

## 경기도 시화호 탄도 해안과 한염 지역의 야외 지질 답사 수업모형에 대한 질적 분석

맹승호<sup>1,\*</sup> · 위수민<sup>2</sup>

<sup>1</sup>용문고등학교, 136-072 서울특별시 성북구 안암동 2가 96-1

<sup>2</sup>한국교원대학교, 363-791 충청북도 청원군 강내면 다락리 산7

### A Qualitative Analysis on a Geological Field Excursion Teaching Model on Tando Coast and Hanyom Area at Shiwha Lake In Kyounggido

Seung-Ho Maeng<sup>1,\*</sup> and Soo-Meen Wee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yong-moon High School, 96-1 Anam-dong 2-ga Seongbook-gu, Seoul 136-072, Korea

<sup>2</sup>Department of Earth Science Education, Korea National University of Education 363-791, Korea

**Abstract:** By analyzing and integrating established geological field study instances, this study offered a new geological field excursion teaching model with several steps: unifying question raising, excursion generalization, intensive field direction, searching, primary conclusion, re-searching, group discussion, adjustment, and excursion summarizing. Then by qualitatively assaying the responses which students showed after applying this teaching model, a concrete teaching plan was sought for earth science teachers who were planning to begin geological field excursion classes. Students evaluated very highly on the unifying question and excursion generalization because these items provided a sense of direction and an overall theme for geological excursion in advance. Also, since the students had little to none geological knowledge and field excursion experience, the intensive field direction gave them a lot of help with their field excursion activities. Students thought that coming up with a primary conclusion based on the summary of what they had observed in their activities was original, and highly valued the process of sharing different opinions in group discussions and drawing out a final conclusion. Teachers should help students develop a friendly atmosphere, by organizing group activities and continuously feeding them with unifying questions and excursion generalization within the groups. Also, they should prepare enough contents for intensive field direction and ways to get their points across. In the process, they should arrange beforehand detailed instructions for every outcome, with the intention of solving the question. Furthermore, teachers should follow carefully how conclusions are drawn, instruct students not to reach conclusions based on mere assumptions, and be aware of misconceptions students have toward geological phenomenon in advance, so that the discussion can be lead in the right direction.

**Keywords:** geological field study, geological field excursion teaching model, shiwha lake

**요약:** 이 연구에서는 기존의 야외 지질 학습 사례를 분석 종합하여 통합 문제 제시 단계 - 답사 개괄 단계 - 현장 집중 지도 단계 - 탐색 단계 - 1차 결론 발표 단계 - 재탐색 단계 - 조별 토론 단계 - 정리 단계 - 답사 요약 단계의 새로운 야외 지질 답사 수업 모형을 제안하였다. 그리고 이 수업 모형을 적용한 후 학생들의 반응을 질적 분석하여 야외 지질 학습을 실시하려는 지구과학 교사들을 위한 구체적인 지도 방안을 찾아보았다. 학생들은 통합 문제와 답사 개괄을 통해 지질 답사의 방향과 전체적인 주제를 미리 알고 야외 지질 답사에 참여하게 된 것을 매우 높이 평가하였다. 또한, 지질학적 지식이 부족하고, 야외 지질 답사의 경험이 적은 까닭에 현장 집중 지도 내용이 답사 활동에 많은 도움이 되었다. 그리고 관찰 내용 요약 후 그 내용을 근거로 1차 결론을 발표하는 과정을 참신하게 생각하였으며, 조별 토론을 통해 서로 다른 의

\*Corresponding author: longsun@chol.com

Tel: 82-11-9491-4157

Fax: 82-2-927-0860

견을 나누며 최종 결론을 도출하는 과정을 긍정적으로 평가하였다. 지도 교사는 조별 모임을 통해 통합 문제 제시와 답사 개괄을 충분히 실시하여 서로 친숙한 분위기를 형성할 수 있도록 도와주어야 한다. 또한 충분한 현장 집중 지도 내용과 전달 방식을 준비하고, 사전 연구 과정에서 통합 문제를 해결하려는 관점에서 상세한 노두별 지도 지침을 마련해 두어야 한다. 그리고 결론 도출 과정을 세밀히 파악하여 추측에 의한 결론이 나오지 않게 지도해야 하며, 토론을 올바른 방향으로 이끌어 갈 수 있도록 지질 현상에 대한 학생들의 오개념을 사전에 숙지하고 있어야 한다.

주요어: 야외 지질 학습, 야외 지질 답사 수업 모형, 시화호

## 서론

야외 지질 학습은 교실에서 경험할 수 없는 물질과 현상을 관찰하고 직접 경험할 수 있는 기회를 제공받을 수 있어서 매우 중요하다(Orion, 1989). 또한, 야외 지질 학습은 훌륭한 체험 활동으로서 교실에서 학습한 내용의 구체적인 예를 제공하여 교육과정을 촉진시키는 데 중요한 요소로 인식되고 있다. 그동안 야외 지질 학습의 중요성을 이해하고 여러 지역에서 야외 지질 학습에 대한 선행 연구들이 꾸준히 진행되었다(강지현, 2002; 박정용 외, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003; 박진홍, 2001; 박진홍 외, 2000; 안순호, 1994; 유재환, 2002; 전영호, 1996; 조규성 외, 2002; 최영산, 2001). 이들의 연구는 각 지역의 야외 지질 학습 코스를 개발하여 제시하고 있으며, 부분적으로 학생들에게 야외 지질 학습을 적용하여 그 학습 효과를 분석하기도 하였다. 그러나 이와 같은 연구 성과에도 불구하고 학교 현장에서 야외 지질 학습을 실시하는 사례는 여전히 많지 않다. 서울 및 경기 지역의 과학 교사를 대상으로 한 조사 연구에 의하면, 조사 대상의 24.7%에 해당하는 지구과학 교사들만이 야외 지질 학습을 포함한 과학 캠프를 진행한 경험이 있다고 응답하였다(박창용, 2002). 학교 현장에서 야외 지질 학습이 충분히 이뤄지지 않고 있는 상황에 대해 Anderson(1980)은 다음과 같은 이유를 들고 있다. 첫째, 교사들이 야외 지질 학습의 내용을 준비하는데 부담을 느끼고 있으며 여기에 많은 시간이 필요한 것으로 이해하고 있다. 둘째, 교사들은 야외 지질 학습을 독립된 행사로 생각하는 경향이 있어서 교육과정의 목표와 야외 지질 학습을 연계시키는 것을 어렵게 만들고 있다. 셋째, 교사들은 야외 지질 학습을 실시하기 위해 얼마만큼의 사전 학습이 필요한지에 대해 우려하고 있다. 넷째, 야외 지질 답사 활동을 위한 훈련과 운영에 대해 어려워하고 있다. 다섯째, 학생들이 야외 지질 답사 활동을 학습의 기

회로 보지 않고 놀러가는 것으로 보지 않을까 하는 우려를 많이 한다(Kean and Enochs, 2001에서 재인용). 그밖에 교사들이 야외 학습에 대한 교수법에 익숙하지 못하며, 적절한 교수 학습 자료가 부족한 것에서 그 원인을 찾을 수도 있다(Orion, 1993). 야외 지질 학습을 실시하는 교사도 교육학적인 이론적 토대에 근거하여 체계적인 야외 지질 학습을 진행하기 보다는 자신의 개인적 경험에 의존하여 진행하는 경우가 많다. 그 과정에서 야외 지질 학습이 탐구 중심으로 진행되는 것이 아니라 교실 수업과 유사하게 교사 중심적인 ‘야외강의(outdoor lecture)’ 수준으로 진행되기도 하였다(Munn et al., 1995).

교실의 과학 수업에서는 효율적인 과학 학습 지도를 위해 이미 여러 가지 과학과 수업 모형이 개발되어 현장에 적용되고 있다. 그러나 야외 지질 학습에 대해서는 이렇다 할 체계적인 수업 모형이 개발되어 있지 않은 상황이다. 이 연구에서는 학생 탐구 중심의 야외 지질 학습이 시행될 수 있도록 야외 지질 답사 수업 모형을 제시하고, 학교 현장에 적용한 사례에 대한 질적 분석을 통해 지구과학 교사들이 야외 지질 학습을 진행하는데 필요한 구체적인 활용 방안과 지침을 제시하고자 한다. 이를 위해 다음의 세 가지 주요 과제를 중심으로 연구를 진행하였다.

첫째, 기존의 야외 지질 학습 이론 및 사례와 과학과 수업 모형에 비추어 볼 때 야외 지질 답사를 위한 수업 모형은 어떤 형태가 적합할까?

둘째, 야외 지질 답사 수업 모형에 근거하여 개발한 수업 과정안을 학교 현장에 적용할 경우 학생들은 어떤 반응을 보일까?

셋째, 야외 지질 답사 수업 모형에 근거한 수업 과정안을 적용한 사례에 대한 질적 분석을 통해 중등 지구과학 교사들에게 어떤 지도 방안을 제시할 수 있을까?

이 연구를 수행하는 과정에서 다음과 같은 제한점이 있었다. 먼저 이 연구는 문헌 연구를 바탕으로 연



Fig. 1. The procedure of this research.

구자의 주관적인 관점에서 새로운 야외 지질 답사 수업 모형을 제안한 것이며, 시화호 지역을 대상으로 하여 수업 모형을 개발, 정리하였다. 따라서 다른 지역의 야외 지질 답사에 충분히 적용되어 그 타당성을 지속적으로 검증해야 한다.

## 연구절차 및 방법

### 연구 절차

이 연구에서 야외 지질 답사 수업 모형을 개발하고, 이를 학교 현장에서 학생들과 함께 야외 지질 학습에 적용한 후 질적 분석한 절차는 Fig. 1과 같다.

### 야외 지질 답사 수업 모형 개발을 위한 문헌 연구

교실의 과하 수업을 위한 수업 모형은 많이 개발되고 적용된 바 있지만, 야외 지질 학습을 위한 체계적인 수업 모형에 대해서는 구체적인 연구 사례가 많지 않았다. 이 연구에서 실행한 문헌 연구는 주로 중·고등학교 및 대학생을 대상으로 하는 국내외의 야외 지질 답사 사례 연구를 중심으로 하였다. 그 중 Orion(1989, 1993)의 교육과정 요소로서 야외학습 모델, Huntoon et al.(2001)의 현장 탐구 학습 모델, Munn et al.(1995)의 야외 지질 답사의 협동학습적 접근 모델, 박정호 외(2002)의 경험학습모형에 근거한 지질답사 수업 모형 등의 사례 연구를 통해 야외 지질 답사 수업 모형에 대한 시사점을 얻을 수 있었고, 그 내용을 바탕으로 새로운 야외 지질 답사 수업 모형을 개발, 정리하였다.

### 야외 지질 답사 수업 모형에 대한 타당도 검증

문헌 연구와 1차 현장 적용 사례에 대한 분석 결과를 통해 정리된 야외 지질 답사 수업 모형을 야외 지질 학습 경험이 풍부한 지구과학 교사들(지질학 박사 1명, 지질학 석사 2명, 교육학 석사 4명)에게 의뢰하여 내용 타당도를 검증하였다.

### 야외 지질 답사 수업 모형의 현장 적용 및 질적 분석

문헌 연구를 통해 정리된 야외 지질 답사 수업 모형에 근거하여 수업 과정안을 작성하고, 이를 경기도 연천군 전곡읍 지역에 대한 야외 지질 학습에 1차로 적용하였다. 서울 지역 인근계 고등학교 9명을 대상으로 실시한 1차 적용은 야외 지질 답사 수업 모형 연구의 사전 조사에 해당하며, 그 결과물로 학생들이 작성한 활동지와 지질 답사 보고서, 소감문을 분석하여 수업 모형을 검토하고 수정하였다. 수정된 야외 지질 답사 수업 모형에 근거하여 수업 과정안을 작성하고, 이를 시화호 탄도 해안과 한염 지역에 대한 야외 지질 학습에 2차 적용하였다. 2차 적용은 서울 지구과학교육연구회에서 주최한 『2003 선생님과 함께하는 시화호 자연탐사캠프』에 참가한 서울 지역 인근계 고등학교 6명을 대상으로 실시하였다. 캠프 첫날에 탄도 해안을 지질 답사하였고, 둘째 날에 한염 지역을 지질 답사하였다. 이를 모두 저녁 시간에 정리 모임을 가졌으며, 그 시간에 지질 답사 요약 보고서 작성하여 답사 요약, 조별 토론, 결론 발표 등을 시행하도록 했다. 자연탐사캠프 기간 동안 이 학생들을 같이 관찰한 내용과 학생들이 작성한 활동지, 지질 답사 보고서, 소감문에 대한 내용 분석과 개발 심층 면담을 통해 면담 내용을 녹취하고 기록한 원문을 이용하여 자료를 수집하여 질적 분석을 실시하였다.

### 연구 지역의 야외 지질 학습장

이 연구에 적용한 야외 지질 답사 지역은 경기도 화성시와 안산시 사이에 있는 시화호의 남쪽 경계인 탄도 해안과 시화 방조제 건설로 수위가 낮아져 해저가 드러나 육지화된 시화호 내의 한염 지역이다 (Fig. 2).

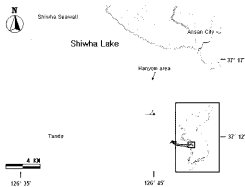


Fig. 2. Study area at Shiwha lake.

시화호 주변과 탄도 일대에는 펍악기에 형성된 퇴적암이 소규모로 분포하고 있다. 이 지역의 기반암은 주로 설캄브리아대의 화강편마암으로 구성되어 있으며, 백운교 편암이 소규모 분포한다. 기반암 내에는 북동-남서 방향, 북서-남동 방향의 절리가 잘 발달해 있으며, 이 기반암을 펍악기의 산성암류가 관입하고 있다(박성태 외, 2000).

#### 탄도 해안 아외 지질 학습장

탄도 분지는 남-북 방향, 북동-남서 방향의 단층에 의해 기반암과 구분된다. 분지 남서부에는 역암, 사암 등 조립질 퇴적암이 분포하며, 분지의 중앙과 동부에는 주로 사암, 이암과 같은 세립질 퇴적암이 많이 분포한다. 분지의 많은 부분이 신생대 제 4기 중 작용에 의해 덮여 있다(박성태 외, 2000). 연구 지역은 탄도의 서쪽 해안으로 적갈색을 보이는 이질 사암, 괴상의 역암, 점이층리를 보이는 역암, 괴상의 사암, 점이층리를 보이는 사암, 염층리를 보이는 사암, 채드립 이암 등이 분포한다. 또한 이 지역의 상부층에는 검은색, 녹회색, 암갈색을 보이는 화산쇄설성 지력이 기질 내에 분포하는 화산쇄설암층이 분포한다. 이 암층의 분급은 불분하며 전체적으로 큰 규모의 하도구조를 나타내고 있다. 하부의 사암층과는 급변하는 양상으로 겹쳐서 하부부 침식한 흔적을 관찰할 수 있다. 역암층에는 역질의 시암이 협재되어 있으며, 층의 하부는 일반적으로 침식되고 급변하는 경계 양상을 띠고, 연장성이 불량한 해기 형태나 하도

형태로 자주 나타난다. 개별적인 역층은 괴상이나 미약한 인편상구조를 보이기도 한다. 사암층은 편상의 점이층리를 띠거나 괴상으로 산출되는데, 층 내에 잔자갈 크기의 역을 포함하기도 한다. 역암의 하부 경계가 불규칙하며 그 아래로 적갈색 이암과 사암으로 급변하는 것과, 하도형 또는 해기형 구조와 편상의 층이 발달된 퇴적물을 가로질러 나타난다. 이는 공기 중에 노출된 망상하천에 의한 자갈사주(gravel bar)의 이동이나 하도상의 하천류와 같은 작은 크기의 하도층진 작용에 의해 생성된 것으로 볼 수 있다. 얇은 두께를 보이며 측방으로 넓은 하도층 포함하는 기질 지지의 역암은 매우 넓고 얇은 편상암에 의해 퇴적된 것으로 해석할 수 있다. 깎고 베크(cut and fill) 구조를 보이는 층은 대체로 분급이 불량하며 모래 크기의 기질로 구성되어 있다. 이는 유출량이 많은 홍수나 하도상 하천류에 의해 퇴적된 것으로 해석된다. 적갈색의 사암과 이암을 교대하는 얇은 편상상의 역암과 편상 역암층의 단위가 나타나는 것은 이 지역이 중력선상지의 밀단에서 역질 망상하천에 의해 퇴적된 것으로 보인다(박성태 외, 2000).

이 연구에 적용된 탄도 해안 아외 지질 학습장은 남쪽 해안에서 화이도비지 호트 앞까지의 해안에 해당된다. 남쪽 해안은 대부분 응회암을 비롯한 화산쇄설암의 편석물을 많이 볼 수 있으며, 이 곳을 기점으로 왼쪽으로 이동하면 점차 응회질 사암층의 아래쪽 지층이 나타나게 되는데, 화산기원의 역암, 사암, 그리고 적자색 이암류이다. 적자색 이암은 과거 이 지

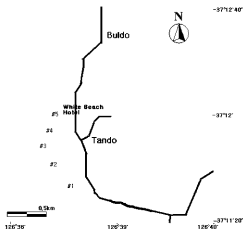


Fig. 3. The location of outcrops at Tando coast.

역의 환경이 지표 위로 노출된 건조한 환경(산하 환경)이었음을 알려주며, 이 적자색 이암층에서 여러 형태의 하도 구조들을 볼 수 있고, 하도구조의 입체적인 모습을 확인해 볼 수 있다. 해안을 따라 서쪽으로 가면서 다양한 퇴적구조와 암상의 변화를 살펴볼 수 있다. 이 연구에 적용된 연도 해안 야외 지질 학습장의 위치(Fig 3)와 학습 내용은 다음과 같다.

- 제 1 노두(연도 남쪽 해안)-이암, 사암, 치트, 화산쇄설암(라필리암), 퇴적암의 종류 구별, 대규모 하도 구조, 단층 구별.
- 제 2 노두(연도 남서쪽 해안)-이암, 방해석 세력, 역암, 렌즈 형태의 하도 구조, 이질암의 색깔, 방해석 맥 구별.
- 제 3 노두(연도 서쪽 해안 모퉁이)-역암, 사암, 아암, 추방경사 축정(콜리노미터 사용법), 생흔화석, 암상 변화에 근거하여 퇴적환경의 변화 유추하기
- 제 4 노두(연도 서쪽 해안)-이암, 역암, W자 모양의 하도 구조
- 제 5 노두(화이트 비치 호텔 아래)-이암, 사암, 역암, 퇴적암의 종류, 추방경사 축정(콜리노미터 이용법)

**현역 지역 야외 지질 학습장**

박성대 외(2000)는 현역 지역을 남양 분지의 일부

로 보고 있으며, 김영규(2003)은 이 지역에 분포하는 적색 사질역암, 역질 사암, 사질이암, 초모질 이암의 암상으로 이루어진 200m 두께의 육성 퇴적체를 전기 백악기의 시화호층으로 명명하였다. 현역 지역에는 백악기의 적자색 사암과 이암, 역암이 분포한다. 역암은 분암이 불량하고, 역의 원마도가 낮으며 주로 흑운모화강암, 편마암, 석회암 역으로 구성된다. 이 역암층은 적자색 이암이나 사암을 심하게 침식하고 그 위에 퇴적된 모암의 깎고 채운(cut and fill) 구조가 발달하거나 관상으로 산출된다. 또한 선상지 환경의 곡류 퇴적환경에서 나타나는 다양한 모양의 소규모 하도(channel) 구조가 나타난다. 이 지역에서 약 300여 개의 공동암 화석과 동지 화석이 발견되어 분화암광부에서 천연기념물 414호로 지정하여 보호하고 있으며, 최근 다양한 연구가 진행되고 있다(박정용 외, 2003). 공동암 화석이 산출된 퇴적층은 역들이 기질에 의해 지지되는 붉은색 또는 적자색의 역질 사암 또는 역질 이암으로 여러 형태의 생흔화석과 고트양의 석회질단괴(calcrete) 등이 나타난다. 공동암 화석 속의 퇴적물은 앞을 찢고 있는 퇴적분과 동일한 직색 사암과 이암으로 채워져 있으며, 지름 1cm 이상의 역도 발견된다. 역암층의 분암이 불량하고, 원마도가 낮은 역들이 많이 포함되어 있는 것으로 보아 이 역암을 형성시킨 퇴적물 공급원이 그리

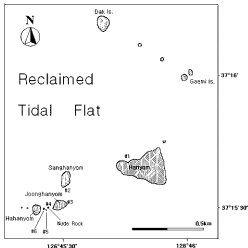


Fig. 4. The location of outcrops at Hanyon area.

말지 않은 곳에 있었음을 알려준다. 공룡알 봉지 화석에서 알들이 쏟아지지 않고 분급도가 매우 낮은 채질류 기원의 퇴적층 내에서 산출되는 것으로 보아 과거 중생대에 이 곳이 비교적 조용한 흐름을 갖는 하천의 하도 사주(channel bar)에 가까운 충적신상지(alluvial fan) 환경이었음을 암시한다. 또한 공룡들이 추기가 끝난 후 드러나게 된 자갈과 모래가 뒤섞인 퇴적층을 산란치로 이용했음을 알 수 있다(이용남 외, 2000). 이 지역에서 발견된 공룡알 화석은 대부분 구형이며, 평균 지름은 11 cm이고, 알 껍질의 평균 두께는 약 1.0 mm 정도이다. 알 껍질의 성분은 방해석이며, 그 표면은 진한 검은색이고, 숨구멍(pore canal)이 많이 분포하고 있어 다소 거칠다. 숨구멍은 2차적으로 생성된 방해석으로 충전되어 있어 알 껍질의 단면이 보이는 공룡알 화석에서는 매우 거칠고 복잡한 하얀 줄처럼 보인다. 이처럼 숨구멍이 많은 것으로 보아 과거에 이 곳이 습한 환경이거나 공룡이 자갈과 습기가 있는 흙 속에 알을 묻었다는 것을 알 수 있다. 봉지 화석은 대개 2~3개의 층에 걸쳐서 나타나고 있으며, 그 지름은 약 1 m 정도로, 8~10개 정도의 알이 함께 나타나고 있다. 이는 공룡알들이 운반되었을 가능성이 적음을 암시한다. 연구 지역(중한

염, 누드바위)에서 산출된 공룡알 화석은 알상과 알외 부피의 유사성으로 보아 중국의 쑤저우 지역에서 발견된 초식공룡인 *Xiangyulong*의 알로 추정하고 있다(이용남 외, 2000).

한염 지역 야외 지질 학습장은 경기도 화성군 송산면 낙죽 고령리 공룡알 화석지에 해당하는 곳이며, 고령리 배미리에서 읍길 방향으로 나 있는 북길을 따라 가다 보면 연구 지역으로 들어갈 수 있는 횡분과 고령리 공룡알 화석지 관리소를 볼 수 있다. 관리소에서 동쪽을 보면 작은 산 모양의 구릉이 여러 개 보이는데, 그 구릉들은 과거에 이 지역이 바다였을 때는 섬이었던 곳으로 시화 방조제를 건설하면서 해수가 빠져나가 원래는 육지가 되어 작은 산 모양을 하고 있다. 그 구릉들 중에서 가장 큰 것이 한염이다. 한염 외에도 비교적 큰 섬이 3개 있는데, 북쪽부터 상한염, 중한염, 하한염이다. 중한염과 누드바위에서는 공룡알 화석과 봉지 화석을 찾을 수 있으며, 상한염, 중한염과 하한염 사이의 바위에서는 방사하천 주변의 침식과 퇴적 지형, 고수위에 의한 인관상 구조, 폭류 하천에 의한 우각사구의 측면 누적 현상 등 다양한 퇴적 구조들이 남아 있어 백악기의 퇴적 환경에 대한 많은 정보를 얻을 수 있다. 이 연구에서 적

용한 한염 지역 야외 지질 학습장의 위치(Fig. 4) 및 학습 내용은 다음과 같다.

- 제 1 노두(한염) - 역암, 이암.  
지구형 단층, V자 모양의 하도 퇴적층 단면
- 제 2 노두(상한염) - 역암, 사암, 이암.  
암상에 따른 퇴적환경의 변화, 생흔화석
- 제 3 노두(중한염) - 역암, 사암.  
공룡알 화석, 공룡알 동지 화석
- 제 4 노두(누드바위) - 역암, 사암.  
공룡알 화석, 공룡알 동지 화석
- 제 5 노두(이름없는 바위) - 역암, 사암, 이암.  
U자형 하도구조, 인편상 구조, 생흔화석
- 제 6 노두(이름없는 바위) - 역암, 사암, 이암.  
사층리, 하도 퇴적암의 특징, 공룡알 화석.

탄도 해안 야외 지질 학습장과 한염 지역 야외 지질 학습장은 박정용 외(2000)의 연구로 개발된 뒤 서울과 경기, 인천 지역의 지구과학 교사들이 여러 차례 야외 지질 학습을 실시하여 야외 지질 학습장으로서는 타당성이 입증된 곳이다. 이 연구에 적용한 야외 지질 학습 프로그램 및 탐구 활동은 박정용 외(2000, 2002)를 토대로 수정, 보완하여 정리하였으며, 『2003 선생님과 함께하는 시화호 자연탐사캠프』에 적용하였다. 이 캠프는 서울 지구과학교육연구회에서 주최하는 지구과학 캠프로 서울·경기 지역 중·고등학교 학생을 대상으로 하고 있으며 야외 지질 학습 및 개별 탐사, 천체 관측 활동을 주로 하고 있다. 2001년에 처음 시작된 이래 2004년까지 4회 째 지속되고 있다.

## 연구 결과

### 새로운 야외 지질 답사 수업 모형

현재 우리나라의 과학과 교육과정에는 고등학교 지구과학 II(3학년 과정에서 선택한 학생에 한해 이수하게 됨) 교과에 야외 지질조사 관련 내용이 주향, 경사 측정 및 지질도 해석 정도로 제시되어 있다. 제 7차 교육과정이 실시되면서 현장 체험 학습의 중요성을 논의하고 있기는 하지만, 교육과정의 한 부분으로 야외 지질 학습이 충분히 자리매김 되지는 못하고 있는 상황이다. 각급 학교에서 부분적으로나마 시행되고 있는 야외 지질 학습의 경우 정규 교육과정의 프로그램이라기보다는 동아리 차원의 행사나 학교 과

학 캠프 또는 특별활동의 수준으로 진행되는 경우가 많다. 이러한 현실을 고려했을 때 Orion(1989, 1993)이 주장하는 3단계의 야외 지질 학습 이론(준비 학습, 야외 답사, 정리 학습)과 교육과정을 통합하는 과정이 쉽지 않다고 할 수 있다.

기존의 연구 사례들을 보면, Orion(1989, 1993)의 야외 학습과 교육과정의 통합을 너무 기계적으로 해석한 나머지 오로지 교과서 중심의 야외 지질 학습 내용을 설정하여 야외 지질 학습 프로그램을 개발한 경우가 많다. 물론 학생들의 학습 능력과 지질학적 지식수준에 맞추어 야외 지질 학습 요소를 선정하는 것도 중요하지만 교과서에 나오는 지질 현상만을 너무 중시한 나머지 노두가 가지고 있는 지질학적 중요성이 간과된 측면이 많다. 같은 맥락에서 야외 지질 학습이 교과서에서 배운 암석, 광물, 지질구조를 확인하는 수준에 그치면서 야외 학습을 통해서 얻을 수 있는 심오한 관찰과 탐구의 기쁨을 맛보기 어렵게 하는 문제점을 안고 있다.

또한 기존 야외 지질 학습 프로그램 연구 내용 중 야외 답사 단계를 보면 각 노두에서의 답사 활동을 탐구 문항 형식으로 제시하고 있는데, 이들이 서로 관련성을 맺지 못하고 분절되어 제시되는 문제점을 찾을 수 있다. 이것은 야외 지질 학습장 선정을 교과서 수준의 노두에서 찾으려는 데서도 그 원인을 찾을 수 있지만, 더욱 중요한 것은 그 지역 노두의 지질학적 중요성을 야외 지질 답사에서 확인할 수 있어야 하는데 그런 작업을 제대로 이루어 내지 못했기 때문이다. 그래서 각 노두에서 특징적으로 나타나는 암상과 지질구조가 전체적으로 그 지역에서 어떤 의미를 갖는지 파악하는 단계가 생략되고 만 것이다.

이 연구에서는 Orion(1989, 1993)의 교육과정 요소로서의 야외 학습 모델, Huntoon et al.(2001)의 현장 탐구 학습 모델, Munn et al.(1995)의 야외 지질 답사의 협동 학습적 접근 모델, 박정용 외(2002)의 경험 학습 모형에 근거한 지질답사 수업 모형을 분석, 종합하여 다음과 같은 9단계의 야외 지질 답사 수업 모형을 제안하였다(Fig. 5). 여기서 제시한 수업 모형은 Orion(1989)이 제시한 준비 단계, 야외 학습 단계, 정리 단계 중 야외 학습 단계에 주로 해당되는 내용이다.

#### 1. 통합 문제 제시 단계

그 지역 지질을 통괄하는 탐구 문제를 개방형 질

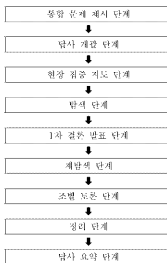


Fig. 5. New geological field excursion teaching model.

문(open ended question) 형태로 제시한다. 통합 문제를 통해 아외 지질 답사의 주제를 제시하는 것으로, 학생들에게 일종의 학습 목표를 주고 각 노두에서의 지질 답사가 어떤 의미를 갖는지 스스로 깨닫게 하는 역할을 한다. 탐색 단계의 활동을 통해 학생들은 이 문제에 대한 가설(잠정적인 결론)을 세우게 된다.

예. 왜 백악기 탄도 분지의 퇴적환경은 어떻게 변화했을까요?

왜 백악기에 공룡은 어떤 곳에 있을 받았을까요?

## 2. 답사 개발 단계

그 지역의 답사를 시작할 때 통합 문제가 갖는 지질학적 의미와, 이 문제를 해결하기 위해 미리 알아야 할 기본적인 지질학적 배경 지식, 노두를 관찰할 때 중점적으로 볼 내용에 대해 10분 정도 설명한다.

예. 한염지역은 중생대 백악기의 퇴적암으로 이루어진 곳이다. 한염도의 중생대층은 모두 육지의 호수 환경에서 형성된 것으로 지형적으로는 분지 지형을 이루는 곳이 많다. 이곳에서는 퇴적암의 종류와 그 암석을 이루는 퇴적물 입자의 특징, 퇴적암에서

나타나는 특징적인 퇴적구조를 잘 관찰해 보아야 한다. 이를 통해 백악기에 퇴적된 당시의 지형적인 퇴적 환경과 기후 환경을 유추해 볼 수 있다. 또한 이곳에서는 공룡암 화석과 동식 화석을 찾을 수 있는데, 화석의 특징을 잘 관찰하면 그 당시 공룡들의 산란 형태와 기후 환경을 추측해 볼 수 있다. 지질학은 이와 같이 암석과 지층에 숨어있는 먼 옛날의 비밀을 찾아내는 학문인 것이다. 함께 떠나보자!!!

## 3. 현장 집중 지도 단계

각 노두에서 지질 답사를 위해 기본적으로 알아야 할 상세한 지질학적 개념이나 구체적인 지식, 지질 조사 방법, 야장 기록법, 관찰할 때 중점적으로 볼 내용 등을 5-10분 정도 설명한다. 지도 내용은 아외 지질 답사 안내 자료에 첨부한다.

예. 왜 퇴적성 퇴적암의 종류와 특징, 공룡암 화석의 특징, 퇴적 구조의 종류와 특징, 팔리노비터 사용법, 퇴적물 입자의 종류, 원마노와 분급도, 생흔화석의 특징

## 4. 탐색 단계

학생들은 아외 지질 답사 안내 자료를 참고하여 자유롭게 관찰하면서 관찰 결과에 따라 자료를 수집하고, 자신이 수집한 자료에 근거하여 통합 문제에 대한 나름대로의 해답을 찾아본다. 지도 교사는 각 노두에서 학생들이 기본적으로 관찰할 내용을 지적해 준다. 학생들 수준에서 관찰하기 어려운 내용은 적절한 조어를 첨가하여 관찰할 수 있도록 도와준다. 관찰할 때는 직접 지질 조사를 경험하는 과정 중심으로 할 수 있도록 지도한다. 지질 답사 안내 자료에는 현장 집중 지도 내용과 아외 지질 답사 활동지가 포함되는데, 아외 지질 답사 활동지는 노두에서 학생들이 암석 구별, 광물 구별, 노두 관찰 및 스케치와 같은 구체적인 답사 활동을 안내할 수 있는 문제와 학생들이 관찰한 내용을 종합하여 설명하는 문제를 함께 실도록 한다.

각 노두에서 실시하는 지질 답사 활동의 형태는 참여하는 학생 수, 노두의 특징, 답사의 성격(수하여형/생화캠프/동아리활동 등), 답사에 참가한 학생들의 인적 구성, 지도 교사 연혁 등에 따라 달라질 수 있다. 이 연구에서는 박정용 외(2002)에서 논의된 인출 지도 방법과 지질별 지도 방법을 제시하였다.



1) 인솔 지도형 야외 지질 답사 수업(Guide Teaching Fieldwork Instruction)

지도 교사 1명이 직접 학생들을 인솔하면서 각 노두에서 하나하나 지도해 가는 방식으로, 기존에 야외 지질 답사 활동에서 주로 진행되어온 방식이다. 답사하려는 노두가 길게 이어져 있어서 각 노두를 순환하는 방식으로 답사를 진행하기 어렵거나, 단위 학교에서 적은 인원의 학생들을 데리고 야외 지질 답사 활동을 수행할 때 인솔 지도형 야외 지질 답사 수업 형태가 적합하다. 이 지도 방식은 인솔 교사가 여러 노두를 학생들과 함께 다니면서 지도하기 때문에 답사에 참여하는 교사와 학생, 그리고 학생 상호간의 친근감을 높일 수 있다는 특징이 있으나, 분위기가 다소 산만해지는 경향이 있다.

2) 지점별 지도형 야외 지질 답사 수업(Site Teaching Fieldwork Instruction)

여러 학교에서 모여서 함께 진행하는 과학 캠프나 다수의 지도 교사를 확보한 경우에 적용 가능한 야외 지질 답사 지도 방식이다. 이 방식의 야외 지질 답사가 이루어지기 위해서는 노두가 그리 멀지 않은 곳에 위치해야 하며, 학생들이 조를 짜서 각 노두를 순환하면서 답사 활동을 벌일 수 있는 곳이어야 한다. 지도 방식의 특징은 여러 명의 지도 교사를 각 노두에 지점별 지도 교사로 지정하여 미리 대기시킨 뒤에 학생들은 조를 짜서 각 노두를 순환하면서 지점별 지도 교사의 지도와 안내에 따라 답사 활동을 수행하게 된다. 학생들이 각 노두를 찾아 이동하는 것을 도와줄 수 있는 인솔 교사나 인솔 도우미를 따로 둘 수도 있다. 이 지도 방식의 가장 큰 특징은 학생들이 지점마다 새로운 지도 교사가 있기 때문에 끝까지 긴장감을 늦추지 않고 답사에 진지하게 참여할 수 있다는 것이다. 그리고 각 지점별 지도 교사는 자기가 담당할 노두에 대해서 훨씬 더 철저하게 준비를 할 수 있다. 한편, 답사에 참여하는 지점별 지도 교사들 간에 답사 내용이 겹치거나 서로 오류가 생기지 않도록 사전에 협의를 충분히 해야 한다.

5. 1차 결론 발표 단계

학생들은 관찰한 결과에 근거하여 통합 문제에 대한 1차 결론을 발표한다. 발표할 때 교사는 관찰의 오류 사항이나 빠뜨린 관찰 내용을 지적해 주고, 결론이 관찰 결과에 근거하지 못했을 경우 수정하도록

요구한다. 1차 결론은 통합 문제에 대한 가설과 같은 성격이므로 학생들에게 부담을 주지 않도록 해야 한다. 그러나 반드시 자신이 관찰한 내용에 근거해서 1차 결론을 세울 수 있도록 지도해야 한다. 관찰 결과와 1차 결론이 논리적으로 부합할 수 있어야 하며, 관찰 방법이 정확하고 결론이 창의적이라면 그 답이 틀린 것일지라도 칭찬할 수 있어야 한다.

6. 재탐색 단계

학생들의 1차 결론 발표 내용이 통합 문제에 대해 적절한 해답으로 귀결되지 못했을 경우 노두 사진 자료를 제시하면서 각 탐구 문항별로 다시 살펴볼 수 있도록 한다. 지도 교사는 미리 노두별 사진을 인쇄한 뒤 앞면은 사진, 뒷면에는 보충 설명 내용 및 사용 방법을 표시하여 클리어 파일에 넣어둔다. 인쇄된 사진 자료를 사용하지 않는다면 노트북 컴퓨터를 이용하여 함께 보면서 활용할 수도 있다. 1차 결론 발표 후 학생들의 관찰 내용이나 결론 내용에서 수정하거나 보완할 부분이 있을 경우 사진을 다시 보면서 통합 문제에 대한 올바른 결론을 이끌어 낼 수 있도록 지도한다. 1차 결론으로 통합 문제에 대한 해답이 충분할 경우에는 이 단계를 생략할 수 있다.

7. 조별 토론 단계

재탐색 단계에서 노두 사진을 통해 관찰이 어느 정도 이루어졌다고 판단되면, 조별로 1차 결론 내용과 재탐색 단계의 내용을 종합하여 통합 문제에 대하여 토론한다. 토론을 통해 1차 결론에서 나타난 오류를 찾고 수정하여 통합 문제에 대한 2차 결론을 내리고 조의 의견을 정리하여 발표자를 선정한다.

8. 정리 단계

조별 토론 내용을 발표하면서 서로 의견이 모아질 수 있도록 지도한다. 학생들의 발표 내용에 보충할 부분이 있으면 보충 설명하고 전체적인 결론을 내린다.

9. 답사 요약 단계

정리 후 바로 1쪽 분량의 짧은 지질 답사 요약 보고서를 작성하도록 한다. 보고서 양식은 지질 답사 안내 자료에 미리 첨부하도록 한다. 요약 보고서에는 통합 문제 진술, 탐구 방법, 관찰 내용, 해석한 결과 등이 포함되어 있어야 한다. 또한 통합 문제에 대한 1차 결론을 진술할 때 지질 답사 동안 관찰한 정보를

어떻게 사용했는지를 설명해 놓아야 한다. 요약 보고서의 평가 기준은 결론 자체가 옳고 그른가가 아니라, 결론을 내리기 위해 관찰한 정보를 얼마나 정확히 잘 활용했는가에 있다. 보고서는 지질 답사 활동에 대한 개인 평가의 도구일 뿐만 아니라, 지질 캠프의 경우에는 그날그날 지질 답사한 내용에 대하여 지도 교사가 학생들의 이해 정도와 오개념을 파악하여 곧바로 피드백해 주는 기회로 활용할 수 있다.

### 야외 지질 답사 수업 모형 적용 사례(시화호 지역)에 대한 질적 분석 결과

#### 1. 통합 문제 제시 및 답사 개괄 단계의 역할

통합 문제는 야외 지질 답사의 주제에 해당하는 것으로, 학생들에게 학습 목표를 제시하여 각 노두에서의 지질 답사가 전체적으로 어떤 의미를 갖는지 알려주는 역할을 한다. 지질 답사 후 개별 면담 과정에서 참가 학생들은 통합 문제의 필요성에 대해 지질 답사를 시작할 때 무엇에 대해서 보는 것인지 미리 방향을 잡아주고, 전체적인 주제를 제시해 주었다는 측면에서 그 의미를 잘 찾고 있었다. 다만, 학생들의 수준에서 쉽게 답할 수 있는 질문은 아니라서 좀 어렵게 느끼는 경우도 있었다.

- “통합 문제를 통해서 지질 답사할 때 어떤 방향으로 생각해야 하는지를 알 수 있어서 좋았어요. 다만, 제가 지구과학 내용을 잘 몰라서 문제가 좀 어렵게 느껴지기도 했지요.”(학생 A의 면담 중에서)
- “통합 문제를 제시한 것은 지질 답사 하면서 전체적인 주제를 가지고 보라는 거잖아요. 만약 통합 문제가 뭔지 모르고 지질 답사를 했다면, 노두에서 부분적인 설명만 들으면서 답사했을 거 같아요.”(학생 B의 면담 중에서)

기존의 야외 지질 학습 프로그램은 노두에서 너무 분절적으로 관찰하다보니 그 지역 지질에 대한 전체적인 시각을 갖지 못한다는 문제점을 안고 있었다. 이를 해결하기 위하여 통합 문제를 제시한 것인데, 학생들은 통합 문제의 의미를 충분히 이해하고 받아들였다고 볼 수 있었다.

그러나 통합문제의 내용을 잘못 이해해서 지질 답사의 방향을 잘못 잡은 경우도 있었다. 그래서 한염 지역 답사에서 아래의 예처럼 1차 결론의 내용이 다소 엉뚱하게 나온 학생도 있었다. 지도 교사는 학생

들이 통합 문제의 내용을 어떻게 이해하고 있는지를 신중하게 파악해야 했다.

- “공룡은 부드럽고 고운 입자가 있는 곳에 알을 낳았다. 또한 물이 흐른 흔적이 많은 것을 보면 습한 진흙 지대에 알을 낳은 것으로 보인다. 알 껍질에 숨구멍이 많고 모양이 구형인 것으로 보아 땅 속에 파묻었을 것이다.”(학생 C의 답사 요약 보고서 중 1차 결론에서)

탄도 해안의 경우 암상과 퇴적 구조의 변화를 근거로 각 층준에 따라 퇴적 환경이 어떻게 변화했는지를 유추하는 문제임을 설명하는 것이 중요하다. 또한 한염 지역의 경우 공룡알 화석이 산출되는 곳의 퇴적 구조를 근거로 백악기에 공룡이 살던 시기에 이 지역의 퇴적 환경을 유추하는 문제임을 인지시켜 자칫 공룡의 생태적인 문제로 오해하지 않도록 해야 한다.

답사 개괄 단계에 대해 학생들은 그 필요성을 충분히 인식하고 있었다. 또한 그 방식으로 지질 답사를 시작하기 전에 조별 모임을 따로 하는 형태가 좋다고 하였다. 조별 모임에서 답사에 대한 지질학적인 개괄뿐만 아니라 같은 조의 친구들과 사이에 친숙한 분위기를 형성하는 것이 중요하다는 것을 스스로 깨닫고 있었다.

- “답사 시작할 때 답사 지역의 전체적인 특징이나, 어떤 시대 지층인지, 화성암, 퇴적암, 변성암 중에서 어떤 암석이 주로 있는지 등에 대해 간단히 소개해 주셨던 게 답사에 많이 도움이 되었어요.”(학생 D의 면담 중에서)
- “답사 개괄 단계의 내용을 버스나 숙소에서 따로 하고 출발했으면 더 좋았을 거 같아요. 그냥 하니까 같은 조 친구들과 서먹서먹해서 야외에서 함께 관찰하는데 불편했어요. 교실에서 매일 아침 학급 조회하듯이 답사 전에 모여서 어떻게 관찰할 건지 알려주고, 같은 조 친구들과끼리 친해질 수 있는 시간을 가졌으면 더 활발히 관찰했을 거 같아요.”(학생 C의 면담 중에서)

#### 2. 현장 집중 지도의 내용과 역할

학생들의 지질학적 기초 지식이 매우 적고, 야외 지질 답사의 경험이 거의 없기 때문에 기초적인 지식과 야외 지질 답사 방법에 대해서는 지도 교사의 지도와 설명이 필요했다. 학생들은 그런 면에서 지도 교사의

현장 집중 지도가 무척 중요하다고 생각하였다.

- “생흔화석이 있는 노두에서 선생님이 뭐냐고 물으셨을 때 관입 구조라고 대답했어요. 그러니까 화성암이 관입하고, 그 지층이 역전된 것이라고 말이죠. 그것이 화석일 거라고는 전혀 생각하지 못했어요. 그 때 선생님께서 안내 자료에 나와 있는 생흔화석에 대한 내용을 설명해 주셨어요. 그래서 그 뒤로 생흔화석이 나오는 노두는 더 이상 오해하지 않을 수 있었어요. 현장 집중 지도는 노두를 관찰하고 이해하는데 많은 도움이 되었습니다.”(학생 B의 면담 중에서)
- “탄도 해안에서 노두의 지층들이 퇴적암인데 무슨 암석인지, 모두 몇 종류의 암석인지 알아보라고 하셨는데요. 대략 역암, 사암, 이암 중 하나일 거라고 생각은 했지만 입자의 크기가 어중간한 거는 그 종류를 구별하기 어렵더라고요. 선생님께서 입자의 크기에 따라 퇴적암을 분류하는 방법을 설명해주셔서 좀더 명확히 퇴적암을 분류할 수 있었어요. 선생님의 현장 집중 지도를 통해 많이 알게 되었어요.”(학생 E의 면담 중에서)
- “콜리노미터를 이용해서 지층의 주향과 경사를 재는 것은 처음 듣는 내용이었던데요. 교과서에도 안 나오고, 수업 시간에도 배우지 못한 거라 좀 당황했어요. 선생님께서 노두 앞에서 직접 해 보면서 설명해 주셔서 잘 할 수 있었어요. 그런데 그 때 한 번 해보고 그 뒤로 또 잊어버렸어요. 지금 다시 하려면 잘 못 할 거 같아요. 자신 없네요.”(학생 F의 면담 중에서)

### 3. 탐색 단계(야외 지질 답사 단계)의 실제

탄도 해안과 한업 지역 모두 인솔 지도형 야외 지질 답사 활동으로 진행되었다. 학생들의 관찰 활동은 주로 야외 지질 답사 활동지에 실린 문제들에 답을 적는 형태로 이루어졌다. 학생들은 활동지의 문제 중 구체적인 답사 활동을 안내하는 문제들에 대해서는 쉽게 답을 기록하였으나, 추론이 필요한 문제는 제대로 답을 쓰지 못하는 편이었다.

- “문제는 쉬운 것도 있었고, 어려운 것도 있었어요. 무슨 암석인가? 스케치하는 거, 어떤 구조인가? 이런 문제는 그냥 관찰한 대로 적으면 되는 거라 쉬웠어요. 그렇지만, 이 지역의 퇴적 환경은 어떠했을까? 와 같은 문제는 관찰 내용을 근거로 추

론하는 거잖아요. 아무래도 이런 문제들은 지구과학을 제대로 배우지 않아서 좀 어려웠어요.”(학생 A의 면담 중에서)

또한, 야외에서 관찰하는 동안에 문제에 답을 충분히 적지 못하는 경우가 많았다. 답사 요약 보고서를 답사 당일 저녁에 쓰게 했기 때문에 대부분의 내용을 다 기억할 수 있어서 큰 문제는 없었지만, 만약 보고서를 며칠 뒤에 쓰게 했더라면 충분히 기록하지 못해서 기억하지 못하는 부분이 많았을 것이다.

- “짧은 시간에 많은 활동을 하다보니까 문제에 답을 적을 시간이 없었어요. 선생님은 계속 설명하시구……. 보고 듣고 적는 게 동시에 안되더라고요. 교실 수업은 눈으로 보는 것뿐이지만 야외 지질 답사는 계속 움직이고, 관찰하고, 설명 듣고 하다보니까 적는데 신경을 많이 못 쓰게 되었어요.”(학생 E의 면담 중에서)

탐색 단계의 활동은 학생들이 직접 야외 지질 답사를 경험하게 하는데 중점을 두었다. 그래서 노두에 도착하면 먼저 ‘이 노두에서 이리이러한 특징적인 모습을 관찰할 수 있는데 이것이 어떻게 형성되었겠느냐?’하는 식으로 문제를 제시하고 관찰시키는 형태의 학습을 실시하였다. 비록 노두에 따라 학생들이 스스로 답을 내기 어려운 곳도 있었지만, 현장 집중 지도 내용을 참고로 많은 부분에 대해 스스로 해답을 찾아내도록 하였다.

- “선생님이 노두에 가서 일단 저희한테 관찰해 보라고 하고, 무엇일까요? 하면서 문제를 던져 주고 생각해 보라고 하셨는데요. 개인적으로 이번 지질 답사에서 여러 가지 지질 현상을 책에서만 찾은 것이 아니라 자연 환경 속에서 직접 보기를 원했구, 직접 관찰해 보는 게 주 목적이었어요. 설명은 책에서도 볼 수 있고, 나중에 끝나고도 들을 수 있는 거잖아요. 중요한 건 일단 보는 거니까 선생님 중심이 아니라 학생들 중심으로 야외 지질 답사한 게 참 좋았어요.”(학생 D의 면담 중에서)

#### 1) 탄도 해안 야외 지질 답사

탄도 해안의 제 1 노두(탄도 남쪽 해안)에서는 다양한 크기의 입자로 구성된 지층에서 퇴적암의 종류를 구별하고, 큰 규모의 하도 구조와 침식면, 단층 등을 찾아서 과거의 퇴적 환경을 유추해 보는 것이

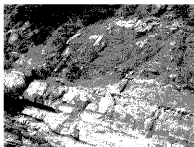


Fig. 6. The first outcrop of Tando coast.

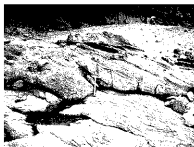


Fig. 8. Lenticular channel structure.



Fig. 7. Channel structure formed by pyroclastic flow.



Fig. 9. Normal fault.

목표였다. 그러나 지질 답사에 참가한 학생들의 보고서에 의하면 우선, 퇴적층에 근거해서 퇴적암을 구별하는 수준의 탐구 활동은 수행할 수 있었지만 퇴적암상의 변화가 퇴적 환경의 변화에 의한 것임을 생각하지 못하는 경우가 많았다.

또한 주변이 해안이라서 과거에 퇴적이 일어날 당시에도 바다 환경일 것이라고 생각하고 해수면의 변화에 의해 퇴적물의 입자가 변한 것이라고 생각하는 학생들도 많았다. 중생대 한반도의 퇴적 환경이 육상환경임을 미리 알려주고 답사용 시작할 필요가 있었다.

그리고 화산쇄설성 퇴적암(용회암, 라필리암)은 다른 쇄설성 퇴적암에 비해 크기가 다양한 입자들이 섞여 있어서 학생들이 쉽게 구별하지 못하는 경우가 많았다. 화산쇄설성 퇴적암의 특징에 대해 미리 설명해 주고 탐구를 시작하는 것이 필요했다. 또한 화산쇄설암에 의한 침식과 하도 구조에 대해서는 고등학교 수준에서 쉽게 이해하지 못하는 측면이 있으나 이

지역 퇴적환경에서는 매우 중요한 내용이므로 지도 교사의 현장 집중 지도가 특별히 요구되는 부분이었다(Fig. 6, Fig. 7).

탄도 해안의 제 2 노두(탄도 남서쪽 해안)에서는 적자석의 이입층과 렌즈 형태의 소규모 하도 구조와 단층, 방해의 세력을 관찰하였다. 제 1 노두에서 하도 형태의 침식과 퇴적 구조를 이해한 후에 관찰하는 노두지만, 제 1 노두는 화산쇄설암에 의한 구조인데 비해 제 2 노두는 소규모 하원에 의한 구조임을 보지 못하고 같은 환경에서 형성된 것으로 오인하는 경우가 있었다. 이입층이 붉은 색을 띠는 이유에 대해 생화 작용에 의한 것이라고 대답하는 학생들은 많았으나, 이것을 당시의 퇴적 환경과 연관짓지는 못하였다. 이입의 색함에 따라 과거의 퇴적 환경이 산화적 환경인지 환원적 환경인지 알아내는 것에 대한 지도 교사의 현장 집중 지도 내용이 반드시 필요한 곳이었다(Fig. 8).



Fig. 10. The third outcrop at Tandu coast.

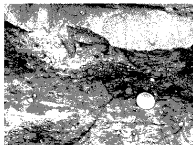


Fig. 11. Burrow filled with sandstone in the purple mudstone.

탄층은 중학교 때 이미 배운 내용이고 현장 집중 지도를 통해서 단층의 구조를 학습하여 노두에서 상반과 하반을 구별하고 어떤 단층인지 알아내는 데는 어려움이 없었다(Fig. 9). 방해석 색벽은 쌍류 감별을 위해 밑치로 굽어보고, 석립과 조개짐을 관찰한 뒤에 열산 반응을 보여주었더니 답방 방해적인 것을 알아냈다. 이 지역의 이암층에 이와 같은 방해석 색벽이 유난히 많은데 그 생성 과정에 대해서는 지도교사가 간단히 보충 설명하는 것으로 대체하였다.

탄도 해안의 제 3 노두(탄도 서쪽 해안 모퉁이)에서는 콜리노미타르 주향/경사를 측정하고, 억압, 사암, 이암층의 다양한 변화와 굴착 구조(burrow)를 보이는 생흔화석을 관찰하였다. 이 노두는 콜리노미타르 사용법과 생흔화석이라는 새로운 개념이 제시되므로 지도교사의 상세한 현장 집중 지도가 필요한 곳이었다.

지층의 주향과 경사를 고려해서 이 노두에서 서쪽

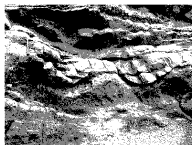


Fig. 12. W-shaped channel structure.

으로 깊숙히 지층의 상부로 가는 것인지, 하부로 가는 것인지론 묻는 과정에서 다소 착각하는 경우도 있었지만, 대부분 학생들이 하부로 향하고 있음을 잘 이해하였다. 생흔화석은 학생들에게는 생소한 개념이지만, 그 의미를 알려준 뒤에 생굴 활동에 의한 구조라는 관점에서 바라보게 하였다. 생흔화석이 이암과 사암의 경계부에서 나타나고, 위쪽의 사암을 구성하는 모래 입자가 침투된 내부로 굴착하여 들어갔다 것을 구체적인 관찰을 통해 추론할 수 있도록 지도하였다. 제 1 노두에 비해 억압층이 많아지고, 화산쇄설성 퇴적암이 나타나지 않는다는 암상의 변화를 관찰하도록 했는데 학생들은 대략적이거나 암석 종류의 차이를 구별할 수 있었다. 그렇지만, 암상의 변화들 통해 퇴적 환경의 차이를 추론해 내는 학생은 드물었다. 단지, 화산 활동이 없었다는 것 정도와 효율이 빠른 곳이라는 대략적인 환경만을 유추해 내는 정도였다(Fig. 10, Fig. 11).

탄도 해안의 제 4 노두(탄도 서쪽 해안)에서는 이암과 억압의 경계에서 W자 모양의 하도 구조를 관찰하였다. 앞의 노두에서 하도에서 형성된 퇴적층의 특징에 대해 탐구한 덕분에 학생들이 이 노두의 소규모 하도 구조를 이해하는 것은 어렵지 않았다.(Fig. 12).

탄도 해안의 제 5 노두(화이도 비치 호텔 아래)에서는 제 1 노두에서 본 지층의 아래 부분과 유사한 암상이 나타나며 층리면이 뚜렷하게 발달되어 있어 주향/경사 측정을 다시 한 번 확인하는 노두로 이용하였다. 이 지역 지질 답사의 마지막 노두로서 입자의 크기에 따라 퇴적암의 종류를 구별하여 제 1 노두와 비교하는 활동과, 층리면에서 콜리노미타르 이



Fig. 13. Graben between normal faults (Hanyom).

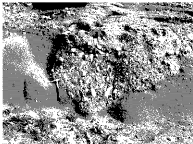


Fig. 14. Transverse section of V-shaped channel structure (Hanyom).

용하여 주형과 경사를 측정하여 제 3 노두의 길과 비교하는 실험을 하였다. 퇴적암의 암상을 구별하는 것은 대체로 양호하였으나, 칼리노미터 사용법은 아직 익숙하지 못한 경우가 많았다.

2) 한염 지역 아외 지질 답사

한염 지역 제 1 노두(한염)에서는 지구형 단층과 V자 모양의 하도 퇴적층의 단면을 관찰하였다. 역암과 사암의 층리면이 불연속적으로 나타나는 것을 통해 정단층임은 쉽게 알아내었으나, 이런 단층을 만들었던 지질학의 조건에 대해서는 잘 모르는 학생들이 많았다. 현장 집중 지도를 통해 단층의 구조와 종류, 지구형 단층의 형성 조건에 대한 설명을 하여 학생들의 이해를 높이는데 중점을 두었다(Fig. 13).

하도 퇴적층 단면에서는 그 아래의 적지색 이암층

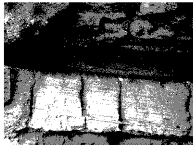


Fig 15. Three beds of sedimentary rocks, conglomerates, mudstone, sandstone (Sangharyom).

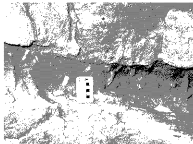


Fig 16. Burrows filled with sandstone in the massive mudstone bed (Sangharyom).

과 하도를 배운 역암의 암상이 뚜렷하게 차이가 나므로 구조를 관찰하는데 어려움은 없었으나, 학생들이 곡상 하천의 침식 작용과 퇴적 작용을 이론적으로는 알고 있으면서도 실제 노두에서 그 사실을 깨닫지 못하는 경우가 많았다. 이것 역시 현장 집중 지도를 통해 자세히 보충 설명해 줄 필요가 있었다. 이 부분은 이 지역의 퇴적 환경을 이해하는데 기본적으로 필요한 내용이니만큼 첫 노두에서 확실히 이해할 수 있도록 충분한 현장 집중 지도가 필요했다(Fig 14).

한염 지역 제 2 노두(상한염)에서는 서로 다른 퇴적 환경을 보이는 역암, 적지색의 이암과 사암, 그리고 생흔화석을 관찰하였다. 학생들이 암상을 구별하는 것은 그리 어려워하지 않았으나, 각 암층의 서로 다른 구조와 다양한 암상이 나타나는 퇴적 환경의 차이에 대해서는 쉽게 이해하지 못하는 경우가 많았

다. 역암층의 경우 원마도가 낮고 역지지(dust-supported) 역암이 주로 나타나는 것은 퇴적물의 운반 거리가 짧고 유속이 빠른 환경에서 퇴적되었음을 의미하며, 그 하부가 울퉁불퉁한 것은 역물이 퇴적될 때 심한 침식 작용이 일어났음을 나타내는데, 이 부분은 지도 교사의 조언과 안내가 필요한 부분이었다. 이암과 역암에는 층리가 잘 보이지 않는 반면 사암층은 얇은 층리가 뚜렷하게 나타나는데, 이는 하천이 범람하면서 형성된 범람된 퇴적층과, 목욕하천의 유속이 빨라지면서 침상 퇴적체(crevasse splay deposits)가 만들어질 때 나타나는 관상류(sheet flow)에 의해 퇴적물이 얇게 퍼져나가서 형성된 퇴적층이라는 설명이 필요했으며, 학생들이 관찰을 통해 스스로 발견해 내기는 쉽지 않았다. 더욱이 지구과학과 교육과정에서 퇴적 환경에 대한 내용이 구체적으로 다루지 못하는 편이라 이 부분에 대한 학생들의 이해 정도가 낮은 편이었으며, 지도 교사의 세심한 지도가 필요한 부분이 있었다(Fig. 15). 적자색 이암이 퇴적 당시 산화적 환경을 의미하며, 이암층에 역질 사암으로 채워진 깊숙한 구조(burrow)가 생존화석임은 연도 해안에서 미리 탐구한 경험이 있어 쉽게 이해하는 편이었다(Fig. 16).

한양 지역 제 3 노두(중한암)와 제 4 노두(노드바위)에서는 공룡알 화석 및 공룡알 동지 화석을 관찰하였다. 붉은색의 이암 또는 사암층에 역이 굳어있던 때 박혀있는 노두에서 검은 색의 붕그스름한 공룡알 화석을 찾는 것은 그리 어렵지 않았다. 그러나 공룡알 화석을 통해 공룡의 생태를 분석하고, 주변 암석의 상태를 통해 그 당시의 퇴적 환경을 이해하기 위해서는 충분한 현장 집중 지도가 필요한 노두였다. 공룡알의 모양, 알 껍질의 특징, 숨구멍, 동지 형태 등을 근거로 공룡의 산란 생태에 대해 적절한 설명이 필요했다. 특히, 알 껍질이 숨구멍이 많은 것은 과거 이 곳 산란지가 매우 습한 환경이었거나, 공룡이 차고 습한 흙 속에 알을 낳았을 것이라고 볼 수 있음을 알려주어야 했다. 또한, 공룡알 화석 안팎의 역질이 분급이 불명하고 원마도가 낮다는 것과 동지 화석이 그 형태를 보존하고 있다는 것을 근거로 알이 산란된 후 많은 거리를 운반한 것이 아님을 알 수 있으며, 세립의 이암 또는 사암층에 역이 굳어있던 때 많이 있는 지층에서 알 화석이 많은 것은 당시 퇴적 환경이 산성지 가장자리의 하천 주변이었으며, 공룡은 우기에 하천이 넘쳐 자갈과 모래가 뒤섞인 퇴적물에 알을 낳았음을 알려주어야 했다(Fig. 17, Fig. 18).

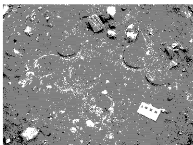


Fig. 17. The nest of dinosaur eggs at Nude-Rock.

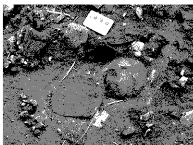


Fig. 18. Dinosaur eggs fossil at Nude-Rock.

한양 지역 제 5 노두(노드바위 남쪽의 이름 없는 바위)에서는 U자형의 하도구조와 그 측면에서 보이는 인면상 구조(imbrication), 생존화석을 관찰하였다. U자형 하도 구조의 단면에서는 하도를 따라 운반된 퇴적물이 쌓일 때 아래쪽에는 역암(역지지 역암), 위쪽으로 갈수록 층상 또는 괴상의 사암이 쌓여 있는 것을 관찰하고, U자형 하도의 측면 노두에서는 납작한 역물이 오른쪽 방향(→)으로 기울어져 있는 인면상 구조를 확인할 수 있도록 학생 탐구를 유도할 수 있어야 했다.

하도의 단면과 측면 구조를 보고 하천을 따라 운반된 퇴적물이 침식과 퇴적 작용을 일으키면서 형성된 것임을 유추하는 것이 중요하다. 인면상 구조(imbrication)에 대해서는 학교 교육과정에서 자세히 다루지 않기 때문에 보았어야 하는 학생들이 많았으나, 사행하는 소규모 하천에서 자갈과 모래의 분포 및 역의 배열 형태를 통해 물이 흘러간 방향을 유추할

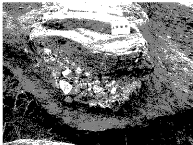


Fig. 19. Transverse section of channel structure.

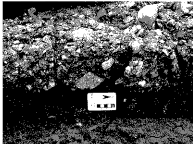


Fig. 20. Longitudinal section of channel. Imbrication of gravels indicates paleoflow direction.

는 것을 설명했더니 대체로 잘 이해하는 편이었다 (Fig. 19, Fig. 20).

통합 분체와 관련하여 U자형 하도가 곡선으로 휘어져 있는 것과, 하도 주변에 이암이 분포하는 것으로 보아 과거 이 지역이 소규모 곡류 하천이 많은 환경이었으며, 소규모의 간헐적인 범람이 자주 있었던 범람원에 해당됨을 설명해 주어야 했다. 그러나 고등학생 수준에서 퇴적 구조류 근거로 퇴적 환경을 추론해 내기가 쉽지 않았다. 지도 교사의 충분한 설명과 조언이 많이 필요한 부분이었다.

학업 지역 제 6 노두(하원일 동쪽의 이북 없는 바위)에서는 사층리(cross stratification)를 관찰하였다. 붉은색의 사질이암층 위에 놓인 사암층에 왼쪽 방향으로 원만하게 기울어진 사층리가 여러 겹으로 형성된 것을 볼 수 있는데, 학생들은 대부분 사층리를 보

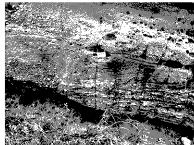


Fig. 21. Cross stratification by lateral bar accretion of meandering stream.



Fig. 22. The sixth outcrop at Haryeom area.

고 교수님의 방향을 추측하지 못하였다. 사층리에 대한 선행 개념이 있는 두 학생도 단순히 오른쪽에서 왼쪽으로 북이 흘렀다고 대답했다. 곡류 하천에서 우각 사주(point bar)의 측면 누적(lateral bar accretion)에 의한 퇴적으로 북이 흐른 방향과 수직인 면에서 형성되는 사층리임을 정확히 설명해 주어야 하는 다소 어려운 노두로 판단되었다(Fig. 21).

비록 고등학교 교육과정에서 이와 같은 퇴적 구조류 다루고 있지는 않지만, 현생의 하천 환경에서도 흔히 볼 수 있는 것이고, 이 지역의 퇴적층에서는 자주 나타나며, 고관경 해석에 매우 중요하므로 곡류 하천 환경의 퇴적층에 대한 현장 집중지도가 꼭 필요한 노두였다. 학생들이 해석 단계까지 스스로 하기는 어렵다고 판단되었지만, 정확하고 세밀한 노두의 관찰을 통해 암상의 변화, 특징적인 구조의 변화를 이해할 수 있도록 교사의 구체적인 지도가 필요했다.



사총리가 있는 곳에서 왼쪽으로 갈수록 입자가 굵어지고, 노두 왼쪽 부분에는 굴곡과 함께 역지시 역암으로 암상이 달라지는데, 두 부분이 하천이 흐른 시기가 달랐음을 유추할 수 있는지 물어보았는데, 우각사주(ponit bar)의 측면 누적(lateral bar accretion)에 대한 이해가 충분히 된 학생들은 양쪽 구조의 차이를 근거로 층서 구분을 정확히 대답했지만, 그렇지 않은 학생들은 다소 어려워했다. 그러나 입자의 크기를 근거로 두 하천의 흐름의 세기를 추정하는 질문은 쉽게 대답하는 편이었다. 위와 같은 노두의 특징을 근거로 학생들에게 과거 이 지역의 퇴적 환경이 구불구불한 여러 하천이 지속적으로 흘렀으며, 그 흐름은 한동안 약했다가 강해지면서 그 하부를 침식하고 굽은 자갈을 운반했다고 설명하였다(Fig. 22).

#### 4. 답사 요약 단계의 내용과 역할

야외 지질 답사 수업 모형의 1차 결론 발표 단계, 재탐색 단계, 토론 단계 및 정리 단계는 답사 요약 단계로 묶어서 동시에 진행하였다. 야외 지질 답사 후 저녁에 숙소로 돌아와 답사 요약 보고서를 작성하면서 각 노두에서 관찰한 내용을 요약하였고, 그 내용을 근거로 통합 문제에 대한 1차 결론을 발표하였다. 발표 후 사진 자료를 이용하여 재탐색 단계를 실시하였으며, 이후 개별 토론을 거쳐서 최종 결론을 발표하였다. 끝으로 지도교사의 간단한 답사 요약 및 정리와 학생들의 보고서 작성으로 하루 동안의 야외 지질 답사 수업 모형을 마무리하였다.

학생들은 관찰 내용 요약 후 1차 결론을 발표하는 과정을 참신하게 생각하였다. 하지만 학교 수업에서 문제가 나오면 반드시 정답이 있어서 거기에 맞추려고 하듯이 야외 지질 답사에서도 자신의 관찰 내용에 근거하지 못하고 추측에 의한 결론을 내리는 경우도 있었다. 야외 지질 답사 수업 모형의 1차 결론은 무엇보다 자신의 관찰 내용에 근거해서 객관적인 결론을 내리는 게 중요하다는 것을 다시금 인식시켜 줄 필요가 있었다.

-“책에서는 이걸 이거다 하는 식으로 결과를 알려주는데, 지질 답사에서는 내가 이러이러한 것을 봤는데 여기서 뭔가 특별한 내용을 추론해야 한다는 게 생소했어요. 좀 어렵기도 했어요. 책은 이러니까 저렇다고 얘기해 줘서 우리가 그 내용을 암기해야 하는 거지만, 여기 지질 답사에서는

이런 게 있으니까 저렇 것이라고 하는 거지요. 생각을 많이 하게 해 주고 사고의 폭을 넓혀주는 것 같아요. 틀린 부분이 있더라도 바로 잡을 수도 있고 안 틀릴 수도 있고.”(학생 F의 면담 중에서)

1차 결론 발표와 재탐색 단계를 거친 뒤에 개별 토론을 진행하였다. 학생들은 1차 결론 및 재탐색 단계를 거치는 동안 통합문제에 대해 개인적인 판단을 하고 있었고, 자유로운 토론 과정을 통해 의견을 나누고 종합적인 결론을 내리는 활동을 높이 평가하였다. 그렇지만, 학생들의 지질학적 지식수준이 깊지 않은 탓에 통합문제를 해결하는 방향으로 토론을 이끌어가는 것이 쉽지는 않았다. 더구나 같은 조에 속한 조원들의 인적 구성에 따라 토론이 진행되는 양태가 다르므로 토론이 활발하지 못할 경우 학생과 지도교사 사이에 질문/답변 식으로 진행되기도 하였다. 전체적으로 통합문제에 대한 결론을 도출하는 과정을 지도교사가 면밀히 파악하고 있어야 했다. 중요한 것은 학생들이 어떤 사고 과정을 거쳐서 결론에 이르는가 하는 것이며, 그 과정에서 어떤 오개념이 영향을 주는지 파악할 필요가 있었다.

-“저희가 아직은 토론에 익숙하지 못하니까 토론보다는 발표하고 그 내용에 대해 지적하고 보충 설명해 주는 편이 더 좋았어요. 발표한 뒤에 학생들끼리의 질의응답 시간이 있었으면 더 좋았을 거라고 생각해요. 그리고 발표한 뒤에 선생님의 보충 설명 내용이 최종 결론을 내리는데 많이 도움이 됐어요. 발표를 전원이 다 했으면 더 좋았을 거 같아요.”(학생 C의 면담 중에서)

-“보고서를 다 못해서 우리끼리 새벽까지 토론했어요. 제가 본 거랑 다른 친구들이 이해한 거랑 틀리잖아요. 그래서 서로 자신의 의견을 나누는 건 좋았어요. 다만 그렇게 해서 우리끼리 나름대로 결론을 내렸는데 선생님께서 그 내용이 틀린 부분이 많다고 하셔서 다음 날 선생님과 함께 다시 얘기했어요.”(학생 B의 면담 중에서)

## 결론 및 제언

학교 현장에서 야외 지질 학습을 실시하고자 할 때 제기되는 가장 중요한 문제점으로 야외 지질 학습 방법에 대한 이해 부족 및 체계적인 수업 모형의 부재를 들 수 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 이

연구에서는 기존의 야외 지질 학습 사례를 분석 종합하여 '통합문제 제시 단계 - 답사 개괄 단계 - 현장 집중 지도 단계 - 탐색 단계 - 1차 결론 발표 단계 - 재탐색 단계 - 조별 토론 단계 - 정리 단계 - 답사 요약 단계'의 새로운 야외 지질 답사 수업 모형을 제안하였다. 새 수업 모형에서는 야외 지질 학습 도입부에 통합문제를 제시하여 모두별로 분절적인 야외 학습이 아니라 각 모두에서 특징적으로 나타나는 암상과 지질구조가 전체적으로 그 지역에서 어떤 의미를 갖는지를 파악할 수 있게 하였다. 또한, 현장 집중 지도, 탐색과 재탐색, 토론, 정리, 답사 요약 과정을 통해 모두별 사전 학습, 학생 탐구 중심의 야외 학습과 정리 학습이 함께 이뤄지는 자기 완결적인 구조를 띠고 있다.

이 수업 모형을 고등학생에게 적용한 야외 지질 학습에 대해 질적 분석한 결과를 바탕으로 야외 지질 학습을 실시하려는 지구과학 교사를 위한 구체적인 지도 방안을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 학생들은 통합 문제와 답사 개괄을 통해 지질 답사의 방향과 전체적인 주제를 미리 알고 야외 지질 답사에 참여하게 된 것을 매우 긍정적으로 평가하였다. 따라서 지도 교사는 조별 모임을 통해 통합 문제 제시와 답사 개괄을 충분히 실시하여 학생들에게 지질 답사를 준비함과 동시에 서로 친숙한 분위기를 형성할 수 있도록 도와주어야 한다.

둘째, 학생들의 지질학적 기초 지식이 매우 적고, 야외 지질 답사의 경험이 거의 없기 때문에 현장 집중 지도 내용은 학생들의 답사 활동에 많은 도움이 되었다. 지도 교사는 충분한 현장 집중 지도 내용과 전달 방식을 준비하고 있어야 하며, 사전 연구 과정에서 각 모두에 대해 통합 문제를 해결하려는 관점에서 상세한 모두별 지도 지침을 마련해 두어야 한다.

셋째, 학생들은 관찰 내용 요약 후 그 내용을 근거로 1차 결론을 발표하는 과정을 참신하게 생각하였고, 조별 토론을 통해 서로 다른 의견을 나누며 최종 결론을 도출하는 과정을 매우 높이 평가하였다. 이에 대하여 지도 교사는 결론 도출 과정을 세밀히 파악하여 추측에 의한 결론이 나오지 않게 지도해야 하며, 토론을 올바른 방향으로 이끌어 갈 수 있도록 지질 현상에 대한 학생들의 오개념을 사전에 숙지하고 있어야 한다.

교실의 과학 수업에 대해서는 체계적인 수업 모형이 제시되어 있고 많은 적용 사례가 있지만, 야외 지

질 학습은 그런 연구 사례가 부족하다. 기존에 연구된 여러 지역의 야외 지질 학습 프로그램에 대해서도 이 수업 모형이 적용되고, 학생들의 반응에 대한 심층적인 질적 연구를 통해 현장의 지구과학 교사들에게 야외 지질 학습을 실시할 때 필요한 지도 지침을 제시해 줄 수 있어야 하며, 다양한 사례 연구를 통해 이 수업 모형 또한 수정·보완되어 보다 체계적이고 과학적인 야외 지질 답사 수업 모형으로 정립되어야 하겠다.

## 감사의 글

이 논문을 심사해 주신 신인현 교수님과 조규성 교수님께 깊이 감사드립니다. 또한, 수 년 간 시화호 자연탐사 캠프를 함께 진행하면서 이 연구의 세세한 부분까지 같이 고민하고 조언해 주신 서울 지구과학 교육연구회 부설 자연탐사학교 선생님(박정용, 조원주, 전영호, 이용태, 강석철, 이미정, 김연수, 권경림, 조후자, 이병화, 박창용, 박정희, 정애란)들께도 감사드립니다.

## 참고문헌

- 강지현, 2002, 야외 학습 모듈을 이용한 제주도 송악산 일대 야외 학습장 개발. 한국교원대학교 석사학위논문, 142 p.
- 김영균, 2003, 시화호의 퇴적계 및 퇴적환경. 서울대학교 석사학위논문, 55 p.
- 박성대, 정공수, 정지근, 김원사, 이동우, 송무영, 2000, 한반도 중서부 지각구조와 물성연구: 경기도 화성군 남양 및 안산시 탄도 지역에 분포하는 퇴적분지의 분석. 한국지구과학회지, 21 (5), 563-582.
- 박정용, 전영호, 조후자, 이덕만, 1999, 눈을 돌리면 자연이 보인다. 한탄강으로 떠나는 지질답사. 시그마프레스, 176 p.
- 박정용, 전영호, 김재현, 정구송, 조후자, 이소라, 박정희, 2000, 시화호로 떠나는 자연사 여행 CD-ROM. 서울 지구과학교육연구회.
- 박정용, 전영호, 문지원, 김재현, 조후자, 명승호, 박정희, 2001, 화산섬 제주의 비밀을 찾아서. 서울 지구과학교육연구회, 237 p.
- 박정용, 조원주, 전영호, 명승호, 박창용, 박정희, 2002, 지질 답사를 위한 교수-학습 모형. 서울 지구과학교육연구회, 100 p.
- 박정용, 전영호, 강석철, 김연수, 이미정, 조후자, 명승호, 이용준, 2003, 선생님과 함께하는 시화호 자연답사. 서울 지구과학교육연구회, 81 p.
- 박진홍, 2001, 야외 지질 학습장에서 고등학교 학생들의 암

- 석과 지질구조 동정 과정 분석. 한국교원대학교 박사학위논문, 167 p.
- 박진홍, 정진우, 조규성, 이병주, 2000, 중고등학생을 위한 야외 지질 학습장 개발 및 야외 활동 지도 방안. 한국지구과학회지, 21 (1), 13-21.
- 박창용, 2002, 중등학교 과학캠프의 실태 분석과 활성화 방안 연구. 서울대학교 석사학위논문, 103 p.
- 안순호, 1994, 야외 지질 학습 프로그램의 개발과 이를 적용한 태도 변화에 대한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문, 79 p.
- 유재환, 2002, 충북 단양 지역의 야외 학습장 개발과 이를 적용한 태도 변화에 대한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문, 94 p.
- 이용남, 정갑식, 장순근, 최문영, 최종인, 2000, 경기도 시화호 남측 간척지 공룡알과 등지화석의 기초 연구. 한국고생물학회지, 16 (1), 27-36.
- 전영호, 1996, 충북 영동 지역의 야외 지질학습 자료 개발 및 활용에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문, 104 p.
- 조규성, 변홍룡, 김정빈, 2002, 야외 지질 학습장의 개발과 활용에 따른 학생들의 과학에 대한 정의적 영역과 학업 성취에 미치는 효과. 한국지구과학회지, 23 (8), 649-658.
- 최영산, 2001, 광주지방의 중학교 야외 지질 학습장의 개발과 활용에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문, 82 p.
- Anderson, V., 1980, Field Tripping: Toronto: Ontario. Institute for Studies in Education, Informal Series No.21.
- Huntoon, J.E., Bluth, G.J.S. and Kennedy, W.A., 2001, Measuring the Effects of a Research-Based Field Experience on Undergraduates and K-12 Teachers. Journal of Geoscience Education, 49 (3), 235-248.
- Kean, W.F. and Enochs, L.G., 2001, Urban Field Geology for K-8 Teachers. Journal of Geoscience Education, 49 (4), 358-363.
- Munn, B.J., Tracy, R.J. and Jenks, P.J., 1995, A Collaborative Approach to Petrology Field Trips. Journal of Geological Education, 43, 381-384.
- Orion, N., 1989, Development of a High-School Geology Course Based on Field Trips. Journal of Geological Education, 37, 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 (6), 325-331.

---

2004년 10월 2일 원고 접수  
 2004년 11월 11일 수정원고 접수  
 2004년 12월 5일 원고 채택

## Appendix 1. 탄도 해안 답사 요약 보고서

탄도해안 지질탐사 요약 보고서			
통합 문제		소속	명승호 (32)
탐구활동 일시	2003 년 8 월 14 일	이름	위수민
1. 관찰 내용 요약			
노두	어떤 암석?	관찰 내용	의미
제 1 노두	회색 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암
제 2 노두	회색 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암
제 3 노두	회색 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암
제 4 노두	회색 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암
제 5 노두	회색 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암
제 6 노두	회색 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암	상부 10cm 정도는 사암, 그 아래는 점토질 사암

## 2. 통합 문제에 대한 1차 결론

탄도해안 지질탐사 요약 보고서

통합 문제에 대한 1차 결론

탄도해안 지질탐사 요약 보고서

통합 문제에 대한 1차 결론

## Appendix 2. 한염 지역(고정리 공룡알 화석지) 답사 요약 보고서

고정리 공룡알 화석지 지질탐사 요약 보고서			
통합 문제	벽역기에 공룡은 어떤 곳에 알을 낳았을까요?	소속	고려대학교
탐구활동 일시	2003년 8월 15일	이름	김민준
		탐구 교사	이정호

## 1. 관찰 내용 요약

노두	어떤 암석?	관찰 내용	의미
제 1 노두	회색 석회암	1. 석회암의 표면에 평행하게 갈라진 층상 구조가 관찰된다. 2. 표면에 미세한 균열이 관찰된다. 3. 표면에 작은 구멍이 관찰된다.	1. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 2. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 3. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다.
제 2 노두	회색 석회암	1. 석회암의 표면에 평행하게 갈라진 층상 구조가 관찰된다. 2. 표면에 미세한 균열이 관찰된다. 3. 표면에 작은 구멍이 관찰된다.	1. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 2. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 3. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다.
제 3 노두	회색 석회암	1. 석회암의 표면에 평행하게 갈라진 층상 구조가 관찰된다. 2. 표면에 미세한 균열이 관찰된다. 3. 표면에 작은 구멍이 관찰된다.	1. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 2. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 3. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다.
제 4 노두	회색 석회암	1. 석회암의 표면에 평행하게 갈라진 층상 구조가 관찰된다. 2. 표면에 미세한 균열이 관찰된다. 3. 표면에 작은 구멍이 관찰된다.	1. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 2. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 3. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다.
제 5 노두	회색 석회암	1. 석회암의 표면에 평행하게 갈라진 층상 구조가 관찰된다. 2. 표면에 미세한 균열이 관찰된다. 3. 표면에 작은 구멍이 관찰된다.	1. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 2. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 3. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다.
제 6 노두	회색 석회암	1. 석회암의 표면에 평행하게 갈라진 층상 구조가 관찰된다. 2. 표면에 미세한 균열이 관찰된다. 3. 표면에 작은 구멍이 관찰된다.	1. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 2. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다. 3. 이 암석은 석회암으로, 공룡알이 발견된 지층이다.

## 2. 통합 문제에 대한 1차 결론

본 탐사 결과, 벽역기 석회암 지층에서 공룡알 화석이 발견되었다. 이는 공룡알 화석이 발견된 지층이 벽역기 석회암 지층임을 시사한다. 또한, 벽역기 석회암 지층은 평행하게 갈라진 층상 구조를 가지고 있으며, 표면에 미세한 균열과 작은 구멍이 관찰된다. 이는 공룡알이 발견된 지층이 벽역기 석회암 지층임을 시사한다. 따라서, 벽역기 석회암 지층은 공룡알이 발견된 지층임을 시사한다.