Jour. Korean Earth Science Society, v. 26, no. 1, p. 41–57, February 2005

충북 괴산군 두타산 일대의 야외지질조사 학습장 개발

이창진 · 정상원*

충북대학교 사범대학 과학교육과, 충북 청주시 개신동 12번지 361-772

Development of Learning Place for Geologic Field Survey around the Duta Mountain, Chungbuk, Korea

Lee, Chang Zin and Cheong, Sang Won*

Department of Science Education, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract: The purpose of the study is to develop a educational data in order for students to perform geologic field survey effectively by themselves. A area around the Duta Mountain is selected, which is located at the southeastern part of Eumsung sedimentary basin because various rock types and geologic structures are well shown in this area and also it is convenient to reach there. Thirteen stops for observation are chosen in a route for exercising field geologic investigation. Data for field research are given and described in detail from each stop for observation. To do this, students make their own route map using general or digital geographic map and aerial photo is added to know relationship between large-scale structure and different rock types regionally. Moreover, it is designed to minimize conflict factors that may be experienced from the real field survey by showing outcrop photographs and polarizing photomicrographs of rock samples related to each stop and geologic structures. The attitude of students is investigated with the data of field geologic survey for students of an Earth Science class in the College of Education in Chungbuk National University. The results indicate that the educational data for geologic field survey brought positive changes that greatly help students perform field survey in definitive side, especially formation of absolute concepts on earth science.

Keywords: Eumsung sedimentary basin, geographic map, rock types, field survey, educational data.

요 약: 본 연구의 목적은 학생들로 하여금 실제 야외지질조사를 효과적으로 수행하기 위한 교육 자료를 개발하는 것이다. 이를 위하여 시대를 달리하는 다양한 암석과 지질구조를 가지고 있고 지리적으로 접근하기 편리한 음성분지의 남동부 두타산 일대를 대상으로 선정하였다. 음성분지의 야외지질 실습코스에는 13개의 관찰지점이 있으며 실제 현장에서 각 관찰 지점별로 학생들이 활동할 수 있도록 야외학습자료를 제시하였다. 이를 위해 일반 지형도나 수치 지형도를 이용하여 스스로 노선지질도를 작성하도록 하였으며 큰 구조나 서로 다른 암상과의 관계를 광역적으로 알 수 있도록 항공사진을 첨가였다. 또한 각 관찰 지점마다 노두 및 편광 현미경 사진을 제시하여 야외학습에서 경험할 수 있는 환경으로 설계하여 실제로 야외에서 겪게 되는 갈등 요인을 최소화 할 수 있도록 하였다. 이렇게 구현된 야외지질조사자료는 충북대학교 사범대학 지구과학 수강자를 대상으로 학생들의 태도를 조사하였으며, 그 결과 정의적 측면에서 학생들이 야외학습을 수행하는데 도움이 된다는 긍정적인 변화를 보였으며, 특히 지구과학에 관한 구체적인 개념 형성에 많은 도움이 되는 것으로 분석되었다.

주요어: 음성퇴적분지, 지형도, 암상, 야외조사, 교육자료

*Corresponding author: cheong1@dreamwiz.com
Tel: 82-43-261-2737
Fax: 82-43-271-0526

서 론

지구과학은 자연과학 중에서 야외 현장에서 자연현상의 관찰과 조사를 기초로 하는 학문이다. 특히 지질학 분야는 야외 조사를 통해 학생 스스로 탐구하고 문제를 발견함으로써 자연에 대한 흥미와 관심을 갖게 하여 지질학적 현상을 이해하게 한다. 그러나 현행 교육 환경에서는 많은 어려움이 따르고 있다. 학교 진학을 위한 입시 위주의 학습 방법과 야외활동과 관련된 교육과정 자료 및 개발된 야외학습장의 부족 등으로 교사들은 한정된 범위에서 야외학습을 수행하고 있다. 이러한 점을 보완하기 위해서 컴퓨터를 이용한 프로그램의 발달과 더불어 최근에 가상현실을 체험 할 수 있는 곳으로 눈부시게 발전한 인터넷 기반의 학습장의 개발도 역시 필요하다. 하지만 이러한 야외 학습장을 개발하기 위하여 지구과학 교육의 내용에 적절히 부합되는 지역의 선택이 필수적이다. 이러한 사실로 최근에는 야외학습장이 곳곳에서 개발되고 있으나 특히 충북 지역을 중심으로는 이러한 야외학습장이 개발된 곳이 없다.

본 연구에서 선택한 충북 괴산군 두타산 일대의 지역은 음성분지의 남동지역에 해당되며 구조적, 퇴적학적, 그리고 지구물리학적으로 많은 연구가 이루어진 지역이다(정창희 외, 1976; 정상원, 1987, 송무영 외, 1990; 송무영 외, 1991; 최영섭, 1996; Kim etc., 1998; Ryang etc., 1999; 정상원 외, 1999). 음성분지는 우리나라 백악기 퇴적분지로 분지의 원래 모양과 분지 퇴적물이 쌓인 후 큰 지각변동을 받지 않아 상대적으로 양호하게 보존되어 있어서 지구조적, 퇴적학적 분지해석 및 다양한 지질학적 현상을 관찰하기에 유리한 조건을 가지고 있으며 또한 퇴적분지의 형성원인 중 하나인 인리형 분지로 발달하였으므로 지구조운동을 해석하기에도 매우 유용하다.

따라서 본 연구에서는 실제 야외학습의 패러다임을 사용하는 교육적 환경을 구축하여 야외학습과정에서 발생하는 교육적 효과를 강화하고 평가할 수 있도록 하였으며, 지구과학 교육과정 중 실제 야외학습의 교육적 자료로 제공될 수 있도록 하였으며 이러한 야외학습 교육자료를 지구과학교육에 쉽게 응용할 수 있도록 구축하는데 그 목적이 있다.

이를 위하여 학생들로 하여금 지형도를 읽는 법을 익히고, 노선지질도를 실제 작성하여 조사지역을 따라 나타나는 시대를 달리하는 다양한 종류의 암석과 지질구조와 분지 내에 나타나는 여러 종류의 암석은 어떻게 형성되었는가에 대하여 그 환경을 유추할 수 있도록 구성하였다. 또한 광역지질도와 노선지질도를 통해 학생 스스로 실제 작성한 지질도가 서로 일치하는지 비교할 수 있도록 광역 지질도와 그리고 항공사진을 첨가하였다. 각 관찰 지점마다 노두 및 편광 현미경 사진을 제시하여 학생들로 하여금 야외학습장을 방문하여 각 관찰지점에 나타나는 암석의 종류와 분포지역 그리고 구성광물에 대한 정보를 스스로 알 수 있도록 구성하였다.

일반 지질

음성분지는 남동지역으로 선캠브리아기의 화강편마암과 호상편마암 그리고 혼성암을 기반으로 하여 이를 관입한 쥬라기의 화강암류, 그리고 분지 내의 백악기 퇴적암류와 화산암류(현무암과 안산암)가 분포하고 있다. 분지와 기반암과의 관계는 동부쪽의 경계단층인 공주단층과 서부쪽의 금왕단층으로 발달되어 분지의 경계를 이루고 있다(Fig. 1).

음성분지의 동부에 광역적으로 분포하는 편마암류는 호상편마암과 화강편마암으로 구분되며 지역에 따라 점이적인 관계를 보인다. 호상편마암 내에는 부딘구조와 팽축구조(pinch and swell structure)를 보여주는 석영맥과 소습곡구조들이 잘 발달하고 있으며, 엽리의 일반적인 주향과 경사는 각각 N15-65° E와 20-70° 남동방향으로 경사하고 있다(정상원, 1987; 최영섭, 1996). 화강편마암은 불연속적인 좁은 대상분포를 보이며, 엽리는 일반적으로 N30-50° E와 10-60° 남동방향과 또는 15-65° 북서쪽으로 경사하고 있으며 이는 광역적인 습곡작용의 영향으로 사료된다(정상원, 1987; 최영섭, 1996). 분지 주변에 광역적으로 분포하는 쥬라기 화강암류는 암상과 조직에 따라 조립질 편마상화강암, 반상화강암과 조립질 흑운모화강암으로 구분되지만 연구지역에는 백악기로 사료되는 우백질화강암과 화강섬록암이 선캠브리아기의 편마암류를 관입하고 있다. 반상화강암은 분지의 동남부에 소규모로 분포하며 그리고 조립질 흑운모화강암은 분지 서부지역에 넓게 분포하고 있다.

음성분지 내에는 적색 세일, 역암 및 각력암, 회색 세일과 역암으로 구성된 초평층과 그 상부에 역암, 역질 사암, 세일 실트암으로 구성된 백야리층이 분포하며 현무암과 안산암으로 구성된 화산암류는 주로

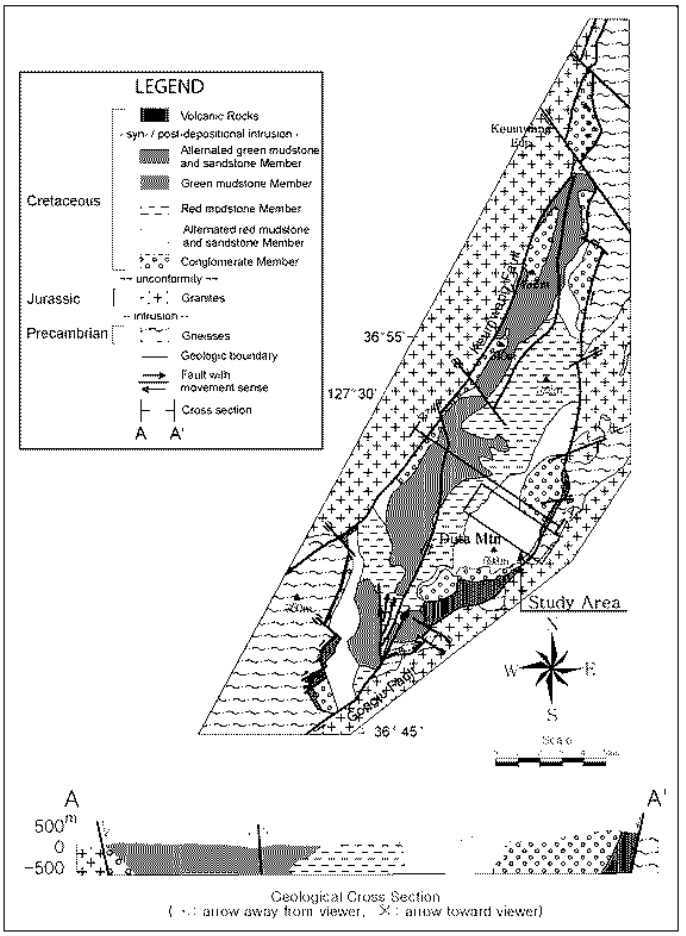


Fig. 1. Geologic map and cross section of the Eumsung Basin.

공주단층을 따라 분포한다. 초평층과 백아리층 내에 발달한 층리면의 일반적인 주향과 경사는 초평층 내에서는 N27° E와 12° SE 그리고 백악리층에서는 N52° E와 20° NW와 N68° E와 25° NW를 보여주며 이는 이들 지층이 습곡작용을 받은 지층임을 나타낸다. 분지 내의 퇴적층에는 배사구조가 발달하고 있으며 이는 퇴적작용이 끝난 후에 주향이동 단층운동을 수반한 수축력의 영향으로 사료된다(최영섭, 1996).

연구지역은 음성분지의 남동쪽 공주단층과 접하는 곳으로 나타나는 암상은 조사 시작점부터 선캠브리아기의 호상편마암과 이를 관입한 백악기의 화강섬록암, 우백질 화강암이 있으며 또한 벼루재 부근에 공주단층대를 따라 분출한 현무암과 안산암의 화산암류가 분포하며 북동쪽으로 갈수록 각력암과 역암 그리고 역질 사암이 나타나며 벼루재를 기점으로 적색 셰일이 주를 이루고 있다. 또한 원남 저수지를 따라 회색 셰일이 분포하며 조사 종점부에서는 다시 적색 셰일과 흰색의 역질 사암이 교호하는 암석이 분포하고 있다(Fig. 1).

야외학습장의 구성

일반지형도나 수치지형도

조사할 지역에 대한 지명이나 거리, 또는 각 관찰지점의 위치를 정확히 파악하기 위하여 그 지역에 대한 지형도가 필요하다. 지형도에는 일반지형도와 수

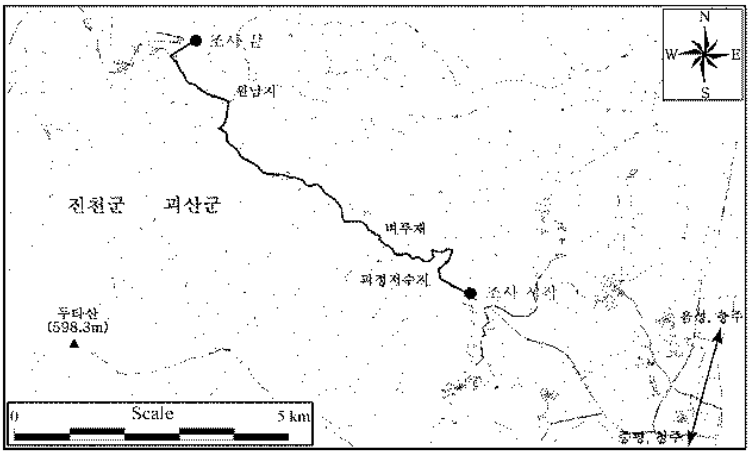


Fig. 2. Geographical map of the study area using digitized geographical map.

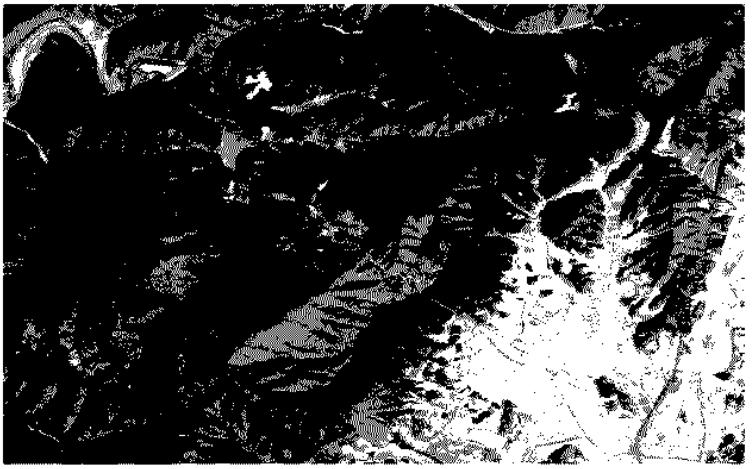


Fig. 3. Satellite image around the study area (EOC 6.6 m).

치지형도가 있다. 일반지형도는 1 : 5,000, 1 : 25,000, 또는 1 : 50,000 지형도가 있으며 국립지리원에서 발간한다. 보통 1 : 25,000 지형도를 많이 사용하지만 상세한 조사가 필요할 때는 1 : 5,000 지형도를 이용한다. 이번 연구의 노선지질도를 작성할 때 1 : 5,000 지형도를 사용하였다. 또한 수치지형도는 지형의 높낮이를 각 지점 당 고도의 값(x, y, z)으로 표현해 놓은 것으로 컴퓨터 프로그램인 CAD(Computer Assisted Design)를 이용하여 일반지형도와 똑같이 2차원의 지형도로 바꾸어 사용할 수 있다. 수치지형도의 장점은 이를 이용하여 3차원 음영기복도(DEM, Digital Elevation Model)를 작성할 수 있으며 조사지역을 3차원 영상으로 바꾸어 생동감 있게 표현할 수 있다. 다음 그림은 연구지역을 포함하여 주변지역이 지형을 나타내기 위하여 1 : 25,000 수치지형도를 이용하여 일반 지형도로 바꾼 예이다(Fig. 2).

위성영상 또는 항공사진

위성영상이나 항공사진은 각각 위성이나 항공기를 이용하여 촬영한 영상으로 조사지역을 포함한 주변지역의 지형을 광역적으로 관찰할 수 있다. 최근에는 위성영상의 해상도가 매우 뛰어나고 여러 가지 정보

(예: 식생, 온도, 대기 또는 수질 환경오염 정도 등등)가 함께 내재되기 때문에 지질조사에도 많이 이용한다. 또한 항공사진은 입체경(stereoscope)을 이용하면 3차원 영상으로 바꾸어 관찰할 수도 있다. 위성영상과 항공사진은 앞서 설명한 대로 수치지형도를 이용하여 만든 3차원 음영기복도와 비교하여 전체 지형과 광역적 구조선(거대 단층, 암맥, 또는 서로 다른 암상의 경계 등)의 위치도 파악할 수 있다(Fig. 3).

음성분지의 형성모델과 과정

음성분지는 중생대 쥬라기에 우리나라의 북동-남서 방향으로 주향이동 단층작용의 결과로 육지에 형성된 분지이다. 강원도의 홍천분지, 충북의 음성분지, 그리고 충남의 공주분지는 북동-남서 방향을 따라 하나의 띠로 연결된다. 음성분지의 경우 동쪽 경계단층은 공주단층과 연결되고, 서쪽경계는 금왕단층으로 연결된다. 이러한 방식으로 형성된 분지모형을 인리형 분지(pull-apart basin)라고 한다(Fig. 4).

다음 그림은 음성분지와 같이 인리형 분지가 형성

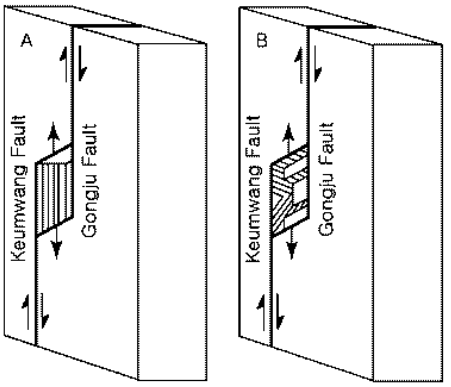


Fig. 4. Block diagram showing formation of the pull-apart basin (modified from Christie-Blick, N. and Biddle, K. T., 1985).

된 후 주변지역에서 여러 가지 퇴적물이 공급되어 최종적으로 음성분지에 퇴적암이 만들지는 과정을 여러 지질학자의 연구한 결과를 토대로 작성한 음성분지의 형성과정을 보여준다(Fig. 5).

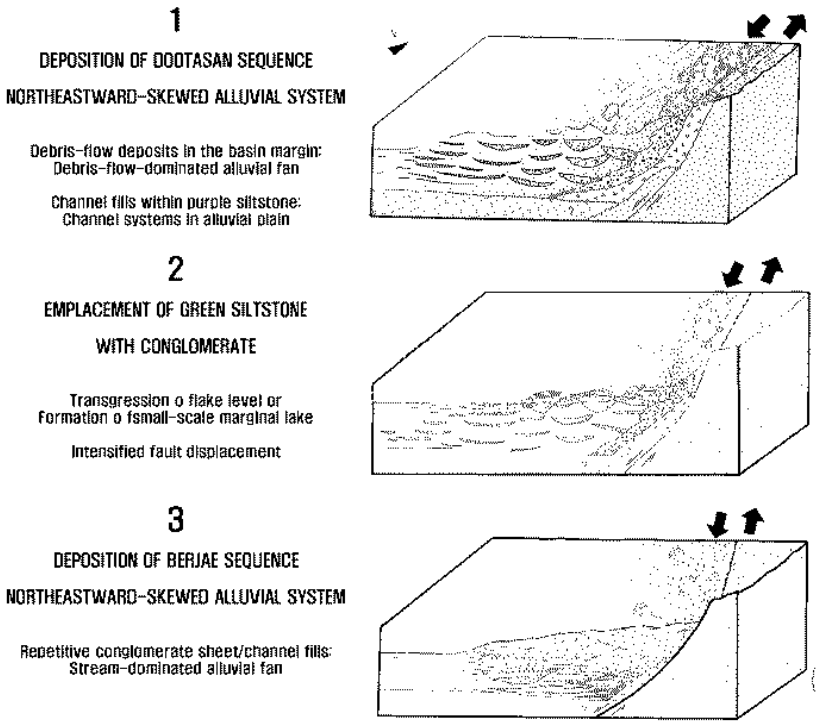


Fig. 5. Block diagram showing the formation-processes of the Eumsung Basin.

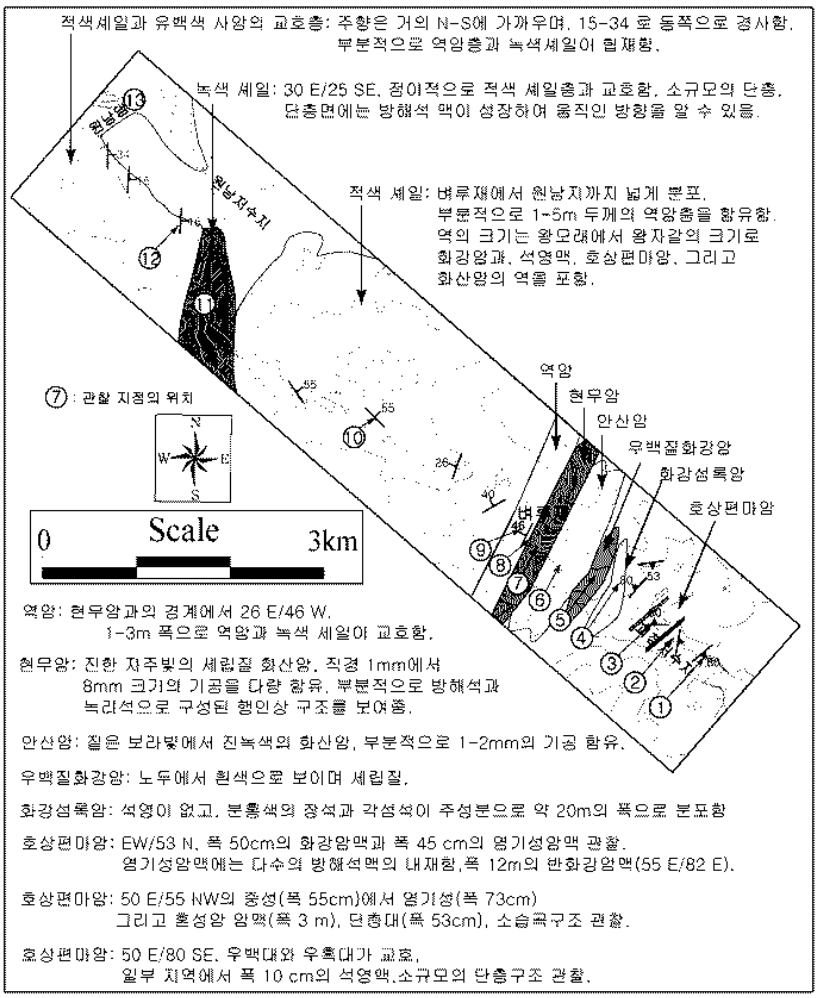


Fig. 6. Route map investigated around the Duta Mtn of Chungbuk.

노선지질도의 작성

야외 지질조사 학습장에 도착하여 조사 시작점부터 위에서 언급한 지형도(1 : 5,000)를 이용하여 정해진 도로(route)를 따라 나타나는 여러 종류의 암상, 지층의 주향과 경사, 색깔, 조직 및 구조적 특징을 각 관찰지점의 정확한 위치를 파악하여 기입한다. 서로 다른 암석을 구분하기 위하여 색연필을 사용하여 지형도에 서로 다른 색으로 칠하거나 다른 문양을 이용하여 기입한다. 이렇게 하여 일종의 간편한 임시 지질도를 만들 수 있다. 이것을 노선지질도(route map)라고 하며, 여러 방향의 노선을 정하여 조사한 후 모든 노선지질도를 종합적으로 판단한 후 최종적인 지질도를 작성하게 된다. 따라서 노선지질도를 작성하면 조사지역에 나타나는 여러 종류의 암상, 지층의 주향과 경사, 그리고 암석이나 광물의 종류, 조직 및 구조적 특징을 한꺼번에 알 수 있다. 다음 그림은 충북 괴산군 두타산 일대에서 조사한 노선지질도를 보여준다(Fig. 6).

각 관찰 지점에 대한 설명

이번 연구에서 개발한 두타산 일대의 야외학습장은 루트를 따라 노두의 발달 상태가 매우 양호하며, 또

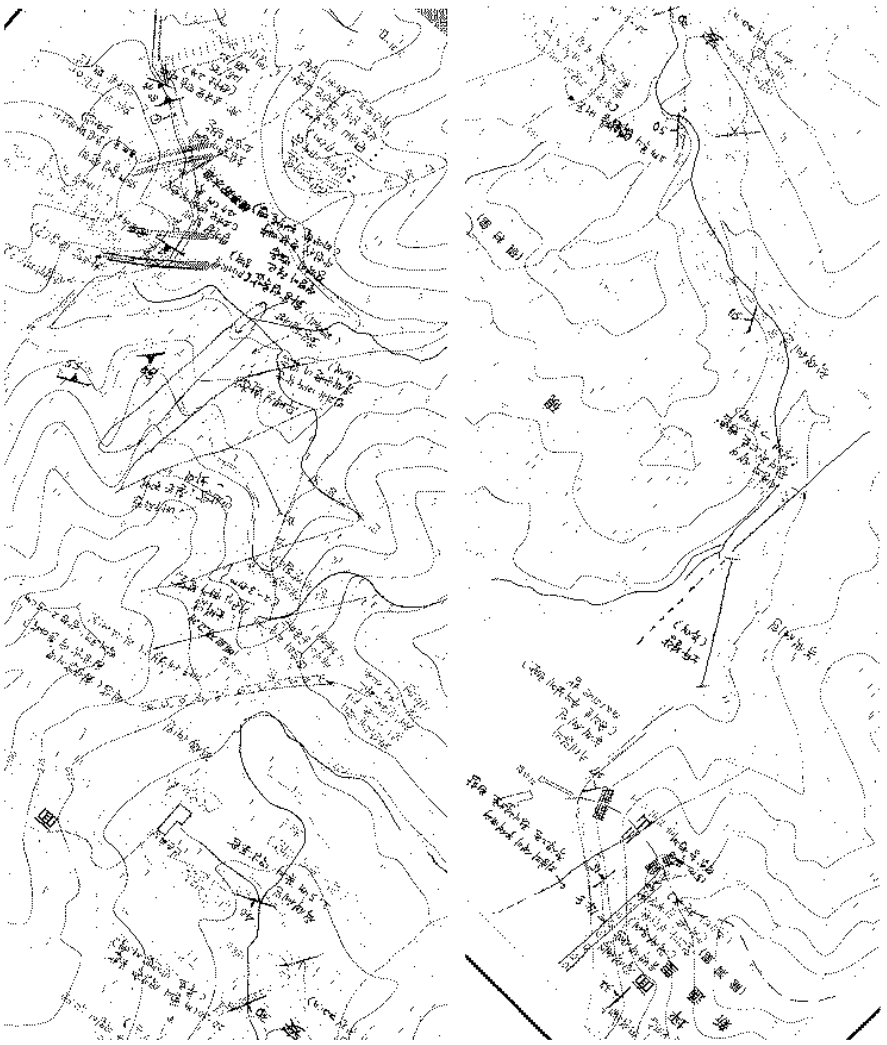


Fig. 7. Route map made by a student in geologic field survey in the study area.

한 학교 교육에서 빈번히 나오는 다양한 암석(화성암, 변성암, 퇴적암, 그리고 화산암)으로 구성되어 있으며, 암석과 광물 그리고 구조적 특징이 잘 발달되어 있다. 따라서 노두의 발달 상태가 좋은 곳을 선정하였으며 위에서 언급한 여러 특징을 잘 보여주는 지점을 선택하여 각 관찰 지점에 대한 상세한 설명을 하였다. 각 관찰지점에 나타나는 암석의 현장 사진과 더불어 각 암석에 대하여 박편을 제작하였으며, 또한 각 암석이 어떠한 광물로 구성되었는가를 알 수 있도록 편광 현미경의 박편 사진을 첨부하였다.

토의

위의 순서로 학생 스스로 작성한 노선지질도를 서로 비교해가며 공통점과 다른 점이 무엇인지를 이야기해보고 만일 다른 점이 있다면 그 이유는 어디에서 유래되었는지를 토론한다. 또한 각자 조사한 구성암석의 종류, 분포지역, 각 암석의 구성광물, 지질구조 등에 공통점과 상이점을 서로 이야기한다. 최종적으로 이러한 암석은 어디서 유래하는지 조사지역의 지사를 규명해보고 어떻게 형성되었는지 그 환경의 유추해본다. 예를 들어 율성퇴적분지는 분지 내에 여

러 가지 종류의 중생대 백악기 퇴적암으로 구성되었으며, 그 주변지역은 선 캠브리아기의 호상편마암과 화강편마암 그리고 쥬라기의 화강암과 백악기의 화산암으로 구성되어 있는 데 지층의 선후 관계를 이용하여 각 암석의 생성 순서를 파악하며, 분지 내의 다양한 퇴적암과 퇴적구조는 어떠한 환경에서 퇴적되었는지 아래 각 관찰 지점의 특징을 관찰하여 분석해 본다. 그리고 이러한 암석과 지질구조(습곡, 단층, 절리 등등)와 관계를 토의해본다.

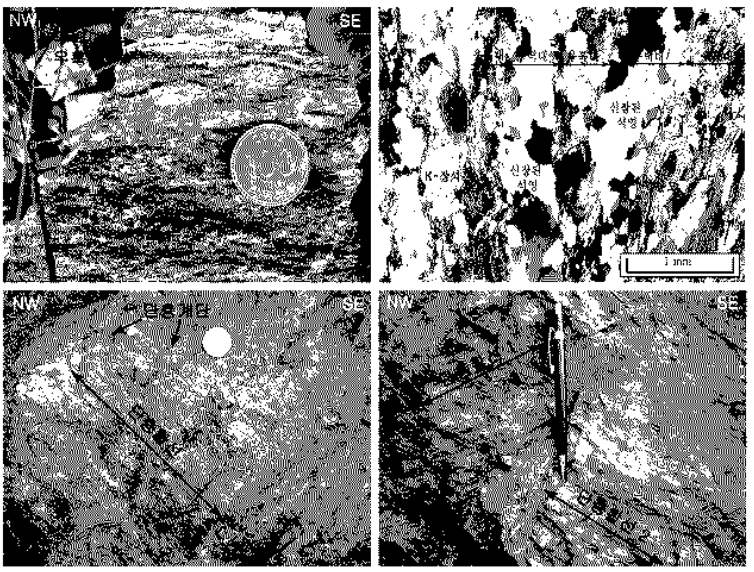
Fig. 7은 조사지역의 야외 지질조사시 1 : 5000 지형도를 이용하여 학생 스스로 작성한 노선지질도를 보여준다. 상세한 내용을 보여주기 위해 조사지역을 두 지역으로 나누어 스캐닝을 하였다. Fig. 7의 왼쪽 아래 부분의 지역은 오른쪽 위 지역과 연결된다. 조사지역의 전체적인 노선과 방향은 지형도 Fig. 2와 Fig. 6을 참고하길 바란다.

관찰 지점의 특징

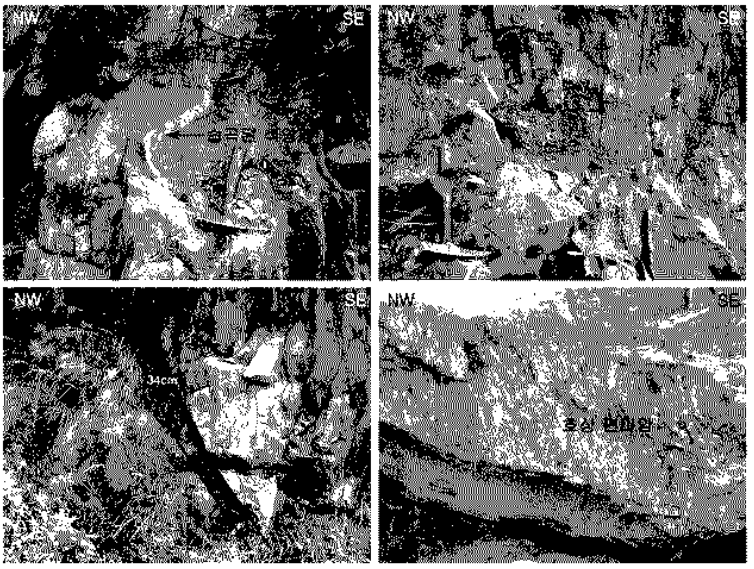
조사시작 점부터 각 관찰지점에 대한 정보를 이미 작성된 일반 지형도나 수치 지형도를 준비하여 각 관찰지점에 대한 정보를 기재하여 노선지질도를 작성한다(Fig. 6). 이번 연구에서 야외조사에서 사용한 지형도는 1 : 5,000(국립지리원 발간, 음성 064) 지형도를 사용하였으나, 노선지질도를 작성할 때 1 : 25,000 수치지형도를 2배로 확대하여 컴퓨터 그래픽 프로그램 중의 하나인 아도비 일러스트레이터(Adobe Illustrator v. 10.03)를 이용하였으며, 1 : 5,000 지형도를 구할 수 없는 경우 1 : 25,000 지형도를 사용하여도 무방하다. 각 관찰 지점에 대한 위치는 Fig. 6에 표시하였다.

관찰 지점 1(호상 편마암)

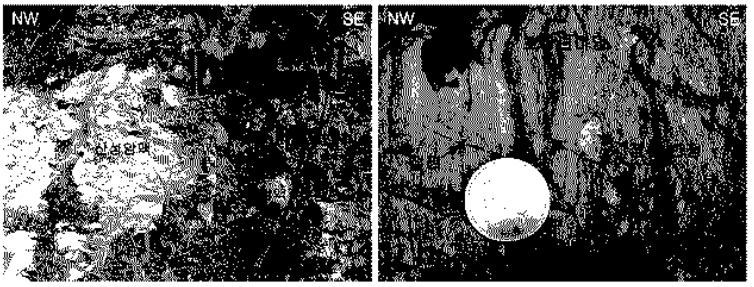
관찰 내용: 관찰 지점 1에서 호상 편마암의 주향은 N50° E, 80° 남동쪽으로 급경사하고 있다. 우흑대와 우백대의 호상의 띠가 잘 발달되어 있으며(사진 왼쪽 상단), 편광 현미경으로 관찰한 사진에서 우흑대는 주로흑운모와 미량의 백운모로 구성되며, 우백대는 신장된 석영과 사장석 그리고 K-장석이 주성분 광물을 이룬다(사진 오른쪽 상단). 또한 호상 편마암에서 나타나는 광물은 입자의 크기가 크기 때문에 육안상으로도 쉽게 관찰된다. 입도를 따라 약 10여 m 상부에서는 규모가 크지 않는 소규모 단층이 발견되며, 단층면에는 단층의 움직인 방향을 지시하는 단층활선(slickenline)과 단층계단(fault step)을 잘 관찰할 수 있다(사진 왼쪽 하단). 또한 이곳에서는 단층활동이 최소 2회 이상 활동하여 서로 다른 방향의 단층활선(단층활선 1 : 128"/35; 단층활선 2: 288"/32)을 관찰할 수 있다(사진 오른쪽 상단).



관찰 지점 1(호상 편마암)



관찰 지점 2(호상 편마암과 엽기성 암맥)



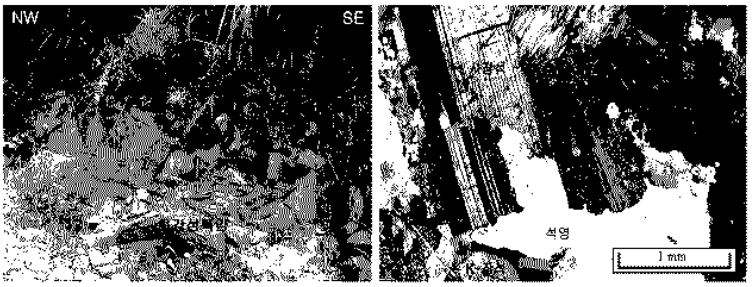
관찰 지점 3(산성 암맥과 호상 편마암)

관찰 지점 2(호상 편마암과 엽기성 암맥)

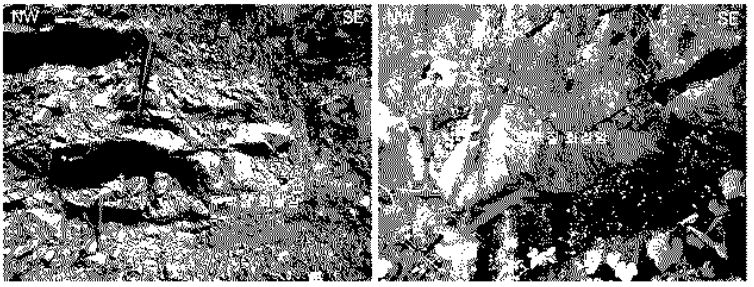
관찰 내용: 관찰 지점 2에서는 호상편마암의 엽리가 국부적으로 습곡되었으며 관입한 석영맥 역시 습곡된 것으로 보아 이 석영맥은 변형작용 이전에 관입하였음을 지시한다(사진 왼쪽 상단). 이 편마암을 관입한 3매의 암맥이 관찰된다. 중성 암맥(폭: 55 cm)의 주향과 경사는 각각 N50° E/55° NW이며 지역적으로 호상편마암의 포획암을 함유한다(사진 오른쪽 상단). 엽기성 암맥은 73 cm의 폭으로 호상편마암의 엽리구조를 절단하고 있다. 또한 혼성암 암맥(migmatitic dyke)은 폭 3 m 정도로 호상편마암의 엽리에 평행하게 관입하였으며 거정질의 장석으로 구성된다. 또한 호상 편마암을 절단하는 단층 구조도 관찰할 수 있다. 발달한 단층구조의 주향과 경사는 각각 N10° E/ 53° SE이며 단층면 위의 선구조인 단층 활선은 25°/37°이며 단층대의 폭은 34 cm에서 53 cm의 범위를 갖는 것으로 보아 단층의 연장성이 좋을 것으로 판단된다(사진 왼쪽 하단과 오른쪽 하단).

관찰 지점 3(산성 암맥과 호상 편마암)

관찰 내용: 관찰지점 3에서 호상편마암은 EW로 주향하고 있으며 53° 북쪽으로 경사한다. 호상편마암은 엽리가 잘 발달되어 있으며 장경 1 cm 이하의 안구상 장석 반정을 함유하고 있다(사진 오른쪽). 복운모 화강암(3-5 mm 크기의 백운모를 다량 함유하며 노두상에서 매우 반짝임)의 관입이 있었으며 폭



관찰 지점 4(화강섬록암)



관찰 지점 5(우백질 화강암)

45 cm의 엄기성 암맥(주향과 경사: N50° E/82° NW) 내에는 수 mm 폭의 방해석 맥이 관찰된다. 또한 저수지 끝부분에서는 폭 12 m의 산성암맥(규장암)이 호상편마암을 관입하였으며, 이 산성암맥은 세립질의 석영과 장석으로 구성되어 신선한 암석의 경우 유백색을 띤다(사진 왼쪽).

관찰 지점 4(화강섬록암)

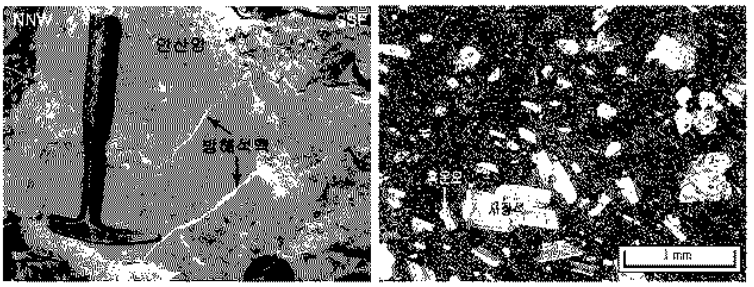
관찰 내용: 관찰지점 4에서는 폭 20 m 이상의 화강섬록암을 관찰할 수 있다. 화강섬록암은 노두에서 연한 녹색을 띠며 입자의 크기는 중립 내지 세립질이며 무색 광물로는 대부분 장석으로 구성되고 유색을 띠는 광물은 수 mm 크기의 휘석과 흑운모로 구성된다(사진 왼쪽). 이러한 사실은 화강섬록암의 편광현미경을 이용한 박편 사진에서도 확인된다. 편광 현미경의 관찰 결과 장석은 주로 사장석으로 구성되며 일부 K-장석이 나타나며 석영의 함량은 매우 적다. 노두상에서 흑색 내지 연두색을 띠는 광물은 대부분 흑운모이며 휘석과 각섬석 또한 관찰되었다(사진 오른쪽).

관찰 지점 5(우백질 화강암)

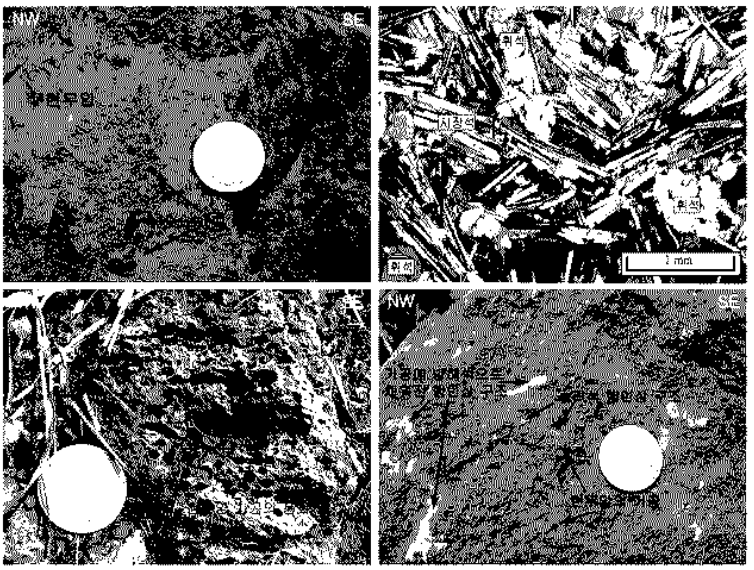
관찰 내용: 관찰지점 5에서는 우백질 화강암(leucocratic granite)을 관찰할 수 있다. 우백질 화강암은 신선한 암석 표면에서는 흰색 또는 매우 연한 녹색을 띤다(사진 왼쪽과 오른쪽). 입자는 세립질이며 일반 화강암과는 달리 유색 광물인 흑운모를 함유하고 있지 않기 때문에 흰색을 띤다. 노두상에서 절리가 매우 잘 발달되어 심하게 파쇄되어 있다. 화강섬록암과의 생성 순서(관입)는 알 수 없다.

관찰 지점 6(안산암)

관찰 내용: 안산암은 노두상에서 짙은 회색에서 자주색 또는 짙은 녹색을 띤다. 입자의 크기는 매우 작아 육안상 식별이 어렵다(사진 왼쪽). 이는 지하의 고온의 마그마가 지표 근처로 분출하여 갑자기 식어서 냉각속도가 빨라 결정화할 수 있는 여유가 없었기 때문이다. 일부 지역에서는 수 mm 폭의 흰색의 미세 방해석맥이 관찰되기도 하며 현무암과의 경계지역에서는 일부 기공이 관찰되기도 한다. 편광현미경을 이용한 박편의 관찰 결과 1 mm 이하의 침상 사



관찰 지점 6(안산암)



관찰 지점 7(현무암)

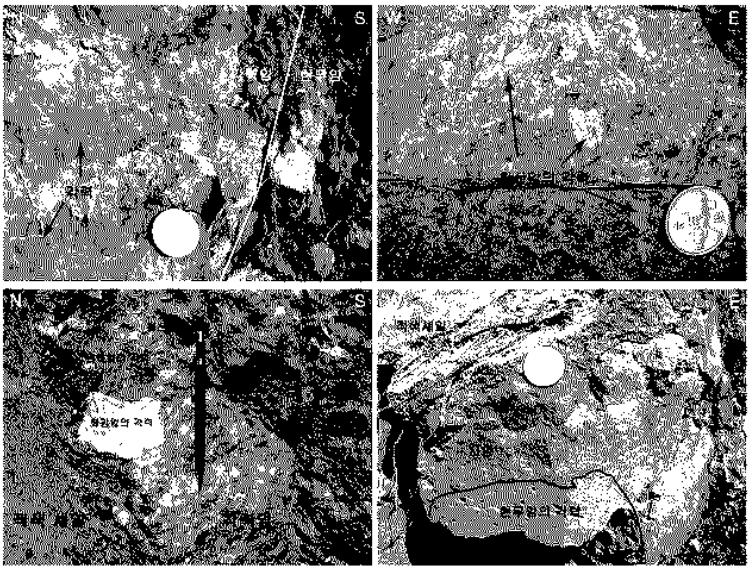
장석과 흑운모가 관찰되었으며 석기 부분은 결정화되지 못하고 유리질로 남아있다(사진 오른쪽).

관찰 지점 7(현무암)

관찰 내용: 관찰지점 7에서는 암회색에서 암갈색 자주색 또는 붉은색의 현무암을 관찰할 수 있다. 현무암 역시 안산암과 더불어 동시에 분출한 것으로 판단되며 입자의 크기는 유리질 또는 극세립질로 육안상 판별이 불가능하다. 현무암에는 수많은 기공이 있으며 이는 마그마에 포함된 여러 종류의 기체가 분출시 압력의 감소로 인하여 빠져나간 흔적이다(사진 왼쪽 상단). 어떤 노두에서는 장경 1 cm 이하의 수많은 기공이 관찰되었으나 이는 장경 수 mm의 조그마한 기공이 풍화작용을 받아 기공의 크기가 커진 것으로 판단된다(사진 왼쪽 하단). 현무암의 박편을 제작하여 편광 현미경으로 관찰한 결과 1 mm 이하의 침상의 사장석과 휘석 그리고 소량의 흑운모를 관찰하였으며 석기 부분은 유리질로 남아있다(사진 오른쪽 상단). 또한 기공 속의 빈 공간에 이차적으로 다른 광물질이 채워져 행인상구조(amygdaloidal structure)를 형성하기도 한다(사진 오른쪽 하단). 행인상 구조에 채워진 광물은 흰색의 방해석과 녹색의 녹렴석으로 구성된다.

관찰 지점 8(역암과 현무암의 경계)

관찰 내용: 관찰지점 8에서는 음성분지를 구성하는 퇴적암 중의 하나인 역암과 각력암이 현무암과의 경



관찰 지점 8(역암과 현무암의 경계)

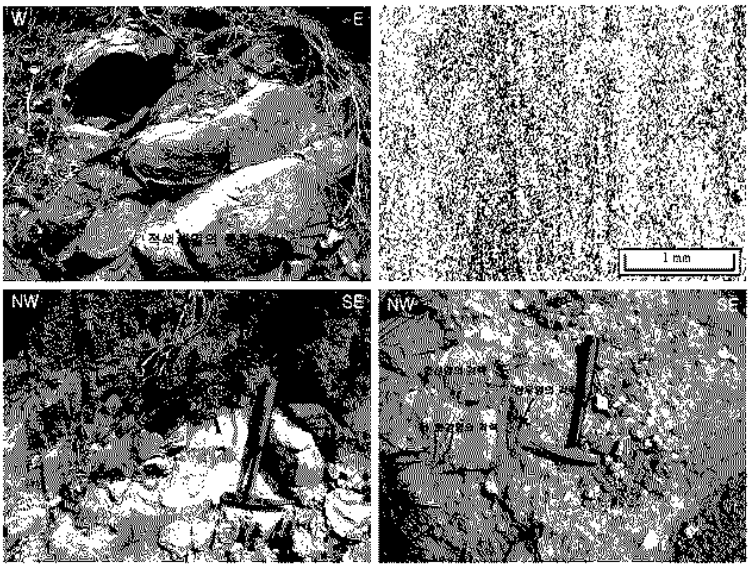
계를 형성한다(사진 왼쪽과 오른쪽 상단). 이 경계는 벼루재 남동쪽 약 20 m 아래에 있으며, 노두상에서 그 경계는 N26° E 로 주향하고 46°로 북서쪽으로 경사하고 있다. 남동쪽 현무암과 경계에서 약 30 cm 폭의 점이대가 있으며 경계 부근에서 폭 5 m의 역암 또는 각력암은 직경 1 cm 내외의 현무암 각력으로 구성된다. 또한 3 m 폭의 녹색 셰일, 1 m 폭의 각력암, 3 m 폭의 적색 셰일, 1 m 폭의 역암, 그리고 벼루재 정상까지 적색 셰일의 주상도를 보여준다. 즉 현무암과의 경계부근에서는 주로 각력암으로 구성되며, 음성분지의 중심으로 갈수록 세립질의 사암과 셰일로 이루어진다. 이 곳에서 나타나는 각력 또는 역의 종류와 크기는 매우 다양하며 즉 화강암의 각력, 안산암, 현무암의 각력, 규암의 각력 등등을 포함한다(사진 왼쪽 하단). 역의 크기는 현무암과의 경계에서는 매우 크나(최대 수십 cm)(사진 오른쪽 하단), 분지의 중앙 부근에서 형성된 역암에서는 최대 장경 3 cm 내외이다. 이같은 사실은 앞서 설명한 음성 분지의 형성 과정과 밀접한 관계가 있다.

관찰 지점 9(적색 셰일)

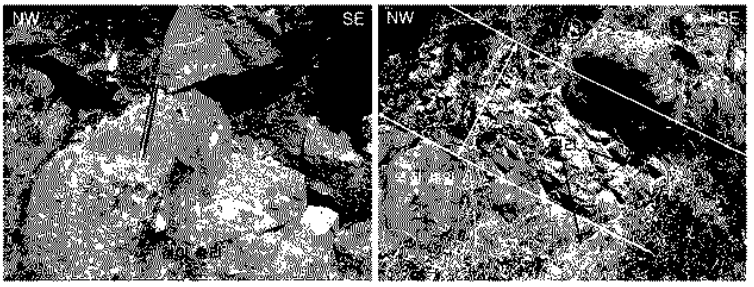
관찰 내용: 벼루재부터 음성분지의 중심까지는 두꺼운 적색 셰일의 지층으로 구성된다. 이 곳의 적색 셰일층은 N60° E로 주향하며, 40° 북서쪽으로 경사한다. 하지만 두꺼운 적색 셰일 지층 내에는 수십 cm에서 수 m 두께의 역암층, 사암, 또는 미사암의 지층이 협재하기도 한다. 협재한 역암 또는 각력암에서의 역 또는 각력은 음성분지 주변에서 산출되는 여러 암석으로 구성된다. 즉 음성분지가 형성되기 이전에 주변에 존재하던 암석의 역 또는 각력으로 구성하고 있다(사진 왼쪽과 오른쪽 하단). 적색 셰일은 입자의 크기나 물질 구성에 있어서 균질하기 때문에 풍화를 받았을 경우 왼쪽 상단의 야외 노두사진과 같이 둥글한 모양의 양파구조를 형성한다. 적색 셰일은 입자의 크기가 1/256 mm 이하의 점토 입자로 이루어져 있기 때문에 육안상 입자의 크기를 알 수 없으며 오른쪽 상단의 사진은 편광 현미경으로 관찰한 적색 셰일의 박편 사진을 보여준다.

관찰 지점 10(점이층리)

관찰 내용: 관찰 지점 10에서는 적색 셰일 내에 발달한 퇴적 구조 중 점이층리를 미약하나마 관찰할 수 있다. 이는 육지로부터 공급된 여러 크기의 퇴적물이 쌓일 때 중력에 의해 무겁고 큰 입자가 아래에 쌓이며 가볍고 작은 퇴적물은 지층의 상부에 퇴적이 됨에 따라 형성된 구조이다. 이와 같은 구조는 음성분지의 곳곳에서 관찰할 수 있다(사진 왼쪽). 두껍게 쌓인 셰일 층에서는 층리를 관찰하거나 또는 지층의



관찰 지점 9(적색 셰일)



관찰 지점 10(점이층리)

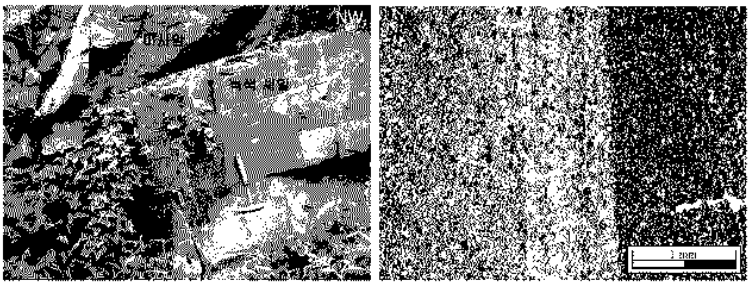
주향과 경사의 방향을 알기 어렵다. 이러한 경우 주변 지역에 나타나는 다른 퇴적암(예를 들어 역암, 각력암, 미사암, 녹색 셰일 등등)에서 서로 다른 입자의 크기를 갖거나 또는 서로 다른 색을 갖기 때문에 이러한 관계를 이용하여 지층의 방향을 측정할 수 있다. 어떠한 경우 일정한 두께를 갖는 절리구조가 한 방향으로 배열되는 경우도 많기 때문에 층리와 절리를 혼동하지 말아야한다(사진 오른쪽).

관찰 지점 11(녹색 셰일)

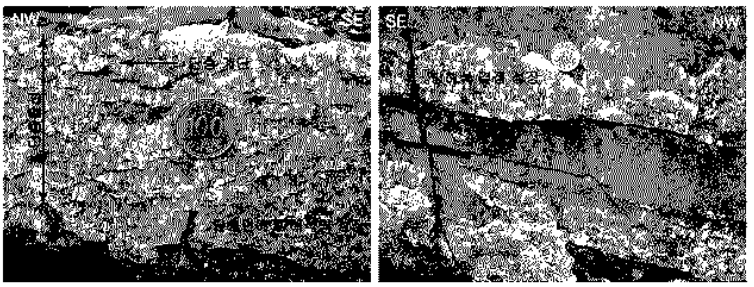
관찰 내용: 녹색 셰일은 조사 지역의 북서부에 나타나며(사진 왼쪽) 적색 셰일과의 관계는 점이적이다(Figs. 1 and 6 참조). 이 곳에서 나타나는 녹색 셰일은 N30° E로 주향하며, 25° 남동 경사한다. 녹색 셰일도 적색 셰일과 마찬가지로 입자의 크기가 매우 작아 육안상 그리고 편광 현미경으로도 구성 광물의 종류를 관독할 수 없다(사진 오른쪽). 녹색 셰일층 내에는 수십 cm에서 수 m 두께의 미사암과 역암을 협재하기도 하며 이를 이용하여 지층의 주향과 경사를 측정한다. 이러한 환경은 적색 셰일에서도 마찬가지로 퇴적 당시 호수의 깊이가 일정하게 유지된 것이 아니라 어느 정도 오르내리는 환경에 있었을 것이라고 추측할 수 있다.

관찰 지점 12(단층면)

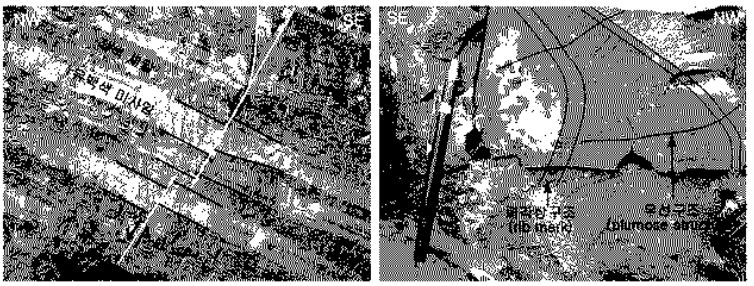
관찰 내용: 관찰 지점 12에서는 녹색 셰일(주향과



관찰 지점 11(녹색 세일)



관찰 지점 12(단층면)



관찰 지점 13(교호층)

경사: N04° E/15° SE) 내에서 발달한 소규모 단층면을 관찰할 수 있다. 단층면의 주향과 경사는 각각 N26° W/25° SW이며 단층면에는 폭 1 cm 이내의 방해석이 성장했음을 관찰할 수 있다(사진 왼쪽과 오른쪽). 이는 단층이 활동할 때 단층면이 완벽한 평면이 아니라 어느 정도 굴곡이 있는 경우에 발생하며, 단층의 활동과 동시에 단층면의 빈 공간 속에 광물질이 성장시킨다. 따라서 성장한 광맥절은 단층의 움직인 방향과 평행하게 성장하게 된다. 그러므로 이러한 사실을 관찰하면 단층작용을 만든 힘의 방향을 알 수 있다. 위의 사진의 경우 이 단층은 정단층에 해당된다.

관찰 지점 13(교호층)

관찰 내용: 관찰 지점 13은 연구 지역의 마지막 관찰 지점으로 원남 저수지의 댐 좌안에 잘 노출되어 있으나 댐의 여수로 때문에 접근은 할 수 없다. 하지만 댐 우안에서 노두를 쉽게 관찰할 수 있다. 이곳에서 나타나는 암석 유형은 대부분 지층 두께 1 m 이하의 유백색의 미사암과 적색 셰일의 호층이 반복되어 나타나는 것이 특징이다. 즉 퇴적 당시에 호수물의 깊이가 주기적으로 변동하는 환경에서 퇴적되었음을 시사한다. 또한 단층의 낙차는 크지 않으나 연장성이 좋은 단층 구조도 관찰할 수 있으며 이 단층

은 정단층으로 활동했음을 보여준다(사진 왼쪽). 또한 댐의 오른쪽 소로에서는 적색 세일이 우세하게 나타나며, 적색 세일 내에 잘 발달된 절리 구조가 어떻게 형성되었는지를 보여준다. 이러한 구조는 크게 3부분으로 구성되며 즉 우선구조, 패각상 구조, 그리고 안행상 구조이다. 우선구조는 수많은 작은 곡선으로 구성되며 이 선을 추적하면 어디에서부터 깨지기 시작했는지 원점을 찾을 수 있다. 패각상 구조는 이 암석이 깨지는 도중 잠깐 동안 시간적 틈이 있었음을 나타낸다(사진 오른쪽). 안행상 구조는 이 곳 노두에서는 나타나지 않았으나 절리구조의 외곽부에 나타나는 계단모양의 구조이며 전단력에 의해 형성된다.

위와 같은 경로로 작성한 노선지질도에서 앞서 설명한 각 관찰 지점의 여러 특징을 종합해보면 조사지역의 구성암석은 매우 다양하며, 조사 시점부터 선캠브리아기의 호상 편마암, 이를 관입한 화강섬록암, 그리고 우백질 화강암이 있으며 음성분지와 호상편마암의 경계부에서 안산암과 현무암의 분출이 있었으며(분출 활동은 최소 2차례 이상이며 즉 이들 화산암의 역 또는 각력이 이보다 시기적으로 늦게 퇴적한 음성분지 내의 퇴적암에서 발견되기 때문이다), 분지가 형성된 후 여러 종류의 퇴적암, 즉 각력암, 역암, 사암, 미사암, 적색 세일 그리고 녹색 세일이 퇴적하였음을 보여준다. 그리고 중생대 백악기 말에 위의 모든 암석을 관입한 여러 종류의 암맥으로 구성된다.

또한 조사지역의 퇴적암에서 측정한 지층의 주향과 경사를 종합하면 노두상에서는 보이지 않는 거대 습곡 구조도 파악할 수 있다. 그리고 분지 내에서 나타나는 암석의 종류로 그 당시의 환경을 유추할 수도 있다. 결론적으로 작성한 노선지질도로부터 다양한 암석군의 종류, 각 암석의 구성광물, 조직, 퇴적구조, 및 지질구조, 그리고 이를 종합하여 당시의 퇴적 환경을 해석하여 볼 수 있는 정보를 제공해준다.

연구 결과 및 논의

본 연구는 야외지질조사 학습장 개발을 목적으로 야외지질조사 평가 결과 분석을 수업설계 측면과 학생들의 태도분석 측면에서 실시하였다. 충북 괴산군 두타산 일대의 야외지질조사에 관한 학생들의 이해를 돕기 위해 야외지질조사를 실시하기 전에 우리나라의 전반적인 지질, 그리고 지질 계통, 지각변동에 관한 내용, 그리고 음성분지에 관련된 암석, 구조, 층서,

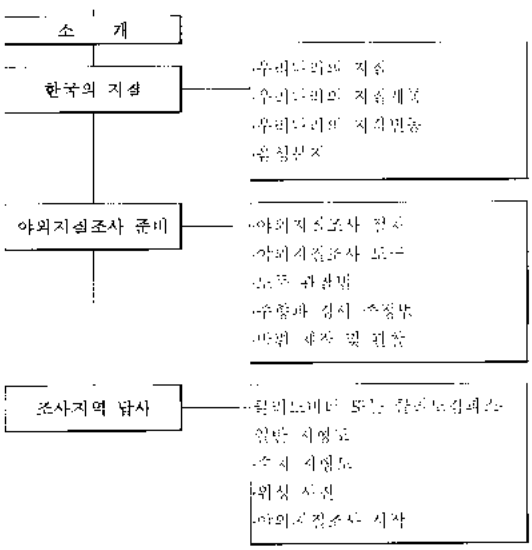


Fig. 8. Flow chart for geologic field survey in the Eumsung Basin.

퇴적학, 그리고 지구 물리학적 형성과정을 숙지하게 한 후 조사를 시행하였다. 학생들의 평가 분석을 위해 야외지질조사를 위한 평가 자료를 이용한 후 야외지질조사를 실시한 학생들로 하여금 학습 자료에 대한 인식을 분석하였다.

충북 괴산군 두타산 일대의 야외지질조사 학습장 개발시 구현할 전체적인 학습의 흐름을 나타내면 다음과 같다(Fig. 8).

야외지질조사 평가 결과 분석

수업설계측면: 수업설계측면에 관한 내용에는 크게 수업목표, 학습내용, 그리고 수업전략으로 구분하여 각각의 설문 내용을 평가하였으며 수업설계측면에 대한 학생들의 반응 결과는 Table 1과 같다.

수업목표측면에서는 "수업목표가 명료하게 진술되어 있는가?", "수업목표가 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 진술되어 있는가?" 그리고 "수업목표가 학교의 교육과정과 일치하고 있는가?"에서는 각각 64.1%와 74.4% 그리고 71.8%의 긍정적인 반응을 얻었고, 진술된 수업목표는 충실히 이행되고 있는가에 대한 반응 역시 51.3%로 긍정적인 반응을 얻었다.

학습내용측면에서는 "학습내용이 수업목표 성취에 적합한가?", "학습내용이 정확하게 제시되어 있는가?", "내용지시가 명료한가?", "학습내용에는 주제와 관계있는 모든 측면들이 포함되어 있는가?" 그리고 "학습

Table 1. Results of students' response in a side of learning design

구분	분항	설 문 내 용	아니다 (%)	보통이다 (%)	그렇다 (%)
수업 목표	1	수업목표가 명료하게 진술되어 있다.	0.0	35.9	64.1
	2	수업목표가 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 진술되었다.	0.0	25.6	74.4
	3	수업목표가 학교의 교육과정과 일치하고 있다.	0.0	28.2	71.8
	4	진술된 수업목표는 야외 학습 자료를 충실히 이행되고 있다.	0.0	48.7	51.3
학습 내용	5	학습내용이 수업목표 성취에 적합하다.	0.0	17.9	82.1
	6	학습내용이 정확하게 제시되어 있다.	2.6	38.5	59.0
	7	학습내용의 양이 적합하다.	2.6	48.7	48.7
	8	내용지시가 명료하다.	0.0	43.6	56.4
	9	학습내용에는 주제와 관계있는 모든 측면들이 포함되어 있다.	2.6	43.6	53.8
수업 전략	10	학습자들의 학습동기 및 흥미를 유발시키고 있다.	2.6	48.7	48.7
	11	학습자의 적극적 참여가 가능하다.	2.6	53.8	43.6
	12	학습내용이 잘 요약되어 있다.	0.0	17.9	82.1
	13	평가분항은 선정된 수업목표와 일치하고 있다.	0.0	30.8	69.2

내용을 잘 반영하고 있는가?"에 대해서는 각각 82.1%, 59.0%, 56.4%, 53.8% 그리고 59.0%의 긍정적인 반응을 얻었고, "학습내용의 양이 적합한가?"에 대한 반응 역시 48.7%로 비교적 긍정적인 반응을 얻었다.

수업전략측면에서는 "학습내용이 잘 요약되어 있는가?"와 "평가분항은 선정된 수업목표와 일치하는가?"에서는 각각 82.1%와 69.2%의 긍정적인 반응을 얻었고, 또한 "학습자들의 학습동기 및 흥미를 유발시키는가?"에 대한 반응 역시 48.7%로 비교적 긍정적인 반응을 얻었다. 그러나 "학습자의 적극적 참여가 가능한가?"에서는 43.6%만이 긍정적인 반응을 보였으며 이 부분에 대한 보안이 필요한 것으로 사료된다.

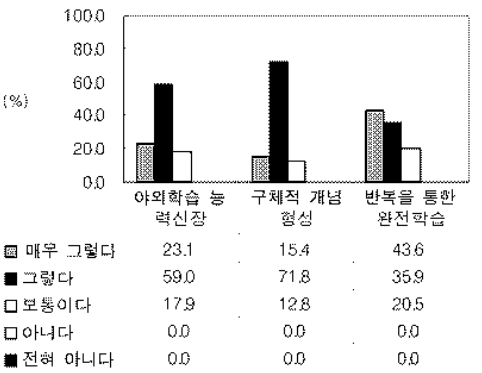


Fig. 9. Results of student attitude analyzed.

야외지질조사 자료를 이용하여 학습한 학생들의 태도 분석 결과

야외지질조사 자료를 이용하여 학습한 학생들의 태도 분석 결과는 지구과학 학습에 도움이 되는 정도와 이러한 자료를 이용하였을 때 학습의 문제점을 바탕으로 분석하였으며 학생들로 하여금 도움이 되는 정도를 3가지 항목별로 분석하였으며 구체적인 분석 결과는 다음과 같다(Fig. 9). 항목별 분석 내용은 야외학습 능력신장 정도, 지구과학 교육에 있어서의 구체적인 개념 형성과 그리고 반복적인 야외학습을 통한 내용의 인지정도 등 각 항목별로 5가지 등급을 정하여 분석하였다.

야외 지질조사 학습장이 야외학습 능력신장에 도움이 되는가에 관한 설문에서 그렇다와 매우 그렇다는 학생들의 반응은 82.1%를 얻었으며 17.9%만이 보통이라고 응답하였다. 또한 야외 지질조사 학습장에 관한 관찰 내용이 지구과학 교육에 관한 구체적인 개념 형성에 도움이 되는가에 관한 설문에서는 87.2%가 도움이 된다고 응답하였으며 12.8%만이 보통이라고 응답하였다. 마지막으로 야외 학습장을 반복적으로 방문을 한 후의 학습효과는 78.5%가 도움이 된다고 응답하였고 20.5%가 보통이라고 응답하였다. 야외 학습장의 반복적 학습에서는 다른 설문에 비해 보통이라고 응답한 학생들이 많았던 결과는 학생들이 같은 곳을 지속적으로 방문하여 같은 내용을 익히는 지루함의 결과이며 또한 장거리를 이동하여 발생한 피곤함에 기인한 현상으로 사료된다. 위의 설문에서 지구과학의 내용에 대한 구체적인 개념 현상에 도움

이 되는가에 관한 내용에서는 단지 12.8%만이 보통이라고 응답한 것으로 보아 지구과학의 개념형성에 큰 도움이 되는 것으로 분석되었다.

즉 야외 지질조사 학습장이 학습에 도움이 되는 정도에 대한 학생들의 반응은 이러한 자료가 야외학습을 수행하는데 도움이 된다는 긍정적인 반응을 나타낸다. 이러한 사실은 앞으로 음성분지 두타산 이외의 다양한 암석과 지질구조, 그리고 퇴적환경 등 지구과학에 다양한 정보를 제공하는 야외지질조사 학습장을 개발하는 것이 필요하다는 것을 시사해 준다.

결 론

충북대학교 사범대학 지구과학 수강자를 대상으로 실시한 본 연구의 결과를 요약하면 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

첫째, 실제 교육현장에선 야외학습을 비롯한 현장학습을 수행하는데는 많은 어려움이 있지만, 이번 교육자료로 개발된 야외학습장 음성분지는 한반도 중부지방에 존재하는 중생대 백악기 퇴적분지로 인리형 분지 형성과정을 잘 보여주고 있고, 다양한 암석과 지질구조를 가지고 있으며 또한 지리적으로 접근하기가 편리하여 용이하게 관찰이 이루어 질 수 있는 좋은 조건을 갖추고 있다. 본 연구를 통하여 개발된 실습코스에는 13개의 관찰 지점이 있으며 실제 야외현장에서 각 관찰 지점별로 학생들이 행할 수 있는 활동을 구체적으로 안내해주는 활동지 형태의 야외학습자료 문항으로 구성하여 제시함으로써 실제적으로 활용할 수 있도록 하였다. 작성한 노선지질도로부터 다양한 암석군의 종류, 각 암석의 구성광물, 조직, 퇴적구조, 및 지질구조, 그리고 이를 종합하여 당시의 퇴적 환경을 해석하여 볼 수 있는 정보를 제공하였다.

둘째, 학습한 학생들의 태도 변화에서는 야외지질조사 학습장이 지구과학의 학습에 도움이 되는가에 관한 질문에는 3가지 항목 모두에서 대부분 많은 도움이 된다는 긍정적인 반응을 보였으며, 특히 지구과학 교육에 관하여 구체적인 개념 형성에 큰 도움이 된다는 매우 긍정적인 반응 결과를 보였다. 이러한 분석 결과는 앞으로 더 많은 정보를 제공할 수 있는 야외학습장 개발에 더욱 관심을 가져야 될 필요성이 있다고 생각되며, 야외학습자료를 이용해 학습한 학생들의 태도 평가가 긍정적이고 야외학습에 대한 흥미와 이해증진을 가져오기 때문에 앞으로 야외지질조사 학습장과 이와 연관된 학습자료 개발에 더욱 많은 관심을 가져야 될 필요성이 있다.

사 사

이 연구논문은 2004년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음을 밝힌다. 논문의 구성과 전개방법에 대하여 아낌없는 지적을 해주신 전북대학교의 조규성 교수께 감사드리며, 야외지질조사에 적극적으로 참여한 충북대학교 사범대학 지구과학 전공 여러분에게 감사드린다.

참고문헌

정상원, 1987, 증평-음성지역의 백악기 퇴적분지 북부지역의 지질구조. (미발간) 이학석사 학위논문, 서울대학교 대학원, 64 p.

정상원, 김정환, 최영섭, 1999, 음성분지 북부지역 내 백악기 퇴적층의 연필구조. 한국지구과학회지, 20, 497-504.

정창희, 박용안, 김항묵, 1976, 음성지질도폭 및 설명서. 자원개발연구소, 32 p.

송무영, 이창진, 이제용, 1990, 음성-증평 및 공주 부근의 중생대 퇴적 분지에 대한 지구조 종합연구 (I. 음성-증평 부근). 한국지구과학회지, 11, 1-12.

송무영, 이창진, 이제용, 이동익, 1991, 음성-증평 및 공주 부근의 중생대 퇴적 분지에 대한 지구조 종합연구 (II. 공주분지). 한국지구과학회지, 12, 1-13.

최영섭, 1996, 음성분지 지구조운동 연구. (미발간) 이학박사 학위논문, 서울대학교 대학원, 158 p.

Christie-Blick, N. and Biddle, K. T., 1985, Deformation and basin formation along strike-slip fault. In Christie-Blick, N, and Biddle, K. T., (eds), Strike-s;ip deforamtion, basin formation, and sedimentation: SEPM, Special Publication 37, 1-34.

Kim, J. S. Shon. H, Ryang, W. H. and Chough, S. K., 1998, Electical resistivity and MT imaging in the northern-middle part of Eumsung Basin (Cretaceous), Korea. Geoscience Journal, 2, 206-216.

Ryang, W. H, Chough, S. K. Kim, J. S. and Shon, H., 1999, Three-dimensional configuration of a full apart basin from high-resolution magnetotelluric profiling: Eumsung Basin (Cretaceous), Korea. Sedimentary Geology, 129, 101-109.

2004년 10월 20일 원고 접수
2004년 12월 29일 수정원고 접수
2005년 1월 21일 원고 채택