석사학위논문

야외 학습 모듈을 이용한
제주도 송악산 일대 야외 학습장 개발

한국교원대학교 교육대학원

지 구 과 학 교 육 전 공

강 지 현

2002년 2월

야외 학습 모듈을 이용한
제주도 송악산 일대 야외 학습장 개발

지도교수 김 정 률

이 논문을 교육학석사(지구과학교육)학위 논문으로 제출함

한국교원대학교 교육대학원

지 구 과 학 교 육 전 공

강 지 현

2002년 2월

강지현의

교육학석사(지구과학교육)학위 논문을 인준함

심사위원장 _____ 인

심 사 위 원 _____ 인

심 사 위 원 _____ 인

한국교원대학교 교육대학원

2002년 2월

목 차

논 문 요 약 ····· v

I. 서론 ····· 1
1. 연구의 목적과 필요성 ····· 1
2. 연구의 내용 ····· 4
3. 용어의 정의 ····· 4
4. 연구의 제한점 ····· 5

II. 이론적 배경 ····· 6
1. 야외 학습의 중요성 ····· 6
2. 야외 학습 개발에 대한 이론 ····· 9
가. 모델에 대한 기술 ····· 11
나. 복합 단계 모델 ····· 12
다. 교육 과정 단계에 야외 학습의 통합 ····· 16
3. 선행 연구의 고찰 ····· 18

III. 연구 방법 및 절차 ····· 22
1. 연구 방법 ····· 22
2. 연구 절차 ····· 22

IV. 연구 결과 ····· 23
1. 교육과정의 분석 ····· 23
가. 제 7차 교육과정의 특징 ····· 23
나. 고등학교 지구과학 II ····· 25
2. 교육과정 상에서 야외 학습을 실시할 개념 및 자세한 학습 내용 파악 ····· 29
3. 교육과정상 학습할 개념의 위계도 작성, 사용 교수 환경 할당 및 수업시수

결정 ····· 30
4. 야외 학습 장소의 선정 ····· 31
가. 학습 지역을 포함하는 지역의 전체 지질 개요 ····· 32
나. 학습 지역의 지질개요 ····· 34
5. 야외 학습 지역의 교육적 지도 제작 ····· 38
6. 야외 학습 경로 지정 ····· 39
가. 경로지정 ····· 39
나. 각 관찰 지점의 학습시간 및 준비물 ····· 39
7. 교수-학습 보조물 개발 ····· 40
가. 준비단계의 실험실습지 ····· 41
나. 야외학습단계의 탐구학습지 ····· 61
다. 요약단계의 토론지 ····· 78
8. 개발된 야외학습장에 대한 타당도 검증 ····· 88

IV. 결론 및 제언 ····· 92
1. 결론 ····· 92
2. 제언 ····· 93

참고문헌 ····· 95
도판 설명 ····· 100
ABSTRACT ····· 108

부록 1. 교육과정 상의 학습개념 위계도 ····· 110
부록 2. 야외 지질 학습 코스 및 자료의 타당도 조사 의뢰서 ····· 112
부록 3. 교수 보조물 ····· 115

표 목 차

표 1. 제 7차 교육과정의 과학과 교과목(교육부) ····· 23
표 2. 제 6차 교육과정과 제 7차 교육과정의 내용 비교 ····· 24
표 3. 지구과학 II의 내용체계 ····· 28
표 4. 지구과학 II의 내용체계에 따른 학습 내용 선정 ····· 29
표 5. 교육과정 상의 학습개념 위계도- 부록 1 ····· 30
표 6. 학습개념 교수환경 할당 및 수업시수 결정 ····· 30
표 7. 각 관찰지점에서 학습할 개념 ····· 38
표 8. 각 관찰 지점의 학습시간 및 준비물 ····· 39
표 9. 타당도 설문 결과 ····· 88

그 림 목 차

그림 1. 야외학습의 환경에 대한 새로운 경험의 장을 정의하는 세 가지 요소 ····· 10
그림 2. 교육과정에서 필수적인 부분인 야외 학습 개발에 있어서의 단계 ····· 13
그림 3. 통합을 위한 세 단계 모델 ····· 31
그림 4. 연구 절차 ····· 31
그림 5. 제주도 지역내 학습 지역의 위치 ····· 31
그림 6. 송악산 일대의 지질도(박기화 외, 2000) ····· 32
그림 7. 송악산 화산체의 화산 분출 과정(황상구 외, 1992) ····· 36
그림 8. 야외 학습 지역의 교육적 지도 ····· 38
그림 9. 타당도 설문 결과 ····· 89

논 문 요 약

야외 학습 모듈을 이용한 제주도 송악산 일대 야외 학습장 개발

강 지 현

한국교원대학교 교육대학원 지구과학교육전공

(지도교수 김 정 률)

본 연구는 야외 학습을 개발하는 모듈을 이용하여 제주도 송악산 일대의 야외 학습장을 개발하고 고등학교 지구과학 교과서의 지질 분야에 대한 활용 방안을 강구하려는 목적으로 수행되었다. 야외학습장은 제주도 남서부의 송악산과 산이수동 해안도로 일대로 선정하였다. 이 지역은 양호한 노두의 산출과 접근의 용이성 및 학습에 필요한 충분한 공간을 확보하고 있어 학생들은 고등학교 지구과학 교과서 지질 단원에 포함되어 있는 여러 종류의 암석과 다양한 지질 구조를 쉽게 관찰할 수 있다. 야외학습장은 8개의 관찰지점으로 구성하였으며, 도보나 차량으로 10~15분 이내의 거리로 이동할 수 있는 곳으로 선정하였다. 야외학습장은 교사가 야외 학습과 관련된 활동을 개발하는데 마주칠 수 있는 장애물들을 극복할 수 있도록 돕기 위해 설계된 야외 학습 모듈을 이용하여 개발되었다. 준비단계에서 야외학습 전에 새로운 경험의 장을 최소화할 수 있는 활동으로 실험실에서의 실시할 구체적 실험을 제시하였고, 야외학습 단계에서 관찰할 지질현상에 대한 관찰문제를 제시하였고, 요약단계에서는 학학생들에게 보다 높은 추상적 능력과 집중력이 필요한 수준을 요구하는 복합적인 개념을 포함하였다. 이 세 단계의 학습 순환은 교육과정에 야외 학습을 통합시킨다. 각각의 단계에서는 교수학습 보조물을 개발하였다.

※ 본 논문은 2002년 2월 한국교원대학교 대학원위원회에 제출된 교육학석사(지구과학교육)학위 논문임.

I. 서론

1. 연구의 목적과 필요성

교육현장에서 이루어지는 교수-학습의 과정에는 실로 다양한 교수-학습 모형이 사용되어지고 있다. 문제 해결 학습, 프로그램학습, 개별 학습, 유의미 학습, 완전 학습, 창의성을 개발할 수 있는 주제탐구 학습, 경험활동 학습, 협력 학습, 현장 학습, 야외 학습, 프로젝트 학습, 첨단매체활용 학습, 의사결정 학습 등 교과의 성격과 교과내의 학습 내용과 상황에 따라 교사들은 다양한 교수 방법을 사용한다. 특별한 교수방법이 학습에 있어 반드시 효과적일 수 없고, 또한 학습에의 일괄적인 적용도 불가능하다. 지식을 학습해야 할 경우에는 교실 수업이 효과적일 것이며, 직접 경험이 불가능한 경우는 실험실에서 행하는 모의 실험으로 대신할 수 도 있다. 또한 교과 내용이 우리 주변에서 쉽게 관찰할 수 있는 것이라면 교실에서 교과서나 그림을 통해서 배우기보다는 직접 자연으로 나가 스스로 관찰하고 느껴보는 것이 보다 효과적이다.

특히 과학 교육은 단편적 지식의 습득보다 과학적 개념을 올바르게 정립하고 이를 구조화·내면화함으로써 내용을 이해하고 탐구해 나가는 과정이 이루어지는 방향으로 나아가야 한다. 과학 교육은 학습의 결과보다 학습의 과정을 중시하는 탐구적 방법을 강조하는데, 이는 과학이 자연계를 이해하고 설명하기 위한 그 자체와 이러한 과정으로부터 얻어지는 산물이기 때문이다(정진우 외, 1999). 일반적으로 야외 학습은 교실 수업의 질을 향상시키는데 사용된다. 야외 학습에 대한 교육학적 선호도는 교실에서 할 수 없는 물질과 현상을 직접 관찰하고 경험할 수 있는 기회를 제공하기 때문이다. 기본적인 개념들은 직접적인 관찰과 경험을 통해 구체화되고 명확하게 학생들이 인지하게 된다. 야외 학습은 지식을 구체화하는 훌륭한 기회를 제공하기 때문이다(Orion, 1989). 따라서 과학 교육은 특수한 지역성이 고려된 상태에서 계획되고 이루어져야 하며, 직접적인 관찰을 통해 얻을 수 있는 개념이라면 야외 학습을 통해 직관적으로

이해하는 것이 보다 더 효과적이다. 여러 과학 분야 중 지구과학 지질학 분야는 특히 실생활 주변에서 경험하거나 관찰할 수 있고, 다양한 소재와 연구 방법을 발전시킨 학문으로 주요 탐구 대상이 우리가 살고 있는 지구이다. 따라서 탐구적이고 경험 중심적인 폭넓은 학습을 하기에 매우 적합한 분야로, 야외 학습을 통해 학생 스스로 탐구하고 문제를 발견함으로써 자연에 대한 흥미와 관심을 갖게 되어 지질학적 현상을 쉽게 이해할 수 있도록 할 수 있다. 야외 학습을 통해 얻은 경험과 지식은 교실에서 학습하는 내용을 통합하게 되는 면에서 중요한 학습 활동의 하나가 된다(정남식, 1994). 따라서 지구과학 지질학 분야는 그 어떤 과학 분야보다 야외에서 학습이 이루어져야 하는 특징을 내포하고 있는 학문이라 하겠다.

그러나 현재 우리 나라의 지구과학 교육은 합리적인 사고와 과학적인 사고 방식의 함양을 추구하는 대신 입시제도와 맞물려 무조건적인 암기만을 강요하고 있다. 실제로 고등학교의 78%가 1년에 한번도 야외 학습을 실시하지 않고 있으며, 대부분의 학교에서 야외 학습은 방학 중에 실시되고 있다. 야외 활동도 과학관이나 기상청 견학 등이며, 자연 환경을 직접 만나볼 수 있는 야외 학습은 거의 없는 실정이다(홍정수와 장남기, 1997). 우리 나라 중등학생 1745명(70개교)을 대상으로 실시한 과학 실험·실습 교육에 대한 학생들의 인식 조사(이윤종 외, 1997)를 살펴보면, 현재의 과학 수업 진행 방법에 만족하지 못한다는 학생이 53.1%이었고, 과학 수업 방법에 대하여 야외 수업을 자주하면 좋겠다(34.7%)가 첫번째 순위로 과학 수업을 교실에서 하는 것보다 야외에서 할 수 있기를 원한다는 것을 알 수 있다.

이러한 학생들과 학문적인 요구뿐 아니라 야외 학습이 지질학의 교수 도구로서 오랫동안 인정받아 오고 있음에도 불구하고 우리 나라 교육에서 거의 야외 학습이 이루어지지 못하고 있다. 이는 우리 나라 교육이 상급 학교 진학을 위한 입시 위주의 수업이 이루어지고 있기 때문이다. 우리 나라뿐만 아니라 야외 학습은 그 교육적 가치에 대한 일반적인 인정이 야외 학습을 사용해야 하

는 학교에 반영되지 못하고 있다. 야외 학습의 교육적 잠재력과 현실 사이에 존재하는 틈에 대한 일반적인 설명은 다음 세 가지 원인에 기인한다. 첫째, 학교 시스템에는 업무 제한이 존재한다. 조직상에서의 어려움, 비용문제, 안전/보안 업무, 그리고 시간 부족 등이 야외 학습을 행하는데 있어서의 일반적 장애물이다. 둘째, 적절한 교수/학습 자료의 부재에 있다. 야외 학습 활동은 교사와 교육과정 개발자에 의한 교수 요목을 포함하고 있지 않다. 왜냐하면 야외 활동은 교육과정의 변두리로 보고 있기 때문이다. 셋째, 교사가 야외 환경을 학습하는 데 익숙하지 않다. 교사들은 종종 야외 환경을 사용하는 것을 피한다. 왜냐하면, 그들은 야외 학습에 대한 철학, 구성 그리고 교수법에 익숙하지 않기 때문이다(Mirka, 1970; Fido and Gayford, 1982; Mckenzie et al., 1986).

본 연구의 목적은 7차 교육과정이 요구하는 지역, 학교, 개인 수준의 다양성을 동시에 추구하고, 학습자의 자율성과 창의성을 신장하기 위한 학생 중심의 교육과 시대가 요구하는 탐구학습이 효과적으로 이루어질 수 있도록 야외 학습을 개발하는 모듈을 이용하여 지구과학 지질 분야의 야외 학습을 위한 코스 및 학습 자료를 개발하고, 여러 여건에 의해 활발하게 시행되지 못하고 있는 야외 학습을 준비하는 교사들에게 주변 환경을 적절히 활용하여 교수-학습이 이루어지도록 하는 하나의 교수-학습 방법을 제시하고자 하는 것이다. 또한 Falk and Balling(1982)에 의해 제시되고 있는 야외 학습의 효과적 측면을 살펴보면, 학생들이 야외 조사 중 인지적인 과제를 수행할 수 있는 능력은 야외 조사 환경에서의 새로운 경험 여부에 의존하며, 야외 조사 지역에 익숙한 학생들의 학습 활동은 그렇지 못한 학생들에 비해 훨씬 효과적으로 나타난다고 밝히고 있다. 즉, 야외 조사 지역에 익숙한 집단의 학생들은 학습 과제에 집중하는 반면, 그렇지 못한 집단의 학생들은 주변의 물리적 내용을 조사한다는 것이다. 이 연구에 의하면 제주도에서 학습하는 학생들은 제주도의 지역적 특성상 야외 학습을 실시하는 공간이 생활에 너무나 친숙한 관광지이면서 생활 근거지

이기 때문에 이런 공간을 활용한 야외 학습은 타 지역의 학생들보다 학습 성취도가 높게 나타날 수 있기 때문에 제주도에서 야외 학습 코스를 개발하는 것은 매우 의미 있는 활동이다.

또한 제주도의 지역적 특성을 살려, 관광지를 그대로 학습의 장으로 연결시킴으로써 단순한 관광 목적으로 이루어지고 있는 내륙 학생들의 수학여행이 실제적인 수학여행으로써의 목적을 달성할 수 있는 안내서를 마련함으로써 제주도에 대한 다른 시각을 심어주는 계기를 마련하고자 하는 데 있다.

2. 연구의 내용

본 연구를 통하여 제시하고자 하는 내용은 다음과 같다.

가. 구성주의 교수-학습 원리에 의해 학습자가 주체가 되어 학습할 수 있는 교수-학습 활동을 설정한다.

나. 야외 학습 모듈을 활용한 야외학습 코스를 개발한다.

다. 모듈에 따라 교육과정에 제시된 학습 개념과 일치하는 개념을 관찰할 수 있는 학습 지점을 선정한다.

라. 선정된 지점에서 관찰할 고등학교 지구과학 지질 분야의 지질 현상 및 탐구 내용을 선정한다.

마. 각 관찰 지점에서 사용할 교수-학습 보조물인 학습지를 개발한다.

3. 용어의 정의

가. 야외 학습 모듈 : 야외 학습을 교육과정 상에 통합시켜 개발하고, 야외와 관련된 활동을 개발하는데 있어서 부딪힐 수 있는 장애 요소들을 해결할 수 있도록 설계된 야외 학습 개발의 복합 단계 모델.

나. 야외 학습 : 일반적으로 야외 학습(fieldwork)은 교육 목적 달성을 위해 교실 밖에서 이루어지는 학습을 총칭한다(Sorentino and Bell, 1970). 본 연구

에서는 소풍, 여행, 기관 견학 등이 제외된 자연 환경에서 학생들의 직접적 관찰과 능동적 활동 및 참여로 이루어지는 학습 형태로 제한한다.

다. 야외 지질 답사 : 개발된 야외 지질 답사(geological field trips) 코스에서 지질학적 현상을 관찰하고 탐구하는 활동을 말한다.

라. 암석의 분류 : 암석은 육안 관찰, 현미경 관찰, 화학 조성을 통한 분류 등 다양하나, 본 연구에서는 육안 관찰로 한정하며, 암석의 분류 범위와 사용 명칭도 교과서에 명시된 것으로 한정한다.

마. 탐구학습지 : 개발된 지질 답사 코스에서 관찰한 내용을 바탕으로 해결해야 할 학습 과제가 제시된 학습지.

4. 연구의 제한점

본 연구를 수행함에 있어 몇 가지 제한점이 따른다.

가. Orion(1989)에 의해 제시된 좋은 야외학습 장소를 위한 구성 요소에 적합한 장소로 선정한 관찰 지점은 제주도에 거주하는 학습자들에게 국한된 내용이며, 따라서 다른 지역 학습자들에게 확대 적용하기에는 지역적인 제한점이 있다.

나. 탐구학습지 문항은 고등학교 지구과학II 교육과정에 제시된 학습 개념 및 수준으로 작성되었으며, 수준 이상의 전문적인 내용은 배제하였다.

다. 야외 지질 답사 코스만을 개발하였고, 학습자들에게 직접 적용치 않아 탐구학습지에 대한 학습 성취도를 평가하는데 제한점이 따른다.

라. 구성주의 교수-학습 원리에 의해 학습자가 주체가 되어 학습할 수 있는 교수-학습 활동으로 제시한 야외학습은 구성주의 학습의 한 방법으로 제시된 것이며, 전체를 대표하지 않는다.

II. 이론적 배경

1. 야외 학습의 중요성

학습자의 학습 의욕이나 학습 동기를 제공하지 못하는 교육방법은 학습자의 자발적 학습을 유도하지 못한다. 현행 지식 전달 위주의 교육은 객관주의, 경험주의, 행동주의 심리학과 같은 학습이론을 근거로 하고 있다. 또한 주체와 객체가 완전히 분리된 지식의 객관적 실체를 상정하고 있으며, 학습자가 외부 세계에 관한 객관적 지식을 얻게되는 데는 다음과 같은 세가지 원리를 내세우고 있다. 첫째, 학습자가 일련의 지각적 기록(Perceptive recording)의 과정을 통해 외부 세계에 관한 지식을 획득하게 된다. 즉 학습자는 여러 가지 현상을 오감(시각, 청각, 미각, 후각, 촉각)을 통해 지각적으로 반응함으로써 그것에 관한 지식을 형성하게 되는 것이다. 둘째, 언어적 기술(Verbal description)을 통해 지식을 형성하게 된다. 다른 사람들이 기술한 여러 가지 현상에 대해 읽음으로써 현상에 대한 지식을 얻게된다. 셋째, 위의 모든 과정에 관여하는 기능적 복사(Functional copy)를 통해 단순히 지식을 정리하거나 보관(기억)하거나 혹은 잘못 입력된 내용을 수정하는 것뿐이다. 즉 지각적 기록, 운동 기능의 협응, 언어적 기술 등은 모두 기능적 복사로 학습자가 지식을 획득하는데 관여한다. 따라서 학습자의 지적 능력이 할 수 있는 일은 외부 세계에 관하여 정신 내부에 입력된 정보들을 정리하거나 보관(기억)하거나 혹은 잘못 입력된 내용을 수정하는 것뿐이라는 것이다.

그러나 이러한 객관주의 관점의 교육은 학습자가 지식을 획득하기 위하여 자신의 지적 능력을 최대한 발휘하지 못하고 제 3자로부터의 언어적 기술을 수동적으로 받아들이거나 이를 소실하지 않기 위해 암기하도록 노력할 뿐이다. 그러므로 지식은 객관적 지식으로 남아있을 뿐 자기 자신의 관점에서 의미를 부여하거나 자신의 지식으로 내면화하지 못한다. 따라서 시간이 흐르면 마치 컴퓨터에 내장된 단편적 정보처럼 어느 구석에 남아있던가 소멸해간다(허형,

2000).

이런 행동주의와 인지주의를 비롯한 기존의 객관주의적 패러다임에 근거한 이론들이 지닌 한계와 문제점에 대한 비판과 더불어 정보화 사회, 무한 경쟁사회로 특징지어지는 현대 사회에 능동적으로 대처할 수 있는 인간상에 필요한 창의적, 비판적 사고, 유연성 있는 문제해결 능력, 정보를 효율적으로 분석, 종합할 수 있는 능력을 기를 수 있는 새로운 교육이론으로 구성주의에 대한 관심이 1980년대 후반부터 증폭되고 있다. 구성주의는 주관적 인식론에 근거하여 학습자들이 자신이 위치한 맥락에서의 능동적인 경험을 통하여 자신에게 적합한 지식을 구성한다는 점을 강조한다. 교육은 학습자들로 하여금 맥락에 적합한 의미를 구성하고 실재를 구성하는 방법을 학습하도록 도와, 자신이 살고 있는 세상에 보다 잘 적응하고, 필요에 따라 세상을 의도한 대로 변화시킬 수 있도록 해 주어야 한다는 것이다(Bruner, 1996). 즉 구성주의가 말하는 중요한 학습원리 중 하나가 바로 “학습은 구성적, 능동적 과정이다”라는 것이다. 이는 지식이 경험으로부터 구성되며 학습자가 지식을 내적으로 표상하는 구성적 과정이자 경험에 기초하여 의미를 개발하는 능동적인 과정이라는 것이다.

이처럼 학습자가 직접 경험할 수 있는 기회를 제공하는 것은 매우 중요하다. 따라서 학습자가 직접 자연을 접하고, 자연 현상을 해석해 볼 수 있는 기회를 제공하는 야외 학습은 구성주의적 관점에서 추구하는 훌륭한 교수-학습 방법 중 하나인 것이다.

Orion(1989)은 야외 학습의 중요성이 교실에서 경험할 수 없는 물질과 현상을 관찰하고 직접 경험할 수 있는 기회를 제공하기 때문이라 했다. 야외 학습이 유익하다는 설득력 있는 증거를 제시하고 있는 것을 살펴보면, Novak(1976)은 생물교육에서 오수벨의 학습 이론의 성취를 설명하는 것에서(Ausubel, 1968) 첫번째 개념에서부터 두번째 개념으로 전이되는 학습 단계에서 구체적 경험의 필요성에 대한 주안점을 이끌어내었다. 이 생각은 Piaget(1970)가 인식의 구체적 단계에서 보다 추상적 단계로 전이되는데 유용한 보조 방법으로 정

의한 “hand-on experiences(개인이 적극적으로 참여하는 경험)”과 유사하다. 그는 야외 학습을 가르칠 수 있는 두 그룹의 개념을 제시하고 있다. (a) 첫 번째 개념은 감각 경험을 통하여 얻는다. (b) 현상과 관련된 개념은 교실 학습에서 한층 더 나아간 구체적 “포섭자(Subsumers)”로 활동할 것이다.

이것은 “*구체적인 현상과 물질에 대한 직접적인 경험*”인 학습과정에서 야외 학습의 주된 역할을 제안한 것이다. 야외 학습의 독특함은 그들 스스로의 구체적인 경험 안에 있는 것이 아니다. 구체적인 경험은 교실에서도 주어질 수 있다. 중요한 것은 경험의 형태이다. 학생들은 실험실에서 사구(dune)의 슬라이드를 보고 석영 알갱이를 조사할 수 있다. 그러나 야외 학습을 하는 동안 사구의 뒤에서 올라가 가파른 경사면 앞쪽으로 미끌어 지는 것은 사구와 그의 구조에 대한 학습의 직접적인 감각 경험을 학생들에게 제공할 수 있다. 경험 활동은 추상적 개념 구성을 촉진시킬 수 있고, 의미 있는 학습을 강화시킬 수 있으며, 오래 기억되는 에피소드의 뼈대를 제공한다.

요약해 보면, 구체화의 도구로써 야외 학습의 역할에 관한 두 가지 중요한 결론을 다음과 같이 제시할 수 있다. (a) 야외 학습은 학습 과정의 초기 단계에서 이루어져야 한다. (b) 야외 학습은 구체적인 활동에 초점을 맞추어야 하며, 교실에서 효과적으로 지도될 수 없다(Orion, 1993).

과학 교육에 있어서 학생들의 과학적 사고력 배양이나 흥미 고양의 시발점은 어릴 때의 경험에 의해 좌우되기 때문에 어릴 때부터 과학적 탐구력을 길러줄 수 있다면 매우 바람직한 과학교육이 시작될 수 있다(정진우 외, 1999). 즉 야외에서의 관찰이 직접적인 경험과 자연 현상의 정확하고 다양한 관찰을 유도할 수 있을 뿐 아니라 학습 동기를 유발시킬 수 있으며, 자발적인 관찰 활동을 촉진시킬 수 있기에 탐구력을 기르는데 매우 효과적이다. 따라서 당연히 야외에서 이루어져야 하는 학습 내용은 개발된 야외 학습장에서 학습이 이루어지는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 또한 과학 교육은 먼저 학생들을 흥미롭게하고 그들에게 과학적인 방법을 사용하도록 가르치는 것에 매우 중요점을

두고 있다. 야외학습은 이러한 목표를 성취하는데 좋은 기회를 제공한다(Kent, 1977) . 특히 산업 구조의 변화로 생활 환경이 달라져 학습자들의 대부분이 자연을 직접 대면할 수 있는 기회가 매우 적어졌다. 따라서 야외에서의 과학 활동을 통해서 자연에 접할 수 있는 기회를 제공함으로 자연의 심오한 의미를 터득하고 자연을 사랑하고 아끼는 태도를 기르는 것은 매우 중요한 교육활동이다(박종규, 1987).

Mckenzie et al.(1986)는 야외 조사 경험이 지질학 교육에 있어서 기본으로 요구되는 사항이며, 긍정적인 야외 경험은 지질학을 이해하기 위한 기본적인 기술과 지식을 습득하는데 필수적이라고 하였다. 그리고 야외 조사는 지질학을 학습하는데 있어서의 범위와 지적인 자극을 설명해준다고 말한다.

Kern and Carpenter(1984)는 전통적인 실험실 수업은 학생들의 동기 유발 수준이 매우 낮은 반면, 야외 학습을 통해서 흥미, 태도, 가치 등 정의적인 관점이 함양됨을 알게 되었다고 기술하고 있다.

이문원(1985)은 과학에 관계되는 야외 학습의 교육적 의의를 다음과 같이 제시하였다. 첫째 현장에서 배움으로써 과학에 대한 이해를 깊게 하고, 흥미와 관심을 높이며, 둘째 실제 현장에서 문제를 파악하고 자료를 수집하고 정리하는 능력을 기를 수 있으며, 셋째 과학자와 과학 기술자의 일을 존중하는 태도를 기르는 좋은 기회가 되며, 넷째 집단적으로 협력하여 행동하는 태도를 기를 수 있다.

이처럼 야외 학습이 가능한 학습 내용이라면 교실이나 실험실에서보다 직접 느끼고 관찰하는 야외 학습이 교육적으로 여러 측면에서 효과적이며, 학생들에게 긍정적인 영향을 줄 수 있다.

2. 야외 학습 개발에 대한 이론

Falk et al.(1978)과 Falk and Balling(1982)는 야외 학습을 하는 동안 과제를

수행하는 학생의 능력을 나타내는 것은 야외 학습 환경의 참신함과 관련되어 있고 하였다. 만약에 환경이 참신하다면, 학생들은 환경을 탐구해야 하며, 환경에 친숙해진 이후에만 자신들의 과제를 충실히 해결할 수 있다는 것을 발견했다.

Orion and Hofstein(1991)은 "새로운 경험의 장"을 구성한다고 정의된 세 가지 참신한 요소에 의한 야외 학습 환경의 참신함에 대한 아이디어를 펼쳤다. 이 새로운 경험의 장(novelty space)은 지각적, 심리학적 그리고 지리학적 구성요소를 포함한다(그림 1).

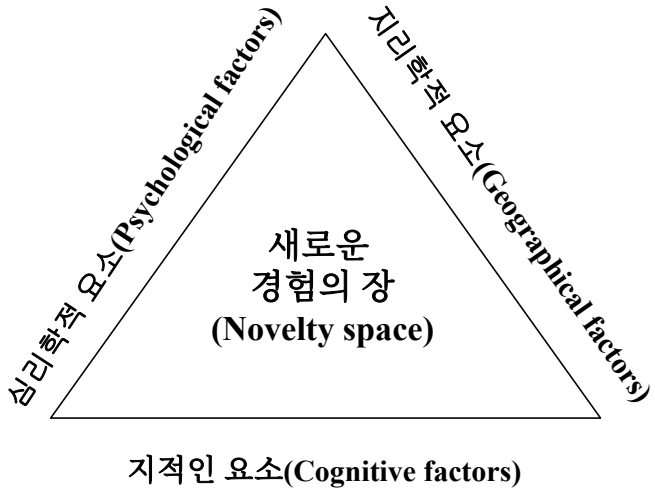


그림 1. 야외학습의 환경에 대한 새로운
경험의 장을 정의하는 세 가지 요소(Orion, 1993)

새로운 경험의 장에 대한 아이디어는 야외 학습에 대한 충분한 준비의 중요성을 강조하며, 그렇게 되면 새로운 경험의 장은 최소로 줄어들 것이며, 야외 학습을 하는 동안 의미 있는 학습을 용이하게 한다.

가. 모델에 대한 기술

야외 학습의 개발과 수행에 대한 모델은 아래에 보여지는 문헌 연구로 도출된 결론의 근거로 개발되어진다.

(1) 야외 학습의 핵심 교육 전략은 개인이 적극적으로 참가하는 경험이어야 하며, 이런 활동은 교실이나 실험실에서 지도될 수 없다.

(2) 과정 중심의 접근은 개인이 적극적으로 참가하는 경험의 목표를 성취하는데 사용되어야 하며, 이러한 접근은 학생들이 다음과 같은 활동을 통해 직접적으로 과제를 해결한다. : 관찰, 접촉, 정의 , 측정, 비교, 해석과 결론을 내리는 활동의 추구는 이와 같은 근본적인 과정에 입각한 것이어야 한다.

(3) 학생들은 야외 학습에 대한 준비를 해야만 한다. 보다 잘 알려진 것은 그들은 그들의 과제(지적 준비), 야외 학습 장소(지리학적 준비), 그리고 그들이 참여할 일종의 이벤트(심리학적 준비)를 가지고 있다. 보다 생산적인 야외 학습은 그들의 목적에 알맞은 것일 것이다.

(4) 야외 학습은 부분적인 단위(units)을 통합하는데 사용되어져야만 한다. 왜냐하면 구체적인 활동은 의미 있는 학습을 위한 기본을 제공하기 때문이다.

이와 같이 조작상의 결론에 덧붙여 아래 세 가지 기준 역시 제기 된다.

교수경영 기준

야외 학습은 구성하기 쉬워야하며, 경영하기 쉬워야 한다. 이 규범은 실제적인 자금투자(경제적 그리고 경영상)를 가진 야외 학습 구성에 있어서 교사의 능력과 야외에서의 학습 장소를 쉽게 정의하고, 교수-학습에 적절한 보조물을 제공하는 야외 학습을 구성하는 교사의 능력과 관련이 있다.

교육과정 기준

야외 학습은 야외에서 훌륭한 교수를 할 수 있는 기본적인 개념을 담고 있어야 한다. 이 기준은 교육과정상 필수적인 부분으로서의 야외 학습과 관련이 있다.

교수 기준

야외 학습은 학습 경험이어야만 한다. 이 기준은 여행처럼 보일 것이다. 그러나 사실은 거의 대부분의 야외 학습이 사회적 사건의 경험과 같은 것으로 요약될 수 있다. 야외 학습을 보다 교육적으로 형성하기 때문에 교사는 학습을 준비하는 학생들뿐 아니라 이것을 통해 그들을 안내할 안내자 모두의 학습 구성을 개발하여야 한다.

나. 복합 단계 모델

위의 세 가지 기준뿐 아니라 문헌을 재조사한 결과에 의존하여 아래와 같은 복합 단계 모델이 개발되었다.(그림 2).

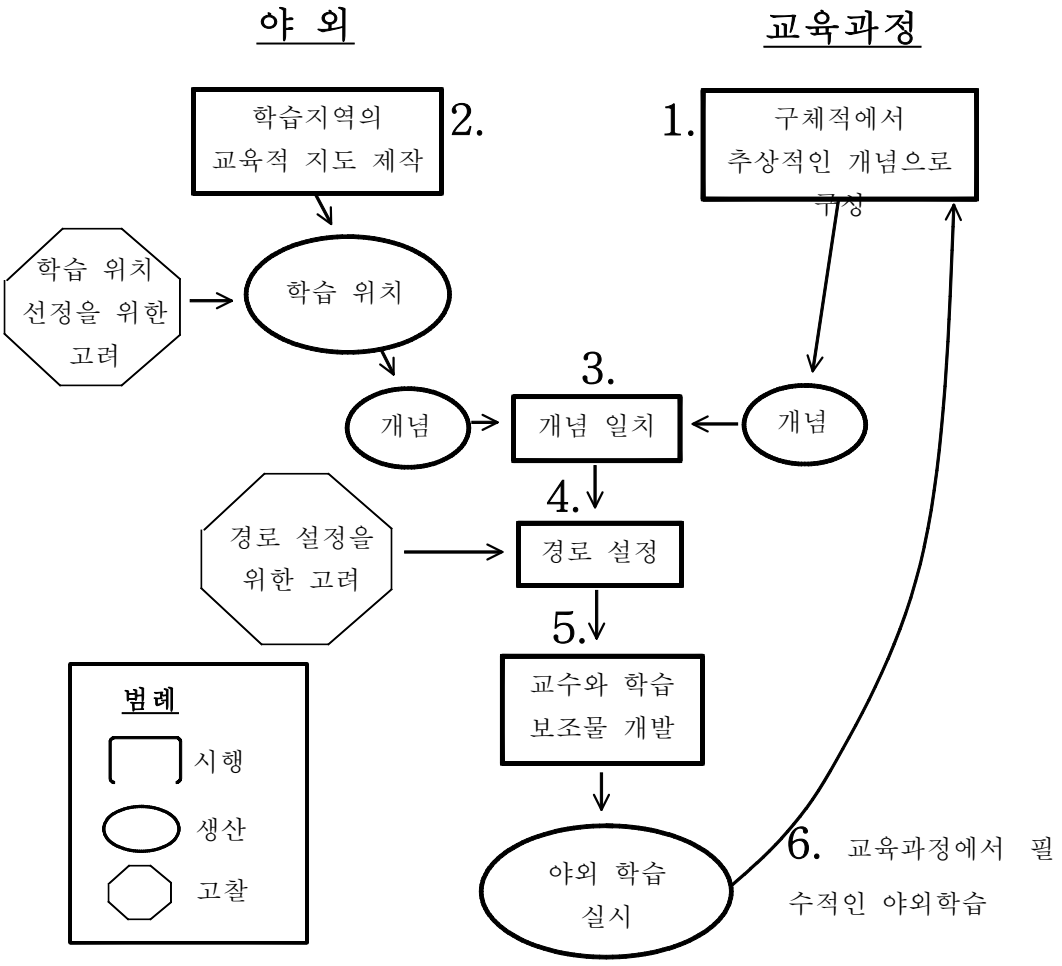


그림 2. 교육과정에서 필수적인 부분인 야외 학습 개발에 있어서의 단계 (Orion, 1993)

단계 1 - 구체적인 것에서 추상적인 것으로의 교육과정 상의 개념에 대한 위계적 구성

첫번째 단계는 교육과정 기준에 따른다. 교육과정 상의 개념은 구체적/추상적 단계에 따라 분류하고, 사용할 교수 환경(예: 실험실, 야외, 교실)에 할당한다. 사용할 수업 시수(야외학습 전, 학습동안, 학습한 후)는 이 분류에 따라 결정한다.

단계 1a - 야외에서 학습할 지역을 결정하라

야외 학습 장소는 교육과정 기준에서 선택된 개념을 가르치기 가능한 학습 위치와 행정 기준 등의 허락되는 범위 안에서 선택된다. 이 지역은 학교에서 가능한 한 가까워야 한다.

단계 2 - 야외 학습 지역에 대한 교육학적 지도 제작

이 단계는 학습 위치의 역할을 할 야외 관찰 지점을 포함한다. 관찰 결과는 교육적으로 가능한 각각의 지점에 대한 설명과 지도를 포함해야만 한다. 적절한 학습 지점의 선택요소는 다음과 같다. 첫째, 관찰지점의 지질현상은 “자신을 스스로 말할”정도로 충분히 선명해야 한다. 둘째, 관찰 지점은 접근에 용이해야 한다. 셋째, 관찰지점에는 적당한 학생수가 함께 활동할 수 있을 정도의 지점을 둘러싼 넓은 공간이 존재해야 한다. 넷째, 안전(도로로 부터의 거리, 사면의 경사 등)이 반드시 고려되어야 한다. 다섯째, 관찰 지점의 날씨에 활동이 방해받아서는 안 된다.

비록 세 가지 요소가 하찮은 것으로 보일지라도, 많은 야외 학습은 잘못된 학습 지점 선택 때문에 실패한다. 야외 학습을 계획할 때 이 목록을 따르는 것은 교육적 효과를 감소시킬 수 있는 학습 장소에 대한 오직 하나의 요소라도 부적당하게 선택될 수 있기에 매우 중요한 요구이다.

단계 3 - 교육과정 상의 개념과 야외에서의 개념 목록의 일치

이 단계에서 학습 장소는 교육과정에서 선택되어 포함된 개념을 설명하고 있다. 이 단계는 실제로 앞쪽 두 단계의 산출물이다.

단계 4 - 경로 지정

이제는 선택된 학습 지점을 이용하여 경로를 구성해야 한다. 교육적, 행정적

기준에 알맞은 경로를 결정하기 위하여 다음과 같은 점들은 처리해야만 한다. 첫째, 관찰지점 사이의 거리는 적당해야 하다. 즉 걸어서 약 15분 정도이거나 차로 30분 정도의 거리를 넘지 말아야 한다. 둘째, 하루 동안의 야외 학습은 6~8개의 학습 지점을 넘지 말아야 한다. 각각의 학습 활동은 한 시간을 넘지 말아야 한다. 셋째, 경로는 이동에 편리하여야 한다. 넷째, 경로는 개념 구조 체계에서의 주요 주제와 관련되어야 한다. 다섯째, 관측 지점 사이의 교육학적·필연적 관련이 있어야만 한다. 여섯째, 흥미로운 장소에 관찰 지점이 위치하고 있는 것이 바람직하다. 그러나 흥미로움이 학습을 방해해서는 안 된다. 일곱째, 육체적 노력의 측면에서 보면, 단서는 쉬워야 한다. 여덟째, 직사광선과 일교차와 같은 일기 상태가 고려되어야 한다.

위에 따르면, 하나의 요소라도 빠지게 되면 야외 학습에서 학습 효과가 감소하게 된다. 이런 제시들이 하찮게 보일지 모르나 많은 교사들이 경로 지정에서 실패한다.

단계 5 - 교수-학습 보조물의 개발

이 단계는 효과적인 교육자료를 제공하기 위한 것이다. 교육적·행정적 기준의 허락을 받기 위해서, 교육 과정은 다음과 같은 보조물을 포함하여야 한다. 첫째, 야외 학습 책자와 같은 학생들을 위한 학습 보조물들은 학습 지점에서 학생들의 활동을 지도한다. 둘째, 야외에서 관찰되는 것을 교사가 설명할 때 도움이 되는 미니포스터 세트와 같은 교수 보조물은 교사들에게 준비단계와 야외 학습 자체에 대한 안내를 제공한다. 또한 야외 학습장에 관찰 지점을 표시하는 것을 권장한다.

대부분의 교사들이 경험이 없고, 야외 학습에 대한 교육을 받지 못했기 때문에, 시행중인 학습 프로그램에 동반된 새로운 야외 학습을 위한 자료 개발은 매우 중요하다.

다. 교육 과정 단계에 야외 학습의 통합

야외 학습은 학습 과정의 초기에 이루어져야만 한다. 그러나 학습 활동의 첫 번째는 아니다. “새로운 경험의 장”요소를 축소시키기 위하여 준비 단계를 상대적으로 간결하게 설계하는 것이 우선이다. 제시된 모델(그림 3)은 “학습 순환”전략의 세 단계 발달 과정이다(Karplus & Lawson, 1974). 학습의 구체적인 영역에서 추상적인 영역으로 나선형을 그리고 있으며 세 부분으로 형성되어 있다. 각 부분은 독립적인 학습 단위로 구성되었으며, 동시에 다음 학습 단계의 연결고리를 제공한다. 나선형으로 구성된 세 단계 학습 순환은 다음과 같이 구성되어 있다.

준비단계 : 이 단계는 야외학습을 준비하는 구체적인 학습 활동에 그 바탕을 두고 있다. 이 단계의 목표는 새로운 경험의 장을 최소화하기 위한 세 개의 구성요소를 줄이기 위한 것이다. 지적 새로운 경험의 장은 몇몇 구체적 활동의 사용에 의하여 직접적으로 줄어들 수 있다. 예를 들어 학생들이 야외에서 접하게될 암석들을 관찰하거나, 실험실의 실험을 통하여 야외 현상이나 과정을 모의 실험을 하는 것과 같은 행동을 말한다. 이와 같이 지질 야외 학습을 위한 준비 단계는 암석들, 광물들, 토양 그리고 화석들의 표본의 정의 내리는 것을 할 수 있다. 지리학적 그리고 심리학적 새로운 경험의 장 요소들은 역시 지질학적 사건에 대한 자세한 정보를 얻는 것과 같은 슬라이드 필름과 지도를 작성하는 것에 의해 교실에서 실행된다.

야외학습 : 야외 학습은 모듈의 중앙에 위치한다. 야외 학습의 구조는 위에 묘사되어진 단계와 기준에 그 바탕을 두고 있다. 야외 학습은 준비 단계와 함께 구체적인 것에서 보다 추상적인 학습 단계를 향한 연결고리를 제공하는 독자적인 모듈을 구성한다.

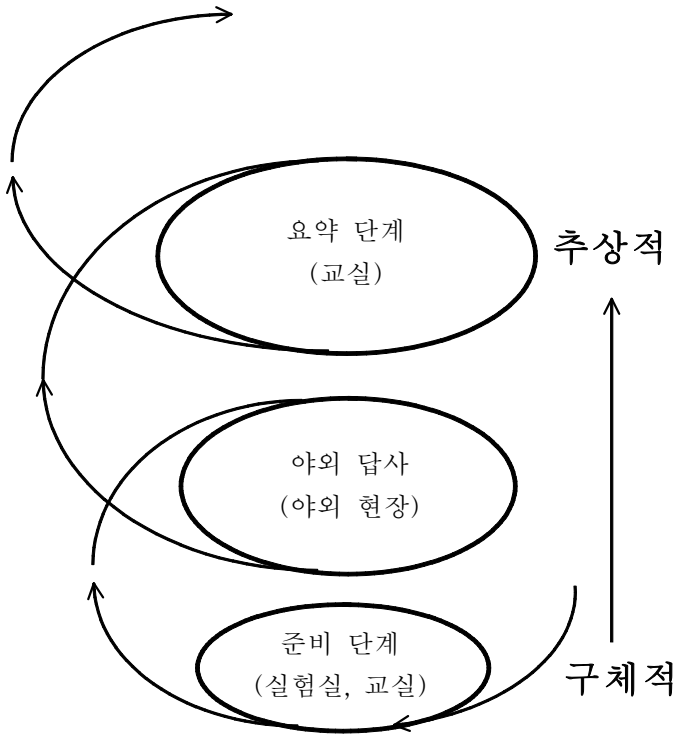


그림 3. 통합을 위한 세 단계 모델(Orion, 1993)

요약단계 : 이 단계는 교육과정에서 "무게있는 비중"을 포함한다. 이것은 학생들에게 보다 높은 추상적 능력과 보다 높은 집중력이 필요한 수준을 요구하는 보다 복합적인 개념을 포함한다. 교수 보조물은 아마도 칠판, 슬라이드 그리고 야외를 포함하게 될 것이다. 예를 들어, 지질학적 코스를 소개하는 요약 단계는 지구의 지각 깊숙한 곳에 자리잡은 물리적·화학적 과정과 같은 공간 차원과 시간 운영일 것이다.

위의 세 단계는 준비단계의 실험실 조사, 야외 단계의 야외 조사 그리고 요약 단계의 데이터조사로 요약할 수 있다. 답사 단계의 결과는 학습 개념의 고안을 위한 교사와 자신들이 조사한 현상에 대한 의문을 가진 학생들을 격려하

는데 사용되어진다. 이러한 의문들은 다음 순환의 연결고리를 제공하고 또한 다음 환경 학습의 고리를 제공한다. 해답을 찾기 위하여 학생들은 전 단계에서 획득한 지식을 사용하여 새로운 현상을 탐사한다.

3. 선행 연구의 고찰

야외 학습 코스 개발 및 적용에 관한 선행 연구 내용 살펴보면 다음과 같다.

Orion(1989)은 야외 학습 개발은 세 개의 요소로 구성되어 있는데, 각각 준비단계(Preparatory unit), 야외학습단계(Fieldtrip unit), 요약단계(Summary unit)이며, 이 구조는 (1) 구체적인 것에서 추상적인 것으로 점차적으로 이동하며, (2) 직접적인 경험, (3) 학습 순환과 야외에서 학습 능력에 영향을 주는 새로운 경험 요소들을 고려해야 한다고 했다.

Orion(1993)은 야외 학습 개발 모듈을 소개하면서 야외와 관련된 활동을 개발하는데 마주칠지도 모르는 장애물들을 교사들이 정복하도록 도울 수 있도록 설계되었다고 밝혔다.

Kent(1977)는 고등학교 지구과학 과정에서 야외 조사는 가치 있으며, 야외 조사 계획을 편입시켜 학생들의 지질학적 지식과 문제해결 능력을 측정하도록 하고, 학기 중 실제 야외 조사 계획을 수립하는 방법을 소개하고 있다.

Mackenzie and White(1982)는 같은 교사에게 같은 주제를 학습한 세 집단을 비교하였다 통제 집단은 오직 교실에서 학습한 반면 두 실험 집단은 야외 학습을 통해 학습하였다. 한 실험 집단은 내용 중심의 접근을, 다른 한 집단은 과정 중심의 접근을 채택하였다. 이 연구에서 과정 중심의 학생 집단이 다른 집단보다 더 의미 있게 지식의 획득과 장기 기억이 좋다는 것을 알았다.

Falk and Balling(1982)은 학생들이 야외 조사 중 인지적인 과제를 수행 할 수 있는 능력은 야외 조사 환경에서의 새로운 경험 여부에 의존한다는 것을 발견하였다. 즉, 야외 조사 지역에 익숙한 학생들의 학습 활동은 그렇지 못한

학생들에 비해 훨씬 효과적으로 나타난다는 것을 보여주고 있는데, 야외 조사 지역에 익숙한 집단의 학생들은 학습 과제에 집중하는 반면, 그렇지 못한 집단의 학생들은 주변의 물리적 내용을 조사하였다. 따라서 분명하고 철저한 준비 학습을 한 뒤에 야외 조사에 참가한 학생들은 야외에서 직면하는 새로운 문제를 보다 효과적으로 해결할 수 있다는 것이다.

Kern and Carpenter(1984)는 두 가지 다른 접근방법을 통해 학습에서 야외 활동의 효과를 평가하였는데, 실험 교재를 사용한 전통적인 교실 수업과 야외 활동을 주로 한 수업의 비교에서 정보의 단순 암기 같은 하위 학습(lower-ordering)에서는 동일한 수준을 나타냈지만, 이해, 적용, 분석, 종합과 같은 보다 상위의 학습(higher-ordering)에서는 야외 활동을 주로 한 수업이 이해력과 획득한 정보를 사용하는 능력이 강화되었음을 보여주었다. 그에 대한 이유로 두 가지를 들고있는데, 첫째는 학습 상황에 대한 학생들의 정의적인 반응(동기부여, 질문의 증가)에 있어서 야외 활동은 매우 긍정적인 효과를 주었다는 것이고, 둘째는, 교과서, 강의, 실험 교재에서는 자연 환경에서 일어나는 과정들이 분리되어 서로 무관한 것으로 보이지만, 야외 활동은 자연 환경을 통합적인 전체로서 인지하도록 하는 속성이라고 제시하고 있다.

Orion and Hofstein(1991)은 야외 조사 중 학생들의 학습 능력에 영향을 주는 요소들에 관한 설명을 하면서, 야외 조사는 전체적인 학습 활동의 구체적인 부분으로서 초기에 행해져야 하며, 새로운 경험 공간 요소들을 제한하는데 초점을 둔 짧은 준비 단계가 선행되어야 한다고 제시하고 있다.

이제룡(1977)은 소요산 일대의 지질에 대한 연구에서 이 지역이 다양한 암석과 지질 구조가 좁은 지역에 밀집하여 분포하므로, 서울 지역 고등학생들을 위한 야외 지질 학습 현장으로 적합한 지역으로 선정될 수 있다고 하였다.

정원우와 서승조(1984)는 중등학교에서 야외 학습을 통해 학생 스스로 탐구하고 새로운 사실에 대한 문제를 해결해 나갈 수 있도록 교수-학습이 이루어져야 함을 밝히고, 대구 근교에서 야외 지질 학습을 실시할 수 있는 코스를 개발

하고, 코스에 따른 지질학적 현상을 안내하고 있다.

이상교(1985)는 야외지질조사 활동이 지구과학 학습 태도 및 학력에 미치는 영향을 연구하였으며, 지구과학에 대한 관심과 학습 동기 유발에 유용한 학습 교재는 주변의 자연 속에서 찾아내고 개발되어야 한다고 말하고 있다.

오승찬와 강대붕(1986)은 공주 지역에서 활용할 수 있는 야외 지질 실습장을 3개의 코스로 나누어 개발하였고, 코스에 따라 다양한 지질학적 관찰 내용과 지도 자료의 제시로 야외는 물론 실내에서도 학습에 활용할 수 있도록 하였다.

서승조(1990)는 초·중등 및 대학의 지질 분야에 대한 학습에는 야외 관찰이 반드시 필요함을 강조하며, 진주 성지공원 일대를 지질 분야 야외 학습 자료 활용과 연관하여 지질학적 특징을 밝히고 있다.

홍순관(1993)은 지구과학 교과 내 지질 분야에서의 탐구 학습은 야외 학습을 통하여 효과적으로 이루어 질 수 있다고 하였으며, 이에 따라 경기도 연천군 전곡읍 일원에 대한 지질 분야의 탐구 학습 자료를 개발하였다. 또한 연구 개발된 탐구 학습 자료는 교수-학습 과정에서 구체적인 상황을 접함으로서 주요한 개념, 원리, 지식을 학습자가 직접 경험할 수 있게 하는 실질적인 정보로서의 가치를 가지게 될 것이라고 말하고 있다.

박종호(1993)는 지구과학 교과 내 지질 분야는 야외 노두의 관찰로부터 효과적인 학습이 시작된다고 하였으며, 이에 따라 공주 지역에서 야외 학습이 이루어질 수 있는 학습 자료를 개발하였다.

안순호(1994)는 인천 영종도 해안가에 나타나는 지질과 토양 및 해양 침식 현장을 교육 과정상의 필수 학습 요소와 연관시키는 야외 학습 프로그램을 개발하고, 야외 학습을 경험한 학습자가 과학에 대해 어떤 태도 변화가 보이는가를 분석하였다.

전영호(1996)는 충북 영동 지역에 대한 2개의 야외 지질 학습 자료를 개발하고, 고등학교 지구과학 교과 내 지질 단원에 대한 활용 방안을 제시하였다. 또한 실제 학생들에게 현장 적용 실습을 행한 후 학생들의 지질학 개념의 습득

에 대한 학업 성취도 평가와 야외 학습 과정에 대한 평가를 실시하였고, 개발된 학습자료의 실내 및 간접적 활용 방안도 제시하고 있다.

홍정수와 장남기(1997)는 중등학교 과학과 야외 활동의 실태 및 개선 방안에서 학생들의 탐구력을 보다 효과적으로 신장시키고 동시에 흥미 있는 사회적 활동을 경험할 수 있는 체계적인 야외 활동 방법을 개발하기 위한 기초 연구로서 중등학교의 야외 활동의 실태를 조사하였다.

III. 연구 방법 및 절차

1. 연구 방법

본 연구는 Orion(1993)의 야외 학습 모듈에 제시된 과정에 따라 야외 학습 코스를 개발하는 전 과정을 제시하고 있으며, 준비단계, 야외학습단계, 요약단계에 적용할 보조물을 개발하였다.

2. 연구 절차

본 연구는 야외 학습 코스를 개발하는 한 방법을 제시하고, 보다 효과적인 야외 학습이 이루어질 수 있는 조건을 마련하고자, 야외 학습 모듈을 따라 야외 학습 코스를 개발하는데, 다음과 같은 절차를 거쳤다.

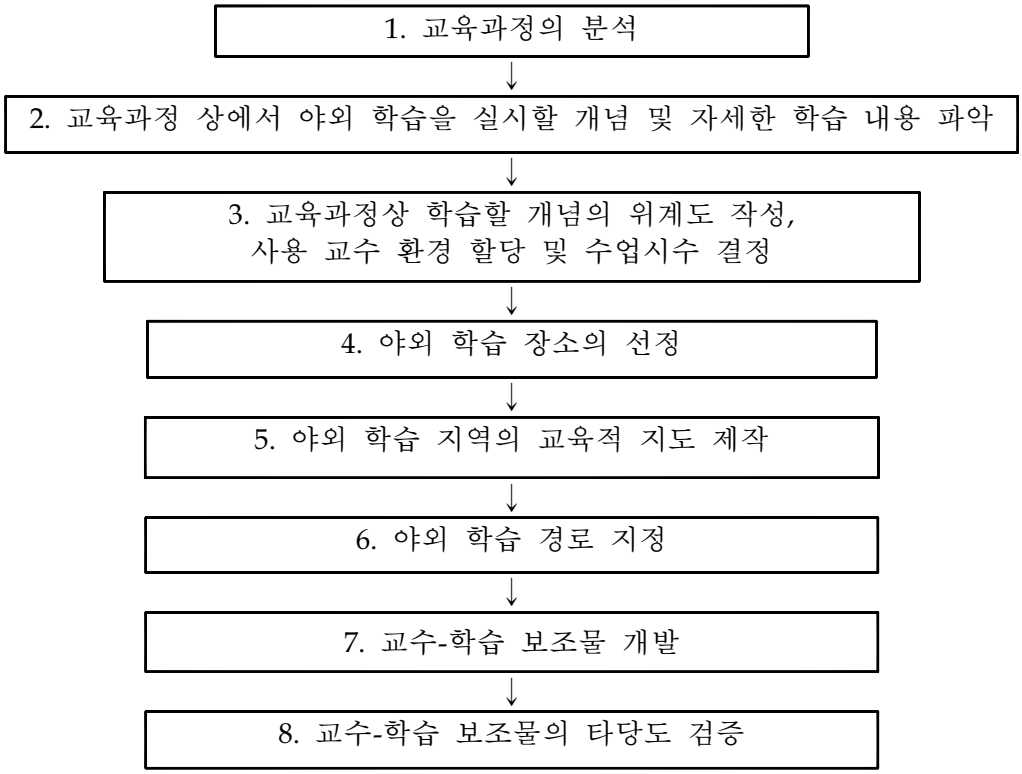


그림 4. 연구 절차

IV. 연구 결과

1. 교육과정의 분석

가. 제 7차 교육과정의 특징

2002년부터 고등학교에 도입되는 7차 교육과정은 21세기의 정보화, 세계화 사회로의 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 민주 시민 육성을 필요로 하여 개정이 이루어졌고, 그 주된 방향으로 '자율과 창의에 바탕을 둔 학생 중심 교육과정'을 표방하였다. 이에 따라 '교과서 중심 학교 교육'에서 '교육과정 중심 학교 교육'으로, '공급자 중심 학교 교육 체제'에서 '수요자 중심 학교 교육 체제'로 인식의 전환이 요구되고 있다. 7차 교육과정의 주요 특징은 단계 또는 학년제 개념에 기초하여 초등학교 1학년부터 고등학교 1학년(10학년)까지 10개의 기본 교과를 학습하도록 한 국민 공통 기본 교육과정을 편성하였는데, 그 취지는 교육 내용을 일관성 있게 구성하고, 의무교육기간을 확대하여 기초·기본 교육을 충실히 하자는 것이다. 그리고 이 기간 동안 국어, 사회, 수학, 과학, 영어 5개 교과에 대해서는 학생의 능력, 개인차에 따른 다양한 교육 기회를 제공하고자 수준별 교육과정을 편성·운영하도록 하였다. 이는 학생 중심의 교육과정을 구현하되 국가 수준에서 최소한의 기초·기본 교육을 충실히 구현하고자하는 취지이다.

표 1. 제 7차 교육과정의 과학과 교과목(교육부)

<table>
<tr><td>학교급</td><td>초등 학교</td><td>중학교</td><td colspan="3">고등 학교</td></tr>
<tr><td>학 년</td><td>3~6</td><td>7~9</td><td>10</td><td colspan="2">11~12</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교 과
목</td><td colspan="3" rowspan="2">국민 공통 기본 교육 과정
'과 학'</td><td>일반
선택</td><td>생활과 과학</td></tr>
<tr><td>심화
선택</td><td>물리 Ⅰ·Ⅱ, 화학 Ⅰ·Ⅱ,
생물 Ⅰ·Ⅱ, 지구 과학 Ⅰ·Ⅱ</td></tr>
</table>

또한 기초·기본 교육의 충실이라는 목적에서 교과별 학습 내용을 최저 필수 학습 요소를 중심으로 정선하고 이수 교과목 수를 축소함으로써 학습량을

최적화하였고, 정보화 사회에 대비하여 창의성 및 정보 능력을 배양시키기 위해 정보통신기술(ICT) 활용 교육을 강화하였다. 또한 2002년에 고등학교 2학년이 되는 학생들부터는 학생의 능력, 개인차에 따라 교과를 선택하여 배울 수 있도록 한 선택 중심 교육과정이 적용된다.

새 교육 과정에서는 다양한 탐구 학습 활동의 강조하면서 탐구를 탐구 과정과 탐구 활동으로 구분하였다. 탐구 과정은 다시 기초 탐구와 통합 탐구로 점선으로 나누어 제시하였는데, 여기에서 기초 탐구는 탐구의 가장 기초적이고 초보적인 탐구 요소를 말하며, 통합 탐구는 기초 탐구 요소가 복합적으로 포함된 기초 탐구보다 고차원적인 탐구 요소를 말한다. 탐구 활동은 탐구 수업에서 이루어지는 활동의 유형을 나타낸 것으로서 토의, 실험, 조사, 견학, 과제 연구 등을 포함시켜 가능하면 다양한 탐구 학습 활동을 통하여 이루어질 수 있도록 하였다.

6차 교육과정과 7차 교육과정의 내용을 비교해 보면, 다음과 같다

표 2. 제 6차 교육과정과 제 7차 교육과정의 내용 비교

구분	제 6 차 교육 과정	제 7 차 교육 과정	비 고
교과 목명	지구 과학 II (8 단위)	지구 과학 II (6 단위)	◦ 과정별 필수(또는 선택 과목→심화 선택 과목 ◦ 2 단위 감소
내용	가. 내용 체계 영역을 지식과 탐구로 나누고, 탐구의 세부 요소에 영역별로 내용을 구체적으로 제시	가. 내용 체계 영역을 지식과 탐구로 나누고, 탐구의 세부 요소만을 제시	◦ 탐구에는 교과서 집필자와 현장 교사의 재량에 따라 창의적으로 구성할 수 있도록 영역별 내용을 구체적으로 명시하지 않음.
	나. 영역별 내용 단원의 목표를 제시하고, 지식과 탐구 활동으로 구분하여 제시	나. 영역별 내용 주제의 내용과 탐구 과정, 탐구 활동을 포함하여 진술	◦ 지식과 탐구 활동을 구분하지 않고, 내용에 탐구 과정과 탐구 활동을 포함하여 진술
	(1) 우리의 지구 지구 과학의 성격, 지구의 모양, 층상 구조, 좌표계, 자전, 공전과 계절, 시각, 책력, 태양 복사 에너지, 지구의 복사 평형, 지구의 역장 (2) 지각의 물질과 변화 광물, 암석, 암석의 순환, 지표의 변화, 지각 변동, 판 구조론	(1) 지구의 물질과 지각 변동 (2) 대기의 운동과 순환 (3) 해류와 해수의 순환 (4) 천체와 우주	◦ '지구 과학의 성격, 지구의 모양, 층상 구조' 삭제(학습량 축소)(I 로 이동(난이도 조정)), '좌표계, 시각, 책력' 삭제(학습량 축소), 그 외는 7차 '(1), (2), (4)'로 이동(난이도 조정) ◦ '암석의 순환, 지표의 변화' 삭제(학습량 축소)

표 2. 계속

내용	(3) 지구의 역사 지층과 화석, 지질 연대, 지구의 기원, 지질 시대의 환경과 생물, 지질도, 우리 나라의 지질 (4) 대기의 순환과 일기 변화 단열 변화, 지층의 안정도, 대기 중의 수증기, 구름과 강수, 뇌우, 기압과 바람, 대기의 순환, 기단과 전선, 저기압, 고기압 (5) 해양과 해수의 순환 해저 지형, 해수의 성분과 성질, 해류, 해수의 순환, 해파, 조석, 해일 (6) 태양계 (7) 별과 우주 (8) 환경과 자원	(5) 지질 조사와 우리 나라 지질	◦ '(1)-(가) 지각과 지구 내부' 신설(내용 구성의 연계성) ◦ '지층과 화석, 지질 연대, 지구의 기원' 삭제(학습량 축소) ◦ '대기 중의 수증기, 구름과 강수, 뇌우, 기단과 전선, 저기압, 고기압' 삭제(학습량 축소) [Ⅰ로 이동(난이도 조정)] ◦ '해저 지형, 해수의 성분과 성질' 삭제(학습량 축소) [Ⅰ로 이동(난이도 조정)] ◦ 제6차 '(6), (7)'을 통합하여 제7차 '(4)'로 재구성, '(6)-태양계' 삭제(학습량 축소) [Ⅰ로 이동(난이도 조정)], '(6)-태양계의 기본 물리량, 태양의 구조' 삭제(학습량 축소) ◦ 삭제(학습량 축소) [일부는 Ⅰ로 이동(난이도 조정)]

나. 고등학교 지구과학 II

(1) 목표

고등 학교에서 과학 교육 목표는 초등 학교와 중학교 과학 교육을 통하여 달성한 과학에 대한 관심과 과학적 소양을 더욱 개발하여 실생활에서 만나는 문제를 합리적이고 과학적으로 해결하는 능력을 기르는 데 있다. 이러한 과학의 기본적인 목표를 달성하기 위한 목표를 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

가. 탐구 활동을 통하여 지구와 우주에 관한 개념을 체계적으로 이해하고, 자연 현상을 설명하는 데 이를 적용한다.

목표 '가'항은 탐구를 통하여 지구와 우주에 관한 기본적인 개념, 원리, 법칙을 이해하도록 강조하고 있다. 과학에서는 사실들이 모여 개념을 이루고, 개념 사이의 관계를 규정하는 원리와 법칙이 있다. 과학에서 중요시하는 것은 단순한 지식의 획득이 아니고 보다 일반적인 개념이나 원리, 법칙 등을 탐구를 통하여 이해하는 것이다. 또, 이러한 기본적인 개념, 원리, 법칙을 이해하는 데에서만 그치는 것이 아니고, 자연 현상을 설명할 수 있으며, 실생활에 적용할 수 있는 정도까지를 목표로 하고 있다.

나. 지구와 우주 현상을 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 문제 해결에 이를 활용한다.

목표 '나'항은 과학 교육의 중요한 목표 중의 하나인 '탐구 능력의 신장'을 강조한 것으로 탐구 능력을 신장시켜 일상 생활에서 만나는 지구 과학적 문제를 논리적, 합리적, 과학적인 방법으로 해결해 나갈 수 있는 활용 능력을 기르는 것을 강조한 것이다. 인간이 살아가는 과정은 일상 생활에서 끊임없이 만나는 여러 가지 문제를 해결해 나가는 과정이라 할 수 있다. 이와 같은 문제 해결 과정은 사람마다 다르고 상황에 따라 각각 독특한 방식을 취하게 된다. 그러나 사람에 따라 문제 해결 과정이 다르고 독특하더라도 성공적으로 문제를 해결하기 위해서는 무작정 이러한 문제에 부딪치는 것이 아니고, 보다 논리적이고 과학적인 접근이 필요하다. 이러한 논리적이고 과학적인 문제 해결력은 과학 교육에서 중요한 목표로서 강조되어야 하며, 과학 교육을 통하여 효과적으로 체득할 수 있다. 다시 말하자면, 과학의 개념, 원리, 법칙뿐만 아니라 '학습하는 방법'의 학습이 이루어져 과학 교과에서만이 아니고 다른 교과의 학습에 필요한 기본적인 능력과 일상 생활에서 부딪히는 지구 과학적인 문제를 과학적으로 해결해 나갈 수 있는 활용 능력의 함양을 강조한 목표라 할 수 있다.

다. 지구와 우주 및 지구 과학 학습에 흥미와 호기심을 가지고, 과학적으로 탐구하려는 태도를 기른다.

목표 '다'항은 과학에 대한 흥미, 호기심, 과학적 태도의 함양과 같은 정의적 영

역의 목표를 강조한 것이다. 과학에 대한 흥미, 자연 현상에 대한 호기심이 없이는 과학의 개념 획득이나 탐구 방법의 체득이 성공적으로 이루어지기 어렵다. 과학 학습에서 학습자의 흥미와 호기심을 불러일으킬 수 있다면 그 학습은 이미 성공한 것이나 다름이 없다. 학습 문제에 대하여 흥미와 호기심이 있다면 그것과 관련된 개념이나 방법이 학습자의 지식의 구조에 변화를 줄 수 있는 의미 있는 학습이 가능하지만, 그 반대의 경우에는 아무리 많은 시간과 노력을 들인다고 하더라도 의미 있는 학습이 일어나지 않을 것이다.

과학적 태도란, 알려고 하고 이해하려는, 모르는 것에 대하여 질문하는, 데이터를 모으고 그 뜻을 찾는, 문제 해결에 창의성을 발휘하고 증거를 존중하는, 논리를 존중하고 합리적으로 생각하는, 전제와 결과를 계속 재고하는 개방적 자세를 의미한다. 그러므로 목표 '다'항은 지구와 우주의 자연 현상과 지구 과학에 대한 흥미, 호기심, 과학적 태도의 함양과 같은 정의적 영역의 목표를 강조한 것이라 할 수 있다.

라. 지구 과학이 기술의 발달과 사회의 발전에 미치는 영향을 바르게 인식한다.

목표 '라'항은 과학의 발전이 기술 및 사회 발전에 미치는 영향이 얼마나 큰지를 이해하는 것을 강조한 목표이다. 오늘날, 과학의 발전은 대단히 빠른 속도록 진행되고 있으며, 과학 문명을 기초로 하지 않은 생활은 생각조차 할 수 없게 되었다. 또, 기초 과학의 발전은 기술의 발전이나 사회 발전의 원동력이 된다는 것을 부인할 수 없을 것이다. 이러한 면에서 과학・기술・사회 발전은 상호 긴밀한 연관을 가지고 있고, 기술이나 사회 발전 자체가 과학의 발전을 이끌어 나가는 경우도 흔히 볼 수 있다. 또, 과학・기술・사회(STS) 관계를 과학과에서 보다 더 강조하여 다루어야 한다는 요구를 제 7차 과학과 교육 과정에서 수용하고 있다.

(2) 내용

내용을 체계화할 때 다음과 같은 기본 원칙이 고려되었다.

(가) 지식과 탐구를 균형 있게 제시한다.

(나) 교양 지구 과학으로서 중요한 내용을 포괄하도록 한다. 오늘날, 신문, 잡지, 방송 등에서 자주 다루어지고 있는 지구 과학 관련 내용을 될 수 있는 대로 포함시켜 학생들이 사회에 나가서도 이러한 내용을 쉽게 이해할 수 있도록 한다.

(다) 주변 자연 현상을 바르게 이해하고, 일상 생활을 과학화하는 데 도움이 되는 내용을 포함한다.

(라) 진로 선택과 상급 학교에서 지구 과학 관련 전공 교과를 이수하는 데 도움이 되도록 지구 과학의 중요 개념과 탐구 방법 및 지구 과학의 특성을 이해하는 데 도움이 되는 내용을 포함하도록 한다.

(마) 국민 공통 기본 교육 과정인 '과학' 및 심화 선택 과목인 '지구 과학 I'과 연계성 있게 구성한다.

(바) 지구 환경을 이해하게 함으로써 환경 문제가 전 지구적인 문제임을 인식하는 데 도움이 되게 한다.

(사) 과학사적으로 중요한 내용을 포함시켜 과학의 발달 과정, 과학과 사회와의 상호 작용 등을 바르게 이해할 수 있도록 한다.

(아) 우리나라의 지구 과학적 환경을 이해하는 데 도움이 되는 내용을 포함시킨다.

표 3. 지구과학 II의 내용체계

영 역	내 용 요 소	탐 구
지구의 물질과 지각 변동	지구의 물질, 지구 내부의 구조와 물리적 성질, 지구의 역장, 광물의 성질, 조암 광물, 암석의 특징, 암석의 생성 과정, 지질 구조, 지각 평형, 맨틀 대류, 화산과 지진, 판 구조론	실험, 조사 , 토의, 견학, 과제연구 등
대기의 운동과 순환	단열 변화, 안정도, 기압, 바람, 태양 복사 에너지, 복사 평형, 대기 대순환, 편서풍 파동	
해류와 해수의 순환	해류의 원인, 수압 경도력과 발생 원인, 지형류의 평형, 표층 순환, 심층 순환, 용승과 침강, 해파, 조석, 해일	
천체와 우주	지구의 운동, 행성의 운동, 공전 주기, 케플러 법칙, 별의 물리량, 별의 거리, 별의 분류와 진화, 별의 에너지원, 별의 운동, 허블 법칙, 우주의 나이와 크기, 우주론	
지질 조사와 우리 나라 지질	지층 대비, 지질 시대의 구분, 지질 조사, 지질도, 우리 나라 지질, 지하 자원	

2. 교육과정 상에서 야외 학습을 실시할 개념 및 자세한 학습 내용 파악

표 4. 지구과학 II의 내용체계에 따른 학습 내용 선정

영 역	내 용 요 소	학습할 개념 선정
지구의 물질과 지각 변동	지구의 물질	암석의 종류(화성암, 변성암, 퇴적암)
	암석의 특징	화성암의 분류 현무암의 특징 퇴적암의 분류(사암, 역암, 이암) 퇴적 구조(층리, 점이층리, 사층리, 연흔, 건열) 퇴적암 및 퇴적구조의 생성원인
	지질 구조	지층의 상하 판단(bomb sag을 이용) 지층 생성순서 결정(포획암을 이용) 지사연구의 5대 법칙(지층 누중의 법칙) 기계적 풍화작용(테일러스) 기계적 풍화작용의 원인 단층의 정의 단층의 종류 단층 생성에 작용하는 힘 절리의 정의 절리의 종류
	화산과 지진	용암의 종류와 분출형태에 따른 화산의 형태 화산의 구조 암설구
지질 조사와 우리나라 지질	지질 시대의 구분	화석의 정의 화석의 생성 화석의 종류 화석의 필요성
	지질 조사	지질 조사시 필요한 준비물 주향, 경사의 측정(클리노미터 사용법) 야외 기록장 작성법
	지질도	지질도의 작성

3. 교육과정상 학습할 개념의 위계도 작성, 사용 교수 환경 할당 및 수업 시수 결정

교육과정 상의 개념을 구체적/추상적 단계에 따라 분류하고 위계표를 작성한 후, 각 개념을 교수할 환경을 결정하고 준비단계에서 실험실에서 행할 수업과 요약 단계에서 교실에서 행할 수업 시수를 결정하였다.

가. 학습개념 위계도

표 5. 교육과정 상의 학습개념 위계도- 부록 1

나. 학습개념 교수환경 할당 및 수업시수 결정

표 6. 학습개념 교수환경 할당 및 수업시수 결정

영 역	내 용 요 소	학습할 개념 선정	사용할 교수환경			수업 시수	
			실험실	야외	교실	실험실	교실
지구의 물질과 지각 변동	지구의 물 질	암석의 종류 및 특징	◎	◎		1	
	암석의 특 징	화성암의 분류	◎	◎		0.5	
		현무암의 기공		◎	◎		0.25
		현무암의 주상절리		◎	◎		0.25
		퇴적암의 분류	◎	◎		0.5	
		퇴적 구조	◎	◎		1.75	
		퇴적암 및 퇴적구조의 생성원인	◎		◎	0.25	2.66
	지 질 구 조	지층의 상하 판단		◎	◎		0.84
		지층 생성순서 결정		◎	◎		1
		지사연구의 5대 법칙		◎			
		기계적 풍화작용		◎			
		기계적 풍화작용의 원인			◎		
		단층의 정의	◎	◎		0.5	
		단층의 종류	◎	◎		0.5	
		단층 생성에 작용하는 힘			◎		1
		절리의 정의		◎			
		절리의 종류		◎			
	화산과 지 진	용암의 종류와 분출형태에 따른 화산의 형태		◎	◎		0.5
		화산의 구조		◎	◎		0.5
		암설구		◎	◎		0.5
지질 조사와 우리 나라 지 질	지 질 시대의 구 분	화석의 정의		◎			
		화석의 생성			◎		0.5
		화석의 종류		◎			
	지 질 조 사	지질 조사시 필요한 준비물	◎				
		주향, 경사의 측정	◎	◎		1	
		야외 기록장 작성법	◎				
	지질도	지질도의 작성	◎			3	
					합계	9	8

4. 야외 학습 장소의 선정

야외 학습 장소는 Orion(1993)에 의해 제시된 다음과 같은 기준에 따라 선택되었다.

(1) 노두는 “자기 자신을 설명할 수 있을 만큼” 충분히 명확해야 한다.

(2) 야외에서의 학습은 교사나 학생들이 쉽게 찾을 수 있는 잘 정의된 지점으로 안내되어져야 한다.

(3) 최소 20명의 학생들이 함께 활동할 수 있을 만큼 관찰 지점 주의에 충분한 공간이 확보되어야 한다.

(4) 관찰 지점의 날씨가 활동을 방해해선 안 된다. 예를 들어, 어둡게 그늘이 지거나, 강한 바람이 이는 곳이거나 불리는 모래는 학생들에게 조심스러운 관찰을 요구한다.

위의 기준에 따라 교육과정 상에 제시된 학습 개념을 교과서적으로 보여주고 있는 노두를 포함하고 있으며, 지구과학적으로 쉽게 관찰할 수 있는 독특한 지질구조를 가지고 있는 지역을 중심으로 학습 지역을 선정하였다.

학습 지역은 제주도 서남부로 모슬포에서 약 5Km 떨어진 곳에 위치한 이중 화산 구조를 가지고 있는 송악산 일대로 설정하였다.

그림 5. 제주도 지역내 학습 지역의 위치

가. 학습 지역을 포함하는 지역의 전체 지질 개요

그림 6. 송악산 일대의 지질도(박기화 외, 2000)

모슬포・한림지역 내의 구성 암석은 퇴적층(암), 용암분출에 의해 형성된 화산암, 화산 폭발에 의해 형성된 화산쇄설암으로 구성되어 있다. 퇴적층은 용암과 용암 사이에 협재한 황적색 혹은 회색의 소규모 스코리아성 니질퇴적암, 역암, 각력상 역암으로 구성되어 있다. 용암 분출에 의해 형성된 암석은 성분으로 보아 현무암, 조면현무암, 현무암질조면안산암, 조면안산암 및 조면암으로 분류되는데, 이중 조면암류는 관입상을 보여 높은 지형을 이루기도 한다. 화산쇄설암은 수성화산분출과 스트롬볼리분출에 의해 형성된 것으로 구분된다. 수성화산분출에 의해 형성된 응회암은 군산, 단산, 송악산, 당산봉, 수월봉을 이루고 있으며, 서귀포 수전동과 북제주군 한경면 금릉리 수장동에 소규모로 산출된다. 스트롬볼리 분출과 관련된 화산쇄설암은 분석구를 이루고 있다. 모슬포・한림지역에서 최하부에 해당하는 암석은 군산응회암이다. 군산응회암은 강정동현무암질조면안산암에 의해 관입 피복된다. 한림읍 한수리 일대에는 침상의 미반정 사장석이 기질을 이루고 있는 현무암이 분포하는데, 애월지역의 귀덕리 현무암에 해당하는 암석으로 강정동현무암질조면안산암과는 분포 위치가 떨어져 있어 층서 대비는 곤란하다. 대포동조면현무암은 서귀지역에 연장되는 암석으로 강정동현무암질조면안산암을 피복한다. 부면동현무암은 애월지역에서 수원리현무암, 부면동현무암, 금덕리현무암, 원동현무암으로 기재한 암석에 해당되며, 모슬포・한림지역의 북측에 분포한다. 어도리현무암은 귀덕리현무암을 피복하는데, 용암류 사이에는 역암층이 협재한다. 어도리현무암은 애월지역의 한림리현무암, 상대리현무암, 마흘동현무암, 어도리현무암으로 기재된 암석에 해당된다. 어도리현무암은 부면동현무암을 피복한다. 광해악현무암은 침상의 미반정 장석이 기질을 이루고 있는 암석으로 서측부에 분포한다. 장석 반정이 다량 산점하는 특징의 법정동현무암은 모슬포・한림지역의 동측에 분포하며 서귀지역에 연장된다. 왕이매조면현무암은 모슬포・한림지역의 중앙부에 분포하며, 감람석이 반정으로 산점하는 특징이 있으며, 광해악현무암과 법정동조면현무암을 피복한다. 병악현무안질조면안산암은 병악에서 화순리까지 길게 분포하며 저지오름에서 유래한 암석도 병악현무암질조면안산암과 암상이 유

사하다. 송악산응회암은 모슬포・한림지역에서 최후기에 발생한 수성분출 활동에 의해 형성된 것으로 층서와 암상으로 보아 수월봉을 이루고 있는 응회암도 같은 시기에 형성된 것으로 해석된다(박기화 외, 2000).

나. 학습 지역의 지질개요

(1) 송악산

야외학습 지역은 송악산을 중심으로 산이수동 해안도로를 따라 형성된 지역이다. 먼저 송악산은 소형 화산으로 바깥쪽에 응회환(tuff ring)이 있고, 응회환의 중앙에 분석구(cinder cone)가 형성되어 있으며, 그 사이에 용암연(lava pond)이 나타나고 있다. 또한 용암연 위에 소규모 소분석구 복합체(cinder conelet complex)가 놓여 있다. 송악산 응회환의 동쪽 측면과 남쪽 측면이 해수에 침식되어 절벽으로 존재하며, 화산체의 구조를 잘 노출시키고 있다.

송악산 응회암의 층서는 하부로부터 응회암(응회환), 스코리아층, 조면현무암(하와이아이트), 스코리아층(분석구, 소분석구복합체)의 순으로 되어 있다(박기화 외, 2000)

송악산의 동쪽과 남쪽, 서쪽 해안의 절벽을 따라 최대 80m 두께의 응회환 지형이 형성되어 있으며, 암상은 주로 조면안산암질 성분의 화산체와 라필리, 소량의 화산암괴 및 이질 암편 등의 구성 비율이 다양한 응회암층, 라필리 응회암층으로 되어 있다. 해안 절벽 노두를 따라 평행층리, 파동형 층리, 거대 연흔, bomb sag, U자형 하도구조등이 나타나고 있다(박정웅 외, 2001)

응회환의 서쪽 지역에서 그 하부에 현무암 대지를 볼 수 있는데, 분화구가 해수면 아래에 잠겨있던 시기이므로 해수가 화구에 유입하여 상승하던 마그마가 외부에서 유입된 물과 상호작용하여 폭발하는 수증기마그마성 분출(phreatomagmatic eruption)의 화산쇄설물이 해수면 아래에 놓여있던 현무암 대지 위에 퇴적되어 송악산 응회환을 형성한 것으로 볼 수 있다. 이러한 분출에 의해 습윤 화쇄난류 퇴적물(wet serge deposits)의 운반 작용이 일어났다. 그 후 응회환이 높게 쌓이면서

응회환의 주변부(rim bed)가 분화구로의 해수 유입을 막는 역할을 하면서 후기에는 주로 지하수에 의한 간접적인 물의 유입이 있었고, 이때는 물의 양이 많지 않아 주로 건조 화쇄난류퇴적물(dry serge deposits)이 주를 이루었다(황상구 외, 1992)

응회환이 형성되는 동안 안쪽의 경사면에 고리 모양의 단층대가 만들어졌다. 이 단층은 응회환의 안쪽이 함몰된 정단층으로서 그 후 화쇄난류 퇴적물이 단층과 평행하게 퇴적되어 바깥쪽 층과 연결된다. 이러한 단층이 반복되면서 안쪽에 퇴적된 화쇄난류 퇴적물은 분화구 내로 붕괴되어 넓고 경사가 급한 분화구를 형성하였다. 송안산 동쪽 절벽 단면에서 스코리아층이 응회환을 피복하고 있는 것이 관찰되며, 남쪽 절벽에는 이 스코리아층이 수십 cm 정도의 두께로 나타난다. 잔자갈이나 거력 크기의 분석, 스패터, 화산탄으로 구성되어 있고, 층리는 미약하다(박정웅 외, 2001)

송악산은 화산체가 이중화산이라 하는데, 그 이유는 응회환을 이루는 분화구 내에 분석구가 또 하나 있기 때문이다. 이 분석구는 마그마가 상승하는 동안 지하수의 유입이 감소하여 마침내 그 양이 극히 적어졌을 때, 화산은 서째이언 분출상에서 스트롬볼리안 분출상으로 전환되어 증기 폭발은 일어나지 않고 마그마성 폭발이 일어나 응회환의 분화구 내에 응회환보다 더 높은 분석구를 형성하게 된 것이다. 분석구의 지름은 약 300m 정도이며, 중앙에는 지름 100m 정도의 분화구를 볼 수 있다. 분석구의 표면은 화산암괴, 화산탄, 스페터 등의 스코리아로 덮혀 있으며, 중턱의 노두에는 흑색의 스코리아와 적색의 스코리아 층이 뚜렷하게 대비되어 나타나기도 한다(박정웅 외, 2001). 황상구 외(1992)는 스코리아 층의 색을 산화도의 차이로 설명하기도 하며, 박정웅 외(2001)는 비양도 지역에서 흑색과 적색 스코리아가 뒤섞여 나타나는 노두를 들어 스코리아 층의 색깔 차이를 산화도의 차이로 보기 어렵다는 견해를 내놓기도 하고 있다.

송악산 응회환과 분석구 사이에는 고리 모양의 용암연이 있다. 동쪽 절벽에는 4m, 남쪽 절벽에는 20m, 서쪽 절벽에는 2~4m 등 두께가 다양하게 나타나며, 유동구조, 클링커가 나타나는데, 이는 용암류가 지형의 영향으로 고여서 형성되었음을

암시한다. 이 용암연은 여러 용암단위로 구성되어 있으며 암상은 알칼리 계열의 화와이아이트이고, 조직이 비교적 치밀하며, 주상절리가 발달해 있다. 5mm 크기의 휘석, 장석, 감람석 반정을 소량 함유하고 있으며, 부분적으로 2cm 크기의 초염기성 암편이 포획되어 있기도 하다. 남쪽 해안 절벽에 드러난 용암연에는 초염기성 포획체를 포함하고 있는 부분이 있는데, 이 지역 맨틀 포획암의 주요 구성 광물은 감람석, 사방휘석, 단사휘석, 크롬스피넬이고, 모드 분석에 의하면 스피멜 레졸라이트로 분류된다(임성아 외, 2000).

용암연 바깥 부분은 응회환을 덮고, 안쪽 부분은 분석구를 덮고 있으며, 용암연 남쪽과 남서쪽에는 그 상부에 소분석구 복합체가 분포하고, 남동쪽은 지표 쇄설층에 의해 덮혀 있다. 북부, 북동부, 동부에는 용암기종(lava blister)이 여러개 나타나고 있다. 이들은 봉분이나 답 모양으로 불룩하게 솟아 있으며 표면에는 거북 등짝처럼 불규칙한 금이 가 있다(황상구, 2000).

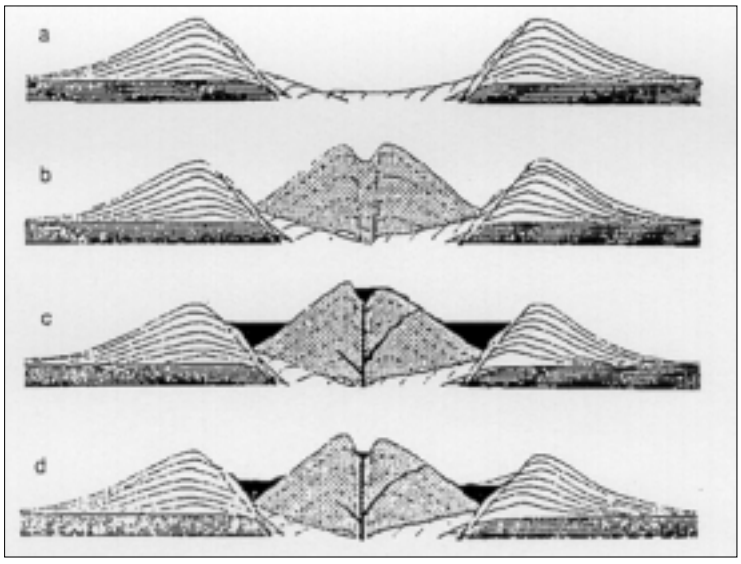


그림 7. 송악산 화산체의 화산 분출 과정(황상구 외, 1992)

송악산의 화산 분출 과정은 응회환, 분석구, 용암연을 형성한 3개의 분출 유형과 1개의 슬라이딩 응회암층으로 설명할 수 있다. 처음에 수증기마그마성 분출 중 서째이언 분출로 응회환이 형성되었으며(그림 7-a), 해수에 의한 분출상에서 지하

수에 의한 분출상으로 전환되는 양상을 보이고 있다. 마그마의 상승이 계속되는 동안 지하수의 유입이 차단되면서 수증기 폭발 양상은 중지되고, 응회환의 분화구 위치에 스트롬볼리안 분출에 의한 분석구가 형성되었다(그림 7-b). 스트롬볼리안 분출은 하와이안 분출로 전환되면서 분서구와 응회환 사이의 모우트에 용암류가 채워져서 용암연을 형성한다(그림 7-c). 그 후 용암연 상부의 여러 곳에서 소분석구 복합체가 형성되었다. 끝으로 용암연이 응회환 안쪽 벽에 압력을 가중시키고, 응회환 안쪽의 환형 단층대를 자극하여 응외환의 일부가 부서지면서 용암연 위로 슬라이딩되었다(그림 7-d).

(2) 산이수동 해안도로

산이수동 해안도로의 학습지는 광해악현무암 위에 하모리층이 피복하고 있으며, 이 하모리층은 하모리 남측 해안에서 해안을 따라 1.5Km 연장을 갖고 분포하며, 사계리 해안에서 산이수동 해안을 따라 약 1.8Km 정도, 용머리에서 북동쪽 해안에 따라 약 1Km 노출되어 있다. 학습지에서 하모리층은 서쪽으로 입자가 고운 이암에서 동쪽으로 사질 내지는 원마도가 양호한 잔자갈로 구성되어 있으며, 해수와 접한 부위에서는 고결도가 강하나, 해수가 미치지 않는 지역에서는 고결도가 비교적 약하며, 생물의 발자국 화석이 산재하고 있다. 또한 층리 발달이 양호하며 퇴적구조가 잘 형성되어 있어, 점이층리, 사층리, 연흔, 건열 등을 쉽게 관찰할 수 있다. 송악산 응회암과 하모리층의 하부에 광해악 현무암이 분포하는데, 이로 보아 수성 분출과 동시에 응회암 분출지의 환경에 따라 부분적으로 재이동퇴적 작용이 동시에 발생한 것으로 해석하고 있다. 하모리층 상부는 사구층이 형성 있다(박기화 외, 2000).

5. 야외 학습 지역의 교육적 지도 제작

: 각 관찰지점에서 학습할 개념을 정리하였다.

표 7. 각 관찰지점에서 학습할 개념

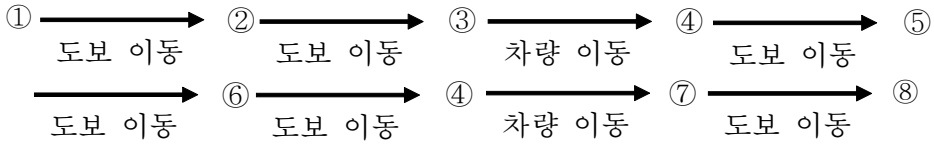
관찰지점	학습할 개념(관찰 내용)
①	순상화상과 종산화산, 층리, 응회암, 현무암, 사층리
②	점이층리, 하부지층의 역을 포함한 하부지층, 건열
③	연흔, 새발자국 화석, 우제류발자국 화석
④	Bomb sag이 포함된 응회암 전석
⑤	소분석구, 스코리아, 테일러스
⑥	이중 분화구, 화산의 구조
⑦	층리, 정단층
⑧	연흔의 측면구조, 연흔에 형성된 사층리, 역암

그림 8. 야외 학습 지역의 교육적 지도

6. 야외 학습 경로 지정

가. 경로지정

관찰 경로는 관찰지점 ①에서 시작하여 관찰지점 ③까지 답사를 실시한 후 차량으로 관찰지점 ④로 이동한 후 관찰지점 ⑥까지 답사한다. 답사가 끝난 후 다시 관찰지점 ④로 이동하여 차량에 탑승한 후 차량으로 관찰지점 ⑦로 이동하여 관찰지점 ⑧까지 관찰을 실시한다.



각 지점의 이동거리는 도보로 15분 내외, 차량으로 20분 내외의 거리에 위치하고 있으며, 8개의 학습지점이 선정되었다. 각 지점은 도로로 연결되어 있어, 이동에 편리하며, 학생들에게 매우 친근한 장소로 학생들의 흥미를 유발시키기에 좋은 관광지이다. 또한 관찰 지점 주변에 넓은 공간이 확보되어 있어, 관찰에 매우 유리한 지역이다.

나. 각 관찰 지점의 학습시간 및 준비물

표 8. 각 관찰 지점의 학습시간 및 준비물

관찰지점	관찰 내용	준비물	소요시간
①	순상화상과 종산화산, 층리, 응회암, 현무암, 사층리	암석분류표, 클리노미터, 확대경, 줄자, 야외학습자료-1	학습 - 40분
②	점이층리, 하부지층의 역을 포함한 상부지층, 건열	확대경, 지질도, 야외학습자료-2	이동 - 2분 학습 - 40분
③	연흔, 새발자국 화석, 우제류발자국 화석	줄자, 확대경, 지질도, 야외학습자료-3	이동 - 5분 학습 - 40분
④	Bomb sag이 포함된 응회암 전석	지질도, 암석분류표, 줄자, 야외학습자료-4	이동 - 10분 학습 - 15분
⑤	소분석구, 스코리아, 테일러스	확대경, 암석분류표, 지질도, 야외학습자료-5	이동 - 20분 학습 - 20분

표 8. 계속

⑥	이중 분화구, 화산의 구조	지질도, 망원경, 암석분류표, 야외학습자료-6	이동 - 10분 학습 - 30분
⑦	층리, 단층	지질도, 야외학습자료-7	이동 - 20분 학습 - 20분
⑧	연흔의 측면구조, 연흔에 형성된 사층리, 역암	지질도, 클리노미터, 줄자, 야외학습자료-8	이동 - 10분 학습 - 30분

7. 교수-학습 보조물 개발

각 지점의 보조물은 준비단계에서 새로운 경험의 장을 최소화하기 위해 학생들이 야외에서 접하게될 암석들을 관찰하거나, 실험을 통하여 야외 현상이나 과정을 모의 시험하거나, 암석, 광물, 토양 그리고 화석 표본에 대한 관찰 등의 야외학습을 준비하는 구체적인 학습 활동을 할 수 있는 실험을 실험실에서 실행할 수 있도록 실험실습지를 작성하였으며, 야외학습단계에서는 준비단계에서 준비했던 학습활동을 바탕으로 야외에서 보여지는 자연현상을 직접 관찰하고 기록할 수 있는 탐구학습지를 작성하였다. 야외 학습 단계에서 작성된 탐구학습지는 관찰과 정리로 나뉘어져 있는데, 관찰은 야외 학습을 하는 동안 학생들 스스로 관찰을 통해 해결해야할 과제를 제시하였으며, 정리 문제는 관찰을 통해 해결한 과제를 바탕으로 요약 단계로 가 교실에서 조별 토의를 통해 해결할 추상적인 과제를 미리 제시하여 토의 준비를 할 수 있도록 하였다. 요약단계에서는 야외 학습이 끝난 후 해결한 과제를 바탕으로 탐구학습지에 정리문제로 제시되어있던 추상적인 문제들을 교실에서 조별 토의를 통해 해결하도록 하는 토의학습지를 마련하였다. 토의학습지는 야외학습에서 관찰을 통해 학습하고 획득한 구체적인 데이터를 바탕으로 학생들에게 보다 높은 추상적 능력과 보다 높은 집중력이 필요한 문제를 제시하여 복합적인 개념을 획득하도록 하는데 그 목적이 있다.

가. 준비단계의 실험실습지

준비단계 학습 1

관찰 암석들의 특징

준비물 화성암 표본, 돋보기, 연필

과정
① 화성암 표본에 들어있는 암석들의 이름을 살펴본다.
② 각 조원끼리 돌아가면서 암석 하나하나를 돋보기 및 육안을 통해 관찰하고 그 특징을 토의한다.
③ 논의한 각 암석의 특징들을 정리하고 암석별로 그 특징들을 써 본다.
④ 각 조들이 정리한 암석별 특징을 발표하고, 칠판에 정리해 본 후, 각 조들의 암석별 특징의 공통점을 찾아본다.
⑤ 반 전체가 논의한 각 암석별 특징을 정리한다.

정리 ❶ 조에서 논의한 암석들의 특징을 정리하여 보자.

암석명	특 징
1. 현무암	
2. 안산암	
3. 유문암	
4. 휘록암	
5. 석영반암	
6. 섬록반암	
7. 화강암	
8. 반려암	
9. 섬록암	

준비단계 학습 2

분류 | 암석들의 분류

준비물 | 화성암, 퇴적암, 변성암 표품 각 2종, 암석분류표, 돋보기

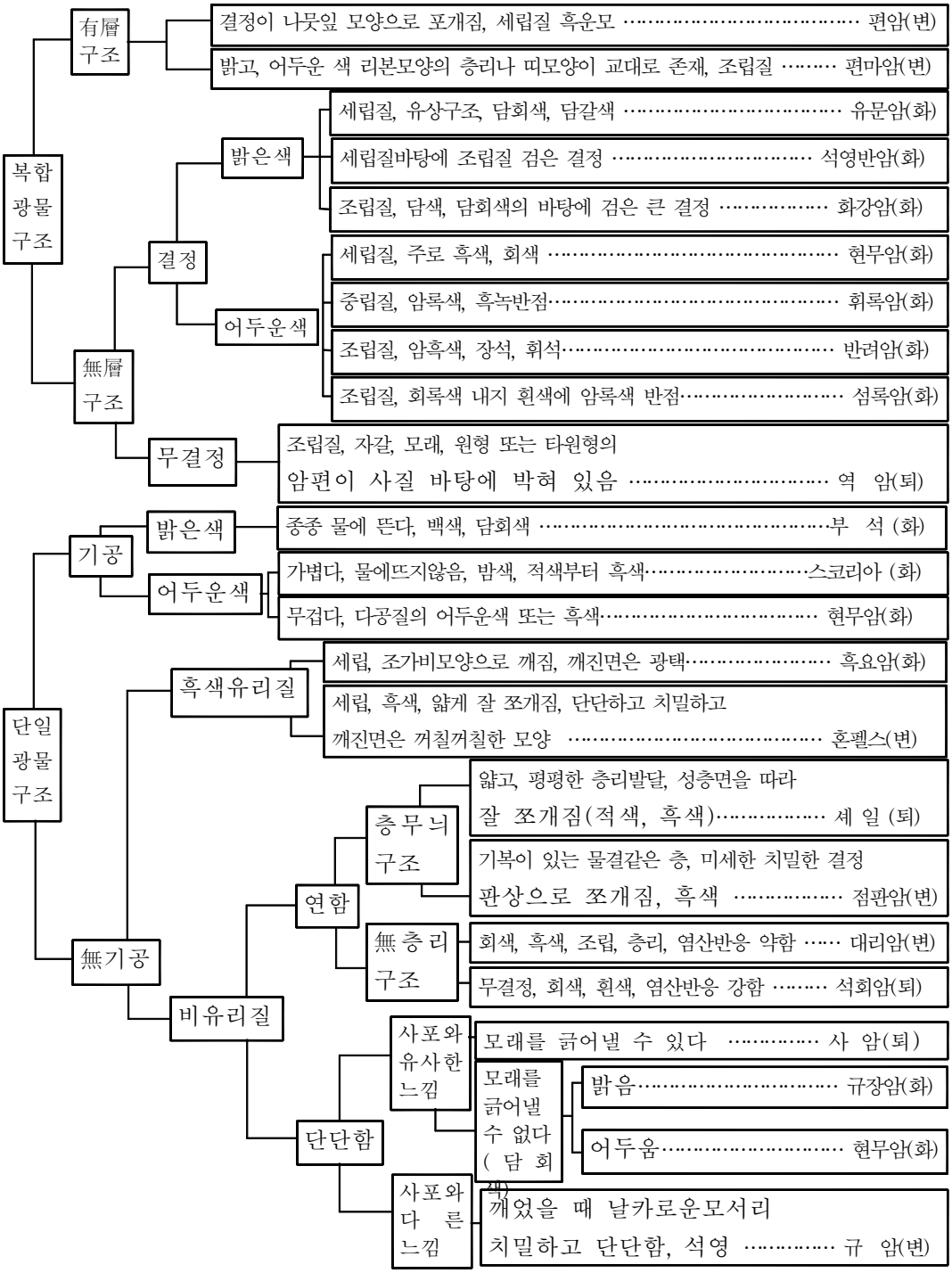
과정 | ① 암석분류표의 사용 방법에 대하여 토의하자.
② 맨눈이나 돋보기로 각 암석의 특징을 자세히 관찰하여 그 결과를 정리에 있는 표에 써넣어 보자.
③ 관찰 결과와 암석분류표를 이용하여 각 암석을 화성암, 퇴적암, 변성암으로 분류하여 보자.

정리 | ❶ 관찰한 내용과 암석분류표를 이용하여 각 암석을 분류하여 보자.

표품 번호	암석의 특징	암석의 분류
1		
2		
3		
4		
5		
6		

❷ 암석을 분류할 때 관찰해야 할 암석의 특성에 대하여 토의해 보자.

암석분류표


복합광물구조
有層구조
결정이 나뭇잎 모양으로 포개짐, 세립질 흑운모 …… 편암(변)
밝고, 어두운 색 리본모양의 층리나 띠모양이 교대로 존재, 조립질 …… 편마암(변)
無層구조
결정
밝은색
세립질, 유상구조, 담회색, 담갈색 …… 유문암(화)
세립질바탕에 조립질 검은 결정 …… 석영반암(화)
조립질, 담색, 담회색의 바탕에 검은 큰 결정 …… 화강암(화)
어두운색
세립질, 주로 흑색, 회색 …… 현무암(화)
중립질, 암록색, 흑녹반점…… 휘록암(화)
조립질, 암흑색, 장석, 휘석…… 반려암(화)
조립질, 회록색 내지 흰색에 암록색 반점…… 섬록암(화)
무결정
조립질, 자갈, 모래, 원형 또는 타원형의
암편이 사질 바탕에 박혀 있음 …… 역 암(퇴)
단일광물구조
기공
밝은색
종종 물에 뜬다, 백색, 담회색 ……부 석 (화)
어두운색
가볍다, 물에뜨지않음, 밤색, 적색부터 흑색……스코리아 (화)
무겁다, 다공질의 어두운색 또는 흑색…… 현무암(화)
無기공
흑색유리질
세립, 조가비모양으로 깨짐, 깨진면은 광택…… 흑요암(화)
세립, 흑색, 얇게 잘 쪼개짐, 단단하고 치밀하고
깨진면은 꺼칠꺼칠한 모양 …… 혼펠스(변)
비유리질
연함
층무늬구조
얇고, 평평한 층리발달, 성층면을 따라
잘 쪼개짐(적색, 흑색)…… 셰 일 (퇴)
기복이 있는 물결같은 층, 미세한 치밀한 결정
판상으로 쪼개짐, 흑색 …… 점판암(변)
無층리구조
회색, 흑색, 조립, 층리, 염산반응 약함 …… 대리암(변)
무결정, 회색, 흰색, 염산반응 강함 …… 석회암(퇴)
단단함
사포와 유사한 느낌
모래를 긁어낼 수 있다 …… 사 암(퇴)
모래를 긁어낼 수 없다 (담회색)
밝음…… 규장암(화)
어두움…… 현무암(화)
사포와 다른 느낌
깨었을 때 날카로운모서리
치밀하고 단단함, 석영 …… 규 암(변)

준비단계 학습 3

실험	점이층리의 형성
준비물	투명 플라스틱관(직경 5cm, 길이 150cm), 비커(250ml) 4개, 스탠드 1개, 클램프 1개, 유리막대(20cm) 2개, 각도기 1개, 토양(다른 입자크기가 섞여 있는 것) 100ml, 펜(청색, 적색 각각1개), 초시계
과정	① 비커 A에는 200ml의 물에 대하여 25ml의 토양을 넣고, 비커 B는 200ml의 물에 대하여 50ml의 토양을 넣어 잘 젓는다. ② 투명 플라스틱관에 물을 2/3가량 넣은 후 관의 경사를 10°로 한다. ③ 비커 A를 계속적으로 흔들다가 빨리 투명 플라스틱관에 붓고 흐름이 밑바닥에 도달하는 시간을 측정하고 속도를 계산한다.

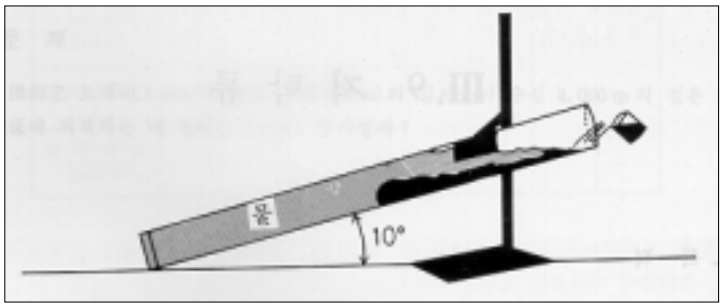


그림 1. 저탁류 실험장치(이원국 외, 1995)

④ 비커 B도 ③과 같이 시행한다.
⑤ 플라스틱관을 비운 후 물을 다시 채우고 경사를 20°한 후 위와 같은 실험을 계속한다.
⑥ 비커 B도 ⑤와 같이 시행한다.

정리

❶ 플라스틱관의 경사가 10°일 때 밀도에 따른 흐름의 평균속도는 얼마인가?

정리

밀도	도착시간(초)	평균속도(cm/s)
비커 A		
비커 B		

❷ 플라스틱관의 경사가 20°일 때 밀도에 따른 흐름의 평균속도는 얼마인가?

밀도	도착시간(초)	평균속도(cm/s)
비커 A		
비커 B		

❸ 이 흐름에 의해 운반된 퇴적물은 퇴적된 상태를 그림으로 그려보자.

❹ 이러한 퇴적구조를 무엇이라 하는가?

준비단계 학습 4

실험	지질구조
준비물	고무찰흙판(3색), 나무판, 칼
과정	① 그림 (가)와 같이 색이 다른 고무찰흙판을 쌓는다. ② 그림 (나)와 같이 쌓은 고무찰흙판을 양쪽에서 힘을 가하여 찰흙판이 구부러지게 한다. ③ 그림 (다)와 같이 구부러진 찰흙판의 가운데를 칼로 잘라서 어긋나게 한다. ④ 그림 (라)와 같이 고무찰흙판의 윗부분을 칼로 잘라낸다. ⑤ 그림 (마)와 같이 잘려진 고무찰흙판 윗부분에 새로운 고무찰흙판을 여러 겹 쌓는다.
정리	❶ 앞에서 실습한 각각의 현상은 자연현상에서 각각 무엇에 해당하는지 설명해 보자.

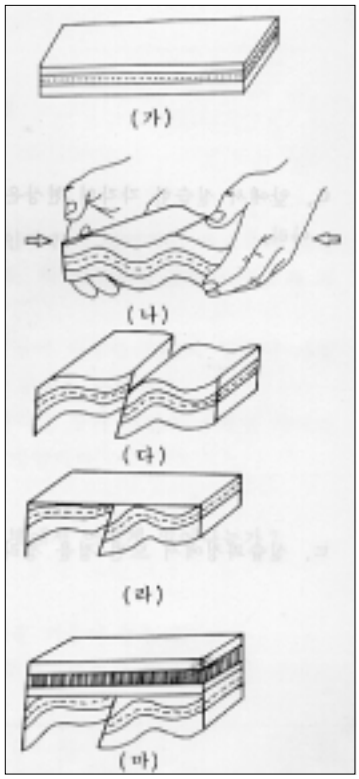


그림 1. 지질구조 모형 실험과정(이원국 외, 1995)

정리

❷ 그림 (나)와 (다)가 일어나는 이유는 무엇인가?

❸ 그림 (다)에서 일어난 현상의 명칭은 무엇인가? 구체적인 종류를 써 보자.

❹ 그림 (마)와 같은 구조를 무엇이라 하는가? 구체적인 종류는 무엇일까?

준비단계 학습 5

실험	주향과 경사의 측정
준비물	클리노미터, 나무판자, 받침대, 분필
과정	① 주향의 측정 ⓐ 받침대를 고여 나무판자를 기울여 놓는다. ⓑ 클리노미터의 긴변을 판자에 대고, 수평을 맞춘다. 수평이 되게 하려면 클리노미터 수준기의 기포가 중앙에 오도록 한다. ⓒ 자침이 정지되기를 기다려, 자침 N을 기준으로 기울어진 각과 방향을 읽으면, 이 값이 주향이다. 예) N30E 또는 N40W ② 경사의 측정 ⓐ 주향선을 분필로 긋고, 주향선에 직각인 경사 방향선에 클리노미터를 세워서 놓는다. ⓑ 안쪽 눈금에서 추가 가리키는 각을 읽는다. ⓒ 클리노미터를 다시 수평으로 놓고, 그 지역의 북방향을 확인한 뒤, 경사 방향선이 가리키는 방향을 결정한다. ⓓ 경사각과 경사방향을 붙여서 읽는다. 예) 30°NW 또는 20°SW

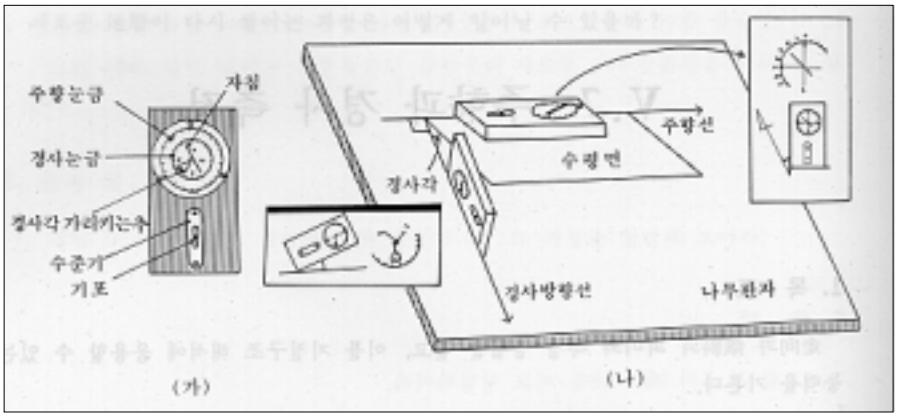


그림 1. 클리노미터(가)와 주향·경사의 측정(나)(이원국 외, 1995)

③ 편각보정 : 앞에서 측정한 주향값과 경사의 방향은 자북을 기준으로 측정된 값이므로 그 지방의 편각을 알아낸 뒤 진북을 기준으로 한 값으로 보정해 주어야 한다. 우리나라의 편각은 4°~6°W이며, 어떤 지역의 편각은 그 지방의 1/5만 지형도에서 찾아볼 수 있다.

④ 주향·경사 기호표시법

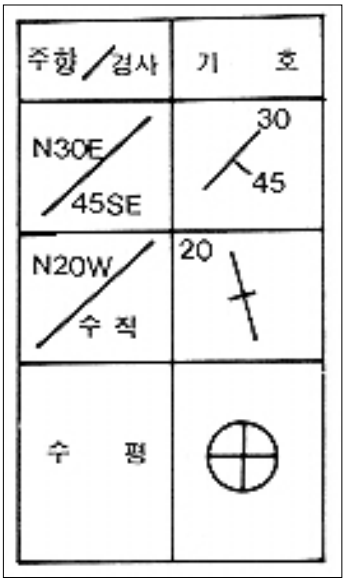


그림 2. 주향·경사 표시법(이원국 외, 1995)

정리

❶ 임의로 기울인 판자의 주향, 경사를 클리노미터로 측정하고, 편각 보정을 거쳐 정확한 주향, 경사값을 구하고 기호로 표기하여라.

실시	주향	경사	편각	보정주향	보정경사	기호
1						
2						
3						
4						

❷ 나침반과 달리 클리노미터에서 E와 W가 바뀌어 있는 이유가 무엇일까?

준비단계 학습 6

실험	지형단면도 작성
준비물	연필, 자, 지형도, 모눈종이
과정	① 지형도를 모눈종이 상단에 붙인다. ② 지형도 상에 원하는 지형단면을 따라 선을 긋고, 양끝에 A, B라고 각각 쓴다. ③ 지형도 아래쪽 모눈종이 끝에 기준선 A′B′을 그은 뒤 여기서부터 일정 간격으로 해발고도선을 구분해 나간다. 이때 수평축척과 수직축척을 동일하게 해야 한다. 경우에 따라 수직축척을 수평축적의 2배 이상으로 늘리는 경우도 있다. ④ 지형단면서 AB와 등고선이 만나는 지점의 고도를 읽고, 이를 직각으로 아래로 내려서 해당 해발고도에 점을 찍어나간다. ⑤ 이 점들을 부드럽게 연결하면 지형단면도가 완성된다.

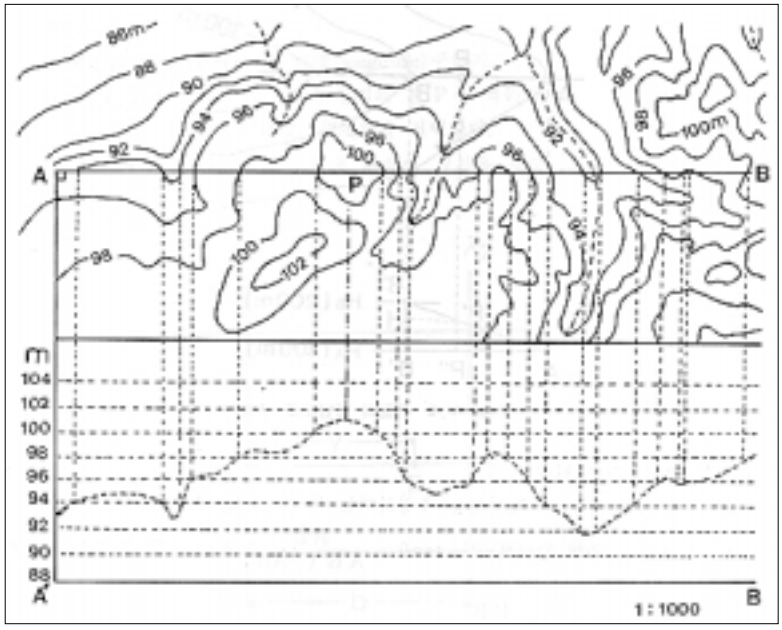


그림 1. 지형단면도 작성법(이원국 외, 1995)

정리

❶ 다음의 지형도 상에 A, B지점을 지나는 단면선을 긋고 지형 단면도를 작성 해 보자. (축적 1 : 10,000)

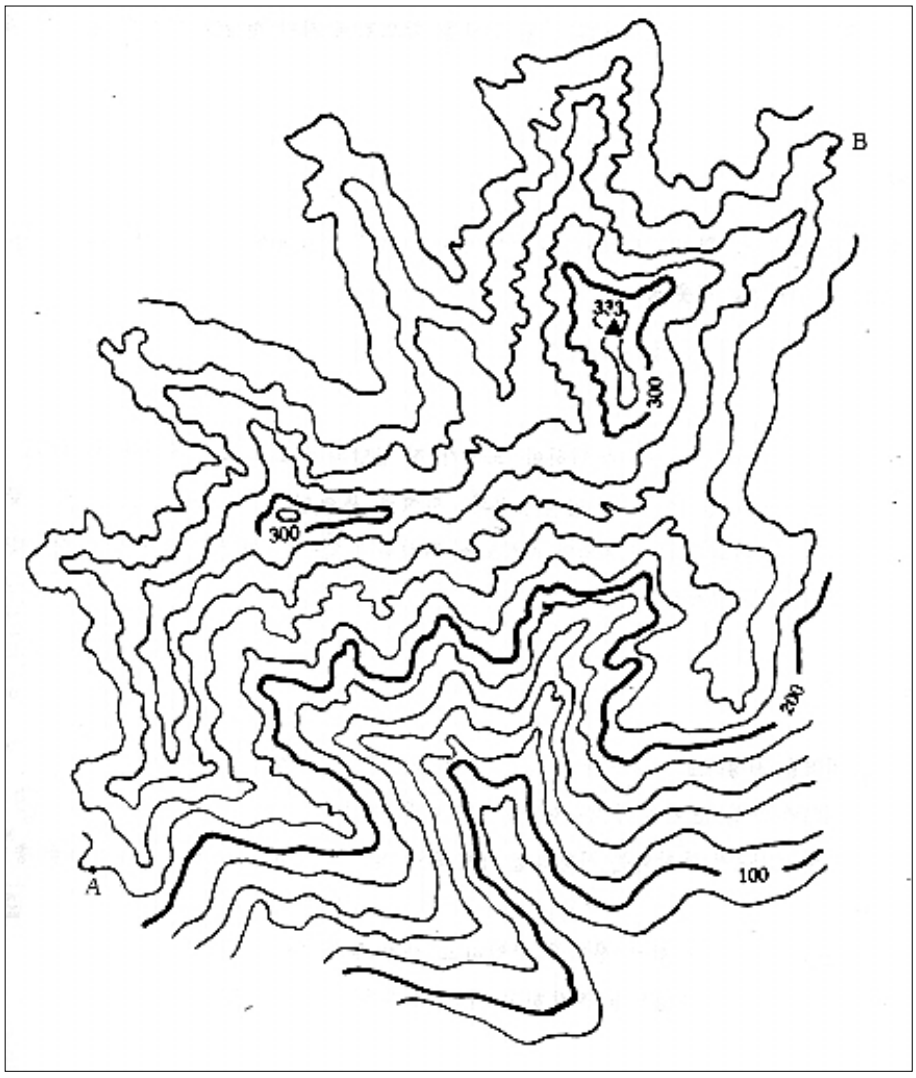
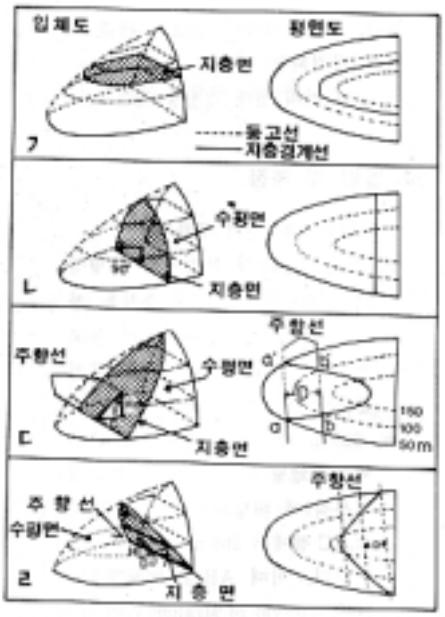


그림 2. 지형단면도 작성용 등고선(문승의 외, 1993)

준비단계 학습 7

실험	지층경계선의 작성
준비물	자, 연필, 각도기
과정	① 퇴적암층의 지층경계선은 지층의 상태와 지형과의 관계에 따라 크게 4가지 경우로 구분할 수 있다. ⓐ 지층이 수평인 경우 : 지층경계선은 지형등고선과 일치하거나 평행하다. ⓑ 지층이 수직인 경우 : 지층경계선은 지형등고선에 관계없이 주향방향의 직선이다. ⓒ 지층이 산아래 쪽으로 경사하는 경우 : 지층경계선은 산봉우리 쪽으로 둥글게 돈다. ⓓ 지층이 산봉우리 쪽으로 경사하는 경우 : 지층경계선은 산아래쪽으로 둥글게 돈다.



ㄱ. 수평지층, ㄴ. 수직지층
ㄷ. 산아래로 경사진 지층
ㄹ. 산위로 경사진 지층
(이원국 외, 1995)

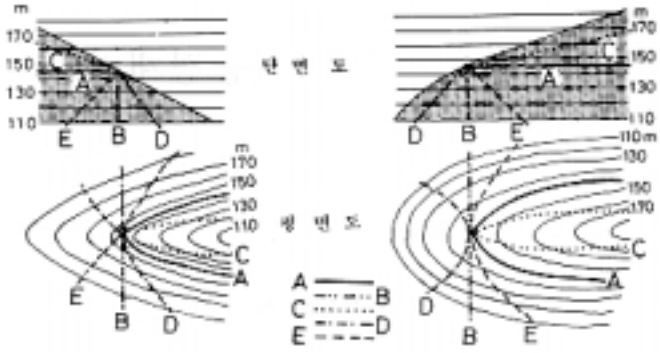


그림 2. 지층경계선이 곡저(가)와 능선(나)상에서 발견되는 경우(이원국 외, 1995)

과정

② 지층경계선 그리기

ⓐ 지층등고선 간격구하기

㉠ 그림 1의 P점에서 주향선의 연장선을 그은 뒤 축척을 참고로 하여 그림 (나)와 같이 등고선 간격만큼 떼어서 평행선을 긋는다.

㉡ 220m선상에 임의의 점 C를 찍고, 지층의 경사각 57°(P점의 경사각)에 해당하는 선 CA를 긋고, C점에서 200m선에 수선을 내린다. 이때 AB를 지층등고선이라고 한다. △ABC에서 $\tan\alpha = \frac{BC}{AB}$ 이므로 지층 등고선 간격 AB는 $AB = \tan\alpha \cdot \frac{AC}{\text{축척}}$ 이다.

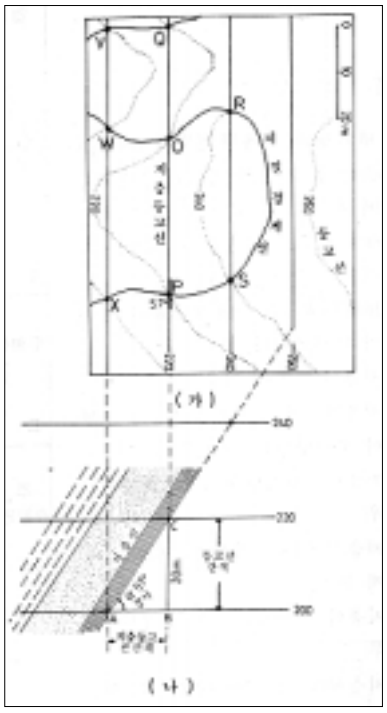


그림 3. 지층경계선 작도법(이원국 외, 1995)

ⓑ 지층경계선 작도

㉠ 그림 1(가)와 같이 지층경계선이 확인된 P점에서 지층의 주향선을 지나는 직선 PQ를 긋는다.

㉡ 지층등고선 간격 AB만큼씩 떼어서 선 PQ에 평행한 선 즉, 지층등고선들을 긋는다.

㉢ 같은 값을 가진 지층등고선과 지형등고선의 교차점을 찾아서 표시한다. (예 : Q, V, W, O, R, S, P, X등)

㉣ 이 점들을 부드럽게 연결하면 이것이 바로 지층경계선이다.

정리 ❶ 다음 그림의 지형도에서 세일과 사암의 지층경계선을 그려라.

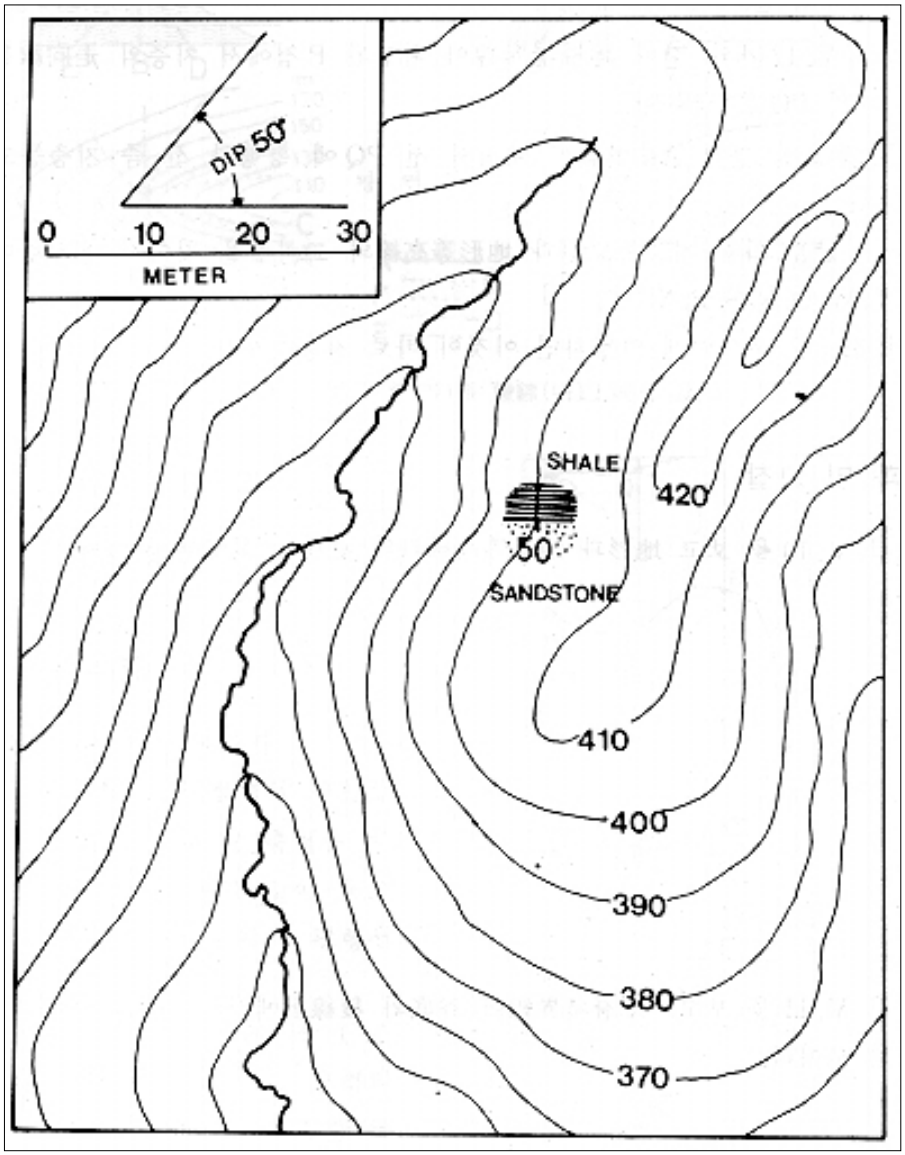


그림 4. 세일과 사암의 지층경계선(이원국 외, 1995)

준비단계 학습 8

실험 연흔 만들기

준비물 (a) 가운데 비이커를 놓을 수 있는 구멍이 뚫린 수조, 1L 비이커, 씻은 모래 250g, 스푼, 물, 백색 종이

(b) 플라스틱 수조(40×20×20cm), 씻은모래 250g, 스푼, 물, 백색 종이

과정 (a) 흐르는 물에 의해 형성되는 비대칭 연흔 만들기

① 수조의 중앙에 물을 가득 채운 큰 비이커를 세워 원형 수로를 만든다.

② 수조의 반을 물로 채운다.

③ 2~3 숟가락의 잘 씻은 모래를 수조 바닥에 편편하게 깐다.

④ 숟가락을 이용하여 물을 부드럽게 휘젓데, 꽤 빠르게 원형으로 젓는다. 이때, 가운데 있는 비이커가 움직이지 않도록 조심한다.

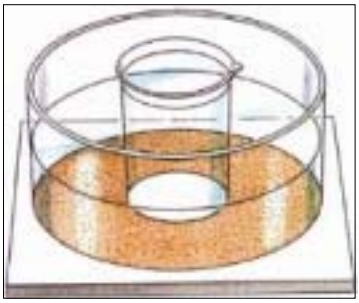


그림 1. 비대칭연흔 만들기 (www.earthscienceeducation.com/deposition.htm)

⑤ 꽤 빠른 속도로 물이 움직일 때, 숟가락을 치우고, 다음 사항을 관찰하고 학습지에 기록하라.

정리 ❶ 어디에 퇴적물이 쌓이는가?

❷ 형성된 연흔은 곡선인가, 직선인가?

정리

❸ 흐름이 흐르는 쪽으로 경사가 더 심한가 아니면 반대쪽이 더 심한가?

❹ 이와같은 퇴적 구조는 비대칭 연흔이라 불리며, 흐름이 지속될 때 형성된다. 어떻게 과거의 연흔을 그들이 형성될 때 흐름의 방향을 알아내는데 이용할 수 있을까?

과정

(b) 진동하는 물에 의해 형성되는 연흔 만들기

① 직사각형 수조에 깊이 약 7cm가 되도록 물을 채운다. 잘 씻은 모래를 2~3 숟가락 넣는다. 수조 바닥에 모래를 편편하게 깐다.

② 수조의 한쪽 끝을 들어올려 물이 잘 흔들리도록 한다. 이때, 물이 흘리지 않도록 조심한다.

③ 물이 계속 흔들리도록 수조의 끝을 기울이는 것을 30초간 계속한다.

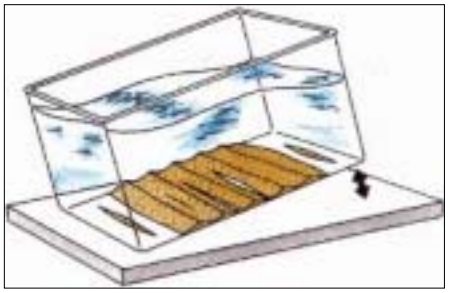


그림 2. 대칭 연흔 만들기 (www.earthscienceeducation.com/deposition.htm)

정리

❶ 연흔은 직선으로 형성되었는가, 곡선으로 형성되었는가?

❷ 구조의 각각의 측면 기울기의 각도는 다른가?

❸ 이러한 구조를 대칭연흔이라 한다. 이것은 적당한 속도를 가진 흐름이 모래 위를 지나는, 진동하는 물의 흐름에 의해 형성된다. 이를 통해 과거의 물의 흐른 방향을 찾는데 이용할 수 있는가?

준비단계 학습 9

실험	야외학습 지역 지질도 작성
준비물	그림 1, 그림 2, 연필, 색연필
과정	① 그림 2를 아래에 놓고, 그림 1을 위에 포개 놓는다. ② 포개놓은 그림들에 나타난 도로들을 이용하여 잘 겹치도록 조절한 후 두 그림을 고정시킨다. ③ 그림 2에 표시된 지층경계선을 위에 포개진 그림 1에 그려 넣는다. (이때, 창문에 놓고 뒤쪽으로 햇빛이 들어오도록 해야 잘 보인다.) ④ 그림 2를 참고로 하여 그림 1에 지층의 종류를 표시하고, 색을 칠한다.
정리	❶ 우리가 관찰할 지역에 주로 분포하고 있는 지층의 종류를 써보자. ❷ 인터넷을 이용하여 송악산 일대를 소개하고 있는 자료 중 지질학적 자료를 간단히 정리하여 보자.

그림 1. 관찰지역 지형도(국립지리원, 1997)

그림 2. 야외학습지역 지질도(박기화 외, 2000)

나. 야외 학습 단계의 탐구학습지

야외학습단계 학습 1	
관찰	1. 동쪽으로 보이는 산방산과 한라산은 모두 마그마가 분출하여 만들어진 화산이다. 두 화산의 생김새를 관찰하고, 그림을 곁들여 화산형태의 특징을 써보자. 2. 멀리 한라산은 주로 어두운 현무암으로 구성되어 있다. 산방산을 이루고 있는 암석의 색깔이 어떤지 써보자. 3. 층리가 확연하게 달라지는 곳을 찾아보자. 이 지점의 층리를 관찰하면, 위・아래 지층의 암석이 매우 다름을 알 수 있다. 암석분류표를 이용하여 각 지층의 암석의 종류를 분류하여보자. 3-1. 두 층리의 생성 순서를 결정하여 보자. 이때 사용된 지사연구의 법칙은 무엇인가?

관찰

3-2. 아래쪽 지층의 암석들은 한 덩어리로 되어있지 않고, 육각형, 오각형 또는 사각형 모양으로 갈라져 있다. 이 암석들을 그림으로 그려보자.

3-3. 아래쪽 지층에 보이는 이러한 구조를 무엇이라 하는가?

5. 퇴적물들이 기울어져 퇴적된 구조를 찾아 그림으로 그려보자.

6. 이러한 퇴적구조를 무엇이라 하는가?

7. 이 퇴적구조가 보이는 층의 두께를 측정하고, 클리노미터를 이용하여 기울어진 퇴적물들의 각도를 측정하여보자.

8. 이 퇴적구조를 이용하여 지층의 상·하를 결정하여 보자.

정리

1. 산방산과 한라산의 암석 색이 다른 이유는 무엇일까? 암석의 색이 화산의 형태와 어떤 관계가 있을까?
2. 관찰문제 3의 아래쪽 지층을 구성하는 암석은 많은 기공을 가지고 있다. 이 기공들의 생성원인은 무엇일까?

2-1. 아래쪽 지층을 구성하는 암석의 갈라진 모양은 암석의 종류와 관련이 있는가? 있다면 암석의 종류에 따라 갈라지는 모양이 다른 암석의 예를 더 찾아 써보자.

3. 관찰문제 5의 퇴적구조가 생성되는 과정을 생각해 보자.
4. 관찰문제 5의 퇴적구조를 통해 물의 흐른 방향을 유추해보자. 물의 흐른 방향을 그렇게 정한 이유는 무엇인가?

야외학습단계 학습 2

관찰

1. 퇴적입자들이 층리의 아래쪽에서 위쪽으로 갈수록 작아지는 특이한 구조를 보이는 곳을 찾아 그림으로 그려보자.

2. 이러한 퇴적 구조를 무엇이라 하는가?

3. 위 퇴적구조를 이용하여 지층의 상하를 판단하여 보자.

4. 아래쪽의 지층의 일부를 위쪽 지층에 포함하고있는 구조를 찾아 관찰하고 그림으로 그려보자.

4-1. 지층의 생성순서를 결정하여 보자.

5. 땅이 갈라진 모양이 나타난 지층을 찾아 그림으로 그려보자. 또 이지층의 측면에 나타난 구조를 그림으로 그려보자.

5-1. 이러한 퇴적구조를 무엇이라 하는가?

5-2. 이 지층의 상·하를 판단하여 보자.

5-3. 이렇게 땅이 갈라진 형태는 어떤 곳에서 찾아볼 수 있는가?

정리 1. 관찰문제 1·2에서 관찰한 퇴적구조는 어떻게 형성된 것일까?

2. 관찰문제 4의 그림을 보고 위쪽 지층이 아래쪽 지층 물질을 포획하게 되는 과정을 설명하여 보자.

2-1. 관찰문제 4-1에서 지층의 생성순서를 그렇게 결정한 이유가 무엇인지 써보자.

3. 관찰문제 5에서 관찰된 퇴적구조는 어떻게 형성된 것일까?

3-1. 관찰문제 5-2에서 지층의 상·하를 위와같이 판단한 이유를 써보자.

3-2. 이러한 퇴적구조는 어떤 환경에서 만들어진 것일까?

야외학습단계 학습 3

관찰

1. 주변에 물결무늬가 나타나는 지층을 찾아 그림을 그려보자. 또 능의 높이와 파장을 측정하여 표기하여 보자.

1-1. 그 주변에 현생에서 물결무늬가 만들어진 곳을 찾아 암석에 나타는 무늬와 비교해 보자.

1-2. 현생 물결무늬가 형성된 곳은 어떤 환경인지 관찰하여 기록해보자.

1-3. 이 물결무늬를 참고로 지층의 상·하를 판단하여 보자.

관찰

2. 주변에서 새발자국과 발굽화석을 찾아 그림을 그려보자.

① 새발자국 화석

② 발굽화석

2-1. 이런 화석을 무엇이라 하는가?

2-2. 걸어간 흔적을 볼 수 있는 화석을 찾아 발자국 사이의 길이를 측정하여 기록해 보자.

정리

1. 관찰문제 1의 물결무늬는 어떤 환경에서 형성되는 것일까?

1-1. 관찰문제 1-4에서 지층의 상·하를 위와같이 판단한 이유는 무엇인가?

2. 관찰문제 2에서 어떻게 단단한 돌에 이런 흔적이 남게 되었을까?

2-1. 무엇 때문에 이곳에 이런 흔적이 남아있는 것일까?

야외학습단계 학습 4

관찰

1. 송악산 절벽으로부터 떨어져 나온 전석의 남쪽 단면을 그림으로 그려 보자.

2. 이 전석의 중앙에 포함된 역을 조사하고, 암석분류표를 이용하여 암석의 종류를 알아보자. 또 이 역의 크기를 측정하여 보자.

3. 이 전석의 상·하를 판단하여 보자.

정리

1. 관찰문제 1의 그림을 보면, 큰 역이 놓인 아래쪽이 눌린 구조를 볼 수 있는데, 이러한 구조는 어떻게 만들어졌을까?
2. 관찰문제 3에서 암석의 상·하를 위와같이 판단한 이유를 써보자.

야외학습단계 학습 5

관찰	1. 원래는 분석구를 이루고 있던 물질들이 사면 아래로 흘러내려 쌓여있는 곳을 찾아보자. 이러한 구조를 무엇이라 하는가? 1-1. 암석분류표를 이용하여 이 암석의 종류를 알아보자. 1-2. 제주도에서는 이 암석을 무엇이라 부르는가? 1-3. 이와같은 암석을 제주도에서는 주로 어디에 사용하는가?
정리	1. 이런 암석들 중 일부는 물에 띄웠을 때, 뜨는 것들이 있다. 어떻게 이 암석은 물에 뜰수 있는 것일까?

야외학습단계 학습 6

관찰

1. 송악산 분화구의 전체적인 모양을 관찰하고, 그림으로 그려보자. 또 각부분의 명칭을 써보자.

2. 분화구 중앙에 솟아있는 분석구를 형성하고 있는 암석의 종류를 암석 분류표를 이용하여 알아보자.

3. 분화구 남쪽 해안초소가 위치한 곳을 보면, 소분석구들이 여러 개 산재해 있다. 만약 송악산을 한라산이라고 가정한다면, 이 소분석구들은 무엇에 해당할까?

정리

1. 송악산 분화구는 어떻게 만들어진 것일까?
2. 송악산 남쪽에 위치한 소분석구들은 어떻게 형성된 것일까?

야외학습단계 학습 7

관찰

1. 지층이 서로 어긋나 있는 곳을 찾아 그림으로 그려보자.

2. 이러한 구조를 무엇이라 하는가?

3. 지층이 어긋난 선을 중심으로 상반과 하반을 구분하여 보자. 또 그렇게 구분한 이유를 써보자.

4. 상반과 하반의 이동상태를 알아보고, 이에 따른 구조의 종류를 구분하여 보자.

정리

1. 이 구조는 어떤 힘에 의하여 형성된 것일까?
2. 이런 구조가 형성되는 과정을 설명하여 보자.

야외학습단계 학습 8

관찰

1. 측면에 물결무늬가 나타나는 지층을 찾아 그림으로 그려보자. 또 능의 높이와 파장을 측정하여 표기하여 보자.

1-1. 앞의 야외학습 3에서 관찰한 물결무늬와의 규모를 비교하여 보자.

2. 측면에 물결무늬가 보이는 층리 중 퇴적물질들이 물결무늬 사면을 따라 기울어져 퇴적된 지층을 따라 그림을 그려보자.

2-1. 이러한 퇴적구조를 무엇이라 하는가?

2-2. 이 퇴적구조가 나타나는 층의 두께를 측정해보자.

2-3. 위의 야외학습 1에서 관찰한 유사한 퇴적구조와 그 규모를 비교하여 보자.

정리

1. 야외학습 1의 관찰문제 5에서 관찰한 것과 같은 퇴적구조가 다시 관찰되었다. 이러한 퇴적구조의 생성과정을 야외학습1의 정리문제 3에서 생각해 보았다. 이 관찰지점에서 관찰문제 2에 관찰한 퇴적구조의 그림을 잘 살펴보고, 우리가 유추했던 생성과정이 올바른지 평가하여보자.
   만약 생성과정을 잘못 유추하였다면, 올바른 생성과정을 다시 한번 생각하여 정리해보자.

다. 요약단계의 토론지

요약단계 학습 1	
조별 토론	1. 산방산과 한라산의 암석 색이 다른 이유는 무엇일까? 암석의 색이 화산의 형태와 어떤 관계가 있을까? 2. 관찰문제 3의 아래쪽 지층을 구성하는 암석은 많은 기공을 가지고 있다. 이 기공들의 생성원인은 무엇일까? 2-1. 아래쪽 지층을 구성하는 암석의 갈라진 모양은 암석의 종류와 관련이 있는가? 있다면 암석의 종류에 따라 갈라지는 모양이 다른 암석의 예를 더 찾아 써보자.

조별 활동	3. 관찰문제 5의 퇴적구조가 생성되는 과정을 생각해 보자. 4. 관찰문제 5의 퇴적구조를 통해 물의 흐른 방향을 유추해보자. 물의 흐른 방향을 그렇게 정한 이유는 무엇인가?

요약단계	학습 2
조별 토의	1. 관찰문제 1·2에서 관찰한 퇴적구조는 어떻게 형성된 것일까? 2. 관찰문제 4의 그림을 보고 위쪽 지층이 아래쪽 지층 물질을 포획하게 되는 과정을 설명하여 보자.

조별 토의

2-1. 관찰문제 4-1에서 지층의 생성순서를 그렇게 결정한 이유가 무엇인지 써보자.

3. 관찰문제 5에서 관찰된 퇴적구조는 어떻게 형성된 것일까?

3-1. 관찰문제 5-2에서 지층의 상·하를 위와같이 판단한 이유를 써보자.

3-2. 이러한 퇴적구조는 어떤 환경에서 만들어진 것일까?

요약단계	학습 3
조별 토의	1. 관찰문제 1의 물결무늬는 어떤 환경에서 형성되는 것일까? 1-1. 관찰문제 1-4에서 지층의 상·하를 위와같이 판단한 이유는 무엇인가? 2. 관찰문제 2에서 어떻게 단단한 돌에 이런 흔적이 남게 되었을까? 2-1. 무엇 때문에 이곳에 이런 흔적이 남아있는 것일까?

요약단계	학습 4
조별 토의	1. 관찰문제 1의 그림을 보면, 큰 역이 놓인 아래쪽이 눌린 구조를 볼 수 있는데, 이러한 구조는 어떻게 만들어졌을까? 2. 관찰문제 3에서 암석의 상·하를 위와같이 판단한 이유를 써보자.

요약단계	학습 5
조별 토의	1. 이런 암석들 중 일부는 물에 띄웠을 때, 뜨는 것들이 있다. 어떻게 이 암석은 물에 뜰수 있는 것일까?

요약단계	학습 6
조별 토의	1. 송악산 분화구는 어떻게 만들어진 것일까? 2. 송악산 남쪽에 위치한 소분석구들은 어떻게 형성된 것일까?

요약단계 학습 7	
조별 토의	1. 이 구조는 어떤 힘에 의하여 형성된 것일까? 2. 이런 구조가 형성되는 과정을 설명하여 보자.

요약단계	학습 8
조별 토의	1. 야외학습 1의 관찰문제 5에서 관찰한 것과 같은 퇴적구조가 다시 관찰되었다. 이러한 퇴적구조의 생성과정을 야외학습1의 정리문제 3에서 생각해 보았다. 이 관찰지점에서 관찰문제 2에 관찰한 퇴적구조의 그림을 잘 살펴보고, 우리가 유추했던 생성과정이 올바른지 평가하여보자. 만약 생성과정을 잘못 유추하였다면, 올바른 생성과정을 다시한번 생각하여 정리해보자.

8. 개발된 야외학습장에 대한 타당도 검증

본 연구에 의해 개발된 야외학습 코스에 있어서, 코스를 개발하는데 이용한 야외학습개발모듈의 활용성과 야외학습을 교육과정에 포함시킬 수 있는 가능성 및 개발된 야외학습 지역의 적정성, 교수·학습 보조물의 활용성에 대한 타당도를 검증 받기 위하여 도내 고등학교에서 지구과학을 가르치시는 교사들에게 개발한 자료와 함께 설문지를 작성하여 투입한 후, 결과를 분석해 보았다.

도내 고등학교에서 지구과학을 가르치는 17명의 교사에게 설문지를 투입하였고, 총 10부를 회수하였다. 설문 결과는 표 9과 같다.

표 9. 타당도 설문 결과

문 항	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 아니다	1·2번을 기재했을 시 조언 바랍니다.
	5	4	3	2	1	
1. 야외학습 코스가 야외학습개발모듈에 따라 적절히 개발되었다고 생각하십니까?	6명	4명				
2. 설정된 야외학습 지역이 학생들에게 친근하다고 생각하십니까?	6명	3명	1명			
3. 준비학습 단계에서 실시되는 실험은 학생들이 야외학습을 하는데 도움이 될 것이라 생각하십니까?	5명	5명				
4. 야외학습 관찰지점으로 선정된 지역에서 관찰할 자연현상이 지구과학II의 학습내용으로 적절하다고 생각하십니까?	6명	4명				
5. 야외학습 단계에서 각 관찰지점에 제시된 관찰과제는 적절하다고 생각하십니까?	6명	4명				
6. 요약 단계에서 제시된 과제는 야외학습에서 관찰한 내용을 토대로 조별 토의에 의해 이루어집니다. 과제가 적절하다고 생각하십니까?	4명	5명	1명			

표 9. 계속

문 항	매우 그렇다	그렇다	보통 이다	그렇지 않다	전혀 아니다	1·2번을 기재했을 시 조언 바랍니다.
	5	4	3	2	1	
7. 준비단계, 야외학습단계, 요약단계로 나누어 구체적인 내용에서 추상적인 내용으로 학습이 이루어지록 한 점은 적절하다고 생각하십니까?	4명	6명				
8. 제시된 교수보조물은 교사에게 많은 도움이 된다고 생각하십니까?	4명	6명				
9. 개발된 야외학습코스가 교육과정에 잘 포함되었다고 생각하십니까?	5명	5명				
10. 야외학습단계에서 설정된 학습코스는 관찰지점 사이의 이동과 학습함에 있어서 적절하다고 생각하십니까?	3명	5명	2명			
11. 보다 좋은 의견이 있으시면 지도 조언바랍니다.						

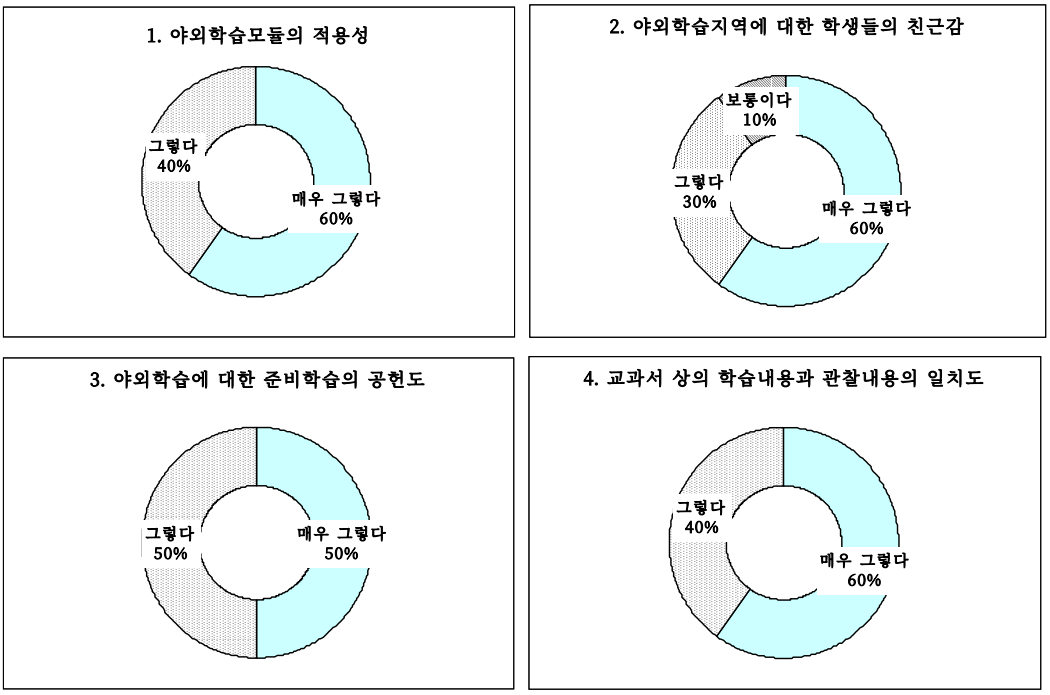
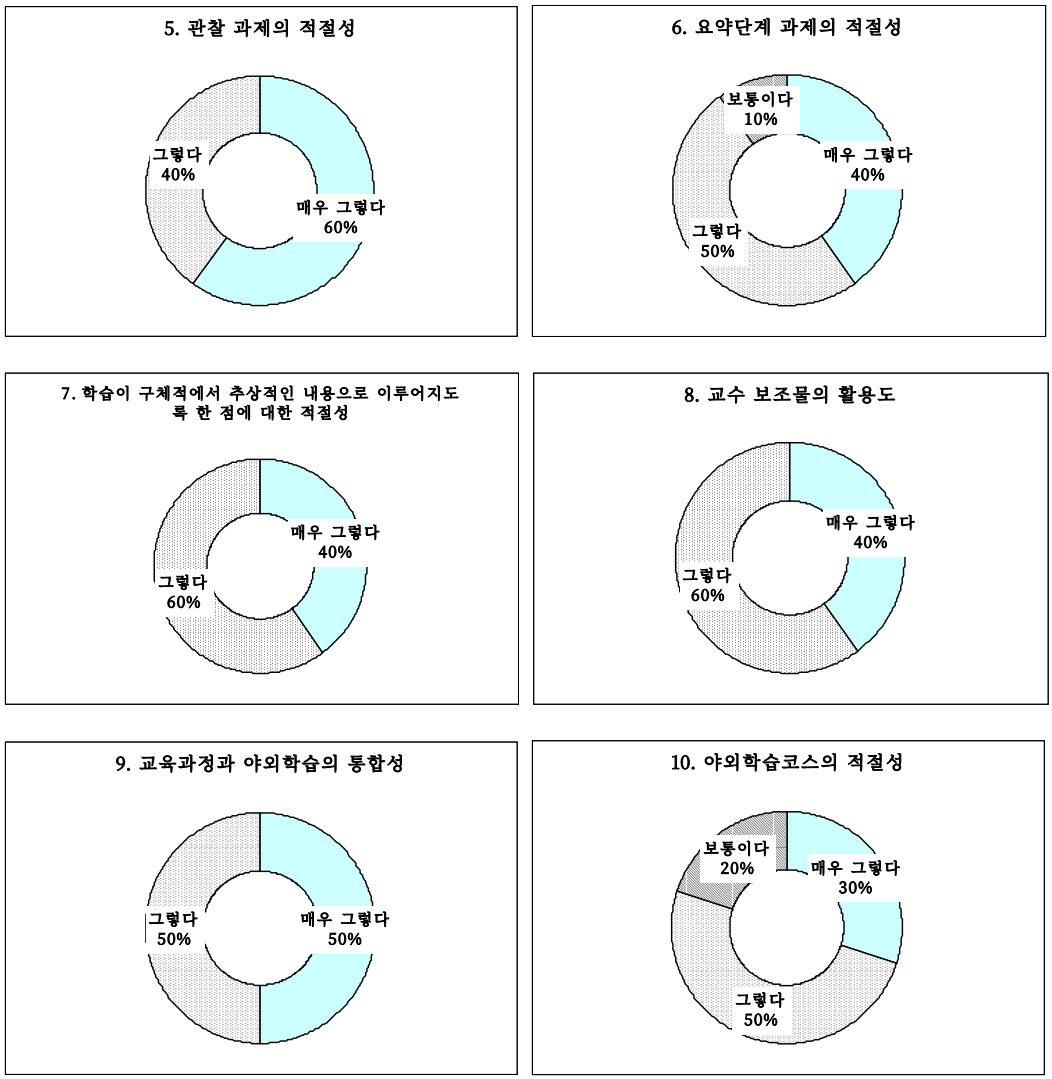


그림 9. 타당도 설문 결과

그림 9. 계속



설문조사 결과 야외학습 모듈을 이용하여 학습을 구성하는 것이 효율적이며, 학습지역의 친근도에 있어서는 남제주군 관내 학교에서는 친근하다고 하였으나, 제주시나 북제주군 관내 학교에서는 보통으로 조사되었다. 준비학습은 비교적 야외학습의 준비에 적절하다는 평가를 받았으며, 준비단계・야외학습단계・요약단계를 통해 학습이 구체적인 것에서 추상적인 것으로 전개되도록 한 점

또한 적절하다는 평가를 받았다. 또한 교육과정에 야외학습을 포함시키고자 한 노력에도 긍정적인 평가를 받았다.

기타 조언으로는 준비단계가 실험, 관찰 위주로 되어 있어 영상자료나 그림 자료가 첨부되었으면 하는 의견이 있었고, 요약학습 단계에 할당된 8시간이 우리나라 교육실정으로는 과도한 시간 배당이 아니겠는냐는 의견이 제시되었다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구의 목적은 탐구학습이 효과적으로 이루어질 수 있도록 야외 학습을 개발하는 모듈을 이용하여 지구과학 지질 분야의 야외 학습을 위한 코스 및 학습 자료를 개발하고, 야외 학습을 준비하는 교사들에게 주변 환경을 적절히 활용하여 교수-학습이 이루어지도록 하는 하나의 교수-학습 방법을 제시하고자 하는 것이다. 또한 제주도의 지역적 특성을 살려, 관광지를 그대로 학습의 장으로 연결시킴으로써 단순한 관광 목적으로 이루어지고 있는 내륙 학생들의 수학여행이 실제적인 수학여행으로써의 목적을 달성할 수 있는 안내서를 마련함으로써 제주도에 대한 다른 시각을 심어주는 계기를 마련하고자 하는데 있다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

과학교육에 대두되고 있는 구성주의는 학생들이 직접 경험하고 스스로 개념을 구성하는데 그 초점을 두고 있다. 이에 교육과정 상에서 제시되고 있는 학습 내용중 학생들이 직접 보고, 느끼고, 관찰할 수 있는 내용을 파악하고 이를 경험할 수 있는 야외 학습장을 개발하였다. 야외 학습장 개발은 야외와 관련된 활동을 개발하는데 마주칠 수 있는 장애물들을 극복할 수 있도록 돕기 위해 설계된 야외학습모듈을 이용하여 모듈이 제시하는 과정을 따라 개발되었다. 직접적인 야외학습의 실시에 있어서는 준비단계에서 야외학습 전에 새로운 경험의 장을 최소화할 수 있는 활동으로 실험실에서의 실시할 구체적 실험을 제시하였고, 야외학습 단계에서 지질현상을 관찰하는데 길잡이가 될 관찰문제를 제시하였고, 요약단계에서는 야외 관찰을 성공적으로 끝마친 후 관찰한 내용을 바탕으로 추상적인 문제를 교실에서 조별활동을 통해 토의하여 해결할 토의문제를 제시하였다. 또한 야외학습을 하는데 있어서 지도교사가 참고할 수 있는 교수보조물을 각 관찰지점마다 제시하였다.

개발된 야외학습장은 제주도 남서부의 송악산과 산이수동 해안도로 일대로

선정하였다. 이 지역은 응회환으로 형성된 전형적인 화산기원 퇴적암과 고등학교 지구과학 교과서에 제시하고 있는 대부분의 퇴적구조를 보여주고 있는 하모리층이 형성되어 있으며, 도로와 가까워 교통에 매우 편리하고, 접근에 용이한 넓은 지역으로 여러 학생이 관찰하기에 적당한 공간을 가지고 있어 야외학습 장소로 적합한 곳이다. 야외학습장은 8개의 관찰지점으로 구성하였으며, 도보나 차량으로 30분 이내의 거리로 이동할 수 있는 곳을 선정하였다.

야외학습 모듈이 제시하고 있는 과정을 따라 야외학습장을 개발·제시함으로써, 야외학습장 개발에 있어서 하나의 예를 제시하였다. 이는 앞으로 야외학습을 개발하고자 하는 교사에게 유용하게 사용될 수 있을 것이라 생각되며, 야외 활동을 교육과정에 통합시키는데도 유용하게 사용될 수 있다. 그리고 준비단계, 야외학습단계, 요약단계에 각각 제시된 학습지는 학생들의 구체적인 활동이 이루어지도록 문항이 형성되었으며, 교사가 야외학습을 지도함에 있어 도움이 될 교수보조물을 제시함으로써, 실제적으로 활용할 수 있도록 하였다.

또한 도내 고등학교에서 지구과학을 가르치는 교사들에게 설문지를 투입하여 야외학습모듈 및 야외학습을 교육과정에 포함시키는 작업, 야외학습 지역의 친숙도 및 교수·학습 보조물의 활용성에 대한 긍정적인 평가를 받았다.

2. 제언

본 연구를 통해 야외학습을 개발하고 이를 교육과정에 포함시키는 작업과 교수·학습 보조물을 개발하였다. 이러한 야외학습의 개발 및 활용에 있어서 다음과 같은 몇 가지 제언을 하고자 한다.

첫째, 교사들이 야외학습을 개발하는데 있어서 야외학습개발모듈에 대한 정보가 보다 많이 제공되고, 교사들간의 활발한 정보 교환이 필요하다.

둘째, 좋은 자연환경을 가진 제주도 전체를 야외학습장으로 개발하고 이를 활발히 홍보하는 작업이 필요하다.

셋째, 검증 받은 야외학습 코스를 학생들에게 투입하고 그 결과를 통해 야외학습 성취에 영향을 주는 요인들에 대한 검증을 시도해 볼 필요가 있다.

넷째, 개발된 야외학습을 실제로 적용하여 교육과정에 적절히 포함되는지를 검증할 필요가 있다.

참고문헌

Bruner, J. S., 1996, The culture of education. Cambridge. Harvard University Press, p. 19-20.

Falk, J. H. and Balling, J. D., 1982, The field trip milieu: Learning and behavior as a function of contextual events. Journal of Education Research, 76, p. 22-28.

Falk, J. H., Martin, W. W. and Balling, J. D., 1978, The novel field trip phenomenon: Adjustment to novel settings interferes with task learning. Journal of Research in Science Teaching, 15, p. 127-134.

Fido, S. H. and Gayford, G. C., 1982, Field work and the biology teacher: A survery in secondary schools in England and Wales. Journal of Biological Education, 16, p. 27-34.

Karplus, R. and Lawson, A. (Eds.)., 1974, SCIS Teacher's handbook. Berkeley, California: Lawrence Hall of Science.

Kent, V. Z., 1977, Field projects in the high school earth science course. Journal of Geological Education, 25, p. 85-86.

Kern, E. L. and Carpenter, J. R., 1984, Enhancement of student values, interests and attitudes in earth science through a field-oriented approach. Journal of Geological Education, 32, p. 299-305.

MacKenzie, A. and White, R., 1982, Fieldwork in geography and long-term memory structure. American Educational Research Journal, 19, p. 623-632.

McKenzie, G., Utgard, R., and Lisowski, M., 1986, The importance of field trip, a geological example. Journal of College Science Teaching,

16, p. 17-20.

Mirka, G. D., 1970, Factors which influence elementary teachers use of out-of-doors. Unpublished master thesis, Ohio State University.

Novak, J. D., 1976, Understanding the learning process and effectiveness of teaching methods in the classroom, laboratory and field. Science Education, 60, p. 493-512.

Orion, N. and Hofstein, A., 1991b, Factors which influence learning ability during a scientific field trip in a natural environment. Proceedings of the annual convention of the National Association for research in Science Teaching, Fontana, IL.

Orion, N., 1989, Development of a high-school geology course based on field trips. Journal of Geological Education, 37, p. 13-17.

Orion, N., 1993, A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. School Science and Mathematics, 93, p. 325-331.

Piaget, J., 1970, Structuralism. New York: Basic Books.

Sorentino, A. V., and Bell, P. E. A., 1970, A comparison of attitude values with empirically determined values of secondary school field trips. Science Education, 55, p. 233-236.

교육부, 1997, 고등학교 제 7차 교육과정, p. 227-244

문승의, 외, 1993, 관측・실험・실습. 춘광, p. 213-215.

박기화, 조등룡, 김정찬, 2000, 모슬포・한림도폭 지질보고서(1:50,000). 한국자원연구소.

박정웅, 이문원, 전영호, 김재현, 조후자, 맹승호, 박정희, 2001, 제주도로 떠나는 자연사 여행. 한국지구과학회.

박종규, 1987, 야외 학습 지도의 이론과 실제. 과학 교육, 271, p. 41-48.

박종호, 1993, 공주 지역 야외 지질 실습 자료 개발 및 지도 방안에 관한 연구. 공주대학교 교육대학원 석사학위 논문, p. 67.

서승조, 1990, 진주 성지공원 일대의 지질-지질 분야 현장 교육 자료 활용에 관련하여-. 진주 교대 과학 교육 연구, 16, p. 1-20.

송시태, 임창두, 2001, 자연환경 체험학습 자료집. 제주도과학고등학교, p. 82-84

안순호, 1994, 야외 지질 학습 프로그램의 개발과 이를 적용한 태도 변화에 대한 연구. 한국 교원대학교 대학원 석사학위 논문, P. 79.

오승찬, 강대붕, 1986, 지역 단위 야외 실습장 개발 및 활용에 관한 연구. 전국과학전람회(32회), p. 25.

유강민 외, 1997, 퇴적암석학. 민음사, p. 110-112.

이문원, 1985, 과학교육. 서울: 교육과학사, p. 626.

이상교, 1985, 야외관찰 관측 활동이 지구과학의 학습 태도 및 학력에 미치는 효과. 전북대학교 교육대학원 석사학위 논문, p. 45.

이원국, 외, 1995, 지구과학실험. 교문사, p. 141-143, 237-244, 253-256.

이제룡, 1977, 소요산 일대의 지질 연구 논문. 공주교육대학 논문집, 13(2), P. 329-345.

임성아, 고정선, 윤성효, 2000, 제주도 서부 송악산 일대 알칼리현무암내 스피넬-레졸라이트 포획체 연구. 한국암석학회・한국광물학회 공동학술발표회 논문집.

전영호, 1996, 충북 영동 지역의 야외 지질 학습 자료 개발 및 활용에 관한 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문, p. 69-70.

정남식, 1994, 야외학습을 통한 학생들의 개념 변화. 과학교육, 352, p. 52-58

정원우, 서승조, 1984, 대구 근교의 야외지질 실습 코스(I). 경북대 논문집(자연과학), 37, p. 419-425.

정진우, 우종옥, 김찬종, 임청환, 이연우, 소원주, 정남식, 이경훈, 이항로, 홍성일, 윤선진, 정철, 박진홍, 1999, 지구과학교육론, p. 7

조성권, 이철우, 손영관, 황인걸, 1995, 퇴적학. 도서출판祐成, p. 189-190.

허 형, 2000, 교육방법의 새 패러다임: 지식의 구성과 평가. 교육마당21, 11, p. 46-51.

홍순관, 1993, 전곡읍 일원에 분포하는 화산암을 중심으로 한 지구과학적 현상 탐구 및 교과교육 적용에 대한 연구, 옥포 장학회 지원 연구 보고서, P. 104.

홍정수, 장남기, 1997, 중등학교 과학과 야외활동의 실태 및 개선 방안. 한국과학교육학회지, 17(1), p. 85-92

황상구, 2000, 제주도 송악산 응회환·분석구 복합체의 화산형태. 지질학회지 36권 4호, P. 473-486.

황상구, 황재하, 김동학, 1992, 제주도 송악산 응회환·분석구의 화산과정. 지질학회지 28권 1호, p. 110-120.

http://203.253.36.85/prog/earth2/unit2/txt/v2-2p.html#순상

http://volcano.und.nodak.edu/vwdocs/volc_images/img_stromboli.html

http://volcano.und.nodak.edu/vwdocs/volc_images/europe_west_asia/more_vulcano.html

http://earthview.sdsu.edu/412b/vesuvius/vesuvius.html

http://perso.wanadoo.fr/dmo/martinique/montpelee

http://vishnu.glg.nau.edu/people/jhw/GLG101/Sedimentary.html

http://www.geo.lsa.umich.edu/~crlb/COURSES/117/Lec7/lec7.html

http://www.geol.ucsb.edu/~fisher/pfs.htm

http://urban.arch.virginia.edu/struct/pompeii/images/pages/p-366-flow-section-crop.html

http://pubs.usgs.gov/gip/volc/types.html

http://www.iris.washington.edu/seismic/events/faults.html

도 판 Ⅰ 설 명

사진 1. 관찰지점 1의 한라산과 산방산의 모습

사진 2. 관찰지점 1의 광해악 현무암과 하모리층

사진 3. 관찰지점 1의 하모리층에 분포하는 사층리

사진 4. 관찰지점 2의 하모리층에 분포하는 점이층리

사진 5. 관찰지점 2의 하모리층에 분포하는 하부지층의 역을 포함한 상부지층

사진 6. 관찰지점 2의 하모리층에 분포하는 건열

도 판 Ⅰ

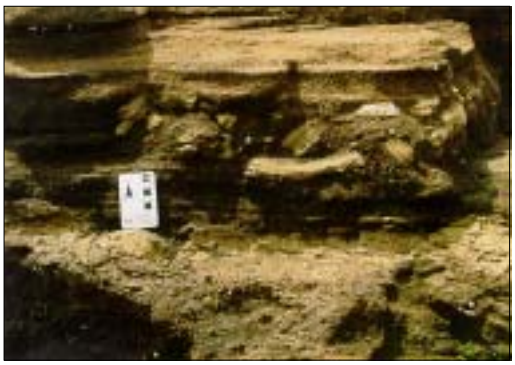
1

2

3

4

5



6

도 판 Ⅱ 설 명

사진 1. 관찰지점 3의 하모리층에 분포하는 연흔

사진 2. 관찰지점 3의 하모리층에 분포하는 새발자국 화석

사진 3. 관찰지점 3의 하모리층에 분포하는 새발자국 화석

사진 4. 관찰지점 3의 하모리층에 분포하는 우제류 발자국 화석

도 판 Ⅱ

1

2

3

4

도 판 Ⅲ 설 명

사진 1. 관찰지점 3의 하모리층에 분포하는 우제류의 보행흔

사진 2. 관찰지점 4의 송악산 응회암에서 bomb sag을 포함한 역전된 전석

사진 3. 관찰지점 5의 송악산 분석구를 형성하고 있는 스코리아

사진 4. 관찰지점 5의 스코리아로 구성된 분석구에 분포하는 테일러스

사진 5. 관찰지점 5의 송악산 용암연 위에 분포하는 소분석구 복합체

사진 6. 관찰지점 6의 송악산 이중분화구

도 판 Ⅲ

1

2

3

4

5

6

도 판 Ⅳ 설 명

사진 1. 관찰지점 7의 송악산 응회암에 분포하는 퇴적동시성 정단층

사진 2. 관찰지점 8의 하모리층에 분포하는 소규모의 연흔

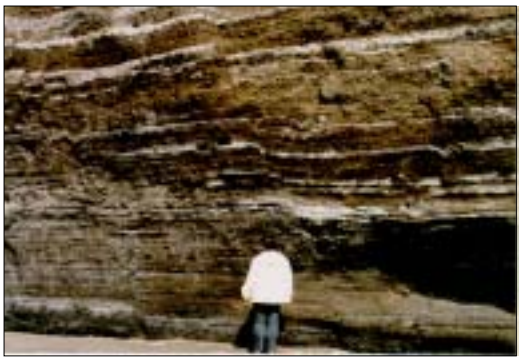
사진 3. 관찰지점 8의 하모리층에 분포하는 소규모의 연흔

사진 4. 관찰지점 8의 하모리층에 분포하는 연흔의 사면에 형성된 사층리

사진 5. 관찰지점 8의 하모리층에 분포하는 역암

도 판 Ⅳ

1



2

3

4

5

ABSTRACT

A Development of Field Geology Course in Mt. Songak Area, Jeju Island by Using Field Geology Module

Kang Ji Hyun

Major in Earth Science Education
Graduate School of Education
Korea National University of Education
Chung Buk, KOREA

Supervised by Professor Kim, Jeong Yul, Ph. D.

The purpose of this study is to develop a field geology course in Mt. Songak Area, Jeju Island by using field geology module, and to offer how to apply the materials to the geologic units in the Earth Science textbooks for high school students. The study area is located in Mt. Songak and Sanyisoodong, south-western Jeju Island. Due to the fresh outcrops, accessibility and enough space, students can observe easily various kinds of rocks and geologic structures which are included in the geologic units in the Earth Science textbooks. The field geology course contains 8 stations and the distance between the stations is about a 15-minute walking distance or less than a 10-minute driving distance. This field geology course is developed by using field geology module that was designed to help teachers overcome some of the obstacles they may encounter in the

development of field-related activities. In the preparatory unit, it offers concrete laboratory experiments for reducing the three components of the novelty space to a minimum. The field trip unit offers observation-problem for geologic phenomena. In the summary unit, it includes more complex concepts which demand a higher abstraction ability and a higher concentration level for the students. The learning cycle of these three units integrates the field geology course in the curriculum. Teaching and learning aids are developed in these units.

※ A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Korea National University of Education in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Education(Earth Science Education) in February, 2002

부록 1. 교육과정 상의 학습개념 위계도

부록 2. 야외 지질 학습 코스 및 자료의 타당도 조사 의뢰서

바쁘신 중에 번거롭게 해드려 대단히 죄송합니다.

본 연구자는 야외학습 코스를 개발하는데 활용될 수 있는 모듈을 이용하여 고등학교 지구과학II에 제시된 내용을 학습할 수 있는 야외학습 코스를 개발하였습니다.

본 자료는 준비학습단계와 야외학습단계, 요약단계로 개발되었으며, 준비학습단계에서는 야외학습을 실시하기 전에 익혀야 할 기술적인 내용과 실험을 통해 학습할 수 있는 자연현상을 실험실에서 미리 학습할 수 있도록 개발되었고, 야외학습 단계에서는 관찰지역에서 직접 관찰을 통해 해결할 구체적 과제만을 제시하였으며, 요약단계에서 교실로 돌아와 야외학습에서 스스로 관찰한 구체적인 내용을 바탕으로 해결할 보다 추상적이고 창의적인 과제를 제시하여 학생들로 하여금 해결하게 함으로써, 단지 하루동안에 야외에서 활동하는 학습이 아니라 과학교육과정 내에 야외학습이 포함될 수 있도록 개발하여 보았습니다. 또한 야외학습 관찰 지점에 대한 교수보조물을 제작하여 교사가 야외학습을 실시할 때 도움이 될 수 있도록 하였습니다.

첨부된 자료(야외학습개발모듈, 야외학습지역 및 코스, 준비학습・야외학습・요약학습별 학습자료, 교수보조물, 관찰지역의 사진)를 참고하시어 다음 질문에 대해 상세히 작성해 주시고, 좋은 의견을 보내주시면 많은 도움이 되겠습니다.

한국교원대학교 대학원 지구과학교육 전공

강 지 현 올림

문 항	매우 그렇다	그렇다	보통 이다	그렇지 않다	전혀 아니다	1·2번을 기재했을 시 조언 바랍니다.
	5	4	3	2	1	
1. 야외학습 코스가 야외학습개발모듈에 따라 적절히 개발되었다고 생각하십니까?						
2. 설정된 야외학습 지역이 학생들에게 친근하다고 생각하십니까?						
3. 준비학습 단계에서 실시되는 실험은 학생들이 야외학습을 하는데 도움이 될 것이라 생각하십니까?						
4. 야외학습 관찰지점으로 선정된 지역에서 관찰할 자연현상이 지구과학II의 학습내용으로 적절하다고 생각하십니까?						
5. 야외학습 단계에서 각 관찰지점에 제시된 관찰과제는 적절하다고 생각하십니까?						
6. 요약 단계에서 제시된 과제는 야외학습에서 관찰한 내용을 토대로 조별 토의에 의해 이루어집니다. 과제가 적절하다고 생각하십니까?						

문 항	매우 그렇다	그렇다	보통 이다	그렇지 않다	전혀 아니다	1·2번을 기재했을 시 조언 바랍니다.
	5	4	3	2	1	
7. 준비단계, 야외학습단계, 요약단계로 나누어 구체적인 내용에서 추상적인 내용으로 학습이 이루어지록 한 점은 적절하다고 생각하십니까?						
8. 제시된 교수보조물은 교사에게 많은 도움이 된다고 생각하십니까?						
9. 개발된 야외학습코스가 교육과정에 잘 포함되었다고 생각하십니까?						
10. 야외학습단계에서 설정된 학습코스는 관찰지점 사이의 이동과 학습함에 있어서 적절하다고 생각하십니까?						
11. 보다 좋은 의견이 있으시면 지도 조언바랍니다.						

부록 3. 교수 보조물

야외학습단계 학습 1

관찰내용 : 종산화산과 순상화산의 형태, 사암과 현무암의 암석 분류, 사층리

1. 한라산과 산방산

: 한라산은 여러 번의 화산활동을 거쳐 오늘날의 모습을 하고 있다. 정상부분의 백록담부근을 제외하고는 전형적인 현무암질 마그마로 형성된 순상화산의 대표적인 예이다. 정상의 백록담인 경우 조면암과 하와이아이트로 구성되어 있다. 산방산은 고도 395m, 장반경 2Km, 단반경 1.4Km인 돔상의 구조로 되어 있는 산체이며, 정상에 분화구가 없다. 즉, 조면암으로 구성된 전형적인 종상화산의 예이다. 또한 돔 전체에 직경 1~2m의 주상절리가 잘 발달되어 있다.

두 화산의 형태를 비교함으로써 순상화산과 종산화산의 형태 차이를 학습할 수 있으며, 산방산의 경우 구성 암석의 색이 매우 밝음을 관찰할 수 있으므로 화산을 형성한 마그마의 종류에 따라 생성되는 암석이 다르며, 그에 따라 화산의 형태로 달라질 수 있음을 학습할 수 있는 좋은 장소이다.

2. 화산체의 형태

: 원통 모양의 중앙 화도로 용암이나 화산 분출물이 분출하는 경우를 말하며, 주로 원추형 화산체(volcanic cone)를 형성한다. 이러한 화산체들은 마그마에 함유된 가스의 양과 그 압력, 용암의 점성과 같은 용암의 성질과 화산 활동의 형태에 따라 다음과 같이 분류한다.

① 하와이형 화산 :
화구를 매운 용암호나 열하에서 유동성이 큰 현무암질 용암이 분출되며, 화산가스는 조용히 흩어져서 폭발성이 적기 때

[하와이형 화산(http://203.253.36.85/prog/earth2/unit2/txt/v2-2p.html#순상)]

문에 화산분출물의 양이 매우 적다. 용암의 유동성이 크기 때문에 경사가 완만한 화산체를 형성하며, 그 단면에는 여러 단위의 용암류가 흘렀던 흔적을 볼 수 있다. 하와이 섬이 대표적인 하와이형 화산의 예다. 용암이 충분히 분출한 뒤에 화구 부분이 함몰하여 칼데가를 형성하는 경우가 많다. 또한 중앙 화구가 메워진 후에 남은 마그마가 화산체의 측방에서 분출하는 경우를 흔히 볼 수 있다.

② 스트롬볼리형 화산 : 하와이형에 비해 유동성이 작은 용암이 화구에서 공기와 접촉하면 밀폐된 가스가 연속적으로 약한 폭발을 일으키게 된다. 용암 덩어리는 날려서 화산탄, 스코리아를 만들게 되며, 깊은 곳에서 팽창된 가스가 솟아 오르면서 화도 내에 있는 용암을 뚫고 나와 분화구 상에 분천을 형성하기도 한다. 이탈리아 시칠리아 섬 북쪽의 Lipari제도의 스트롬볼리 화산에서 유래된 분출상이다.

[스트롬볼리 화산(Photographs courtesy of and copyrighted by Mike Lyvers; http://volcano.und.nodak.edu/vwdocs/volc_images/img_stromboli.html)]

③ 불칸형 화산 : 용암 표면이 냉각되어 굳은 껍질이 형성된 후에 점성이 큰 용암이 폭발하여 이전에 생성된 껍질 부분이 파쇄되어 수많은 암편을 만들어 내면서 폭발과 분출이 번갈아 일어나는 화산 형태이다. Lipari제도의 Vulcano화산에서 유래된 분출상이다.

[불칸섬의 Fossa화산(Photograph courtesy of and copyrighted by Mike Lyvers; http://volcano.und.nodak.edu/vwdocs/volc_images/europe_west_asia/more_vulcano.html)]

④ 베수비오형 화산 : 불칸형 또는 스트롬불리형이었던 화산체가 다시 격렬한 폭발을 일으킬 경우, 마그마는 조용하고 평온했던 기간 동안 다량의 가스를 함유하고 있다가 단시간 내에 격렬하게 폭발하여 분출하게 된다. 열운(nuee ardente), lahar등을 만들어 낸다.

[베수비우스화산(http://earthview.sdsu.edu/412b/vesuvius/vesuvius.html)]

⑤ 플리니형 화산 : 베수비오형 화산이 매우 격렬할 경우 화산 가스는 엄청난 폭발을 일으키며, 다량의 경석과 화산재가 높이 솟아올라 바람을 타고 화산의 한 쪽에 집중적으로 떨러지는데 이러한 분출상을 플리니안형 화산이라고 한다.

⑥ 펠레형 화산 : 규장질의 점성이 강하고 가스 함량이 적은 용암이 분화구 주위로 흐르지 못하고 냉각되어 화산돔을 형성하는 경우를 말한다. 돔 내부에 갇혀있던 화산 가스가 그 압력이 높아지면 폭발하여 돔의 측방으로 분출되거나 돔 전체를 날려버리는 경우도 있다. 1902년 펠레 화산에서 유래된 분출상이다.

[펠레화산(http://perso.wanadoo.fr/dmo/martinique/montpelee/)]

3. 주상절리

: 주상절리는 용암이 식으면서 기둥모양으로 굳은 것으로, 기둥의 단면은 4~6각형의 다양한 모습으로 나타난다. 유동성이 큰 현무암질 용암류가 냉각될 때, 냉각중인 용암 표면에서 수축이 있어나는 중심점들이 생기게 된다. 이런 지점들이 고르게 분포하면서 그 점을 중심으로 냉각·수축이 진행되면 다각형의 규칙적인 균열이 생기게 된다. 이러한 균열들이 수직으로 발달하여 현무암층은 수천개의 기

둥으로 나누어지게 된다. 이들은 용암의 두께, 냉각속도 등에 따라 높이 수십 m, 지름 수십 cm의 다양한 모습으로 발달하게 된다(박정웅 외, 2001).

3. 응회암

: 관찰문제 3에 제시된 위쪽 층리로 하모리층이다. 원마도가 양호한 잔자갈을 포함하고 있으며, 층리발달이 매우 양호하고, 인접한 응회환에서 유래한 응회질로 구성되어 있다. 전형적인 퇴적암의 퇴적구조를 보여주고 있어 퇴적구조를 학습하는데 도움이 된다. 층리의 두께는 약 10cm 내외를 보이고 있으며, 아래쪽 층리인 광해악현무암을 피복하고 있다.

4. 현무암

: 관찰문제 3에 제시된 아래쪽 층리로 광해악현무암이다. 1~10mm 크기의 기공이 나타나나 노두에 따라 변화가 크다. 주로 감람석 반정이 우세하며, 소량의 휘석과 사장석이 함유되어 있다. 전형적인 현무암의 특징을 가지고 있으며, 주상절리가 발달되어 있어 학생들이 암석 감별 학습에 도움이 된다.

5. 퇴적구조

: 퇴적암 내에서 관찰되는 특징 중에서 구성입자보다 큰 규모를 말한다. 퇴적구조는 구성 입자의 조직이나 성분의 차이에 의해 육안으로 관찰될 수 있다. 퇴적구조는 그 기원에 따라서 여러 가지로 분류한다. 일차퇴적구조(primary sedimentary structure)는 퇴적작용의 직접적인 결과로 형성된 구조를 말한다. 일차퇴적구조는 퇴적작용과 퇴적환경을 유추할 수 있는 근거가 되며, 퇴적상 구분의 중요한 기준이 된다. 또한 고수류(paleoflow)의 방향을 알아낼 수 있는 단서를 제공하기도 한다. 퇴적물이 유수 또는 바람에 의해 운반되기 시작하면 퇴적물은 다양한 층면구조를 이루게 된다. 강가나 바닷가에서 관찰되는 물결자국과 사구, 사막에서 관찰되는 대규모의 사구 등이 좋은 예이다. 퇴적물의 이러한 형태적 특징

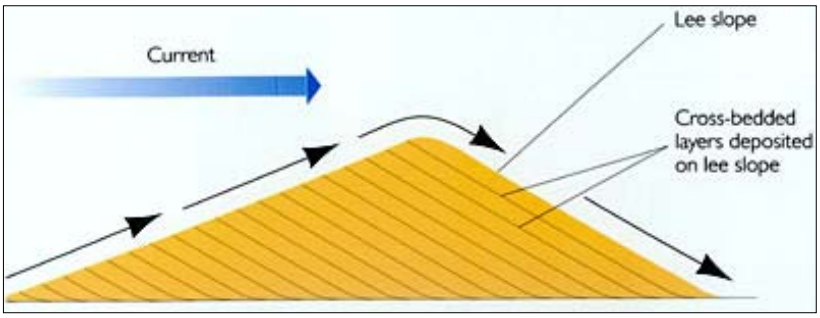
들은 일차퇴적구조로서 기록에 남게 된다. 따라서, 일차퇴적구조는 퇴적작용과 퇴적환경의 기록이라고 할 수 있다(조성권 외, 1995).

6. 층리(bedding)

: 층(bed)은 광물 조성, 입자 크기 및 모양 등이 위와 아래의 층과 구별될 때 구분하게 되며, 각 층은 층리면(bedding plane)으로 분리되어 진다. 층의 두께는 1cm이상이 되어야 하며, 1cm미만의 두께를 보이는 것을 엽층(lamina)이라고 한다. 층리면은 평행하게 나타나기도 하지만 연속 내지 불연속, 또는 곡선 내지 파도 모양으로 나타나기도 한다. 이렇게 층리면이 다양하게 나타나는 것은 퇴적 후 과정, 즉 속성작용, 풍화작용 및 생교란작용 등에 의해 생성된 것들이 있기 때문이며, 원래 초기의 층리면과 다른 층리를 위층리(pseudo bedding)라고 한다. 비슷한 광물 조성, 조직 및 내부 퇴적구조를 갖는 것을 단순층리세트(simple bedset)라 하고, 다른 특성을 갖는 층의 무리를 복합층리세트(composite bedset)라고 한다(유강민 외, 1997).

7. 사층리

: 주층리에 비스듬하게 층리 또는 엽층리가 발달되어 있는 것을 사층리라 한다. 사층리는 바람에 의하여 만들어진 사암이나, 하천의 사주나 삼각주의 사암에서 잘 볼 수 있다. 이 사층리의 자세를 측정하여 바람이 불어온 방향이나 하천이 흐른 방향을 알 수 있다(송시태 외, 2001). 하모리 사암층에서 전형적인 사층리를 보이고 있다. 퇴적구조로써 중요한 사층리를 관찰하고, 클리노미터를 이용하여 사층리의 기울기를 측정해봄으로써 클리노미터 사용법을 익히도록 한다.



[사층리의 형성(http://vishnu.glg.nau.edu/people/jhw/GLG101/Sedimentary.html)]

야외학습단계 학습 2

관찰내용 : 점이층리, 포획암, 건열

1. 점이층리

: 이러한 관찰문제 1의 퇴적구조는 점이층리로 하모리층에 형성된 구조이다. 인접한 응회환에서 유래한 응회질로 구성된 사암층에 포함된 잔자갈부터 층리의 위쪽으로 갈수록 입자가 작아지는 전형적인 점이층리를 보이고 있다. 점이층리는 한 개의 단일 개층내에서 입자의 크기 또는 암편의 밀도가 점이적으로 수직적인 변화를 나타내는 현상을 말한다. Pettijohn(1957)에 의하면 입자의 크기가 하부에서 상부로 향함에 따라 점진적으로 감소하는 유형과 이와는 대조적으로 입자의 크기가 상부로 향할수록 증가하는 역점이층리가 가능하다고 하였다. 그렇지만, 이두가지 유형이 혼합된 특이한 형태의 점이층리도 실제에서는 종종 관찰된다. 첫 번째의 유형과 같은 형태를 정상점이층리라고 하는데 이러한 층리는 흐름 속도가 점차적으로 쇠약해지는 퇴적작용이 진행되는 경우에 가능하다. 또한, 둘째의 경우를 역점이층리라 하는데 이는 자갈 크기의 조립질로부터 점토 크기의 세립질 입자들이 침전되니 않고 부유의 형태로 퇴적되는 경우에 가능하다. 이러한 역점이층리는 고농도의 저탁류퇴적층에 잘 나타난다.

점이층리의 형성과정

① 화산폭발이 시작되어 화산재, 화산사 및 화산자갈 등의 화산분출물들이 화구로부터 다량 분출되어 거대한 화쇄류가 형성된다. 이 단계는 분출의 초기단계이므로 최초로 화쇄류가 형성되며 화쇄류는 흐름이 시작되는 초기이므로 크고 작은 화산암괴를 비롯하여 화산재, 화산사 및 화산자갈 등이 뒤섞여 지형의 구배를 따라 이동이 시작되기 시작한다. 이와 같은 초기 단계에는 다양한 크기의 물질들이 혼합된 산태로 이동이 시작되므로 일종의 저탁류와 같은 고농도의 흐름이 된다.

② 크고 작은 화산암괴를 비롯한 화산재, 화산사 및 화산자갈 등이 뒤섞인 고농도의 화쇄류는 지형구배를 따라 하류로 이동하면서 흐름의 내부에서 분급 작용이 진행될 뿐만 아니라 흐름이 먼 거리를 이동하므로 유속이 점진적으로 쇠약해져

비교적 가벼운 물질만이 흐름에 편승되어 이동이 진행된다.

③ 이에 따라서 화구에 근접한 곳에는 비교적 크기가 큰 화산암괴와 화산자갈이 쌓이게 되나, 화구로부터 멀어지면서 대체적으로 트기가 작은 물질들이 쌓이는 변화를 나타낸다. 이와 같은 흐름에 의해 단일의 개층이 형성된 뒤 화구로부터 방출된 또 다른 흐름이 유발되어 이 퇴적층 상부를 덮게 되므로 층리세트가 형성된다. 그러나 화구로부터 멀다고 해서 반드시 정상적인 점이층리가 형성된다고 단정하기는 어렵다. 왜냐하면 화산 폭발의 강도가 어느 정도의 주기성을 가지므로 이 주기성에 따라 분출되는 분출물들의 입자크기가 좌우되고 마그마를 파쇄 시키는데 결정적인 역할을 하는 물의 함량 즉, 마그마와 물의 혼합 비율의 증감은 분출물들의 크기를 결정하기 때문이다. 다시 말해서, 쇠약한 흐름에너지가 지배하는 퇴적체내로 뜻하지 않게 큰 화산암괴나 화산자갈이 우박처럼 떨어지게 되면 층리의 구조가 없는 무질서한 층으로 변해 버릴 수도 있다.

이 곳은 전형적이 점이층리가 나타나므로 관찰을 통해 점이층리를 정의하도록 하고, 그 생성과정을 유추해보도록 유도한다(송시태 외, 2001).

2. 포획암

: 하부 지층의 역을 상부 지층이 포함하고 있을 때, 하부 지층의 역을 포획암이라 한다. 이 지역에서는 하부와 상부 지층의 암질이 뚜렷하게 구별되기 때문에 포획암을 쉽게 확인할 수 있고, 또한 하부의 역이 상부에 포함된 것으로 하부의 지층이 먼저 퇴적되었음을 유추할 수 있어 지층의 생성 순서를 결정하는 하나의 증거로 사용될 수 있음을 학습할 수 있도록 한다.

3. 건열

: 물밑에 쌓였던 퇴적물이 물이 말라 대기 중에 노출되면 수분의 증발로 틈이 생겨 갈라지게 된다. 이러한 틈을 건열이라고 한다. 건열이 파괴되지 않고 퇴적암 중에 보존되는 경우가 있다. 퇴적암 중에서 건열이 발견되면 그 퇴적암은 일시적

으로 물이 말라 대기 중에 노출되었음을 알 수 있다. 또 건열은 밑으로 향하여 쐐기 모양으로 틈이 나타나므로 이를 이용하여 지층의 상하를 판단할 수 있다(송시태 외, 2001). 이곳은 전형적인 건열을 관찰할 수 있으며, 건열의 측면에 나타나는 쇄기모양도 관찰할 수 있어 학생들이 건열을 이해하는데 유용하다.

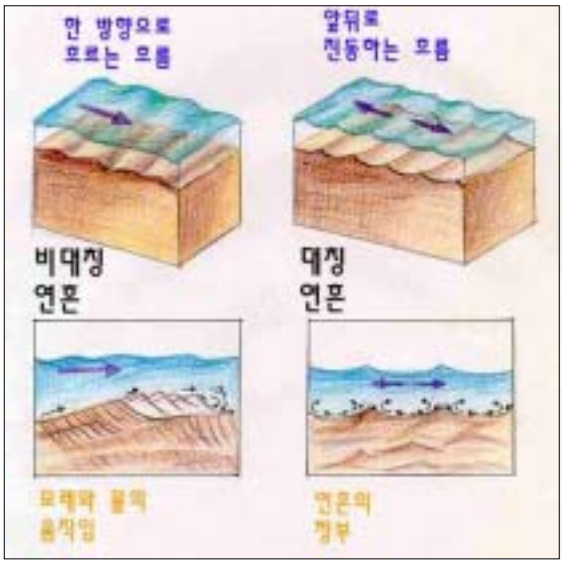
[건열이 형성되는 과정(http://www.geo.lsa.umich.edu/~crlb/COURSES/117/Lec7/lec7.html)]

야외학습단계 학습 3

관찰내용 : 연흔, 새발자국 화석, 우제류발자국 화석

1. 연흔

: 약하게 흐르는 물이나 잔물결 또는 바람은 퇴적물의 표면에 그 자국을 남겨 놓는다. 이 자국이 퇴적면에 보존되어 있는 것을 연흔이라고 한다. 연흔은 물의 흐른 방향에 대하여 직각으로 놓이는 능선과 곡으로 이루어져 있는데, 대칭적인 연흔과 비대칭적인 연흔으로 나눠진다. 대칭 연흔은 물이 흐르지 않고 정체하여 있을 때, 제자리에서 원운동을 하는 파랑에 의하여 만들어지며, 비대칭 연흔은 한 방향으로 이동하는 바람이나 물에 의하여 만들어진다. 대칭 연흔은 정부가 뾰족하고 곡부가 넓고 완만한 곡을 이루고 있는데, 이 형태를 이용하여 지층의 상하를 구분할 수 있다. 비대칭연흔은 비대칭성을 이용하여 바람이나 물이 흐른 방향을 알 수 있다(송시태 외, 2001). 이곳은 여러 규모의 연흔을 무수히 관찰할 수 있고, 한 지층의 지층면 전체가 연흔이 형성되어 있음을 관찰할 수 있기에 연흔의 생성에 대한 좋은 자료를 제공하고 있다.



[연흔의 생성
(http://www.geo.lsa.umich.edu/~crlb/COURSES/117/Lec7/lec7.html)]

2. 화석

: 화석은 지질시대(역사시대를 제외한)로부터 보존된 생물의 유해・인상・흔적으로서 생물체의 구조가 인지되는 물체를 말한다. 화석의 생성되기 위한 조건은 다음과 같다.

① 지표에서 산화・부식되지 않도록 퇴적물에 빨리 매몰되어야 함

② 뼈나 단단한 껍질처럼 굳은 부분이 많아야 함

③ 개체수가 많아야 함

④ 단단한 암석으로 변하는 **화석화작용**이 이루어져야 함

화석이 생성되려면 화석화 작을 거쳐야 하는데, 여러 가지 화석화 작용이 존재한다.

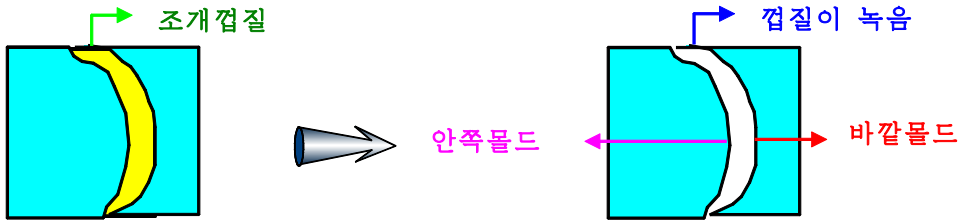
① 광물 성분의 침투 : 화석 생물체가 다공질일 때 지하수에 녹아있던 SiO_2 또는 $CaCO_3$가 침투하여 들어가 구멍을 메워버림 → 생물체가 무거워지고 단단해져 보존이 용이해 짐

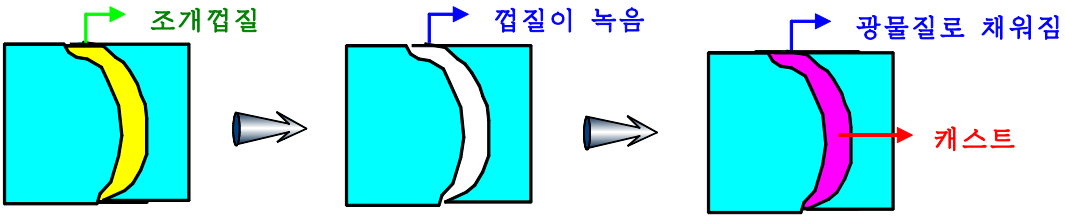
② 치환작용 : 지하수에 녹아 있던 광물질이 매몰된 화석 생물체의 조직과 치환함

ex) 규화목 - 나무 줄기가 SiO_2로 치환된 것

③ 건류 : 생물체는 탄소 화합물이므로, 지하에서 오랫동안 압력과 지열을 받아 건조되어 흑연에 가깝게 탄화됨

화석에는 매몰된 생물체가 지하수에 의해 용해되어버리고, 그 곳에 생물체의 외형만 남아 화석이 된 몰드가 있으며,





매몰된 생물체가 지하수에 의해 용해되어버린 빈 자리에 광물질이 채워져 새로운 물질로 만들어진 화석인 캐스트가 있다.

2-1. 우제류

: 소류라고도 한다. 자연산으로는 오스트레일리아 ·뉴질랜드 ·남극대륙 등을 제외한 전세계에 널리 분포하는 육상 포유동물로 현재 기제류(奇蹄類), 즉 말류에 비해 훨씬 더 번성하고 있다. 몸의 크기는 어깨높이 30 cm 정도의 가장 작은 꼬마사슴(Tragulus)에서부터 키가 3.6 m에 이르는 기린까지 매우 변화가 많다. 앞뒤 2쌍의 다리의 발가락 수는 짝수이고, 발의 주축은 제3지와 제4지 사이를 지나간다. 발톱은 발굽으로 변형되었다. 제3지 및 제4지는 다른 발가락보다 크고 둘 다 평등하게 발달하고 체중은 이 두 발가락에 골고루 걸린다. 제2지 및 제5지의 발달 정도는 종류에 따라 다르며 전혀 없는 것도 있다. 제1지는 화석종에서는 볼 수 있으나 현생종에는 전혀 없다. 뒷다리의 발꿈치에 있는 거골(距骨)은 위끝과 아래끝이 모두 도르레 모양이고 위의 것은 경골(脛骨)과, 아래의 것은 발꿈치의 다른 뼈와 관절한다. 이것은 위끝만이 도르레 모양인 기제류와 다른 점이다.

이와 같은 구조는 이미 에오세에 나타난 가장 오랜 화석에서도 볼 수 있다. 이 시대의 화석종은 같은 시대의 기제류보다 원시적이고 화석동물인 육치류(肉齒類:Creodonta) 또는 원시적인 과절류(벽節類:Condylarthra)와 비슷하므로 우제류는 이런 무리로부터 기제류보다 좀 뒤에 갈라져 나온 것으로 여겨진다. 진화한 종류에서는 앞다리의 요골(橈骨)과 척골(尺骨)이 결합하고, 뒷다리의 비골(

骨)은 가늘게 되어 경골과 유합하고 제3지 및 제4지의 장골(掌骨) 또는 척골(蹠骨)은 결합하여 하나가 된다. 가슴과 허리의 등뼈는 모두 19개이고 쇄골(鎖骨)은 없다. 멧돼지나 하마 등과 같이 뿔이 없는 종류, 사슴류와 같이 수컷에 해마다 새로 나오는 가지 모양의 뿔을 가지는 것, 소나 산양과 같이 속이 빈 뿔을 가지는 것 등이 있다. 커다란 폐와 복잡한 소화기관을 가지며 등뼈와 근육이 잘 발달한다. 이는 원시적인 것에서는 완전히 갖추어졌지만 진화된 것에서는 위턱의 앞니가 퇴화하고 아래턱의 송곳니는 앞니 모양으로 된다. 어금니는 단단한 에나멜질 부분이 복잡하게 휘고 접히고 하여 섬유질이 많은 먹이를 갈아부수는 데 알맞다.

많은 종류가 초식성이지만 원시적인 멧돼지류는 잡식성이다. 삼림 ·초원 ·툰드라 ·사막 ·고산지대 등 여러 환경에서 살며, 보통 지상에서 살지만 하천이나 늪에서 사는 종류도 있다. 흔히 무리를 이루어 생활하지만 단독생활을 하는 것도 있다. 현생종은 멧돼지과(Suidae:멧돼지), 미국멧돼지과(Tayassuidae:미국멧돼지), 하마과(Hippopotamidae:하마), 낙타과(Camelidae:라마 ·쌍봉낙타), 꼬마사슴과(Tragulidae:꼬마사슴), 사슴과(Cervidae:대륙사슴 ·노루), 기린과(Giraffidae:기린), 영양붙이과(Antilocapridae:영양붙이), 소과(Bovidae:산양 ·소 ·들소 ·물소) 등과 같이 9과로 나뉜다(두산세계대백과).

[우제류의 대표적인 동물 - 사슴영양]

(http://100.empas.com/image.html/?i=8065&Ad=sungshin)

관찰내용 : Bomb sag이 포함된 응회암 전석

1. 화쇄류와 화쇄난류

: 화산이 폭발적으로 분출할 경우, 마그마 및 주변암 기원의 화산 쇄설물과 암편, 마그마 기원의 가스, 외부수(外部水) 기원의 수증기 등이 대량으로 분출되며, 이들의 밀도가 주변의 대기보다 클 경우에는 물질들이 중력의 영향하에 지표면을 따라서 매우 빠른 속도(10～300㎧)로 흐르게 된다. 화산 분출로 인해 생긴 밀도류는 화산 지대에 접한 퇴적 분지에 대량의 퇴적물을 공급하며, 짧은 순간에 광범위한 지역에 물질들을 퇴적시키기 때문에 퇴적학적으로나 층서적으로 중요하다.

화산기원의 밀도류는 다양한 성분의 마그마로부터 유래하며, 그의 기원은 분출주(eruption column)의 붕괴에 의한 것과 용암 돔(dome)의 붕괴에 의한 것 등 다양하다(Cas and Wright, 1987). 따라서 화산기원 밀도류는 구성물징의 성분과 크기, 분출양상에 따라서 여러 이름이 붙여졌으며, 그 예로는 회류(ash folw), 부석류(pumise flow), 분석류(scoria flow), 열운(muée ardente) 등이 있다(Wrigh et al., 1980). Sparks(1976)는 화산기원 밀도류를 크게 화쇄류(pyroclastic flow) 및 화쇄난류(pyroclastic surge) 두가지로 구분하였으며, 이들이 각각 고농도와 저농도의 흐름을 대표하는 것으로 정의하였다.

1-1. 화쇄류

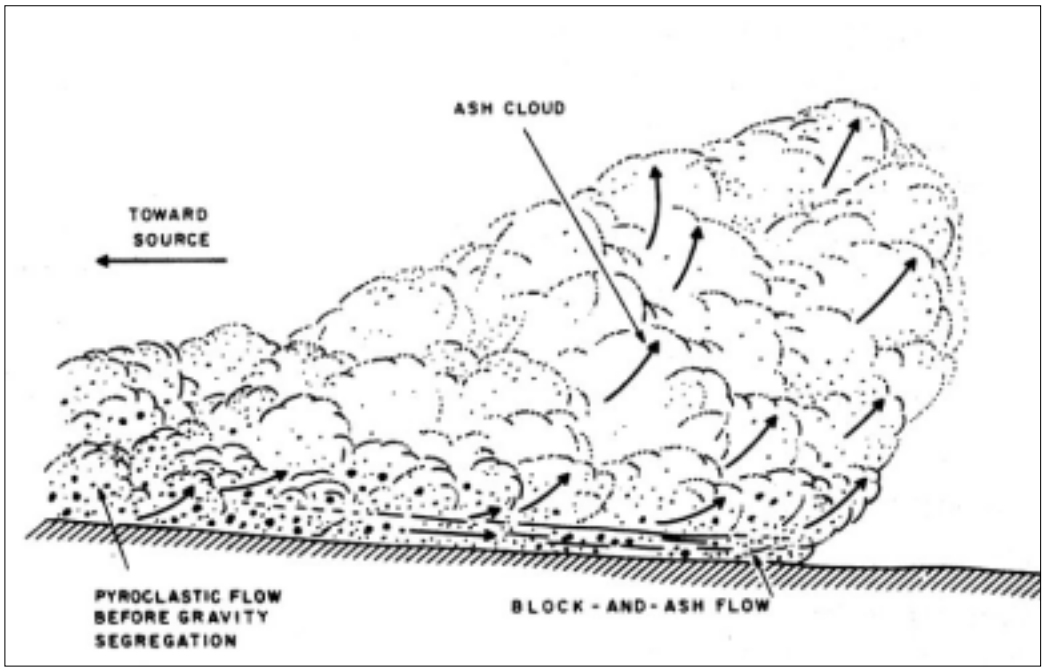
: 중력의 영향 하에 고농도의 화산 쇄설물과 가스가 뜨거운 상태로 흐르는 현상을 말한다. 화쇄류는 분출주(eruption column)의 붕괴나 용암 돔(dome)의 붕괴에 의해 생긴 후, 10~300 ㎧의 빠른 속도로 흐르며, 화쇄류암(ignimbrite)이라 불리는 화산쇄설암을 쌓는다. 분출주의 붕괴에 의해 생긴 퇴적층은 다량의 화산회와 다공성의 부석 및 분석으로 구성되는 반면, 용암 돔의 붕괴에 의한 경우에는 기공이 적은 암편을 다량 함유한 퇴적층이 생긴다. 화쇄류는 실제로 분출 상황을 관찰한 예가 드물 뿐만 아니라, 관찰이 이루어진 경우에도 소규모 분출이어서 화쇄류 연구는 퇴적층의 연구에 크게 의존할 수밖에 없다. Sparks et al.(1973)는 세 개의

단위 층들로 이루어진 화쇄류암의 이상적인 퇴적 단위를 처음 제안하였다. 여기서, 단위층 1은 층리나 사층리가 발달한 부분으로서, 화쇄류의 본체에 앞서 진행하는 난류의 퇴적 결과로 해석하고 있다. 단위층 2는 괴상이거나 역들이 밀도에 의한 점이를 보이는 부분으로, 분급이 불량하고 하부에는 역점이를 보이는 부분이 있으며, 화쇄류의 주된 퇴적층이라고 말할 수 있다. 단위층 2는 난류성 운동이 매우 미약한 상태에서 쇄설류나 액화류와 유사하게 퇴적된 것으로 추측하고 있다. 단위층 3은 화쇄류 위에 떠있던 세립의 화산회가 낙하하여 퇴적된 것으로 해석하고 있다. 그러나 이러한 모델은 뉴질랜드의 토포(Taupe) 화쇄류암에는 잘 적용되지 않고 있다. 최근 들어 화쇄류 퇴적층에 대한 퇴적학적인 연구가 증가함에 따라 화쇄류 퇴적층이 기존에 생각하던 것보다 다양한 퇴적학적 특징들을 보이며, 운반 및 퇴적 기구도 한 가지 모형만으로는 설명할 수 없음이 밝혀지고 있다.

[화쇄류(1986. 8. St. Augustine volcano, Alaska; Photo by Maurice and Katia Krafft; http://www.geol.ucsb.edu/~fisher/pfs.htm)]

1-2. 화쇄 난류

: 화쇄난류는 화쇄류에 비해 비교적 저농도의 입자를 포함하며, 난류성의 운반 양상을 보이는 화산기원 중력류를 말한다(Cas and Wright, 1987). 화쇄난류는 물과 마그마의 혼합으로 일어나는 수성화산분출(hydrovolacnic eruption)에 의해 주로 생기며(Waters and Fisher, 1971), 화쇄류의 머리 부분이나 꼬리 부분이 희석되어 생기기도 한다(Fisher, 1979). 전자의 경우 응회환(tuff ring)이라는 화산 쇄설물의 퇴적체를 형성하며(Sohn and Chough, 1989; Chough and Sohn, 1990), 후자의 경우 한 단위의 화쇄류 퇴적층 상하부에 층리를 보이는 화쇄난류층을 형성한다(Sparks et al., 1973). 그러나 근래에 화산 분출을 목격한 바에 의하면 수성화선분출이나 화쇄류와 관련이 없이도 화쇄난류가 빈번히 생성된다(Moore and Sisson, 1981; Sigurdsson et al., 1987). 화쇄난류층은 대체로 소량의 쇄설물을화구로부터 가까운 거리(수십Km 미만)에 퇴적시키며, 화쇄류가 주로 계곡을 충전시키지만, 화쇄난류는 지형을 피복하는 양상를 보인다. 이는 화쇄난류가 난류성이며, 팽창된(저농도의) 흐름임을 지시한다. 화쇄난류의 유성학적 성격은 이들이 만든 퇴적 구조에 의해 더욱 분명하게 나타난다. 화쇄난류 퇴적층에는 화쇄류 퇴적층에서 보기 힘든 평상층리 및 사층리 구조가 잘 나타난다. 특히 상승연흔의 확대판이라고 할 수 있는 구조가 대부분의 화쇄난류 퇴적층에서 관찰되며, 그 파장은 수m에서 수십m에 이른다. 이러한 퇴적구조는 화쇄난류가 난류에 의해 입자가 지지되는 흐름임을 지시한다(조성권 외, 1995).



[화쇄류의 진행형태-underflow와 화쇄난류로 나눠지는 모습을 보여주고 있다.(Fisher 1982, p. 366; http://urban.arch.virginia.edu/struct/pompeii/images/pages/p-366-flow-section-crop.html)].

2. Bomb sag(탄낭구조)

: 관찰할 낙석에 형성된 탄낭 구조는 낙석이 떨어지면서 뒤집어졌기 때문에 오목하게 패인 곳이 위를 향하고 있다. 따라서 탄낭 구조의 관찰뿐 아니라 이를 이용하여 암석의 상하를 판단하는 학습을 할 수 있다. 이러한 탄낭 구조는 채 굳어지지 않은 연석의 퇴적면에 활동중인 화산의 화구로부터 방출된 화산탄, 화산암괴 및 화산탄이 날아와 꽂히는 충격으로 인하여 변형된 퇴적면이 형성될 수 있는데, 이러한 구조를 Wenthworth(1926)는 bedding sags 또는 bomb sags이라고 하였다. 이와 같은 탄낭 구조는 세계도처의 마르형 화산을 비롯해 응회환 및 응회구의 퇴적층으로부터 보고되어 졌는데 이 구조는 수성쇄설성퇴적층(Hydroclastic Deposits)의 특징적인 산물이다. 이러한 탄낭 구조는 제주도에서 쉽게 찾아 볼 수

있는데 대표적인 곳으로는 서부 지역에 있는 고산의 수월봉과 송악산, 동부지역에 있는 성산일출봉과 우도의 소모리오름 등을 들 수 있다.

탄낭을 이루고 있는 역의 크기는 약 1m 정도 되는 것에서부터 10cm 미만의 것까지 다양한데, 대부분이 현무암력이나 산성암류에 속하는 모암편들도 들어 있다.

탄낭구조의 형성과정

① 화산재, 화산탄, 화산력 등의 화산분출물을 내뿜는 화산활동이 진행되고 분출물들이 화구 주변으로 쌓여 퇴적층을 형성한다.

② 화구로부터 방출된 화산분출물들이 화성쇄설류를 이루어 사면으로 이동하면서 층리가 잘 발달된 평행층리를 이룬다.

③ 아직 완전하게 굳어지지 않은 상태 즉, 연성인 상태인 퇴적층에 화구로부터 날아온 화산암괴가 퇴적표면에 꽂히면서 그 충격으로 퇴적표면을 마치 습곡구조처럼 아래로 오목하게 휘어지는 탄낭구조가 형성된다.

④ 위와 같이 형성된 탄낭구조 위를 화구로부터 비롯된 화산력을 주성분으로 하는 조립질 퇴적물이 미세한 평행층리를 보이면서 퇴적되어 탄낭구조가 완전하게 형성되었다(송시태 외, 2001).

야외학습단계 학습 5

관찰내용 : 소분석구, 스코리아, 테일러스

1. 스코리아(=분석)

: 관찰지역의 송악산의 분석구들은 제주도 명칭으로 송이라고 불리우는 분석(scoria)이 주를 이룬다. 이 분석들이 분석구를 이루고 있다가 여러 요인에 의하여 아래로 흘러내려 쌓여 있는데, 이를 테일러스라고 부른다. 분석이란 현무암과 현무암질 안산암의 폭발적인 분출에 의해 형성된 라필리 크기의 다공질 암편(lapilli-sized vesiculated fragments)을 말한다. 요즘에는 어두운 색을 띠는 염기성에서 중성의 다공질 암편을 모두 분석이라 한다. 분석에서 기공의 수는 매우 다양하며, 따라서 밀도도 다양하다. 큰 분석의 표면에는 새끼 구조가 발달하기도하며 라필리와 화산재 정도의 분석은 모양이 다양하다. 한편, 경석(pumice)은 점도가 높은 산성에서 중성 마그마의 폭발적인 분출에 의해 형성된 것으로 대개 밝은 색을 띤다. 경석은 밀도가 매우 작아($\leq$1g/㎤) 물에 뜨는 경우가 많다(박정웅 외, 2001).

야외학습단계 학습 6

관찰내용 : 이중 분화구, 화산의 구조

1. 송악산 화산체

: 송악산 화산은 외곽에 응회환(tuff ring)이 형성되어 있고, 이의 분화구 내에 분석구(cinder cone)가 형성되어 있다. 이 양자 사이에 용암연(lava pond)으로 구성되고 그 위에 소규모의 소분석구 복합체(cinder conelet complex)와 지표쇄설층(epiclastic deposits)이 놓여 있다. 이들은 1윤회화산으로서 복잡한 다윤회화산을 해석하는데 있어 기본이 된다. 송악산은 그 분화구를 중심으로 응회환의 동측부와 남측부가 해수에 의해 침식 삭박되어 절벽에서 화산체의 구조를 잘 노출시키며, 북측부와 서측부가 잔존되어 있어 본래의 화산형태를 잘 노출 있다.

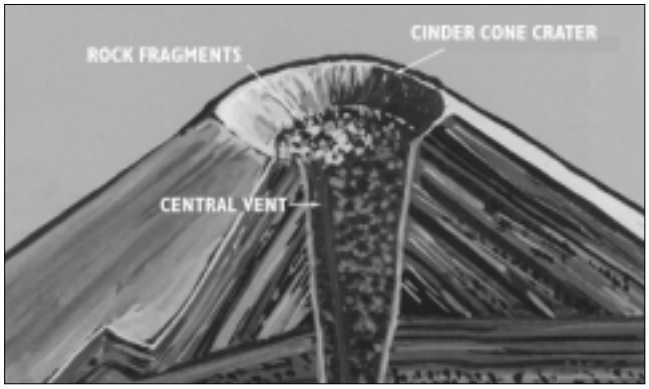
1-1. 응회환

: 응회환은 조면안산암질 성분의 화산회와 라필리와 소량의 블록으로 구성되고 이들은 각층마다 구성비율이 다양한 응회암과 라필리응회암을 형성한다. 이 응회환에서 관찰되는 주요 암상은 무조직층, 괴상층, 성층화층, 사구층, 파상층, 내핵라필리층 등이 있다(Chough and Shon, 1990; 황상구 외, 1992). 이 응회환은 제주도 서부에 평탄한 현무암 대지 위에놓이며 응회환의 내측부 모우트에는 용암연을 이루는 하와이아이트질 용암에 의해 덮혀 있다. Heiken(1971)이 오레곤주 중남주에 분포하는 응회환, 응회구, 분석구의 단면에서 높이/넓이의 비를 비교한 바에 의하면 분석구는 대개 1:5 ~ 1:6내외이며 응회환은 1:10 ~ 1:30, 응회구는 1:9 ~ 1:11이라 하였다. 송악산 써쩨이언분출물은 외륜 높이가 85m, 분포직경이 4Km로써 그비가 1:47이므로 보다 폭발성이 큰 응회환에 속함을 알 수 있다.

1-2. 분석구

: 송악상에서 분석구는 응회환 내에 둥지 모양으로 자리잡고 있는 작은 원추형 화산체이다. 이 분석구는 풍화가 거의 진행되지 않아 식생이 적은 상태로 원지형을 보존하고 있다. 분석구의 표면은 암갈색의 블록, 화산탄, 스패터 등의 스코리아로 덮혀 있는데 대부분 산화도 증가에 일치하는 확실한 색깔변화를 보인다(황

성구, 2000). 그러나 박정웅 외(2001)는 비양도 지역 지질답사를 통해 흑색과 적색 스코리아가 뒤섞여 나타나는 노두가 존재하므로 산화도의 차이에 의해 색이 다르다는 의견에 반대하고 있다. 본 분석구는 그 기저직경(Wco)이 대개 470m내외이며, 모우트의 용암 아래 응회환 기저까지 추적하면 그 직경이 이보다 약간 더 넓어질 것이다(그림3). 최고높이(Hco)는 해발 104m이며 최대 사면경사(Qm)는 tanα =0.75로서 급한 경사를 이룬다. 그러므로 높이/넓이는 1:6 정도이다. 분석구의 중아에는 사발모양의 깊숙한 분화구가 형성되어 있으며 이의 직경(Wcr)은 입구에서 160m, 깊이(Dcr)가 68m(해발 35.4m)이다. 그런데 Wood(1980)의 910개 분석구 형태학적 분석에 의하면 기저직경은 0.25～2.5Km(평균 0.9Km)이고 그중 신선한 분석구에서 최고높이 Hco=0.18Wco이고 분화구 직경 Wcr=0.4Wco이다. 송악산에서 분석구는 Hco/Wco=0.16정도이고 Wcr/Wco=0.24정도이다. 그러므로 이 분석구는 폭발강도가 작은 분출활동에 의해 형성된 것으로 생각된다.



[일반적인 분석구의 형태(http://pubs.usgs.gov/gip/volc/types.html)]

1-3. 모우트 용암연

: 송악산에서 응회환과 분석구 사이의 모우트에는 환산의 용암연을 형성한다. 이 용암연은 휘석, 장석과 감람석 등의 반정을 소량 함유하는 알칼리 계열 중의 하와이아이트에 속하고(미발표자료) 드물게 초염기성 포획체를 포함하고 있다(임

성아 외, 2000). 용암연의 지표면은 북서부와 남동부가 해발 35m정도이고, 북동부와 서부가 해발 50m정도로써 각기 대체로 평탄한 지면을 이루며, 특히 북서부는 낮은 저지를 이룬다. 이는 분석구의 북측, 남측, 동측, 서측이 불규칙하게 튀어나와 장애물이 되었거나 용암의 공급이 집중되었기 때문이다. 이 용암은 분석구의 북서측 사면의 해발 40～50m 사이의 한군데와 서측 해발 55～70m 사이의 두군데에는 용암이 패취모양으로 고립되어 얇게 피복되어 있다.

1-4. 소분석구 복합체

: 주 분석구 남측부 모우트에는 '알오름'이라고 부르는 아주 작은 언덕 모양의 20여개 소분석구를 거느린 복합체를 이루고 있다. 이 복합체는 용암연 위에 놓여 있고 슬라이딩 응회암층에 의해 덮이며 대부분 스코리아로 구성된다. 소분석구들은 수 m 높이의 불규칙한 원추형을 이루며 이들의 분포는 주 분석구의 남측부를 고리모양으로 둘러싸면서 불규칙하게 배열되어 있다. 이 소분석구 복합체들은 마그마폭발에 의해 독자적으로 분출한 소분석구(cinder conelet)인지, 용암 속에 갇힌 지하수의 폭발에 의한 뿌리 없는 허니토(hornito)인지, 아니면 주 분석구의 붕괴에 의해 일어난 암설 사태의 쇄설층인지에 대해 성인 연구는 앞으로 더 진행해야 할 과제이다(황상구, 2000). 그러나 제주의 오름처럼 주 화산체의 기생화산과 유사한 구조를 보여주고 있으므로 송악산 주분화구 주변에 형성된 소분석구로 제주의 오름을 설명하는데 이용하는 것은 학생들의 이해에 도움이 된다(박정웅 외, 2001).

야외학습단계 학습 7

관찰내용 : 층리, 정단층

1. 단층

: 단층은 지각 중에 생긴 틈을 경계로 하여 그 양측의 지괴가 상대적으로 움직여 어긋난 구조를 말한다.

· 단층 각 부 명칭

▷ 단층면(fault surface, plane) : 단층을 형성한 양쪽 암반에 각 1개의 면이 형성된다.

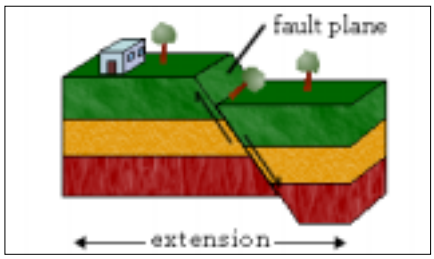
▷ 상반(hanging wall) : 단층 위쪽에 있는 암반을 말한다.

▷ 하반(foot wall) : 단층 아래쪽에 있는 암반을 말한다.

· 단층의 종류

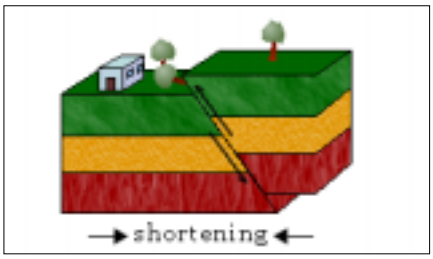
▷ 수직단층(vertical fault) : 단층면이 수직인 단층이다.

▷ 정단층(normal fault) : 상반이 떨어진 단층으로, 지각에 장력이 작용할 때 형성된다.



[정단층(http://www.iris.was-hington.edu/seismic/events/faults.html)]

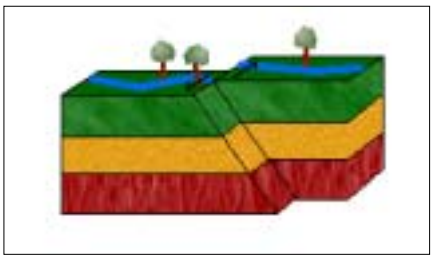
▷ 역단층(reverse fault) : 하반이 떨어지거나 상반이 상승한 단층으로, 지각에 횡압력이 가해질 때 형성된다.



[역단층(http://www.iris.was
-hington.edu/seismic/events/fa
ults.html)]

▷ 주향이동단층(strike-slip fault, transcurrent fault)

: 단층 양쪽의 지괴가 상하 운동을 일으키지 않고 주향 방향으로만 미끄러진 단층을 말한다.



[주향이동단층(http://www.iris.
washington.edu/seismic/events
/faults.html)]

▷ 오버스러스트 : 단층면의 경사가 45°내지 수평인 대규모의 역단층으로지층에 가해진 큰 횡압력으로 처음에 습곡이 생겼다가 횡와 습곡이 형성되며, 지속적인 횡압력에 의해 역단층이 형성된다.

▷ 지루와 지구 : 두 개의 단층 사이에서 지괴가 상승되었으면 지루(horst), 하강하였으면 지구(graben)라 한다.

2. 퇴적동시성 단층

: 퇴적물이 미고결 상태에서 미끄러질 때 변형에 의해 생성되는 단층을 말한다. 일반적으로 슬럼프 구조(slump structure)라 하며 1m 이내의 것으로부터 수십m에 이르는 것까지 다양하게 나타난다. 퇴적물이 경사도가 있는 사면에 놓인 경우, 퇴적물의 자체 중력으로 불안정해져 대규모로 이동을 하게 되고, 또한 안정하게 사면에 놓여 있는 퇴적물이라 하더라도 지진 등의 충격에 의해 불안정한 상태로 변하여 퇴적물이 이동하게 되는데, 이러한 이동 메카니즘에 의해 단층 구조가 나타나게 된다(유강민 외, 1997).

야외학습단계 학습 8

관찰내용 : 소규모의 연흔·사층리, 역암

1. 역암

: 쇄설성 퇴적암에서 2mm 이상의 크기를 갖는 입자가 우세하게 나타나는 것을 역암이라고 한다. Folk(1974)는 2mm 이상의 입자가 30%이상일 때, Gilbert(1982)는 50% 이상일 때를 역암으로 구분하고 있다. 이질암 기질이 많고 분급이 불량한 퇴적암 내에 자갈이 분산되어 나타나는 것을 Crowell(1957)은 자갈성 이질암(pebbly mudstone)으로 지칭하고 있고, Flint(1960)는 다이아믹타이트(diamictite)로 사용하고 있다. 그러나 자갈성(pebbly)이란 용어에 대해서는 부적절하다는 의견이 있고, 또한 다이아믹타이트란 용어가 빙성층을 포함한 퇴적환경에 제한 없이 광범위하게 사용되고 있기는 하지만 기질의 정확한 양에 관한 언급이 없어 모호한 점이 있다. 역(clast)의 원마도가 좋은 것을 역암으로, 역의 원마도가 나쁜 것을 각력암으로 나누기도 한다. 역암은 지질 시대의 층서에 흔히 나타나지만 전체 퇴적암의 1%미만이다. 역암에 관한 연구는 지구조와 공급지 해석에 유용한 역할을 한다. 현재 역암의 퇴적환경학적 연구가 활발히 진행되고 있는데, 이는 역암이 원유와 천연가스의 저류암 역할을 하기 때문이다. 역암은 광물 입자로 구성되어 있기보다는 암편 혹은 역으로 구성되어 있다. 이러한 역은 모든 종류의 암석을 포함한다. 역 이외에 점토 내지 모래로 된, 혹은 점토와 모래가 섞여 있는 기질을 다양하게 포함한다. 구성 입자가 크기 때문에 야외 조사시에 육안으로 관찰할 수 있는 기본적인 자료를 측정하게 된다. 예를 들면 역의 조성이나 형태에 관하여는 노두에 직접 관찰이 가능하여 역의 조성은 대개 임의의 범위를 정해 놓고 200～300개의 역을 관찰함으로써 알 수 있고, 역의 형태를 밝히기 위해서는 장축과 단축의 길이를 측정한다. 원마도는 육안으로 감정할 수 있고, 이외에도 장축의 방향이나 역의 방향성(imbrication)을 측정하기도 한다(유강민 외, 1997).