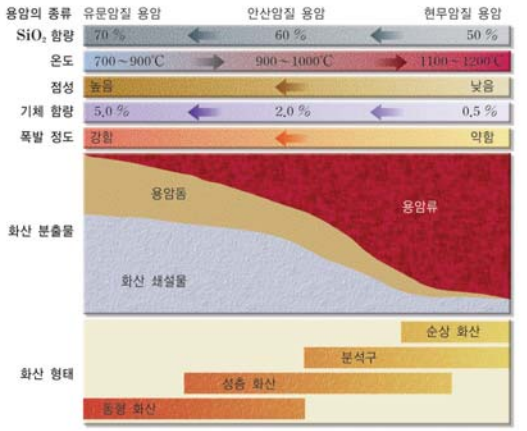
(3) 용암의 종류: 현무암질 용암, 안산암질 용암, 유문암질 용암

한 걸음 더

용암의 성질과 화산의 형태

용암은 SiO_2 함량에 따라 유문암질 용암, 안산암질 용암 및 현무암질 용암으로 구분하며, 용암의 성질을 결정하는 중요 요소에는 SiO_2 함량, 온도, 점성 및 기체의 함량 등이 있다. 따라서 화산의 분출 형태는 분출되는 용암의 성질에 따라 서로 다른 특징을 보여 준다. 특히 마그마의 점성은 SiO_2 함량과 온도 및 포함된 기체에 의해 결정되는데, 마그마의 SiO_2 함량이 높을수록 마그마는 더 큰 점성을 가지므로 유동성은 작아진다. 또한 마그마의 온도가 낮고, 마그마 내에 수증기와 기체가 많이 포함되어 있으면 마그마의 점성은 더욱 커진다.

다음 그림은 용암의 종류와 여러 물리 · 화학적 성질 및 화산 분출물과 화산 형태를 나타낸 것이다.





그마보다 기체를 4~5배 많이 포함한다. 따라서 마그마의 SiO_2 함량과 용해된 기체 양의 관계는, 왜 현무암질 용암은 조용히 분출하는 반면에 유문암질 용암은 격렬하게 분출하는지 잘 설명해 준다. 또한 현무암질 용암이 분출할 때에는 용암의 양이 화산 쇄설물의 양보다 훨씬 많은 반면에, 유문암과 안산암질 용암이 분출할 때는 화산 쇄설물의 양이 용암의 양보다 훨씬 더 많은 것과도 관련이 있다.

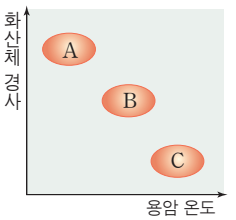
마그마의 또 다른 중요한 특징은 점성이다. 점성은 액체 내에서 분자의 결합과 부분적으로 관련이 있기 때문에 점성은 액체의 성분에 따라 달라진다. 예를 들면 규산염으로 된 마그마에서 규산의 함량이 높을수록 점성은 커진다. 기체는 점성이 높은 유문암질 마그마보다 점성이 낮은 현무암질 마그마에서 한층 더 쉽게 빠져나간다.

마그마의 점성을 지배하는 또 다른 중요한 요소는 온도이다. 마그마의 온도가 높으면 높을수록 마그마의 점성은 낮다. 마그마의 결정화 작용이 진행됨에 따라 결정과 액체로 이루어진 마그마의 잔류물은 증가하게 된다. 마그마 또는 용암의 성질은 화산 분출의 형태와 화산체의 모양 및 화산 재해의 형태와 규모에 영향을 미치므로 매우 중요하다.

과학자들은 마그마의 기체의 함량과 점성을 기준으로 '한 걸음 더'의 그림처럼 용암을 크게 현무암질 용암, 안산암질 용암 및 유문암질 용암으로 구분한다. 그리고 이들이 분출하여 생성된 용암류의 외형상 특징은 이들의 분출 온도, 화학 성분 및 점성에 대해 많은 정보를 제공한다.

기출 문제 | 2010학년도 대수능

그림은 화산의 대표적인 세 유형 A, B, C의 상대적인 특성을 나타낸 것이다.



화산 유형 A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보기〉

ㄱ. 용암이 가장 멀리 이동할 수 있는 것은 A이다.
ㄴ. 용암과 화산 쇄설물을 교대로 분출하는 것은 B이다.
ㄷ. 현무암질 용암으로 생성된 것은 C이다.
ㄹ. 같은 유형의 화산에서 용암의 냉각 속도가 빠를수록 화산체의 경사는 작아진다.

① ㄱ, ㄷ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

해설 화산체의 경사가 급한 A는 종상 화산, 중간 정도인 B는 성층 화산, 완만한 C는 순상 화산(용암 대지)이다.
ㄴ. 용암과 화산 쇄설물을 번갈아 분출하는 것은 성층 화산의 특징으로 B에 해당한다.
ㄷ. 현무암질 용암은 유동성이 크기 때문에 용암 대지나 순상 화산(C)을 형성한다. **정답** ③

오답 ㄱ. 가장 멀리 이동할 수 있는 용암은 온도가 높고 SiO_2 함량이 낮아 화산체의 경사가 완만한 C이다.
ㄹ. 용암의 냉각 속도가 빠르면 용암의 점성이 커지므로 화산체의 경사는 커진다.

• 화산체의 모양

화산체의 모양은 분출되는 마그마의 종류와 용암과 화산 쇄설물의 상대적 비율에 따라 다르다. 화산체는 모양에 따라 순상 화산, 성층 화산 및 종상 화산으로 나눈다.

(1) 순상 화산: 유동적인 용암이 연속적으로 흘러서 두께가 얇은 층을 형성하면서 만들어진다. 이 화산의 정상부는 5°, 측면은 10° 정도의 경사를 갖는다. 순상 화산은 전형적으로 현무암질 용암이 분출되어 형성된다. 화산재나 화산 쇄설물의 양은 적다. 하와이 킬라우에아, 제주도 한라산 등은 순상 화산이다.

(2) 성층 화산: 용암과 테프라(tephra)가 교대로 쌓여 형성된 가파른 원추 모양의 화산체이다. 분출된 테프라(화산 쇄설물의 총칭)의 부피는 용암의 부피와 비슷하거나 조금 더 크다. 높이가 수천 m에 이르는 성층 화산의 경사부는 가파르다. 성층 화산 정상부에서의 경사는 약 30°, 기저부에서는 6~10° 정도이다. 예로는 일본의 후지 산, 필리핀의 마욘 화산 등이다.

(3) 종상 화산: 비교적 높은 함량의 SiO_2(약 70%)가 포함된 점성이 큰 마그마에 의해 형성된다. 점성이 매우 높은 마그마가 화도를 따라 상승할 때 거의 고체 상태로 굳어져 경사가 아주 급한 수직 상태의 화산체를 이룬다. 이 마그마에 의해 생성되는 일반적인 암석은 유문암으로서 대개 칼륨과 나트륨이 풍부한 장석류, 석영 및 소량의 고철질 광물로 이루어진다. 종상 화산의 활동은 대부분 폭발적이기 때문에 이 화산은 매우 위험하다. 종상 화산은 용암돔 또는 화산돔(volcanic domes)이라고도 한다. 제주도의 산방산과 캘리포니아 북동부의 라센 화산이 용암돔의 좋은 예이다.

(4) 분석구(기생 화산): 대개 화산재 및 화산탄을 포함하는 큰 입자들로 이루어진 테프라로부터 형성된 비교적 작은 규모의 화산이다. 분석구는 화구 근처에 테프라가 쌓이면서 크기가 커진다. 흔히 더 커다란 화산의 측면이나 정단층 및 기다랗게 갈라진 틈이나 열곡을 따라서 발견된다. 예로는 제주도의 기생 화산(오름)이 있다.



(가) 분출형 (나) 폭발형

그림 II-5 마그마의 성질과 화산의 분출 형태

일반적으로 SiO_2 함량이 적어 점성이 작고 유동성이 큰 마그마를 분출하는 화산은 그림 Ⅱ-5의 (가)와 같은 분출형으로, 그 활동이 비교적 조용하며 경사가 완만한 화산을 형성한다. 그 대표적인 예가 하와이 섬의 화산이다. 그러나 SiO_2 함량이 많아 점성이 크고 유동성이 작은 마그마를 분출하는 화산은 그림 (나)와 같이 질은 가스를 내뿜으면서 폭발적이며 경사가 급한 화산을 형성한다. 그 대표적인 예가 크라카타우 화산이다.

화산의 분출 형태에 따라 형성되는 화산체의 모양도 그림 Ⅱ-6과 같이 달라진다. 점성이 작고 유동성이 크며 휘발 성분이 적은 마그마는 그림 (가)와 같은 경사가 완만한 순상 화산이나 용암 대지를 형성한다. 그리고 용암과 화산 쇄설물이 교대로 분출하는 경우에는 그림 (나)와 같이 경사가 급한 성층 화산을 형성한다.

성층 화산의 대표적인 예는 필리핀의 마욘 산과 일본의 후지산이다.

그림 (다)와 같은 분석구는 화산 가스를 많이 포함한 용암의 폭발적인 분출에 의해 생성된 화산재와 화산탄 같은 화산 쇄설물이 화구 주위에 떨어져 원추 모양으로 쌓여 형성된 비교적 작은 화산체이다. 분석구는 규모가 큰 순상 화산이나 성층 화산의



(가) 순상 화산 (나) 성층 화산

(다) 분석구 (라) 종상 화산

그림 II-6 화산의 형태

(4) 화산 분출물: 용암, 화산 쇄설물, 화산 가스

(5) 화산체의 모양은 분출되는 마그마의 종류와 용암과 화산 쇄설물의 상대적 비율에 따라 결정된다.

(6) 화산체의 모양: 순상 화산, 성층 화산, 종상 화산, 분석구(기생 화산)

(7) 화산 분출물

① 용암: 용융 상태의 암석의 분출물

② 화산 쇄설물(테프라): 화산력, 화산재, 화산진, 화산탄 등

③ 화산 가스: 수증기, 이산화탄소, 이산화황, 질소, 염소, 기타

측면, 또는 열극이나 단층을 따라 형성된다. 제주도 한라산 기슭에 분포하는 많은 기생 화산은 모두 분석구이다.

그림 (라)와 같은 종상 화산은 점성이 매우 큰 마그마가 화도를 따라 상승할 때 높은 점성 때문에 옆으로 흘러가지 못하고 고체처럼 수직적으로 서서히 올라와 화구 위에 굳어져 형성된 돔 모양의 화산체이다. 또한 점성이 크고 유동성이 작으며 휘발성분이 많은 용암이 멀리 흘러가지 못하고 화구 부근에 쌓일 때에도 경사가 급한 종상 화산이 형성된다. 이러한 종상 화산은 용암돔이라고도 한다.

종상 화산의 대표적인 예는 제주도의 산방산과 일본 홋카이도의 소화산산이다.

연구 1
제주도의 한라산과 하와이의 킬라우에아 화산 및 일본의 후지산은 각각 어떤 형태의 화산인지 알아보자.

(2) 화산에서 분출되는 물질 화산에서 분출되는 물질은 기체 상태의 화산 가스와 액체 상태의 용암, 고체 상태의 화산 쇄설물로 구분한다. 화산 가스는 그림 Ⅱ-7과 같이 평균적으로 수증기 70 %, 이산화탄소 15 %, 질소 5 %, 이산화황 5 %이며 기타 소량의 염소, 수소, 아르곤 등이 포함되어 있다. 이들 가스 중 이산화황과 염소는 매우 유독한 기체로서 생물체에 치명적이며, 이산화탄소가 다량 분출되는 경우에는 주변의 식물들을 말라 죽게 한다.

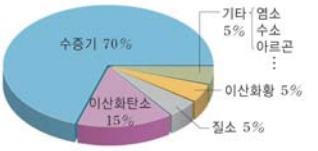


그림 Ⅱ-7 화산 가스의 성분

용암은 마그마가 지표로 흘러나온 것을 말하며, 온도는 800~1200 ℃ 정도이다. 용암은 그 점성에 따라 다르지만 일반적으로 1시간에 10~300 m 정도 이동하나, 빠른 경우에는 시속 30 km의 속도로 150 km 정도까지 이동하는 경우도 있다. 용암은 온도가 매우 높기 때문에 암석을 제외한 주변의 거의 모든 것을 불태워버린다.

화산 쇄설물은 표 Ⅱ-2, 그림 Ⅱ-8과 같이 크기에 따라 화산진, 화산재, 화산력, 화산탄 등으로 구분한다. 화산재나 화산진이 대기 중으로 분출되면 대기 상층에 오래 머물러 있으면서 태양 광선을 차단하는 등 기후 변화를 일으키기도 한다.

표 Ⅱ-2 화산 쇄설물의 종류

화산 쇄설물	특징 및 입자의 크기
스코리아(scoria)	검고 기공이 많으나 물에 뜨지 않음
부석	희고 기공이 많아 물에 뜸
화산탄	64 mm 이상
화산력	지름 2~64 mm
화산재	지름 0.06~2 mm
화산진	지름 0.06 mm 이하



그림 Ⅱ-8 화산 쇄설물

화산 활동은 원시 지각이 만들어진 이래 지금까지 계속 일어났으나, 지각 변동과 삭박 또는 매몰되어 화산체의 원형은 대부분 파괴되었거나 없어졌다. 한반도에서의 화산 활동은 중생대 백악기에 극렬하였던 것으로 알려져 있으나, 현재 화산으로 뚜렷한 모양을 갖추고 있는 것은 제 3 기 말에서 제 4 기까지 화산 활동의 산물인 백두산, 울릉도와 제주도이다.

연구 1

제주도의 한라산과 하와이 킬라우에아 화산은 유동성이 큰 용암이 유출되어 형성된 순상 화산이며, 일본의 후지산은 유동성이 작은 용암과 화산 쇄설물이 교대로 쌓인 성층 화산이다.

(2) 화산에서 분출되는 물질: 화산에서 분출되는 물질은 크게 용암, 화산 쇄설물, 화산 가스가 있다.

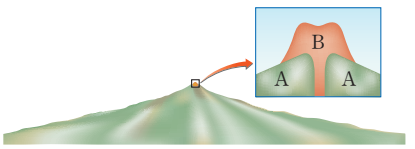
① 용암: 파호이호이(pahoehoe) 용암(점성이 낮아 넓게 펼쳐져 넓은 대지를 이루고 있는 용암)과 아아(aa) 용암으로 나눈다.

② 화산 쇄설물: 입자의 크기에 따라 화산진, 화산재, 화산력으로 구분한다. 화산탄은 액체 상태의 마그마가 공중으로 분출된 후 떨어지면서 구형으로 둥글게 굳어진 화산 암편이다.

③ 화산 가스: 수증기, 이산화탄소, 이산화황, 기타 염소, 수소, 아르곤 등

기출 문제 | 2008학년도 대수능

그림은 학생들이 어느 화산 지역을 조사한 후 화산과 화산 정상부의 단면을 그린 것이다. A는 순상 화산체이고, B는 종상 화산체이다.



두 화산체에 대한 〈보기〉의 대화 중 옳게 말한 학생을 있는 대로 고른 것은?

보기
영희: A가 생성된 후 B가 생겼을 거야.
철수: 용암의 점성은 A가 더 컸을 거야.
순희: B는 현무암질 용암에 의해 생성되었을 거야.

① 영희 ② 철수 ③ 영희, 순희
④ 철수, 순희 ⑤ 영희, 철수, 순희

해설 영희: B는 A를 뚫고 올라와 분출한 것이므로 B가 A보다 나중에 생성된 것이다. 정답 ①

오답 철수: A는 용암의 점성이 적은 순상 화산이고, B는 점성이 큰 종상 화산이므로 용암의 점성은 B가 더 크다.
순희: B는 종상 화산이므로 점성이 작은 현무암질 용암이 아니라 유문암질 용암에 의해 생성된다.

탐구 2 조사

화산대의 분포 조사

1. 목표

화산이 어떤 지역에서 빈번하게 일어나는지 알아본다.

2. 정리

1. 환태평양 화산대, 인도네시아–히말라야 산맥–지중해 화산대, 중앙 해령 화산대, (열점)
2. 화산과 지진은 거의 같은 지역에 밀집되어 분포하며 띠를 이루고 있는 것이 특징임.

(3) 화산대의 분포: 화산은 여러 지역에 걸쳐 균일하게 분출하는 것이 아니라 일정한 지역에 밀집되어 띠를 이루며 분포하는데, 이러한 띠 모양의 화산 분포 지대를 화산대라고 한다. 세계 주요 화산대에는 환태평양 화산대, 인도네시아–히말라야 산맥–지중해 화산대, 중앙 해령 화산대가 있다. 이들 화산대 중에서도 환태평양 화산대에서 화산 활동이 가장 활발하며 전 세계 화산의 약 60 %가 이 화산대에서 발생한다.

화산이 일정한 지역에 밀집되어 분포하는 까닭은 마그마의 생성 과정과 밀접한 관계가 있다. 마그마의 생성은 판의 섭입 경계와 발산 경계에서 주로 생성되므로, 화산이 빈번히 분출하는 지역은 판의 경계부와 밀접한 관계가 있다. 따라서 화산대는 판의 경계부와 거의 일치한다.

예를 들어 아이슬란드와 동아프리카 열곡대는 발산 경계에 위치하여 화산 분출이 빈번하며, 일본과 인도네시아 및 필리핀에서 화산 분출이 빈번한 것은 이들 지역이 섭입 경계에 놓여 있기 때문이다. 이처럼 화산은 지진처럼 판의 경계를 따라 주로 분출하기 때문에 화산대와 지진대의 위치는 거의 같다.

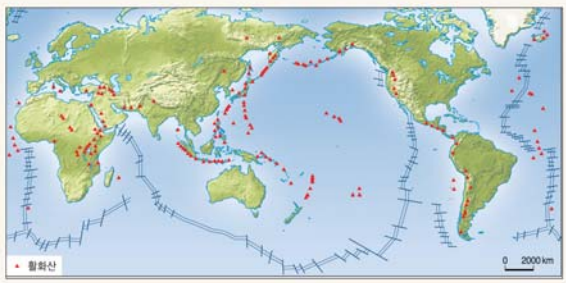
(3) 화산대의 분포 전 세계에는 현재 약 800개 이상의 화산이 활동하고 있다. 우리나라에는 현재 활동 중인 화산이 없지만 이웃 나라 일본에는 활동 중인 화산이 약 100개가 있으며, 적도 부근의 섬나라 필리핀에도 40여 개의 크고 작은 화산들이 있다. 이처럼 일본이나 필리핀에 화산이 많은 이유는 무엇일까?

지구 상에서 화산 활동이 자주 일어나는 지역은 어디이며, 지진대와 어떤 관련이 있는지 알아보자.

탐구 2 조사 화산대의 분포 조사

준비물 세계의 화산 분포 지도, 투명 종이, 붉은색 펜

과정 1. 다음 그림은 지구 상에서 화산이 자주 일어나는 지역을 표시한 것이다.



2. 인터넷을 이용하여 2000년 이후 분출한 화산들을 찾아 조사한 후, 그 위치를 위의 지도에 투명 종이를 올려놓고 붉은색 펜으로 표시해 보자.
3. 2010년 4월 12일 아이슬란드에서 분출한 화산의 위치를 지도 위에서 찾아보고, 하와이 섬에서 일어나는 화산 활동의 특징과 비교해 보자.
4. 그림의 화산대를 89쪽의 탐구 1에서 제시된 지진대와 비교해 보자.

정리 1. 화산은 어느 지역에 가장 많이 분포하는가?
2. 화산과 지진은 대체로 어떻게 분포하고 있으며, 어떤 관계가 있는지 토의해 보자.

화산은 지구 상의 모든 지역에서 고르게 나타나는 것이 아니고, 일정한 지역을 따라 집중적으로 나타나고 있다. 이러한 화산 활동 지역을 연결시켜 보면 마치 지구 전체를 둘러싼 듯한 커다란 띠 모양으로 이어지는데, 이와 같은 화산 활동 지역을 화산대라고 한다.

주요 화산대로는 환태평양 화산대, 알프스 · 히말라야 화산대, 중앙 해령 화산대가

94 | Ⅱ. 생동하는 지구

(3) 화산대의 분포

① 화산은 일정한 지역에 밀집되어 띠를 이루며 분포하고 있으며, 이를 화산대라 한다. 주요 화산대에는 환태평양 화산대, 인도네시아–히말라야 산맥–지중해 화산대, 중앙 해령 화산대가 있다.

② 화산대 중 환태평양 화산대는 태평양 주위에 발달한 화산대로 전 세계 화산의 60 % 이상이 이 화산대에서 발생하고 있어 이를 불의 고리(ring of fire)라고 부른다.

③ 판의 경계부가 아닌 판의 내부에서의 화산 분출은 열점에서 일어난다.

있다. 환태평양 화산대는 태평양 주변을 따라 고리 모양으로 분포하고 있는 화산대로서 불의 고리라고도 한다(그림 Ⅱ-9). 전 세계 화산의 약 60 %가 환태평양 화산대에 분포하고 있다. 알프스·히말라야 화산대는 인도네시아에서 히말라야 산맥을 거쳐 지중해로 이어지는 화산대를 말하며, 중앙 해령 화산대는 대서양과 인도양의 중앙 해령을 따라 발달한 화산대를 말한다. 2010년 1월 아이슬란드에서 분화한 화산은 대서양 중앙 해령에 위치한다.

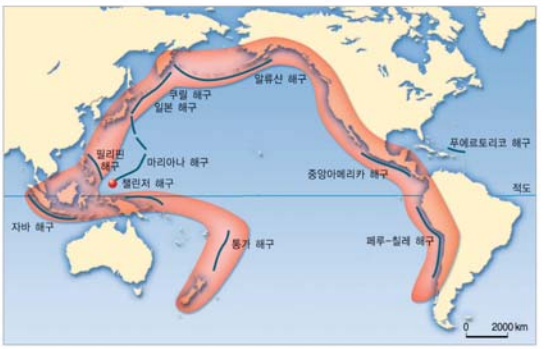


그림 Ⅱ-9 불의 고리

화산대는 지진대와 거의 일치하고 있으며, 대부분이 태평양의 가장자리를 따라 띠 모양으로 분포하고 있다. 이것은 화산과 지진의 발생 지역이 서로 밀접한 관련이 있음을 말해 준다.

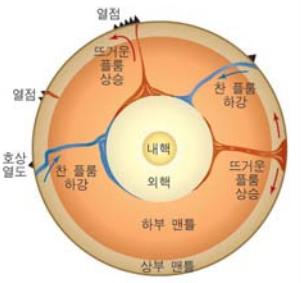
알프스·히말라야 화산대
히말라야 산맥 부근에서는 화산 활동은 거의 없지만 지진은 자주 발생한다.

한 걸음 더

열점과 화산 활동

판의 경계에서 일어나는 화산과 지진 활동은 판 구조론으로 설명을 잘 할 수 있지만 판의 내부에서 일어나는 화산 활동은 판 구조론으로는 설명이 어렵다. 이를 설명하기 위해 캐나다 윌슨(Wilson, J. T.)은 열점 개념을 도입하였다.

의학에서 X선 단층 촬영 장치(CT)를 이용하여 질병을 진단하듯이, 과학자들은 지진파를 이용하여 지구 내부의 구성 물질과 상태를 활발히 연구하고 있다. 지진파 연구에 의하면, 맨틀 내에는 거대한 고온의 물질이 상승하는 뜨거운 플룸(hot plume)과 저온의 물질이 하강하는 차가운 플룸(cold plume)이 수 곳에 발달되어 있으며, 뜨거운 플룸에서 상승한 맨틀 물질이 부분 용융되어 분출하여 열점이 생성됨이 밝혀졌다. 이 열점 중의 대표적인 예가 하와이 열점이다. 우리나라에서는 한라산과 울릉도, 독도 및 백두산이 열점에서 분출한 화산에 의해 형성되었다.



• 아이슬란드 화산 폭발과 항공 대란

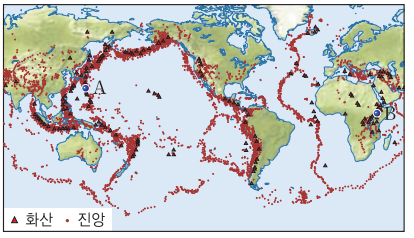
2011년 5월 21일 아이슬란드 남동부에 위치한 그림스보튼 화산이 폭발하면서 대기 중으로 강한 농도의 화산재 구름이 방출돼 2010년 아이슬란드 에이야퍄틀라이외퀴틀 화산 폭발의 악몽이 재현되는 것 아니냐는 우려가 제기되었었다. 2010년 아이슬란드 화산 폭발의 영향으로 화산재가 유럽 전역에 퍼지면서 10만 편의 항공편이 취소되고 1,000만 승객들의 발이 묶이는 등 17억 달러 규모의 손실이 발생하였다. 그러나 다행히 그림스보튼 화산이 5일만에 분화를 멈춰 장기적인 항공 대란의 우려는 일단 가라앉는 것으로 보이지만, 추가 폭발의 가능성을 배제할 수 없어 아직 안심하기는 이른 실정이다.

5월 21일 화산 분출이 시작된 이후 초기에는 바람이 북쪽과 서쪽으로만 불면서 유럽 대륙에 영향을 거의 주지 않을 것으로 예상되었지만, 사태가 확산되면서 유럽 전역을 다시 바짝 긴장하게 만들었었다. 이날 분출된 화산재는 23~24일 영국에 도착, 500여 편의 항공기 운항이 취소되는 등 피해를 낳았다.

그림스보튼 화산 폭발로 분출된 화산재는 25일 독일과 폴란드, 스페인 등 유럽 대륙으로 확산되면서 이 지역 공항들의 운항에도 영향을 주었다. 독일 기상청은 25일 오후 6시부터 아이슬란드 화산재의 이동으로 북부 도시 영공이 영향을 받았다고 밝혔다. 브레멘 공항이 이날 오전 5시부터 모든 항공기의 이착륙을 금지하고, 함부르크 공항도 오전 6시 이후 잠정 폐쇄되었다.

기출 문제 | 2008학년도 교육청

그림은 전 세계 화산과 진앙의 분포를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보기〉
ㄱ. 화산대와 지진대는 대체로 일치한다.
ㄴ. 심발 지진은 B 부근보다 A 부근에서 자주 발생한다.
ㄷ. 태평양 주변은 대서양 주변보다 화산 활동이 활발하다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 주어진 그림을 통해 화산대와 지진대는 대체로 일치한다는 것을 알 수 있다.
ㄴ. A는 수렴 경계인 해구, B는 발산 경계인 동아프리카 열곡대이다. 심발 지진은 수렴 경계에서만 일어나므로 A 부근에서 자주 발생한다.
ㄷ. 지진과 화산 활동은 대부분 판의 경계에서 일어난다. 태평양 주변은 판의 경계이지만 대서양 주변은 판의 경계가 아니므로, 화산 활동은 태평양 주변이 대서양 주변보다 활발하다. **정답** ⑤

2 판 구조론과 지각 변동

소단원의 학습 목표

1. 변동대와 판의 운동 사이의 관계를 설명할 수 있다.
2. 판 구조론의 정립 배경과 판의 운동에 따른 지각 변동을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 지구의 변동을 설명하는 이론의 역사적인 배경과 발달 과정을 이해하고, 각 이론의 핵심을 비교하여 설명할 수 있도록 지도한다.
2. 화산과 지진 및 지각 변동은 판 구조론과 판의 경계부와 밀접하게 관련되어 있음을 이해할 수 있도록 지도한다.
3. 우리나라보다 이웃 나라 일본에 지각 변동이 활발함을 판 구조론과 관련시켜 이해할 수 있도록 지도한다.

내용 해설

[1] 변동대

탐구 3 자료 해석

변동대의 위치

1. 목표

변동대(또는 조산대)의 위치와 화산대 및 지진대의 위치 관계를 알아본다.

2. 정리

1. 신생대 산맥의 분포 지역과 화산대와 지진대의 위치는 거의 일치함.
2. 해령의 분포 지역과 화산대와 지진대의 위치는 거의 일치함.
3. 해구의 분포 지역과 화산대와 지진대의 위치는 거의 일치함.



2 판 구조론과 지각 변동

❖ 학습 목표

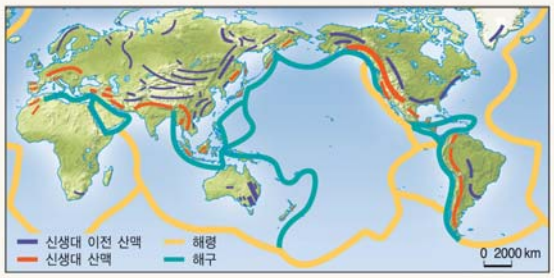
1. 변동대와 판의 운동 사이의 관계를 설명할 수 있다.
2. 판 구조론의 정립 배경과 판의 운동에 따른 지각 변동을 설명할 수 있다.

[1] 변동대

지표에서 지진이나 화산 활동 등 지각 변동이 활발하게 일어나고 있는 지역을 변동대라고 한다. 이러한 변동대는 어떤 모양으로 분포하며, 변동대와 판의 운동은 어떤 관계가 있는지 알아보자.

탐구 3 자료 해석 변동대의 위치

자료 다음 그림은 세계의 대산맥 분포와 해령 및 해구의 위치를 나타낸 것이다. 89쪽의 지진대와 94쪽의 화산대의 분포를 참고하여 변동대를 찾아보자.



정리 1. 산맥의 분포와 화산대 및 지진대는 어떤 관계가 있는가?
2. 해령의 분포와 화산대 및 지진대는 어떤 관계가 있는가?
3. 해구의 분포와 화산대, 지진대는 어떤 관계가 있는가?

신생대 전에 형성된 산맥은 대체로 대륙의 안쪽에 분포하나, 신생대 이후에 형성된 산맥은 대륙의 바깥쪽에 분포하며, 화산대와 지진대는 대체로 겹치거나 나란하게 분포한다. 또한 대양에 분포하는 해령을 따라서 화산 활동과 지진이 활발하다. 해구는 해양의 가장자리를 따라 길게 분포하여, 해구와 이웃하여 호상 열도가 분포하고 있는데, 해구에서는 지진이, 호상 열도에서는 화산 활동과 지진이 활발하다. 이처럼 화산 활동과 지진이 활발한 신기 조산대, 해령, 해구 등은 변동대에 해당한다.

96 | Ⅱ. 생동하는 지구

1. 변동대

(1) 변동대(mobile belt)는 지각 변동이 활발하게 일어나는 지역으로 조산대(orogenic belt), 해령, 해구 등을 지칭한다.

(2) 변동대(또는 조산대)는 지진대와 화산대 지역과 대체로 겹친다. 이는 변동대에서 지진과 화산 활동이 활발하게 일어남을 말해 준다.

2 판 구조론

지금까지 우리는 지구 상의 조산대, 지진대, 화산대 등 지각 변동이 일어나는 변동대가 특정한 지역에서 길게 띠 모양으로 분포하고 있음을 알았다. 이와 같이 변동대가 분포하는 까닭을 오늘날 판 구조론이라는 이론으로 설명하고 있다.

판 구조론이 정립되기까지의 과정을 알아보자.

탐구 4 조사 **역사 속 과학자들의 업적**

과정 다음의 인물들은 당시의 과학계와 일반인들의 생각과 다른 창의적인 발상으로 지질학 발전에 큰 업적을 남긴 학자들이다.



허턴(Hutton, J.) (암석의 화성론 주장)
베르너(Werner, A. G.) (암석의 수성론 주장)
베게너(Wegener, A. L.) (대륙 이동설 주장)
홈스(Holmes, A.) (맨틀 대류설 제안)
헤스(Hess, H. H.) (해저 확장설 주장)
윌슨(Wilson, J. T.) (판 구조론 제안)

정리
1. 암석의 성인에 대한 허턴의 화성론과 베르너의 수성론을 비교하여 설명해 보자.
2. 베게너 이전의 학자들은 조산 운동을 어떤 이론으로 설명하였는지 조사해 보자.
3. 대륙 이동설에서 판 구조론이 정립되기까지의 과정을 정리해 보자.

제2차 세계 대전이 끝난 후 해저 지형에 대한 탐사가 활발하게 이루어지는 가운데, 해령을 중심축으로 양쪽으로 가면서 해양 지각의 나이, 지각 열류량의 분포, 고지구 자기의 대칭적 띠 모양 분포 등이 나타나 1961년 미국의 헤스가 주장한 해저 확장설은 부정할 수 없는 학설이 되었다. 이후 1960년대 후반 캐나다의 윌슨은 대륙 이동설, 맨틀 대류설과 해저 확장설이 서로 다른 것이 아니라 동일한 원인에 의해 일어나는 현상이라고 생각하고, 이 세 원리를 통합하여 판 구조론을 주장하게 되었다.

연구 2 독일의 베게너가 주장한 대륙 이동설의 증거에는 어떤 것들이 있는지 조사해 보자.



2. 판 구조론

(1) 판 구조론: 지구의 겉부분(암석권, 두께 약 100 km)은 여러 개의 판으로 갈라져 있으며, 이들 판은 맨틀 대류에 의해 이동하면서 판의 경계부에서 다양한 지각 변동이 일어난다는 이론

(2) 판 경계의 형태: 판 경계의 형태에는 발산 경계, 수렴 경계 및 변환 단층 경계가 있다. 수렴 경계는 판의 종류에 따라 충돌 경계와 섭입 경계로 구분함.

(3) 판 경계 형태에 따라 다양한 지각 변동이 일어나고 지형이 생성됨.

2 판 구조론

탐구 4 조사

역사 속 과학자들의 업적

1. 목표

현재의 판 구조론이 정립되기까지 어떤 과학자들이 어떤 주장을 하였는지 알아본다.

2. 정리

1. 허턴은 지구 상의 모든 암석은 마그마가 식어 굳어져 생성되었다는 화성론을 주장하였으며, 베르너는 이와 달리 암석은 퇴적물이 쌓인 후 단단하게 굳어져 생성되었다는 수성론을 주장하였다.
2. 베게너 이전 과학자들은 산맥의 형성은 지구가 냉각되면서 수축할 때 주름처럼 접혀 생성된 것으로 설명하였다.
3. 베게너의 대륙 이동설 → 홈스의 맨틀 대류설 → 헤스의 해저 확장설 → 윌슨의 판 구조론

연구 2

첫째, 남아메리카와 이웃하고 있는 아프리카의 양쪽 해안선의 유사성과 지질 구조의 연속성

둘째, 고생물의 분포 : 글로소프테리스가 여러 대륙에서 화석으로 발견된다.

셋째, 고생대 말의 빙퇴석의 분포와 빙하 찰흔의 방향은, 당시 인도, 남아메리카, 아프리카, 오스트레일리아, 남극 대륙이 서로 붙어 있었음을 보여 준다.

• 대륙 이동설

베게너는 고생대 말에서 중생대 초에 모든 대륙이 하나로 뭉쳐 초대륙 판게아(Pangaea)를 이루었으며, 전기 중생대 후반기부터 초대륙이 여러 대륙으로 분리되고 이동하여 현 위치에 놓이게 되었다는 학설

• 판 구조론

지구의 겉부분은 여러 개의 판으로 이루어져 있고 이들 판은 맨틀 대류에 의해 이동하며, 판과 판의 경계부에서 지각의 생성과 소멸, 지진, 화산, 조산 운동 등 다양한 지각 변동이 일어난다는 학설

물음 3

우리나라, 중국, 일본은 유라시아 판에 속해 있다.

• 판 경계의 형태

(1) 발산 경계: 발산 경계는 판이 서로 멀어지는 경계로, 해령과 해저 열곡이 생성된다. 발산 경계에서는 새로운 지각이 생성된다. 주로 해양의 중앙에 발달하므로 중앙 해령이라고 한다(예: 대서양 중앙 해령). 중앙 해령 부분이 수면 위로 노출된 부분은 아이슬란드이다. 육상에 발달한 발산 경계는 동아프리카 열곡대이다.

(2) 수렴 경계: 판이 서로 마주 보며 접근하는 판의 경계로 충돌 경계와 섭입 경계가 있다.

① 충돌 경계: 대륙판과 대륙판이 충돌하는 경계로 경계부에서는 습곡 산맥이 형성되고 지진이 발생한다. 곳에 따라서는 화산 활동도 일어난다. 예) 히말라야 산맥, 알프스 산맥, 우랄 산맥, 애팔래치아 산맥 등

② 섭입 경계: 대륙판과 해양판이 만나는 경우와 해양판과 해양판이 만나는 경우가 있으며, 해양판이 소멸되는 것이 특징이다. 대륙판과 해양판이 만날 때는 대륙판 밑으로 해양판이 섭입되면서 해구 및 해구에 나란한 습곡 산맥이 생성된다. 또한, 천발 및 심발 지진이 발생하며, 대륙판 위에는 해구와 나란히 대륙 화산호가 형성된다. 예) 안데스 산맥

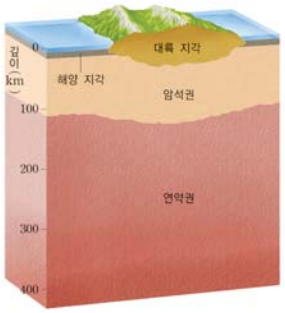


그림 II-10 암석권과 연약권

판 구조론은 지구의 겉부분이 두께 약 100 km, 너비 수천 km의 크고 작은 판들로 구성되어 있고, 이들 판은 맨틀 대류에 의해 이동하면서 판의 경계부에서 지진과 화산 활동, 조산 운동 등의 지각 변동이 일어난다는 이론이다.

판의 구조를 보면 그림 Ⅱ-10과 같이 지구의 겉부분은 두께가 약 70~100 km인 단단한 암석권으로 이루어져 있으며, 이러한 암석권 아래 지하 100~400 km 사이는 부분적으로 용융 상태인 연약권이 있다. 연약권의 열대류에 의해 연약권 위의 암석권은 여러 개의 판으로 갈라져 이동하고 서로 부딪치면서 다양한 지각 변동과 함께 여러 지질 현상이 일어난다. 그림 Ⅱ-11은 지구를 둘러싸고 있는 판의 분포와 이동 방향 및 속도를 나타낸 것이다.

판의 이동 속도는 1년에 1 cm에서 20 cm 정도로 다양하며, 평균 이동 속도는 사람들의 손톱이 자라는 속도와 비슷하다. 판은 대규모 판과 소규모 판으로 구분할 수 있는데, 대규모 판에 해당하는 것은 유라시아 판, 태평양판, 남아메리카 판, 북아메리카 판, 아프리카 판, 인도-오스트레일리아 판, 남극판 들이고, 소규모 판에 해당하는 것은 필리핀 판, 아라비아 판, 나즈카 판, 코코스 판, 카리브 판 등이다.



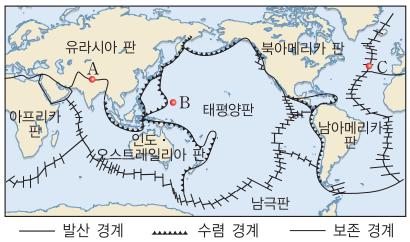
그림 II-11 판의 분포와 이동 방향 및 이동 속도(cm/년)

물음 3

우리나라와 중국 및 일본은 어느 판에 속해 있는가?

기출문제 | 2011학년도 대수능

그림은 판의 경계와 주변 지형을 모식적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보기〉

ㄱ. A에는 열곡이 발달한다.
ㄴ. B에는 지진과 화산 활동이 활발하다.
ㄷ. 대서양에서 나타나는 해저 지형이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

해설 A는 해양에서 판이 형성되고 있는 발산 경계이고, B는 대륙 주변부에 해당하는 지형으로 판의 경계에 속하지 않는다.
ㄱ. A는 발산 경계인 해령이므로 열곡이 발달한다.
ㄷ. 대서양은 중앙 해령이 발달해 있고 해구가 거의 없으므로 그림은 대서양에서 나타나는 해저 지형으로 볼 수 있다. **정답** ⑤

오답 ㄴ. B는 대륙 주변부로 판의 경계에 속하지 않으므로, 지진과 화산 활동 등 지각 변동이 거의 일어나지 않는다.

판의 경계 형태에는 그림 Ⅱ-12와 같이 4가지가 있으며, 이들 경계에는 특징적인 지형이 발달해 있다.

발산형 경계인 해령은 맨틀 대류의 상승에 의해 발생한 마그마가 열곡을 통해 분출하여 해양판을 생성하면서 해령을 중심으로 양쪽으로 멀어지는 경계로서, 화산 활동이 활발하다. **수렴형 경계**는 판이 서로 마주보고 이동하는 경계로, 섭입형 경계와 충돌형 경계로 구분한다. 섭입형 경계에서는 해양판이 대륙판 아래로 비스듬히 침강하면서 해구가 형성되고 해양 지각이 소멸된다. 섭입 경계에서 대륙 쪽으로는 지진이 빈번히 발생하는 베니오프대가 발달한다.

또한 대륙 쪽의 하부 지각과 상부 맨틀이 용융되어 마그마가 형성되고, 이 마그마가 분출하여 호상 열도를 형성한다. 그리고 해양판과 해양판이 만나는 경계부에도 섭입형 경계가 형성되며, 이 경계에는 해구와 호상 열도가 발달되고 화산과 지진 활동이 활발하다. 충돌형 경계에서는 두 대륙판이 충돌하여 히말라야 산맥 및 알프스 산맥과 같은 습곡 산맥이 형성되고, 지진 활동이 활발하다. **보존형 경계**인 변환 단층은 판의 생성이나 소멸이 없이 두 판이 서로 엇갈리는 경계로서, 화산 활동은 없고 천발 지진만 발생한다.

베니오프대
해양 판이 대륙 판 밑으로 들어가면서 비스듬히 지진이 많이 발생하는 부분

호상 열도
해구와 나란하게 호 모양으로 배열되어 있는 화산섬들을 말한다.

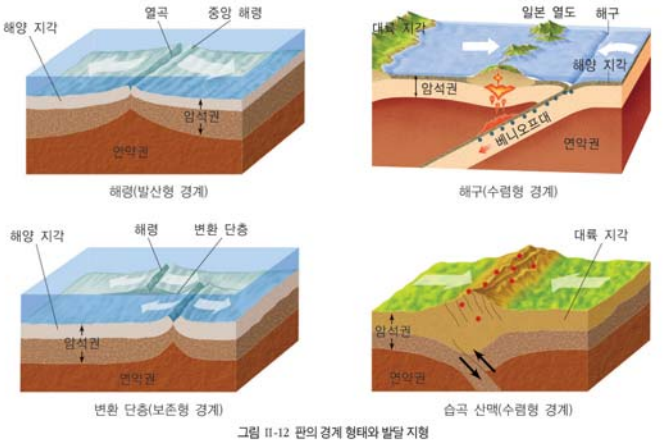


그림 II-12 판의 경계 형태와 발달 지형

연구 4
(1) 태평양판과 필리핀 판이 만나는 경계부에서는 어떠한 지형이 형성되는지 설명해 보자.
(2) 나즈카 판과 남아메리카 판이 만나는 경계부에서는 어떠한 지형이 형성되는지 설명해 보자.

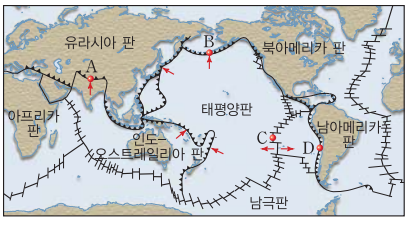
③ 해양판과 해양판이 만나는 경우: 밀도가 큰 판이 밀도가 낮은 판 밑으로 섭입되면서 해구와 해구에 나란하게 호상 열도가 밀도가 낮은 판 위에 생성된다. 또한 천발, 중발 및 심발 지진이 발생한다. 예) 마리아나 해구

(3) 변환 단층 경계: 두 판이 엇갈리며 수평으로 이동하는 판의 경계로, 지각이 생성되거나 소멸되지 않는다. 변환 단층 경계에서는 주로 천발 지진이 발생한다. 변환 단층 경계는 해령에 수직 방향으로 발달한 파쇄대에 생성된다. 변환 단층이 육지에 나타난 곳은 샌프란시스코의 산안드레아스 단층이다.

연구 4
(1) 필리핀 판과 태평양판이 만나는 경계부에는 세계에서 제일 깊은 마리아나 해구와 화산 열도가 있다.
(2) 나즈카 판과 남아메리카 판이 충돌하여 대륙에 안데스 산맥(습곡 산맥)을 형성하였고, 해양에는 페루-칠레 해구가 형성되었다.

기출 문제 | 2012학년도 평가원

그림은 세계 주요 판의 경계와 이동 방향을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. A, B, D는 수렴형 경계이다.
ㄴ. C는 맨틀 대류 하강부이다.
ㄷ. 태평양판과 인도-오스트레일리아 판의 경계에는 해구가 존재한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. A, B, D는 판고 판이 만나는 수렴 경계이다.
ㄷ. 해양판인 태평양판과 대륙판인 인도-오스트레일리아 판이 만나는 경계에서는 밀도가 큰 태평양판이 인도-오스트레일리아 판 밑으로 섭입하여 해구가 만들어진다.
정답 ④

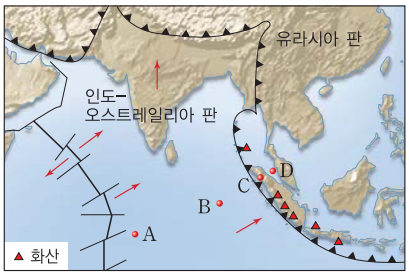
오답 ㄴ. C는 판의 발산 경계이므로 맨틀 대류의 상승부에 해당한다.

3 판 구조론과 지각 변동

오늘날 지구 상에서 일어나는 지진, 화산 활동, 마그마의 생성 및 조산 운동을 판 구조론으로 설명하면 이해하기가 매우 쉽다. 특히 판의 경계에 따라 다양한 지각 변동이 일어나고 있으며, 판의 경계의 형태에 따라 지각 변동의 형태도 다르다.

기출 문제 | 2010학년도 교육청

그림은 인도양 부근의 판 경계와 이동 방향을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

| 보기 |

ㄱ. A에서 B로 갈수록 해저 퇴적물의 두께가 두꺼워진다.
ㄴ. C에서 D로 갈수록 진원의 깊이가 깊어진다.
ㄷ. 유라시아 판은 인도-오스트레일리아 판 아래로 섭입한다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 판은 A 근처의 해령에서 생성되어 북동쪽으로 이동한다. 즉 A 지점의 지층이 B 지점보다 최근에 생성된 것이다. 바다 속에 오래 있을수록 해저 퇴적물의 두께가 두꺼워지므로 A에서 B로 갈수록 해저 퇴적물의 두께가 두꺼워진다.
ㄴ. C 지점에서 인도-오스트레일리아 판은 유라시아 판 아래로 섭입하게 된다. 섭입하는 지역에서는 천발 지진이 발생하지만, 섭입이 많이 이루어지면 심발 지진이 발생한다. 즉 C에서 D로 갈수록 진원의 깊이가 깊어진다.

정답 ④

오답 ㄷ. 해양판인 인도-오스트레일리아 판이 대륙판인 유라시아 판 아래로 섭입한다.

3 판 구조론과 지각 변동

판 구조론이 등장하기 전까지는 습곡 산맥의 형성을 지구 수축설로 설명하였다. 즉, 고온의 지구가 냉각되면서 수축하여 지표면에 생긴 주름이 바로 습곡 산맥이라는 것이다. 그러나 이는 올바른 해석이 아니며, 오늘날에는 습곡 산맥의 형성을 판 구조론으로 설명하고 있다. 예를 들면 히말라야 산맥과 같은 대습곡 산맥은 남반구에 있던 인도 판이 북상하여 유라시아 판과 충돌하여 형성되었다는 것이다. 이러한 판 구조론은 지각 변동과 이에 따른 여러 지질 현상을 훨씬 간결하고 합리적으로 설명하고 있기 때문에 많은 사람들이 받아들이고 있다.



이와 같이 화산과 지진, 조산 운동과 같은 지질 현상을 판 구조론으로 설명할 수 있다. 판의 경계에서 일어나는 화산 활동의 경우, 해령에서는 맨틀 대류에 의해 상승하는 맨틀 물질이 용융되어 해령 하부에서 현무암질 마그마가 생성되고, 해구에서는 하강하는 해양판의 위쪽에 있는 하부 지각과 상부 맨틀이 용융되어 유문암질 및 안산암질 마그마가 생성된다.

지진 활동의 경우, 해령을 가로지르는 변환 단층에서는 주로 천발 지진이 발생하고, 해구의 베니오프대와 두 대륙판이 충돌하는 조산대에서는 천발, 중발 및 심발 지진이 발생한다.

대륙판과 해양판이 충돌하면 해양판이 대륙판 아래로 섭입하면서 습곡 산맥과 화산호가 형성되고, 두 대륙판이 충돌하면 두 대륙판 사이에 있던 해저 퇴적층이 습곡 작용을 받아 습곡 산맥을 형성하는데, 이를 **조산 운동**이라 한다. 따라서 오늘날 판 구조론은 인공위성 관측 결과와 함께 대륙의 이동 방향 및 속도, 지진과 화산 활동, 지각 변동 등을 설명하는 데 매우 유용하게 활용된다.

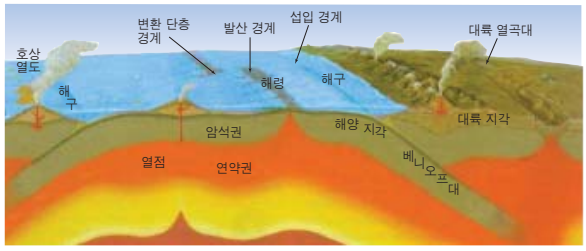


그림 II-13 판의 이동과 경계

3. 판 구조론과 지각 변동

(1) 판 구조론은 화산과 지진 활동, 조산 운동과 지각 변동을 명확하게 설명할 수 있음.

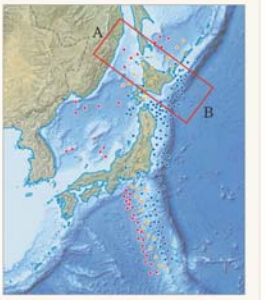
(2) 일본에서 화산 활동과 지진이 빈번하게 일어나는 이유: 일본은 태평양판과 유라시아 판의 경계부에 위치하고 있기 때문

(3) 우리나라가 일본에 비해 화산 활동과 지진이 활발하게 일어나지 않는 이유: 우리나라는 일본보다 유라시아 판과 태평양판의 경계부에서 내륙 쪽으로 더 멀리 떨어져 있기 때문

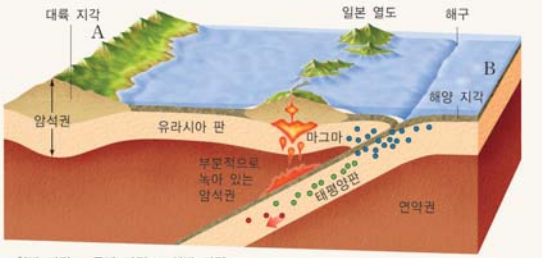
우리나라와 일본은 유라시아 판에 속해 있지만, 일본은 지진과 화산 활동 등의 지각 변동이 심하고 우리나라는 그렇지 않다. 그 이유가 무엇인지 알아보자.

탐구 5 자료 해석 **우리나라 주변의 지각 변동**

자료 오른쪽 그림 (가)는 우리나라와 일본 열도 주변에서 일어난 지진의 분포를 나타낸 것이고, 아래 그림 (나)는 그림 (가)에서 A−B 방향의 단면도를 나타낸 것이다. 그림 (가), (나)를 보고 우리나라와 일본 주변에서는 어떤 지각 변동이 일어나는지 알아보자.



(가)



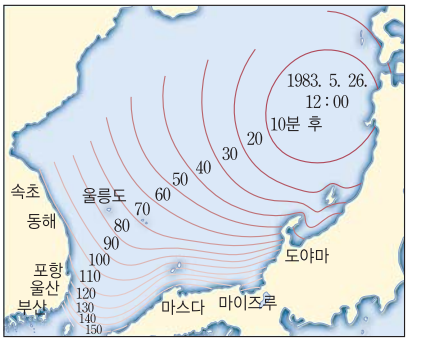
(나)

정리 1. 일본 열도는 어떤 지형에 해당하는가?
2. 일본에서 화산과 지진 활동이 활발한 까닭은 무엇인가?
3. 일본에서 대륙 쪽으로 갈수록 진원이 깊어지는 까닭은 무엇인가?

일본 열도는 태평양판이 유라시아 판 아래로 섭입하는 경계부에 위치한다. 따라서 밀도가 큰 태평양판이 유라시아 판 아래로 비스듬히 침강하면서 해구가 형성되고 베니오프대에서는 많은 지진이 발생한다. 또한 침강하는 해양판 위에 있는 상부 맨틀이나 하부 지각이 용융되어 생성된 마그마는 활발한 화산 활동을 일으키며 호상 열도와 화산섬을 형성하기도 한다.

• 일본은 태평양판과 유라시아 판의 경계부의 바로 상부에 위치하고 있기 때문에 일본에서 화산 활동과 지진이 매우 빈번하게 일어나고 있다. 이에 반해 우리나라는 유라시아 판과 태평양판의 경계부에서 일본보다 더 멀리 내륙 쪽으로 떨어져 있기 때문에 우리나라는 일본에 비해 지진과 화산 활동이 훨씬 덜 일어나고 있다.

• 우리나라는 먼 태평양에서 밀려오는 지진해일에 대해 비교적 안전한 편이나, 주변 해역에서 발생하는 지진해일은 주의를 필요로 한다. 1983년 5월 26일 일본의 혼슈 아키다현 앞바다에서 일어난 지진과 1993년 7월 12일 일본의 북해도 앞바다의 지진으로 인한 지진 해일은 우리나라 동해안에 심각한 피해를 주었다. 지진이 동해 북동부 해역(일본 북서 근해)에서 발생할 경우 이로 인한 지진 해일은 1시간에서 1시간 30분 후에 동해안에 도달하므로, 적절한 경보 발표로 30분에서 1시간 정도 대비 시간을 가질 수 있다.



1983년 5월 26일에 일본의 혼슈 아키다현 앞바다에서 발생한 지진에 의한 해파(쓰나미)가 동해안에 전달되는 과정

탐구 5 자료 해석

우리나라 주변의 지각 변동

1. 목표

우리나라보다 일본에서 화산과 지진 활동이 활발한 까닭을 알아본다.

2. 정리

1. 호상 열도(volcanic arc)
2. ㄱ. 지진 발생 : 태평양판이 유라시아 판 밑으로 섭입되면서 판의 경계에 응력이 축적된 후, 어떤 한계를 넘으면 축적된 응력이 일시에 방출되면서 지진을 발생시키기 때문

   ㄴ. 화산 활동 : 태평양판이 유라시아 판 밑으로 섭입되면서 하강하는 판에서 물이 빠져나와 하부 지각이나 상부 맨틀에 공급됨으로써 이곳 암석이 부분 용융되어 마그마가 생성되고, 이 마그마가 분출되어 화산 활동을 일으키기 때문
3. 태평양판이 유라시아 판 밑으로 비스듬하게 섭입되기 때문임.

3 풍화 작용

소단원의 학습 목표

1. 풍화 작용에 의해 암석과 광물은 잘게 부서지거나 성분이 변할 수 있음을 설명할 수 있다.
2. 풍화 작용의 종류와 그 원인을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 풍화 작용의 원리 및 풍화 작용의 종류를 우리 주변에서 관찰할 수 있는 현상과 관련시켜 이해할 수 있도록 지도한다.
2. 우리 고장과 우리나라 많은 곳에 형성된 아름다운 지형 경관은 풍화 작용과 밀접하게 관련되어 있음을 이해할 수 있도록 지도한다.

내용 해설

탐구 6 자료 해석

풍화 작용에 의한 변화

1. 목표

풍화 작용에 의해 암석이나 지표면이 어떻게 변하는지 알아본다.

2. 정리

1. 지하 깊은 곳에 관입한 화강암이 융기함에 따라 그 위에 놓인 암석이 제거되면서 지표에 노출되고, 이 과정에서 생성된 수직 절리와 수평 절리를 따라 풍화 작용이 일어나면서 형성됨.
2. 어린 나무뿌리가 암석 틈에서 자라면서 암석의 틈을 더욱 크게 벌리고, 암석을 깨뜨리는 풍화 작용을 일으킴.
3. 방해석으로 구성된 대리석 동상이 산성비에 의해 화학적 풍화 작용을 받아 형태가 심하게 훼손됨.
4. 석회암 지대에 내린 빗물에 녹아 있는 이산화탄소가 탄산이 되어 석회암을 용해시키면서 깔때기 모양의 움푹한 돌리네를 형성함. 돌리네가 연결되면 우발레가 된다.



북한산 진흥왕 순수비

3 풍화 작용

❖ 학습 목표

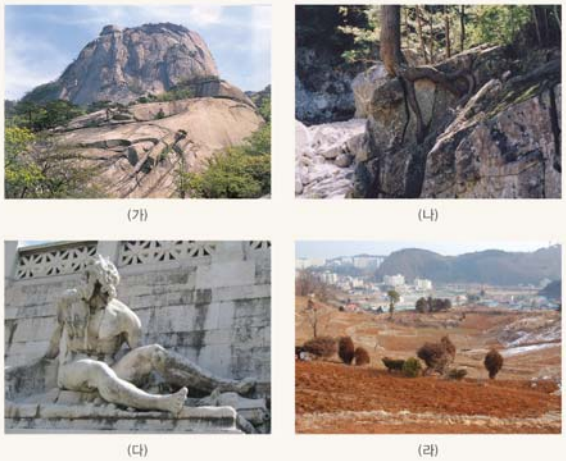
1. 풍화 작용에 의해 암석과 광물은 잘게 부서지거나 성분이 변할 수 있음을 설명할 수 있다.
2. 풍화 작용의 종류와 그 원인을 설명할 수 있다.

우리는 흔히 오래 된 비석의 글씨나 석재로 된 조각물, 석탑 등이 원래의 모습과 상당히 달라진 모습을 볼 수 있다. 이와 같이 지표와 지표 부근에 분포하는 암석이나 광물들은 대기와 물 등의 작용으로 오랜 세월에 걸쳐 잘게 부서지거나 성분이 서서히 변화하는데 이를 **풍화**라 하며, 풍화를 일으키는 모든 작용을 **풍화 작용**이라고 한다. 풍화 작용은 지표의 변화와 암석의 순환에 매우 중요한 역할을 하며, 지상의 생물들이 살아가는데 필요한 토양을 형성한다.

풍화 작용에 의해 암석이나 지표면이 어떻게 변하는지 알아보자.

탐구 6 자료 해석 **풍화 작용에 의한 변화**

자료 다음 그림은 풍화 작용에 의해 변화된 모습들이다.



(가) (나) (다) (라)

정리 1. 그림 (가)의 인수봉은 어떻게 형성되었는지 토의해 보자.
2. 그림 (나)의 나무뿌리는 암석을 어떻게 변화시켰는가?

102 | II. 생동하는 지구

- 풍화 작용: 지표나 지표 부근에 분포하는 암석과 광물이 녹아나거나 잘게 부서지는 작용.
- 풍화 작용의 종류: 기계적 풍화 작용, 화학적 풍화 작용, 생물학적 풍화 작용
- 기계적 풍화 작용과 화학적 풍화 작용은 동시에 일어나며 암석이 놓인 환경과 조건에 따라 한쪽이 다른 한쪽보다 활발하게 일어난다.
- 풍화에 영향을 미치는 요인: 암석의 성분(종류), 암석의 성질, 기후, 시간, 굴착 생물

3. 그림 (다)의 대리석 석상은 어떤 원인에 의해서 풍화되었는지 알아보자.
4. 그림 (라)의 돌리네는 어떤 작용에 의해 생성되었는지 토의해 보자.

탐구 6을 통해, 지각을 구성하는 암석은 기계적인 파쇄 작용과 화학적으로 용해되는 작용에 의해 잘게 부서지거나 용해되는 것을 알 수 있다.

풍화 작용은 암석의 크기를 잘게 깨어지게 하는 기계적 풍화 작용과 암석이나 광물의 화학 성분을 변하게 하는 화학적 풍화 작용 및 생물체의 작용에 의해 기계적 · 화학적 풍화를 촉진시키는 생물학적 풍화 작용으로 구분할 수 있다.

이들 풍화 작용은 자연 상태에서 개별적으로 일어나기보다는 대부분 동시에 일어난다. 다만 환경 조건에 따라 어느 한쪽 풍화 작용이 우세하게 일어나는 지역이 있다. 대체로 한랭하고 건조한 극 지역이나 고산 지역과 기온의 일교차가 매우 큰 사막 지역에서는 기계적 풍화 작용이 우세하고, 고온 다습한 열대 지방에서는 화학적 풍화 작용이 우세하게 일어난다.

1 기계적 풍화 작용

암석이 기계적인 변화를 겪을 때 잘게 부서지는 작용을 **기계적 풍화 작용**이라고 한다. 이때 각각의 암석 조각들은 원래 암석 물질의 특징들을 그대로 갖고 있다. 그림 Ⅱ-14는 암석들이 작은 조각들로 부서질 때, 풍화 작용을 받을 수 있는 표면적이 증가함을 보여 준다. 이와 같이 기계적 풍화 작용은 암석을 작은 조각으로 부숨으로써 공기와의 접촉 면적을 증가시키므로 화학적 풍화 작용을 촉진시키는 역할을 한다. 자연에서 기계적 풍화 작용을 일으키는 요인으로는 압력 감소에 의한 팽창과 물의 동결 작용 등이 있다.

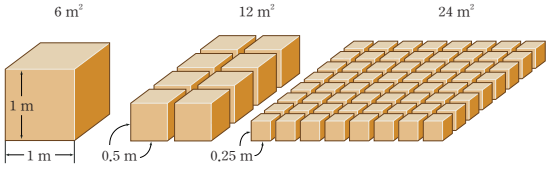
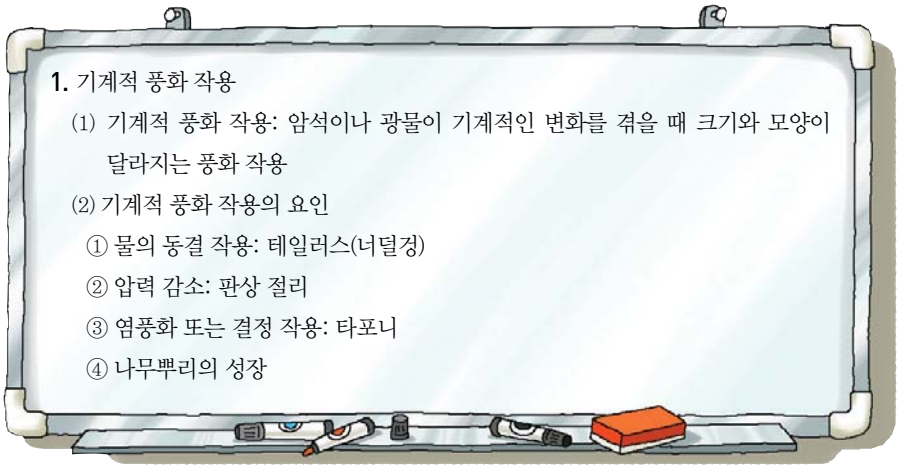


그림 Ⅱ-14 기계적 풍화 작용에 의한 암석의 표면적 변화

압력 감소 그림 Ⅱ-15와 같이 거대한 화성암체가 침식에 의해 지표로 노출되면, 암석의 내부 압력과 외부 압력의 차이에 의해 암석이 팽창하게 되며 결국 많은 균열(절리)이 생긴다. 암석 내의 이 균열은 지표면과 거의 나란한 방향으로 생기며 결국에는 암석들이 양파 모양으로 갈라져 떨어져 나오기 시작한다. 이러한 판상 절리는

같은 부피의 각설탕과 가루 설탕을 물에 넣어 녹일 때, 가루 설탕이 더 빨리 녹는 것은 가루 설탕 쪽이 물과의 접촉 면적이 더 크기 때문이다.

나무 뿌리의 작용 : 암석의 틈에서 자라는 식물의 뿌리는 암석 틈을 따라 성장하면서 주위 암석에 압력을 미친다. 특히 바람에 흔들리는 나무뿌리는 암석의 틈을 더욱 넓힌다. 이처럼 식물은 자라면서 암석을 물리적으로 부스러뜨리는 작용을 한다. 또한 암석 틈에서 자라는 식물은 화학적 풍화 작용을 일으키기도 한다.



Ⅰ 기계적 풍화 작용

(1) 기계적 풍화 작용: 암석이 잘게 부서지는 풍화 작용

(2) 기계적 풍화 작용의 요인: 압력 감소, 물의 동결 작용, 소금의 결정 작용, 온도(광물과 암석의 팽창과 수축), 나무뿌리 성장

• 풍화 작용

오래된 탑이나 석재로 된 조각물, 또는 비석의 글씨 등이 비와 바람에 의해 원래 모습과 상당히 달라진 모습을 흔히 볼 수 있다. 이와 같이 지표나 지표면 가까이 분포하는 암석과 광물은 대기와 물, 동식물 등의 작용으로 매우 서서히 끊임없이 잘게 부서지고 녹으며 변화하는데 이를 풍화라고 하며, 풍화를 일으키는 모든 작용을 풍화 작용이라고 한다.

풍화 작용은 매우 서서히 일어나므로 그 요인과 결과를 파악하기가 쉽지 않으나, 이는 지표의 변화와 암석의 윤회에 있어 아주 중요한 역할을 한다. 또한 풍화 작용은 생물들이 살아가는 데 영양과 토양을 제공할 뿐만 아니라, 고령토와 보크사이트 같은 유용한 광물 자원을 형성하기도 한다.

• 풍화에 영향을 미치는 요인

암석과 광물의 풍화 작용 속도는 토양 형성과 지형 발달에 매우 중요하다. 지구 표면이나 표면 가까이 있는 암석의 풍화에 영향을 미치는 중요한 요인 중 암석 성분, 암석 성질 및 기후에 대한 특징을 살펴보자.

(1) 암석 성분: 각각의 광물은 화학적 풍화에 서로 다르게 반응한다. 암석은 광물의 집합체이기 때문에 어떤 암석이 풍화에 강한지 또는 약한지 일반화할 수 있다. 예를 들면 물에 쉽게 녹는 암염이나 석고로 이루어진 암석은 풍화 속도가 매우 빠르며, 풍화에 강한 석영으로 이루어진 석영 사암이나 규암은 풍화 속도가 매우 느리다.

(2) 암석의 성질: 암석 내 물의 존재는 풍화 작용을 촉진한다. 따라서 암석 내 공극률은 풍화 속도에 영향을 미친다. 비가 많이 내리는 지역에서 물과 공기는 공극률이 높은 암석의 분해를 촉진할 수 있다. 일반적으로 층리나 엽리, 또는 균열이 많은 암석은 물의 유입

이 쉬워 암석의 풍화 속도가 빠르다.

화성암의 경우 풍화 속도에 영향을 미치는 중요한 성질 중 하나는 암석의 조직이다. 구성 광물의 크기가 작은 세립질 화강암은 조립질 화강암보다 풍화 속도가 느리다.

(3) 기후: 기후는 위도와 고도에 따라 체계적으로 변한다. 한 지역의 기후는 연평균 온도, 강수량, 식생 등에 의해 결정된다. 기온이 높은 지역에서는 화학적 풍화 작용의 속도가 증가한다. 그리고 용해 작용과 가수 분해에는 물의 역할이 중요하므로 물이 많으면 많을수록 화학적 풍화 작용이 활발하다.

한 지역의 식생은 그늘을 제공하고 물의 증발과 지표수의 흐름에 영향을 미치므로, 풍화 작용의 속도를 조절하는 중요한 기후 요소이다.

(4) 시간: 옛날의 건물 기둥이나 탑 또는 기념비들의 풍화 정도를 조사해 본 결과, 단단한 암석의 경우 수 mm 풍화되는 데 수백 년 또는 수천 년 걸리는 것으로 밝혀졌다. 이는 단단한 암석에서는 풍화 작용이 매우 느리게 일어나고 있음을 말해 준다. 그러나 우리 인류의 시간 규모가 아닌 지질학적인 시간과 같이 굉장히 긴 시간이 계속되면 결국에는 암석도 잘게 부서지고 녹게 될 것이다. 이는 우리가 건물 벽이나 구조물에 정기적으로 페인트칠을 해서 이들을 부식으로부터 보호하는 것을 보면 쉽게 이해할 수 있다.

(5) 굴착하는 동물: 지표면 가까이에 굴착하며 서식하는 지렁이와 같은 설치류와 개미 같은 수많은 크고 작은 동물들은 부분적으로 분해된 암석 파편들을 화학적 풍화 작용이 더욱 심하게 일어나는 지표면으로 이동시킨다. 100여 년 전에 다윈은 그의 정원에서 자세히 관찰한 결과 지렁이들이 매년 1 m^2당 2.5 kg 정도의 토양 입자들을 지표면으로 옮겨 놓는다고 계산한 바 있다. 이 값은 약 400 m^2의 면적당 10톤에 해당하는 엄청난 양이다. 굴착하는 동물들이 암석을 직접적으로 파쇄하지는 않지만, 수백만 년 동안 분리시킨 양은 실로 엄청난 양이 될 것이다.



그림 II-16 테일러스



그림 II-17 타포니

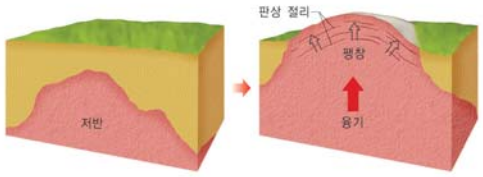


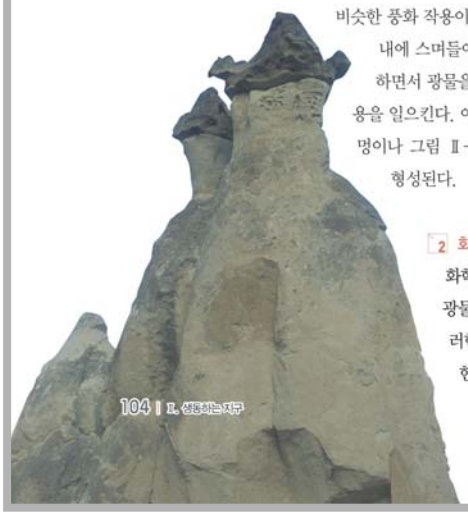
그림 II-15 압력 감소에 의해 생성된 지형

특히 화강암에서 잘 나타난다.

계속되는 풍화 작용은 결국 커다란 암체를 산산이 깨지게 하여 돔 모양의 형태로 노출된다. 설악산의 울산바위와 서울의 백운대, 인수봉 등은 압력 감소에 의한 기계적 풍화 작용으로 생성된 대표적인 지형이다.

물의 동결 작용 추운 겨울철에 수도관이 얼어 터지는 것을 가끔 보게 된다. 물이 얼면 왜 수도관이 터질까? 물은 얼 때 약 9% 정도 부피가 팽창하는 고유한 특징을 갖고 있다. 지표나 지표 가까이 있는 암석의 균열과 공간 내의 물이 얼면 부피가 늘어나 자연적으로 주위 암석에 큰 압력을 작용하여 그 틈을 더 크게 벌리게 된다. 이와 같이 암석의 균열이나 공간 내의 물이 여러 차례 반복하여 얼었다 녹았다 하면 암석은 작은 조각들로 부서지게 된다. 이러한 작용을 물의 **동결 작용**이라 한다. 일반적으로 동결 작용은 물이 매일 얼고 녹는 과정이 계속 반복되는 중위도 산악 지역이나 한랭한 지역에서 활발하다. 동결 작용에 의해 형성된 대표적인 예는 그림 Ⅱ-16과 같이 거대한 노두 아래에 암석 조각들이 잘게 부서져 부채 모양으로 쌓여 있는 테일러스(talus)이다.

한편 바닷가에 분포하는 암석이나 광물에서는 해수에 의해서 얼음의 동결 작용과 비슷한 풍화 작용이 일어난다. 해수 속에 녹아 있는 암염이나 석고 성분이 암석 틈 내에 스며들어 간 후 해수가 증발하면, 이들 성분이 침전하여 결정으로 성장하면서 광물을 표면으로 밀어내어 개개의 광물이 분리되게 함으로써 풍화 작용을 일으킨다. 이러한 작용에 의해 바닷가에 분포하는 암석의 표면에는 작은 구멍이나 그림 Ⅱ-17과 같이 움푹하게 파인 타포니(tafoni)라는 커다란 공동이 형성된다.



2 화학적 풍화 작용

화학적 풍화는 광물을 이루는 원소들이 제거되거나 첨가됨으로써 광물의 내부 구조가 파괴되어 암석이 잘게 부서지는 풍화이다. 이러한 원소의 이동을 통해 암석은 지표 조건에 안정한 물질로 변화한다. 화학적 풍화 작용에는 용해 작용과 가수 분해 및 산화 작용

2. 화학적 풍화 작용

(1) 화학적 풍화 작용: 암석이나 광물의 화학적 성분을 변화시키는 풍화 작용

(2) 화학적 풍화 작용의 요인

① 용해 작용: 탄산염암의 용해(카르스트 지형), 암염의 용해

② 가수 분해: 고령토와 보크사이트의 생성

③ 산화 작용: 적철석, 침철석 생성

④ 용탈 작용: 센물의 생성

⑤ 수화 작용: 갈철석

등이 있다.

용해 작용 물은 광물과 암석을 직접 녹일 수 있을 뿐만 아니라 물속에 녹아 있는 이산화탄소와 산소는 광물과 암석을 분해시킬 수 있다. 물에 이산화탄소가 용해되면 탄산(H_2CO_3)이 생성된다. 산성을 띤 물은 여러 가지 광물을 용해시킬 수 있다. 특히 석회암은 이산화탄소가 용해된 빗물이나 지하수에 잘 용해되는데, 용해 과정은 다음과 같다.

$$\underset{\text{물}}{H_2O} + \underset{\text{이산화탄소}}{CO_2} \longrightarrow \underset{\text{탄산}}{H_2CO_3}$$

$$\underset{\text{방해석}}{CaCO_3} + \underset{\text{탄산}}{H_2CO_3} \longrightarrow \underset{\text{칼슘 이온 (가용성)}}{Ca^{2+}} + \underset{\text{탄산수소 이온 (가용성)}}{2(HCO_3^-)}$$

빗물이나 지하수가 석회암 지대를 흐르는 곳에서는 돌리네, 석회 동굴 등을 포함한 다양한 지형이 형성되는데, 이를 카르스트 지형이라고 한다. 카르스트 지형은 석회암이 넓게 분포하는 강원도 동남부 지역과 충청북도 북부 지역에 넓게 발달되어 있다.

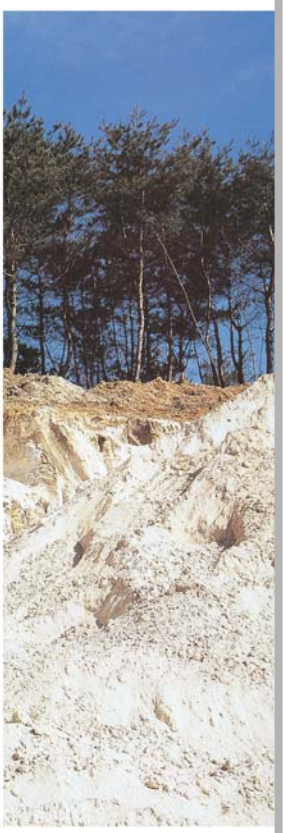
가수 분해 물의 수소 이온(H^+)이나 수산화 이온(OH^-)이 광물을 구성하고 있는 이온을 치환하는 것을 가수 분해라고 한다. 그 대표적인 예는 정장석이 이산화탄소가 용해된 물에 의해 점토 광물(고령토)로 변하는 것이다. 이러한 화학적 변화를 나타내는 반응식은 다음과 같다.

$$\underset{\text{정장석 (굳은 광물)}}{2KAlSi_3O_8} + \underset{\text{물}}{H_2O} + \underset{\text{이산화탄소}}{CO_2} \longrightarrow \underset{\text{점토 광물 (고령토)}}{Al_2Si_2O_5(OH)_4} + \underset{\text{탄산칼륨 (가용성)}}{K_2CO_3} + \underset{\text{무수규산 (가용성)}}{4SiO_2}$$

이와 같이 가수 분해에 의해 단단한 광물이 약한 광물로 변하면 암석은 물리적 풍화 작용에 더욱 민감하게 된다. 일반적으로 물속에 수소 이온이 많을수록 가수 분해와 용해 작용에 의해 화학적 풍화 작용은 더욱 활발하게 일어난다.

산화 작용 암석을 구성하고 있는 광물은 금속 성분을 포함하고 있는 경우가 대부분이다. 금속 성분을 포함하고 있는 암석이나 광물이 지표에 노출되면 물 속이나 대기 중의 산소와 반응한다. 그 대표적인 예는 철 성분을 포함하고 있는 광물이 산화 작용을 받아 적색이나 갈색을 띠는 경우로 반응식은 다음과 같다.

$$\underset{\text{철}}{4Fe} + \underset{\text{산소}}{3O_2} \longrightarrow \underset{\text{적철석}}{2Fe_2O_3}$$



1. 고체 지구의 변화 | 105

2 화학적 풍화 작용

화학적 풍화 작용은 지표의 암석이나 광물이 주로 물과 물에 녹아 있는 성분 및 대기 중의 성분에 의해 화학적으로 일어난다. 화학적 풍화 작용에는 용해 작용, 가수 분해, 산화 작용, 용탈 작용, 수화 작용 등이 있다.

화학적 풍화 작용에서 주된 반응을 일으키는 물질은 약산처럼 행동하는 수용액이다. 화학적 풍화 작용의 영향은 화학 반응을 증진시키는 강수량이 많고 온도가 높은 지역에서 가장 현저하게 나타난다.

(1) 용해 작용: 몇몇 용해되기 쉬운 광물이 물속에서 용해되는 것을 용해 작용이라고 한다. 암염(NaCl)은 물의 용해 작용에 의해서 녹아나는 광물의 한 예이다. 용해 작용은 모든 화학적 풍화 작용의 역할을 하고 가수 분해와 용탈 작용을 수반한다.

빗물 속의 방해석의 반응을 생각해 보자. 방해석은 물속에서 약간만 용해되며, 용해되면 Ca^{2-}와 CO_3^{2-}이 용액에 생성된다. 만일 탄산이 존재하게 되면 반응은 더 빠르게 일어나게 되고, CO_3^{2-}은 H^+과 반응하여 탄산수소 이온(HCO_3^{2-})을 형성한다. 탄산에 의한 방해석의 용해와 가수 분해 반응식은 교과서에 제시되어 있다.

(2) 가수 분해: 물의 H^+ 또는 OH^-이 광물의 이온을 치환하는 반응을 말한다. 가수 분해는 일반 암석의 화학적 분해와 관련된 주된 작용이다. 가수 분해에서 H^+의 효율성은 정장석이 탄산에 의해서 분해되는 과정에 잘 나타난다. H^+은 정장석에 들어가 K^+을 치환하고 K^+은 결정에서 빠져나와 용액 속으로 들어간다. 물은 남은 알루미늄-규산염 분자와 결합하여 고령토를 생성한다. 비가 많이 내리는 열대 우림 지역에서 고령토는 가수 분해에 의해 아래와 같은 반응식을 거쳐 보크사이트가 생성되기도 한다.

$$\underset{\text{고령토}}{Al_2Si_2O_5(OH)_4} + \underset{\text{물}}{H_2O} \rightarrow \underset{\text{보크사이트}}{2Al(OH)_3} + \underset{\text{규산}}{2SiO_2}$$

(3) 산화 작용 : 산화 작용(oxidation)은 원소가 전자를 잃고 그 원소의 산화 상태가 증가하는 작용이다. 철은 흑운모, 휘석, 각섬석 같은 일반적으로 흔한 조암 광물의 전형적인 성분이다. 이들 광물 중 어떤 것은 화학적으로 풍화되었을 때 철이 방출되고, 만일 산소가 있으면 Fe^{2+}에서 Fe^{3+}으로 급히 산화된다. 전형적으로 이것은 산화 작용과 물이 결정 구조로 들어가는 수화 작용을 통해 적황색 침전물인 수산화철[$FeO \cdot (OH)_3$]의 생성으로 나타난다. 수산화철은 곧 탈수되어 침철석($FeO \cdot OH$)을 형성한다. 침철석은 후에 탈수되어 붉은 벽돌색 광물인 적철석을 형성한다. 풍화된 암석과 토양에서 수산화철, 침철석 그리고 적철석의 색의 강도는 풍화가 시작된 이래 경과된 시간과 풍화의 강도나 정도에 대한 단서를 제공할 수 있다.

(4) 수화 작용: 광물 내에 물이 포함되어 있느냐에 따라 유수 광물과 무수 광물로 나눌 수 있다. 무수 광물이 물을 끌어들여 유수 광물로 변화되는 과정을 수화 작용이라고 한다. 수화 작용이 대표적인 예는 적철석이 물과 결합하여 다음 반응식과 같이 갈철석으로 변하는 것이다.

$$\underset{\text{적철석}}{Fe_2O_3} + \underset{\text{물}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{갈철석}}{Fe_2O_3 \cdot n\,H_2O}$$

3 생물학적 풍화 작용

(1) 생물학적 풍화 작용: 생물이 먹이를 찾아 이동하거나 또는 서식처를 만드는 과정에서 광물과 암석이 잘게 부서지는 풍화 작용

(2) 생물학적 풍화 작용의 요인: 식물의 뿌리, 굴착 생물, 조류의 배설물, 사람들의 개발 및 건축 산업 활동 등

연구 5

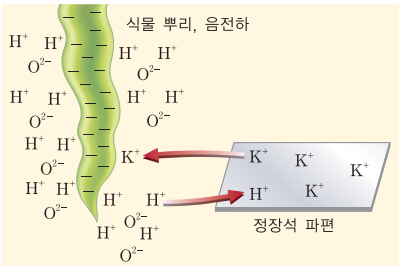
우리는 밭이나 언덕에서 쥐나 지렁이 같은 동물들이 구멍을 뚫어 놓은 것을 볼 수 있다. 이러한 동물들이 파놓은 구멍에 물이나 공기가 유입되어 풍화가 더욱 활발하게 일어난다. 또한 도로변의 가로수나 암석의 절벽에 사는 나무는 물과 영양분을 찾아 성장하면서 도로변의 바닥을 파괴하거나 상승시키며, 절벽의 암석을 깨뜨린다.

새들의 배설물은 산성을 띤다. 따라서 대리석이나 철로 된 석상이나 비석 또는 조형물에서 휴식을 취하거나 천정에 사는 새들이 이들 석상이나 조형물 위에 배설하면, 이들 물체를 구성하는 성분과 배설물의 산성 성분이 반응하여 석상이나 조형물을 부식시킨다.

• 식물의 작용

암석이 갈라진 틈에서 자라는 식물의 뿌리는 성장하면서 주위 암석에 압력을 가하게 된다. 특히 강한 바람에 흔들리는 나무뿌리는 암석의 틈을 더욱 넓히며, 만약 나무가 바람에 넘어지면 뿌리채 뽑히며 주위 암석들이 들어 올려지고 깨지게 된다.

또한 식물 뿌리는 전기적으로 음전하(−)를 띠어 뿌리 주위에 수소 이온(H^+)을 끌어들인다. 이 수소 이온은 정장석의 K 성분을 치환하게 되며, 정장석은 분해되어 점토 광물이 된다.





3 생물학적 풍화 작용

생물학적 풍화 작용은 식물, 굴이나 구멍을 파고 사는 동물, 사람 등과 같은 생물들의 활동에 의해 암석과 광물이 파괴되거나 분해되는 작용을 말한다. 물과 영양분을 찾으려는 식물의 뿌리는 암석의 틈 속에서 자라면서 암석에 압력을 가하여 쪼개어 갈라놓는다. 굴을 파고 사는 동물들은 물리, 화학적 풍화 작용이 더 잘 일어날 수 있도록 신선한 물질들을 지표면으로 이동시킴으로써 암석의 풍화를 촉진시킨다.

그리고 바위 표면에 붙어사는 이끼 식물은 암석을 이루고 있는 광물에서 영양분을 얻기 위해 산을 분비하여 암석을 분해시킨다. 또한 바다에 사는 성게와 패각류도 먹이 섭취 과정에서 해저에 분포하는 암석과 광물을 분해시킨다.

연구 5
우리 주변에서 생물에 의해 일어나는 풍화 작용을 찾아보고, 석조 건물이 새들의 배설물에 의해 부식되는 과정을 설명하여 보자.

한 걸음 더

광물의 화학적 풍화 작용에 대한 안정도와 풍화 산물

1. 광물의 화학적 풍화 작용의 안정도

암석을 구성하는 광물이 화학적 풍화 작용을 받는 정도는 마그마로부터 광물이 생성된 순서와 관련이 있다. 일반적으로 광물의 화학적 풍화에 대한 안정도는 마그마에서 먼저 정출된 광물(고온의 광물)일수록 풍화에 약하고, 나중에 정출된 광물(저온의 광물)일수록 풍화에 강하다. 이러한 이유는 지각 속에서 안정하던 광물이 지표나 지표 가까운 곳으로 나오게 되면 공기, 물, 생물과의 접촉으로 조성되는 새로운 환경 하에서는 불안정하기 때문에 이에 적응하기 위해 광물이 풍화 작용을 받게 되는 것이다. 마그마에서 가장 나중에 정출되는 석영은 화학적 풍화에 가장 강하다. 따라서 석영이 많이 포함된 암석은 풍화를 잘 받지 않는다. 우리나라 해안의 백사장 모래는 풍화에 강한 석영질 모래가 많아 하얗게 보인다.

2. 주요 조암 광물의 풍화 산물

암석을 구성하는 주요 광물이 화학적 풍화 작용을 받아서 생성되는 풍화 산물은 다음과 같다.

광물	성분	풍화 산물	
		광물	기타
석영	SiO_2	석영	가용성 규산
정장석	$KAlSi_3O_8$	점토	K^+, 가용성 규산
Na 사장석	$NaAlSi_3O_8$	점토	Na^+, 가용성 규산
Ca 사장석	$CaAl_2Si_2O_8$	점토	Al^{3+}, Ca^{2+}
흑운모	$K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$	점토	K^+
각섬석	$Ca_2(Mg,Fe)_4AlSi_7O_{22}(OH)_2$	갈철석	Ca^{2+}, Mg^{2+}, 가용성 규산
휘석	$(Ca,Mg,Fe)_2(Si,Al)_2O_6$	적철석	Ca^{2+}, Mg^{2+}, 가용성 규산
감람석	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	적철석	Fe^{2+}, Mg^{2+}, 가용성 규산

106 | II. 생동하는 지구

3. 생물학적 풍화 작용

(1) 생물학적 풍화 작용: 생물들의 활동(먹이 섭취, 서식처 마련)에 의해 암석과 광물이 파괴되거나 분해되는 작용

(2) 생물학적 풍화 작용의 요인

① 식물의 나무뿌리: 지의식물, 이 밖의 다양한 식물

② 굴착 생물 : 토양 속에 사는 생물(지렁이, 두더지, 해안 서식 조개)

③ 조류의 배설물 : 새들의 배설물은 산성이 강해 건축물과 조각품을 부패시킴.

④ 사람들의 개발 및 건축 산업 활동

4 사태

소단원의 학습 목표

1. 사태가 일어나는 원인을 설명할 수 있다.
2. 사태의 종류를 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 사태의 원인과 사태의 종류를 이해할 수 있도록 지도한다.
2. 우리나라의 경우 우기와 태풍이 통과할 때 사태가 집중적으로 일어난다는 것을 이해할 수 있도록 지도한다.

내용 해설

[1] 사태의 원인

탐구 7 실험

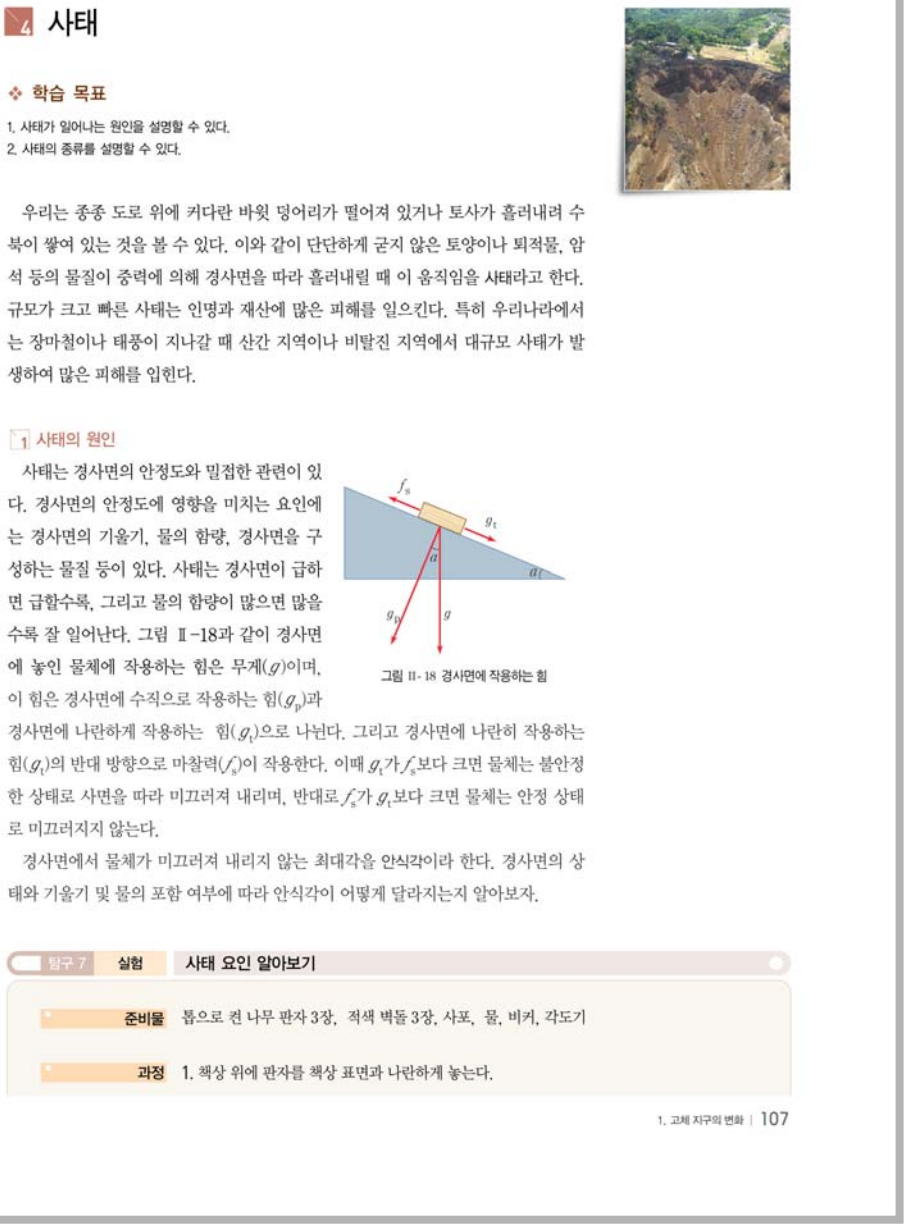
사태 요인 알아보기

1. 목표

경사면의 기울기, 경사면의 거칠기 및 물의 포함 여부에 따라 사태가 어떻게 일어날지 알아본다.

2. 정리

1. 각자 측정해 본다.
2. 판자 면을 사포로 문지른 면에 물을 뿌린 실험(과정 5). 자연에서는 층리면이나 단층면을 따라 물이 스며 들어가면 층리면이나 단층 위에 놓인 암석은 쉽게 흘러내려 큰 사태를 일으킬 수 있음.
3. 판자 표면이 거친 상태에서 안식각의 크기가 가장 큼(과정 2).



4 사태

❖ 학습 목표

1. 사태가 일어나는 원인을 설명할 수 있다.
2. 사태의 종류를 설명할 수 있다.

우리는 종종 도로 위에 커다란 바윗 덩어리가 떨어져 있거나 토사가 흘러내려 수북이 쌓여 있는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 단단하게 굳지 않은 토양이나 퇴적물, 암석 등의 물질이 중력에 의해 경사면을 따라 흘러내릴 때 이 움직임을 **사태**라고 한다. 규모가 크고 빠른 사태는 인명과 재산에 많은 피해를 일으킨다. 특히 우리나라에서는 장마철이나 태풍이 지나갈 때 산간 지역이나 비탈진 지역에서 대규모 사태가 발생하여 많은 피해를 입힌다.

1 사태의 원인

사태는 경사면의 안정도와 밀접한 관련이 있다. 경사면의 안정도에 영향을 미치는 요인에는 경사면의 기울기, 물의 함량, 경사면을 구성하는 물질 등이 있다. 사태는 경사면이 급하면 급할수록, 그리고 물의 함량이 많으면 많을수록 잘 일어난다. 그림 Ⅱ-18과 같이 경사면에 놓인 물체에 작용하는 힘은 무게(g)이며, 이 힘은 경사면에 수직으로 작용하는 힘(g_p)과 경사면에 나란하게 작용하는 힘(g_t)으로 나뉜다. 그리고 경사면에 나란히 작용하는 힘(g_t)의 반대 방향으로 마찰력(f_s)이 작용한다. 이때 g_t가 f_s보다 크면 물체는 불안정한 상태로 사면을 따라 미끄러져 내리며, 반대로 f_s가 g_t보다 크면 물체는 안정 상태로 미끄러지지 않는다.

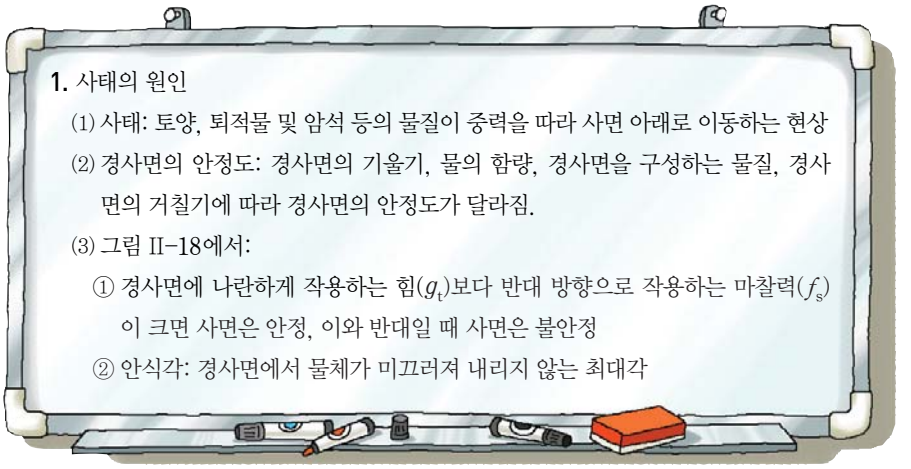
그림 Ⅱ-18 경사면에 작용하는 힘

경사면에서 물체가 미끄러져 내리지 않는 최대각을 안식각이라 한다. 경사면의 상태와 기울기 및 물의 포함 여부에 따라 안식각이 어떻게 달라지는지 알아보자.

탐구 7 실험 **사태 요인 알아보기**

준비물 톱으로 켠 나무 판자 3장, 적색 벽돌 3장, 사포, 물, 비커, 각도기

과정 1. 책상 위에 판자를 책상 표면과 나란하게 놓는다.



1. 사태의 원인

(1) 사태: 토양, 퇴적물 및 암석 등의 물질이 중력을 따라 사면 아래로 이동하는 현상

(2) 경사면의 안정도: 경사면의 기울기, 물의 함량, 경사면을 구성하는 물질, 경사면의 거칠기에 따라 경사면의 안정도가 달라짐.

(3) 그림 Ⅱ-18에서:

① 경사면에 나란하게 작용하는 힘(g_t)보다 반대 방향으로 작용하는 마찰력(f_s)이 크면 사면은 안정, 이와 반대일 때 사면은 불안정

② 안식각: 경사면에서 물체가 미끄러져 내리지 않는 최대각

• 사태란 무엇인가?

사태는 지표 구성 물질이 사면 아래로 이동하는 모든 형태를 일컫는 포괄적인 용어이다. 좀더 제한적인 의미로서, 사면 붕괴는 암석 혹은 다소 응집력이 있는 물질로서 토양의 사면 이동을 말한다.

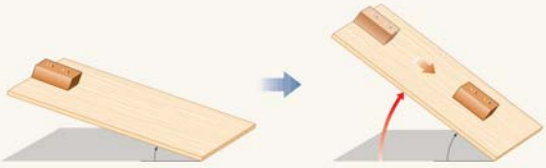
사태와 이와 관련된 현상들은 재산과 인명에 큰 손실을 일으키는 주요 자연 재해 중 하나이다. 사태와 그 밖의 지반 붕괴는 자연 현상으로 일어나거나 사람들의 각종 개발 및 건설 산업과 관련되어 일어난다. 인간에 의한 토지와 산지의 이용과 개발은 토지와 산지를 변형시킴으로써 사태의 발생을 증가시키고 있다.

많은 비가 내리거나 장기간에 걸쳐 비가 내린 후에는 경사진 곳에 있는 암석의 갈라진 틈이나 토양 알갱이들 사이에 물이 스며들어가 암석 덩어리나 토사가 흘러내리거나 붕괴되기 쉬우니, 가능한 한 비가 내린 후에는 산비탈의 경사진 곳에 접근하지 않는 것이 안전하다. 특히 이러한 곳을 인위적으로 건드리는 것은 더욱 위험하니 삼가하여야 한다.

• 사면의 안정도

사면에서 안정도는 사면 위의 물질에 작용하는 힘에 의해 결정되는데, 즉 물질을 경사면 아래로 움직이게 하는 구동력과 반대로 작용하는 저항력 사이의 관계이다. 안정도는 구동력에 대한 저항력의 비로 정의하는 안전율을 계산하여 평가한다. 만약 안전율이 1보다 크면 저항력이 구동력을 초과하여 사면은 안전하다고 본다. 1보다 작으면 구동력이 저항력을 초과하여 사면 붕괴가 일어날 수 있다. 지역적인 조건에 따라 구동력과 저항력이 달라질 수 있으며, 그에 따라 안전율이 높아지거나 낮아진다. 사면의 구동력과 저항력은 지구 표면 구성 물질의 종류, 사면의 경사도, 기후, 식생, 물, 시간 등에 의해 결정된다.

2. 판자 위에 한쪽 끝에 벽돌을 올려놓은 후 벽돌이 미끄러지기 시작할 때까지 천천히 벽돌 쪽의 판자 끝을 들어올린다. 벽돌이 미끄러지기 시작할 때 책상 표면과 판자가 이루는 각을 측정한다.
3. 판자 표면에 물을 얇게 뿌린 후 과정 2와 같이 벽돌을 올려놓고 판자를 천천히 들어올린다. 벽돌이 미끄러지기 시작할 때 책상 표면과 판자가 이루는 각을 측정한다.
4. 물에 젖지 않은 판자의 한 면을 사포로 문질러 표면을 매끄럽게 한다. 과정 2와 같은 방법으로 실험을 하고 각을 측정한다.
5. 사포로 문지른 판자의 표면에 물을 뿌린 후 과정 2와 같은 방법으로 각을 측정한다.



정리
1. 각 과정에서 측정한 미끄러지기 직전의 각(안식각)의 크기를 비교해 보자.
2. 안식각이 제일 작을 때는 언제인가? 자연에서 이와 유사한 경우를 설명해 보자.
3. 안식각이 제일 클 때는 언제인가? 자연에서 이와 유사한 경우를 설명해 보자.

탐구 7에서 알 수 있듯이 사면의 경사가 크면 클수록 경사면과 나란하게 작용하는 물체의 힘이 커지고, 사면 위의 암석이나 토양은 불안정하여 사면을 따라 미끄러지게 된다. 또한 물은 사태의 중요 요인으로 사태와 직접 또는 간접적으로 사태와 항상 관련된다. 물로 젖거나 포화된 상태에서 사면은 불안정해진다. 토양과 암석 입자들 사이의 공극(빈틈)이 물로 채워지게 되면, 증가한 물의 무게가 입자 사이의 압력을 증가시킨다. 증가한 공극 압력은 입자들을 서로 밀어내어 입자들 사이의 마찰력을 감소시킴으로써 사태를 촉진시킨다.

그리고 층리면이나 절리 또는 단층면에 놓여 있는 점토는 물에 젖게 되면, 매우 많은 양의 물을 흡수하여 매우 미끄럽게 되어 쉽게 흘러내린다. 물은 또한 사면의 기저부나 말단부를 침식시켜 사면의 안정도를 크게 감소시켜 그림 Ⅱ-19의 (가)와 같은 사태를 일으킬 수 있다. 특히 우리나라는 여름철에 장마와 함께 많은 비가 집중적으로 내릴 뿐만 아니라 태풍이 많은 비를 내려 빈번히 홍수가 일어나고, 이때 발생한 홍수는 그림 (나)와 같은 대규모 사태를 일으켜 큰 피해를 입힌다.

사태는 자연적 원인에 의해서도 발생하지만, 최근에는 택지와 도로를 개발하는 과정에서 안정된 지반을 교란시켜 사태가 빈번히 일어나고 있다. 또한 지나친 벌목과 경작지 및 광산 개발에 의해서도 그림 (다)와 같은 사태가 일어나고 있다.



• 사면의 안정도에 영향을 미치는 요소

(1) 사면의 구동력을 증가시키는 요소

① 사면의 경사를 증가시킴으로써 측면의 지지력 감소: 하천, 빙하, 해파에 의한 침식작용 → 도로 건설, 채석장, 계단식 축대 건설

② 하부 지지력의 감소: 지하 암석의 용융 → 지하 광산 개발

③ 질량 증가: 건축물, 인위적 매립, 쓰레기 매립 → 빗물, 눈과 얼음, 식생

④ 측면 압력 감소: 사면 물질 내에 있는 물의 결빙 → 점토 광물의 팽창

(2) 사면의 저항력을 감소시키는 요소

① 풍화 작용: 결정질 암석의 기계적인 입상 붕괴 → 조립질 퇴적암의 교결물 제거 → 점토 광물의 건조

② 공극수: 사면 물질 사이의 공극수의 압력 증가

③ 암석의 파쇄: 암석의 팽대 → 구조적 이동

④ 생물들의 활동: 동물들의 굴착 → 암석 틈을 파고드는 식물 뿌리 → 식물 뿌리의 부식

⑤ 진동: 지진 → 쿵 하고 울리는 소리, 발파, 교통 소음


(가) 경사지


(나) 홍수


(다) 광산 개발

그림 II-19 사태의 원인

2 사태의 종류

사태는 물질의 종류와 이동 형태에 따라 암석 낙하, 함몰 사태, 미끄럼 사태, 포행의 4가지 형태로 구분할 수 있다.

(1) 암석 낙하 절벽의 사면으로부터 커다란 암석 덩어리나 암석 파편 또는 흙이 그림 Ⅱ-20과 같이 중력에 의해 굴러 떨어지는 현상을 암석 낙하라 한다. 암석 낙하는 도로면의 절개지나 경사가 급한 사면에서 빈번히 발생한다. 차도에 떨어져 있는 커다란 암석 덩어리와 암편들은 차량 운행시 위험할 뿐만 아니라 차량 소통에 많은 불편을 초래한다.


그림 II-20 암석 낙하

(2) 함몰 사태 함몰 사태는 오목하게 파인 미끌림면을 따라 커다란 암석 덩어리나 토사가 흘러내리는 사태이다. 일반적으로 함몰 사태는 폭우가 내리거나 장기간 동안 비가 내려 미고결 표토가 물로 포화되거나 사면의 경사가 매우 급할 때 발생한다.


그림 II-21 미끄럼 사태

(3) 미끄럼 사태 경사진 사면이나 평탄한 미끄러운 사면을 따라 토양과 암석이 그림 Ⅱ-21과 같이 미끄러져 흘러내리는 형태의 사태를 미끄럼 사태라 한다. 특히 눈에는 잘 보이지 않는 암석 내의 균열, 층리면, 엽리면을 따라 미끄럼 사태가 발생할 수 있다.

(4) 포행 산 사면 표면의 토양이나 퇴적물 및 약한 지층이 중력에 의해 사면 아래쪽으로 매우 느리게 이동하거나 또는 비스듬히 휘어지는 현상을 포행이라고 한다. 산 사면에 자라는 커다란 나무들이 그림 Ⅱ-22와 같이 사면에 대해 약하게 기울어져 서 있는데, 이러한 현상은 사면의 포행 때문에 일어난다.


그림 II-22 포행

2. 사태의 종류

(1) 암석 낙하: 수직 절벽이나 급경사지에서 암석 덩어리, 모래, 자갈 등이 중력에 의해 굴러 떨어지는 현상

(2) 함몰 사태: 언덕이나 경사면에서 오목하게 파인 미끌림면을 따라 암석이나 토사가 흘러내리는 사태

(3) 미끄럼 사태: 지층의 층리면, 평탄한 암석 파쇄면 또는 단층면을 따라 암석이나 토양이 미끄러져 흘러내리는 사태

(4) 포행: 토양이 중력에 의해 경사면 아래로 매우 느리게 이동하기 때문에 생김.

2 사태의 종류

지표상의 물질은 다양한 방법으로 붕괴하거나 이동 또는 변형될 수 있다. 회전하는 함몰 사태는 함몰 블록을 형성하면서 휘어진 미끌림면을 따라 미끄러지는 미끄럼 사태를 동반한다. 전이형 미끄럼 사태는 층리면이나 단열과 같은 평평한 미끄럼면을 따라 미끄러져 내려가는 물질의 이동을 뜻한다. 퇴적물류는 입자들이 내부에서 이리저리 움직이면서 혼합되어 있는 덩어리 상태로 미고결된(보통 물로 포화된) 물질들이 사면 아래로 이동하는 것이다. 매우 느린 암석이나 토양의 흐름은 포행이라고 부르고, 빠른 흐름은 토류, 이류 또는 쇄설류라 한다.

토류는 토양이 부분적으로 액화되어 흘러내리는 사면에서 흔히 발생한다. 발생지는 사발 모양의 함몰지가 되고, 퇴적지는 모래시계 형태의 흐름처럼 사면의 말단부에서 퍼져 나간다. 쇄설류나 이류는 물, 공기와 혼합되어 사면을 빠르게 흘러내리는 공기 또는 물의 혼합체이다. 쇄설류나 이류의 상부는 종종 수로나 계곡에 한정되어 있지만, 제한이 사라지게 되면 퍼져 나갈 수 있다. 쇄설류는 세립 입자(모래, 실트, 점토)의 양이 50 % 보다 작지만, 이류는 세립 입자를 50 % 이상 포함하고 있다. 암설 사태는 극단적으로 빠른 쇄설류를 말한다. 대형 암설 사태는 재앙적인 재산과 인명 피해를 야기한다. 측방 확산은 거의 평평하거나 매우 완만한 사면에서 흔히 나타나는 산사태의 한 형태이다. 퇴적물류의 운동은 지진이나 다른 형태의 교란에 의해 실트와 점토 또는 세립질 모래의 액화로 시작된다. 실제의 운동은 측면으로 확장하는 형태이다. 만약 강한 응집력이 있는 암석이나 토양이 표면에 있거나 액화된 토양층 위에 있다면 이러한 강한 물질은 깨지거나, 변형되거나, 또는 분해되거나 하며 흐를 수도 있다. 측방 확산은 종종 갑자기 시작된 다음에 느리고 점진적인 형태로 커지게 된다. 지반 침하는 사면 위나 평평한 지면에서 일어날 수 있으며, 주변의 지표면 아래로 함몰하는 땅덩어리를 포함한다.

5 지질 지해의 피해와 대책

소단원의 학습 목표

1. 자연에서 발생하는 지질 재해의 종류에 따른 피해를 설명할 수 있다.
2. 인간 활동이 자연재해를 일으킬 수 있음을 이해한다.

지도상의 유의점

1. 지질 재해의 종류를 이해하고, 그 원인과 피해 형태 및 피해 방지 대책을 이해할 수 있도록 지도한다. 특히 지진과 화산 및 쓰나미가 발생할 때 대피 요령을 이해하고 실천할 수 있도록 지도한다.
2. 지진과 화산 분출을 미리 예측할 수 있는 조사 방법을 이해할 수 있도록 지도한다.
3. 화산 활동은 우리에게 혜택을 주기도 함을 이해하도록 지도한다.
4. 운석 충돌이나 소행성 충돌과 같은 지구 근접 천체에 의해 피해가 발생한 사례를 조사하고, 이에 대한 대비책을 세울 수 있도록 지도한다.

내용 해설

탐구 8 자료 해석

지질 재해의 종류

1. 목표

지각 변동과 사태와 관련되어 발생하는 자연재해를 알아본다.

2. 정리

1. 그림 (가): 화산 분출에 의한 재해
   그림 (나): 지진 활동에 의한 재해
   그림 (다): 사태에 의한 재해
2. 사태에 의한 재해 → 지진에 의한 재해 → 화산 활동에 의한 재해
3. 히말라야 산맥이나 알프스 산맥과 같이 두꺼운 눈으로 덮인 높은 산에서 큰 소리를 지르면, 정상의 눈이 굴러 내리게 되어 눈덩어리가 점점 커져 큰 눈사태를 일으키기 때문



5 지질 재해의 피해와 대책

❖ 학습 목표

1. 자연에서 발생하는 지질 재해의 종류에 따른 피해를 설명할 수 있다.
2. 인간 활동이 자연재해를 일으킬 수 있음을 이해한다.

지구는 매우 역동적인 행성으로서 지구 곳곳에서 매우 다양한 종류의 자연재해가 빈번히 일어나고 있다. 지질 재해는 예측이 어렵고 규모가 커서 이들을 사람의 힘으로 억제하거나 막을 수 없어 인명과 재산 피해가 막대하다. 따라서 우리는 지질 재해의 발생 원인과 과정을 잘 이해하고 지질 재해를 줄이도록 국가와 기관 및 개인들이 최대한 노력을 해야 한다.

지각 변동과 관련되어 발생하는 대표적인 자연 지질 재해는 사태, 지진, 화산 분출 등이다. 이러한 재해의 특징과 방지책을 알아보자.

탐구 8 자료 해석 지질 재해의 종류

자료 다음은 자연에서 발생하는 지질 재해의 예를 나타낸 사진들이다.



(가) (나) (다)

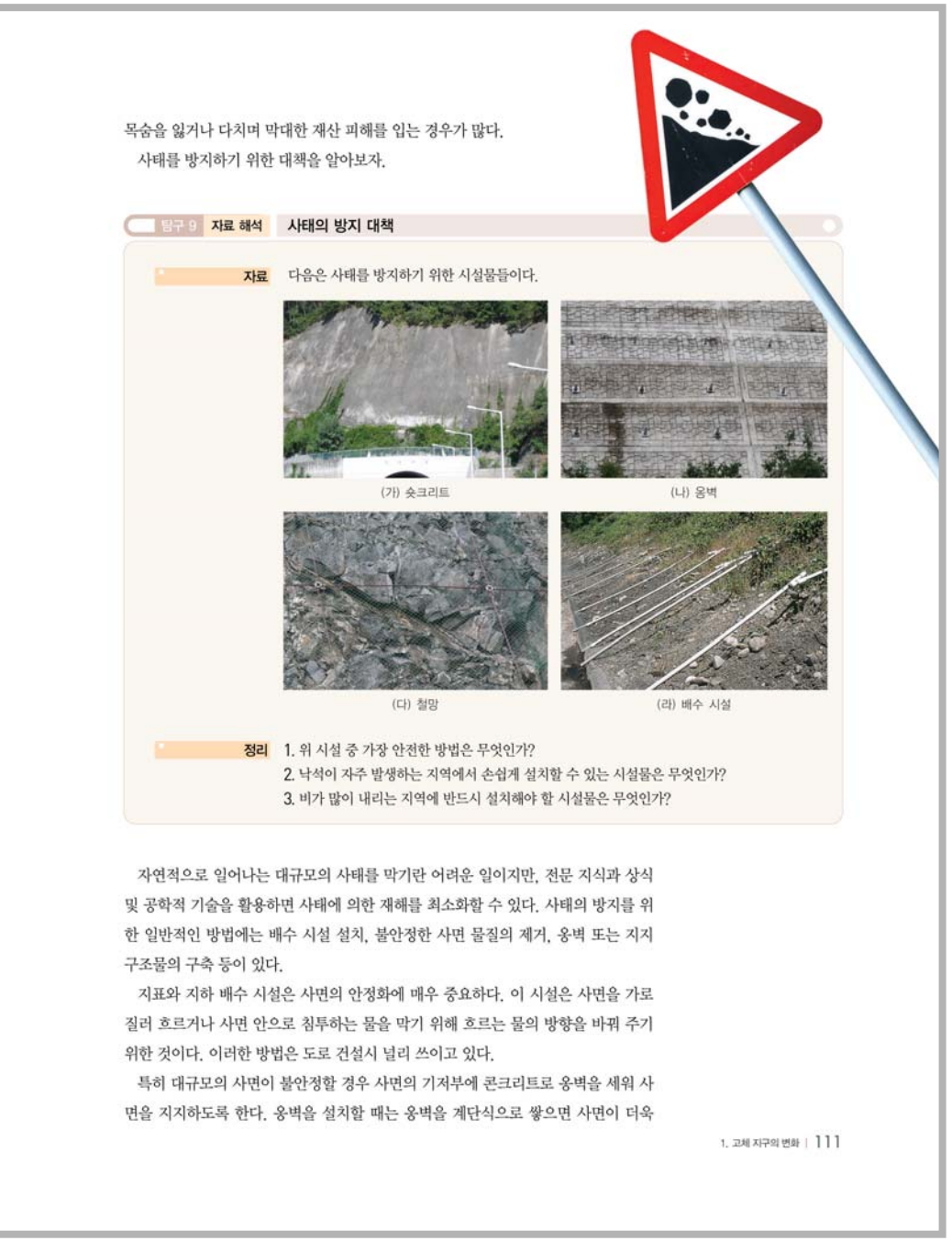
정리
1. 각각의 사진은 어떤 지질 재해를 나타낸 것인가?
2. 우리 고장에서 일어날 지질 재해의 가능성이 높은 순에서 낮은 순으로 말해 보자.
3. 두꺼운 눈으로 덮인 알프스나 히말라야 산맥 같이 높은 산에서는 큰 소리로 '야호!' 하는 것을 금하고 있다. 그 까닭을 설명해 보자.

1 사태에 의한 피해와 방지책

사태는 비탈진 지역과 산악 지역에서 단단하게 굳지 않은 토양이나 퇴적물, 암석 등의 표면 물질이 지구 중력에 의해 경사면을 따라 흘러내리는 현상이다. 사태는 집중 호우, 지진, 화산, 인간의 활동 등 여러 원인에 의해 발생한다. 특히 우리나라에서는 강수 현상이 집중되는 우기나 태풍 때 대규모의 사태가 발생하여 많은 사람들이

110 | Ⅱ. 생동하는 지구

1. 사태에 의한 피해와 방지책
   (1) 말뚝 공법(무너지기 쉬운 언덕이나 지반의 붕괴를 막는 방법)
   (2) 숏크리트(지표수 유입을 막기 위해 콘크리트를 뿜어 붙이는 공법), 철망 설치, 옹벽 설치, 배수 시설(도랑 설치, 배수관 설치), 록볼트 처리(흘러내리기 쉬운 암반에 구멍을 뚫은 다음 튼튼한 고정 장치를 박아 나사로 조임)
   * 경우에 따라서는 우기 전에 흘러내리기 쉬운 표면 토양이나 암석을 제거하여 사태에 대비함.



목숨을 잃거나 다치며 막대한 재산 피해를 입는 경우가 많다.
사태를 방지하기 위한 대책을 알아보자.

탐구 9 자료 해석 사태의 방지 대책

자료 다음은 사태를 방지하기 위한 시설물들이다.

(가) 숏크리트 (나) 옹벽

(다) 철망 (라) 배수 시설

정리 1. 위 시설 중 가장 안전한 방법은 무엇인가?
2. 낙석이 자주 발생하는 지역에서 손쉽게 설치할 수 있는 시설물은 무엇인가?
3. 비가 많이 내리는 지역에 반드시 설치해야 할 시설물은 무엇인가?

자연적으로 일어나는 대규모의 사태를 막기란 어려운 일이지만, 전문 지식과 상식 및 공학적 기술을 활용하면 사태에 의한 재해를 최소화할 수 있다. 사태의 방지를 위한 일반적인 방법에는 배수 시설 설치, 불안정한 사면 물질의 제거, 옹벽 또는 지지 구조물의 구축 등이 있다.

지표와 지하 배수 시설은 사면의 안정화에 매우 중요하다. 이 시설은 사면을 가로질러 흐르거나 사면 안으로 침투하는 물을 막기 위해 흐르는 물의 방향을 바꿔 주기 위한 것이다. 이러한 방법은 도로 건설시 널리 쓰이고 있다.

특히 대규모의 사면이 불안정할 경우 사면의 기저부에 콘크리트로 옹벽을 세워 사면을 지지하도록 한다. 옹벽을 설치할 때는 옹벽을 계단식으로 쌓으면 사면이 더욱

1. 고체 지구의 변화 | 111

태가 일어날 가능성이 크다. 또한 사태나 이류는 흔히 이전에 일어난 사태나 이류가 지나갔던 통로를 따라 이동한다. 만약 오래된 이류의 흔적이 하천 계곡에 남아 있다면 앞으로도 이 하천 계곡을 따라 이류가 발생할 가능성이 높다.

사태에 의한 피해를 줄이기 위한 가장 효율적인 대책은 사태를 인지하고 대피하는 것이다. 지구과학자들은 토양과 기반암의 안정도, 안식각, 기후, 과거 사면 붕괴 등의 자료를 수집 분석하여 사태의 가능성을 평가한다. 이들 과학자들은 화산 분출과 지진과 같은 사태 유발 가능성도 평가에 포함한다. 또한 건물 규약은 불안정한 지역에 건축물을 짓는 것을 규제하거나 규제한다. 예를 들면 미국 통일 건축법에 따르면 27°보다 경사가 급한 모래땅으로 된 사면에는 건물을 지을 수 없다. 비록 모래로 된 사면의 안식각이 30°~35°일지라도 말이다. 즉 이 법은 안전을 유지하기 위해 3°~8°의 여유를 둔 셈이다.

Ⅰ 사태에 의한 피해 및 방지책

탐구 9 자료 해석

사태의 방지 대책

1. 목표

사태의 방지 대책을 알아본다.

2. 정리

1. 숏크리트
2. 철망
3. 배수 시설

• 사태에 의한 피해 줄이기

사태에 의한 재해와 피해를 줄이기 위해 탐구 9에서 조사한 여러 가지 방법과 대책을 수립할 수 있다. 그러나 사태에 의한 재해를 평가하고 줄이는 가장 중요한 방법 중 하나는 같은 지역에서 일어나는 빈번히 일어나는 사태의 원인을 가능한 한 빨리 정확하게 파악하는 것이다. 왜냐하면 대규모 사태를 일으키는 지질 조건은 장기간에 걸쳐 넓은 지역에서 동일하기 때문이다. 만약 언덕 사면이 함몰되었다면 인근에 있는 언덕에서도 사

2 지진 피해와 그 대책

• 지진 대처 요령

지진 발생 이전에 해야 할 가장 중요하고 합당한 일은 큰 지진이 일어났을 때 무엇을 해야 할지 정확히 이해하고 계획하는 것이다.

(1) '피하고, 숨고, 붙잡자'는 원칙을 알아야 한다. 방마다 튼튼한 책상 또는 단단한 내벽과 같은 안전한 곳을 미리 알아 두자.

(2) 가스를 끄는 방법을 알고 있어야 한다. 누출 소리 또는 냄새로 감지될 때 끈다.

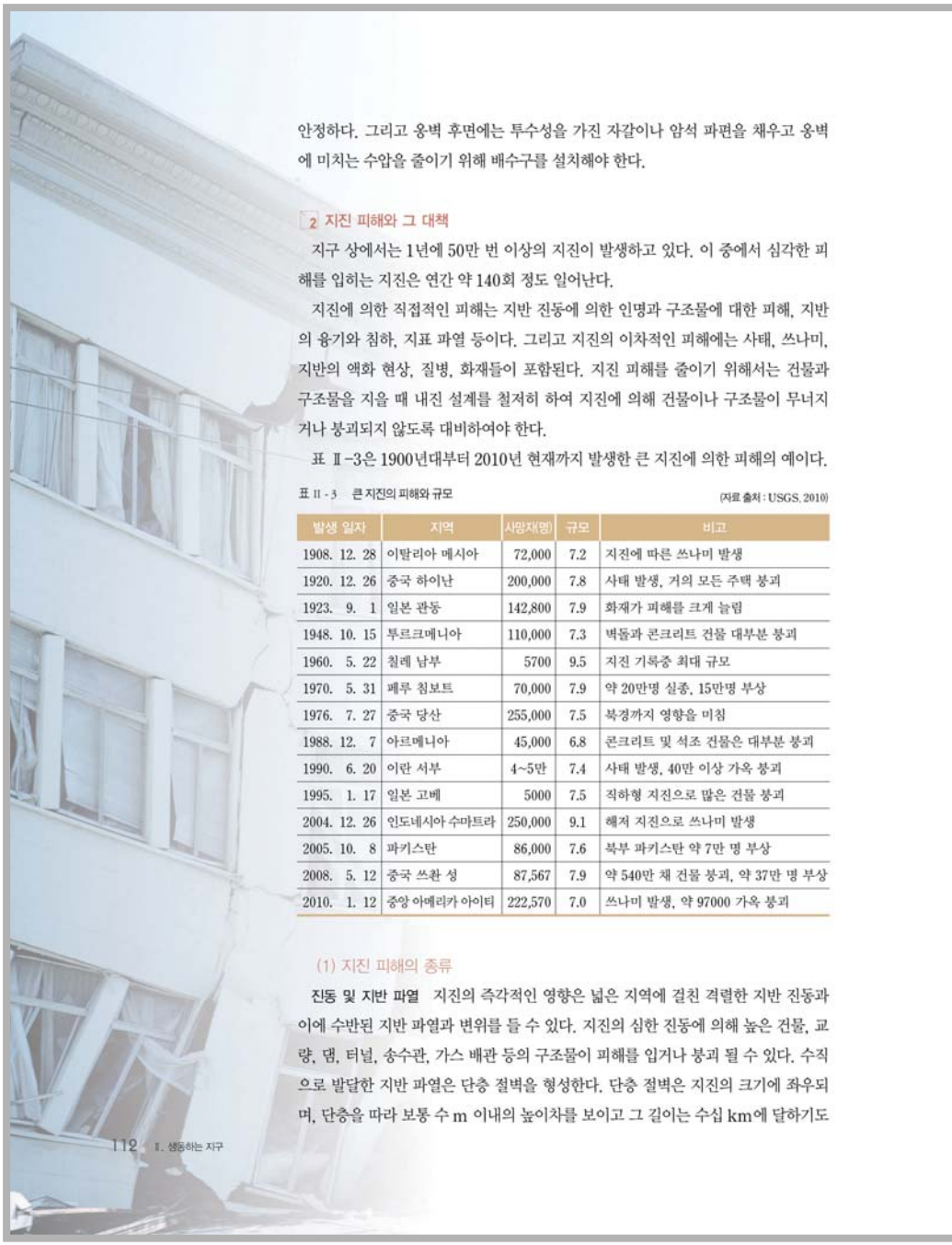
(3) 비상 사태 기간에 구하기 어려운 식량, 물, 의약품, 손전등과 약간의 현금과 같은 필수품을 챙겨 두자.

(4) 지진이 일어나면 도움이 필요한 이웃, 연장자와 장애인들을 점검하고 다른 사람들이 계획을 세울 수 있도록 도와 주자.

지진이 일어나는 동안 우리의 행동은 강한 지반 진동으로 크게 제약을 받게 되므로 결국 '피하고, 숨고, 붙잡자'가 우리가 취할 수 있는 상책이다.

우리가 지진에 대한 기본적인 지식을 어느 정도 가지고 있다면 이것이 얼마나 강한 지진인지 알고 또한 지진 동안에 무엇이 일어날 것인지 예상할 수 있다. 그리고 지진 후에는 여진을 생각해야 한다. 지진이 일어나고서 몇 시간, 수 일, 심지어는 수 년이 지나 뒤따라 일어나는 여진의 분포는 1차 지진의 규모와 관계가 있다. 규모가 7인 지진에서는 규모 6의 몇몇 여진들이 발생할 것으로 예상된다. 물론 규모 5와 규모 4의 여진은 더 많이 발생할 것이다. 일반적으로 여진의 발생 수와 그 크기는 1차 지진 후 경과 시간에 따라 감소하고 가장 심한 피해를 주는 여진은 1차 지진이 발생한 후 수 분, 수 시간, 수 일 안에 일어난다.

지진 진동을 견딜 수 있도록 잘 지어진 건물과 나무로 지은 집들은 좀처럼 붕괴되지 않는다. 무엇보다도 지진에 대해 잘 알고 충분히 준비하는 것이 중요하다. 따라서 지진 발생 이전, 지진이 일어나는 동안, 그리고 그 후에 무엇을 할 것인가에 대한 계획을 개인적으로 철저하게 세워 지진에 익숙하도록 하는 것이 더욱 중요하다.



안정하다. 그리고 옹벽 후면에는 투수성을 가진 자갈이나 암석 파편을 채우고 옹벽에 미치는 수압을 줄이기 위해 배수구를 설치해야 한다.

2 지진 피해와 그 대책

지구 상에서는 1년에 50만 번 이상의 지진이 발생하고 있다. 이 중에서 심각한 피해를 입히는 지진은 연간 약 140회 정도 일어난다.

지진에 의한 직접적인 피해는 지반 진동에 의한 인명과 구조물에 대한 피해, 지반의 융기와 침하, 지표 파열 등이다. 그리고 지진의 이차적인 피해에는 사태, 쓰나미, 지반의 액화 현상, 질병, 화재들이 포함된다. 지진 피해를 줄이기 위해서는 건물과 구조물을 지을 때 내진 설계를 철저히 하여 지진에 의해 건물이나 구조물이 무너지거나 붕괴되지 않도록 대비하여야 한다.

표 Ⅱ-3은 1900년대부터 2010년 현재까지 발생한 큰 지진에 의한 피해의 예이다.

표 II - 3 큰 지진의 피해와 규모 (자료 출처 : USGS, 2010)

발생 일자	지역	사망자(명)	규모	비고
1908. 12. 28	이탈리아 메시아	72,000	7.2	지진에 따른 쓰나미 발생
1920. 12. 26	중국 하이난	200,000	7.8	사태 발생, 거의 모든 주택 붕괴
1923. 9. 1	일본 관동	142,800	7.9	화재가 피해를 크게 늘림
1948. 10. 15	투르크메니아	110,000	7.3	벽돌과 콘크리트 건물 대부분 붕괴
1960. 5. 22	칠레 남부	5700	9.5	지진 기록중 최대 규모
1970. 5. 31	페루 침보트	70,000	7.9	약 20만명 실종, 15만명 부상
1976. 7. 27	중국 당산	255,000	7.5	북경까지 영향을 미침
1988. 12. 7	아르메니아	45,000	6.8	콘크리트 및 석조 건물은 대부분 붕괴
1990. 6. 20	이란 서부	4~5만	7.4	사태 발생, 40만 이상 가옥 붕괴
1995. 1. 17	일본 고베	5000	7.5	직하형 지진으로 많은 건물 붕괴
2004. 12. 26	인도네시아 수마트라	250,000	9.1	해저 지진으로 쓰나미 발생
2005. 10. 8	파키스탄	86,000	7.6	북부 파키스탄 약 7만 명 부상
2008. 5. 12	중국 쓰촨 성	87,567	7.9	약 540만 채 건물 붕괴, 약 37만 명 부상
2010. 1. 12	중앙 아메리카 아이티	222,570	7.0	쓰나미 발생, 약 97000 가옥 붕괴

(1) 지진 피해의 종류

진동 및 지반 파열 지진의 즉각적인 영향은 넓은 지역에 걸친 격렬한 지반 진동과 이에 수반된 지반 파열과 변위를 들 수 있다. 지진의 심한 진동에 의해 높은 건물, 교량, 댐, 터널, 송수관, 가스 배관 등의 구조물이 피해를 입거나 붕괴 될 수 있다. 수직으로 발달한 지반 파열은 단층 절벽을 형성한다. 단층 절벽은 지진의 크기에 좌우되며, 단층을 따라 보통 수 m 이내의 높이차를 보이고 그 길이는 수십 km에 달하기도

112 Ⅱ. 생동하는 지구

2. 지진 피해와 그 대책

(1) 지진 피해의 종류

① 지반 진동과 파열 및 붕괴, 산사태

② 액상화

③ 지반의 융기와 침하

④ 쓰나미: 해저 단층 운동(상반이나 하반의 수직 이동 단층)에 의해 발생

⑤ 화재

⑥ 질병: 식수와 지하수 오염, 불결한 위생 시설 등 간접적인 원인으로 발생함.

한다. 또한 심한 진동은 큰 나무를 뿌리째 뽑아내고 사람들을 땅에 나뒹굴게 할 수 있다. 특히 인구 밀도가 높은 도시 지역에서의 진동과 지반 파열에 따른 피해는 막대하다. 또한 지진에 의한 진동은 종종 산사태를 일으킨다.

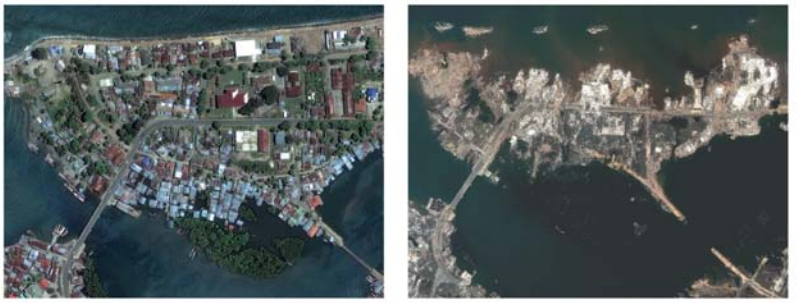
액상화 액상화는 저지대의 퇴적층 혹은 모래 지반이 고체 상태에서 액체 상태로 변환되는 것을 뜻한다. 지하에서 물로 포화된 실트와 모래가 액상화되면 물질은 강도를 잃고 위로 분출하여 지반이 침하된다. 결과적으로 건물은 기울어지거나 액상 퇴적물 안으로 침강하고, 지하에 매설된 저장고 탱크나 배관은 지표로 떠오른다.

지반의 융기와 침하 지진에 수반되어 발생하는 융기와 침하를 포함한 지표의 수직적인 변위는 큰 지진 발생시에 자주 나타나는 또 다른 재해이다. 1964년에 일어난 알래스카 대지진(M 8.3) 때에는 10 m에 달하는 융기와 2.4 m나 되는 지반 침하로 인해 연안의 시설물이 파괴되고, 바다 생물이 떼죽음을 당하는 것은 물론 지하수 수위가 크게 변동하였다.

쓰나미 쓰나미는 해수면의 갑작스러운 수직 변동에 기인하며, 발생지로부터 수천 km 떨어진 곳에도 재앙을 일으킬 수 있는 심각한 자연재해이다. 쓰나미는 해저 지각의 갑작스러운 상승이나 침강을 일으키는 큰 규모의 지진에 의해 일어나는데, 2004년 인도네시아 수마트라에서 발생한 지진(M 9)에 의한 쓰나미로 그림 Ⅱ-23과 같이 막대한 재산 피해를 입었으며 약 25만 명이 목숨을 잃었다.

쓰나미(Tsunami)
일본말 '큰 항구파'에서 유래한 것이다.

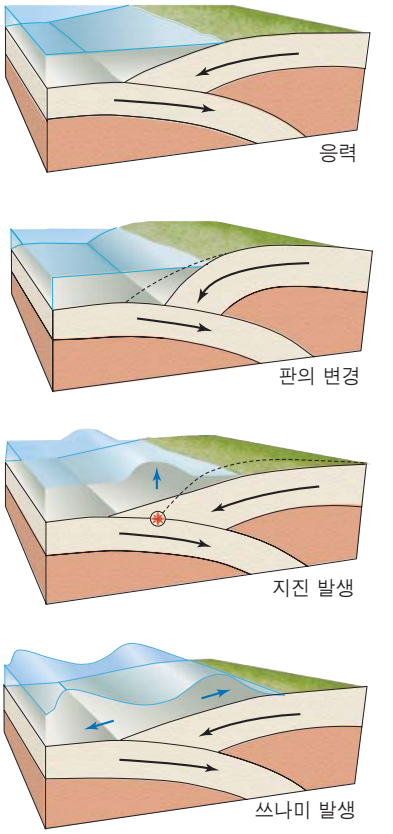
화재 화재는 지진과 관련된 또 하나의 주요 재해이다. 지반의 강한 진동과 지표 변위는 전력과 가스 배관을 절단시켜 화재를 일으킨다. 각 가정과 건물에서는 가스난로 같은 장비들이 넘어져 가스가 새어 나와 불이 날 수 있다. 소방 장비가 파손되고 진화에 필수적인 물 배관이 지진으로 파괴될 수 있기 때문에 화재 위험은 더욱 심각하다.



(가) 쓰나미 전 (나) 쓰나미 후

그림 Ⅱ-23 인도네시아 지진에 의한 쓰나미 피해

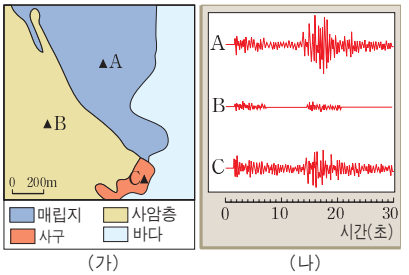
• 쓰나미 발생 단계



해저에서 지진이나 화산 폭발, 단층 운동 등이 일어날 때, 해저가 융기 또는 침강하여 발생하는 해수면의 비정상적인 상승을 지진 해일이라 한다. 지진 해일의 피해가 심각했던 일본에서 지진 해일을 쓰나미(tsunami)라고 불렀다. 바다에서의 파는 주기가 1초 이하의 것에서부터 24시간 이상의 것까지 다양하나, 지진 해일은 그 중 수 분에서 1~2시간인 파를 말한다. 지진 해일의 전파 속도는 수심에 비례한다. $v = \sqrt{gH}$ 로 나타내며, H는 수심, g는 중력 가속도이다.

기출 문제 | 2007학년도 대수능

그림 (가)는 어느 지역의 지표 구성 물질과 지진 관측소 A, B, C의 위치를 나타낸 것이고, 그림 (나)는 어떤 지진에 대한 각 관측소의 지진 기록이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 세 관측소에서 진앙까지의 거리 차이는 무시한다.)

〈보기〉

ㄱ. 이 지진의 규모는 A에서 가장 크다.
ㄴ. 지진파의 최대 진폭은 C에서 가장 크다.
ㄷ. 이 지진에 가장 취약했던 지역은 매립지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄷ. 지진에 취약하다는 것은 피해가 크고 지진파의 진폭이 크다는 것을 의미한다. 지진파의 최대 진폭이 가장 큰 지진 기록은 A, 즉 매립지에서의 지진 기록이다.
정답 ②

오답 ㄱ. 지진의 규모는 측정한 모든 곳에서 같다. 지진의 규모는 지진 발생 시 방출되는 에너지량으로, 동일한 지진은 어느 지역에서나 같은 값을 가진다.
ㄴ. 지진파의 최대 진폭은 A에서 가장 크다.

연구 6

우선 교실 문을 열어 두고, 책상 밑으로 안전하게 몸을 숨긴다. 이후 선생님이나 학교 방송의 지시에 따라 질서 있게 행동한다. 환자가 발생했을 때는 응급 처치를 하고, 양호 선생님이나 119에 알린다.

❶ 지진 피해 예방

지진은 매우 갑자기 일어나며, 방출되는 에너지가 막대하기 때문에 지진 발생을 막을 수가 없다. 따라서 지진 피해를 줄이는 대책을 강구하는 것이 최선의 방법이다.

(1) 지진 재해를 줄이기 위한 프로그램 개발: 많은 지구과학자들은 지진 재해를 줄이기 위한 국가적인 프로그램을 개발하고 있으며 프로그램의 중요 목표는 다음과 같다.

① 지진 원인에 대한 이해도를 높임: 이 목표를 달성하기 위해 지진의 물리학적 과정에 대한 정량적 모형의 개발과, 단층의 물리적인 특성과 역학적인 거동에 대한 이해가 필요하다.

② 지진 잠재성의 결정: 이 목표는 지진학적으로 활동적인 지역을 파악하고, 지각의 변형 속도를 결정하고 활성 단층을 식별하며, 고지진의 특성을 결정하고, 확률론적인 계산으로 장기 예측을 하며, 중단기적인 지진 예측 기법을 개발하는 것을 포함한다.

③ 지진 영향의 예측: 지반의 파열과 진동을 예측하고, 지진 위험 지역에 세운 구조물의 내진 반응을 예측하며, 지진 재해와 관련된 손실을 평가하는 것이 지진 영향의 예측에 포함된다.

④ 연구 결과의 적용: 지진 재해를 줄이기 위한 프로그램은 개인, 단체, 지자체 및 국가를 대상으로 지진 재해에 대해 교육하는 것을 목적으로 한다. 이러한 지식은 지진에 대해 더 나은 계획을 수립하고 인명과 재산의 피해를 줄이는 방법을 찾는 데 도움이 된다.

질병 지진은 하수구와 수도관을 파열시키고, 물은 질병을 일으키는 미생물에 의해 오염된다. 지진 잔해에 매몰되어 죽은 동물이나 사람들의 시체 또한 질병을 일으키는 위생 문제가 될 수 있다.

연구 6
지진 발생시 행동 요령을 조사하고, 학교 수업 중 지진이 일어났을 때 대처 방법을 토론해 보자.

❶ (2) 지진 피해 예방 지진은 아주 갑자기 일어나며 발생 메커니즘이 정확히 밝혀지지 않아 미리 예방할 수도 없고 막을 수 없는 자연 현상이며, 가장 두려운 재해이기도 하다. 우리는 경험을 통해 알 수 있듯이 규모가 가장 큰 지진이 항상 가장 많은 생명을 앗아가는 것은 아니다.

대부분의 많은 사망자 수는 건물의 허술한 구조나 안전하지 않은 지반이나 위치와 관련이 있다. 2010년 아이티에서 발생한 규모 7.0의 지진 발생 시에 22만 명 이상의 많은 인명 피해가 있었음에 반해, 2010년 칠레에서 발생한 규모 8.3의 지진 발생 때에는 만 명 정도로 비교적 인명 피해가 적었다. 아이티에서 지진 피해가 컸던 것은 진동에 취약한 밀집된 흙벽돌집으로부터 비롯되었다. 이에 반해 칠레에서 지진에 의한 인명 피해가 크지 않았던 것은 지진에 대비하여 건물을 견고하게 지었기 때문이다.

지진 피해를 최소화하기 위해 현재 우리가 취할 수 있는 대책은 우선 우리가 살 주택을 비롯하여 큰 건물이나 댐, 발전소, 송유관과 같은 구조물들을 지을 때 진동이나 지표 파열에 잘 견디도록 설계하고 지어야 한다. 예를 들면, 지붕의 무게를 줄이기 위해 기와 대신 양철을 활용하고 창문이나 건물에는 그림 Ⅱ-24와 같이 대각선 지지대를 설치하면 더욱 안정하다. 그리고 송유관의 경우 그림 Ⅱ-25와 같이 연결 부위는 자유롭게 움직일 수 있게 고무로 연결하며 송유관 자체가 수평으로 어느 정도 움직일 수 있게 설계, 설치하면 더욱 효과적이다.



그림 Ⅱ-24 건물의 대각선 지지대



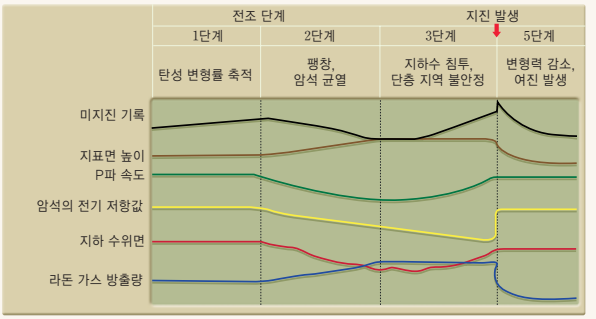
그림 Ⅱ-25 연결 부위를 고무로 연결하고 수평으로 움직일 수 있게 설계한 송유관

(2) 지진 피해 예방
① 건물과 교량: 내진 설계, 면진 설계, 지붕 무게를 줄이기 위한 설계
② 수도관, 가스관, 송유관: 연결 부위를 자유롭게 움직일 수 있도록 고무로 된 고리로 연결
③ 떨어지기 쉬운 물건: 끈이나 띠를 이용하여 단단하게 고정시킴.
④ 지진 피해 예방 교육: 지진의 특성과 발생에 대한 교육을 통해 피해를 줄임.

다음과 같은 자료를 이용하여 지진 예보의 가능성을 알아보자.

탐구 10 조사 **지진 전조 현상 조사하기**

과정 다음 그림은 단층 작용에 의해 지진이 발생할 때 지진 발생 전후의 작은 지진 기록, 지표면 높이 변화, P파 속도 변화, 암석의 전기 저항값 변화, 지하 수위면 변화, 라돈 가스 방출량 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 지진 발생 전 후에 어떤 변화들이 일어났는지 알아보자.



정리
1. 지진 발생 전후에 지면의 높이는 어떻게 변하는가?
2. 지진 발생 전후에 암석의 전기 저항값은 어떻게 변하는가?
3. 지진 발생 전후에 지하수면은 어떻게 변하며, 라돈 가스의 방출량은 어떻게 변하는가?
4. 인터넷이나 참고 문헌을 통하여 다양한 지진 예보 방법을 조사해 보자.

탐구 10을 통해 알 수 있듯이 큰 지진이 발생하기 전에 지역에 따라 지면의 높이가 높아지며, 라돈 가스의 방출량이 증가한다. 이에 반해 P파의 속도와 전기 저항값 및 지하수의 수위는 낮아진다. 그러나 어떤 지역에서는 지반이 내려앉았음에도 지진이 발생하였으며 또 다른 지역에서는 지반의 큰 융기가 있었음에도 지진이 일어나지 않는 경우가 있어, 지반 융기와 침강 모두가 지진의 전조가 되지 않는 점에 유의해야 한다.

이 밖에도 지진이 발생하기 전에 개, 소와 말과 같은 가축과 새, 물고기 및 곤충들이 이상한 행동을 보인다. 실제로 1975년 2월 4일 중국의 만주 하이청에서 지진 규모 7.3의 큰 지진이 발생하기 전에 많은 동물들이 이상한 행동을 보였고 현저한 지하수의 수위 변화가 측정되었다는 보고를 받은 정부 당국이 해당 지역에 즉시 지진 예보를 발령하고 주민들을 대피시켜 큰 피해를 막을 수 있었다.

일반적으로 지진은 매우 짧은 시간에 걸쳐 갑자기 일어나므로 지진 발생을 정확히



탐구 10 조사 지진 전조 현상 조사하기

1. 목표

지진이 발생하기 전에 나타나는 지진 전조에는 어떤 것들이 있는지 알아본다.

2. 정리

1. 지진이 발생하기 전까지는 지표면의 높이는 상승하다가 발생 이후에는 크게 낮아진다.
2. 지진 발생 전까지 암석의 전기 저항값은 낮아지고, 지진 발생 후에 다시 높아진다.
3. 지진 발생 전에는 지하 수위면이 낮아지고, 지진 발생 후에는 높아진다. 또 지진 발생 전 라돈 가스의 방출량은 증가하고, 지진 발생 후에는 방출량이 감소한다.
4. 각자 조사해 보도록 한다.

(2) 지진 예보: 지진 예보에는 장기 지진 예보와 단기 지진 예보가 있다.

① 장기 지진 예보: 지진은 기존 단층을 따라 여러 차례 일어났으며, 이와 동일한 지역에서 앞으로도 지진이 일어날 것이라는 것을 전제로 한다. 이 정보는 공학자들에게 지진이 일어나기 쉬운 지역에서 엄격한 건물 신축법을 제정할 수 있게 해주기 때문에 아주 유용하다. 그러나 다음 지진이 언제 일어날지에 대해서는 막연한 정보만 제공할 뿐이다.

② 단기 지진 예보: 어떤 지진이 특정 장소와 시간에 일어날 수 있다는 것을 예보한다. 이는 지진 발생 직전에 나타나는 신호에 의존한다. 전진(foreshock)은 대규모 지진에 앞서 수 초 또는 수 주 전에 일어나는 소규모 지진이다. 이것은 막대기를 서서히 구부릴 때 부러지기 직전에 깨지는 낮은 소리가 많이 들리는 것에 비유할 수 있다. 그러나 전진이 모든 지진에 앞서 일어나지 않기 때문에 믿을만한 도구가 되지는 못한다. 학자들의 연구에 의하면 약 50 % 정도의 지진에서 전진이 관측되었다. 또한 전진으로 생각되는 작은 지진이 밀집되어 발생하였는데도 큰 지진이 일어나지 않는 경우도 있다.

단기 지진을 예보하는 또 다른 방법은 활성 단층대에 가까운 지표의 변화를 측정하는 것이다. 지구과학자들은 경사계와 레이저 측정 장비를 이용하여 지표의 이동을 감시하는데, 지각의 변형은 본진(major earthquake)에 앞서 일어나기 때문이다. 이러한 방법은 일부 지진을 성공적으로 예보하였으나, 예보한 지진이 일어나지 않거나 예보하지 않은 지진이 발생하기도 하였다.

이 밖에도 여러 방법들이 단기 지진 예보에 활용될 수 있다. 지진이 발생하기 전에 암석이 변형되면 암석에 미세 균열들이 생기게 된다. 경우에 따라서 미세 균열은 암석에 갇혀 있던 라돈 가스를 방출한다. 또한 균열은 물로 채워질 수 있으며 우물의 수위를 변동시키기도 한다. 물로 채워진 암석 내의 공극은 전기가 잘 흐르므로, 미세 균열이 발달할수록 암석의 전기 저항은 감소한다. 많은 지구과학자들은 더 정확한 단기 지진 예보를 위해 다양한 방법을 연구하고 있다.

(3) 우리나라의 지진과 지진 피해

탐구 11 자료 해석

우리나라 지진 조사하기

1. 목표

우리나라에서는 어떤 규모의 지진이 어디서 얼마나 빈번히 일어났는지 알아본다.

2. 정리

1. 우리나라에서 지진이 자주 발생하는 지역은 육지에서는 중부 지역과 경상도 지역, 그리고 북한의 황해도와 평안도 지역이다. 바다에서는 서해 남부와 동해 남부 지역이다.
2. 가장 큰 지진 규모는 5.3이며, 1980년 1월 8일에 발생한 의주 · 사주 지진이다.

• 우리나라의 지진

1978년 이후 규모 5.0 이상의 지진이 5차례 발생하였다. 그리고 2010년 2월 서울을 포함한 수도권의 많은 사람들이 진동을 느낀 규모 3.0의 지진이 일어났다. 강원도의 경우 2007년 1월 20일 규모 4.8의 지진이 일어났던 것에서도 짐작할 수 있듯이, 한반도에서도 규모 6.0 이상의 강진이 발생할 수 있다는 가능성이 언급되고 있다. 또한 잔지진이 많은 울진 앞바다와 속리산 부근, 홍성, 백령도 지역에 강진이 발생할 가능성이 있고, 우리나라에는 활성 단층이 4~5개 있어서 대규모 지진이 최소 200~300년마다 발생할 가능성이 상당히 크다는 학계의 의견도 있다.

예측하기는 쉽지 않다. 그러나 작은 지진의 발생 빈도, 지하수의 수위 변동, 라돈 가스의 방출량, 전기 저항 및 동물의 이상한 행동을 면밀히 관찰하여 지진의 전조를 파악하면 지진의 큰 피해는 어느 정도 줄일 수 있을 것이다.



그림 II-26 홍성 지진 피해

(3) 우리나라의 지진과 지진 피해 우리나라는 판의 경계에서 비교적 멀리 떨어져 있어 지진의 발생 빈도가 높지 않다. 그러나 1978년 홍성 지진 때에는 그림 Ⅱ-26과 같이 건물이 무너지고 벽이 갈라지는 등 피해가 컸다. 이처럼 우리나라에서도 언제 어디서 지진이 발생할지 모르므로 지진에 대한 철저한 대비가 필요하다.

우리나라에서 발생하는 지진의 위치와 규모 등을 알아보자.

탐구 11 자료 해석 우리나라 지진 조사하기

준비물 우리나라 지도, 필기 도구

과정 1. 기상청 지진 센터 홈페이지에 접속하여 실시간으로 우리나라에서 일어나는 지진의 위치와 규모를 체크한다.
2. 지진의 발생지와 규모를 표로 정리한다.

정리 1. 지진이 빈번히 일어나는 곳은 어디인가?
2. 가장 큰 지진 규모는 얼마인가?

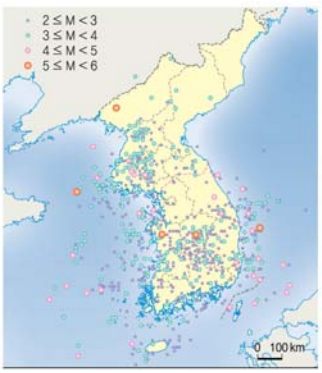


그림 II-27 우리나라에서 발생한 지진의 진앙

그림 Ⅱ-27은 지난 30년간 우리나라와 주변 지역에서 발생한 지진의 진앙을 나타낸 것이다. 이것을 보면 북한에서는 서부 지역인 황해도와 평안도, 남한에서는 중부와 경상도 지역에서 비교적 많은 지진이 발생하였으며, 바다 쪽에서는 동해와 서해에서 많이 발생하였다. 특히 동해 연안을 따라 크고 작은 지진들이 많이 발생하고 있다.

일본은 환태평양 지진대에 속해 있어 지진이 많이 발생하지만, 우리나라는 지진대에서 벗어나 있으므로 피해를 입힐 수 있는 지진이 자주 발생하지는 않는다. 그렇다고 해서 우리나라가 지진의 안전지대는 아니며, 장차 피해를 입히는 지진이 발생할 가능성은 얼마든지 있다. 따라서 건물을 지을 때 가능한 한 내진 설계와 면진 설계를 철저히 하고, 평소에 지진 발생 시 행동 요령도 알아두어야 한다.

116 | Ⅱ. 생동하는 지구

[표] 한국의 지진

지진 이름	규모	발생 지점	발생 날짜
경주 지진	100여 명 사망	경부 경주	779년(신라 혜공왕 15년)
쌍계사 지진		지리산	1936년
속리산 지진		충북 속리산	1978. 9. 16
홍성 지진	5.0	충남 홍성	1978.10.7
의주 · 사주 지진	5.3	평안북도	1980. 1. 8
	4.8	포항 동쪽 65 km 해역	1981. 4. 15
	4.9	홍도 인근 해역	1994, 2003
영월 지진	4.5	강원도 영월	1996, 12, 13
	5.0	백령도 서남쪽 80 km 지점	2003. 3. 30
	5.2	울진군 동쪽 80 km 해역	2004. 5. 29
도암면 지진	4.8	강원도 평창군 도암면	2007. 1. 20

* 우리나라에는 1905년에 최초로 지진계가 설치되었음.

3 화산 재해

지구 상에서 현재 활동 중인 화산은 500 ~ 600개가 있으며, 이들 화산 6개 중에 하나는 사람들의 목숨을 앗아간다. 즉, 화산 분출은 사람의 생명과 재산에 막대한 피해를 입히고, 자연 환경에 급격한 변화를 일으켜 생태계에 심각한 영향을 미치는 자연재해에 해당한다. 화산 재해는 용암류, 화산재 낙하 및 화산 가스에 의한 직접적인 재해와 이차적인 재해로 화산 쇄설류, 화산 이류, 산사태 또는 암설 사태, 홍수 및 화재를 들 수 있다.

화산 분출로 인한 대표적인 피해 상황을 다음 자료를 통해 알아보자.

라하르(Lahar)
인도네시아 말로, 화산 이류의 일종. 화산재가 두껍게 쌓여 있는 곳에 많은 비가 내리면, 화산재가 물과 혼합되어 계곡과 경사면을 따라 매우 빠르게 흐르는 급류가 생겨 많은 피해를 일으킨다.

탐구 12 자료 해석 **화산 분출로 인한 피해 사례**

과정 다음 그림은 화산 활동에 의한 피해를 나타낸 것이다.


(가) (나) (다) (라)

정리
1. 각각의 피해는 어떻게 일어난 것인지 설명해 보자.
2. 화산 활동에 의한 피해 사례를 조사해 보자.
3. 화산의 피해를 줄이는 방법을 설명해 보자.

화산이 폭발하면 독성을 띤 화산 가스와 많은 양의 화산재 및 용암이 분출된다. 특히 화산 가스와 화산재는 분화구로부터 멀리 떨어진 곳까지 확산되어 사람은 물론 가축과 농작물 및 항공기 운항에 막대한 피해를 입힐 수 있다.

3. 화산 재해
(1) 화산재에 의한 피해: 화산재는 햇빛을 차단하여 지구의 기온을 떨어뜨림.
(2) 화산재 흐름과 용암에 의한 피해: 화산재 흐름과 용암은 이동하면서 모든 것을 태움.
(3) 화산 가스에 의한 피해: CO, CO_2, H_2S 등의 유독 가스 방출
(4) 화산 이류에 의한 피해: 화산 쇄설물이 쌓인 곳에 폭우가 내리거나 눈이나 얼음으로 덮인 곳에서 화산이 분출하면 화산 이류가 형성됨.

탐구 12 자료 해석

화산 분출로 인한 피해 사례

1. 목표

화산 분출에 의한 재해에는 어떤 것들이 있는지 알아본다.

2. 정리

1. (가) 화산 가스에 의해 동물들이 죽어 있음.
(나) 화산재에 의해 비행기가 뜨지 못하고 있음.
(다) 용암이 가옥과 도로를 덮치고 있음.
(라) 화산 이류에 시설물이 휩쓸리고 있음.
2. 화산 활동에 의한 피해 사례: 세인트헬렌스 화산(1980, 화산재 흐름에 의한 피해), 아이슬란드 화산(2010, 화산재 분출로 항공기 운항에 지장 초래), 일본 신모에다케 화산(2011, 화산재, 화산암편)
3. 화산 분출 지점으로부터 가능한 한 멀리 떨어진 안전한 곳으로 대피함.

• 화산 재해

(1) 용암류(lava flow): 용암류는 마그마가 지표면에 도달하여 분화구나 화산 측면에 위치한 화도를 통해 넘쳐 흘러나올 때 생성된다. 용암류는 각각 빠르게 이동하기도 하고, 또는 비교적 끈적끈적하여 느리게 이동할 수도 있다. 약 50 %의 실리카를 포함하는 현무암질 용암은 다양한 속도를 가진다. 낮은 점성과 고온의 온도를 가진 용암은 대개 시속 1 m 정도의 속도로 가장 빠르게 이동한다.

(2) 화산 쇄설성 활동(pyroclastic activity): 테프라가 화구를 통해 대기 중으로 분출되는 폭발적인 화산 활동을 말한다. 화산 쇄설성 활동에는 크게 화산재 강하(ash fall)와 화산재 흐름(ash flow)이 있다.

① 화산재 강하: 화산재 분출은 수백~수천 km^2의 면적을 화산재로 덮는다. 이는 농작물 피해, 지붕에 쌓인 화산재 하중에 의한 건물 붕괴, 항공기 엔진의 고장 유발, 호흡기와 피부 가려움증 등 건강상의 피해를 일으킬 수 있다.

② 화산재 흐름: 화산 쇄설류는 수백 ℃ 정도로 뜨거워서 화산을 타고 아래로 이동하

는 동안 접촉하는 모든 것들을 불태워 재로 만들어 버리며, 100 km/h의 빠른 속도로 이동한다.

③ 화산 분출이 일어나는 동안 수증기, 이산화탄소, 일산화탄소, 이산화황, 황화수소를 포함하는 많은 유독 가스들이 방출된다. 수증기와 이산화탄소가 방출된 모든 가스의 90 % 이상을 차지한다. 이산화탄소는 공기보다 무거운 무색 무취의 가스로, 지면에 바싹 깔려서 이동하므로 많은 사람과 가축 및 동물들이 질식사하는 참사를 일으킬 수 있다. 이산화황은 대기 중에서 반응하여 산성비를 만들 수 있으며, 에어로졸 상태의 작은 이산화황 입자들은 사람들의 폐 안으로 깊숙이 들어갈 수 있으므로 천식 발작과 호흡 장애 및 기타 호흡기 질환을 일으키는 것으로 알려져 있다.

④ 뜨거운 화산 분출물은 산 위에 있던 많은 양의 눈과 얼음을 빠르게 녹일 수 있으며, 막대한 양의 융해된 물은 홍수를 일으킨다. 이 홍수는 화산 지역의 화산 쇄설물과 주위의 많은 암석 조각들을 끌어들여 매우 빠르게 흐르는 화산암설류를 형성한다. 화산 이류 또는 라하르(lahar)는 화산재가 두껍게 쌓여 있는 화산 지대에 장기간에 걸쳐 비가 내리거나 폭우가 내리게 되면 빗물과 화산재가 혼합되어 흘러내는 이류를 말한다.

(1) 화산재에 의한 피해 화산이 폭발하면 어마어마한 양의 화산재와 암편 및 가스가 하늘 높이 공기 중으로 날아간다. 하늘 높이 성층권까지 올라간 화산재는 바람을 타고 전 지구 상층을 덮어 햇빛을 차단함으로써 지구의 기온을 크게 떨어뜨린다. 대규모의 화산 분출이 일어나면 약 1년 정도 지구의 기온이 떨어지는 현상을 초래할 수도 있다. 또한 지표면에 떨어진 화산재는 수백 또는 수천 km^2의 면적을 덮을 수 있다. 그 결과 농작물과 식생에 피해를 입히고, 이 밖에도 지표수 오염, 호흡기와 눈의 가려움, 항공기의 엔진 정지 등의 재해를 일으킬 수 있다.

화산재 흐름(Ash flow)에 의한 피해 사례

1902년 마르티니크의 서인도 섬에서 펠레 화산이 분출하였다. 5월 8일 아침에 새빨갛게 달아오른 고온의 화산재, 수증기 및 다른 가스들로 이루어진 화산재 흐름이 빠른 속도로 세인트피에르 도시를 지나가면서 약 30,000명의 인명을 앗아가는 대재앙을 일으켰다. 화산재 흐름은 화산 쇄설류라고도 한다.

(2) 화산재 흐름과 용암에 의한 피해 화산의 측면 폭발시 화산 분출은 산의 일부분을 파괴시킬 뿐만 아니라 많은 양의 가스와 화산재를 분출시킨다. 화산재 흐름은 화산 분출 중에 가장 치명적인 피해를 입히는데, 화도로부터 폭발적으로 뿜어져 나와 화산의 하부를 향하여 거의 음속에 가까운 아주 빠른 속도로 이동하는 매우 뜨거운 화산재와 화산 가스의 혼합물에 의한 사태이다.

화산재 흐름은 수백 ℃ 정도로 뜨거워서 화산 측면 아래로 이동하는 동안 접촉하는 모든 것을 태워 재로 만들어 버린다. 따라서 화산재 흐름의 경로에 사람들의 주거 지역이 위치해 있다면, 인명과 재산에 막대한 피해를 입힐 수 있다.

또한 화산 재해는 분화구나 화산 측면에 있는 화도를 통해 흘러나오는 용암에 의해서도 발생한다. 용암은 고온의 액체로서 빠르게 이동하면서 넓은 지역을 휩쓸면서 건물과 가옥을 파괴시키고 화재를 일으킨다.

(3) 화산 가스에 의한 피해 화산이 폭발할 때 수증기(H_2O), 이산화탄소(CO_2), 일산화탄소(CO), 황화수소(H_2S) 등의 유독 가스가 방출된다. 이러한 유독 가스에 의한 피해의 예로 1986년 카메룬의 니오스 호에서 주로 이산화탄소로 이루어진 진한 가스 구름이 방출되어 계곡을 따라 땅바닥에 깔려 10 km 이상을 이동하였는데, 1700명의 사람과 3000마리의 가축이 질식사하는 참사를 일으켰다.

(4) 화산 이류에 의한 피해 화산 분출에 의해 많은 양의 화산 쇄설물이 쌓여 있는 지역에 폭우가 내리거나 장시간 비가 내리면, 화산 쇄설물과 물이 혼합체를 형성하여 계곡이나 저지대를 따라 매우 빠른 속도로 흘러내리는 화산 이류를 형성한다. 화산 이류는 이류가 흘러내리는 계곡이나 계곡 가까이에 있는 가옥이나 교량 및 구조물을 파괴시켜 많은 피해를 입힌다.

이러한 피해는 동남아시아의 인도네시아와 필리핀의 화산 지대에서 매우 심하다. 또한 두꺼운 눈이나 얼음으로 덮인 빙하 지역에서 화산이 분출하면 뜨거운 화산 쇄설물과 눈과 얼음이 혼합되어 화산 이류가 형성된다.

기출 문제 | 2010학년도 대수능

다음은 백두산의 화산 폭발에 대비하기 위한 연구 내용이고, 그림은 10세기 백두산 화산 폭발 시 쌓인 화산 쇄설물의 분포와 확산 범위를 나타낸 것이다.

- 백두산 화산 폭발 기록 조사 및 폭발 가능성 예측 연구
- 유사 폭발 사례 분석을 통한 폭발 강도 추정
- 계절에 따른 풍향 요인을 고려한 화산재 확산 범위 추정



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보기〉

ㄱ. 일본에 쌓인 백두산의 화산 쇄설물은 주로 화산탄과 화산력으로 구성된다.
ㄴ. 마그마의 가스 함량이 높을수록 화산의 폭발력은 커진다.
ㄷ. 화산재에 의한 한반도의 피해는 남풍보다 북풍이 우세할 때 더 클 것이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄴ. 일반적으로 화산 가스의 함량이 많고 SiO_2의 함량이 높을수록 화산 폭발력은 증가한다.
ㄷ. 북풍이 불게 되면 화산재와 화산 가스가 바람을 타고 남쪽으로 이동하기 때문에 남풍이 불 때보다 피해가 더 커진다. **정답** ④

오답 ㄱ. 일본은 백두산 화산 분출구로부터 멀리 떨어져 있기 때문에 화산 쇄설물의 크기가 매우 작았을 것이며, 실제로 당시에 화산재가 쌓인 응회암이 발견된다.

한 걸음 더

화산 분출 규모는 어떻게 나타낼까?

화산 분출의 규모는 어떤 한 가지 요소만을 가지고 나타내기가 어렵다. 따라서 화산학자들은 각 화산의 화산 분출 에너지를 비교하기 위하여 화산 분출 지수(VEI)를 제안하였다. 화산 분출 지수를 계산하는 데 필요한 요소는 화산 분출 기둥의 높이, 분출된 화산 쇄설물의 이동 거리, 화산 분출이 지속된 시간 및 화산 분출물의 양이다.

화산 분출 지수는 0에서 8까지로 나타내는데 지금까지 분출한 화산 분출 지수는 0~7이며, 7이 가장 격렬한 화산 분출이었다. 화산 분출 지수가 1 증가할 때 화산 분출 에너지는 약 10배 증가한다.

지수	화산재 높이	분출 부피	분출 주기	예	지난 10,000년 간 분출 횟수
0	100 m 미만	10^3 m^3 이상	매일	마우나로아	다수
1	100~1000 m	10^4 m^3 이상	매일	스트롬볼리	다수
2	1~5 km	10^6 m^3 이상	주 1회	갈레라스, 1993	3477
3	3~15 km	10^7 m^3 이상	연 1회	코르돈 카울레 1921	868
4	10~25 km	0.1 km^3 이상	10년 이상	에이야파틀라이외퀴틀 (아이슬란드 화산), 2010	421
5	25 km 이상	1 km^3 이상	100년 이상	세인트헬렌스 화산, 1980	166
6	25 km 이상	10 km^3 이상	100년 이상	크라카타우, 1883	51
7	25 km 이상	10^2 km^3 이상	1000년 이상	탐보라 산, 1815	5
8	25 km 이상	10^3 km^3 이상	10,000년 이상	토바 화산	0

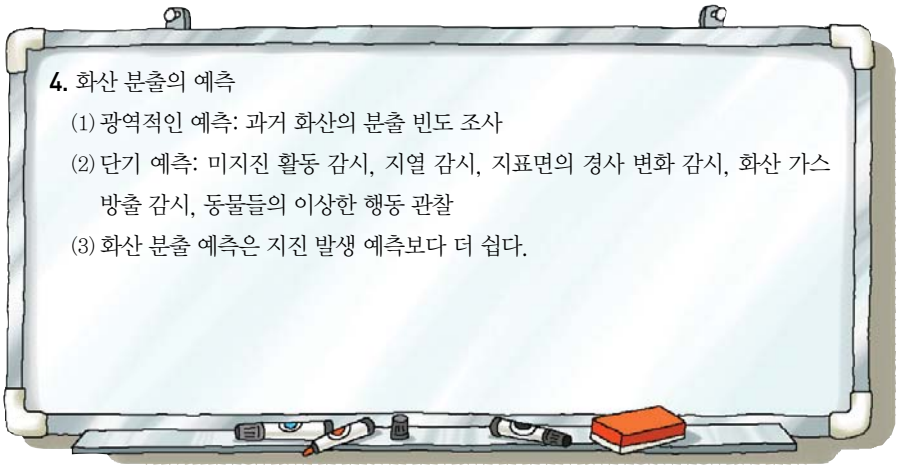
현무암질 마그마에 의한 화산 분출은 폭발하지 않으므로 위험하지 않으나, 안산암질 또는 유문암질 마그마에 의한 성층 화산 형성시 분출되는 유독 가스와 화산 쇄설물은 큰 피해를 입힌다.

1980년의 세인트헬렌스 화산 폭발시 분출된 고온이고 빠르게 이동하는 화산재 흐름에 의해 많은 인명 피해를 초래하였고, 1985년의 콜롬비아 네바도 델 루이즈 화산 폭발 시에는 빙하가 녹으면서 거대한 이류가 형성되어 산을 따라 빠르게 흘러내려 2만여 명의 인명 피해를 냈다.

4 화산 분출의 예 측

실제로 화산 분출을 정확하게 예측하는 것은 쉽지는 않지만 분출 전에 일어나는 여러 현상들에 대한 정보를 체계적으로 수집하면 화산 분출을 예측할 수 있다. 화산 분출을 예측하는 주요 목적은 화산 분출에 따른 재해를 줄이려는 데 있다.

화산 분출에 대한 예측은 분출이 일어나기 전에 분출이 언제, 어디서 어느 정도 세기로 일어날 것인지에 대해 확률적으로 말하는 것이다. 이것은 일기예보를 하는 것과 유사하다. 화산 분출을 예측하는 방법에는 어떤 것들이 있는지 알아보자.



4 화산 분출의 예측

지난 1,500년 동한 분출한 화산의 피해를 조사한 결과는 화산 분출이 다가올 미래의 많은 지질 재해 중 가장 큰 것 중 하나라는 것을 인식시켜 주었다. 이러한 조사는 또한 화산 위험 평가와 화산 분출 예측이 현대 과학의 중요한 한 부분이 되게 하였다.

전 지구적으로 대략 1,300개의 활화산이 확인되었으며, 지난 1만 년 동안 5,560여 개의 화산이 분출하였다. 이들 숫자는 해저 산맥에서 분출하는 화산은 포함하지 않았다. 최근에도 많은 화산이 분출하였으며, 다른 화산들도 곧 분출할 것이다. 과학자들은 어떻게 화산 분출을 예측하며 화산 재해로부터 위험을 어떻게 줄일 수 있을까?

(1) 광역적인 예측: 화산 위험 평가의 광역적인 예측은 과거 화산의 분출 빈도와 잠정적인 격렬함에 근거를 둔다. 그러나 한 지역 내에서 화산의 밀집도에 근거한 광역적인 예측은 단지 가능성만을 측정할 뿐 특정 화산이 언제 분출할지 또는 특정 화산의 지수가 얼마가 될지 결정할 수 없다.

(2) 단기 예측: 단기 예측은 특정 시간과 특정 장소에서 임박한 화산 분출을 예보하는 것이다. 이 예측은 화산이 곧 분출할 것이라는 신호를 탐지하여 활화산을 감시하는 기구에 의존한다. 이들 신호는 화산과 주위 땅들의 형태 변화, 화산 하부에서 일어나는 마그마 활동을 지시하는 빈번한 지진 활동, 화산재 또는 가스 방출의 증가, 근처에 있는 온천수의 온도 상승 및 이 밖의 마그마가 지표를 상승하고 있다는 모든 증거를 포함한다.

• **화산 분출 지수**

화산 분출 지수	일반 기술	정성적 기술
0	비폭발	비분출
1	소규모	분출
2	보통	폭발적 분출
3	보통-대규모	
4	대규모	격변적 분출
5	초대규모	
6		
7		
8		

※ Volcanic Explosivity Index, Newhall과 Self(1982)에 의함

탐구 13 조사

화산 분출 예측

1. 목표

화산 분출을 예측할 수 있는 방법에는 어떤 것들이 있는지 알아보자.

2. 정리

1. 지하 하부에 있는 마그마가 지각 내에 발달된 틈을 따라 상승하면서 지반을 교란시키기 때문
2. 지하에 있는 고온의 마그마에 의해 암석의 부피가 상승함으로 지표면의 기울기가 달라진다.
3. 이산화탄소, 이산화황, 황화수소, 염소 등이며, 이산화탄소가 가장 많이 배출된다.

탐구 13 조사 화산 분출 예측

과정 다음과 같은 자료를 인터넷이나 참고 문헌에서 조사해 보자.

1. 일반적으로 화산 분출이 임박한 지역에서는 미약한 지진의 발생 빈도가 크게 증가한다고 한다. 그 이유가 무엇인지 조사해 보자.
2. 화산 분출이 임박한 지역에서는 지하에서 마그마가 상승하고 있다. 상승하는 마그마는 주변의 암석들을 뜨겁게 하고 팽창시키며 지열을 증가시킨다. 이에 따라 지표에서 어떤 현상이 일어날 수 있을지 조사해 보자.
3. 일반적으로 화산 분출이 임박한 지역에서는 암석의 틈을 따라 가스가 먼저 뿜어져 나온다. 화산 분출이 임박한 지역에서는 어떤 화산 가스가 어떻게 변화할 것인지 조사해 보자.
4. 화산 분출이 임박한 지역의 화산 활동 역사를 조사하여 활동에 어떤 주기성이 있는지 조사해 보자.

정리

1. 화산 분출이 임박한 지역에서 지진의 발생 빈도가 증가하는 이유는 무엇 때문인가?
2. 화산 분출이 임박한 지역에서 지표면은 어떻게 변하며, 인근 호수 면의 수위는 어떻게 변하겠는가?
3. 화산 분출이 임박한 지역에서 배출되는 가스의 종류는 무엇이며, 어떤 가스가 가장 많이 배출될 것인지 토의해 보자.

최근에는 어느 지역에서 화산 분출이 임박했는지에 대한 예측은 그림 Ⅱ-28과 같이 첨단 과학 장비의 관측에 의한 지진 활동에 대한 감시, 지열 감시, 지표면의 경사 변화 감시, 화산 가스 방출 감시 등에 의해서 어느 정도 가능해졌다. 그러나 아직도 화산 분출에 대한 정확한 예측은 어려운 상태이다. 지진과 화산은 우리 인간이 통제할 수 없는 자연재해이므로, 그 피해를 최소화하기 위해 노력하는 방법밖에 없다.

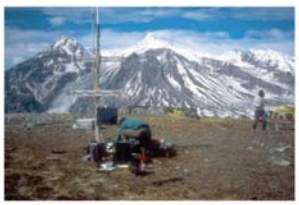


그림 Ⅱ-28 화산 지대의 지진 감시 활동

읽을 거리

피나투보 화산

1991년 6월 15일과 16일 20세기에 일어난 화산 분출 중 두 번째로 규모가 큰 분출이 필리핀 루존 섬에 위치한 피나투보 화산에서 일어났다. 화산재, 암설류, 이류 및 태풍 유나(Yunya)와 함께 일어난 결과 약 300명의 사망자가 발생하였다. 사망자 대부분은 화산으로부터 40 km만큼 멀리 떨어진 곳에서 30 cm 두께의 무겁고 축축한 화산재가 지붕 위에 쌓이면서 건물이 붕괴되어 생명을 잃게 되었다. 화산 정상으로부터 지름 30 km 이내에 있던 미국군 기지 및 마을로부터 250,000명의 사람이 대피하였기 때문에 수천 명의 사람들이 생명을 건졌다. 과학자들은 이 지역에 사는 사람들과 공공 기관에 화산 분출과 재해 가능성에 관한 비디오를 보여 주며 교육시켰다. 과학자들의 이러한 노력은 이 지역의 관리들이 주민들에게 대피를 명령하도록 하고, 위험

기출문제 | 2009학년도 평가원

다음은 백두산 화산 활동에 대한 조선 시대의 기록과 함경도 경성과 부령의 위치를 나타낸 지도이다.

(가) 1668년 6월 2일, 함경도 경성에 재가 내렸다. 부령에도 같은 날 재가 내렸다.
(나) 1702년 6월 3일 정오경, 함경도 부령에 하늘과 땅이 갑자기 캄캄해졌는데, 때로 연기와 불꽃 같은 것이 있었고 썩은 달걀 냄새가 방에 꽉 찬 것 같았다.



이 기록을 근거로 백두산 화산 활동에 대하여 옳게 추정한 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 화산 활동에 의해 경성과 부령 지역에 현무암이 만들어졌을 것이다.
ㄴ. (나)의 화산 분출물에는 가스가 다량 포함되었을 것이다.
ㄷ. 이 시기의 화산 활동은 폭발성 분출이었을 것이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 백두산의 격렬한 폭발로 인하여 150 km 떨어진 경성과 부령까지 화산재가 퍼졌다. 이를 통해 백두산은 폭발적으로 분출하는 유문암질 용암의 분출로 형성된 종상 화산임을 알 수 있다.
ㄴ. 썩은 달걀 냄새는 화산 가스 중에 황화수소(H_2S)가 포함되었다는 것이다.
ㄷ. 화산 분출 시 화산재와 화산 가스가 발생하였다는 것은 이 화산이 폭발형이었다는 것을 뜻한다. **정답** ④

오답 ㄱ. 경성과 부령 지역에는 화산재가 쌓여 만들어진 응회암이 만들어진다.

에 처한 사람들이 순종하도록 하는 데 도움이 되었다.

피나투보에서 어마어마한 분출이 일어났을 때 400 km의 폭으로 34 km 높이까지 화산재 구름이 날아갔다. 이러한 규모와 유사한 화산 분출이 과거에 일어났을 때, 이산화황을 포함하는 화산재로 된 에어로졸이 1년 이상을 대기 중에 남아 있었다. 화산재 입자와 이산화황이 태양으로부터 유입되는 빛을 산란시켜 분출이 일어난 다음 해에는 지구의 기온이 약간 내려갔다.

이처럼 피나투보 화산 폭발은 많은 인명과 재산 피해 및 지구 환경 변화를 가져왔지만, 지금은 피나투보 화산 폭발로 생성된 아름다운 칼데라호는 필리핀의 최고 관광지가 되어 많은 사람들이 찾고 있다.



피나투보 화산 폭발



화산 폭발로 생긴 칼데라호

5 화산 활동의 혜택

화산 분출은 자연 환경에서 급격한 변화를 일으켜 인간의 생명과 재산에 심각한 피해를 입기도 하지만, 장기적으로 보면 인간과 생태계 순환에 유익한 여러 가지 혜택을 제공한다.

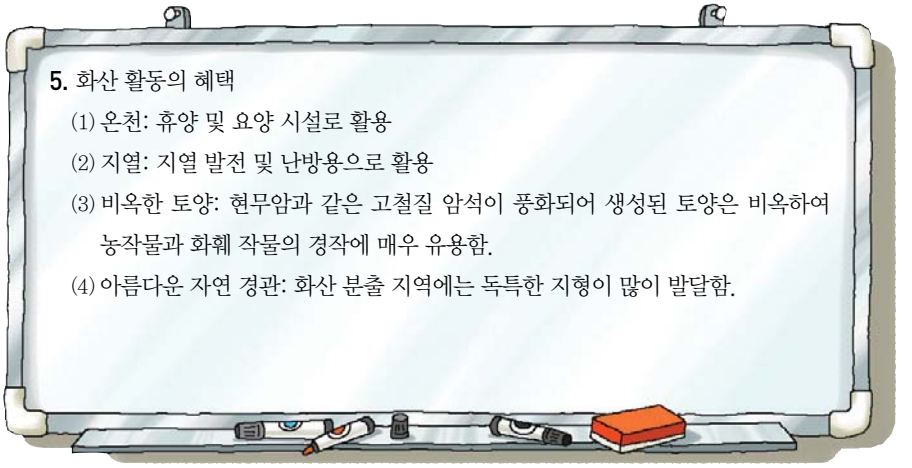
화산 지대에는 그림 Ⅱ-29와 같이 여러 가지 광물이 많이 녹아 있는 온천이 많아 휴양과 요양 시설이 다수 세워져 있다. 또한 화산 지대에는 지열이 풍부하여 그림 Ⅱ-30과 같이 지열을 이용하여 발전을 한다. 지열을 이용하여 가장 많은 전기를 생산하는 나라는 미국이다. 그리고 아이슬란드는 국가 전력의 약 84 %를 지열 발전으로 충당하며 필리핀은 약 14 %를 충당하고 있다. 지열은 환경 오염을 일으키지 않아 미국과 뉴질랜드를 포함하여 많은 나라에서 관심을 두고 개발하는 에너지 자원이다.



그림 II-29 화산 지대의 온천



그림 II-30 지열 발전소



5 화산 활동의 혜택

화산은 짧은 시간 동안 용암, 화산 쇄설류, 유독 가스 등을 격렬하게 분출하여 많은 인명과 재산을 앗아가는 매우 위험한 자연 재해 중의 하나이다. 따라서 많은 사람들은 화산을 두려운 재앙으로 여기고 있다. 그러나 다른 한편으로 화산 활동은 우리에게 여러 가지 이득을 제공한다. 예를 들면 우리는 화산 활동을 통해 지구 내부의 구성 물질과 특징, 판의 운동 및 판의 경계에 대한 중요한 학술적 정보를 얻을 수 있다. 또한, 화산 활동이 활발한 지역에는 지열 에너지가 풍부하여 이를 이용하여 발전을 하기도 하고, 따뜻한 물을 온천수나 휴양 시설 및 가정 난방용으로 이용한다. 특히 지열 에너지는 대기 오염을 일으키지 않을 뿐만 아니라, 반영구적으로 활용할 수 있기 때문에 그 효용 가치가 매우 높다.

이 밖에도 화산 지대의 토양은 영양분이 풍부하고 매우 비옥하여 농작물이 잘 자라 농부들에게 큰 혜택을 주고 있다. 또한, 화산 가스가 분출될 때 다량의 황이 생성되며, 동남 아시아의 일부 국가에서는 이 황을 채취하여 비료와 여러 화공 원료로 이용한다. 이와 함께 이들 지역에서는 화산 이류에 의해 낮은 지대로 운반되어 쌓인 화산 쇄설물을 채취하여 건축용 골재로 쓰고 있다.

화산 분출은 독도나 울릉도와 같은 새로운 섬을 생성하기도 한다. 이러한 화산섬은 다양한 형태의 독특한 화산 지형을 갖추고 있어 자연 경관이 아름다워 많은 사람들이 관광지나 휴양지로 활용하고 있다. 또한, 화산 분출과 같은 희귀한 자연 현상에 호기심이 강한 사람들은 화산 분출의 장관을 직접 만끽하고자 서둘러 화산 분출 현장을 찾아가기도 한다.

6 지구 근접 천체의 충돌에 의한 재앙

1. 지구 근접 천체(Near Earth Objects, NEO): 공전 궤도가 지구에 아주 근접한 소행성이나 혜성을 말함.
2. 지구가 태양 주위를 공전하는 동안 지구는 1,000여 개의 크고 작은 천체와 충돌하거나 근접하게 된다. 예) 운석, 또는 유성우
3. 오늘날 많은 인공위성이 지구 주위를 공전하고 있는데, 이들이 지구 근접 천체와 충돌하게 될 경우 큰 피해가 있을 것으로 우려됨.
4. NEO 중 크기가 큰 것은 지구와 충돌할 경우 큰 재앙을 일으킬 것으로 예상됨.

• 과거 지구와 충돌 혹은 근접했던 천체

(1) 시베리아 퉁구스카 지구 근접 천체(1908년): 지구 근접 천체가 퉁구스카 상공에서 지구 대기권에 진입하는 과정에서 마찰열로 폭발, 분해되어 지표에 도달하지 못함. 넓은 범위의 숲이 화재로 소실되었으며, 폭발음이 유럽까지 들렸다 함.



퉁구스카 숲(시베리아)

(2) 애리조나 주의 베링거 운석 충돌구: 5만 년 전에 미국 애리조나 주에 약 60 m 크기의 철질 운석이 떨어져 생성된 충돌 구덩이. 지름은 1.2 km, 깊이는 약 180 m이며, 이 정도의 운석구가 생성되기 위해서는 약 TNT 20톤의 폭발 에너지가 필요함.



운석 구덩이(애리조나)



그림 II-31 찌그러진 자동차



그림 II-32 호바 운석

122 | II. 생동하는 지구

용암과 화산 쇄설물에는 식물의 성장에 필요한 성분이 풍부하게 포함되어 있다. 따라서 화산이 분출할 때 넓게 퍼져나간 용암과 화산 쇄설물로 이루어진 화산 지대는 오랜 시간이 지나면 식물이 자라기 좋은 비옥한 토양으로 변한다. 필리핀과 인도네시아와 같은 동남아시아의 여러 나라에서는 화산 쇄설물을 건축용 골재로 개발하여 널리 사용하고 있다.

이 밖에서도 화산 지역은 독특한 지형을 형성함으로써 많은 사람들이 찾는 관광 명소로서도 의미가 있다. 예를 들면 화산섬인 제주도는 섬 전체에 아름다운 경관이 많이 분포하고 있어 2010년 10월에 세계 지질 공원으로 지정되었으며, 백두산과 주왕산 국립 공원에는 다양한 화산 지형이 발달되어 많은 관광객들이 찾고 있다.

또한 화산 활동은 지구의 물질들이 지구계 내에서 순환하는 데 중요한 역할을 한다. 특히 화산 분화 시 방출되는 화산 가스는 지구 대기의 성분 변화에 크게 기여하여 왔다.

6 지구 근접 천체의 충돌에 의한 재앙

집 앞에 세워둔 승용차가 그림 II-31과 같이 찌그러지고 훼손되어 있다면 여러분은 누가 이런 짓을 했을까 하고 범인을 찾으려 노력할 것이다. 그러나 놀라운 것은 이는 사람이 한 짓이 아니라 축구공만한 크기의 12 kg짜리 운석이 저지른 사건이었다. 이 자동차 훼손 사건은 1992년 가을 저녁에 미국 뉴욕의 피크스킬(Peekskill) 지역에서 일어났다. 이 차는 약 1만 달러에 팔린 후 현재 뉴욕 박물관에 전시되어 있으며, 전 세계적으로 순회 전시회도 갖는다. 그리고 아프리카 나미비아 호바(Hoba) 지역에서는 약 8만 년 전에 떨어진 55톤이나 되는 운석(II-32)이 발견되었다.

실제로 우리 지구 주위 가까이에는 그림 II-33과 같이 달을 포함하여 크고 작은 천체들이 셀 수 없이 많이 있다. 이들 천체 중 특히 공전 궤도가 지구에 매우 근접한 소행성이나 혜성을 **지구 근접 천체**라고 한다. 관측에 의하면 최근 몇 년 사이에 여러 지구 근접 천체가 달의 거리보다 더 가까운 거리까지 지구에 다가왔었다. 가장 가깝게 접근한 천체는 1994년 12월 지구에서 112,000 km 떨어진 곳까지 다가왔었다. 2005년 미국 항공우주국이 관측한 자료에 의하면 2029년 아포피스(Apophis)라는 지구 근접 천체가 약 30,000 km까지 접근하여 맨눈으로도 볼 수 있는 최초의 지구 근접 천체가 될 것이라고 하며, 이와 같이 가까운 접근 이후 이 천체의 궤도가 달라져 2036년 다시 지구에 접근할 때에는 어떤 일이 일어날지 주목하고 있다.



그림 II-33 지구 근접 천체들

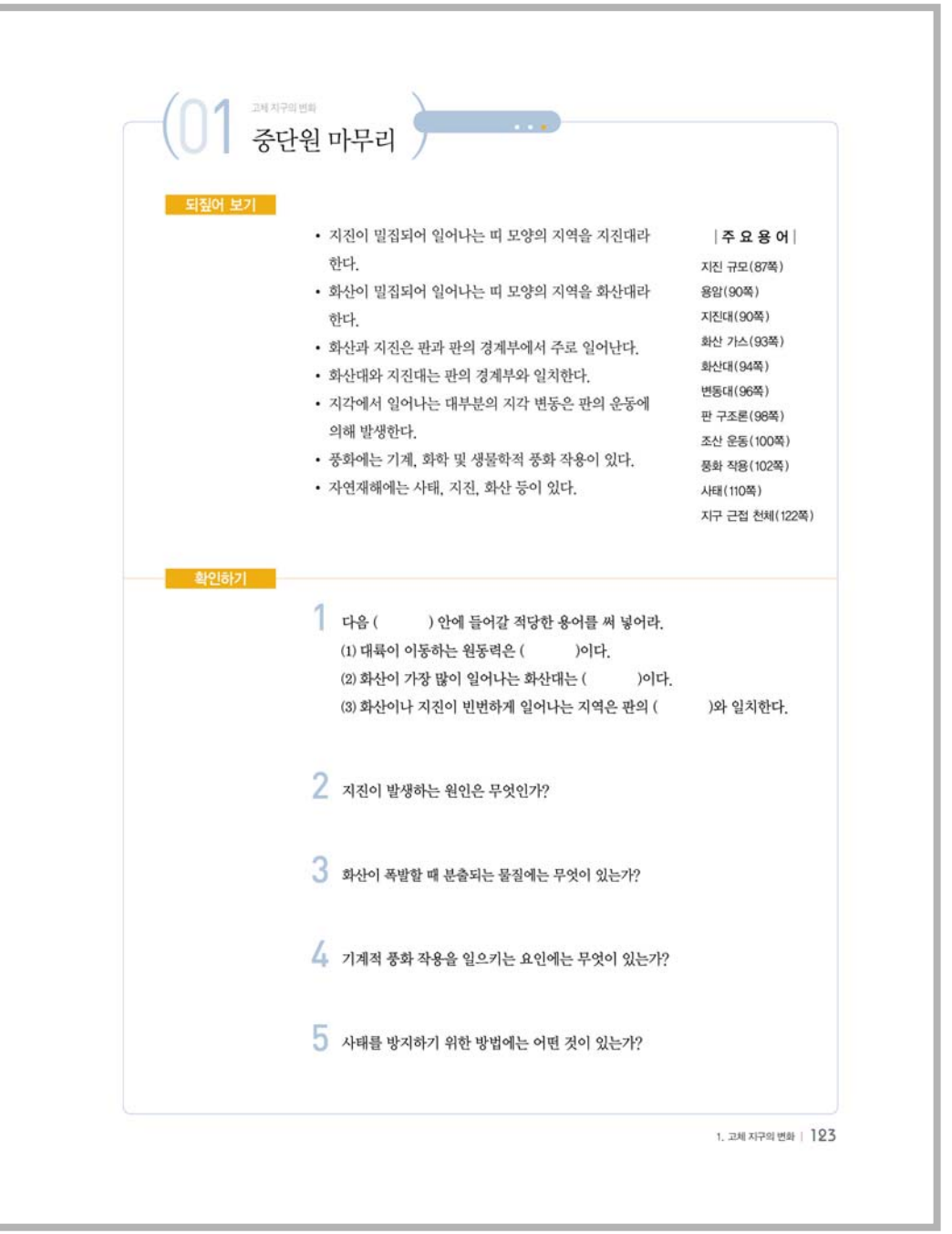
6. 지구 근접 천체의 충돌에 의한 재앙

(1) 지구 근접 천체(NEO): 공전 궤도가 지구에 매우 근접한 소행성과 혜성

(2) 지구가 태양을 공전하는 동안 1,000여 개의 크고 작은 천체가 지구에 근접하거나 충돌함. 예) 운석, 유성, 혜성

(3) 지구 근접 천체와 인공위성이 충돌할 경우 통신 및 기상 예측에 장애 발생

(4) NEO 재해 예: 뉴욕 피크스킬의 찌그러진 자동차, 시베리아 퉁그스카 숲 파괴, 애리조나 주의 베링거 충돌구, 백악기 말 운석 충돌



01 고체 지구의 변화

중단원 마무리

되짚어 보기

- 지진이 밀집되어 일어나는 띠 모양의 지역을 지진대라 한다.
- 화산이 밀집되어 일어나는 띠 모양의 지역을 화산대라 한다.
- 화산과 지진은 판과 판의 경계부에서 주로 일어난다.
- 화산대와 지진대는 판의 경계부와 일치한다.
- 지각에서 일어나는 대부분의 지각 변동은 판의 운동에 의해 발생한다.
- 풍화에는 기계, 화학 및 생물학적 풍화 작용이 있다.
- 자연재해에는 사태, 지진, 화산 등이 있다.

| 주 요 용 어 |
지진 규모(87쪽)
용암(90쪽)
지진대(90쪽)
화산 가스(93쪽)
화산대(94쪽)
변동대(96쪽)
판 구조론(98쪽)
조산 운동(100쪽)
풍화 작용(102쪽)
사태(110쪽)
지구 근접 천체(122쪽)

확인하기

1 다음 ( ) 안에 들어갈 적당한 용어를 써 넣어라.
(1) 대륙이 이동하는 원동력은 ( )이다.
(2) 화산이 가장 많이 일어나는 화산대는 ( )이다.
(3) 화산이나 지진이 빈번하게 일어나는 지역은 판의 ( )와 일치한다.

2 지진이 발생하는 원인은 무엇인가?

3 화산이 폭발할 때 분출되는 물질에는 무엇이 있는가?

4 기계적 풍화 작용을 일으키는 요인에는 무엇이 있는가?

5 사태를 방지하기 위한 방법에는 어떤 것이 있는가?

1. 고체 지구의 변화 | 123

중단원 마무리

주요 용어

- **지진 규모**: 지진에 의하여 발생된 에너지를 등급화하여, 지진 자체의 절대적 크기를 나타내는 척도이다.
- **용암** : 용암은 지구 표면으로 분출된 마그마(암석의 용융체로 액체, 기체 및 고체 입자로 이루어짐)를 나타내는 일반적인 용어이다.
- **화산 가스** : 화산에서 분출되는 기체로 화산 가스는 수증기 70%, 이산화탄소 15%, 질소 5%, 이산화황 5%이며 기타 소량의 염소, 수소, 아르곤 등이 포함되어 있다.
- **변동대(mobile belt)**: 지구 표면에서 화산과 지진 활동 및 조산 운동이 활발하게 일어나고 있는 지역이다.
- **판 구조론**: 지구의 겉부분(암석권)은 여러 개 판으로 이루어져 있고 이들 판은 맨틀 대륙에 의해 이동하며, 판과 판의 경계부에서 지각의 생성과 소멸, 지진, 화산, 조산 운동 등 다양한 지각 변동이 일어난다.
- **조산 운동**: 해양판이 대륙판 밑으로 섭입하거나 두 대륙판이 충돌할 때 습곡 산맥이 형성됨.
- **풍화 작용**: 지각을 이루고 있는 광물과 암석이 지표나 지표 가까이에서 공기와 물 등의 작용에 의해 잘게 부셔지는 현상
- **사태**: 사태는 토양, 퇴적물 및 연한 지층이 지구 중력에 의해 사면 아래로 이동 및 운반되는 모든 형태를 일컫는다.
- **지구 근접 천체**: 지구 주위를 공전하는 천체 중 공전 궤도가 지구에 매우 가까운 소행성과 혜성을 말한다.

확인하기

1. (1) 맨틀 대류
(2) 환태평양 화산대
(3) 경계부

2. 단층 지진: 판이나 지각이 이동할 때 소규모 단층에 응력이 계속 축적되다가 한계에 달하면 더 이상 견디지 못하고 지괴가 갑자기 움직이면서 에너지를 방출하며 지진이 발생(탄성 반발설)
화산 지진: 마그마가 상승하면서 지각에 축적된 에너지가 방출되면서 발생하는 지진
그 밖에 함몰 지진과 인공 지진이 있음.

3. 화산 분출물
ㄱ. 화산 가스: 수증기, 이산화탄소, 이산화황, 황화수소, 염소, 아르곤 등
ㄴ. 화산 쇄설물: 화산진, 화산재, 화산력, 화산탄 등
ㄷ. 용암: 파호이호이(pahoehoe) 용암, 아아(aa) 용암

4. 압력 감소, 물의 동결 작용, 소금과 같은 결정 작용, 식물 뿌리 등 생물의 작용, 온도 또는 기온 변화(특히 산불)

5. 사태를 방지하기 위해서는 일단 사면을 안정화시켜야 한다. 그 방법으로는 말뚝 공법, 철망, 숏크리트, 옹벽 설치, 배수 시설, 록볼트 처리 등

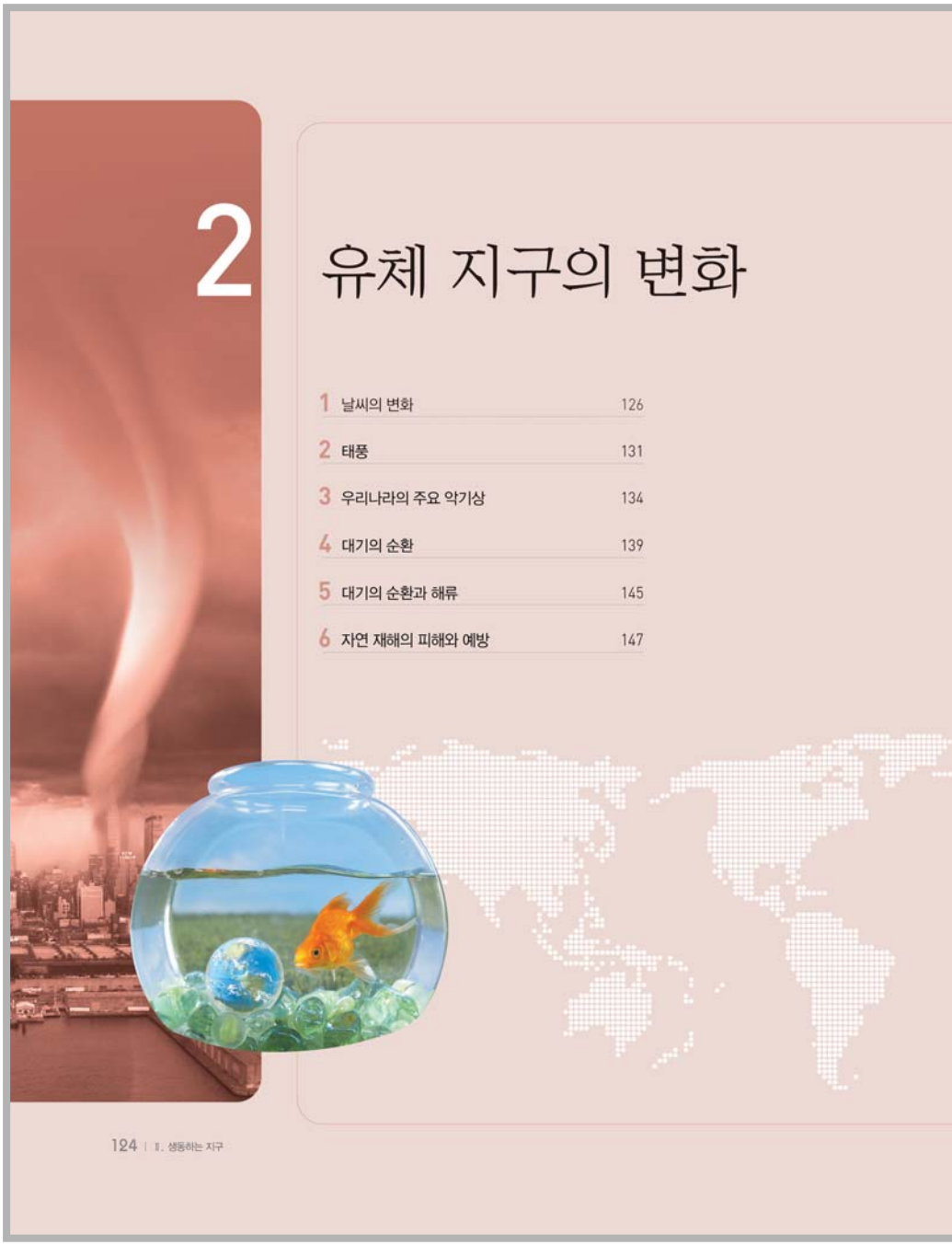
2 유체 지구의 변화

중단원의 학습 목표

1. 고기압이나 저기압이 통과할 때 날씨의 변화 양상과 그 원리를 기단과 전선과 관련지어 이해한다.
2. 태풍의 발생, 이동, 소멸 과정과 태풍에 따른 날씨 변화를 대기의 운동, 해양 및 육지와의 상호 작용 등과 관련지어 이해한다.
3. 뇌우, 국지성 호우 등 우리나라의 주요 악기상과 그 생성 메커니즘을 설명할 수 있다.
4. 여러 기상 현상을 대기와 해양의 대순환과 연계하여 설명할 수 있다.
5. 대기와 해양에서 일어나는 다양한 현상이 우리 생활에 많은 영향을 준다는 사실을 이해한다.
6. 태풍, 뇌우, 토네이도, 해일 등의 피해 사례를 조사하고, 피해를 최소화할 수 있는 방법을 설명할 수 있다.

중단원의 흐름

이 장에서는 온대 저기압과 태풍과 같은 기상 현상이 매우 큰 규모의 대기 변화이며, 황사, 해일 등 여러 기상 현상들이 대기뿐 아니라 지권, 수권 등 다른 권역과의 유기적인 시스템 속에서 일어남을 이해하게 한다. 이러한 지구에서 일어나는 대규모 변화가 사람을 포함한 생물권에 큰 영향을 줄 수 있음을 인식시킨다.



중단원의 지도 계획

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
1 날씨의 변화	3	1 기단과 날씨	30~32	p. 126	■ 기단의 성질과 전선의 생성 ■ 온대 저기압에서 전선이 통과할 때의 날씨 변화 ■ 이동성 고기압이 통과할 때의 날씨 변화	
		2 전선과 날씨		pp. 127~128		
		3 온대 저기압과 날씨		pp. 129~130		자료 해석
		4 이동성 고기압과 날씨		p. 130		
2 태풍	1	1 태풍의 모습	33	pp. 130~132	■ 태풍의 발생 시기와 진로 ■ 해수의 온도 변화가 태풍의 위력에 미치는 영향	
		2 태풍의 발생과 이동		p. 133		
3 우리나라의 주요 악기상	2	1 뇌우와 우박	34~35	pp. 134~136	■ 뇌우와 집중 호우의 소개와 이들의 생성 메카니즘 설명 ■ 폭설과 우박, 강풍 등의 소개와 이들의 생성 메카니즘 설명	
		2 집중 호우		pp. 136~137		
		3 폭설		p. 137		
		4 강풍		p. 138		

2010년에는 신년 초부터 유래 없는 폭설이 쏟아지더니 4월까지 한파와 폭설이 지속되어 많은 피해를 주었다. 그런가 하면 여름에는 한 지역에서는 연일 폭염과 열대야 현상이 지속되는가 하면, 다른 지역에서는 게릴라식 집중 호우로 인한 피해가 발생하기도 하였다.

기상 전문가들은 이러한 겨울철의 한파와 폭설, 그리고 여름철의 폭염과 집중 호우 현상 등의 근본 원인은 모두 지구 온난화와 직 · 간접적으로 관련이 있다고 보고, 이러한 이상 기상 현상은 장래에는 더욱 심각해질 것으로 예상하고 있다.



생각 열기

지구 온난화로 기온이 상승하는데, 겨울철에 이상 한파가 나타나는 까닭은 무엇일까?

중단원 지도 방향

1. 이동성 고기압이나 온대 저기압이 특정한 지역을 통과하면서 발생하는 날씨의 변화를 실제 우리나라 주변의 일기도와 관련지어 이해할 수 있게 한다. 온대 저기압에서의 날씨를 온난 전선 및 한랭 전선과 관련지어 다룬다.
2. 태풍은 최근에 발생한 사례를 중심으로 우리나라에 준 피해와 영향 및 위력을 간략하게 다루고, 주로 발생하는 시기와 진로를 이해할 수 있게 한다. 또한, 해수 온도 변화가 태풍의 위력에 미치는 영향과 육지에 상륙했을 때의 영향을 상호 작용의 관점에서 이해하게 한다.
3. 우리나라의 주요 악기상들을 소개하고 이들의 생성 메커니즘(기작)을 간단히 다룬다.
4. 크고 작은 규모의 여러 가지 기상 현상들이 대기와 해양의 대순환과 연관되어 있음을 이해하게 한다. 또한 이 과정에서 대기와 해양의 상호 작용이 각종 기상 현상에 미치는 영향을 다룬다.
5. 유체 지구인 대기와 해양에서 발생하는 다양한 현상들이 우리 생활에 미치는 영향을 조사하고, 이를 통해 지구계 내에서 기권 및 수권, 지권, 생물권의 상호 작용을 이해하게 한다.
6. 최근의 사례를 중심으로 기상 재해(황사 포함) 및 해양 재해로 인한 피해를 조사하고, 이러한 자연 재해로부터 피해를 줄일 수 있는 방안을 이해하게 한다.

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
4 대기의 순환	3	1 대기 순환의 규모	36~38	pp. 139~140	■ 대기와 해양의 상호 작용이 각종 기상 현상에 미치는 영향	
		2 규모에 따른 순환의 특징		pp. 140~144		자료 해석
5 대기의 순환과 해류	2		39~40	pp. 145~146	■ 대기와 해양에서 발생하는 여러 현상들이 우리 생활에 미치는 영향	자료 해석
6 자연 재해의 피해와 예방	2	1 태풍에 의한 피해	41~42	pp. 147~148	■ 기상 재해와 해양 재해로 인한 피해와 이러한 피해를 줄일 방안	
		2 해일에 의한 피해		pp. 148~149		
		3 황사 피해		pp. 150~152		자료 해석
중단원 마무리				p. 153		
단원의 마무리	1		43	pp. 154~157		

1 날씨의 변화

소단원의 학습 목표

1. 날씨 변화와 기단 및 전선의 관계를 설명할 수 있다.
2. 온대 저기압 및 이동성 고기압과 날씨 변화의 관계를 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 이동성 고기압이나 온대 저기압이 특정한 지역을 통과하면서 발생하는 날씨의 변화를 실제 우리나라 주변의 일기도와 관련지어 이해할 수 있게 한다.
2. 온대 저기압에서의 날씨를 온난 전선 및 한랭 전선과 관련지어 다룬다.
3. 전선의 생성을 기단의 성질과 연관지어 다룬다.

내용 해설

[ ] 기단과 날씨

기단은 수평 방향으로 기온 · 습도 등의 대기 상태가 거의 같은 성질을 가진 공기 덩어리를 말한다. 보통 기단의 수평 방향의 범위는 수백~수천 km이고, 높이는 일반적인 분류에서는 1~수 km, 대기 대순환에 의한 분류에서는 8~20 km이다.

기단은 각각 그 발생지의 고유한 성질을 띠고 있어, 대륙에서 발생된 것은 건조하고 해양에서 발생된 것은 습하다. 기단은 발생지의 열적 특성에 따라 열대(T), 한대(P), 극(A) 등의 세 가지로 크게 분류한다. 또 습도 조건에 따라서 대륙에서 발생한 기단을 대륙성 기단, c로 표시하고 해양에서 발생한 기단을 해양성 기단, m으로 표시한다.

연구 7

초여름에 영서 지방에서 푄 현상에 의한 고온 건조한 바람(높새바람)을 불게 하기도 하고, 영동 지방에서는 냉해를 일으키기도 한다. 또한 북태평양 기단과 만나 장마 전선을 형성한다.



1 날씨의 변화

❖ 학습 목표

1. 날씨 변화와 기단 및 전선의 관계를 설명할 수 있다.
2. 온대 저기압 및 이동성 고기압과 날씨 변화의 관계를 설명할 수 있다.

오늘날 국내 총생산(GDP)의 약 52 %가 날씨에 영향을 받고 있으며, 산업의 70~80 %가 날씨에 직 · 간접적으로 영향을 받고 있다는 연구 결과처럼 날씨가 우리 생활은 물론 산업 전반에 미치는 영향력은 점점 증가하고 있다. 따라서 날씨 정보는 단순한 일기 예보나 재해 예방의 차원을 넘어 고부가 가치를 창출하는 필수적인 요소로 인식되고 있다.

날씨 변화를 일으키는 여러 가지 요인들과 그 요인에 따른 날씨 변화의 양상에 대해 알아보자.



그림 II-34 우리나라에 영향을 주는 기단

[1] 기단과 날씨

대륙이나 해양과 같이 넓고 균질한 지표면 위에 공기가 오랫동안 머무르면 지표면의 성질을 닮아 기온과 강수량 등이 균일해진다. 이처럼 온도와 습도가 거의 균일한 대규모의 공기 덩어리를 기단이라고 한다.

북반구의 중위도 대륙과 해양의 경계에 위치한 우리나라는 그림 Ⅱ-34와 같이 계절에 따라 각기 다른 특징을 가진 기단의 영향을 받아 날씨의 변화가 뚜렷하다. 특히 겨울철에는 대륙에서 발달한 한랭 건조한 시베리아 기단의 영향을 강하게 받고, 여름철에는 고온 다습한 북태평양 기단의 영향을 받아 무더운 날씨가 계속된다.

연구 7
우리나라가 오호츠크 해 기단의 영향을 받을 때 나타나는 날씨의 특징에 대해 설명해 보자.

한편 기단이 발원지로부터 다른 곳으로 이동하게 되면 통과하는 지역의 지표면의 영향을 받아 성질이 변하면서 날씨에 변화를 주는데, 이를 기단의 변질이라고 한다. 예를 들면, 시베리아 기단이 황해를 지나 우리나라 쪽으로 이동하는 경우 따뜻한 해수면에 의해 기단의 하층부가 가열되고 수증기를 공급받아, 기단이 불안정해지면서 두꺼운 구름을 만들게 된다. 겨울철에 충청 · 호남 · 서해안 지방에 눈이 많이 내리는 현상은 이러한 기단의 변질로 설명할 수 있다.

126 | Ⅱ. 생동하는 지구

1. 기단과 날씨
   (1) 우리나라에 영향을 주는 기단 → 시베리아 기단, 양쯔 강 기단, 오호츠크 해 기단, 북태평양 기단
   (2) 기단의 변질
      ① 한랭 기단의 남하 : 하층 가열 → 대기 불안정 → 상승 기류 발달 → 적운, 적란운
      ② 온난 기단의 북상 : 하층 냉각 → 대기 안정 → 연직 운동 억제 → 층운 또는 안개

2 전선과 날씨

성질이 다른 두 기단이 만나는 경우 두 기단은 쉽게 합쳐지지 않고 경계를 이루는데, 그 경계면을 **전선면**이라 하고, 전선면과 지표면이 만나는 선을 **전선**이라고 한다.

그림 Ⅱ－35의 (가)는 북쪽의 찬 기단과 남쪽의 따뜻한 기단이 경계를 이루며 각각 동서 방향으로 흐르고, 그림 (나)에서 전선면의 한 지점에 공기가 모여들어 상승하면 저기압 중심이 형성된다. 그림 (다)에서 왼쪽의 전선은 북쪽의 찬 공기가 따뜻한 공기를 밀어 올리면서 형성된 **한랭 전선**이고, 오른쪽의 전선은 남쪽의 따뜻한 공기가 북쪽의 찬 공기를 타고 오르면서 형성된 **온난 전선**이다. 그림 (라)는 두 전선이 저기압 중심부부터 겹쳐지면서 소멸되어 가는 과정을 나타낸 것이다.

전선에서는 공기의 상승으로 구름과 비가 만들어지고, 기온과 기압, 풍향과 풍속 등이 급변한다. 따라서 전선이 통과하는 지역에서는 전선 통과 전후에 날씨 변화가 심하게 나타난다.

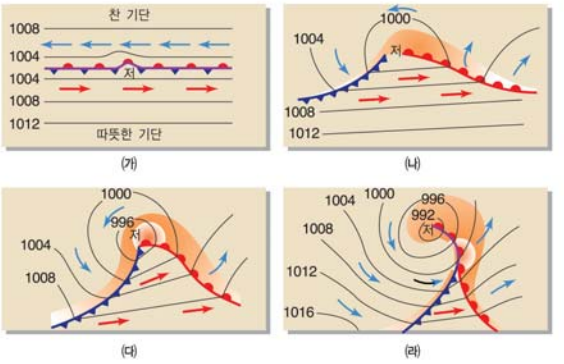


그림 Ⅱ-35 전선의 생성 과정

연구 8 온난 전선과 한랭 전선에서의 날씨 변화의 특징에 대해 토의하고, 그 결과를 아래 표에 정리해 보자.

특징	한랭 전선	온난 전선
전선면의 기울기		
구름의 생성과 특징		
강수 구역과 특징		
전선 통과 후의 기온과 기압의 변화		



2. 전선과 날씨

전선 : 성질이 서로 다른 두 기단이 만나 생기는 전선면이 지표면과 만나는 선으로, 전선을 경계로 날씨 요소가 크게 달라짐.

(1) 한랭 전선 : 찬 공기가 따뜻한 공기를 밀어 올리면서 형성된 전선

(2) 온난 전선 : 따뜻한 공기가 찬 공기를 타고 오르면서 형성된 전선

(3) 폐색 전선 : 이동 속도가 빠른 한랭 전선이 앞쪽의 온난 전선을 따라 잡아 겹쳐진 전선

(4) 정체 전선 : 세력이 비슷한 두 기단이 만나 오랫동안 정지 상태에 있는 전선

2 전선과 날씨

전선은 1918년에 노르웨이 학파에 의해서 종관 기상학에 도입된 개념으로, 온도 · 습도 · 밀도 등 물리적 성질이 서로 다른 두 기단이 만나는 경계면이 지면과 만나는 선을 말한다. 따라서 전선에서는 기온 · 기압 · 이슬점 · 풍향 등이 불연속이며, 전선 부근에서는 날씨가 나쁘다. 전선은 거의 저기압에 동반되며, 한랭 전선과 온난 전선이 마주치는 곳에 저기압의 중심이 있다. 전선은 온난 전선, 한랭 전선, 폐색 전선, 정체 전선으로 분류된다.

한랭 전선은 찬 기단이 따뜻한 기단 밑으로 파고들면서 밀어내는 전선으로, 이때 소나기 · 우박 · 뇌우 등이 잘 나타나고 강풍도 분다. 전선면의 경사는 온난 전선보다 크다. 찬 공기의 밀도는 따뜻한 공기보다 크므로, 한기가 난기 밑으로 파고들어가 난기가 상승하게 되고, 단열 팽창에 의한 냉각으로 구름이 발생하여 비나 눈이 내리게 된다. 발생하는 구름은 적운 또는 적란운이 대부분이기 때문에 소낙성 비가 내린다. 뇌우를 동반하는 경우가 많고, 그 강수 폭은 전선 전후 면의 폭 80~150 km 정도에 이른다.

한랭 전선의 전방에는 상승 기류가 있기 때문에 전선이 가까이 오면 기압은 하강한다. 전선이 통과하면 한랭 기단 내에 들어가서 기온이 급강하하고 이슬점도 떨어지며, 풍향 · 풍속의 급변(북반구에서는 시계 방향으로 변함)과 함께 기압이 상승한다. 한랭 전선은 온대 저기압에 동반되는데, 저기압의 중심에서 남서 또는 서남서 쪽으로 뻗쳐 있다. 한랭 전선 부근의 전면에는 스콜선이 형성되어 돌풍을 일으키기도 한다.

온난 전선은 따뜻한 기단이 찬 기단 쪽으로 이동하는 전선을 말한다. 따뜻한 기단은 찬 기단보다 밀도가 작기 때문에 두 기단이 만나 따뜻한 기단이 찬 기단 쪽으로 이동하게 되면, 빠른 속도로 찬 기단 위로 올라가게 된다. 이때 두 기단의 경계면의 경사는 완만하다. 이 온난 전선을 타고 따뜻한 공기가 상승하면 냉각되어 구름을 생성, 비 또는 눈이 내린다. 이 경우의 비는 대개 가늘게 끊임없이 오는 비이다. 온난 전선이 지나간 다음에

는 일반적으로 기압이 감소하며 기온은 높아진다. 어느 지점에 온난 전선이 접근하고 있으면 먼저 권층운 · 고층운 등이 나타나고, 다음에 난층운(비구름)이 와서 비가 오게 된다.

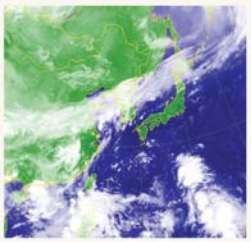
폐색 전선은 온대 저기압의 한랭 전선 이동 속도가 온난 전선 이동 속도보다 빨라 한랭 전선과 온난 전선이 합쳐진 전선을 말한다. 폐색 전선에 따른 날씨는 한랭 및 온난의 각 전선과 비슷하게 나타난다. 폐색 전선에는 온난형 · 한랭형 · 중립형이 있다. 한랭 전선 후면의 찬 공기가 온난 전선 전면의 찬 공기보다 찰 때에는 한랭형 폐색 전선이, 반대의 경우에는 온난형 폐색 전선이 발생한다. 그리고 양쪽 찬 공기의 온도 차가 거의 없는 경우에는 중립형 폐색 전선이 된다. 우리나라는 대륙의 동안에 위치하고 있어 한랭형 폐색 전선이 더 잘 발생한다.

정체 전선은 전선 양쪽 기단 즉, 찬 기단과 따뜻한 기단의 세력이 비슷하여 거의 이동하지 않고 일정한 자리에 머물러 있는 전선을 말한다. 보통 전선이 동서로 길게 생긴다. 정체전선 근처에서는 날씨가 흐리고 비가 오는 시간도 길어지는데, 여름철 우리나라에 걸치는 장마 전선이 대표적인 예이다.

기상 위성이 찍은 한반도 주변 상공의 구름 사진을 보고 우리 나라의 날씨 변화를 해석해 보자.

탐구 14 자료 해석 위성 사진을 통한 날씨 변화의 해석

자료 오른쪽 그림은 기상 위성이 찍은 2010년 8월 25일 08시의 한반도 주변 상공의 구름 사진이다.



정리
1. 한반도 주변 상공에서 동서로 띠를 형성하는 구름은 어떻게 만들어진 것일까?
2. 이러한 구름대는 어떻게 움직일까?
3. 또 구름대를 움직이게 하는 요인은 무엇일까?

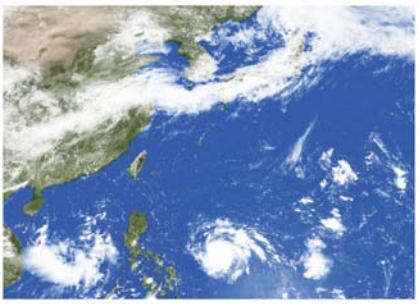


그림 Ⅱ-36 장마 전선의 위성 사진(2010년 7월 12일)

전선을 형성하는 두 기단의 세력이 비슷한 경우에 형성되는 전선은 잘 움직이지 않고 한 지역에 오랫동안 머물게 되는데 이러한 전선을 **정체 전선**이라고 한다. 우리나라에서는 보통 6월 중순경부터 북쪽의 찬 기단과 남쪽의 따뜻한 기단이 만나 동서로 길게 장마 전선이 형성되는데, 이러한 장마 전선은 일종의 정체 전선으로 두 기단의 세력이 확대 또는 축소됨에 따라 남북으로 오르내리면서 많은 양의 비를 내린다. 시간이 지남에 따라 북태평양 기단이 점차 세력을 확장하면 장마 전선은 북쪽으로 밀려 올라가고 무더운 여름 날씨가 시작된다. 한편, 여름이 끝나갈 무렵에는 북쪽의 찬 기단의 세력이 강해지고 북태평양 기단의 세력이 약해지면서 장마 전선이 다시 형성되어 남하하면서 많은 비를 내리는 경우도 있다.

그림 Ⅱ-36은 2010년 6월 27일 발사된 우리나라의 첫 독자 기상 위성인 천리안 위성이 보내온 7월 12일 한반도 주변 상공의 기상 영상으로, 제주도 부근에서 일본 열도까지 동서로 길게 위치한 장마 전선을 따라 발달한 구름과 필리핀 동쪽에 위치한 제2호 태풍 곤선(CONSON)이 나타나고 있다.

128 | Ⅱ. 생동하는 지구

탐구 14 자료 해석

위성 사진을 통한 날씨 변화의 해석

1. 목표

인공위성 사진을 보고 우리나라의 날씨를 해석할 수 있다.

2. 정리

1. 북쪽의 찬 기단(오호츠크 해 기단)과 남쪽의 따뜻한 기단(북태평양 기단)이 만나 형성된다.

2~3. 두 기단의 세력이 확대 또는 축소됨에 따라 남북으로 움직인다.

연구 8

특징	한랭 전선	온난 전선
전선면의 기울기	급하다.	완만하다.
구름의 생성과 특징	전선 뒤쪽에 적운형 구름	전선 앞쪽에 층운형 구름
강수 구역과 특징	전선 뒤쪽의 좁은 구역에서 소나기성 강우	전선 앞쪽의 넓은 지역에서 지속성 강우
전선 통과 후의 기온과 기압의 변화	기온 하강, 기압 상승	기온 상승, 기압 하강

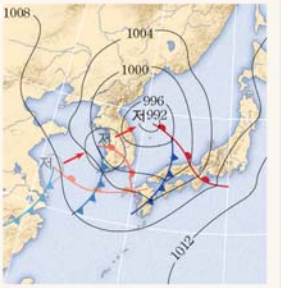
3 온대 저기압과 날씨

우리나라와 같은 중위도의 온대 지방에서 발생한 저기압은 북쪽의 찬 공기와 남쪽의 더운 공기가 만나 전선을 형성하면서 생성되는 온대 저기압이다. 따라서 온대 저기압은 전선을 동반하고 있고, 편서풍을 따라 이동하므로 그 움직임을 통하여 날씨 변화를 알 수 있다.

온대 저기압이 우리나라를 통과해 가는 동안의 날씨 변화에 대하여 알아보자.

탐구 15 자료 해석 **온대 저기압의 이동과 날씨 변화**

자료 오른쪽 그림은 5월 13일부터 15일까지 우리나라 부근을 지나간 온대 저기압의 이동 경로를 나타낸 것이다.



정리 1. 저기압 중심이 우리나라를 통과한 5월 14일에는 하루 종일 비가 내리는 궂은 날씨가 계속되었다. 저기압의 영향을 받을 때는 왜 날씨가 나쁜 것일까?

2. 3일 동안 저기압은 어느 방향으로 이동하였으며, 그와 같이 이동한 까닭은 어떻게 설명할 수 있을까?

온대 저기압은 일반적으로 저기압 중심으로부터 남서쪽에는 한랭 전선을, 남동쪽으로는 온난 전선을 동반하고 있으며, 편서풍을 타고 동쪽이나 북동쪽으로 이동한다.

온대 저기압에서는 그림 Ⅱ-37과 같이 온난 전선의 앞쪽 넓은 부분과 저기압 중심, 그리고 한랭 전선의 뒤쪽 좁은 지역에서 구름이 생성되고, 비나 눈이 내리며, 온난 전선과 한랭 전선 사이는 기온이 높고 맑은 구역이 된다.

또한 바람은 온난 전선의 앞쪽에서는 남~남동풍이 불고, 온난 전선과 한랭 전선 사이에서는 남서풍, 한랭 전선의 뒤쪽에서는 북서풍이 분다.

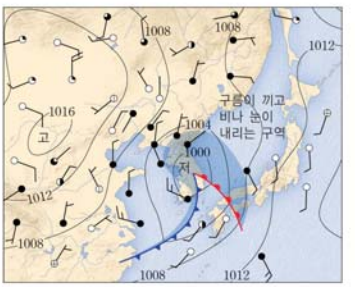
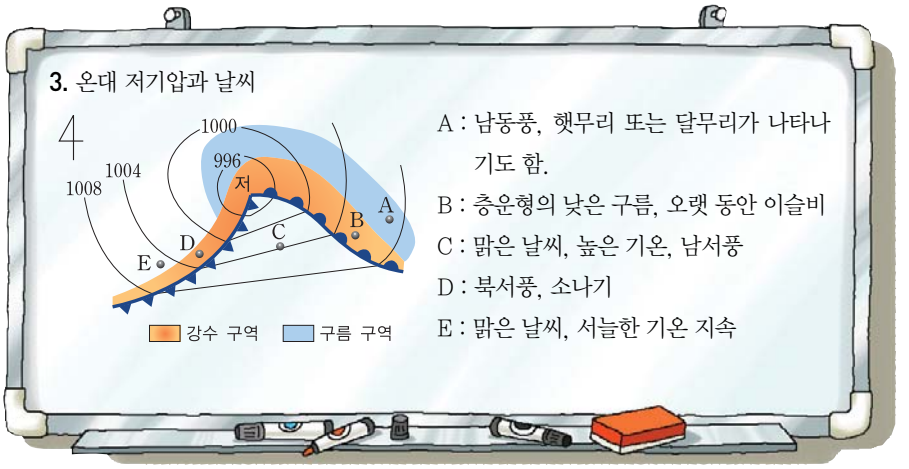


그림 Ⅱ-37 온대 저기압



탐구 15 자료 해석

온대 저기압의 이동과 날씨 변화

1. 목표

일기도를 보고 우리나라의 날씨를 해석할 수 있다.

2. 정리

1. 저기압의 중심에서는 상승 기류의 발달로 구름이 형성되어 날씨가 흐리거나 강수 현상이 있다.
2. 온대 저기압은 편서풍의 영향을 받아 동쪽이나 북동쪽으로 이동한다.

• 온대 저기압

(1) 발생 장소 : 온대 지방, 한대 전선대 부근

(2) 온대 저기압의 일생 : 정체 전선 형성→ 파동 형성으로 온난 전선과 한랭 전선 분리 → 온대 저기압 생성 → 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐 폐색 전선 형성 후 소멸

(3) 이동 : 편서풍의 영향으로 동진 또는 북동진

• 온대 저기압과 날씨

상층 대기의 편서풍 파동은 지상에 온대 저기압을 발생시키는 원인이다. 편서풍 파동의 기압골에서는 풍속이 느리고 기압 마루 부근에서 빨라지는데, 기압마루 전면에서는 공기가 수렴하여 하강 기류가 나타나 지상의 고기압이 발달한다. 반면 기압골의 전면에서는 발산이 일어나 상승 기류가 나타나 지상에서는 저기압이 발달한다. 온대 저기압 중심의 남서쪽에는 찬 공기가 남하하여 한랭 전선을 형성하고, 따뜻한 공기가 북상하는 남동쪽으로 온난 전선이 발달한다. 온대 저기압의 전선면에서 찬 공기와 따뜻한 공기가 혼합되면 공기의 무게 중심이 낮아지면서 줄어든 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되고, 상승하는 공기가 응결되어 구름을 만들 때 방출되는 열은 상승 기류를 가속시키면서 온대 저기압을 계속 성장시킨다.

한랭 전선의 이동 속도가 온난 전선보다 빠르므로 온대 저기압이 발달함에 따라 두 전선 사이의 거리는 점차 좁혀진다. 한랭 전

선이 온난 전선을 추월하여 폐색 전선을 형성하기 시작할 때가 저기압이 가장 발달한 시기이며, 풍속이 가장 강하고 강수 구역과 구름의 분포 면적이 최대가 된다. 저기압의 중심에서 시작된 폐색 전선이 바깥쪽까지 발달하면서 따뜻한 공기가 모두 상승하고 지상에 찬 공기만 남게 되면 기층이 안정되면서 온대 저기압은 소멸하게 된다.

온대 저기압은 편서풍에 의해 서쪽에서 동쪽으로 이동하면서 날씨를 변화시킨다. 온난 전선이 다가오는 지역에서는 남동풍이 불며, 달무리나 햇무리를 관측할 수 있다. 온난 전선이 더욱 접근하면 기온이 상승하고 구름이 점차 낮아져서 비가 오기 시작한다. 온난 전선이 통과한 후에는 남서풍으로 바뀌고 기온이 높아지며, 습도가 낮아지므로 구름이 걷히고 맑아진다. 저기압의 중심이 통과한 후에 한랭 전선이 지나가기 때문에 소나기가 내리고 북서풍이 불며 기온이 하강한다.

• 이동성 고기압

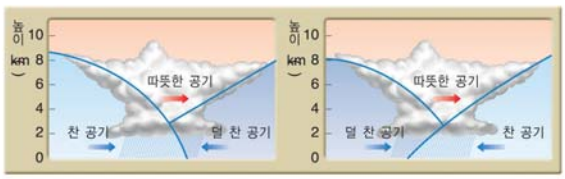
이동성 고기압은 오랫동안 정체하거나 매우 느린 속도로 움직이는 한랭 고기압과 온난 고기압과는 달리, 저기압 사이를 빠른 속도로 이동하는 고기압을 말한다.

이동성 고기압은 편서풍 파동의 단파(短波) 능선에 해당하는데, 가을철이나 겨울철에 시베리아 고기압의 남동부가 떨어져 나와 이동성 고기압이 되어 한반도 부근을 지나가는 경우가 있다. 이것은 원래는 한랭 고기압인데, 남동진하여 따뜻한 해수면 위를 이동하면서 며칠 사이에 온난 고기압으로 변화한 것이다.

한반도 부근을 통과하는 이동성 고기압의 속도는 연평균 약 45 km/h로 추운 계절에는 빠르고, 따뜻한 계절에는 느리다. 이동성 고기압은 일반적으로 구름이 적고 날씨가 좋지만, 고기압의 세력이 그리 강하지 않기 때문에 흐린 날씨를 보이기도 한다.

온대 저기압과 함께 전선이 이동할 때 한랭 전선은 온난 전선보다 빨리 진행하여 두 전선은 저기압 중심부에서부터 겹쳐지는데, 이렇게 겹쳐진 전선을 **폐색 전선**이라고 한다.

폐색 전선에서는 한랭 전선 후면의 찬 공기와 온난 전선 전면의 찬 공기가 따뜻한 공기를 밀어올리고 서로 만난다. 이때 한랭 전선 후면의 공기가 온난 전선 전면의 공기에 비하여 더욱 차면, 한랭 전선면 아래의 공기는 온난 전선면 아래의 공기를 밀어올려 그림 Ⅱ-38의 (가)와 같은 한랭형 폐색 전선이 만들어진다. 그러나 온난 전선 전면의 공기가 한랭 전선 후면의 공기보다 더욱 차면 그림 (나)와 같은 온난형 폐색 전선이 만들어진다. 폐색 전선이 생기면 저기압의 온난 구역은 없어지고 저기압은 소멸되는데, 온대 저기압은 발생 후 3~4일이 경과하면 소멸하는 것이 보통이다.



(가) 한랭형 폐색 전선 (나) 온난형 폐색 전선

그림 Ⅱ-38 폐색 전선

4 이동성 고기압과 날씨

고기압에서는 중심 부근의 상공에서부터 하강 기류가 나타나기 때문에 구름이 소멸되어 날씨가 맑고 바람도 약하다.

이동성 고기압은 보통 시베리아 기단이나 북태평양 기단의 일부가 떨어져 나와 생성되는 비교적 규모가 작은 고기압이다. 그림 Ⅱ-39와 같이 봄과 가을에 우리나라 날씨에 영향을 미치는 양쯔강 고기압이 대표적인 이동성 고기압으로 우리나라는 봄, 가을에 이 이동성 고기압의 영향을 받는다.

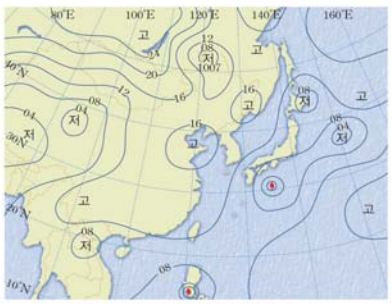


그림 Ⅱ-39 이동성 고기압과 일기도(2008. 10. 1)

이동성 고기압은 편서풍을 따라 동쪽으로 이동해 가는데, 서해에 진출해서 우리나라를 지날 때까지는 3~4일이 걸린다. 고기압이 지난 뒤에는 기압골이 통과하며 흐리고 비가 오지만, 다음에는 또 이동성 고기압이 나타나 날씨는 회복된다. 이처럼 3~4일의 주기로 고기압과 기압골이 차례로 이동하기 때문에 주말이 이 주기에 해당되면 주말마다 비가 오는 경우가 있다.

4. 이동성 고기압과 날씨

(1) 고기압과 날씨 : 하강 기류 → 구름 소멸 → 맑은 날씨

(2) 이동성 고기압 : 시베리아 기단이나 북태평양 기단의 일부가 떨어져 나와 생성, 편서풍으로 따라 이동 (예) 양쯔 강 고기압(봄, 가을)

2 태풍

소단원의 학습 목표

1. 태풍의 발생, 이동 및 소멸 과정을 설명할 수 있다.
2. 태풍에 따른 날씨 변화와 피해에 대해 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 태풍은 최근에 발생한 사례를 중심으로 우리나라에 준 피해와 영향 및 위력을 간략하게 다룬다.
2. 주로 발생하는 시기와 진로를 이해할 수 있게 한다.
3. 해수 온도 변화가 태풍의 위력에 미치는 영향과 육지에 상륙했을 때의 영향을 상호 작용 의 관점에서 이해하게 한다.
4. 태풍의 규모와 내부 구조 등은 간략하게 다룬다.

내용 해설

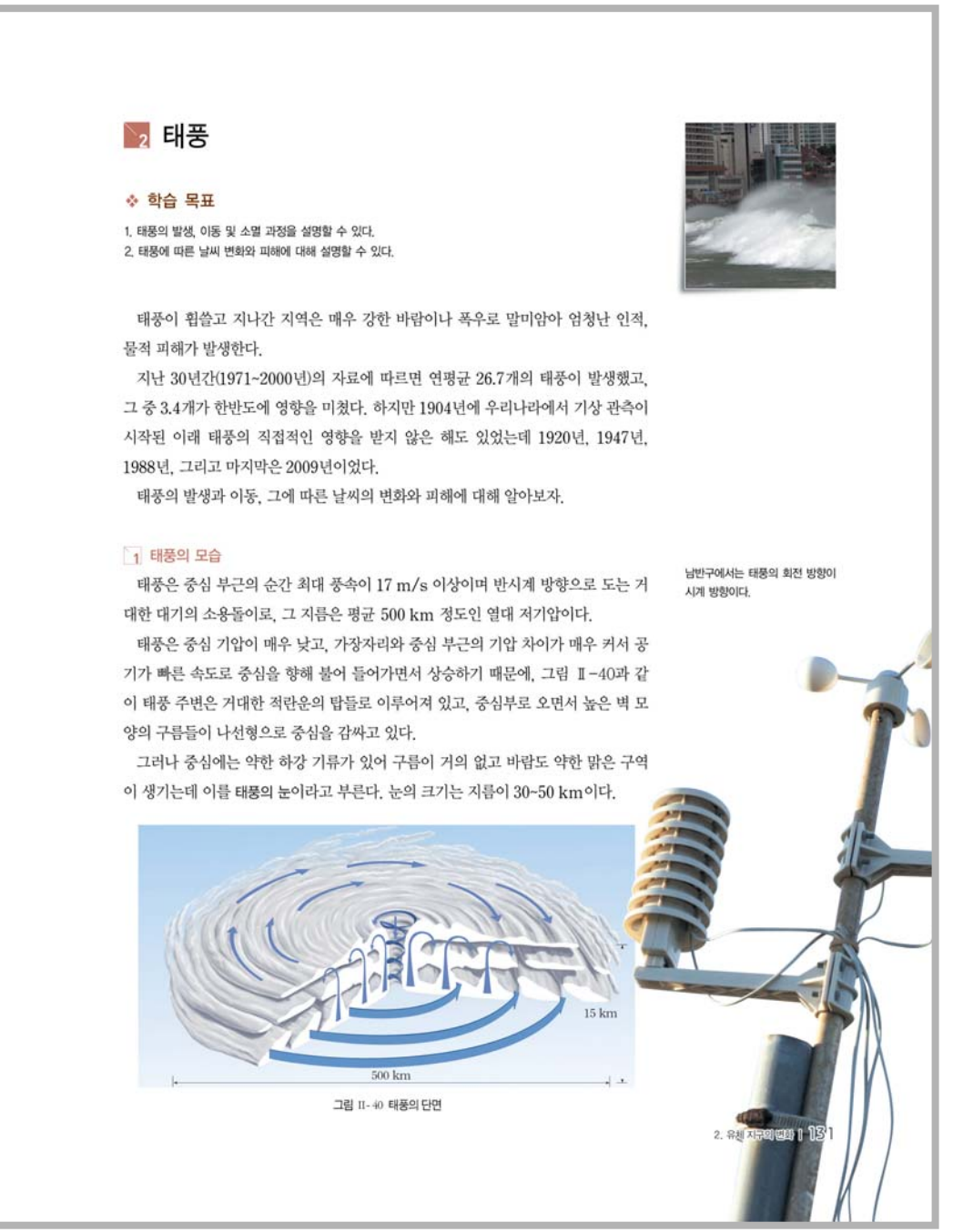
ㅣ 태풍의 모습

열대 저기압은 열대 지방에서 발생하는 저기압을 말한다. 열대 저기압은 온대 저기압과는 달리 전선을 동반하지 않으며, 등압선이 조밀한 동심원 모양으로 나타난다. 열대 저기압이 발달하여 중심 풍속이 17 m/s를 넘으면 태풍이라고 한다.

• 태풍의 규모와 구조

대부분 태풍의 반지름은 약 100~500 km(300~400 km 내외)이나 1000 km에 달하는 것도 있으며, 공기의 상승 운동이 매우 강해 구름의 키가 상당히 높다. 그러나 안정한 성층권을 뚫고 상승하기는 어려우므로 대류권계면이 태풍 키의 한계이다.

태풍의 가장 큰 특징 중 하나는 중심에 나타나는 태풍의 눈이다. 이곳은 구름이 없어 인공위성 영상에서 어둡게 나타난다. 주위



1. 태풍의 모습
   (1) 중심 부근의 순간 최대 풍속이 17 m/s 이상인 열대 저기압
   (2) 반시계 방향(북반구)으로 도는 거대한 대기의 소용돌이
   (3) 태풍의 눈 : 태풍의 중심 부근에 약한 하강 기류에 의해 나타나는 맑은 구역
   (4) 등압선이 거의 원형이며, 전선을 동반하지 않음

로부터 불어드는 바람이 각 운동량을 보존하면서 중심 부근으로 접근하면 바람이 매우 강해진다. 이렇게 되면 공기 덩어리에 작용하는 원심력도 대단히 커지므로 중심에서 5~20 km되는 곳에서 기압 경도력과 원심력이 평형을 이루게 되어 밖에서 들어온 기류가 더 들어 가지 못하고 중심 둘레를 돌면서 상승하게 된다. 이렇게 되면 중심 부분은 공기가 부족하게 되고, 이를 보충하기 위해 상층에서 약한 하강 기류가 생기므로 구름이 없고 맑은 영역이 나타나게 되는데, 이것이 태풍의 눈이다.

태풍의 눈을 감싸고 있는 키가 크고 두꺼운 구름을 눈벽 구름(eyewall cloud)라고 한다. 눈벽 구름 주위로 비를 많이 뿌리는 두꺼운 구름들이 나선 모양으로 감겨 있다.

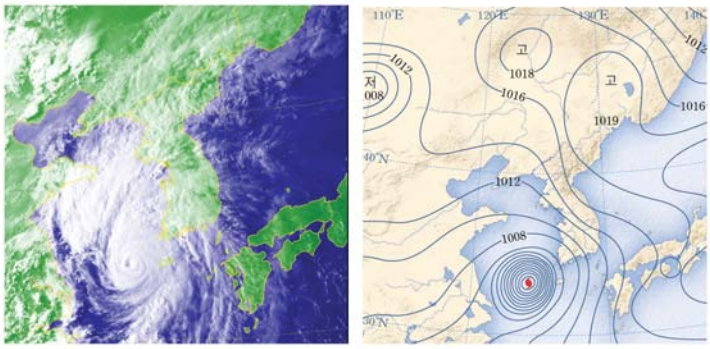


그림 II-41 태풍의 위성 사진과 지상 일기도

발달한 상태의 태풍은 일기도상에서 그림 II-41과 같이 등압선이 동심원 형태로 나타나고, 등압선 간격이 매우 조밀하여 강한 바람을 동반한다. 한편 태풍의 눈은 구름의 벽으로 둘러싸여 있어 위성 사진에서 보면 태풍의 중심부에 구멍이 뚫려 있는 것처럼 보인다.

한 걸음 더

세계의 열대 저기압

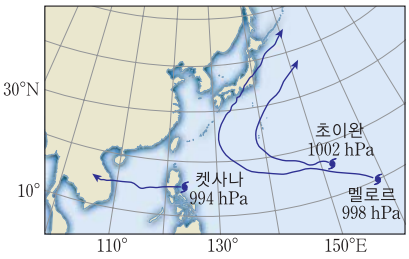
열대 저기압은 발생 장소에 따라 각각 태풍, 허리케인, 사이클론, 윌리윌리 등으로 불린다. 태풍은 북태평양에서 발생하여 필리핀, 중국, 우리나라, 일본 등지에 피해를 입히며, 허리케인은 북대서양 적도 부근과 멕시코 만 등에서 발생하여 북아메리카 대륙 동부 지역에 큰 재해를 입힌다. 사이클론은 인도양에서 발생하는데, 주로 벵골 만 연안으로 상륙하여 홍수 피해를 주고, 남태평양에서는 발생한 윌리윌리는 오스트레일리아 동부 지역에 피해를 준다.



열대 저기압의 발생 지역과 이름

기출문제 | 2010학년도 대수능

그림은 북태평양에서 발생한 세 태풍의 발생 당시의 중심 기압과 위치 및 이동 경로를 나타낸 것이다.



세 태풍에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

ㄱ. 켓사나는 편서풍의 영향을 받았다.
ㄴ. 발생 당시의 세력은 초이완이 가장 강했다.
ㄷ. 세 태풍 모두 위험 반원은 진행 방향의 오른쪽이었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 태풍은 적도 근처(5°~10°)의 지역에서 발생하여 대기 대순환의 흐름에 따라 이동하게 된다. 이때 태풍의 풍향과 대기 대순환에 의한 바람의 방향이 같아서 풍속이 강해지는 부분을 위험 반원이라 한다. 북반구에서는 태풍의 진행 방향의 오른쪽이 위험 반원이 된다.
ㄷ. 세 태풍이 모두 북반구에서 발생하여 이동하였으므로 진행 방향의 오른쪽이 위험 반원이다. **정답** ②

오답 ㄱ. 켓사나는 형성 지역에서 서쪽으로 이동한 후 소멸되었다. 저위도 지역에서는 동에서 서로 무역풍이 불기 때문에 태풍의 발생 초반에는 서쪽으로 이동한다.
ㄴ. 발생 당시 초이완의 중심부 기압이 1002 hPa로 가장 높아 세력은 가장 약했다.

2 태풍의 발생과 이동

태풍은 주로 표층 수온이 27 ℃ 이상인 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다. 고온 다습한 열대 해상의 대기가 불안정해져 빠르게 상승하면, 수증기가 응결하면서 두꺼운 적란운을 형성한다. 이 과정에서 방출하는 많은 양의 응결열이 강한 소용돌이를 가진 열대 저기압(태풍)으로 발달하는 에너지원으로 사용된다.

이처럼 열대 저기압이 유지되거나 성장하려면 해수면으로부터 지속적인 열과 수증기의 공급을 받아야 하기 때문에, 태풍이 육지에 상륙하여 수증기의 공급이 차단되거나, 찬 해수면과 만나 수증기를 많이 공급받을 수 없게 되면 응결열이 감소하여 세력이 급속히 약화된다.

연구 9 적도 지방에서 태풍이 발생하지 않는 까닭은 무엇인지 알아보자.

우리나라에 접근하는 태풍은 그림 Ⅱ-42와 같이 처음 발생하였을 때는 서쪽이나 북서쪽으로 진행하다가, 북위 25~30° 부근에 도달하면 편서풍의 영향을 받아 포물선을 그리며 빠른 속도로 북동진한다. 북반구에서 태풍이 진행할 때 오른쪽 반원에서는 바람도 강하고 비도 많이 내리므로 위험 반원이라고 하고, 그 반대쪽은 바람이 비교적 약하므로 안전 반원이라고 한다.

우리나라에는 평균적으로 매년 약 3개의 태풍이 영향을 미치는데, 전체의 91 %가 7~9월에 영향을 준다. 태풍은 강풍과 함께 집중 호우로 인한 피해를 주는데 육지에서는 특히 농작물이 많은 피해를 입게 되고, 그림 Ⅱ-43, 44와 같이 홍수나 산사태에 따른 도로나 각종 시설물이 파괴되기도 한다. 바다에서는 강풍에 따른 높은 파도에 의해 선박이 피해를 입기도 하며, 해안에서는 해일에 의한 피해가 나타나기도 한다.

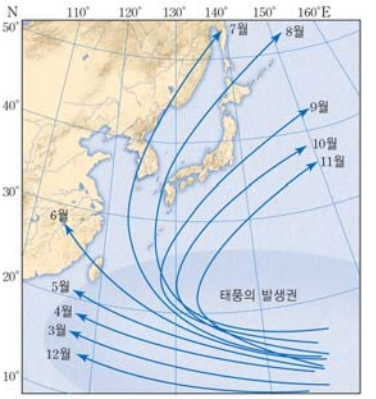


그림 Ⅱ-42 태풍의 이동 경로


그림 Ⅱ-43 비람에 뿌리가 뽑혀진 나무


그림 Ⅱ-44 산사태로 끊어진 도로



2. 태풍의 발생과 이동

(1) 발생 : 수온이 27 ℃ 이상인 위도 5° ~ 25° 사이의 열대 해상

(2) 에너지원 : 수증기의 응결열

(3) 이동 : 저위도 → 고위도(포물선 경로)

(4) 위험 반원 : 태풍 이동 경로의 우측 반원. 바람이 강하고 비가 많이 내림
안전 반원 : 태풍 이동 경로의 좌측 반원. 바람이 약함

(5) 태풍의 피해 : 강풍, 집중 호우, 농작물 피해, 홍수, 산사태, 해일

2 태풍의 발생과 이동

• 태풍의 발생

태풍은 수온이 27 ℃ 이상인 위도 5° ~ 25° 사이의 열대 해상에서 발생하는데, 이는 열대 해상이 태풍의 에너지원인 수증기의 잠열을 얻기에 좋은 조건을 갖추고 있기 때문이다. 태풍은 적도에서는 발생하지 않는데, 이는 적도에는 전향력이 없어서 태풍의 형체를 유지할 회전력을 얻을 수 없기 때문이다. 남태평양의 페루 앞 바다와 남대서양에도 태풍은 거의 발생하지 않는다.

연구 9

적도 부근은 지구 자전의 효과(전향력)가 매우 작아서 태양의 소용돌이가 발생하지 않기 때문이다.

• 태풍의 이동과 피해

태풍은 발생 초기에는 무역풍의 영향으로 서쪽으로 흐르면서 발달하고 북서진하다가, 위도 30°를 넘으면 편서풍의 영향으로 북동쪽으로 진행 방향이 바뀐다. 태풍의 진로가 북서에서 북동으로 바뀌는 지점을 전향점이라 하며, 전향점을 지나면 편서풍을 타고 급속히 속력을 내는 것이 많다. 이렇게 해서 포물선상의 코스를 취하는 것이 전형적인 태풍의 진로이다. 그러나 무역풍과 편서풍의 영향 외에도 북태평양 고기압의 세력이나 기압 배치 등 많은 요인들이 영향을 주기 때문에 태풍의 진로를 예상하기는 매우 어렵다.

태풍의 진행 방향에 대하여 오른쪽 반원은 태풍의 풍향과 대기 대순환에 의한 바람이 일치되고, 태풍의 진행 속도가 더해져 풍속이 더 강하고 비도 많이 내리므로 위험 반원이라고 한다. 태풍의 진행 방향에 대하여 왼쪽 반원은 태풍의 방향에 대기 대순환에 의한 바람의 방향과 태풍의 진행 속도가 서로 상쇄되어 바람이 비교적 약하므로 안전 반원(가항 반원)이라고 한다.

태풍은 집중 호우와 폭풍을 동반하며, 주로 남부 지방에 많은 풍수해를 준다. 그러나 한편으로는 저수량의 주요 공급원이 되며, 해수를 뒤섞어 순환시키는 긍정적 역할도 한다.

3 우리나라의 주요 악기상

소단원의 학습 목표

1. 우리나라의 주요 악기상과 그 생성 과정을 설명할 수 있다.
2. 여러 가지 악기상에 따른 피해 사례를 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 뇌우, 국지성 호우(집중 호우), 강풍, 폭설, 우박 등과 같은 우리나라의 주요 악기상들을 소개하고 이들의 생성 메커니즘(기작)을 설명하되 되도록 간단히 다룬다.
2. 역사상 관측 기록된 대표적인 사례들을 소개하도록 한다.

내용 해설

Ⅰ 뇌우와 우박

• 뇌우

뇌우(Thunderstorm)는 적란운이 크게 발달하여 번개와 천둥을 동반하며 많은 비가 내리는 기상 현상이다. 뇌우는 하나의 적란운에 의하여 발생되어 좁은 영역에만 영향을 미치나, 때로는 넓은 영역을 덮는 적란운의 군집과 관련되기도 한다.

뇌우가 형성되기 위해서는 대기가 불안정하여 습한 공기가 급격하게 상승할 때 잘 발생한다. 이러한 조건에서 뇌우가 발생하는 이유는 상승한 수증기가 응결하면 잠열이 방출되고, 이로 인해 공기 덩어리의 온도가 더욱 높아져 공기 덩어리는 계속 상승하게 된다. 대부분의 경우 강한 폭풍우를 동반하며 때때로 우박, 토네이도를 수반하기도 한다.

• 뇌우의 일생

(1) 적운 단계 : 불안정한 기층에서 습한 공기가 상승할 때 적운이 만들어지는 과정이다. 적운 단계에는 구름의 기저(基底)에서 꼭대기까지 다다르는 강한 상승 기류가 존재한



3 우리나라의 주요 악기상

❖ 학습 목표

1. 우리나라의 주요 악기상과 그 생성 과정을 설명할 수 있다.
2. 여러 가지 악기상에 따른 피해 사례를 설명할 수 있다.

2010년 3월은 따뜻한 날씨와 꽃샘추위가 연속적으로 교차하다가 때 아닌 폭설 속에 강풍과 돌풍이 불고, 황사마저 잇따르는 등 마치 도깨비가 장난이라도 치는 듯한 날씨가 지속되었다.

악기상은 이처럼 일상생활에 큰 어려움과 위험을 동반하는 궂은 날씨를 일컫는 말로, 이들 대부분은 규모가 작고 수명이 짧기 때문에 정확한 예보가 어려운 것이 특징이다.

뇌우, 집중 호우, 폭설, 강풍 등 우리나라에서 나타나는 주요 악기상에 대해 알아보자.

1 뇌우와 우박

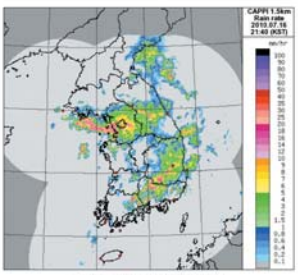


그림 Ⅱ-45 뇌우의 레이더 영상 (2010년 7월 16일 21시 40분)

강한 상승 기류에 의해 적란운이 발달하면서 천둥, 번개와 함께 소나기를 내리는 현상을 **뇌우**라 하며, 뇌우의 레이더 영상은 그림 Ⅱ-45와 같다. 뇌우를 일으키는 구름을 **뇌운**이라고 하며, 뇌운은 여름철 강한 햇빛에 의해 지표 부근의 공기가 국지적으로 가열되어 상승하거나 한랭 전선에서 찬 공기 위로 따뜻한 공기가 빠르게 상승할 때, 또 발달한 온대 저기압이나 태풍 등에 동반되어 강한 상승 기류가 일어날 때 발생한다.

뇌운은 그림 Ⅱ-46과 같은 단계를 거치면서 생성되었다가 소멸된다. 발생 초기인 적운 단계는 그림 (가)와 같이 구름 내부의 온도가 주변 공기의 온도보다 높기 때문에 강한 상승 기류가 발생하여 적운이 급격하게 성장하는 단계로 강수 현상은 미약하다.

뇌우의 최성기인 성숙 단계에서는 그림 (나)와 같이 따뜻한 공기의 상승 기류와 함께 찬 공기의 하강 기류가 공존한다. 이때 하강하는 찬 공기는 지표면을 따라 이동하면서 강한 돌풍과 함께 천둥 · 번개, 소나기, 우박 등을 동반하게 된다.

강수를 동반한 찬 공기의 하강이 계속되면 구름 밑면에서 고온 다습한 공기의 유입이 줄어들어 뇌우는 소멸 단계에 들어간다. 이 단계에서는 그림 (다)와 같이 구름 내부에는 전체적으로 하강 기류만 남게 되어 구름은 사라지게 된다.

1. 뇌우와 우박

(1) 뇌우 : 강한 상승 기류에 의해 적란운이 발달하면서 천둥, 번개와 함께 소나기가 내리는 현상

① 적운 단계 : 구름 전체에 상승 기류 발달, 강수 현상 미약

② 성숙 단계 : 강수가 나타나면서 상승 기류와 하강 기류 공존, 번개와 천둥, 우박 동반

③ 소멸 단계 : 강수 구역이 확대되면서 하강 기류가 구름 전체로 확대, 뇌운 소멸

(2) 우박 : 과냉각 물방울층(투명층)과 빙정층(불투명층)을 왕복하면서 성장

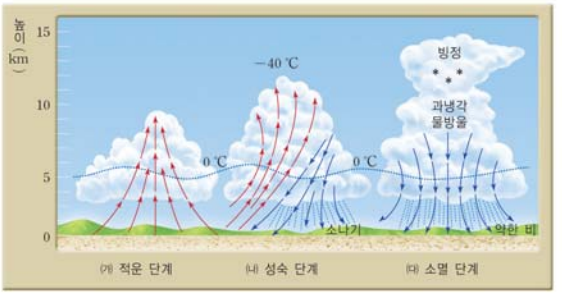


그림 II-46 뇌우의 발달 과정

적란운 구름 내에서는 전하가 분리되어 그림 Ⅱ-47과 같이 위쪽은 양전기가 나타나고 아래쪽은 음전기가 나타나며, 구름 밑의 지표면에는 양전기가 유도된다. 이렇게 분리된 양전기와 음전기가 구름 속에 쌓이면 구름과 구름 사이, 구름과 지표면 사이에 방전이 일어나 번개가 발생하고, 그로 인한 갑작스런 온도 상승으로 주위 공기의 부피가 팽창하면서 천둥이 친다.

특히 대기가 불안정한 여름철에는 천둥과 번개를 동반한 낙뢰가 많이 발생하는데, 도심에서는 산에 오른 등산객이 낙뢰에 맞아 피해를 입는 사례가 종종 발생하고 있고, 무성한 삼림에서는 화재 발생의 원인이 되기도 한다.

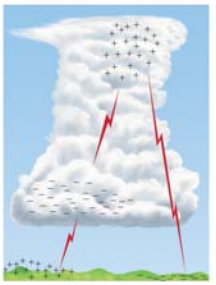


그림 II-47 뇌운에서의 전하 분포

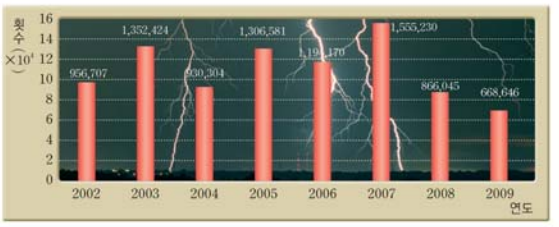


그림 II-48 연도별 낙뢰 발생 횟수(기상청)

연구 10 산에서 낙뢰를 만났을 때 피하는 방법에 대해 알아보자.

우박은 눈의 결정 주위에 차가운 물방울이 얼어붙어 땅 위로 떨어지는 얼음덩어리이다. 우박의 크기는 그림 Ⅱ-49와 같이 보통 지름이 1 cm 미만이지만 훨씬 큰 것도 있고, 일반적으로 몇 분 정도면 그치지만, 때로는 30분 이상 내리는 경우도 있다.



다. 상승 기류의 평균 속력은 4~8 m/s이다. 대기가 충분히 불안정한 상태이면 상승에 필요한 에너지가 계속적으로 공급되며, 대류 세포의 크기와 강도는 계속적으로 증가하게 된다. 대류 세포의 크기가 증가하면 구름과 물의 총량도 증가한다.

(2) 성숙 단계 : 적운이 계속 발달하여 충분히 자라면 적란운으로 변하며, 강수 현상이 나타나는 성숙 단계로 접어든다. 적란운은 대류권 계면까지 자라 천둥, 번개를 동반한 강한 비와 우박이 내리고, 강수 현상이 나타나는 곳에는 공기의 냉각과 떨어지는 빗방울과 우박에 의해 하강 기류가 발달한다. 결국 한 부분에서는 상승 기류에 의해 구름이 계속 성장하고, 심한 강수가 내리는 쪽에서는 하강 기류가 발달하게 된다.

(3) 소멸 단계 : 강수 구역이 전체로 확대되면서 하강 기류가 구름 전체로 확대되는 단계이다. 더 이상 상층으로 수증기의 공급이 이루어지지 않아 폭풍우는 전체적으로 소멸하기 시작한다. 강수량이 줄고, 구름의 물방울들이 증발하면서 하늘은 맑아지기 시작한다.

• 천둥과 번개

구름 내에서 전하가 분리되어 생긴 전위차 때문에 구름과 구름 사이에 또는 구름과 지면 사이에 생기는 방전 현상을 번개라고 한다. 발생하는 번개 중 지면으로 떨어지는 것을 낙뢰라고 한다.

번개 발생의 근본적인 원인은 구름 내에서 일어나는 전하의 분리 현상 때문이다. 구름 내에서 전하 분리 과정은 '빙정 내에서의 열전 효과'와 '유도 전하'로 설명할 수 있다. 열전 효과는 얼음 입자 내에 온도 차이가 나면 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 수소 이온(H^+)이 이동하여 온도가 높은 곳이 (−) 전하, 낮은 곳이 (+) 전하를 띠게 되는 현상이다.

우박과 같은 얼음 입자가 작은 빙정이나 과냉각수와 만나면 H^+을 잃어 자신은 (−) 전하를 띤 채 구름 아래로 내려오고, 빙정은 (+) 전하를 가진 채 위로 올라가 전하의 분리가 일어난다. 유도 전하는 빗방울이나 크게 성장한 빙정이 정전기 유도 현상에 의해 전하가 분리되고, 작은 구름 입자가 부딪치며 전자를 잃은 채 구름 상층으로 올라가 전하의 분리가 일어난다.

연구 10

(1) 정상부 암벽 위나 키가 큰 나무 밑은 위험하므로 즉시 안전한 장소(물이 없는 움푹 파인 곳, 계곡, 동굴 안 등)로 이동한다.

(2) 등산용 스틱이나 우산같이 긴 물건은 땅 위에 뉘어 놓고, 가능하면 몸에서 멀리 던져 놓는다.

(3) 등산 장비 중 매트리스나 로프, 침낭, 배낭 등을 깔아 몸을 웅크리고 앉는 것이 좋으며, 젖은 땅에 엎드리는 것은 가장 위험하다.

(4) 대피할 때는 다른 사람들과 최소 5 m 이상 떨어지되, 무릎을 굽혀 자세를 낮추고 손을 무릎에 놓은 상태에서 앞으로 구부리고 발을 모은다.

• 우박

주로 적란운에서 내리는 지름 0.55~10 cm 정도의 얼음 또는 얼음 덩어리 모양으로 내리는 강우 현상을 말한다. 우박은 전체가 투명하거나 불투명한 핵을 중심으로 투명한 얼음층과 불투명한 얼음층이 번갈아 싸고 있다. 이것은 우박이 낙하하면서 기온이 높고 구름 밀도가 높은 곳에 이르면 충돌된 구름 알갱이의 전부가 얼어붙지 못하고 수막으로 덮이면서 얼어 투명한 얼음이 되고, 다시 강한 상승 기류에 의해 올라가 기온이 낮고 구름 밀도가 낮은 곳에 도달하면 충돌된 구름 알갱이가 그대로 얼어붙어 불투명한 얼음이 되기 때문이다.

우박은 종종 농작물이나 과실에 큰 피해를 일으킨다. 우박은 초여름에 많으나 가을에 올 때도 있으며, 겨울이나 한여름에는 거의 오지 않는다. 겨울은 공기 중에 수증기가 적어서 큰 우박이 생길 수 없고, 여름은 기온이 높아서 생겨도 녹아버리기 때문이다.

싸락눈은 본질적으로 우박과 같은 것으로, 큰 얼음 덩어리가 우박이고 작은 것이 싸락눈이며, 보통은 지름 5 mm를 기준으로 큰 것을 우박, 작은 것을 싸락눈이라 한다.

2 집중 호우

짧은 시간에 좁은 지역에서 많은 양의 비가 내리는 현상을 말한다. 즉, 시간과 공간적 집중성이 매우 강한 비를 의미한다. 원래 이 용어는 원래 신문 기자가 지어낸 말인데 그 기상 상황을 매우 잘 표현하고 있기 때문에 현재는 거의 기상 용어로 사용되고 있다. 집중 호우에 대한 명확한 정의는 없으나, 일반적으로 한 시간에 30 mm 이상이나 하루에 80 mm 이상의 비가 내릴 때, 또는 연강수량의 10%에 상당하는 비가 하루에 내리는 정도를 말한다. 집중 호우는 지속 시간이 수십 분에서 수 시간 정도이며, 비교적 좁은 지역(보통 반경 10~20 km 정도)에 집중적으로 내리며 천둥 · 번개를 동반하기도 한다. 태풍 · 장마 전선 · 발달한 저기압 · 수렴대 등에 동반되어 2~3일간 지속되기도 한다.

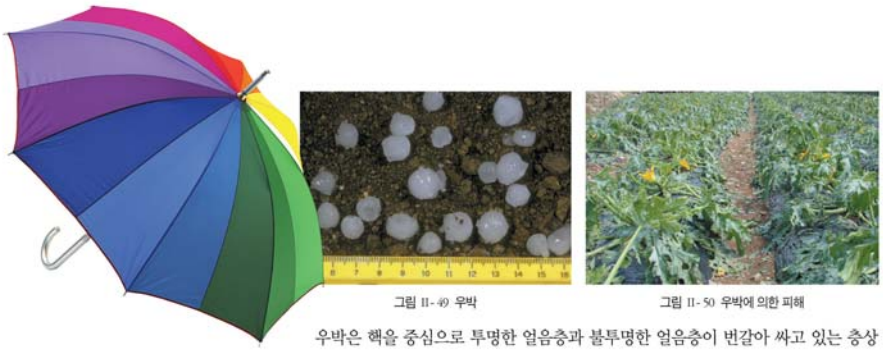


그림 II-49 우박

그림 II-50 우박에 의한 피해

우박은 핵을 중심으로 투명한 얼음층과 불투명한 얼음층이 번갈아 싸고 있는 층상 구조를 가지는데, 강한 상승 기류가 있는 적란운 내에서 기류를 타고 상승과 하강을 여러 차례 반복하며 성장하였기 때문이다.

우박은 특히 그림 Ⅱ-50과 같이 농작물에 큰 피해를 입히는데, 2010년 6월 6일 광주와 전남 나주 지역에 폭우와 돌풍을 동반하며 30분~1시간 가량 쏟아진 지름 1~3 mm 정도의 우박은 배와 담배, 단감 재배 지역에 큰 피해를 입혔다.

2 집중 호우

비가 내리는 시간과 관계없이 총강수량이 많은 것을 호우라고 하며, 짧은 시간에 좁은 지역에서 많은 양의 비가 내리는 현상을 집중 호우라고 한다. 집중 호우는 일반적으로 한 시간에 30 mm 이상이나 하루에 80 mm 이상의 비가 내릴 때 또는 연 강수량의 10 %에 상당하는 비가 하루에 내리는 정도를 말한다.

집중 호우는 지속 시간이 수십 분~수 시간 정도이며, 비교적 좁은 지역(보통 반경 10~20 km)에 집중적으로 내리기 때문에 국지성 호우라고도 한다. 집중 호우는 주로 강한 상승 기류에 의해 형성되는 적란운에서 발생하는데, 이 구름이 한 곳에 정체하여 계속 비가 내릴 때 집중 호우가 된다. 이 구름은 수명이 1~2시간 정도밖에 되지 않으나, 주변의 기상 조건이 맞으면 생성하고 소멸하는 과정이 수없이 반복되면서 며칠 동안 계속되는 때도 있다.

적란운의 크기

수평 방향으로 수~수십 km, 연직 방향으로는 대류권의 꼭대기 부분인 권계면(고도 10~15 km)에 달한다.

우리나라에서는 해발 1000 m가 넘는 산봉우리 20여 개와 수많은 산봉우리가 어우러져 거대한 산악군을 형성하고 있는 지리산 일대가 집중 호우의 빈발 지역으로 알려져 있다.



물에 잠긴 잠수교(2010. 9. 12)

집중 호우는 예보가 어렵다는 특징이 있고, 보통 홍수나 사태 등을 일으켜 표 Ⅱ-4와 같이 많은 인명과 재산 피해를 수반한다. 기상청의 기록에 따르면 시간당 최대 강우량은 1998년 7월 31일 전남 순천의 145 mm이고, 하루 최대 강우량으로는 같은 해 8월 4일 인천 강화에서 기록된 619.5 mm로, 이는 연 강수량의 50 %에 해당하는 양이었다.

2. 집중 호우

(1) 호우 : 총강수량이 많은 것

(2) 집중 호우 : 짧은 시간에 좁은 지역에서 많은 양의 비가 내리는 현상

① 시간 당 30 mm 이상이나 하루에 80 mm 이상의 비가 내릴 때

② 하루에 연강수량의 10% 이상의 비가 내릴 때

(3) 원인 : 강한 적란운이 한 곳에 정체하는 경우

표 II-4 우리나라의 집중 호우 피해 사례 (출처 : 기상청)

날짜	87.7.15~7.16	90.9.9~9.12	95.8.19~8.30	98.7.31~8.18	99.7.23~8.4
주요 원인	태풍 셀마	집중 호우	집중 호우 태풍 제니스	집중 호우	집중 호우
최대 강우량(mm)	전남 고흥(216.8)	대관령(330.8)	충남 보령(361.5)	인천 강화(481)	강원 철원(280.3)
주요 피해 지역	남해, 동해	서울, 경기 강원 충북	경기, 강원 충남, 충북	전국 (제주도 제외)	전국
이재민(명)	99,516	187,265	24,146	24,531	25,327
사망 · 실종(명)	345	163	65	324	67
피해액(억 원)	5971	7312	5489	12,478	10,490

3 폭설

2010년 새해 벽두부터 내린 기록적인 폭설과 3주간이나 지속된 한파는 보기 드문 사례로 많은 사람들을 놀라게 했다. 특히 호남 지방에는 눈이 내린 일수가 전남 남해안 지방을 제외하고는 대부분 10일 이상이었고, 광주의 경우에는 21일이나 되었다. 적설량도 전남 고창의 32.7 cm를 비롯하여 전북 정읍과 군산이 20.5 cm, 광주는 14.8 cm를 기록했다.


눈덮인 한반도

폭설로 인한 피해로는 도심에서는 도로 교통의 마비와 교통사고를 유발하며, 농가에서는 비닐하우스와 축사 시설물 등의 붕괴로 이어진다. 따라서 대설 특보 발표시에는 교통 안전 대책을 강구하고, 눈이 많이 오는 지역에서 시설물을 설치할 때에는 안전성을 충분히 고려하여 눈의 하중에 충분히 버틸 수 있는 재질을 선택하고, 눈이 잘 미끄러져 내리도록 설계하여야 한다.

한편 우리나라 최대 곡창 지대가 있는 호남 지방에서는 한파와 폭설이 겨울 가뭄 해소와 병충해 예방 효과가 있어 한 해의 풍년을 기약하는 축복으로 여겨지기도 했다.


폭설로 덮인 보도


폭설로 인한 피해

3. 폭설

(1) 피해 : 교통 마비, 농가 시설물 붕괴

(2) 대책 : 폭설 시 교통 안전 대책 강구, 시설물 설치 시 안전성 고려

4. 강풍

(1) 겨울철 시베리아 고기압, 여름철 태풍의 영향 시

(2) 피해 : 시설물 파손, 해양 양식장 피해

집중 호우는 주로 강한 상승 기류에 의해 형성되는 적란운에서 발생한다. 발달한 적란운은 약 1,000~1,500만 톤의 물을 포함하고 있으며, 이 구름이 한곳에 정체하여 계속 비가 내릴 때 집중 호우가 된다. 이 구름은 수명이 1~2시간 정도밖에 되지 않으나, 주변의 기상 조건이 맞으면 생성하고 소멸하는 과정이 수없이 반복되면서 며칠 동안 계속되는 때도 있다.

3 폭설

• 2010년 1월의 한반도 폭설

2010년 1월 4일에 −40℃ 안팎의 매우 찬 공기를 지닌 상층 기압골이 한반도 북부 지상 약 5 km 상공을 통과하면서, 중부 지방 상공에는 −30℃ 안팎의 찬 공기가 머물렀다. 동시에 중국 중부 내륙에서 접근하던 저기압이 황해를 지나면서 많은 수증기를 공급받아 한국 중부 내륙의 찬 공기와 충돌해 강한 눈구름대가 발생했다. 특히 이 저기압의 후면으로는 대륙 고기압이 확장하여 찬 공기가 강하게 유입되었고, 상대적으로 저기압의 북쪽에 있는 수도권, 강원도에 많은 눈을 내리게 했다. 수도권과 강원도에 내린 폭설은 평균 20 cm 안팎의 기록적인 적설량이 관측되었다. 특히 서울에는 하루 동안 최대 25.8cm의 눈이 쌓이기도 하였다. 이렇게 많은 눈이 내린 것을 언론에서는 '100년 만의 폭설'이라고 칭하면서 피해 상황을 보도할 만큼, 수도권과 강원도를 중심으로 폭설 피해가 심각했다. 눈이 내린 시간과 출근 시간이 겹치면서 경기 지방 주요 도로에서 '교통 대란'이라 불릴 정도의 극심한 정체가 이어졌고, 하루 종일 영하권을 보이면서 쌓인 눈이 녹지 않아 퇴근길 또한 극심한 정체가 이어졌다. 폭설로 크고 작은 교통 사고가 급증하였고, 운전자들의 운전 포기로 보험사들의 긴급 출동 서비스 이용 전화가 폭주하기도 했다. 이렇게 도로 교통이 제 기능을 하지 못하면서 물류 업체들의 업무도 마비되어 택배 배송이 제때 이루어지지 못하는 불편이 이어졌다.

4 강풍

강풍이라고 하면 우선 토네이도(tornado)를 떠올린다. 우리나라에서는 토네이도에 의한 피해를 입지는 않고 있지만, 2011년 4월과 5월에 미국에서는 잇따라 발생한 토네이도에 의해서 약 300명 이상의 사망자가 발생하고 엄청난 재산 피해를 입었다.

미국에서는 토네이도가 1년에 수백 차례 발생하고 있다. 토네이도의 규모는 일반적인 회오리바람보다 훨씬 커 지름이 수백 m에 달하며, 많은 지역에 인명과 재산 피해를 입힌다. 풍속은 평균 300~800 km/h 정도로 알려져 있으며, 규모는 각기 편차가 심하다. 토네이도는 F0부터 F5의 6개 등급으로 나누며, F5로 갈수록 위력이 세진다.

토네이도는 강력한 상승 기류를 가진 저기압성 폭풍이다. 소용돌이 중심의 낮은 기압은 냉각과 응결 작용을 일으켜 깔때기라고 불리는 회전하는 구름 기둥으로 보이게 된다. 토네이도의 통로는 평균 너비 수백 m, 길이는 수십 km에 달한다. 강력한 회전으로 모든 것을 파괴시키는 무서운 바람이 바로 토네이도이다.

만약 우리나라에서 토네이도가 발생하면 어떨까? 그 피해는 상상을 할 수 없다. 그러나 우리나라에서도 토네이도는 아니지만 강풍에 의한 피해는 상당히 많이 입고 있다. 우리나라에서 아직까지는 다른 기상 재해(집중호우, 태풍, 해일 등)보다 상대적으로 덜 심각하게 받아들여지고 있는 강풍에 의한 피해가 점차 늘어나고 있는 추세이다. 2010년 제7호 태풍 곤파스가 서해안을 따라 북상하여 경기 북부 지역 및 서울 근교를 통과하면서 시설물이 파손되고 정전 사고가 발생하는 등 피해가 잇따랐다. 수많은 가로수가 뽑히고 간판이 쓰러지거나 창문이 깨지고 공장 지붕이 날아가는 등 시설물 피해가 잇따랐으며, 전신주가 부러지면서 정전 사고도 발생하여 많은 사람들에게 큰 불편을 주었다.

또한 2011년 4월 30일 제주 공항에 새벽 1시부터 순간 최대 풍속 25 m/s의 강풍이 불어 이날 오후 3시까지 출발 40편, 도착 50편이 결항됐다. 공항 이용객 6천여 명은 제주 공항에서 발이 묶여 애를 태웠다. 또한 김해 공항도 20 m/s 안팎의 강풍에다 안개가 더해지면서 오후 4시까지 국제선 22편과 국내선 73편 등 항공편 95편이 뜨지 못했다. 배편도 큰 차질을 빚었다. 이날 오전 9시부터 제주 앞바다와 남해서부 먼 바다에 풍랑 경보가 발효되어 인천, 평택, 목포, 완도, 녹동, 장흥, 부산 등 7개 연륙 항로와 국토 최남단 마라도 항로 등 8개 항로, 15척의 여객선 운항이 전면 통제됐다. 남해 동부 전 해상과 동해 남부 전 해상에도 강한 바람이 불어 부산 중앙동~해운대 연안 여객선과 부산~제주 여객선의 발이 완전히 묶였다. 서해의 전 해상에도 풍랑 특보가 발효되어 오전부터 군산~선유도 등 군산에서 각 섬을 잇는 5개 항로의 여객선 운항이 전면 통제됐다. 강원 동해안에서는 풍랑 주의보가 내리면서 연안 어선 2천 600여 척이 항 · 포구에서 꼼짝하지 못했다.

물음 11

풍속은 일기도의 등압선 간격에 반비례한다. 따라서 등압선 간격이 조밀한 곳일수록 바람이 강하다.


강풍에 쓰러진 나무

4 강풍

지구상에는 쉴 새 없이 바람이 분다. 강풍은 겨울철에는 발달한 시베리아 고기압의 영향을 받을 때 나타나고, 여름철에는 태풍의 영향을 받을 때 나타난다.

봄철이 되면 지표면이 받는 태양 복사 에너지의 양이 증가하기 시작한다. 햇빛은 대기층을 투과하여 지표면부터 가열하므로 지상의 따뜻한 공기와 상층의 차가운 공기가 부딪치면서 대기가 불안정해지기 때문에, 번개와 천둥을 동반한 강풍이나 순간 돌풍이 부는 경우가 많다.

강한 바람은 여러 가지 시설물을 파손하기도 하고, 바다에는 높은 파도가 발생해 항구에 정박해 놓거나 항해하던 선박이 파괴되거나 좌초되기도 하며, 해안 양식장도 많은 피해를 입는다. 또한 산간 지역에서는 화재 발생의 원인이 되기도 하는데, 2005년 4월 5일 강원도 양양의 야산에서 발생한 산불은 건조한 날씨와 강풍이 맞물리면서 삽시간에 대형 산불로 번져 주변 삼림 973 ha와 주택 163동, 낙산사 경내의 석탑, 동종 등 22종의 문화재를 사라지게 하였다.

연구 11

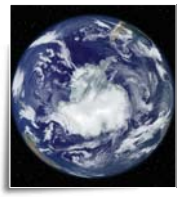
바람이 강하게 부는 날의 일기도는 어떤 특징이 나타날 것인지 생각해 보자.

표 II - 5 주요 기상특보 발효 기준 (자료 : 기상청)

	주의보	경보
태풍	태풍으로 인하여 강풍, 풍랑, 호우 현상 등이 주의보 기준에 도달할 것으로 예상될 때	태풍으로 인하여 풍속이 17 m/s 이상 또는 강우량이 100 mm 이상 예상될 때
호우	12시간 동안에 강우량이 80 mm 이상 예상될 때	12시간 동안에 강우량이 150 mm 이상 예상될 때
대설	24시간 동안에 새로운 적설이 5 cm 이상 예상될 때	24시간 동안에 새로운 적설이 20 cm 이상 예상될 때
강풍	육상에서는 풍속 14 m/s 이상 또는 순간풍속 20 m/s 이상이 예상될 때, 산지에서는 풍속 17 m/s 이상 또는 순간풍속 25 m/s 이상이 예상될 때	육상에서는 풍속 21 m/s 이상 또는 순간풍속 26 m/s 이상이 예상될 때, 산지에서는 풍속 24 m/s 이상 또는 순간풍속 30 m/s 이상이 예상될 때
풍랑	해상에서 풍속 14 m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의 파고가 3 m를 초과할 것으로 예상될 때	해상에서 풍속 21 m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나, 유의 파고가 5 m를 초과할 것으로 예상될 때
황사	1시간 평균 미세 먼지 농도 400 $\mu g/m^2$ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때	1시간 평균 미세 먼지 농도 800 $\mu g/m^2$ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때
폭염	6~9월에 일 최고 기온이 33 ℃ 이상이고, 일 최고 열지수가 32 ℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때	6~9월에 일 최고 기온이 35 ℃ 이상이고, 일 최고 열지수가 41 ℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때
한파	10~4월에 아침 최저 기온이 전날보다 10 ℃ 이상 하강하여 발효 기준값 이하로 예상될 때	10~4월에 아침 최저 기온이 전날보다 15 ℃ 이상 하강하여 발효 기준값 이하로 예상될 때
건조	실효 습도 35 % 이하가 2일 이상 계속될 것이 예상될 때	실효 습도 25 % 이하가 2일 이상 계속될 것이 예상될 때

※ 1) 유의 파고 : 특정 시간 주기 내에서 일어나는 모든 파고 중 가장 높은 파의 $\frac{1}{3}$개에 해당하는 파고의 평균 높이로, 높은 파고의 평균적인 경향을 나타낸다.
2) 열지수(Heat Index) : 습도와 기온이 복합되어 사람이 실제로 느끼는 더위를 지수화한 것으로, 똑같은 기온이라도 습도에 따라 지수가 달라질 수 있다.
3) 한파 발효 기준값 : 아침 최저 기온 평년값에서 $\frac{1}{2}$ 표준 편차를 뺀 값의 정수값

4 대기의 순환



❖ 학습 목표

1. 규모에 따른 대기 순환의 특징을 설명할 수 있다.
2. 대기 대순환의 특징을 설명할 수 있다.

대기는 시 · 공간적으로 다양한 규모의 순환 현상이 존재하며, 이들은 서로 간에 영향을 미치고 있다.

대기의 순환은 수증기와 에너지를 운반하고, 이러한 과정에서 여러 가지 기상 현상이 일어난다. 규모에 따른 대기의 순환과 그에 따른 기상 현상에 대해 알아보자.

1 대기 순환의 규모

대기의 순환은 수평 규모와 시간 규모에 따라 그림 Ⅱ-51과 같이 분류된다. 난류와 토네이도 같은 작은 대기 순환을 **미규모 순환**이라고 하고, 해륙풍, 뇌우와 같은 더 큰 규모의 순환을 **중간 규모 순환**이라고 한다.

고기압, 저기압과 같이 중간 규모 순환보다 큰 순환을 **종관 규모 순환**이라고 하는데 이들은 매일 매일의 날씨, 또는 1주일간의 날씨에 커다란 영향을 미친다.

한편, 규모가 가장 큰 순환인 계절풍과 대기 대순환을 **지구 규모 순환**이라고 하는데, 이것은 계절의 날씨를 크게 좌우한다.

이들 대기 순환의 연직 규모를 보면 작은 규모의 순환들은 수평 규모와 연직 규모가 대체로 비슷하지만, 큰 규모의 순환들은 수평 규모가 연직 규모보다 훨씬 크다. 따라서 큰 규모의 순환에서는 대기가 수평 운동을 하는 것처럼

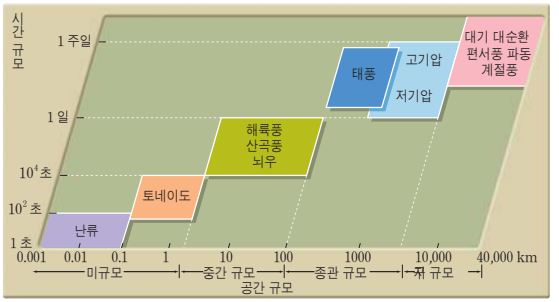


그림 Ⅱ-51 대기 순환의 규모

1. 대기 순환의 규모
   (1) 공간(수평) 규모와 시간(수명) 규모에 따라 미규모, 중간 규모, 종관 규모, 지구 규모로 분류
   (2) 대기 순환 규모의 특성
      ① 공간 규모가 클수록 시간 규모가 크다.
      ② 작은 규모의 순환에서는 수평 규모와 연직 규모가 비슷하지만, 큰 규모의 순환은 수평 규모가 연직 규모보다 훨씬 크다.
      ③ 규모가 큰 순환은 지구 자전(전향력)의 영향을 받는다.

4 대기의 순환

소단원의 학습 목표

1. 규모에 따른 대기 순환의 특징을 설명할 수 있다.
2. 대기 대순환의 특징을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 크고 작은 규모의 여러 가지 기상 현상들이 대기와 해양의 대순환과 연관되어 있음을 이해하게 한다.
2. 대기와 해양의 상호작용이 각종 기상 현상에 미치는 영향을 다룬다.

내용 해설

1 대기 순환의 규모

대기의 순환은 수평적으로 수 mm 정도의 크기에서부터 지구 둘레와 같은 크기까지, 연직적으로는 지표면에서부터 대류권까지 다양하게 나타난다. 일반적으로 수평 규모의 변화 폭이 훨씬 크므로 대기 순환을 크기에 따라 분류할 때는 보통 수평 규모에 따라 분류한다.

시간 규모 또한 수초 미만의 짧은 시간에서부터 수 개월 또는 수 년까지의 범위로 다양하게 나타난다. 대기 현상은 공간 규모가 커질수록 시간 규모가 커지는 경향이 있으며, 규모가 큰 순환 속에서 발생하는 작은 규모의 순환들은 큰 규모의 순환을 발달시키거나 소멸시키므로, 다양한 규모의 순환들이 겹쳐 일어나면서 서로 영향을 미친다.

대기의 규모와 순환은 수평 규모와 시간 규모에 따라 미규모, 중간 규모, 종관 규모, 지구 규모로 구분한다. 하지만 이것은 인위적인 분류이므로, 실제 자연 현상이 반드시 이 기준의 틀에 들어맞는 것은 아니다. 미규모와 중간 규모의 순환은 일기도에 기록되지 않으며, 다른 힘에 비해 크기가 작아 전향력을 무시할 수 있다. 그러나 종관 규모와 지구 규모에서는 반드시 전향력을 고려하여야 한다.

2 규모에 따른 순환의 특징

• 미규모 순환

수평 규모가 1 km 이하의 작은 순환을 미규모라고 하며, 지속 시간도 가장 짧은 순환으로 대기의 경계층 내에서 나타나는 난류와 작은 소용돌이가 이에 속한다.

(1) 난류 : 크고 작은 공기 덩어리가 방향이나 속도, 강도 등이 불규칙하게 변하면서 소용돌이치는 현상을 난류라고 한다. 생성 원인에 따라, 지표면의 장애물이 바람의 진행을 방해하여 나타나는 기계적 난류와 지표면의 불균등 가열로 인하여 발생하는 열적 난류로 구분할 수 있다. 그 외에도 지표면 부근만이 아니라, 청천 난류(Clear－air turbulence)라 하여 고공의 제트 류나 높은 산악에 의해 발생하는 큰 규모의 난류도 있다.

난류는 대기가 불안정하고 지표면이 거칠수록, 또한 풍속이 클수록 강해지며 지표면의 열, 수증기, 대기 오염 물질 등을 상공으로 확산시키는 역할을 한다.

(2) 작은 소용돌이 : 흙먼지를 일으키며 회전하는 바람을 말하며, 좁은 지역에서 지면이 불균등하게 가열되어 순간적으로 공기가 상승하여 만들어진다.

(3) 토네이도 : 라틴어 'tornare(돌다)'에서 이름이 유래한 것으로, 바다나 넓은 평지에서 발생하는 매우 강하게 돌아가는 가늘고 긴 깔때기 모양의 회오리바람을 말한다. 토네이도는 태풍과는 달리 수평 방향의 규모보다 수직 방향의 규모가 크다. 중심에서는 100~200 m/s 풍속이 되기도 하며, 지상의 물체를 맹렬하게 감아올린다.

토네이도는 전선의 경계나 거대 세포 뇌우, 열대 저기압과 같은 악기상을 일으키는 기상 현상에 동반되어 나타난다. 토네이도는 피해 정도에 따라 F0 ~ F5까지의 후지타 등급으로 구분한다.

바다에서 발생한 토네이도의 모습이 용이 하늘로 승천하는 모습을 닮았다고 해서 우리나라에서는 용오름이라고 불러왔다. 산이 많고 평지가 적은 우리나라는 육지에서는 토네이도가 발생하기 어려우나 바다에서는 가끔씩 발생한다.

나타나지만, 실제로는 큰 규모의 순환과 작은 규모의 순환이 겹쳐 일어난다. 그리고 규모가 작은 순환에 비하여 대기 대순환과 같은 큰 규모의 순환은 지구 자전의 영향을 받기 때문에 더욱 복잡해진다.

표 II-6 대기 순환의 규모와 특성

순환의 규모	수평 규모	시간 규모	현상
미규모	1 km 이하	수초 ~ 수분	난류, 작은 소용돌이
중간 규모	1~100 km 이하	수분 ~ 1일	뇌우, 해륙풍, 산곡풍
종관 규모	100~1000 km 이하	1일 ~ 1주	고기압, 저기압, 태풍
지구 규모	1000~10000 km 이하	수주 ~ 연중	계절풍, 대기 대순환

2 규모에 따른 순환의 특징

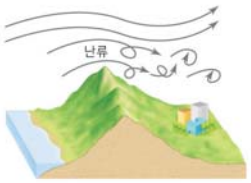


그림 II-52 난류의 발생

(1) 미규모 순환 미규모 순환에는 난류, 토네이도 등이 있다. 지표 근처의 공기의 흐름이 그림 Ⅱ－52와 같이 지표의 가열에 따른 열대류와 지표면의 마찰 때문에 매우 복잡하고 불규칙하게 나타나는 것을 난류라고 한다.

일반적으로 대기가 불안정하고 지표면의 기복이 심하며 풍속이 강할 때 난류가 잘 발생한다. 그러나 마찰의 영향을 받지 않는 지표면에서 먼 공기층에서는 소용돌이가 섞이지 않는 고른 흐름이 나타나는데, 이를 층류라고 한다.

난류는 지표면에서 물의 증발을 촉진시키며, 지표면의 열, 수증기 및 오염물질을 대기 중으로 확산시키는 데에 중요한 역할을 한다.


그림 II-53 토네이도

그림 Ⅱ－53과 같은 토네이도는 매우 강력한 회오리바람으로 우리나라에서는 흔히 용오름이라고 부른다. 찬 기류와 더운 기류가 갑자기 만날 때 발생하는 토네이도는 가늘고 긴 깔때기 모양이다. 깔때기 구름 안은 기압이 급격히 낮아져 있으며, 풍속은 태풍보다 더욱 강하여 순간 풍속이 150 m/s를 넘는 곳도 있다. 깔때기 구름은 지면에 닿거나 떨어지거나 하면서 일반적으로 시속 30~50 km 속도로 진행하는데, 때로는 시속이 100 km에 달하기도 한다.

(2) 중간 규모 순환 기압은 시간과 장소에 따라 변하는데, 그 주된 원인은 지표면의 온도 변화이다. 같은 태양 복사 에너지를 받아도 지표면의 온도는 지표의 조건에 따라 달라진다. 이렇게 지표의 온도가 다르면 공기의 밀도차가 생기고, 그에 따라 기압의 변화가 생기므로 공기의 움직임이 생겨 일정 공간에서 순환이 일어난다.

지표면의 불균등 가열에 의하여 생성되는 순환을 열적 순환이라고 하는데 중간 규모의 순환인 해륙풍, 산곡풍, 뇌우 등은 이러한 열적 순환이다.

140 | Ⅱ. 생동하는 지구

2. 규모에 따른 순환의 특징

(1) 미규모 순환(난류, 작은 소용돌이, 토네이도)

① 난류 : 매우 복잡하고 불규칙한 공기의 흐름

• 생성 조건 : 대기가 불안정하고 지표면의 기복이 심하며 풍속이 강할 때

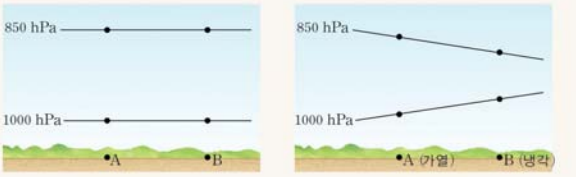
• 역할 : 지표면에서 물의 증발 촉진, 열과 수증기, 오염물질을 상층으로 확산

② 토네이도(용오름) : 적란운 하층에서 깔대기 모양의 구름이 만들어지면서 발생하는 강력한 회오리 바람 ⇒ 찬 기류와 더운 기류가 갑자기 만날 때 발생

지표면의 불균등 가열로 인한 대기의 순환에 대해 알아보자.

탐구 16 자료 해석 **지표면의 불균등 가열로 인한 열적 순환**

자료 다음 그림은 지표면이 부등 가열되기 전과 후의 등압면의 형태를 나타낸 것이다.

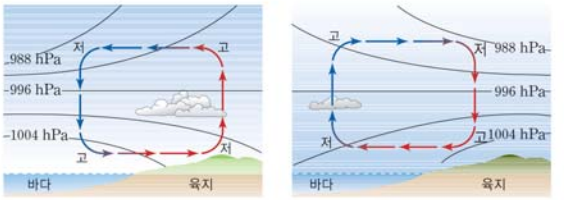


(가) 지표면 가열 전 (나) 지표면 가열 후

정리 1. 그림 (나)의 A, B 두 지역 중 어느 쪽의 기압이 더 높은지 설명하여 보자.
2. 그림 (나)에 공기의 이동 방향을 화살표로 표시해 보자.

해륙풍은 해안 지역에서 하루를 주기로 낮과 밤에 풍향이 바뀌는 바람이다. 육지의 토양이나 암석은 해수에 비해 빨리 가열되고 빨리 냉각된다. 따라서 낮에는 그림 Ⅱ－54의 (가)와 같이 육지가 바다보다 온도가 높아 해수면 부근의 기압이 육지의 기압보다 높아져서 바람은 바다에서 육지로 불게 되는데 이와 같은 바람을 **해풍**이라고 한다. 밤에는 그림 (나)와 같이 바다와 육지의 온도 및 기압 분포가 낮과는 반대가 되어 육지에서 바다로 바람이 불게 되는데, 이와 같은 바람을 **육풍**이라고 한다.

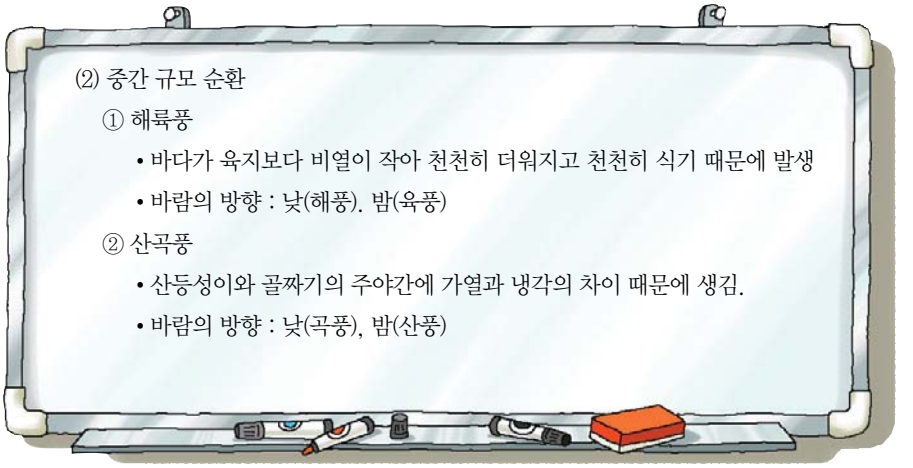
산간 지방에서도 하루를 주기로 산곡풍이 발생한다. 낮에는 산등성이가 빨리 가열되므로 그림 Ⅱ－55의 (가)와 같이 골짜기에서 산 위로 바람이 불어 올라가는 **곡풍**(골바람)이 불고, 밤에는 산등성이가 빨리 냉각되므로 그림 (나)와 같이 산 위에서 골짜기로 불어 내려오는 **산풍**(산바람)이 분다.



(가) 해풍 (나) 육풍

그림 Ⅱ-54 해륙풍





탐구 16 자료 해석

지표면의 불균등 가열로 인한 열적 순환

1. 목표

지표면의 불균등 가열로 인한 바람의 생성을 설명할 수 있다.

2. 정리

1~2. 그림 (나)와 같이 지표면의 불균등 가열이 일어나면 상대적으로 더 가열되는 A 지역의 공기는 팽창하여 등압면의 간격이 넓어진다. 따라서 상공의 같은 고도에서 A 지역은 B 지역에 비해 고기압이 되므로, 상공에서 바람은 A 지역에서 B 지역으로 분다.

상공에서 A 지역에서 B 지역으로 이동하므로 B 지역에 공기가 쌓여 기압이 증가하게 되므로, 지상에서는 A 지역이 저기압이 되고 B 지역이 고기압이 된다. 따라서 바람은 B에서 A로 분다.

(2) **중간 규모 순환** 수평 규모가 1~ 100 km 이하이고, 지속 시간이 수 분 ~ 1일 정도인 순환으로 뇌우 · 해륙풍 · 산곡풍 등과 같은 현상이 이에 속한다.

• **해륙풍**

해안 지방에서 맑은 날 기압 경도가 완만할 때 나타나는 일종의 국지풍으로, 낮에는 해상에서 육지를 향해 해풍이 불고 밤에는 육지에서 해상을 향해 육풍이 분다. 이는 바다와 육지 사이의 비열 차이에 의한 것이다.

일사가 강한 낮에는 바닷물에 비해 비열이 작은 육지가 쉽게 데워져 공기가 상승하게 되고, 상승한 공기는 온도가 상대적으로 낮은 주변 바다 위에서 하강하게 된다. 공기가 상승하는 육지는 저기압이, 하강하는 바다 위에는 고기압이 형성되므로 바람은 바다에서 육지로 해풍이 분다. 밤에는 비열이 큰 바다는 천천히 식으므로 육지보다 온도가 높아 저기압이 되고, 육지는 고기압이 되어 바람은 육지에서 바다로 육풍이 불게 된다.

• 산곡풍

산풍과 곡풍을 총칭하는 말로 낮과 밤에 규칙적으로 바뀐다. 산곡풍은 산등성이와 골짜기의 부등 가열에 의한 비열의 차 때문에 생기며, 산악 지대에 나타나는 국지풍의 하나로 볼 수 있다.

낮에는 산등성이가 가열되어 주변 공기보다 따뜻해진다. 이에 산등성이를 따라 올라가는 바람인 골바람(곡풍 : 谷風, valley wind)이 형성된다. 반대로 밤에는 산등성이가 빠르게 냉각되면서 주변보다 낮은 온도가 되어 산비탈을 타고 내려가는 산바람(산풍 : 山風, mountain wind)을 형성한다.

⑶ 종관 규모 순환

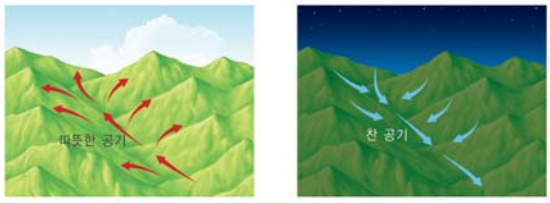
종관 규모의 순환은 매일 매일의 날씨를 크게 좌우하는 순환으로, 수평 거리가 100~1,000 km, 수명이 1일 ~ 1주 정도되는 순환으로 일기도에서 볼 수 있는 고기압 · 저기압 · 태풍 등이 이에 속한다.

• 고기압

주위보다 상대적으로 기압은 높은 곳을 고기압이라고 한다. 북반구 지상에 생기는 고기압은 중심에서 바깥으로 시계 방향으로 회전하며 불어 나간다. 중심에는 하강 기류가 존재하므로 구름이 없고 맑은 날씨가 된다. 고기압은 발생 장소에 따라 온난 고기압과 한랭 고기압으로, 이동 상태에 따라 이동성 고기압과 정체성 고기압으로 나뉜다.

• 저기압

주위보다 상대적으로 기압이 낮은 곳을 저기압이라고 한다. 북반구 지상에서 저기압은 중심을 향해 반시계 방향으로 회전하며 바람이 분다. 중심에는 상승 기류가 있어 날씨가 흐리고, 비가 오기도 한다. 발생 장소에 따라 온대 저기압과 열대 저기압으로 구분한다.



(가) 곡풍 (나) 산풍

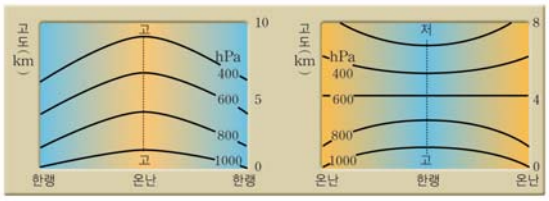
그림 II-55 산곡풍

⑶ 종관 규모 순환 일기도를 보면 고기압과 저기압이 분포하고 여름철에는 태풍도 볼 수 있다. 또한, 맑은 날씨는 고기압과 관련이 있고, 흐리거나 눈, 비가 내리는 날씨는 저기압이나 기압골과 같이 기압이 낮아지는 것과 관련이 있음을 알 수 있다. 이처럼 중위도 지방에서 매일의 날씨를 지배하는 대기 운동계들은 수명이 하루~일주일이고, 수평 규모가 100 ~1000 km 정도인 종관 규모에 속한다.

고기압은 발생 장소에 따라 온난 고기압과 한랭 고기압으로 나뉘며, 이동 상태에 따라 이동성 고기압과 정체성 고기압으로 나뉜다. 온난 고기압은 대기 대순환에 의해 아열대 해상 30° 부근에서 수렴된 공기가 하강하면서 단열 압축되어 만들어지는데, 그림 Ⅱ-56의 (가)와 같이 높은 상공에까지 고기압이 나타나므로 키 큰 고기압이라 하고, 고기압 중심부의 온도가 주변보다 높다. 북태평양 고기압은 전형적인 온난 고기압이다.

반면에, 겨울철 고위도 지방의 대륙에서 냉각된 공기가 지표면에 쌓이면 중심부의 온도가 주위보다 낮은 한랭 고기압을 형성한다. 이 고기압은 그림 (나)와 같이 높이가 낮으므로 키 작은 고기압이라고 한다. 시베리아 고기압은 전형적인 한랭 고기압이다.

저기압은 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나는 중위도 지방이나 고위도 지방에서 발생하는 온대 저기압과, 열대 해상에서 발생하는 열대 저기압으로 크게 구분된다. 태풍은 열대 저기압이 발달한 형태이다.



(가) 온난 고기압 (나) 한랭 고기압

그림 II-56 고기압의 종류

142 | Ⅱ. 생동하는 지구

⑶ 종관 규모 순환

① 고기압 : 하강 기류 → 단열 압축 → 기온 상승 → 구름 소멸 → 맑은 날씨

• 발생 장소에 따라 온난 고기압, 한랭 고기압으로 구분

– 온난 고기압 : 대기 대순환에 의해 아열대 상공에서 수렴된 공기가 퇴적되어 생성 → 키 큰 고기압, (예) 북태평양 고기압

– 한랭 고기압 : 찬 지표면에 접한 하층 공기의 냉각에 의해 생성 → 키 작은 고기압, (예) 시베리아 고기압

② 저기압 : 상승 기류 → 단열 팽창 → 기온 하강 → 구름 생성 → 흐린 날씨

(4) 지구 규모의 순환 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지와 방출하는 지구 복사 에너지의 양은 지구 전체적으로는 평형을 이루지만, 저위도에는 흡수량이 방출량보다 많고 고위도에서는 방출량이 흡수량보다 많기 때문에 위도에 따라서는 에너지의 불균형이 나타난다. 이와 같은 에너지의 불균형은 지구 전체 규모의 대기와 해수의 순환을 일으키는 원인이 된다. 즉, 저위도 지방의 과잉 에너지는 대기와 해수의 순환을 통해 고위도 지방으로 이동한다.

지구 상의 바람을 관찰해 보면 대체로 위도 0~30° 사이에는 무역풍, 30~60° 사이에는 편서풍, 60~90° 사이에는 극동풍이 불고 있다.

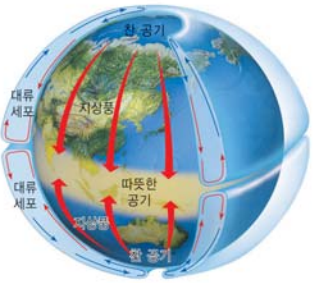


그림 II-57 해들리 순환 모델

이와 같은 지구 전체의 기압 분포와 지상의 풍계는 어떻게 형성된 것일까? 1735년 해들리(Hadley, G.)는 지구가 자전하지 않고 표면이 균질하며, 뜨겁고 밀도가 작은 공기는 적도에 존재하고 차갑고 밀도가 큰 공기는 극에 존재한다는 가정하에서 그림 Ⅱ-57과 같은 간단한 대기 대순환의 모델을 제시하였다. 즉 적도에서 상승한 공기는 극으로, 극에서 하강한 공기는 적도로 이동하는 이상적인 남북 순환 모델이다.

그 후, 체계적인 기상 관측에 의하여 보다 자세한 대기 순환의 모습이 밝혀졌는데, 1855년 페렐(Ferrel, W.)은 지구가 자전한다는 가정을 하면 대기 대순환은 그림 Ⅱ-58과 같이 이상적인 세 개의 순환 세포로 구성된다는 대기 순환 모형을 발표하였다. 그러나 실제의 지구는 지표면이 균질하지 않고 계절이 발생하기 때문에 페렐이 제시한 순환 모델보다 훨씬 더 복잡한 모양을 이룬다.

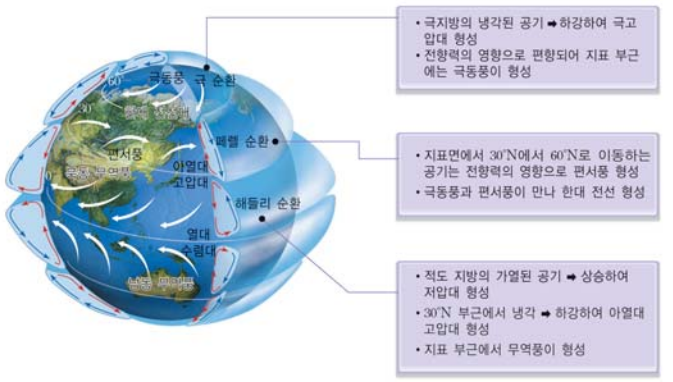
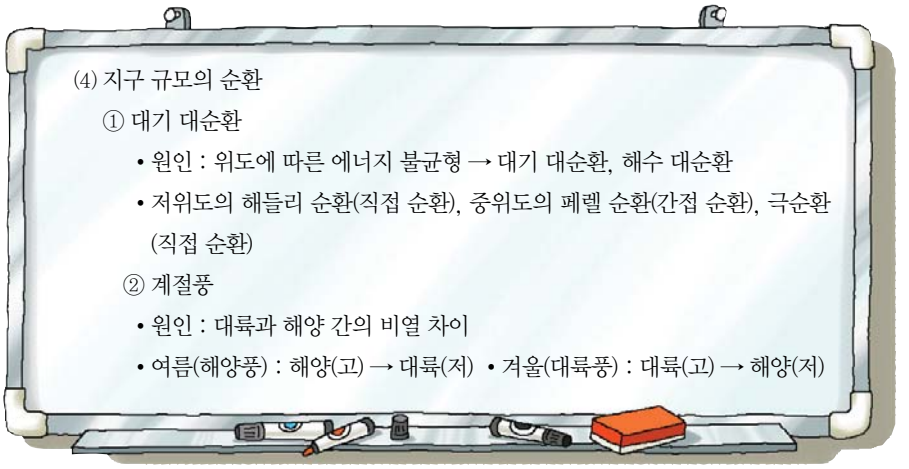


그림 II-58 대기 대순환 모형



(4) 지구 규모 순환

지구 규모의 순환은 대기의 순환 중에서 규모가 가장 크고 지속 시간도 가장 긴 순환으로, 대기 대순환과 계절풍 등이 이에 속한다.

• 대기 대순환

대기 대순환을 일으키는 근본 인자는 태양 복사 에너지이다. 일반적으로 저위도 지방은 입사되는 복사량이 방출되는 복사량보다 많고, 중위도와 고위도에서는 입사량보다 방출량이 많다. 단기간의 국지적인 평균값은 평형을 이루지 못하지만, 출입하는 복사량은 장시간에 걸친 전체 계(系)에서 보면 평형을 이룬다. 그 이유는 바람이나 해류에 의해서 저위도 지방으로부터 고위도 지방으로 열 수송이 있기 때문이다. 저위도대는 남은 복사량의 일부를 고위도로 수송하고, 고위도지방에서는 열 수송을 받아 부족한 열량을 얻게 되는 것이다.

1735년 해들리는 무역풍이 아열대 지역뿐 아니라 고위도까지 연결된 바람이라 생각하여, 적도 지방에서 상승한 공기가 극지방에서 하강하여 지면을 따라 적도로 돌아오는 순환 모형을 제안하였다. 하지만 이 모델은 중위도에서 부는 편서풍을 설명하지 못한다. 만일 지구가 자전하지 않는다면 해들리 모형과 같이 하나의 세포로 이루어진 순환이 되겠지만, 지구가 자전하는 경우 생길 수 없는 모형이다.

1856년 페렐이 지구의 자전과 그로 인해 생기는 전향력 효과를 고려하여 제안한 모형으로, 해들리 세포, 페렐 세포, 극 세포의 3개 세포로 이루어져 있다. 지구가 자전하기 때문에 적도에서 상승한 공기는 30° 부근에 이르면 서풍이 된다. 이 서풍이 식어서 하강하여 지면에 도착하면 적도를 향해 이동하는 무역풍과 고위도로 올라가는 편서풍을 만든다. 극지방에서 차가워져 식은 공기는 중위도로 내려오다 위도 60° 부근에서 편서풍을 만나면서 한대 전선을 만들고, 전선면을 따라 따뜻한 공기가 상승하여 고위도로 올라가서 다시 극지방으로 돌아가는 순환을 한다.

해들리 순환과 극순환은 모두 열대류에 의한 직접 순환이지만, 페렐 순환은 두 순환

사이에 맞물려 돌아가는 간접 순환이다. 페렐 순환은 무역풍과 편서풍, 편동풍과 같이 지상에 부는 바람을 매우 잘 설명하고 있지만, 중위도 상공에 부는 편서풍을 잘 설명하지 못하는 약점이 있다. 또한 지면의 다양한 특성을 반영하지 않은 이상적인 모형이라는 한계점이 있다. 현재 대기 대순환의 모형은 육지와 바다의 분포, 대류권 계면의 높이 차이와 남북 방향의 온도 차이의 영향을 고려하며 만든 모형으로 실제 관측된 현상을 잘 설명하고 있다.

지구상의 풍계(風系)는 지구 자전의 영향뿐만 아니라 해륙의 분포와 지표면의 특성에 의해 많은 영향을 받고 있어서 매우 복잡한 성격을 띤다. 위도 0°에서 30° 사이에는 북동 무역풍이 불고, 위도 30°에서 60° 사이에는 편서풍이, 위도 60°에서 90° 사이에는 극동풍이 분다. 또한 적도 지방에는 적도 무풍대, 30° 부근에는 아열대 고압대, 60° 부근에는 한대 전선이 위치한다.

한편, 북반구와 남반구의 풍계는 서로 대칭을 이룬다. 이와 같이 대기 대순환은 3개의 연직 순환과 3개의 풍계로 되어 있다. 태양 복사에 의해 가열된 적도의 더운 공기는 상승하여 극지방으로 이동하게 되므로 적도 지방은 저압대가 형성되며, 이 저압대 내에서는 기압 경도력이 약하여 바람이 약하게 되므로 적도 무풍대가 된다.

북으로 이동하는 적도 상의 더운 공기는 지구 자전에 의해 편향되어 상공의 편서풍을 형성하지만, 이 운동은 극향 성분(極向成分)을 가지며 하루에 1°~2℃ 냉각되고, 북으로 이동하여 위도 30° 부근에 도달하였을 때는 이곳에서 하강 기류를 형성한다. 하강 기류역은 밀도가 크게 되어 아열대 고압대를 형성하게 되며, 매우 건조한 지역이 되어 세계의 대부분의 사막이 이곳에 위치한다. 아열대 고압대에서 불어나오는 공기는 그 일부가 적도로 되돌아가고 나머지는 고위도로 이동하게 되는데, 적도 지방으로 이동하는 공기는 편향하여 북반구에서는 북동 무역풍, 남반구에서는 남동 무역풍이 되고, 적도 부근에서 수렴하게 된다. 이 수렴대를 적도 수렴대라고 하며, 계절에 따라 남북으로 다소 진동하며 많은 비를 내리게 한다.

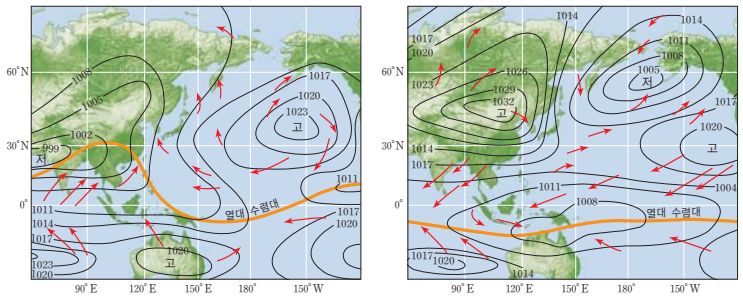
적도 부근에서는 가열된 공기가 상승하여 적도 저압대를 형성한다. 따라서 지표 부근에서는 북반구의 북동 무역풍, 남반구의 남동 무역풍에 의해 적도 쪽으로 공기가 모여든다. 한편, 적도 부근에서 상승한 공기는 고위도로 이동하면서 점차 냉각되어 밀도가 커지고, 또 전향력에 의하여 편향되어 상공에서는 편서풍이 된다. 그 결과 위도 30° 부근에 이르러서는 하강한 공기가 계속 쌓이게 되므로 지표 부근에는 고압대가 형성되는데 이를 **중위도 고압대**라고 한다. 중위도 고압대에서 불어 나오는 공기는 적도와 고위도로 이동하면서 편향되어 각각 무역풍과 편서풍이 된다. 이와 같이 적도와 위도 30° 사이에서 순환하는 공기의 흐름을 **해들리 순환**이라고 한다.

한편, 극지방에서는 냉각된 공기가 하강하므로 지표에서는 극고압대를 형성하고, 이곳에서 저위도로 흐르는 공기는 편향하여 극동풍을 이룬다. 한랭한 극동풍과 온난한 편서풍은 위도 60° 부근에서 만나 한대 전선대를 형성한다.

한대 전선대에서 상승한 공기의 일부는 극으로 이동하여 위도 60°와 90° 사이에서 순환을 이루는데, 이를 **극 순환**이라고 한다. 해들리 순환과 극 순환 사이인 위도 30°와 60° 사이에서는 **페렐 순환**이라고 하는 또 하나의 순환 세포가 존재한다.

해들리 순환과 극 순환은 지표면의 가열과 냉각에 따른 열대류로 형성된 순환이기 때문에 **직접 순환**이라고 하고, 페렐 순환은 열대류와는 상관없이 두 순환에 의해 만들어지는 것이어서 **간접 순환**이라고 한다.

지구 규모 순환의 또 다른 예로는 **계절풍**이 있다. 계절풍은 1년을 주기로 대륙과 해양 사이에서 일어나는 지구 규모의 운동이다. 대륙은 해양보다 빨리 가열되고 빨리 식기 때문에 여름에는 그림 Ⅱ-59의 (가)와 같이 대륙에 저기압, 해양에 고기압이 위치하여 해양에서 대륙으로 계절풍(해양풍)이 분다. 반대로 겨울철에는 대륙에 고기압, 해양에 저기압이 위치하여 그림 (나)와 같이 대륙에서 해양으로 계절풍(대륙풍)이 분다.



(가) 여름 (남동 계절풍) (나) 겨울 (북서 계절풍)

그림 II-59 계절풍

• **계절풍**

계절풍은 대륙과 해양의 비열 차이로 인해서 1년을 주기로 발생하는 열대류 순환으로 몬순(monsoon)이라고도 한다. 몬순이라는 말은 아랍어의 계절을 뜻하는 마우심(mausim)에서 유래한 것으로, 중세기에 인도양의 계절풍을 항해에 이용한 아라비아인에 의해서 유럽에 전해졌다. 대륙과 해양 사이에서는 어디서나 불지만 지역에 따른 차이가 크며, 극동 지역과 인도 지방에서 뚜렷하게 나타난다.

여름에는 대륙에 저기압, 해양에 고기압이 놓이고 겨울에는 해양에 저기압, 대륙에 고기압이 놓이게 되므로 여름과 겨울에 바람의 방향이 완전히 변한다. 일반적으로 대륙과 해양의 온도차는 겨울에 현저하고 여름에는 비교적 적으므로, 겨울의 계절풍은 여름의 계절풍에 비하여 훨씬 강하다. 우리나라는 겨울에 북서 계절풍이 불어 차고 건조한 날씨를 보이며, 여름에는 남동 계절풍 불어 무덥고 습한 날씨를 보인다.

5 대기의 순환과 해류



❖ 학습 목표

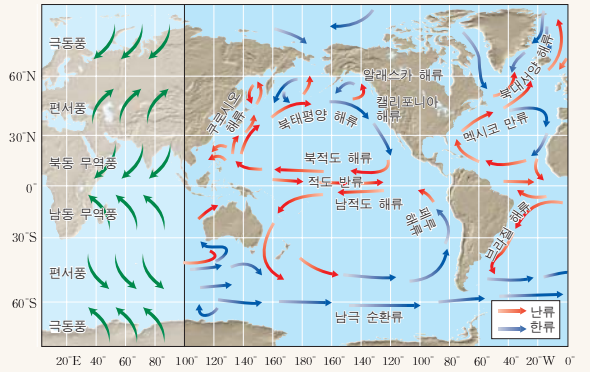
1. 세계의 주요 표층 해류를 설명할 수 있다.
2. 표층 해류의 생성 원인을 대기 대순환과 연계하여 설명할 수 있다.

먼 바다를 항해하는 뱃사람들은 바다에도 강물과 같은 일정한 흐름이 있다는 것을 알고 이를 항해에 이용하였는데, 해양에서 일정한 방향과 속력을 갖는 해수의 흐름을 **해류**라고 한다.

세계 주요 표층 해류는 어떻게 분포하고 있으며, 대기의 순환과는 어떤 관련이 있는지 알아보자.

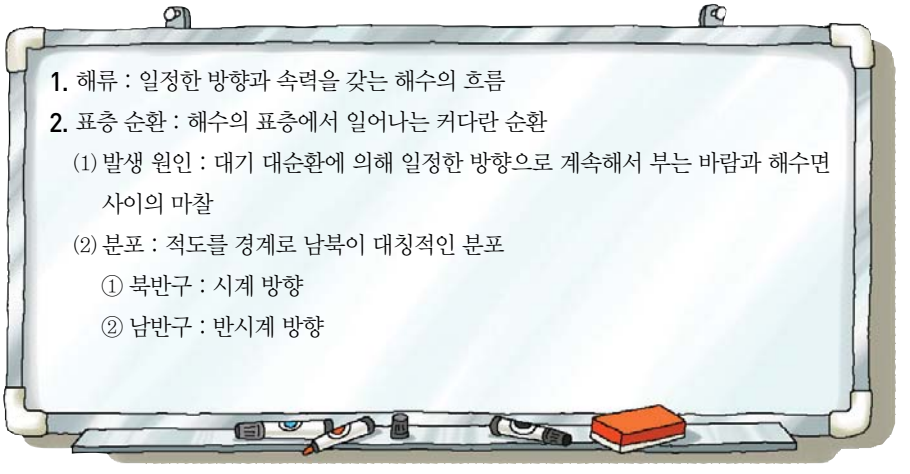
탐구 17 자료 해석 **세계 주요 표층 해류의 분포**

준비물 다음 그림은 대기 대순환에 의한 바람과 세계의 주요 표층 해류를 나타낸 것이다.



정리 1. 대기 대순환에 의해 부는 지상의 바람과 표층 해류의 방향은 어떤 관계가 있는가?
2. 태평양에 분포하는 각 해류는 대기 대순환의 어떤 바람과 연관지을 수 있는가?

세계 표층 해류의 분포와 대기 대순환에 의한 바람의 분포를 비교해 보면 매우 유사한데, 이는 표층 해류가 바람에 의한 마찰력으로 발생하기 때문이다. 한편 해양은 대륙에 의해 가로막혀 있으므로 동서 방향으로 흐르는 해류가 대륙에 부딪쳐 남북 방향으로 갈라져 흐르게 되면서 커다란 순환을 형성하게 되는데 이를 **표층 순환**이라고 한다.



5 대기의 순환과 해류

소단원의 학습 목표

1. 세계의 주요 표층 해류를 설명할 수 있다.
2. 표층 해류의 생성 원인을 대기 대순환과 연계하여 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 유체 지구인 대기와 해양에서 발생하는 다양한 현상들이 우리 생활에 미치는 영향을 조사하게 한다.
2. 지구계 내에서 기권 및 수권, 지권, 생물권의 상호 작용을 이해하게 한다.

내용 해설

탐구 17 자료 해석

세계 주요 표층 해류의 분포

1. 목표

세계 주요 표층 해류의 분포를 대기 대순환과 관련지어 이해할 수 있다.

2. 정리

1. 무역풍이 부는 적도 부근에서는 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 해류(북적도 해류, 남적도 해류)가 나타나고, 편서풍이 부는 중위도 해역에서는 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 해류(북태평양 해류, 북대서양 해류, 남극 순환류)가 나타난다. 따라서 대기 대순환에 의해 부는 바람과 표층 해류의 방향은 거의 일치한다고 볼 수 있다.
2. 북태평양에는 북적도 해류, 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류가 분포하고 있다. 이 중 북적도 해류는 북동 무역풍과, 북태평양 해류는 편서풍과 연관지을 수 있다. 마찬가지로 남태평양의 남적도 해류는 남동 무역풍과, 남극 순환류는 편서풍과 연관 지을 수 있다.

• 표층 순환

(1) 해류 : 해류(海流)란 일정한 방향으로 흘러가는 바닷물의 운동을 말한다.

해류는 그 원인에 따라 바람에 의해 생기는 취송류와 바닷물의 밀도 차이로 생기는 밀도류, 해면의 경사로 때문에 일어나는 경사류(傾斜流), 어떤 장소의 해수가 다른 데로 움직이면 이를 보충하기 위해 다른 장소의 해수가 흘러오는 보류(補流) 등으로 나뉜다.

표층 순환은 흔히 해류라고 불리는 해양의 순환을 의미하며, 지구의 대기 대순환과 밀접한 관련이 있다. 대기 대순환에서 위도별 지상풍의 방향과 표층 해류의 방향은 거의 일치한다. 이것은 표층 해류를 발생시키는 주된 원인이 바람이기 때문이다. 표층 순환은 대체로 해수면에서 약 1,000 m 부근까지 나타나며, 아주 깊은 곳에서는 약 2,000 m까지도 나타난다. 일반적으로 대양의 서쪽이 깊고, 동쪽에서 얕다.

또한 해류는 온도에 따라 따뜻한 흐름인 난류와 차가운 흐름인 한류로 나누기도 하는데, 난류 · 한류라는 말은 학문적으로 뚜렷한 정의를 가진 것은 아니다. 일반적으로 저위도 지방에서 비롯된 것을 난류라 하고, 고위도 지방에서 비롯된 해류를 한류라고 부른다. 대표적인 난류로는 쿠로시오 해류 등이 있고, 대표적인 한류로는 캘리포니아 해류 등이 있다.

(2) 표층 해류의 발생 원리 : 중위도 지방에서 서풍이 불면 에크만 수송에 의하여 해수는 남쪽으로 이동하고, 저위도 지방에서는 동풍에 의해 해수가 북쪽으로 이동하므로 해수의 수위는 아열대 해역(30°N)이 높아지는 양상이 된다.

• 서풍 피류

편서풍에 의해 생기는 표층의 해류를 말하며 남극 순환류와 중복되기 때문에 호칭이 혼용되는 경우도 있다. 이 밖에 북태평양과 북대서양 중위도 지대의 강한 편서풍에 의해 만들어진 해류, 즉 북태평양 해류나 북대서양 해류를 가리키기도 한다. 다만 이 두 해류는 모두 그 두께(깊이)가 상당하기 때문에 표면 해류인 서풍 피류와는 엄밀히 구별되어야 한다.



그림 II-60 태평양의 바람과 해류 분포

표층 순환의 분포는 적도를 경계로 남북이 대칭적인 분포를 보이는데, 북반구에서는 시계 방향, 남반구에서는 반시계 방향으로 도는 순환계가 특징적이다.

그림 Ⅱ-60은 태평양에서의 바람과 해류 분포를 나타낸 것이다. 적도 부근 해역에서 부는 대기 대순환에 의한 바람은 무역풍이고, 이 무역풍에 의해 형성된 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 해류가 적도 해류이다. 한편 중위도 해역에서는 편서풍에 의하여 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 해류가 형성되는데, 이 해류가 북태평양 해류와 남극 순환류이다.

이와 같이 대기 대순환에 의한 바람에 의해 형성된 해류들은 대양을 가로질러 동서 방향으로 흐르다가 대륙과 부딪치면 남북 방향으로 흐르게 된다. 북태평양 서안을 따라 북상하는 쿠로시오 해류와 동안을 따라 남하하는 캘리포니아 해류가 그 예이다.

따라서 북태평양에서는 북적도 해류, 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류가 시계 방향의 순환을 형성하고, 남태평양에서는 남적도 해류, 동오스트레일리아 해류, 남극 순환류, 페루 해류가 반시계 방향의 순환을 형성한다.

해류는 난류와 한류로 구분하는데 이들 해류는 에너지를 수송하면서 주변 지역의 기후에 큰 영향을 준다. 쿠로시오 해류처럼 저위도 해역에서 형성된 따뜻한 난류는 고위도로 이동하면서 막대한 열에너지를 내놓고, 캘리포니아 해류처럼 고위도 해역에서 내려오는 한류는 저위도로 이동하면서 주변으로부터 많은 열에너지를 빼앗는다. 따라서 난류가 흐르는 지역은 한류가 흐르는 지역보다 따뜻한 기후가 나타난다.

한 걸음 더

우리나라 부근의 해류

우리나라 부근을 흐르는 해류는 쿠로시오 해류가 근원이 된다. 쿠로시오 해류는 태평양의 서안을 따라 북상하다가 제주도 남방 동중국해에서 갈라져 우리나라의 동해와 황해로 유입되는데, 황해로 유입된 것은 황해 난류가 되고, 대한 해협을 통하여 동해로 유입된 해류는 다시 갈라져서 일부는 일본의 서안을 따라 흐르는 쓰시마 난류를 형성하고, 나머지는 우리나라의 동해를 따라 흐르는 동한 난류를 형성한다.



한편, 북쪽에서는 오호츠크 해에서 발원한 리만 한류가 연해주 연안을 따라 남하하다가 그 중의 일부가 함경도 해안을 따라 흐르는 북한 한류가 된다. 남하하는 북한 한류는 북위 40° 부근에서 한류와 난류가 만나는 조경 수역을 이룬다.

146 | Ⅱ. 생동하는 지구

3. 바람의 분포와 표층 순환 : 적도 부근 ⇒ 무역풍에 의해 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 적도 해류가 발달, 중위도 해역 ⇒ 편서풍에 의해 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 북태평양 해류, 북대서양 해류, 남극 순환류가 발달

4. 난류와 한류

(1) 난류 : 저위도에서 고위도로 흐르는 따뜻한 해류 → 수온과 염분이 높음(예 : 쿠로시오 해류, 동오스트레일리아 해류 등).

(2) 한류 : 고위도에서 저위도로 흐르는 차가운 해류 → 용존 산소량이 많음(예 : 캘리포니아 해류, 페루 해류 등).

6 자연 재해의 피해와 예방



❖ 학습 목표

1. 각종 자연 재해에 따른 피해 사례를 설명할 수 있다.
2. 자연 재해에 따른 피해의 예방책은 무엇인지 설명할 수 있다.

태풍을 비롯한 각종 악기상 및 황사, 해일 등과 같은 대기와 해양에서 발생하는 여러 가지 자연 재해는 재산과 인명에 엄청난 피해를 준다.

태풍, 해일 및 황사로 인한 피해 사례와 그 예방책에 대해 알아보자.

1 태풍에 의한 피해

2003년 9월 4일 괌 섬 부근 해상에서 발생한 열대 저기압은 9월 6일 오후 3시경에 그림 Ⅱ-61과 같은 제14호 태풍 매미로 발달하였다. 9월 10일에는 중심 기압 910 hPa, 최대 풍속 55 m/s에 달하는 강력한 태풍으로 성장한 매미는 9월 12일 밤 경남 고성군 일대에 상륙하였다. 이 후 한반도 남동부를 관통하여 상륙 6시간만인 다음날 새벽에 울진 앞바다로 빠져나와 동해상으로 진출한 후, 9월 14일 오전에 열대성 저기압으로 변질되어 소멸되었다.



그림 Ⅱ-61 태풍 매미의 위성 사진(2003. 9. 10)

2003년에 발생한 모든 태풍 중에서 가장 강력한 세력을 가졌던 매미는 매우 강한 바람을 동반했던 것이 특징인데, 제주 지역에서 관측된 최대 순간 풍속은 60 m/s로 기상청 관측 사상 최고치를 경신했다. 이러한 기록적인 강풍으로 인해 전국적으로 무려 145만 가구가 정전되는 초유의 사태가 발생했고, 고층 건물에서는 유리창이 파손되고, 도심에서는 날린 간판과 뽑힌 가로수, 깨진 유리창 등이 뒤엉킨 채 굴러다녀, 일부 거리는 마치 폭격을 당한 전쟁터와 같은 모습이 되었다.



부산항에서는 800톤이 넘는 컨테이너 크레인 11대가 무너지거나 궤도를 이탈하였고, 해운대에서는 7000톤이 넘는 해상 관광 호텔이 높은 파도와 강풍으로 전복되기도 하였다. 이러한 강풍 피해는 특히 태풍의 위험 반원에 해당했던 부산, 경남 지역에서 대부분 발생했다.

또한 태풍 매미가 통과하던 9월 12일 밤에서 13일 새벽 사이에 쏟아진 폭우로 강원도 영동 지방과 경남 일부 지역에서는 400 mm에 달하는 강

1. 태풍에 의한 피해 : 매미(2003년)
   (1) 일시 : 2003년 9월 12~13일
   (2) 특징 : 강한 바람을 동반 → 최대 순간 풍속 : 60 m/s(제주도에서 측정)
   (3) 피해 : 145만 가구의 정전, 부산항의 컨테이너 크레인 11대 파손, 폭우(영동 지방과 경남 일부 지역 400 mm), 사망 · 실종 132명, 이재민 6만 1천여 명, 피해액 4조 7천여억 원 ⇒ 수도권 일대를 제외한 전국 대부분 지역을 '특별 재해 지역'으로 선포

6 자연 재해의 피해와 예방

소단원의 학습 목표

1. 각종 자연 재해에 따른 피해 사례를 설명할 수 있다.
2. 자연 재해에 따른 피해의 예방책은 무엇인지 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 최근의 사례를 중심으로 기상 재해(황사 포함) 및 해양 재해로 인한 피해를 조사하게 한다.
2. 이러한 자연 재해로부터 피해를 줄일 수 있는 방안을 이해하게 한다.

내용 해설

Ⅰ 태풍에 의한 피해

우리나라는 매년 여름철이 되면 2~4개의 태풍이 지나면서 직접 또는 간접적으로 많은 영향을 미친다. 1904년부터 2010년까지 우리나라에 영향을 미친 태풍의 수는 다음 표와 같다.

월	횟수
1	-
2	-
3	-
4	-
5	2
6	20
7	93
8	123
9	81
10	8
11	-
12	-
합계	327

우리나라에는 한 해에 평균 3개의 태풍이 지나면서 영향을 주며, 8월에 가장 많이 영향을 주고, 7~9월 석달 동안에 내습한 태풍 수는 전체의 91%이며, 아주 드물게 5월, 10월에도 내습하는 경우가 있다.

1904~2009년 사이에 태풍에 의한 피해 상황을 보면, 인명 피해를 가장 많이 낸 태풍은 1936년 8월에 발생한 태풍으로 사망, 실

종자 수는 1,232명이었고, 그 다음으로 많은 인명 피해를 입힌 태풍은 1923년 8월에 발생한 태풍으로 1,157명이다. 그리고 1959년 9월에 발생한 태풍 사라(SARAH)는 849명의 사망과 실종자를 냈다.

한편 재산상의 피해를 가장 많이 낸 태풍은 2002년 8월의 루사(RUSA) 태풍으로 당시의 금액으로 5조 1,500여 억 원의 피해를 입혔으며, 다음으로는 2003년 9월의 제14호 태풍 매미(MAEMI)로서 4조 2,200여 억 원의 피해를 입혔다. 특히 태풍 매미는 전국적으로 61명이 숨지고 42명이 실종되어 모두 103명의 인명 피해가 발생한 것으로 집계됐다. 또 남부지역을 중심으로 140만 9,146 가구의 전기 공급이 끊기고 농경지 317 ha가 물에 잠겼고, 주택도 32채가 파손됐다. 철도의 경우 경부와 경전, 전라, 영동, 중앙선 등 5개 노선 10곳에서 열차 탈선과 침수, 선로 유실 등이 발생했으며, 도로는 중앙과 중부 내륙, 구마 등 3개 고속 도로와 49개 국도에서 산사태와 낙석, 침수, 도로 유실 등으로 차량 운행이 전면 또는 부분 통제되기도 하였다. 그밖에 고리 원전 1, 2호기와 3, 4호기가 송전 선로 이상으로 원자로와 터빈 발전을 정지했고, 월성 원전 2호기도 터빈이 정지되는 등 국내 원전 6기의 전력 공급이 차질을 빚기도 했다.

가장 최근에 우리나라에 비교적 큰 영향을 미친 태풍은 2010년 8월 말경 괌 섬 북서쪽 약 300 km 해상에서 발생한 태풍 곤파스(KOMPASU)이다. 이 태풍은 제주도 서쪽 해상을 통과한 뒤, 서해상을 빠르게 북상, 충청남도 서쪽 해안을 지나 9월 2일 오전 6시 35분, 강화도 남동부에 상륙했다. 그 후 경기도 북부, 철원, 고성 등의 지역을 거쳐 한반도를 약 4시간 만에 관통, 오전 10시 50분에 동해상으로 진출했으며, 9월 3일 오전 3시에는 열대 저기압으로 약화되었다. 태풍 곤파스는 많은 비 대신에 강한 바람에 의한 피해를 입혔는데, 태풍이 한반도 서해안을 따라 북상하던 때에는 비록 태풍의 세력이 최성기에 비해 약화된 상태였음에도 불구하고, 태풍의 중심에 가까웠던 홍도와 흑산도에서 각각 52.4 m/s, 45.4 m/s 의 한반도 역대 태풍 중 최대 기록에 근접하는 최대 순간 풍속이 관측되었는데, 이때의 강풍은 태풍의 이동 속도가 빨라진 것에 대한 위험반원의 풍속 증대가 원인이 되었다. 그러나 강화도 상륙을 앞두고서는 태풍의 세력 약화가 이전보다 더 급속히 진행됨에 따라, 서산에서 41.4 m/s의 최대 순간 풍속을 관측한 것을 마지막으로 강풍의 기세는 한풀 꺾였다. 그리하여, 그 이후에 태풍의 직접적인 영향을 받은 지역에서는 인천 송도 34.4 m/s, 안양 33.8 m/s, 수원 30.5 m/s, 서울 중랑구 29.5 m/s 등 대체로 30 m/s 안팎의 최대 순간 풍속을 기록했다. 이러한 강풍으로 인해 경기 북부와 수도권에서는 많은 가로수가 뽑히고 아파트 창문이 깨지며 많은 시설물이 파손되고 정전사고가 발생하는 등 피해가 잇따랐다.



그림 II-62 정전 사태(부산)



그림 II-63 크레인의 전복(부산)

수량을 기록하였다. 집중 호우로 산간 지역에서는 산사태가 발생해 주택가를 덮쳐 많은 인명 피해가 발행하였으며, 하천이 범람하여 농경지가 침수되고 주택가에는 물이 들어차 많은 이재민이 발생했다.

태풍 매미에 의한 피해는 사망 · 실종자가 132명, 이재민이 6만 1천여 명이었고, 재산 피해액은 4조 7천억여 원에 달했다. 당시 태풍으로 인한 피해가 워낙 커서 수도권 일대를 제외한 전국 대부분의 지역이 '특별 재해 지역'으로 선포되었다.

다음 표 Ⅱ-7은 1904년 이후 우리나라에 인명 및 재산 피해를 입힌 태풍의 순위를 나타낸 것이다.

표 II-7 태풍의 피해 순위(출처 : 소방 방재청)

순위	인명			순위	재산		
	발생 연월	태풍명	사망 · 실종 (명)		발생 연월	태풍명	피해액 (억 원)
1	1936.8	3693호	1232	1	2002.8	루사(Rusa)	51,479
2	1923.8	2353호	1157	2	2003.9	매미(Maemi)	42,225
3	1959.9	사라(Sarah)	849	3	2006.7	에위니아(Ewiniar)	18,344
4	1972.8	베티(Betty)	550	4	1999.7	올가(Olga)	10,490
5	1925.7	2560호	516	5	1995.8	재니스(Janis)	4562
6	1914.9	1428호	432	6	1987.7	셀마(Thelma)	3913
7	1933.8	3383호	415	7	1998.9	예니(Yanni)	2749
8	1987.7	셀마(Thelma)	343	8	2000.8	쁘라삐룬(Prapiroon)	2521
9	1934.7	3486호	265	9	1991.8	글래디스(Gladys)	2357
10	2002.8	루사(Rusa)	246	10	2007.9	나리(Nari)	1592

2 해일에 의한 피해

해일이란 바닷물이 비정상적으로 높아져 육지로 넘쳐들어오는 현상으로 태풍이나 저기압 등에 의해 생기는 것을 **폭풍 해일**, 지진이나 화산 활동에 의해 생기는 것을 **지진**

148 | Ⅱ. 생동하는 지구

해일(쓰나미)이라고 구분해서 부른다.

해일에 의한 피해로는 엄청난 양의 바닷물의 압력과 강한 풍랑에 의한 인명 피해, 항만 시설과 제방 파괴, 선박 피해, 해안 근처의 농경지 침수 및 양식장 피해 등을 들 수 있는데, 특히 밀물일 때 해일이 겹치면 피해 규모는 크게 증가한다.

우리나라의 해일 피해는 남해안 지방에서 가장 많으며, 주로 태풍이 접근하거나 통과할 때 발생한다. 또한 환태평양 지진대에 속하는 일본 열도에 지진이 발생하는 경우, 지진 해일이 동해안으로 밀려오는 경우도 있다.

2003년 태풍 매미의 남해안 상륙 시각은 만조 시각과 겹쳐 엄청난 해일을 일으켰다. 당시 마산에서의 파고는 1.8 m로 예측되었지만, 실제 해일의 파고는 최대 4.4 m에 달해 10여 명이 넘는 인명 피해가 발생했고, 해안가에 자리 잡은 많은 건물들이 폐허로 변했으며, 태풍을 피해 정박해 있던 수천 척의 선박이 파손되거나 침몰하였다.

지진 해일은 지진과 화산 활동이 활발한 환태평양 지진대와 화산대를 따라서 자주 발생한다. 특히 2004년 12월 26일 인도네시아 수마트라 해안에서 발생한 규모 9.3의 지진으로 인한 해일은 인도네시아, 태국, 말레이시아는 물론 인도양을 가로질러 인도와 스리랑카 및 아프리카 해안에까지 엄청난 피해를 입혔다. 해일의 파고는 진앙에서 가까운 곳은 최대 34 m에 이르렀고, 멀리 떨어진 해안에서도 9 m에 달했다. 이 해일로 인한 사망자는 약 28만여 명에 달하는 것으로 집계되고 있다(그림 Ⅱ-64).

우리나라의 경우는 태평양과 직접 접하고 있지 않기 때문에 일본과 달리 지진 해일에 따른 큰 피해는 없다고 할 수 있지만, 일본에 인접한 동해 연안에서는 해일 피해가 발생할 가능성이 있다. 실제로 1983년 5월에 일본 북서부 지진으로 발생한 해일은 동해를 관통하여 우리나라 동해안에 큰 피해를 입혔고, 1993년 7월에 발생한 일본 홋카이도 지진에 의해서도 해일 피해를 입은 사례가 있다.

해일은 주기가 십여 분에서 수십 분이고 파장은 수백 km에 달하는 장파로서, 태평양의 평균 깊이를 4000 m라고 할 때 평균 전파 속도는 시속 720 km나 된다.



(가) 지진 해일 전 (나) 지진 해일 후

그림 Ⅱ-64 지진 해일의 피해(인도네시아 수마트라 섬 인근 반다아체 지역)

2. 해일에 의한 피해

(1) 바닷물의 압력과 강한 풍랑에 의한 인명 피해, 항만 시설과 제방 파괴, 선박 피해, 해안 근처의 농경지 침수 및 양식장 피해 등

(2) 태풍에 의한 해일과 지진 해일

① 태풍에 의한 해일 : 남해안 지방에서 가장 많음.

② 지진 해일 : 동해안

* 인도네시아 지진 해일(2004년 12월 26일) : 사망자 약 28만 명

2 해일에 의한 피해

해일(海溢)은 바다에서 높은 파도가 밀려오는 현상으로, 폭풍에 의해서 발생하는 것과 외부적인 충격에 의해서 발생하는 것이 있다. 이 중 태풍이나 저기압 등에 의해 생기는 것을 폭풍 해일, 지진이나 화산 활동 등에 의해 생기는 것을 지진 해일(쓰나미)이라고 구분해서 부른다. 빙하의 붕괴로 일어나는 해일을 얼음 해일이라고 하는데, 1960년대쯤 알래스카에서 발생한 얼음 해일은 높이가 무려 250 m나 되었다고 한다.

지진 해일은 환태평양 지진대와 화산대에서 자주 발생한다. 2004년 12월 인도네시아 수마트라 해안에서 발생한 규모 9.3의 지진으로 인한 해일은 인도네시아, 태국, 말레시아는 물론 인도양을 가로질러 인도와 스리랑카 및 아프리카 해안에 이르기까지 엄청난 피해를 입혔다. 이 지진 해일로 인한 사망자는 약 28만여 명에 이르렀다. 그리고 2011년 3월에 일본 동북부 센다이 지방 태평양 해저에서 발생한 규모 9.0의 지진에 의한 지진 해일은 일본의 지진 역사상 최악의 피해를 입혔다. 후쿠시마, 미야기, 센다이 지역에서 많은 사상자가 나왔고, 특히 진원지에서 가까운 해안 마을이 통째로 사라졌으며, 해안 마을 인구 17,000여 명 중 10,000명이 생사 불명 상태가 되었고, 전체적인 인명 피해는 50,000명이 넘을 것으로 내다보았다. 특히 후쿠시마 원자력 발전소의 파괴로 인한 방사능의 노출은 일본뿐만 아니라 전세계적으로도 심각한 문제를 야기하였다.

우리나라는 태평양 쪽의 지진대에서 발생한 지진에 의한 지진 해일의 영향을 직접 받지는 않지만, 동해에서 발생한 지진에 의한 지진 해일의 영향은 받을 수 있다. 실제로 1983년 5월에 일본 북서부 해저에서 발생한 지진으로 우리나라 동해안 일부 지역이 피해를 입었으며, 1993년 7월에 발생한 일본 홋카이도 지진에 의해서도 해일 피해를 입은 적이 있다.

3 황사 피해

황사는 아시아 대륙의 중심부인 중국과 몽골의 사막 지역, 황하 중류의 황토 고원, 내몽골 고원 부근에서 강한 바람이 불어 발생한 다량의 먼지가 상공으로 떠올라 편서풍을 타고 이동하면서 지표에 천천히 낙하하는 현상이다. 황사는 사계절 발생하지만, 일반적으로 해빙기인 봄철에 가장 많이 발생하고 가을에는 비교적 적게 발생한다.

1990년대까지만 해도 황하 상류와 중류 지역에서 발원한 황사가 우리나라에 주로 영향을 주었으나 최근에는 이 지역보다 훨씬 동쪽에 위치한 내몽골 고원, 황토 고원, 만주 부근에서도 황사가 발원하여 우리나라에 영향을 주고 있다. 이것은 황사 발원지가 동쪽으로 더 확대되고 한반도로 더 가까워지고 있으며, 황사의 강도가 더 세어진다는 것을 의미한다. 이에 따라 우리나라의 황사 발생 일수는 2000년대에 들어서 평균 10일이 넘어가며 증가 추세에 있다. 이처럼 황사 발생 일수가 증가하고 강해지는 주된 이유는 황사 발원지인 중국 내륙 지역의 삼림 파괴와 사막화가 가속되고 있고, 이 지역의 고온 건조 상태가 몇 년째 지속되고 있기 때문이다.

(1) 황사에 의한 피해 상황을 살펴보면 다음과 같다.

① 황사 발생 시 대기 중의 미세 먼지 농도가 급격히 증가한다.

우리나라에서 황사가 발생할 때 미세 먼지 농도는 평상시의 수십 배까지 상승한다. 사상 최악의 황사가 몰아쳤던 2002년 봄에는 서울의 시간 당 최대 미세 먼지 농도가 2002년 연간 평균치인 76 $\mu g/m^3$의 약 37배에 해당하는 2,778.2 $\mu g/m^3$(3월 21일 오후 10시)을 기록했다.

② 미세 먼지는 기관지염, 감기, 천식 등의 호흡기 질환과 심혈관 질환을 유발하고 또는 악화시킨다.

숨을 쉴 때 몸속으로 들어오는 미세 먼지는 폐에 염증을 일으키고, 혈액 속으로 흘러들어가 혈전(血栓)을 유발해 심폐 기능에 장애가 발생한다. 면역력이 약하고 폐활량이 적은 영유아와 노인 등 생물학적 약자에게 그 영향이 더 크다. 폐에 한번 쌓인 미세 먼지는 외부로 배출되지 않아 더 큰 문제를 일으키게 된다. 또한, 미세 먼지가 기존 질환을 악화시켜 사망률이 평상시보다 증가한다. 미세 먼지 농도가 연평균 10 $\mu g/m^3$이 증가할 때마다 폐암 사망자가 8% 늘어나고 심장, 폐 질환으로 인한 사망률은 6% 증가한다. 이는 1982~1998년 미국 100여 개 도시의 수십만 명을 대상으로 한 연구 결과이다.

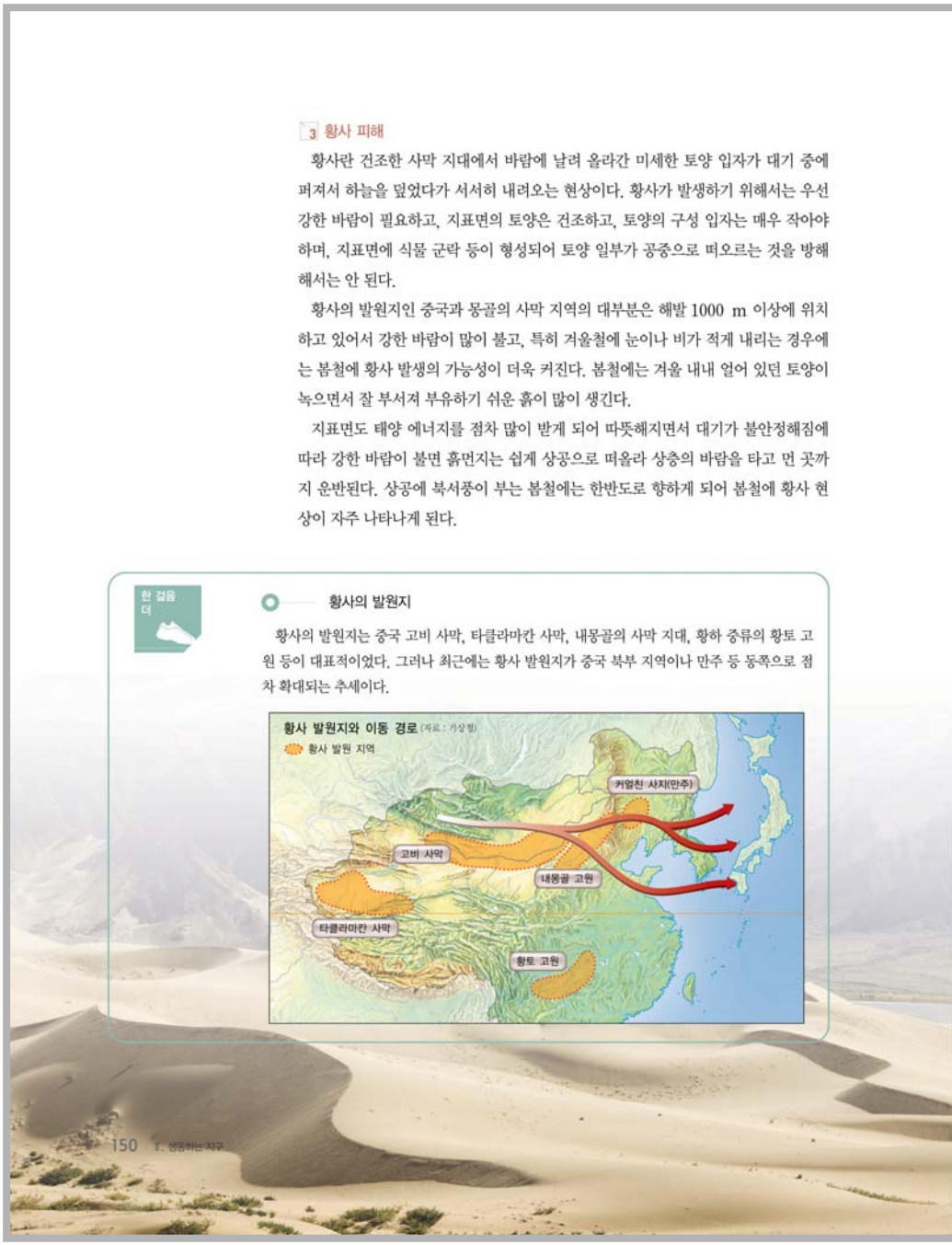
(2) 황사 먼지의 긍정적인 역할도 있다.

① 황사는 토양을 비옥하게 하고 병충해를 억제해 식물의 생장을 촉진시킨다.

황사가 포함하고 있는 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등 무기 염류는 토양을 비옥하게 만들어 준다. 아마존 밀림은 고지대 밀림으로 원래 영양분이 없는 척박한 땅이었으나 하마탄(Harmattan : 겨울철에 흔한 서부 아프리카의 건조한 열풍)을 타고 날라 온 사하라 모래(Sahara Dust)가 수천 년 동안 쌓여 밀림이 무성해진 것으로 추정하고 있다.

송충이 등 해충의 생식기와 입 등에 황사 입자가 쌓이는 '콘크리트 현상'이 발생해 해충의 번식과 성장을 억제한다.

② 황사는 해양 생물의 생장에 도움을 준다.



다음 탐구 활동을 통해 황사 발생의 변화 추이에 대해 알아보자.

탐구 18 자료 해석 **우리나라 황사 발생의 변화**

자료 다음 표는 1991년 이후 서울과 강릉 지방에서 관측된 황사 발생 일수를 나타낸 것이다.

서울과 강릉에서의 연간 황사 발생 일수

연도	서울				강릉			
	3월	4월	5월	전체	3월	4월	5월	전체
2009	3			9				0
2008	3	2	2	11				0
2007	4	2	4	12	4	2	4	12
2006	3	7	1	11	5	7	1	13
2005	1	9		12		5		5
2004	4	1		6	4	1		5
2003	1	2		3	1	2		3
2002	6	6		16	7	4		14
2001	11	9	4	27	9	7	4	24
2000	5	5		10	4	2		6
1999		1		6				3
1998	3	11		14	2	7		9
1997	1			1	1			1
1996			1	1				0
1995		12	2	14		4		4
1994				0				0
1993		7	4	11		7	3	10
1992		4		4		3		3
1991			6	6			4	4

과정 최근 1991년 이후 관측된 서울과 강릉의 연간 황사 발생 일수를 그래프로 그려 보자.

정리 1. 1990년대와 2000년대의 황사 발생 일수는 어떻게 변했는가? 또 그 이유에 대해 설명해 보자.
2. 1년 중 황사가 가장 많이 발생하는 때는 언제인가? 그리고 그 이유는 무엇인지 설명해 보자.
3. 서울과 강릉 지방에서 황사 관측 일수가 차이가 나는 까닭을 설명해 보자.

우리나라의 연간 황사 발생 일수는 1980년대 3.9일에서 1990년대 7.7일, 2000년 이후에는 12.4일로 그 발생량과 빈도가 증가하고 있다. 이처럼 황사 발생이 빈번해지고, 강도 또한 세지고 있는 것은 황사 발원지인 중국 내륙 지역의 삼림 파괴와 사막화가 가속화하고 있고, 이 지역의 고온 건조 상태가 몇 년째 지속되고 있기 때문이다.

황사에 포함된 무기 염류가 식물성 플랑크톤의 생장을 촉진시키고, 이로 인해 식물성 플랑크톤을 먹이로 하는 동물성 플랑크톤과 이를 먹이로 하는 어류의 생장을 촉진시킨다. 황사가 포함하고 있는 무기 염류가 어패류의 영양분으로 작용하기 때문이다. 한반도 주위 바다에는 육지보다 더 많은 황사 입자가 떨어지고, 그 황사 입자들이 쌓여 황해와 태평양에 어족이 풍부한 것으로 추정된다.

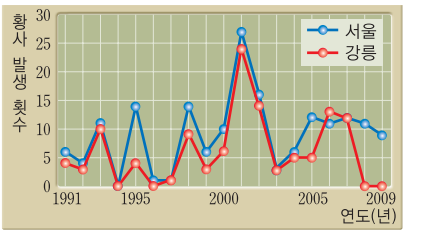
탐구 18 자료 해석

우리나라 황사 발생의 변화

1. 목표

관측 자료를 통하여 황사 발생 현황을 이해할 수 있다.

2. 과정



황사 발생 횟수

2. 정리

1. 1990년대보다 2000년대에 들어와서 황사 발생 일수가 크게 증가하였다. 그 까닭은 황사 발원지인 중국 내륙 지역의 삼림 파괴와 사막화가 가속화되고 있고, 이 지역의 고온 건조 상태가 몇 년째 지속되고 있기 때문이다.
2. 황사 현상은 1년 중 4월에 가장 많이 발생한다. 전체적으로 보았을 때, 4월에 황사 현상이 나타난 비율은 서울이 44.83 %, 강릉이 43.97 %이다. 이것은 겨울이 지나 기온이 오름에 따라 황사 발원지의 토양이 건조해지고, 대기가 불안정해짐에 따라 강한 바람에 의해 흙먼지가 쉽게 상공으로 떠올라 상층의 북서풍을 타고 이동하기 때문이다.
3. 북서풍에 의해 황사 입자가 운반되므로 동쪽으로 갈수록 황사 입자가 감소한다. 따라서 중국에 더 가까이 위치한 서울에서 황사 현상이 더 많이 일어난다.

3. 황사 피해

(1) 황사 : 건조한 사막 지대에서 바람에 날려 올라간 미세한 토양 입자가 대기 중에 하늘에 퍼져서 하늘을 덮었다가 서서히 내려오는 현상

(2) 발생 조건 : 강한 바람, 건조한 토양, 미세한 토양 입자

(3) 우리나라에서는 봄철에 황사 현상이 자주 일어남.

황사 입자가 플랑크톤에 달라붙어 바다 속으로 가라앉아 적조 현상을 완화시킨다. 적조 현상은 플랑크톤의 이상 증식에 의해 해수가 붉은빛을 띠는 현상으로, 플랑크톤의 부패로 해저의 산소가 과다 소모되어 어패류가 호흡 곤란으로 폐사하는 등의 피해를 야기한다. 황사 입자는 적조 현상이 발생했을 때에 바다에 뿌려지는 황토와 동일한 역할을 수행한다.



황사가 발생하면 미세 먼지에 의해 폐 · 호흡기 환자와 안과 질환 발생이 늘어나므로 어린이와 노약자는 외출을 삼가야 한다. 실제로 2002년 3월 21~22일 전국을 뒤덮은 황사는 초등학교의 휴업 사태를 야기하기도 했다.

황사의 미세한 먼지 입자들은 정밀 기계나 전자 장비에 들어가 오작동을 일으키는 피해를 주기도 하는데 항공, 운수, 반도체 등의 산업이 특히 피해를 많이 입는다.

또한 토마토, 오이, 고추 등을 생산하는 농가에서는 하우스 비닐이나 유리에 황사 먼지가 쌓여 햇빛을 차단하게 되므로 농산물의 생육에 지장을 받게 되고, 축산 농가에서는 가축들이 피해를 입기도 한다.

그러나 황사는 알칼리성이기 때문에 산성비를 중화시키고 토양의 산성화를 방지하며, 토양과 해양에 영양분을 공급하는 긍정적인 역할도 한다.

황사의 피해에 대한 근본적인 처방은 발원지인 중국과 몽골의 사막화를 막는 것이라고 할 수 있다. 황사가 발생하면 편서풍을 타고 우리나라로 들어오게 되어 있는 만큼, 황사의 발생부터 이동까지의 경로 및 그 영향을 미리 예보함으로써 피해를 최소화하는 것이다.

기상청에서는 황사로 인해 1시간 평균 미세 먼지 농도 400 ㎍/㎥ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때 황사 주의보, 미세 먼지 농도가 800 ㎍/㎥ 이상이면 황사 경보를 발령하고 있다.

한 걸음 더

황사 발생에 따른 행동 요령

가정에서	학교 등 교육 기관에서	축산 · 시설원 등 농가에서
• 창문을 닫고 가급적 외출을 삼가되, 외출 시 보호 안경, 마스크를 착용하고 귀가 후 손과 발 등을 깨끗이 씻고 양치질을 한다. • 황사에 노출된 채소, 과일 등 농수산물은 충분히 세척한 후에 섭취한다. • 식품 가공 조리시 철저한 손 씻기 등 위생 관리로 2차 오염을 방지한다. • 노약자, 호흡기 질환자의 경우 실외 활동을 금지한다.	• 유치원과 초등학교의 실외 활동 금지 및 수업 단축 또는 휴업을 한다.	• 방목장의 가축은 축사 안으로 신속히 대피시켜 황사 노출을 방지한다. • 비닐하우스, 온실 및 축사의 출입문과 창문을 닫고 외부 공기와의 접촉을 가능한 적게 한다. • 노지에 방치 · 야적된 사료용 건초, 볏짚 등을 비닐, 천막 등으로 덮는다.

기출문제 | 2008학년도 평가원

다음은 현민이가 지구 환경 변화에 관련된 자료를 수집하여 정리한 것이다.

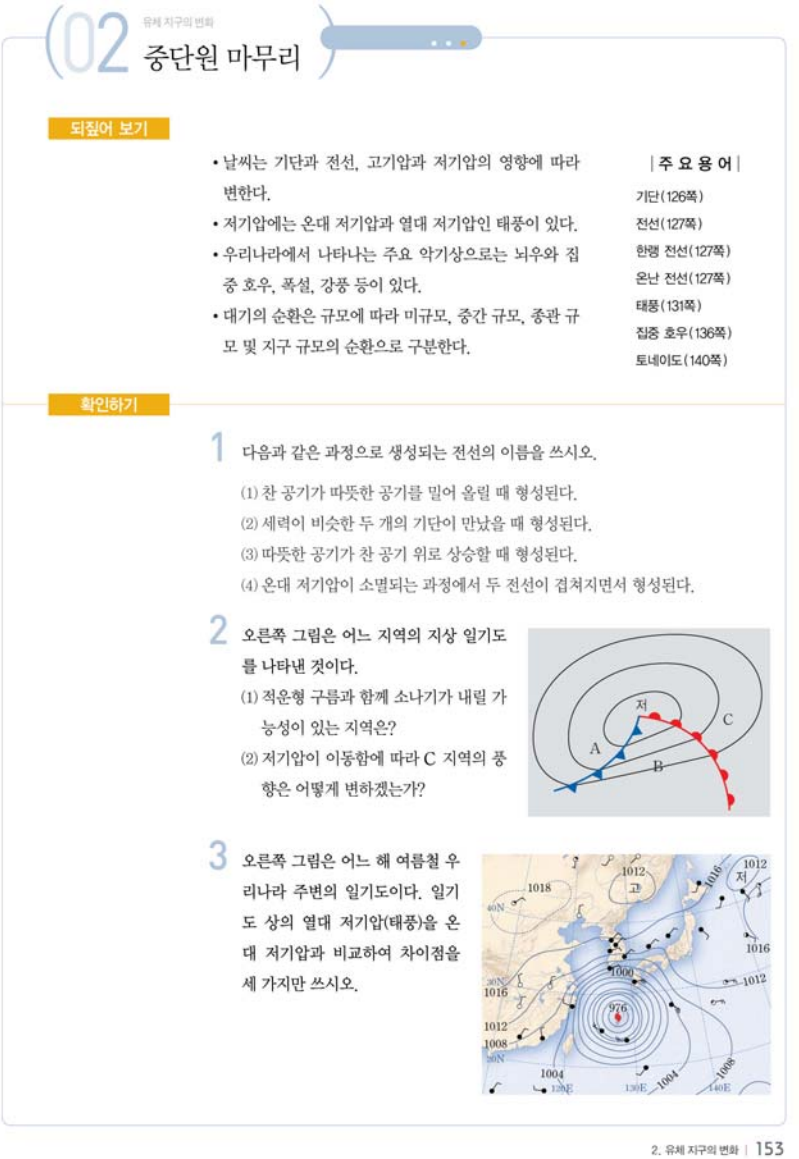
ㄱ. 황사 : 지표면으로 입사하는 태양 복사 에너지의 일부를 상층에서 차단한다.
ㄴ. 도시화 : 건물과 아스팔트 면적의 증가로 태양 복사 에너지의 흡수율과 저장량이 커진다.
ㄷ. 온실 기체 : 대기에 흡수되는 지구 복사 에너지량을 증가시킨다.

ㄱ~ㄷ 중에서 증가하면 지표 부근 평균 기온이 상승되는 것을 있는 대로 모두 고른 것은?

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄴ. 도시화가 진행될수록 태양 복사 에너지의 흡수 및 저장이 증가되므로 지표 부근의 기온은 상승한다.
ㄷ. 온실 기체가 증가하면 지구 복사 에너지가 대기에 흡수되는 양을 증가시켜 지표 부근의 기온이 상승한다.
정답 ④

오답 ㄱ. 황사는 태양 복사 에너지의 입사를 대기에서부터 차단하므로 지표 부근까지 도달하는 에너지가 줄어들어 기온이 하강한다.



02 유체 지구의 변화
중단원 마무리

되짚어 보기

• 날씨는 기단과 전선, 고기압과 저기압의 영향에 따라 변한다.
• 저기압에는 온대 저기압과 열대 저기압인 태풍이 있다.
• 우리나라에서 나타나는 주요 악기상으로는 뇌우와 집중 호우, 폭설, 강풍 등이 있다.
• 대기의 순환은 규모에 따라 미규모, 중간 규모, 종관 규모 및 지구 규모의 순환으로 구분한다.

| 주 요 용 어 |
기단(126쪽)
전선(127쪽)
한랭 전선(127쪽)
온난 전선(127쪽)
태풍(131쪽)
집중 호우(136쪽)
토네이도(140쪽)

확인하기

1 다음과 같은 과정으로 생성되는 전선의 이름을 쓰시오.
(1) 찬 공기가 따뜻한 공기를 밀어 올릴 때 형성된다.
(2) 세력이 비슷한 두 개의 기단이 만났을 때 형성된다.
(3) 따뜻한 공기가 찬 공기 위로 상승할 때 형성된다.
(4) 온대 저기압이 소멸되는 과정에서 두 전선이 겹쳐지면서 형성된다.

2 오른쪽 그림은 어느 지역의 지상 일기도를 나타낸 것이다.
(1) 적운형 구름과 함께 소나기가 내릴 가능성이 있는 지역은?
(2) 저기압이 이동함에 따라 C 지역의 풍향은 어떻게 변하겠는가?

3 오른쪽 그림은 어느 해 여름철 우리나라 주변의 일기도이다. 일기도 상의 열대 저기압(태풍)을 온대 저기압과 비교하여 차이점을 세 가지만 쓰시오.

2. 유체 지구의 변화 | 153

중단원 마무리

주요 용어

• **기단**: 넓은 지역에 걸쳐 있는, 수평 방향으로 거의 같은 성질을 가진 공기 덩어리를 말하며, 발원지에 따라 적도 기단, 열대 기단, 한대 기단, 북극 기단 등이 있다.
• **전선**: 기단이 발원지를 떠나 이동하여 다른 기단과 만나는 경우, 두 기단의 경계를 전선면(前線面)이라 한다. 전선면과 지표면이 만나는 선을 전선이라고 한다.
• **한랭 전선**: 찬 기단이 따뜻한 기단 밑으로 파고들면서 밀어내는 전선을 말하며, 이때 소나기, 우박, 뇌우 등이 잘 나타나고 돌풍이 불기도 한다.
• **온난 전선**: 따뜻한 기단이 찬 기단 쪽으로 이동하는 전선을 말한다. 경계면의 경사는 완만하며, 이 온난 전선을 타고 따뜻한 공기가 상승하는 가정에서 구름을 생성, 비 또는 눈이 내린다.
• **태풍**: 북태평양 남서부에서 발생하여 아시아 대륙 동부로 불어오는, 폭풍우를 수반한 맹렬한 열대 저기압을 말한다. 풍속은 17 m/s 이상으로 중심에서 수십 km 떨어진 곳에서 가장 크며, 중심은 비교적 조용한 편이다. 보통 7~9월에 내습하여 종종 해난과 풍수해를 일으킨다.
• **집중 호우**: 짧은 시간 동안에 좁은 지역에서 많은 양의 비가 내리는 현상을 가리킨다. 집중 호우에 대한 명확한 설명은 없으나 일반적으로 1시간에 30 mm 이상이나 하루에 80 mm 이상의 비가 내릴 때, 연강수량의 10% 정도의 비가 하루 동안에 내릴 때를 말한다.
• **토네이도**: 토네이도(Tornado)는 미국 등지에서 여름에 주로 발생하는 강력한 바람의 일종으로, 폭풍의 중심 주위를 맴돌며 분다. 그 규모는 일반적인 회오리바람보다 훨씬 커 지름이 수백 m에 달하며, 많은 지역에 인명과 재산 피해를 입힌다. 풍속은 평균 300~800 km/h 정도로 알려져 있으며 규모는 각기 편차가 심하다. 토네이도는 F0부터 F5의 6개 등급으로 나누며, F5로 갈수록 위력이 강해진다.

확인하기

1. (1) 한랭 전선
(2) 정체 전선
(3) 온난 전선
(4) 폐색 전선

2. (1) A
(2) 시계 방향(남동풍 → 남서풍 → 북서풍)으로 변한다.

3. ① 등압선이 거의 원형이다.
② 등압선 간격이 매우 조밀하다.
③ 전선을 동반하지 않는다.
④ 중심 부근의 기압이 매우 낮다.

단원의 마무리

단원의 마무리

단원 평가

1. (1) 연약권 (2) 판게아
(3) 대륙 이동설 (4) 암석권
(5) 진앙 (6) 지진 규모
(7) 표면파 (8) 순상 화산
(9) 화산력 (10) 수렴 경계
(11) 헤스 (12) 테일러스

2. 화산의 분출 형태와 화산체의 형태는 용암의 성질과 밀접한 관계가 있다. 용암의 성질을 지배하는 중요한 요소는 용암의 SiO_2 함량, 용암의 온도, 기체의 함량이며, 이들 요소에 따라 용암의 점성과 유동성이 달라진다. 용암의 SiO_2 함량이 적고 용암의 온도가 높으며, 기체의 함량이 적은 용암은 점성이 낮아 유동성이 크다. 이러한 용암을 현무암질 용암이라고 한다. 이 용암의 화산 분출 형태는 유출형이며, 화산체의 형태는 경사가 완만한 순상 화산이다. 이에 반해 용암의 SiO_2 함량이 많고 용암의 온도가 낮으며 기체의 함량이 많은 용암은 점성이 커 유동성이 작다. 이러한 용암을 안산암질 용암과 유문암질 용암이라고 한다. 이들 용암의 화산 분출 형태는 폭발형이며, 화산체의 형태는 경사가 급한 성층 화산이거나 또는 종상 화산이다.

3. (가) 지역

해설 (가) 지역의 하부에 강이 흐르고 있으며, 강물의 침식 작용에 의해 지층의 하부가 계속 깎여나가면 지층의 경계면들이 강쪽 방향으로 기울어져 있어 쉽게 미끄러져 내리기 때문에 (가) 지역이 (나) 지역보다 사태가 일어날 가능성이 더 크다.

4. ㄱ→ㄷ→ㄴ→ㄹ

해설 우리나라는 온대 저기압이 오기 전에는 찬 공기 아래 놓여 있으므로 기온이 낮고 기압이 높으며 남동풍이 분다. 온난 전선이 오면 층운형 구름이 생기면서 넓은 지역에 비가 내리고 풍향은 남서풍으로 바뀐다. 온난 전선이 통과한 후에는 따뜻한 공기가 들어오므로 기온이 높고 기압이 낮아지며, 맑은 날씨가 한동안 계속된다. 이어서 한랭 전선이 다가오면 적란운이 생기면서 천둥과 번개를 동반한 소나기가 좁은 지역에 내린다.

5. ③

해설 온대 저기압에서는 온난 전선과 한랭 전선을 동반하나, 열대 저기압에서는 전선이 없다.

6. ㄹ→ㄱ→ㄴ→ㄷ

해설 ㄹ. 토네이도(미규모)<ㄱ. 해륙풍(중간 규모)<ㄴ. 태풍(종관 규모)<ㄷ. 계절풍(지구 규모)

7. ②

해설 ① 소나기, ③ 우박, ④ 돌풍, ⑤ 번개 등은 모두 한랭 전선이 통과할 때 뇌우와 함께 나타나는 기상 현상이다.

단원 평가

1 다음 ( ) 안에 알맞은 말을 보기에서 찾아 써넣어라.

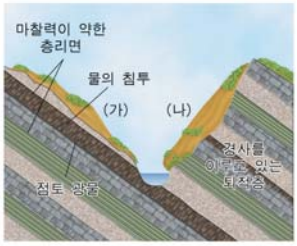
보기

연약권, 대륙 이동설, 판게아, 해저 확장설, 암석권, 판, 진앙, 쓰나미, 지진 규모, P파, S파, 표면파, 순상 화산, 화산재, 화산력, 테일러스, 타포니, 발산 경계, 수렴 경계, 변환 단층 경계, 베게너, 헤스

(1) 암석권 아래에 있는 유동성을 가진 상부 맨틀 ( )
(2) 고생대 말 지구상의 모든 대륙이 합쳐져 형성된 초대륙 ( )
(3) 대륙이 정지되어 있지 않고 이동한다는 학설 ( )
(4) 지각과 상부 맨틀로 이루어진 지구의 겉부분 ( )
(5) 진원의 바로 위에 있는 지표면의 지점 ( )
(6) 지진 발생 시 방출되는 에너지의 규모 ( )
(7) 지진파 중 가장 큰 피해를 입히는 지진파 ( )
(8) 경사가 매우 완만한 화산체 ( )
(9) 화산 폭발 시 하늘 높이 분출되었다가 다시 지표로 떨어지는 암편이나 고화된 용암 ( )
(10) 해양판이 대륙판 밑으로 비스듬하게 섭입하는 판의 경계 ( )
(11) 해저 확장설을 처음 주장한 학자 ( )
(12) 물의 동결 작용에 의해 잘게 부서진 암석 파편들이 산사면에 부채 모양으로 쌓인 퇴적물 ( )

2 화산의 분출 형태와 화산의 형태를 결정짓는 요소를 설명하여 보자.

3 오른쪽 그림에서 (가) 지역과 (나) 지역의 사면 중 사태가 일어날 가능성이 높은 곳이 어디이며, 그 까닭은 무엇인지 설명하여라.



154 | Ⅱ. 생동하는 지구

4 다음 〈보기〉는 온대 저기압의 중심이 우리나라를 통과할 때의 날씨 변화를 설명한 것이다. 이러한 날씨 변화를 순서대로 나열하라.

보기

ㄱ. 층운이 생기면서 이슬비가 내린다.
ㄴ. 날씨가 한동안 맑다.
ㄷ. 바람이 남동풍에서 남서풍으로 바뀐다.
ㄹ. 적란운이 생기면서 소나기가 내린다.

5 온대 저기압과 열대 저기압을 비교한 것으로 옳지 않은 것은?

	온대 저기압	열대 저기압
① 발생 장소	한대 전선대	열대 해상
② 이동 경로	서 → 동	포물선 경로
③ 전선	온난, 한랭 전선	폐색 전선
④ 중심 기류	상승 기류	하강 기류
⑤ 에너지원	위치 에너지 감소	수증기 잠열

6 다음 〈보기〉의 기상 현상을 규모가 작은 것부터 순서대로 나열하라.

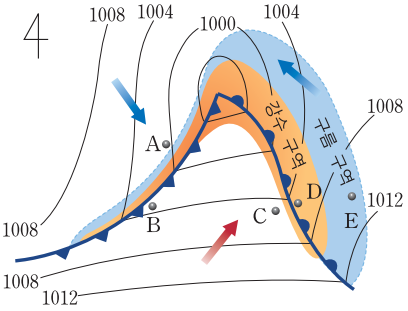
보기

ㄱ. 해륙풍　　ㄴ. 태풍
ㄷ. 계절풍　　ㄹ. 토네이도

7 다음 중 뇌우와 동반되어 나타나는 기상 현상이라고 볼 수 없는 것은?

① 소나기　② 해일　③ 우박
④ 돌풍　⑤ 번개

9. 그림은 우리나라 부근의 일기도에 나타난 저기압의 모습을 모식화한 것이다.



A~E 지역의 날씨에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A : 소나기가 그치고 서쪽으로부터 개기 시작하였다.
② B : 서쪽으로부터 구름이 몰려오기 시작하였다.
③ C : 오랫 동안 내리던 비가 그치고 맑아지기 시작했다.
④ D : 남동풍이 불고 이슬비가 내리기 시작했다.
⑤ E : 점차 기압이 높아지고, 동쪽으로부터 구름이 몰려오기 시작하였다.

해설 A는 한랭 전선이 지나간 곳이므로 소나기가 그치고 서쪽으로부터 맑은 구역이 나타나기 시작한다.

B는 한랭 전선의 바로 앞부분이므로 현재는 남서풍이 불고 맑은 날씨이지만, 한랭 전선이 다가옴에 따라 서쪽으로부터 구름이 다가오고 북서풍과 함께 소나기가 내릴 것이다.

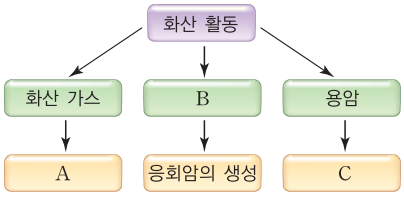
C는 온난 전선이 지나간 곳이므로 지속적이었던 이슬비가 그치고 맑은 날씨가 시작된다.

D는 온난 전선의 앞부분이므로 현재는 이슬비가 내리고 있다.

E는 현재는 비가 내리지 않고 있지만 구름의 높이가 점점 낮아져 얼마 후 이슬비가 내리기 시작한다. 정답 ⑤

추가 문제

8. 그림은 화산 활동으로 발생한 화산 분출물에 의해 나타나는 자연 현상의 변화를 나타낸 것이다.



A~C에 적합한 내용을 바르게 짝지은 것은?

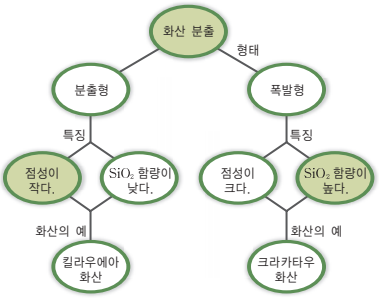
	A	B	C
①	지형의 변화	화산력	대기 성분의 변화
②	지형의 변화	화산재	기후의 변화
③	기후의 변화	화산탄	대기 성분의 변화
④	대기 성분의 변화	화산재	지형의 변화
⑤	대기 성분의 변화	화산탄	기후의 변화

해설 A. 화산 가스는 수증기가 대부분이며 그 외에 이산화탄소, 이산화황, 황화수소 등이 포함되어 있는데, 이 성분들이 대기 중으로 날아가 대기 성분을 변화시킨다.
B. 화산 쇄설물 중 화산재는 지표에 쌓여 굳어져 응회암을 생성한다.
C. 용암은 암석이나 화산체를 이룸으로써 지형의 변화를 일으킨다.

정답 ④

창의력 평가

1.



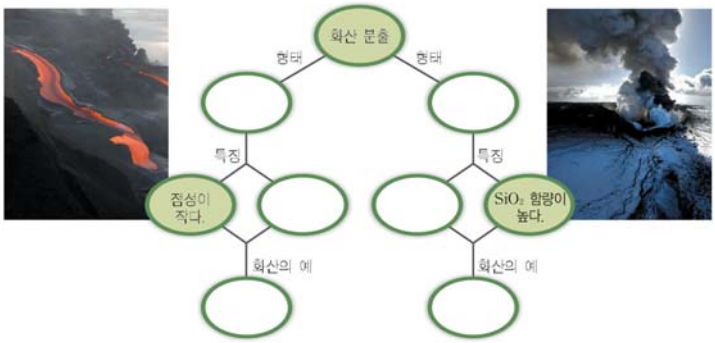
2. 일본은 태평양판이 유라시아 판 아래로 섭입하는 경계부에 위치하여 있기 때문에 지진과 화산 활동이 활발하지만, 우리나라는 판의 경계부에서 비교적 멀리 떨어져 있기 때문에 지진과 화산 활동이 매우 약하다.

3. 시베리아 기단의 남하에 따른 기단의 변질로 설명해 보자.

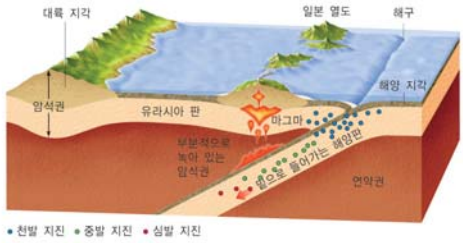
4. 태풍 진행 방향의 오른쪽 반원을 위험 반원, 왼쪽 반원을 안전 반원이라고 하는 이유를 생각해 보자.

창의력 평가

1 화산은 분출 형태에 따라 나눌 수 있다. 아래 빈칸에 적당한 단어를 써넣어라.



2 우리나라와 일본은 유라시아 판에 속해 있지만, 일본은 지진과 화산 활동 등 지각 변동이 심하고 우리나라는 그렇지 않다. 그 이유가 무엇인지 다음 그림을 참고하여 판 구조론 입장에서 설명하여 보자.



3 겨울철 한파가 내습할 때 우리나라 호남 해안 지방에는 폭설이 내리는 경우가 있다. 이러한 폭설은 어떻게 설명할 수 있을까?

4 오른쪽 그림은 2002년 여름에 우리나라를 통과한 태풍 루사의 진행 경로를 나타낸 것이다. 당시 태풍 진행 방향의 오른쪽에 위치한 부산을 포함한 경상도 지역의 피해가 왼쪽에 위치한 서울, 경기 지역에 비해 컸던 까닭은 어떻게 설명할 수 있을까?



추가 문제

5. 다음은 2010년 9월 2일자 언론 보도이다.

> 대전 지방 기상청은 2일 오전 1시를 기해 대전과 충남 지역에 태풍 주의보와 태안, 당진, 서산, 보령, 서천, 홍성 등 도내 서해안 6개 시·군에 폭풍 해일 주의보를 각각 발효한다고 밝혔다.
>
> 대전과 충남 지역은 제7호 태풍 곤파스'의 북상으로 초속 14~24 m의 강한 바람이 불고, 2일 밤까지 60~150 mm, 많은 곳은 300 mm 이상의 비가 더 내릴 것으로 예상되고 있다. 1일 자정까지 이 지역은 강한 바람과 함께 5~4 mm의 강우량을 보였다.또 도내 서해안 시군에는 초속 16~30 m의 강한 비바람이 불고 4~6 m의 높은 파도가 일 것으로 예상되고 있으며, 특히 보령 지역의 만조 시각(2일 오전 8시 2분) 예상 조고가 5 m 25 cm 이상 될 것으로 예측되고 있다.
>
> 대전 지방 기상청은 앞서 1일 자정을 기해 충남 북부, 남부 앞바다에 태풍 주의보를 발효하고 서해 중부 먼 바다에 내린 풍랑 주의보도 태풍 주의보로 대치했다.
>
> (2010-09-02, OO 뉴스)

태풍이 불 때 서해안이나 남해안에서는 종종 해일에 의한 피해가 나타나기도 한다. 태풍으로 인해 해일이 일어나는 이유는 무엇일까?

폭풍 해일의 원인으로는 다음과 같은 요소를 들 수 있다.

① 태풍 또는 강한 저기압권 안팎의 기압차에 의하여 해면이 정역학적(靜力學的) 균형을 유지하기 위하여 부풀어 오른다. 그 높이는 cm로 나타내면 권외와의 기압차 ΔP(hPa)의 수치와 거의 일치한다.

과학 글쓰기

다음은 번개와 천둥에 대한 이야기이다.

번개와 천둥은 대체로 여름철에 시커먼 먹구름이 몰려와 소나기가 내릴 때 자주 경험하는 현상이지만, 가끔 봄이나 가을철에도 발생한다.

번개는 대기에서 일어나는 방전 현상으로 구름과 지표 사이에서 또는 구름 속에서 전류가 흐르는 현상을 말한다. 이러한 방전 현상을 일으키는 구름은 적란운이다. 적란운은 흔히 소나기나 우박을 내리게 하는 구름으로서 지표면 위의 공기가 많이 가열되어 강하게 상승할 때나 찬 공기가 갑자기 밀려와 따뜻한 공기를 밀어 올릴 때(한랭 전선) 생기는 구름이다. 적란운의 밑바닥은 거의 지표면까지 닿아 있고 높이는 보통 6~8 km까지 솟아 있다. 적란운은 대개 타원형인데 긴지름이 60 km 정도, 짧은 지름이 40 km 정도이며, 소나기가 내리는 곳은 지름 10 km 정도의 범위이다.

적란운 속의 공기는 매우 심하게 상승 하강하는데, 이때 구름 속의 물방울이나 얼음 알갱이도 상승 또는 하강하면서 서로 부딪쳐 작은 알갱이로 분열된다. 분열된 물방울이나 얼음 알갱이는 전기를 띠는데, 구름의 위쪽에 있는 알갱이들은 (+) 전기를, 구름의 아래쪽에 있는 알갱이들은 (−) 전기를 띤다. 이렇게 전기를 띤 구름은 보통 10~100만 V의 전압 차이를 가지며, 구름과 (+) 전기를 띤 지표면 사이에는 1~ 10억 V의 전압 차이가 생긴다. 그러면 이러한 전압 차이에 의해서 구름의 위아래 사이에서 순간적으로 방전이 일어나 전류가 흐르거나, 구름과 지표면 사이에서 방전이 일어나 전류가 흐르게 되는데, 이러한 순간적인 전류의 흐름을 번개라고 한다. 그리고 이 순간 전류는 엄청난 열을 발생하는데, 이 열이 주위 공기를 급격히 팽창시킨다. 급격히 팽창한 공기는 다시 급격히 압축되면서 소리를 내게 되는데 이 소리가 천둥이다.

사람들은 보통 갑작스럽게 '번쩍' 하는 빛을 보고 '우르릉 쾅쾅' 하는 소리를 듣고 '번개가 치고 천둥이 울린다'고 말한다. 그런데 이 말은 사람들을 가끔 오해하게 만든다. 즉, 번개가 친 후에 천둥이 울린다고 생각하는데, 실은 번개와 천둥이 따로 생기는 것이 아니라 동시에 발생하는 것이다. 우리가 번개를 보고 천둥소리를 몇 초 후에 듣는 이유는 빛과 소리의 속도 차이 때문이다. 소리의 속도는 보통의 기온(15 ℃)에서 340 m/s이고, 빛의 속도는 30만 km/s이다. 따라서 번개는 거의 발생하는 순간에 볼 수 있지만, 소리는 우리의 귀에 전파하여 오기까지 몇 초가 걸리므로 항상 번개가 친 후에 천둥소리를 듣게 되는 것이다.



1 적란운은 어떤 구름이며, 어느 때 생기는가?

2 번개와 천둥은 왜 생기는지 글로 써 보자.

3 번개와 천둥은 동시에 발생하지만 우리는 번개를 먼저 본 후 천둥 소리를 나중에 듣는다. 그 까닭은 무엇인지 글로 써 보자.

즉 중심 기압 960 hPa의 태풍인 경우는 중심 부근의 해면은 권외에 비하여 1010−960=50(cm)쯤 높아진다.

② 정역학적으로 부풀어 오른 해면의 모양은 태풍의 이동과 더불어 진행하는데, 그 속도가 해면에서의 너울의 속도에 가까운 경우에는 공명 작용(共鳴作用)에 의하여 더 부풀어 오른다. 공명 작용에는 만(灣)의 파도의 특성도 관계가 있다.

③ 폭풍 때문에 해수가 해안에 밀려와 해면이 높아진다. 이들 기상의 원인에 의한 해수면의 변화를 기상 조석이라고 한다. 실제로 폭풍 해일은 기상 조석에 천문 조석(태풍이 내습하는 시간과 만조가 겹치면 해수면은 더 높아진다) 및 풍랑의 작용이 더해진 것이다.

과학 글쓰기

1. 적란운은 흔히 소나기나 우박을 내리게 하는 구름으로서, 지표면 위의 공기가 많이 가열되어 강하게 상승할 때나 찬 공기가 갑자기 밀려와 따뜻한 공기를 밀어올릴 때(한랭 전선) 생기는 구름이다.

2. 적란운 속의 공기는 매우 심하게 상승 또는 하강하는데, 이때 구름 속의 물방울이나 얼음 알갱이도 상승 · 하강하면서 서로 부딪쳐 작은 알갱이로 분열된다. 분열된 물방울이나 얼음 알갱이는 전기를 띠는데 구름의 위쪽에 있는 알갱이들은 (+) 전기를, 구름의 아래쪽에 있는 알갱이들은 (−) 전기를 띤다. 이렇게 전기를 띤 구름의 위쪽과 아래쪽에 생긴 전압 차이에 의해서 구름의 위아래 사이에서 순간적으로 방전이 일어나 전류가 흐르거나 구름과 지표면 사이에서 방전이 일어나 전류가 흐르게 되는데, 이러한 순간적인 전류의 흐름을 번개라고 한다. 그리고 이 순간 전류는 엄청난 열을 발생시키는데, 이 열이 주위 공기를 급격히 팽창시킨다. 급격히 팽창한 공기는 다시 급격히 압축되면서 소리를 내게 되는데 이 소리가 천둥이다.

3. 번개를 보고 천둥소리를 몇 초 후에 듣는 이유는 빛의 속도(30만 km/s)와 소리의 속도(약 340 m/s)차이 때문이다. 따라서 번개는 거의 발생하는 순간에 볼 수 있지만 소리는 우리의 귀에 전파하여 오기까지 몇 초가 걸리므로 항상 번개가 친 후에 천둥소리를 듣게 되는 것이다.

지필 평가

01 지진의 분포와 깊이에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

① 지진은 일정한 지역을 따라 띠를 이루며 발생한다.
② 발산 경계에서는 주로 천발 지진이 발생한다.
③ 섭입 경계에서는 주로 심발 지진이 발생한다.
④ 2011년 3월 동일본 태평양에서 일어난 규모 9.0의 지진은 해양판이 대륙판의 경계부에서 발생하였다.
⑤ 지진의 분포와 깊이를 통해 판의 형태를 알 수 있다.

정답 ③ 해설 섭입 경계에서는 천발, 중발 및 심발 지진 모두가 발생한다.

02 다음 〈보기〉와 같은 지형과 지각 변동이 일어나는 판의 경계는?

보기
해구, 화산호, 심발 지진, 성층 화산, 지각 소멸

① 대륙판과 대륙판 ② 해양판과 대륙판
③ 변환 단층 경계 ④ 해령(발산 경계)
⑤ 해양판과 해양판(섭입 경계)

정답 ② 해설 해양판이 대륙판 밑으로 섭입될 때 해구가 생성되고, 생성된 마그마는 해구와 나란하게 대륙판에 화산이 분출하여 화산호를 형성하며, 이때 생성된 화산은 성층이다. 또한 해양판이 대륙판 밑으로 섭입되기 때문에 지각이 소멸되며 천발, 중발 및 심발 지진이 발생한다.

03 풍화 작용에 의해 생성된 산물이나 지형을 설명한 것 중 옳은 것은?

① 고령토는 장석류가 가수 분해를 받아 생성된다.
② 테일러스(너덜겅)는 나무뿌리가 암석을 깨뜨려 생성된다.
③ 해안 절벽에 발달된 타포니는 해수의 침식 작용에 의해 생성된다.
④ 카르스트 지형은 추운 지역에 분포하는 사암 지대에 널리 발달된다.
⑤ 넓게 노출된 화강암에 발달된 수평 절리는 마그마의 수축 작용에 의해 생성된다.

정답 ① 해설 ② 테일러스(너덜겅)는 물의 동결 작용에 의해 생성된다.
③ 해안 절벽을 이루는 암석은 해수의 염의 풍화 작용에 의해 생성된다.
④ 카르스트 지형은 석회암 지역에 발달되며, 기온이 비교적 높은 지역이다.
⑤ 넓게 노출된 화강암에 발달된 수평 절리는 화강암 위에 놓인 암석이 풍화와 침식 작용에 의해 제거됨에 따라 압력이 감소하기 때문에 생성된다.

04 화산 쇄설물이 빗물이나 눈이 녹은 물이 혼합되어 낮은 지대로 빠르게 흘러내리는 흐름은?

① 홍수 ② 화산재 흐름 ③ 화산 이류
④ 용암류 ⑤ 쓰나미

정답 ③ 해설 화산 쇄설물이 두껍게 쌓인 곳에 태풍이나 장기간 비가 내리면 빗물과 화산 쇄설물이 혼합되어 빠르게 흘러내리는 것을 화산 이류 또는 라하르라고 한다.

05 산의 경사지에 사는 나무가 오른쪽 그림과 같이 기울어지는 현상을 무엇이라고 하는가?



① 암석 낙하
② 함몰 사태
③ 미끄럼 사태
④ 포행
⑤ 외계 천체와 충돌

정답 ④ 해설 포행은 산의 경사면에 발달된 풍화토나 연약한 지층의 중력에 의해 매우 느리게 흘러내리는 현상이며, 이러한 경사면에 사는 나무는 비슷하게 기울어지게 된다.

06 겨울철 우리나라 서해안과 도서 지방에 눈이 자주 내리는 현상의 원인으로 가장 관련 있는 것은?

① 시베리아 기단의 변질 ② 북태평양 기단의 변질
③ 이동성 고기압의 통과 ④ 온대 저기압의 발달
⑤ 엘니뇨의 발생

정답 ① 해설 시베리아 기단이 서해를 지나 우리나라 쪽으로 이동하는 경우, 따뜻한 해수면에 의해 기단의 하층부가 가열되고 수증기를 공급받아 기단이 불안정해지면서 두꺼운 구름을 만들게 된다. 이로 인해 겨울철에 충청 · 호남 · 서해안 지방에 눈이 많이 내리게 된다.

07 온대 저기압에 발달하는 한랭 전선과 온난 전선에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 한랭 전선은 온난 전선보다 전선면의 기울기가 작다.
② 한랭 전선 전면에서는 소나기가 내린다.
③ 온난 전선이 통과하면 기온이 올라간다.
④ 온난 전선 전면에서는 소나기가 내린다.
⑤ 한랭 전선 후면에서는 북동풍이 분다.

정답 ③ 해설 온난 전선은 따뜻한 공기가 찬 공기 쪽으로 이동하면서 만들어진다. 따라서 온난 전선의 후면에는 따뜻한 공기가 있으므로, 온난 전선이 통과하면 기온은 상승한다.

08 다음 중 우리나라의 주요 악기상에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 뇌우는 주로 강한 상승 기류에 의해 발달한 적란운에서 발생한다.
② 우박은 구름 속의 눈 결정이 성장하여 만들어진 것이다.
③ 집중 호우는 지속 시간이 수십 분~수 시간 정도이며, 비교적 좁은 지역에 집중적으로 내린다.
④ 눈이 많이 오는 지역의 시설물은 안정성을 충분히 고려하고 눈이 잘 미끄러져 내리도록 설치하여야 한다.
⑤ 강풍이나 돌풍은 지상의 따뜻한 공기와 상층의 차가운 공기가 부딪치는 봄철에 자주 발생한다.

정답 ② 해설 우박은 눈의 결정 주위에 차가운 물방울이 얼어붙어 땅 위로 떨어지는 얼음 덩어리이다. 우박은 강한 상승 기류가 있는 적란운 내에서 기류를 타고 상승과 하강을 여러 차례 반복하며 성장하였기 때문에, 핵을 중심으로 투명한 얼음층과 불투명한 얼음층이 번갈아 싸고 있는 층상 구조를 보인다.

09 태풍에 관한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 중심 풍속이 34 m/s 이상인 열대 저기압이다.
② 반시계 방향으로 도는 거대한 대기의 소용돌이이다.
③ 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다.
④ 가장자리와 중심 부근의 기압 차이는 60 hPa 정도이다.
⑤ 진행 방향을 기준으로 태풍의 오른쪽이 왼쪽보다 바람이 강하다.

정답 ① 해설 태풍은 중심 풍속이 17 m/s 이상인 열대 저기압이다.

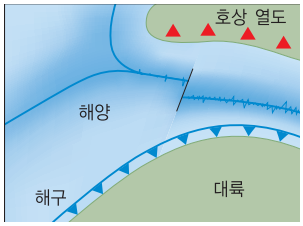
10 세계의 표층 해류에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 북태평양 해류와 남극 순환류는 편서풍의 영향을 받는다.
② 북반구의 아열대 해역에서 시계 방향, 남반구는 반시계 방향으로 순환한다.
③ 북태평양 서안을 따라 북상하는 해류는 캘리포니아 해류이다.
④ 무역풍에 의해 적도에 나란하게 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 해류는 적도 해류이다.
⑤ 세계 주요 표층 해류의 분포는 대기 대순환에 의한 바람의 분포와 매우 유사하다.

정답 ③ 해설 북태평양 해류, 북대서양 해류, 남극 순환류는 편서풍에 의해 만들어지는 서풍 피류이다. 캘리포니아 해류는 북태평양의 동안을 따라 남하하는 한류이다. 북태평양의 서안을 따라 북상하는 해류는 쿠로시오 해류이다.

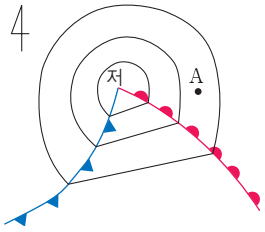
주관식 · 서술형 문제

11 오른쪽 그림에서 판의 수는 몇 개인지 쓰시오.



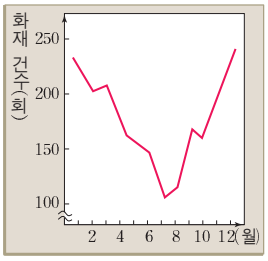
정답 5개 해설 대륙판 1개, 발산 경계를 따라서 해양판 3개, 호상 열도가 발달된 해양판 1개로 모두 5개의 판이 있다.

12 오른쪽 그림은 북반구 중위도 지방의 온대 저기압을 나타낸 것이다. 온대 저기압의 중심이 현재 위치에서 북동쪽으로 이동하는 경우 A 지점에서의 풍향은 시간이 지남에 따라 어떻게 변할 것인지 설명하시오.



정답 온대 저기압의 온난 전선 전면에서는 남동풍이, 온난 전선과 한랭 전선의 사이에서는 남서풍이, 한랭 전선의 후면에서는 북서풍이 분다. 따라서 온대 저기압의 이동에 따라 A 지점에서의 풍향은 '남동풍 → 남서풍 → 북서풍'으로 시계 방향으로 변한다.

13 오른쪽 그림은 어느 해 우리나라의 월별 화재 건수를 나타낸 것이다. 화재가 여름철에 비해 겨울철에 더 많이 발생하는 이유를 우리나라에 영향을 주는 기단과 관련지어 설명하시오.



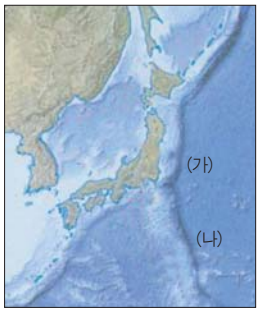
정답 우리나라의 여름철에는 북태평양 기단이, 겨울철에는 시베리아 기단이 영향을 미친다. 북태평양 기단은 고온 다습하고, 시베리아 기단은 한랭 건조하다. 따라서 건조한 기단이 영향을 미치는 겨울철에 화재가 더 많이 발생한다.

14 태풍은 육지에 상륙하거나 우리나라를 통과하는 경우 세력이 급속히 약화된 후 소멸한다. 그 이유를 태풍의 에너지원과 관련지어 설명하시오.

정답 태풍의 에너지원은 수증기의 응결열이다. 태풍이 유지되거나 성장하기 위해서는 지면으로부터 수증기와 열을 계속 공급받아야 한다. 육지에 상륙하는 경우에는 지면으로부터 수증기의 공급이 중단되고, 우리나라를 통과하는 경우도 해수면의 온도가 낮아서 수증기의 공급을 받지 못하게 되어 급속하게 세력이 약된 후 소멸한다.

| 판 구조론과 지각 변동 |

1 오른쪽 그림에서 (가)와 (나)는 서태평양 지역에 발달된 해구의 위치를 나타낸다. (단, 태평양판의 해저 지각의 나이는 (나) 지역이 더 많다.)



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)와 (나) 지역에서는 심발 지진만 일어난다.
ㄴ. 베니오프대의 기울기는 (가) 지역보다 (나) 지역에서 더 급하다.
ㄷ. 진앙의 분포는 (가) 지역보다 (나) 지역에서 더 분산되어 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 ② 해설 (가) 지역과 (나) 지역에서는 태평양판이 다른 판 밑으로 섭입하면서 해구가 발달되며 천발, 중발 및 심발 지진이 발생한다. 다만 (나) 지역의 태평양판의 나이가 많기 때문에 섭입되는 판의 무게가 (나) 지역에서 더 커 섭입되는 판의 기울기가 더 크다. 따라서 베니오프대의 기울기는 (나) 지역에서 더 급하고, 진앙의 분포는 (나) 지역이 (가) 지역보다 더 밀집된다.

| 판 구조론의 정립 |

2 다음의 인물들은 창의적인 발상으로 지질학 발전에 큰 업적을 남긴 학자들이다.


베게너 (Wegener, A. L.)


홈스 (Holmes, A.)


헤스 (Hess, H. H.)

이들 과학자들의 업적으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 베게너는 대륙 이동설을 주장하였다.
ㄴ. 홈스는 맨틀 대류설을 제안하였다.
ㄷ. 헤스는 판 구조론을 제안하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 ② 해설 1961년 미국의 헤스는 해저 확장설을 주장하였다.

| 화학적 풍화 작용 |

3 다음은 화학적 풍화 과정 중 석회암 지역에서 나타나는 용해 작용을 나타내는 화학식이다.

(가) $H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2CO_3$
물 이산화탄소 탄산

(나) $CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$
방해석 탄산 칼슘 이온 탄산수소 이온

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

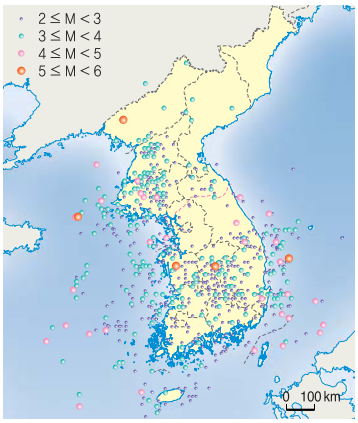
보기
ㄱ. (가)의 이산화탄소는 대기 중에서 유입되었다.
ㄴ. (나)의 방해석은 산성비에 의해 용해된다.
ㄷ. (나)의 작용으로 석회 동굴이 만들어진다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ⑤ 해설 석회암 지역에서는 산성비에 의해 석회암이 녹아 석회 동굴이 만들어진다.

| 우리나라의 지진 |

4 그림은 지난 30년간 우리나라에서 발생한 지진의 진앙을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

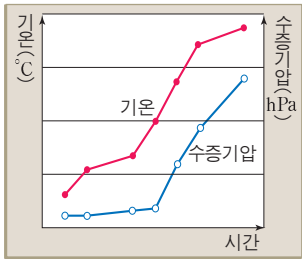
보기
ㄱ. 북한에서는 서부 지역인 황해도와 평안도 지역에서 비교적 많은 지진이 발생하였다.
ㄴ. 남한에서는 중부와 경상도 지역에서 비교적 많은 지진이 발생하였다.
ㄷ. 바다 쪽에서는 남해에서 지진이 많이 발생하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 ④ 해설 우리나라의 지진은 바다 쪽에서는 동해와 서해에서 많이 발생하였고, 특히 동해안을 따라 크고 작은 지진들이 많이 발생하였다.

| 기단의 변질 |

5 그림은 어느 기단이 발원지를 떠나 우리나라 쪽으로 이동하는 동안의 기온과 수증기압의 변화를 나타낸 것이다.



그림에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

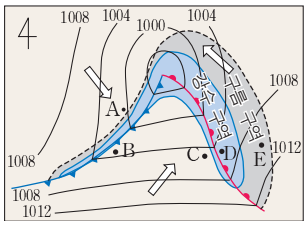
ㄱ. 이 기단은 바다에서 만들어졌으며 대륙을 지나왔다.
ㄴ. 이 기단은 우리나라를 향해 남쪽으로 이동해 왔다.
ㄷ. 이 기단이 접근함에 따라 점차 기층이 안정해진다.
ㄹ. 이 기단이 접근함에 따라 상승 기류가 발달하고 강수 현상이 일어난다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

정답 ④ 해설 ㄱ. 기단이 이동함에 따라 수증기압이 상승한다는 것은 건조한 기단이 수증기를 공급받았음을 의미한다. 따라서 대륙에서 만들어진 건조한 기단이 바다를 건너오면서 수증기를 공급받았다.
ㄷ. 시간에 지남에 따라 기온과 수증기압이 상승하므로 이 기단은 점차 불안정해지고 있다.

| 온대 저기압 |

6 그림은 우리나라 부근의 일기도에 나타난 저기압을 나타낸 것이다.



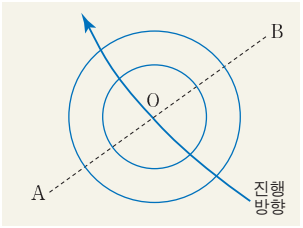
A~E 지역의 날씨에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A : 소나기가 그치고 서쪽으로부터 개기 시작하였다.
② B : 서쪽으로부터 구름이 몰려오기 시작하였다.
③ C : 오랫동안 내리던 비가 그치고 맑아지기 시작하였다.
④ D : 남동풍이 불고 이슬비가 내리기 시작하였다.
⑤ E : 점차 기압이 높아지고, 동쪽으로부터 구름이 몰려오기 시작하였다.

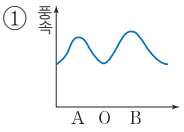
정답 ⑤ 해설 E는 현재는 비가 내리지 않고 있지만 구름의 높이가 점점 낮아져 얼마 후 이슬비가 내리기 시작하며, 기압도 점차 낮아진다.

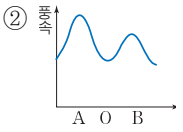
| 태풍 |

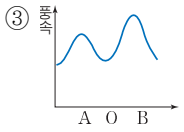
7 그림은 북반구에서 태풍이 발생하여 이동하는 것을 모식적으로 나타낸 것이다.

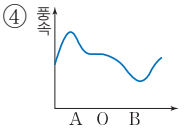


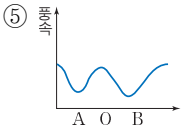
A~B 단면을 따라 표시한 풍속의 분포로 옳은 것은?

① 

② 

③ 

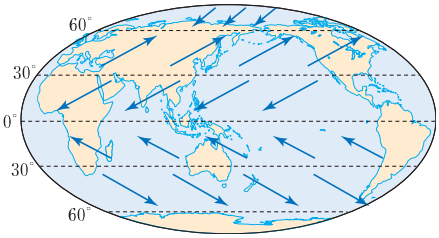
④ 

⑤ 

정답 ③ 해설 태풍의 중심부에는 '태풍의 눈'이 있다. 태풍의 눈은 풍속이 약하고 하강 기류가 발달한다. 태풍의 진행 방향에 대해 오른쪽은 위험 반원, 왼쪽은 가항(안전) 반원이다. 풍속은 가항 반원보다 위험 반원에서 더 크다.

| 대기 대순환 |

8 그림은 대기 대순환의 모습을 나타낸 것이다.



그림에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

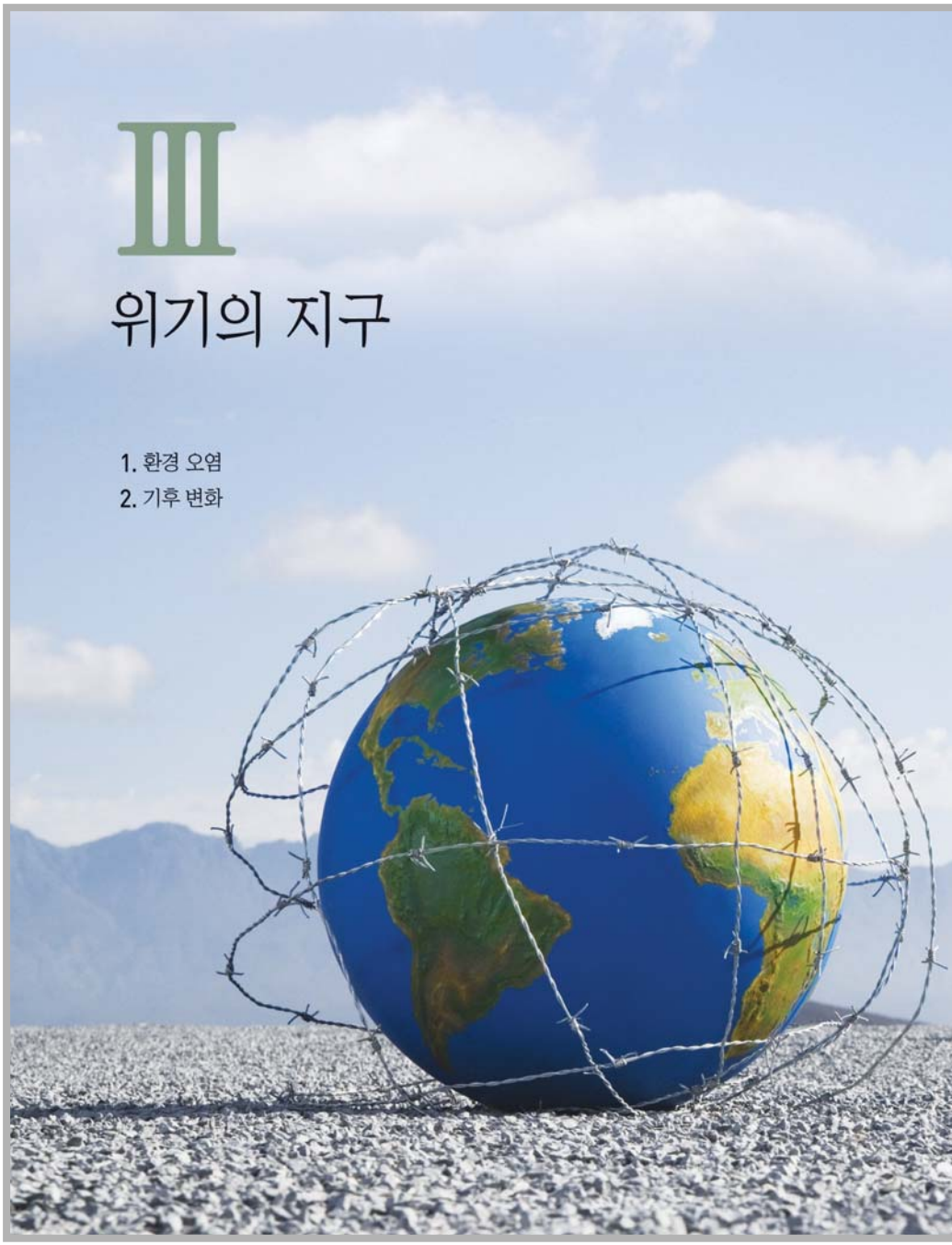
보기

ㄱ. 적도 부근에서는 지표면을 따라 공기가 수렴한다.
ㄴ. 위도 30° 부근의 대륙에서는 상승 기류에 의해 사막이 발달한다.
ㄷ. 위도 60° 부근에서는 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나 전선이 발달한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 ④ 해설 ㄴ. 위도 30° 부근의 지표에서는 하강 기류에 의한 공기의 발산이 일어난다. 이로 인해 30° 부근의 대륙에서는 건조 기후가 나타나고 사막이 발달한다.

Ⅲ 위기의 지구



단원의 길잡이

이 단원에서는 지구가 겪고 있는 위기를 환경 오염과 기후 변화로 구분하여 다룬다.

단원의 교육 과정

1장 환경 오염

1. 대기 오염, 해양 오염, 토양 오염, 수질 오염 등 각종 지구 환경 오염이 발생하는 과정을 과학적으로 이해한다.
2. 다양한 환경 오염의 결과로 나타나는 심각한 피해 사례를 조사한다.

2장 기후 변화

1. 지구의 역사를 통하여 기후가 어떻게 변해 왔는지를 알고, 고기후 연구 방법을 설명할 수 있다.
2. 기후 변화의 원인을 설명하는 여러 가지 가설을 이해한다.
3. 지구 온난화를 지구 열 수지와 관련지어 이해한다.
4. 엘니뇨, 해수면 상승, 오존 홀, 사막화, 황사 등과 같은 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.
5. 인간의 활동에 의한 지구 환경 변화의 사회적, 경제적 영향을 알고, 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력들을 알아본다.

단원의 학습 계열

전에 배운 내용		이 단원의 내용
'제7차 교육과정'에서는 3학년의 '맑은 날, 흐린 날', 5학년의 '날씨 변화', 6학년의 '일기 예보'에서 배운 내용 '2007 개정 교육과정'에서는 3학년의 '날씨와 우리 생활', 6학년의 '날씨의 변화', '계절의 변화', 9학년의 '대기의 성질과 일기 변화', '해수의 성분과 운동', 10학년의 '지구계' 등에서 배운 내용 '2009 개정 과학과 교육과정' 중 '과학'의 '에너지와 환경'의 내용	➡	**1장 환경 오염** 1. 환경 오염의 발생 과정 2. 환경 오염으로 인한 피해 3. 우주 쓰레기 **2장 기후 변화** 1. 과거의 기후 변화 2. 기후 변화의 원인 3. 지구 온난화 4. 지구 환경의 변화 5. 지구 환경 보존을 위한 노력



앞으로 배울 내용

'지구 과학 Ⅱ'의 '대기와 해양의 운동과 상호 작용'을 학습하는 데 전반적으로 기여

➡

단원 지도상의 유의점

1. 환경 오염을 다룰 때에는 실제로 주변에서 발생하는 사례와 실제적인 자료를 활용하여 학생들의 흥미를 유발하고, 학생들에게 유의미하다는 느낌을 줄 수 있게 한다.
2. 'Ⅱ. 생동하는 지구' 단원에 있는 황사를 일반적인 기상 현상으로서 보았다면, 이 단원에서는 인간 활동에 의한 지구 환경 변화의 일부라는 관점으로 원인과 변화하는 양상, 그 피해와 대책을 중점으로 다룬다.

참구 문헌 및 누리집

- 지구의 이해, 조석주 외, 시그마프레스, 2009
- 인터넷 지구라는 행성, 최진범 외, 춘광, 2000
- 푸른 행성(지구환경과학 개론), 소칠섭 외 역, 시그마프레스, 2000
- 지구과학개론, 한국지구과학회, 교학연구사, 2000
- 고등학교 고급 지구과학, 한국교원대학교 과학교육 연구소, 천재교육, 2006
- 쉽게 풀어보는 기후 변화 협약, 이연상, 한울, 2008
- 기후 변화와 지구 환경, 니노미야 고조, 진한엠엔비, 2010
- 대기오염 개론(환경시리즈 5), 오광중 외, 동화기술, 2004
- 기후 변화 핸드북, 기상청, 2010
- 수질 오염 개론, 김좌관, 동화기술, 2010
- 토양과 지하수 오염 대책, 배계선 외 역, 21세기사, 2004
- 지구 온난화와 그 영향과 예방, 박헌렬, 우용출판사, 2003
- Earth Science, Tarbuck, Lutgens, Tasa, Prentice Hall, 2009
- Natural Hazards & Disasters, Holmes, Warn, Trans－Atlantic Pubns, 2008
- Long Thaw, Archer, Princeton, 2008

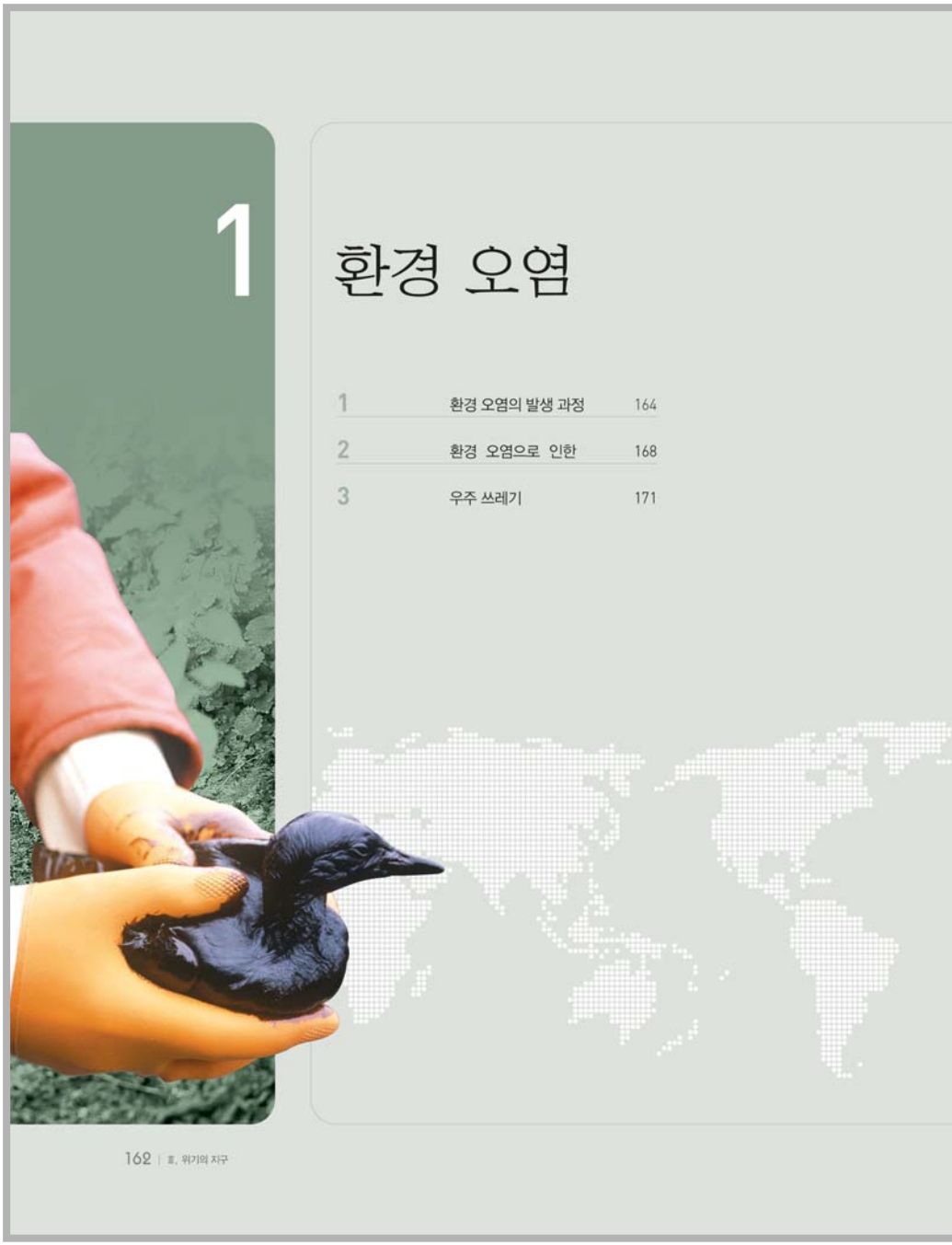
1 환경 오염

중단원의 학습 목표

1. 대기 오염, 해양 오염, 토양 오염, 수질 오염 등 각종 지구 환경 오염이 발생하는 과정을 과학적으로 이해한다.
2. 다양한 환경 오염의 결과로 나타나는 심각한 피해 사례를 조사한다.
3. 에너지의 순환 및 물질 교환의 관점에서 지구계를 구성하는 각 권의 상호 작용을 이해한다.

중단원의 흐름

이 장에서는 환경 오염을 지구의 네 가지로 구분하고 각각의 오염원과 오염이 발생하는 과정, 그리고 피해 사례와 그 심각성을 다룬다. 더불어 우리나라의 본격적인 우주 탐사 시대를 맞아 우주의 오염에 대해서도 새롭게 인식하고, 나를 둘러싼 환경을 지구뿐 아니라 우주에까지 확장시킬 수 있는 넓은 시야를 갖게 한다.



중단원의 지도 계획

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
1 환경 오염의 발생 과정	3	1 대기 오염	44~46	pp. 165~166	■ 대기, 해양, 토양, 수질 등의 오염 원인과 해결 방안	조사 및 토론
		2 해양 오염		p. 166		
		3 토양 오염		pp. 166~167		
		4 수질 오염		p. 167		
2 환경 오염으로 인한 피해	2		47~48	pp. 168~170	■ 환경 오염 물질의 확산 과정과 환경 오염의 피해 사례	조사 및 탐구 토론
3 우주 쓰레기	2		49~50	pp. 171~172	■ 우주 쓰레기의 종류와 증가 원인, 우주 쓰레기의 제거 방법	
중단원 마무리				p. 173		

2007년 12월 7일 오전 7시경 충남 태안군 만리포 북서방 5마일 해상에 정박 중인 15만 톤급 유조선 '허베이 스피리트호'를 작업 중이던 해상 크레인이 충돌하였다. 이 사고로 1995년 여수에서 발생한 '시프린스호' 원유 유출 사고 당시 유출된 원유보다 2.5배나 많은 1만 2547 kL가 바다로 흘러들었다. 서산 가로림만에서 태안 안면도까지 167 km의 해안선이 기름에 오염되었으며 굴 · 바지락 · 김 양식장 50 km^2, 15개 해수욕장 59개 섬이 직접적인 피해를 입었다. 정부는 사고 직후 태안과 보령, 서천 등 인근 6개 시 · 군을 특별 재난 지역으로 선포하였다.

자원 봉사자 수는 하루 평균 1만여 명이었으며, 2008년 12월 21일까지 연인원 100만 명이 방제 작업을 벌였지만 이 지역 해양 생태계가 완전 복구되기까지 최소 10년 이상이 걸릴 것이라는 전망이다.





생각 열기

해양에서의 기름 유출은 해양 생태계에 어떤 영향을 미치게 될까?

중단원 지도 방향

1. 산업화 및 자동차 매연 등으로 인한 대기 오염, 유조선 기름 유출 및 쓰레기 등에 의한 해양 오염, 가축 배설물 및 농약 등에 의한 토양 오염, 지하수를 포함한 강이나 하천에서 수질 오염이 발생하는 과정을 구분지어 다루되, 오염원이 중복되는 부분은 상호 작용의 관점에서 이해하게 한다.
2. 최근 사례를 중심으로 대기 오염, 해양 오염(예: 태안 기름 유출 사고), 토양 오염, 수질 오염의 실제 피해를 조사하게 하여 환경 오염이 지구 환경에 미치는 심각성을 인식시킨다.
3. 우주 쓰레기의 종류와 우주 개발 과정에서 필연적으로 발생하는 크고 작은 우주 쓰레기의 증가 원인을 파악하고, 이들이 우리에게 가져올 수 있는 위험성을 인식시킨다.

생각 열기

첫째 : 가장 치명적인 것으로 공기와 해수의 공기 유통을 막아 해수의 용존 산소량을 감소시켜 물고기들을 폐사시킨다.

둘째 : 기름의 성분이 오랫 동안 바다에 잔류함으로써 좋지 않은 성분(유황)이 생물체 내에 축적되어 동식물의 성장에 피해를 끼친다.

셋째 : 기름 성분 중 수용성 성분이 물에 녹아들어 수질을 오염시킨다. 이로 인해 생물의 건강에 악형향을 미친다.

태안 반도 기름 유출 사건 그 후 3년

생태지평연구소가 한국해양연구원의 의뢰로 2009년과 2010년에 실시한 '유류 오염 지역 모니터링'에 따르면, 학암포~파도리 해수욕장 44 km 구간에서 걸쭉한 상태의 기름과 유막이 다수 확인됐다. 특히 개목항, 구름포 해수욕장, 신두리 해안 사구, 모항 등에서 눈에 띄게 나타났다.

방제 작업이 상대적으로 적게 이뤄진 섬 지역에서는 두께 0.1~1 cm의 기름, 기름 덩어리가 굳은 타르 볼, 기름이 모래와 섞인 아스팔트 등이 발견됐다. 그러나 태안 반도 남단 안면도와 북단 이원면 만대 포구 일대에서는 기름 흔적이 거의 발견되지 않았다고 생태지평 측은 밝혔다. 만리포 해수욕장 방파제 주변에서 파래류가 소멸하고 삿갓 조개류가 출현하는 것 등으로 미루어, 바위 생태계는 회복 과정에 들어선 것으로 보인다. 그러나 지속적인 관심과 연구 등으로 부분적으로 흔적이 남아 있는 곳의 복원이 완전히 이루어지도록 많은 노력이 필요한 상황이다.

1 환경 오염의 발생 과정

소단원의 학습 목표

1. 대기 오염, 해양 오염, 토양 오염, 수질 오염 등 지구 환경 오염이 발생하는 과정을 설명할 수 있다.
2. 지구계의 안전을 위협하는 환경 오염원의 종류를 알 수 있다.

지도상의 유의점

1. 환경 오염을 지구의 네 가지 영역으로 구분하고, 각각의 오염원과 오염이 발생하는 과정을 과학적으로 이해하도록 다룬다.
2. 오염원이 중복되는 부분은 상호 작용의 관점에서 이해하게 한다.
3. 지역 사회에서 쟁점이 되고 있는 환경 오염의 사례를 조사하고, 구성원간의 갈등을 과학적으로 해결하는 과정을 경험하게 한다.

내용 해설

탐구 1 조사

방조제 건설의 장점과 단점

1. 목표

지역 사회에서 쟁점이 되고 있는 환경 오염의 사례를 알고, 구성원 간의 갈등을 과학적으로 해결하는 과정에 대해 이해한다.

2. 정리

1. 환경 단체는 갯벌 환경 오염으로 인한 생태계 파괴를 막기 위해 방조제 사업을 반대했고, 정부는 지역 경제를 살리고 농지를 확장하는 등의 경제적 이익을 위해 사업을 추진하면서 대립이 되었다.
2. 학급 구성원을 방조제 건설에 찬성하는 모둠과 반대하는 모둠으로 나누어 장단점을 조사 한 후 해결책을 찾기 위한 토론을 하게 한다.
3. 환경 오염 사례를 인터넷을 통해 조사해 보게 한다.



1 환경 오염의 발생 과정

❖ 학습 목표

1. 대기 오염, 해양 오염, 토양 오염, 수질 오염 등 지구 환경 오염이 발생하는 과정을 설명할 수 있다.
2. 지구계의 안전을 위협하는 환경 오염원의 종류를 알 수 있다.

지구계는 급격한 인구 증가와 산업화로 심각한 환경 오염에 노출되어 있다. 가이아 이론에 의하면 지구계는 하나의 유기체와 같이 외부의 영향에 맞서 항상성을 유지한다고 했으나, 이미 지구계는 기술적, 인위적 개입에 의한 환경 정화의 노력이 절실한 상황에 처해 있다.

지역 사회에서 쟁점이 되고 있는 건설 및 개발 사업의 사례를 조사하고, 환경 훼손을 막기 위해서 우리가 해야 할 일이 무엇인지 알아보자.

탐구 1 조사 및 토론 **방조제 건설의 장점과 단점**

자료 다음 그림은 세계 최장의 방조제로 인정되어 기네스북에 오른 새만금 방조제의 모습이다.



정리
1. 새만금 방조제는 지역 사회에서 많은 갈등 끝에 완공되었는데, 이 과정에서 환경 단체와 정부의 입장이 각각 어떻게 대립했는지 알아보자.
2. 방조제 건설에 찬성하는 모둠과 반대하는 모둠으로 나누어 해결책에 대해서 토론해 보자.
3. 지역 사회에서 쟁점이 되고 있는 환경 오염의 사례를 조사해 보자.

새만금 개발 사업은 만경강과 동진강 하구의 갯벌을 개발하여 최대한의 용지를 확보하고, 종합 농수산업 시범 단지를 조성하며, 항만과 도로 등 사회 간접 자본을 확충하여 새만금 국제 무역항의 건설 기반을 구축하는 등의 목적으로 시작되었다. 공사가 완공되어 만경강과 동진강 하구의 굴곡진 100 km의 해안선이 비응도~고군산 군도~변산 반도 사이를 연결하는 33 km의 직선 방조제로 바뀌게 되었고, 그 방조제 안

164 Ⅱ. 해기의 지구

1. 대기 오염

(1) 대기 오염의 원인

① 연료의 연소에 의해 발생 : 자동차 배기 가스(CO, CO_2, 질소 산화물 등)

② 산업체의 제조 및 가공 공정에서 발생

(2) 배출 가스의 생성 원인

① 탄화수소 : 연료의 일부가 미연소 상태로 산화, 분해되어 배출

② 일산화탄소 : 산소 공급 부족으로 불완전 연소

③ 질소 산화물 : 연소시 고온으로 공기 중 질소와 산소가 반응

쪽으로 새로이 401 km^2의 용지가 생김으로써 그만큼 국토가 확장되었다. 이 면적은 전주시 면적의 2배, 여의도의 약 140배에 이른다. 간척지에는 주택 지구 · 상업 지구 · 공업 지구가 들어서고, 인구 30만의 신도시가 생긴다. 또 연간 9조 9400만 톤의 용수가 공급되고, 수해 상습지 120 km^2가 해소되는 효과를 얻는다.

그러나 이러한 여러 가지 긍정적인 이점이 있음에도 불구하고, 심각한 환경 문제 발생이 우려된다. 가장 크게 우려되는 것은 갯벌 파괴로 어족 자원이 고갈된다는 것과 생태계 불균형으로 철새 도래지 등이 파괴된다는 것이다.

님비(Nimby) 현상

핵폐기물 처리장, 하수 종말 처리장, 쓰레기 매립장, 시립 화장장과 같은 혐오 시설이 자신이 살고 있는 지역에 유치되는 것을 싫어하여 반대하는 현상을 말한다. 이 문제의 해결을 위해서는 이들 혐오 시설을 설치하는 지역에 주민이 선호하는 시설을 함께 설치하는 등의 보상 조치를 마련하고, 해당 지역 주민의 이해를 구하는 적극적인 협상 노력이 필요하다.

1 대기 오염

대기 오염의 발생은 연료의 연소에 의한 것과 산업체에서의 제조, 가공 등 산업 공정에서 발생되는 것이 주류를 이루고 있다. 연료의 연소에 의한 오염 물질 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 자동차 배기가스는 이산화탄소, 일산화탄소, 질소 산화물, 황산화물, 탄화수소 등으로 인간의 일상생활에 영향을 줄 정도로 심각한 상황이다.

배출 가스의 생성 원인을 살펴보면, 탄화수소는 연료의 일부가 미연소된 그대로 또는 일부 산화, 분해되어 배출되는 것이다. 일산화탄소는 산소의 공급이 부족하여 불완전 연소로 발생하며, 질소 산화물은 연소 시의 고온에 의해 공기 중의 질소와 산소가 반응하여 생성되는 것이다.

오염된 대기에서의 생활은 심장 질환, 순환기계 질환 등을 갖고 있는 노약자와 어린이에게서 우선적으로 증상이 나타나며, 급성적인 중독을 거쳐 만성적인 질환에 이르게 되면 돌이키기 힘든 재해로 발전하게 된다.

대기 오염 물질 중 오존은 자극성 냄새를 가진 연푸른색의 기체로 지표로부터 10 km 이내의 대류권에는 극소량이 존재하고 있다. 오존의 생성은 대기 중의 황산화물과 질소 산화물이 바람이 거의 없는 상태에서 강한 태양광선과 광화학 반응을 일으켜 생성된다.

오존은 강력한 산화력이 있기 때문에 적당량이 존재할 때는 살균, 탈취 등의 작용으로 인간에게 이롭다. 그러나 오존 농도가 일정 기준 이상 높아질 경우, 호흡기나 눈에 자극을 주어 기침이 나고 눈이 따끔거리거나 심할 경우 폐 기능 저하를 가져오는 등 인체에 피해를 주기도 하고, 농작물의 수확량 감소를 가져오기도 한다. 이러한 오존의 피해를 줄이기 위해서는 가급적 자동차 운행을 줄이고, 대중교통 시설을 이용하며 장기적으로는 무공해 자동차 개발을 서두르는 것이 무엇보다 필요하다.

대도시에서는 대기 중 오존 농도가 일정 기준 이상 높게 나타나거나 높아질 것으로 판단될 때 경보를 발령함으로써 지역 거주 주민들의 건강과 생활 환경상의 피해를 최소화하기 위해 오존 경보제를 실시하고 있다. 오존 경보는 주의보, 경보, 중대 경보 등 3단계로 발령하며, 오존 오염도가 기준 아래로 낮아질 때는 이를 해제한다.



1 대기 오염

대기에 배출되는 오염 물질들은 심각한 문제를 일으키게 된다. 한 지역의 오염된 대기는 다른 지역으로 옮겨가서 국가간의 분쟁을 일으키기도 한다. 우리나라의 황사 현상을 예로, 중국의 오염 물질이 강한 서풍을 타고 우리나라로 넘어 오는데, 봄철에 주변을 부옇게 만드는 현상을 겪어 보았을 것이다. 대기 오염 물질은 공기의 질에 부작용을 주는 물질로, 다양한 자연적 내지 인공적인 출처에서 생기게 되고, 인간 활동에 의해 생기는 인공적인 오염 물질은 환경과 그 주민에 대해 가장 중요한 위협이 되고 있다.

대기 오염 물질의 발생원은 다양하나, 자연적 발생원은 인간의 노력으로 통제할 수 없기 때문에 인위적 발생원이 주요 통제 대상이 되며, 주된 원인은 연료의 연소이다. 연소에서는 연료 중의 수소와 탄소가 공기 중의 산소와 결합하여 이산화탄소, 물, 열, 빛 등을 생성한다. 그러나 연료 중의 불순물, 낮은 공기 연료비, 지나치게 높거나 낮은 연소 온도 등의 조건에서는 부산물을 생성하여 대기 오염을 유발한다.

대표적인 오염 물질로는 아황산 가스, 일산화탄소, 이산화질소, 탄화수소 등이다. 아황산 가스의 생성 원인은 연료 속의 황 성분이며 연료의 성질이나 산지에 따라 석유와 석탄의 구성성분으로서 0.1~5% 정도가 함유되어 있다. 이산화황은 다른 대기 오염 물질과 광화학적 또는 촉매적으로 반응하여 삼산화황, 황산 및 기타의 황산염을 생성하므로 매우 중요하다.

[표] 오염 물질이 인체에 미치는 영향

오염 물질	발생 원인	피해	환경 기준
아황산 가스(SO2)	B-C유 또는 석탄의 연소 과정	• 인체 호흡기 질환 • 식물의 성장 피해	• 연간 : 0.03 ppm • 24시간 : 0.14 ppm • 1시간 : 0.25 ppm
먼지(TSP)	연료 연소, 시멘트 공장, 도로 등에서 비산	• 아황산 가스와 결합하여 호흡기 질환 유발	• 연간 : 150 ㎍/m3 • 24시간 : 300 ㎍/m3
일산화탄소(CO)	산소가 부족한 상태에서 연료가 연소할 때 발생	• 혈중의 헤모글로빈과 결합하여 산소 공급 저해, 두통과 현기증 유발	• 1개월 : 8 ppm • 8시간 : 20 ppm
이산화질소(NO2)	자동차 배기 가스, 질산을 사용하는 표면 처리 공정	• 코와 인후 자극 • 호흡기에 나쁜 영향 · 탄화수소와 함께 광화학 스모그 생성	• 연간 : 0.05 ppm • 24시간 : 0.08 ppm • 1시간 : 0.15 ppm
탄화수소(HC)	휘발유가 연소되지 않은 상태에서 배출되거나 연소에 의하여 크랙킹을 일으킬 때 주로 발생	• 이산화질소와 혼합될 경우 강렬한 햇빛에 의하여 광화학 스모그 생성	
오존(O3)	자동차 배출 가스 중 이산화질소와 탄화수소가 햇빛과 반응하여 생성	• 눈 자극, 농작물 피해	• 8시간 : 0.06 ppm • 1시간 : 0.1 ppm
납(Pb)	자동차 배기 가스(유연 휘발유 사용) 및 납 사용 용해 시설 등	• 중독시 신경염 및 두통과 현기증 유발	• 3개월 : 1.5 ㎍/m3

2 해양 오염

오늘날 연안 해역의 대규모 어업 활동과 경제 개발로 인한 전반적인 산업화 현장의 확대, 생활 수준의 향상에 따른 여가 활동의 증가로 인해 해상 부유 폐기물 및 해저면의 침적 폐기물, 폐각류, 오염 퇴적물 등 각종 오염 물질의 배출이 해양 자체의 정화 능력을 넘어서는 심각한 상태에 이르고 있다. 특히 연안 어장 및 항만 해저면의 오염 물질은 선박 사고의 원인은 물론 인근 바다의 부영양화, 무산소화 등을 유발하여 적조, 수산물 폐사 등의 원인으로 작용하고 있다.

해양은 오염 물질을 낮은 농도로 희석시킬 수 있는 자정 능력이 있음에도 불구하고 폐기물이 전 해양으로 고르게 분산되어 희석되지 않으며, 만과 같이 육지에 인접한 연안 해역에 집중되기 때문에 해양의 자정 능력이 발휘되기도 전에 오염 현상이 나타나게 된다. 물론, 해양에 유입되는 인간 활동의 결과물들이 해양의 자정 능력 한계를 벗어나지 않는다면 해양 오염은 발생되지 않을 수 있다. 그러나 그러기 위해서는 유입된 오염 물질의 종류와 동태, 이들이 해양 환경에 미치는 영향, 이들 물질을 억제할 수 있는 방법 등에 관한 조사를 통해 해양의 자정 능력에 크게 부담이 가지 않도록 관리하는 것이 무엇보다 중요하다.

3 토양 오염

우리나라의 토양은 강우량이 많은 이유로 석회, 마그네슘, 칼륨 등의 염기가 쉽게 빠져나가 산성화되기 쉬우며, 수분과 양분의 보유력과 자정력을 갖게 하는 유기물도 잘 빠져나가게 되므로 자정 능력을 갖추기 어려운 형편이다. 게다가 다른 나라에 비하여 급속도로 이루어진 산업 개발과 도시화로 인하여 경작지와 산림 지역이 감소된 것은 토양 오염을 더욱 앞당기게 된 요인인 것이다. 토양 오염을 해결하기 위해서는 환경과의 조화를 무시하는 개발을 억제하고, 폐수와 폐기물이 토양으로 직접 투하되는 것을 차단하여 자연에 부하를 줄임으로써 토양이 본래의 정화기능을 다할 수 있도록 해 주어야 한다.

표 Ⅲ-1 오존 경보 발령 기준

구분	발령 기준	인체 영향
주의보	오존 농도가 0.12 ppm 이상일 때	눈, 코 자극, 불안, 두통, 호흡수 증가
경보	오존 농도가 0.30 ppm 이상일 때	호흡기 자극, 가슴 압박, 시력 감소
중대경보	오존 농도가 0.50 ppm 이상일 때	폐 기능 저하, 기관지 자극, 폐혈증



그림 Ⅲ-1 유출된 기름 방제 작업

검색 DDT

2 해양 오염

바닷물은 지구 생태계에서 지구의 온도 조절과 육지에서 유입되는 오염 물질을 받아들여 자정 작용을 하는 중요한 역할을 한다. 그러나 자정 작용을 할 수 있는 범위를 넘는 오염 물질이 유입되면 해양 오염의 문제가 발생한다. 해양 오염원으로는 생활 하수, 농축산 폐수(부영양화와 적조), 산업 폐수(수은, 카드뮴, 납, 코발트 등의 중금속), DDT와 다이옥신 등의 유기 독성 물질, 기름 유출, 폐기물과 쓰레기, 방사성 물질 등이 있다.

갯벌은 육지로부터 유입된 오염 물질을 제거하는 역할을 하는 수질 정화 능력이 크고, 다양한 종류의 생물의 서식처로 생태계의 보고이다. 그러나 육지로부터 유입된 각종 오염 물질과 바다에 버려진 쓰레기, 그림 Ⅲ-1과 같이 유출된 기름으로 인해서 자정 능력을 잃고 생태계가 위협 받고 있는 상황이다.



3 토양 오염

토양 오염이란 인위적인 오염 물질이 토양에 유입되어 토양을 오염시켜 생물의 생육에 장애를 일으키는 등 토양의 질이 나빠지는 것을 가리킨다.

토양 오염의 원인은 가정에서 배출되는 생활 폐기물, 광공업 활동에서 비롯되는 산업 폐기물, 농경지나 산림 지역에 살포되는 비료나 살충제와 같은 화학 물질, 배출된 대기 오염 물질에 의한 산성비 등이 있다. 최근에는 식량과 공산품의 생산과 소비가 증가하고 산업 활동이 활발해짐에 따라 배출되는 유해 물질의 양이 크게 증가하였을 뿐만 아니라, 새로운 종류의 유해 물질이 추가되기 때문에 토양 오염이 날로 심화되고 있다.

토양에 유입되는 대부분의 물질은 토양의 정화 작용으로 분해된다. 그러나 중금속은 토양에 오래 남아 있으며, 식물의 성장을 저해할 뿐만 아니라 생물체에 축적되는 경향이 있다. 토양 오염을 일으키는 중금속으로는 수은, 카드뮴, 구리, 티타늄, 납, 니켈, 아연 등이 있다. 중금속은 광산이나 제련소, 염색 공장 및 도자기 공장 등을 통해 토양에 유입된다. 건전지를 버리거나 살충제를

2. 해양 오염

(1) 해양 오염의 원인 : 생활 하수, 농축산 폐수, 산업 폐수, 기름, 방사성 물질 등

(2) 갯벌의 자정 능력 : 오염 물질의 축적으로 해양 생태계가 위협받고 있음.

3. 토양 오염

(1) 토양 오염의 원인 : 생활 폐기물, 산업 폐기물, 화학 물질, 산성비 등

(2) 토양 오염으로 인한 피해

① 중금속은 생물체에 축적되어 심각한 질병 유발

② 화학 비료나 산성비의 영향으로 토양의 산성화가 가속화됨.

살포하는 과정에서도 중금속 오염이 일어난다. 특히 광산, 발전소, 제련소, 쓰레기 처리장, 공업 단지 등의 주변 토양은 국지적으로 심각하게 오염이 진행되고 있다.

농약이나 화학 비료는 손쉽게 농업 생산량을 증가시킨다. 그러나 이들 성분 중에 농작물이 흡수하지 못하는 물질은 토양 중에 잔류하여 토양을 오염시킨다.

우리나라는 수십 년 동안 화학 비료와 농약을 사용해 옴으로써 토양 오염과 함께 토질의 척박화가 우려되고 있다. 또한 농업용수의 오염과 산성비, 부유 분진 등으로 말미암아 토양 중에 유해 물질이 축적되고 있다. 최근에 토양을 보호하기 위해 농약과 화학 비료 대신에 천적을 이용하고, 유기질 비료를 사용하는 그림 Ⅲ-2와 같은 유기 농법이 전파되고 있다. 정화 능력이 크게 떨어진 토양이나 오염된 토양을 개량하는 데에는 오염된 흙을 제거하고, 깨끗한 흙으로 바꾸는 객토 또는 토양 교환법이 이용되기도 한다.



그림 Ⅲ-2 오리를 이용한 유기 농법

4 수질 오염

지구 환경을 구성하는 수권의 영역에는 많은 생물들이 서로 조화를 이루며 살고 있다. 물속의 유기물은 미생물에 의해 분해되며, 이것은 플랑크톤의 먹이가 된다. 따라서 적당한 양의 유기물은 하천의 영양 상태를 좋게 하여 다양한 생물이 살아갈 수 있게 해 준다. 하지만 유기물이 지나치게 많이 유입되면 수질 오염이 된다.

물을 오염시키는 원인에는 생활 하수, 산업 폐수, 축산 폐수, 농약, 비료 등이 있는데, 그 중 가장 큰 오염원은 생활 하수라고 할 수 있다. 생활 하수에는 다량의 유기물이 들어 있는데, 이것이 하천에 유입되면 부영양화를 가져오게 된다.

호기성 박테리아
산소가 있는 곳에서 생육·번식하는 박테리아

혐기성 박테리아
산소가 없는 환경에서 생활하는 박테리아

영양 물질이 풍부해진 하천이나 호수에는 조류의 성장과 번식이 빨리 진행되어 색이 탁하게 변화된다. 또한 유기물이 지나치게 많아지면 호기성 박테리아가 갑자기 증식하여 산소가 고갈되고, 혐기성 박테리아에 의하여 불완전한 분해가 일어나 유기물이 부패된다. 결국 산소의 부족으로 수중 생물이 죽게 된다.

산업 폐수의 발생량은 생활 오수에 비해 적지만, 강한 독성과 오염도 때문에 수질 오염 기여도는 생활 오수와 거의 같다. 특히 산업 폐수는 유독한 중금속이 생물체 내에 농축되면 인간에게는 치명적인 오염원이 될 수 있다. 수질 오염을 줄이기 위해서 생활 오수의 방출을 줄이고, 공장이나 병원과 같은 오염원이 되는 곳에서는 그림 Ⅲ-3과 같은 자체 정화 장치를 마련하여 하천으로 유출되는 오염 물질을 최소화하는 노력이 이루어지고 있다.



그림 Ⅲ-3 폐수 처리 시설

4. 수질 오염

(1) 수질 오염의 원인 : 생활 하수, 산업 폐수, 축산 폐수, 농약, 비료 등

(2) 수질 오염으로 인한 피해

① 하천의 부영양화로 인해 유기물이 급증하면 박테리아 증식 ⇒ 산소의 고갈 ⇒ 수중 생물의 죽음

② 산업 폐수의 중금속은 수중 생물에 농축 ⇒ 인간에게 치명적임.

4 수질 오염

• 수질 오염의 측정

(1) DO(dissolved oxygen) – 용존 산소량

물 속에 녹아 있는 산소의 양을 용존 산소량을 말한다. 하천 상류의 깨끗한 물에는 거의 포화에 가까운 정도의 DO가 들어 있으나 가정에서 버린 물, 공장에서 버린 물, 기타 썩을 수 있는 물질로 오염되어 그 양이 점점 적어지며, DO가 없으면 썩게 된다. DO가 2 ppm 이상이면 냄새가 나지 않으며, 물고기가 살 수 있는 DO는 4 ppm 이상이다. DO는 그 값이 크면 클수록 좋은 물이라 할 수 있는데 깨끗한 자연수의 DO는 약 8 ppm이다.

(2) BOD(Biochemical Oxygen Demand) – 생물화학적 산소 요구량

20℃에서 5일간 수중에서 존재하는 혼합 미생물군에 의해 유기물이 분해될 때 소모되는 산소의 양으로 유기물의 양을 간접적으로 측정하는 것이다. BOD가 높다는 것은 그 물 속에 분해되기 쉬운 유기물이 많음을 의미하므로 수질이 나쁘다는 것을 뜻한다. 강이나 바닷물에 녹아 있는 산소는 물 표면에서 녹아드는 산소와 물 속 식물의 동화 작용에 의하여 공급된다. 오염된 물의 BOD가 물 속에 녹아 있는 산소량보다 많으면 산소가 부족하여 물 속의 생물이 죽게 된다.

(3) COD(Chemical Oxygen Demand) – 화학적 산소 요구량

물 속에 들어 있는 유기물, 아질산염, 제1철염, 황화물 등은 물 속에 녹아 있는 산소를 소비하는데, 이런 물질이 많이 들어 있으면 물 속의 산소가 없어져 물고기와 미생물이 살 수 없게 되고, 물이 썩어 고약한 냄새가 나며 물 색깔이 검게 변하여 물이 죽게 된다. 이런 유기 물질이 들어 있는 물에 과망간산칼륨이나 중크롬산칼륨 등의 수용액을 산화제로 넣으면 유기 물질이 산화된다. 이때 쓰여진 산화제의 양에 상당하는 산소의 양을 나타낸 것을 COD 값이라고 한다. COD 값이 적을수록 오염 물질이 적게 들어 있어 수질이 좋고, COD 값이 클수록 오염 물질이 많이 들어 있어 수질이 나쁨을 의미한다.

2 환경 오염으로 인한 피해

소단원의 학습 목표

1. 환경 오염의 실제 피해 사례를 통해 환경 오염이 지구 환경에 미치는 심각성을 인식한다.
2. 오염 물질 배출을 줄일 수 있는 과학적인 방법을 이해한다.

지도상의 유의점

1. 환경 오염의 최근 사례를 중심으로 조사하여 지구 환경에 미치는 심각성을 인식시킨다.
2. 지구계 내의 상호 작용과 순환 과정을 바탕으로 환경 오염이 확산되는 양상을 예측하고, 이에 대한 대응책을 토론하게 한다.

지도상의 유의점

탐구 2 조사 및 탐구

오염 물질 배출 제로 도시의 설계

1. 목표

오염 물질 배출을 줄일 수 있는 과학적인 방법을 알게 한다.

2. 정리

1. 인체에 심장 질환, 순환기계 질환, 폐기능 저하 등의 피해를 유발하거나 체내에 축적된 중금속으로 뇌기능이나 신체 기능이 저하된다.
2. 대기 오염 ; 런던 스모그 사건, 로스엔젤레스 사건 등
   수질 오염 : 우리나라 페놀 방출 사건, 일본 미나마따 사건 등
3. (1) 대기 오염을 줄이는 방법 : 가까운 거리는 걸어서 다니며, 자전거나 대중 교통 수단을 이용한다.
   (2) 수질 오염을 줄이는 방법 : 오폐수 처리 시설과 하수 종말 처리 시설 등을 확충한다.



2 환경 오염으로 인한 피해

❖ 학습 목표

1. 환경 오염의 실제 피해 사례를 통해 환경 오염이 지구 환경에 미치는 심각성을 인식한다.
2. 오염 물질 배출을 줄일 수 있는 과학적인 방법을 이해한다.

산업화 초기의 지구는 어느 정도의 자정 능력으로, 지구계의 각 영역이 상호 작용하며 평형을 유지해 왔다. 그러나 폭발적인 인구 증가와 무분별한 자원 개발 및 남용은 심각한 환경 오염을 가져왔다.

환경 오염으로 인해 지구계 및 인간의 활동에 어떤 피해를 가져오게 되었는지 알아보고, 오염 물질을 줄일 수 있는 방법에 대해 생각해 보자.

탐구 2 조사 및 탐구 **오염 물질 배출 제로 도시의 설계**

자료 다음 그림 (가)는 대기 오염원, 그림 (나)는 수질 오염원의 대표적인 예를 나타낸 것이다.



(가) 대기 오염원



(나) 수질 오염원

정리
1. 그림 (가)와 그림 (나)의 오염원은 사람에게 각각 어떤 영향을 미치는가?
2. 대기 오염과 수질 오염으로 인한 피해 사례를 조사해 보자.
3. 오염 물질의 배출량을 줄일 수 있는 방법을 각 오염원 별로 찾아보고, 오염 물질 배출 제로 도시를 설계해 보자.

대기 오염이 인간에게 미치는 영향을 연구한 여러 보고에 의하면, 대기 오염은 심장 마비 발병과 이로 인한 사망 위험을 높인다고 한다. 대기 오염도가 높은 도시에 사는 사람들이 조기 사망할 위험이 높으며, 대기 오염도가 급증한 후에 심장 마비 발병률이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 우리나라의 경우도 고령자나 관상동맥 질환을 앓는 사람들이 대기 중의 오염 물질에 매우 취약한 것으로 나타났다. 대기 오염 물질 중의 오존, 중금속 알데히드, 질산염, 황산염 등이 혈전을 유발하거나 혈압을

168 | Ⅲ. 위기의 지구

1. 대기 오염으로 인한 피해
   (1) 인체에 미치는 영향 : 기관지염이나 폐기종 등을 일으킴
      ① 급성 피해 : 시계를 흐리게 하여 각종 교통 사고를 일으킬 수 있고 불쾌한 냄새 및 불쾌감으로 정신적 피해를 줄 수 있으며, 심폐 기능의 약화로 감기와 같은 2차 세균 감염 등이 발생될 수 있다.
      ② 만성 피해 : 폐렴, 기관지염, 기관지 천식, 폐암 등과 같은 호흡기계 만성 질환이 발생될 수 있으며 작업장에서 장기적으로 노출되면 직업병이 발생할 수 있다.

높이는 등 심혈 관계를 손상시켜 심장 마비 발병 위험을 높일 수 있다.

수질 오염은 생활 하수나 산업용 폐수 등이 하천에 흘러들어 주로 발생하며, 중금속이나 병원성 미생물 등에 의해 오염된 물을 마심으로써 중금속 중독, 수인성 질병 및 기생충 감염 등에 의한 피해를 입게 된다. 또한 수중의 중금속이 어패류나 농작물에 흡수되어 축적되고, 이들을 다른 동물이 섭취하게 되면 생물 농축이 일어나 매우 심각한 질병을 유발하게 된다.

지구계는 지권, 기권, 수권, 생물권, 외권으로 구성되어 끊임없이 상호 작용하며, 물질과 에너지의 순환이 이루어지고 있다. 지구계에서 인간이 만들어 낸 오염 물질도 각 권을 따라 순환하면서 여러 가지 환경 문제를 유발시키고 있다.

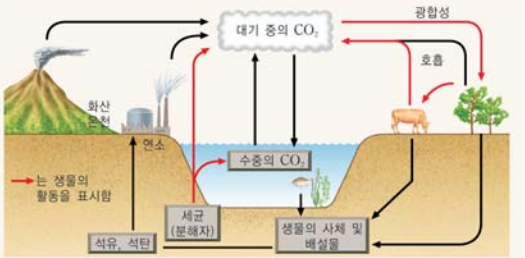
환경 오염 물질이 어떤 과정에 의해 확산되는지 알아보자.

생물 농축

환경 속의 특정한 물질이 생물체 안에 축적되어 농도가 증가하는 현상. 생물체 내에 분해되기 어려운 DDT, 유기 수은, 카드뮴, 납, 코발트 등의 화학 물질이 흡수된 경우에 이들 물질이 먹이 연쇄를 거칠 때마다 점점 농도가 증가하여 축적된다.

탐구 3 토론 **환경 오염 물질의 확산**

자료 다음 그림은 지구 시스템 내의 물질의 순환 과정을 나타낸 것이다.



정리
1. 화산 폭발이나 화석 연료의 사용으로 인해 발생한 대기 오염 물질 중에서 황화수소는 지구계 내에서 어떤 과정에 의해 확산되는지 그 양상을 예측해 보자.
2. 위의 오염 물질이 지구계에서 주변 환경을 오염시키지 않도록 할 수 있는 대응책을 토론해 보자.

화산 폭발이나 화석 연료의 사용으로 대기 중으로 방출된 황화수소와 질소 산화물은 빗물과 반응하여 황산과 질산을 형성하고, 산성비가 되어 토양이나 강 또는 해양으로 유입된다. 토양으로 유입된 황산과 질산은 토양을 산성화시켜 식물의 생장을 저해하는 요인으로 작용한다. 강물로 유입된 황산은 지표면을 따라 흐르면서 암석을 풍화시키고, 해양으로 유입되어 황산염 광물로 침전된다. 침전된 광물질은 퇴적물과 함께 퇴적암으로 형성된

(2) 동 · 식물에 미치는 영향

① 동물 : 동물들도 사람과 비슷한 피해를 받게 되며, 사례로는 목장에서 불소 화합물에 오염된 목초를 먹은 동물이 치아에 손상을 입는 불소증이 발생한 사례와 양잠업에서 불소가 함유된 뽕잎을 먹은 누에가 소화기 장애로 성장발육이 늦어진 사례가 보고되고 있다.

② 식물 : 고등 식물의 경우 대기 오염 물질은 잎의 기공을 통해 흡수되어 식물체 내에서 장해를 일으킨다.

(3) 재산에 미치는 영향 : 미관 손상, 부식 촉진, 도료 퇴색, 누전, 악취 발생 등

탐구 3 조사

환경 오염 물질의 확산

1. 목표

지구계의 상호 작용과 순환 과정이 오염 물질의 확산을 어떻게 일으키는지 이해한다.

2. 정리

1. 화산 활동에 의해 방출된 황화수소는 빗물과 반응하여 황산을 형성한 후 토양, 강물, 해양으로 유입된다. 토양에 유입된 황산은 토양을 산성화시키고 해양으로 유입된 황산은 황산염 광물로 침전되어 암석이 되고 지표에 노출된 후 풍화 침식 작용에 의해 토양이 되고, 미생물에 의해 분해되어 황화수소가 발생한다.
2. 황산에 의해 산성화된 토양을 중화시키기 위한 대응책을 제시한다.

• 세계적인 대기 오염 사례

(1) 뮤즈 계곡(Meuse Valley) : 1930년 12월 벨기에의 수도 벨리움의 뮤즈 계곡에서 발생한 스모그 사건으로 뮤즈 계곡에 위치한 금속, 유리, 아연, 제철, 황산 공장 및 비료 공장 등에서 배출되는 SO_2, H_2SO_4, CO, 불소 화합물, 미세 입자가 계곡 24 km에 걸쳐서 무풍과 기온 역전으로 스모그가 3일간 계속되어 사망자 수가 정상의 10배가 되었고, 주증상은 급성 호흡기 질환, 기관지염, 심장과 폐의 만성 질환 등이었다.

(2) 도노라(Donora) : 1948년 10월 미국 펜실베니아 주 피츠버그 시의 남쪽 모노가헬 강변에 위치한 분지 내에 있는 공업 도시인 도노라에서 발생하였다. 이 도시는 제철 공장, 황산 공장, 아연 정련소 등이 있는 130 m 계곡에 4일간 무풍이고, 기온 역전으로 공장에서 배출되는 SO_2, H_2SO_4, 연무 등의 정체 현상으로 스모그가 발생하여 인구 14,000명 중 18명이 사망, 심한 상태 11%, 중증 17%, 경증 5%의 폐자극 증상이 나타났다.

(3) 포자리카(Poza Rica) : 1950년 11월 멕시코 공업 지대인 포자리카에서 공장 조작 중 황화수소가 인근 마을로 다량 누출

(4) 런던(London) 스모그 : 1952년 12월 5일부터 9일까지 5일간 런던에서 가정 난방, 기타 공장·발전소의 석탄 연료 사용에 따른 CO, SO_2, 먼지가 지표면에 쌓여서 발생하였다. 런던은 템즈 강 유역의 평지로 인구가 조그만 도시이며, 기상은 고기압과 무풍 및 기온 역전으로 2주간 차가운 스모그 현상이 지속되었으며, 피해 당시 각 지역에서 방출한 매연이 짙은 안개 속에 지표면에 축적되어 발생한 대참사였다. 사고 당시 2주 동안 평상시의 약 2.6배인 4,000명이 사망하였으며, 그 후 2개월 동안에 8,000명이 사망하였다.

(5) 로스엔젤레스(Los Angeles) : 1954년 7월 미국 캘리포니아 주의 로스엔젤레스에서 자동차 배기 가스에서 나오는 CO_2, SO_2, NO_2, O_3, 탄화수소, 질소 산화물, 황산화물 등과 태양 광선 중의 자외선에 의해서 발생한 PAN, 과산화수소 등 광화학적 산화물에 의한 신종 광화학적 스모그이다. 해안 분지로 1년 동안 내내 해안성 안개와 기온 역전과 백색 연무 현상이 거의 매일 발생하였고, LA 스모그는 더운 여름 8~9월 중 기온이 24°~32℃에 이르는 정오경에 자주 일어나는 특징이 있다.

[표] 런던 스모그와 로스엔젤레스 스모그의 특징

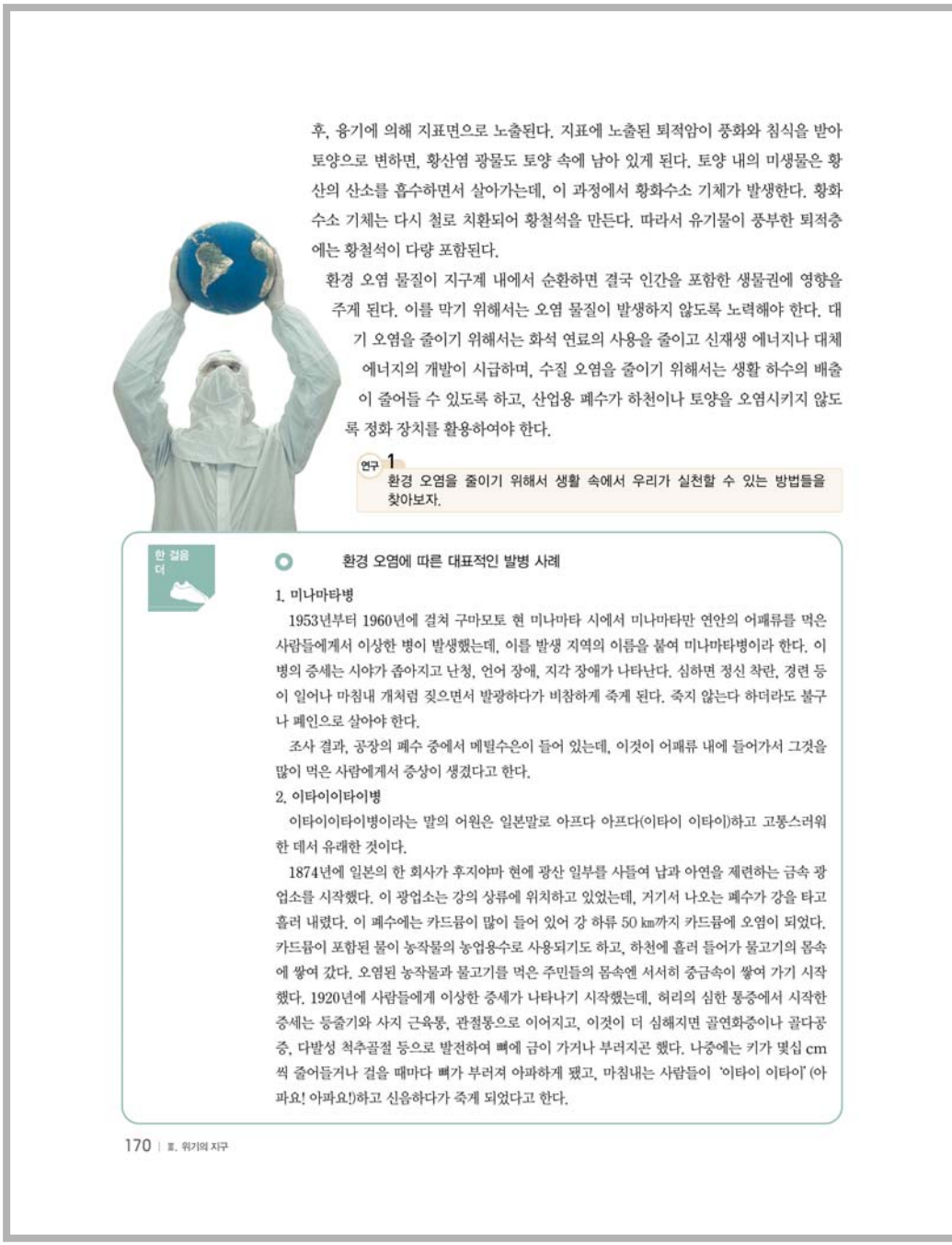
구분	런던 스모그	로스엔젤레스 스모그
원인 물질	아황산 가스 안개	질소 화합물 탄화수소
색깔	짙은 회색	연한 갈색
발생원	난방 연료(석탄)	자동차(휘발유)
발생 시기	밤	낮 사람의 호흡기
피해 대상	사람의 호흡기 건식 부식	식물 사람의 눈

• 세계적인 수질 오염 사례

(1) 블루베이비 병 : 1945년 미국 컴리(Comly)의 유아에서 발병.

(2) 레만 호 오염 : 레만 호의 물은 1950년대 초부터 점점 오염되어 갔으며, 1950년대 말경에는 악취는 말할 것도 없고 생물이 더 이상 살 수 없는 죽음의 호수로 변하였다.

(3) 아스완 댐 : 이집트의 아스완 댐에 있는 호수에서 해충의 범람으로 인해 부근 지역에서는 말라리아와 그 밖의 여러 가지 전염병의 발병율이 크게 높아졌다.



후, 융기에 의해 지표면으로 노출된다. 지표에 노출된 퇴적암이 풍화와 침식을 받아 토양으로 변하면, 황산염 광물도 토양 속에 남아 있게 된다. 토양 내의 미생물은 황산의 산소를 흡수하면서 살아가는데, 이 과정에서 황화수소 기체가 발생한다. 황화수소 기체는 다시 철로 치환되어 황철석을 만든다. 따라서 유기물이 풍부한 퇴적층에는 황철석이 다량 포함된다.

환경 오염 물질이 지구계 내에서 순환하면 결국 인간을 포함한 생물권에 영향을 주게 된다. 이를 막기 위해서는 오염 물질이 발생하지 않도록 노력해야 한다. 대기 오염을 줄이기 위해서는 화석 연료의 사용을 줄이고 신재생 에너지나 대체 에너지의 개발이 시급하며, 수질 오염을 줄이기 위해서는 생활 하수의 배출이 줄어들 수 있도록 하고, 산업용 폐수가 하천이나 토양을 오염시키지 않도록 정화 장치를 활용하여야 한다.

연구 1 환경 오염을 줄이기 위해서 생활 속에서 우리가 실천할 수 있는 방법들을 찾아보자.

한 걸음 더

환경 오염에 따른 대표적인 발병 사례

1. 미나마타병

1953년부터 1960년에 걸쳐 구마모토 현 미나마타 시에서 미나마타만 연안의 어패류를 먹은 사람들에게서 이상한 병이 발생했는데, 이를 발생 지역의 이름을 붙여 미나마타병이라 한다. 이 병의 증세는 시야가 좁아지고 난청, 언어 장애, 지각 장애가 나타난다. 심하면 정신 착란, 경련 등이 일어나 마침내 개처럼 짖으면서 발광하다가 비참하게 죽게 된다. 죽지 않는다 하더라도 불구나 폐인으로 살아야 한다.

조사 결과, 공장의 폐수 중에서 메틸수은이 들어 있는데, 이것이 어패류 내에 들어가서 그것을 많이 먹은 사람에게서 증상이 생겼다고 한다.

2. 이타이이타이병

이타이이타이병이라는 말의 어원은 일본말로 아프다 아프다(이타이 이타이)하고 고통스러워한 데서 유래한 것이다.

1874년에 일본의 한 회사가 후지야마 현에 광산 일부를 사들여 납과 아연을 제련하는 금속 광업소를 시작했다. 이 광업소는 강의 상류에 위치하고 있었는데, 거기서 나오는 폐수가 강을 타고 흘러 내렸다. 이 폐수에는 카드뮴이 많이 들어 있어 강 하류 50 km까지 카드뮴에 오염이 되었다. 카드뮴이 포함된 물이 농작물의 농업용수로 사용되기도 하고, 하천에 흘러 들어가 물고기의 몸속에 쌓여 갔다. 오염된 농작물과 물고기를 먹은 주민들의 몸속엔 서서히 중금속이 쌓여 가기 시작했다. 1920년에 사람들에게 이상한 증세가 나타나기 시작했는데, 허리의 심한 통증에서 시작한 증세는 등줄기와 사지 근육통, 관절통으로 이어지고, 이것이 더 심해지면 골연화증이나 골다공증, 다발성 척추골절 등으로 발전하여 뼈에 금이 가거나 부러지곤 했다. 나중에는 키가 몇십 cm씩 줄어들거나 걸을 때마다 뼈가 부러져 아파하게 됐고, 마침내는 사람들이 '이타이 이타이'(아파요! 아파요!)하고 신음하다가 죽게 되었다고 한다.

170 | Ⅲ. 위기의 지구

연구 1

(1) 수질 오염 문제의 해결 방법

① 세제는 꼭 필요한 만큼만 사용한다.

② 폐식용유는 비누를 만드는 데 이용한다.

③ 공장은 정화 시설을 반드시 갖추도록 한다.

(2) 쓰레기 문제의 해결 방법

① 분리 수거를 더욱 철저히 하여 소각하거나 매립하게 되는 쓰레기를 최대한 줄인다.

② 일회용품의 사용을 줄인다. ⇒ 재활용 제품의 활용을 활발하게 하여 자원도 아끼고 쓰레기의 양도 줄일 수 있도록 한다.

(3) 대기 오염 문제의 해결 방법 : 물자를 절약하여 저탄소 녹색 성장에 앞장선다.

3 우주 쓰레기

소단원의 학습 목표

1. 우주 쓰레기의 종류와 증가 원인을 파악할 수 있다.
2. 우주 쓰레기가 가져올 수 있는 위험성을 인식한다.

지도상의 유의점

1. 환경 오염의 최근 사례를 중심으로 조사하여 지구 환경에 미치는 심각성을 인식시킨다.
2. 지구계 내의 상호 작용과 순환 과정을 바탕으로 환경 오염이 확산되는 양상을 예측하고, 이에 대한 대응책을 토론하게 한다.

내용 해설

• 우주 쓰레기의 위협

버리는 것보다 치우는 게 훨씬 어렵다는 진리는 우주에서도 그대로 적용되었다. 세계 최초의 위성인 스푸트니크 1호가 1957년 발사된 이래, 여러 나라가 우주 개발에 경쟁적으로 뛰어들었다. 경쟁이 치열해지면서 골칫덩어리도 생겼다. 우주 공간을 떠도는 우주 쓰레기 문제다. 특히 2007년과 2008년 중국과 미국이 자국 위성을 폐기하기 위해 미사일을 쏘아 폭파시키면서 대규모 우주 쓰레기가 생겼다. 이때 생긴 우주 쓰레기는 최근에도 지구 궤도에서 자신의 존재감을 알리고 있다.

2010년 7월 24일 모스크바 교외의 국제우주정거장(ISS) 통제소 관계자는 2007년 파괴된 중국 기상관측 위성 FY-1C의 잔해물이 위험 범위에 접근했다며 ISS에 머물고 있는 우주인 6명에게 피신을 지시할지도 모른다고 했다. 다행히 이틀 뒤 미 항공우주국(NASA)에선 우주 정거장과 우주 쓰레기의 거리가 상당히 떨어져 있어 문제될 게 없다고 공지했다.

2009년 2월엔 우주 쓰레기로 인해 사상 최초의 우주 교통 사고가 발생하기도 했다. 러시아 시베리아 상공 790 km에서 수명을



3 우주 쓰레기

❖ 학습 목표

1. 우주 쓰레기의 종류와 증가 원인을 파악할 수 있다.
2. 우주 쓰레기가 가져 올 수 있는 위험성을 인식한다.

인류가 우주에 진출한 지 50년, 수천 개의 발사체가 쏘아 올려졌고, 또 수천 개의 인공위성이 지구 주위를 돌고 있다. 이 과정에서 발생한 부산물들은 우주라는 특수한 환경 때문에 반영구적으로 지구 주위를 정처 없이 방황하고 있는데 이러한 물체들을 **우주 쓰레기**라고 한다.

현재 지구 궤도에는 발사 사실이 공개되지 않은 군사위성이나 특수위성까지 합해 무려 6600대 이상의 위성이 떠다니고 있다. 특히 위성 및 우주선과 충돌을 일으킬 위험이 있는 우주 쓰레기는 350만 개에 이르고 있다. 위성 간의 충돌이나 우주 물체 간의 충돌은 여러 차례 지구 궤도 상에서 일어났으며, 이로 인해 우주 쓰레기는 더 많이 증가하게 되었다.

2009년 2월 10일 16시 56분에 시베리아 타이미르 반도 789 km 상공에서 거대한 파편 구름이 생성됐다. 미국 이리듐사의 통신위성인 이리듐 33호와 러시아의 통신위성 코스모스 2251호가 충돌한 것이다. 이리듐 33호는 발사된 지 12년 된 위성으로 전 세계 25만 명의 이용자에게 위성 통신 서비스를 제공하는 66개의 이리듐 위성 네트워크 중 하나이고, 코스모스 2251호는 오래 전에 작동이 정지된 상태였다.

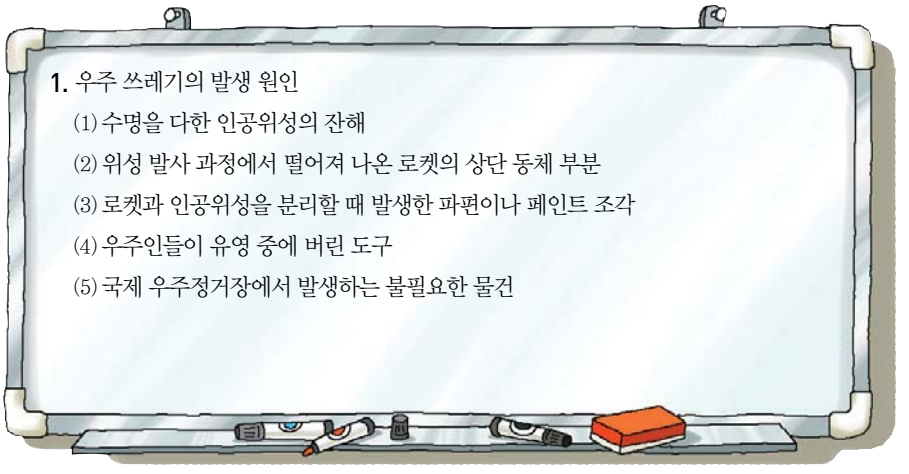
위성이 다른 물체와 충돌하여 파손되면, 무엇보다 현대인의 일상생활이 무척이나 힘들어지게 된다. 이미 인공위성에 많은 것을 의존하는 현대 생활에서 위성의 손실은 많은 부작용을 낳는다. 우리 주변의 많은 정보가 위성의 힘을 빌려 만들어지거나 운용되기 때문이다. 구글어스와 같은 지도 서비스, 위성 중계를 이용한 통신 및 방송 서비스, 위성을 이용한 GPS 서비스, 그리고 과학위성을 이용한 각종 관측 및 탐사 서비스 등은 우리 생활에 없어서는 안 될 존재들이다. 그렇다면 우주 쓰레기에 의한 직접적인 피해는 무엇일까?



그림 Ⅲ-4 국제 우주 정거장(ISS)

작게는 위성 그 자체, 그리고 그 파편에 따른 2차 피해가 불가피하다. 파편이 우주선이나 여객기에 충돌할 경우 막대한 인명 손실이 야기된다는 것이다. 실제 미국에서는 낙하한 위성 파편에 사람이 다친 사고가 있었으며, 2006년에는 대기권에 재돌입해 추락하던 러시아 위성이 여객기와 충돌할 위기에 처했던 경우도 있었다.

위성 간 충돌은 당장 그림 Ⅲ-4와 같은 국제 우주 정거장



다해 버려진 러시아 군사용 통신위성 코스모스 2251호가 미국의 상업 통신위성 이리듐 33호와 충돌한 것이다.

과학자들은 우주 쓰레기로 인해 78년 도널드 케슬러 박사가 주장한 '케슬러 신드롬'을 야기할 수도 있다고 우려했다. 이 신드롬은 파편과의 충돌로 인한 폭발 위험 때문에 새로운 우주선 발사가 거의 불가능해지는 것을 의미한다.

• 우주 쓰레기의 문제점

NASA는 우주 쓰레기가 총알의 10배나 빠른 초속 10 km로 날아다닌다고 설명한다. 일반적으로 인공위성은 지구의 중력에 의해 대기권으로 빨려 들어가지 않도록 초속 7~8 km로 지구 주변을 돈다. 그러나 인공위성이 폭발하면 이때 발생하는 힘을 받아 파편들의 운동 속도가 더 빨라지게 된다. 위협적인 우주 쓰레기를 피하기 위해 현재 미국의 우주정찰네트워크(SSN)는 크기 10 cm 이상의 우주 쓰레기 약 1만 5,000개를 정기적으로 추적하고 있다.

문제는 추적하기 어려운 중간 크기(1~10 cm) 입자들이다. 10 cm 정도 크기의 우주 쓰레기는 3만 5,000 kg의 트럭이 시속 190 km로 달리는 것과 같은 운동 에너지를 갖는다. 파괴력은 다이너마이트 25개를 동시에 터뜨리는 것과 같다.

[표] 우주 쓰레기의 사례들

연도	내용
2008년 2월	미국 북서부와 캐나다 일대에 떨어진 미 해군 정찰 위성 USA-193 파편
2003년 2월	귀환 도중 폭발한 미 우주 왕복선 컬럼비아 호, 미국 전역에서 파편 8만 점 수거
3월	미 · 러 공동 우주 정거장 미르(130 t) – 대기권으로 진입해 남태평양에서 추락
2001년 1월	미국 델타 2 로켓 – 사우디아라비아에 티타늄 파편 남김.
2000년 6월	버려진 미극 콤튼 감마선 천체 망원경 – 6 t 분량 파편 하와이 부근에 쏟아짐.
1997년 1월	미국 오클라호마 주에 떨어진 델타 2 추진체 파편
1979년 7월	버려진 미 우주 정거장 스카이랩(무게 77 t)
1978년 1월	지구 궤도 진입 중 방사능 쓰레기를 배출한 옛 소련 군사 위성 코스모스 954



(ISS)과 이곳에 탑승해 있는 우주 비행사들에게 위협이 된다. 파편들이 충돌 현장보다 낮은 궤도에서 지구를 돌고 있는 국제 우주 정거장에 충돌할 가능성이 있기 때문이다. 지구 궤도를 비행하는 모든 물체는 초속 8 km 이상의 엄청난 속도로 움직이기 때문에, 위성의 파편이 아무리 작다고 해도 그것과 충돌하는 물체에 가해지는 충격 에너지는 상상을 초월한다. 특히 자체적인 궤도 조절 능력이 없는 위성들에게는 더욱 위험하다. 나아가서 만일 230톤 규모의 국제 우주 정거장이 우주 쓰레기와 충돌하여 생긴 파편들이 여기저기 떨어진다면 하늘에서 내려오는 재앙이 될 것이다. 인공위성이 이들 파편과 부딪히면 오작동을 일으켜 지구를 공격하는 사태가 일어날 수도 있는 것이다.

이같은 사태를 예방하기 위해서 가장 안전한 방법은 위성의 위치 정보 공유와 함께 우주 쓰레기가 생기지 않도록 하는 것이다. 물론 기존의 우주 쓰레기도 제거해야 한다. 이를 위해 선진국들은 현재 다양한 방법을 연구 중이다. 지구에 떨어질 경우 큰 피해를 입히는 우주 정거장 같은 경우 인공적으로 궤도를 조절해 안전한 해역에 떨어지게 할 수 있다.

또한 새로 발사되는 모든 위성에 전자기 사슬을 부착해, 수명이 다 되면 자동적으로 대기권에 재돌입시켜 소각시키는 방법도 연구되고 있다. 레이저 빗자루와 우주 플라이페이퍼도 우주 쓰레기를 제거하기 위해 연구되고 있는 방안이다.

레이저 빗자루의 경우는 크기가 너무 작아서 전자기 사슬을 활용할 수 없는 우주 쓰레기에 쓰인다. 원리는 그림 Ⅲ-5와 같이 우주 쓰레기에 레이저를 발사, 궤도를 변경시킨 다음 대기권으로 재진입하게 하여 태우는 것이다.

그림 Ⅲ-6과 같은 우주 플라이페이퍼는 탄력 있는 소재로 만든 지름 800 m의 막이다. 우주 쓰레기가 여기에 부딪히면 운동 에너지가 감소돼 급속히 고도가 낮아지는 것은 물론 궤도 역시 변경시킬 수 있다.

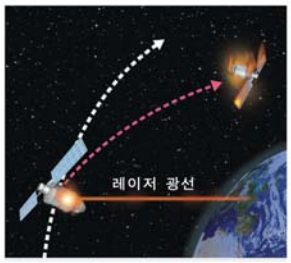


그림 Ⅲ-5 레이저 빗자루

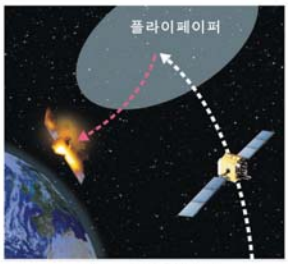


그림 Ⅲ-6 우주 플라이페이퍼

2. 우주 쓰레기의 위협

(1) 인공위성이나 우주 정거장과 충돌하여 폭발 사고 유발

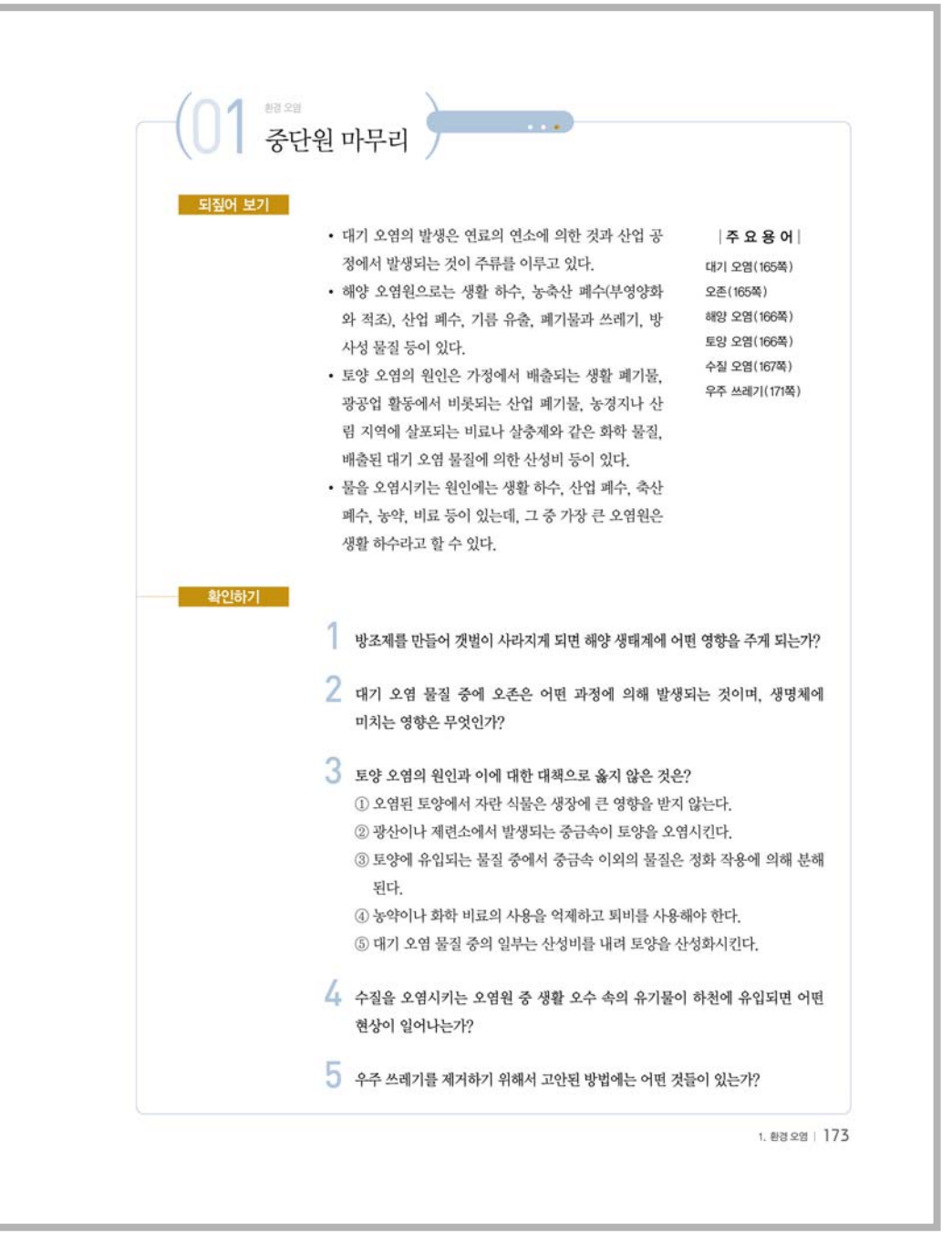
(2) 폭발 잔해나 일부 우주 쓰레기가 지구 대기권으로 떨어져 지상에 피해 유발

3. 우주 쓰레기의 위협을 없애는 방법

(1) 대기권에 진입시켜 소각 : 수명이 다된 인공위성의 처리

(2) 레이저 빗자루 : 크기가 작은 우주 쓰레기 처리

(3) 우주 플라이페이퍼 : 운동 에너지를 감소시켜 궤도 변경 또는 고도 하강



01 환경 오염
중단원 마무리

되짚어 보기

- 대기 오염의 발생은 연료의 연소에 의한 것과 산업 공정에서 발생되는 것이 주류를 이루고 있다.
- 해양 오염원으로는 생활 하수, 농축산 폐수(부영양화와 적조), 산업 폐수, 기름 유출, 폐기물과 쓰레기, 방사성 물질 등이 있다.
- 토양 오염의 원인은 가정에서 배출되는 생활 폐기물, 광공업 활동에서 비롯되는 산업 폐기물, 농경지나 산림 지역에 살포되는 비료나 살충제와 같은 화학 물질, 배출된 대기 오염 물질에 의한 산성비 등이 있다.
- 물을 오염시키는 원인에는 생활 하수, 산업 폐수, 축산 폐수, 농약, 비료 등이 있는데, 그 중 가장 큰 오염원은 생활 하수라고 할 수 있다.

| 주 요 용 어 |
대기 오염(165쪽)
오존(165쪽)
해양 오염(166쪽)
토양 오염(166쪽)
수질 오염(167쪽)
우주 쓰레기(171쪽)

확인하기

1 방조제를 만들어 갯벌이 사라지게 되면 해양 생태계에 어떤 영향을 주게 되는가?

2 대기 오염 물질 중에 오존은 어떤 과정에 의해 발생되는 것이며, 생명체에 미치는 영향은 무엇인가?

3 토양 오염의 원인과 이에 대한 대책으로 옳지 않은 것은?
① 오염된 토양에서 자란 식물은 생장에 큰 영향을 받지 않는다.
② 광산이나 제련소에서 발생되는 중금속이 토양을 오염시킨다.
③ 토양에 유입되는 물질 중에서 중금속 이외의 물질은 정화 작용에 의해 분해된다.
④ 농약이나 화학 비료의 사용을 억제하고 퇴비를 사용해야 한다.
⑤ 대기 오염 물질 중의 일부는 산성비를 내려 토양을 산성화시킨다.

4 수질을 오염시키는 오염원 중 생활 오수 속의 유기물이 하천에 유입되면 어떤 현상이 일어나는가?

5 우주 쓰레기를 제거하기 위해서 고안된 방법에는 어떤 것들이 있는가?

1. 환경 오염 | 173

중단원 마무리

주요 용어

- **대기 오염**: 인류의 생활 활동 결과 발생한 물질이 직접 또는 간접으로 인간 생활에 불쾌감을 주고 재해 위험성이 있으며, 건강 장애를 끼치거나 재산상의 피해를 끼칠 정도로 대기 중에 포함되어 있어 자연을 즐길 수 있는 권한을 방해하는 상태를 의미한다.
- **오존**: 3 원자의 산소로 된 푸른빛의 기체. 특유한 냄새가 나며, 상온에서 분해되어 산소가 된다. 산화력이 강하여 산화제, 표백제, 살균제로 쓴다.
- **해양 오염**: 생활 하수, 농축산 폐수, 산업 폐수, 기름 유출 등으로 인해 바다가 더럽혀지는 현상이다.
- **토양 오염**: 인간이나 동식물에 유해한 중금속이나 화학 물질이 토양에 축적되는 일. 광공업 폐기물인 카드뮴, 구리 따위의 중금속류와 유기 염소 살충제를 중심으로 하는 합성 농약으로 인한 오염이 심해지고 있다.
- **수질 오염**: 인위적인 요인에 의해 자연 수자원이 오염되어 이용 가치가 저하되거나 피해를 주는 현상. 이는 하천 · 호소(湖沼) · 항만 · 해역 등의 자연 수역에 폐물질이 유입되어 일으키는 오염을 말한다.
- **우주 쓰레기**: 수명을 다한 인공위성이나 로켓 발사 후 떨어져 나온 동체, 우주인들이 유영 중에 버린 도구 등 지구 주변을 떠돌아다니는 물체들을 말한다.

확인하기

1. 방조제를 만들어 갯벌이 사라지면 갯벌 파괴로 어족 자원이 고갈되고 생태계 불균형으로 철새 도래지 등이 파괴된다.

2. 자동차 배기 가스에 주로 함유된 일산화질소가 태양빛을 받아 이산화질소가 되고, 이산화질소가 다시 빛을 받아 오존이 된다. 이렇게 오존이 점점 과다하게 형성되면 인체에 자극을 주게 되고 심하면 기침, 흉부 압박, 호흡 곤란 등을 초래한다.

3. ①
해 오염된 토양에서 자란 식물은 성장 속도가 느리며, 특히 토양속의 중금속은 식물의 체내에 흡수된 후 분해되지 않고 남게 된다. 오염된 식물을 섭취하게 되면 인간의 체내에도 중금속이 축적된다.

4. 무기 영양염인 암모니아, 질산염, 인산염 등이 풍부해져 식물성 플랑크톤의 성장을 촉진시키는 부영양화가 일어난다.

5. 새로 발사되는 모든 위성에 전자기 사슬을 부착해 수명이 다되면 자동적으로 대기권에 재돌입시켜 소각시키는 방법이나 레이저 빗자루, 우주 플라이페이퍼 등의 방법이 고안되고 있다.

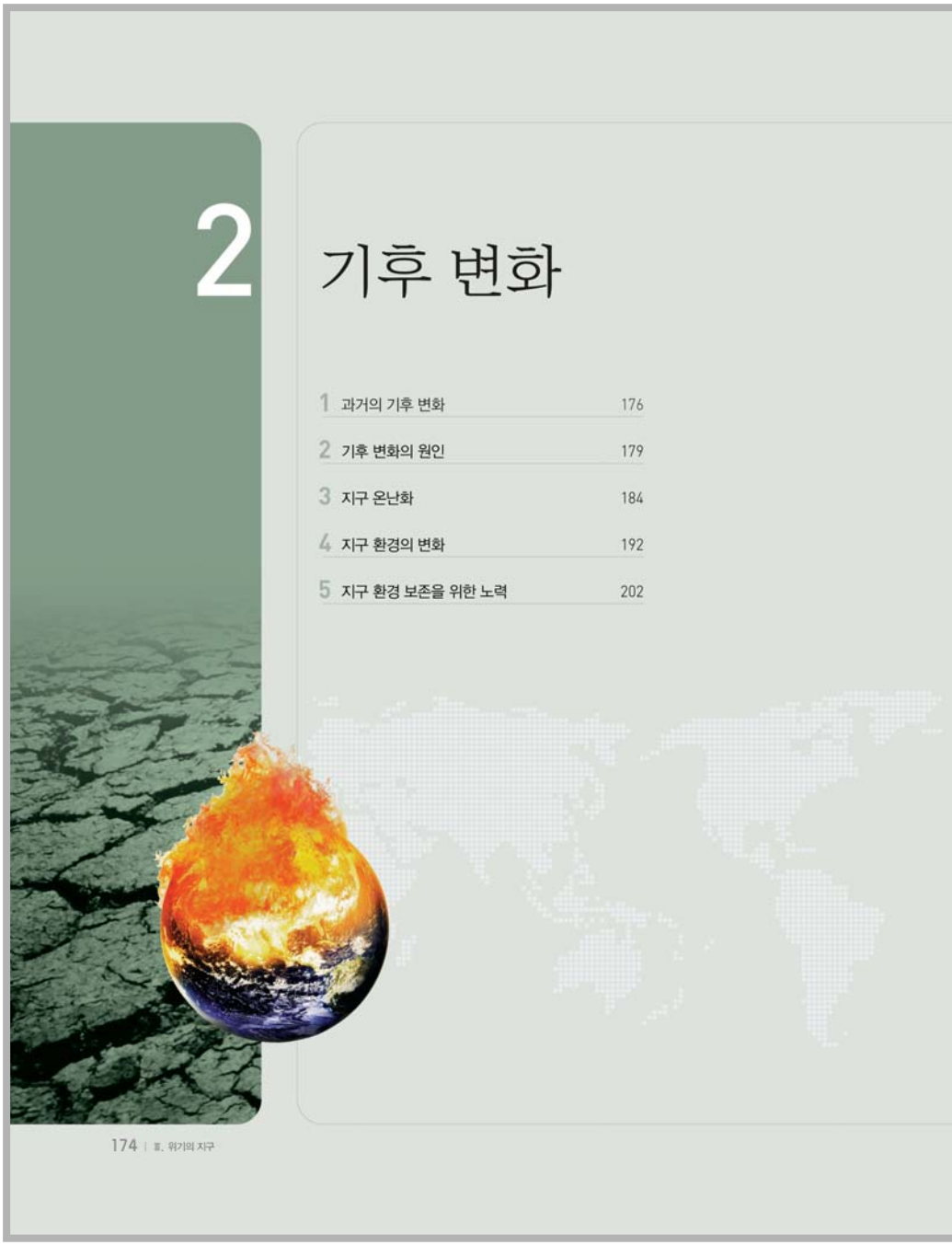
2 기후 변화

중단원의 학습 목표

1. 지구의 역사를 통하여 기후가 어떻게 변해 왔는지를 알고, 고기후 연구 방법을 설명할 수 있다.
2. 기후 변화의 원인을 설명하는 여러 가지 가설을 이해한다.
3. 지구 온난화를 지구 열 수지와 관련지어 이해한다.
4. 엘니뇨, 해수면 상승, 오존 홀, 사막화, 황사 등과 같은 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.
5. 인간의 활동에 의한 지구 환경 변화의 사회적, 경제적 영향을 알고, 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력들을 알아본다.

중단원의 흐름

이 장에서는 과거 기후의 변화와 고기후 연구 방법을 먼저 다루고, 이를 토대로 기후 변화의 원인에 대한 여러 가지 가설을 다룬다. 또한 지구 온난화를 중심으로 엘니뇨, 황사, 오존 홀 등을 다루고, 이들이 지구 환경에 미친 영향 및 환경 문제 해결을 위한 인간의 노력을 함께 다룬다.



중단원의 지도 계획

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
1 과거의 기후 변화	2	① 고기후의 연구	51~52	pp. 176~177	■ 고기후의 연구를 통한 각 지질 시대의 기후와 그 변화	
		② 지질 시대의 기후		p. 178		
2 기후 변화의 원인	2	① 지구 내적 요인	53~54	pp. 179~181	■ 지구의 기후를 변화시키는 여러 가지 요인과 그 까닭	토론
		② 지구 외적 요인		pp. 181~183		
3 지구 온난화	4	① 지구의 복사 평형	55~58	pp. 184~188	■ 지구의 열수지와 지구 온난화의 원인과 그 대책 ■ 지구 온난화의 영향	자료 해석
		② 지구의 온난화		pp. 189~191		자료 해석
4 지구 환경의 변화	3	① 엘니뇨 현상	59~61	pp. 192~193	■ 엘니뇨 현상이 일어나는 원인과 엘니뇨 현상이 지구 환경에 미치는 영향 ■ 해수면이 상승하는 원인과 해수면 상승이 지구 환경에 미치는 영향	
		② 해수면 상승		pp. 193~195		

국내의 한 방송국에서 특별기획으로 방영한 다큐멘터리에서는 지구상 최북단 마을 까낙의 이누이트를 밀착 취재하여, 그동안 국내 자연 생태 다큐멘터리에서 볼 수 없었던 희귀한 장면들을 보여주었다.

이 다큐멘터리에는 콜라 CF모델로 친숙한 실제 북극곰도 나왔다. 현지인들도 본 적이 없다는 북극곰은 빙산에 기어오르기도 하고 바다표범 사냥에 나서기도 하였다.

북극곰 한 마리는 한 해 바다표범 45마리를 잡아먹어야 생존 가능하다. 북극곰은 얼어있는 얼음 바다에 구멍을 뚫고 숨을 쉬러 올라오는 바다표범을 사냥한다. 따라서 얼음이 없으면 북극곰도 바다표범을 사냥할 수 없게 된다. 얼음이 빨리 녹아 사냥이 힘들어지자 먹이를 빼앗기 위해 다투기도 한다.

배고픈 북극곰은 이제 사람들이 사는 마을로까지 발길을 옮기고 있다. 철조망을 이빨로 끊으려 하고, 철조망 앞에 서서 밀어보기도 하는 북극곰의 간절함이 지구 온난화의 주범, 인류를 향해 부르짖는다.



생각 열기

인간의 활동으로 인해 지구 온난화가 일어나는 과정에는 어떤 것들이 있을까?

중단원 지도 방향

1. 과거의 기후 변화에 관한 정보를 통해서 미래의 지구 기후 변화를 예측할 수 있음을 알고, 이러한 기후 변화가 생명체에 어떤 영향을 미치는지 추정해 보게 한다. 지구의 기후는 항상 변화하는 것이라는 점을 고기후 자료를 통해서 이해하게 하고, 지구의 기후가 어떤 변화를 거쳐 왔는지를 알기 위해서 고문헌, 식물의 나이테, 빙하 및 지질 조사를 통해서 기후 자료를 복원한다는 것을 인식시킨다.
2. 해륙의 면적비와 분포 양상, 해수면 변화, 대기권 구성 물질 변화, 밀란코비치 주기 등과 같은 기후 변화의 원인을 설명하는 여러 가지 가설을 이해하게 하고, 빙하기와 간빙기를 초래할 수 있는 과학적인 이유를 설명하게 한다.
3. 지구 열수지에 대한 이해를 토대로 지구 온난화를 비롯한 기후 변화를 이해하게 한다.

생각 열기

인간의 활동으로 인해 일어나는 무분별한 방목과 택지나 조성 등을 위한 삼림 벌채, 과다한 화석 연료 사용 등은 지구 온난화를 유발하는 과정이다.

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
		3 오존층 파괴		pp. 195~197	■ 오존층이 파괴되는 과정과 오존층 파괴로 인한 영향 ■ 사막화 현상이 일어나는 원인과 사막화 현상에 따른 영향 ■ 황사의 발원지와 황사가 우리나라에 주는 영향	
		4 사막화		pp. 198~200		
		5 황사		pp. 200~201		
5 지구 환경 보존을 위한 노력	2	1 지구 온난화 방지를 위한 노력	62~63	p. 202	■ 지구의 온난화 방지, 오존층 보존, 사막화 방지, 황사 방지 등을 위한 인류의 노력과 국제 협약	
		2 오존층 보존을 위한 협약		p. 203		
		3 사막화 방지를 위한 협약		pp. 203~204		
		4 황사 방지를 위한 노력		p. 204		
중단원 마무리				p. 205		
단원의 마무리	1		64	pp. 206~209		

1 과거의 기후 변화

소단원의 학습 목표

1. 고기후 연구 방법을 설명할 수 있다.
2. 지질 시대의 기후에 대하여 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 과거의 기후 변화에 관한 정보를 통해서 미래의 지구 기후 변화를 예측할 수 있음을 알고, 이러한 기후 변화가 생명체에 어떤 영향을 미치는지 추정해 보게 한다.
2. 지구의 기후는 항상 변화하는 것이라는 점을 고기후 자료를 통해서 이해하게 하고, 지구의 기후가 어떤 변화를 거쳐 왔는지를 알기 위해서 고문헌, 식물의 나이테, 빙하 및 지질 조사를 통해서 기후자료를 복원한다는 것을 인식시킨다.

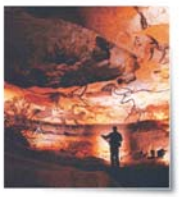
내용 해설

Ⅰ 고기후의 연구

• 고기후 연구

고기후 연구의 세계적 고기후는 과거의 기후를 연구하는 학문이다. 지구의 나이는 45억 년이다. 수십 억 년 전의 고기후는 자세히는 연구되어 있지는 않지만, 대략적으로는 퇴적암의 종류, 퇴적암 속에 포함된 화석 및 퇴적 구조 등을 통해 추측할 수 있다. 반면에 해양에서 가장 오래된 퇴적물의 나이는 약 1억 8천만 년이다. 그러므로 1억 8천만 년 전부터 현재까지의 고기후의 역사는 비교적 연구가 잘 되어 있다. 이유는 해양 퇴적물은 육상의 암석에 비해 연속적인 시간의 기록을 가지고 있으며, 기후 변화에 민감한 화석을 풍부히 함유하고 있기 때문이다.

고기후 연구의 세계적인 경향은 특히 최근 수십 만 년의 고기후에 집중 연구하고 있다. 이에 대한 이유는 고해상도의 연구가 가능하며, 고기후에 대한 준거로 사용할 수 있는 여러 요소들이 보존이 잘 되어 있기 때문이다.



1 과거의 기후 변화

❖ 학습 목표

1. 고기후 연구 방법을 설명할 수 있다.
2. 지질 시대의 기후에 대하여 설명할 수 있다.

1 고기후의 연구

고기후를 연구하면 과거의 기후 변화나 이상 기후가 어떻게 일어났는지를 이해할 수 있으며, 이를 통해 미래의 기후를 예측할 수 있다.

날씨 또는 여기에 동반된 이상 기상과 재해 등에 관한 관측은 기원전으로 거슬러 올라가서 매우 오래 전부터 시작되었으며, 이러한 사실은 그 당시의 벽화나 다른 기록물들을 통해 알 수 있다. 그러나 관측 기기를 사용해서 정량적인 기상 관측을 시작한 것은 한참이 지나서이다. 어느 정도 규격이 통일된 관측이 행해지게 된 것은 18세기 후반부터이며, 일기도에 기입되는 자료가 될 관측이 국제적 통일 규격으로 실시된 것은 19세기 후반이다.



그림 Ⅲ-7 섬잣나무의 꽃가루 화석

1868년부터 기상 관측 장비를 이용하여 조직적인 기상 관측을 실시하기 시작한 이래, 기후 자료가 정리되어 기후에 대한 측정값이 체계적으로 정리되었다. 그러나 그 이전에 일어났던 기후 변화를 알아보기 위해서는 고문서의 기록을 통한 문헌 조사, 빙하 퇴적물, 나무의 나이테, 화석 등을 분석하여 추정하는 수밖에 없다.

과거 지질 시대의 기후를 추정할 때에는 기본적으로 빙하의 흔적과 퇴적물의 구조, 지층에서 산출되는 화석 등을 이용한다. 최근에는 화석에 포함된 산소의 동위 원소비($^{18}O/^{16}O$), 그림 Ⅲ-7과 같은 식물의 꽃가루 등을 연구하여 그 당시의 기후 환경을 추론한다.



그림 Ⅲ-8 빙하의 시추(북극 다산 기지)

그림 Ⅲ-8과 같이 두꺼운 대륙 빙하를 시추하여 얻은 빙하 시추물로부터 과거의 기후에 대한 좋은 정보들을 얻기도 한다. 시추물에는 빙하가 만들어질 당시의 연간 변화가 줄무늬로 나타난다. 이를 통해 빙하의 생성 시기를 알아낼 수 있다. 빙하에 포함된 작은 공기 방울을 이용하면 당시의 대기 조성

176 | Ⅲ. 위기의 지구

1. 고기후의 연구
   (1) 과거의 기후 변화나 이상 기후가 일어나는 과정을 이해
   (2) 미래의 기후를 예측
   (3) 고기후 연구 방법
      ① 문헌 조사, 빙하 퇴적물, 나무의 나이테, 화석 등을 분석하여 추정
      ② 빙하의 흔적과 퇴적물의 구조, 지층에서 산출되는 화석, 화석에 포함된 산소의 동위 원소비, 식물의 꽃가루, 빙하 시추물 등을 연구

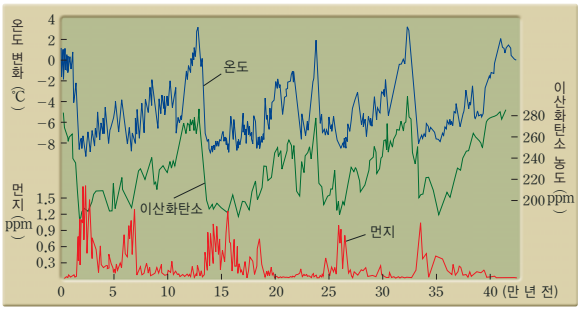


그림 Ⅲ-9 과거 40만 년 동안의 기후 기록

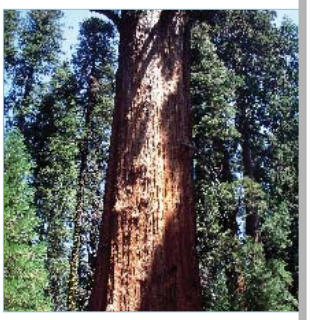


그림 Ⅲ-10 세쿼이아덴드론

을 알아낼 수 있다. 또한, 산소의 동위 원소비를 이용하면 빙하가 만들어질 당시의 대기 온도도 추정할 수 있다. 그림 Ⅲ-9는 남극에 있는 러시아의 보스토크 기지에서 얻은 빙하 시추물로 알아낸 40만 년 전까지의 기후 변화 기록이다. 비교적 가까운 시대의 기후 변화는 오래 된 나무의 나이테나 산호초의 성장률 등을 이용하여 추론한다. 특히, 그림 Ⅲ-10과 같이 자이언트세쿼이아라고 불리는 세쿼이아덴드론의 나이테를 이용하면 현재로부터 2000년 전까지의 기후를 추론할 수 있다. 문자가 기록되기 시작한 역사 시대의 기후는 고문서 · 고일기 등의 기록 등을 조사하여 알아낸다.

이런 과정을 통해 알아낸 과거의 기후는 일정하게 유지되어 온 것이 아니라, 그림 Ⅲ-11과 같이 각 지질 시대별로, 또 지질 시대 내에서도 계속 변화하고 있다.

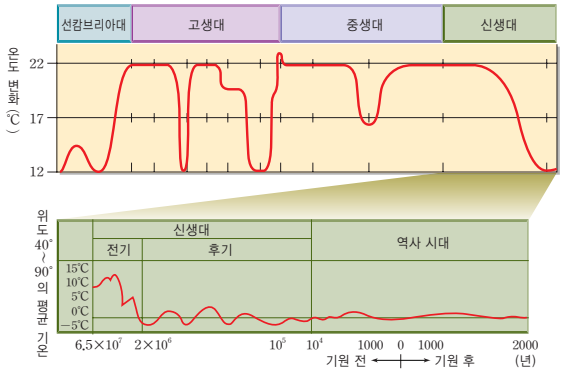


그림 Ⅲ-11 지질 시대의 평균 기온



• 포자 화분 화석 연구를 통한 고기후 연구

최근에 이르러 많은 지질학자들은 남극 반도의 호수 퇴적물을 대상으로 연구를 진행하였다. 그 이유는 호수 퇴적물 내에는 식물 등이 쌓여서 보존된 유기물과 규조(硅藻) 및 화분(꽃가루) 화석이 함께 산출되어 고기후 추정에 매우 유용한 정보를 주기 때문이다. 포자 화분 화석 연구는 기본적으로 육상 식물의 포자나 화분을 연구 대상으로 한다.

식물은 기후 변화에 아주 민감하여 비교적 좁은 층서적 구간에서도 상이한 식물군이 나타날 수 있다. 따라서 과거의 기후 변동은 고식생(古植生)의 복원을 통하여 가장 효과적으로 추정할 수 있다. 화석화될 수 있는 식물의 부분 중에서 양적으로 가장 풍부한 것은 포자나 화분이다. 포자와 화분은 화학적으로 안정된 성분으로 이루어졌을 뿐만 아니라 미화석이 갖는 모든 장점도 함께 가지고 있다. 따라서 고식물군 복원을 통한 고기후의 추정에 있어 포자 화분 화석은 매우 유용하게 이용될 수 있다.

• 빙하 시추를 통한 고기후 연구

20세기에 들어 인류의 공통 관심사로 대두된 인위적인 지구 온난화 문제는 많은 과학적 증거들에 의해 이제 명백한 사실로 받아들여지고 있다. 이제는 과연 50년 또는 100년 후에는 지구의 기온 상승 추세와 폭이 어느 정도 될 것인지 예측하여 대비책을 수립하고자 기후학자들을 비롯한 많은 과학자들이 노력하고 있다. 하지만 미래의 기후 변화 향방을 정확하게 예측하기 위해서는 과거의 지구 환경 변화 양상을 우선 이해해야만 가능하다. 즉 인위적인 영향이 없었던 과거에도 자연적인 기후 변화가 주기적으로 또는 돌발적으로 발생하였기 때문이다. 이러한 자연적인 기후 변화를 비롯한 지구 환경 변화를 연구하기 위한 대상 중의 하나가 극지방에 분포하고 있는 만년빙이다. 흔히 만년빙을 지구 환경 변화의 정보를 저장하고 있는 '냉동 캡슐'이라고 일컫는다.

북극의 그린란드는 면적이 로 중앙의 정상부에서 연평균 기온은 약 −30℃이며 얼음의 두께는 최대 3 km가 넘는다. 그린란드에서의 대표적인 빙하 시추 프로그램은 1990~1992년 정상부에서 시추한 유럽 국가들과 미국이다. 그린란드의 빙하로부터는 지난 25만 년 동안 북대서양에서 발생했던 민감하고 복잡한 고기후 변화를 비롯하여 다양한 지구 환경 변화의 기록이 복원되었다.

• 산소 동위 원소를 이용한 기후 변화 연구

유공충의 껍데기 등에 포함되어 있는 18O와 16O의 양을 비교하면 그 유공충이 살았던 당시의 바닷물의 온도를 추정할 수 있다. 바닷물의 온도가 높으면 높을수록 16O이 바닷물 속에서 증발하고, 바닷물 속에서의 16O에 대한 18O의 양(18O/16O)이 그만큼 증가한다. 이 사실을 이용하여 과거의 바닷물의 온도를 추정할 수 있다. 해수면에서 증발한 바닷물은 눈이 되어 내리고 빙하에 갇히게 된다. 바닷물의 경우와는 반대로 기온이 높으면 높을수록 빙하의 얼음 속에서의 16O의 양이 늘어난다. 따라서 남극이나 그린란드의 얼음을 이용해서도 과거의 기후 변화를 알아낼 수 있다.

2 지질 시대의 기후

고기후 연구를 토대로 보면 현재의 기후 상태는 지질 시대 기후 상태 중 비정상적 시기임을 알 수 있다. 그린란드와 남극 대륙은 빙상으로 덮여 있으며, 북극해에는 영구적인 얼음덩어리들이 떠 있다. 전 위도에 걸쳐 바다 속 깊은 곳은 대부분 3℃ 이하로 매우 차가운 상태이다. 식생도는 뚜렷한 대상(帶狀) 형태로, 고위도 지역의 나무가 살지 않는 툰드라 대와 적도 지역의 울창한 열대 우림대가 있다. 이러한 특징적인 기후 상태는 이제까지의 지질 시대 동안 거의 존재하지 않았다.

(1) 선캄브리아대 : 5억 7천만 년 이전의 기후에 대한 정보는 매우 단편적이다. 이 시기에는 기온이 0~50℃ 사이였을 것이라는 사실 외에는 알려진 것이 거의 없다.

(2) 고생대~중생대 : 고생대가 시작된 시기(약 5억 7천만 년 전)부터 신생대가 시작된 시기(약 6천 4백만 년 전)까지 지구의 기후는 비교적 온난 다습하였으며, 위도에 평행한 대상 형태를 보였다. 이 시기에는 사막이 존재했으며, 극지방에도 빙하가 존재하지 않았다는 증거가 나타나고 있다. 약 2억 8천만 년 전에 오랜 기간 지속된 빙하기가 존재했으며, 빙하가 남반구의 고위도까지 존재했음이 나타난다. 일반적으로 3억 2천만 년 전에서 2억 8천만 년 전까지는 춥고 건조한 기후상태가 우세하였고, 그 이후로는 다시 따뜻하고 기온 변화가 거의 없는 상태로 돌아오게 되었으며, 이때의 연평균 기온은 현재보다 약 6℃ 정도 더 높았다.

(3) 신생대 : 온난한 기후는 6천 5백만 년 전에 갑작스럽게 끝나게 되며, 급격한 기온 감소로 공룡과 다른 여러 생물군들이 멸종된 것으로 본다. 이후 따뜻하고 다습한 상태로 급변하여 현재와 비슷한 기후대가 형성되었다. 신생대 중기부터는 기온이 하강하기 시작했으며 약 3천 6백만 년 전에는 대부분의 남극 대륙이 빙하로 뒤덮였고, 이때 형성된 빙하의 일부분은 현재까지도 남아 있다. 북반구의 빙하 작용은 이보다 훨씬 늦은 마이오세 후기(약 1천만 년 전)에 시작되었다.



그림 Ⅲ-12 스트로마톨라이트(석회조류)

2 지질 시대의 기후

선캄브리아대는 30억 년 이상이나 계속되었고, 지구의 역사상 초창기이기 때문에 그때의 상태를 자세히 밝히기가 어렵다. 그러나 캐나다와 유럽 북서부, 동북아시아 등지에서 나타나는 선캄브리아대의 지층을 통해 그 당시의 환경을 추측할 수 있다. 지질학자들은 그림 Ⅲ-12와 같은 얕은 바다에서 만들어지는 석회조류에 의한 석회암과 증발암이 선캄브리아대 지층에서 다량으로 발견됨을 근거로, 선캄브리아대는 전반적으로 온난한 기후였다고 추정하고 있다. 그리고 세계 여러 지역에서 발견되는 빙하 퇴적물로부터 중기(23억 년 전~24억 년 전)와 말기(6억 년 전~7.5억 년 전)에 큰 빙하기가 있었음을 알 수 있다.

고생대의 기후는 이 시기의 지층에서 대량의 석회암과 산호의 화석이 발견되는 점으로 미루어, 거의 전 기간을 통해 온난하였다고 생각된다. 특히 고생대 초기에는 대륙들이 대부분 적도 주변에 모여 있었으며, 그리하여 육지의 대부분은 온난한 기후 환경이었다. 석탄기는 양치식물이 무성하여 온난 습윤한 기후였고, 나무에 나이테가 없는 점으로 보아 계절의 변화가 거의 없었던 것으로 추측된다. 그러나 남아메리카, 오스트레일리아, 아프리카, 인도 등의 지역의 고생대 말기 지층에서 빙하 퇴적물이 발견되는 것으로 보아 한 차례 큰 빙하기가 있었음을 알 수 있다.

중생대는 빙하기가 나타나지 않는 온난한 기후였다. 중생대의 지층 중에는 사막 지방에서 볼 수 있는 적색 사암층이 있으며, 산호초가 고위도 지방의 지층에서 발견되는 점으로 보아 중생대 초기에는 고온 건조한 기후였다가 나중에 온난 다습한 기후로 변하였던 것으로 보인다. 이러한 온난한 기후는 신생대 제3기 전반까지 계속되었다.

신생대의 기후는 대체로 현재보다 온난 다습하였다. 전기에는 온난하였다가 후기부터 한랭해지기 시작하여, 후기에는 4차례의 빙하기와 3차례의 간빙기가 있었다(그림 Ⅲ-11).

한 걸음 더

아시아 지역의 고산 빙하

아시아 지역 고산 빙하는 한반도 지역에 직접적인 영향을 미치는 계절풍 변화와 황사 기록 등의 아시아 과거 대기 기록을 간직하고 있어, 고기후 변화연구에 좋은 자료가 된다.

한국해양연구원 극지연구소 빙하 연구 팀은 한 · 중 · 몽골 공동 연구팀과 함께 2010년 6월 12일부터 27일까지 몽골 호브드 주 뭉호하이르항 산의 빙하 코어를 시추했다. 뭉호하이르항 산의 최대 빙하 깊이는 70 m로, 이번에 사용된 빙하 시추기는 200 m까지 시추를 할 수 있다. 빙하 연구 팀이 시추한 빙하 코어를 연구하면 최대 500년까지의 과거 기후 기록을 복원할 수 있으며, 특히 겨울 시베리아 기단의 변화, 강수량 변화, 봄철 황사 발생과 빈도 변화 등 다양한 기후 변화 기록을 복원할 수 있을 것으로 보인다.

2. 지질 시대의 기후

(1) 선캄브리아 시대 : 선캄브리아 시대의 지층을 통해 당시의 환경을 추측

(2) 고생대

① 대량의 석회암과 산호 화석 발견 ⇒ 전 기간을 통해 온난한 것으로 추측

② 고생대 말기 지층에서 빙하 퇴적물 발견 ⇒ 말기에 큰 빙하기

(3) 중생대 : 고온 건조한 기후 ⇒ 온난 다습한 기후

(4) 신생대 : 후기에는 4회의 빙하기와 3회의 간빙기

2 기후 변화의 원인



❖ 학습 목표

1. 기후 변화의 원인을 설명할 수 있다.
2. 기후 변화를 설명하는 여러 가지 가설을 이해할 수 있다.

지구 환경 변화에 따른 기후 변화는 근래 인류가 직면한 심각한 문제 중의 하나이다. 사하라 사막의 남쪽에서는 매년 사막의 면적이 확대되고 있고, 북아메리카의 겨울 한파, 동남아시아의 가뭄 등 세계 곳곳에서 크고 작은 기후 변동이 끊임없이 일어나고 있다. 우리나라에서도 기후 변화의 조짐이 심상치 않게 보고되고 있다. 2010년 8월에는 부산 인근 바다에서 아열대성 산호류와 어류가 다량 발견됨으로써, 이곳이 완전히 아열대화한 것으로 보인다는 분석도 나왔다.

기후를 변화시키는 요인에는 어떤 것들이 있는지 알아보자.

탐구 4 토론 **기후 변화의 요인**

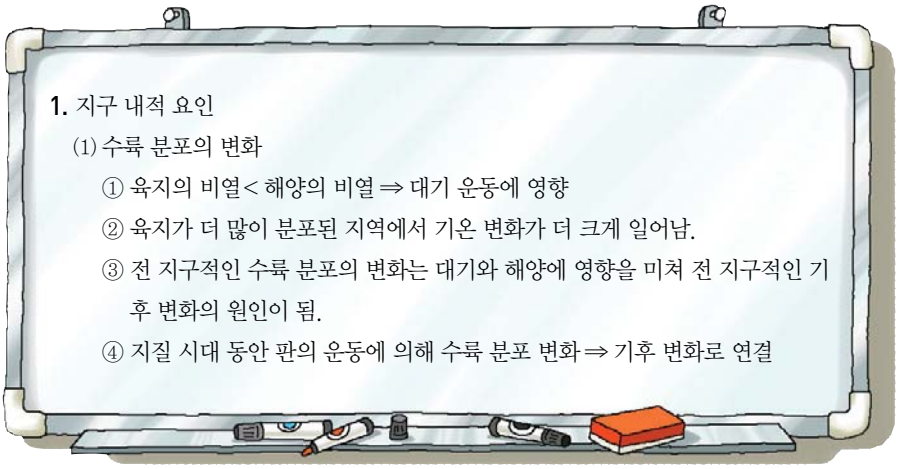
과정 다음은 지구 환경을 변화시키는 것으로 여겨지는 요인들이다. 모둠별로 한 가지를 선택하여 각 요인이 나오게 된 배경과 이를 통해 설명할 수 있는 부분을 조사하여 발표해 보자.

내적 요인	(가) 수륙 분포의 변화 (나) 지표면의 변화 (다) 대기 투과율의 변화
외적 요인	(가) 세차 운동 (나) 지구 자전축의 기울기 변화 (다) 공전 궤도 이심률의 변화

정리
1. 내적 요인과 외적 요인 중 어느 쪽이 단기간에 미치는 영향이 더 크다고 생각하는가?
2. 각 요인을 통해 기후 변화를 설명할 때 나타나는 제한점은 무엇인가?
3. 기후 변화를 설명하기 위한 가설은 어떤 내용을 포함해야 한다고 생각하는가?

1 지구 내적 요인

(1) 수륙 분포의 변화 육지의 비열은 해양의 비열보다 작고, 이러한 비열 차이는 대기의 운동에 영향을 미친다. 육지가 더 많이 분포된 지역에서 기온 변화가 더 크게 일어나므로, 지역에 따라 수륙 분포가 다르기 때문에 기후가 다르게 나타난다. 전 지구적인 수륙 분포의 변화는 대기와 해양에 영향을 미쳐 지구 전체적인 기후 변화의 원인이 된다.



2 기후 변화의 원인

소단원의 학습 목표

1. 기후 변화의 원인을 설명할 수 있다.
2. 기후 변화를 설명하는 여러 가지 가설을 이해할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 해륙의 면적비와 분포 양상, 해수면 변화, 대기권 구성 물질 변화, 밀란코비치 주기 등과 같은 기후 변화의 원인을 설명하는 여러 가지 가설을 이해하게 한다.
2. 빙하기와 간빙기를 초래할 수 있는 과학적인 이유를 설명하게 한다.

내용 해설

탐구 4 토론

기후 변화의 요인

1. 목표

기후 변화를 일으키는 요인들을 이해할 수 있다.

2. 정리

1. 내적 요인 중 인간의 활동에 의해 일어나는 지표면 상태의 변화나 대규모 화산 폭발 등에 의한 대기 투과율의 변화 등은 외적 요인에 비해 단기간에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다. 그러나 판의 운동에 따른 수륙 분포의 변화로 인한 영향은 외적 요인에 비해 영향을 미치는 기간이 길다고 할 수 있다.
2. 다른 요인과의 연계를 설명하기 어렵다. 수륙 분포의 변하로 인한 기후 변화를 설명할 때에 판의 운동에 따른 화성 활동, 생물상의 변화에 따른 대기 조성의 변화 등을 고려하기 어렵다.
3. 변화의 주기(기간)에 맞는 요인들을 고려해야 한다. 장기간에 걸쳐 일어나는 변화를 설명하기 위해서는 변화 주기에 맞게 변동되는 요인들을 찾아내어야 할 것이다.

• 기후 요소와 기후 인자

기온, 습도, 강수, 구름, 바람과 같이 기후를 나타내는 기본적인 물리량을 기후 요소라 한다. 한편 이러한 기후 요소의 시공간적 분포에 영향을 주는 인자를 기후 인자라 한다. 특정 지역의 기후에 영향을 미치는 기후 인자로는 다음과 같은 것들이 있다.

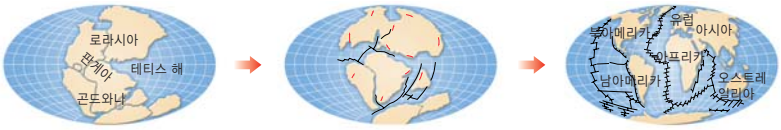
- 태양 복사의 강도와 위도 변화
- 해양과 대륙의 분포
- 해류
- 탁월풍
- 고기압과 저기압의 위치
- 산맥
- 해발 고도

• 화산 폭발에 의한 기후 변화

통계학적 관점에서 보면 VEI 8등급의 화산 폭발은 약 140만 년마다 한 번 꼴로 발생한다. 이를 감안하면 향후 100년 내 그만한 화산 폭발이 있을 가능성은 0.014%이다. 그러나 일부 과학자들은 그 빈도를 5만 년에 1번꼴로 보기도 한다. 이것은 확률적으로 VEI 8등급 화산 폭발과 동일한 수준의 기후 변화를 유발할 수 있는 지름 1 km급 소행성이 지구와 충돌할 확률의 2배나 되는 것이다. 과학자들은 VEI 8등급의 화산이 폭발하면 폭발 후 첫해의 평균 기온은 9.4℃ 떨어지고, 10년이 지난 후에도 예년보다 3℃ 정도 낮은 기온을 유지할 것으로 예견하고 있다.

또한 기온 하강에 의해 2년간 강수량이 예년의 절반에 머물게 되고, 그중에서도 아마존, 동남 아시아, 중앙 아프리카 지역은 평균 강수량의 10%에 불과한 비만 내릴 것이라고 분석하였다.

화산 폭발 지수(VEI : Volcanic Explosivity Index) : 화산 폭발의 지속 시간, 분출물의 높이 및 양 등을 종합해 화산 폭발의 강도를 나타내는 수치로, 1~8까지 있다. 지수 1이면 소규모, 2~3이면 중규모, 4 이상이면 대규모 폭발로 분류한다. 지수가 1단계 높아질수록 폭발 강도는 10배씩 증가한다. 1991년 폭발하여 7,000명의 사망자를 낸 필리핀 피나투보 화산의 경우 화산 폭발 지수(VEI)는 6이었다.



(가) 고생대 말 (나) 중생대 말 (다) 신생대 말

그림 Ⅲ-13 수륙 분포의 변화

지질 시대 동안 판의 운동에 의해 그림 Ⅲ-13과 같이 수륙 분포에 변화가 있었으며, 이러한 수륙 분포의 변화는 기후의 변화로 이어졌을 것이다.

(2) 지표면 상태의 변화 지표의 모습은 다양한 원인으로 인하여 변해간다. 도시나 댐의 건설로 인해 숲이 사라지기도 하고 호수가 만들어지기도 한다. 이러한 변화는 지표의 반사율을 변화시키고 해당 지역의 기후를 변화시킨다. 삼림을 개간하여 농지나 택지를 조성하는 경우, 이 지역 지표의 반사율은 표 Ⅲ-2와 같이 증가하여 기온이 낮아진다. 이와는 반대로 지표를 덮고 있던 빙하가 녹으면 지표가 드러나 반사율이 감소하므로 기온이 상승한다.

표 Ⅲ-2 지표의 성질에 따른 반사율

구분	반사율(%)
새 아스팔트	4
오래 된 아스팔트	12
침엽수림	8~15
토양	17
녹색 잔디	25
사막 모래	40
콘크리트	55
빙하	50~70
눈	80~90

댐이 건설되면 해당 지역의 안개 일수, 일조 시간, 기온 등에 변화가 일어난다. 그 예로 1971~1976년에 건설된 안동 댐에 의한 안동 지역의 변화를 들 수 있다. 안개 일수는 댐 건설 이후에는 50.4 % 증가했으며 서리 일수는 댐 건설 전에 비해 21.8 % 증가하였고 일조 시간은 연간 500여 시간이 감소했으며, 강수량은 댐 건설 전 973 mm이었으나, 댐 건설 후 1104.3 mm로 증가했다.

(3) 대기 투과율의 변화 지구에 도달하는 태양 복사 에너지양이 변하지 않더라도 대기의 상태에 따라 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지양이 달라질 수 있다. 대규모의 화산 폭발이 일어나는 경우, 화구로부터 대기 중으로 분출된 화산재는 성층권까지 올라가 지구를 덮어 지구의 반사율을 증가시키고, 그에 따라 지구의 평균 기온은 낮아진다.

그림 Ⅲ-14는 1991년 6월에 일어난 필리핀의 피나투보 화산의 분출로 인한 기온 하강을 보여 준다. 피나투보 화산 폭발로 인한 기온 하강은 1992년 말까지 지속되었으며(그림의 노란색 부분), 이로 인해 지구의 평균 기온은 약 0.4℃ 정도 낮아졌다.

(2) 지표면 상태의 변화
① 지표의 변화 ⇒ 지표의 반사율 변화 ⇒ 해당 지역의 기후 변화
• 삼림 개간 ⇒ 반사율 증가 ⇒ 기온 하강
• 빙하의 융해 ⇒ 지표 노출로 반사율 감소 ⇒ 기온 상승
② 댐 건설 ⇒ 해당 지역의 안개 일수, 일조 시간, 기온 등의 변화
(3) 대기 투과율의 변화 : 대규모 화산 폭발 ⇒ 화산재로 인해 반사율 증가 ⇒ 지구의 평균 기온 감소

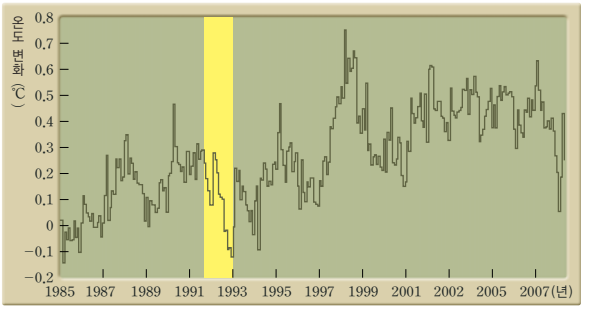


그림 Ⅲ-14 필리핀의 피나투보 화산 폭발에 의한 기온 하강

피나투보 화산의 분출



역사상 최대였던 1815년 인도네시아 탐보라 화산 폭발은 다음 해 유럽에서는 여름을 앗아갔으며, 다음해 6월~8월에 눈과 살인적인 서리가 계속되는 기상 이변이 발생하였다.

2 지구 외적 요인

지구의 계절을 변화시키는 외적 요인으로는 세차 운동, 지구 자전축의 기울기 변화, 공전 궤도 이심률의 변화 등을 들 수 있다.

(1) 지구의 세차 운동 지구의 자전축은 그림 Ⅲ-15의 (가)와 같이 돌아가는 팽이처럼 흔들리면서 26,000년을 주기로 한 바퀴씩 도는데, 이와 같은 운동을 세차 운

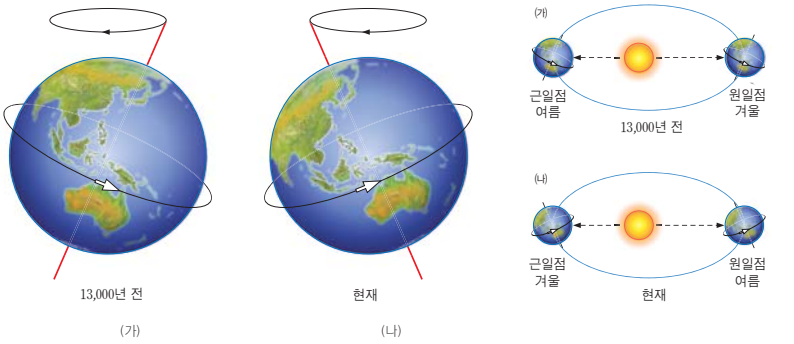


그림 Ⅲ-15 세차 운동과 계절의 변화

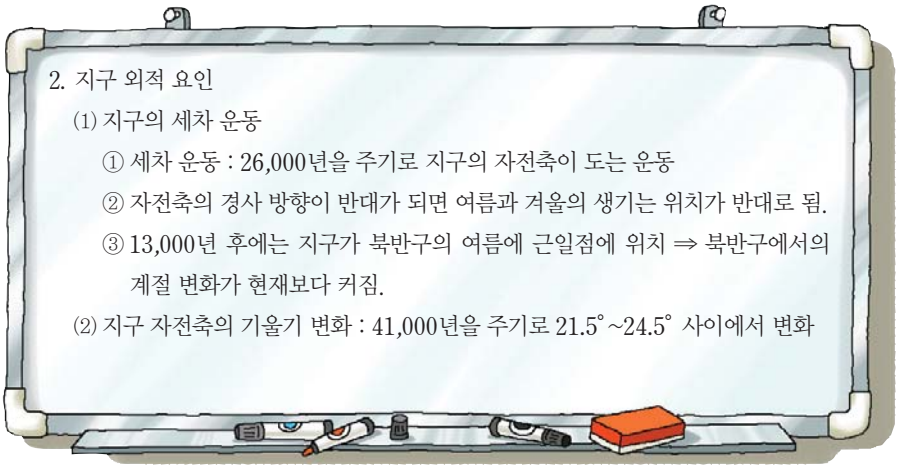
2 지구 외적 요인

(1) 지구의 세차 운동

지구도 회전하는 강체로 볼 수 있기 때문에 세차 운동이 생긴다. 지구는 극반지름에 비해 적도 반지름이 조금 더 큰 회전 타원체 모양을 하고 있다. 부풀어 오른 부분을 벌지(buldge)라고 한다. 거리가 멀어질수록 작아지는 중력의 특성 때문에 태양의 중력은 태양을 향한 쪽 벌지에서 더 크게 작용하게 된다.

지구의 자전축이 지구의 공전 궤도면에서 기울어져 있기 때문에 하지나 동지 무렵에는 벌지에 작용하는 태양의 중력 차이가 지구를 공전궤도면에 수직으로 세우려는 힘(돌림힘, torque)으로 작용하게 된다. 회전하는 계에 돌림힘이 작용하면 돌림힘 방향의 각운동량을 더하게 된다. 지구의 경우에는 태양과 지구의 벌지 때문에 생기는 돌림힘은 춘분점 방향과 평행하므로 지구의 회전축은 춘분점 방향으로 기울게 된다. 그만큼 춘분점은 다시 이동하게 되어 같은 작용이 반복되므로 지구 자전축은 회전하게 되는 것이다. 한 세기 동안의 관찰 결과에 의하며 춘분점은 1년에 50.3"만큼 이동하며, 이 값으로 360°를 나누면 주기는 약 25,800년이 얻어진다.

지금의 지구 자전축은 북극성을 향하고 있지만, 기원전 30세기의 이집트 사람들이 관찰할 당시에는 용자리 알파별이었다. 그리스의 히파르코스는 기원전 120년에 이전 천문학자들의 관측과 자신의 관측을 종합하여 세차 운동을 발견하였다.



(2) 지구 자전축의 기울기 변화

지구 자전축의 기울기는 지구 공전 궤도면에 대해 변화한다. 이 변화는 22.1°~24.5°까지 2.4°의 폭으로 약 41,000년을 주기로 일어난다. 자전축 기울기가 증가할 때 여름에는 더 많은 태양 복사 에너지를 받고 겨울에는 더 적게 받으면서, 계절에 따른 태양 복사 에너지의 진폭이 증가한다.

현재 지구 자전축은 궤도면에서 23.44° 기울어져 있고, 자전축 경사 양끝 값의 거의 중간쯤에 있다. 이 경사는 줄어드는 추세에 있으며 서기 약 10,000년경에 최소값에 도달할 것이며, 이 추세는 겨울을 더 따뜻하게, 여름을 더 춥게 만들고 있다. 그러나 현재 증가하고 있는 온실 기체의 영향은 이러한 자전축 변화의 효과를 거의 무시해버릴 것이다.

(3) 공전 궤도 이심률의 변화

지구의 공전 궤도는 타원형이다. 이심률은 타원이 원에서 얼마나 찌그러져 있는지를 나타내는 척도이다. 지구 공전 궤도의 모양은 시간에 따라 거의 원형(0.005의 낮은 이심률)에서 완만한 타원 모양까지(0.058의 높은 이심률) 변화하고, 평균 이심률은 0.028이다. 이 변화에 있어서 가장 주요한 요인이 413,000년의 주기로 이심률을 ±0.012만큼 변화시킨다. 또 다른 요인들은 95,000년에서 125,000년 주기를 가지고(공명 주기 400,000년) 대략적으로 100,000년 주기와 맞는다. 현재의 공전 궤도 이심률은 0.017이다.

만약 지구가 태양 주변을 공전하는 유일한 행성이었다면, 지구 공전 궤도의 이심률은 오랜 시간이 지나는 동안에도 거의 변화하지 않을 것이다. 목성과 토성의 중력장과의 상호 작용이 지구의 공전 궤도 이심률을 변화시키는 주된 요인이다. 그러나 공전 궤도의 이심률이 변화하여도 타원 궤도의 장반경의 길이는 달라지지 않는다. 천체 역학에서 궤도의 진화를 계산하기 위해 사용되는 섭동 이론에 따르면, 장반경의 길이는 변하지 않는 값이다. 케플러 제3법칙에 따르면 공전 주기는 궤도의 장반경에 의해 결정된다. 그러므로 지구의 공전 주기, 즉 항성년의

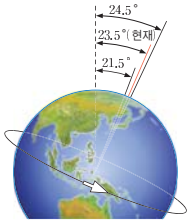


그림 Ⅲ-16
지구 자전축 기울기의 변화

동이라고 한다. 세차 운동으로 지구 자전축이 회전하는 동안 지구 자전축의 경사 방향이 반대가 되면, 여름과 겨울이 생기는 위치가 반대로 된다. 즉, 그림 (나)와 같이, 13,000년 전에는 북반구의 여름에 지구가 근일점에 위치하였지만 현재는 겨울에 지구가 근일점에 위치한다. 마찬가지로 13,000년 후에는 지구가 여름에 근일점에 위치할 것이며, 북반구에서의 계절 변화가 현재보다 크게 나타날 것이다.

(2) 지구 자전축의 기울기 변화 현재 지구 자전축의 기울기는 23.5°이지만, 지구 자전축의 기울기는 그림 Ⅲ-16과 같이 41,000년을 주기로 21.5~24.5° 사이에서 변한다. 지구 자전축의 기울기가 변하면 위도에 따른 태양 복사 에너지양이 달라지므로 기후 변화가 일어난다. 지구 자전축의 기울기가 커지면 여름과 겨울의 태양의 남중 고도 차이가 커진다. 즉, 여름과 겨울 사이에 지구가 받는 태양 복사 에너지양의 차이가 커지는 것을 의미한다. 따라서 지구 자전축의 기울기가 커질수록 계절의 변화는 커진다. 반대로 지구 자전축의 기울기가 작아지면 계절의 변화는 작아진다.

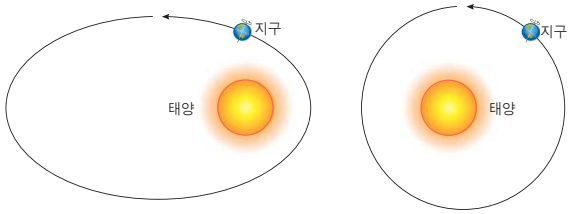
(3) 지구 공전 궤도 이심률의 변화 지구의 공전 궤도는 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도이다. 그러나 이와 같은 지구의 공전 궤도는 약 10만 년을 주기로 거의 원형(이심률 0.005)에서 타원형(이심률 0.058)까지 변하였다가 다시 원래대로 돌아간다. 즉, 지구 공전 궤도의 이심률이 변한다.



현재는 이심률이 작은 타원 궤도(이심률 0.017)를 그리고 있으며, 1월과 7월 사이의 일사량의 차이는 약 7 %에 해당한다. 그러나 이심률이 최대가 되어 근일점과 원일점일 때 지구와 태양 사이의 거리 차이가 가장 커지면 근일점과 원일점에서의 일사량은 약 20 % 정도 차이가 난다. 다른 조건에 변화 없이 공전 궤도만 그림 Ⅲ-17의 (가)에서 (나)로 변하면 북반구에서는 여름철에 해당하는 원일점의 거리는 가까워지고, 겨울철에 해당하는 근일점의 거리는 더 멀어져 기온의 연교차가 더 커진다.

공전 궤도 이심률

타원의 긴 반지름의 길이를 a, 짧은 반지름의 길이를 b라고 하면, 타원의 이심률은 $\frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a}$이다. 이심률이 0이면 원이고, 1에 가까울수록 직선(평면)이 된다.



(가) 타원형의 공전 궤도 (나) 원형의 공전 궤도

그림 Ⅲ-17 지구 공전 궤도의 변화

(3) 지구 공전 궤도 이심률의 변화
① 지구 공전 궤도는 약 10만 년을 주기로 거의 원형(이심률 0.005)에서 타원형(이심률 0.058)까지 변함.
② 이심률이 최대인 경우 근일점과 원일점에서의 일사량은 약 20% 정도 차이가 남.
(4) 밀란코비치 주기 : 지구의 공전 궤도와 자전축의 기울기의 주기적 변화로 인해 빙하기와 간빙기가 교대로 발생한다는 이론 ⇒ 장기적인 기후 변화 설명 가능

(4) 밀란코비치 주기

세르비아의 밀란코비치는 1920년대에 지구가 태양 주위를 돌 때 그리는 공전 궤도와 지구 자전축의 기울기가 주기적으로 변하면서 빙하기와 간빙기가 교대로 발생한다는 밀란코비치 이론을 주장하였다. 그는 서로 다른 주기를 갖는 변화들이 결합되어 동시에 일어난다면, 빙하기와 같은 지구의 기후 변화를 일으킬 것이라고 가정하였다. 그는 과거 45만 년 동안의 기후 변동을 추산하였고, 빙기와 간빙기를 표시하였다.

심해 퇴적물을 조사한 1976년의 연구를 통해서야 밀란코비치의 이론이 기후 변화의 주기와 상응한다는 사실이 밝혀졌다. 밀란코비치 주기로 장기적인 기후 변화를 설명할 수 있지만, 인간에 의해 일어나는 변화는 설명하지 못한다. 그림 Ⅲ-18은 지구 공전 궤도 이심률의 변화, 지구 자전축 기울기의 변화, 과거 100만 년 동안의 세차 운동과 함께 이들 효과들이 어떻게 복합적으로 영향을 주는가를 보여 주고 있다. 이들 변화는 천천히 일어나지만 예측이 가능하며, 이러한 변화로 인해 특정 위도의 지표에 도달하는 복사 에너지양이 장기적으로는 약 10 % 정도 달라질 수 있다. 그림 Ⅲ-19는 북위 65° 지역의 과거 100만 년 동안의 일사량 변화를 나타낸 것이다.



밀란코비치(Milanković, M.)
– 세르비아 : 1879~1958 –
수학자, 물리학자. 베오그라드 대학의 교수로 있으면서 연구를 통해 1920년 밀란코비치 이론에 관한 논문을 발표하였다.

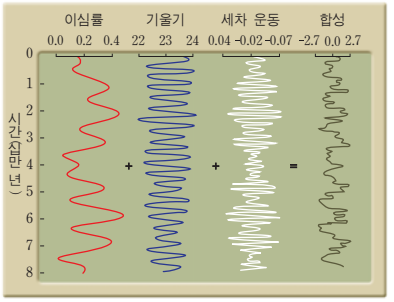


그림 Ⅲ-18 과거 80만 년 동안의 지구 궤도 요소 변화

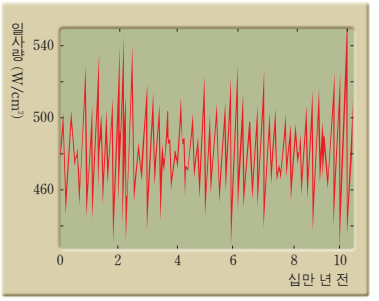


그림 Ⅲ-19 과거 100만 년 동안의 여름 1일 평균 일사량 변화(북위 65° 지역)

한 걸음 더

지구 온난화의 지표

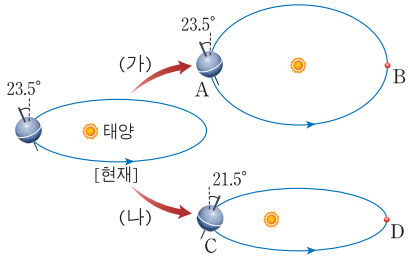
2010년 7월, 영국 기상청은 미국의 국립해양대기관리청(NOAA)이 함께 벌인 지구 온난화 요인에 관한 공동 조사를 통해 지구 온난화를 나타내는 11개의 지표를 밝혀내었다. 이 연구에는 세계 48개국의 기상학자 300여 명이 참여하였다. 이들 지표 중 지상 공기 온도, 해수면 온도, 해양 공기 온도, 해수면 높이, 대양 열기, 지구 표면에 가까운 '활동적 기후' 대기층의 습도, 이 대기층의 대류권 온도 등 7개 지표는 상승한 반면, 북극해 얼음, 빙하, 북반구의 봄철 표면 적설, 성층권 기온 등 4개 지표는 내려갔다.

길이 역시 궤도가 변하더라도 달라지지 않는다. 궤도 이심률이 증가함에 따라 단반경의 길이가 짧아지면 계절의 변화가 커진다. 하지만 케플러 제2법칙에 따르면 공전 궤도의 이심률이 작을 때 지구에 도달하는 평균 태양 복사량의 변화는 아주 작다.

지구가 태양에서 가장 멀리 떨어져 있을 때, 즉 원일점에서 받는 태양 복사 에너지의 양과 태양에 가장 가까이 다가갔을 때, 즉 근일점에서 받는 태양 복사 에너지의 차이는 이심률 차이의 약 4배보다 조금 더 크다. 현재 궤도 이심률에서는 근일점과 원일점에서의 태양 복사 에너지의 차이는 약 6.8%이고, 거리 차는 3.4 %(5,100만 km)이다. 현재 근일점은 1월 3일 근처에, 원일점은 7월 4일 근처에 위치한다. 공전 궤도의 이심률이 가장 클 때 근일점에서의 태양 복사 에너지의 양은 원일점에서보다 약 23 %나 크다.

기출문제 | 2009년 평가원

그림은 기후 변동을 유발할 수 있는 지구 운동의 변화를 나타낸 모식도이다. (가)는 공전 궤도 모양이 변한 경우를, (나)는 자전축의 방향과 기울기가 변한 경우를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

〈보기〉

ㄱ. 우리나라가 여름인 위치는 B와 D이다.
ㄴ. (가)의 경우 북반구는 연교차가 증가한다.
ㄷ. (나)의 경우 우리나라에서 겨울철 태양의 남중 고도가 높아진다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄴ. 현재 북반구는 원일점에서 여름이고, 근일점에서 겨울이다. 지구의 공전 궤도 모양이 (가)와 같이 바뀌면 여름에는 현재보다 태양에 근접하게 되어 더 더워지고, 겨울에는 현재보다 태양으로부터 멀어져 더 추워진다. 즉 연교차가 현재보다 커지게 된다. 따라서 (가)의 경우 북반구는 연교차가 증가한다.
ㄷ. (나)에서는 지구 자전축의 기울기가 줄어들고 자전축의 방향이 바뀌었다. 자전축의 기울기가 줄어들면 우리나라에서 겨울철 태양의 남중 고도는 높아진다. **정답** ④

오답 ㄱ. 자전축이 태양을 향해 기울어졌을 때 우리나라가 포함되어 있는 북반구는 여름이다. 따라서 우리나라가 여름인 위치는 (가)에서 B, (나)에서 C이다.

3 지구 온난화

소단원의 학습 목표

1. 기후 변화의 원인을 설명할 수 있다.
2. 기후 변화를 설명하는 여러 가지 가설을 이해할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 지구 열수지에 대한 이해를 토대로 지구 온난화를 비롯한 기후 변화를 이해하게 한다.
2. 지구 온난화가 지구 환경에 미치는 여러 가지 영향을 이해하게 한다.

내용 해설

[1] 지구의 복사 평형

탐구 5 자료 해석

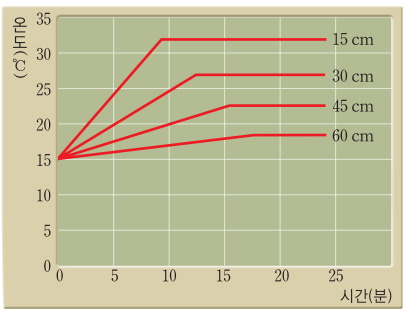
복사 평형

1. 목표

복사 평형이 일어나는 과정을 이해할 수 있다.

2. 정리

1. 백열전구로부터 나오는 복사 에너지를 흡수하는 양이 컵으로부터 방출되는 복사 에너지양보다 많기 때문이다. 즉, 흡수량>방출량이기 때문이다.
2. 컵 속의 온도가 올라감에 따라 컵으로부터 방출되는 복사 에너지양이 증가하여 흡수하는 양과 같아지기 때문이다. 즉, 흡수량=방출량이기 때문이다.
3. 광원으로부터의 거리가 증가할수록 복사 평형에 도달하는 데 걸리는 시간이 길어지고, 복사 평형 온도는 낮아진다.





3 지구 온난화

❖ 학습 목표

1. 지구의 열수지를 설명할 수 있다.
2. 지구 온난화를 지구의 열수지로 설명할 수 있다.

현재 세계적으로 가장 큰 관심을 끌고 있는 지구 환경 문제는 지구 온난화에 관한 것이다. 지구 온난화는 주로 인위적인 인간 활동에 의해 일어나며, 그 영향은 다양한 형태로 나타날 것으로 예상된다.

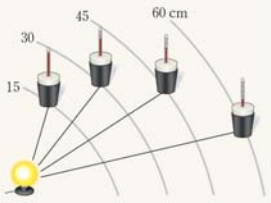
1 지구의 복사 평형

지구의 연평균 기온은 거의 일정하게 유지되고 있다. 지구에서의 복사 평형이 어떻게 이루어지는지 알아보자.

탐구 5 자료 해석 복사 평형

준비물 검게 칠한 알루미늄 컵 4개, 스타이로폼 뚜껑 4개, 온도계 4개, 초시계, 백열전구, 자

과정
1. 오른쪽 그림과 같이 온도계를 꽂은 검은 알루미늄 컵 4개를 광원(백열전구)으로부터 각각 15, 30, 45, 60 cm 떨어진 곳에 놓는다. 이때, 앞에 있는 컵의 그림자가 뒤에 있는 컵을 가리지 않도록 한다.
2. 각각의 온도를 매분마다 측정한다.



정리
1. 알루미늄 컵 속의 온도가 올라가는 까닭은 무엇인가?
2. 알루미늄 컵 속의 온도가 더 이상 올라가지 않고 일정한 상태를 유지하는 까닭은 무엇인가?
3. 온도 변화를 그래프로 그려 보고, 광원으로부터의 거리와 어떤 관계가 있는지 알아보자.

(1) 복사 평형과 복사 수지 지구는 태양으로부터 복사 에너지를 지속적으로 받고 있지만, 지구의 평균 온도는 크게 변하지 않는다. 이것은 지구가 태양으로부터 받은 만큼의 에너지를 복사 에너지의 형태로 우주 공간으로 방출하기 때문이다. 즉, 지구는 받은 만큼의 에너지를 방출하기 때문에 지구 전체는 에너지의 순출입이 없어 평균 온도의 변화가 없게 되는 것이다. 이를 지구의 복사 평형이라고 한다.

184 | Ⅲ. 위기의 지구

1. 지구의 복사 평형
   (1) 지구의 복사 평형 : 태양으로부터 받은 복사 에너지=지구가 우주 공간으로 방출하는 복사 에너지 → 지구의 연평균 기온이 일정하게 유지
   (2) 지구의 복사 수지 : 1년 동안 지구가 태양으로부터 흡수하고 지구 복사로 방출하는 에너지의 양
   (3) 위도에 따른 지구의 복사 수지
      ① 저위도 : 흡수량 > 방출량 – 에너지 과잉
      ② 고위도 : 흡수량 < 방출량 – 에너지 부족

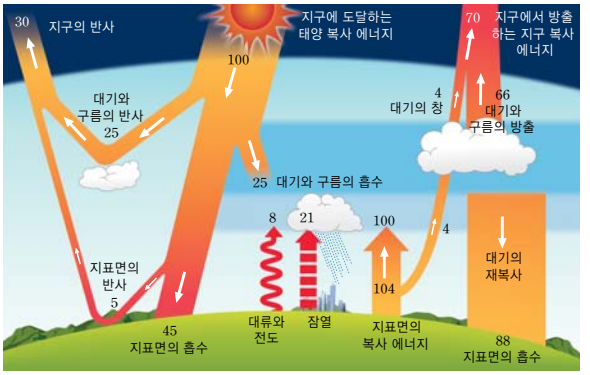


그림 Ⅲ-20 지구의 복사 수지

지구의 복사 수지

구분	태양 복사	지구 복사
우주	−70	+70
대기	+25	−25
지표	+45	−45

1년 동안 지구가 태양으로부터 흡수하고 지구 복사로 방출하는 에너지의 양을 지구의 **복사 수지**라고 한다. 태양으로부터 오는 복사 에너지 중 지구 대기권 가장자리에 도달하는 양을 100단위라고 했을 때, 이 중 30단위는 대기의 산란, 구름과 지표면의 반사를 통하여 우주 공간으로 되돌아간다. 따라서 실질적으로 지구가 받는 태양 복사 에너지양은 지표에서 45단위, 대기에서 25단위로 70단위이다. 그런데 지구가 방출하는 복사 에너지는 모두 우주 공간으로 빠져나가지 못하고 대기 중의 온실 기체에 흡수되고, 대기는 흡수한 에너지를 우주 공간과 지표로 재방출한다.

대기는 태양으로부터 25단위, 지표로부터 100단위를 흡수하여 총 125단위를 흡수한다. 그리고 지표면으로 88단위, 우주 공간으로 66단위를 방출하여 총 154단위를 방출하여 29단위의 손실을 본다.

지표면에서는 태양으로부터 45단위, 대기로부터 88단위를 받아 총 133단위의 에너지를 흡수하고, 복사 에너지의 형태로 104단위를 방출하여 29단위의 이득을 본다. 지표는 복사 수지로 얻은 29단위의 에너지를, 8단위는 대류와 전도의 형태로, 21단위는 증발 · 잠열의 형태로 대기에 전달한다. 이때 29단위의 에너지가 대기로 전달되는 과정에서 대기와 물의 순환이 일어나며, 이는 바람과 강수 현상으로 나타난다.

지구 전체로 볼 때는 태양으로부터 70단위를 흡수하고 다시 70단위를 방출하여 열평형을 이루는데, 이것은 지구의 평균 온도가 오랜 시간 동안 일정하게 유지되는 것으로부터 알 수 있다.

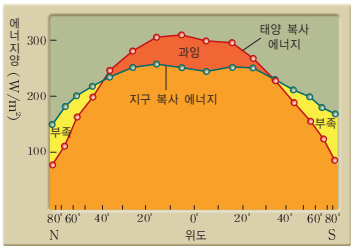
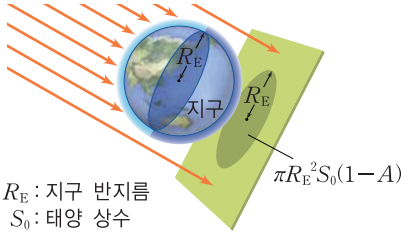


그림 Ⅲ-21 위도별 에너지 수지

• 지구의 복사 평형 온도

지구의 반지름을 R_E, 태양 상수를 S_0, 지구의 반사율을 A, 지구의 단위 면적에서 방출되는 복사 에너지를 I_E라고 하면, 지구에 들어오는 태양 복사 에너지의 양은 $\pi R_E^2 \cdot S_0(1-A)$, 지구가 방출하는 복사 에너지의 양은 $4\pi R_E^2 \cdot I_E$가 된다. 이때 지구가 받는 복사 에너지의 양과 방출하는 복사 에너지의 양이 같으므로 $\pi R_E^2 \cdot S_0(1-A)=4\pi R_E^2 \cdot I_E$가 된다. 따라서 지구의 단위 면적에서 방출되는 복사 에너지의 양은 $I_E=\dfrac{S_0(1-A)}{4}$가 된다. 태양 상수 $S_0=1.38\times10^3 \mathrm{W/m^2}$, $A=0.3$이므로, $I_E=241.5 \mathrm{W/m^2}$가 된다. 슈테판-볼츠만의 법칙에 따라 $I_E=\sigma T_E^4$이므로, $T_E=\sqrt{\dfrac{I_E}{\sigma}}$이다.

이때, $\sigma=5.67\times10^{-8} \mathrm{W/m^2}$이므로, 지구의 복사 평형 온도는 $T_E=\sqrt{\dfrac{241.5 \mathrm{W/m^2}}{5.67\times10^{-8} \mathrm{W/m^2}}}=255.47$ K이다. 즉, 대기가 없는 지구의 복사 평형 온도는 약 255 K이다. 현재 지구의 평균 온도는 288 K이므로, 대기에 의한 온실 효과로 33 K나 올라간 것이다.



• 온실 기체

자연적인 온실 효과를 일으키는 데에는 수증기가 가장 큰 역할을 맡고 있지만, 지구 온난화의 원인이 되는 온실 기체로는 이산화탄소가 가장 대표적이다. 이외에도 일산화이질소(아산화질소), 염화플루오린화탄소(프레온 : CFC) 등이 온실 효과를 일으키는 기체로 유명하다. 이러한 기체들은 1997년에 채택된 교토 의정서에 의해 배출량을 줄이기 위한 국제적인 협조에 들어가 있는 상태이다.

(1) 이산화탄소

현재 온실 효과를 일으키는 가장 큰 주범으로 생각되고 있는 온실 기체이다. 초기 지구 대기의 이산화탄소는 화산 활동에 의해서 발생하였다. 이것은 따뜻하고 안정적인 기후 형성에 필수적인 요소였다. 현재 화산 활동으로 인해 연간 약 145~225만 톤의 이산화탄소가 발생한다. 이것은 인간의 활동으로 인하여 발생하는 이산화탄소의 약 1%에 지나지 않는다. 이산화탄소는 다양한 자연적 발생원에 의하여 대기 중으로 배출되는데, 배출된 전체 이산화탄소 중 약 95%가 만약 인간이 지구에 존재하지 않았다면 발생하지 않았을 양이다.

자연적 탄소의 순환 과정을 통한 이산화탄소의 증가는 산업화 이후 수십 년에 걸쳐 연간 3~4기가 톤 이상의 대기 중 이산화탄소 농도 증가를 설명해 줄 수가 없다. 광합성, 호기, 부패, 바다 표면의 기체 교환 과정과 같은 자연적 과정은 대지와 대기, 대양과 대기 등과 같은 자연계의 거대한 탄소 순환 과정이다. 인간에 의해 발생한 탄소가 자연적 흡수계를 통해 거의 절반 가까이 흡수되지 않았다면, 현재 대기 중 이산화탄소의 농도는 기하급수적으로 증가했을 것이다.

2007년까지 지구 대기의 이산화탄소 농도는 약 384 ppm이었다. 이것은 1832년

아이스코어 조사를 통해 알게 된 이산화탄소의 농도 284 ppm와 비교해 보면 100 ppm이 증가한 것을 알 수 있다. 대기 중에 이산화탄소가 차지하는 전반적인 농도의 비율이 아주 작음에도 불구하고, 이산화탄소는 지구 대기의 중요한 성분이다.

이산화탄소가 온실 효과에 미치는 영향이 가장 큰 이유는 이 기체가 대기 중에서 열에너지를 저장하는 능력이 뛰어나서가 아니다. 온실 기체로서 이산화탄소는 같은 농도의 메테인과 비교해 보았을 때 약 20배 정도로 온실 효과에 미치는 영향이 약하지만, 다른 온실 기체에 비해 대기의 성분 중에 차지하는 절대량이 많기 때문이다.

산업화와 더불어 대기 중에 급증하게 된 이산화탄소는 화석 연료의 과도한 사용이 증가의 주된 원인이다. 이 화석 연료 중 주로 연료로 쓰이는 석유와 석탄을 비교해 보면, 석유보다는 석탄이 이산화탄소 방출을 더 많이 하는데, 석탄 중에서도 무연탄은 92%의 탄소로 이루어져 있어 이산화탄소를 가장 많이 방출한다. 석탄은 자동차와 같은 동력 기관의 연료로 사용되지는 않지만, 아직도 전력 생산에 많은 비중을 차지하는 발전 방식이 화력 발전이고 바로 이 화력 발전의 연료로 석탄이 차지하는 비율이 아주 높기 때문에 석탄의 높은 이산화탄소 배출량은 문제가 되는 것이다.

산업화 이후 대기 중 이산화탄소 농도 증가의 약 75% 이상이 시멘트 제조업이나 화석 연료의 연소 등과 같은 요인으로 인하여 발생하는 이산화탄소의 배출 때문이다. 다른 증가 요소로는, 농업을 위한 산림 벌채와 같은 토지 사용의 변화로부터 기인한다. 이 모든 변화는 인간의 활동으로 인하여 발생한다.

⑵ 메테인

메테인은 현재 연간 2억 5천만 톤 가량이 대기 중으로 배출되고 있다. 온실 기체로서의 메테인은 같은 농도의 이산화탄소에 비해 21배 정도 그 효과가 강하다. 메테인의 주요한 자연적 발생원은 습지이고, 추가적인 자연적 발생원으로 흰개미와, 대양, 식물 그리고 메테인 수화물 등이 있다. 메테인은 유기물이 미생물에 의해 분해되는 과정에서 만들어지는데, 비료나 논, 쓰레기 더미, 심지어는 초식

지구 전체적으로는 흡수하는 복사 에너지양과 방출하는 복사 에너지양이 같아 열평형을 이루고 있지만, 각각의 위도별로 보면 열평형이 이루어지지 않는다. 그림 Ⅲ-21과 같이 위도 약 38°보다 저위도 지역은 지구에서 방출하는 복사 에너지양보다 흡수하는 복사 에너지양이 더 많아 에너지 과잉이 나타나고, 고위도 지역에서는 반대로 에너지 부족이 나타난다. 따라서 저위도 지역은 계속해서 온도가 상승해야 하고, 고위도 지역은 온도가 낮아져야 한다. 그러나 실제로는 대기와 해수의 순환에 의해 저위도의 과잉 에너지가 고위도로 운반되어 이런 일이 일어나지 않는다.

물음 **2** 지구 전체가 흡수하는 복사 에너지의 양과 방출하는 복사 에너지의 양은 어떤 관계가 있는가?

⑵ 태양 복사 에너지　지구에서 일어나는 대부분의 현상과 생명체의 활동 에너지의 대부분은 근본적으로 태양 복사 에너지로부터 비롯된다.

태양은 그림 Ⅲ-22와 같이 우리 눈에 보이는 가시광선과 눈에 보이지 않는 γ선, X선, 자외선, 적외선, 전파의 형태로 에너지를 방출하고 있다. 이 중 파장이 0.4~0.7 μm 부분이 사람의 눈이 감지할 수 있는 가시광선 영역이고, 이를 다시 파장에 따라 분광해 보면 무지개의 7가지 색으로 보인다.

태양으로부터 오는 복사 에너지는 가시광선 영역에서 가장 강하며, 가시광선 영역이 지구에 도달하는 전체 태양 복사 에너지양의 약 46.8 %를 차지한다. 그리고 적외선이 46.5 %, 자외선이 6.7%를 차지하며, γ선, X선, 전파의 비중은 무시 가능할 정도로 작다. 태양 복사 에너지의 세기는 파장 0.5 μm 근처에서 가장 크게 나타난다.

지구에 입사하는 태양 복사 에너지의 일부는 구름과 지표면에서 반사되고 대기에서 산란되어 다시 우주 공간으로 방출된다. 이와 같이 지구가 태양 복사 에너지를 반

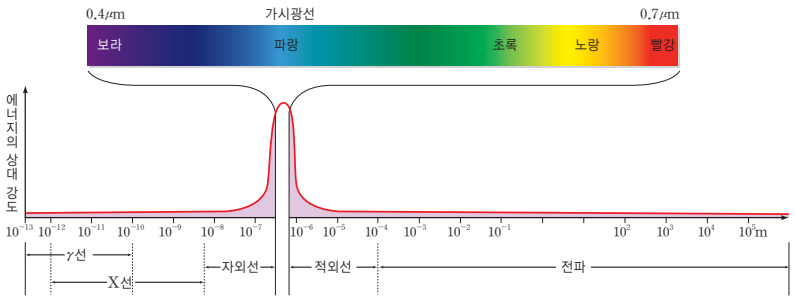


그림 Ⅲ-22 태양 복사의 스펙트럼

2. 태양 복사 에너지

⑴ 태양은 가시광선, γ선, X선, 자외선, 적외선, 전파의 형태로 에너지 방출하며 가시광선 영역에서 가장 강함. → 지구에 도달하는 전체 태양 복사 에너지 중 가시광선 영역이 약 46.8%, 적외선 영역이 약 46.5%, 자외선이 약 6.7% 차지

⑵ 반사율 : 지구가 태양 복사 에너지를 반사시키는 정도

⑶ 대기에 의한 태양 복사 에너지의 선택적 흡수

① 자외선(파장 0.3 μm 이하) : O_2와 O_3에 의해 흡수

② 적외선 영역 : 주로 H_2O와 CO_2에 의해 흡수

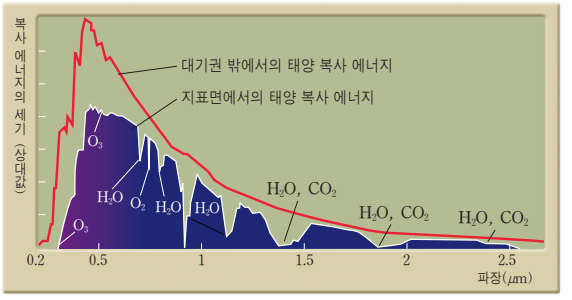


그림 Ⅲ-23 태양 복사 에너지의 분포

사시키는 정도를 지구의 **반사율**이라고 한다.

태양 복사 에너지는 대기를 통과하면서 파장에 따라 서로 다른 기체에 흡수되어 그림 Ⅲ-23과 같이 감소된다. 파장이 0.3 μm 이하인 자외선은 O_2와 O_3에, 적외선 영역은 파장에 따라 주로 H_2O와 CO_2에 선택적으로 흡수된다.

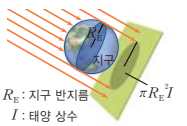
태양 상수

지구 대기권 밖에서 태양 광선에 수직인 1 cm^2의 면적에 1분 동안 입사하는 태양 복사 에너지양은 2cal/cm^2 · min이며, 이를 태양 상수라고 한다.

(3) 지구 복사 에너지 지구도 태양처럼 복사 에너지를 방출한다. 지구가 방출하는 복사 에너지는 파장이 2.5~25 μm인 적외선 영역에 집중되어 있으며, 10 μm에서 최대 에너지를 방출한다.

태양 복사 에너지와 마찬가지로 지구 복사 에너지도 대기를 통과하는 동안 기체에 선택적으로 흡수된다. 지구 복사는 그림 Ⅲ-24와 같이 주로 수증기와 이산화탄소에 흡수된다. 이들 기체는 지구 복사 에너지를 흡수하여 지구로 재복사하여 결과적으로 지구 온도를 높이는 효과를 가져 온다. 이러한 효과를 **온실 효과**라고 하고, 온실 효과를 일으키는 수증기, 이산화탄소, 메테인 등과 같은 기체를 **온실 기체** 또는 **온실 효과 기체**라고 한다. 온실 기체는 지구의 평균 온도를 약 33 ℃ 정도 높여 15 ℃로 유지시키는 효과뿐 아니라, 마치 담요처럼 지구를 감싸 밤과 낮의 기온 차를 줄여 주는 효과를 낸다.

지구에 도달하는 태양 복사 에너지양



R_E : 지구 반지름
I : 태양 상수

온실 기체가 모든 파장 영역의 지구 복사 에너지를 흡수하는 것은 아니므로, 일부 파장대에서는 거의 흡수가 일어나지 않는 경우도 있다. 특히 파장이 8~13 μm인 영역에서는 대부분의 지구 복사가 그대로 우주 공간으로 빠져나가며, 이 영역을 **대기의 창**이라고 한다. 인공위성을 이용하여 지구 표면으로부터 오는 적외선 정보를 얻고자 할 때는 이 영역에 속한 파장을 이용하여야 대기에 의한 방해를 줄일 수 있다.

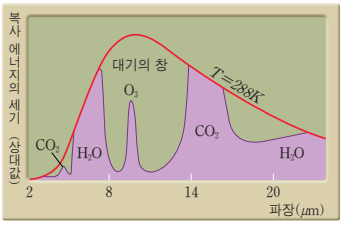


그림 Ⅲ-24 지구가 방출하는 복사 에너지량

3. 지구 복사 에너지

(1) 파장이 2.5~25 μm인 적외선 영역에 집중 ⇒ 10 μm에서 최대 에너지 방출

(2) 지구 복사 에너지는 주로 H_2O와 CO_2에 의해 흡수

(3) 온실 효과 : 기체가 지구 복사 에너지를 흡수하여 지구로 재복사하여 결과적으로 지구 온도를 높이는 효과

(4) 온실 기체 : 온실 효과를 일으키는 기체(수증기, 이산화탄소, 메테인 등) ⇒ 지구의 평균 온도를 약 33℃ 정도 높여 15℃로 유지시킴.

(5) 대기의 창 : 온실 기체에 의한 흡수가 일어나지 않는 8~13 μm 영역

동물이나 곤충의 소화 과정에서도 상당한 양의 메테인이 배출된다. 또한 화석 연료를 태우는 과정에서도 메테인이 발생하게 된다.

산업 혁명 이후 석탄으로부터 에너지 생산, 천연가스, 매립지에서의 폐기물 배출, 소와 양과 같은 반추 동물 사육의 증가, 벼농사와 바이오매스의 연소와 같은 인간의 활동이 늘어남에 따라 메테인의 발생이 증가해 왔다. 또한 이 밖에도 아직 명확하게 입증되지는 않았지만 여러 이론들이 메테인의 증가 이유에 대해 말하고 있다. 그 중 대표적인 것이 툰드라 지방의 땅이 온난화로 인해 따뜻해지면서 메테인을 방출할 것이라는 것과 해저에서 발생할 수 있다는 것이다. 일단 메테인이 배출되면 주로 대류권의 화학적 산화 작용으로 인해 제거되기까지 약 8.4년 동안 대기 중에 존재한다.

(3) 수증기

수증기는 온실 효과에 가장 큰 영향을 미치는 인자이다. 수증기는 적외선을 잘 흡수하고 대기 중에 대단히 많은 양이 존재한다. 수증기는 그 자체로 약 36~66%, 구름에 의한 영향을 더해 66~85% 가까이 온실 효과에 영향을 미친다. 수증기의 농도는 지역에 따라 일정하지 않으며, 인간에 의한 수증기 농도 변화는 소규모의 지역적인 영향을 제외하고 그리 크지 않다.

기체는 주위의 온도가 높아질수록 단위 부피당 저장할 수 있는 수증기의 양이 많아진다. 즉, 다른 온실 기체 농도의 증가로 인한 어떠한 종류의 온난화도 이로 인한 온도의 증가는 결국 본래 기체가 지니고 있는 단위 부피당 수증기의 양을 증가시킨다는 것이다. 그러므로 수증기로 인한 온실 효과는 지구의 자연적인 작용이지만, 온실 기체로 인한 기온 상승으로 대기의 수증기 농도가 증가함으로써 본래 대기가 수행하는 수증기의 온실 효과보다 훨씬 큰 작용을 하게 된다. 그러나 수증기는 구름을 이루어 태양빛을 반사할 수도 있기 때문에 실제로 수증기가 온실 효과에 미치는 정확한 영향은 완벽하게 알 수 없다.

기체	수증기	이산화탄소	메테인	오존
온실 효과 기여 정도(%)	36~72	9~26	4~9	3~7

물음 2

지구 전체가 흡수하는 복사 에너지의 양과 방출하는 복사 에너지의 양은 같다. 이를 지구의 복사 평형이라고 한다. 지구 전체가 흡수하는 복사 에너지의 양이 방출하는 복사 에너지의 양보다 많다면, 지구의 평균 기온은 상승할 것이다. 반대로, 지구 전체가 흡수하는 복사 에너지의 양보다 방출하는 복사 에너지의 양이 많다면 지구는 냉각되어 지구의 평균 기온이 내려갈 것이다. 지구의 연평균 기온이 일정하게 유지되는 것은 지구 전체가 흡수하는 복사 에너지의 양과 방출하는 복사 에너지의 양이 같음을 의미한다.

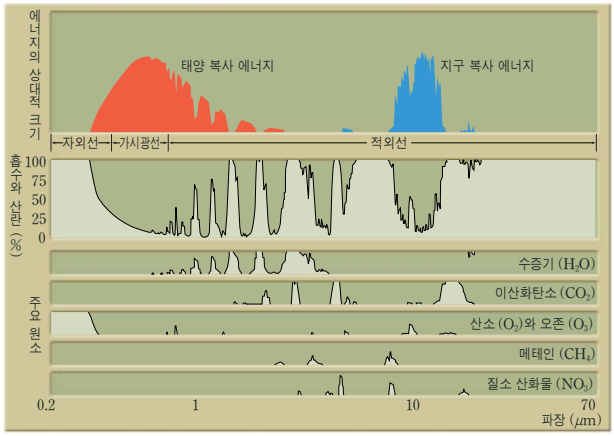


그림 Ⅲ-25 대기의 투과도

대기에 있는 여러 기체들은 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지를 선택적으로 흡수한다. 이로 인해 대기는 그림 Ⅲ-25와 같이 태양 복사 에너지의 70~75 %를, 지구 복사 에너지의 15~30 %를 투과시킨다.

한 걸음 더

소의 트림이 지구 온난화를 일으킨다.

소나 양, 염소 등 되새김질을 하는 가축들의 트림이 지구 온난화의 주범으로 인식되면서 가축의 트림을 줄이기 위한 다양한 연구, 특히 가축의 소화 기관에 대한 연구가 이루어지고 있다. 가축의 소화 기관 연구는 음식이 풍족하지 않던 1950~70년대에 가축으로부터 더 많은 육류 등을 생산하기 위한 방법을 찾기 위해 활발하게 이루어졌었지만, 이후 식품이 풍부해지면서 쇠퇴기를 맞이했었다. 그러나 최근 지구 온난화에 대한 관심이 높아진 이후, 가축의 트림이 자동차보다 더 많은 온실가스를 유발하는 것으로 지적되면서 연구가 활기를 되찾고 있다. UN 추산에 따르면 전 세계적으로 가축이 트림을 할 때 나오는 메테인 가스는 지구 온난화를 초래하는 가스의 18 %를 차지해 자동차나 비행기의 배기가스보다도 더 큰 비중을 차지하고 있다. 메테인은 이산화탄소에 비해 온실 효과가 23배나 높다. 메테인을 생성시키는 미생물의 유전자 지도를 그려내 가축의 소화 기관에서 메테인 발생을 막는 방법을 보다 쉽게 찾을 수 있을 것이다.



188 | Ⅲ. 위기의 지구

• 대기의 창

지구에는 모든 파장 영역의 복사 에너지가 도달하지만, 지구 대기를 거쳐 지상에 도달하는 전자기파는 가시광선과 전파, 일부 적외선 영역에 해당되는 복사 에너지뿐이고 나머지 파장 영역의 전자기파들은 지구 대기에 흡수된다. 따라서, 지상의 관측자는 몇 개 영역의 전자기파를 통해서만 우주를 관측할 수 있으며, 이러한 파장 영역을 대기의 창이라고 부른다. 이 파장역은 대기에 의한 소산 효과가 작아서 구름 관측을 위한 위성 탑재 센서에서 많이 이용된다. 또한 수증기 영상과 같이 수증기에 의한 에너지의 흡수가 잘 일어나는 파장대를 관측하면 대기 중 수증기량의 분포를 파악할 수 있다.

(1) 광학적 창 : 대기의 창 중 파장 영역이 0.4~0.8 μm인 가시광선에 해당하는 부분은 광학 망원경을 통해 별을 관찰할 수 있는 영역이므로 광학적 창이라고도 한다.

(2) 전파의 창 : 파장이 1~20 mm인 전파 영역을 전파의 창이라고 한다. 전파 망원경은 안테나와 동일한 구조이며, 전파의 창을 통하여 들어오는 빛으로 영상을 만들어 낸다.

(3) 적외선의 창 : 전자기파 중 파장이 8~13 μm인 영역은 지구상에 적외선이 들어오는 통로로 이용될 수 있지만, 동시에 지구가 우주로 방출하는 지구 복사 에너지의 통로로도 이용될 수 있는 특징이다. 지구의 평균 온도는 약 288K이므로 지구를 흑체라 가정했을 때 최대 에너지를 방출하는 파장은 약 10 μm가 되고, 이는 적외선 영역의 대기의 창과 일치한다. 따라서, 적외선 영역의 대기의 창을 이용하여 달이나 지구를 도는 인공위성에서 지표면이 방출하는 지구 복사 에너지를 촬영하면 햇빛이 비치지 않는 밤에도 지구의 영상을 얻을 수 있다.

2 지구의 온난화

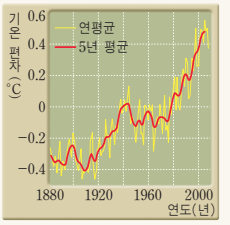
최근 지구 온난화에 대한 관심이 높아지는 가운데 지구 온난화를 막기 위한 다양한 노력들이 펼쳐지고 있다.

지구 온난화를 일으키는 원인과 지구 온난화로 인한 영향에 대해 알아보자.

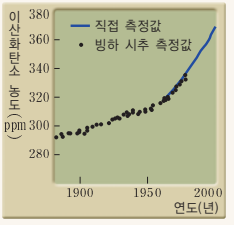
탐구 6 자료 해석 지구 온난화

과정

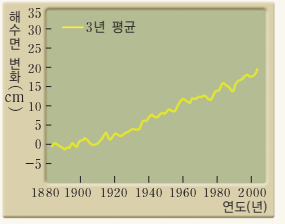
1. 오른쪽 그림 (가)는 1880년부터 2003년까지의 기온 변화 자료로 1961~1990년의 평균 기온에 대한 편차를 나타낸 것이다. 자료를 이용하여 기온 변화 경향을 살펴보자.
2. 아래 그림 (나)는 같은 기간 동안 이산화탄소(CO_2) 농도 변화를 나타낸 것이다. 자료를 이용하여 이산화탄소 농도 증가율의 변화를 살펴보자.
3. 그림 (다)는 같은 기간 동안 세계 해수면의 변화를 1900년의 값에 대하여 나타낸 것이다. 자료를 이용하여 해수면의 높이 변화 경향을 살펴보자.



(가)



(나)



(다)

정리

1. 이 기간 동안 지구의 기온 변화는 어떤 경향을 보이며, 이산화탄소의 농도 변화 및 해수면의 높이 변화와는 어떤 관계가 있다고 생각하는가?
2. 해수면의 수위가 변한 까닭은 무엇 때문이라고 생각하는가?

탐구 6의 그림 (가)와 (나)의 자료를 보면, 지구의 기온과 대기 중 이산화탄소의 양은 전반적으로 상승하고 있다. 이것은 산업 혁명 이후 화석 연료의 사용 증가로 대기 중의 이산화탄소 농도가 증가하고, 이에 따른 온실 효과의 증대로 지구의 평균 기온이 계속 상승한 것으로 볼 수 있다. 기후 변화에 관한 정부간 패널(IPCC)의 연구 결과에 따르면, 지구의 연평균 기온은 계속 상승하고 있으며, 그 변화의 정도는 최근으

기후 변화에 관한 정부간 패널(IPCC)

국제 연합의 전문 기관인 세계 기상 기구(WMO)와 국제 연합 환경 계획(UNEP)에 의해 1988년 설립된 조직으로, 인간 활동에 대한 기후 변화의 위험을 평가하는 것이 임무이다.

3. 지구의 온난화

(1) 산업 혁명 이후 화석 연료의 사용 증가로 대기 중의 이산화탄소 농도 증가 ⇒ 온실 효과 증대 ⇒ 지구의 평균 기온 상승

(2) 해수면 상승 : 최근 100년 동안 약 10~25 cm 상승, 21세기 말에는 약 60 cm 상승할 것으로 예상됨.

(3) 해수면 상승의 원인

① 지구 온난화에 따른 해수의 열팽창

② 극지방의 대륙 빙하의 융해

2 지구의 온난화

탐구 6 자료 해석

지구 온난화

1. 목표

온실 기체와 지구 온난화의 관계를 이해할 수 있다.

2. 정리

1. 이 기간 동안 지구의 평균 기온은 전체적으로 상승하는 경향을 보이고 있다. 이 기간 동안 이산화탄소의 농도와 전 세계 해수면의 높이도 증가하고 있다. 따라서, 지구의 평균 기온은 이산화탄소의 농도 및 전 세계 해수면의 높이와 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다. 즉, 이산화탄소 농도의 증가로 인해 지구의 평균 기온이 상승하였고, 그에 따라 전 세계 해수면의 높이도 증가한 것으로 볼 수 있다.
2. 해수면의 높이는 두 가지 이유에 의해 증가했다고 볼 수 있다.

첫째는 해수의 열팽창이다. 지구의 평균 기온이 상승함에 따라 해수의 수온이 상승하고, 이로 인해 하수의 열팽창이 일어나 해수면이 상승하는 것이다.

둘째는 지구의 평균 기온 상승에 따른 빙하의 융해를 들 수 있다. 지구의 평균 기온이 상승함에 따라 빙하가 융해되고, 이것이 해양으로 유입되어 해수면의 상승을 일으킨다는 것이다.

• **지구 온난화 지수(Global Warming Potential)** 지구 온난화 지수는 이산화탄소 1 kg과 비교하였을 때 어떤 온실 기체가 대기 중에 방출된 후 특정 기간 그 기체 1 kg의 가열 효과가 어느 정도인가를 평가하는 척도로, 100년을 기준으로 이산화탄소를 1로 했을 때의 값이다.

온실 가스	지구 온난화 지수
이산화탄소(CO_2)	1
메테인(CH_4)	21
아산화질소(N_2O)	310
수소불화탄소(HFC_S)	150~11,700
과불화탄소(PFC_S)	6,500~9,200
6불화황(SF_6)	23,900

탐구 7 자료 해석

우리나라의 온실 기체 변화

1. 목표

우리나라에서 측정한 온실 기체의 변화를 통해 지구 온난화를 이해할 수 있다.

2. 정리

1. 각 기체의 1999년 측정값에 대한 2008년 측정값에 따른 증가 정도는 다음 표와 같다.

	아산화질소	아산화질소	아산화질소
1999년 측정값 (ppm)	370.7	1.883	314.0
2008년 측정값 (ppm)	391.4	1.888	322.3
1999~2008년의 변화(%)	5.58	0.27	2.64

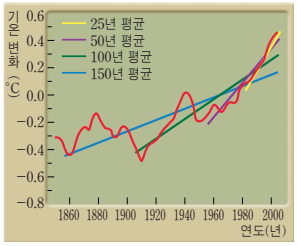


그림 Ⅲ-26 연평균 기온의 변화

로 올수록 더욱 커지고 있다(그림 Ⅲ-26).

또한, 그림 (다)를 통해 최근 100년 동안 해수면이 약 10~25 cm 정도 상승한 것을 알 수 있다. 이것은 지구 온난화로 인해 지구 평균 기온이 상승함에 따라 해수의 온도가 상승하여 부피가 팽창하고, 극지방의 대륙 빙하가 녹은 물이 바다로 유입된 결과로 볼 수 있다. 현재의 추세로 지구의 온난화가 지속된다면 21세기 말에는 해수면이 약 60 cm 이상 상승할 것으로 추정하고 있다.

우리나라에서도 지구 온난화에 대한 대비를 하고 있으며, 이를 위해 지구 온난화를 일으키는 온실 기체의 변화를 감시하고 있다.

우리나라에서의 온실 기체의 변동을 알아보고, 이를 통해 기후 변화의 경향을 알아보자.

탐구 7 자료 해석 우리나라의 온실 기체 변화

과정 다음 표는 안면도에서 관측한 1999년부터 2008년까지의 온실 기체 관측 자료를 나타낸 것이다. 각 기체에 대한 그래프를 그리고, 각각의 변화 경향을 살펴보자.

자료 : 기상청

기체 / 년도	이산화탄소(CO_2) (ppm)	메테인(CH_4) (ppm)	아산화질소(N_2O) (ppm)
1999	370.7	1.883	314.0
2000	373.8	1.862	314.7
2001	376.9	1.882	316.1
2002	379.7	1.890	318.4
2003	382.6	1.899	319.3
2004	384.3	1.894	319.6
2005	387.2	1.885	320.8
2006	388.7	1.890	321.7
2007	389.9	1.891	321.6
2008	391.4	1.888	322.3

정리
1. 각 기체는 1999년을 기준으로 각각 몇 %씩 증가하였는가?
2. 각 기체의 연평균 증가율은 각각 얼마인가?
3. 이 기간 동안 우리나라의 연평균 기온은 어떻게 되었으리라고 생각하는가?

ppm (part per million)
농도의 단위는 1 ppm은 백만분의 1(10^{-6})이다.

우리나라의 이산화탄소 농도는 1999년 관측을 시작한 이후 꾸준히 증가해 왔으며, 연평균 2.3 ppm씩 증가하고 있으며, 이는 지구의 평균 증가율인 1.9 ppm보다 약 20 % 정도 큰 값이다.

기출문제 | 2010학년도 대수능

다음은 최근에 지구에서 일어나고 있는 변화를 나타낸 것이다.

- 남극 대륙의 빙하 면적이 점차 감소하고 있다.
- 고산 지대의 빙하가 녹아 점점 줄어들고 있다.
- 고위도 지역의 호수와 강의 연중 결빙 기간이 짧아지고 있다.

이러한 지구 환경 변화로 인해 나타날 수 있는 현상으로 적절한 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

보기

ㄱ. 전 세계 해수면이 하강한다.
ㄴ. 지표면의 반사율이 감소한다.
ㄷ. 표층 해수의 염분이 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 ㄴ. 남극 대륙의 빙하 면적이 점차 감소하고 고산 지대의 빙하가 녹아 점점 줄어들면, 빙하의 면적은 감소하고 토양의 면적은 증가한다. 빙하의 반사율은 50~70이고, 토양의 반사율은 20 정도이므로, 드러나는 토양의 면적이 증가할수록 지표면의 반사율은 감소한다. **정답** ②

오답 ㄱ. 빙하가 녹으면 해수로 유입되는 민물의 양이 증가하므로 전 세계 해수면이 상승한다.
ㄷ. 해수로 유입되는 민물의 양이 증가하므로 표층 해수의 염분은 감소한다.

우리나라의 기온은 지구 온난화와 도시화로 인해 지난 100년간(1906 ~ 2005) 약 1.5℃ 상승하였으며, 이 값은 지구 평균 온도 상승률(0.7℃/100년)의 약 2배이다(기상청, 2008). 지구 온난화는 계절에도 영향을 미쳐 1920년대에 비해 1990년대는 겨울이 약 30일 정도 짧아지고, 봄 · 여름은 약 20일 정도 길어졌다. 서울의 열대야는 1990년대 초 평균 1.1일이었으나 2009년에는 6.6일로 증가하였다.

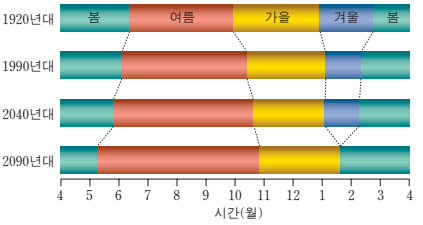


그림 Ⅲ-27 우리나라의 계절별 길이 변화

20세기 우리나라의 기후 변화 특징은 겨울철 최저 기온의 두드러진 상승이라고 할 수 있다. 그림 Ⅲ-27과 같이 겨울철 기온의 상승으로 겨울은 짧아지고 여름과 봄은 길어지는 변화가 나타나며 서리일, 결빙일 등 추위와 관련된 지수는 감소하고 냉방일, 열대야 등 더위와 관련된 지수는 증가하는 추세이다. 학자들은 2040년대에는 겨울의 길이가 1920년대의 약 $\frac{1}{2}$ 정도로 감소하고, 2090년도에는 겨울이 없어질 것으로 예상하고 있다. 또한 강수 일수는 약간 감소하였지만, 강수량은 약간 증가하는 추세이며, 호우 발생 빈도가 증가하고 있다.

1971~2000년의 평균값을 기준으로 할 때 21세기 말 우리나라의 기온은 약 4℃ 이상 상승하고, 강수량도 약 20% 증가할 것으로 예상된다. 그림 Ⅲ-28은 기후 변화의 영향으로 우리나라에서 일어나고 있는 현상들을 나타낸 것이다.

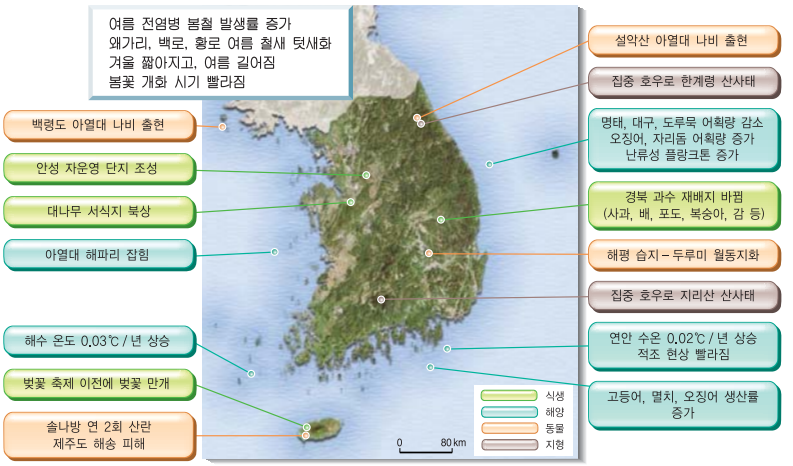


그림 Ⅲ-28 기후 변화의 영향(기상청, 2008)

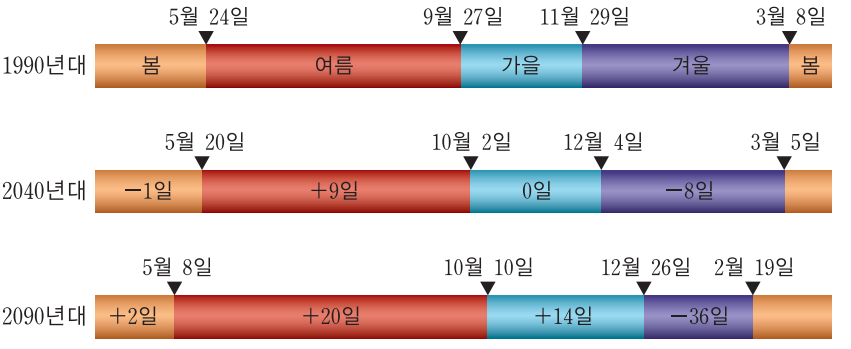
• 계절의 길이 변화

우리나라에서 계절의 길이가 변하고 있다. 제주도에는 최근 10년 전부터 겨울이 사라졌다. 겨울은 하루 평균 기온이 5℃ 이하일 때를 말한다. 그러나 일시적으로 겨울 추위가 와도 5일 평균치가 5℃ 이하로 내려가지 않으면 계절상 겨울로 보지 않는다. 기상청에 따르면 2040년에는 1990년에 비해 여름은 9일 늘어나고 겨울은 8일 줄어들 것으로 전망된다.

겨울이 시작되는 시점도 2040년에는 12월이 한창 지나야 할 것으로 보인다. 2090년쯤에는 이 같은 현상이 더욱 심해져 여름이 20일 늘어나고 겨울이 36일 줄어들 것으로 예상되고 있다. 여름은 대략 5월 8일부터 10월 10일까지 계속되고, 겨울은 12월 26일이 돼야 오며 2월 19일이면 봄 날씨로 바뀐다는 것이다.

계절 변화는 생물 분포도 변화시키고 있다. 기성 세대가 배운 교과서에는 대나무가 차령산맥 이남에서 자란다고 서술돼 있지만, 지금은 서울 · 경기 지역에서 심심찮게 관상용 대나무를 발견할 수 있다. 제주 특산품이던 감귤류는 전남 남해안 지역에서도 생산되고, 중부지방 농가들은 열대성 블루베리 재배에서 새로운 수익원을 찾고 있다.

해양 생태계도 변하고 있다. 남해에 열대 생물인 해파리가 급증하고 있고, 제주 인근에는 참다랑어 양식장이 문을 열었다. 아열대 나비종이 설악산과 백령도에서 발견되기도 했다.



[그림] 서울의 계절 시작일 및 지속 기간 변화 전망

4 지구 환경의 변화

소단원의 학습 목표

1. 엘니뇨 현상이 일어나는 원인과 엘니뇨 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.
2. 해수면이 상승하는 원인과 해수면 상승 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.
3. 오존층이 파괴되는 원인과 오존층 파괴 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.
4. 사막화 현상이 일어나는 원인과 사막화 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.
5. 황사가 일어나는 원인과 황사가 우리나라에 미치는 영향을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 엘니뇨, 지구 온난화에 수반된 해수면 상승 및 강수량 감소로 인한 사막화, 과잉 토지 이용에 따른 황사, 유해 화학 물질에 의한 오존층 파괴 등을 다룬다.
2. 지구 온난화 등의 현상들이 전반적인 지구 환경과 인간의 생활에 미치는 영향을 인식시킨다.

내용 해설

1 엘니뇨 현상

• **용승** 해양 표면에 바람이 일정하게 계속 불면 에크만 수송에 의해 해양 표층의 물이 발산(물이 주변으로 빠져나감)되는데, 표층 순환이 이를 채우지 못할 경우 아래쪽에 있는 심층수가 표층으로 올라오는 현상을 용승이라 한다. 용승류(용승이 되어 올라온 물)의 특징은 수온이 낮고, 밀도가 높으며, 영양염이 풍부하고, 용존 산소량이 많아 좋은 어장을 형성한다. 용승이 일어나는 지역은 전 해양의 1% 정도이나 어장의 50%를 차지한다.



4 지구 환경의 변화

❖ 학습 목표

1. 엘니뇨 현상, 해수면 상승 등의 현상이 일어나는 원인을 설명할 수 있다.
2. 엘니뇨 현상, 해수면 상승 등의 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.

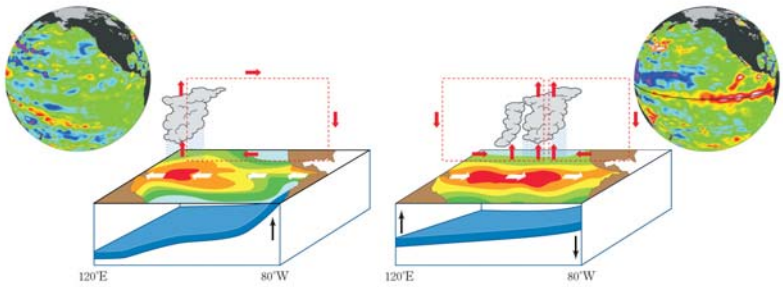
최근 급속한 인구의 증가와 산업의 발달로 인한 오존층 파괴, 대기 오염, 사막화, 황사 현상, 지구 온난화 등의 환경 문제가 심각하게 대두되고 있다. 또한, 지구의 여러 곳에서 장기간에 걸친 건조 현상, 호우 등과 같은 이상 기후가 발생하여 인간에게 큰 피해를 주고 있다.

엘니뇨(El Niño)
페루 어부들이 붙인 명칭으로 '남자 아이'라는 뜻의 스페인 어이며, 남아메리카 해안의 표층 해수가 따뜻해지는 현상이 크리스마스를 전후로 해서 일어나기 때문에 '아기 예수'라는 의미를 갖게 되었다.

1 엘니뇨 현상

엘니뇨 현상이란 태평양 적도 부근을 따라 남아메리카 해안으로부터 태평양 중앙부에 이르는 넓은 범위에서 해수면 온도가 높아져 1년 정도 지속되는 현상으로, 3~7년에 한 번씩 불규칙하게 발생한다.

엘니뇨 현상이 발생하지 않는 정상적인 해에는 그림 Ⅲ-29의 (가)와 같이 페루 연안으로부터 적도 태평양을 서쪽으로 무역풍이 지속적으로 분다. 이 무역풍은 동쪽에 있는 따뜻한 표층수를 서쪽으로 운반하기 때문에 따뜻한 해수층의 두께는 서쪽에서는 두껍고 동쪽에서는 얇아지며, 동쪽 해역에서는 이를 보충하기 위해 차가운 심층 해수가 아래로부터 올라온다. 차가운 심층 해수가 해수면으로 올라옴에 따라 동태평양 페루 근해의 해수면 온도는 같은 위도의 다른 해역보다 낮아지고, 태평양에서의 표층 해수의 온도는 그림 (가)와 같이 나타난다. 이로 인해 해수 온도가 높은 태평양의 서쪽에 위치한 동남 아시아와 오스트레일리아에는 강수량이 많아지고, 동쪽에 위



(가) 평상시 (나) 엘니뇨 발생시

그림 Ⅲ-29 엘니뇨의 발생

192 | Ⅲ. 위기의 지구

1. 엘니뇨 현상
   (1) 태평양 적도 부근을 따라 남태평양으로부터 태평양 중앙부에 이르는 넓은 범위에서 해수면의 온도가 높아져 1년 정도 지속되는 현상
   (2) 발생 과정 : 무역풍의 약화 ⇒ 태평양 동쪽에서의 용승 약화 ⇒ 태평양 적도 중부와 동부의 해수면 온도 상승
   (3) 영향
   ① 태평양 서쪽 ⇒ 강수량 감소로 인해 가뭄, 산불 발생
   ② 태평양 동쪽 ⇒ 많은 강수량으로 홍수 발생



치한 남아메리카의 서해안에는 건조한 날씨가 나타난다.

그러나 그림 (나)와 같이 대기 대순환의 변화로 무역풍이 약해지면 태평양 동쪽의 따뜻한 표층수를 서쪽으로 밀어내는 힘이 약해져 서쪽의 따뜻한 해수층은 보통 때보다 얇아지고 동쪽의 따뜻한 해수층은 두꺼워진다. 이 때문에 용승은 약해지고 따뜻한 해수가 서쪽에서 동쪽으로 이동함에 따라, 그림 (나)와 같이 적도 지방의 중부와 동부의 해수면 온도는 점차 높아지면서 엘니뇨 현상이 발생한다.

엘니뇨 현상이 발생하면 동태평양에는 따뜻한 해수가 머물러 평년보다 수온이 약 2~5℃ 정도 높아지고, 동남 아시아 지역의 해수는 평년보다 낮은 수온 분포를 보인다. 엘니뇨 현상이 진행되면 열대 서태평양의 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동함에 따라 서태평양에서는 대기의 대류가 약화되고 중앙 태평양에서는 강해지며, 이로 인해 무역풍은 더욱 약화된다. 엘니뇨 현상이 발생하면 인도네시아, 필리핀 등 동남 아시아와 오스트레일리아에서는 강수량이 감소하여 가뭄이 발생하고, 대규모 산불이 일어나기도 한다. 반면에 적도 태평양 중부, 멕시코 북부와 미국 남부, 남아메리카 중부 등에서는 고온 다습한 기류로 인해 예년보다 많은 강수량을 보이면서 홍수가 자주 발생한다(그림 Ⅲ-30).

라니냐(La Niña)

적도 무역풍이 평년보다 더욱 강해져 서태평양의 해수면과 수온이 평년보다 높아지며, 동태평양에서는 용승이 강해지고 수온이 평년보다 0.5℃ 이상 낮은 상태로 6개월 이상 지속되는 현상이다.



그림 Ⅲ-30 엘니뇨 현상으로 인한 피해

2 해수면 상승

지구의 기온은 약 10만 년을 주기로 상승과 하강을 거듭함으로써 빙하의 생성과 융해를 초래하면서 해수면을 끊임없이 변화시키고 있다. 과거 수천 년 동안 해수면의 변화는 천천히 진행되었다. 그러나 최근의 인간 활동에 의한 기온 상승은 이러한 상황을 급격히 변화시키고 있다.

2. 해수면 상승

(1) 원인 : 지구 온난화에 따른 해수의 열팽창과 극지방 빙하의 급격한 융해

(2) 영향

① 연안 지역 : 토양 침식으로 인한 토지 손실

② 대부분의 국가에서 해수면 상승으로 인한 영향을 받을 것임.

③ 해수면이 1 m 상승하면 세계 전체 경작지의 $\frac{1}{3}$이 피해를 받게 됨.

(3) 우리나라에서의 변화 : 남해안(3.4 mm), 동해안(1.4 mm), 서해안(1.0 mm)에서도 상승하고 있음.

• 엘니뇨

(1) 엘니뇨에 대한 정의는 태평양 동부 적도 해역(4°S~4°N, 150°W~90°W)의 월평균 해수면 온도 편차의 5개월 이동 평균값이 약 6개월 이상 계속해서 +0.5℃ 이상이 되는 것을 말한다. 엘니뇨 기간 동안 페루 연안의 엔초비(정어리의 일종) 어장은 해수면 온도 상승으로 사라져, 이 지역의 어부는 잠시 일을 멈추고 가족들과 함께 시간을 보내며, 때로는 이 엘니뇨가 다음해 여름까지 또는 그 이상 지속되는 경우가 있어 어부들뿐만 아니라 생태계에도 큰 영향을 미친다.

(2) 남아메리카 서해안을 따라 흐르는 한류(寒流) 속에 갑자기 이상 난수(異常暖水)가 침입하는 해류의 이변 현상을 말한다. 페루 앞바다는 보통 용승 지역(湧昇地域)으로 밑바닥에서 차고 영양분이 풍부한 해수가 표층으로 올라온다. 그러나 해마다 크리스마스 전후에 남동 무역풍의 일시적인 쇠퇴로 연안의 용승류가 약화되어, 적도 반류(赤道反流)계의 따뜻한 남하류로 해수온이 2 °~3℃ 상승하는데 이러한 현상을 엘니뇨라고 한다. 요즘은 본래의 의미보다 몇 년에 한번 가리키는 경우가 많다.

대규모적인 현상을 본래의 것과 구별하기 위해서 특히 엘니뇨 이벤트라고 부르는 경우도 있다. 엘니뇨 이벤트는 해마다 일어나는 엘니뇨와 발생 과정이 다르며 그 발생 원인으로

① 중앙 태평양상으로 부는 강한 무역풍에 의해 서부 태평양 저위도 해역으로의 대량 난수의 집적

② 무역풍의 약화로 인한 난수층의 동쪽으로의 이동

③ 계속되는 난수의 보급 등을 들고 있다.

그 때문에 용승류가 있어도 수온이 높으므로 장기간에 걸쳐 난수 현상이 계속된다. 이 영향은 지구 전체에 미쳐, 이 현상이 발생하는 해를 중심으로 이상 기상이 발생하기 쉽다고 한다.

(3) 남아메리카의 페루에서 에콰도르에 걸친 연안은 차가운 영양염이 많은 바닷물이 심해에서 표층으로 솟아오르고 있는 용승 해역으로, 세계 최대의 어장으로 되어 있다. 그런데 1월에서 3월에 걸쳐서는 표층에 남향

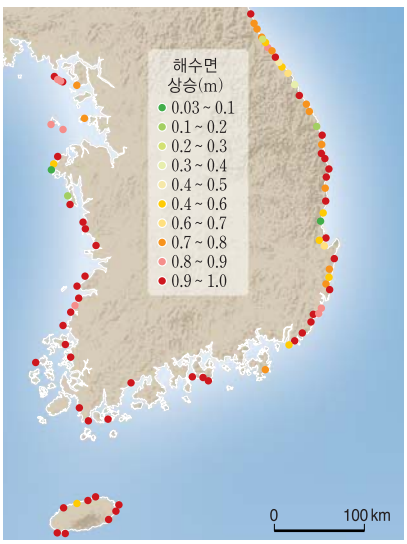
의 따뜻한 흐름이 생겨 어장이 소실된다. 엘니뇨란 원래 이 따뜻한 해류를 뜻하였다. 그런데 수 년에 한 번 이 해류의 온도가 매우 높아지고, 더구나 그 고온수가 1년 내내 지속적으로 소실하지 않는 수가 있다. 그 때는 연안 어업뿐만 아니라 지구 규모의 기후에도 영향을 준다. 현재에는 연간을 통해서 계속되는 남아메리카 앞바다의 고온수 현상을 뜻하게 되었다.

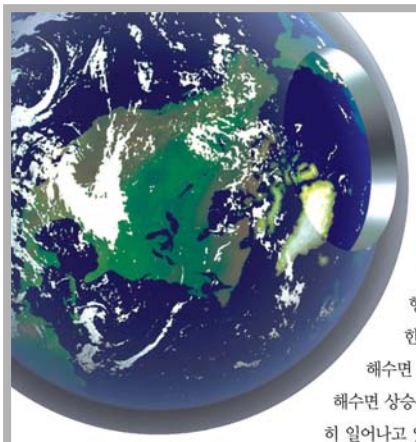
2 해수면 상승

• 우리나라의 해수면 상승

기후 변화에 따른 해수면 상승으로 앞으로 약 90년 후에 우리나라 바닷가 모래 사장 대부분이 사라질 지도 모른다는 경고가 나왔다. 한국환경정책평가연구원(KEI)의 연구팀은 2011년 5월 펴낸 보고서 '해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적 대응 정책 수립'을 통해 우리나라 해안이 해수면 상승에 매우 취약한 것으로 분석됐다고 밝혔다.

연구팀은 2100년까지 해수면이 1 m 상승한다고 가정할 때 전국 111개(동해안 44개, 남해안 32개, 서해안 35개) 사빈 해안 후퇴율을 산정한 결과 평균 80.1%를 나타냈다고 말했다. 사빈 해안은 부산 해운대, 충남 태안 반도의 만리포 등과 같이 해수욕장으로 이용되는 곳이 많다. 남해안과 서해안이 각각 87.3%, 86.4%로 해안선 침식 폭이 컸고, 동해안은 69.9%로 상대적으로 후퇴율이 낮았다. 그러나 해수면 상승폭이 커질수록 전 해안이 취약한 것으로 나타났다.





대기 중 온실가스의 축적으로 앞으로 100년 내 평균 기온이 2.5~5.5℃ 상승할 전망이다. 이에 따른 지구 해수의 열팽창과 고산 지대 및 극지대의 눈과 빙하의 급격한 융해로 인해 해수면의 상승은 더욱 커질 전망이다. 해수면이 얼마나 빠르게 상승할 것인가는 아직 논란의 대상이지만 연안 국가가 입을 경제적, 환경적 손실은 매우 다양한 형태로 나타날 것이다.

한 가지 분명한 사실은 가난한 국가든 부유한 국가든 모든 연안 국가가 해수면 상승으로 인해 피해를 입게 된다는 것이다. 지구의 기온 상승과 함께 해수면 상승은 대표적인 환경 문제이다. 몇몇 지역에서는 해수면 상승이 이미 급속히 일어나고 있다. 해수면이 상승하면 연안 지역에서 토양 침식이 일어나 토지 손실을 보게 된다. 미국, 이집트, 태국 등은 작은 규모의 해수면 상승에도 대규모의 토지 손실이 일어나는 나라들이며, 이러한 경향은 더욱 심해질 것이다.

2100년에 현재보다 기온이 2℃, 해수면이 50 cm 상승한다고 가정하였을 때 해안 지역에 대한 보호 대책이 개선되지 않는다면, 2080년에 이르러서는 해수면 상승만으로 해안 범람이 10배 이상 증가할 것이고, 연간 1억 명 이상의 사람들이 영향을 받게 될 것이다.

IPCC의 제4차 보고서(2007)를 보면, 2020년에 해안 침식 또는 홍수 위험에 처할 유럽의 인구는 158,000명을 넘으며, 해수면 상승의 결과로 유럽의 해안 습지대 중 절반이 사라질 것으로 예상하였다. 태국에서는 50~100 cm의 해수면 상승으로 토지가 손실되어 국내 총 생산량이 매년 3~6억 달러 정도씩 감소할 것이고, 싱가포르 해안을 보호하기 위해 사용되는 비용은 2050년에 이르면 연간 30~570만 달러, 2100년에 이르면 90~1680만 달러 사이가 될 것으로 추정되었다. 또, 해수면이 50 cm 상승하면 이집트의 나일 강 삼각주 해안 지역에서 200만 명이 넘는 난민이 발생하고, 350억 달러 이상의 토지 손실이 발생할 것으로 예상하였다.

1989년에 유엔환경계획(UNEP)이 실시한 지구 평균 해수면 상승과 상대 해수면 상승이 미치는 영향의 평가는 가장 심각한 위험에 처한 8개 지역과 27개 국가에 대해 밝히고 있다. 이 보고서는 해수면 상승이 가져올 피해의 정도는 지역에 따라 상이하겠지만 세계에서 30개국만이 내륙 국가임을 감안할 때 대부분의 국가가 해수면 상승으로 인한 영향을 받을 것이라고 경고하고 있다.

미국의 환경보호청(EPA)은 2100년에는 기온 상승으로 인한 해수면 상승이 모든 지역에 걸쳐 0.5~2 m에 이를 것이라고 추정하고 있다. 해수면이 1 m 상승한다고 가정하면 해발 5 m 이하인 모든 지역에 영향을 미칠 것이며, 강에 대한 해수의 침범, 폭풍 해일의 영향 등을 고려하면 500만 km^2 크기의 지역이 위험에 처하게 될 것으로 추정된다. 이 면적은 세계 육지의 3%에 불과한 크기이지만, 세계 전체 경작지

보고서는 또 1993~2008년 동안 우리나라 해수면 상승률이 연평균 4.02 mm로 지구 평균치인 3.16 mm보다 1.3배 가량 높게 나타났다고 지적했다. 특히 최대 풍속과 하루 강수량 최고치 및 해역의 파고가 점점 높아지고 있는 점을 감안할 때 연안 피해의 증가 추세가 가속화할 것으로 전망했다.

면적의 $\frac{1}{3}$이며 10억 인구의 생활 터전에 해당한다.

이러한 해수면 상승은 우리나라에서도 일어나고 있다. 국립해양조사원은 지난 46년간 해수면 높이 실측 자료를 분석한 결과, 그림 Ⅲ-31과 같이 제주 부근이 연 평균 5.1 mm, 남해안 · 동해안 · 서해안이 각각 3.4 mm, 1.4 mm, 1.0 mm 씩 매년 상승하고 있다고 발표했다. 특히 최근 10년 사이의 상승 속도가 이전보다 배 이상 빨라졌다.

일부 연구보고서에서는 해수면 1 m 상승을 가정하고 조석 간만의 차와 태풍 해일을 동시에 고려할 때, 한반도에서 2642.8 km^2의 면적이 범람할 것으로 추정됐다. 이는 서울시 면적 605.4 km^2보다 4.37배나 더 넓다. 해역별로 침수 가능 면적은 서해안이 2275 km^2로 가장 넓었고, 동해안 238 km^2, 남해안 130 km^2 순이었다.

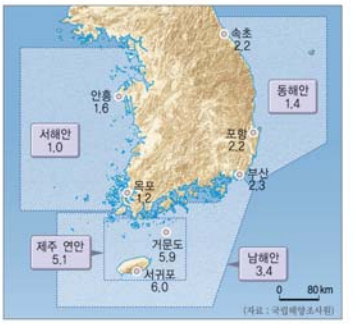


그림 Ⅲ-31 한반도 해수면 연간 상승률(단위 : mm/년)

3 오존층 파괴

오존층은 태양으로부터 방출되는 파장이 매우 짧은 자외선 등의 유해파를 흡수하여 지구의 생명을 보호하는 역할을 하는 지구 생명체의 중요한 보호막이다. 오존층에서는 햇빛으로부터 오는 자외선을 흡수하여 산소가 오존이 되거나 오존이 산소로 되기 때문에 자외선이 지구로 그대로 들어오는 것을 막아 준다.

오존층은 주로 성층권에 분포하고 있으며 지상 20~30 km에서 최대 농도가 되지만, 그 높이의 대기 전체에 비교하면 10만 분의 1을 차지하는 극히 미량이다. 실제로 해수면 상의 기압과 기온하에서라면 오존층은 겨우 3 mm 두께의 층밖에 되지 않는다. 그러나 오존은 이와 같이 희박함에도 불구하고 성층권의 기온과 지구상의 생물에 큰 영향력을 미치고 있다.

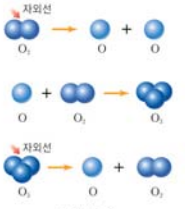


그림 Ⅲ-32
오존의 생성과 소멸 과정

이 오존층이 인공적으로 만든 화학 물질인 염화플루오린화탄소(CFC)와 할론(Halon) 가스에 의하여 파괴되고 있다는 사실이 최근에 밝혀졌다.

염화플루오린화탄소는 냄새가 없고 독성도 없으며, 불에 타지도 않고 화학적으로도 매우 안정된 물질이다. 우리들에게 널리 알려진 염화플루오린화탄소는 CFC-11과 CFC-12의 2종류로 우리 생활의 도처에서 매우 요긴하게 사용되고 있다. 염화플루오린화탄소는 냉장고, 에어컨 등의 냉매제, 드라이클리닝 용제, 반도체나 정밀 부품 세척제, 쿠션의 발포제, 스프레이와 같은 분사제 등에 이용된다.

지상에서 사용된 염화플루오린화탄소는 서서히 성층권까지 올라가 자외선에 의해 분해된다. 이 가스가 자외선에 의해 분해되면서 염소가 방

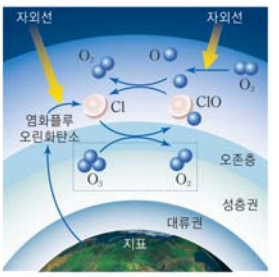


그림 Ⅲ-33 염화플루오린화탄소에 의한 오존층 파괴

2. 오존층 파괴

(1) 오존층

① 주로 성층권에 분포하며 지상 20~30 km에서 최대 농도를 보임.

② 태양으로부터 오는 자외선을 차단 → 지구의 생명을 보호하는 역할을 함.

(2) 오존층의 파괴 : 염화플루오린화탄소(CFC)와 할론 가스에 의해 일어남.

① 염화플루오린화탄소(CFC) : 냉장고나 에어컨 등의 냉매제, 드라이클리닝 용제, 쿠션의 발포제, 스프레이와 같은 분사제 등에 이용

② 할론 : 소화기용 소화제로 사용

3 오존층 파괴

• 오존층

오존층은 주로 성층권 상층의 오존이 밀집해 있는 층을 말한다. 두 가지 경우가 있는데, 하나는 오존이 검출되는 10~15 km의 범위를 폭넓게 말하는 경우이고, 또 하나는 그 범위 중에서도 다시 집중적으로 오존이 극대에 달하는 20~25 km의 범위를 말한다. 오존층은 대기 속의 산소 분자가 파장 0.24 μm 이하의 파장이 짧은 태양 자외선을 흡수하여 분해함으로써 생긴 것으로, 오존층이 있기 때문에 0.28 m 이하의 인체, 생물에 해로운 강력한 자외선은 흡수되어 지상까지 도달하지 않는다. 지구상에서 생물이 무사히 생활할 수 있는 것은 오존층의 영향이 크다. 오존층의 높이는 20~25 km인데 계절에 따라 변화하며, 겨울에서 봄에 걸쳐서는 낮고, 여름에서 가을에는 높다.

전층(全層)에 걸친 오존량의 합계는 봄에 극대에 달하고, 가을에 극소로 된다. 또 오존의 전량(全量)은 고위도에 많고 저위도에는 적다. 오존의 전량은 권계면의 높이와 밀접한 관계가 있어 오존이 증가하면 권계면은 내려오고, 감소하면 반대로 높아진다. 이와 같은 오존의 변화는 태양 활동과도 밀접한 관계를 가지고 있어서 '태양 활동의 변화 → 오존의 변화 → 권계면 높이의 변화 → 대기 대순환의 변화'와 같이 태양 활동을 기상 변화에 결부시키는 데 매우 중요한 매개물로 되어 있다.

• 돕슨 단위(DU)

지구 표면 위에 연직 기둥을 가정한 뒤 이 기둥 내의 오존 전량을 표시하는 단위이다. 돕슨 단위의 수는 0℃의 온도와 1013 hPa의 기압에서 균일한 밀도를 가진 층으로 압축했을 경우, 오존 기둥이 차지하는 양을 10^{-5} m 단위의 두께로 나타낸 것이다. 1 DU는 1 m^3당 2.69×10^{20}개의 오존 분자를 포함하는 오존 기둥에 상응한다. 지구 대기의 연직 기둥 내에 오존 전량은 비록 크게 변하기는 하지만 대체적인 값은 300 DU이다.

• 자외선

1801년 독일의 화학자 J. W. 리터가 자외선이 가지는 사진 작용[感光作用]에서 처음 발견하였다. 자외선은 파장이 약 397~10 nm인 전자기파의 총칭으로서, 극단적으로 파장이 짧은 자외선은 X선과 거의 구별되지 않는다. 적외선을 열선이라고 하는데 대응하여 자외선은 화학 작용이 강하므로 화학선이라 하기도 한다. 또 파장의 길이에 따라 근자외선(파장 290 nm 이상), 수정 범위(水晶範圍)의 자외선(수정을 투과하는 290~190 nm), 슈만 선(190~120 nm), 라이만 선(120~60 nm), 밀리컨 선(60 nm 이하) 등으로 세분하거나, 190 nm 이하의 파장을 가지는 자외선을 원자외선(遠紫外線)이라고도 한다.

• 자외선의 종류

태양은 광범위한 파장을 가진 빛 에너지를 방출한다. 가시광선의 파란색이나 보라색 광선보다 더 짧은 파장을 가진 자외선 복사는 살갗을 태우고 건강에 해로운 영향을 준다. 성층권에 존재하는 오존층은 대부분의 해로운 자외선이 지구상의 생명체에 도달하는 것을 막아 준다. 그러나 성층권의 오존층이 얇아지면 지표에 도달하는 자외선 복사량이 증가한다.

과학자들은 자외선 C(UV-C), 자외선 B(UV-B), 자외선 A(UV-A) 세 가지 종류로 자외선을 분류한다. 성층권 오존층은 이러한 종류의 자외선을 모두 흡수하는 것이 아니라 일부분을 흡수한다.

(1) UV-A (320~400 nm) : 오존층에 흡수되지 않는다. 파장 영역이 320~400 nm에 해당하는 자외선 UV-A는 UV-B에 비하여 에너지양이 적지만 피부를 그을릴 수 있다. 피부를 태우는 주역은 UV-B이지만 UV-A는 피부를 벌겋게 만들 뿐 아니라, 피부 면역 체계에 작용하여 피부 노화에 따른 장기적 피부 손상을 일으킬 수 있다. 최근에는 UV-A 노출 시간이 피부를 그을릴 정도로 길어지면 피부암 발생의 위험이 UV-B의 경우와 같아진다는 연구 결과가 보고되기도 하였다. 자외선이 인체에 도달하면 표피층 아래로 흡수되는데, 이 해로운 광선에



그림 Ⅲ-34 할론 소화기

제품명	
형 식	할론 1211 4kg N 축압식 용제
형식 번호	수소 98-1-2
약제 중량	4kg
총 중 량	6.3~6.4kg
사용온도범위	-20℃~40℃
능력 단위	A1, B3, C적용
시험 압력	25kg/cm²
방사 시간	11초
방사 거리	4m
축 압 력	8~18kg/cm²
안전밸브동압력	18~20kg/cm²

DU(Dobson Unit, 돕슨 단위)
돕슨 단위란 지상을 덮고 있는 오존양의 단위로 1돕슨은 표준상태 0 ℃, 1기압의 순수한 오존 1/100 mm 두께에 해당한다.

출되는데, 바로 이 염소가 오존과 화학 반응을 일으켜 오존을 파괴하는 것이다. 염소 원자는 오존과 반응하여 일산화염소와 산소 분자가 된다. 일산화염소는 곧 산소 원자와 반응하여 염소 원자와 산소 분자로 되돌아간다. 이처럼 오존을 파괴하는 반응이 반복하여 진행되기 때문에 염소 원자 1개가 있으면 오존 분자 수만 개가 차례로 분해된다(그림 Ⅲ-33).

$$CCl_3F \rightarrow CCl_2F + Cl$$
$$O_3 + Cl \rightarrow ClO + O_2$$
$$ClO + O \rightarrow Cl + O_2$$

이 반응에서 염소 원자는 소멸되지 않으므로 촉매의 역할을 하면서 그림 Ⅲ-33과 같이 오존층을 벗어나기까지 10만 개 정도의 오존을 파괴하게 된다. 염화플루오린화탄소가 일단 성층권까지 올라가면 오존층을 파괴하면서 최고 100년까지 머무를 수 있다.

할론 가스는 염화플루오린화탄소와 비슷한 물질로 염화플루오린화탄소에 함유된 염소 대신 브로민이 함유되어 있다. 브로민과 할론 가스의 관계는 염소와 염화플루오린화탄소와의 관계와 같다. 할론 1분자당 오존 파괴 능력은 염화플루오린화탄소의 경우보다 최고 10배 정도 많다. 브로민은 잘 연소되지 않는 성질을 갖고 있기 때문에 그 불연성을 이용하여 특히 그림 Ⅲ-34와 같은 소화기용 소화제로서 사용된다.

오존 홀이란 남극 상공 성층권의 오존 농도가 남반구의 봄철에 급감하면서 구멍이 뚫린 것처럼 낮아지는 현상을 말한다. 남극의 봄철 동안 나타나며 일반적으로 9월에 최대치를 보인다. 오존 홀은 오존 농도가 220 DU 이하인 곳으로 정의된다.

1974년 미국 캘리포니아 대학의 몰리나(Molina)와 롤런드(Rowland) 박사는 염화플루오린화탄소가 성층권까지 올라간 후 거기서 분해되어 오존층을 파괴한다는 내용의 논문을 처음 발표하였다. 1985년 영국 남극 조사 팀이 남극 오존층 파괴 현상을 처음 발견하였고, 남극 봄철(9~11월)에 미국 대륙 면적에 해당하는 오존층이 남극에서 파괴되는 것을 관측하였다. 미국 항공우주국(NASA)의 연구에 따르면 남극의 오존 홀 영역에서만 오존이 감소하는 것이 아니라, 지구 전체 성층권의 오존이 감소되고 있다고 했다.

1987년 10월에는 소위 오존 홀이라고 명명된 오존층 파괴가 현저하게 나타났고, 파괴가 가장 심각한 남극 15~20 km 고도 내에서 오존 전량의 약 95 %가 파괴되었으며, 일부 지역에서 관측된 오존 전량은 1970년 오존 전량의 절반 이하로 감소됨이 밝혀졌다(그림 Ⅲ-35).

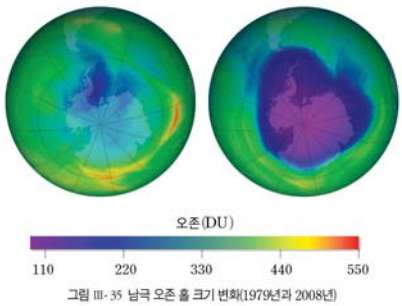


그림 Ⅲ-35 남극 오존 홀 크기 변화(1979년과 2008년)

(3) 오존 홀 : 남극 상공 성층권의 오존 농도가 급감하면서 구멍이 뚫린 것처럼 나타나는 현상으로 오존 농도가 220 DU 이하인 곳

(4) 오존층 파괴로 인한 영향

① 피부암, 백내장 환자 증가

② 농작물이나 바다의 플랑크톤, 어류 감소 → 생태계의 파괴로 이어짐.

(5) 오존층 파괴 방지를 위한 노력

① 염화플루오린화탄소 사용 중지(선진국-1996년, 우리나라-2010년)

② 오존층이 빠른 속도로 회복되고 있음.

또한 최근 인공위성 님버스 7호가 관측한 자료를 재분석한 결과, 과거 12년 동안 북반구에서 6~8% 오존이 감소되었고 특히 4~5월에는 4~6%의 오존이 감소되는 것으로 밝혀졌다.

1987년 제정된 몬트리올 의정서는 오존층을 파괴하는 염화플루오린화탄소를 단계적으로 사용 중지시키는 내용을 담고 있으며, 이로 인해 선진국들은 1996년부터 염화플루오린화탄소 사용을 금지했고, 우리나라도 2010년부터 염화플루오린화탄소의 사용이 전면 중지되었다. 유엔 산하 세계기상기구(WMO) 연구 팀은 2010년 9월 보고서를 통해 "냉장고와 에어컨의 냉매제로 사용되어 온 염화플루오린화탄소 사용 금지를 규정한 몬트리올 의정서가 효과를 발휘해 오존층 파괴 현상이 중단됐다."고 밝혔다. 오존층 평가에 참여한 300명의 과학자들은 오존층 복원이 예상보다 빨리 진척돼 2045년에서 2060년 사이에 1980년 수준으로 회복될 것으로 내다보았다.

성층권의 오존층은 해로운 자외선을 차단함으로써 지구상의 생물들을 보호하는 중요한 방패 역할을 한다. 염화플루오린화탄소에 의해 오존층이 파괴되면 지표에 도달하는 자외선도 강해진다.

그림 Ⅲ-36과 같이 오존층의 파괴로 해로운 자외선이 지표에 직접 내려 쬐면 피부암 환자가 증가할 것이다. 오존층이 얇은 적도에 가까운 지역일수록 자외선이 강하여 피부암의 발생률이 높아진다. 오존이 1% 감소하면 피부암은 3% 증가하는 것으로 학자들은 밝히고 있다. 그렇게 되면 피부암 외에도 백내장 등의 햇빛과 관련된 질병에 걸리는 사람도 늘어날 것이다. 더 나아가 농작물이나 바다의 플랑크톤, 그리고 어류가 감소되어 생태계에도 큰 영향이 나타난다.



그림 Ⅲ-36 오존층 파괴로 인한 피해

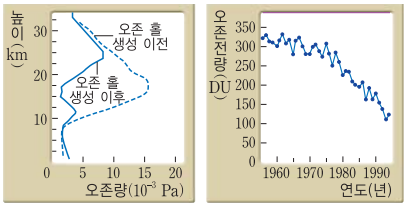
서 피부를 보호하기 위하여 인체 면역 작용이 발동한다. 그 예로 일부 세포는 자외선에 노출될 때 멜라닌이란 검은 색소를 생성하는데, 그것이 자외선의 일부를 흡수한다. 따라서, 백인종과 같이 멜라닌을 적게 생성하는 사람은 UV-B에 대한 자연적 보호막도 적은 셈이다.

⑵ UV-B (280~320 nm) : 대부분은 오존층에 흡수되지만 일부는 지표면에 도달한다. 지구에 극소량이 도달하는 UV-B는 파장 영역이 280~320 nm에 해당하는 자외선이다. UV-B는 동물체의 피부를 태우고 피부 조직을 뚫고 들어가며 때로는 피부암을 일으키는데, 피부암 발생의 원인은 대부분 태양 광선의 노출 및 UV-B와 관련이 있다. 또, UV-B는 피부에서 프로비타민 D를 활성화시켜 인체에 필수적인 비타민 D로 전환시킨다.

⑶ UV-C (100~280 nm) : 오존층에 완전히 흡수된다. 파장 영역이 200~290 nm인 자외선 중 UV-C는 염색체 변이를 일으키고 단세포 유기물을 죽이며, 눈의 각막을 해치는 등 생명체에 해로운 영향을 미친다. 다행히 UV-C로 알려진 이 범위의 자외선은 성층권의 오존에 의해 거의 모두 흡수된다.

기출문제 | 2006학년도 평가원

그림 (가)는 남극 대륙에서 1956년부터 1994년까지 매년 10월에 관측한 평균 오존량의 수직 분포도이고, 그림 (나)는 같은 기간 오존전량의 연 변화도이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

ㄱ. 오존량은 성층권에서 감소하였고 대류권에서 증가하였다.
ㄴ. 오존 홀의 생성은 성층권 온도를 높일 것이다.
ㄷ. 이 기간 동안 남극 대륙으로 들어오는 자외선의 양은 감소하는 추세에 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 그림 (가)의 오존 홀은 성층권의 오존층에 오존의 파괴가 심하여 오존층이 매우 얇아진 곳이다. 오존 홀의 생성 이후에 성층권(10~50 km)에서의 오존량은 급격히 감소하였으며, 대류권에서는 약간 증가하였다.
ㄱ. 오존량은 성층권에서 감소하였고 대류권에서 증가하였다. **정답** ①

오답 ㄴ. 오존 홀의 생성은 오존층의 파괴를 의미하므로 자외선을 흡수할 수 없다. 즉 에너지를 흡수할 수 없으므로 성층권의 온도를 낮출 것이다.
ㄷ. 이 기간 동안 오존층이 자외선을 흡수하지 못하고 통과시키므로 남극 대륙으로 들어오는 자외선의 양은 증가할 것이다.

4 사막화

• 사헬 지대

사헬(Sahel)은 아랍어로 가장자리라는 뜻으로 아프리카 사하라 사막 남쪽 가장자리의 지역을 말하는데, 세네갈 북부 · 모리타니 남부에서 말리 중부 · 니제르 남부 · 차드 중남부까지, 서쪽에서 동쪽으로 띠 모양으로 이어져 있다. 동서의 길이가 4,800 km, 남쪽으로는 480~800 km에 달하는 지역으로, 연강수량 60~100 mm의 건조 지역이다.

사헬 지대는 건조한 사하라 사막에서 열대 아프리카로 넘어가는 점이 지대로서, 식생(植生)은 스텝 또는 사바나가 나타난다. 1년의 대부분은 건계이고, 6~8월의 짧은 우계에 200 mm 안팎의 비가 내린다. 사헬 지대의 유목민들은 일정 지역에 장기간 머무르지 않고 이동을 하였으므로 스텝 초원이 자연적으로 복구될 수 있는 여유가 있었다. 그러나 1960년대 이후 인구 증가와 이에 따른 가축의 과다한 방목으로 초원이 황폐화되어 사막화가 진행되기에 이르렀다. 여기에 자연적인 가뭄이 겹쳐 사헬 지방은 생물이 살 수 없는 불모의 지대로 변하게 되었다.

1972년과 1973년 사이에는 수십만 명의 사람과 가축이 죽었다. 특히 1982년에서 1985년 사이에는 넓은 지역으로 확대되어 수백만 명이 사망하게 되었다. 수천 년 동안 별다른 재난이 없었던 이 지역에 두 번의 엄청난 재난이 닥친 후 이는 단순한 자연 재난이 아니라 인간이 초래한 환경 재난이라는 것이 밝혀지게 되었다. 세계는 사헬의 재난을 계기로 세계 여러 곳에서 사막화의 위험이 진행되고 있다는 사실을 인식하게 되었다.

• 사막화

사막화란 사막의 확대를 의미하지 않는다. 사막화는 건조 지역과 반건조 지역 그리고 건조한 반습지 지역에서 일어나는 토양의 침식 과정을 말한다. 20세기에 들어 급속히 늘어나는 인구를 지탱하고 자원을 공급하기 위하여 과도한 경작 및 방목, 거대한 관개, 무분별한 산림 파괴와 환경 오염으로 인한



그림 Ⅲ-37 사막

4 사막화

사막이란 토양의 건조화로 식물이 자라기 힘든 지역을 말하며, 식물이 전혀 살 수 없는 사막은 드물고 보통 풀과 관목이 매우 희박하게 자라는 상태를 말한다. 사막은 1500만 km^2를 넘는 광대한 면적으로 전체 육지의 $\frac{1}{10}$을 차지하며 열대 사막, 중위도 사막, 한랭 사막으로 구분한다. 건조한 열대 사막과 중위도 사막의 분포는 연평균 강수량 250 mm 등우량선과 거의 일치하고, 한랭하여 식물이 못 자라는 한랭 사막의 연평균 강수량은 125 mm 이하이다.

열대 사막은 위도 15°~30° 사이에 분포하며 멕시코 북서부의 소노라, 캘리포니아 · 애리조나 · 사하라 · 리비아 · 아라비아 · 타르 · 빅토리아 · 아타카마 · 칼라하리 등의 사막이 이에 속한다. 중위도 사막은 위도 40° 부근의 대륙 내부에 분포하며, 투르키스탄 · 타클라마칸 · 고비 등의 사막이 이에 속한다. 한랭하기 때문에 식물이 생육할 수 없는 한랭 사막의 예로는 남극 대륙 · 그린란드 · 극 빙모 등의 영구 빙설 사막과 툰드라 사막이 있다.

또한 사막은 표면을 형성하는 물질에 따라 암석 사막과 모래사막으로 구분된다. 암석 사막은 강한 바람의 침식작용에 의해서 암석이 노출된 것으로, 기온 변화에 따라 암석의 표면이 붕괴된 세립 물질이 바람에 의하여 운반되므로 거의 모래를 볼 수 없다. 암설이 분포되어 있는 암석 사막을 특히 자갈 사막이라고 한다. 모래사막은 그림 Ⅲ-37과 같이 사구에 의해서 뒤덮여 있으며, 사구는 바람에 의하여 이동한다. 세계적인 분포를 보면, 암석 사막이 많은 면적을 차지하고 있고 모래사막은, 북아메리카의 사막에는 겨우 2%, 사하라 사막에 11%, 아라비아 사막에 30%의 면적을 차지하고 있다.

사막화 현상은 본래 강수량보다 증발량이 훨씬 많은 지역을 일컫는 사막과는 다른 개념으로 오늘날 아프리카 사하라 사막 남부의 사헬 지역 같은 건조, 반건조 지대에서 주로 나타난다. 유엔에서는 '사막화'란 '토지의 잠재된 생물 생산력이 저하되거나 파괴돼 그 결과 사막으로 변해 가는 현상'으로 정의한다. 구체적으로는 목장의 생산력이 떨어지고, 건조 농업이 불가능하게 되며, 관개지가 물의 염해로 못쓰게 되거나 토양의 생산력 저하를 초래하게 되는 것이다. 사막화는 자연적 요인과 그림 Ⅲ-38과 같은 인위적 요인이 복합적으로 작용하여 발생한다. 자연적 요인으로는 극심한 가뭄과 장기간에 걸친 건조화 현상이 있고, 인위적 요인으로는 과도한 경작 및 관개, 산림 벌채, 환경 오염으로 인한 기후 변화 등이 있다.

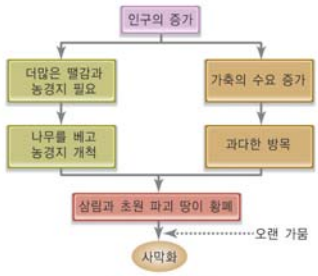


그림 Ⅲ-38 사막화 과정

이러한 원인으로 숲이 점차 사라지게 되면 지표면의 태양 복사에너지의 반사율이 증가하고 이에 따라 지표면이 냉각되면서 온

198 | Ⅲ. 위기의 지구

4. 사막화

(1) 사막 : 토양의 건조화로 식물이 자라기 힘든 지역. 전체 육지 면적의 차지

① 기후에 따라 열대 사막, 중위도 사막, 한랭 사막으로 구분

② 표면 구성 물질에 따라 암석 사막과 모래 사막으로 구분

(2) 사막화 : 토지의 잠재된 생물 생산력이 저하되거나 파괴돼 그 결과 사막으로 변해가는 현상

① 자연적인 요인 : 극심한 가뭄과 장기간에 걸친 건조화 현상

② 인위적인 요인 : 과도한 경작과 관개, 산림 벌채, 오염으로 인한 기후 변화

도가 낮아진다. 차가워진 지표면에는 건조한 하강 기류가 형성되고 그림 Ⅲ-39와 같이 강수량이 감소하여 토양의 수분이 적어지므로, 사막화는 더욱 빠른 속도로 진행된다. 이로써 지구는 점차 산소가 부족해져 야생 동물은 멸종 위기에 이르고 물 부족현상으로 작물 재배가 불가능해 극심한 식량난에 빠지게 된다. 또한 이산화탄소의 양이 많아져 지구 온난화의 원인이 된다.

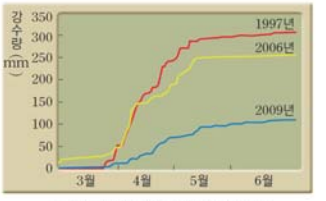


그림 Ⅲ-39 강수량의 변화(마싱아 댐, 케냐)

사하라 사막 주변은 연평균 10 km의 속도로 사막이 확장되고 있으며, 해마다 전세계적으로 1만 km^2의 광대한 토지가 사막화되고 있다고 한다(그림 Ⅲ-40). 1968년부터 5년간에 걸친 극심한 가뭄으로 아프리카의 그림 Ⅲ-41과 같이 사헬 지역이 점차 사막화하면서 이에 대한 국제적 인식이 증대되어 국제연합 사막대책협의회(UNCOD)를 중심으로 그 대책이 논의되고 있다.



그림 Ⅲ-40 사헬 지대의 연강수량

현재 중국의 사막화 지역은 기본적으로 빈민 지역이며 생활 수준이 낮아 공장을 도입하거나 초원을 개간하여 생활을 도모하려는 욕구가 강하다.

황사의 발원지 중 하나인 중국 서북부 지역의 간쑤 성은 한반도 전체 면적의 두 배가 되는 매우 넓은 지역이다. 1993년에는 간쑤 성 지역에서 황사로 인해 100명이 목숨을 잃기도 했으며, 현재 간쑤 성의 $\frac{2}{3}$가 넘는 지역에서 사막화가 진행되고 있다.

허베이 성의 톈모 사막은 수도 베이징을 위협할 정도로 어마어마한 규모이며, 중국은 우리나라의 환경 전문가까지 초빙해 사막에 나무를 심는 작업에 착수하고 있다(그림 Ⅲ-42). 200년 전까지만 해도 초원이었던 쿠부치 사막은 유목민들이 가축을 방목하면서 땅이 황폐해졌고, 지금은 지구에서 가장 최근에 형성된 사막이 되었다. 산업화로 인한 공해의 영향으로 산성비가 초지를 없애고, 편서풍을 타고 날아온 모래가 그곳을 엎으면서 사막이 형성된다. 중국에서는 해마다 서울 면적의 5배가 넘는 지역이 사막화되고 있다.


그림 Ⅲ-41 사막화가 진행 중인 사헬 지대


그림 Ⅲ-42 사막화 방지를 위한 공동 노력

기후 변화가 맞물려 토양의 생산성이 지속적으로 악화되는 것을 뜻한다. 극심한 가뭄 같은 자연적 요인도 이를 부추긴다.

사막화란 말은 1950~75년 아프리카에서 사하라 사막이 남쪽으로 100 km 가량 확장된 이유를 설명하기 위해 등장했다. 처음엔 이를 인구 증가에 따라 토양이 황폐해진 결과로 이해했으나, 위성 사진 분석 등 과학적인 연구에 의해 기후 변화라는 요소가 첨가됐다.

사막화의 원인으로는 지나친 방목과 경작이 우선적으로 꼽힌다. 사막과 경계를 이루는 건조 지대의 목초지와 경작지가 이로 인해 줄어들면서 토양 침식이 일어난다. 여기에 강수량 감소와 대규모 관개 시설 증가에 따라 토양의 염분이 증가하는 현상이 더해진다. 결국 토양의 생산성이 떨어지고 이는 다시 토양에 대한 인간의 착취를 가속화하는 악순환에 빠지게 된다.

사막화 방지는 궁극적으로 이런 생산 방식을 바꾸는 것을 목표로 한다. 소규모 관개 시설로 고부가 가치 작물을 생산하고, 환경을 보존하는 기술을 개발해 토양의 침식과 염기화를 방지하자는 것이다. 이는 토양의 생산성 증가로 이어지고, 주민들의 삶의 질을 높여, 지속가능한 개발을 가능하게 한다.

(3) 사막화의 진행 과정 : 산림 벌채로 인해 숲이 사라짐 → 지표의 반사율 증가 → 지표면의 냉각 → 건조한 하강 기류 발달 → 강수량 감소

(4) 사막화 진행 지역

① 사헬 지대 : 사하라 사막 주변은 연평균 10 km의 속도로 사막이 확장

② 중국 서북부 간쑤 성 : 간쑤 성의 가 넘는 지역에서 사막화가 진행

5 황사

• 황사의 성분

사막 지대의 황사에는 큰 모래가 많고, 황토 지대의 황사는 대부분 그 크기가 작다. 20 μm보다 큰 입자는 구르거나 조금 상승하다가 부근에 떨어지고, 그보다 작은 입자는 부유하여 상층까지 잘 올라간다. 한반도와 일본에서 관측되는 황사의 크기는 1~10 μm 정도이다. 1 μm 입자는 수 년 동안, 10 μm 입자는 수 시간~수 일 정도 공중에 부유할 수 있다. 사막 지대의 황사는 석영(규소)이, 황토 지대의 황사는 장석(알루미늄)이 주성분이다. 철 성분도 많이 함유되어 있다. 최근의 황사는 규소, 철, 알루미늄, 납, 카드뮴 성분이 들어 있어 대기 중의 중금속 농도를 높이는 것으로 알려져 있다.

평상시에는 10~50 $\mu g/m^3$인 먼지 농도가 황사가 발생하면 100~500 $\mu g/m^3$으로 증가하고, 황사의 주성분인 Si(규소), Al(알루미늄), Ca(칼슘), K(칼륨), Na(나트륨) 등의 농도가 상승한다.

• 황사 경보와 주의보

(1) 황사 경보 : 황사로 인해 1시간 평균 미세먼지(PM 10) 농도 800 $\mu g/m^3$ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때

(2) 황사 주의보 : 황사로 인해 1시간 평균 미세 먼지(PM 10) 농도 400 $\mu g/m^3$ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때

NGO
정부 간의 협정이 아닌 민간 단체가 중심이 되어 만들어진 비정부 국제 조직

최근 20~30년간 급속도로 황폐화된 사막화 지역을 원래의 아름다운 초원으로 되돌리는 것은 국가 간의 재정 지원이나 일부 NGO 단체의 국제협력만으로는 불가능하다. 국민 모두가 장차 닥쳐올 수 있는 환경 대재앙을 막기 위해 환경적인 치유에 관심을 기울이고 적극 지원해 줘야만 가능한 일일 것이다.

5 황사

건축 공사 현장에서는 쌓아둔 모래가 바람에 날리거나 흩어지지 않도록 물을 뿌리거나 그물망으로 덮어놓는다. 마찬가지로 여름이나 가을에는 비와 식물의 뿌리가 모래를 붙잡고 있는 역할을 한다. 하지만 봄에는 겨울 내내 얼어있던 건조한 토양이 녹으면서 잘게 부서져 크기 20 μm 이하의 작은 모래 먼지가 발생한다. 이런 과정으로 중국 북부 고비 사막과 타클라마칸 사막, 황하 상류 지대에서 만들어진 모래 먼지 위에 저기압이 지나가면 강한 상승 기류에 의해 3000~5000 m 상공으로 올라가 초속 30 m 정도의 편서풍을 타고 우리나라까지 날아오게 되는데 이러한 현상을 **황사 현상**이라고 한다(그림 Ⅲ-43). 황사 현상이 심하면 하늘 색깔이 황갈색으로 변하면서 흙먼지가 태양빛을 차단해 시계가 나빠진다. 우리나라에서는 황사를 '흙이 비처럼 떨어진다' 하여 예로부터 '흙비'라 하였으나, 1910년 이후 '황사'라 부르고 있다.

황사의 발원지인 중국에서는 우리나라에서 보이는 안개처럼 뿌연 먼지가 아니라 무시무시한 바람과 함께 나타나는 모래 폭풍이기 때문에 중국어로 '사천바오'라 부르고, 일본에서는 '코사'라고 부른다. 지난 2001년 4월 8일 한국 · 중국 · 일본은 황사 방지 공동 사업을 추진하기로 하면서 황사의 명칭을 '모래 먼지(sand dust)'로 공식적으로 표기하되 괄호 안에 'yellow sand'도 병기하기로 하였다.

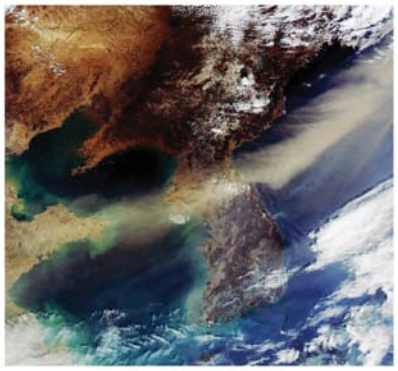


그림 Ⅲ-43 황사의 인공위성 영상

우리나라에 영향을 미치는 황사의 주요 발원지는 중국의 신장과 황하 상류의 황토 지대, 몽고와 중국의 경계에 걸친 넓은 건조 지역이다. 이런 중국의 서북 건조 지역은 연강수량이 400 mm 이하(우리나라의 연강수량은 약 1100~1700 mm)이고 사막이 대부분이어서 모래 먼지가 많이 발생한다. 발원지에서 배출되는 먼지 중 보통 30 %가 발원지에 다시 가라앉고, 20 %는 주변 지역으로 수송되며, 50 %는 장거리까지 수송돼 한국, 일본, 태평양 등에 침전된다.

그러나 이 황사의 발원지로부터 수천 km 떨어진 우리나라와 일본 지역에서는 중국처럼 강한 바람이 동반되는 모래 폭풍은 발생하지 않는다. 다만 누런 먼지가 공중에 퍼져 마치 안개가 낀 모습을 연상시킨다. 황사

5. 황사

(1) 황사 현상 : 황하 상류 지대에서 만들어진 모래 먼지가 3,000~5,000 m 상공으로 올라가 편서풍을 타고 우리나라까지 날아오는 현상

(2) 황사의 발원지 : 중국의 신장과 황하 상류의 황토 지대, 몽고와 중국의 경계에 걸친 넓은 사막 지대

(3) 우리나라에서는 매년 주로 3~5월에 3~6일 정도 관측됨.

(4) 황사의 영향 : 각종 질병(호흡기 질환과 심혈관 질환, 눈병 등) 유발, 정밀 기기의 고장 발생률 증가



그림 Ⅲ-44 황사 발생 횟수

산성비

수소 이온 농도 지수(pH)가 5.6 이하의 비로서, 황산화물 및 질소 산화물이 비에 녹아 만들어진다. 토양과 물을 산성화시키고 삼림을 말라 죽게 하는 등 생태계에 나쁜 영향을 준다.

가 발원지에서 우리나라까지 오는 데 걸리는 시간은 2~3일 정도이다.

황사 현상은 우리나라에서는 매년 주로 3~5월에 3~6일 정도 관측된다. 서울 지방의 경우 2000~2009년 동안 그림 Ⅲ-44와 같이 총 117회 관측되었으며, 이 중 81%에 해당하는 95회가 3~5월에 발생하였다. 이 기간 중 황사가 가장 많이 발생한 해는 2001년으로 평년의 2배에 가까운 횟수가 관측되었다. 전국적으로 전체 관측 횟수를 보면 전라도 지방(최다 횟수 발생 지역은 광주)이 가장 많다. 발생 일수로 보면, 서울·경기 지역과 서해안 지역이 많다. 드물게 서울에서 1991년 겨울(1991. 11. 30~12. 3)에 관측된 경우가 있다.

황사는 지구로 유입되는 태양광을 반사하여 지구 온난화를 억제하며, 황사에 포함된 석회, 마그네슘, 칼슘 등의 성분은 대기 중의 산성 물질을 중화시켜 산성비를 억제하고, 토양과 호수의 산성화를 방지하는 긍정적 역할도 한다.

그러나 이보다는 부정적 영향이 훨씬 많은데, 황사의 미세 먼지는 기관지염, 감기, 천식 등 호흡기 질환과 심혈관 질환, 눈병 등 각종 질병을 유발한다. 또한 미세 먼지로 인해 반도체 항공기 등 정밀기기의 고장 발생률이 크게 높아진다.

특히 중국의 공업화로 인해 실리콘, 알루미늄, 구리, 카드뮴, 납 등의 성분이 대기를 오염시키며, 각종 발암 물질이 포함되는 경우도 있다.



그림 Ⅲ-45 황사 현상 전과 후의 비교 (2007년 4월 1일과 4월 2일)



• **미세 먼지**(微細 –, Particulate Matter, PM)

미세먼지 또는 분진(粉塵)이란 아황산 가스, 질소 산화물, 납, 오존, 일산화탄소 등과 함께 수많은 대기 오염 물질 가운데 한 가지로, 자동차 등에서 발생하여 대기 중에 장기간 떠다니는 지름 10 μm 이하의 미세한 먼지이며 PM 10이라 하고, 입자가 2.5 이하인 경우는 '극미세 먼지(PM 2.5)라고 부른다. 미세 먼지(fine particles)는 부유 분진(suspended particles), 입자상 물질(particulate matter) 또는 에어로솔(aerosol) 등으로도 불리며, 명칭에 따라 약간씩 다른 의미를 가지고 있다. 입자상 물질은 지름이 10 nm에서 10.0 정도이며, 이보다 지름이 큰 경우는 중력에 의한 침강 효과로 대기 중에서의 체류 시간이 아주 짧다.

(1) PM 10 (Particulate Matter Less than 10) : 입자의 크기가 10 μm 이하인 먼지를 말한다. 국가에서 환경 기준으로 연평균 50 $\mu g/m^3$, 24시간 평균 100 $\mu g/m^3$를 기준으로 하고 있다. 인체의 폐포까지 침투하여 각종 호흡기 질환의 직접적인 원인이 되며, 인체의 면역 기능을 약화시킨다.

(2) PM 2.5 (Particulate Matter Less than 2.5) : 입자의 크기가 2.5 이하인 먼지를 말한다. 입자의 크기가 작을수록 건강에 미치는 영향이 크다는 결과에 따라, 선진국에서 미세 입자에 대한 90년대 후반부터 도입하기 시작했다. 우리나라에서는 2011년까지 기준이 설정되어 있지 않으며, 미국은 연평균 15 $\mu g/m^3$, 24시간 평균 35 $\mu g/m^3$의 기준을 설정하였다.

(3) TSP(Total suspended Particles) : 총 부유 분진 또는 총 부유 입자상 물질 또는 총 입자상 물질이라고 하며, 통상적으로 50 μm 이하의 모든 부유 먼지를 말한다. 입자의 크기가 10 μm 이상인 경우에는 인체에 건강에 영향이 적고, 도시 미관에 영향을 미치는 경우가 많아 1990년대 후반 TSP에서 PM 10으로 환경 기준을 변경하였다.

• **황사 현상이 있을 때의 건강 관리 요령**

황사 현상이 있을 때 가장 신경을 써야 할 부위는 눈과 코 및 기관지인데, 이들 부위는 연약한 점막층으로 되어 있어 건조한 흙먼지에 노출되면 쉽게 손상되기 때문이다.

(1) 손과 발을 깨끗이 씻는다.

외출을 가급적 피하고 외출을 하고 와서는 반드시 손과 발을 깨끗이 씻는다. 손발에 묻은 먼지를 깨끗이 씻음으로써 알레르기성 비염, 두통, 재채기 등을 예방할 수 있다.

(2) 외출시 긴팔 옷을 입는다.

황사가 심한 날에는 점퍼 안에 반소매 옷을 입지 않는 것이 좋다. 유해한 황사 먼지가 피부에 자주 닿으면 피부에 트러블이 생길 수 있으므로, 긴 팔 옷을 입어 피부 노출을 피하는 것이 좋다.

(3) 마스크를 착용한다.

황사 바람이 불면 먼지가 코나 입으로 들어가기 쉽다. 민감한 어린이나 어른들은 기관지 천식이나 알레르기성 비염이 생길 수 있으므로, 외출시에는 마스크를 착용해야 한다.

(4) 수분을 보충한다.

실내에선 가습기를 틀어 습도를 올려 주고 물을 자주 마셔 건조한 날씨로 인한 신체의 수분 손실을 보충하며, 외출 후 눈과 코를 씻고 피부엔 보습제를 바르도록 한다.

5 지구 환경 보존을 위한 노력

소단원의 학습 목표

1. 인간 활동에 의한 지구 환경 변화의 영향을 설명할 수 있다.
2. 지구 환경을 보존하기 위한 다양한 노력들을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

전 지구적으로 힘을 합하여 오존홀의 크기를 줄인 사례를 이용하거나, 각종 협정과 조약을 통해 지구 환경 문제를 해결하려는 노력을 소개한다.

내용 해설

[1] 지구 온난화 방지를 위한 노력

• 기후 변화에 관한 정부간 패널(IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change)

국제 연합의 전문 기관인 세계 기상 기구(WMO)와 국제 연합 환경 계획(UNEP)에 의해 1988년 설립된 조직으로, 인간 활동에 대한 기후 변화의 위험을 평가하는 것이 임무이다. IPCC는 연구를 수행하거나 기상 관측을 하는 조직은 아니다. 기후 변화에 관련된 과학적 · 기술적 사실에 대한 평가를 제공하고, 비정기적으로 발표하는 보고서를 통해 인간이 만든 공해 물질에 의해 발생하는 기후 변화와 관련된 과학적 · 기술적 · 사회경제학적 정보를 제공한다. 즉, 기후 변화에 관한 국제 연합 기본 협약(UNFCCC)의 실행에 관한 보고서를 발행하는 것이 주 임무이다. 미국의 앨 고어 전 부통령과 함께 2007년 노벨 평화상 수상자로 선정되었다.

IPCC는 독자적인 연구를 추진하지 않으며 기후 변화를 감시하거나 관련 현상으로 야기되는 문제 자체에 대해서는 발표하지 않는다. IPCC의 주된 활동은 UNFCCC에 관련된 의제의 실행 여부에 대한 주제 보고서를 작성하고 출판하는 데 있다. UNFCCC는 중대한 기후 변화가 일으킬 수 있는 가능성에 대한 인정하는 내용을 담은 국제 협약이며, 그 구체화가 교토 의정서이다.



그림 III- 46 제15회 기후 변화 협약 당사국 총회(2009년 12월, 코펜하겐)

5 지구 환경 보존을 위한 노력

❖ 학습 목표

1. 인간의 활동에 의한 지구 환경 변화의 영향을 설명할 수 있다.
2. 지구 환경을 보존하기 위한 다양한 노력들을 설명할 수 있다.

[1] 지구 온난화 방지를 위한 노력

1979년 과학자들이 지구 온난화를 경고한 뒤 세계 각국은 지구 온난화 방지를 위한 논의를 계속했다. 1987년 제네바에서 열린 제 1 차 세계기상회의에서 정부 간 기후 변화 패널을 결성했으며, 1988년 6월 캐나다 토론토에서 주요 국가의 대표들이 모여 지구 온난화에 대한 국제협약 체결을 공식으로 제의했다.

1990년 제네바에서 열린 제 2 차 세계 기후회의에서 기본적인 협약을 체결하고, 1992년 5월 브라질 리우데자네이루에서 열린 환경회의에서 "기후 변화에 관한 UN 기본 협약"이 채택되었다. 리우에서 열린 환경회의에서 채택되어 "리우 협약"이라고도 한다. 이 협약에서는 차별화된 공동 부담 원칙에 따라 가입 당사국을 부속서 국가와 비부속서 국가로 구분하여 각기 다른 의무를 부담하기로 결정하였으며, 우리나라는 1993년 12월에 47번째로 가입하였다.



기후 변화 협약 체결국은 염화플루오린화탄소(CFC)를 제외한 모든 온실가스의 배출량과 제거량을 조사하여 이를 협상위원회에 보고해야 하며, 기후 변화 방지를 위한 국가 계획도 작성해야 한다. 기후 변화 협약에 가입한 국가를 '당사국'이라고 하며, 이들 국가들이 모여 협약의 이행 방법 등 주요 사안들에 대하여 결정하는 당사국 총회는 매년 한 번씩 열린다.

기후 변화 협약의 목적은 이산화탄소를 비롯한 온실가스의 방출을 제한하여 지구 온난화를 방지하고자 하는 데에 있다. 규제 대상 물질은 이산화탄소 · 메테인 · 염화플루오린화탄소 등이 대표적 예이다. 협약 내용은 기본 원칙, 온실가스 규제 문제, 재정 지원 및 기술 이전 문제, 특수 상황에 처한 국가에 대한 고려로 구성되어 있다.

기후 변화 협약의 기본 원칙은 기후 변화의 예측, 방지를 위한 예방적 조치의 시행과 모든 국가의 지속 가능한 성장의 보장 등을 기본 원칙으로 하고, 선진국은 과거로부터 발전을 이루어오면서 대기 중으로 온실가스를 배출한 역사적 책임이 있으므로 선도적 역할을 수행하도록 하고, 개발 도상국에서는 현재의 개발 상황에 대한 특수 사정을 배려하되 공동의 차별화된 책임과 능력에 입각한 의무를 부담하도록 하였다.

202 | Ⅲ. 위기의 지구

1. 지구 온난화 방지를 위한 노력
   (1) 제1차 세계기상 회의(1987, 제네바) : '정부간 기후 변화 패널(IPCC)' 결성
   (2) 환경 회의(1992, 리우데자네이루) : '기후 변화에 관한 기본 협약(리우협약)' 채택
   (3) 기후 변화 협약의 목적 : 온실 가스의 방출 제한을 통한 지구 온난화 방지
   (4) 기후 변화 협약의 기본 원칙 : 기후 변화의 예측, 방지를 위한 예방적 조치의 시행과 모든 국가의 지속 가능한 성장의 보장 등 → 우리나라는 1993년 47번째로 가입

2 오존층 보존을 위한 협약

오존층 보호의 중요성이 전 세계적으로 인식되어 다양한 국제적 노력이 이루어지고 있다. 오존층을 감소시키는 물질에 관한 몬트리올 의정서는 1987년 승인되었고, 지금까지 5번 수정되었다. 통제 조항들은 4번의 조정을 통해 강화되었다.(1990 런던, 1992 코펜하겐, 1995 비엔나, 1997 몬트리올, 1999 베이징)

몬트리올 의정서는 인간이 만든 오존 감소 물질의 방출을 줄이고, 궁극적으로는 없애는 것을 목적으로 한다. 이에 따라 오존층이나 환경을 파괴시키지 않는 염화플루오린화탄소의 대체품 개발을 위해 연구 중이다. 대체품은 주로 오존층을 파괴하는 염소를 포함하지 않는 것이나, 염소를 포함하고 있어도 성층권에 도달하기 전에 분해되는 것이어야 한다.

지구 환경을 지키려면 전 세계가 협력하여 염화플루오린화탄소는 물론 대체품도 이제까지처럼 무제한으로 대기 중으로 방출하는 일이 없도록 해야 할 것이다. 또 그들을 사용한 후 회수해서 다시 이용할 수 있는 방법을 개발하는 일도 아주 중요하다.

그러나 이와 같은 방법으로는 이미 대기 중에 방출된 대량의 염화플루오린화탄소를 회수하기는 어렵다. 그래서 인공적으로 오존을 공급하여 파괴된 오존층을 복구하기 위한 '오존층 수복 프로젝트'가 제안되어 있다. 그림 Ⅲ-47과 같이 대류권을 나는 비행기로 풍력 발전을 하여, 그 에너지를 성층권에 있는 오존 발생 장치를 실은 비행기나 비행선에 보내 오존을 생성한다. 오존을 생성하는 데는 두 전극에 고압을 거는 방전법(코로나 방전) 등을 생각할 수 있다.



그림 Ⅲ-47 오존층 수복 프로젝트 계획도

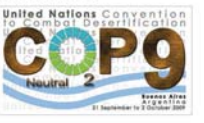
3 사막화 방지를 위한 협약

사막화 방지 협약이란 무리한 개발과 오남용으로 인한 사막화 방지를 위해 체결된 협약으로, 국제적 노력을 통한 사막화 방지와 심각한 가뭄 및 사막화, 토지 황폐화 현상을 겪고 있는 개발 도상국을 재정적, 기술적으로 지원하는 것을 목표로 한다. 공식 명칭은 '심각한 가뭄 또는 사막화를 겪고 있는 아프리카 지역 국가 등 일부 국가들의 사막화 방지를 위한 국제연합 협약'이다.

사막화에 대한 국제적 관심은 지난 1977년 케냐 나이로비에서 열린 유엔 사막화 회의로부터 시작되었다. 나이로비 회의는 사막화를 지구적 현상으로 규정하고 사막화 방지가 인류 생존과 복지 향상을 위한 중요한 과제임을 확인했으며, 사막화를 막기 위한 대책으로 사막화 퇴치 행동 계획을 마련하였다. 그러나 이는 국제사회의 무관심으로 큰 성과를 거두지 못했다.

이후 1992년 브라질 리우데자네이루에서 열린 유엔 환경 개발회의(UNCED)에

제 9 차 사막화 방지 협약 당사국 총회 엠블럼(2009년 9월)



2. 오존층 보존을 위한 협약
(1) 몬트리올 의정서(1987) : 오존층을 감소시키는 물질에 관한 내용
(2) 오존층 수복 프로젝트 : 대류권에서의 풍력 발전으로 만든 에너지를 성층권에 오존 발생 장치를 실은 비행기에 보내 오존 생성

3. 사막화 방지를 위한 협약
(1) 사막화 방지를 위한 협약 : 무리한 개발과 오남용으로 인한 사막화 방지를 위해
(2) 협약의 목표 : 국제적 노력을 통한 사막화 방지와 가뭄 및 사막화, 토지 황폐화 현상을 겪고 있는 개발도상국을 재정적, 기술적으로 지원

Ⅰ 오존층 보존을 위한 협약

• 오존층 보존

오존층의 파괴 문제는 1974년 롤런드 박사가 제기한 이후 비교적 짧은 시간 내에 전 세계적인 규제 체제를 수립하게 된 국제 환경 보호에 있어서 중요한 이정표를 세운 분야이다. 여기에서 큰 역할을 한 것은 유엔 환경계획(United Nations Environment Program : UNEP)이다.

1985년 비엔나에서 오존층의 보호를 위한 회의가 개최되었는데, 마지막 날에 오존층 보호를 위한 비엔나 협약이 채택되었다. 그러나 비엔나 협약은 선언적으로서 골격적 협약에 그쳤으며, 구속력 있는 실제적인 규제 내용을 담지는 못하였다. 비엔나 협약이 남긴 문제를 다루기 위한 회의가 1987년 몬트리올에서 개최되어 오존층을 파괴시키는 물질에 대한 몬트리올 의정서가 채택되었다. 몬트리올 의정서는 필요한 비준을 획득하여 1989년 1월부터 발효되었다. 그 주요 내용은

① 오존층 파괴 물질의 단계적 감축
② 비가입국에 대한 통상 제재
③ 최소 4년마다 규제 수단의 재평가 등이다.

오존층을 보호하기 위하여 앞으로 해야 할 일들이 여러 가지 있다. 먼저, 우리 생활에 깊이 자리를 잡고 있는 프레온에 대한 인식을 새로이 해야 한다. 다행히 오존층의 보호는 전 세계적으로 인식되어 예방책을 세워 나가야 한다고 합의하게 되었다. 1990년 개정된 몬트리올 의정서는 프레온 가스의 생산을 단계적으로 감소시켜 나간다는 것이다. 1년 이내에 1986년 수준으로 생산량을 동결하고, 1993년에는 1986년의 20% 수준으로, 1997년에는 50% 수준으로 감축하며, 2000년까지 오존층 파괴 물질을 폐기하기로 합의하였다. 이에 따라 오존층이나 환경을 손상시키지 않는 프레온 가스의 대체품 개발을 위해 활발히 연구 중이다. 대체품은 주로 오존층을 파괴하는 염소를 포함하지 않는 것이나, 염소를 포함하고 있어도 성층권에 도달하기 전에 분해되는 것이어야 한다.

3 사막화 방지를 위한 협약

• 사막화 방지 협약

1977년 케냐 나이로비에서 열린 유엔 사막화 대책 협의회(UNCOD)는 사막화를 막기 위한 대책으로 사막화 퇴치 행동 계획(PACD)을 마련했다. 그러나 이는 국제 사회의 무관심으로 큰 성과를 거두지 못했다. 결국 1992년 브라질 리우데자네이루에서 열린 유엔환경개발회의에서 아프리카 국가들의 발제에 따라 국제 공동체적 차원에서 사막화를 퇴치할 통합적인 접근 방법의 필요성에 대한 합의가 이뤄졌다.

이후 수차례 협상을 거쳐 1994년 프랑스 파리에서 사막화 방지협약(UNCCD)이 채택됐다. 사막화 방지협약은 가입국들에게 일관성 있는 사막화 방지 전략을 세울 것을 촉구하고, 이를 빈곤 퇴치 전략과 통합시킬 것을 주문하고 있다. 특히 비정부 기구와 여성 및 청소년의 경각심을 일깨워 이들의 참여를 촉진할 것을 강조한다. 한국은 1999년 156번째로 가입했다.

4 황사 방지를 위한 노력

• 유엔 인간 환경 회의(The United Nations Conference on the Human Environment)

"하나뿐인 지구"를 보호하기 위한 유엔 인간 환경 회의가 1972년 6월 5일부터 12일까지 스웨덴의 스톡홀름에서 전세계 113개국 대표가 참석한 가운데 개최되었다. 이 회의는 환경문제를 토의하기 위한 인류 역사상 최초의 정치적 수준의 회의였다는 점에서 큰 의의가 있으며, 이미 환경 오염이 심각한 수준에 이르렀던 선진국뿐만 아니라 개발 도상국의 정부 및 국민들의 환경에 대한 인식을 높이는 데도 크게 기여하였다. 유엔 인간 환경 회의의 결과는 크게 다음 즉, 유엔 인간 환경 선언, 인간 환경을 위한 행동 계획 채택 및 '유엔 환경 계획'(UNEP)의 창설 권고 등이다.

유엔 인간 환경 선언(Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment)은 전세계 인류에게 인간 환경의 보전과 향상에 대한 공동 인식과 일반 원칙을 천명하였으며, 전문 7개조, 원칙 26개조로 구성되어 있다. 인간 환경 보전을 위한 행동 계획에는 유엔 인간 환경 회의 개최일인 6월 5일을 "환경의 날"로 지정, 환경에 대한 공공 인식을 증진토록 권고하였으며, 이에 따라 1972년 제27차 UN 총회는 매년 6월 5일을 "세계 환경의 날"로 지정 공고하였다. 현재 주요 국가에서는 이 날을 전후로 하여 환경 보전에 대한 인식의 제고를 도모하기 위한 각종 세미나, 전시회 등의 행사와 함께 전국적인 환경 보전 캠페인 등을 전개하고 있다.

스톡홀름의 유엔 인간 환경 회의 결정에 따라 1973년 UN 산하에 결성된 유엔 환경 계획(UNEP)는 환경 문제를 전담하는 국제 기구로서, 세계의 모든 국가를 회원국으로 하고 있으며, 케냐의 나이로비에 본부를 두고 있다. 이 기구는 UN 기구 내의 모든 환경 관련 사항은 물론 기타 국제적인 제반 환경문제에 대한 통합 조정 및 촉매 역할을 담당하고 있다.



서 아프리카 국가들의 발제에 따라 국제 공동체적 차원에서 사막화를 퇴치할 통합적인 접근 방법의 필요성에 대한 합의가 이루어졌다. 그 결과로 1994년 프랑스 파리에서 사막화 방지 협약(UNCCD)이 체결되었으며, 1996년 12월 발효되었다. 2001년을 기준으로 174개국이 비준한 상태이며, 우리나라는 1999년 8월에 156번째로 비준하였다.

사막화 방지 협약은 국제적 노력을 통한 사막화 방지와 심각한 가뭄 및 사막화, 토지 황폐화 현상을 겪고 있는 개발 도상국(특히 아프리카 국가)을 재정적, 기술적으로 지원하는 것을 목표로 하며, 가입국들에게 일관성 있는 사막화 방지 전략을 세울 것을 촉구하고, 이를 빈곤 퇴치 전략과 통합시킬 것을 주문하고 있다.

4 황사 방지를 위한 노력

2001년 3월 열린 한 · 중 환경 공동위원회에서 채택된 황사 관련 한 · 중 공동 연구사업은 황사 관련 자료(먼지 농도, 성분 분석 등) 교환, 황사 기간 중 집중 관측 및 분석, 연구 결과 세미나 개최, 황사 영향 최소화 방안 연구 등을 그 목적으로 하고 있다.

한국 · 중국 · 일본 3국이 공동으로 추진하고 있는 장거리 이동 대기 오염 물질 공동 조사 사업은 1999년부터 2004년까지 장거리 이동 대기 오염 물질(SO_2, O_3, NO_x, 먼지 등)의 배출량 및 이동 현황을 공동 조사하였으며, 3국의 SO_2와 NO_x의 1998년도 배출량을 산출하고 기상 자료를 수집하였으며, 모델링 방법에 대해 합의하였다. 현재는 산출된 배출량 및 기상 자료를 토대(황사 발생 기간 포함)로 대기 오염 모델링을 실시, 실측값과 비교하는 작업을 진행하고 있다. 또한 황사를 근원적으로 줄이기 위해 노력으로 한국 · 중국 · 일본은 2000년 2월 베이징에서 열린 환경 장관회의를 통한 중국 서부 '생태 환경 복원 사업' 추진에 합의하였다. 중국이 서부 생태 환경 복원을 위하여 제안한 사업 계획을 토대로 3국 간 역할 분담 등 구체적인 협력 방안을 협의하였으며, 시범 지역(내몽고 인산 지역) 선정, 생태 환경 원격 모니터링, 능력 형성 및 교육, 황사 저감 시범 사업 등을 추진하였다.

한 걸음 더

우리나라가 가입한 환경 관련 협약

- 1971 람사 협약(습지 보호)
- 1972 런던 협약(해양 투기 방지)
- 1989 바젤 협약(국가 간 폐기물 이동)
- 1992 생물다양성 협약(생물종 보호)
- 1992 기후변화 협약(지구 온난화 방지)
- 1996 사막화 방지 협약
- 1997 교토 의정서
- 1998 사전통보 · 승인에 관한 로테르담 협약(PIC)
- 2000 바이오안전성 의정서
- 2001 잔류성유기물질(POPs) 협약

204 | Ⅲ. 위기의 지구

02 기후 변화

중단원 마무리

되짚어 보기

- 지질 시대의 기후는 빙하 퇴적물, 화석, 나무의 나이테, 식물의 꽃가루 등을 연구하여 추정할 수 있다.
- 기후 변화의 지구 내적 원인으로는 수륙 분포의 변화, 지표면 상태의 변화, 대기 투과율의 변화 등이 있다.
- 기후 변화의 지구 외적 원인으로는 세차 운동, 지구 자전축 기울기의 변화, 지구 공전 궤도 이심율의 변화 등이 있다.
- 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양과 지구가 우주로 방출하는 복사 에너지의 양은 같다.
- 최근 지구 환경의 변화로 엘니뇨, 해수면 상승, 오존 홀 등의 현상이 일어나고 있으며, 이를 해결하기 위한 다양한 노력들이 진행되고 있다.

| 주 요 용 어 |

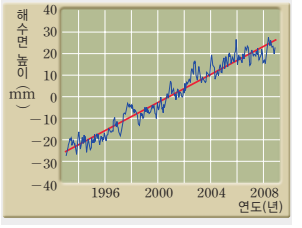
고기후(176쪽)
대기 투과율(180쪽)
세차 운동(181쪽)
궤도 이심률(182쪽)
밀란코비치 주기(183쪽)
복사 평형(184쪽)
지구의 온난화(189쪽)
엘니뇨 현상(192쪽)
오존층 파괴(195쪽)
황사(200쪽)

확인하기

1 다음 용어를 간단히 설명하시오.

- 밀란코비치 주기
- 지구 온난화
- 엘니뇨
- 오존 홀
- 사막화
- 황사

2 오른쪽 그림은 최근 약 15년 동안의 평균 해수면의 변화를 나타낸 것이다. 이와 대한 해석으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 모두 고르시오.



보기

ㄱ. 육지의 면적은 점점 감소하였을 것이다.
ㄴ. 지구의 반사율은 점차 감소하였을 것이다.
ㄷ. 고위도 지역의 빙하 면적은 증가하였을 것이다.

중단원 마무리

주요 용어

- **고기후**: 과거의 기후를 말한다.
- **대기 투과율**: 태양 고도가 90°일 때의 직달 일사량과 대기권 밖에서의 일사량의 비를 말한다.
- **세차 운동**: 비틀거리며 회전하는 팽이와 같이 연직축에 대하여 약간 기울어져 회전하는 운동을 말한다.
- **궤도 이심률**: 궤도 이심률은 행성의 공전 궤도가 얼마나 찌그러져 있는지 그 정도를 나타낸다.
- **밀란코비치 주기**: 지구 자전축의 주기적인 변화(세차 운동, 자전축의 기울어짐, 공전 궤도 이심률의 변화, 태양 복사 에너지의 변화 등)가 복합적으로 지구의 기후 변화에 영향을 주는 주기를 말한다.
- **복사 평형**: 어떤 물체가 다른 물체로부터 흡수한 복사 에너지의 양과 방출한 복사 에너지의 양이 평형을 이루는 상태를 말한다.
- **지구 온난화**: 지구의 온도가 상승하는 현상으로, 온실 가스에 의한 온실 효과가 그 원인으로 지적된다.
- **엘니뇨 현상**: 엘니뇨와 라니냐는 열대 중부 지방의 태평양 해수면 온도가 평소에 비해 0.5℃ 이상의 차이가 나는 상태로 5개월 이내의 기간 동안 지속되는 현상을 말한다.
- **오존층 파괴**: 지상으로부터 15~30 km 높이의 성층권에 있는 오존층의 오존이 파괴되어 그 밀도가 낮아지는 현상을 말한다.

확인하기

1.
- 밀란코비치 주기 : 지구를 비추는 태양 복사 에너지량에 영향을 주는 요인들인 지구 궤도에서의 변화 주기를 말하며, 약 10만 년이다.
- 지구 온난화 : 지표 부근의 대기와 바다의 평균 온도가 장기적으로 상승하는 현상이다.
- 엘니뇨 : 태평양 적도 부근을 따라 남아메리카 해안으로부터 태평양 중앙부에 이르는 넓은 범위에서 해수면 온도가 높아져 1년 정도 지속되는 현상이다.
- 오존 홀 : 남극 성층권의 오존이 급감하면서 구멍이 뚫린 것처럼 낮은 농도의 장소가 생기는 곳이다.
- 사막화 : 기상 변화로 인하여 수목이 말라 죽고 건조한 나대지가 출현하는 현상을 말한다.
- 황사 : 주로 봄철에 중국이나 몽골의 사막에 있는 모래와 먼지가 편서풍을 타고 멀리 날아가는 현상을 말한다.

2. ㄱ, ㄴ

ㄱ. 대륙의 빙하가 해양으로 유입되어 해수의 양이 증가하며, 지구 온난화의 영향으로 해수의 열팽창이 일어나 해수면이 상승하면 저지대가 침수되는 등 육지 면적이 감소한다.

ㄴ. 빙하가 녹아 토양이 드러나므로 지표의 반사율이 감소한다.

단원평가

1. (1) 여름철 기온은 높아진다.
(2) 기온의 연교차는 커진다.

해설 11,500년 후에는 현재와 비교하여 자전축의 경사 방향이 반대로 바뀌므로 계절이 바뀐다. 자전축 경사 방향이 바뀌면 천구의 북극에 위치한 별이 달라진다. 이에 따라 북반구는 근일점에서 여름이, 원일점에서 겨울이 되어 기온의 연교차가 현재보다 커지게 된다.

2. ㄱ, ㄴ, ㄹ

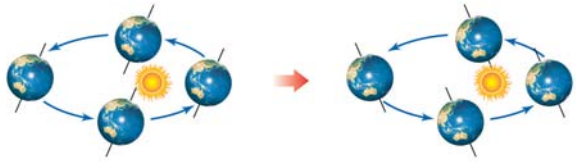
해설 ㄱ. 대기 대순환에서 적도 지역은 적도 수렴대가 형성되므로 증발량보다 강수량이 많다. 반면에 위도 30° 지역은 중위도 고압대가 형성되므로 증발량이 강수량보다 많다. 따라서 사막은 건조 기후가 나타나는 중위도 지역에 많이 분포한다.
ㄴ. 남북 아메리카 대륙에서 사막은 난류가 흐르는 동부보다 한류가 흐르는 서부에 넓게 분포한다.
ㄷ. 사막화 현상이 가장 심하게 일어나는 곳은 위도 30° 지방에 위치한다.
ㄹ. 지구 온난화가 진행될수록 강수량이 지역적으로 편중되므로 사막화 현상이 가속화될 것이다.

3. ① ㄱ ② ㄷ, ㅁ

해설 ① 대규모의 화산 폭발로 인해 대기 중으로 날려 올라간 먼지는 태양빛을 반사하여 지구의 반사율을 높이는 요인이 된다.
② 지구의 반사율이 증가하면 지구로 입사되는 태양 복사 에너지양이 감소하고, 그에 따라 지구의 각 권에서 흡수하는 태양 복사 에너지양도 감소하게 된다. 지구에 입사하는 태양 복사 에너지양이 감소하면 지구의 기온은 내려가고, 대륙 빙하의 면적이 증가하게 된다.

단원 평가

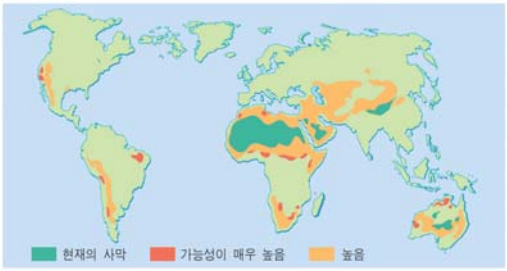
1 다음 그림은 현재와 11,500년 후의 지구 자전축 경사 방향을 비교하여 나타낸 것이다. 현재와 비교할 때 11,500년 후에 나타날 것으로 예상되는 변화에 대한 물음에 답하시오.



현재 11,500년 후

(1) 현재에 비하여 우리나라의 여름철 기온은 어떻게 변하겠는가?
(2) 현재에 비하여 우리나라에서 기온의 연교차는 어떻게 변하겠는가?

2 다음 그림은 전 세계에 분포하는 사막 및 사막화 현상이 진행되는 지역을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고르시오.

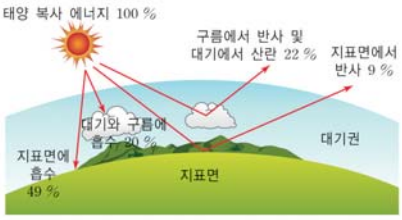
〈보기〉
ㄱ. 사막은 적도 지역보다 중위도 지역에 많이 분포한다.
ㄴ. 남·북아메리카 대륙의 서부에는 동부보다 사막이 넓게 분포한다.
ㄷ. 사막화 현상이 가장 심하게 일어나는 곳은 적도 지방에 위치한다.
ㄹ. 지구 온난화가 진행될수록 사막화 현상은 강화될 것이다.

206 | Ⅲ. 위기의 지구

4. ㄱ, ㄷ

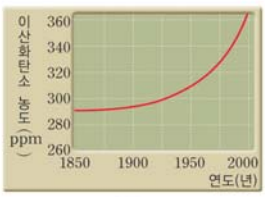
해설 최근 30년 동안 이산화탄소의 농도는 증가하는 추세이다. 이러한 추세를 그대로 유지한다면 온실 효과는 더욱 크게 일어날 것이다.
ㄱ. 온실 효과로 인해 지구 온난화가 가속되고, 그로 인해 빙하가 녹아서 해수면이 상승이 일어나 육지 면적은 감소하게 된다.
ㄴ. 극지방의 빙하 면적이 감소하여 극지방의 지표 반사율은 감소한다.
ㄷ. 지구 온난화로 인한 증발량의 증가는 대기 중 수증기량의 증가로 이어지고, 수증기량의 증가는 온실 효과의 가속으로 이어진다.
ㄹ. 해수의 온도가 상승하면 이산화탄소의 용해도가 감소하여 해수 중의 이산화탄소 농도는 감소한다.

3 오른쪽 그림은 지구의 반사율이 29 %인 경우의 태양 복사 에너지 전달을 모식적으로 나타낸 것이다. 만약 지구의 반사율이 50 %로 증가할 경우, ① 반사율을 증가시키는 요인과 ② 예측할 수 있는 현상을 〈보기〉에서 고르시오.

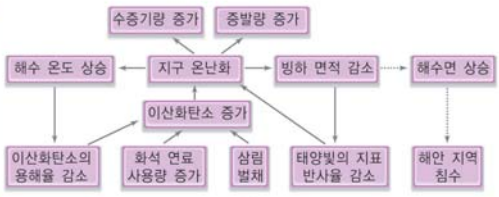


보기
ㄱ. 대규모 화산 폭발
ㄴ. 화석 연료 사용의 급증
ㄷ. 대륙 빙하 면적의 확대
ㄹ. 지구의 연평균 기온 상승
ㅁ. 대기의 태양 복사 에너지 흡수량의 감소
ㅂ. 지표의 태양 복사 에너지 흡수량의 증가

4 다음 그림 (가)는 대기 중 이산화탄소(CO_2)의 농도 변화를, 그림 (나)는 지구 온난화와 관련된 현상들의 순환 경로를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이산화탄소의 변화율이 최근 30년 동안의 평균치를 계속 유지한다고 할 때 일어날 수 있는 현상을 〈보기〉에서 모두 고르시오.

보기
ㄱ. 육지 면적이 감소한다.
ㄴ. 극지방의 반사율이 증가한다.
ㄷ. 수증기에 의한 온실 효과가 증가한다.
ㄹ. 해수 중의 이산화탄소 농도가 증가한다.

추가 문제

5. 표 (가)는 연도별 온실 기체의 농도 변화를, 표 (나)는 단위 농도당 온실 효과에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

온실 기체	1850년	1950년	1990년
이산화탄소	290	320	340
메테인	0.9	1.2	1.4
프레온 가스	–	–	0.0002
일산화이질소	0.29	0.30	0.31

(가) 온실 기체의 농도 변화(단위 : ppm)

온실 기체	단위 농도당 온실 효과에 미치는 영향
이산화탄소	1
메테인	21
프레온 가스	6000
일산화이질소	310

(나) 단위 농도당 온실 효과에 미치는 영향

자료에 대한 옳은 설명만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

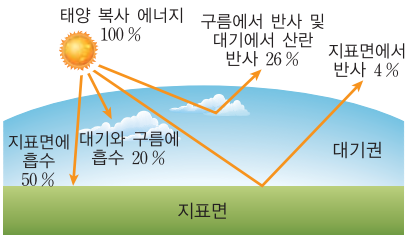
보기
ㄱ. 온실 기체는 매년 꾸준히 증가하였다.
ㄴ. 증가량이 가장 큰 온실 기체는 메테인이다.
ㄷ. 지구의 기온 상승에 가장 큰 영향을 주는 온실 기체는 이산화탄소이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 표에 나와 있는 기간 동안의 각 온실 기체의 양은 꾸준히 증가하였다.
ㄷ. 각 온실 기체가 온실 효과를 일으키는 양은 농도와 단위 농도당 온실 효과에 미치는 영향을 곱한 값으로 알 수 있다. 이산화탄소는 단위 농도당 온실 효과에 미치는 영향은 작지만 양이 많아 전체적으로 온실 효과에 가장 큰 영향을 미친다. 정답 ④

오답 ㄴ. 온실 기체 중 증가량이 가장 큰 것은 이산화탄소이다.

6. 그림은 지구의 반사율이 30%인 경우의 태양 복사 에너지 전달을 모식적으로 나타낸 것이다. 만약 지구의 반사율이 50%로 증가할 경우, A 반사율을 증가시키는 요인과 B 예측할 수 있는 현상을 〈보기〉에서 골라 바르게 짝지은 것은?



보기
ㄱ. 대규모 화산 폭발
ㄴ. 화석 연료 사용의 급증
ㄷ. 대륙 빙하 면적의 확대
ㄹ. 지구의 연평균 기온 상승
ㅁ. 대기의 태양 복사 에너지 흡수량 감소
ㅂ. 지표의 태양 복사 에너지 흡수량의 증가

	A	B		A	B
①	ㄱ	ㄷ, ㅂ	②	ㄴ	ㄹ, ㅁ
③	ㄱ	ㄷ, ㅁ	④	ㄴ	ㄹ, ㅂ
⑤	ㄱ	ㄷ, ㄹ			

해설 ㄱ. 대규모의 화산 폭발로 인해 대기 중으로 올라간 먼지는 태양빛을 반사하여 지구의 반사율을 높인다.
ㄴ. 화석 연료의 사용량이 증가하면 온실 기체의 방출이 증가하고 그에 따라 온실 효과가 증가하게 된다.
ㄷ. 지구에 입사하는 태양 복사 에너지양이 감소하면 지구의 기온은 내려가고, 대륙 빙하의 면적이 증가하게 된다.
ㄹ. 지구의 반사율이 증가하면 태양 복사 에너지의 양이 감소하여 연평균 기온은 하강한다.
ㅁ, ㅂ. 지구의 반사율이 증가하면 지구로 입사되는 태양 복사 에너지양이 감소하고, 그에 따라 지구의 각 권에서 흡수하는 태양 복사 에너지양도 감소하게 된다. 정답 ⑤

창의력평가

1. (1) 공장이나 발전소는 황이 많이 포함된 화석이나 중유를 사용하기 때문에 이산화황이 많이 발생한다. 그러므로 빗물의 황산 이온 농도가 다른 지역보다 높게 나타난다.
(2) 대도시 지역은 차량에 의한 대기 오염 물질이 많이 배출된다. 즉 고온의 엔진에서 발생하는 질소 산화물과 불완전 연소에 의해 발생하는 일산화탄소의 배출이 많다. 빛에 의해 질소 산화물이 오존을 만들거나 일산화탄소가 안개와 결합하여 스모그를 만들게 된다.

2. 수륙 분포 형태를 볼 때, 현재보다 북반구에 육지가 더 많이 분포하게 된다. 따라서 열적도는 현재보다 더 북쪽으로 올라오게 되고, 그에 따라 북반구에서의 기온의 연교차는 더욱 증가하게 될 것이다.

3. 지구 전체적으로 증발량과 강수량이 증가하지만 증발량과 강수량이 지역적으로 편중되어 사막이 지역이 확대됨과 동시에 홍수에 의한 피해를 입는 지역도 많아진다.

4. 적도 무역풍이 평년보다 더욱 강해져 서태평양의 해수면과 수온이 평년보다 높아지고, 동태평양에서는 용승이 강하게 일어나 수온이 평년보다 낮아지는 현상이 라니냐이다. 라니냐가 발생하면 태평양의 서쪽에 위치한 인도네시아와 필리핀 등 동남 아시아와 오스트레일리아에서는 고온의 해수로 인해 상승 기류가 강해져 홍수 등의 피해가 일어난다. 반면에 태평양의 동쪽에 위치한 멕시코 북부와 북아메리카 남부, 남아메리카 중부 등에서는 저온의 해수로 인해 하강 기류가 강해져 강수량의 감소로 인한 가뭄 피해 등이 발생한다.

단원의 마무리

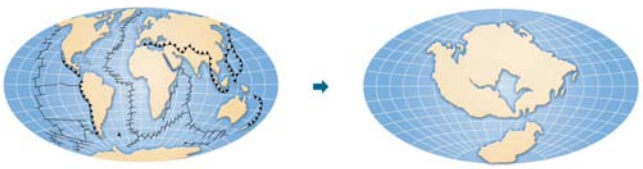
창의력 평가

1 다음 그림은 배출원에 따른 오염 물질의 연간 배출량을 나타낸 것이다.



(1) 공장이나 발전소는 대도시 지역과 비교해서 빗물의 황산 이온 농도가 높을 것이다. 그 이유는 무엇인가?
(2) 대도시 지역이 공장이나 발전소보다 스모그가 발생하기 쉬운 이유는 무엇인가?

2 기후를 변화시키는 요인 중에는 수륙 분포가 있다. 다른 요인은 변하지 않고 수륙의 분포만 2.5억 년 후에 다음 그림과 같이 변한다고 할 때, 지구의 평균 기온은 어떻게 변할까?



3 지구 온난화가 진행됨에 따라서 사막의 면적이 넓어지는 사막화 현상이 진행되는 까닭은 무엇인가?

4 엘니뇨가 발생하는 경우와 반대로 무역풍이 강해져 라니냐가 발생한다고 했을 때, 태평양의 동쪽과 서쪽에서는 각각 어떠한 현상이 나타날까?

208 | Ⅲ. 위기의 지구

추가 문제

5. 다음은 프레온 가스에 대한 설명이다.

> 메테인, 에테인과 같은 가장 기본적인 탄화수소 화합물에서 수소 부분을 플루오린(불소)이나 다른 할로겐 원소로 치환한 물질이다. 냉장고, 에어컨 등의 냉매로 사용되며 이외에도 용제나 발포제, 스프레이나 소화기의 분무제 등으로 사용된다.
> 미국 과학자 미드글리(T. Midgley)가 제네럴일렉트릭(GE)사에서 의뢰를 받아, 가정용 냉장고에 사용하고 있던 암모니아를 대체하기 위해 1930년에 염화플루오린화탄소(CFC)를 처음 개발하였다. GE는 화학약품 회사인 뒤퐁사와 공동으로 생산을 시작하였고 상표명을 프레온으로 하였다. 상온에서 기체 상태로 존재하며 클로로폼(), 사염화탄소(), 육염화에테인() 등을 원료로 하여 플루오린화수소(HF)와 촉매 반응을 거쳐 제조한다. 이렇게 해서 만들어지는 대표적인 프레온에는 CFC-11(CCl_3F), CFC-12(CCl_2F_2)와 CFC-115(C_2F_5Cl) 등이 있다. 화학적으로 안정한 성질 때문에 냉장고, 에어컨 등

과학 글쓰기

다음은 2010년 2월 16일자 신문에 실린 '지구 온난화 음모'에 대한 기사이다.

"지구 온난화는 선진국의 음모다?"

지구 온난화의 이론적 근거가 된 유엔 정부 간 기후 변화 위원회(IPCC) 보고서에 심각한 오류가 있다는 지적이 나오고, 위원회도 오류를 시인하는 단계에 이르렀다. 이에 따라 "지구 온난화는 사기다."라는 주장이 대두되고 있다.

미국인이 가장 신뢰하는 뉴스 채널로 알려진 '폭스 뉴스'는 15일 "적잖은 과학자들이 '그동안 IPCC의 예측에 기초 자료를 제공해 온 전 세계 기상 관측소의 측정에 문제가 있다.' 면서 온도 상승이 그렇게 빨리 일어나지 않고 있다고 주장했다."고 보도했다. '폭스 뉴스'에 따르면 한때 IPCC에도 참여한 존 크리스티 교수(앨라배마 대학)는 최근 "지난 150년간 전 세계 수천 곳의 기상 관측소가 제공한 기온 측정 자료는 신빙성이 부족하다."며 "상당수 지역은 도시 개발 등 지역적 특수 상황 때문에 온도가 상승한 것일 뿐 지구 온난화와는 관계가 없다."고 주장했다. 또 미국의 기상학자 앤터니 와츠는 "기온 관측이 방열 장비들로 인해 왜곡되고 있다."며 "일부 관측소는 냉방 시설이나 폐기물 처리 시설 부근에 위치하고 있다."고 전했다.

이렇듯 IPCC의 '지구 온난화 보고서'가 과학적 반론에 부딪치면서 '온난화 음모론'은 더욱 힘을 얻고 있다. 온실가스의 75 %를 배출한 선진국들이 화석 연료를 통해 고속 성장한 뒤 다른 나라의 발전을 견제하기 위해 이산화탄소 농도 등을 들먹이고 있다는 게 음모론의 핵심이다.

'음모론'을 주장하는 사람들은 "지난 2000년 동안 지구가 가장 더웠던 시기는 로마 제국과 중세였는데, 당시 이산화탄소 농도는 지금보다 훨씬 낮았다."며 "지난 수십만 년에 걸쳐서 이산화탄소 농도는 기온이 오른 뒤에 높아졌지, 기온이 오르기 전에 높아졌던 적은 없다."고 주장했다. 이들은 빙하 코어와 동굴 석순, 고대 수목의 나이테 등을 과학적으로 분석한 결과 "지구 온난화는 전 지구적으로 나타나는 것으로 100만 년 전부터 약 1500년 주기로 나타나는 자연적인 기후 변동 현상"이라며 "기후 변동은 태양의 복사량에 따른 것"이라고 밝히고 있다.

[OO신문, 2010-02-16]

1 인간 활동으로 인해 지구 온난화가 일어나는 과정을 간략하게 정리해 보자.

2 '지구 온난화 음모론'에 대한 견해를 '찬성'과 '반대' 중 하나로 정하고, 그에 대하여 자신의 의견을 글로 써보자.

과학 글쓰기

1. – 지구 온난화의 정의를 간략하게 정리한다.
   – 지구 온난화를 일으키는 것이 온실 기체임을 설명하고, 이 중 이산화탄소가 가장 큰 역할을 하고 있음을 설명한다.
   – 인간의 활동 중 직·간접적으로 대기 중 이산화탄소 농도를 증가시키는 활동을 설명한다.
2. – 찬성의 경우 : 현재의 지구 평균 기온 변화가 인간의 활동에 의한 것이 아니라, 지질 시대 동안 일어나는 자연적인 현상임을 부각시킨다. 근거로 중생대의 기온이 현재보다 매우 높았음을 제시할 수 있고, 이산화탄소 농도 변화와 지구의 평균 기온 변화가 완벽하게 일치하지 않는다는 사실 등을 제시할 수 있다.
   – 반대의 경우 : 최근의 기온 상승률이 산업 혁명 이전의 평균적인 기온 상승률에 비해 매우 크다는 사실, 최근으로 올수록 기온 상승 정도 심하다는 사실 등을 근거로 제시하여 논지를 펼쳐나갈 수 있다.

의 냉매로 이용되었으며, 이외에도 용제나 발포제, 스프레이나 소화기의 분무제 등으로 사용되었다.

프레온은 그 안정한 성질 때문에 공기 중에 나온 후에 분해되지 않는다. 결국 기류 등에 의해 성층권까지 올라간 프레온은 자외선에 의해 분해되어 염소 원자를 내놓는다. 염소는 원자 상태에서 강력한 산화 능력을 가지고 있기 때문에 성층권에 있는 오존과 반응하여 오존을 산소로 되돌리게 한다. 이러한 반응이 연속적으로 나타나기 때문에 결국 성층권에 있는 오존층이 파괴되는 결과를 낳게 된다. 프레온이 오존층을 파괴한다는 사실이 밝혀진 후 1985년의 빈 조약과 1987년의 몬트리올 의정서에 의해 프레온은 제조와 수입이 모두 금지된다. 이후 프레온을 대신하기 위해 오존층을 잘 파괴하지 않는 수소염화플루오린화탄소(HCFC)나 수소플루오린화탄소(HFC)를 개발해서 사용하게 된다.

프레온 가스를 대체할 물질을 개발할 때에 고려해야 할 조건으로는 어떤 것들이 있을까?

[예시 정답]

1. 화학적으로 안정한 물질이어야 한다. 화학적으로 안정해야, 자신의 성질을 계속 유지할 수 있다.
2. 불연성이어야 한다. 프레온 가스는 주로 냉각제로 사용이 되므로, 고압으로 압축이 되었다가 저압으로 팽창되는 과정을 수없이 거치게 된다. 가연성인 대체 물질을 사용하는 중 이런 과정에서 가스가 누출되면 화재가 일어날 수 있다.
3. 독성이 없는 물질이어야 한다.
4. 쉽게 액화되어야 한다.
5. 오존층을 파괴하지 않아야 한다.

지필 평가

01 생물 농축을 일으키는 물질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 체내에서 잘 분해되지 않는다.
② 일정 농도 이상이 되면 중독증을 일으킨다.
③ 주로 중금속이나 농약 등이 생물 농축을 일으킨다.
④ 먹이와 함께 체내로 유입되면 체외로 쉽게 배설된다.
⑤ 상위 영양 단계의 생물일수록 더 많은 양이 축적된다.

정답 ④ 해설 생물 농축을 일으키는 물질이 생물체 내에 유입되면 분해되거나 배설되지 않고 지방 조직 등에 쌓여 먹이 연쇄를 통해 생물 농축된다.

02 대기 오염의 발생 원인 중 연료의 연소에 의한 것이 아닌 것은?

① 이산화탄소 ② 일산화탄소
③ 질소 산화물 ④ 황산화물
⑤ 프레온 가스

정답 ⑤ 해설 프레온 가스는 에어컨이나 냉장고의 냉매로 쓰이는 기체이다.

03 오존의 특성 및 피해에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은?

보기
ㄱ. 오존은 대기 중의 질소 산화물이 광화학 반응을 일으켜 생성된다.
ㄴ. 대기 중의 오존은 극소량이라도 인체에 치명적인 영향을 준다.
ㄷ. 대기 중의 오존 농도가 일정 기준 이상이 되면 경보를 발령한다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ③ 해설 오존은 강력한 산화력이 있어 적당량이 존재할 때는 살균, 탈취 등의 작용으로 인간에게 이롭다.

04 수질 오염을 일으키는 가장 큰 오염원은?

① 산업 폐수 ② 축산 폐수
③ 농약 ④ 생활 하수
⑤ 비료

정답 ④ 해설 생활 하수는 다량의 유기물이 들어 있어 수질 오염을 일으키는 주된 요인이다.

05 일반적으로 수질 오염을 측정할 때는 생화학적 산소 요구량을 이용한다. 다음 중 생화학적 산소 요구량을 좌우하는 가장 중요한 요소는?

① 수중의 유기물량 ② 수중의 중금속 농도
③ 물의 온도 ④ 물의 투명도
⑤ 수중의 광물질량

정답 ① 해설 생화학적 산소 요구량은 미생물이 물속의 유기물을 분해하는 데 필요한 산소의 양이다.

06 고기후를 알아내는 방법으로 거리가 가장 먼 것은?

① 운석 연구
② 시상 화석 연구
③ 나무의 나이테 연구
④ 극지방의 빙하 시추 연구
⑤ 퇴적물 속의 꽃가루 연구

정답 ① 해설 운석 연구를 통해서는 지구의 진화 과정이나 지구 내부의 물질이나 상태를 추정할 수 있다.

07 기후 변화 원인 중 지구 외적인 요인만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 수륙 분포의 변화 ㄴ. 지구의 세차 운동
ㄷ. 대기 투과율의 변화 ㄹ. 지표면 상태의 변화
ㅁ. 지구 자전축의 기울기 변화
ㅂ. 지구 공전 궤도 이심률의 변화

① ㄱ, ㄹ, ㅁ ② ㄱ, ㄷ, ㄹ ③ ㄴ, ㄷ, ㅁ
④ ㄴ, ㅁ, ㅂ ⑤ ㄷ, ㄹ, ㅂ

정답 ④ 해설 ㄱ. 수륙 분포의 변화, ㄷ. 대기 투과율의 변화, ㄹ. 지표면 상태의 변화는 지구 내적인 요인에 해당한다.

08 다음 중 지구 온난화의 영향으로 인한 현상으로 보기 어려운 것은?

① 사막화 현상 ② 해수면의 상승
③ 오존층의 파괴 ④ 기상 재해의 증가
⑤ 대륙 빙하의 면적 감소

정답 ③ 해설 오존층의 파괴는 오존층 파괴 물질인 염화플루오린화탄소의 사용으로 인한 것이다.

09 다음 중 엘니뇨 현상에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 3~7년에 한 번씩 불규칙하게 발생한다.
② 기권과 수권의 상호 작용으로 일어난다.
③ 무역풍이 약해질 때 일어난다.
④ 적도 동태평양의 해수면 온도는 상승한다.
⑤ 동남 아시아 지역에서는 홍수 피해가 나타난다.

정답 ⑤ 해설 엘니뇨 현상이 발생하면 동태평양에서는 상승 기류로 인한 강수량 증가가 일어나 홍수 등의 피해를 입히고, 서태평양에서는 하강 기류로 인한 가뭄 피해가 발생한다.

10 사막화 현상에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 대표적으로 나타나는 곳은 아프리카의 사헬 지역이다.
② 토지의 잠재된 생물 생산력이 저하되거나 파괴되는 것이다.
③ 자연적 요인으로는 극심한 가뭄과 장기간에 걸친 건조화 현상이 있다.
④ 과도한 경작과 관개, 산림 벌채, 황경 오염으로 인한 기후 변화 등은 인위적 요인이다.
⑤ 사막화가 일어나면 지표면의 반사율이 감소하여 지표면이 가열된다.

정답 ⑤ 해설 사막화가 일어나면 지표면의 반사율이 증가하고 이에 따라 지표면이 냉각되어 온도가 낮아진다.

11 지구 환경 보존을 위한 국제적인 노력에 해당하지 않는 것은?

① 리우 협약
② 남극 조약
③ 교토 의정서
④ 몬트리올 의정서
⑤ 사막화 방지 협약

정답 ② 해설 남극 조약은 영국이 1908년 남극 지역의 영유권을 주장하면서 남극의 영토 문제가 논의되기 시작했다. 미국 대통령 아이젠하워의 제안으로 1959년 12월 미국 · 영국 · 구 소련 · 일본 등 12개국이 참가하여 조약을 체결하고, 1961년 6월 발효되었다. 내용은 ① 남극의 평화적 이용, ② 과학적 탐사의 자유, ③ 영유권의 동결, ④ 핵실험 금지 등이다.

주관식 · 서술형 문제

12 중금속이 체내에 축적되면 위험한 이유는 무엇인지 쓰시오.

정답 중금속은 물에 용해되지 않아 체내에 들어오면 분해되지 않고 잔류하여 해를 입힌다.

13 생물 농축으로 인한 피해 사례를 들어보시오.

정답 미나마타 병, 이따이이따이 병

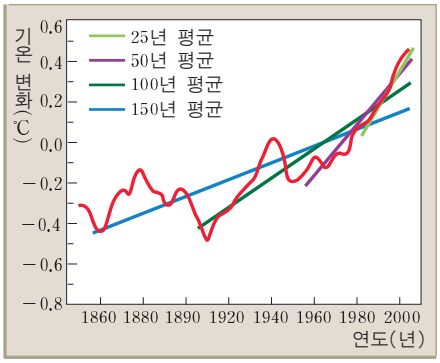
14 대기 중에 배출된 이산화황이나 질소 산화물이 산성비를 만들게 되는 이유는 무엇인지 쓰시오.

정답 이산화황이나 질소 산화물은 빗물에 녹아 황산이나 질산을 만들어 산성비를 내린다.

15 다른 요인의 변화 없이 지구 자전축의 기울기만 현재의 23.5°에서 24.5°로 바뀐다면, 우리나라에서의 기온의 연교차는 어떻게 변하게 될 것인지 간단하게 설명하시오.

정답 지구 자전축의 기울기가 커지면 여름과 겨울의 태양의 남중 고도 차이가 현재보다 더 커진다. 즉, 여름과 겨울 사이에 우리나라가 받는 태양 복사 에너지양의 차이가 더 커지므로, 여름과 겨울 사이의 기온의 연교차는 더 커진다.

16 그림은 IPCC 제4차 보고서에서 발표한 1860~2006년의 연평균 기온 변화를 나타낸 것이다.



이 기간 동안 지구의 연평균 기온은 어떻게 변하였는지, 그리고 변화의 정도는 어떻게 달라졌는지 간단하게 설명하시오.

정답 이 기간 동안 지구의 연평균 기온은 계속 상승하는 추세이다. 상승하는 정도는 최근으로 올수록 더욱 커지고 있다.

17 황사 현상은 황하 상류 지대에서 만들어진 모래 먼지가 강한 상승 기류에 의해 3,000~5,000 m 상공으로 올라가 편서풍을 타고 우리나라까지 날아오는 현상을 말한다. 황사의 미세 먼지는 기관지염, 감기 등의 호흡기 질환과 심혈관 질환, 눈병 등 각종 질환을 유발하며, 반도체나 항공기 등 정밀기기에 고장을 일으키기도 한다. 그러나 황사가 피해만 입히는 것은 아니다. 황사의 긍정적 역할을 두 가지 쓰고 설명하시오.

정답 ① 지구로 유입되는 태양광을 반사하여 지구 온난화를 억제한다.
② 황사에 포함된 물질들로 인해 산성비가 억제된다.
③ 황사에 포함된 성분들로 인해 토양과 호수의 산성화가 억제된다.

| 산성비 |

1 〈보기〉는 산성비의 피해에 대해 설명한 것이다.

보기
ㄱ. 호수나 하천의 생태계 파괴
ㄴ. 백내장 유발, 면역 기능의 저하
ㄷ. 나무의 고사, 꽃잎의 탈색 현상
ㄹ. 철 구조물, 대리석 건축물, 조각품의 손상

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 모두 고른 것은?

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄹ ③ ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄷ, ㄹ

정답 ⑤ 해설 ㄴ. 백내장의 유발, 면역 기능의 저하 등은 오존층 파괴로 인해 발생하는 것이다.

| 환경 오염 |

2 다음은 환경 오염으로 인한 피해를 설명한 것이다.

- 대리석으로 된 건축물이나 문화재를 손상시킨다.
- 녹색 식물의 엽록소 파괴로 식물의 광합성이 억제된다.
- 호수나 하천의 생물들이 죽고 생태계가 파괴될 수 있다.
- 토양 속의 무기 염류의 유실로 인하여 토양이 척박해진다.

이와 같은 피해를 줄이기 위한 방법으로 옳은 것만을 있는 대로 모두 고른 것은?

보기
ㄱ. 프레온 가스의 사용을 억제한다.
ㄴ. 호수나 하천에 탄산칼슘을 뿌린다.
ㄷ. 자동차에 촉매 변환기를 설치한다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ④ 해설 주어진 자료의 환경 오염은 산성비에 의한 피해 현상이다. 〈오답 해설〉 ㄱ. 프레온 가스 사용 억제는 오존층 파괴를 막기 위한 방법이다.

| 수질 오염 |

3 〈보기〉는 수질 오염을 막기 위한 대책을 설명한 것이다.

보기
ㄱ. 산업 폐수는 정화 장치를 이용하여 오염도를 줄여 배출한다.
ㄴ. 화학 비료의 사용을 줄이고 중금속 물질이 토양에 유입되지 않도록 한다.
ㄷ. 하천의 부영양화를 높여 생물이 증식할 수 있는 환경을 만든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ② 해설 ㄷ. 오염된 토양은 빗물이나 지하수에 의해 수질 오염으로 이어진다. 하천의 부영양화가 높아지면 조류의 번식으로 산소가 부족하여 수중 생물의 죽음을 가져온다.

| 우주 쓰레기 |

4 〈보기〉는 우주 쓰레기에 대한 설명이다.

보기
ㄱ. 인류의 우주 탐사로 막대한 양의 우주 쓰레기가 만들어졌다.
ㄴ. 위성과 떠돌아다니는 파편의 충돌은 우주 정거장의 안전에도 위협을 준다.
ㄷ. 우주 쓰레기를 제거하기 위해서는 태양풍을 이용한 소각 방법을 이용한다.

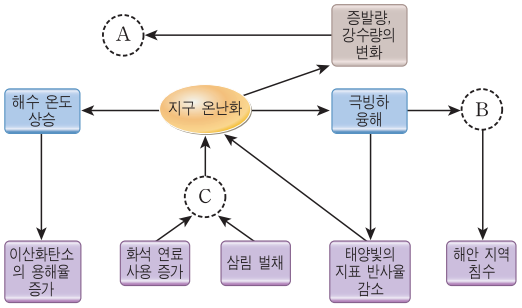
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ② 해설 ㄷ. 우주 쓰레기의 제거를 위해서 레니저 빗자루나 우주 플라이페이퍼를 이용한 방법을 연구 중이다.

| 지구 온난화 |

5 그림은 지구 온난화와 그에 따른 현상이 일어나는 과정을 모식적으로 나타낸 것이다.



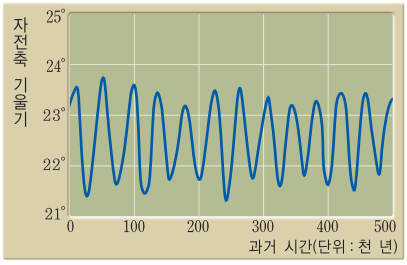
그림의 A, B, C에 들어갈 내용으로 알맞은 것끼리 바르게 짝지은 것은?

	A	B	C
①	기상 이변	해수면 상승	이산화탄소량 증가
②	해수면 상승	기상 이변	이산화탄소량 감소
③	이산화탄소량 증가	기상 이변	해수면 상승
④	해수면 상승	이산화탄소량 증가	기상 이변
⑤	기상 이변	이산화탄소량 증가	해수면 상승

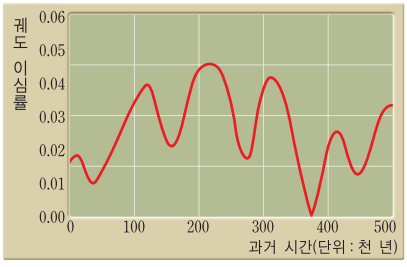
정답 ① 해설 삼림 벌채로 인한 식물의 광합성량 감소와 화석 연료 사용량의 증가는 이산화탄소량의 증가를 가져온다. 지구 온난화로 인해 증발량, 강수량의 변화가 일어나 가뭄이나 홍수, 태풍의 발생 빈도가 증가하고 엘니뇨 현상 등 각종 기상 이변이 일어난다.

| 기후 변화 |

6 그림 (가)와 (나)는 과거 50만 년 동안의 지구 자전축 기울기와 공전 궤도 이심률의 변화를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

자료에 대한 옳은 해석만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

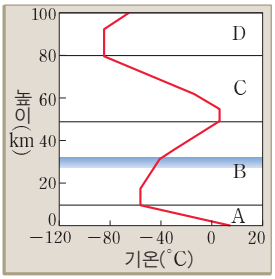
ㄱ. 지구 자전축은 약 4만 년을 주기로 변한다.
ㄴ. 현재 지구 자전축의 기울기는 점점 감소하고 있다.
ㄷ. 약 37만 년 전에는 계절 변화가 나타나지 않았을 것이다.
ㄹ. 지구의 공전 궤도가 가장 원에 가까운 시기는 약 22만 년 전이다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

정답 ① 해설 ㄷ. 약 37만 년 전은 공전 궤도 이심률이 0에 가장 가까운 때이다. 이심률이 작을수록 궤도는 완전한 원에 가깝게 된다. 그러나 계절 변화를 일으키는 요인은 지구 자전축의 경사로 인한 것이며, 이 시기에도 지구 자전축은 기울어져 있었으므로 지구상에는 계절 변화가 있었을 것이다.
ㄹ. 약 22만 년 전에는 공전 궤도 이심률이 최대인 때로, 근일점과 원일점의 거리차가 최대인 때이다.

| 오존의 생성과 파괴 |

7 그림은 대기권에서 높이에 따른 기온 분포를 나타낸 것이고, 반응식은 오존의 생성 과정과 파괴 과정을 나타낸 것이다.



[반응식 Ⅰ]
- $O_2 + UV \rightarrow 2O$
- $O_2 + O \rightarrow O_3$
- $O_3 + UV \rightarrow O_2 + O$

[반응식 Ⅱ]
- $CCl_3F + UV \rightarrow CCl_2F + Cl$
- $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$
- $ClO + O \rightarrow Cl + O_2$

자료에 대한 해석으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. [반응식 Ⅰ]은 그림의 D에서, [반응식 Ⅱ]는 B에서 가장 활발하게 일어난다.
ㄴ. [반응식 Ⅱ]가 활발하게 일어날수록 지상에 도달하는 유해 자외선의 양은 증가한다.
ㄷ. 한 개의 CCl_3F 분자는 한 개의 오존 분자를 파괴한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 ④ 해설 ㄷ. 분자에서 떨어져 나온 염소(Cl) 원자는 오존 파괴의 촉매 역할을 하며 연속적으로 오존 분자를 파괴한다.

Ⅳ 다가오는 우주



단원의 길잡이

이 단원에서는 천체 관측 활동을 통해 천문 우주 과학에 대한 흥미를 유발하고, 태양계 및 우주 탐사를 위한 과학적인 노력을 이해함으로써 천문 우주 과학이 인류의 현재와 미래의 생활과도 밀접하게 관련됨을 깨닫게 한다.

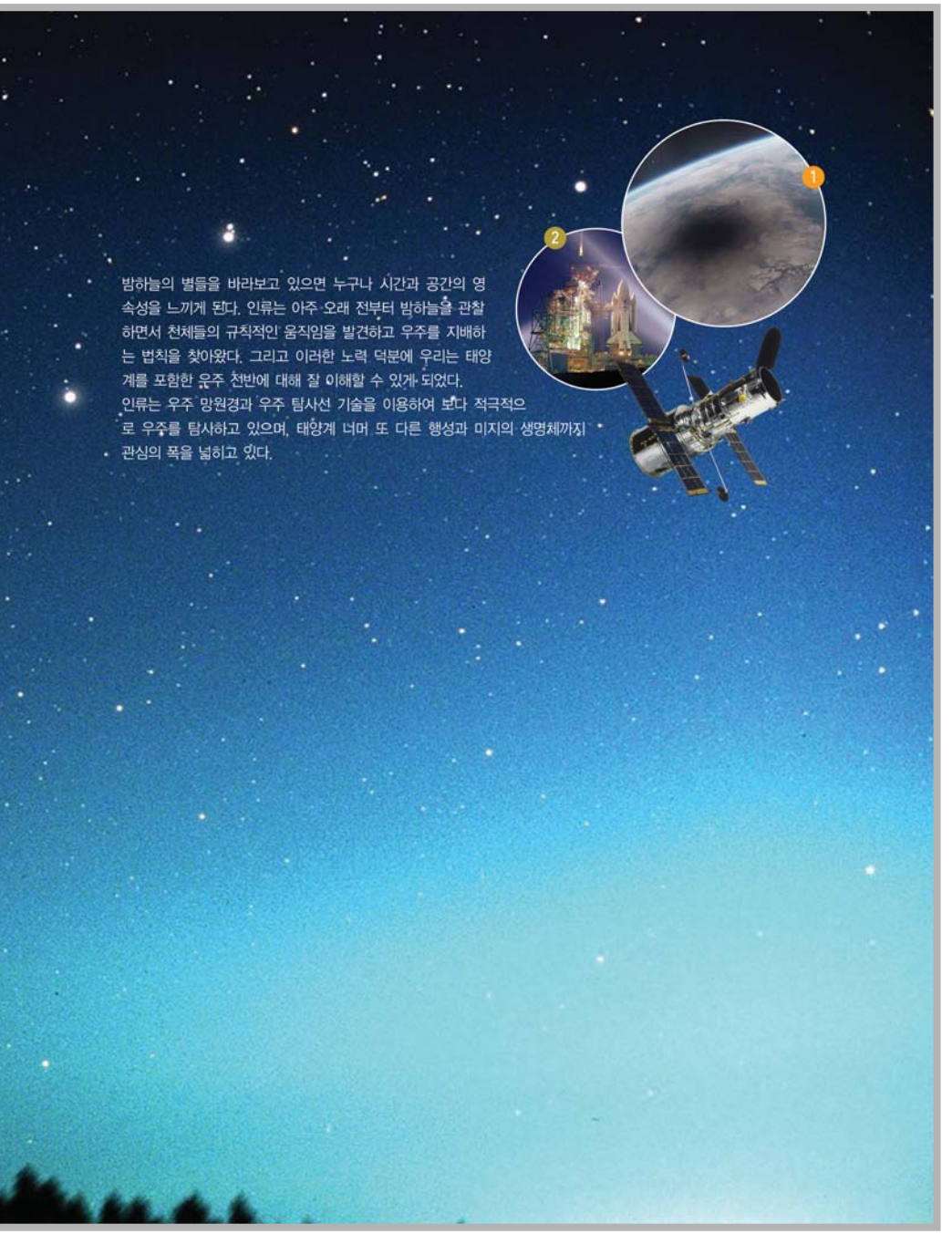
단원의 교육 과정

1장 천체 관측

1. 별은 상대적인 위치가 변하지 않은 채 별자리를 이루며, 지구의 운동에 의하여 천체들이 일주 운동과 연주 운동을 함을 설명할 수 있다.
2. 적도 좌표를 이용하여 천체의 위치를 나타내고, 남중 시각과 지평선 위에 떠있는 시간을 설명할 수 있다.
3. 여러 파장대로 태양 표면을 관측하고 흑점, 쌀알무늬 등에 대해서 설명할 수 있다.
4. 태양 대기의 특징인 채층, 홍염, 코로나에 대해서 설명할 수 있다.
5. 다양한 태양계 모형을 살펴보고, 이들로부터 행성의 시운동을 설명할 수 있다.
6. 회합 주기, 공전 주기, 태양에 대한 행성의 위치에 대해 학습하고, 행성의 운동이 케플러 법칙을 따름을 설명할 수 있다.
7. 달과 태양, 지구의 상대적인 위치로 달의 위상을 설명할 수 있다.

단원의 학습 계열

전에 배운 내용		이 단원의 내용
'제7차 교육과정'에서는 5학년의 '태양의 가족' '2007 개정 교육과정'에서는 5학년의 '지구와 달', '태양계와 별', 6학년의 '계절의 변화', 8학년의 '태양계', '별과 우주', 10학년의 '천체의 운동' '2009 개정 과학과 교육과정'의 '과학'에서는 '우주의 기원과 진화', '태양계와 지구'	➡	**1장 천체 관측** 1. 천체의 겉보기 운동 2. 행성의 운동과 태양계 모형 3. 태양 관측 4. 달 관측 **2장 우주 탐사** 1. 망원경과 우주선 2. 태양계 탐사와 태양계 구성원의 특징 3. 외계 생명체와 외계 행성 탐사



앞으로 배울 내용

'지구 과학 II' 의 '천체와 우주'

참고 문헌 및 누리집

- 천문학 및 천체물리학, 강혜성 외, 시그마프레스, 2010
- 기본 천문학, 강혜성 외, 시그마프레스, 2008
- Universe: a journey from Earth to the edge of the Cosmos, Nicolas Cheetham, Quercus, 2007
- An Introduction to Modern Astrophysics, Bradly W. Carroll 외, Pearson, 2007

8. 일식과 월식이 일어나는 원리를 이해하고 이때 관측할 수 있는 현상을 설명할 수 있다.
9. 달의 위상이 같더라도 달의 적경과 적위에 따라 달의 남중 고도와 관측 가능한 시각이 달라짐을 설명할 수 있다.

2장 우주 탐사

1. 태양계 구성원에 대한 탐사 역사에 대해서 알고 탐사를 통해 알게 된 물리적 특징을 설명할 수 있다.
2. 우주 탐사선 및 우주 정거장의 정의와 역할을 설명하고, 우리나라의 우주 탐사 현황에 대해서 설명할 수 있다.
3. 우주 망원경의 정의와 역할을 알고, 우주 망원경 관측을 통해 알아낸 성과에 대해서 설명할 수 있다.
4. 관측 파장대별로 관측할 수 있는 천체의 물리적 특징을 이해하고, 망원경의 종류가 다름을 설명할 수 있다.
5. 외계 생명체가 살 수 있는 조건을 행성의 일반적인 특성을 통해 이해하고, 탐사가 가지는 의미를 설명할 수 있다.
6. 외계 행성체 탐사 원리와 방법을 이해하고, 지구 밖 생명체 탐사의 진행 상황을 설명할 수 있다.

단원 지도상의 유의점

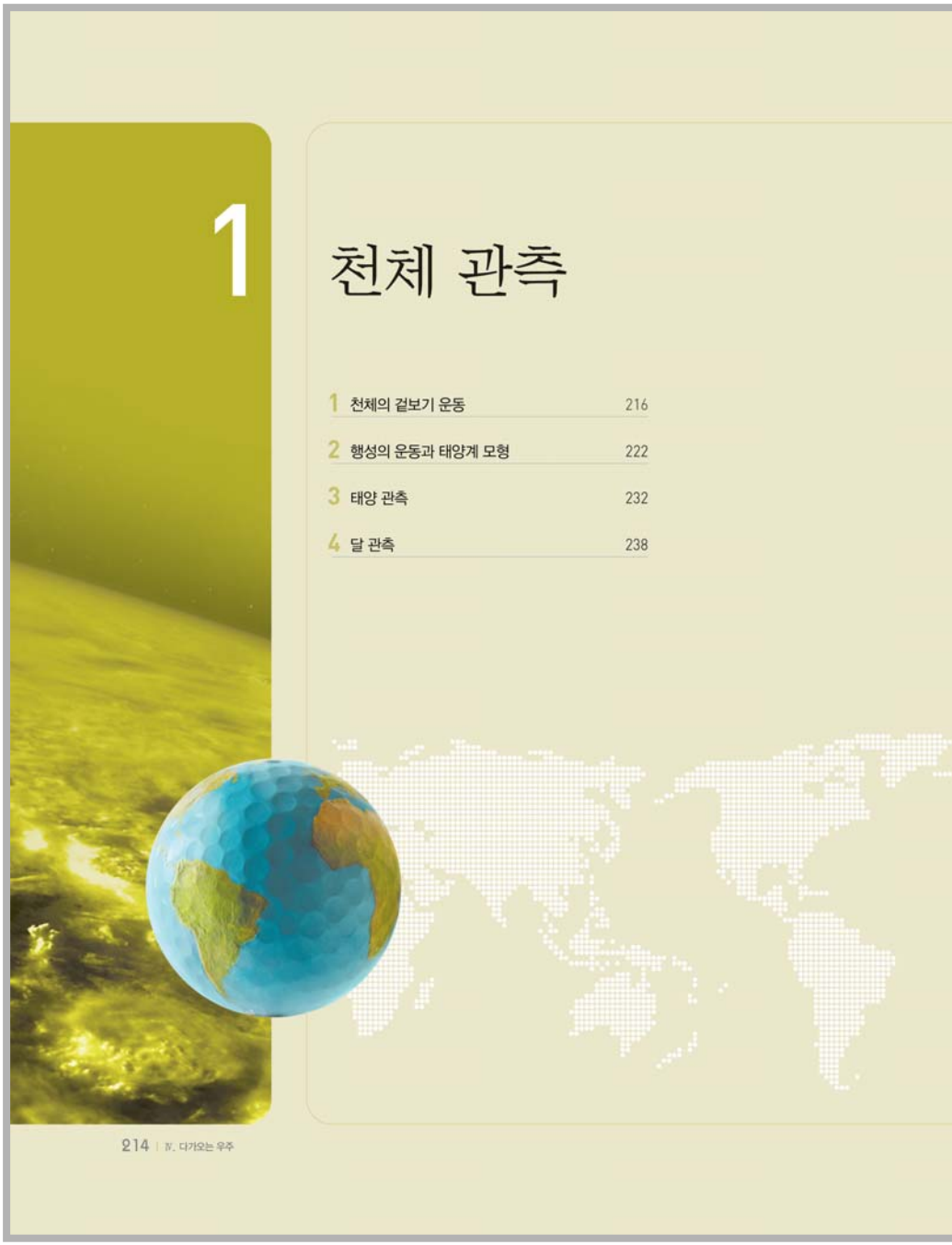
지구 과학의 학습에서는 학생들이 직접 자연 현상을 탐색하는 것이 중요하므로, 가능한 학생들과 함께 다양한 천체들과 천문 현상을 관측할 수 있게 한다.

우주 과학기술에 관련된 자세한 내용은 피하고, 관측 결과와 탐사 성과에 초점을 맞추어 설명하게 한다.

1 천체 관측

중단원의 학습 목표

1. 별은 상대적인 위치가 변하지 않은 채 별자리를 이루며, 별자리가 이동하고 있음을 관측하여 인식한다. 지구의 운동에 의하여 천체들이 일주 운동과 연주 운동을 함을 설명할 수 있다.
2. 적도 좌표를 이용하여 천체의 위치를 나타내고, 남중 시각과 지평선 위에 떠있는 시간을 설명할 수 있다.
3. 여러 파장대로 태양 표면을 관측하고 흑점, 쌀알무늬 등에 대해서 설명할 수 있다.
4. 태양 대기의 특징인 채층, 홍염, 코로나에 대해서 설명할 수 있다.
5. 다양한 태양계 모형을 살펴보고, 이들로부터 행성의 시운동을 설명할 수 있다.
6. 회합 주기, 공전 주기, 태양에 대한 행성의 위치에 대해 학습하고, 행성의 운동이 케플러 법칙을 따름을 설명할 수 있다.
7. 달과 태양, 지구의 상대적인 위치로 달의 위상을 설명할 수 있다.
8. 일식과 월식이 일어나는 원리를 이해하고 이때 관측되는 현상을 설명할 수 있다.
9. 달의 위상이 같더라도 달의 적경과 적위에 따라 달의 남중 고도와 관측 가능한 시각이 달라짐을 설명할 수 있다.



중단원의 흐름

이 단원은 밤하늘에서 별을 관측하는 활동으로 시작되고 지구 중심설에서 태양 중심설로 우주관이 변천한 과정 등 과학사적인 내용을 소개하게 하고 있다.

중단원의 지도 계획

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
1 천체의 겉보기 운동	3	1 별자리의 이동	65~67	pp. 216~217	■ 하루나 여러 날에 걸친 별자리의 이동	관찰
		2 천체의 일주 운동		pp. 217~218	■ 천구, 일주 운동	
		3 태양의 연주 운동		pp. 218~219	■ 황도, 황도 12궁, 연주 운동	
		4 천체의 위치와 적도 좌표계		pp. 219~221	■ 남중 고도, 적도 좌표계	관찰
2 행성의 운동과 태양계 모형	4	1 고대의 우주관	68~71	p. 222	■ 고대의 우주관	
		2 행성의 시운동		pp. 222~224	■ 외행성과 내행성의 시운동	관찰
		3 지구 중심의 태양계 모형		pp. 224~225	■ 프톨레마이오스의 지구 중심 태양계 모형	자료 해석
		4 태양 중심의 태양계 모형		pp. 225~227	■ 코페르니쿠스의 태양 중심 태양계 모형	자료 해석

1600년경 네덜란드의 한 발명가는 렌즈 두 개를 적당한 거리에 놓으면 멀리 있는 물체가 가까이 보이는 신기한 현상을 발견했다. 이 소식을 전해들은 이탈리아의 갈릴레이(Galilei, G.)는 직접 유리를 연마하여 렌즈를 만들고 10배의 배율을 가진 망원경을 제작하였다.

당시 망원경은 보통 장난감이나 군사용으로 사용되었으나 갈릴레이는 망원경을 이용하여 밤하늘의 천체를 관측하였다. 그는 달의 표면이 매끄럽지 않고 울퉁불퉁하다는 것을 관측하였고, 은하수가 수많은 별들로 이루어져 있음을 밝혀냈다. 그리고 금성의 위상 변화를 관측하고 목성의 위성을 발견하여, 지구 중심의 태양계 모형을 반박하는 증거를 찾아내었다. 갈릴레이는 망원경을 이용한 관측 결과를 과학적 증거로 채택한 최초의 천문학자였다.



생각 열기

망원경을 이용하여 천체를 관측하면 맨눈으로 관측하는 것보다 어떠한 장점이 있을까?

중단원 지도 방향

1. 하룻밤이나 여러 날 동안 밤하늘을 관측하고, 관측 결과를 바탕으로 별들은 상대적인 위치가 고정된 채 운동하고 있음을 알 수 있게 한다. 직접 관측하는 것이 가능하지 않을 때에는 별자리판, 밤하늘을 찍은 사진이나 동영상, 별자리를 볼 수 있는 컴퓨터 프로그램 등을 적극적으로 활용하고, 직접 관측해 보고자 하는 동기가 유발되게 한다.
2. 천구의 개념을 도입하여 지구에서 볼 때 모든 천체들은 천구 상에 분포하고 있으며, 지구의 자전과 공전 때문에 천체의 일주 운동과 연주 운동이 일어남을 설명한다.
3. 지구 상의 위치를 경도와 위도로 나타내듯 천체의 위치도 적도 좌표로 나타낼 수 있다.
4. 서로 다른 파장으로 태양을 촬영한 자료를 탐색하여 태양 표면에 나타나는 현상들을 알아보고, 그것을 태양 활동과 관련지어 설명한다.

생각 열기

망원경을 이용하면 달이나 행성 같은 천체를 확대해서 자세하게 관찰할 수 있다. 그러나 태양계 천체를 제외한 천체들은 매우 멀리 떨어져 있기 때문에 확대해도 점상으로 나타난다. 대신, 망원경은 빛을 모으는 장치이므로 망원경을 이용하면 눈으로 볼 수 없는 어두운 천체까지 볼 수 있다.

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
		5 행성의 위치와 행성 관측		pp. 227~228	■ 내행성과 외행성의 위치	관찰
		6 행성의 공전 주기		pp. 229~230	■ 회합 주기	자료 해석
		7 케플러의 법칙		pp. 230~231	■ 케플러의 세 가지 법칙	
3 태양 관측	2	ㅣ 태양 표면의 특징	72~73	pp. 232~234	■ 태양 표면의 특징과 태양의 자전	자료 해석, 관찰
		2 태양 대기의 특징		pp. 235~237	■ 태양 대기의 특징과 자료 해석	자료 해석
4 달 관측	3	ㅣ 달의 위상 변화	74~76	pp. 238~239	■ 달의 위상 변화	자료 해석
		2 달의 남중 고도 변화		p. 240	■ 보름달의 남중 고도 변화	조사
		3 일식과 월식		pp. 241~243	■ 일식과 월식	실험
중단원 마무리				p. 245		

차시 65 66 67 68 69 pp. 216~221

1 천체의 겉보기 운동

소단원의 학습 목표

1. 별은 상대적인 위치가 변하지 않은 채 별자리를 이루며, 별자리가 이동하고 있음을 관측하여 인식한다.
2. 지구의 운동에 의하여 천체들이 일주 운동과 연주 운동함을 설명할 수 있다.
3. 적도 좌표를 이용하여 천체의 위치를 나타내고, 남중 시각과 지평선 위에 떠있는 시간을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 하룻밤이나 여러 날 동안 밤하늘을 관측하고, 관측 결과를 바탕으로 별들은 상대적인 위치가 고정된 채 운동하고 있음을 알 수 있게 한다. 직접 관측하는 것이 가능하지 않을 때에는 별자리판, 밤하늘을 찍은 사진이나 동영상, 별자리를 볼 수 있는 컴퓨터 프로그램 등을 적극적으로 활용하고, 직접 관측해 보고자 하는 동기가 유발되게 한다.
2. 천구의 개념을 도입하여 지구에서 볼 때 모든 천체들은 천구 상에 분포하고 있으며, 지구의 자전과 공전 때문에 천체의 일주 운동과 연주 운동이 일어남을 설명한다. 일주 운동에서는 지구 상의 위치에 따른 일주 운동의 모습을 해석하게 하고, 연주 운동에서는 태양의 연주 운동을 중심으로 계절에 따른 별자리나 황도 12궁을 흥미롭게 소개한다.
3. 지구 상의 위치를 경도와 위도로 나타내듯 천체의 위치도 적도 좌표로 나타낼 수 있으며, 천체의 남중 시각과 지평선 위에 떠 있는 시간이 적도 좌표의 적경, 적위 값과 관련됨을 이해하게 한다.
4. 이 단원을 공부하는 계절에 대표적인 별자리의 적경과 적위를 알아보고, 별자리를 관측할 수 있는 최적의 시간을 결정하여 별자리판에서 확인하거나 밤하늘에서 직접 관측한다.



1 천체의 겉보기 운동

❖ 학습 목표

1. 지구의 자전과 공전에 의해 나타나는 천체의 움직임을 설명할 수 있다.
2. 적도 좌표계를 이용하여 천체의 위치를 나타낼 수 있다.

지구는 하루에 한 바퀴 자전하고 일 년에 태양 주위를 한 바퀴 공전한다. 그러나 지구 상의 관측자에게는 지구가 움직이는 것이 아니라 상대적으로 하늘의 천체들이 움직이는 것처럼 보인다. 이와 같이 지구의 자전이나 공전으로 인해 천체가 움직이는 것처럼 보이는 현상을 천체의 겉보기 운동이라 한다.



그림 Ⅳ-1 오리온자리

1 별자리의 이동

고대인들은 밤하늘의 별들이 분포한 모습에서 신화 속의 인물이나 동물, 사물 등을 연상하고 이름을 붙여 많은 별자리를 만들었다. 현대에 쓰이는 별자리는 그림 Ⅳ-1과 같이 하늘을 일정한 영역으로 나눈 것으로, 총 88개의 별자리가 있으며 모든 별은 반드시 하나의 별자리에 속해 있다.

별자리를 일정 기간 동안 관측해 보면 어떠한 변화가 나타나는지 알아보자.

탐구 1 관찰 **별자리의 관찰**

과정
1. 별자리판이나 천체 관측 컴퓨터 프로그램 등을 이용하여 관측 가능한 별자리를 하나 정한다.
2. 맑은 날 저녁에 한 시간 간격으로 3회에 걸쳐 별자리를 관찰하고 기록한다.
3. 10일 간격으로 3회에 걸쳐 같은 시각에 별자리를 관찰하고 기록한다.



정리
1. 시간에 따라 별자리의 모양과 위치는 어떻게 바뀌는가?
2. 별자리는 어느 방향으로 움직이는가?

216 | Ⅳ. 다가오는 우주

1. 별자리의 이동

(1) 별자리의 유래 : 밤하늘의 별들이 분포한 모습 ⇒ 신화 속의 인물이나 동물, 사물 등의 이름을 붙임.

(2) 현대 천문학에서 별자리의 의의 : 하늘을 일정한 영역으로 나눈 것으로 총 88개의 별자리가 있으며, 모든 천체는 반드시 하나의 별자리에 속해 있음.

(3) 별자리의 이동 : 지구의 자전과 공전에 의해 시간에 따라 별자리가 회전하면서 이동하지만 모양은 바뀌지 않음.



(가) 1월 26일 23시 (나) 2월 7일 23시 (다) 2월 13일 23시

그림 Ⅳ-2 오리온자리의 이동

하루 동안이나 여러 날에 걸쳐 별자리를 관측해 보면 그림 Ⅳ-2와 같이 별자리가 모양을 유지하면서 이동하는 것을 알 수 있다. 지구로부터 별자리를 이루고 있는 별들까지의 거리는 대단히 멀기 때문에 지구의 자전과 공전에 의해 별자리가 움직이는 것처럼 보이지만, 별자리의 고유한 모습은 변하지 않는다.

2 천체의 일주 운동

천체들은 지구로부터 제각각의 거리에 떨어져 있으면서 공간적인 분포를 이루고 있다. 그러나 지구로부터 천체들까지 거리는 매우 멀기 때문에 지구 상의 관측자에게 천체들은 원근감이 느껴지지 않고, 그림 Ⅳ-3과 같이 천체들이 하나의 구면에 붙어 있는 것처럼 보인다. 이러한 가상적인 구면을 **천구**라 한다.

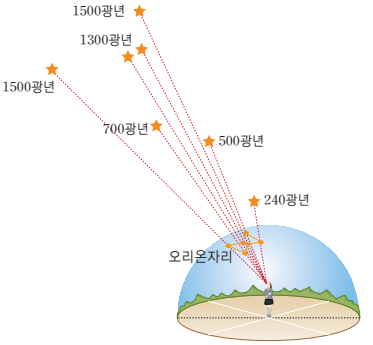




그림 Ⅳ-3 천구

광년

빛이 1년 동안 진행한 거리로, 1광년은 9.46×10^{12} km이다.

내용 해설

1 별자리의 이동

• **별자리**

(1) 별을 지구에서 보이는 모습에 따라 이어서 어떤 사물을 연상하도록 이름을 붙인 것이다.

(2) 별자리는 문화권별로 다르며 시대마다 달라진다.

(3) 현재는 1930년 국제 천문 연맹에서 정한 88개의 별자리가 공통으로 쓰이고 있다.

(4) 별자리는 보통 비슷한 방향에 놓이지만, 같은 별자리에 속한 별들이 반드시 3차원 상으로 가까운 위치에 있는 것은 아니다.

• **별자리의 이동**

(1) 지구의 자전에 의해 별자리는 천구의 북극을 중심으로 하루에 한 바퀴 동쪽에서 서쪽으로 회전한다.

(2) 지구의 공전에 의해 별자리는 천구의 북극을 중심으로 하루에 약 1°씩 동쪽에서 서쪽으로 회전한다.

탐구 1 관찰

별자리의 관찰

1. 목표

하루나 여러 날에 걸쳐 별자리를 관측하고, 별자리의 이동 방향과 속도를 안다.

2. 정리

1. 별자리는 일정한 모양을 유지하며 북극성을 중심으로 회전한다.
2. 하루 동안 별자리는 한 시간에 15°씩 동쪽에서 서쪽으로 회전한다. 또 매일 같은 시각에 관찰해 보면 별자리는 하루에 1°씩 동쪽에서 서쪽으로 회전한다.

2. 천체의 일주 운동

(1) 천체가 지구 자전 방향의 반대 방향으로 천구 상을 하루에 한 바퀴 회전하는 운동

(2) 일주권과 지평선이 이루는 각 = $90^\circ - \varphi$

3. 태양의 연주 운동

(1) 지구의 공전에 의해 태양이 천구 상을 일 년에 걸쳐 한 바퀴 회전하는 운동

(2) 황도 : 천구 상에서 태양이 지나는 길

(3) 황도 12궁 : 황도에 있는 12개의 별자리

2 천체의 일주 운동

• 위도에 따른 일주권

일주권의 형태는 관측자의 위도에 따라 달라지지만, 회전의 중심은 북극과 남극이다. 북극의 고도는 그 지방의 위도와 같으므로 북극에서는 천정에 있는 북극이 회전의 중심이다. 적도에서는 북극의 고도가 0°이므로 북쪽 하늘은 지평선의 북극을 중심으로 반원의 형태로 반시계 방향 일주 운동이 나타난다. 남쪽 하늘에서는 지평선의 남극을 중심으로 반원의 형태로 시계 방향 일주 운동이 나타난다. 일주권이 지평선과 이루는 각은 북극 지방은 0°이고 적도 지방은 90°이다.

• 우리나라에서 관찰한 별의 일주 궤적



동쪽 하늘



서쪽 하늘



남쪽 하늘



북쪽 하늘

물음 1

북쪽 하늘 : 원호 모양을 그리며 돈다.

동쪽 하늘 : 왼쪽 아래에서 오른쪽 위 대각선 방향으로 직선을 그리며 떠오른다.

서쪽 하늘 : 왼쪽 위에서 오른쪽 아래 대각선 방향으로 직선을 그리며 진다.

남쪽 하늘 : 원호가 커서 직선 모양의 일주 운동 궤적이 나타난다.

• 천체의 일주 운동과 지구 자전의 증거

천체의 일주 운동은 지구 자전의 증거가 될 수는 없다. 천구가 회전한다고 설명하여도 천체의 일주 운동이 설명되기 때문이다. 따라서 지구 자전의 증거가 되기 위해서는 지구가 자전했을 때만 일어나는 현상이어야 한다. 이러한 현상으로는 전향력의 존재, 푸코 진자 진동면의 회전, 인공위성 궤도의 서편 현상 등이 있다.

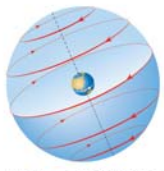
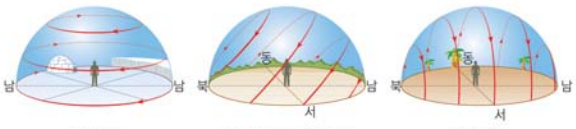


그림 Ⅳ-4 천체의 일주 운동

지구는 하루에 한 바퀴 자전하지만 지구 상의 관측자에게는 지구가 움직이는 것이 아니라 천구가 지구 자전 방향의 반대 방향으로 회전하는 것처럼 보인다. 이때 천구 상의 천체들도 그림 Ⅳ-4와 같이 움직이는 것처럼 보이는데, 이를 천체의 **일주 운동**이라 한다.

천체의 일주 운동에 의해 만들어지는 궤적을 **일주권**이라 하는데, 일주권이 지평선과 이루는 각은 그림 Ⅳ-5와 같이 위도에 따라 달라진다. 북극에서는 0°, 북반구 중위도 지방에서는 지평선에 비스듬하게, 적도에서는 90°가 된다.

일주권과 지평선이 이루는 각
$= 90° - \varphi$
φ : 관측 지방의 위도



(가) 북극 (나) 북반구 중위도 지방 (다) 적도

그림 Ⅳ-5 위도에 따른 일주권

북반구의 중위도에 위치한 우리나라에서는 그림 Ⅳ-5의 (나)와 같이 천체들이 동쪽에서 떠올라 남쪽 하늘에서 고도가 가장 높아지고, 이후 서쪽으로 지는 일주 운동을 한다.

물음 1 우리나라에서 천체의 일주 운동을 사진 촬영하면 방위에 따라 어떤 궤적이 만들어지는가?

3 태양의 연주 운동

지구는 일 년 동안 태양 주위를 한 바퀴 공전한다. 그러나 지구 상의 관측자에게는 그림 Ⅳ-6과 같이 지구가 움직이는 것이 아니라 태양이 천구를 한 바퀴 회전하는 것처럼 보인다. 이러한 태양의 겉보기 운동을 태양의 **연주 운동**이라고 한다.

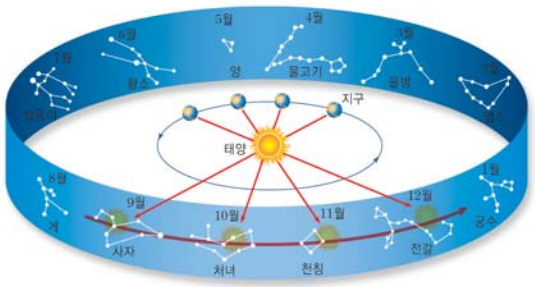


그림 Ⅳ-6 황도 12궁

3 태양의 연주 운동

• 황도와 계절 변화

황도면은 지구의 적도면에 대하여 23.5° 기울어져 있다. 이로 인하여 태양의 위치는 매일 동서 방향과 남북 방향의 변화가 나타난다. 특히 천구 상에 있는 태양은 매일 남북 방향이 변화하므로, 지구에서는 태양의 남중 고도 변화, 낮과 밤의 길이 변화, 계절 변화가 생긴다.

• **황도 13궁** 태양은 반드시 황도 12궁을 지나지만 전갈자리를 지난 후 뱀주인자리를 지나고 궁수자리로 이동한다. 이러한 이유로 뱀주인자리를 황도 13궁에 포함시키기도 한다.

과학과 생활

생일 별자리와 점성술



태양이 황도 12궁 중 어느 한 별자리를 지나는 동안 태어나면 그 별자리가 자신의 생일 별자리가 된다. 서양에서는 이러한 생일 별자리를 이용하여 개인의 성격과 운을 점치는 점성술이 유행했었다. 그런데 현재는 태양이 황도 12궁을 지나는 날짜가 위와 같지 않다. 황도 12궁은 약 5000년 전 바빌로니아 인들에 의해 만들어졌는데, 그 동안 지구의 자전축이 세차 운동에 의해 회전하여 춘분점의 위치가 달라졌기 때문이다.

태양의 연주 운동에 의해 태양은 서쪽에서 동쪽으로 하루에 약 1°씩 천구 상에서 이동하여 한 달에 한 자리씩 별자리를 바꾸어 간다. 이때 천구 상에서 태양이 지나가는 길을 **황도**라 하고, 황도에 있는 12개의 별자리를 **황도 12궁**이라 한다. 태양이 황도 12궁 중 어느 한 별자리에 머물러 있는 동안 태양과 그 별자리는 같은 시각에 떠서 같이 지므로, 지구 상의 관측자는 이 별자리를 관측할 수 없다. 대신 천구 상에서 태양과 반대쪽에 있는 별자리는 밤중에 계속 관측할 수 있다.

4 천체의 위치와 적도 좌표계

하루 동안 천체를 관측해 보면 천체는 일주권을 따라 운동하며 지평선으로부터 높이가 계속해서 달라진다. 이때 그림 Ⅳ-7과 같이 지평선에서 천체까지 측정한 각을 **고도**라 하며, 0°~90°의 각도로 표시한다. 천체가 남쪽 하늘에 위치하여 가장 높이 떴을 때를 **남중**이라 하고 이때의 고도를 **남중 고도**(h)라고 한다.

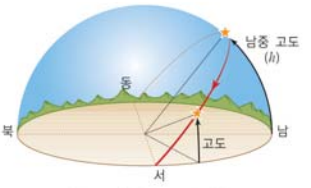


그림 Ⅳ-7 천체의 고도와 남중 고도

$h = 90° - \varphi + \delta$
h : 천체의 남중 고도
φ : 관측 지방의 위도
δ : 천체의 적위

• 춘분점의 기호

지금으로부터 6,000년 전에는 춘분점이 양자리에 있었다. 따라서 춘분점의 기호는 양자리를 의미하는 ♈로 나타내었다. 오늘날에는 세차 운동에 의해 춘분점이 물고기자리로 바뀌었지만, 춘분점의 기호는 양자리를 그대로 사용한다.

• 세차 운동

지구의 자전축 방향이 반시계 방향으로 변화하는 운동을 세차 운동이라 한다. 이 세차 운동에 의해 춘분점은 매년 황도 위를 50″씩 서쪽으로 이동하고, 천구의 북극 위치도 변하여 1만 년이 지나면 직녀성이 북극성이 된다.

4 천체의 위치와 적도 좌표계

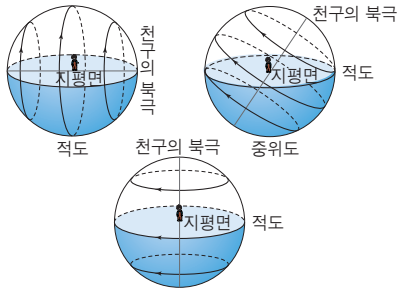
• 천구의 대원

(1) 수직권(vertical circle): 천정과 천저를 잇는 천구 상의 대원

(2) 자오선(meridian): 천구의 북극, 천정, 천구의 남극을 지나는 천구 상의 대원. 자오선의 어원은 라틴어로서 meridium인데, AM(Ante meridium)은 태양이 자오선을 통과하기 전의 시간을 의미하고, PM (Post meridium)은 태양이 자오선을 통과한 후의 시간을 의미한다.

기출 문제 | 2007학년도 대수능

그림은 적도, 중위도, 북극에서 천체의 일주 운동을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 적도에서는 춘분날 태양이 천정을 지난다.
② 적도에서는 동짓날 밤의 길이가 낮의 길이보다 길다.
③ 관측자의 위치가 고위도일수록 주극성의 수는 많아진다.
④ 위도 37.5°N에서는 추분날 태양의 남중 고도가 52.5°이다.
⑤ 북극에서는 하짓날 태양이 지평면 아래로 내려가지 않는다.

해설 ① 적도에서는 춘분날과 추분날 태양이 천정을 지난다.
② 적도에서는 낮의 길이와 밤의 길이가 항상 같다.
③ 적도에서는 모든 별이 출몰성이고, 북극에서는 천구에 있는 별의 절반이 주극성이다.
④ $h = 90° - \varphi + \delta = 90° - 37.5° + 0 = 52.5°$
⑤ 북극에서는 춘분날부터 추분날까지 태양이 지평면 아래로 내려가지 않고, 반대로 추분날부터 춘분날까지 태양이 지평면 위로 뜨지 않는다. **정답** ②

• 천체의 좌표계

천체의 위치를 나타내는 방법에는 지평 좌표계, 적도 좌표계, 황도 좌표계, 은하 좌표계 등이 있다.

• 지평 좌표계

(1) 관측자를 중심으로 한 좌표계로, 천체의 위치를 방위각과 고도로 나타낸다.

(2) 북점으로부터 천체를 지나는 수직권까지 지평선을 따라 시계 방향으로 잰 각거리를 방위각이라 한다. 방위각은 지평선을 따라 시계 방향으로 증가하여 동점은 90°, 남점은 180°, 서점은 270°이다.

(3) 지평선에서 천체까지 잰 각거리를 고도라고 한다.

(4) A와 h는 각각 방위각과 고도를 나타내는 기호로 흔히 사용된다.

(5) 지평 좌표계는 관측자 중심의 좌표계이므로, 관측자가 현재 상태에서 천체의 위치를 잘 알 수 있는 장점이 있다. 그러나 지평 좌표계로 천체의 위치를 나타내면 천체의 방위각과 고도가 계속해서 변하는 단점이 있다.

• 적도 좌표계

(1) 춘분점과 천구의 적도를 기준으로 천체의 위치를 나타낸 좌표계이다.

(2) 춘분점을 지나는 시간권과 천체를 지나는 시간권이 이루는 각을 적경이라 한다. 적경 값은 태양 공전 방향인 서에서 동으로 갈수록 증가한다. 하지점, 추분점, 동지점의 적경 값은 각각 6h, 12h, 18h이다.

(3) 천구의 적도에서 시간권을 따라 천체까지 잰 각거리를 적위라 한다. 천구의 적도, 천구의 북극, 천구의 남극의 적위 값은 각각 0°, +90°, −90°이다.

(4) α와 δ는 각각 적경과 적위를 나타내는 기호로 흔히 사용된다.

(5) 절기별 태양의 적도 좌표

절기	춘분	하지	추분	동지
적경	0h	6h	12h	18h
적위	0°	+23.5°	0°	−23.5°

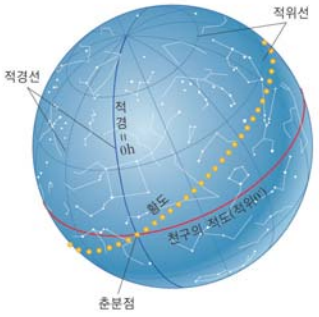


그림 Ⅳ-8 적도 좌표계

시간권
천구의 북극과 천구의 남극을 지나는 원

천체의 남중 고도와 남중 시각, 그리고 천체가 지평선 위에 떠 있는 시간은 천구 상에서 천체의 위치에 따라 달라진다. 천체의 위치는 어떠한 방법으로 나타낼까?

지구 표면의 한 지점의 위치를 위도와 경도를 이용하여 나타내듯이 천체의 위치도 비슷한 방법으로 나타낼 수 있는데, 이러한 좌표계를 **적도 좌표계**라 한다. 적도 좌표계는 그림 Ⅳ-8과 같이 천체의 위치를 춘분점과 천구의 적도를 기준으로 하여 **적경**와 **적위**로 나타내는 좌표계이다. 적경은 춘분점을 지나는 시간권과 천체를 지나는 시간권이 이루는 각(α)으로, 춘분점으로부터 반시계 방향으로 0~24시까지의 시간으로 표시한다. 적위는 천구의 적도에서 시간권을 따라 천체까지 측정한 각도(δ)로, ±90°까지의 각도로 나타낸다. 천구의 북반구에 있는 천체는 (+), 남반구에 있는 천체는 (−)로 표기한다.

천체가 일주 운동하여 밤하늘에서 위치가 달라지더라도 천체의 적경과 적위는 변하지 않는다. 이는 적도 좌표계의 기준이 되는 춘분점과 천구의 적도가 천체와 같이 일주 운동하여 천체까지의 상대적 거리는 변하지 않기 때문이다.

다음 탐구를 통해 천체의 적도 좌표를 이용하여 천체의 남중 시각을 예상해 보자.

탐구 2 관찰 별자리의 적도 좌표와 별자리 관측

과정 다음 표는 우리나라에서 볼 수 있는 별자리 몇 개의 적도 좌표이다. 별자리의 남중 시각과 남중 고도를 구하고 실제로 별자리를 관측해 보자.

별자리	적경	적위
안드로메다자리	0h 40m	+38°
페르세우스자리	3h 20m	+42°
큰개자리	6h 40m	−24°
사자자리	10h 30m	+15°
처녀자리	13h 20m	−2°
전갈자리	16h 20m	−26°
거문고자리	18h 45m	+36°
백조자리	20h 30m	+43°

정리
1. 별자리의 남중 시각을 알기 위해서 알아야할 것은 무엇인가?
2. 오늘 밤에 관측하기 가장 좋은 별자리는 무엇이고, 언제 관측해야 하는가?
3. 다른 별자리도 관측해 보고 별자리판을 이용하여 별자리의 이름을 확인해 보자.

220 | Ⅳ. 다가오는 우주

4. 천체의 위치와 적도 좌표계

(1) 고도 : 지평선에서 천체까지 측정한 각

(2) 남중 : 천체가 남쪽 하늘에 위치하여 가장 높이 떴을 때

(3) 적경 : 춘분점을 지나는 시간권과 천체를 지나는 시간권이 이루는 각

(4) 적위 : 천구의 적도에서 시간권을 따라 천체까지 측정한 각도

(5) 천체의 남중 시각 : 태양과의 적경 차이에 따라 달라짐

(6) 천체가 떠 있는 시간 : 적위가 클수록 떠 있는 시간이 길어짐

천체의 남중 시각은 천체와 태양이 이루는 적경의 차이에 따라 달라진다. 예를 들어 그림 Ⅳ-9와 같이 천체의 적경이 태양보다 3시간 큰 경우, 천체는 태양이 남중하고 3시간 후에 남중한다. 반대로 천체의 적경이 태양보다 3시간 작은 경우, 천체는 태양이 남중하는 12시보다 3시간 전에 남중한다. 그런데 태양이 연주 운동으로 인해 황도 상을 움직임에 따라 태양의 적경이 변하므로, 태양과 천체의 적경 차이도 달라지게 된다. 따라서 천체의 남중 시각은 일정하지 않고 1년을 주기로 계속 달라진다.

한편 우리나라와 같은 중위도 지방에서 천체가 지평선 위에 떠 있는 시간은 천체의 적위에 따라 달라진다. 적위가 0°인 천체는 일주권이 천구의 적도와 같으므로 그림 Ⅳ-10과 같이 일주권이 지평선에 의해 정확하게 반으로 나누어진다. 따라서 천체는 지평선 위에 12시간 동안 떠 있게 된다. (+) 적위를 갖는 천체는 지평선 위에 떠 있는 시간이 지평선 아래에 머무르는 시간보다 길고, (−) 적위를 갖는 천체는 그 반대가 된다.

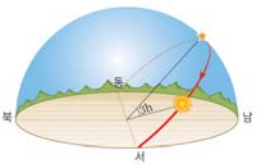


그림 Ⅳ-9 천체의 남중 시각

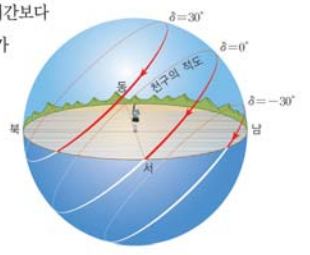


그림 Ⅳ-10 천체가 떠 있는 시간

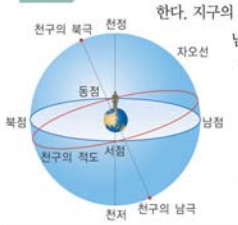
물음 2, 3

2. 춘분점, 하지점, 추분점, 동지점의 적도 좌표를 구해 보자.
3. 북위 37°인 지역에서 항상 지평선 위에 떠 있는 천체의 적위, 항상 지평선 아래에 머무르는 천체의 적위를 구해 보자.

한 걸음 더 천구

오른쪽 그림과 같이 천구에서 관측자의 머리 위에 있는 점을 천정, 발 아래에 있는 점을 천저라 한다. 지구의 자전축을 연장하면 천구와 두 점에서 만나는데 이 중 북쪽에 있는 점을 천구의 북극, 남쪽에 있는 점을 천구의 남극이라 한다. 지구의 적도를 천구에 연장하여 그린 원을 천구의 적도라 하며 천정, 천저, 천구의 북극, 천구의 남극을 지나는 원을 자오선이라 한다.

지평선과 자오선이 만나는 두 점 중 북쪽에 있는 것을 북점, 남쪽에 있는 것을 남점이라 하며 지평선과 천구의 적도가 만나는 두 점 중 동쪽에 있는 것을 동점, 서쪽에 있는 것을 서점이라 한다.



탐구 2 관찰

별자리의 적도 좌표와 별자리 관측

1. 목표

천체의 적도 좌표를 이용하여 천체의 관측 시기 알아내고, 별자리판에서 확인할 수 있다.

2. 정리

1. 태양과 별자리의 적경 차이를 알아야 한다.
2. 밤에 관측하기 좋은 별자리는 천구에서 태양과 반대쪽에 있어 밤 동안 계속 관측할 수 있고, 동시에 남중 고도가 높은 별자리이다. 따라서 태양과 적경 차이가 12시에 가까우면서 적위가 큰 별자리가 오늘 밤 관측하기 좋은 별자리이다.
3. 임의의 별자리를 관찰하면서 별자리판을 이용하면 미처 알지 못했던 주변의 새로운 별자리를 확인할 수 있다.

물음 2

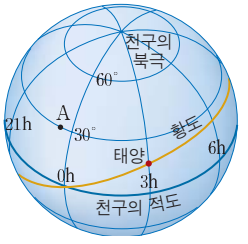
천구의 적도와 황도가 23.5° 기울어져 있으므로 춘분점은 0h, 0°, 하지점은 6h, +23.5°, 추분점은 12h, 0°, 동지점은 18h, −23.5°이다.

물음 3

항상 지평선 위에 떠 있는 천체의 적위 범위는 53°~90°, 항상 지평선 아래에 머무르는 천체의 적위 범위는 −90°~−53°이다.

기출 문제 2010학년도 대수능

그림은 천구의에 태양과 별 A의 위치를 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 태양의 적경은 3h이다.
ㄴ. 별 A의 적위는 +30°이다.
ㄷ. 천구의 적도와 황도가 만나는 점은 하지점이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

해설 ㄱ. 춘분점을 지나는 시간권과 천체를 지나는 시간권이 이루는 각이 적경이므로, 태양의 적경은 3h이다.
ㄴ. 천구의 적도에서 시간권을 따라 천체까지 측정한 각도가 적위이므로, 별 A의 적위는 +30°이다. **정답** ④

오답 ㄷ. 천구의 적도와 황도가 만나는 점은 춘분점과 추분점이다.

2 행성의 운동과 태양계 모형

소단원의 학습 목표

1. 역사적인 관점에서 다양한 태양계 모형을 살펴보고, 이들로 행성의 시운동을 설명할 수 있음을 이해한다.
2. 회합 주기, 공전 주기, 태양에 대한 행성의 위치에 대해 학습하고, 행성의 운동이 케플러 법칙을 따름을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 고대의 우주관으로부터 프톨레마이오스, 코페르니쿠스, 티코 등의 태양계 모형을 소개하고, 이들이 천체의 운동을 어떻게 설명하였는지 이해하게 한다. 지구 중심의 태양계 모형이 태양 중심 모형으로 바뀐 원인 중의 하나가 행성의 관측을 효과적으로 설명하는 데 있었음을 파악하게 하고, 이를 위하여 행성의 관측과 시운동을 다룬다.
2. 역서에서 행성들의 적경과 적위를 조사하여 행성의 관측 시기를 파악한 후, 직접 관측하거나 컴퓨터 프로그램을 통해 확인한다. 쌍안경이나 망원경을 이용하여 관측할 때는 행성의 위상이나 표면(대기)의 특징을 함께 관측한다.
3. 행성을 직접 관측하거나 컴퓨터 프로그램을 통해 관측 상황을 구현하고, 관측 결과를 행성과 지구의 위치 관계를 이용하여 설명한 후, 행성의 공전 주기와 회합 주기의 개념을 이해하게 한다. 행성의 회합 주기를 이용하여 공전 주기를 구하는 과정을 다루고, 행성의 공전과 관련지어 케플러의 제 1, 2, 3법칙을 다룬다. 또한, 행성뿐만 아니라 중력적으로 속박되어 있는 천체들은 케플러 운동을 만족하고 있음과 케플러의 법칙이 인공위성이나 태양 탐사선의 궤도를 결정하는 데도 활용되고 있음을 간략히 소개한다.



2 행성의 운동과 태양계 모형

학습 목표

1. 태양계 모형에 따른 행성의 시운동을 설명할 수 있다.
2. 케플러 법칙을 이용하여 행성의 운동을 설명할 수 있다.

태양을 비롯한 모든 천체들은 매일 동쪽에서 떠서 서쪽으로 진다. 그리고 태양과 달, 행성들은 천구 상에서 별 사이를 움직여 다닌다. 천체의 이러한 움직임은 시대에 따라 다른 방식으로 설명되어 왔다.

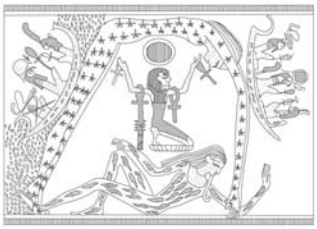


그림 Ⅳ-11 이집트 인들의 우주관

1 고대의 우주관

4000년 전의 고대 이집트 사람들은 그림 Ⅳ-11과 같이 하늘의 여신이 몸에 별을 새긴 채 우주를 에워싸고 있고 그 아래에는 공기의 신과 땅의 신이 있다고 믿었다. 그리고 하늘의 여신이 매일 태양을 토해내면 하늘을 떠다니는 배가 태양을 싣고 이동한다고 생각했다. 비슷한 시기의 인도 사람들은 엄청나게 큰 코브라 위에 거북이가 올라 타있고, 이 거북이 등 위에 있는 코끼리들이 땅을 떠받치고 있다고 믿었다. 그리고 땅의 중앙에는 높은 산이 솟아 있으며, 해와 달은 그 위를 돌고 있다고 생각했다.

이와 같이 고대인들은 천체의 움직임을 신화나 전설로 설명하려 하였다. 한편, 피타고라스는 행성이나 별이 투명한 구의 표면에 붙어 있고, 이 천체들은 지구를 중심으로 돈다고 생각하였다. 이러한 지구 중심의 태양계 모형은 아리스토텔레스로 이어지고 프톨레마이오스에 의해 체계적으로 정리되어 서양 우주관의 중심 사상으로 자리 잡게 된다.

연구 4 고대인들의 또 다른 우주관에 대해 조사해 보자.

2 행성의 시운동

수성, 금성, 화성, 목성, 토성은 밤하늘에서 육안으로도 관측할 수 있는 행성들이다. 이 행성들을 몇 달에 걸쳐 관측해 보면 행성이 천구 상의 별자리 사이를 조금씩 옮겨 다니는 것을 알 수 있는데, 이러한 움직임을 **행성의 시운동**이라 한다.

망원경이 발명되기 전 사람들은 여러 가지 도구를 이용하여 행성의 시운동을 관찰하였다.

이와 비슷한 방법으로 행성의 움직임을 나타내는 방법을 알아보자.

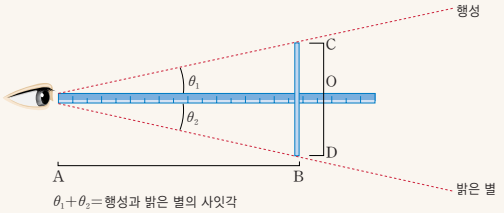
222 | Ⅳ. 다가오는 우주

1. 고대의 우주관
   (1) 이집트와 인도의 우주관 : 천체의 움직임을 신화나 전설로 설명
   (2) 그리스의 우주관 : 피타고라스, 아리스토텔레스, 프톨레마이오스로 이어지며 서양 우주관의 중심 사상이 됨.
2. 행성의 시운동
   (1) 순행 : 행성이 서쪽에서 동쪽으로 움직일 때
   (2) 역행 : 행성이 동쪽에서 서쪽으로 움직일 때
   (3) 최대 이각 : 수성과 금성에서만 관측되는 태양과의 최대 각거리

탐구 3 관찰 **행성의 시운동 관측**

과정

1. 역서나 천체 관측 컴퓨터 프로그램 등을 통해 화성, 목성, 토성 중에서 밤에 관측할 수 있는 행성 하나를 선택한다.
2. 그림 (가)와 같이 1미터 길이의 막대 자에 짧은 길이의 다른 막대를 고무줄 등을 이용해 십자형으로 연결한다. 이때 짧은 막대가 움직일 수 있도록 느슨하게 연결한다.



$\theta_1+\theta_2$=행성과 밝은 별의 사잇각

$\tan\theta_1=\frac{OC}{AB}$ $\tan\theta_2=\frac{OD}{AB}$

(가)

3. 짧은 막대를 움직여서 막대의 한 쪽 끝에는 행성이, 다른 쪽 끝에는 행성 주변의 밝은 별이 오도록 한다. 이때 행성과 별의 사잇각은 간단한 삼각함수로 계산할 수 있다.
4. 위 과정을 행성 주변의 또 다른 밝은 별 두 개에 대해서도 실시하고, 그림 (나)와 같이 관측된 사잇각들을 반지름으로 하는 원들을 그리고, 이 원들이 만나는 점을 부록 286~287 쪽의 성도에 표시한다.
5. 한 달 동안 5일 간격으로 위와 같은 관측을 실시한다.



(나)

관측 날짜	행성과 첫 번째 별의 사잇각		행성과 두 번째 별의 사잇각		행성과 세 번째 별의 사잇각	
	별이름	사잇각	별이름	사잇각	별이름	사잇각

정리

1. 관측한 행성은 무엇인가?
2. 한 달 동안 천구에서 행성의 이동 방향과 경로를 설명해 보자.
3. 행성의 이동 속도를 계산하여 비교하고, 속도 차이가 난다면 그 이유가 무엇인지 토의해 보자.

내용 해설

1 고대의 우주관

• 그리스의 우주관

(1) BC 500년경 그리스 사람들은 정지된 지구가 우주의 중심에 있다고 생각하였다. 그리고 별이 하늘에 붙은 상태로 북극을 중심으로 회전하여 별의 상대적인 위치가 변하지 않으며, 천체가 모두 원운동을 한다고 생각하였다.

(2) 행성의 순행, 유, 역행을 설명하기 위해 그리스 사람들은 작은 원운동을 도입하였는데, 이 생각은 코페르니쿠스와 갈릴레이까지 이어져 왔다.

(3) BC 370년 헤라클레이데스는 지구가 둥글고 우주의 중심에 위치해 있고 지구 둘레를 달과 태양이 돌고 있으며, 수성이나 금성 등 행성은 태양 둘레를 돈다고 주장하였다.

(4) 아리스타르코스는 태양 중심의 태양계 모형을 도입하여 지구가 하루에 한 번씩 자전을 하면서 1년에 한 번씩 공전한다고 주장하였다.

(5) 에우독소스(Eudoxos)는 각 행성에 몇 개의 동심구를 겹치고, 각 구의 회전축과 회전 속도를 적당이 짜 맞추어서 행성의 역행을 설명하였다. 그는 항성에 1개의 천구, 태양과 달에 3개의 천구, 다섯 행성에 4개의 천구를 각각 배정하고, 각 천구의 회전축과 회전 주기를 달리하여 행성의 불규칙한 운동을 설명하였다. 에우독소스가 천구를 배정한 이유는 피타고라스 학파의 영향을 받은 것이다.

연구 4

가장 오래된 우주관은 메소포타미아 문명을 일으킨 수메르 인들이 만든 것으로, 편평한 지구는 하늘이라는 둥근 천장이 덮고 있으며, 이 천장과 땅 사이에는 태양과 달, 별들이 가득 차 있는데 이 모두가 신들의 지배를 받는다고 생각하였다.

2 행성의 시운동

탐구 3 관찰

행성의 시운동 관측

1. 목표

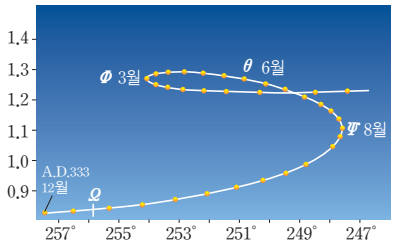
행성을 직접 관측하고, 관측 결과를 행성과 지구의 위치 관계를 이용하여 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 화성, 목성, 토성 중 시간 상 관측이 쉬운 행성을 선택한다.
2. 행성들은 서쪽에서 동쪽으로 별자리 사이를 움직여간다. 그러나 관측 기간 동안 행성의 역행이 일어난다면, 행성이 동쪽에서 서쪽으로 움직인다.
3. 행성의 이동 속도는 행성이 천구 상에서 움직인 각(°)을 이동 시간(일)으로 나누면 구할 수 있다. 속도를 구간별로 구해 보면 유 근처에서 행성의 속도가 느려짐을 알 수 있다. 유는 행성의 이동 방향이 달라지는 시기이므로 속도가 느려진다.

• 행성의 시운동 관측

행성을 매일 관측하여 그 위치를 표시하면, 행성이 별자리 사이를 움직이는 것을 확인할 수 있다. 133년 프톨레마이오스는 토성의 움직임을 관측하였고, 지구 중심설 모형을 만드는 데 그의 관측 결과를 활용하였다. 토성은 ϕ 위치에 있을 때 잠시 정지한 후 역행을 시작하였고, ψ 위치에 있을 때 잠시 정지한 후 순행을 시작하였다.



• 행성의 시운동에 따른 적경 변화 순행기간에는 행성의 위치를 나타내는 적경 값이 증가하고, 역행기간에는 감소한다.

3 지구 중심의 태양계 모형

• 프톨레마이오스(Ptolemaeus)의 지구 중심 태양계 모형

(1) 프톨레마이오스의 지구 중심설은 아리스토텔레스의 원운동의 개념을 기초로 철학적 해석과 기하학적 설명이 추가된 것으로, 그의 지구 중심설에서는 지구가 우주의 중심에 있어서 땅은 고정되고 하늘이 회전한다.

(2) 중세 로마 시대의 신학에서 지구 중심설을 받아들임으로써 지구 중심설이 신학적 권위가 있는 진리로 받아들여졌다.

(3) 프톨레마이오스의 지구 중심설은 동심천구의 모형에서 이심원과 주전원을 도입하였다. 배열 순서는 지구를 중심으로 한 이심원을 따라 달, 수성, 금성, 태양, 화성, 목성, 토성이 움직이게 하였다. 달과 태양은 주전원을 도입하지 않았고 수성, 금성, 화성, 목성, 토성에는 주전원을 도입하였다.

(4) 주전원(epicycle)은 행성의 역행을 설명하기 위해 도입한 이심원 상의 작은 원을 말한다. 이심원은 지구로부터 행성까지의 거리가 변하여 행성의 밝기 변화를 설명할 수 있었고, 주전원은 주전원의 크기와 원운동 속도를 이용하여 행성의 역행을 설명할 수 있었다.

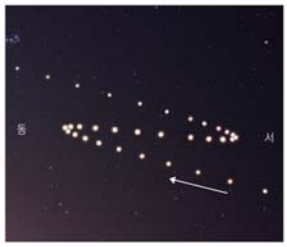


그림 Ⅳ-12 화성의 시운동



그림 Ⅳ-13 최대 이각에 위치한 금성

행성을 장기간 관측해 보면 그림 Ⅳ-12와 같이 행성이 천구 상의 서쪽에서 동쪽으로 움직이다가 반대로 동쪽에서 서쪽으로 움직이고, 다시 서쪽에서 동쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 이렇게 행성이 서쪽에서 동쪽으로 움직일 때를 **순행**, 동쪽에서 서쪽으로 움직일 때를 **역행**이라 한다. 그리고 순행에서 역행으로, 또는 역행에서 순행으로 이동 방향이 바뀌는 잠시 동안 행성이 정지해 있을 때를 **유**라 한다. 행성은 순행, 유, 역행, 유, 순행을 계속 반복하며 움직인다. 행성의 이러한 시운동은 모든 행성에서 나타나지만 특히 화성에서 잘 관찰된다.

한편 수성과 금성을 장기간 관측해 보면 이 행성들은 태양으로부터 일정한 각도 이내에서 왕복 운동하며, 항상 초저녁이나 새벽녘에만 관측됨을 알 수 있다. 이 행성들이 태양으로부터 최대로 멀어졌을 때의 각도를 **최대 이각**이라 하며, 수성은 28°, 금성은 48° 정도이다. 수성은 최대 이각이 크지 않아서 관측하기 어렵지만, 금성은 그림 Ⅳ-13과 같이 최대 이각일 때 쉽게 관측할 수 있다.

이각
지구에서 볼 때 태양과 행성 사이의 각을 말한다.



프톨레마이오스 (Ptolemaeos, C.)
– 알렉산드리아 : ?~? –
2세기 전반에 활약한 천문학자로, 저서 『천문학 집대성』(아랍어 역본은 「알마게스트」)에서 지구 중심 태양계 모형을 완성하였다. 그가 제시한 우주관은 르네상스 시대까지 서양을 지배하였다.

3 지구 중심의 태양계 모형

고대에는 땅이 움직이지 않는다는 경험과 지구가 중심이라는 종교적 믿음 때문에 지구 중심의 태양계 모형이 널리 받아들여졌다. 그러나 당시 지구 중심의 태양계 모형은 행성의 역행과 최대 이각 현상을 완벽하게 설명하지는 못하였다.



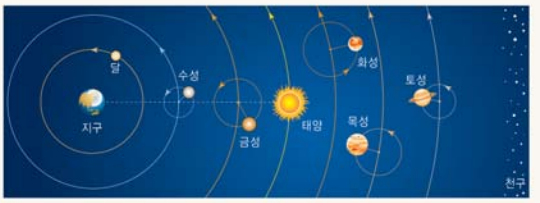
프톨레마이오스는 지구 중심설에 자신만의 이론을 더하여 행성의 시운동을 성공적으로 설명하였다.

3. 지구 중심의 태양계 모형
(1) 프톨레마이오스는 행성의 운동에 주전원을 도입하여 행성의 역행과 최대 이각 현상을 설명함.
(2) 자료가 방대해질수록 실제와 이론이 잘 들어맞지 않게 됨.
4. 태양 중심의 태양계 모형
(1) 코페르니쿠스는 태양을 우주의 중심에 놓고 관측 현상을 잘 설명함.
(2) 티코 브라헤는 연주 시차가 관측되지 않는다며 태양 중심설이 틀렸다고 주장
(3) 갈릴레이는 망원경을 통한 관측을 통해 태양 중심설을 뒷받침함.

지구 중심설에 활력을 불어 넣은 프톨레마이오스의 이론에 대해 알아보자.

탐구 4 자료 해석 **프톨레마이오스의 지구 중심 태양계 모형**

과정 다음 그림은 프톨레마이오스가 주장한 지구 중심의 태양계 모형으로, 행성은 지구 주위를 공전한다. 이때 행성은 주 궤도에 중심 둔 작은 원 궤도를 따라 움직이는데, 이 원을 주전원이라 한다.



정리 1. 프톨레마이오스는 행성의 운동에 주전원을 도입하여 행성의 역행 현상을 설명하였다. 주전원을 이용하여 행성의 역행을 설명해 보자.
2. 그림에서 수성과 금성의 주전원의 중심은 항상 지구와 태양을 연결한 선 위에 놓인다. 이로부터 어떠한 관측 현상을 설명할 수 있는가?

프톨레마이오스의 지구 중심설은 행성의 시운동을 성공적으로 설명했을 뿐만 아니라 기독교의 교리에도 잘 맞았기 때문에, 1500년 이상 서양의 우주관으로 자리 잡았다.

그러나 천체 관측 기간이 길어지고 자료가 많아질수록 지구 중심설의 예측과 관측 결과는 잘 들어맞지 않게 되었다. 이를 설명하기 위해 학자들은 프톨레마이오스의 이론에 더 많은 보조원을 도입하였고, 결국 지구 중심설은 과학자들조차 이해하기 어려울 정도로 매우 복잡한 상태가 되었다.

4 태양 중심의 태양계 모형

코페르니쿠스는 지구 중심의 태양계 모형이 천체의 운동을 설명하는데 매우 복잡하다고 생각하였고, 이에 대한 대안으로 **태양 중심의 태양계 모형**을 제안하였다. 그는 우주의 중심에 태양이 있고, 행성들은 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성 순서로 태양 주위를 공전하며, 달은 지구 주위를 돈다고 생각하였다. 그리고 행성의 공전 속도는 태양으로부터 멀어질수록 느려진다고 설명하였다. 이러한 코페르니쿠스의 이론은 주전원 등과 같은 복잡한 기하학적 모형 없이 행성의 시운동을 설명할 수 있었다.

코페르니쿠스의 태양계 모형으로 행성의 역행 현상을 설명하는 방법을 알아보자.



코페르니쿠스(Copernicus, N.)
– 폴란드 : 1473~1543 –
천문학자로 『천체의 회전에 관하여』라는 저서를 통해 지구가 태양의 둘레를 돌고 있다고 주장하였다.

(5) 수성과 금성의 주전원은 태양의 이심원 운동과 연결하여 지구 둘레를 회전하도록 하였으므로, 내행성의 최대 이각을 설명할 수 있었다.

탐구 4 자료 해석

프톨레마이오스의 지구 중심 태양계 모형

1. 목표

프톨레마이오스의 태양계 모형을 살펴보고, 이 모형으로 행성의 시운동을 설명할 수 있음을 이해한다.

2. 정리

1. 프톨레마이오스는 주전원의 크기와 원운동 속도를 달리함으로써 행성의 역행을 설명하였다.
2. 내행성이 태양으로부터 일정 각도 이상 멀어지지 않는 최대 이각 현상을 설명할 수 있다.

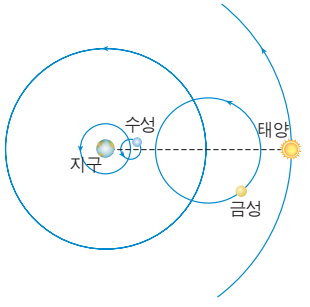
4 태양 중심의 태양계 모형

• 코페르니쿠스 태양 중심설

코페르니쿠스는 1514년 교황의 명에 의해 역법 개정을 위한 천체 운동 연구를 시작하여 1543년에 「천구의 회전에 대하여」를 발간하였고, 이 책에서 태양계의 천체들을 태양을 중심으로 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성의 순으로 배열하였다. 그리고 행성과 지구는 태양을 중심으로 일정한 속도로 운동을 한다고 주장하였으나, 당시 사람들의 별다른 관심을 끌지 못하였다.

기출 문제 | 2010학년도 대수능

그림은 프톨레마이오스 우주관의 일부를 모식적으로 나타낸 것이다.



이 우주관으로 설명할 수 있는 관측 사실만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보기〉

ㄱ. 최대 이각은 금성이 수성보다 크다.
ㄴ. 지구와의 최단 거리는 금성이 수성보다 작다.
ㄷ. 금성이 보름달 모양에 가까운 모습으로 관측된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 수성의 최대 이각은 28°, 금성은 48° 정도로서 금성의 최대 이각의 수성의 최대 이각보다 크다. 프톨레마이오스의 우주 모형에서는 금성의 주전원이 수성의 주전원보다 크므로 이 현상이 잘 설명된다. **정답** ①

오답 ㄴ. 수성의 주전원 중심이 금성의 주전원 중심보다 지구로부터 가까이 있으므로 수성이 금성보다 가깝다.
ㄷ. 프톨레마이오스 모형에서는 금성이 외합의 위치에 올 수 없으므로 보름달 모양의 위상이 만들어지지 않는다.

탐구 5 자료 해석

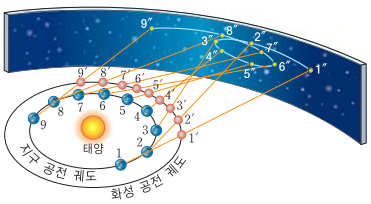
코페르니쿠스의 태양 중심 태양계 모형

1. 목표

태양 중심의 태양계 모형을 살펴보고, 이 모형으로 행성의 시운동을 설명할 수 있음을 이해한다.

2. 정리

1.



2. 순행하는 구간은 1~3, 6~9, 역행하는 구간은 3~6, 유는 3, 6이다.

• 티코 브라헤의 태양계 모형

티코 브라헤는 초신성을 관측하고 「신성에 관하여」라는 책을 발간하여 혜성이 지구 밖의 천체임을 증명하였다.

육분의로 천체의 위치를 정밀하게 관측하여 행성의 위치를 기록하였고, 별의 위치도 관측하였다. 그러나 연주 시차 현상을 관측할 수 없어 수정된 지구 중심설을 주장하였다. 그는 행성들은 태양 주위를 공전하고, 태양과 달이 지구 둘레를 공전한다고 주장하였다.



탐구 5 자료 해석 코페르니쿠스의 태양 중심 태양계 모형

과정 다음 그림은 코페르니쿠스의 태양 중심의 태양계 모형으로, 지구와 화성의 움직임이 한 달 간격으로 표시되었다.

정리 1. 천구상에 나타나는 화성의 위치를 시간에 따라 표시해 보자.
2. 화성이 순행하는 구간과 역행하는 구간, 유일 때는 언제인가?

티코 브라헤(Tycho, B.)
– 덴마크 : 1546~1601 –
천문학자로, 화성을 비롯한 행성의 정밀한 관측 기록을 남겼다.

행성의 공전 속도는 태양으로부터 멀어질수록 느려지므로, 화성은 지구보다 느린 속도로 공전한다. 따라서 지구와 화성이 공전하는 동안 두 행성의 거리가 가장 가까워질 때 지구는 화성을 앞질러 가게 된다. 이때 지구에서 화성을 관찰하면 화성은 역행하고 있다.

코페르니쿠스의 태양 중심의 태양계 모형이 발표되자 많은 사람들은 그 이론의 단순함에 매료되어 그의 우주관을 지지하게 되었다. 당대 최고의 관측 천문학자 티코 브라헤도 코페르니쿠스의 태양계 모형을 받아들이고 이를 증명하기 위한 관측을 실시하였다. 티코 브라헤는 지구가 태양 주위를 공전한다면 별의 위치가 1년을 주기로 이동하는 연주 시차가 관측되어야 한다고 생각하였다. 그러나 티코 브라헤는 연주 시차를 관측하는 데 실패하였고 결국 코페르니쿠스의 태양 중심 태양계 모형이 틀렸다고 주장하였다.

그림 Ⅳ-14 티코 브라헤의 태양계 모형

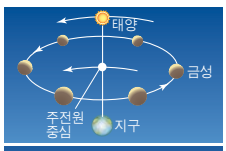
티코 브라헤는 지구 중심설과 태양 중심설의 중간 모형으로 그림 Ⅳ-14와 같은 우주 모형을 주장하였는데, 이 모형에서는 지구를 제외한 모든 행성은 태양 주위를 공전하고, 태양은 지구를 공전한다.

한편 동시대의 과학자 갈릴레이는 직접 망원경을 제작하여 그림 Ⅳ-15와 같이 금성의 위상이 변하는 것을 관측하였다. 이는 금성이 태양 주위를 공전하고 있음을 보이는 것으로 태양 중심설을 지지하는 결정적인 관측 증거였다.

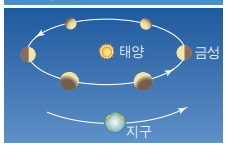
226 | Ⅳ. 다가오는 우주

기출문제 | 2011학년도 대수능

그림 (가)와 (나)는 지구 중심설과 태양 중심설에서 태양, 금성, 지구의 상대적인 위치 변화를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보기〉

ㄱ. (가)에서 태양의 공전 주기와 금성의 주전원 중심의 공전 주기는 같다.
ㄴ. (나)의 경우 금성이 보름달 모양으로 보이는 현상을 설명할 수 있다.
ㄷ. (가)와 (나) 모두 금성의 역행 현상을 설명할 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 금성의 주전원 중심은 항상 태양과 지구를 잇는 직선 위에 놓이므로, 태양의 공전 주기와 금성의 주전원 중심의 공전 주기는 같다.
ㄴ. 금성이 외합의 위치에 올 수 있으므로 보름달 모양의 위상이 만들어질 수 있다.
ㄷ. (가)와 (나) 모두 금성이 지구에서 가장 가까운 곳에서 움직일 때 금성의 역행 현상이 일어난다. 정답 ⑤

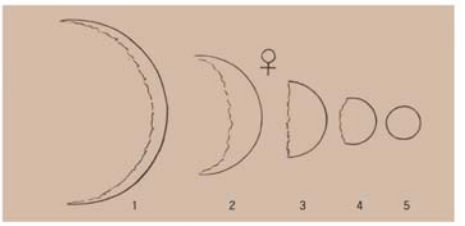


그림 Ⅳ-15 갈릴레이가 그린 금성의 위상 변화



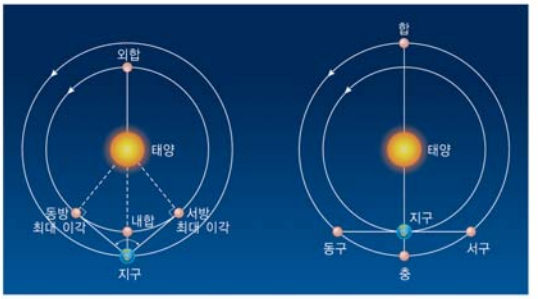
갈릴레이(Galilei, G.)
– 이탈리아 : 1564~1642 –
천문학자, 물리학자, 철학자. 진자의 등시성 발견. 망원경으로 목성의 위성, 달의 분화구, 태양의 흑점 등을 관찰. 코페르니쿠스의 태양 중심설이 정당함을 입증함.

물음 5 티코 브라헤가 뛰어난 관측 천문학자였음에도 불구하고 연주 시차를 관측하지 못한 까닭은 무엇일까?

5 행성의 위치와 행성 관측

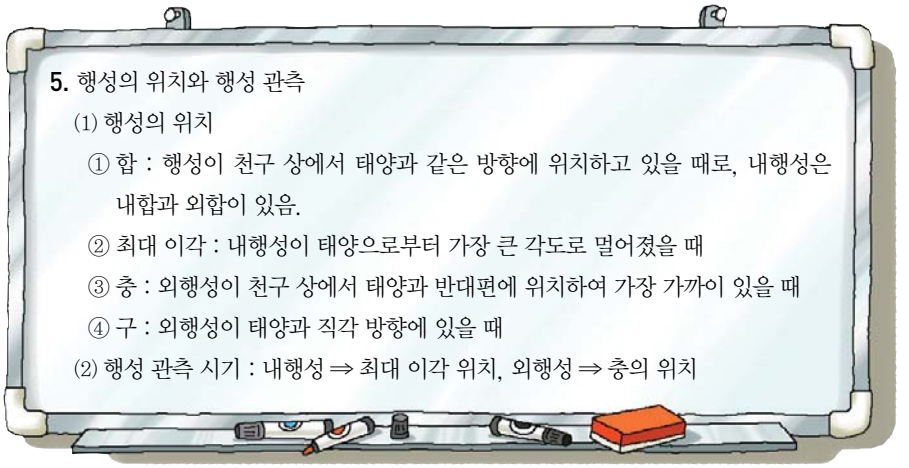
천구에 고정되어 있는 것처럼 보이는 항성과는 달리 행성은 별들 사이를 움직이는 복잡한 운동을 하고 있다. 행성이 천구 상에서 태양과 같은 방향에 위치하고 있을 때를 **합**이라 한다. 내행성의 경우 그림 Ⅳ-16의 (가)와 같이 태양과 일직선상에 놓이며 지구에 가장 가까이 있을 때를 **내합**, 지구로부터 가장 멀리 있을 때를 **외합**이라 한다. 내행성이 태양으로부터 가장 큰 각도로 멀어졌을 때를 **최대 이각**이라 하며, 태양에 대한 행성의 상대적 위치에 따라 동방 최대 이각과 서방 최대 이각으로 구분한다.

외행성의 경우 그림 Ⅳ-16의 (나)와 같이 태양과 일직선 상에 놓이며 지구로부터 가장 멀리 떨어져 있을 때를 **합**이라 하고, 태양과 반대편에 위치하여 지구에 가장 가까이 있을 때를 **충**이라 한다. 외행성이 태양과 직각 방향에 있을 때를 **구**라 하며, 태양에 대한 행성의 상대적 위치에 따라 동구와 서구로 구분한다.



(가) 내행성 (나) 외행성

그림 Ⅳ-16 행성의 위치



• 갈릴레이의 관측

망원경으로 처음 하늘을 본 사람은 갈릴레이로, 달 표면과 태양의 흑점, 목성의 위성 공전을 확인하였고, 은하수가 희미한 별들로 되어 있음을 발견하였다. 특히 "비너스가 달의 여신 아르테미스처럼 행동한다."고 쓴 것처럼, 금성의 위상과 크기 변화는 태양 중심 태양계 모형의 증거가 되었다.

물음 5

연주 시차가 가장 큰 별은 프록시마로 그 값이 0.76″이다. 즉 별의 연주 시차는 너무 작아 티코 브라헤가 살던 당시의 관측 기술로는 이를 측정할 수 없었다.

5 행성의 위치와 행성 관측

• 내행성

(1) 금성이 내합의 위치에 있으면 지구보다 더 빠른 속도로 공전하므로, 서방 최대 이각의 위치로 이동한다. 내행성은 동방 최대 이각에서부터 내합을 지나 서방 최대 이각까지 역행 현상이 나타난다.

(2) 서방 최대 이각에 있을 때 금성이 태양보다 먼저 떠오르므로 새벽에 관측할 수 있다. 금성은 외합의 위치를 지나서 동방 최대 이각의 위치로 이동한다. 동방 최대 이각에 있을 때 금성은 태양이 서쪽 하늘로 진 다음 초저녁에 관측할 수 있다.

(3) 금성의 크기는 내합의 위치에서 가장 크고, 외합의 위치에서 가장 작다. 금성의 위상은 태양으로부터 빛을 받는 부분의 위치에 따라 내합을 지난 후 동쪽 방향이 둥글게 보이는 초승달 형태에서 반달 형태로 바뀐다. 외합 부근에서 보름달 형태로 보인 다음 서쪽 방향이 둥근 반달, 초승달 형태로 변화한다.

• 외행성

(1) 외행성은 지구 궤도 밖에서 공전하므로, 지구와 태양을 기준으로 태양 방향부터 반대방향까지 위치가 변할 수 있다. 지구의 공전 속도가 외행성의 공전 속도보다 더 빠르므로 외행성은 상대적으로 뒤로 움직이는 것처럼 보인다. 따라서 외행성의 위치는 합

의 위치에서 서구, 충, 동구의 순서로 변하며, 충을 전후하여 역행 현상이 나타난다.

(2) 외행성이 충일 때 행성이 태양의 반대 방향에 위치하므로, 한밤중에 남중하고 가장 가깝기 때문에 가장 크고 밝게 보인다. 화성의 크기 변화는 가장 커서 가장 클 때 25″이고 가장 작을 때 3.5″이다.

(3) 내행성은 위상 변화가 뚜렷하지만, 외행성은 위상 변화가 거의 나타나지 않는다. 외행성은 각도에 따라 약간 이지러진 모습이 보이기도 하지만, 거의 보름달에 가까운 모양으로 보인다.

탐구 6 관찰

행성 관측

1. 목표

역서에서 행성들의 적경과 적위를 조사하여 행성의 관측 시기를 파악한 후, 망원경을 이용하여 행성의 위상이나 표면(대기)의 특징을 관측한다.

2. 정리

1. 역서를 이용하여 관측 가능한 행성을 선정한다.
2. 행성이 위치한 별자리도 함께 관측한다. 행성의 적경과 적위를 알면 성도에서 행성이 위치한 별자리를 알 수도 있다.
3. 내행성들은 위상이 관측되지만 외행성들은 그렇지 않다. 각 행성별 표면의 특징을 찾아보고, 이를 자신의 관측 결과와 비교해 본다.

행성을 관측하기 좋은 시기를 조사하고 망원경을 이용하여 행성을 관측하는 방법을 알아보자.

탐구 6 관찰 행성 관측

과정
1. 역서나 천체 관측 컴퓨터 프로그램을 이용하여 관측 가능한 행성을 확인하고, 행성이 뜨는 시각과 지는 시각을 조사한다.
2. 관측 예상 시각에 행성이 하늘의 어디에 위치할지 미리 조사한다.
3. 관측 시각이 되면 맨눈으로 먼저 행성의 위치를 확인한다.
4. 망원경을 설치한 후 행성을 파인더 시야의 중앙에 위치시킨다.
5. 접안렌즈의 배율을 바꾸어 가며 관측하고 행성의 특징을 기록하고 스케치한다.
6. 가능하면 여러 날 관측하여 행성의 표면에서 나타나는 변화들을 관찰한다.

주의 눈이 어둠에 익숙해질 정도로 충분한 시간이 지난 후 행성을 관찰한다. 약 1분 이상 접안렌즈를 들여다보며 표면의 모습을 스케치해 보자.



오후 11 : 30 오전 1 : 25 오전 3 : 30

시간에 따른 목성 표면의 변화

정리
1. 관측한 행성은 무엇이었고 어느 쪽 하늘에서 볼 수 있었는가?
2. 행성은 어느 별자리에 위치했었는가?
3. 행성의 위상은 무엇이었고 표면에서는 어떤 특징을 볼 수 있었는가?

행성을 관측하기 가장 좋은 시기는 내행성의 경우 태양으로부터 가장 멀리 떨어져 보이는 최대 이각의 위치에 있을 때이고, 외행성의 경우 지구와 가장 가까워 행성이 밝고 크게 보이는 충의 위치에 있을 때이다. 한편 행성의 공전 궤도면은 지구의 공전 궤도면인 황도면과 거의 일치하므로, 밤하늘에서 행성을 찾으려면 황도면을 따라 밝은 천체를 찾아보는 것이 좋은 방법이다.

물음 6, 7
6. 내행성이 동방 최대 이각이나 서방 최대 이각의 위치에 있을 때 각각 언제 어느 쪽 하늘에서 관측할 수 있는가?
7. 외행성이 가장 밝게 보일 때 행성의 위치는 어느 곳인가?

228 | Ⅳ. 다가오는 우주

기출문제 | 2011학년도 대수능

그림은 어느 해 1월 1일의 행성 위치를, 표는 행성의 공전 주기를 나타낸 것이다. 그림에서 공전 궤도의 크기는 실제 비율과 다르다.

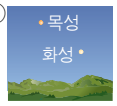


행성	공전 주기 (년)
금성	0.6
지구	1.0
화성	1.9
목성	11.9

다음 해 1월 1일 해가 진 직후 우리나라에서 관측한 서쪽 하늘의 모습으로 가장 적절한 것은?

① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

해설 어느 해 1월 1일의 행성 위치가 그림에 나타나 있고, 그로부터 1년이 지난 후에 지구는 문제의 그림과 똑같은 위치에 있게 될 것이다.

금성은 공전 주기가 0.6년이므로 그림에 나타난 위치에 돌아오고 난 후 0.4년 뒤에는 전체 궤도의 $\frac{2}{3}$를 더 지나 태양보다 외합에 가까운 동방 이각에 오게 된다.

화성의 경우는 현재 합의 위치에 있는데 1년이 지나면 전체 공전 궤도의 반을 조금 더 지나 충의 위치 정도가 되고, 목성의 경우 충에 좀 더 가깝게 위치하게 된다. 행성이 태양 근처에 위치하고 있어야 해가 진 직후 볼 수 있는데, 화성과 목성은 충의 위치에 있으므로 볼 수 없다. **정답** ①

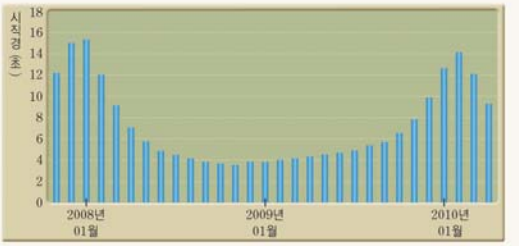
6 행성의 공전 주기

지구는 다른 행성들과 마찬가지로 태양 주위를 공전하고 있으므로 지구 이외의 행성의 공전 주기는 단순한 관찰에 의해서는 구할 수 없다.

행성의 공전 주기를 구하는 방법에 대해 알아보자.

탐구 7 자료 해석 화성 시직경의 변화

과정 다음 그림은 일정 기간 동안 지구에서 망원경으로 화성을 관찰하여 그 시직경을 기록한 것이다.



정리 1. 화성의 시직경이 변하는 이유를 태양, 지구, 화성의 상대적 위치 관계로 설명해 보자.
2. 위 그림에서 화성의 시직경이 변하는 주기를 구하고, 이 값이 갖는 의미를 설명해 보자.
3. 화성의 시직경이 변함에 따라 우리 눈에 보이는 화성의 밝기는 어떻게 변하는가?

행성의 시직경과 밝기는 태양, 지구, 행성의 상대적 위치에 따라 달라지는데, 태양에 대한 행성의 상대적 위치가 반복되는 주기를 **회합 주기**라 한다. 예를 들어 내행성의 경우 내합에서 다음 내합까지 걸린 시간, 외행성의 경우 충에서 다음 충까지 걸린 시간이 회합 주기가 된다.

그림 Ⅳ-17은 화성의 회합 주기를 이용하여 화성의 공전 주기를 구하는 방법을 나타낸 것이다. 지구가 E_0, 화성이 M_0의 위치에 있을 때 화성은 충의 위치에 있다. 태양에서 멀어질수록 공전 속도는 느려지므로, 하루 동안에 지구와 화성은 각각 $\angle E_0SE_1$, $\angle M_0SM_1$만큼 공전한다. 지구의 공전 주기를 P_E, 화성의 공전 주기를 P_M이라 하면 하루 동안 벌어진 지구와 화성의 공전 각도 차이는

$$\frac{360^\circ}{P_E} - \frac{360^\circ}{P_M}$$

가 된다. 이렇게 매일 발생한 공전 각도의 차이가 쌓여서 360°가 되면 화성은 다시 충의 위치에 오게 되므로 이 기간이 회합 주기가 된다. 화성의 회합

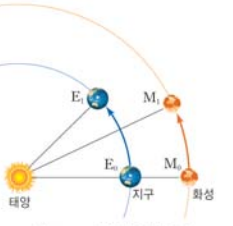


그림 Ⅳ-17 화성의 회합 주기

물음 6

내행성이 동방 최대 이각에 있을 때는 해가 지고 난 후 초저녁에 서쪽 하늘에서, 서방 최대 이각에 있을 때는 해뜨기 전 새벽에 동쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

물음 7

지구와 거리가 가장 가까운 충의 위치에 있을 때이다.

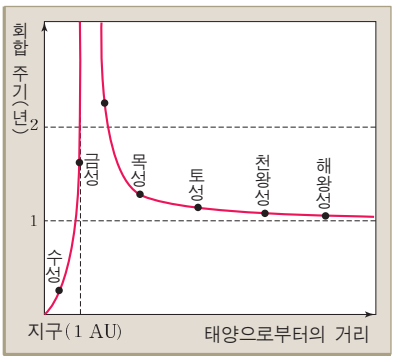
6 행성의 공전 주기

• 달의 회합 주기

달의 공전 주기는 약 27.3일이지만 달의 모양 변화 주기는 약 29.5일이다. 달의 모양 변화 주기는 달의 회합 주기이다.

• 행성의 회합 주기와 공전 주기

지구에서 멀리 떨어진 행성일수록 지구와의 공전 속도차가 크므로 회합 주기가 짧아지고, 지구에 가까운 행성일수록 공전 속도차가 작으므로 회합 주기가 길어진다. 외행성은 점차 멀어질수록 회합 주기가 1년으로 수렴한다.



행성의 회합 주기

6. 행성의 공전 주기

(1) 회합 주기 : 태양에 대한 행성의 상대적 위치가 반복되는 주기

(2) 행성의 공전 속도는 태양에서 멀어질수록 늦어짐.

(3) 하루 동안 벌어지는 지구와 화성의 공전 각도 차이 = $\frac{360^\circ}{P_E} - \frac{360^\circ}{P_M}$

(4) 화성의 회합 주기(S) : $\frac{1}{S_M} = \frac{1}{P_E} - \frac{1}{P_M}$

(5) 행성을 관측하여 회합 주기를 구하면 행성의 공전 주기를 알 수 있음.

연구 8

내행성의 회합 주기를 S_V, 공전 주기를 P_V라고 하면 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\frac{1}{S_V}=\frac{1}{P_V}-\frac{1}{P_E}$$

7 케플러의 법칙

• **케플러 제1법칙**

타원 궤도의 법칙으로 모든 행성의 공전 궤도는 태양을 하나의 초점으로 하는 타원 궤도를 그린다. 행성의 공전 궤도를 나타내는 타원의 방정식은

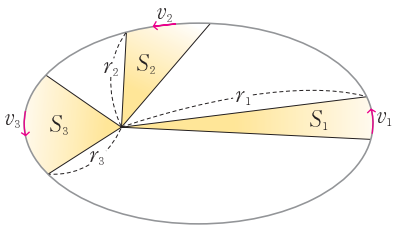
$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1(a>b>0)$이고 두 초점은

$(-c, 0), (+c, 0)$이다.

이심률 $e=\frac{c}{a}=\frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a}$이다.

• **케플러 제2법칙**

면적 속도 일정의 법칙으로 행성과 태양을 연결한 선은 언제나 같은 시간 동안에 같은 면적을 휩쓸고 지나간다. 공전 속도는 근일점에서 최대가 되고 원일점에서 최소가 된다.



$S_1=S_2=S_3$=일정

$r_1v_1=r_2v_2=r_3v_3$=일정

해보기

타원 그리기

1. 목표

정의에 따라 타원을 그려보면서 타원의 성질을 이해한다.

2. 정리

1. 이심률이 작아진 더 큰 타원이 만들어진다.
2. 이심률이 커진 더 찌그러진 타원이 만들어진다.

주기를 S_M이라고 하면

$$\left(\frac{360^\circ}{P_E}-\frac{360^\circ}{P_M}\right)\times S_M=360^\circ, \text{ 즉 } \frac{1}{S_M}=\frac{1}{P_E}-\frac{1}{P_M}$$

과 같은 관계가 성립한다. 그러므로 행성을 관측하여 회합 주기를 구하면 행성의 공전 주기를 알 수 있다. 표 Ⅳ-1은 이러한 방법으로 구한 행성의 공전 주기이다.

표 Ⅳ-1 행성의 회합 주기와 공전 주기

행성	수성	금성	화성	목성	토성	천왕성	해왕성
회합 주기(일)	116	584	780	399	378	370	368
공전 주기(일)	87.969	224.701	686.980	4335.057	10834.906	30685	60444

연구 8

내행성의 회합 주기와 공전 주기 사이의 관계식을 유도해 보자.



그림 Ⅳ-18 타원 궤도의 법칙

7 케플러의 법칙

17세기 초 당대 최고의 관측 천문학자였던 티코 브라헤는 방대하고 정밀한 행성 관측 자료를 남겼다. 이 자료를 물려받은 케플러는 오랜 연구 끝에 행성의 공전에 관한 세 가지 법칙을 발견하였다.

케플러는 먼저 그림 Ⅳ-18과 같이 행성의 궤도가 원이 아니라 타원이며, 그 초점에 태양이 있다고 하는 **타원 궤도의 법칙**(케플러 제 1 법칙)을 발표하였다. 이러한 발견은 천체가 모두 원운동하고 있을 것이라는 당시의 맹목적인 믿음을 깨뜨리는 획기적인 사건이었다.

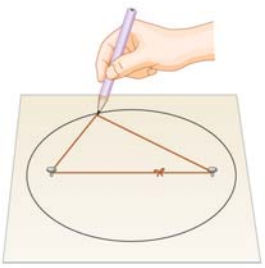
해 보기

타원 그리기

준비물 : 얇은 스타이로폼, 종이, 압정 2개, 끈, 연필

과정 : 1. 얇은 스타이로폼 위에 종이를 얹고 그 위에 압정을 두 개 꽂는다.
2. 끈의 양쪽을 묶어 고리를 만든 후 압정 두 개에 고리를 걸친다.
3. 고리의 팽팽함을 유지하면서 그림과 같이 연필을 한 바퀴 돌리면서 타원을 그린다.

정리 : 1. 끈의 길이를 길게 하여 타원을 그리면 어떤 변화가 나타나는가?
2. 압정 사이의 거리를 길게 하여 타원을 그리면 어떤 변화가 나타나는가?





7. 케플러 법칙

(1) 케플러 제1법칙 : 행성의 궤도는 타원이며, 그 초점에 태양이 있다.

(2) 케플러 제2법칙 : 태양과 행성을 잇는 직선이 동일한 시간에 휩쓸고 지나가는 면적은 항상 일정하다.

(3) 케플러 제3법칙 : 행성의 공전 주기의 제곱이 공전 궤도 긴 반지름의 세제곱에 비례한다.

(4) 케플러 법칙의 응용 : 우주 탐사선의 궤도를 결정하는 데 이용

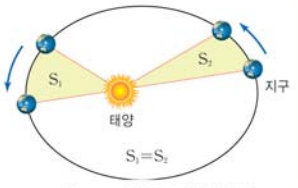


그림 Ⅳ-19 면적 속도 일정의 법칙

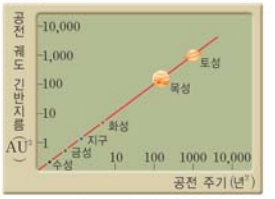


그림 Ⅳ-20 조화의 법칙



케플러(Kepler, J.)

– 독일 : 1571~1630 –

천문학자. 티코 브라헤의 조수로 그의 관측 자료를 분석하여 케플러의 세 가지 법칙을 발견함. 후에 뉴턴의 만유인력 발견에 큰 영향을 끼침.

근일점과 원일점

행성의 타원 궤도 중 태양에 가장 가까운 곳을 근일점, 가장 먼 곳을 원일점이라 한다.

또 케플러는 그림 Ⅳ-19에서와 같이 태양과 행성을 잇는 직선이 동일한 시간에 휩쓸고 지나가는 면적이 항상 일정하다는 것을 발견하였다. 이를 **면적 속도 일정의 법칙**(케플러 제 2 법칙)이라 한다. 이에 따르면 행성이 태양에 가까운 곳에서는 빨리 움직이고 멀리 떨어진 곳에서는 천천히 움직이므로 행성의 공전 속도는 근일점에서 가장 빠르고 원일점에서 가장 느리다.

케플러는 제 1 법칙과 제 2 법칙을 발표한지 10년 후에 그림 Ⅳ-20과 같이 행성의 공전 주기의 제곱이 공전 궤도 긴 반지름의 세제곱에 비례한다는 **조화의 법칙**(케플러 제 3 법칙)을 발표하였다. 조화의 법칙은 행성의 공전주기를 알면 태양과 행성 사이의 거리를 쉽게 구할 수 있는 매우 유용한 법칙이다. 이 법칙은 행성의 공전 운동을 간단하게 수학적으로 표현한 최초의 법칙으로 케플러의 수학적 천재성을 엿볼 수 있다.

케플러의 세 가지 법칙이 태양 주위를 공전하는 행성에만 성립하는 것은 아니다. 행성 주위를 공전하는 위성이나 지구 주위를 도는 인공위성 같이 중력으로 묶여 있는 모든 천체들은 케플러 법칙에 따라 운동한다. 과학자들은 우주 탐사선을 발사할 때도 케플러 법칙을 이용하여 궤도를 결정하고 있다.

조화의 법칙

$p^2=ka^3$

p : 행성의 공전주기(년)

a : 태양과 행성과의 거리(AU)

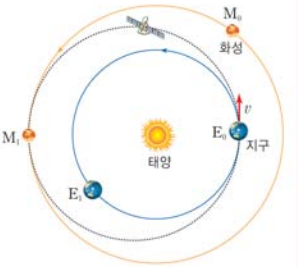
k : 비례 상수

한 걸음 더

케플러 법칙과 우주 탐사선의 궤도

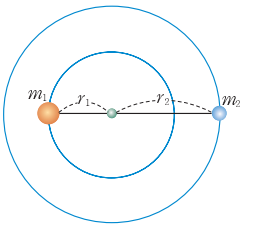
지구가 E_0, 화성이 M_0의 위치에 있을 때 지구에서 우주선을 적절한 속도 v로 발사하게 되면, 우주선은 태양을 초점으로 하는 타원 궤도를 그리면서 8~9개월 후 M_1 위치의 화성에 도착하게 된다. 우주선이 화성으로 날아가는 동안 지구는 공전하여 E_1에 위치한다. 1996년에 발사되어 화성 탐사에 성공한 패스파인더 호도 이러한 궤도로 발사되었다.

케플러의 법칙은 이와 같이 우주선의 궤도를 결정하는 데 이용되고 있다.



• 케플러 제3법칙의 유도

질량이 각각 m_1, m_2인 두 천체가 공통 질량 중심으로부터 각각 r_1, r_2, 만큼 떨어져서 회전한다고 가정한다.



(1) 회전하는 두 천체의 구심력은 각각

$$F_1 = m_1\frac{v_1^2}{r_1}\left(v_1=\frac{2\pi r_1}{p}\right)=\frac{4\pi^2 m_1 r_1}{P^2}$$

$$F_2 = m_2\frac{v_2^2}{r_2}\left(v_2=\frac{2\pi r_2}{p}\right)=\frac{4\pi^2 m_2 r_2}{P^2}$$

(2) 두 천체 사이에 작용하는 만유인력은

$$F = G\frac{m_1 m_2}{a^2}$$

(3) 각 천체의 구심력은 만유인력과 같으므로

$$G\frac{m_1 m_2}{a^2}=\frac{4\pi^2 m_1 r_1}{P^2} \text{ ---------- ①}$$

$$G\frac{m_1 m_2}{a^2}=\frac{4\pi^2 m_2 r_2}{P^2} \text{ ---------- ②}$$

(4) 한편 , $a=r_1+r_2$, $r_1m_1=r_2m_2$이므로

$$r_1=\frac{m_2 a}{m_1+m_2} \text{ ---------- ③}$$

(5) 식 ③을 식①에 대입하여 정리하면 케플러 제3법칙이 다음과 같이 유도된다.

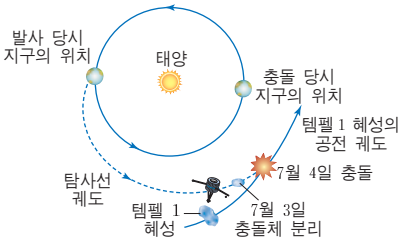
$$P^2=\frac{4\pi^2 a^3}{G(m_1+m_2)}$$

(6) 이때 m_1이 태양의 질량($M_\odot$), m_2가 어떤 행성의 질량이라면 $m_1 \gg m_2$이므로,

$k=\frac{4\pi^2}{GM_\odot}$는 케플러 제3법칙의 좋은 비례 상수가 된다.

기출 문제 | 2006학년도 평가원

그림은 미항공우주국(NASA)이 2005년에 탐사선 '딥 임팩트' 호를 발사하여 '템펠 1' 혜성에 충돌체를 충돌시킨 과정을 나타낸 것이다.



그림에서 추론한 내용으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은?

ㄱ. 발사된 탐사선은 지구 자전과 같은 방향으로 진행하였다.
ㄴ. 탐사선이 발사되어 혜성에 도달하기까지 약 6개월이 걸렸다.
ㄷ. 충돌 당시 혜성은 충의 위치에 있었다.
ㄹ. 충돌하는 모습은 지구에서 해 뜰 무렵에 관측할 수 있었다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

해설 ㄱ. 지구는 자전 방향과 공전 방향이 같은데, 그림에서 탐사선이 지구의 공전 방향으로 진행하므로 탐사선은 지구 자전과 같은 방향으로 발사되었다는 것을 알 수 있다.

ㄴ. 탐사선이 혜성에 도달할 당시 지구의 위치를 살펴보면, 발사 당시와 비교했을 때 지구가 공전 궤도의 반 정도를 돌았으므로 탐사선의 비행 시간은 6개월 정도이다.

정답 ①

오답 ㄷ. 태양, 지구, 혜성이 직선으로 나열되어 있을 때, 혜성의 위치가 충이므로 충돌 당시 혜성의 위치는 충이 아니다.

ㄹ. 충돌 당시 혜성의 위치로 보아, 해가 지고 난 후 동쪽 하늘에서 관측할 수 있었다.

3 태양 관측

소단원의 학습 목표

1. 여러 파장대로 태양 표면을 관측한 자료를 탐구하여 흑점, 쌀알무늬 등에 대해서 설명할 수 있다.
2. 태양의 대기를 관측하는 방법을 알고 태양 대기의 특징인 채층, 홍염, 코로나에 대해서 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 태양의 모습을 다양한 방법으로 직접 관측하거나 인터넷에서 서로 다른 파장으로 촬영한 태양 사진을 찾아 태양 표면에 나타나는 현상을 알아보고, 그것을 태양 활동과 관련지어 설명한다. 태양을 관측할 때에는 강한 태양 빛으로 눈이 상하지 않게 세심한 부분까지 주의하게 강조한다.
2. 여러 날 동안 태양의 흑점을 촬영한 사진들에서 흑점의 움직임을 알고, 이를 이용하여 태양의 위도에 따른 자전 주기를 정량적으로 계산한다. 이로부터 태양이 자전하고 있음과 태양의 자전 주기가 태양의 위도에 따라 다르다는 사실을 이해하게 한다.

내용 해설

Ⅰ 태양 표면의 특징

탐구 8 자료 해석

관측 파장 영역에 따른 태양의 모습

1. 목표

여러 파장대로 태양 표면을 관측한 자료를 탐구하여, 태양 표면에서 발생한 현상을 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 흑점을 보면 자외선 영역에서는 에너지가 많이 방출되지만, 가시광선 영역에서는 에너지는 적게 방출된다.
2. 방출되는 에너지가 파장에 따라 다르므로 현상을 보다 깊이 있게 연구할 수 있다.



3 태양 관측

❖ 학습 목표

1. 태양을 관찰하고 태양 표면의 특징을 설명할 수 있다.
2. 태양 대기를 관측하는 방법을 알고 태양 대기의 특징을 설명할 수 있다.

태양은 우리 은하에 있는 약 2000억 개의 별 가운데 하나로서 태양 정도의 밝기와 크기를 가진 별이 우리 은하에 가장 흔하다. 그러나 태양은 지구에서 관측할 때 가장 밝게 보이는 별이므로 자세한 관측과 연구가 가능하다.

1 태양 표면의 특징

검색 태양 탐사선 스테레오

검색 태양 탐사선 SDO

태양은 매우 밝은 천체이어서 맨눈으로는 표면 모습을 관찰하기가 어렵다. 따라서 망원경을 이용해 태양 상을 종이에 투영하거나 태양 빛의 세기를 감소시켜주는 태양 필터를 이용해 관측해야 한다.

한편 태양은 가시광선뿐만 아니라 자외선이나 적외선 영역에서도 에너지를 방출하고 있어 천문학자들은 다양한 방법으로 이를 관측하고 있다.

가시광선뿐만 아니라 다양한 파장 영역에서 태양을 관측하는 이유를 알아보자.

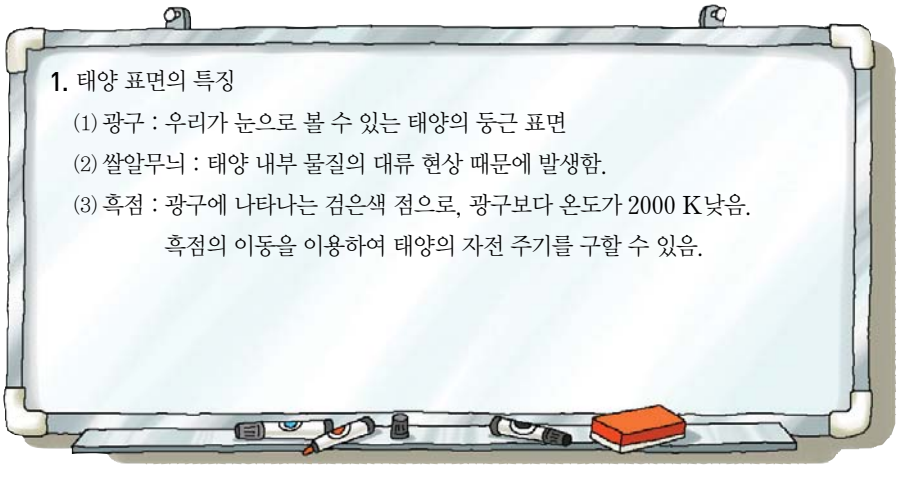
탐구 8 자료 해석 관측 파장 영역에 따른 태양의 모습

과정 다음 그림은 동일한 시각에 다양한 파장 영역에서 태양을 관측한 것이다. 그림의 색깔은 관측한 파장을 구별하기 위해 인위적으로 칠한 것이고, 에너지를 많이 방출하는 영역은 밝게, 적게 방출하는 영역은 어둡게 나타내었다.

(가) 자외선(17.1 nm) 영역 (나) 자외선(30.4 nm) 영역 (다) 가시광선(676.8 nm) 영역

정리 1. 태양 표면의 한 지점에서 방출되는 에너지가 파장에 따라 어떻게 다른지 설명해 보자.
2. 태양을 다양한 파장 영역에서 관측하는 것은 어떠한 장점이 있는지 설명해 보자.

232 | Ⅳ. 다가오는 우주



탐구 8에서 보듯이 태양 표면의 한 지점에서 방출되는 에너지는 파장에 따라 다르게 나타난다. 예를 들어 어떤 지점에서는 가시광선의 세기는 약하지만, 자외선이나 X선 등과 같은 고에너지는 많이 방출한다. 따라서 다양한 파장으로 태양을 관측하면 태양 표면에 나타나는 현상을 보다 자세하게 알 수 있다.

우리가 눈으로 볼 수 있는 태양의 둥근 표면을 **광구**라 하는데, 광구에서는 그림 Ⅳ-21과 같은 **쌀알무늬**와 **흑점**을 관측할 수 있다. 쌀알무늬는 크기가 약 1000 km로서 태양 내부 물질의 대류 현상 때문에 생성되며, 밝은 부분은 태양 내부 물질이 상승하는 곳이고 어두운 부분은 물질이 식어서 하강하는 곳이다.

한편 광구에 나타나는 검은색 점을 흑점이라 한다. 흑점의 온도는 4000 K 정도로 광구보다 2000 K 정도 낮아서 우리 눈에 검게 보인다. 전형적인 흑점의 크기는 약 10,000 km정도이며, 크기에 따라 수일에서 수개월 정도 지속된다.

태양 흑점을 직접 관측해 보고 그 특징을 살펴보자.

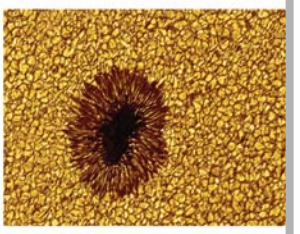


그림 Ⅳ-21 쌀알무늬와 흑점

탐구 9 관찰 **태양 흑점 관측**

과정
1. 그림 (가)와 같이 대물렌즈 앞에 태양 필터를 부착한다.
2. 그림 (나)와 같이 파인더 뒤에 종이를 대고 태양상이 투영되도록 망원경을 정렬한다.
3. 망원경의 잠금 장치를 조이고 파인더 뚜껑을 닫은 후, 접안렌즈로 태양을 관찰한다.
4. 흑점의 개수를 기록하고 태양 표면의 흑점 분포 모습을 스케치한다.
5. 망원경의 추적 장치를 끈 상태에서 태양이 흘러가는 방향을 관찰하여 방위를 확인한 후, 스케치한 태양 그림에 방위를 표시한다.
6. 배율을 높여서 흑점을 자세히 관찰하고 그 특징이 드러나도록 스케치한다.
7. 2일 간격으로 3회에 걸쳐 위와 같은 과정으로 태양의 흑점을 관측한다.

주의 관측 중 태양 필터가 망원경에서 떨어지지 않도록 단단히 부착한다.



(가) (다)

정리
1. 흑점은 어느 방향으로 이동하였는가?
2. 시간에 따라 흑점의 모습은 어떻게 변하였는가?

탐구 9 관찰

태양 흑점 관측

1. 목표

필터가 장착된 망원경을 이용하여 태양 흑점을 관찰하고, 시간에 따른 흑점의 이동 방향과 모양의 변화를 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 지구에서 보면 동에서 서로 이동한다.
2. 흑점은 중앙부의 어두운 본영과 그를 둘러싸고 있는 보다 덜 어두운 반영으로 되어 있는데, 그 모습이 시간에 따라 조금씩 변해간다.

• **광구**

태양의 상층 대기는 투명해서 그 아래를 꿰뚫어 볼 수 있으나, 우리의 시선이 강한 빛을 내는 더 깊은 층에 이르면 더 이상은 관측이 불가능하다. 이때 우리가 눈으로 볼 수 있는 태양의 둥근 표면을 광구라고 한다.

• **주연 감광**

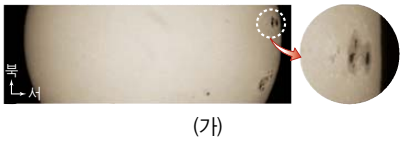
태양을 망원경으로 관측할 때 태양의 바깥쪽으로 갈수록 태양 대기의 온도가 낮아지므로 바깥쪽으로, 갈수록 어두워지는 주연 감광 현상이 나타난다.

• **쌀알무늬**

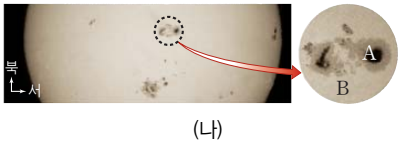
쌀알무늬의 밝은 영역은 어두운 영역보다 50~100 K 정도 더 높고 밝은 영역의 기체 상승 속도는 2~3 km/s이다.

기출문제 | 2006학년도 평가원

그림 (가)와 (나)는 천체 망원경을 이용하여 태양의 같은 흑점을 5일 간격으로 촬영한 사진을 촬영 순서와 무관하게 제시한 것이며, 원 안은 그 흑점 부분을 확대한 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?

① 가시광선 영역에서 촬영된 것이다.
② 태양의 자전 방향은 지구와 같다.
③ (가)는 (나)보다 먼저 촬영된 것이다.
④ 흑점은 태양 표면에서 나타나는 현상이다.
⑤ (나)의 확대 사진에서 온도는 A가 B보다 낮다.

해설 ① 흑점은 가시광선 영역에서 촬영되었을 때 어둡게 나타난다.
② 태양의 자전 방향은 지구의 자전 방향과 같다.
④ 흑점은 태양의 표면인 광구에서 나타나는 현상이다.
⑤ 흑점은 광구보다 온도가 2,000 K 정도 낮아서 우리 눈에 검게 보인다. **정답** ③

오답 ③ <u>(나) → (가) 순</u>으로 촬영되었다.

• 흑점

흑점이 발생하는 원인은 자기장이 강한 영역에서 상승하는 기체의 흐름을 방해하기 때문이다. 자기장이 강한 영역은 수송되는 열에너지가 적어서 온도가 낮다. 흑점은 만들어진 장소에서 소멸하므로 흑점의 이동을 관측하여 태양의 자전주기를 측정할 수 있다.

탐구 10 자료 해석

흑점의 이동과 태양의 자전 주기

1. 목표

여러 날 동안 태양의 흑점을 촬영한 사진을 이용하여 태양의 위도에 따른 자전 주기를 정량적으로 계산할 수 있다.

2. 정리

1. 흑점 A와 B의 자전 주기는 다음과 같다.

	발생 위도	이동 각도(θ)	자전 주기
흑점 A	9°N	43.9°	24.6일
흑점 B	50°S	39.5°	27.3일

2. 태양의 자전 주기는 고위도로 갈수록 커진다. 다시 말해 고위도로 갈수록 자전 속도가 줄어든다.

[참고 사이트]

측정 위치에 따라 오차가 커져 결과가 잘 나오지 않을 수 있다. 이 때는 사진을 크게 인쇄하여 해석해 본다.

왼쪽 사진: http://sohowww.nascom.nasa.gov//data/REPROCESSING/Completed/2001/mdiigr/20010630/20010630_0000_mdiigr_1024.jpg

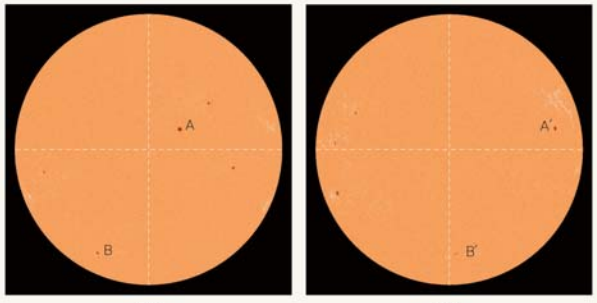
오른쪽 사진: http://sohowww.nascom.nasa.gov//data/REPROCESSING/Completed/2001/mdiigr/20010703/20010703_0000_mdiigr_1024.jpg

탐구 9와 같이 여러 날에 걸쳐 흑점을 지속적으로 관찰하면 흑점이 모두 같은 방향으로 이동한다는 것을 알 수 있는데, 이는 태양이 자전하기 때문에 나타나는 현상이다. 흑점의 이동을 이용하여 태양의 자전 주기를 구하는 방법을 알아보자.

탐구 10 자료 해석 흑점의 이동과 태양의 자전 주기

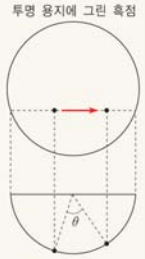
준비물 투명 용지, 자, 컴퍼스, 각도기

과정 다음 그림은 3일 간격으로 태양의 표면을 관측한 사진이다.



(가) (나)

1. 그림 (가) 위에 투명 용지를 올려 놓은 후 태양과 같은 크기의 원을 그리고, 위도가 다른 흑점 두 개 A와 B를 표시한다.
2. 과정 1의 투명 용지를 그림 (나) 위에 올려놓고 이동한 흑점의 위치 A′와 B′를 표시한다.
3. 그림 (다)의 원리를 이용하여 흑점이 이동한 각 θ를 측정한다.
4. 다음 비례 관계를 이용하여 태양의 자전 주기를 구한다.
   흑점 이동 시간 : 태양의 자전 주기 = θ : 360°



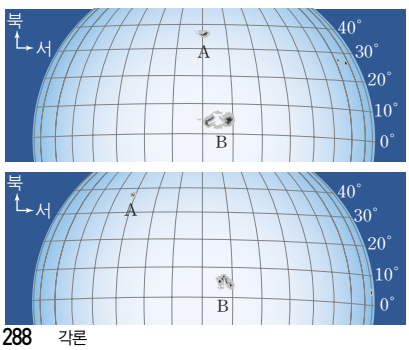
(다)

정리 1. 흑점을 이용해서 구한 태양의 자전 주기는 각각 얼마인가?
2. 태양의 자전 주기는 위도에 따라 어떻게 달라지는가?

탐구 10과 같이 흑점의 이동을 이용하면 태양의 자전 주기를 구할 수 있다. 태양의 자전주기는 고위도에서 약 30일, 중위도에서 약 27일, 적도 지역에서 약 25일로 위도에 따라 다르게 나타난다. 이러한 현상을 태양의 **차등 자전**이라 하는데, 이로부터 태양이 기체로 이루어져 있음을 알 수 있다.

기출문제 | 2009학년도 대수능

그림 (가)는 지구에서 관측한 태양 표면의 두 흑점 A와 B를, (나)는 27일 후의 이들 두 흑점을 나타낸 것이다.



이 자료에 나타난 태양에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 그림에서 위도와 경도의 간격은 모두 10°이다.)

ㄱ. A의 위도에서 하루 자전 각도는 14° 보다 작다.
ㄴ. B의 위도에서 자전 주기는 27일보다 길다.
ㄷ. A에서의 자전 속도는 B에서보다 빠르다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. A 흑점은 27일 동안 330°를 자전하였으므로, A 흑점은 하루에 약 12.2°를 자전한다. 정답 ①

오답 ㄴ. B 흑점은 27일 동안 360° 이상을 자전하였으므로, B 흑점의 자전 주기는 27일보다 짧다.
ㄷ. 같은 시간 동안 B 흑점이 더 많은 각도를 자전하였으므로, B 흑점의 자전 속도가 A 흑점의 자전 속도보다 더 빠르다.

2 태양 대기의 특징

독일의 프라운호퍼(Fraunhofer, J. von)는 햇빛 스펙트럼을 현미경으로 관찰하던 중 수많은 검은색 선을 발견하여, 그림 Ⅳ-22와 같이 이를 자세히 기록하였으나 검은색 선의 정체를 밝히지는 못하였다.

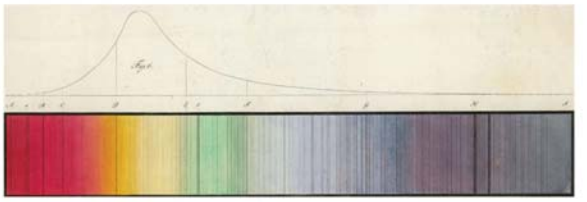


그림 Ⅳ-22 프라운호퍼의 햇빛 스펙트럼 스케치



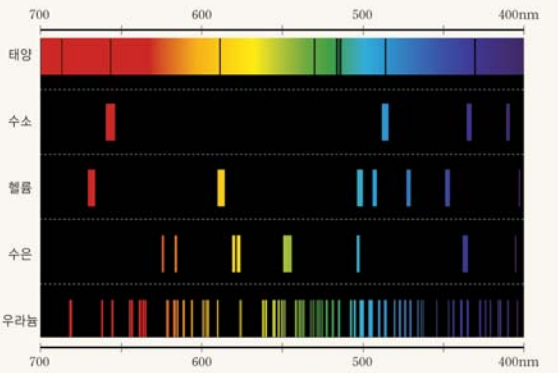
프라운호퍼(Fraunhofer, J. von)
– 독일 : 1787~1826 –
물리학자로 태양 스펙트럼에 많은 흡수선(프라운호퍼선)을 발견하였고, 천체의 스펙트럼을 연구하였다.

나중에 검은색 선은 태양의 대기에 있는 원소가 특정한 파장의 태양 복사 에너지를 흡수하기 때문에 발생하는 것으로 밝혀졌고, 검은색 선은 **흡수선**이라 불리게 되었다.

이와 같은 흡수선을 통해 알 수 있는 과학적 사실을 살펴보자.

탐구 11 자료 해석 태양의 대기

과정 다음 그림은 태양 스펙트럼과 몇 가지 원소의 방출 스펙트럼이다.



정리 1. 태양의 대기를 이루고 있는 원소는 무엇인가?
2. 태양 스펙트럼에 나타난 흡수선의 두께가 다른 까닭은 무엇인가?

2. 태양 대기의 특징
(1) 태양 대기의 구성 성분 : 수소(74 %)와 헬륨(24 %)이 거의 대부분을 차지함.
(2) 채층 : 광구의 바로 바깥에 있는 태양의 대기층
(3) 홍염 : 채층으로부터 방출된 고온의 가스가 솟아오르는 현상
(4) 플레어 : 흑점 주변에서 짧은 시간 동안 막대한 에너지가 폭발적으로 방출되는 현상
(5) 코로나 : 태양의 가장 바깥쪽 대기층으로 온도는 수백만 K임.
(6) 태양풍 : 태양에서 방출되는 입자의 흐름으로 지구 상에 오로라 등을 발생시킴.

2 태양 대기의 특징

• 원자의 들뜸

보어(Bohr, N.)의 이론에 따르면 원자 내의 전자는 주어진 궤도만을 돌 수 있는데, 전자가 외부에서 들어오는 에너지를 흡수하면 더 높은 에너지의 궤도로 들뜨게 되고, 이렇게 들떠 있는 전자는 불안정하여 원래의 낮은 궤도로 되돌아간다.

• 방출선

전자를 낮은 에너지 준위로 떨어지도록 교란시키면 두 에너지 준위의 차에 해당하는 에너지를 갖는 광자가 방출된다. 즉, 각 원소는 고유한 파장의 빛만을 방출하는데, 이때 생기는 선이 방출선이다. 고온의 기체 내에서 원자들이 빠르게 움직여서 자주 충돌하기 때문에 저온의 기체보다 고온의 기체에서 방출선이 다량 나온다.

탐구 11 자료 해석

태양의 대기

1. 목표

스펙트럼을 이용하여 태양 대기의 구성 원소를 알 수 있다.

2. 정리

1. 수소와 헬륨이다. 태양의 대기의 흡수선의 위치는 수소와 헬륨의 방출선의 위치와 같은데, 이는 태양 대기 중의 수소와 헬륨이 특정 파장의 태양 복사 에너지를 흡수하였기 때문이다.

2. 흡수선이 두껍게 나타나는 이유는 태양의 대기에서 해당 파장의 빛이 많이 흡수되었음을 의미한다. 즉 흡수선이 두꺼운 경우 해당 파장의 빛을 흡수하는 물질이 태양의 대기에 풍부한 것이다.

• 채층

(1) 채층은 광구 바로 위로 이어지는 대기층으로, 개기 일식 때 달이 태양을 가리는 순간 관측할 수 있다. 광구가 달에 의해 가려지는 잠시 동안, 달 가장자리에 보이는 얇고 가는 붉은색의 줄무늬가 채층이다. 채층이 붉게 보이는 것은 수소 방출선 때문이다. 수소 방출선은 채층의 온도가 높다는 것을 나타낸다.

(2) 수소 알파(H_α) 필터나 칼슘 필터를 이용하면 채층과 홍염을 관측할 수 있다. 필터를 망원경의 대물렌즈에 장착하고 필터가 달린 천정 프리즘을 접안부에 장착한 후 관측하면 된다. 칼슘 필터의 경우 태양이 파란색으로 보이는 특징이 있다.

• 홍염

(1) 홍염은 채층 위로 솟아오르는 불꽃으로, 개기 일식 때 관측이 가능하다. 채층을 관측하는 필터를 이용하여 태양을 관측하면 원 둘레에 솟아오르는 불꽃을 볼 수 있다. 불꽃의 크기는 작게 보여도 태양의 지름이 약 140만 km인 것을 고려하면 수십 만 km 높이까지 솟아오르는 현상이다.

(2) 홍염의 모양은 분출형과 루프형이 있다. 비교적 희귀한 분출형 홍염은 물질을 700~1300 km/s의 속도로 코로나에 분출시킨다. 분출된 물질은 때때로 100만 km 높이까지 상승하기도 한다. 홍염은 흑점 활동이 활발한 영역에서 흔히 발생하며, 주로 자기장의 극성이 서로 반대인 경계에 놓인다. 분출형 홍염은 자기장이 급변할 때 생기는 경향이 있다.

• 플레어

태양 표면에서 가장 급격하고 격렬한 분출 현상이 태양 플레어이다. 플레어는 보통 5~10분 동안 지속되며 플레어가 발생하면, 수소 폭탄 100만 개에 해당하는 에너지가 방출된다. 가장 큰 플레어는 수 시간 지속되기도 하며, 흑점 극대기에 플레어가 자주 발생한다. 흑점 극대기에 하루에 3~5개의 소규모 플레어가 발생하고, 수 주에 한번 꼴로 대규모의 플레어가 발생한다. 플레어가 방출될 때 많은 X선과 자외선 복사가 방출된다.



• 코로나

(1) 코로나는 태양의 가장 바깥에 있는 대기층으로, 광구로부터 수백만 km까지 확장되어 있다. 코로나의 밝기는 보름달 밝기의 절반 정도이나, 태양의 광구에서 나오는 빛이 강하여 평상시에는 코로나를 관측할 수 없다. 코로나는 개기 일식 때 관측할 수 있으며, 코로나 그래프와 같은 장치를 이용하면 개기 일식 때가 아니더라도 관측이 가능하다.

(2) 코로나 스펙트럼에는 고도로 전리된 철, 니켈, 아르곤, 칼슘 등의 방출선이 나타나므로 코로나의 온도가 매우 높은 것을 알 수 있다. 전자를 16개 잃은 철의 방출선으로부터 코로나의 온도가 수백만 K일 것으로 예상할 수 있다.

(3) 코로나는 온도가 높기 때문에 X선 관측과 자외선(100nm이하) 관측에서 매우 밝게 촬영된다. 태양의 바깥쪽이 이렇게 높은 온도를 유지할 수 있는 까닭은 자기장 때문인 것으로 알려졌다.

코로나의 온도는 매우 높기 때문에 태양의 중력을 이기고 탈출하는 입자들이 발생하는데, 이러한 입자의 흐름을 **태양풍**이라 한다. 태양풍이 지구에 도달하면 극지방의 상공에 오로라가 발생하고, 강력한 태양풍이 발생한 경우에는 그 영향으로 무선 통신이 두절되거나 인공위성이 궤도를 벗어나기도 한다.

이상에서 살펴본 것처럼 태양의 표면과 대기는 그 모습이 일정하지 않고 계속해서 변하고 있다. 특히 태양 활동이 활발할 때는 그림 Ⅳ-25와 같이 급격한 분출과 폭발 현상이 발생하기도 한다.

태양풍은 밀도가 극히 낮지만 태양의 표면적이 넓어서, 태양풍에 의한 태양의 질량 손실은 연간 약 1000만 톤에 이른다.

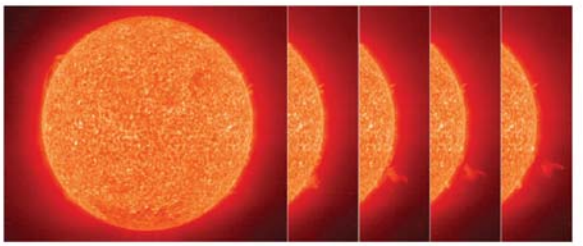
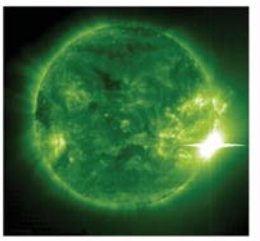


그림 Ⅳ-25 태양 활동에 의한 물질 분출

한 걸음 더

태양 활동이 지구에 미치는 영향



자외선으로 촬영한 태양 플레어

태양 활동이 활발해질 때 발생하는 플레어와 코로나 질량 방출은 수소 폭탄 100만 개에 해당하는 에너지를 폭발적으로 방출하여 지구에 큰 영향을 미친다.

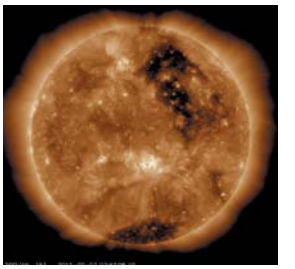
가장 직접적인 피해는 우주 공간에 노출되어 있는 인공위성이 받게 된다. 이때 발생하는 X선은 인공위성의 태양 전지 판 등에 손상을 주고, 양성자나 전자는 위성의 표면에 부딪히면서 정전기를 발생시켜 인공위성에 고장을 일으킨다. 그리고 이때 방출된 에너지는 지구의 상층 대기를 가열시켜 대기가 팽창하게 되는데, 이 때문에 인공위성과 대기의 마찰이 증가하여 인공위성의 고도가 낮아지게 된다. 이와 같이 활발한 태양 활동 때문에 약 1만 개의 인공위성이 궤도를 벗어나는 사고가 발생하였다.

한편, 유입된 많은 양의 양성자와 전자는 지구의 자기장을 교란시켜 각종 현상을 일으킨다. 지하에 매설된 전력선에 과부하가 걸려 합선 사고가 발생하기도 하고, 비둘기가 방향을 잃고 헤매는 일도 있다. 또한, 극지방에서만 볼 수 있었던 오로라를 위도가 낮은 지역에서도 관측할 수 있게 된다. 이처럼 태양의 활동은 지구에 커다란 영향을 미치므로 태양 활동에 대한 감시와 예보도 일기 예보만큼이나 중요한 의미를 지니게 되었다.

• 태양풍

(1) 양성자와 전자들로 이루어진 입자의 흐름을 태양풍이라 한다. 입자들은 태양으로부터 약 400 km/s의 속도로 방출된다. 태양풍이 존재하는 이유는 코로나를 구성하는 기체의 온도가 매우 높기 때문이다. 그 결과 입자의 운동 속도가 너무나 커져서 태양의 중력을 이기고 입자들이 탈출하게 된다.

(2) 이로 인해 태양의 질량은 연간 1,000만 톤씩 줄어들게 된다. X선으로 촬영한 태양의 사진에서 검게 보이는 영역을 코로나 구멍이라고 하는데, 고온의 기체가 태양 표면을 지나 태양 밖으로 빠져나간 영역이다.

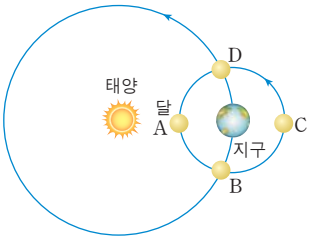


코로나 홀

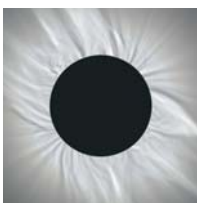
(3) 지구 표면은 지구 자기장에 의해 태양풍으로부터 보호를 받고 있다. 지구에 도착한 태양풍은 지구 자기장의 자력선을 따라 자남극과 자북극의 상공으로 진입한다. 진입한 입자들은 공기 분자나 원자들과 충돌하여 오로라라고 하는 "빛의 커튼"을 만든다. 가장 아름다운 오로라가 생기는 높이는 75~150 km이다.

기출 문제 | 2006년 9월 모의

그림은 태양, 지구, 달의 상대적 위치 관계를 나타낸 모식도이다.



다음 사진이 촬영될 때의 달의 위치와 사진에 나타난 태양 대기 현상의 명칭을 바르게 짝지은 것은?



(가)



(나)

	달의 위치	(가)	(나)
①	A	코로나	채층
②	A	채층	코로나
③	C	코로나	홍염
④	C	채층	코로나
⑤	C	코로나	채층

해설 사진은 달이 태양을 가리는 일식 현상으로, 달이 A의 위치에 있을 때 촬영된 것이다. (가)는 태양의 가장 바깥쪽 대기층인 코로나이고, (나)는 광구 바로 바깥에 있는 태양의 대기층인 채층이다. **정답** ①

4 달 관측

소단원의 학습 목표

1. 달과 태양, 지구의 상대적인 위치로 달의 위상을 설명할 수 있다.
2. 일식과 월식이 일어나는 원리를 이해하고, 이때 관측할 수 있는 현상을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 여러 날 달을 관측한 자료를 수집하여 태양, 지구, 달의 상대적인 위치 변화와 위상을 비교해 보고, 달이 지구 주위를 공전하는 동안 달과 태양, 지구의 상대적인 위치가 달라지므로 달의 위상도 달라진다는 것을 이해하게 한다.
2. 직접 관측하거나 역서 혹은 인터넷 정보를 통해 달의 남중 고도와 관측 가능 시각을 확인하고, 앞서 학습한 적도 좌표의 개념을 이용하여 적경과 적위가 다른 달의 관측 특성을 설명한다.

내용 해설

Ⅰ 달의 위상 변화

탐구 12 자료 해석

달의 위상 변화

1. 목표

달과 태양, 지구의 상대적인 위치로 달의 위상을 설명할 수 있다.

관측 날짜	달의 위상	태양의 적경	달의 적경	달의 적경 − 태양의 적경
11.01 21시		14h 25m	19h 41m	05h 16m
11.06 21시		14h 45m	23h 39m	08h 54m
11.11 21시		15h 05m	03h 35m	12h 39m (−11h 30m)
11.16 21시		15h 26m	07h 59m	05h 16m (−7h 27m)
11.25 21시		15h 46m	12h 16m	05h 16m (−3h 30m)



4 달 관측

❖ 학습 목표

1. 달의 공전에 따른 위상 변화를 설명할 수 있다.
2. 일식과 월식이 발생하는 원리를 설명할 수 있다.

달은 지구에서 가까워 소형 망원경으로도 표면의 모습을 자세히 관찰할 수 있는 매력적인 천체이다. 그리고 가끔씩 관측되는 일식과 월식은 우리가 볼 수 있는 가장 경이로운 천문 현상 중 하나이다.

1 달의 위상 변화

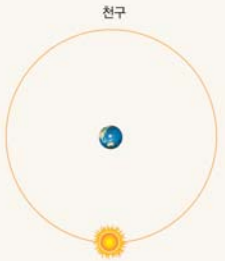
달 표면의 반은 항상 태양빛을 반사하여 밝게 빛난다. 그러나 지구에서 볼 수 있는 밝은 부분은 달이 지구 주위를 공전함에 따라 달라지기 때문에 달의 위상이 변하게 된다.

달을 직접 관찰하면서 달의 위상이 변하는 이유를 알아보자.

탐구 12 자료 해석 달의 위상 변화

과정
1. 5일 간격으로 4회에 걸쳐 달의 위상을 관찰하고 기록한다.
2. 역서나 천체 관측 컴퓨터 프로그램 등을 이용하여 관측 날짜의 태양과 달의 적경을 조사하고, '달의 적경−태양의 적경' 값을 구한다.
3. 위의 값을 이용하여 그림에서 태양에 대한 달의 상대적인 위치를 구하고, 그 곳에 달의 위상을 그린다.

관측 날짜	달의 위상	태양의 적경	달의 적경	달의 적경 − 태양의 적경



정리
1. 달은 태양에 대하여 적경이 증가하는 방향으로 이동하는가? 감소하는 방향으로 이동하는가?
2. 태양에 대한 달의 상대적 위치 변화에 따른 달의 위상 변화를 설명해 보자.

238 | Ⅳ. 다가오는 우주

1. 달의 위상 변화

(1) 달의 위상이 변하는 이유 : 지구에서 볼 수 있는 달의 밝은 면이 달이 공전함에 따라 달라지기 때문

(2) 위상 변화 과정 : 삭 → 상현 → 망 → 하현 → 삭 → …

(3) 삭망월 : 달의 위상이 반복되는 주기로, 29.5일

(4) 항성월 : 달의 공전 주기로, 27.3일

(5) 삭망월이 항성월보다 긴 이유 : 달이 공전하는 동안 지구가 같은 방향으로 공전하여 달의 위상이 같아지려면 2.2일이 더 걸리기 때문

그림 Ⅳ-26은 달, 지구, 태양의 상대적 위치에 따른 달의 위상을 나타낸 것이다. A와 같이 달이 지구와 태양 사이에 있을 때는 달의 뒷면만 햇빛을 받아 빛나기 때문에 지구에서는 달의 어두운 부분만을 보게 되는데, 이때 달의 위상을 삭이라 한다. 달이 공전하여 B의 위치에 있을 때는 달 표면의 서쪽 반만 보이는데 이를 상현이라 하고, C의 위치에 있을 때는 지구에서 보이는 달의 표면 전체가 햇빛을 받아 빛나는데, 이를 망이라 한다. 달이 더 공전하여 D의 위치에 있을 때는 달 표면의 동쪽 반만 보이는데, 이를 하현이라 한다.

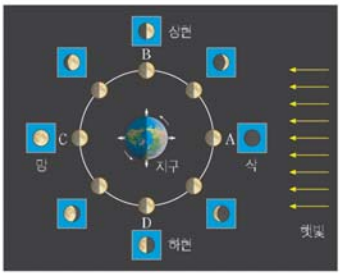


그림 Ⅳ-26 달의 위상 변화

이와 같이 달의 위상이 반복되는 주기는 29.5일로, 이를 삭망월이라 한다. 삭망월은 달의 공전 주기인 항성월보다 2.2일 길다. 이는 달이 공전하는 동안 같은 방향으로 지구가 태양 주위를 공전하여 달의 위상이 처음과 같아지려면 2.2일이 더 걸리기 때문이다.

연구 9 지구에서 보름달을 볼 수 있을 때 달에서는 지구가 어떤 위상으로 보일까?

해 보기

달의 위상 변화 모형 만들기



준비물 : 큰 스타이로폼 공 1개, 작은 스타이로폼 공 8개, 유성 펜, 철사, 두꺼운 종이

과정 : 1. 철사를 30 cm 간격으로 잘라 4가닥을 만들고, 이를 각각 큰 스타이로폼 공의 중심에 끼워 넣는다.
2. 작은 스타이로폼 공 표면의 반은 검은색, 나머지 반은 노란색으로 칠하고, 공의 노란색 부분이 모두 같은 방향을 향하도록 철사에 끼워 넣는다.
3. 모형 깃발을 만들어 큰 스타이로폼 공에 꽂은 다음, 깃발이 한 개의 작은 스타이로폼 공을 향하게 한다.
4. 깃발의 방향과 시선을 일치시키고 이때 보이는 작은 스타이로폼 공의 위상을 두꺼운 종이에 그린 후 철사에 꽂아 넣는다.
5. 깃발의 위치를 다른 스타이로폼 공으로 바꿔가면서 나머지 위상도 그려서 꽂아 넣는다.

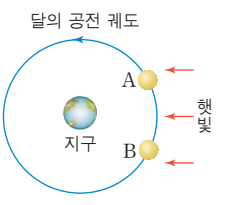
정리 : 1. 큰 스타이로폼 공과 작은 스타이로폼 공은 각각 무엇을 의미하는가?
2. 작은 스타이로폼 공의 노란색 부분이 모두 같은 방향을 향하도록 한 이유는 무엇인가?
3. 깃발의 위치가 달라지는 것은 실제 현상에서 무엇을 의미하는가?
4. 실제 달의 위상 변화와 위의 모형은 어떤 차이점이 있는지 토의해 보자.

기출 문제 | 2008학년도 대수능

그림 (가)는 우리나라에서 어느 날 관측한 달의 모습을, (나)는 태양-지구-달의 위치 관계를 나타낸 것이다.



(가)

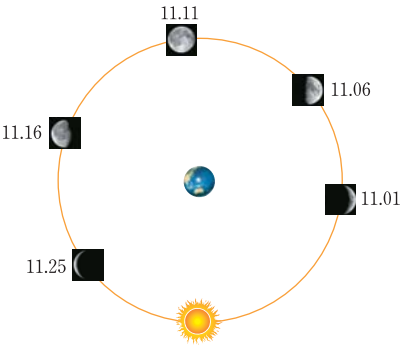


(나)

이 자료에서 달을 관측한 시기와 방향 및 달의 위치를 바르게 배열한 것은?

	관측 시기	관측 방향	달의 위치
①	새벽	동쪽	하늘 B
②	새벽	서쪽	하늘 A
③	저녁	동쪽	하늘 B
④	저녁	서쪽	하늘 A
⑤	저녁	서쪽	하늘 B

해설 그림 (가)는 초승달로 해가 지고 난 후 서쪽 하늘에서 관측할 수 있다. 이는 그림 (나)에서 A 위치에 해당한다. 정답 ④



3. 정리

1. 적경이 증가하는 방향으로 이동한다.
2. 달과 태양의 각거리가 감소할수록 위상은 삭에 가까워지고, 각거리가 멀어질수록 위상은 망에 가까워진다.

연구 9

지구에서 보름달을 볼 수 있을 때는 태양-지구-달의 순서로 천체가 배열되어 있어, 달에서는 지구의 어두운 면만 볼 수 있으므로 지구의 위상은 삭이 된다.

해보기

1. 목표

모형을 이용하여 달의 위상 변화를 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 큰 스타이로폼 공은 지구, 작은 스타이로폼 공은 달을 나타낸다.
2. 노란색은 태양빛을 받는 달의 반쪽 구면을 나타낸다. 지구와 달 사이의 거리에 비해 태양과 달 사이의 거리가 매우 멀기 때문에 태양빛을 받는 방향은 항상 일정하다.
3. 달의 공전에 따라 달의 위치가 달라지는 것을 의미한다.
4. 모형에서 지구와 달의 크기는 실제와 비슷한 비율로 축소되었으나, 두 천체 사이의 거리는 실제보다 매우 가깝게 나타나 있다.

2 달의 남중 고도 변화

탐구 13 조사

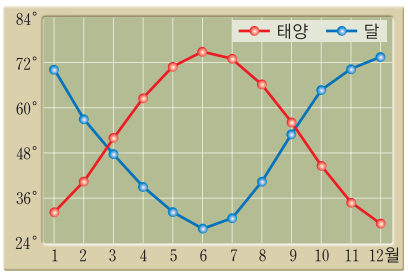
보름달의 남중 고도 변화

1. 목표

달의 위상이 같더라도 달의 적경과 적위에 따라 달의 남중 고도와 관측 가능한 시각이 달라짐을 설명할 수 있다.

2. 과정

보름달이 뜬 날짜	달의 남중 고도	태양의 남중 고도
2011.01.20	70° 04′	31° 48′
02.18	56° 57′	40° 07′
03.20	47° 42′	51° 24′
04.18	38° 57′	62° 15′
05.17	32° 02′	70° 41′
06.16	27° 53′	74° 43′
07.15	30° 20′	73° 00′
08.14	40° 04′	66° 00′
09.12	52° 43′	56° 00′
10.12	64° 32′	44° 36′
11.11	70° 04′	34° 40′
12.10	73° 13′	29° 11′

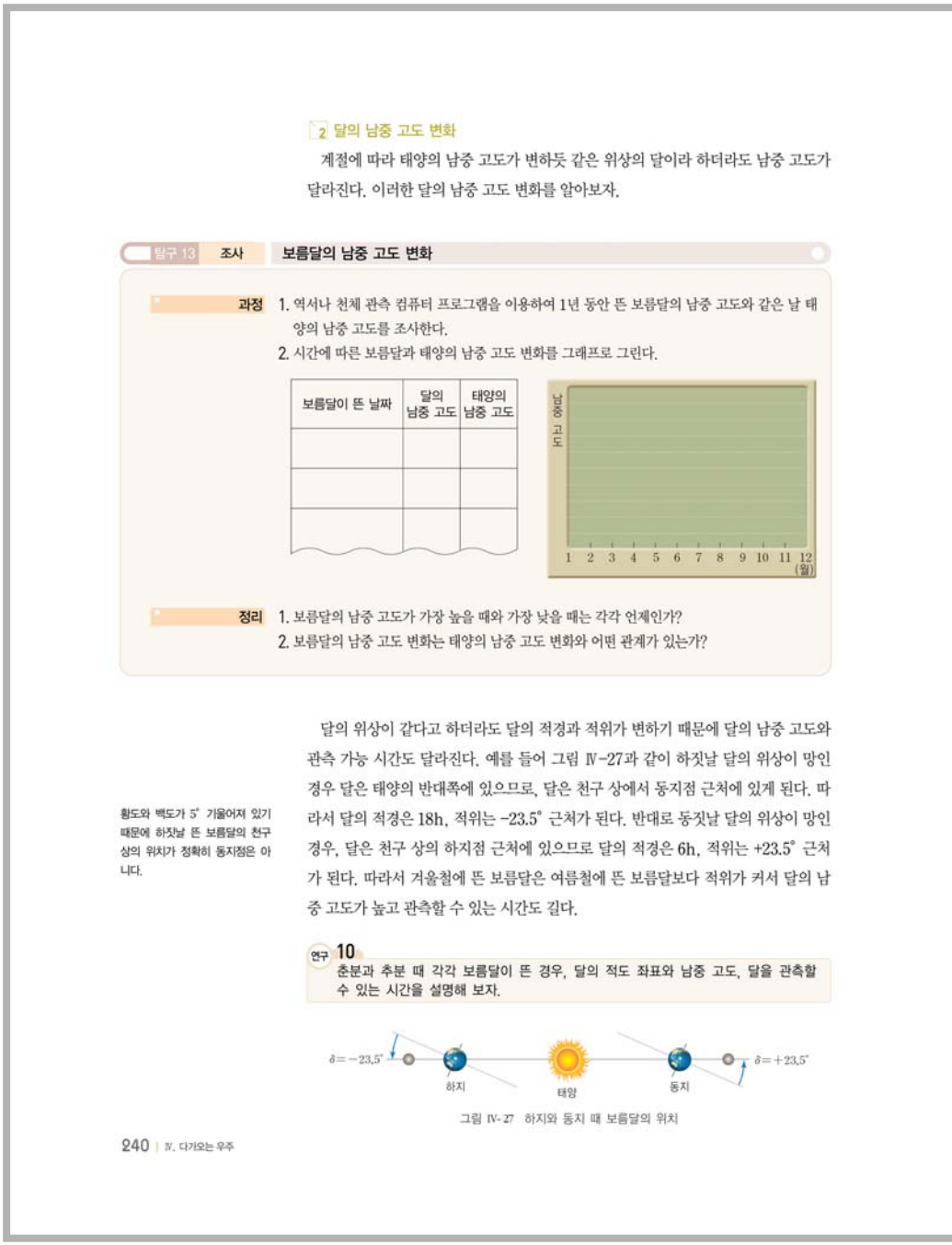


3. 정리

1. 보름달의 남중 고도가 가장 높을 때는 12월, 가장 낮을 때는 6월이다.
2. 시간에 따른 보름달의 남중 고도 그래프는 태양과 비교하였을 때 6개월의 간격이 있다. 이는 위상이 망인 달은 천구에서 항상 태양과 반대쪽에 있기 때문에 달이 천구상의 태양의 위치까지 움직이려면 6개월이 걸리기 때문이다.

연구 10

보름달은 천구 상에서 태양의 반대쪽에 있으므로 춘분날 보름달은 추분점 근처에 위치하여 적도 좌표가 대략 12h, 0°이고, 추분날 보름달은 춘분점 근처에 위치하여 대략 0h, 0°이다. 두 보름달 모두 천구의 적도에 위치하므로 12시간 동안 하늘에 떠 있게 된다.



2 달의 남중 고도 변화

계절에 따라 태양의 남중 고도가 변하듯 같은 위상의 달이라 하더라도 남중 고도가 달라진다. 이러한 달의 남중 고도 변화를 알아보자.

탐구 13 조사 보름달의 남중 고도 변화

과정 1. 역서나 천체 관측 컴퓨터 프로그램을 이용하여 1년 동안 뜬 보름달의 남중 고도와 같은 날 태양의 남중 고도를 조사한다.
2. 시간에 따른 보름달과 태양의 남중 고도 변화를 그래프로 그린다.

보름달이 뜬 날짜	달의 남중 고도	태양의 남중 고도

남중 고도
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 (월)

정리 1. 보름달의 남중 고도가 가장 높을 때와 가장 낮을 때는 각각 언제인가?
2. 보름달의 남중 고도 변화는 태양의 남중 고도 변화와 어떤 관계가 있는가?

황도와 백도가 5° 기울어져 있기 때문에 하짓날 뜬 보름달의 천구상의 위치가 정확히 동지점은 아니다.

달의 위상이 같다고 하더라도 달의 적경과 적위가 변하기 때문에 달의 남중 고도와 관측 가능 시간도 달라진다. 예를 들어 그림 Ⅳ-27과 같이 하짓날 달의 위상이 망인 경우 달은 태양의 반대쪽에 있으므로, 달은 천구 상에서 동지점 근처에 있게 된다. 따라서 달의 적경은 18h, 적위는 −23.5° 근처가 된다. 반대로 동짓날 달의 위상이 망인 경우, 달은 천구 상의 하지점 근처에 있으므로 달의 적경은 6h, 적위는 +23.5° 근처가 된다. 따라서 겨울철에 뜬 보름달은 여름철에 뜬 보름달보다 적위가 커서 달의 남중 고도가 높고 관측할 수 있는 시간도 길다.

연구 10 춘분과 추분 때 각각 보름달이 뜬 경우, 달의 적도 좌표와 남중 고도, 달을 관측할 수 있는 시간을 설명해 보자.

그림 Ⅳ-27 하지와 동지 때 보름달의 위치

240 Ⅳ. 다가오는 우주

2. 달의 남중 고도 변화

(1) 달이 백도상을 움직이며 달의 적경과 적위가 변함.

(2) 같은 위상의 달이더라도 남중 고도와 관측 가능 시간이 달라짐.

(3) 달의 적위가 크면 남중 고도가 높고 관측 가능 시간도 길어짐.

3 일식과 월식

지구가 태양 주위를 공전하는 동안 달이 지구 주위를 공전하면서 태양이 달에 의해 가려지거나 지구의 그림자에 달이 들어가기도 하는데, 이를 각각 **일식**과 **월식**이라 한다.

이러한 식 현상이 어떠한 원리로 발생하는지 알아보자.

탐구 14 실험 일식과 월식의 원리

준비물 빔 프로젝터, 지구본, 스타이로폼 공

과정
1. 다음 그림과 같이 빔 프로젝터, 스타이로폼 공, 지구본을 차례로 설치한다.
2. 지구본을 중심에 두고 스타이로폼 공을 회전시키면서 나타나는 변화를 관찰한다.



정리
1. 빔 프로젝터와 스타이로폼 공은 각각 무엇을 의미하는가?
2. 이 실험에서 일식과 월식은 각각 언제 발생하는가?
3. 실제 식 현상과 위의 모형은 어떤 차이점이 있는지 토의해 보자.

달이 지구 주위를 공전하는 동안 그림 Ⅳ-28과 같이 태양, 달, 지구가 일직선 상에 놓이게 되면 지구 표면에 달 그림자가 생긴다. 이때 달의 본그림자가 위치한 지역에서는 태양이 전혀 보이지 않게 되는데, 이를 **개기 일식**이라 한다. 개기 일식이 일어나면 평소에는 태양 광구의 밝은 빛 때문에 볼 수 없었던 코로나를 관측할 수 있다. 그리고 달의 반그림자가 위치한 지역에서는 달이 태양의 일부만을 가리게 되는데, 이를 **부분 일식**이라 한다.

달의 지름보다 400배나 큰 태양이 달에 의해 가려지는 것은 지구에서 태양까지 거리가 지구에서 달까지 거리보다 400배 정도 멀어 달과 태양의 겉보기 크기(시직경)가 거의 같기 때문이다. 그런데 달의 공전 궤도가 타원이므로 지구와 달 사이의 거리가 먼 곳에서 일식이 발생하면 달이 태양을 완전히 가릴 수 없게 된다. 이때는 그림 Ⅳ-29와 같이 태양이 둥근 반지 모양으로 보이게 되는데, 이를 **금환식**이라 한다.

달과 태양의 시직경은 모두 0.5° 정도이다.

3. 일식과 월식

(1) 개기 일식 : 태양, 달, 지구가 일직선 상에 놓이게 되어 달의 본그림자에 위치한 지역에서 태양이 전혀 보이지 않게 되는 현상

(2) 개기 월식 : 태양, 지구, 달이 일직선 상에 놓이게 되어 지구 그림자에 의해 달이 가려지는 현상

(3) 일식과 월식이 자주 일어나지 않는 까닭 : 지구의 공전 궤도면과 달의 공전 궤도면이 약 5° 기울어져 있어 삭이나 망일 때마다 태양, 지구, 달이 모두 동일 평면상에 놓이는 것은 아님.

3 일식과 월식

• 식 그림자의 종류

지구와 달의 그림자는 두 부분으로 이루어진다. 그림자가 가장 어두운 검은 지역을 본그림자라 하고, 희미하게 어둡게 보이는 지역을 반그림자라 한다.

• 일식의 과정

일식은 달이 태양의 가장자리를 가리면서 시작된다. 달이 태양을 점차적으로 가리는 동안 부분 일식이 일어난다. 식이 일어난 후 1시간쯤 지나면 태양은 완전히 달 뒤에 가려지게 되는데, 개기 일식이 일어나기 바로 몇 분 전에 하늘이 어두워진다.

• 베일리의 목걸이(Baily beads)

개기 일식 직전 달의 계곡을 통과하는 햇빛이 실에 꿴 구슬 모양을 만들어낸다. 이 현상은 이를 처음으로 주목한 영국 천문학자의 이름을 붙여 베일리의 목걸이라 불린다.



탐구 14 실험

일식과 월식의 원리

1. 목표

모형을 이용하여 일식과 월식의 원리를 설명할 수 있다.

2. 과정

1. 빔 프로젝터는 태양, 스타이로폼은 공은 달을 나타낸다.
2. 스타이로폼 공이 빔 프로젝트와 지구본 사이에 위치해 있을 때 일식이 발생하고, 빔 프로젝트에 의해 생긴 지구본 그림자 뒤로 스타이로폼 공이 들어가게 되면 월식이 발생한다.
3. 모형에서 지구와 달의 크기는 실제와 비슷한 비율로 축소되었으나, 두 천체 사이의 거리는 실제보다 매우 가깝게 나타나 있다.

• 월식

(1) 지구의 어두운 그림자는 길이가 약 1,400만 km이고, 달 궤도의 거리(평균 384,000 km)에서 지구 그림자의 지름은 9,212 km이다. 이는 4개 정도의 보름달을 덮을 수 있는 크기이다.

(2) 지구의 특정 지역에서만 볼 수 있는 일식과는 달리 월식은 달을 볼 수 있는 사람이면 누구나 볼 수 있다. 월식은 지상에서 밤이 되는 곳에서 볼 수 있기 때문에 주어진 장소에서 일식보다 더 자주 관측된다.

• 부분 월식과 반영식

개기 월식은 달이 지구의 본그림자에 들어갈 때만 일어난다. 만약 달이 완전히 본그림자에 들어가지 않으면 우리는 부분 월식을 보게 된다. 가끔 달은 지구의 본그림자를 놓치고 더 큰 지구의 반그림자에 들어간다. 이 경우 우리는 달의 반영식을 보게 되는데, 반그림자에서는 달빛이 많이 감소되지 않으므로 실제 이 식은 관측하기 쉽지 않다.

• 월식의 과정

(1) 월식은 태양, 지구, 달이 일직선상에 있을 때만 일어난다. 달이 어두운 그림자에 도달하기 약 20초 전에 지구가 햇빛의 일부를 가리기 때문에 달은 다소 흐려진다. 달이 지구 그림자 내로 들어가기 시작하면서 달에 비친 지구 그림자의 곡선 형태가 보이기 시작한다.

(2) 개기 월식 이후 달이 그림자를 벗어나면 식의 위상은 처음과는 반대로 나타난다. 식의 총 지속 시간은 달의 이동 경로가 그림

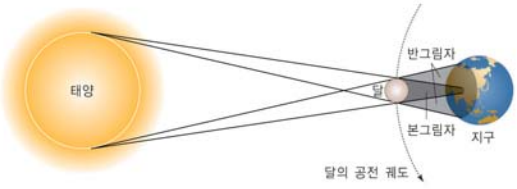


그림 Ⅳ-28 일식의 원리


그림 Ⅳ-29 금환식

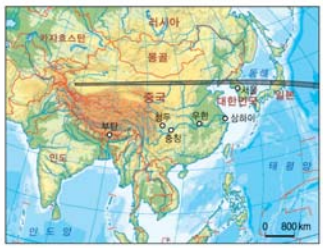


그림 Ⅳ-30 2035년 9월 2일 한반도 주변의 일식 경로

일식이 발생하는 동안 지구의 자전과 달의 공전 때문에 달 그림자는 지구 표면을 따라 움직이는데, 일식은 이 그림자의 이동 경로에 위치한 지역에서만 관측할 수 있다. 한반도에서 개기 일식을 관측할 수 있는 가장 가까운 시기는 2035년으로, 그림 Ⅳ-30은 이때 예상되는 일식 경로를 나타낸 것이다.

한편, 달이 지구 주위를 공전하는 동안 그림 Ⅳ-31과 같이 태양, 지구, 달이 일직선 상에 놓이면 지구의 그림자에 의해 달이 가려지게 된다. 이때 달이 지구의 본그림자 속으로 완전히 들어가는 현상을 **개기 월식**이라 한다. 개기 월식이 일어나도 지구 대기에 의해서 산란된 빛이 달 표면을 약하게 비추기 때문에 그림 Ⅳ-32와 같이 달은 완전히 어둡지 않고 어두운 붉은색을 띠게 된다. 그리고 달에 지구의 본그림자의 일부가 걸쳐 있을 때를 **부분 월식**이라 하고, 지구의 반그림자에 달이 들어갈 때는 **반영식**이라고 한다. 반영식일 때는 달의 밝기가 거의 감소하지 않기 때문에 식현상을 관찰하기 쉽지 않다.

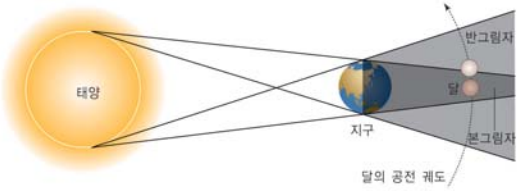
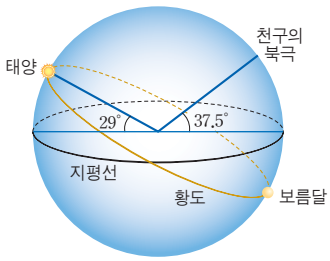


그림 Ⅳ-31 월식의 원리


그림 Ⅳ-32 개기월식 때 달의 모습

기출문제 | 2006학년도 대수능

그림은 어느 날 남중한 태양과 황도에 위치한 보름달을 천구에 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 천체의 남중 고도는 90°−위도+적위이다.)

ㄱ. 관측자의 위도는 37.5°N이다.
ㄴ. 이 날은 동짓날이다.
ㄷ. 이 날 보름달의 남중고도는 태양의 남중 고도보다 높다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 천구의 북극의 고도와 관측자의 위도는 같으므로 관측자의 위도는 37.5°N이다.
ㄴ. $h=90°-\phi+\sigma$에서, $\sigma=29°-90°+37.5°=-23.5°$이므로 이 날은 동짓날이다.
ㄷ. 보름달은 천구의 하지점에 있으므로 적위가 +23.5°이고, 따라서 $h=90°-\phi+\sigma=90°-37.5°+23.5°=76°$ 이다. **정답** ⑤

일식은 지속 시간이 짧고 관측할 수 있는 지역도 달의 본그림자나 반그림자에 해당하는 지역으로 한정된다. 이에 비해 월식은 지속 시간이 길고 지구 상에서 밤이 되는 곳이면 어디에서나 관측이 가능하다.

일식은 삭일 때 나타나고 월식은 망일 때 나타나는 현상이지만, 삭과 망일 때마다 항상 발생하는 것은 아니다. 이는 그림 Ⅳ-33과 같이 지구의 공전 궤도면(황도면)과 달의 공전 궤도면(백도면)이 약 5° 기울어져 있어 삭이나 망일 때마다 태양, 지구, 달이 모두 동일 평면상에 놓이는 것은 아니기 때문이다. 따라서 일식과 월식은 지구의 공전 궤도면과 달의 공전 궤도면이 만나는 곳에서 삭이나 망이 될 경우에만 발생한다.

연구 11 일식과 월식의 진행 시간을 조사해 보자.

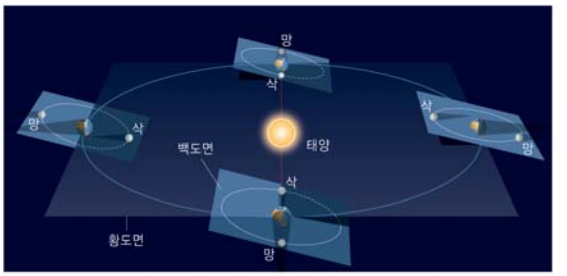


그림 Ⅳ-33 일식과 월식이 일어날 때 지구와 달의 위치



자 축에 얼마나 가까이 접근하는가에 따라 달라진다. 달이 지구 그림자의 중심을 지나가는 월식 중, 부분 월식은 최소 1시간, 개기 월식은 1시간 40분 정도 지속될 수 있다. 개기 월식은 평균 2~3년에 한번 씩 발생한다.

• 일식과 월식이 자주 일어나지 않는 까닭

(1) 만약 천구 상에서 달의 이동 경로인 백도가 태양의 이동 경로인 황도와 일치한다면, 달이 태양 앞에 올 때는 일식을, 지구 그림자 안으로 들어갈 때는 월식을 볼 수 있으므로 매달 각 한차례의 일식과 월식이 나타날 것이다.

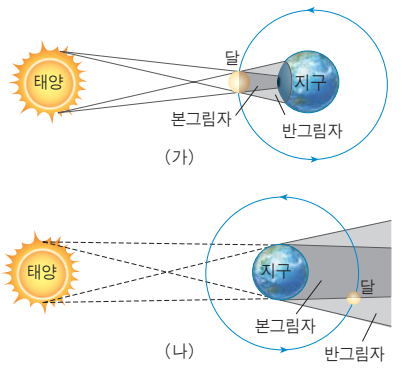
(2) 그러나 백도는 황도와 약 5° 기울어져 있어 거의 매달 달은 태양으로부터 충분히 위쪽 또는 아래쪽에 치우쳐 있게 되어 식현상이 발생하지 않는다. 그러나 두 경로가 서로 만날 때, 즉 1년에 두 번씩 식이 발생할 수 있다.

연구 11

일식 때 지구 표면에 생긴 달 그림자의 이동 속도는 1,500 km/h로 매우 빨라 개기 일식의 지속 시간은 최대 7분 40초를 넘지 못한다. 그러나 월식 때 지구의 그림자는 달에 비해 크기 때문에 달이 지구 그림자를 빠져 나오는 데 상대적으로 시간이 오래 걸려, 개기 월식은 약 1시간 40분까지 관찰할 수 있다.

기출 문제 | 2005학년도 모의

그림 (가)와 (나)는 각각 일식과 월식이 일어날 때 지구, 달, 태양의 위치 관계에 대한 모식도이다.



그림에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은?

ㄱ. 달에서도 개기 일식과 부분 일식의 관측이 가능하다.
ㄴ. 일식과 월식이 매달 일어나지는 않는 이유는 지구와 달 사이의 거리가 변하기 때문이다.
ㄷ. (가)의 경우 지구에서 금환 일식이 관측되는 지역이 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 월식이 일어났을 때 본그림자 영역 안에 있는 달에서 보면 지구가 태양을 완전히 가린 개기 일식이, 반그림자 영역 안에 있는 달에서 보면 지구가 태양의 일부를 가린 부분 일식이 관측된다. **정답** ①

오답 ㄴ. 지구의 공전 궤도면과 달의 공전 궤도면이 기울어져 있기 때문에 일식과 월식은 매달 일어나지는 않는다.
ㄷ. 금환 일식은 달의 시직경이 태양의 시직경보다 작아 달이 태양을 완전히 가리지 못하는 현상이다. 이러한 현상은 달과 지구 사이의 거리가 개기 일식 때보다 멀어져야 발생한다.

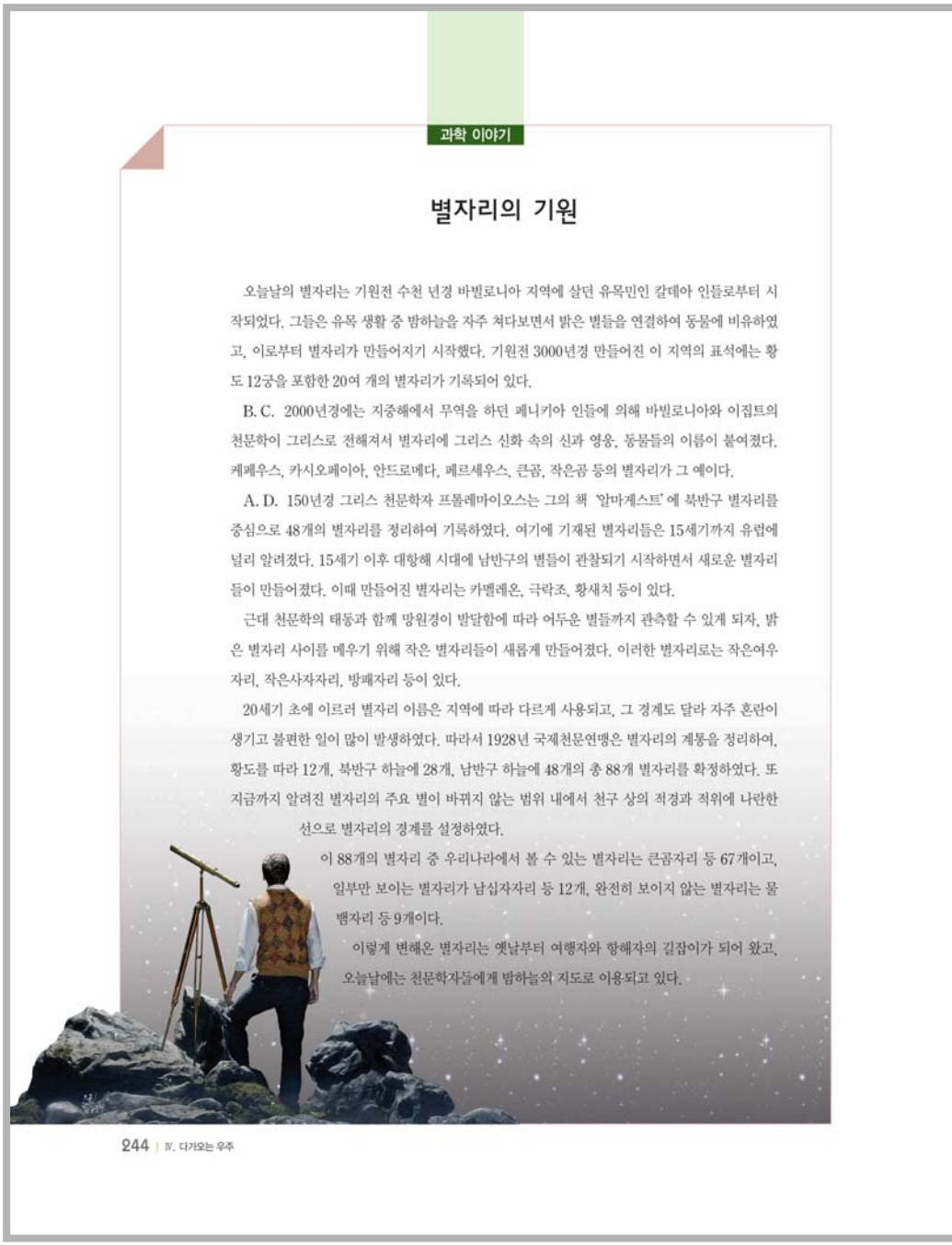
● 계절별 주요 별자리

(1) 봄철의 별자리: 봄에 보이는 별자리는 사냥개 · 게 · 사자 · 바다뱀 · 까마귀 · 목자 · 머리털 · 처녀 · 천칭자리 등이다. 이 가운데 1등성은 사자자리의 레굴루스, 목자자리의 아르크투루스, 처녀자리의 스피카가 있다. 북두칠성의 국자 머리 끝의 두 별 α와 β를 이어서 α쪽으로 그 간격의 약 5배를 연장하면 북극성과 마주치는 것은 잘 알려져 있으며, 반대쪽으로 약 5배를 연장하면 사자자리가 나타난다. 또 북두칠성의 자루 끝을 길게 연장하면 목자자리의 1등성 아르크투루스와 마주치고, 이 선을 지평선 쪽으로 연장하면 처녀자리의 스피카에 이른다. 아르크투루스 · 스피카 · 사자자리 β(데네볼라)는 커다란 정삼각형을 이루는데, 이것이 '봄의 대삼각형'이다.

(2) 여름철의 별자리: 여름의 별자리는 헤라클레스 · 전갈 · 뱀주인 · 거문고 · 독수리 · 백조 · 방패 · 궁수자리 등이다. 이 계절에는 은하수가 남쪽으로부터 천정을 지나서 북동쪽에 걸리고, 그 속의 별들은 칠월 칠석의 전설로 우리에게 매우 친숙한 것들이다. 1등성으로는 거문고자리의 직녀성(베가), 독수리자리의 견우성(알타이르), 백조자리의 데네브, 전갈자리의 안타레스 등이 있다. 직녀성은 여름철에 천정 근처에서 쉽게 찾을 수 있다. 직녀성에서 은하수를 사이에 두고 약간 남쪽으로 견우성이 있으며, 견우 · 직녀 · 데네브의 세 1등성이 삼각형을 만드는데, 이를 '여름의 대삼각형'이라고 한다. 7, 8월경에 남쪽 하늘에 낮게 보이는 붉은 별 안타레스가 있는 전갈자리도 비교적 쉽게 찾을 수 있는 별자리이다.

(3) 가을철 별자리: 가을에는 염소 · 물병 · 남쪽물고기 · 페가수스 · 물고기 · 안드로메다 · 삼각형 · 양 · 고래자리 등의 별자리가 보인다. 이 가운데 페가수스의 사각형은 그 형태가 뚜렷하여 부근의 별자리를 찾는 좋은 길잡이가 된다. 1등성은 남쪽물고기자리의 포말하우트뿐이다. 밝은 별이 많지 않은 가을철에는 W자 모양의 카시오페이아를 이용하여 다른 별자리를 찾을 수 있다. 북극성과 카시오페이아 β, 즉 W자의 오른쪽 끝별을 이어 북극성의 반대 방향으로 연장하면 안드로메다자리 α가 나타난다. 이 별은 페가수스자리의 3별과 더불어 '페가수스 사각형'을 이룬다.

(4) 겨울철 별자리: 겨울에 보이는 별자리는 페르세우스 · 마차부 · 황소 · 오리온 · 쌍둥이 · 작은개 · 큰개 · 고물 · 용골자리 등이다. 이 중 마차부 · 오리온 · 쌍둥이 · 큰개 · 황소자리 등은 그 형태가 뚜렷하고 밝은 별들을 가지고 있어 비교적 찾기 쉬운 것들이다. 은하수를 따라 밝은 별들이 많이 있다. 1등성은 마차부자리의 카펠라, 황소자리의 알데바란, 오리온자리의 베텔게우스와 리겔, 쌍둥이자리의 폴룩스와 작은개자리의 프로키온, 큰개자리의 시리우스, 용골자리의 카노푸스 등으로 4계절 중 가장 많은 1등성을 볼 수 있다. 겨울철 별자리 중심은 단연 오리온자리이다. 1, 2월경 천구의 적도에 걸린 오리온자리에서 가운데 3별은 비슷한 밝기의 2등성이 거의 같은 간격으로 일직선으로 늘어서 있다.


과학 이야기

별자리의 기원

오늘날의 별자리는 기원전 수천 년경 바빌로니아 지역에 살던 유목민인 칼데아 인들로부터 시작되었다. 그들은 유목 생활 중 밤하늘을 자주 쳐다보면서 밝은 별들을 연결하여 동물에 비유하였고, 이로부터 별자리가 만들어지기 시작했다. 기원전 3000년경 만들어진 이 지역의 표석에는 황도 12궁을 포함한 20여 개의 별자리가 기록되어 있다.

B. C. 2000년경에는 지중해에서 무역을 하던 페니키아 인들에 의해 바빌로니아와 이집트의 천문학이 그리스로 전해져서 별자리에 그리스 신화 속의 신과 영웅, 동물들의 이름이 붙여졌다. 케페우스, 카시오페이아, 안드로메다, 페르세우스, 큰곰, 작은곰 등의 별자리가 그 예이다.

A. D. 150년경 그리스 천문학자 프톨레마이오스는 그의 책 '알마게스트'에 북반구 별자리를 중심으로 48개의 별자리를 정리하여 기록하였다. 여기에 기재된 별자리들은 15세기까지 유럽에 널리 알려졌다. 15세기 이후 대항해 시대에 남반구의 별들이 관찰되기 시작하면서 새로운 별자리들이 만들어졌다. 이때 만들어진 별자리는 카멜레온, 극락조, 황새치 등이 있다.

근대 천문학의 태동과 함께 망원경이 발달함에 따라 어두운 별들까지 관측할 수 있게 되자, 밝은 별자리 사이를 메우기 위해 작은 별자리들이 새롭게 만들어졌다. 이러한 별자리로는 작은여우자리, 작은사자자리, 방패자리 등이 있다.

20세기 초에 이르러 별자리 이름은 지역에 따라 다르게 사용되고, 그 경계도 달라 자주 혼란이 생기고 불편한 일이 많이 발생하였다. 따라서 1928년 국제천문연맹은 별자리의 계통을 정리하여, 황도를 따라 12개, 북반구 하늘에 28개, 남반구 하늘에 48개의 총 88개 별자리를 확정하였다. 또 지금까지 알려진 별자리의 주요 별이 바뀌지 않는 범위 내에서 천구 상의 적경과 적위에 나란한 선으로 별자리의 경계를 설정하였다.

이 88개의 별자리 중 우리나라에서 볼 수 있는 별자리는 큰곰자리 등 67개이고, 일부만 보이는 별자리가 남십자자리 등 12개, 완전히 보이지 않는 별자리는 물뱀자리 등 9개이다.

이렇게 변해온 별자리는 옛날부터 여행자와 항해자의 길잡이가 되어 왔고, 오늘날에는 천문학자들에게 밤하늘의 지도로 이용되고 있다.

244 | Ⅳ. 다가오는 우주



01 천체 관측
중단원 마무리

되짚어 보기

- 지구의 자전과 공전에 의해 각각 천체의 일주 운동과 연주 운동이 일어난다.
- 적도 좌표를 이용하여 천체의 위치를 나타낼 수 있다.
- 태양 표면의 흑점을 이용하여 태양의 자전 주기를 구할 수 있고, 태양이 차등 자전하고 있음을 알 수 있다.
- 회합 주기를 관측하여 행성의 공전 주기를 구할 수 있다.
- 행성은 케플러의 세 가지 법칙에 따라 운동하고 있다.
- 천구 상에서 태양에 대한 달의 상대적인 위치가 달라지므로 달의 위상도 변한다.
- 달의 위상이 같다고 하더라도 달의 적도 좌표가 변하므로 달의 남중 고도와 관측 가능 시간이 달라진다.
- 지구의 공전 궤도와 달의 공전 궤도가 기울어져 있기 때문에 삭과 망일 때마다 항상 식 현상이 발생하는 것은 아니다.

| 주 요 용 어 |
천구(217쪽)
일주 운동(218쪽)
연주 운동(218쪽)
황도 12궁(219쪽)
적도 좌표계(220쪽)
최대 이각(224쪽)
회합 주기(229쪽)
타원 궤도의 법칙(230쪽)
면적 속도 일정의 법칙(231쪽)
조화의 법칙(231쪽)
일식(241쪽)
월식(241쪽)

확인하기

1 다음 문장의 내용이 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표를 하여 보자.
(1) 태양과 같이 달이나 별도 동쪽에서 떠서 서쪽으로 진다.
(2) 태양, 달, 행성은 모두 별자리 사이를 움직여 간다.
(3) 태양으로부터 거리가 먼 행성일수록 공전 속도가 빠르다.
(4) 일식과 월식은 한 달에 한 번씩 생긴다.

2 지구에서 태양 주위를 공전하는 금성을 관측하였을 때 볼 수 있는 금성의 위상을 그려 보자.

1. 천체 관측 | 245

중단원 마무리

주요 용어

- **천구**: 천체의 위치를 정하기 위해서 관측자를 중심으로 하는 반지름 무한대의 구면을 설정하고, 천체를 그 위에 투영해서 나타내는 것이다.
- **일주 운동**: 일주 운동은 지구의 자전으로 인하여 하늘의 별들이 지구 상의 관측자에게 회전하는 것처럼 보이는 겉보기 운동을 말한다.
- **연주 운동**: 지구 주위를 도는 태양이 1년에 걸쳐 하는 주기적 운동, 또는 태양의 주위를 도는 지구가 1년에 걸쳐 하는 주기적 운동 및 그 운동에 따라 생기는 천체의 1년 주기의 겉보기 운동
- **적도 좌표계**: 천구 상에서 천체의 위치를 나타내기 위해 쓰이는 구면 좌표로 기준이 되는 면은 하늘의 적도이고, 춘분점을 원점으로 한다. 춘분점에서 천체까지 서쪽에서 동쪽으로(반시계 방향) 측정한 각도를 적경이라 하며, 하늘의 적도면에서 천체까지의 각을 적위라 한다.
- **최대 이각**: 내행성인 수성과 금성이 지구에서 볼 때 태양의 서쪽이나 동쪽으로 가장 많이 떨어져 보이는 각거리를 말한다.
- **연주 운동**: 지구 주위를 도는 태양이 1년에 걸쳐 하는 주기적 운동, 또는 태양의 주위를 도는 지구가 1년에 걸쳐 하는 주기적 운동 및 그 운동에 따라 생기는 천체의 1년 주기의 겉보기 운동
- **회합 주기**: 태양 및 지구와 어느 특정한 행성의 상대적 위치가 처음의 자리로 돌아가기까지 걸리는 시간을 말한다. 내행성의 경우 내합(또는 외합)에서 다음 내합(또는 외합)까지의 시간을 말하고, 외행성의 경우 충(또는 합)에서 다음 충(또는 합)까지의 시간을 말한다.

확인하기

1. (1) ○

해설 모든 천체는 지구 자전에 의해 동쪽에서 떠서 서쪽으로 진다.

(2) ○

해설 태양은 지구 공전에 의해, 달은 스스로 지구 주위를 공전하므로, 행성은 지구에 대한 상대적인 운동으로 인해 모두 천구 상에서 움직이는 것처럼 보인다.

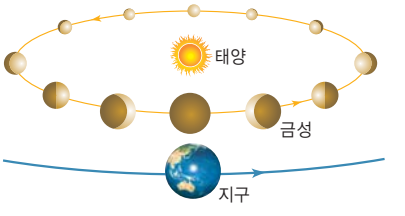
(3) ×

해설 케플러 제3법칙에 따르면 태양으로부터 멀어질수록 행성의 공전 속도는 느려진다.

(4) ×

해설 황도와 백도가 5° 기울어져 있어 매달 일식과 월식이 생기지는 않는다.

2. 태양 빛을 받아 밝게 빛나는 금성의 반쪽 구면과 지구에서 볼 수 있는 금성의 반쪽 구면의 공통 영역이 지구에서 볼 수 있는 금성의 밝은 부분이 된다.



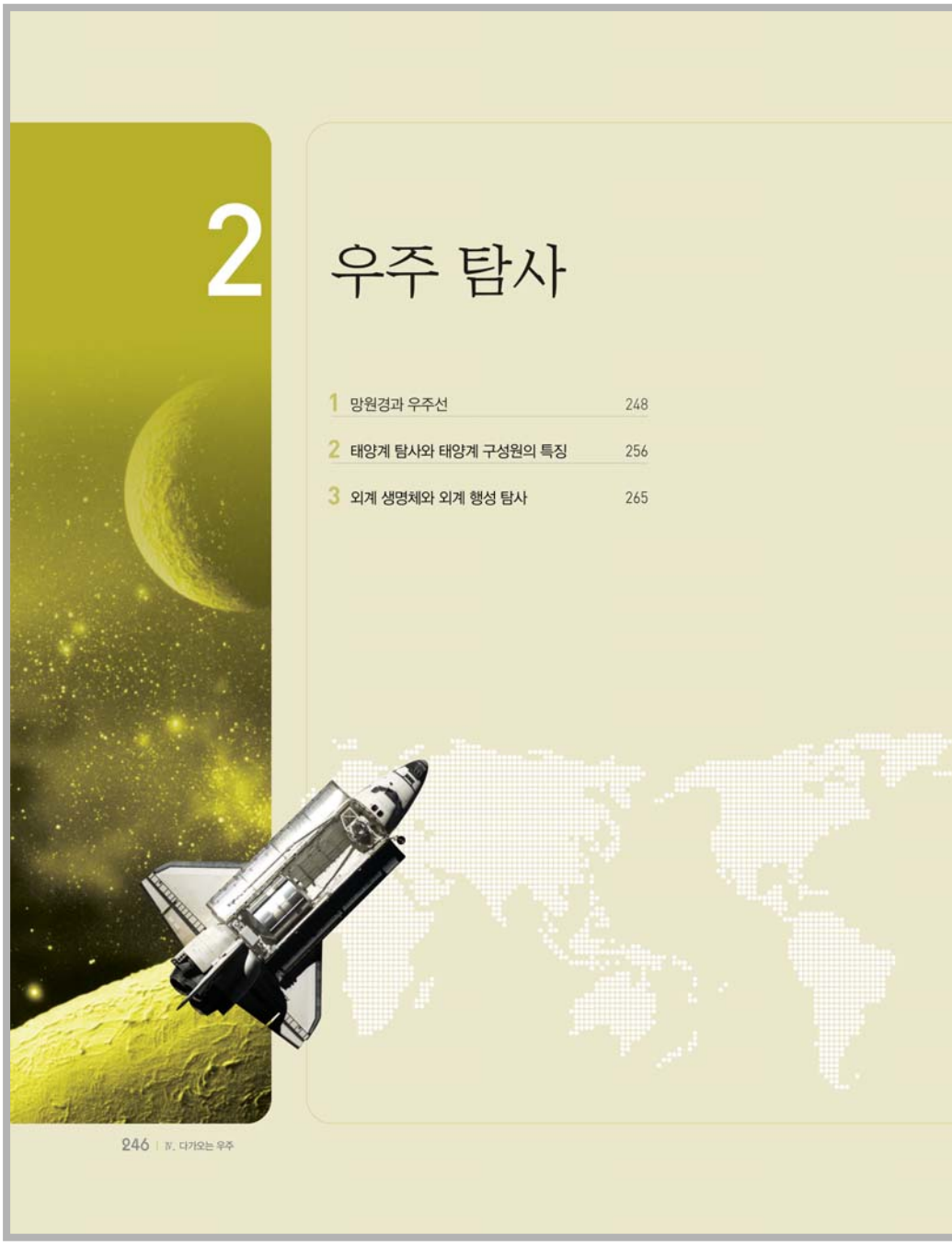
2 우주 탐사

중단원의 학습 목표

1. 태양계 구성원에 대한 탐사 역사에 대해서 알고, 탐사를 통해 알게 된 물리적 특징을 설명할 수 있다.
2. 우주 탐사선 및 우주 정거장의 정의와 역할을 설명하고, 우리나라의 우주 탐사 현황에 대해서 설명할 수 있다.
3. 우주 망원경의 정의와 역할을 알고, 우주 망원경 관측을 통해 알아낸 성과에 대해서 설명할 수 있다.
4. 관측 파장대별로 관측할 수 있는 천체의 물리적 특징을 설명할 수 있다.
5. 외계 생명체가 살 수 있는 조건을 행성의 일반적인 특성을 통해 설명할 수 있다.
6. 외계 행성체 탐사 원리와 방법을 이해하고, 지구 밖 생명체 탐사의 진행 상황을 설명할 수 있다.

중단원의 흐름

이 단원은 망원경과 우주 탐사선을 이용한 우주 탐사의 역사를 다루며, 학생들의 흥미와 호기심을 유발하기 위해 외계 행성계와 외계 생명체 탐사에 관한 내용을 추가하였다. 과거와 현재의 성과를 바탕으로 미래를 조망할 수 있는 지구 과학적인 식견을 쌓게 하는 데에도 주안점을 두고, 외계 행성계와 생명체 탐사와 관련된 과학적인 원리를 적절한 수준에서 소개하여 지나치게 흥미 위주가 되지 않게 지도한다.



중단원의 지도 계획

소단원	시간	소제목	차시	교과서 쪽수	학습 내용	탐구 활동
1 망원경과 우주선	3	1 망원경을 이용한 우주 탐사	77~79	pp. 248~252	■ 망원경의 원리, 우주 망원경	실험 자료 해석 토의
		2 우주선을 이용한 우주 탐사		pp. 252~253	■ 인공위성, 우주 정거장, 행성 탐사선	토의
		3 우리나라의 우주 개발		pp. 253~255	■ 우리나라의 우주 개발	토의
2 태양계 탐사와 태양계 구성원의 특징	3	1 태양계 탐사의 목적과 의의	80~82	pp. 256~257	■ 태양계 탐사의 목적과 의의	자료 해석
		2 태양계 탐사의 역사		pp. 257~258	■ 태양계 탐사의 역사	자료 해석
		3 태양계 구성원의 특징		pp. 258~264	■ 태양계 행성과 작은 천체의 특징	토의
3 외계 생명체와 외계 행성 탐사	2	1 외계 생명체 탐사	83~84	pp. 265~267	■ 생명체 거주 가능 영역, 생명체 존재 조건	자료 해석
		2 외계 행성 탐사		pp. 267~268	■ 외계 행성 탐사 방법, 세티 프로젝트	조사
중단원 마무리				p. 269		
대단원의 마무리	1		85	pp. 270~273		

1686년 영국의 뉴턴(Newton, I.)은 지구를 벗어나 우주 공간을 여행할 수 있는 이론을 정립하였다. 뉴턴은 지구에서 발사한 물체가 어느 정도 이상으로 속도가 빨라지면 지구의 중력을 이기고 지구를 탈출하여 다른 행성으로 날아갈 수 있다고 생각하였다. 뉴턴의 이러한 생각 이후 300여 년이 지난 현재, 실제로 우주 탐사선들은 지구를 떠나 멀리는 태양계 너머까지 여행하고 있다. 그리고 이러한 우주선들에는 지구에 지적인 생명체가 살고 있음을 알리는 메시지가 실려 있기도 하다.

한편, 과학자들은 태양계 밖의 외계 행성을 탐사하면서 그 곳에서 살고 있을 수 있는 지적인 생명체를 지속적으로 찾고 있다.



생각 열기

외계 생명체가 생존할 가능성이 높은 행성은 어떻게 발견할 수 있을까?

중단원 지도 방향

1. 태양계 탐사의 역사를 다루기 전에 태양계 탐사의 목적과 필요성, 의의 등을 생각해 보게 하고 과학사적인 입장에서 탐사 방법과 과정을 소개한다. 비교적 최근에 이루어진 태양계 행성 탐사, 화성 탐사, 달 탐사 등을 통해 알게 된 태양계 천체들의 특징을 설명한다.
2. 현대 생활에 많이 이용되는 인공위성과 우주 정거장을 소재로 하여 흥미를 유발하고, 인공위성, 우주 정거장, 우주 탐사선을 통해 밝혀진 과학적 성과와 생활에 가져온 유익에 대해 이해하게 한다. 이를 통해 막대한 예산과 시간을 들여서 우주 탐사를 하는 까닭에 대해서 이해할 수 있게 한다. 또한, 우주 탐사에는 발사대의 지리적 위치 선정, 로켓 발사 원리, 원격 조정 등 종합적인 과학 지식과 기술이 요구됨을 인식시킨다.
3. 우주 망원경을 설치해야 하는 필요성을 알고, 우주 망원경이 천문 우주 과학의 발전에 기여한 바를 이해할 수 있게 한다. 새로 설치될 우주 망원경의 특징을 소개하고, 새로운 우주 망원경이 가져다 줄 성과에 대한 기대감을 높이게 한다.
4. 광학 망원경, 전파 망원경 등 서로 다른 종류의 망원경의 기본 원리를 설명하고, 서로 다른 망원경으로 관측한 사진에 나타난 천체의 특징을 탐색하게 한다. 이를 통하여 서로 다른 파장대를 이용하여 천체를 관측해야 하는 필요성을 알고, 그 관측 성과로부터 정립된 과학 지식을 이해하게 한다.
5. 지구 밖의 외계 생명체가 존재할 수 있는 조건을 태양계 행성들의 특징과 비교해 보는 수준에서 다루면서 생명체 존재 가능 범위의 개념을 소개한다. 첫 단원에서 이미 학습한 내용을 바탕으로 지구에서 생명체가 발생하고 진화한 조건들을 상기하게 하고, 이를 통해 생명체가 살 수 있는 지구와 같은 환경이 생성되고 유지되는 일이 얼마나 어려우면서도 중요한 것인지를 깨닫게 한다.
6. 외계 행성계를 탐사하는 과학적인 원리와 방법을 설명하고(예: 도플러 효과, 중력 렌즈 효과), 이러한 방법으로 알아내 최근 탐사 성과를 소개한다. 외계 행성계에 살고 있을지 모를 지적 생명체와 소통하기 위한 과학적인 프로젝트(SETI)를 함께 다루어 학생들의 흥미를 높이게 한다.

생각 열기

생명체 탄생에 있어 중요한 물이 액체 상태로 존재하기 위해서는 행성이 너무 차갑지도 않고 너무 뜨겁지도 않은, 적당한 온도를 가져야 한다. 그리고 생명체가 탄생하여 진화하기 위해서는 행성이 수명이 긴 항성에 딸려 있어야 한다. 이외에 적당한 대기와 자기장 등이 존재해야 하는데, 이러한 조건을 만족하는 암석으로 된 작은 크기의 행성들을 도플러 효과나 항성의 밝기 변화 등을 이용하여 찾고 있다.

1 망원경과 우주선

소단원의 학습 목표

1. 관측 파장대별로 관측할 수 있는 천체의 물리적 특징을 이해하고, 망원경의 종류가 다름을 설명할 수 있다.
2. 우주 망원경의 정의와 역할을 알고, 우주 망원경 관측을 통해 알아낸 성과에 대해서 설명할 수 있다.
3. 우주 탐사선 및 우주 정거장의 정의와 역할을 설명하고, 우리나라의 우주 탐사 현황에 대해서 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 광학 망원경, 전파 망원경 등 서로 다른 종류의 망원경의 기본 원리를 설명하고, 서로 다른 망원경으로 관측한 사진에 나타난 천체의 특징을 탐색하게 한다.
2. 우주 망원경을 설치해야 하는 필요성을 알고, 우주 망원경이 천문 우주 과학의 발전에 기여한 바를 이해할 수 있게 한다.
3. 현대 생활에 많이 이용되는 인공위성과 우리나라 우주인도 방문하였던 우주 정거장을 소재로 하여 흥미를 유발하고, 인공위성, 우주 정거장, 우주 탐사선을 통해 밝혀진 과학적 성과와 생활에 가져온 유익에 대해 이해하게 한다.
4. 학생들이 현재까지 우주 정거장에서 진행된 연구 주제와 앞으로 진행되었으면 하는 주제들을 분담하여 토의해 보는 방식으로 활동을 구성한다.
5. 학생들이 일상생활이나 사회적인 필요, 또는 우리 인류의 미래와 밀접하게 관련된 우주 개발 계획을 구상하여 발표하게 한다.



1 망원경과 우주선

❖ 학습 목표

1. 천체 관측에 다양한 파장대의 망원경이 필요함을 설명할 수 있다.
2. 인공위성과 우주 정거장의 원리와 역할을 설명할 수 있다.

갈릴레이가 망원경을 이용하여 천체를 관측한 이래 많은 대형 망원경들이 제작되어 우주의 비밀을 밝히고 있고, 최근에는 우주선 등 여러 가지 방법으로 태양계 천체를 탐사하여 새로운 사실을 속속 밝혀내고 있다. 이렇듯 망원경과 우주선은 우주를 탐사하는 가장 기본적이고 중요한 방법이다.

1 망원경을 이용한 우주 탐사

맨눈으로도 밤하늘의 천체를 관측할 수 있으나 망원경을 이용하면 맨눈으로는 볼 수 없는 아주 어둡고 멀리 있는 천체까지도 관측할 수 있다.

이러한 기능이 있는 망원경의 원리를 알아보자.

탐구 15 실험 **망원경의 원리**

과정 볼록 렌즈는 다음 그림 (가)와 같이 물체의 상을 맺는 기능과 그림 (나)와 같이 물체를 확대하는 기능을 가지고 있다.



(가) (나)

1. 볼록 렌즈와 반투명 용지를 이용하여 그림 (가)와 같이 주변 물체의 상을 만들어 보자.
2. 볼록 렌즈를 이용하여 그림 (나)와 같이 물체를 확대해 보자.

정리
1. 위와 같은 볼록 렌즈의 기능을 이용하여 굴절 망원경의 원리를 설명해 보자.
2. 같은 초점 거리를 가진 구경이 큰 볼록 렌즈를 이용하여 상을 맺었을 때 어떤 변화가 나타나는가?
3. 오목 거울을 이용하여 물체의 상을 만들어 보고, 이를 이용하여 반사 망원경의 원리를 설명해 보자.

248 | Ⅳ. 다가오는 우주

1. 망원경을 이용한 우주 탐사
- (1) 망원경 : 빛을 모아 상을 만들고 이를 확대하는 장치
- (2) 망원경의 종류 : 구조에 따라 굴절 망원경과 반사 망원경으로 구분
- (3) 망원경의 성능 : 집광력, 분해능, 확대능
- (4) 비광학 망원경의 필요성 : 천체는 가시광선뿐만 아니라 다양한 파장의 전자기파를 방출함.
- (5) 비광학 망원경의 예 : 전파 망원경, 적외선 망원경, 자외선 망원경 등
- (6) 우주 망원경의 필요성 : 지구 대기에 의해 빛이 흡수, 산란, 굴절됨.

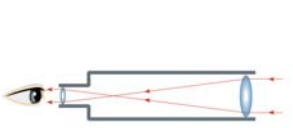


그림 Ⅳ-34 굴절 망원경

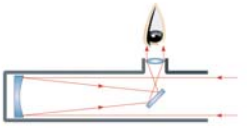


그림 Ⅳ-35 반사 망원경

망원경은 빛을 모아 상을 만들고 이를 확대하는 장치로, 구조에 따라 그림 Ⅳ-34와 같은 **굴절 망원경**, 그림 Ⅳ-35와 같은 반사 **망원경**이 있다. 굴절 망원경은 볼록 렌즈를, 반사 망원경은 오목 거울을 이용하여 빛을 모으고, 이후 접안렌즈로 물체의 상을 확대하여 관찰한다.

망원경의 가장 중요한 성능은 빛을 모으는 능력과 인접한 두 물체를 구분해서 볼 수 있는 능력으로, 각각 **집광력**과 **분해능**이라 한다. 망원경의 구경이 커질수록 집광력과 분해능은 좋아지므로, 구경이 큰 망원경을 이용하면 어둡고 멀리 있는 천체를 선명하게 관측할 수 있다. 망원경의 또 다른 성능으로는 물체를 확대할 수 있는 능력을 의미하는 **확대능**이 있는데, 흔히 배율로 나타낸다.

$$\text{집광력} \propto \text{구경}^2$$

$$\text{분해능} \propto \text{구경}$$

$$\text{배율} = \frac{\text{대물렌즈의 초점 거리}}{\text{접안렌즈의 초점 거리}}$$

연구 12 굴절 망원경과 반사 망원경의 장점과 단점을 조사해 보자.

천체는 그림 Ⅳ-36과 같이 우리가 흔히 빛이라고 부르는 가시광선 영역의 전자기파 이외에 여러 파장의 전자기파를 방출한다. 따라서 가시광선을 관측하는 광학 망원경 외에도 자외선이나 전파 등 가시광선 이외의 파장을 관측할 수 있는 망원경이 필요하다.

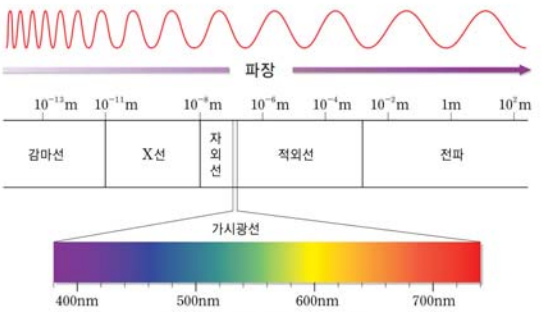


그림 Ⅳ-36 파장에 따른 전자기파의 분류

내용 해설

Ⅰ 망원경을 이용한 우주 탐사

탐구 15 실험

망원경의 원리

1. 목표

굴절 망원경과 반사 망원경의 기본 원리를 설명할 수 있다.

2. 정리

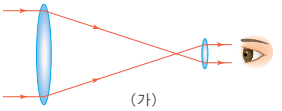
1. 굴절 망원경의 대물렌즈는 (가)와 같이 상을 맺는 역할을 하고, 접안렌즈는 이 상을 (나)와 같이 확대하는 역할을 한다.
2. 구경이 커지면 더 많은 빛을 모아서 상을 맺으므로 상이 밝아진다.
3. 오목 거울은 굴절 망원경의 대물렌즈와 같이 빛을 모으는 역할을 한다. 반사 망원경은 이러한 오목 거울을 주경으로 하고, 접안렌즈로 물체의 상을 확대하는 망원경이다.

연구 12

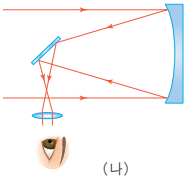
굴절 망원경은 상이 안정적이고 선명하나 가격이 비싸다. 반면 반사 망원경은 굴절 망원경에 비해 상이 불안정하고 선명도가 떨어지지만, 가격이 싸다는 장점이 있다.

기출 문제 | 2010학년도 대수능

그림 (가)와 (나)는 굴절 망원경과 반사 망원경의 원리를 각각 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

ㄱ. (가)로 관측하면 색수차가 나타난다.
ㄴ. (나)는 주경의 지름이 작을수록 분해능이 좋다.
ㄷ. 대형 망원경은 (나)보다 (가)의 방식을 많이 이용한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 렌즈에서는 빛의 색깔에 따라 굴절률이 달라지므로 색수차가 발생한다. **정답** ①

오답 ㄴ. 분해능은 인접한 두 물체를 구분해서 볼 수 있는 능력으로, 구경이 커질수록 좋아진다.
ㄷ. 큰 구경의 대물렌즈는 제작하기 어려우므로 대형 망원경은 보통 반사 망원경으로 제작된다.

• 굴절 망원경

굴절 망원경은 갈릴레이식과 케플러식의 두 가지 방식이 있다. 갈릴레이식 굴절 망원경은 접안렌즈로 오목 렌즈를 사용하여 빛의 손실이 발생하고 시야가 좁다는 단점이 있다. 이에 케플러는 볼록 렌즈를 접안렌즈로 사용한 망원경을 만들었으며, 이러한 케플러식 굴절 망원경은 오늘날에는 색수차를 보완한 아크로매트식(Achromatic), 아포크로매트식(Apochromatic)으로 발전하였다.

• 반사 망원경

굴절 망원경은 상의 어두워짐, 색수차, 구면수차, 대구경 렌즈 제작 시 렌즈가 무게에 의해 휘어짐 등의 문제가 있다. 이러한 이유로 현재 세계에서 가장 큰 굴절 망원경은 미국의 여키스 천문대에 있는 망원경으로 구경이 약 1 m이다. 이러한 굴절 망원경의 단점을 보완한 망원경이 뉴턴의 반사 망원경이다. 뉴턴은 포물면경으로 빛을 모으고 이를 제2반사경으로 경로를 바꾸어 관찰할 수 있는 망원경을 개발하였다. 현재 세계에 있는 망원경은 대부분 반사 망원경이며, 미국의 팔로마 산에 있는 헤일 망원경은 5 m, 러시아의 코카서스 지방에 있는 망원경은 6 m이다. 하와이의 마우나케아에 있는 켁 I과 켁 II 망원경은 지름이 각각 약 10 m이며, 36개의 거울로 반사경을 만들어 경통 전체의 무게가 13톤에 이른다.

카세그레인 신부는 제2반사경을 볼록 거울로 바꾸어 초점 거리를 연장하고 접안렌즈의 위치를 굴절 망원경처럼 대물렌즈 반대 방향에 설치하였는데, 이러한 방식을 카세그레인식이라 한다. 한편, 포물면경은 시야가 좁은 단점이 있기 때문에 이를 구면경으로 바꾸고, 이로 인해 발생하는 구면 수차를 없애기 위해 슈미트 보정판 또는 막스토프 보정판을 부착하는 방식을 각각 슈미트-카세그레인식, 막스토프식이라 한다.



그림 Ⅳ-37 은하수의 모습



그림 Ⅳ-38 전파 망원경

성간 물질
별 사이 공간에 있는 물질로 가스와 티끌로 이루어져 있다.

그림 Ⅳ-37은 우리 은하를 가시광선 영역에서 관측한 것이다. 태양계는 성간 물질이 많이 모여 있는 우리 은하의 원반 안에 있는데 이 성간 물질의 방해 때문에 가시광선 영역의 관측으로는 원반의 입체적인 구조를 파악하기 어렵다. 그러나 전파는 성간 물질에 흡수되지 않고 잘 통과하는 성질을 가지고 있다. 천문학자들은 그림 Ⅳ-38과 같은 전파 망원경으로 우리 은하를 관측하여 은하 원반이 그림 Ⅳ-39와 같이 여러 개의 나선팔로 이루어져 있음을 밝힐 수 있었다.

전파 망원경 이외에도 적외선, 자외선, X선, 감마선 등을 관측하는 비광학 망원경이 있다.

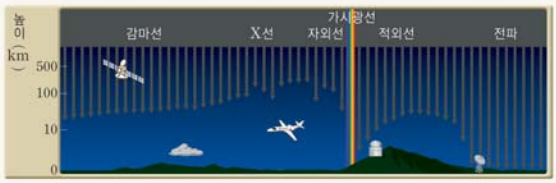
이러한 망원경의 특징에 대해 알아보자.



그림 Ⅳ-39 우리 은하의 나선 구조

탐구 16 자료 해석 **지구에 도달하는 전자기파의 높이**

과정 우주에서 지구로 입사되는 전자기파 중 일부는 지구 대기의 영향으로 지표면까지 도달하지 못한다. 다음 그림은 지구에 도달하는 전자기파의 높이를 파장별로 나타낸 것이다.



정리 1. 지표면까지 잘 도달하는 전자기파는 무엇인가?
2. 지구 대기권 밖 우주공간에서 관측해야 하는 전자기파는 무엇인가?

250 | Ⅳ. 다가오는 우주

탐구 16 자료 해석

지구에 도달하는 전자기파의 높이

1. 목표

관측 파장에 따라 우주에 망원경을 설치해야 하는 이유를 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 가시광선과 전파이다.
2. 감마선, X선, 자외선, 적외선은 지구 대기에서 흡수되어 지표까지 도달하지 못하므로, 우주 공간에서 관측해야 한다.

가시광선과 전파 이외의 전자기파는 지구 대기에 의해 흡수되거나 산란되어 지표면에 도달하지 못한다. 따라서 이러한 전자기파는 지구 대기권 밖 우주공간에서 관측하여야 하며 그 예로 콤프턴 감마선 우주 망원경, 찬드라 X선 우주 망원경, 적외선을 관측하는 스피처 우주 망원경 등이 있다. 이 우주 망원경들은 전파 망원경과 마찬가지로 가시광선 영역의 관측으로는 알 수 없었던 새로운 사실을 많이 알려 주었다.

연구 13 비광학 우주 망원경을 이용하여 주로 어떤 천체들을 관측하는지 조사해 보자.

한편 가시광선 영역을 관측하는 광학 망원경이라 하더라도 지구 대기의 영향에 의해 제 성능을 발휘하기는 어렵다.

천체 관측에 미치는 지구 대기의 영향을 알아보자.

탐구 17 토의 대기의 효과

과정 다음 그림은 뜨거운 아스팔트 도로 위에 피어오르는 아지랑이를 촬영하는 기자의 모습이다.



정리
1. 위와 같이 아지랑이가 피어오를 때 물체는 어떻게 보이는가?
2. 아지랑이가 발생하는 과정을 설명해 보자.
3. 별빛이 대기를 통과하는 과정에서 어떠한 변화가 생길지 토의해 보자.

별빛은 지구 대기를 통과하는 과정에서 흔들거리는 공기덩어리에 의해 굴절되기 때문에 천체의 모습이 흐트러지게 된다. 이러한 대기의 영향을 받지 않고 천체를 관측할 수 있도록 고안된 것이 우주 망원경으로, 허블 우주 망원경이 대표적인 예이다.

허블 우주 망원경은 1990년에 발사되어 지구 상공 610 km 궤도에 머무르고 있다. 허블 우주 망원경은 주 거울의 지름이 2.5 m, 경통의 길이가 13 m인 반사 망원

연구 13

감마선 망원경은 우리 은하 안에서 순간적으로 발생하고 있는 감마선 폭발 현상 등을 관측하는 데 이용되고 있으며, X선 망원경은 블랙홀의 존재를 확인하는 등에 사용되고 있다. 자외선 망원경과 적외선 망원경은 별과 은하의 탄생 등을 관측하는 데 사용되고 있다.

탐구 17 토의

대기의 효과

1. 목표

별빛에 미치는 대기의 영향을 통해 우주 망원경의 필요성을 안다.

2. 정리

1. 정지해 있는 물체일지라도 흔들려 보이게 된다.
2. 뜨거운 지면에 의해 공기가 데워지면 지면 위의 공기에 온도 차이가 발생한다. 온도 차이에 의해 공기의 밀도가 달라지면 빛이 굴절하게 된다.
3. 아지랑이와 같은 효과가 별빛에도 영향을 줄 것이다. 즉 별빛이 점상으로 나타나지 않고 흔들려서 반짝거리게 된다.

기출 문제 | 2005학년도 대수능

그림은 우주 망원경을 사용하여 안드로메다 은하를 각각 다른 파장대로 관측하여 얻은 사진이다.



(가) 자외선 영상



(나) 가시광선 영상



(다) 근적외선 영상

이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

〈보기〉
ㄱ. 안드로메다 은하는 나선 은하에 속한다.
ㄴ. 높은 온도의 별을 관측하기에 가장 적합한 영상은 (다)이다.
ㄷ. 관측에 이용한 파장을 짧은 것부터 순서대로 나열하면 (가)<(나)<(다)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 은하의 종류에는 나선 은하, 막대 나선 은하, 타원 은하, 불규칙 은하가 있는데, 안드로메다 은하는 나선 은하에 속한다.
ㄷ. 자외선, 가시광선, 적외선 순으로 파장이 길어진다.
정답 ④

오답 ㄴ. 높은 온도의 별은 자외선 영역의 에너지를 많이 방출하므로 (가)를 이용하여 관측하는 것이 적합하다.

• 인공위성

(1) 최초의 인공위성은 1957년 구소련의 스푸트니크 1호이고, 사람이 탑승한 최초의 인공위성은 보스토크 1호이다. 이때 유리 가가린은 인류의 역사상 처음으로 대기권 밖으로 나갔다.

(2) 인공위성은 과학 위성과 실용 위성으로 구분할 수 있다. 과학 위성은 지구 자기장과 전리층 및 방사선 등을 측정하고 우주선과 태양풍 및 천체 등을 관측하며 과학 실험을 수행하기도 한다.

(3) 실용 위성은 기상 위성, 방송 위성, 통신 위성, GPS 위성, 지형 관측 위성, 자원 탐사 위성, 군사 위성 등이 있다.

• 우주 탐사선

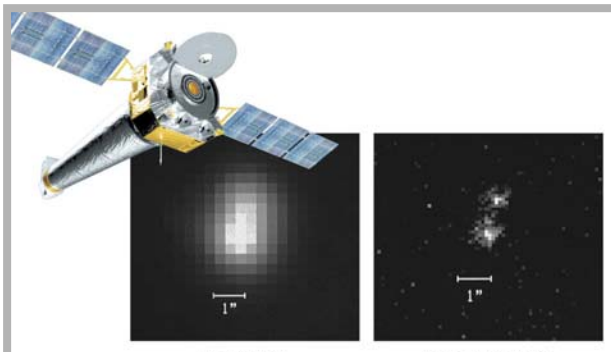
우주 탐사선은 탐사 방법에 따라 근접 탐사선, 충돌 탐사선, 연착륙 탐사선, 궤도 선회 탐사선으로 분류할 수 있다.

(1) 근접 탐사선 : 천체를 스쳐 지나가면서 관측하는 탐사선으로 마리너호, 파이어니어 10, 11호, 보이저 1, 2호 등이 있다.

(2) 충돌 탐사선 : 천체에 추락하면서 관측한 사진을 지구로 전송하고 천체에 충돌하여 부서지는 탐사선으로, 달에 보낸 레인저호가 있다. 레인저호의 관측 결과는 아폴로호의 계획에 이용되었다.

(3) 연착륙 탐사선 : 역추진 로켓으로 안전하게 착륙하여 천체를 탐사하는 탐사선이다. 달에 착륙한 서베이어호, 아폴로호, 화성에 착륙한 바이킹 1, 2호 등이 있으며 마스 패스 파인더호는 에어백을 사용하여 역추진 로켓이 없이 화성에 로버 소저너를 보내 탐사하였다.

(4) 궤도 선회 탐사선 : 천체의 위성이 되어 천체를 선회하면서 천체에 대한 정보를 지속적으로 얻는 탐사선이다. 마젤란호는 금성 궤도를 돌면서 레이더를 이용하여 금성의 지형을 조사하였고, 마스글로벌 서베이어호는 화성의 궤도를 선회하면서 화성을 지속적으로 관측하여 화성의 지도를 얻을 수 있었다.



(가) 지상 망원경 (나) 허블 우주 망원경

그림 Ⅳ-40 지상 망원경과 허블 우주 망원경의 성능 비교



(가) 허블 우주 망원경 (나) 제임스 웹 우주 망원경

그림 Ⅳ-41 허블 우주 망원경과 제임스 웹 우주 망원경의 성능 비교

경으로, 지상에 설치된 망원경보다 50배 이상 미세한 부분까지 관찰할 수 있다.

그림 Ⅳ-40은 같은 구경의 지상 망원경과 허블 우주 망원경이 동일한 천체를 촬영한 것으로 우주 망원경의 탁월한 성능을 확인할 수 있다.

지금까지 과학자들은 허블 우주 망원경을 이용하여 우리 은하 중심에 있는 블랙홀에 대한 간접적인 증거를 확인하였고 별의 탄생 모습을 관측하였으며, 또한 수많은 외부 은하를 관측하여 우주의 나이를 더욱 정밀하게 결정할 수 있었다. 뿐만 아니라 최근에는 태양계 바깥의 외계 행성을 촬영하는 데 성공하는 등, 허블 우주 망원경을 통해 새로운 사실들이 많이 발견되었다.

현재 허블 우주 망원경은 수명이 거의 끝나가고 있어 과학자들은 2013년 차세대 우주 망원경인 제임스 웹 우주 망원경을 발사하여 허블 우주 망원경을 대체할 예정이다. 제임스 웹 우주 망원경은 반사경이 6.6 m로 허블망원경의 3배 가까이 되고, 지구에서 망원경까지의 거리는 150만 km나 되는 먼 곳에 위치하여 그림 Ⅳ-41과 같이 더욱 먼 우주의 모습을 생생하게 관측할 수 있을 것으로 기대된다.

2 우주선을 이용한 우주 탐사

과학자들은 망원경 이외에도 다양한 종류의 우주선을 개발하여 우주 탐사에 이용해 오고 있다. 이러한 우주선으로는 인공위성, 우주 정거장, 행성 탐사선 등이 있다.

인공위성은 지구 상공에서 지구 궤도를 도는 우주선으로 사용 목적에 따라 여러 가지로 나누어진다. 천체 관측이나 지구 관측에 사용되는 과학 위성, 군사 정보를 얻는 군사 위성, 통신 중계에 사용되는 통신 위성, 날씨에 관한 정보를 수집하는 기상 위성 등 다양한 종류의 인공위성이 발사되어 운영되고 있다.

한편 우주 비행사들이 거주하면서 우주 관측과 우주 환경에서 다양한 과학 실험을 수행하는 인공위성을 특별히 우주 정거장이라고 한다.

이러한 우주 정거장의 특징을 알아보자.

252 | Ⅳ. 다가오는 우주

2. 우주선을 이용한 우주 탐사

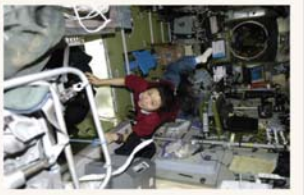
(1) 인공위성 : 지구 궤도를 도는 우주선으로 사용 목적에 따라 과학, 군사, 통신, 기상 위성 등으로 구분됨.

(2) 우주 정거장 : 우주 비행사들이 거주하면서 우주 관측과 다양한 과학 실험을 수행하는 인공위성

(3) 행성 탐사선 : 지구의 중력을 벗어나 행성을 직접 방문하여 탐사하는 우주선

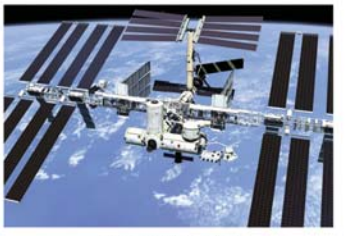
탐구 18 토의 우주 정거장에서의 생활

준비물 다음 그림은 국제 우주정거장에 탑승했던 우리나라 우주인이 생활하는 모습으로, 우주 정거장이 갖는 물리적 특성이 잘 나타나 있다.

정리 1. 그림을 보고 우주 정거장이 지상과 비교했을 때 다른 점이 무엇인지 설명해 보자.
2. 우주 정거장에 거주하는 사람들은 어떻게 생활해야 할지 설명해 보자.
3. 우주 정거장이 지닌 물리적 특성에 알맞은 과학 연구 주제를 토의해 보자.

우주 정거장은 다른 행성으로 출발하는 탐사선을 발사시키는 우주 발사 기지로도 사용되고 있으며, 현재는 세계 여러 나라가 참여하여 그림 Ⅳ-42와 같은 국제 우주 정거장(ISS)을 건설하고 있다.


그림 Ⅳ-42 국제 우주 정거장

인공위성과 우주 정거장이 지구 궤도에 묶여 있는 우주선이라면 행성 탐사선은 지구의 중력을 벗어나 직접 행성을 방문하여 탐사하는 우주선이다. 이러한 행성 탐사선들은 지구 상에서는 얻을 수 없는 새롭고 놀라운 자료들을 지구로 전송하여 태양계 연구에 큰 도움이 되고 있다.

모든 우주 탐사는 비용이 많이 들고 오랜 시간이 소요되기 때문에 우주 탐사를 반대하는 의견도 존재한다. 그러나 우주 탐사는 지구 밖 우주에 대한 인류의 호기심을 충족시키는 데에만 그치지 않는다. 우주 탐사로부터 얻어진 지식과 기술은 오늘날 다방면에 걸쳐 인간의 삶을 풍요롭게 하고 있다.

3 우리나라의 우주 개발

우리나라는 다른 나라들에 비해 뒤늦게 우주 개발에 뛰어들어 그 역사가 길지 않지만, 최근 기술 발전 속도가 매우 빨라 세계 각국의 관심을 받고 있다.

우리나라는 1992년 자체 기술로 만든 최초의 인공위성인 우리별 1호를 통해 우주 개발에 발을 들여 놓기 시작하였다. 이후 통신 · 방송용 위성인 무궁화 위성, 다목적

탐구 18 토의

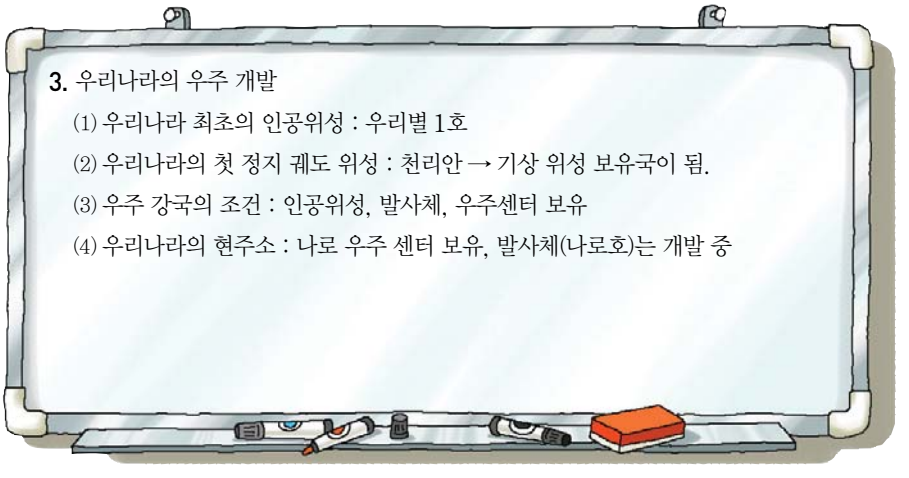
우주 정거장에서의 생활

1. 목표

우주 정거장에서 이루어지는 연구 활동을 알고 우주인의 생활 방식을 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 우주 정거장은 무중력 상태이므로 물체가 공중에 떠 있게 된다.
2. 중력이 없어 걸어서 다닐 수 없으므로 이동을 위해서는 우주 정거장 내 구조물을 잡고 이동해야 한다. 또, 우주 정거장 안에서는 근육을 거의 사용할 필요가 없어 근육이 약해지고 뼈에서 칼슘이 다량 빠져나가므로 꾸준히 운동을 해야 한다. 몸이 떠다닐 수 있어 침낭은 벽에 고정시켜 놓아야 하고, 샤워를 할 때에는 바닥에 발을 고정할 수 있어야 한다.
3. 무중력 상태에서 발생하는 신체 변화에 관한 연구, 무중력에 반응하는 동식물의 반응 연구, 액체의 표면 장력이나 화학 용액의 결정 과정에 관한 연구 등을 수행할 수 있다.



• 나로호(KSLV－I)

나로호는 100 kg급의 인공위성을 지구 저궤도에 진입시킬 수 있는 한국 최초의 위성 발사체이다. 나로호는 케로신(액체 산소)을 사용하는 1단 액체 엔진과 고체 연료를 사용하는 2단 킥모터(고체 모터)로 구성된 2단형 발사체이며, 1단은 러시아 흐루니체프사와 국제 협력하고 상단은 국내 기술로 개발하였다. 나로호의 1단은 크게 5개 부분(전방 동체부, 1단 탑재 체부, 산화제 탱크부, 엔진을 포함한 연료 탱크부, 공력핀을 포함한 후방 동체부)으로 구성되고, 상단은 2단 탑재 체부, 킥모터부, 페이로드 페어링, 탑재 어댑터, 위성 등 5개 부분으로 구성된다.

• 우주 발사체

우주 발사체는 로켓과 로켓에 부착된 유도 장치를 비롯한 전자기기로 구성되어 있다. 로켓은 작용과 반작용의 법칙에 의해 추진력을 얻는다. 연료의 연소에 의한 기체의 분출력이 작용이고, 그 반작용이 로켓의 추진력이다. 로켓은 연료, 산소통, 펌프, 연소통으로 되어 있으며 연소통에서 연료와 산소의 혼합 기체가 연소되어 추진력을 얻는다. 비행기는 공기가 있는 곳에서만 비행이 가능하지만, 로켓은 산소통이 있으므로 공기가 없는 곳에서도 추진력을 얻을 수 있다. 로켓을 이용하여 위성 또는 탐사선을 대기권 밖으로 올릴 때, 한 번에 큰 추진력을 얻을 수 없으므로 다단계 로켓에 부착하여 차례로 로켓을 연소시켜 큰 추진력을 얻어 대기권 밖으로 위성 또는 탐사선을 보낼 수 있다.

검색 천리안 위성

실용 위성 등 십여 개의 인공위성이 우리 기술로 개발되어 우주로 발사되었다. 특히 2010년에는 우리나라의 첫 정지 궤도 위성인 천리안이 발사에 성공하여 세계에서 일곱 번째로 기상 위성 보유국이 되었다.

그러나 우리나라에서 개발한 인공위성이라 하더라도 이를 우주에 보내기 위해서는 외국의 발사체와 우주 센터를 이용해야 하였다. 진정한 우주 강국으로 거듭나기 위해서는 자체 기술로 만든 발사체와 더불어 발사체를 쏘아 올릴 수 있는 우주 센터가 있어야 한다. 이에 우리나라도 우주 산업국으로 진입하기 위해 우주 개발에 대한 발전 계획을 세우고 실행에 옮기고 있다.

가장 큰 성과로 2009년에 전라남도 외나로도에 그림 Ⅳ-43과 같이 나로 우주 센터가 준공되어 우리나라는 세계에서 13번째로 우주 센터 보유국이 되었다. 이로써 우리는 자체 기술로 만든 위성과 발사체를 우리 영토에서 발사할 수 있는 우주 개발의 전초기지를 가지게 되었다.

한편, 우주 발사체에 대한 국가적 노력도 지속적으로 이루어져 2009년과 2010년에는 그림 Ⅳ-44와 같이 우리나라 최초의 우주 발사체인 나로호(KSLV－I)가 발사되었다. 나로호는 탑재한 인공위성을 궤도에 올리는 데는 실패하였지만, 우리나라 자체 기술로 인공위성과 발사체를 개발하고, 인공위성 운영을 시도할 수 있게 되었다는 점에서 큰 의미를 갖는다.

발사체 사업이 지속적으로 추진되어 2018년 KSLV－Ⅱ의 개발이 완료되면 우리나라는 인공위성과 발사체, 우주 센터의 3요소를 모두 갖춘 우주 자립국으로 거듭나게 된다. 또한 우주 분야의 국제 협력 차원에서 국제 달 탐사 프로그램 참여를 검토 중이며, 아시아 · 태평양 지역 국가의 인공위성 공동 개발 사업에도 적극 동참하고 있다. 나아가 2020년에는 달 궤도 탐사선, 2025년에는 달 착륙선을 우리 기술로 개발하여 발사할 예정이다.



그림 Ⅳ-43 나로 우주 센터



그림 Ⅳ-44 나로호 발사 장면

기출문제 | 2010학년도 평가원

표는 허블 망원경과 2014년 우주에 설치 예정인 제임스 웹 망원경을 비교한 것이다.

구분	허블 망원경	제임스 웹 망원경
주경의 지름(m)	2.4	6.5
초점 거리(m)	57.6	131.4
관측 파장 영역(㎛)	0.12~2.5	0.6~28

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은? (단, 가시광선 파장 영역은 0.4~0.7 ㎛ 이다.)

ㄱ. 두 망원경의 주경에서 색수차가 발생한다.
ㄴ. 제임스 웹 망원경은 자외선 영역을 관측할 수 없다.
ㄷ. 집광력은 제임스 웹 망원경이 허블 망원경의 약 2.7배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄴ. 제임스 웹 망원경은 관측 파장 영역이 0.6~28 ㎛로 붉은색 쪽 가시광선과 적외선을 관측 영역으로 한다. **정답** ②

오답 ㄱ. 두 망원경 모두 반사 망원경으로 렌즈를 사용하지 않았으므로 주경에서 색수차가 발생하지 않는다.
ㄷ. 제임스 웹 망원경의 주경은 허블 망원경의 주경보다 2.7배인데, 집광력은 구경의 제곱에 비례하므로 집광력은 약 7.3배이다.



탐구 19 토의 우리나라의 미래 우주 개발 계획 구상

과정 한국항공우주연구원 인터넷 사이트(http://www.kari.re.kr)를 방문하여 우리나라의 우주 개발 계획을 조사하고 이를 발표해 보자.

정리 1. 앞으로 계획되어 있는 우리나라의 우주 개발 계획에는 어떤 것들이 있는가?
2. 우리나라의 우주 개발 계획을 다른 우주 개발 선진국의 것과 비교하여 설명해 보자.
3. 미래 사회의 모습을 예상해 보고 이에 맞는 우주 개발을 생각하여 발표해 보자.

한 걸음 더

우주선과 과학 기술

• 우주 센터

우주선을 발사할 수 있는 장소를 우주 센터 또는 발사장이라 한다. 우주 센터를 설립할 때는 여러 가지 요소를 고려해야 하는데, 먼저 우주 발사체의 경우 자체 내에 연료와 산화제를 대량으로 탑재하고 있어 폭발의 가능성이 있으므로, 주변에 인구 밀집 지역이 없어야 한다. 그리고 날씨 때문에 발사가 연기되는 확률을 줄이려면 연간 안정된 날씨를 가지면서 낙뢰를 동반한 구름이 적어야 하며, 로켓의 자세에 영향을 미치는 바람이 강하게 불지 않는 곳이어야 한다. 또한 우주 센터의 위치는 일반적으로 저위도가 바람직하며 적도 부근이 가장 최적이다. 적도에 있는 우주 센터에서 동쪽으로 로켓을 발사한다면 지구 자전에 의한 시속 1600 km/h 정도의 속도를 추가로 얻을 수 있어 그만큼 로켓의 연료를 절약할 수 있다.

• 로켓 발사의 원리

로켓은 뉴턴의 제 3 법칙 '작용, 반작용의 법칙'에 의해 발사된다. 로켓은 자체 내에 저장된 물질을 연소시켜 고온, 고압 가스를 외부로 분사하고, 그 반작용에 의한 추진력을 얻게 된다. 로켓의 엔진에서 뿜어져 나가는 연소 가스의 반대 방향으로 움직이는 로켓의 힘은 뿜어져 나가는 연소 가스의 양이 많을수록, 그리고 가스의 속도가 빠를수록 커지게 된다. 로켓의 추진력은 로켓의 무게보다 조금이라도 커야 로켓을 발사대에서 벗어나게 할 수 있다. 보통 우주 발사체의 추진력은 발사체의 중량보다 1.2~2배 정도 크게 설계된다.

• 통신 및 제어

우주선이 궤도에 도착하여 정상적으로 작동하고 있다 하더라도, 지상에서 그 위성이 어디 있는지 찾아서 교신할 수 있어야 우주선이 촬영한 영상이나 데이터를 전송 받을 수 있다. 따라서 지상에서 우주선과 교신하여 우주선을 제어할 수 있도록 하는 원격 명령 시스템이 중요하다. 관제 센터에서 우주선의 상태를 파악해서 원격으로 명령을 내리면, 위성은 그 명령을 수신하여 위성체의 각 하위 시스템에 전달하고 명령이 제대로 실행되도록 한다.

2. 우주 탐사 255

대한민국 나로

KOREA

교육과학기술부

KARI

• 로켓의 종류

로켓은 화학 추진제 로켓이 널리 사용되어 왔으며, 화학 추진제 로켓에는 고체 로켓과 액체 로켓 두 종류가 있다. 고체 로켓은 추진력이 좋으나 추진력의 조절이 불가능하여, 요즘의 로켓은 대부분 액체 로켓을 사용한다.

• 액체 로켓의 구성과 연료

액체 로켓은 연료 탱크, 냉각 장치, 펌프 장치, 연소실로 구성되어 있어서 추진력을 조절할 수 있고 로켓의 연료는 케로신, 수소, 암모니아, 에탄올, 비대칭 디메틸히드라진 등이 사용된다.

• 액체 로켓의 역사와 종류

최초의 액체 로켓은 1926년에 고다드에 의해 만들어졌으며 150 m를 상승하였다. 폰 브라운은 높이 14 m인 V−2 로켓을 최대 80~90 km까지 발사시키는 데 성공하였다. 미국은 익스플로러 호를 발사시키는데 쥬피터-C형 로켓을 사용하였으며, 아폴로 호를 발사할 때는 새턴-V형 로켓을 사용하였다.

현재 인공위성 발사에 사용되는 로켓은 미국의 델타, 아틀라스, 페가수스가 있고, 프랑스의 아리안, 중국의 장정, 러시아의 프로톤, 일본의 H−2가 있다.

탐구 19 토의

우리나라의 미래 우주 개발 계획 구상

1. 목표

우리나라의 우주 탐사 현황에 대해서 설명할 수 있고, 인류의 미래와 밀접하게 관련된 우주 개발 계획을 구상하여 말할 수 있다.

2. 정리

1. 당면 과제로서 우주 발사체인 나로호의 성능을 향상시키고, 2017년까지 한국형 발사체를 이용하여 실용 위성을 발사할 수 있도록 나로 우주 센터를 확충할 계획이며, 2020년까지 자력으로 달 탐사 위성을 발사할 계획 등이 있다.
2. 선진국들은 지구뿐만 아니라 달이나 행성 등을 탐사 대상으로 한 우주 개발 계획을 가지고 있으나, 우리나라는 우주 개발을 위한 기술의 자립화에 많은 비중을 두고 있다.
3. 미래에는 인공위성을 통한 관측 영상, 통신 · 방송, 항법 위성 등의 이용이 더욱 증가될 것이므로, 인공위성을 궤도에 올려놓을 수 있는 발사체 기술이 반드시 확보되어야 할 것이다. 한편, 우주 공간의 이용이 확대되면서 발사체나 우주 왕복선과는 다른 쉽고 경제적인 우주로의 접근 방법이 요구될 것이다. 이러한 방법으로 우주 엘리베이터, 우주 고속 도로, 일반 비행기처럼 이륙하여 우주 공간에 도달하고 다시 지구로 귀환할 수 있는 우주선 등이 주목받을 것이다.

2 태양계 탐사와 태양계 구성원의 특징

소단원의 학습 목표

1. 태양계 구성원에 대한 탐사 역사에 대해 설명할 수 있다.
2. 탐사를 통해 알게 된 물리적 특징을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 태양계 탐사의 역사를 다루기 전에 태양계 탐사의 목적과 필요성, 의의 등을 생각해 보게 하고, 과학사적인 입장에서 탐사 방법과 과정을 소개한다.
2. 비교적 최근에 이루어진 태양계 행성 탐사, 화성 탐사, 달 탐사 등을 통해 알게 된 태양계 천체들의 특징을 설명한다.

내용 해설

[1] 태양계 탐사의 목적과 의의

탐구 20 자료 해석

화성 탐사의 목적

1. 목표

행성 탐사의 구체적인 과정을 이해하고, 이를 통해 행성 탐사의 목적을 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 실험 A는 광합성 작용, 실험 B는 이화 작용을 알아보는 실험으로 화성의 토양에 물질 대사를 하는 생명체가 있는지 알아보고자 한 것이다.
2. 인류는 예전부터 지구 이외의 행성에 생명체가 존재하는지 알고 싶어해 왔는데, 이 실험을 통해 그러한 근본적인 궁금증을 해결할 수 있다.



2 태양계 탐사와 태양계 구성원의 특징

❖ 학습 목표

1. 태양계 탐사의 목적과 의의를 설명할 수 있다.
2. 태양계 탐사에 의해 밝혀진 행성의 특징을 설명할 수 있다.

1957년 구소련의 스푸트니크 1호가 지구 궤도 비행에 성공한 이후 많은 우주 탐사선들이 지구 바깥의 천체를 탐사해 왔다. 지상의 망원경으로는 미처 알 수 없었던 행성들의 특징이 우주선의 탐사에 의해 밝혀지면서 태양계에 대한 우리의 지식은 비약적으로 증가하였다.

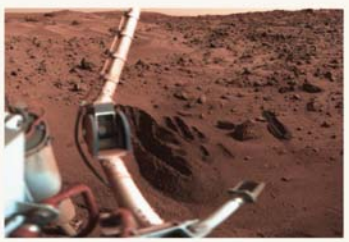
1 태양계 탐사의 목적과 의의

구소련이 세계에서 최초로 인공위성을 쏘아 올리자, 이에 자극을 받은 미국은 우주개발에 총력을 기울여 1969년 7월 21일에 인간을 달에 착륙시켰다. 이와 같이 1960~1980년대는 미국과 소련이 국가의 자존심을 걸고 경쟁적으로 우주 개발에 나선 시기였다.

초창기 우주 탐사는 자국의 우주 과학 기술을 앞세워 국민들이 국가에 대한 자부심을 갖게 하고, 우주에 대한 인간의 도전 정신을 고취시키는 것이 목적이었다. 그러나 최근에는 보다 과학적이고 구체적인 목적을 달성하기 위해 우주 탐사가 이루어지고 있다. 이러한 우주 탐사의 예를 알아보자.

탐구 20 자료 해석 화성 탐사의 목적

과정 화성 탐사선 바이킹호는 오른쪽 그림과 같이 화성의 토양을 채취하여 다음 실험을 실시하였다.
실험 A. 지구에서 가져간 여러 종류의 기체를 화성의 토양 표본과 섞고 변화를 관찰하였다.
실험 B. 화성에서 채취한 토양에 지구에서 가져간 영양분 용액을 붓고 변화를 관찰하였다.



정리 1. 위 실험의 목적이 무엇인지 설명해 보자.
2. 위와 같은 실험이 궁극적으로 우리에게 어떠한 의의가 있는지 토의해 보자.

256 | Ⅳ. 다가오는 우주

1. 태양계 탐사의 목적과 의의
   (1) 우주에 대한 인간의 도전 정신을 고취
   (2) 지구를 이해하고 미래를 예측하는데 기여
2. 태양계 탐사의 역사
   (1) 우주선의 탐사 방식 분류 : 근접 통과 우주선, 궤도선, 착륙선
   (2) 최근에는 저비용, 다목적 우주 탐사선 제작

우주선은 탐사하는 행성에 대한 특별한 연구 목적을 가지고 발사되지만, 탐사를 통해 이루어지는 연구는 우리가 살고 있는 지구를 깊이 이해하고 지구의 미래 환경을 예측하는 데 커다란 기여를 하고 있다.

2 태양계 탐사의 역사

1960년대까지 태양계 탐사는 주로 달을 대상으로 이루어졌다. 그러나 달 탐사에 대한 지식과 기술이 축적되자 1970년대부터 태양계 탐사의 초점은 행성에 맞추어졌다.

행성을 탐사하는 우주선은 탐사 방식에 따라 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 행성을 가까이 스쳐 지나가면서 탐사하는 **근접 통과 우주선**, 행성의 궤도에 진입하여 행성의 인공위성이 되는 **궤도선**, 행성 표면에 직접 착륙하는 **착륙선**이 그것이다.

초기의 행성 탐사선의 대부분은 근접 통과 우주선이었다. 여러 대의 마리너 호들은 수성, 금성, 화성을 근접 통과 비행하였고 그림 Ⅳ-45의 보이저 2호는 목성, 토성, 천왕성, 해왕성을 차례로 지나가면서 선명한 사진들을 지구로 보내왔다.

근접 통과 우주선은 지상의 망원경에 비해 행성이나 그 위성을 보다 자세하게 탐사할 수 있지만, 우주선이 행성을 지나가는 짧은 시간 동안만 탐사할 수 있다는 단점이 있다. 따라서 행성을 더욱 자세하게 장기적으로 탐사하기 위해서는 행성 주위를 도는 궤도선이 필요하다.

1990년 금성 궤도에 진입한 마젤란호(그림 Ⅳ-46)는 금성 궤도를 돌며 85 %에 달하는 금성 표면의 지도를 작성하였고, 1995년 목성 궤도에 진입한 갈릴레오호(그림 Ⅳ-47)는 목성과 그 위성들에 대한 임무를 성공적으로 수행하였으며, 2004년 토성 궤도에 진입한 카시니호(그림 Ⅳ-48)는 현재에도 토성의 궤도를 돌며 탐사를 계속하고 있다.



그림 Ⅳ-45 행성 탐사선 보이저 2호



그림 Ⅳ-46 금성 탐사선 마젤란호



그림 Ⅳ-47 목성 탐사선 갈릴레오호



그림 Ⅳ-48 토성 탐사선 카시니호

• **우주 개발과 일상생활**

우주 개발에서 얻어진 기술은 우리의 일상생활에 큰 도움을 주고 있다. 1980년대 우주 비행사들의 눈을 보호하기 위해 개발된 필터는 곧바로 선글라스에 적용됐다. 우주선 계기판의 손상을 막기 위해 개발된 긁힘 방지 렌즈도 대부분의 안경과 선글라스에 사용되고 있다. 나사는 달 탐사 아폴로 계획을 진행하면서 정수기와 전자 레인지도 개발했다.

이외에도 우주 탐사 기술이 일상생활에서 쓰이는 경우는 다음과 같다.

공기 청정기, 화재 경보 장치, 알루미늄 단열 장치(주택에 이용), 카이놀 섬유(방재 마스크에 이용), 형상 기억 합금(밥솥, 커피메이커, 안경테, 낚싯줄, 브래지어 등에 이용), 연료 전지(자동차, MP3 플레이어), 위성 항법 시스템(GPS)(선박 · 승용차 · 트럭 · 휴대 전화에 이용), 자기 공명 영상(MRI), 컴퓨터 단층 촬영(CT)

2 태양계 탐사의 역사

• **태양 탐사**

(1) 요코 : 미국, 일본, 영국이 참여하여 1991년에 발사되어 플레어의 고에너지 방사선을 조사하였다.

(2) 율리시스 : 미국, 유럽이 참여하여 1990년 발사되어 태양의 극지역을 관측하였다. 목성의 인력을 이용하여 태양을 도는 타원 궤도에 진입하였다.

(3) SOHO 위성 : 미국이 1995년 발사하여 태양빛의 세기 변화를 관측하여 태양의 내부 구조를 해석하고, 코로나의 물리적 성질과 태양풍의 관계를 조사하였다. 이 위성은 라그랑지 점에서 탐사하였다.

• **달 탐사**

(1) 클레멘타인호 : 정식 명칭이 DSPSE(심우주 탐사 과학 실험호)이며, 1994년 미국에 의해 발사되어 달 궤도에 70일간 머무르며 달 표면 지도를 완성하였다.

(2) 루나 프로스펙터호 : 1994년 미국에 의해 발사되어 달 전체의 화학 조성 지도, 달의 자기장의 변화, 남극의 얼음 존재 여부를 조사하였다.

• **지구형 행성 탐사**

(1) 마젤란 탐사선 : 미국에 의해 발사되어 1989년부터 1994년까지 활동하였으며, 금성의 표면을 레이더로 조사하여 금성의 지도를 99% 완성하였다.

(2) 패스파인더호 : 미국에 의해 1996년 발사되어 화성의 표면에 소저너호가 에어백으로 착륙하여 역추진 로켓을 사용한 보이저호보다 탐사 비용을 획기적으로 줄일 수 있었다.

(3) 마스글로벌 서베이어호 : 미국에 의해 발사되었고, 화성의 위성이 되어 화성을 지속적으로 관측하였다.

(4) 스피릿호와 오퍼튜니티호 : 2004년 화성에 착륙하여 화성의 표면을 탐사하였다.

(5) 마스폴러랜더호 : 2008년 화성의 극에 착륙하여 화성 표면에 쌓여 있는 눈을 채취하여 보여 주었다.

• 목성형 행성 탐사

(1) 갈릴레오호 : 미국과 유럽이 공동으로 1989년 발사하여 목성의 대기와 자기장 및 위성을 관측하였다. 금성의 인력을 이용하여 목성에 접근하였으며 비행 중 소행성 가스프라와 아이다를 관측하였다. 목성에 도착한 후 탐사정을 궤도선에서 분리시켜 목성의 대기를 조사하였다.

(2) 카시니호 : 1997년 미국에 의해 발사되어 토성과 그 위성을 관측하였다. 토성의 위성 타이탄에 하위헌스호를 낙하선을 이용하여 착륙시켜 대기와 구름을 분석하였고 기온과 기압을 조사하였다.

• 소행성과 혜성 탐사

(1) 딥스페이스 1호 : 1998년 미국에 의해 발사되어 소행성과 혜성을 조사하였다. 딥스페이스는 드라마 '스타트랙'의 우주선 이름이다.

(2) NEAR호 : 소행성 탐사 우주선으로 1996년 미국에 의해 발사되어 마틸드(소행성 253)와 에로스(소행성 433)를 관측하였다. 이 탐사선은 자기장 탐지 자력계, 표면 윤곽 측정 레이저 고도계, 분광계를 갖추어 자기장, 지형, 광물을 조사하였다.

탐구 21 자료 해석

우주 개발 예산과 화성 탐사선

1. 목표

창의적인 아이디어를 통해 행성 탐사를 효율적으로 할 수 있음을 이해한다.

2. 정리

1. 연착륙 방식에는 역추진 로켓과 연료가 필요하므로, 바이킹호가 패스파인더호보다 무거웠을 것이다.
2. 패스파인더호는 착륙 방법으로 에어백을 사용함으로써 우주선의 무게를 줄여 발사 비용을 절감할 수 있었다. 그리고 이러한 방법은 로켓의 무게에 해당하는 더 많은 과학 기기를 설치할 수 있는 장점이 있다.

한편, 행성의 표면이나 대기를 자세하게 연구하기 위해서는 착륙선이 필수적이다. 바이킹호는 화성 표면에 착륙하여 화성 토양에 생명체가 존재하는지 조사하였고, 최근에는 탐사 로봇이 화성 표면을 돌아다니며 탐사하고 있으며, 카시니호는 소형 착륙선인 하위헌스호를 토성의 위성 타이탄에 착륙시켜 타이탄의 지표와 대기를 조사하였다.

현대의 우주 탐사는 전자 공학과 통신 기술의 발달에 힘입어 비약적으로 발전하였으며, 지속적으로 새로운 첨단 탐사 방법이 개발되고 있다. 뿐만 아니라 경제적이면서도 효율적인 탐사를 위해 저비용, 다목적을 지향하고 있다.

다음 탐구를 통해 이러한 예를 알아보자.

탐구 21 자료 해석 우주 개발 예산과 화성 탐사선

과정 바이킹호는 1975년, 패스파인더호는 1996년에 각각 발사된 화성 탐사선이다. 바이킹호의 경우 궤도선으로부터 분리된 착륙선이 역추진 로켓을 이용하여 화성 표면에 연착륙하였다. 반면 패스파인더호는 낙하산을 펼쳐 하강 속도를 줄이고, 지표면에 충돌하기 직전 선체를 감싸는 에어백을 부풀려 지표면에 낙하하였다.



지표면에 충돌한 후 튀어 오르는 패스파인더호

정리
1. 바이킹호와 패스파인더호의 무게를 예상하여 비교해 보자.
2. 패스파인더호에 들어간 비용은 바이킹호에 비해 3분의 1 수준에 불과하였다. 패스파인더호가 바이킹호보다 비용이 적게 든 이유를 설명해 보자.



우주 탐사선에는 막대한 비용이 들어가기 때문에 과학자들은 항상 예산 절감에 대한 압박을 받는다. 과학자들은 창의적이고 효율적인 방법으로 우주선을 만들면서 이러한 문제를 해결해 나가고 있다.

3 태양계 구성원의 특징

지상의 대형 망원경이나 허블 우주 망원경은 태양계에 대한 새로운 사실을 많이 알려 주었다. 그러나 우주 탐사선이 직접 행성에 가서 얻은 정보는 이보다 훨씬 자세하고 정확하기 때문에 과학자들은 많은 비용과 시간을 들여 행성 탐사선을 보내왔다. 행성 탐사선의 조사 결과 새롭게 밝혀진 태양계 구성원의 특징에 대해 알아보자.

3. 태양계 구성원의 특징

(1) 수성

① 표면은 수많은 크레이터로 이루어져 있으며 밤낮의 온도 변화가 극심함.

② 약한 자기장이 빠르게 변하며 옅은 대기가 존재함.

(2) 금성

① 이산화탄소로 이루어진 두꺼운 대기로 인해 표면 온도와 기압이 매우 높음.

② 지표면에 화산 지형이 많이 분포함.

(1) 수 성 1970년대 중반 마리너 10호는 수성을 스쳐지나가면서 수성을 탐사하였다. 이 탐사로 수성의 표면이 그림 Ⅳ-49와 같이 수많은 크레이터로 이루어졌음이 밝혀졌고, 표면 온도가 낮에는 400 °C, 밤에는 −180 °C나 되는 극심한 온도 변화가 나타났다.

수성 탐사선으로는 두 번째인 메신저호가 2011년 수성 궤도에 진입하여 탐사를 진행하고 있다. 메신저호는 수성의 약한 자기장이 빠르게 변하고 있으며 수성에도 옅은 대기가 존재한다는 사실을 새롭게 밝혀내었다.



그림 Ⅳ-49 수성의 표면(메신저호)

물음 **14** 수성의 표면에 크레이터가 많은 이유는 무엇인가?

(2) 금 성 금성은 지금까지 여러 우주 탐사선이 방문하였다. 그 결과 금성의 두꺼운 대기는 이산화탄소로 이루어졌고 표면 온도는 480 ℃, 표면 기압은 지구의 95배에 달하는 것으로 밝혀졌다. 그러나 금성의 표면 모습은 금성 대기의 두꺼운 구름 때문에 오랫동안 관측할 수 없었다.

1990년대 초반 금성을 탐사한 마젤란호는 레이더를 이용하여 금성의 지형도를 완성하였다. 그 결과 금성의 표면은 평지, 산맥, 계곡 등 다양한 지형으로 이루어져 있음이 밝혀졌고, 그림 Ⅳ-50과 같이 많은 수의 화산이 발견되어 큰 관심을 불러일으켰다.

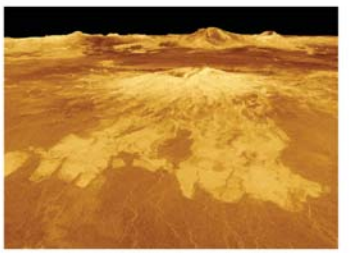


그림 Ⅳ-50 금성 표면의 화산 지형(마젤란호)

가장 최근에 발사된 금성 탐사선은 유럽 우주국의 비너스 익스프레스호로, 2006년 금성 궤도에 진입하여 금성의 극심한 온실 효과를 탐사하였다. 또한 비너스 익스프레스호는 금성 대기에서 번개가 발생하는 현상과 남반구 대기에서 거대한 소용돌이를 발견하였는데, 이 소용돌이는 지구에서 발생한 가장 큰 태풍보다 4배나 큰 규모였다.

지구형 행성
지구와 물리적 성질이 비슷한 수성, 금성, 지구, 화성을 지구형 행성이라 한다.

물음 **15** 금성의 표면에 착륙하는 우주선을 설계할 때 특별히 고려해야 할 점은 무엇인지 설명해 보자.

(3) 화 성 화성은 생명체가 존재할 가능성이 큰 행성으로 여겨져 다른 행성에 비해 여러 차례 우주선이 방문하였다. 특히 바이킹 호는 화성 궤도를 돌며 화성의 전 지역에 대한 정밀한 지형 사진을 얻었으며, 화성 표면에 착륙하여 생명체의 존재 여부를 실험하기도 하였다.

3 태양계 구성원의 특징

(1) 수성: 수성은 위성이 없어서 질량을 알 수 없었으나 마리너 10호가 근접 통과하면서 질량과 밀도가 밝혀졌다. 수성의 질량은 지구 질량의 $\frac{1}{18}$배이고, 평균 밀도는 5.4 g/cm^{3}으로 질량은 작지만 밀도는 매우 높은 편이다. 이것은 원시 태양계 형성 시기에 금속과 같이 무거운 물질이 밀집되어 수성이 만들어졌기 때문이다.

물음 14

수성에는 대기가 거의 없고 지각 활동이 일어나지 않아 예전에 만들어진 크레이터가 잘 보존될 수 있다.

(2) 금성: 금성의 표면에는 운석 구덩이와 분화구가 있는데 운석 충돌은 약 30억 년 전에 그치고 화산 폭발은 그 이후에도 계속되었던 것으로 보인다. 금성은 판의 이동에 의해 고원이 만들어지고, 화산이 폭발해 분화구와 짙은 대기가 형성되었다. 이러한 짙은 이산탄소의 대기 때문에 금성의 표면 관측이 불가능하였으나, 마젤란호의 레이더 관측에 의해 표면 지도가 완성되었다.

물음 15

금성은 표면 온도(480 ℃)와 표면 압력(95기압)이 매우 높다. 따라서 높은 온도에 견딜 수 있는 강력한 냉각 장치와 높은 압력을 견딜 수 있는 구조를 지녀야 한다.

기출 문제 | 2011학년도 대수능

그림 (가), (나), (다)는 태양계에 속해 있는 세 행성의 사진이다.



(가) (나) (다)

(가), (나), (다)를 비교한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

ㄱ. 자전 속도가 가장 큰 행성은 (가)이다.
ㄴ. 운석 구덩이가 가장 많은 행성은 (나)이다.
ㄷ. 위성이 가장 많은 행성은 (다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설 그림 (가)는 짙은 대기를 갖고 있는 금성, (나)는 극관이 뚜렷한 화성, (다)는 대적점과 줄무늬가 잘 보이는 목성이다.
ㄴ. 목성 (다)에는 운석 구덩이가 남을 수 있는 표면이 없고, 금성 (가)는 짙은 대기로 인해 운석 구덩이가 빠르게 지워진다. 화성 (나)는 암석으로 이루어진 표면이 있고, 대기층이 얇아 운석 구덩이가 가장 많다.
ㄷ. 목성 (다)는 태양계 내에서 위성이 가장 많은 행성이다. **정답** ⑤

오답 ㄱ. 자전 속도는 목성형 행성인 목성 (다)가 가장 빠르다.

(3) 화성

① 화성은 맨눈으로 보아도 붉게 보이는 특징이 있으므로 그리스 사람들은 화성을 전쟁의 신인 '아레스'라고 불렀다. 바이킹이 화성에 착륙하여 보내온 사진에서 화성의 표면은 지구의 사막처럼 보이는 붉은 빛의 바위와 암석으로 되어 있었고, 거대한 화산 분화구, 운석 구덩이, 큰 협곡 등과 같은 지형이 나타나 있었다.

② 화성의 표면이 붉게 보이는 것은 토양에 산화철이 포함되어 있기 때문이다. 표면 물질 중에서 산화철이 약 19%, 실리카(SiO_2)가 약 45%를 차지한다. 표면의 붉은 모래는 지구 해변의 모래보다도 훨씬 알갱이가 작고 곱다. 화성의 지름은 지구의 0.35배, 질량은 지구의 $\frac{1}{9}$배이다. 따라서 화성의 내부의 핵은 작으며 구성 물질도 지구의 핵보다 가벼운 철과 황화철의 혼합물인 것으로 추측되고 있다.

화성 탐사 결과 화성에는 이산화탄소로 이루어진 약간의 대기가 있으며 표면에는 그림 Ⅳ-51과 같이 산화철로 구성된 붉은 토양이 분포하고 있음이 밝혀졌다. 그리고 극지방에는 그림 Ⅳ-52와 같이 얼음과 드라이아이스로 이루어진 흰색의 극관이 있으며, 그 크기는 계절에 따라 변하는 것으로 나타났다. 특히 물이 흐른 흔적과 비슷한 지형이 여러 곳에서 발견되어 큰 관심을 끌기도 하였는데, 아직까지 생명의 존재나 그 흔적이 발견되지는 않았다. 가장 최근의 화성 탐사선은 2008년 화성에 착륙한 피닉스호로서 화성의 지하에 얼음 형태로 물이 존재하는 것을 발견하였다.



그림 Ⅳ-51 화성의 표면(스피릿호)

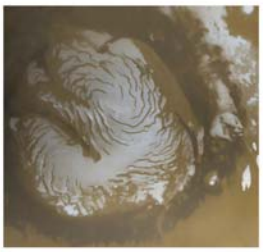


그림 Ⅳ-52 화성의 극관(마스 글로벌 서베이어호)

최근에는 발달된 로봇 기술을 이용하여 화성 탐사가 이루어지고 있는데, 다음 탐구를 통해 이에 대해 알아보자.

탐구 22 토의 **화성 탐사 로봇**

과정 화성 탐사선 패스파인더호, 스피릿호, 오퍼튜너티호는 모두 화성 표면을 돌아다니며 탐사할 수 있는 로봇을 싣고 있었다. 이 로봇들은 지구에서 내린 원격 명령에 따라 움직이며 화성의 지질과 대기를 탐사하였다.



화성 탐사 로봇 스피릿

정리 1. 행성 탐사에서 로봇을 이용하여 얻을 수 있는 장점은 무엇인가?
2. 행성 탐사 로봇을 운영하는 데 있어 중요한 기술은 무엇인지 토의해 보자.

화성 탐사 로봇은 화성의 표면을 돌아다니며 물의 존재 여부를 조사하고, 토양 등에 대한 각종 정보를 수집하여 이를 지구로 전송한다.

260 | Ⅳ. 다가오는 우주

탐구 22 토의

화성 탐사 로봇

1. 목표

로봇을 이용한 행성 탐사의 장점을 알고, 이를 위해 필요한 기술이 무언인지 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 한 곳에 착륙하는 우주선보다는 더 많은 지역에 대한 정보를 얻을 수 있고, 인간이 활동할 수 없는 곳을 안전하게 탐사할 수 있다.
2. 화성 탐사 로봇들은 지구와의 거리 때문에 10분 이상의 통신 지연이 있으므로, 지구에서 로봇을 실시간으로 조종할 수 없다. 따라서 위기 상황에 대비하여 로봇은 어느 정도 스스로 판단하여 움직일 수 있는 능력이 필요하다. 예를 들어 이동 중 절벽을 만나게 되면 로봇 스스로 이를 감지하여 제자리에 정지하거나 안전한 지역으로 이동해야 한다.

(3) 화성
① 이산화탄소로 이루어진 대기가 있으며, 산화철로 된 붉은 토양이 분포함.
② 극지방에는 얼음과 드라이아이스로 이루어진 극관이 있으며, 그 크기는 계절에 따라 변함.
(4) 목성 : 대기에 가로줄 무늬와 대적점이 있으며, 위성 이오에는 화산 활동이 일어나고 있음.
(5) 토성 : 얼음과 암석 조각으로 이루어진 고리가 있으며, 위성 타이탄은 원시 지구의 상태와 유사함.

(4) 목 성 목성은 태양계에서 가장 큰 행성으로, 지상의 망원경으로도 표면의 가로 줄무늬와 대기의 소용돌이인 대적점을 관찰할 수 있다. 그러나 목성에 대해 보다 자세하게 알게 된 것은 1979년 보이저 1호와 2호가 목성을 탐사하면서부터이다. 이들 탐사선은 목성에 얇은 고리가 있고, 위성 이오에 활화산이 있다는 것을 발견하였다.

최근의 목성 탐사선은 1995년 목성 궤도에 진입한 갈릴레오호로, 목성의 대기에 번개 현상이 있고 구름 상부에 강한 방사능대가 존재하며, 위성 이오 표면이 화산 활동에 의해 격렬하게 변하고 있다는 사실을 발견하였다. 그리고 그림 Ⅳ-54와 같이 위성 유로파의 얼음 표면을 자세히 관측하였는데, 그 밑에는 바다가 존재할 것으로 예상된다. 또한 목성의 또 다른 위성 가니메데에서는 태양계 위성 중 유일하게 자기장이 측정되었다.

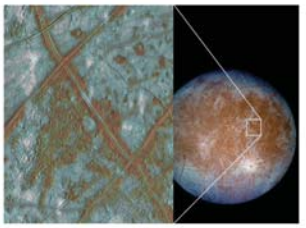


그림 Ⅳ-54 유로파의 얼음 표면(갈릴레오호)



그림 Ⅳ-53 목성(갈릴레오호)

목성형 행성
목성과 물리적 성질이 비슷한 목성, 토성, 천왕성, 해왕성을 목성형 행성이라 한다.

연구 **16** 갈릴레오호는 목성의 대기를 탐사하기 위해 소형 탐사선을 대기에 투하했다. 탐사선은 58분 동안, 200 km의 대기층을 통과하면서 대기의 온도, 기압, 성분 등을 측정하였다. 대기 탐사선은 왜 더 오랫동안 활동할 수 없었는지 설명해 보자.

(5) 토 성 토성은 태양계 행성 중 목성 다음으로 큰 행성으로, 지상의 망원경으로도 토성의 가장 큰 특징인 고리를 관찰할 수 있다. 그러나 토성에 대해 보다 자세하게 알게 된 것은 1980년대 초반 보이저 1호와 2호가 토성을 지나가면서 많은 자료와 사진을 보내오면서부터이다. 이들 탐사선은 토성의 새로운 위성을 많이 발견하였고, 토성의 고리가 얼음과 암석 조각으로 구성되어 있다는 것을 밝혀냈다.

최근의 토성 탐사선은 2004년 토성 궤도에 진입한 카시니호이다. 카시니호는 고리를 구성하고 있는 입자의 크기가 토성에서 멀어질수록 커지는 것을 발견하였고, 고리가 위성들에 의해 물결처럼 움직이는 것을 관찰하는 등 토성 고리의 미세 구조를 탐사하였다. 특히 카시니호는 하위헌스호라는 착륙선을 위성 타이탄에 내려 보내 타이탄의 대기와 기후, 표면을 탐사하였다. 그 결과 타이탄의 오렌지색의 짙은 대기는 질소와 메테인으로 구성되어 있고, 표면에는 액체 메테인으로 이루어진 바다가 존재하는 것으로 밝혀졌다. 이와 같이 타이탄이 원시 지구의 상태와 유사한 것으로 밝혀지면서 타이탄에 원시 생명체가 존재할 가능성이 연구되고 있다.



• 목성형 행성의 내부 구조 탐사

목성형 행성은 기체로 되어 있기 때문에 지진파의 분석 방법으로 행성의 내부 구조를 알아낼 수 없다. 따라서 행성 탐사선이 행성을 지나갈 때 탐사선의 속도와 중력 값의 변화를 이용하여 내부 구조를 알아낸다.

(4) 목성: 목성의 크기는 지구의 11.2배, 질량은 지구의 약 318배이다. 목성의 내부는 수소 분자로 되어 있는 대기층과 액체 수소층, 고체로 되어 있는 금속 수소층, 철과 규산염으로 되어 있는 핵으로 구성되어 있다.

물음 **16** 탐사선이 목성의 대기 속을 하강하면서 목성 대기의 높은 기압과 온도에 의해 파손되거나 녹아버렸다.

(5) 토성: 토성의 크기는 지구의 9.4배, 질량은 지구의 약 95배이다. 토성의 내부는 수소 분자로 되어 있는 대기층과 액체 수소층, 고체로 되어 있는 금속 수소층, 철과 규산염으로 되어 있는 핵으로 구성되어 있다. 토성의 표면에도 목성처럼 대류에 의한 가로줄무늬가 있는데 목성보다 뚜렷하지는 않다. 이는 토성의 온도가 목성의 온도보다 낮아 대기층이 목성보다 훨씬 두껍기 때문이다.

기출 문제 | 2006학년도 대수능

그림 (가), (나), (다)는 각각 목성의 자외선, 가시광선, 적외선 영상이다.



(가) 자외선 영상 (나) 가시광선 영상 (다) 적외선 영상

이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

ㄱ. (가)에서 극지방의 오로라 현상을 관찰할 수 있다.
ㄴ. (나)에서 적도에 나란한 줄무늬는 목성이 빠르게 자전하기 때문에 나타난다.
ㄷ. (다)에서 목성의 내부 구조를 볼 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 목성의 극지방에서는 지구에서와 마찬가지로 오로라 현상을 관찰할 수 있다.
ㄴ. 목성을 비롯한 목성형 행성들은 매우 빠르게 자전하면서 적도에 나란한 줄무늬가 만들어진다. 정답 ③

오답 ㄷ. 목성은 매우 두꺼운 가스로 이루어진 행성으로, 적외선 영상으로는 그 내부를 관측할 수 없다.

연구 17

과학자들은 토성의 고리가 토성이 생성된 후 남은 물질이 토성 주변을 떠돌아다니는 것이라 추측한다. 일부 과학자들은 토성의 위성이 토성의 강한 중력을 못이겨 산산조각이 난 후, 이 잔해들이 토성의 둘레를 도는 것이라 생각한다.

(6) 천왕성과 해왕성

① 천왕성 : 천왕성의 크기는 지구의 4배, 질량은 지구의 약 14.5배이다. 자전축이 공전면과 거의 평행하게 놓여 있어 누워서 공전하고 있다고 생각할 수 있다. 천왕성은 가로줄 무늬가 보이지 않으며, 대기의 주성분은 수소 분자로 되어 있고 헬륨이 10~16%를 차지한다. 메테인 가스가 목성보다 10배나 많아서 표면이 푸르게 보인다. 천왕성은 질량이 목성과 토성보다 작으므로 암석 물질로 된 핵이 있고 그 바깥쪽에 얼음층과 수소 분자층이 있을 것으로 추측된다.

② 해왕성 : 해왕성의 크기는 지구의 약 3.9배, 질량은 지구의 약 17.1배이다. 상층 대기의 온도는 56 K이고, 상층 대기에서 메테인, 수소, 헬륨은 기체 상태로 존재하고, 물과 암모니아는 고체 상태로 존재한다. 대기 중의 메테인 때문에 해왕성은 청록색으로 보인다. 표면에는 대흑점이라 불리는 소용돌이가 있고, 흰색의 구름은 메탄 얼음이다. 해왕성의 내부는 암석 물질로 되어 있는 핵과 그 바깥쪽에 얼음층과 수소 분자층이 있을 것으로 추측된다. 해왕성은 8등급으로 어둡기 때문에 1989년에야 보이저 2호의 탐사에 의해 많은 사실이 알려졌다.

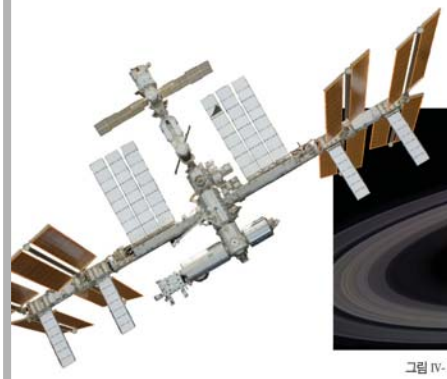


그림 Ⅳ-55 토성(카시니호)

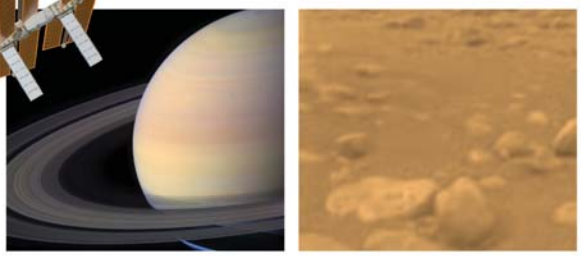


그림 Ⅳ-56 타이탄의 표면(하위헌스호)

연구 17 목성형 행성들은 모두 고리를 지니고 있는데, 토성은 그 중에서도 가장 크고 화려한 고리를 지니고 있다. 그 까닭을 조사해 보자.

(6) 천왕성과 해왕성 토성 바깥에 있는 천왕성과 해왕성을 직접 탐사한 우주선은 근접 통과 우주선이었던 보이저 2호가 유일하다. 보이저 2호는 1986년에 천왕성, 1989년에 해왕성을 지나가면서 상세한 행성 사진을 지구로 전송하여 이 두 행성에 대한 새로운 사실을 알려왔다.

천왕성은 빠른 자전 속도에도 불구하고 자전축이 거의 공전 궤도면과 나란하여 밤과 낮이 수십 년씩 지속된다. 또한 천왕성은 다른 목성형 행성과 마찬가지로 주로 수소로 이루어져 있으며 헬륨과 메테인이 포함되어 있는데, 천왕성이 푸르게 보이는 것은 이 메테인 때문이다.

보이저 2호의 탐사 결과 천왕성에서도 많은 고리와 위성이 발견되었으며, 이들 고리와 위성은 천왕성의 기울어진 자전축 때문에 천왕성의 공전 궤도면에 대하여 거의 수직으로 회전하는 것이 밝혀졌다(그림 Ⅳ-57).

해왕성은 크기와 질량이 천왕성과 비슷해 천왕성의 쌍둥이 행성으로 불리는데, 보

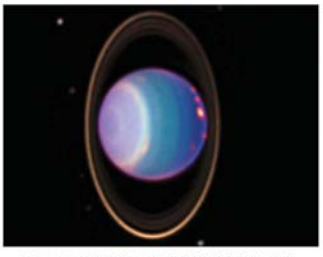


그림 Ⅳ-57 천왕성(허블 우주 망원경이 적외선으로 촬영)

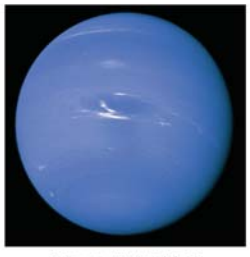


그림 Ⅳ-58 해왕성(보이저 2호)

(6) 천왕성과 해왕성
① 천왕성 : 자전축이 공전 궤도면과 나란하고, 수소가 주성분이며 헬륨과 메테인이 포함됨.
② 해왕성 : 대기의 소용돌이인 대흑점이 있음.
(7) 태양계의 작은 천체
① 소행성 : 주로 화성과 목성 사이에 위치하며 태양 주위를 공전함.
② 혜성 : 타원 또는 포물선 궤도를 그리며 태양 주위를 공전함.

이저 2호의 탐사 결과 어두워서 잘 보이지 않는 여러 개의 고리가 발견되었으며 그림 Ⅳ-58과 같이 표면에 대흑점이라고 불리는 대기의 소용돌이가 관찰되었다. 그리고 위성 트리톤은 질소와 약간의 메테인으로 된 대기를 가지고 있는 것으로 밝혀졌다.

물음 18 천왕성의 공전 주기는 84년이다. 천왕성의 북반구 지역은 낮의 길이가 얼마일까?

명왕성
1930년 발견된 이후 태양계의 9번째 행성으로 불렸으나, 2006년 국제천문연맹으로부터 행성 지위를 박탈당하여 왜소 행성으로 분류되었다.

(7) 태양계의 작은 천체 태양계에는 행성과 그 위성뿐만 아니라 소행성이나 혜성과 같은 작은 천체들도 존재하는데, 최근에는 이들 천체에 대한 탐사도 활발하게 진행되고 있다.

소행성은 주로 화성과 목성 사이에 위치하면서 태양 주위를 공전하는 수십만 개의 작은 천체들로, 모양이 불규칙적이며 크기는 수 m ~수백 km로 다양하다. 소행성 중 일부는 지구 궤도 안까지 접근하여 충돌 가능성이 제기되기도 한다.

소행성에 착륙한 최초의 우주선은 니어 슈메이커호로, 2001년 우주선을 매우 정교하게 조종하여 소행성 에로스의 표면에 착륙시켰다. 그림 Ⅳ-59와 같이 착륙 과정에서 촬영된 고해상도의 소행성 표면 사진은 소행성 연구에 큰 도움이 되었다.

가장 최근의 소행성 탐사선은 2010년 소행성 물질을 채취해서 돌아온 일본의 하야부사호이다. 하야부사호는 그림 Ⅳ-60과 같이 2003년 발사되어 지구에서 3억 km 떨어진 소행성 이토카와에 착륙해 암석 표본을 캡슐에 수집하였다. 그 후 지구로 귀환하는 과정에서 탐사선의 엔진이 고장 나는 등 여러 문제가 발생하였으나 2010년 호주의 남부 사막에 무사히 도착하였다. 과학자들은 하야부사가 채취해 온 암석 표본을 분석하면 지구 탄생의 비밀을 푸는 실마리를 얻을 것으로 기대하고 있다.

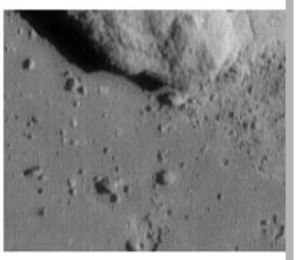


그림 Ⅳ-59 에로스 표면 (니어 슈메이커호)

하야부사는 달 이외의 천체에 착륙하였다가 지구로 돌아온 첫 탐사선이다.



그림 Ⅳ-60 하야부사호의 이동 경로

연구 18

천왕성은 자전축이 공전 궤도면과 나란하여 공전 주기의 반인 42년마다 남극과 북극이 교대로 태양을 향하게 된다. 따라서 42년 동안은 낮이 되고, 나머지 42년 동안은 밤이 된다.

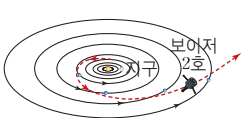
(7) 태양계의 작은 천체

① 소행성 : 소행성은 1801년 피아치가 세레스를 처음을 발견하여 알려지게 되었다. 세레스는 공전 궤도 반지름이 2.8 AU이며 지름은 913 km이고 궤도 경사각은 10.6°이다. 그 후 1만 개 정도의 소행성이 발견되면서 소행성이 분포하는 궤도 반경은 2.0~3.3 AU 범위임이 밝혀졌다. 소행성 세레스는 2006년에 왜소 행성으로 구분되었다.

② 유성체 : 유성체는 태양계 내에서 떠돌아 다니는 바위 덩어리에서부터 작은 먼지 알갱이 고체 입자들까지 크기가 다양하다. 유성체가 지구 대기에 들어올 때 공기와의 마찰로 가열되어 빛을 내게 되는데, 유성체가 빛을 내는 높이는 100~130 km 높이이다. 유성의 밝기로부터 유성체의 평균 밀도는 0.2~1 g/cm^{3}임이 밝혀졌다. 어떤 유성들은 지표면에 떨어질 때까지 매우 밝은 빛을 내며 타는데 이러한 유성을 화구(fireball)라 한다.

기출 문제 | 2008학년도 평가원

그림 (가)는 보이저 2호가 해왕성에 접근할 때까지의 경로를, (나)는 이 탐사선이 해왕성 근처를 지나는 모습을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

보이저 2호의 탐사 방법과 내용으로 타당한 것을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

〈보기〉
ㄱ. 탐사 대상 행성을 근접 통과하면서 많은 정보를 수집했다.
ㄴ. 해왕성의 대기에는 거대한 소용돌이가 있다.
ㄷ. 탐사선은 탐사를 마치고 지구로 되돌아온다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 보이저 2호는 행성에 근접하여 통과하는 우주선으로 목성, 토성, 천왕성, 해왕성을 차례로 지나가면서 많은 정보를 수집하여 지구로 전송하였다.
ㄴ. 해왕성의 표면에는 대흑점이라고 불리는 대기의 소용돌이가 있다. **정답 ③**

오답 ㄷ. 보이저 2호는 해왕성 탐사를 끝으로 태양계 탐사를 마치고 태양계 바깥으로 비행을 계속하고 있다.

③ 혜성 : 혜성의 핵은 탄소, 수소, 산소, 질소가 주성분 원소이고 나트륨, 규소, 마그네슘, 철 등이 소량 들어 있다. 혜성의 핵이 태양으로부터 3 AU 거리에 접근하면 태양열에 가열되어 코마가 만들어진다. 코마의 크기는 지름이 10만 km이고, 태양에 접근할 때마다 전체 질량의 1% 가량이 가스와 먼지 상태로 공간에 배출되어 혜성은 점차 작아지게 된다.

혜성의 꼬리는 가스와 고체 알갱이로 되어 있다. 이온 꼬리는 태양 반대쪽으로 뻗은 꼬리로 이온 분자로 되어 있고, 먼지 꼬리는 태양의 강한 복사압에 의해 뒤쪽으로 밀리고, 마찰력으로 인하여 최대 60°까지 뒤처지게 된다.

〈혜성의 구분〉

- 혜성은 태양계 바깥에 있었던 천체가 태양계 안으로 들어온 비주기 혜성도 있고, 태양계 내에서 태양으로 접근하는 주기 혜성이 있다.
- 주기 혜성은 접근하는 주기에 따라 장주기 혜성과 단주기 혜성으로 구분한다.
- 장주기 혜성은 주기가 200년 이상인 혜성으로, 혜성의 원일점은 10,000~100,000 AU이다.
- 단주기 혜성은 주기가 200년 미만인 혜성으로, 장주기 혜성이 행성의 인력에 의해 붙잡혀서 주기가 짧아진 혜성이다.

한편, 혜성은 타원 또는 포물선 궤도를 그리며 태양 주위를 공전하는 천체로, 핵과 코마, 꼬리로 이루어져 있다. 핵은 먼지와 얼음으로 구성되어 있으며, 혜성이 태양에 가까이 접근하면 태양의 복사열로 핵이 승화하여 코마가 만들어지면서 밝게 빛나게 된다. 코마를 구성하는 가스와 먼지는 태양풍에 날려 그림 Ⅳ-61과 같이 태양의 반대쪽으로 꼬리를 생성한다.

혜성을 탐사한 가장 최근의 대표적인 우주선은 2005년에 발사된 딥 임팩트호이다. 딥 임팩트호는 템펠 1 혜성이 접근한 후 세탁기 크기의 구조물을 혜성에 충돌시켜 이때 발생한 혜성의 물질을 분석하였다.

소행성과 혜성은 태양계 형성 초기의 물질을 지니고 있어, 태양계 기원을 밝히는 데 매우 중요한 천체로서 여겨지고 있으며 최근에 탐사의 중요성이 부각되고 있다.



그림 Ⅳ-61 헤일-밥 혜성



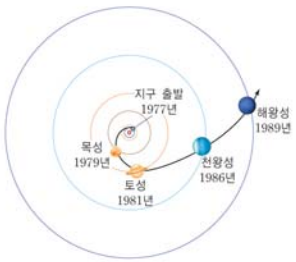
그림 Ⅳ-62 템펠 1혜성 충돌 실험(딥 임팩트호)

한 걸음 더

보이저 2호의 끝없는 항해

보이저 2호는 1977년 발사된 태양계 탐사선으로 1979년 목성, 1981년 토성, 1986년 천왕성, 1989년 해왕성을 차례로 지나가면서 행성과 위성에 관한 많은 자료와 사진을 전송했다. 보이저 2호의 가장 큰 특징은 행성의 인력을 이용하여 다음 목적지인 행성으로 향하는 궤도에 가속을 얻는 것이었다.

보이저 2호처럼 행성들을 연속적으로 탐사하기 위해서는 행성들이 적절하게 늘어서 있는 시기에 우주선을 발사해야 한다. 보이저 2호가 발사된 1977년은 마침 행성들이 적당하게 늘어서 있던 행운의 시기로, 행성들의 이러한 배열은 180년에 한 번 밖에 생기지 않는 것이었다.

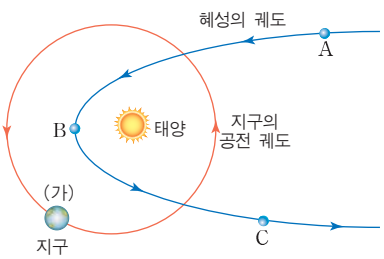


보이저 2호의 이동 경로

보이저 2호는 현재도 항해를 계속하고 있고, 발사된 지 수십 년이 지난 지금도 지구와 교신이 이루어지고 있다.

기출문제 | 2010학년도 평가원

그림은 어느 혜성과 지구, 태양의 위치 관계를 나타낸 것이다.



이 혜성에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 모두 고른 것은?

ㄱ. A에 있을 때 (가)의 지구에서는 새벽에 관측할 수 있다.
ㄴ. 시간이 지날수록 핵의 질량은 감소한다.
ㄷ. C에서 꼬리의 길이는 B보다 짧다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. A에 있을 때 해뜨기 전 동쪽 하늘에서 관측할 수 있다.
ㄴ. 혜성의 핵은 먼지와 얼음으로 구성되어 있는데, 혜성이 태양 가까이 접근하면 핵이 승화하므로 시간이 지날수록 핵의 질량은 감소한다.
ㄷ. 코마를 구성하는 가스와 먼지는 태양풍에 날려 태양의 반대쪽으로 꼬리를 형성하는데, B가 C보다 태양에 가까우므로 태양풍의 영향을 더 많이 받아 꼬리도 길게 만들어진다. **정답** ⑤

3 외계 생명체와 외계 행성 탐사



❖ 학습 목표

1. 외계 생명체가 존재할 수 있는 조건을 설명할 수 있다.
2. 외계 행성을 탐사하는 원리를 설명할 수 있다.

인류는 예전부터 태양계 행성 이외에 또 다른 행성이 있는지, 지구 상의 생명체 이외에 또 다른 생명체가 존재하는지 궁금해 왔다. 이에 대한 최근의 과학적 연구와 성과에 대해서 알아보자.

1 외계 생명체 탐사

최근 수십 년에 걸친 새로운 관측 장비 및 기술의 개발 덕분에 우리는 이웃 행성들을 탐사하면서 외계의 생명체에 대해 조사해 왔다. 아폴로 우주 비행사들은 달에서 생명체 흔적을 조사하였고, 바이킹호는 화성에 착륙하여 생명체의 존재를 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 그러나 아직까지 지구 이외의 태양계 천체에서는 어떠한 생명체도 발견되지 않았다. 그렇다면 행성에 생명체가 존재하기 위해서는 어떠한 조건을 갖추어야 할까?

행성에 생명체가 생존하기 위해서는 먼저 항성으로부터 적당한 거리만큼 떨어져 있어야 한다. 이는 생명체 탄생에 있어 중요한 물이 액체 상태로 존재해야 하기 때문이다. 이렇게 너무 차갑지도 않고 너무 뜨겁지도 않은, 적당한 온도를 나타내는 지대를 **생명체 거주 가능 영역**이라 하는데, 이 영역은 그림 Ⅳ-63과 같이 항성의 밝기에 따라 달라진다.

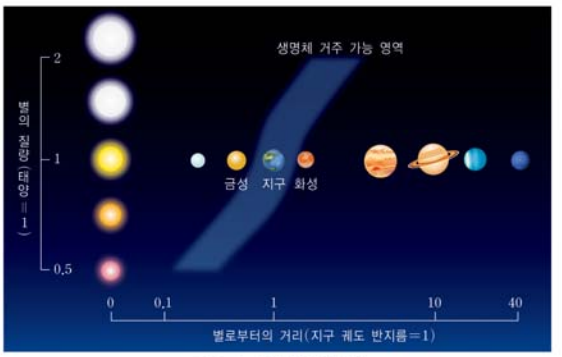


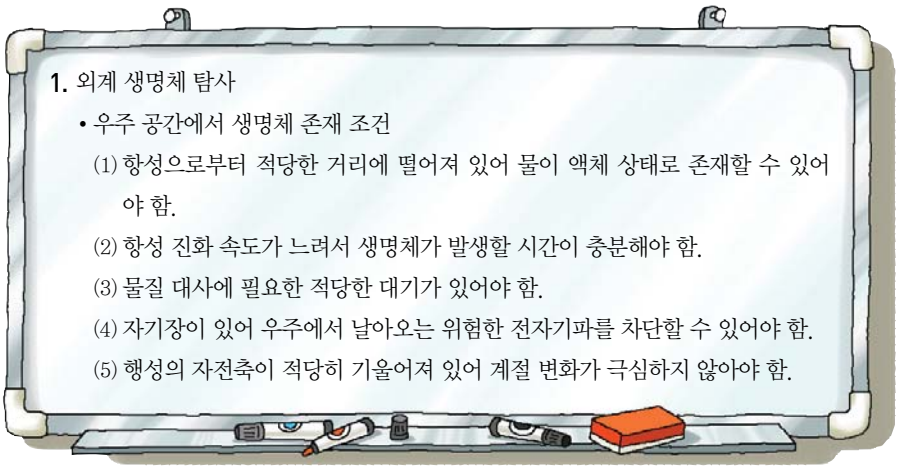
그림 Ⅳ-63 생명체 거주 가능 영역

소단원의 학습 목표

1. 외계 생명체가 살 수 있는 조건을 행성의 일반적인 특성을 통해 이해하고, 탐사가 가지는 의미를 설명할 수 있다.
2. 외계 행성체 탐사 원리와 방법을 이해하고, 지구 밖 생명체 탐사의 진행 상황을 설명할 수 있다.

지도상의 유의점

1. 지구 밖의 외계 생명체가 존재할 수 있는 조건을 태양계 행성들의 특징과 비교해 보는 수준에서 다루면서, 생명체 존재 가능 범위의 개념을 소개한다. 처음 단원에서 이미 학습한 내용을 바탕으로 지구에서 생명체가 발생하고 진화한 조건들을 상기하게 하고, 이를 통해 생명체가 살 수 있는 지구와 같은 환경이 생성되고 유지되는 일이 얼마나 어려우면서도 중요한 것인지를 깨닫게 한다.
2. 별의 광도를 결정하는 요인들을 알고, 별의 온도와 별이 주계열에 머무는 기간에 따라 생명 존재 가능성이 어떻게 달라질는지 이해하게 한다.
3. 외계 행성계를 탐사하는 과학적인 원리와 방법을 설명하고(예: 도플러 효과, 중력 렌즈 효과), 이러한 방법으로 알아내 최근 탐사 성과를 소개한다. 외계 행성계에 살고 있을지 모를 지적 생명체와 소통하기 위한 과학적인 프로젝트(SETI)를 함께 다루어 학생들의 흥미를 높이게 한다.
4. 지구 밖에서 생명체를 찾으려는 외계 생명체 탐사 프로젝트가 어떤 과학적인 지식과 원리를 응용한 것인지 조사하여 발표하고, 최근의 탐사 성과를 바탕으로 외계 생명체의 존재 가능성에 대해 토론하는 기회를 제공한다.



내용 해설

Ⅰ 외계 생명체 탐사

• 골디락스 행성

골디락스 행성은 어떤 항성의 생물권 안을 돌고 있는 외계 행성을 다르게 표현한 말로, 종종 지구 정도 크기의 행성을 가리키는 말로 쓰인다.

골디락스 행성은 모항성으로부터 너무 멀지도, 너무 가깝지도 않아서 적당하게 따뜻한 온도가 형성될 수 있는 위치의 행성으로, 생명체가 번성하기에 알맞다.

태양계의 경우 지구보다 태양에 가까운 금성은 표면 온도가 높아서 물이 대기 중으로 모두 증발해 버리고, 지구보다 태양에서 멀리 떨어진 화성은 표면 온도가 낮아서 물이 얼어붙어 버린다. 태양계 행성 중에서는 오직 지구만이 생명체 거주 가능 영역에 포함된다.

그런데 항성은 진화 과정을 겪으면서 밝기가 증가하여 생명체 거주 가능 영역이 뒤로 물러나기 때문에, 초기에 생명체 존재 조건을 만족하는 행성이었다 할지라도 시간이 지남에 따라 표면 온도가 뜨거워져 생명체가 생존할 수 없게 된다. 즉 행성에 생명체가 발생하여 지적인 생명체가 나타나기 위해서는 행성이 생명체 거주 가능 영역에 충분히 오랫동안 머물러야 하므로, 진화 속도가 느린 항성만이 생명체를 지닌 행성을 보유할 수 있다.

다음 탐구를 통해 이에 대해 자세하게 알아보자.

탐구 23 자료 해석

별의 광도에 따른 생명체 거주 가능 영역

1. 목표

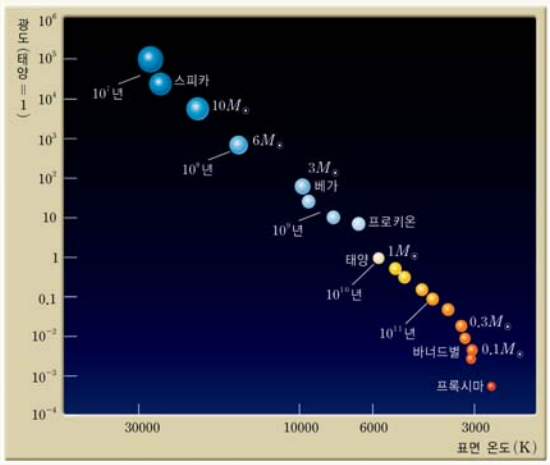
별의 광도를 결정하는 요인들을 알고, 별의 온도와 별이 주계열에 머무는 기간에 따라 생명 존재 가능성이 어떻게 달라지는지 이해한다.

2. 정리

1. 별의 질량이 증가할수록 광도는 증가한다. 별의 광도가 증가할수록 수명은 짧아진다.
2. 그림에서 10^9년과 10^{10}년 사이에 수명이 20억 년인 별이 있다. 즉, 태양 질량의 1.6배 이하의 별들로 색깔이 노란색과 붉은색인 별들이다.

탐구 23 자료 해석 별의 광도에 따른 생명체 거주 가능 영역

과정 다음 그림은 태양 주변에 있는 별들을 표면 온도와 광도로 나타낸 그래프에 표시한 것이고, 별들의 질량(태양 질량 = 1 $M_\odot$)과 수명이 표시되어 있다.



정리 1. 별의 질량과 광도, 별의 광도와 수명은 각각 어떤 관계가 있는가?
2. 행성에 생명체가 탄생하기 위해서 행성이 생명체 거주 가능 영역에 최소 20억 년 이상 머물러야 한다고 가정할 때, 그림에서 이러한 행성을 가질 수 있는 항성을 찾아보자.

기출문제 | 2005학년도 평가원

다음은 외계 행성 발견에 대한 자료이다.

> 현재 120개가 넘는 외계 행성이 발견되었다. 이러한 발견은 분광 쌍성을 관측하는 방법을 이용해서 이루어졌다. 분광 쌍성 관측은 두 천체의 궤도 운동 때문에 별 스펙트럼선에서 주기적으로 일어나는 도플러 효과를 이용한다. 이를 통해 보이지 않는 천체의 존재와 특성을 알 수 있다.

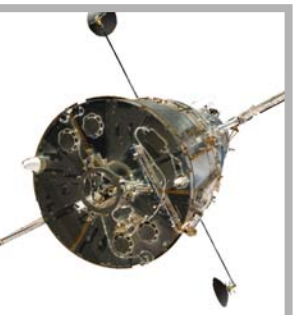
이러한 방법을 사용할 경우, 외계 행성의 존재를 알아내기 쉽게 하는 조건을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

> ㄱ. 행성의 질량이 클 때
> ㄴ. 행성의 공전 주기가 길 때
> ㄷ. 행성 궤도면과 시선 방향이 수직에 가까울 때

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 ㄱ. 항성이 행성을 거느리고 있다면 항성은 행성의 중력에 영향을 받아 공통 질량 중심을 공전하게 된다. 이때 행성의 질량이 클수록 항성의 공전 속도가 빨라져 도플러 효과를 관측하기 쉽다. **정답** ①

오답 ㄴ. 행성의 공전 주기와 공통 질량 중심에 대한 항성의 공전 주기는 같은데, 행성의 공전 주기가 길면 그만큼 항성도 천천히 움직이므로 도플러 효과를 관측하기 어렵다.
ㄷ. 행성 궤도면이 시선 방향에 수직이면 항성의 움직임에 의한 도플러 효과는 발생하지 않는다.



현재 태양의 나이는 대략 50억 년 정도로서 지구는 생명체가 발생하고 진화할 수 있는 충분한 시간적 여유를 가질 수 있었다. 과학자들은 이렇게 충분히 느린 진화 속도를 가진 항성에 속해 있는 행성들 중에 생명체를 지닌 행성이 있을 것으로 생각하고 이러한 행성을 찾기 위해 노력하고 있다.

그러나 어떤 행성이 생명체 거주 가능 영역에 포함되고 모항성의 진화가 충분히 느리다고 하더라도, 그 행성에 항상 생명체가 존재하는 것은 아니다. 행성에 생명체가 존재하기 위해서는 이러한 조건 이외에도 지구와 같이 물질 대사에 필요한 적당한 정도의 대기가 있어야 하고, 자기장이 형성되어 있어 우주에서 날아오는 위험한 전자기파를 차단할 수 있어야 하며, 행성의 자전축이 적당히 기울어 있어 계절의 변화가 극심하게 나타나지 않아야 한다.

이렇게 생명체의 존재 조건은 매우 복잡하고 까다로워 지구와 같은 환경이 생성되고 유지되는 일이 얼마나 어려운지 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 우리 은하에는 약 2000억 개에 이르는 많은 별들이 있어, 지구의 환경과 비슷한 행성이 있을 가능성은 충분한 것으로 여겨지고 있다.

물음 19 지구 이외의 태양계의 다른 행성에서 생명체가 존재하기 힘든 이유를 설명해 보자.

2 외계 행성 탐사

태양이 아닌 다른 항성 주위를 공전하고 있는 행성을 **외계 행성**이라 한다. 그런데 행성은 스스로 빛을 내지 못하므로 태양계 밖의 멀리 떨어진 행성을 직접 관측하는 것은 매우 어려워, 대부분의 외계 행성은 간접적인 방법으로 발견되고 있다. 과학자들은 어떠한 방법으로 외계 행성을 찾고 있을까?

항성이 행성을 거느리고 있다면 항성은 행성의 중력에 영향을 받아 공통 질량 중심을 공전하게 된다. 이때 항성의 움직임은 행성에 비해 매우 작기 때문에 항성의 위치 변화를 관측하기는 힘들지만, 항성은 지구로부터 주기적으로 멀어졌다 가까워지며 그림 Ⅳ-64와 같이 **도플러 효과**를 일으킨다. 따라서 항성 스펙트럼에서 흡수선의 이동 여부를 관찰하면 외계 행성의 존재를 확인할 수 있다.

도플러 효과
빛이나 소리 등이 파의 형태로 진행할 때, 파원이 관측자에 대해 멀어지거나 가까워지면 관측되는 파장 또는 진동수가 달라지는 현상. 관측자에게 접근하는 별빛의 파장은 짧아지고 멀어지는 경우 파장은 길어짐.

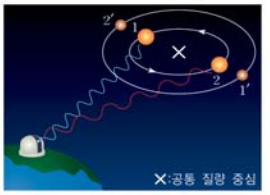


그림 Ⅳ-64 도플러 효과를 이용한 외계 행성 탐사

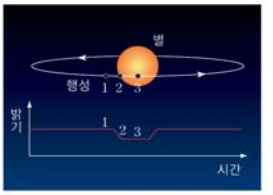
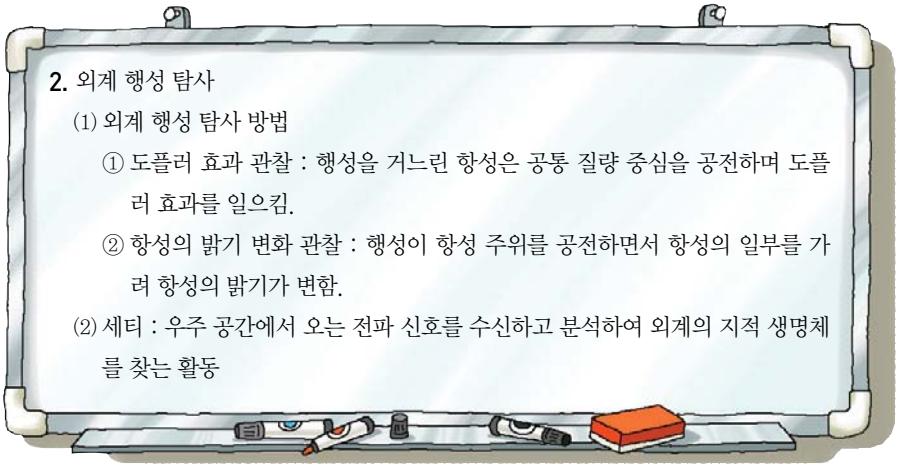


그림 Ⅳ-65 항성의 밝기 변화를 이용한 외계 행성 탐사



물음 19

지구 이외의 태양계 행성은 생명체 거주 가능 영역에서 벗어나 있어, 생명체의 존재에 필수적인 요소인 물이 액체 상태로 존재할 수 없다. 게다가 물질 대사에 필요한 적절한 대기가 없거나 부족하다.

2 외계 행성 탐사

• **드레이크 방정식**

드레이크 방정식이란 프랭크 드레이크 박사(SETI 연구소 소장)가 우리 은하 안에 존재하는 우리와 교신할 가능성이 있는 외계 지적 생명체의 수를 계산하는 방정식으로, 다음과 같이 표기된다.

$$N=R\times fp\times ne\times fl\times fi\times fc\times L$$

여기서 N은 우리의 은하계 속에서 탐지가 가능한 고도 문명의 수이며,

R는 은하계 속에서 지적 생명이 발달하는 데 적합한 환경을 가진 항성이 태어날 비율

fp는 그 항성이 행성계를 가질 비율

ne는 그 행성계가 생명에 적합한 환경의 행성을 가질 비율

fl은 그 행성에서 생명이 발생할 확률

fi는 그 생명이 지성의 단계로까지 진화할 확률

fc는 그 지적 생명체가 다른 천체와 교신할 수 있는 기술 문명을 발달시킬 확률

L은 그러한 문명이 탐사 가능한 상태로 존재하는 시간

이다. 이 식에 기초해 드레이크 자신이 예측하는 은하계 내 문명의 수는 약 1만 개에서 수백만 개에 이른다. 그러나 이 방정식의 각 인수들은 과학자들 사이에서도 의견이 분분하다.

탐구 24 조사

세티(SETI) 프로젝트

1. 목표

지구 밖에서 생명체를 찾으려는 외계 생명체 탐사 프로젝트가 어떤 과학적인 지식과 원리를 응용한 것인지 설명할 수 있다.

2. 정리

1. 전파는 다른 파장의 전자기파에 비해 성간 물질에 잘 흡수되지 않으므로 멀리 있는 곳까지 전달된다. 세티는 바로 전파의 이러한 성질을 이용하여 외계 생명체가 의도적으로, 또는 의도치 않게 보낸 전파 신호를 탐색하는 과학 프로젝트이다.
2. 지금껏 실제로 외계 생명체가 보낸 메시지가 수신된 적은 없다. 그러나 최근 들어 지구와 같이 질량이 작은 외계 행성들이 발견되고 있으므로, 이러한 행성들을 대상으로 세티 프로젝트를 지속적으로 해나간다면 언젠가 외계 지적 생명체의 메시지를 수신할 수도 있을 것이다.

• 세티(SETI)

천문학자들은 외계 문명으로부터의 의도치 않은, 그리고 의도적인 신호를 탐색하고 있다. 이러한 프로젝트들을 총괄하여 외계 문명 탐사(SETI; Search for Extra-Terrestrial Intelligence)라 부른다. 첫 번째 탐사는 오즈마(Ozma) 계획이라는 이름으로 1960년에 수행되었는데, 전파 천문학자 프랭크 드레이크(Frank Drake)는 미국의 버지니아 주에 있는 국립 전파 천문대의 전파 안테나를 사용하여 태양과 비슷한 두 개의 별(τCet, εEri)을 조사하였다. 두 별 모두 우리로부터 대략 11광년 떨어져 있어서 신호를 감지하기에 충분한 거리이다. 그는 4월에서 7월까지 간헐적으로 두 별을 관측했으나 어떠한 지적(知的) 신호도 감지되지 않았다. 그러나 드레이크의 이 연구는 다른 별로부터 오는 지적 신호를 찾고 있던 전 세계의 연구자들을 고무시켰다.

천문학자들은 이러한 탐사를 거대한 건초더미에서 바늘을 찾는 것으로 비유한다. 우리 은하에는 1,000억 개, 혹은 그 이상의 별이 있는 것으로 추정되고 있다. 그러나 모든 별들이 지구와 같은 행성을 가지고 있는 것은 아니다. 우리는 전파 망원경을 어디로 향해야 하는가? 어떤 채널(주파수)로 들어야 하는가? 여기 지구에서는, 우리가 좋아하는 라디오 방송이 있으면, 전파 스펙트럼 상에서 할당된 채널로 돌리면 된다. 그러나 외계의 메시지의 경우, 우리는 그들이 어떤 채널을 사용하는지 알 수 없다.

만약 우리가 외계 문명이 있을만한 별을 선택하고, 또 그럴듯한 주파수대로 관측하여도 그들의 메시지가 너무 희미하다면, 우리는 여전히 그들의 메시지를 들을 수 없다. 설령, 희미한 메시지를 들을 수 있는 좋은 수신기가 있다고 할지라도, 우리는 우리가 듣고 있는 것 중에서 무엇이 외계의 메시지인지 알 수 있을까? 외계인들이 우리가 이해할 수 있는 모르스 부호 같은 신호를 사용할 것 같지는 않다. SETI에서 일하는 천문학자들은 일반적으로 이러한 많은 질문들에 해답을 추측해야만 한다.

1992년에 NASA에서 이제까지 수행된 전파 메시지 탐사 중 가장 포괄적인 SETI 프로젝트가 시작되었다. 이는 태양과 비슷한 800개의 별을 대상으로 동시에 1,000만



그림 Ⅳ-66 케플러 우주 망원경

또 다른 외계 행성 탐사 방법은 항성의 밝기 변화를 관찰하는 것으로, 행성이 항성 주위를 공전하면 항성의 일부가 가려지기 때문에 그림 Ⅳ-65와 같이 항성의 밝기가 감소하게 된다.

2009년에 발사된 케플러 우주 망원경(그림 Ⅳ-66)은 이와 같은 원리를 이용하여 현재 외계 행성을 찾고 있는 중이다.

현재까지 수백여 개의 외계 행성이 발견되었으며, 해마다 그 수는 빠른 속도로 증가하고 있다. 그러나 지금까지 발견된 외계 행성 대부분은 목성 같이 질량이 큰 기체 행성이어서 생명체가 살기 부적합한 것으로 밝혀졌다. 따라서 과학자들은 지구와 같이 크기가 작고 암석으로 된 행성들을 찾기 위해 노력하고 있는데, 최근 들어 기체 행성뿐만 아니라 보다 질량이 작은 행성을 관측할 수 있는 기술이 발달하고 있다. 대표적인 방법은 아인슈타인이 제안한 중력 렌즈 현상을 이용하는 것이다.

외계 행성을 탐사하는 목적 중의 하나는 지구 이외의 행성에서 지적인 생명체를 발견하는 것이다. 일부 과학자들은 이를 위해 색다른 방법의 연구를 진행하고 있다.

다음 탐구를 통해 세티(SETI)라 불리우는 외계 지적 생명체 탐사 활동을 알아보자.

탐구 24 조사 세티(SETI) 프로젝트

과정 세티 프로젝트란, 우주로부터 오는 전파를 수신하고 분석하여 외계 지적 생명체를 찾아내는 탐사 활동이다. 인터넷에서 세티 프로젝트를 검색하여 탐사의 원리와 성과 등을 조사해 보자.

정리 1. 세티 프로젝트의 과학적 원리는 무엇인가?
2. 세티 프로젝트의 최근 탐사 성과를 바탕으로 외계 생명체의 존재 가능성에 대해 토론해 보자.

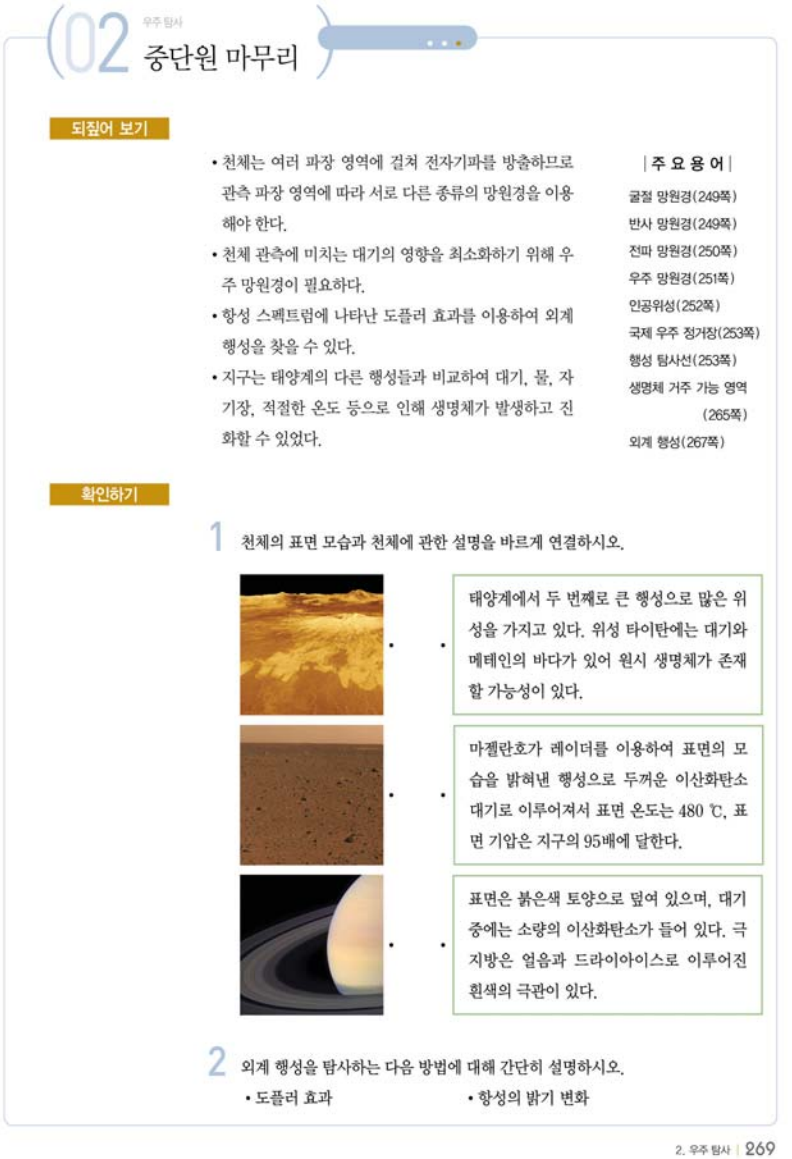
외계 생명체 탐사는 보통 넓은 사막에서 바늘을 찾는 것으로 비유된다. 그러나 과학자들은 우리 은하에 충분히 많은 별들이 있고, 그 중에는 지구와 같이 지적인 생명체가 살고 있는 행성도 있을 것이라 여기며 탐사를 지속하고 있다.

한 걸음 더

중력 렌즈를 이용한 외계 행성 탐사

중력 렌즈란 두 개의 천체가 관측자의 시선 방향에 겹쳐 놓일 때, 앞 천체 때문에 뒷 천체의 빛이 휘어져 뒷 천체의 밝기가 증폭되어 보이는 현상을 말한다. 이때 렌즈 역할을 하는 앞의 천체가 행성을 거느린 항성일 경우, 뒷 천체의 밝기가 불규칙하게 변하게 된다. 항성에 딸린 행성이 두 개 이상일 경우에는 밝기 변화가 더욱 복잡한 양상을 보인다. 이와 같은 중력 렌즈 현상을 이용한 외계 행성 탐사는 다른 방법에 비해 더 멀리 있는 작은 질량의 행성을 탐색하는 데 유리하다.

268 | Ⅳ. 다가오는 우주



02 우주 탐사
중단원 마무리

되짚어 보기

- 천체는 여러 파장 영역에 걸쳐 전자기파를 방출하므로 관측 파장 영역에 따라 서로 다른 종류의 망원경을 이용해야 한다.
- 천체 관측에 미치는 대기의 영향을 최소화하기 위해 우주 망원경이 필요하다.
- 항성 스펙트럼에 나타난 도플러 효과를 이용하여 외계 행성을 찾을 수 있다.
- 지구는 태양계의 다른 행성들과 비교하여 대기, 물, 자기장, 적절한 온도 등으로 인해 생명체가 발생하고 진화할 수 있었다.

| 주 요 용 어 |
굴절 망원경(249쪽)
반사 망원경(249쪽)
전파 망원경(250쪽)
우주 망원경(251쪽)
인공위성(252쪽)
국제 우주 정거장(253쪽)
행성 탐사선(253쪽)
생명체 거주 가능 영역 (265쪽)
외계 행성(267쪽)

확인하기

1 천체의 표면 모습과 천체에 관한 설명을 바르게 연결하시오.

태양계에서 두 번째로 큰 행성으로 많은 위성을 가지고 있다. 위성 타이탄에는 대기와 메테인의 바다가 있어 원시 생명체가 존재할 가능성이 있다.

마젤란호가 레이더를 이용하여 표면의 모습을 밝혀낸 행성으로 두꺼운 이산화탄소 대기로 이루어져서 표면 온도는 480 ℃, 표면 기압은 지구의 95배에 달한다.

표면은 붉은색 토양으로 덮여 있으며, 대기 중에는 소량의 이산화탄소가 들어 있다. 극지방은 얼음과 드라이아이스로 이루어진 흰색의 극관이 있다.

2 외계 행성을 탐사하는 다음 방법에 대해 간단히 설명하시오.
- 도플러 효과
- 항성의 밝기 변화

2. 우주 탐사 | 269

개 이상의 전파 채널에서 복잡한 신호를 탐사하는 것이었다. 그러나 NASA 프로젝트는 의회의 예산 삭감으로 1994년에 중단되었고, SETI 연구자들은 민간 기부금으로 프로젝트의 규모를 축소하여 계속 탐사를 수행하고 있다. 재정적 위기의 잿더미에서 살아남은 계획이라 하여, 현재는 피닉스(Phoenix) 계획이라 부르고 있다. 현재까지 어떤 외계 생명체의 신호도 감지되고 있지 못하지만, 아직은 탐사 초기이고, 우리의 건초더미는 광대하다.

중단원 마무리

주요 용어

- **굴절 망원경**: 여러 개의 렌즈를 사용하여 만든 망원경으로, 물체를 향하는 대물렌즈는 물체에서 오는 빛을 모으고, 접안렌즈는 맺혀진 상을 확대하는 역할을 한다. 대물렌즈와 접안렌즈의 두 개의 볼록 렌즈로 완전 밀폐되어 있어 경통 내부에 공기의 흐름이 발생하지 않아 안정된 상을 얻을 수 있다. 그러나 대물렌즈에서 모든 빛이 정확하게 한 점으로 모이지 않아서 색이 다른 빛들이 상 주변에 약간씩 퍼지는 색수차 현상이 발생하는 단점이 있다. 구조에 따라 가릴레이식과 케플러식으로 분류한다.
- **반사 망원경**: 여러 개의 거울을 사용하여 만든 망원경으로, 반사경을 통해 물체에서 오는 빛을 모으고, 맺힌 상을 접안경으로 확대하여 관찰한다. 굴절 망원경의 색수차 문제를 극복하기 위해 17세기 중반에 뉴턴이 오목 거울을 이용한 반사 망원경을 고안하였다. 렌즈보다 거울이 제작하기가 쉽기 때문에 굴절 망원경에 비해 가격이 매우 저렴하고, 단초점 망원경을 제작하기 쉬워서 성운, 성단, 천체 사진에 매우 적합하다. 그리고 굴절 망원경에서 나타나는 색수차가 없다. 그러나 구면 수차, 코마 수차가 발생한다. 대개 두 개 이상의 거울을 이용하므로 최소 20% 정도의 빛이 손실되어 상이 어두워진다. 그리고 상이 깨끗하게 맺히지 않아 고배율 관측에 불리하다. 또한 경통이 개방되어 있으므로 대류가 발생하여 상을 불안정하게 만든다. 구조에 따라 뉴턴식, 카세그레인식 등이 있다.
- **전파 망원경**: 우주 공간에 있는 천체로부터 복사되는 전파를 관측하기 위한 장치를 총칭하는 말로, 전파를 발생하는 천체를 광학 망원경으로 측정하는 것보다 더 정확하게 측정할 수가 있다.
- **우주 망원경**: 우주 망원경은 우주에 발사되어 설치된 망원경을 말한다. 비용도 엄청나고 수리도 어려운데, 우주로 망원경을 보낸 이유는 지상에서 관측하기 어려운 것들을 관측하기 위해서이다.

확인하기

1. 첫 번째 사진 – 두 번째 보기, 두 번째 사진 – 세 번째 보기, 세 번째 사진– 첫 번째 보기

2. • 도플러 효과 : 행성을 거느린 항성은 공통 질량 중심을 중심으로 공전하면서 지구로부터 주기적으로 멀어졌다 가까워지는데, 이때 항성 스펙트럼의 흡수선이 이동하게 된다.

• 항성의 밝기 변화 : 행성이 항성 주위를 공전하면서 항성의 일부가 가려지기 때문에 밝기가 감소하게 된다.

차시 81 82 83 84 85 pp. 270~273

단원 평가

1. (가)–서쪽, (나)–남쪽, (다)–동쪽, (라)–북쪽

해설 관찰자가 북쪽을 바라보고 섰을 때, 별은 천구의 북극을 기준으로 반시계 방향으로 회전한다. 따라서 북쪽 하늘에서는 원호 모양을 그리고, 동쪽 하늘에서는 왼쪽 아래에서 오른쪽 위 대각선 방향으로 떠오르고, 서쪽 하늘에서는 왼쪽 위에서 오른쪽 아래 대각선 방향으로 지며, 남쪽 하늘에서는 원호가 커서 직선 모양의 일주 운동 궤적이 나타난다.

2. B, D

해설 하짓날 태양의 적위는 6h이므로 태양보다 적경이 1h 큰 B가 태양 다음에 남중한다. 천체의 남중 순서는 A–태양–B–C–D–E이다. 천체의 남중 고도는 $90^\circ-\varphi+\delta$이므로 D의 남중 고도가 가장 높다. E는 적위가 85°이므로 천구의 북극 근처에 위치한다.

3. (나)

해설 (가)는 쌀알무늬로, 이로부터 태양 표면에서 발생하는 대류 현상을 알 수 있다. (나)가 정답인 흑점이고, (다)는 채층에서 솟아나는 불꽃 덩어리인 홍염이며, (라)는 개기 일식 때 관측할 수 있는 코로나이다.

4. 약 258 일

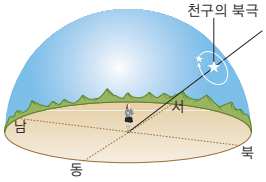
해설 케플러 제 3 법칙에 따르면 $p^2=ka^3$(p는 공전 주기, a는 궤도 긴 반지름)이므로, 지구의 공전 주기 1년과 공전 궤도 1 AU를 위의 식에 대입하면 $k=1$임을 알 수 있다. 탐사선 궤도의 긴 반지름은 그림에서 $\frac{1+1.52}{2}$AU=1.26 AU이므로 이를 식에 대입하면 태양을 초점으로 하는 탐사선의 공전 주기 p를 구할 수 있다. 이때 탐사선의 이동 시간은 공전 주기의 반인 $\frac{p}{2}$가 된다.

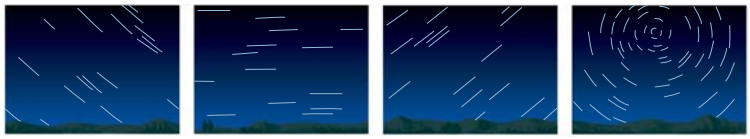
5. ㉠은 세 번째 보기, ㉡은 첫 번째 보기, ㉢은 두 번째 보기

해설 ㉠은 X선으로서 감마선 다음으로 에너지가 센 전자기파이다. ㉡은 가시광선으로서 우리 눈으로 볼 수 있는 전자기파이고, ㉢은 전파로서 전파 망원경은 가장 큰 종류의 망원경이다.

단원 평가

1 오른쪽 그림은 천구의 북극 주변에 있는 별이 일주 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 이를 보고 (가)~(라)에 나타난 별의 일주 운동이 어느 쪽 하늘인지 찾으시오.





(가) (나) (다) (라)

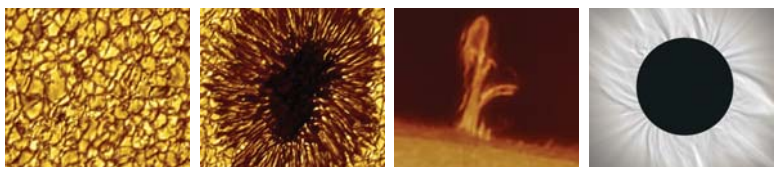
2 하짓날 위도 37.5°인 지역에서 천체를 관측할 때, 다음 천체 중 태양이 남중한 후 첫번째로 남중하는 천체와 남중 고도가 가장 높은 천체는 각각 무엇인가?

천체	A	B	C	D	E
적경(h)	5	7	9	11	13
적위(°)	−37.5	−23.5	23.5	37.5	85

3 다음은 태양의 어떤 현상에 관한 설명이다.

- 광구보다 온도가 2000 K 정도 낮다.
- 보통 지구 정도의 크기이다.
- 몇 시간에서 몇 달 동안 지속된다.
- 이 현상으로부터 태양이 자전하고 있음을 알 수 있다.

이 현상이 표현된 그림을 고르시오.



(가) (나) (다) (라)

추가 문제

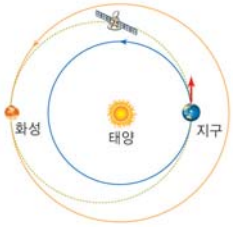
6. 하짓날 다음 표의 별자리를 관찰했을 때, 가장 관찰하기 힘든 별자리는 무엇인가?

별자리	적경	적위
안드로메다자리	0h 40m	+38°
큰개자리	6h 40m	−24°
처녀자리	13h 20m	−2°
거문고자리	18h 45m	+36°
백조자리	20h 30m	+43°

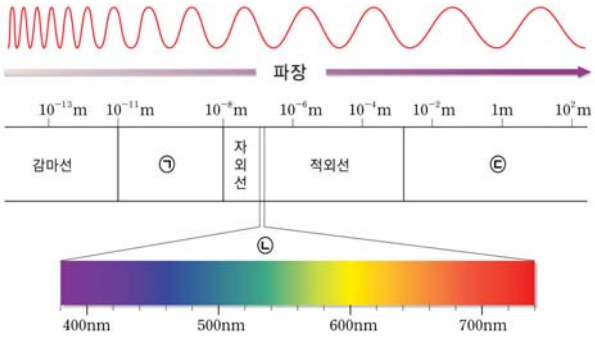
해설 하짓날 태양의 적경(6h)과 비슷한 별자리인 큰개자리는 태양과 같이 떴다가 지므로 관찰하기 힘들다.

정답 큰개자리

4 오른쪽 그림과 같은 궤도를 이용하여 지구에서 화성으로 우주 탐사선을 발사하려고 한다. 우주 탐사선이 지구에서 화성까지 이동하는 데 걸리는 시간은 얼마인가? (단, 지구와 화성의 공전 궤도는 각각 1 AU, 1.52 AU이다.)



5 다음 그림은 파장에 따른 전자기파의 종류를 나타낸 것이다.



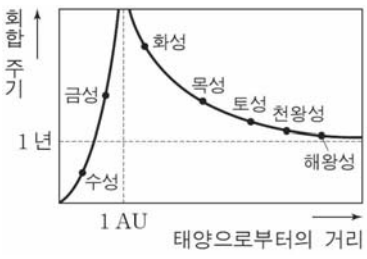
파장 ㉠~㉢과 이 파장 영역을 관측하는 망원경의 설명을 바르게 연결하시오.

㉠ • • 이 파장 영역을 관측하는 망원경을 광학 망원경이라고 하며 굴절 망원경과 반사 망원경이 있다.

㉡ • • 이 파장 영역을 관측하는 망원경은 접시 모양의 대형 구조물을 이용하여 전자기파를 모은다. 이 망원경으로 우리 은하의 나선 구조가 밝혀졌다.

㉢ • • 이 파장은 고에너지의 전자기파이다. 이 파장을 관측하는 대표적인 망원경으로 찬드라 우주 망원경이 있다.

7. 그림은 태양으로부터의 거리에 따른 행성의 회합 주기를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 외행성은 지구에서 멀수록 회합 주기가 짧다.
ㄴ. 지구와 행성의 공전 각속도의 차가 작을수록 회합 주기는 짧다.
ㄷ. 금성에서 관측한 지구의 회합 주기는 지구에서 관측한 금성의 회합 주기와 같다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 지구와 행성의 공전 각속도의 차가 작을수록 회합 주기는 길어지므로, 지구에서 가까운 행성은 회합 주기가 길고, 먼 행성은 회합 주기는 짧다. **정답** ③

8. 그림은 우주 망원경을 사용하여 안드로메다 은하를 각각 다른 파장대로 관측하여 얻은 사진이다.



(가) 자외선 영상 (나) 가시광선 영상 (다) 근적외선 영상

이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 우주 망원경으로 관측한 것이다.
ㄴ. 낮은 온도의 별을 관측하기에 가장 적합한 영상은 (다)이다.
ㄷ. 관측에 이용한 파장을 긴 것부터 순서대로 나열하면 (나)→(다)→(가)이다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해설 자외선은 대기에 의해 흡수되므로 우주 망원경으로 관측해야 한다. 근적외선은 낮은 온도의 별에서 많이 방출하므로 (다)로 관측해야 한다. 파장을 긴 것부터 나열하면 (다)→(나)→(가)이다. **정답** ③

창의력 평가

이 평가는 소집단 활동으로 구성하여 조별로 토의를 거쳐 탐사 행성과 탐사 목적에 알맞은 탐사 방식과 탐사 기기를 결정하도록 한다. 학생들은 이 활동을 통해 과학자들의 의사 결정 과정과 비슷한 경험할 수 있다.

1. 활동 과정

(1) 책이나 인터넷 등을 통해 태양계 행성에 대해 학습하고, 궁금한 사항을 한 가지씩 적어 온다(사전 활동).

(2) 각자가 적어 온 궁금증에 대해 토의하여 탐사 행성과 탐사 목적을 결정한다.

(3) 탐사 행성과 탐사 목적에 알맞은 탐사 기기를 결정한다.

- 교사는 우주선에 탑재할 탐사 기기의 개수를 한정할 수 있다. 이는 학생들이 보다 합리적으로 사고할 수 있는 계기를 부여한다.

(4) 조별 토의를 통해 탐사 행성과 탐사 내용에 걸맞은 탐사선의 명칭을 정한다.

(5) 발표를 통해 학생들은 자신들의 선택과 결정에 대해서 과학적이고 합리적인 근거를 제시한다.

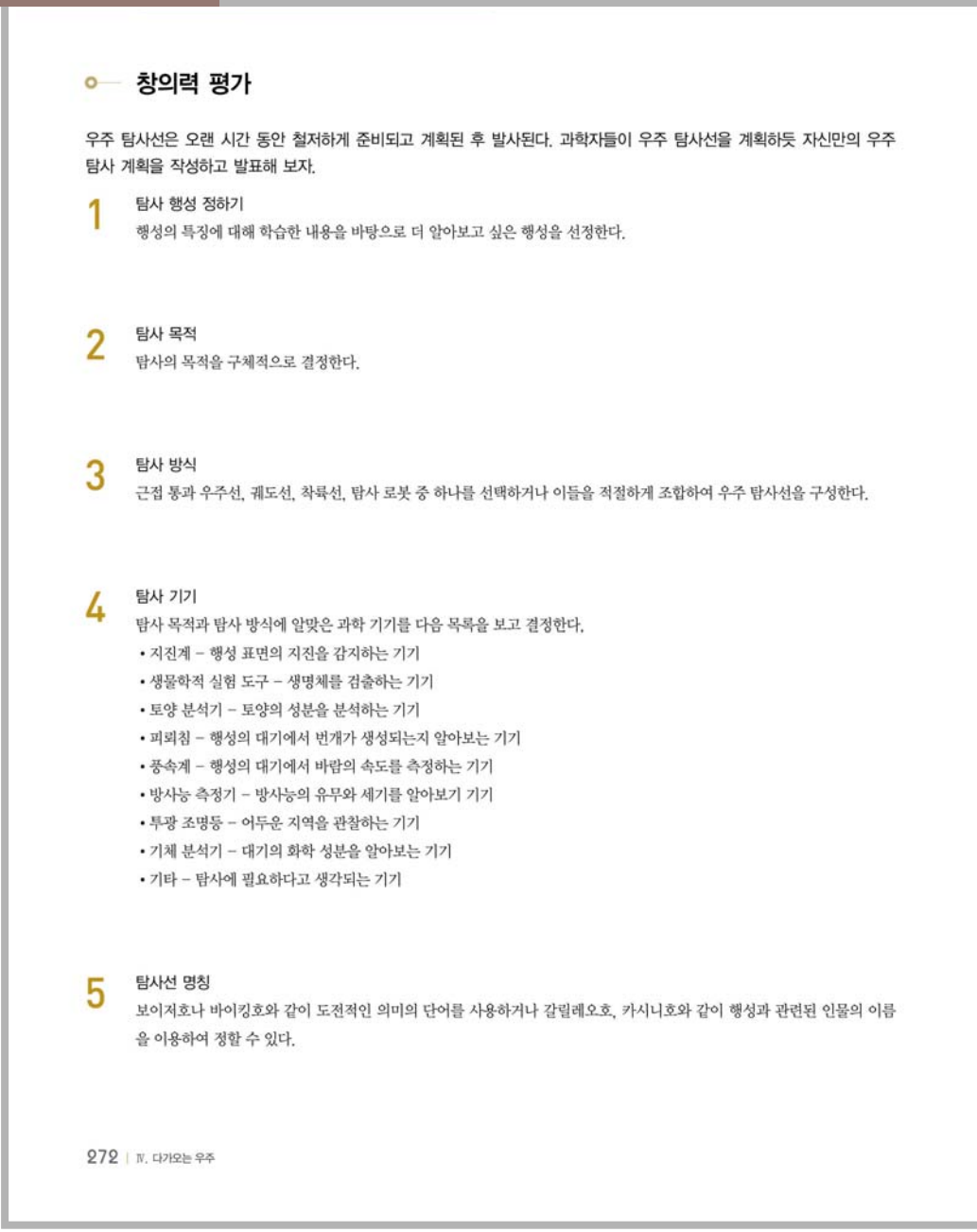
- 발표자는 자신의 조가 선택한 행성의 환경에 대해 발표하고, 자신들의 탐사선이 왜 그렇게 제작되었는지 설명해야 한다. 여기서 발표한 탐사선의 장점과 단점이 토의될 수 있다.

2. 심화 과정

(1) 교사는 본문에 주어진 기기 목록을 추가할 수 있다. 목록을 복잡하게 하거나 세분화하는 것도 좋은 방법이다. 탐사선의 무게나 크기를 제한하거나 에너지 공급 방식을 결정하게 하고, 나아가서 가격과 같은 더욱 복잡한 사항도 추가할 수 있다.

(2) 케플러 법칙을 이용하여 탐사선의 발사 시각이나 도착 시각에 대해서도 결정하게 할 수 있다.

(3) 탐사선의 설계도를 그리거나 모형을 제작할 수도 있다.



창의력 평가

우주 탐사선은 오랜 시간 동안 철저하게 준비되고 계획된 후 발사된다. 과학자들이 우주 탐사선을 계획하듯 자신만의 우주 탐사 계획을 작성하고 발표해 보자.

1 탐사 행성 정하기
행성의 특징에 대해 학습한 내용을 바탕으로 더 알아보고 싶은 행성을 선정한다.

2 탐사 목적
탐사의 목적을 구체적으로 결정한다.

3 탐사 방식
근접 통과 우주선, 궤도선, 착륙선, 탐사 로봇 중 하나를 선택하거나 이들을 적절하게 조합하여 우주 탐사선을 구성한다.

4 탐사 기기
탐사 목적과 탐사 방식에 알맞은 과학 기기를 다음 목록을 보고 결정한다.
- 지진계 – 행성 표면의 지진을 감지하는 기기
- 생물학적 실험 도구 – 생명체를 검출하는 기기
- 토양 분석기 – 토양의 성분을 분석하는 기기
- 피뢰침 – 행성의 대기에서 번개가 생성되는지 알아보는 기기
- 풍속계 – 행성의 대기에서 바람의 속도를 측정하는 기기
- 방사능 측정기 – 방사능의 유무와 세기를 알아보기 기기
- 투광 조명등 – 어두운 지역을 관찰하는 기기
- 기체 분석기 – 대기의 화학 성분을 알아보는 기기
- 기타 – 탐사에 필요하다고 생각되는 기기

5 탐사선 명칭
보이저호나 바이킹호와 같이 도전적인 의미의 단어를 사용하거나 갈릴레오호, 카시니호와 같이 행성과 관련된 인물의 이름을 이용하여 정할 수 있다.

272 | Ⅳ. 다가오는 우주

과학 글쓰기

1. 우주 개발에는 막대한 예산이 소요된다. 그러나 이 예산을 다른 곳에 쓸 때와 비교하여 우주 개발이 우리 사회와 개인에게 미치는 긍정적인 효과가 큰지는 불분명하다.

2. 다음 예시는 신문에 기재된 것으로, 우주 개발 찬성론자가 반대론자를 설득하는 글이다.

> ○○일보 기고문, '우주 개발은 예산 낭비 아니다.'
>
> 우리나라는 우주 개발을 위해 연간 3,000억 원 이상의 예산을 투자한다. 연간 20조 원의 우주 개발 예산을 투자하는 미국이나 3조 원을 투자하는 일본과는 비교도 안 되지만, 10여 년의 짧은 우주 개발 역사를 감안하면 엄청난 투자인 셈이다. 과학기술 연구개발 사업 중에서 예산의 투자 증가가 가장 가파른 사업이 우주 개발이다. 그래서 다른 분야의 과학기술 연구자들은 우주 분야를 "공공의 적"이라고 볼멘 소리다.
>
> 우주에 대한 일반 국민의 지식은 아주 단편적이다. 우리나라와 같이 작은 나라에서 많

과학 글쓰기

우주 개발에 관한 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우주 개발에는 많은 예산이 소요된다. 1960년대 미국의 아폴로 계획에는 당시 금액으로 250억 달러(요즘 화폐 가치로는 1350억 달러)라는 천문학적인 예산이 투입되었다. 아폴로 계획의 전성기에는 미국 항공우주국(NASA)이 무려 미국 전체 예산의 4 %를 사용하였다. 한편 우리나라는 이에는 훨씬 미치지 못하는 연간 3000억 원의 예산을 우주 개발에 투자하고 있다. 이는 10여 년의 짧은 우주 개발 역사를 감안하면 적지 않은 예산으로, 우주 개발 예산은 과학 기술 사업 중 가장 가파르게 증가하고 있다.

우주 개발은 당장 경제적 효과를 내기 어려운 기초 과학과 같은 성격을 지닐 뿐만 아니라 막대한 예산이 필요하다는 점에서 선뜻 투자에 나서기 어려운 분야이다. 그러나 그 잠재력은 무궁무진하다. 우주 개발 기술은 첨단 바이오 · 나노 · 에너지 · 환경 · 의학 등의 분야와 결합되어 시너지 효과를 낼 수 있다. 한편 선진국들이 우주 공간과 달을 적극적으로 활용하는 계획을 추진하면서 우주 개발이 미래의 국가 경쟁력을 결정하는 요인으로 떠오를 가능성이 점점 커지고 있다.

그러나 우주 개발 사업들이 엄청난 예산을 소비하면서도 그 성과는 미미한 '애물단지'에 불과하다는 비판을 받고 있는 것도 사실이다. 뿐만 아니라 우주 개발은 발사 및 운영 중에 실패 위험성이 높고 산업적 측면에서 투자 대비 자본의 회수 기간이 매우 길다. 40년 이상의 역사를 가지고 있는 우주 선진국에서도 우주 개발에 대한 투자는 여전히 논란의 대상이 되고 있으며, 우리나라에서도 우주 개발에 들어가는 막대한 예산을 사회 복지에 사용하자는 주장이 제기되기도 한다.



1 우주 개발에 있어 최대의 쟁점이 무엇인지 쓰시오.

2 우주 개발에 대한 찬성과 반대의 입장 중 한 가지를 선택하여 상대방을 설득하기 위한 글을 써보자.

은 돈을 우주 개발 사업에 투자할 필요가 있느냐고 묻는 사람도 많다. 그러나 우주는 이제 국가 전략적으로도, 국제 사회에서의 위상 측면에서도 무관심하게만 지나칠 수 없다. 우주 개발의 특성은 천문학적인 비용이 든다는 것과 발사 및 운영 중에 실패 위험성이 높다는 것이다. 또 산업적 측면에서 투자 대비 자본의 회수기간이 엄청 길다. 따라서 40년 이상의 역사를 가지고 있는 우주 선진국에서도 우주 개발 투자에 대해서는 논란이 있다. 그러나 이러한 논란에도 불구하고 일본 정부는 최근 21세기 일본을 먹여 살릴 '꿈의 10대 기술'에 우주 개발 사업을 세 개나 포함시켰다. 중장기적으로는 우주 개발 사업이 국가전략 사업으로서뿐만 아니라 경제성 측면에서도 충분한 승산이 있다는 의미다.

이제 우리도 경제 능력에 부합하면서도 효과적인 우주 개발 방법이 무엇인지 지혜를 모아야 할 때다. 우선 국가 예산의 효율적 투자 측면에서 저비용의 소형 위성 위주의 개발이 필요하다. 우주 강국 중의 하나인 이스라엘은 저비용의 우주 개발을 수행하는 모델 국가라 할 수 있다. 저궤도 소형 위성 발사체인 '셰빗'을 개발해 모든 국가 소요의 위성을 이 무게 및 크기 등의 제한 조건에 맞추어 개발함으로써 개발 비용을 최소화하고 있다. 현재 우리나라에서 개발하고 있는 위성들은 통상 2,000~3,000억 원의 예산이 필요한 바 소형 위성 개발의 세계적인 추세에 발맞춰 저비용의 소형 위성 개발로 임무를 만족시킬 수 있는 방안을 찾아야 한다. 최근의 전자 소자 기술은 소형화, 신뢰성 및 성능 측면에서 비약적인 발전을 해 왔다. 현재는 저가의 상용 부품을 사용해도 극악한 우주 환경에서 3~4년 견딜 수 있는 소자들이 많이 나와 있다.

우리나라 위성 개발의 핵심 문제는 한번 위성을 개발하면 다음 위성은 무조건 성능이 대폭 향상돼야 한다는 강박 관념에 있다. 예를 들어 저해상도 위성에서 해상력을 높이는 것은 쉽지만, 고정밀 위성에서 해상도를 더욱 높이는 것은 기술적으로 아주 어려운 일이다. 우리로서는 어느 정도의 요구 조건을 만족시키는 성능의 위성을 개발하거나 해외에서 기술을 도입하면, 이러한 기술을 검증하고 산업화의 기회를 제공할 수 있도록 유사한 수준의 개발을 통해 우리의 기술로 자립하는 것이 더욱 중요하다. 또한 현재 진행 중인 국책연구소 중심의 우주 개발은 중장기적으로는 비용 측면에서나 산업의 파급 효과 측면에서 긍정적인 면보다는 부정적인 요소가 더 많을 수 있다.

또 한 가지 문제는 선택과 집중을 통한 우주 시스템의 개발이다. 양적 팽창만이 최선책이 아닌 만큼 백화점식의 임무 개발은 지양하고 우리의 강점을 최적화할 수 있는 개발 방식과 우주 분야의 틈새 시장을 공략할 수 있는 전략이 필요하다. 그리고 우주 개발 사업은 임무 중심의 시스템 개발도 중요하지만 우주 인프라 구축을 위한 우주 기반 기술의 확충, 국제 우주 정거장과 같은 국제협력 사업 참여, 우주 과학의 연구를 통한 기술 축적 등을 병행함으로써 선택과 집중을 극대화할 수 있도록 해야 한다. 이를 통해 우주 개발이 국민의 삶의 질을 증진하고 아울러 산업화에도 일조할 수 있다.

지필 평가

01 한 시간 동안 별자리의 위치는 어떻게 변하는가?

① 동에서 서로 15° 회전한다.
② 동에서 서로 15° 회전한다.
③ 서에서 동으로 30° 회전한다.
④ 서에서 동으로 30° 회전한다.
⑤ 움직이지 않고 제자리에 있다.

정답 ① 해설 지구는 한 시간 동안 서에서 동으로 15° 자전하는데, 지구의 움직임을 느끼지 못하는 관측자는 상대적으로 천체가 지구 자전 방향의 반대 방향으로 움직이는 것으로 관측하게 된다.

02 북위 37.5°에서 일주권과 지평선이 이루는 각은?

① 23.5° ② 37.5° ③ 52.5°
④ 61° ⑤ 76°

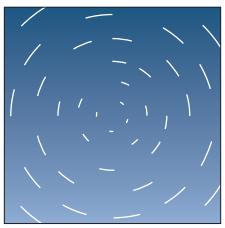
정답 ③ 해설 일주권과 지평선이 이루는 각 $= 90° - \phi = 90° - 37.5° = 52.5°$

03 동짓날 북위 37.5°에서 관측한 태양의 고도는?

① 23.5° ② 29° ③ 37.5°
④ 52.5° ⑤ 76°

정답 ② 해설 $h = 90° - \phi + \delta$이고 동짓날 태양의 적위는 −23.5°이므로, $h = 90° - 37.5° - 23.5° = 29°$

04 오른쪽 그림은 북위 37.5°에서 촬영한 북극성 근처 별들의 자취이다. 어떤 별의 자취인 원호 A가 그 원호의 중심으로부터 20° 떨어져 있다면 이 별의 적위는?



① 20° ② 37.5°
③ 57.5° ④ 70°
⑤ 90°

정답 ④ 해설 천구의 북극의 적위는 +90°이므로, A별의 적위는 천구의 북극보다 20° 작다.

05 추분날 보름달이 남중했다면, 이 보름달의 적경은?

① 0h ② 6h ③ 12h
④ 18h ⑤ 20h

정답 ① 해설 추분날 태양의 적경은 12h이고, 보름달은 태양과 반대편 하늘에 놓이므로 태양의 적경과 12시간 차이가 난다.

06 내행성의 시운동을 옳게 설명한 것은?

① 한밤중에도 관측할 수 있다.
② 태양과 반대편에 오기도 한다.
③ 초저녁에는 동쪽 하늘에서 관측된다.
④ 적경이 항상 증가하는 시운동을 한다.
⑤ 보름달 모양에 가까울수록 크기가 작다.

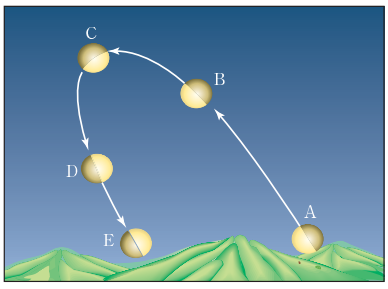
정답 ⑤ 해설 보름달 모양에 가까우면 지구로부터 멀기 때문에 작게 보이고, 초승달이나 그믐달 모양에 가까울수록 지구에서 가깝기 때문에 크게 보인다.

07 행성을 관측하려면 어느 곳을 관측해야 하는가?

① 황도 근처 ② 천구의 적도 근처
③ 지평선 근처 ④ 천정 근처
⑤ 자오선 근처

정답 ① 해설 행성들의 공전 궤도면은 지구의 공전 궤도면(황도면)과 거의 일치하므로 행성들은 황도 근처에서 나타난다.

08 그림은 해가 진 후 같은 시각에 금성의 위치 변화를 관측하여 나타낸 것이다. 이 자료에 대한 설명 중 옳은 것은?



① A → C는 역행이다.
② C → E는 순행이다.
③ E의 위치에 있을 때, 지구에서 가장 멀다.
④ C의 위치일 때, 가장 어둡게 관측된다.
⑤ 천구 상에서 금성이 가장 오래 머물러 있는 것처럼 보이는 위치는 C이다.

정답 ⑤ 해설 최대 이각의 위치일 때는 한 곳에 오래 머무는 것으로 보이는데, 이 때를 유라고 한다.

09 천왕성과 해왕성이 푸르게 보이는 까닭은 어떤 물질 때문인가?

① 수소 ② 헬륨 질소
④ 산소 ⑤ 메테인

정답 ⑤ 해설 천왕성과 해왕성은 주로 수소로 이루어져 있으나 ,소량의 메테인을 포함하고 있어 푸르게 보인다.

10 태양의 광구면에서 일어나는 현상과 가장 관계가 깊은 것은?

① 쌀알무늬 ② 채층 ③ 코로나
④ 홍염 ⑤ 태양풍

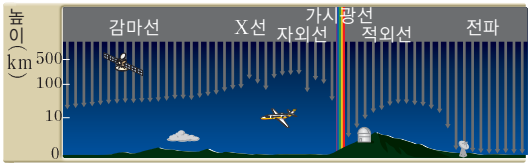
정답 ① 해설 쌀알무늬는 대류층의 대류에 의해 나타나는 현상으로 광구에서 일어난다.

11 태양의 구조 중 온도가 가장 높은 곳은?

① 쌀알무늬 ② 코로나 ③ 흑점
④ 채층 ⑤ 홍염

정답 ② 해설 코로나의 온도는 수백만 K로 태양의 대기 중에서 가장 온도가 높다.

12 그림은 지구에 도달하는 전자기파의 높이를 파장별로 나타낸 것이다.



우주에 망원경을 설치하지 않아도 지상에서 관측할 수 있는 파장 영역 두 가지를 고른 것은?

① 감마선, 자외선 ② X 선, 전파
③ 자외선, 적외선 ④ 가시광선, 적외선
⑤ 가시광선, 전파

정답 ⑤ 해설 가시광선과 전파는 대기권을 통과해서 지표면까지 잘 도달한다.

주관식 · 서술형 문제

13 목성의 공전 주기가 12년이라고 할 때, 지구와의 회합 주기는 몇 년인지 식과 함께 쓰시오.

정답 $\frac{1}{S}=\frac{1}{P_E}-\frac{1}{P_J}=\frac{1}{1}-\frac{1}{12}=\frac{11}{12}$, 따라서 회합 주기는 $\frac{12}{11}$년이다.

14 지구에서 혜성의 꼬리를 관측할 수 있는 기간은 혜성의 공전 주기에 비해 극히 짧다. 그 까닭은 무엇인지 쓰시오.

정답 혜성은 긴 타원 궤도로 돌기 때문에 태양 가까이 지나갈 때는 케플러 제 2 법칙에 의해 빨리 지나간다. 그런데 혜성의 꼬리는 태양 근처에서만 나타나므로 꼬리를 관측할 수 있는 기간이 짧다.

15 원일점과 근일점일 때 태양으로부터 거리가 각각 0.5 AU, 17.5 AU인 혜성이 있다. 이 혜성의 공전 주기는 몇 년인지 식과 함께 쓰시오.

정답 타원 궤도 긴반지름 = $\frac{0.5\ \mathrm{AU}+17.5\ \mathrm{AU}}{2}$ =9 AU이고 $P^2=a^3$이므로 $P^2=9^3$, 따라서 공전 주기 $P=27$년이다.

16 태양의 표면이 고체가 아니라는 사실은 어떻게 알 수 있는지 쓰시오.

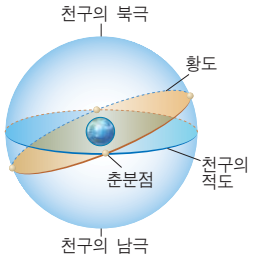
정답 태양 흑점의 이동으로부터 알 수 있는 태양의 자전 주기가 고위도 갈수록 느려진다.

17 구경이 7 cm인 망원경의 집광력은 눈의 몇 배인지 쓰시오. (단, 동공의 지름은 7 mm로 가정한다.)

정답 집광력은 구경의 제곱에 비례하는데, 망원경의 구경(7 cm)이 눈(7 mm)에 비해 10배 크므로 집광력은 100배이다.

| 천체의 좌표 |

1 오른쪽 그림은 천구의 적도와 황도를 나타낸 것이다. 북위 37° 지방에서 춘분날 태양이 질 때, 정남쪽에 위치하고 있는 고도 60°인 별의 적경과 적위를 바르게 짝지은 것은?

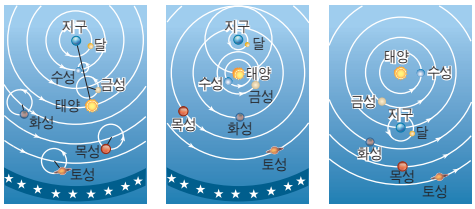


	적경	적위		적경	적위
①	6h	7°	②	6h	37°
③	12h	23°	④	12h	37°
⑤	18h	23°			

정답 ① 해설 남중한 천체의 시간권은 춘분점으로부터 6h 떨어져 있으므로 적경은 6h이고, 남중 고도(h) 식이 다음과 같으므로 적위는 7°이다. $h = 90° - \phi + \delta$, 따라서 $\delta = 60° - 90° + 37° = 7°$

| 태양계 모형 |

2 그림 (가), (나), (다)는 천체의 운동을 설명하는 여러 가지 우주관을 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

이 우주관에 대한 설명으로 옳은 것은?

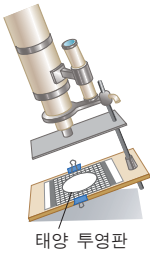
① 지구가 우주의 중심인 주주관은 (나)와 (다)이다.
② 금성의 최대 이각은 (다)로만 설명할 수 있다.
③ 외행성의 역행 현상은 (가)로 설명할 수 없다.
④ 금성이 보름달 모양으로 보이는 것은 (가)로만 설명할 수 있다.
⑤ 별의 연주 시차는 (다)에서만 설명할 수 있다.

정답 ⑤ 해설 별의 연주 시차는 지구가 움직여야 설명이 가능하므로 태양 중심 태양계 모형인 (다)로만 설명할 수 있다.

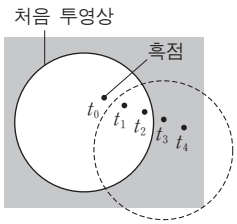
| 태양 관측 |

3 다음은 태양 투영판을 이용하여 흑점을 관측하는 실험이다.

[관측 과정]
(가) 망원경의 추적 장치를 켜고 태양을 투영판에 투영시킨다.
(나) 관측 용지를 투영판에 고정한 후 태양의 투영상을 스케치한다.
(다) 한 개의 흑점을 선택하여 추적 장치를 끄고, 일정한 시간 간격으로 흑점의 위치를 관측 용지에 표시한다.



[관측 결과]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 태양의 시직경은 0.5°이다.)

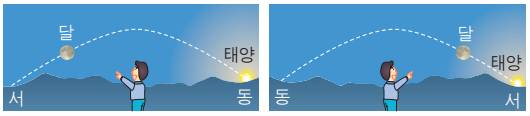
보기
ㄱ. t_0에서 t_4까지 걸린 시간은 2분 이하이다.
ㄴ. 관측 용지에 표시한 흑점을 이은 방향은 태양의 일주 운동 방향과 나란하다.
ㄷ. 3일 후 같은 시각에 관측하면 투영상에서 이 흑점의 위치는 변해 있다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ⑤ 해설 ㄱ. 태양은 지구의 자전에 의해 0.25°/분의 속도로 움직인다. 에서 까지 태양은 0.5°이하로 움직였으므로 소요 시간은 2분 이하이다.
ㄴ. 추적 장치를 끄면 태양의 일주 운동에 의해 투영판의 흑점이 움직인다.
ㄷ. 태양의 자전에 의해 흑점의 위치는 변한다.

| 달의 위상 |

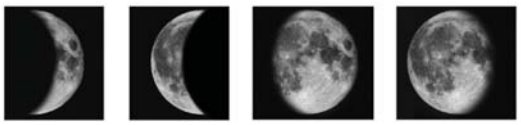
4 그림 (가)는 현민이가 어느 날 해뜰 때 서울에서 관측한 달의 위치를 나타낸 것이고, 그림 (나)는 해질 때 같은 장소에서 관측한 달의 위치를 나타낸 것이다.



(가) 어느 날 해뜰 때 (나) 2주 후 해질 때

(가)와 (나)에서 현민이가 관측한 달의 모양으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

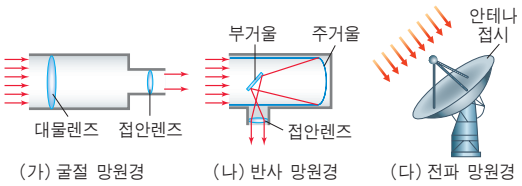

A B C D

(가)	(나)
① A,	B
② B,	A
③ C,	B
④ C,	D
⑤ D,	A

정답 ② 해설 (가)는 달이 태양의 오른쪽에 있으므로 그믐달 모양으로 보이고, (나)는 달이 태양의 왼쪽에 있으므로 초승달 모양으로 보인다.

| 망원경 |

5 그림은 천체 망원경들의 모식도이다.



(가) 굴절 망원경 (나) 반사 망원경 (다) 전파 망원경

망원경의 주요 기능에 대한 다음 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 배율은 대물렌즈와 접안렌즈의 초점비로 결정된다.
ㄴ. (나)의 분해능은 주거울의 지름으로 결정된다.
ㄷ. (다)의 집광력은 안테나 접시의 면적으로 결정된다.

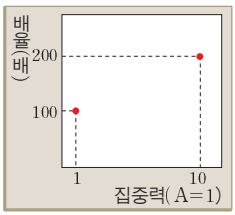
① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ⑤ 해설 ㄷ. 전파 망원경의 안테나는 광학 망원경의 렌즈나 거울과 같은 역할을 한다.

| 망원경 |

6 표는 광학 망원경 A와 B의 규격 일부를 나타낸 것이고, 오른쪽 그림은 이들 망원경의 배율과 집광력을 나타낸 것이다.

망원경		A	B
초점 거리 (mm)	대물렌즈	2,000	( )
	접안렌즈	20	10



A와 비교한 B에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 대물렌즈의 구경이 작다.
ㄴ. 대물렌즈의 초점 거리가 짧다.
ㄷ. 분해능이 좋다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 ③ 해설 ㄷ. B 대물렌즈의 지름이 더 크므로 분해능이 A보다 더 좋다.
〈오답 해설〉 ㄱ. B의 집광력이 A의 10배이므로 대물렌즈의 지름이 더 크고, 따라서 분해능도 좋다.
ㄴ. B의 배율이 200배인 것으로 보아 B 대물렌즈의 초점 거리는 2,000 mm이다.

| 행성의 특징 |

7 그림 (가), (나), (다)는 태양계에 속하는 세 행성의 사진이다.


(가) (나) (다)

(가), (나), (다)를 비교한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 표면이 고체가 아닌 행성은 (가)이다.
ㄴ. 크기가 지구와 가장 비슷한 행성은 (나)이다.
ㄷ. 자전 속도가 가장 빠른 행성은 (다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 ③ 해설 (다)는 목성이며 자전 주기가 약 9시간 50분으로 자전 속도가 빠르다.
〈오답 해설〉 ㄱ. (가)는 금성으로 이산화탄소의 두꺼운 대기를 가지며, 표면은 고체이다.
ㄴ. 지구와 가장 크기가 비슷한 행성은 (가) 금성이다.



편 집

편 집 김영철, 이지희

디자인 국성근, (주)박스앤닷

삽 화 김성찬, 유광자, 이서영, 김석재

사 진 김병주, 배소영

조 판 대진문화

본 도서는 교육부가 인정도서 감수기관으로 지정한 한국과학창의재단에 서울특별시교육청이 의뢰하여 감수를 받았음.

고등학교 **지구 과학 I** 교사용 지도서

2011. 8. 24. 초판 발행 / 2015. 3. 1. 5판 발행 정가 45,000 원

지 은 이 : 이태욱 외 8인

발 행 인 : ㈜교학사 서울특별시 금천구 가산디지털1로 42 (가산동)
서울사무소: 서울특별시 마포구 마포대로14길 4 (공덕동)

인 쇄 인 : ㈜교학사 서울특별시 금천구 가산디지털1로 42 (가산동)

이 교사용 지도서의 본문 용지는 우수 재활용 제품 인증을 받은 재활용 종이를 사용했습니다.

교과서에 대한 문의 사항이나 의견이 있는 분은 교육부와 한국교과서연구재단이 운영하는 '교과서민원바로처리센터'(전화: 1566-8572, 웹사이트: http://www.textbook114.com 또는 http://www.교과서114.com)에 문의하여 주시기 바랍니다.

이 도서에 게재된 저작물에 대한 보상금은 문화체육관광부장관이 정하는 기준에 따라 **사단법인 한국복제전송저작권협회(전화 02-2608-2800, www.korra.kr)**에서 저작재산권자에게 지급합니다.

내용관련문의 : ㈜교학사 편집1부 과학과 **전화 :** (02)362-3607 **전송 :** (02)362-3602

공급업무대행 : (사)한 국 검 인 정 교 과 서
경기도 파주시 조리읍 당재봉로 29-28

개별구입안내 : 홈페이지 주소 www.ktbook.com (02) 3663-5409~12 (사)한국검인정교과서
www.kyohak.co.kr (02) 707-5155 (주)교학사

ISBN 978-89-09-18471-7

독도

형성

신생대인 약 5,000만 년 전 화산 분출로 생성, 처음에는 하나의 섬이었으나 오랜 세월 동안 바람과 파도에 풍화되어 현재의 모습이 되었다.

명칭

우산도(于山島) → 삼봉도(三峰島) → 가지도(可支島) → 독도(獨島)

512년 1471년 1794년 1881년

위치

동경 : 131° 52′ 북위 : 37° 14′

면적

0.18 km2 (동도 : 0.07 km2 서도 : 0.11 km2)

행정 구역

울릉군 울릉읍 독도리 1-96번지

거리

울릉도에서 87.4 km 포항에서 262 km

독도 천연 보호 구역

천연기념물 제 336 호







고등학교

지구 과학 Ⅰ

교사용 지도서

53400
9 788909 184717
ISBN 978-89-09-18471-7