

ORIGINAL ARTICLE

교육 대상에 따른 야외 지질학 탐구 요소 특성 비교 : 지질 답사 교육 사례를 중심으로

정찬미 · 신동희*
(이화여자대학교)

Comparing Elements of Inquiry in Field Geology by Learner Groups: Focusing on Cases of Geologic Fieldwork Education

Chan-Mi Jung · Dong-hee Shin*
(Ewha Womans University)

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare by learner groups(K-12, geology-related majoring students, science teachers) how geologic fieldwork education cases in domestic and foreign papers for recent 20 years reflect the elements of inquiry in field geology. The total number of analyzed cases is 53(58 for double counting), and the analysis was conducted on the elements of inquiry in field geology and their sub-element. As a result, there was a clear difference between the cases of geologic fieldwork education for K-12 and college students majoring in geology-related disciplines, in the way of reflecting elements of inquiry in field geology. Because most of K-12 target fieldworks were designed based on the curriculum, it mainly included 2-3 elements of observations, representations, and/or abductive reasoning. On the other hand, because fieldworks for geology-related major students aim to train geologic experts, it diversely contained four or five of the elements of inquiry in field geology, including spatial thinking and diachronic thinking in a high proportion, and also frequently used activities that require specialized skills such as geological mapping. Fieldworks for science teachers were found to have mixed features of K-12 and geology-related major students. Considering the diversity of included inquiry elements, similarities with the activities performed by geologists, and the autonomy of learners, it was analyzed that geologic fieldwork for geology-related major students was more close to authentic geologic inquiry than fieldwork for others. Based on the results of this study, we suggested implications for improving geological fieldwork as authentic science inquiry.

Key words : geologic fieldwork education cases, elements of inquiry in field geology, compare by learner groups

Received 6 July, 2017; Revised 27 July, 2017; 20 August, 2017; Accepted 28 November, 2017

*Corresponding author : Dong-hee Shin, Ewha Womans University, 52, Ewhayeodae-gil, Seodaemun-gu, Seoul 03760, Korea

Phone: +82-2-3277-2719

E-mail: donghee@ewha.ac.kr

This study was supported by the Ewha Womans University scholarship of 2016.

© The Korean Society of Earth Sciences Education. All rights reserved. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

지질학은 역사 과학, 해석 과학으로 일컬어지며 (Gray & Kang, 2014), 실험 과학과는 차별화되는 고유한 방법론을 가진다(Rabb & Frodean, 2002; Dodick & Orion, 2003). 야외 지질학 탐구 시 지질학자들은 암석 노두에서 지질학적 단서를 발견하여 주의 깊게 관찰하고, 관찰 결과를 선별하여 야장에 기록하고 지질도를 작성하는 등 표상을 생성한다. 이 때 지표에서 보이지 않는 3차원적 암석의 배치 및 지질 구조를 상상하기도 한다. 그리고 관찰 결과를 해석하여 과거에 일어났을지 같은 지질학적 사건이 무엇이고 왜 그것이 발생했는지 귀추적으로 추론하고, 추론한 지질학적 사건들을 시간의 순서에 따라 재구성한다. 이렇듯 야외 지질학 탐구는 실험을 포함하는 ‘전형적인’ 과학 탐구와 다른 과정과 특징을 가지고 있으며, 주의 깊은 관찰과 이러한 관찰에 기초하여 추론을 만들어 내는 능력(Nugent et al., 2012), 공간적 추론 및 시각적 표상(Orion & Ault, 2007), 절대적 및 상대적 시간에 대한 이해(Ault, 1982) 등이 지질 탐사에서 필요한 핵심 기능으로 강조되어 왔다. 정찬미와 신동희(2017)는 이를 종합하여 야외 지질학 탐구 요소로 관찰(observation), 표상(representation), 귀추적 추론(abductive reasoning), 공간적 사고(spatial thinking), 통시적 사고(diachronic thinking) 등 5가지를 추출하고, 각각의 하위 요소와 함께 지질 탐사 교육 분석 기준을 제시함으로써 지질학 참 탐구의 특성과 구성 요소를 밝혔다.

전통적으로 지질 탐사는 지질학 교육 과정의 기본적 구성 요소이자 핵심에 해당하는 활동으로 여겨져 왔다(Mogk & Goodwin, 2012). 지질 탐사의 필요성은 기본적으로 지질학이 현장 중심적 과학의 특성을 지니는 데 기초한다(Rabb & Frodean, 2002). 또한 지질 탐사를 포함한 다양한 현장 탐사(fieldwork)는 인지적, 정의적, 메타인지적 등 다양한 측면에서 학습자의 성취에 효과적임이 많은 문헌 분석 연구에서 보고되었다(Kent et al., 1997; Mogk & Goodwin, 2012; Behrendt & Franklin, 2014). 현장 탐사는 학생들이 교실에서 배운 내용을 학교 환경 밖의 상황에 적용할 기회를 제공하여 지식 전이를 촉진할 뿐 아니라 학생들의 학습 태도, 흥미, 동기, 심미적 감성 등에 영향을 준다(Nadelson & Jordan,

2012; 윤마병 외, 2017). 이렇듯 현장 탐사는 가상 탐사(virtual field trip) 등의 대안 활동으로도 ‘대체될 수 없는’ 교육적 가치와 효과를 가진다(Scott et al., 2006). 그러나 모든 현장 탐사가 효과적인 학습을 보장하는 것은 아니므로(Lonergan & Andersen, 1988), 현장 탐사 시 교수·학습 설계가 중요하다. 현장 탐사 유형은 크게 교사 해설 위주의 ‘둘러보기(look-see)’식 견학과 학생이 직접 자료를 수집하고 문제를 해결하는 탐구 등 두 가지로 구분된다(Preston, 2016; Kent et al., 1997). 현장 탐사 관련 여러 연구들에서 공통적으로 학생 탐구 중심의 현장 탐사가 인지적·정서적 학습에 큰 효과가 있음을 밝혔고(박재문 외, 2007; Apedoe et al., 2006; Fuller et al., 2014), 이에 따라 현장 탐사 교육에서 탐구의 중요성이 확대되어 왔다. 그러나 그 동안의 연구들은 현장 탐사에서의 탐구를 참 탐구(authentic inquiry)¹⁾의 관점에서 조명한 경우가 거의 없었다.

학교 과학에서 흔하게 활용되는 ‘요리책식 실습’ 형태의 탐구 활동(Hodson, 1998)의 한계를 극복하고자 과학 교육에서는 참 과학 탐구의 도입을 시도해 왔다. 참 과학 탐구의 개념은 연구자마다 다양한데, 일반적으로 ‘실제성(authenticity)’은 과학자과 하는 일과의 유사성으로 정의되며(Barab & Hay, 2001), Chinn & Malhotra (2002)는 참 과학 탐구의 특징을 인지 과정 요소별로 단순한 실험과 비교하여 제시하며 복잡한 과학적 추론을 강조하기도 했다. 본 연구에서는 참 과학 탐구의 의미를 과학자가 하는 일(scientific enterprises)의 주요 요소를 포함하는 것과 더불어 학습자의 과학 탐구 주도권과 관련지어 설명한 정찬미와 신동희(2015)의 개념과 유사하게 사용할 것이다. 지질 탐사 교육은 지질학적 현상과 과정에 대한 개념 이해를 보다 용이하게 하려는 목적이 주가 되는 경우가 많기 때문에, 관찰과 추론 등 탐구 수행보다는 강사에 의한 해설이 주가 되는 야외 강의 형태로 진행되어 왔다(Munn et al., 1995). 해설식 지질 탐사는 지질학자가 야외 지질 조사에서 수행하는 지질학 탐구의 실제와 다를 가능성이 높다. 그러나 지질 탐사 교육 선행 연구에서는 이를 문제로 인식하고 개선을 위해 야외 지질학 탐구의

1) 본 연구에서는 우리말의 자연스런 흐름에 맞추어 ‘authentic’을 ‘참’ 또는 ‘실제적’으로 번역하여 사용하고(예: 참 과학 탐구, 야외 지질학 탐구의 실제적 구현, 실제적인 지질 탐사), ‘authenticity’를 ‘실제성’으로 표현함.

실제적 구현을 추구하는 교수·학습 접근은 거의 이루어지지 않았다.

이에 대한 문제 인식을 바탕으로 정찬미와 신동희(2017)는 지질학 참 탐구를 위한 교수·학습 접근의 근거로서 야외 지질학 탐구 요소를 규명하고, 야외 지질학 탐구 요소 분석 기준을 제시하며, 최근 20년간의 국내외 문헌에 드러난 지질 답사 교육 사례에 야외 지질학 탐구의 실제성이 어떻게 반영되어 있는 지에 대한 현황을 분석했다. 이러한 선행 연구의 전반적 경향에 대한 분석 결과를 심화 및 확장하고자 본 연구에서는 교육 대상이라는 분석 관점을 추가했다. 즉, 본 연구는 교육 대상별(초·중·고 학생, 지질학 관련 전공생, 과학 교사)로 지질 답사 교육 사례에 반영된 야외 지질학 탐구 요소 및 하위 요소 측면을 비교하고자 한다.²⁾ 다른 과학 탐구에서와 마찬가지로 지질 답사에서 이루어지는 탐구도 학습자의 수준 및 교육 목적에 따라 차별화하여 개발될 필요가 있으므로, 지질 답사 현황의 교육 대상별 비교 분석은 의미가 있다. 본 연구에서는 교육 대상별 비교를 통해 지질학 탐구 측면에서 실제적인 지질 답사의 특징이 무엇인지 밝혀내고 궁극적으로 지질 답사 교육을 통해 지질학 참 탐구를 구현하기 위한 시사점을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 분석 대상 문헌 및 사례 선정

본 연구의 분석 대상 문헌은 학술 검색 데이터베이스 RISS(Research Information Sharing Service)와 ERIC(Education Resources Information Center) ProQuest에서의 검색을 통해 검토 대상을 선정 한 후, 본 연구의 목적에 부합하다고 판단한 문헌을 최종 선정했다. 분석 대상 문헌의 출판 시기는 1997년 1월부터 2016년 12월에 이르기까지 최근 20년으로 한정했다. 국내의 경우 지질 답사 교육 관련 연구는 대부분 과학 교육 학계에서 수행되지만, 국외의 경우 과학 교육 학계와 지질 학계에서 모두 야외 지질

학습 관련 연구를 수행하기 때문에 분석 대상 문헌 선정에 대해 다양한 접근 방법을 활용했다. 1차 검토 대상 문헌 선정 기준은 다음과 같다.

(1) 국내 과학 교육 학술지에 게재된 KCI 등재 논문 중 제목에 ‘야외’와 ‘지질’이 모두 포함된 것; (2) 국외 과학교육 학술지에 게재된 논문 중 제목에 ‘field’가 포함되고 초록 중 ‘geo’로 시작하는 단어가 포함되어 있는 것; (3) 국외 학술지 중 고등학생 및 대학생을 대상으로 한 야외 지질 학습 관련 연구를 가장 활발하게 출판하는 학술지 중 하나인 ‘Journal of Geoscience Education(JGE)’ 게재 논문 중 제목에 ‘field’가 포함되고 초록 중 ‘geo’로 시작하는 단어가 포함되어 있는 것; (4) 국제적으로 가장 권위 있는 지질학 학술 단체인 Geological Society of America(이하 GSA)의 특별 논문집인 GSA Special Papers의 제 461호(이하 GSA SP 461) ‘Field Geology Education: Historical Perspectives and Modern Approaches’에 게재된 논문 전체.

1차 검토 대상 중 중복된 결과 및 가상 지질 답사 사례를 제외하고, 지질 답사 교육 프로그램을 개발, 적용하거나 야외 지질 학습 방법을 소개하는 등 지질 답사 교육 과정이 상세하게 제시된 문헌을 최종 분석 대상으로 선정했다. 한 논문에서 구별되는 여러 지질 답사 사례가 포함된 경우 개별 사례를 별도 사례로 취급했다. 최종 분석 대상 논문 및 사례 수는 Table 1과 같다.

2. 예비 분석을 통한 분석 관점 선정

지질 답사 교육 사례에 반영된 야외 지질학 참 탐구 특성은 본 연구에서처럼 교육 대상별로 비교할 수 있지만, 다른 측면에서도 비교할 수 있다. 본 연구에서는 연구 문제 설정 시 비교 대상 설정을 위해 개별 야외 지질학 탐구 요소 포함 여부를 파악하는 하는 예비 분석을 실시했다. 예비 분석의 목표는 지질 답사 교육의 참 탐구 특성에 영향을 미칠 가능성이 있다고 고려되는 출판 연도, 학술지권, 답사 기간, 답사 장소, 교육 대상 등을 예비 분석 관점으로 설정한 결과를 바탕으로 집단별 뚜렷한 경향성이 있는 적절한 분석의 관점을 찾는 것이었다. 비교 대

2) 초중고 학생은 학교급별 인지 발달 수준이 다르므로 서로 다른 교육 대상 집단으로 구별하는 것이 의미 있을 수 있음. 그러나 분석 대상 선정 시 개별 학교급별 사례 수가 많지 않아 각 학교급의 대표성을 담보하기 어렵다고 판단되어 본 연구에서는 초중고를 동일한 교육 대상 집단으로 분류함.

상이 되는 하위 항목은, 답사 기간의 경우 5년씩 제 1~4기로, 학술지군의 경우 국내 및 국외 과학 교육 학술지, JGE, GSA SP 461 등 4가지로, 답사 기간의 경우 당일, 2-7일, 8-14일, 15-30일, 31일 이상 및 비명시로, 답사 장소의 경우 암석학적 분포에 따라 화성암, 퇴적암, 화성암과 퇴적암, 퇴적암과 변성암, 화성암과 퇴적암과 변성암 및 비명시로, 교육 대상의 경우 초중고생, 지질학 전공생, 과학 교사 및 비명시로 구별했다. 하위 항목의 기준은 '4. 분석 대상 사례 개요'에서 설명된 것과 동일하다.

교육 대상 외의 예비 분석의 관점에 대한 주요 예비 분석 결과는 Table 2와 같다. 주요 예비 분석 결

과는 전체 사례(N=53)의 개별 야외 지질학 탐구 요소별 빈도를 기준으로 빈도 차이가 10% 이상인 경우만 특징적이라고 판단하여 표에 기재했다. 예비 분석 결과, 논문 출판 연도, 학술지군, 답사 기간 및 답사 장소의 하위 항목에서는 야외 지질학 탐구 요소의 빈도 분포에 일정한 경향성이 나타나지 않았을 뿐만 아니라, 하위 항목의 사례 수 분포도 고르지 않기 때문에 분석 관점에서 적절하지 않다고 판단되었다. 한편, 다른 분석의 관점들에 비해 교육 대상은 집단별 경향성이 의미 있게 나타나 이를 최종 분석의 관점으로 설정하여 본 분석을 실시했다.

Table 1. Fieldwork cases analyzed in this study

검색 기관	검토 대상 논문 수	최종 분석 논문 수	최종 분석 답사 사례 수*
RISS	33	16	16
ERIC ProQuest	73	25	25
GSA Special Paper	26	10	12
합계	132	51	53

*한 논문에서 구별되는 여러 사례가 나온 경우 중복 집계.

Table 2. Results of pilot study

예비 분석 관점	예비 분석 주요 결과
	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 사례의 야외 지질학 탐구 요소별 빈도: 관찰(100%), 표상(94%), 귀추적 추론(72%), 공간적 사고(62%), 통시적 사고(53%)
논문 출판 연도	<ul style="list-style-type: none"> • 제1기(1997~2001년): 귀추적 추론(100%), 공간적 사고(75%) 및 통시적 사고(75%)가 상대적으로 높은 빈도. • 제2기(2002~2006년): 귀추적 추론(83%)가 상대적으로 높은 빈도. • 제3기(2007~2011년): 전체 사례의 탐구 요소별 빈도와 유사하게 나타남. • 제4기(2012~2016년): 공간적 사고(43%)와 통시적 사고(36%)가 상대적으로 낮은 빈도.
학술지군	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 과학 교육 학술지: 공간적 사고(13%) 및 통시적 사고(25%)가 상대적으로 낮은 빈도. • 국외 과학 교육 학술지: 귀추적 추론(60%) 및 통시적 사고(40%)가 상대적으로 낮은 빈도. • JGE: 관찰(85%)이 상대적으로 낮은 빈도, 공간적 사고(80%) 및 통시적 사고(65%)가 상대적으로 높은 빈도. • GSA SP 461: 공간적 사고(100%) 및 통시적 사고(75%)가 상대적으로 높은 빈도.
답사 기간	<ul style="list-style-type: none"> • 당일: 공간적 사고(19%) 및 통시적 사고(19%)가 상대적으로 낮은 빈도. • 2-7일: 귀추적 추론(88%)이 상대적으로 높은 빈도. • 8-14일: 공간적 사고(88%) 및 통시적 사고(75%)가 상대적으로 높은 빈도. • 15-30일: 귀추적 추론(100%), 공간적 사고(100%) 및 통시적 사고(100%)가 상대적으로 높은 빈도. • 31일 이상: 귀추적 추론(56%)이 상대적으로 낮은 빈도, 공간적 사고(100%) 및 통시적 사고(67%)가 상대적으로 높은 빈도. • 비명시: 전체 사례의 탐구 요소별 빈도와 유사하게 나타남.
답사 장소의 암석학적 분포	<ul style="list-style-type: none"> • 화성암, 퇴적·변성암: 사례 수가 1 또는 2개로, 결과를 해석하지 않음. • 퇴적암: 귀추적 추론(60%), 공간적 사고(52%)가 상대적으로 낮은 빈도. • 화성·퇴적암: 귀추적 추론(100%)과 공간적 사고(75%)가 상대적으로 높은 빈도. • 화성·퇴적·변성암: 귀추적 추론(92%)과 통시적 사고(83%)가 상대적으로 높은 빈도. • 비명시: 귀추적 추론(56%)과 통시적 사고(33%)가 상대적으로 낮은 빈도.

3. 분석 방법

본 연구에서는 분석 대상 사례의 지질 답사 과정을 최대한 상세하게 알아내기 위하여 분석 대상 논문의 전체 내용을 분석했는데, 예를 들면 본문의 연구 방법에서 프로그램 개발 부분, 연구 결과의 인솔 교사나 학생 수행 과정이나 결과가 기술된 부분, 부록에 포함된 활동지 등을 모두 포함하여 분석했다. 각 사례에 사전 및 사후 교육도 포함되어 있을 경우, 원칙적으로 이를 제외한 지질 답사 기간만을 분석 대상으로 삼았다. 다만, 답사 후에 실내에서 동위원소 절대연대 분석, 지질 답사 보고서 제출, 답사 프로젝트에 대한 학회 발표 등이 진행될 경우, 답사와 직접 관련 있는 활동으로 보고 분석에 포함시켰다. 본 연구의 분석 대상 사례들은 야외 지질학 탐구의 실제성 차원에서 지질 답사 교육 사례 분석을 위하여 개발된 정찬미와 신동희(2017)의 지질 답사 교육 분석 기준에 근거하여 분석되었다. 이 분석 기준의 내용 타당도는 지구과학 교육 전문가 2인에 의해 검증되었으며, 야외 지질학 탐구 요소별 분석 기준을 요약하면 Table 3과 같다. 먼저 연구자 1인이 개별 지질 답사 사례별로 어떤 야외 지질학 탐구 요소를 포함하고 있으며 개별 야외 지질학 탐구 요소(관찰, 표상, 귀추적 추론, 공간적 사고, 통시적 사고)의 하위 요소별 특징이 어떻게 나타나는지 체크리스트(O, X)를 작성하는 형태의 분석을 실시했다. 분석의 신뢰도를 높이기 위하여 총 53개 사례 중 무작위 15개 사례에 대한 분석 결과 일치도를 검증했

는데, 연구자와 과학 교육 전문가 2인과의 최종 일치도는 각각 98.5%, 98.6%였다.

그 후 연구자 1인이 분석 결과를 교육 대상별로 정리하여 1) 야외 지질학 탐구 요소 포함 여부, 2) 답사에 포함된 야외 지질학 탐구 요소 개수, 3) 개별 야외 지질학 탐구 요소(관찰, 표상, 귀추적 추론, 공간적 사고, 통시적 사고)별 하위 요소에 대한 빈도 분석을 실시했다. 교육 대상은 학교급 및 전공에 따라 초·중·고 학생(이하 초중고생), 지질학 관련 전공생(이하 전공생), 과학 교사, 기타 등 4개 집단으로 구분했다. 초중고생 집단은 초등학생, 중학생 및 고등학생을, 전공생 집단은 지질학, 지질과학, 환경과학, 석유공학 전공생 및 지구과학부 학생 등 학과 교육 과정 상 지질학 강의를 수강하는 대학생을, 과학 교사 집단은 초등 및 중등 과학 예비 교사(대학생, 대학원생)와 현직 교사를, 기타 집단은 지질학 외(생물학, 비과학) 전공 학부생 및 명시되지 않은 경우를 포함한다. 기타 집단의 사례 간 이질성을 고려하여 교육 대상별 빈도 분석 결과 해석은 기타 집단을 제외한 3개 집단에만 초점을 두었다.

4. 분석 대상 사례 개요

분석 대상으로 선정된 지질 답사 사례의 일반적 특성(논문 출판 연도, 학술지, 답사 기간, 답사 장소의 암석학적 분포)을 교육 대상에 따라 정리하면 Table 4와 같다.

Table 3. Analysis criteria for field geology education

야외 지질학 탐구 요소	야외 지질학 탐구 하위 요소 및 분석 기준	
관찰	관찰의 자율성 목적적 관찰 여부 도구 사용 여부 측정 측면 표본 수집 여부	자유 관찰, 교사 안내에 따른 관찰, 구조화 관찰, 불명확 목적적 관찰함 관찰 도구 사용함, 측정 도구 사용함 방향·각도, 거리·길이, 기타 표본 수집함
표상	표상의 자율성 표상 방식	자유 양식, 구조화된 양식, 불명확 시각 언어화, 시각화, 언어화, 불명확
귀추적 추론	귀추 단계 포함 가설 내용 가설 정교화 방법 최종 설명 방법	가설 생성, 가설 정교화, 최종 현상 설명 지질 형성 과정 관련, 기타 토론, 검증(추가 관찰), 기타 발표, 보고서
공간적 사고	공간적 사고 유형	자기 위치화, 공간 배치 형태 인식, 투시
통시적 사고	통시적 사고 유형	층서(생성 순서), 역사 재구성(변형 과정), 절대연대

가. 출판 연도

분석된 총 20년 중 논문 출판 연도를 5년씩 구분하여 집계한 결과, 제3기(2007~2011년)에 가장 많은 지질 답사 교육 사례가 있었다(25건, 43%). 이는 제3기가 GSA SP 제461호가 발간된 2009년을 포함하고 있기 때문이다. GSA SP 제461호에 포함된 사례를 제외하면 제3기의 사례 수는 11건으로, 제2·4기에 11~14건의 비슷한 사례 수가 분포했다. 제1기의 사례 수는 5건으로 다른 시기보다 상대적으로 적었다. 초중고생 대상 지질 답사 사례는 시간에 따라 증가하는 경향을 보였고, 그 외 대상의 경우 특별한 경향이 나타나지 않았다.

나. 학술지

지질 답사 사례가 출판된 학술지 분포를 보면 JGE가 23건(40%)으로 가장 많았고, 국내 과학 교육 학술지(16건, 28%), GSA SP 제461호(14건, 24%), 국

외 과학 교육 학술지(5건, 9%) 순이었다. 초중고생 대상 사례는 대부분 국내 과학 교육 학술지(12건, 21%)에, 전공생 대상 사례는 대부분 JGE(13건, 22%)와 GSA SP 제461호(12건, 21%)에 실려 있었다. 과학 교사 대상 사례는 JGE에 가장 많이(6건, 10%) 실려 있었다.

다. 답사 기간

지질 답사 기간은 당일, 2·7일, 8·14일, 15·30일, 31일 이상 및 명시되지 않은 경우 등으로 구분했다. 야외 답사 기간은 당일(16건, 28%)으로 가장 많았고, 8·14일(11건, 19%), 31일 이상(10건, 17%), 2·7일(9건, 16%), 비명시(8건, 14%), 15·30일(4건, 7%) 등의 순으로 나타났다. 초중고생 대상 답사는 대부분 당일(11건, 19%)로 진행되었고, 1주일 이상의 장기간 캠프 형태는 1건도 없었다. 한편 전공생 대상 답사는 당일로 진행되는 경우(1건, 2%)가 매우 적었

Table 4. Characteristics(publication year, journal groups, duration of fieldwork, and rock types of fieldwork site) of analyzed fieldwork cases: Comparison by learner groups

특성	교육 대상	사례 수 (%)				
		초중고생	전공생	과학 교사	기타	합계*
논문 출판 연도	제1기(1997~2001년)	0 (0)	2 (3)	2 (3)	1 (2)	5 (9)
	제2기(2002~2006년)	2 (3)	6 (10)	3 (5)	3 (5)	14 (24)
	제3기(2007~2011년)	5 (9)	15 (26)	4 (7)	1 (2)	25 (43)
	제4기(2012~2016년)	7 (12)	4 (7)	1 (2)	2 (3)	14 (24)
학술지	국내 과학 교육 학술지	12 (21)	0 (0)	2 (3)	2 (3)	16 (28)
	국외 과학 교육 학술지	1 (2)	2 (3)	1 (2)	1 (2)	5 (9)
	JGE	1 (2)	13 (22)	6 (10)	3 (5)	23 (40)
	GSA SP 461	0 (0)	12 (21)	1 (2)	1 (2)	14 (24)
답사 기간	당일	11 (19)	1 (2)	3 (5)	1 (2)	16 (28)
	2·7일	2 (3)	4 (7)	2 (3)	1 (2)	9 (16)
	8·14일	0 (0)	7 (12)	2 (3)	2 (3)	11 (19)
	15·30일	0 (0)	3 (5)	1 (2)	0 (0)	4 (7)
	31일 이상	0 (0)	9 (16)	1 (2)	0 (0)	10 (17)
	비명시	1 (2)	3 (5)	1 (2)	3 (5)	8 (14)
답사 장소의 암석학적 분포	화성암	1 (2)	0 (0)	1 (2)	0 (0)	2 (3)
	퇴적암	8 (14)	10 (17)	4 (7)	3 (5)	25 (43)
	화성·퇴적암	1 (2)	3 (5)	0 (0)	0 (0)	4 (7)
	퇴적·변성암	0 (0)	1 (2)	0 (0)	0 (0)	1 (2)
	화성·퇴적·변성암	2 (3)	7 (12)	4 (7)	2 (3)	15 (26)
	비명시	2 (3)	6 (10)	1 (2)	2 (3)	11 (19)
전체*		14 (24)	27 (47)	10 (17)	7 (12)	58 (100)

*한 논문에서 구별되는 여러 사례가 나온 경우, 개별 지질 답사 교육 사례의 대상이 여럿일 경우 중복 집계.

고, 장기간의 캠프 형태로 주로 이루어졌다. 과학 교사 대상 지질 답사 기간은 모든 기간 항목에 1~3건 (2~5%)이 골고루 분포하는 경향을 보였다.

라. 답사 장소의 암석학적 분포

지질 답사 장소 유형을 구성 암석의 성인에 따라 화성암 지대, 퇴적암 지대, 변성암 지대 등으로 구분하고, 답사 장소에 어떤 종류의 암석이 있는지 논문에 명시적으로 드러나지 않은 경우 비명시로 집계했다. 결과 정리 시 답사 장소 구성 암석의 종류가 여러 가지일 경우 별도의 항목(예: 화성암+퇴적암)을 추가하여 집계했다. 답사 장소가 퇴적암인 경우가 총 25건(43%)으로 가장 많았고, 퇴적암과 화성암 및 변성암이 모두 복합적으로 나타나는 경우(15건, 26%), 비명시(11건, 19%), 화성암과 퇴적암이 함께 나타나는 경우(4건, 7%), 화성암만 나타나는 경우(2건, 3%), 퇴적암과 변성암이 나타나는 경우(1건, 2%) 등의 순이었다. 세 가지 교육 대상 집단에서 공통으로 답사 장소에 퇴적암만 분포하는 경우가 가장 많았다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 야외 지질학 탐구 요소 포함 여부

야외 지질학 탐구 요소인 관찰, 표상, 귀추적 추론, 공간적 사고, 통시적 사고 등의 각 사례에 포함된 빈도를 분석한 결과, 지질 답사에 관찰이 가장 빈번하게(58건, 100%) 포함되어 있었고, 표상(55건, 95%), 귀추적 추론(41건, 71%), 공간적 사고(37건, 64%), 통시적 사고(31건, 53%) 순으로 나타났다

(Table 5). 초중고생, 전공생, 과학 교사 등 세 집단에서 관찰, 표상, 귀추적 추론이 나타나는 비율은 각각 100%, 90~96%, 64~70% 등으로 나타나 교육 대상별 차이가 거의 없었다. 반면, 공간적 사고와 통시적 사고 포함 비율은 초중고생 집단에서 각각 7%, 21% 등으로 매우 낮지만, 전공생(96%, 67%) 및 과학 교사(70%, 70%)의 경우 높게 나타났다. 초중고생과 다른 두 집단 간 포함 빈도 차이가 크게 나타난 것으로 보아, 공간적 사고와 통시적 사고는 야외 지질학 탐구 요소 5가지 중 높은 난도를 가진 고차원적 사고로 간주할 수 있다.

2. 답사에 포함된 야외 지질학 탐구 요소 개수

지질 답사에 야외 지질학 탐구 요소가 얼마나 다양하게 반영되어 있는지 알아보기 위해, 포함된 야외 지질학 탐구 요소 개수를 집단별로 합산한 결과, 총 사례 중 야외 지질학 탐구 요소 5가지를 모두 포함한 사례가 22건(38%)으로 가장 많았으며, 3가지인 경우가 15건(26%), 4가지인 경우가 13건(22%), 2가지인 경우가 7건(12%), 1가지인 경우는 단 1건(2%)에 불과했다(Table 6). 3가지 이상의 야외 지질학 탐구 요소를 포함하는 경우가 총 50건으로 86%의 높은 비율을 나타내는 것은 많은 지질 답사가 야외 지질학 탐구의 특징을 다양하게 반영해 왔음을 의미한다. 야외 지질학 탐구 요소 개수의 교육 대상별 분포를 비교하면, 초중고생을 대상으로 한 지질 답사에서는 주로 2-3가지(86%)가 나타남에 반해, 전공생은 주로 4-5가지(82%)가 나타났다. 과학 교사 대상의 경우, 5가지(60%)가 가장 높은 비율로 나타나고, 1-4가지는 모두 같은 비율(10%)이었다. 즉, 초중고생을 대상으로 한 지질 답사보다 전공생 및 과학

Table 5. Type of field geologic inquiry elements included in geological fieldwork: Comparison by learner groups

탐구 요소 종류 교육 대상	사례 수 (%)											
	전체		관찰		표상		귀추적 추론		공간적 사고		통시적 사고	
초중고생	14	(100)	14	(100)	13	(93)	9	(64)	1	(7)	3	(21)
전공생	27	(100)	27	(100)	26	(96)	19	(70)	26	(96)	18	(67)
과학 교사	10	(100)	10	(100)	9	(90)	7	(70)	7	(70)	7	(70)
기타	7	(100)	7	(100)	7	(100)	6	(86)	3	(43)	3	(43)
합계	58	(100)	58	(100)	55	(95)	41	(71)	37	(64)	31	(53)

교사를 대상으로 한 답사에 더욱 다양한 야외 지질학 탐구 요소가 포함되는 경향이 나타났다.

3. 개별 야외 지질학 탐구 하위 요소

가. 관찰

야외 지질학 탐구의 대상은 현장에 남아 있는 지질 기록이므로, 현장에서의 관찰을 통한 암석 및 지질 특성에 대한 정보 수집이 필수적이다. 본 연구에서는 지질 답사 교육 사례에서 학습자가 오감과 도구를 이용해 자연 현상에 대한 정보를 수집하는 활동이 포함될 경우, 관찰에 해당한다고 보았다. 관찰 하위 요소를 대상별로 비교해 보면(Table 7), 관찰 하위 요소의 종류에 따라 교육 대상별 특징이 공통적이거나 이질적인 정도가 다르게 나타났다. 목적적 관찰은 세 집단 모두에서 공통적으로 79~90%의 분포로 높게 나타났다. 목적적 관찰은 학생이 관찰의 목적을 인지하고 지질 조사를 수행하는 것을 의미하는데, 그 구체적 예로는 지질 역사를 밝히기 위한 증거 수집임을 교사로부터 배우거나 혹은 학생 스스로 설계한 연구 질문에 답하기 위한 것임을 인식하는 것이 있다. 과학 탐구에서 관찰의 질은 특정한 탐구 문제 해결을 위해 유용한 과학적 사실들을 수집할 수 있는지와 관련되므로(문병찬, 2013), 지질 조사의 목적이 무엇인지 명확히 인식하는 것은 야외 지질학 전문성의 지시자로 여겨질 정도로 매우 중요하다(Mogk & Goodwin, 2012). 따라서 목적적 관찰이 지질 답사 교육에서 빈번하게 활용되고 있는 것은 적절하다고 평가할 수 있다.

관찰의 자율성 측면은 초중고생, 전공생, 과학 교사 집단을 대상으로 한 경향이 각각 다르게 나타났다. 초중고생 집단은 구조화된 관찰(50%)이 학생의

자유로운 관찰(36%)이나 교사에 의해 안내된 관찰(36%)보다 더 높은 비율로 나타났다. 한편, 전공생 집단은 학생의 자유로운 관찰(59%)이 교사에 의해 안내된 관찰(30%)이나 구조화된 관찰(4%)보다 높게 나타났다. 과학 교사 집단은 교사에 의해 안내된 관찰(70%)이 학생의 자유로운 관찰(30%)이나 구조화된 관찰(20%)보다 2~3배 높게 나타났다. 구조화된 관찰 활동은 교사가 교육 목적에 따라 학생이 특정 대상을 관찰하기를 의도한 것이다. 예를 들면, 교사가 제시한 관찰 활동지에 ‘점이층리를 찾아 관찰하라’ 등으로 관찰 대상이 지정되어 있고, 학생은 정해진 대상을 관찰하고 활동지 질문에 대한 답을 기재하는 것이 구조적 관찰의 대표적 형태이다. 초중고생을 대상으로 한 지질 답사에서 구조화된 관찰의 비율이 상대적으로 높은 것은 지질 답사의 교육 목표가 명확함을 의미한다. 실제로 국내의 초중고생을 대상으로 한 지질 답사는 많은 경우 Orion(1989; 1993)의 ‘교육 과정 내 야외 답사 통합을 위한 3단계 모형’에 근거한다(배창호 외, 2002; 유은정 외, 2007; 박재문 외, 2007; 진연자 외, 2016). 준비, 답사, 요약 등 3단계로 구성된 Orion 모형은 야외 답사에서의 구체적 경험을 통해 추상적 지질학적 현상과 과정에 대한 개념 이해를 보다 용이하게 하는 것을 목적으로 한다. 즉, 초중고생 대상 지질 답사는 특정 지질 현상을 직접 관찰하고 관련 개념 이해를 돕기 위한 목적으로 수행되는 경우가 많으므로 구조화된 관찰이 자주 활용된다. 반면, 전공생을 대상으로 한 지질 답사의 경우 학생이 자유롭게 관찰하는 활동이 상대적으로 많이 포함되는데, 이는 지질학 전문가 양성 차원에서 관찰 대상을 스스로 선정하고 필요한 정성적, 정량적 관찰을 수행할 수 있는 메타인지 능력을 키울 수 있도록 하기 위함이다(Mogk &

Table 6. Number of field geologic inquiry elements included in geological fieldwork: Comparison by learner groups

탐구 요소 개수 교육 대상	사례 수 (%)											
	전체		5가지		4가지		3가지		2가지		1가지	
초중고생	14	(100)	0	(0)	2	(14)	8	(57)	4	(29)	0	(0)
전공생	27	(100)	14	(52)	8	(30)	4	(15)	1	(4)	0	(0)
과학 교사	10	(100)	6	(60)	1	(10)	1	(10)	1	(10)	1	(10)
기타	7	(100)	2	(29)	2	(29)	2	(29)	1	(14)	0	(0)
합계	58	(100)	22	(38)	13	(22)	15	(26)	7	(12)	1	(2)

Goodwin, 2012).

관찰 및 측정 도구 사용, 암석 및 화석 표본 수집 포함의 측면에서는 전공생과 과학 교사 집단이 서로 유사한 경향을 보였는데, 관찰 도구 사용의 경우 전공생(19%), 과학 교사(20%) 등이 초중고생(0%)에 비해 높게 나타났다. 측정 도구 사용의 경우도 전공생(59%), 과학 교사(60%) 등이 초중고생(36%)에 비해 두 배 정도 높았다. 관찰 및 측정 도구 사용은 전문 기술을 요구하는 경우가 많기 때문에 초중고생에서는 낮은 비율로 나타난 것으로 보인다. 한편, 측정 측면은 세 집단에서 나타나는 양상이 모두 달랐다. 초중고생의 경우 주향과 경사가 포함된 방향·각도(36%)가 지층의 두께 등에 대한 거리·길이 측정(7%)이나 기타(7%)보다 높게 나타났다. 전공생의 경우 방향·각도(44%), 기타(30%), 거리와 길이(26%) 순으로 나타났고, 과학 교사의 경우 기타(40%), 방향·각도(30%), 거리·길이(20%) 순이었다. 전공생이나 과학 교사를 대상으로 한 지질 답사에서는 지사를 밝히는 것뿐만 아니라 지하수계의 오염원을 밝히는 것 등 보다 지구 환경과 관련된 프로젝트를 진행하는 경우가 있었기 때문에, GPS, 토질, 지온, 대기 온습도, 지하수 및 해양의 pH와 전기 전도 등 다양한 기타 측면의 측정이 보다 빈번하게 나타났다.

암석 및 화석 표본 수집 활동 포함 비율은 과학 교사(40%), 전공생(30%), 초중고생(7%) 순으로 나타났다. 암석 및 화석 표본 수집 활동은 이후 실험실에서 추가 분석할 가능성이 높으므로 답사가 일회성으로 종결되는 경우가 많은 초중고생 대상 답사

에서는 잘 나타나지 않은 것으로 보인다.

나. 표상

야외 지질학 탐구에서는 관찰 결과를 선별하여 야장에 기록하고 스케치하거나 사진을 촬영하고 관찰 및 측정 결과를 바탕으로 지질도를 작성하는 등 다양한 시각화 및 언어화 표상을 활용한다. 본 연구에서는 지질 답사 과정에서 학습자가 관찰 및 해석한 지질 현상을 말이나 글, 그림 등으로 표현하는 활동을 표상에 해당된다고 보았다. 표상 하위 요소의 대상에 따른 차이를 보면(Table 8), 표상의 자율성 측면에서 초중고생은 자유 양식(36%)과 구조화된 양식(29%)의 비율이 비슷하게 나타났다. 한편, 전공생과 과학 교사는 자유 양식이 각각 70%, 40%로 높게 나타나고, 구조화된 양식은 각각 7%, 0% 등으로 매우 낮게 나타나는 등 차이가 컸다. 자유 양식에 따른 표상의 대표적 예는 본인의 야장에 자유롭게 관찰 결과를 기록하는 것이고, 구조화된 양식에 따른 표상의 대표적 예는 지층의 두께, 색깔, 알갱이의 크기 및 암석의 분류 등을 기록하는 안내 질문이 제시된 활동지에 답을 기록하는 것이다. 전공생 및 과학 교사 집단에 비해 초중고생은 자연 현상을 기록하고 표상한 경험이 많지 않기 때문에 보다 구조화된 양식을 제공하여 교육적 효과를 추구한 것으로 보인다.

표상 유형 측면에서 초중고생은 언어화(43%)가

Table 7. Sub-elements of observation in geological fieldwork: Comparison by learner groups

교육 대상	관찰 하위 요소	관찰 포함 (전체)	관찰의 자율성*				목적적 관찰	도구 사용*		측정 측면*			표본 수집 포함
			자유	교사 안내	구조화	불명확		관찰 도구	측정 도구	방향 각도	거리·길이	기타	
초중고생	14 (100)	5 (36)	5 (36)	7 (50)	1 (7)	11 (79)	0 (0)	5 (36)	5 (36)	1 (7)	1 (7)	1 (7)	
전공생	27 (100)	16 (59)	8 (30)	1 (4)	7 (26)	23 (85)	5 (19)	16 (59)	12 (44)	7 (26)	8 (30)	8 (30)	
과학 교사	10 (100)	3 (30)	7 (70)	2 (20)	2 (20)	9 (90)	2 (20)	6 (60)	3 (30)	2 (20)	4 (40)	4 (40)	
기타	7 (100)	2 (29)	1 (14)	3 (43)	2 (29)	5 (71)	0 (0)	3 (43)	2 (29)	1 (14)	2 (29)	3 (43)	
합계	58 (100)	26 (45)	21 (36)	13 (22)	12 (21)	48 (83)	7 (12)	30 (52)	22 (38)	11 (19)	15 (26)	16 (28)	

*한 사례에서 동일 관찰 하위 요소의 여러 하위 항목이 나타날 경우 중복 집계.

가장 높게 나타나고, 시각 및 언어화(36%)가 두 번째이며, 시각화만 포함하는 경우는 없었다. 전공생 및 과학 교사는 표상 유형의 분포가 서로 유사하게 나타났으며, 시각화와 언어화를 모두 활용한 경우가 각각 74%, 60%로 높게 나타났고, 시각화만을 활용한 경우는 각각 19%, 20%로 그 다음이며, 언어화만 활용한 경우는 각각 4%, 0%로 거의 나타나지 않았다. 시각화는 관찰한 것을 스케치하거나 지질도와 같은 그림을 그리는 것, 그래프나 다이어그램 등으로 자료 변환하는 것 등을 의미하며, 언어화는 말이나 글로 표현하는 것을 의미한다. 정리하면, 전공생 및 과학 교사는 지질 답사의 표상에서 시각과 언어화를 모두 활용하며 시각화를 보다 강조함에 반해, 초중고생 집단은 언어화에 비해 시각화를 별로 강조하지 않는 경향이 있다. 이러한 집단 간 표상 유형 차이는 지질 답사에 지질도 작성(field mapping) 활동을 포함하는지 여부와 관련성이 높다. 보편적으로 지질도 작성은 지질학자의 전문성 발달을 위해 필수적으로 여겨지므로(Macdonald et al., 2005), 지질도 작성 능력은 대부분의 지질 답사에서 참여자가 습득해야 할 핵심 기술로 여겨진다(Mogk & Goodwin, 2012). 즉, 일반적으로 지질 답사는 시각화 표상 활동을 포함한다. 그러나 국내에서 주로 연구된 초중고생 집단 대상의 지질 답사에서는 지질도 작성 활동을 거의 포함하지 않는데, 그 이유는 교육 과정과 관련지을 수 있다. 제7차교육과정 이후 지질도 개념은 고등학교 선택 과목인 지구과학Ⅱ에 처음 등장하거나(교육부, 1997; 2015; 교육과학기술부, 2009) 학교 교육 과정에 전혀 포함되지 않는다(교육

인적자원부, 2007). 이에 따라 교육 과정에 근거한 초중고생 대상 지질 답사에서는 지질도 작성을 거의 포함하지 않았다.

다. 귀추적 추론

야외 지질학 탐구에서는 관찰한 지질학적 현상을 설명하기 위해 특정 사실이나 원리, 법칙을 추리해 내고, 그로부터 현상의 원인에 대한 가설을 창안하는 귀추적 추론을 많이 활용한다. 본 연구에서는 지질 답사 과정에 정찬미와 신동희(2017)가 제시한 귀추 단계(가설 생성, 가설 정교화, 최종 현상 설명) 중 1가지 이상이 포함된 경우 귀추적 추론 요소를 포함한다고 보았다. 귀추적 추론 하위 요소의 반영 경향을 대상에 따라 비교해 보면(Table 9), 세 집단에서 공통적으로 귀추 단계 중 1단계인 가설 생성 단계를 가장 많이 포함하며(63~70%), 2단계인 가설 정교화 단계는 종종 포함했다(29~40%). 가설 생성 단계는 답사에서의 관찰 결과를 근거로 과거에 발생했음직한 지질 사건에 대한 가설을 만드는 과정을 의미하며, 가설 정교화 단계는 생성한 가설에 대한 검증 및 토론을 통해 더 나은 가설을 세우가는 과정을 의미한다. 한편 귀추 3단계인 최종 설명 단계를 포함하는 비율은 초중고생(50%)가 전공생(37%)과 과학 교사(30%)에 비해 높게 나타났는데, 교과 교육학적 설계에 따라 교수-학습의 마무리로 ‘요약’, ‘정리’ 등을 많이 활용하기 때문으로 볼 수 있다.

생성한 가설의 내용에 있어 초중고생 및 과학 교사는 지질 형성 과정과 관련된 경우가 각각 50%로

Table 8. Sub-elements of representation in geological fieldwork: Comparison by learner groups

표상 하위 요소 교육 대상	사례 수 (%)								
	전체	표상 포함 사례	표상의 자율성*			표상 유형			
			자유 양식	구조화된 양식	불명확	시각 언어화	시각화	언어화	불명확
초중고생	14 (100)	13 (93)	5 (36)	4 (29)	5 (36)	5 (36)	0 (0)	6 (43)	2 (14)
전공생	27 (100)	26 (96)	19 (70)	2 (7)	6 (22)	20 (74)	5 (19)	1 (4)	0 (0)
과학 교사	10 (100)	9 (90)	4 (40)	0 (0)	5 (50)	6 (60)	2 (20)	0 (0)	1 (10)
기타	7 (100)	7 (100)	3 (43)	3 (43)	1 (14)	5 (71)	2 (29)	0 (0)	0 (0)
합계	58 (100)	55 (95)	31 (53)	9 (16)	17 (29)	36 (62)	9 (16)	7 (12)	3 (5)

*한 사례에서 동일 표상 하위 요소의 여러 하위 항목이 나타날 경우 중복 집계.

기타인 경우(14%, 20%)보다 2~3배 이상 높게 나타났다. 생성한 가설이 지질 형성 과정과 관련된 경우, 학습자가 지질 구조 형성 과정을 추론하도록 유도하기 위하여 활동지에 '저렇게 단단한 지층이 어떻게 될 수 있을까?' 등의 질문이 제시되는 경우가 많기 때문이다. 한편, 전공생은 가설 내용이 지질 형성 과정이라고 명시되지 않은 경우(37%)가 지질 형성 과정으로 명시된 경우(33%)보다 높게 나타났다. 이는 해당 지역의 지질 형성 과정에 대해 추론하는 경향이 적었다기보다 학습자가 가설 형성 주체로서 가설을 생성하므로 그 가설의 내용이 무엇인지 해당 논문에 명시적으로 드러나지 않았기 때문, 즉 문헌 연구에 내재된 한계점에 근거한 것으로 여겨진다.

가설 정교화 방법은 초중고생 및 과학 교사의 경우 토론 위주(29%, 40%)로 이루어졌고, 전공생은 토론(11%)과 현장 추가 관찰을 통한 검증(15%) 및 참고 문헌 활용 등의 기타 방법(22%)이 고르게 활용되었다. 즉, 전공생을 대상으로 한 지질 답사에서는 스스로 가설을 생성하고, 그 가설을 정교화하기 위한 자료를 현장 관찰 및 참고 문헌을 통해 수집하고, 이를 바탕으로 최종 결론을 도출하는 형태의 귀추적 추론을 하는 경향이 나타났다. 자신이 추론한 내용에 대한 최종 설명의 경우, 초중고생은 발표(50%)가 보고서(21%)보다 높은 비율로 나타났으나, 반대로 전공생 및 과학 교사는 보고서(30%, 20%)가 발표(19%, 10%)보다 높은 비율로 나타났다.

라. 공간적 사고

야외 지질학 탐구에서는 지질학적 단위, 지질 구조의 표면 및 심층 분포에 대한 이해를 위해 공간적 사고를 많이 활용한다. 본 연구에서는 지질 답사 과정에 정찬미와 신동희(2017)가 제시한 공간적 사고 유형(자기 위치화, 공간 배치 형태 인식, 투시) 중 1가지 이상이 포함된 경우 공간적 사고 요소를 포함한다고 보았다. 공간적 사고 하위 요소에 대한 대상별 차이는 크게 나타났다(Table 10). 전공생들을 대상으로 한 지질 답사 사례 중 대부분의 경우(96%), 과학 교사 대상 사례의 많은 경우(70%)가 공간적 사고 관련 활동을 포함했지만, 초중고생 대상 사례는 대부분 공간적 사고 활동을 포함하지 않았다(7%). 자기 위치화, 공간 배치 형태 인식, 투시 등 세 가지의 공간적 사고 유형 모두 전공생 집단에서 가장 높게 나타나고(89%, 81%, 56%), 과학 교사 집단이 그 다음이었으며(50%, 60%, 40%), 초중고생에서는 거의 나타나지 않았다(0%, 7%, 0%). 전공생 집단은 다른 집단에 비해 3가지 공간적 사고 유형을 활용하는 비율이 높으며, 다양한 공간적 사고 유형을 동시에 사용하는 것으로 나타났다.

학부 지질학 과목에 포함된 지질 답사의 대표적 목적 중 하나는 지질도 작성 기술을 습득하는 것인데(Mogk & Goodwin, 2012), 지질도 작성 활동은 다양한 지질 구조의 공간적 배치 형태를 인식하고(공간 배치 형태 인식) 3차원 현장의 공간적 정보를 2차원 지도로 변환하고 지도에서 자신의 위치를 찾는(자기 위치화) 등의 공간적 사고를 요구한다. 보조 지질도인 지질 단면도는 지표면이 아니라 지하의

Table 9. Sub-elements of abductive reasoning in geological fieldwork: Comparison by learner groups

교육 대상	귀추적 추론 하위 요소	전체	귀추적 추론 포함	귀추 단계 포함*			가설 내용*		가설 정교화 방법* (추가관찰)	설명 방법*		사례 수 (%)			
				가설 생성	가설 정교화	최종 설명	지질 형성 과정 관련	기타		토론	검증		기타	발표	보고서
초중고생	14 (100)	9 (64)	9 (64)	4 (29)	7 (50)	7 (50)	2 (14)	4 (29)	0 (0)	1 (7)	7 (50)	3 (21)			
전공생	27 (100)	19 (70)	17 (63)	9 (33)	10 (37)	9 (33)	10 (37)	3 (11)	4 (15)	6 (22)	5 (19)	8 (30)			
과학 교사	10 (100)	7 (70)	7 (70)	4 (40)	3 (30)	5 (50)	2 (20)	4 (40)	2 (20)	1 (10)	1 (10)	2 (20)			
기타	7 (100)	6 (86)	6 (86)	5 (71)	3 (43)	4 (57)	2 (29)	4 (57)	2 (29)	0 (0)	2 (29)	1 (14)			
합계	58 (100)	41 (71)	39 (67)	22 (38)	23 (40)	25 (43)	16 (28)	15 (26)	8 (14)	8 (14)	15 (26)	14 (24)			

*한 사례에서 동일 귀추적 추론 하위 요소의 여러 하위 항목이 나타날 경우 중복 집계.

Table 10. Sub-elements of spatial thinking in geological fieldwork: Comparison by learner groups

공간적 사고 하위 요소 교육 대상	전체	공간적 사고 포함	공간적 사고 유형*			공간적 사고 유형 수		
			자기 위치화	공간 배치 형태 인식	투시	3가지	2가지	1가지
초중고생	14 (100)	1 (7)	0 (0)	1 (7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (7)
전공생	27 (100)	26 (96)	24 (89)	22 (81)	15 (56)	13 (48)	9 (33)	4 (15)
과학 교사	10 (100)	7 (70)	5 (50)	6 (60)	4 (40)	2 (20)	4 (40)	1 (10)
기타	7 (100)	3 (43)	2 (29)	3 (43)	1 (14)	0 (0)	3 (43)	0 (0)
합계	58 (100)	37 (64)	31 (53)	32 (55)	20 (34)	15 (26)	16 (28)	6 (10)

*한 사례에서 동일 공간적 사고 하위 요소의 여러 하위 항목이 나타날 경우 중복 집계.

Table 11. Sub-elements of diachronic thinking in geological fieldwork: Comparison by learner groups

통시적 사고 하위 요소 교육 대상	전체	통시적 사고 포함	통시적 사고 유형*			통시적 사고 유형 수		
			층서	역사 재구성	절대연대	3가지	2가지	1가지
초중고생	14 (100)	3 (21)	2 (14)	1 (7)	2 (14)	1 (7)	0 (0)	2 (14)
전공생	27 (100)	18 (67)	15 (56)	11 (41)	3 (11)	0 (0)	11 (41)	7 (26)
과학 교사	10 (100)	7 (70)	5 (50)	6 (60)	0 (0)	0 (0)	4 (40)	3 (30)
기타	7 (100)	3 (43)	3 (43)	1 (14)	1 (14)	0 (0)	2 (29)	1 (14)
합계	58 (100)	31 (53)	25 (43)	19 (33)	6 (10)	1 (2)	17 (29)	13 (22)

*한 사례에서 동일 통시적 사고 하위 요소의 여러 하위 항목이 나타날 경우 중복 집계.

암석 분포, 각종 암석의 상호 관계, 지질 구조 등을 나타내는 것으로, 지질 단면도의 작성은 특히 투시에 해당하는 공간적 사고를 요구한다. 이로 인해 전공생을 대상으로 한 지질 답사 사례에서 다양한 공간적 사고가 요구되는 것으로 볼 수 있다. 한편, 초중고생을 대상으로 한 답사에는 지질도 작성으로 대표되는 공간적 사고 관련 활동을 거의 포함하지 않았는데, 이는 표상에서 설명했듯 과학 교육 과정의 영향일 수 있다.

마. 통시적 사고

야외 지질학 탐구는 지구의 역사를 연대기적으로 밝히는 것을 목적으로 하기 때문에, 절대연대 및 상

대연대를 고려할 수 있는 통시적 사고를 많이 활용한다. 본 연구에서는 지질 답사 과정에 정찬미와 신동희(2017)가 제시한 통시적 사고 유형(층서, 역사 재구성, 절대연대) 중 1가지 이상이 포함된 경우 통시적 사고 요소를 포함한다고 보았다. 이 중 층서와 역사 재구성은 상대연대와 관련된 개념이다. 대상에 따른 통시적 사고 하위 요소 반영 정도를 비교한 결과(Table 11), 초중고생 대상 사례에서는 지질학 관련 전공(67%) 및 과학 교사(70%)에 비해 낮은 비율(21%)로 포함되어 있었다. 이는 초중고생 교육 과정에서 통시적 사고 관련 개념을 적게 포함하는 것과 관련해 해석할 수 있다. 국내에서는 제7차교육과정 이후 과학과에서 지층의 상대연대와 절대연대의 개념, 지사학의 주요 원리 등이 고등학교 선택 과목인

지구과학 I이나 지구과학 II에서 다루어지기 시작했다(교육부, 1997; 2015; 교육인적자원부, 2007; 교육과학기술부, 2009). 이에 따라 교육 과정을 근거로 한 초중고생 대상 지질 답사에서는 통시적 사고를 요구하는 활동이 강조되지 않았다. 야외 지질학 탐구에서의 통시적 사고는 전반적인 지질학적 시간에 대한 이해 및 오랜 시간 규모에 걸쳐 있는 증거들을 통합하여 자연계의 시간에 따른 변화 추론을 요구한다는 점에서 다른 과학 탐구와 차별화되는 중요한 요소다. 뿐만 아니라 지질학적인 시간 개념은 지구과학을 포함한 다양한 과학 분야에서 기초가 되는 중요한 개념이다(이용규 외, 2015). 따라서 지질학 참 탐구를 목적으로 한다면 초중고생 대상 지질 답사 교육에서도 통시적 사고가 보다 강조될 필요가 있다.

통시적 사고 유형별 분포 양상은 대상 집단 간 차이가 있었는데, 초중고생은 층서(생성 순서)와 절대연대가 각 14%, 역사 재구성(변형 과정)이 7%로 전반적으로 낮게 나타났다. 전공생은 층서(56%)가 가장 높게 나타났고, 역사 재구성(41%)이 그 뒤를 이었으며, 절대연대는 11%로 낮게 나타났다. 과학 교사는 역사 재구성(60%)이 가장 많았고, 층서(50%)가 큰 차이 없이 그 뒤를 이었으며, 절대연대는 전혀 나타나지 않았다. 통시적 사고의 다양성 측면에서 전공생과 과학 교사는 비슷한 분포를 나타냈는데, 2가지가 40~41%, 1가지가 26~30%였고 3가지가 모두 나타나는 경우는 없었다. 다른 집단에 비해 통시적 사고가 덜 강조되어 온 초중고생 집단에서 예외적으로 3가지 유형의 통시적 사고가 모두 나타나는 사례가 1건 있었다.

4. 교육 대상별 지질 답사 교육의 참 탐구 특징

이상의 분석 결과를 종합하여 초중고생, 전공생, 과학 교사 등 각 교육 대상별로 지질 답사 특징을 정리하면 Table 12와 같다³⁾. 초중고생 대상 답사는 주로 국내에서 연구되었고 대부분 당일로 이루어졌다. 이 집단을 대상으로 한 지질 답사는 지질도 작성이나 층서 대비 등을 목적으로 하기 보다는 교육 과정에 제시된 암석 및 퇴적 구조, 지질 구조의 특징을 실제로 관찰하고 관찰 결과에 대해 추론함으로써 해당 개념을 잘 이해하도록 하는 데 초점이 있다. 따라서 초중고생 대상 답사에는 야외 지질학 탐

구 요소 중 주로 관찰, 표상, 귀추적 추론 중 2~3가지가 포함되어 있고, 공간적 및 통시적 사고는 크게 요구되지 않는 것으로 나타났다. 개별 탐구 하위 요소 측면에서는 관찰 및 측정 도구 사용과 암석 및 화석 표본 수집 활동이 적게 나타났고, 시각화 표상 및 자기 위치화, 투시 등 공간적 사고와 관련된 지질도 작성 활동은 거의 나타나지 않았다.

전공생 대상 답사는 모두 국외에서 연구되었는데, 주로 장기간 캠프 형태로 진행되었다. 전공생을 대상으로 한 지질 답사는 지질학 관련 전문가 양성 목적으로 수행되는 경우가 많기 때문에, 지질도 작성 등 전문적 기술을 요구하는 활동을 많이 포함하고 있다. 지질도 작성 활동은 주향과 경사 및 두께 등에 대한 측정 도구 활용, 암석 표본 수집, 시각화 표상 수행, 다양한 공간적 사고 활용 등을 수반하기 때문에 관찰, 표상, 공간적 사고의 하위 요소들이 높은 비율로 나타났다. 또한 지질도 작성이 프로젝트 형식으로 진행되기 때문에 관찰과 표상의 자율성이 높게 나타났다. 뿐만 아니라 지질학의 목표에 맞게 해당 지역의 지질 역사를 해석하고 재구성하는 활동이 많이 포함되어 있어, 귀추적 추론 및 통시적 사고도 다양하게 활용되었다. 즉, 전공생 대상 답사에서는 관찰, 표상, 귀추적 추론, 공간적 사고 및 통시적 사고가 모두 높은 비율로 포함되어 있었고, 이 중 4~5개 요소가 다양하게 나타나는 경우가 많았다.

과학 교사 대상 답사는 주로 국외에서 연구되어 왔고, 장기간과 단기간 답사의 비율이 비슷했다. 과학 교사 대상 답사는 초중고생 대상 답사 형태와 전공생 대상 답사 형태를 혼합한 특성을 보였다. 다섯 가지 야외 지질학 탐구 요소가 모두 고르게 나타나 야외 지질학 탐구의 실제성이 높은 편이지만, 관찰 및 표상의 자율성이나 공간적 사고 포함 비율이 지질학 관련 전공자 대상 프로그램에 비해 약간 낮게 드러났다. 개별 탐구 하위 요소 측면에서는 관찰 및 측정 도구 사용과 암석 및 화석 표본 수집 활동이 비교적 많이 포함되었고, 지질도 작성 활동도 종종 나타났다. 이상 분석 결과의 대표적 특징이 잘 드러나도록 교육 대상별 지질 답사 과정의 실체를 가정한 예시는 부록 1에 제시되어 있다.

3) 표에서 해당 요소 및 하위 요소의 빈도가 높거나 낮다고 표현된 경우는 다른 집단과 비교한 상대적 결과임.

Table 12. Comparison authentic inquiry in geological fieldwork by learner groups

특징	초중고생	진공생	과학 교사
사례 수	14	27	10
국가	<ul style="list-style-type: none"> • 국내에서의 연구가 국외보다 훨씬 활발함 : 국내(86%) > 국외(14%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 연구가 국외에서 이루어짐 : 국내(0%) < 국외(100%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 국외에서의 연구가 국내보다 훨씬 활발함 : 국내(20%) < 국외(80%)
답사 기간	<ul style="list-style-type: none"> • 대부분 단기간임 : 당일(79%) > 2-7일(14%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 대부분 장기간임 : 31일 이상(33%) > 8-14일(26%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 단기간과 장기간 비슷하게 나타남 : 당일(30%) = 15-30일(30%)
답사 장소	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴적암(57%) > 퇴적·화성·변성암(14%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴적암(37%) > 퇴적·화성·변성암(26%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴적·화성·변성암(40%) = 퇴적암(40%)
아외 지질학 탐구 요소 포함 여부	<ul style="list-style-type: none"> • [공통] 관찰이 모두 포함되어 있고(100%), 표상은 대부분 포함되어 있음(90-96%), 귀추적 추론은 많이 포함됨(64-70%) • 공간적 사고가 거의 나타나지 않음(7%) • 통시적 사고가 별로 나타나지 않음(21%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 공간적 사고가 대부분 나타남(96%) • 통시적 사고가 많이 나타남(67%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 공간적 사고가 많이 나타남(70%) • 통시적 사고가 많이 나타남(70%)
아외 지질학 탐구 요소 개수	<ul style="list-style-type: none"> • 대부분 2-3개 포함됨 : 3개(57%) > 2개(29%) > 4개(14%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 대부분 4-5개 포함됨 : 5개(52%) > 4개(30%) > 3개(15%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 5개 포함된 경우가 가장 많음 : 5개 (60%)
관찰 하위 요소	<ul style="list-style-type: none"> • 관찰의 자율성이 낮은 편임 : 구조화(50%) > 교사 안내 = 학생 자유(36%) • 관찰 도구를 전혀 사용하지 않음(0%) • 메모 측정 도구를 사용함(36%) • '기타' 항목을 거의 측정하지 않음(7%) • 표본 수집을 거의 하지 않음(7%) • 표상의 자율성 낮은 편임 : 학생 자유 양식(36%) > 구조화된 양식(29%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 관찰의 자율성이 높은 편임 : 학생 자유(59%) > 교사 안내(30%) > 구조화(4%) • 관찰 도구를 별로 사용하지 않음(19%) • 측정 도구를 자주 사용함(59%) • 메모 '기타' 항목을 측정함(30%) • 표본 수집을 종종 함(30%) • 표상의 자율성 높은 편임 : 학생 자유 양식(70%) > 구조화된 양식(7%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 관찰의 자율성이 중간 정도임 : 교사 안내(70%) > 학생 자유(30%) > 구조화(20%) • 관찰 도구를 별로 사용하지 않음(20%) • 측정 도구를 자주 사용함(60%) • 메모 '기타' 항목을 측정함(40%) • 표본 수집을 종종 함(40%) • 표상의 자율성 높은 편임 : 학생 자유 양식(40%) > 구조화된 양식(0%)
표상 하위 요소	<ul style="list-style-type: none"> • 표상 유형 중 시각화를 덜 강조함 : 언어화(43%) > 시각·언어화(36%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 시각·언어화(74%) > 시각화(19%) > 언어화(4%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 표상 유형 다양하게 활용하고 시각화 강조함 : 시각·언어화(60%) > 시각화(20%) > 언어화(0%)
귀추적 추론 하위 요소	<ul style="list-style-type: none"> • [공통] 귀추 단계 중 가설 생성 단계를 많이 포함하며(63~70%) 가설 정교화 단계는 종종 포함됨(29~40%) • 가설 내용은 형성 과정 위주임 : 형성 과정 관련(50%) > 기타(14%) • 가설 정교화 방법은 주로 토론임 : 토론(29%) > 기타(7%) > 검증(0%) • 최종 설명 단계가 자주 포함됨(50%) 	<ul style="list-style-type: none"> • [공통] 귀추 단계 중 가설 생성 단계는 종종 포함됨(29~40%) • 가설 내용은 형성 과정과 기타가 유사함 : 기타(37%) > 형성 과정 관련(33%) • 가설 정교화 방법이 다양함 : 기타(22%) > 검증(15%) > 토론 (11%) • 최종 설명 단계가 종종 포함됨(37%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 가설 내용은 형성 과정 위주임 : 형성 과정 관련(50%) > 기타(20%) • 가설 정교화 방법은 주로 토론임 : 토론(40%) > 검증(20%) > 기타 (10%) • 최종 설명 단계가 종종 포함됨(30%)
공간적 사고 하위 요소	<ul style="list-style-type: none"> • 공간적 사고가 거의 나타나지 않음(7%) : 1가지(7%) > 2가지 = 3가지(0%) • 공간·배치 형태(7%) > 자기 위치화 = 투시(0%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 공간적 사고 유형이 매우 다양하게 나타남 : 3가지(48%) > 2가지(33%) > 1가지(15%) : 자기 위치화(89%) > 공간·배치 형태(81%) > 투시(56%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 공간적 사고 유형이 다양하게 나타남 : 2가지(40%) > 3가지(20%) > 1가지(10%) : 공간·배치 형태(60%) > 자기 위치화(50%) > 투시(40%)
통시적 사고 하위 요소	<ul style="list-style-type: none"> • 통시적 사고가 별로 나타나지 않음(21%) : 1가지(14%) > 3가지(7%) > 2가지(0%) : 총서 = 절대연대(14%) > 역사 재구성(7%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 통시적 사고 유형 중 1-2가지가 나타남 : 2가지(41%) > 1가지(26%) > 3가지(0%) : 총서(56%) > 역사 재구성(41%) > 절대연대(11%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 통시적 사고 유형 중 1-2가지가 나타남 : 2가지(40%) > 1가지(30%) > 3가지(0%) : 역사 재구성(60%) > 총서(50%) > 절대연대(0%)

VI. 결론 및 제언

본 연구에서는 1997년부터 2016년까지 최근 20년간 국내외 문헌에 드러난 지질 답사 교육 사례를 지질학 참 탐구 측면에서 분석하여, 교육 대상별로 야외 지질학 탐구 요소 및 하위 요소 반영 특성을 비교했다. 연구 결과, 초중고생 대상 지질 답사와 전공생 대상 지질 답사에서 몇 가지 두드러진 차이점이 발견되었으며, 이를 야외 지질학 탐구의 실제성과 관련지어 논의하면 다음과 같다. 첫째, 전공생 대상 지질 답사에 포함된 야외 지질학 탐구 요소는 주로 4~5개로 초중고생 대상 답사에서 2~3개인 것에 비해 다양했다. 개별 탐구 요소별로 살펴보면, 관찰, 표상, 귀추적 추론의 포함 빈도는 두 집단에서 큰 차이가 없었으나 공간적 사고와 통시적 사고는 두 집단 간 포함 빈도의 차이가 컸다. 과학자가 하는 일의 주요 요소를 다양하게 포함할수록 참 탐구에 가까우므로(Moss et al., 1998; 정찬미와 신동희, 2015), 다양한 야외 지질학 탐구 요소를 포함하는 전공생 대상 지질 답사가 세 집단 중 가장 지질학 참 탐구에 가깝다고 평가할 수 있다.

둘째, 전공생 대상 지질 답사에는 개별 지질학 탐구 하위 요소 중 측정 도구 사용, 표본 수집, 시각화 표상 유형, 다양한 공간적 및 통시적 사고 유형 등의 측면에서 초중고생 대상 답사보다 높은 빈도를 나타냈다. 이는 지질학 관련 전공 대상 지질 답사에 주향과 경사 측정, 화석이나 암석 표본 수집, 지질도 작성 등 지질학자가 실제 지질 조사에서 수행하는 전문성이 요구되는 활동을 보다 많이 포함하기 때문이다. 과학 탐구의 실제성은 흔히 과학자가 하는 일과의 유사성으로 정의되므로(Barab & Hay, 2001), 전공생 대상 지질 답사는 보다 실제적인 야외 지질학 탐구라고 할 수 있다.

셋째, 전공생 대상 지질 답사에서는 학생 자유 관찰 및 자유 양식의 표상, 가설 내용이 기타인 경우, 가설 정교화 방법의 다양성이 상대적으로 자주 나타났다. 초중고생 대상 답사에서는 구조화된 관찰 및 구조화된 표상 양식이 보다 빈번하게 나타났다. 즉, 전공생 대상 지질 답사는 관찰, 표상, 귀추적 추론 등의 탐구 과정에서 학습자의 자율성이 높은 경향이 있었다. 참 탐구는 학습자의 주체성과 관련지어 해석되기도 하므로(정찬미와 신동희, 2015), 지질

학 탐구 과정의 주도권을 학습자가 소유하는 경향이 있는 전공생 대상 지질 답사가 보다 지질학 참 탐구에 가깝다고 볼 수 있다.

전체적으로 포함된 탐구 요소의 다양성, 지질학자가 수행하는 활동과의 유사성, 학습자의 자율성 측면을 종합했을 때 야외 지질학 탐구의 실제성은 전공생 대상 지질 답사에서 높고, 초중고생 대상 답사에서 낮다고 평가할 수 있다. 두 집단의 특성이 복합적으로 나타나는 과학 교사 대상 지질 답사는 야외 지질학 탐구의 실제성 측면에서 두 집단의 중간 쪼미 특성을 갖는다.

초중고생 대상 지질 답사가 실제성이 약화된 지질학 탐구의 형태로 실행되는 이유는 지질 답사의 기간이 짧아 다양한 활동을 하기에 시간이 불충분하기 때문이기도 하지만(전영호 외, 2007), 참 과학 탐구로서 야외 지질 학습의 활용 가능성에 대한 교사의 인식이 부족함도 중요한 원인이다(권홍진과 김찬중, 2007; Scott et al., 2006). 따라서 본 연구의 결론으로 과학 ‘탐구’로서의 지질 답사 교육에 대한 교사 인식 재고의 필요성을 제언하며, 교사가 보다 실제적인 야외 지질학 탐구가 되도록 설계하기 위한 몇 가지 시사점을 다음과 같이 제시하고자 한다.

첫째, 지질 답사에 학습자 수준에 적합한 공간적 및 통시적 사고를 요구하는 활동을 포함시킨다. 본 연구 결과 드러난 초중고생 및 전공생 집단의 답사 기간 두드러진 차이는 공간적 및 통시적 사고를 요구하는 활동의 포함 여부다. 공간적 및 통시적 사고는 지질도 작성 활동이나 지질 답사 보고서 과제 등에서 많이 활용된다. 지질도 및 보조 지질도(지질 단면도, 지질 주상도) 작성 활동은 관찰 결과를 시각화한 표상을 생성하는 과정으로, 공간 배치 형태 인식, 자기 위치화, 투시 등의 다양한 공간적 사고를 요구할 뿐 아니라 주향과 경사 및 GPS 측정 활동을 수반한다. 지질 답사 보고서 과제는 답사에서 수집한 자료로부터 해당 지역의 지질 형성 및 변형 과정에 대한 역사를 재구성하여 결론에 제시하도록 함으로써 통시적 사고를 요구하는 측면이 있다. 비록 공간적 및 통시적 사고가 고차원적 사고이기는 하나, 실제적 탐구의 과정이 반드시 복잡하고 어려워야 하는 것은 아니므로(Lee & Songer, 2003), 초중고생의 인지 발달 단계 및 선지식 수준에 적합한 활동이나 과제를 제공함으로써 학습자들이 야외 지질학 참 탐구를 경험하도록 할 수 있다.

둘째, 관찰과 표상 등의 지질학 탐구 과정에서 학습자의 자율성을 증진한다. 초중고생 대상 답사가 전공생 대상 답사에 비해 관찰, 표상 등에서 교사에 의해 구조화된 안내를 받는 경향이 높다는 결과는 학습자의 수준에 맞춘 학습 제공이라는 관점에서 타당한 측면이 있다. 그러나 학습자 입장에서 진정한 의미의 참 과학 탐구는 학습자 스스로 연구자로서의 주체성을 가질 때 구현될 수 있다(정찬미와 신동희, 2015). 지질 답사에서 학습자가 자유롭게 관찰 대상을 선정할 수 있도록 하거나 구조화된 활동지를 제공하기보다 표상 방법을 자유롭게 선택할 수 있는 야장을 기록하도록 하는 등의 방법을 활용한다면 학습자가 탐구의 주체로서 지질학 탐구를 수행하도록 할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 지질학 참 탐구를 학습자의 수준과 교육 목적에 적절하게 구현하기 위해서는, 지질학 탐구에서 학습자의 자율성과 교사의 안내 정도에 따른 탐구 유형을 분류하고 각 유형에 적절한 교수-학습 방법을 찾기 위한 논의가 시작될 필요가 있다. 지금까지 학교 과학 탐구에서는 학습자에게 자율성이 부여된 정도, 즉 ‘개방성’을 가설-연역적 실험의 틀 안에서 정의한 채(Herron, 1971; Colburn, 2000) 개방형 탐구(open inquiry)의 필요성을 강조하며 이에 적절한 교수-학습 방법을 개발 및 적용해 왔는데(Moebius-Clune et al., 2011; 김미경과 김희백, 2008), 현장성과 귀추법, 역사과학으로서의 특징 등을 바탕으로 하는 지질학 탐구는 가설-연역적 실험과 차별화되는 탐구 교수-학습 방법을 요구하기 때문이다.

셋째, 당일보다는 캠프 형태의 지질 답사를 설계한다. 초중고생 대상 지질 답사가 야외 지질학 탐구 요소를 다양하게 포함하지 못하고 학습자의 탐구 자율성이 낮게 나타난 이유 중 하나는 답사 기간과도 관련이 있다. 초중고생 대상 지질 답사의 기간이 주로 1일 이내였기 때문에 시간의 효율적 활용을 위해 주로 교사에 의한 요약적 해설이나 구조화된 활동 위주로 진행된 것이다. 그러나 학습자가 참 탐구를 경험하기 위해서는 다양한 맥락에서 자율적 활동을 수행해야 하고, 여기에는 충분한 시간이 요구된다. 따라서 보다 실제적인 야외 지질학 참 탐구를 위해서는 여건이 되는 한 장기간의 지질 답사를 계획할 필요가 있다.

국문 요약

본 연구의 목적은 최근 20년간 국내외 문헌에 나타난 지질 답사 교육 사례가 야외 지질학 탐구 요소를 어떻게 반영하고 있는지 교육 대상별로 비교 분석하는 것이다. 분석 대상 사례는 총 53건이며, 분석은 야외 지질학 탐구 요소 및 하위 요소에 대해 수행되었다. 분석 결과, 야외 지질학 탐구 요소 반영 양상에서 초중고생 대상 지질 답사 교육 사례와 지질학 관련 전공생 대상 사례 간 명확한 차이가 드러났다. 초중고생 대상 답사는 주로 교육 과정에 기반하여 설계되었기 때문에 야외 지질학 탐구 요소 중 관찰, 표상, 귀추적 추론 중 2-3가지를 포함하는 경우가 많았다. 반면 지질학 관련 전공생 대상 답사는 지질 전문가 양성을 목적으로 하기 때문에 야외 지질학 탐구 요소 중 4-5개를 다양하게 포함하고 있으며 공간적 사고 및 통시적 사고의 비율도 높게 나타났다. 지질도 작성 등 전문 기술을 요구하는 활동이 자주 활용되었다. 과학 교사 대상 답사는 초중고생 및 지질학 관련 전공생 대상 답사의 특징이 혼합된 형태로 나타났다. 포함된 탐구 요소의 다양성, 지질학자가 수행하는 활동과의 유사성, 학습자의 자율성 등을 종합적으로 고려했을 때 지질학 관련 전공생 대상 답사가 다른 교육 대상의 답사보다 야외 지질학 탐구의 실제성이 높은 것으로 평가되었다. 이 연구의 결과를 바탕으로 참 과학 탐구로서 지질 답사 교육의 활용을 위한 시사점을 제시했다.

주요어: 지질 답사 교육 사례, 야외 지질학 탐구 요소, 교육 대상별 비교

참고 문헌

- 교육과학기술부(2009). 2009 개정 과학과 교육과정. 교육과학기술부.
- 교육부(1997). 7차 과학과 교육과정. 교육인적자원부.
- 교육부(2015). 2015 개정 과학과 교육과정. 교육부.
- 교육인적자원부(2007). 2007 개정 과학과 교육과정. 교육인적자원부.
- 권홍진, 김찬중(2007). 야외 지질 학습에 대한 초임 지구과학 교사의 인식. 한국지구과학회지, 28(1), 14-23.

- 김미경, 김희백(2008). 개방적 참탐구 활동에서 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 영향을 미치는 요인 탐색. 한국과학교육학회지, 28(6), 565-578.
- 문병찬(2013). 과학적 탐구활동에서 나타난 초등학교생들의 화강암 관찰결과의 특징과 타당성 연구. 대한지구과학교육학회지, 6(2), 101-111.
- 박재문, 양우현, 조규성(2007). 전북 부안군 채석강 일대의 야외지질 학습자료 개발 및 적용. 한국지구과학회지, 28(7), 747-761.
- 배창호, 김정길, 김해경(2002). 초등학교 야외 지질 학습현장 개발 및 활용 방안. 초등과학교육, 21(2), 241-252.
- 유은정, 이선경, 김찬중(2007). 야외지질답사 보고서에 나타난 과학영재학생들의 지구계 이해와 지구계 의미 생성 탐색. 한국지구과학회지, 28(6), 671-683.
- 윤마병, 남기수, 백제은, 이종학, 봉필훈, 김유영(2017). 충북 영동 지역의 과학학습장을 활용한 토포필리아 야외지질학습 프로그램 개발. 대한지구과학교육학회지, 10(1), 76-89.
- 이용규, 한신, 정진우, 박태윤(2015). 고등학생들의 지형 형성과 지질학적 시간 개념. 대한지구과학교육학회지, 8(3), 332-345.
- 전영호, 권홍진, 최변각, 박정웅, 김찬중(2007). 지구과학 교사 연구 모임 참여 교사의 야외 지질 학습 지도에 대한 인식과 실행에 대한 사례 연구. 한국지구과학회지, 28(6), 686-698.
- 정찬미, 신동희(2015). 중학생의 “과학자 되어보기” 멘토-멘티 프로그램 참여를 통한 과정으로서 과학의 본성 학습 경험. 한국과학교육학회지, 35(4), 629-649.
- 정찬미, 신동희(2017). 야외 지질학 탐구 요소 추출 및 지질 답사 교육 문헌 분석. 한국과학교육학회지, 37(3), 465-481.
- 진연자, 위수민, 임성만(2016). 나선형 순환학습을 이용한 야외 지질 학습 프로그램 개발 및 적용: 포천 아트 밸리를 중심으로. 학습자중심교과교육연구, 16(8), 123-148.
- Apedoe, X. S., Walker, S. E., & Reeves, T. C. (2006). Integrating inquiry-based learning into undergraduate geology. *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 414-421.
- Ault Jr, C. R. (1982). Time in geological explanations as perceived by elementary-school students. *Journal of Geological Education*, 30(5), 304-309.
- Barab, S. A., & Hay, K. E. (2001). Doing science at the elbows of experts: Issues related to the science apprenticeship camp. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(1), 70-102.
- Behrendt, M., & Franklin, T. (2014). A Review of research on school field trips and their value in education. *International Journal of Environmental and Science Education*, 9(3), 235-245.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6), 42-44.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- Dodick, J., & Orion, N. (2003). Geology as an historical science: Its perception within science and the education system. *Science & Education*, 12(2), 197-211.
- Fuller, I. C., Mellor, A., & Entwistle, J. A. (2014). Combining research-based student fieldwork with staff research to reinforce teaching and learning. *Journal of Geography in Higher Education*, 38(3), 383-400.
- Gray, R., & Kang, N. (2014). The structure of scientific arguments by secondary science teachers: Comparison of experimental and historical science topics. *International Journal of Science Education*, 36(1), 46-65.
- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The School Review*, 79(2), 171-212.
- Hodson, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science: Which way now*, (pp. 93-108). London, New York: Routledge.
- Kent, M., Gilbertson, D. D., & Hunt, C. O. (1997). Fieldwork in geography teaching: A critical review of the literature and approaches. *Journal of Geography in Higher Education*, 21(3), 313-332.
- Lee, H. S., & Songer, N. B. (2003). Making authentic

- science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25(8), 923-948.
- Lonergan, N., & Andersen, L. W. (1988). Field-based education: Some theoretical considerations. *Higher Education Research and Development*, 7(1), 63-77.
- Macdonald, R. H., Manduca, C. A., Mogk, D. W., & Tewksbury, B. J. (2005). Teaching methods in undergraduate geoscience courses: Results of the 2004 On the Cutting Edge survey of US faculty. *Journal of Geoscience Education*, 53(3), 237-252.
- Moebius-Clune, B., Elsevier, I. H., Crawford, B. A., Trautmann, N. M., Schindelbeck, R. R., & van Es, H. M. (2011). Moving authentic soil research into high school classrooms: Student engagement and learning. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, 40, 102-113.
- Mogk, D. W., & Goodwin, C. (2012). Learning in the field: Synthesis of research on thinking and learning in the geosciences. *Geological Society of America Special Papers*, 486, 131-163.
- Moss, D. M., Abrams, E. D., & Kull, J. A. (1998). Can we be scientists too? Secondary students' perceptions of scientific research from a project-based classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 7(2), 149-161.
- Munn, B. J., Tracy, R. J., & Jenks, P. J. (1995). A Collaborative approach to Petrology field trips. *Journal of Geological Education*, 43, 381-381.
- Nadelson, L. S., & Jordan, J. R. (2012). Student attitudes toward and recall of outside day: An environmental science field trip. *The Journal of Educational Research*, 105(3), 220-231.
- Nugent, G., Toland, M. D., Levy, R., Kunz, G., Harwood, D., Green, D., & Kitts, K. (2012). The impact of an inquiry-based geoscience field course on pre-service teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 23(5), 503-529.
- Orion, N. (1989). Development of a high-school geology course based on field trips. *Journal of Geological Education*, 37(1), 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.
- Orion, N., & Ault, C. (2007). Learning earth sciences. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science teaching and learning*, (pp. 653-688). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Preston, L. (2016). Field 'work' vs 'feel' trip: Approaches to out-of-class experiences in geography education. *Geographical Education*, 29, 9-22.
- Raab, T., & Frodeman, R. (2002). What is it like to be a geologist? A phenomenology of geology and its epistemological implications. *Philosophy & Geography*, 5(1), 69-81.
- Scott, I., Fuller, I., & Gaskin, S. (2006). Life without fieldwork: Some lecturers' perceptions of geography and environmental science fieldwork. *Journal of Geography in Higher Education*, 30(1), 161-171.

부록 1: 교육 대상별 지질 답사 교육 예시⁴⁾

1. 초중고생 대상 지질 답사 교육 예시

토요일 오전 8시, 고등학교 과학 교사인 A는 과학중점반 학생 60명을 데리고 퇴적분지 지대인 ○○○층으로 지질 답사를 떠난다. 대절된 대형 버스로 2시간 여를 이동하여 답사 지역에 도착한다. 60명의 학생은 20명씩 세 조로 나뉘고, 지질 답사 전문 강사 세 명이 각 조를 인솔한다. 세 조는 각각 동일한 여러 지점을 순환하는데, 서로 경로가 달라 동선이 겹치지 않는다. 세 강사 중 한 명인 B 강사는 학생들에게 답사 시작 시 가이드북(활동지 포함)를 제공하고, 오늘의 일정을 설명한다. 활동지에는 지점별 관찰해야 할 지질 현상의 사진들이 제시되어 있고, 사진 아래에는 해당 구조의 특징을 알아볼 수 있도록 하는 구체적인 질문이 함께 제시되어 있다. B 강사는 지점별로 학생들을 인솔하며 학생들이 암석의 특징, 퇴적 구조 및 지질 구조를 관찰하고 그 결과를 활동지의 해당란에 기록하도록 지도한다. 여러 장소에서 다양한 지질 현상을 보는 것이 답사의 주요 목적이기 때문에, 많은 시간이 소요되는 스케치나 측정 활동을 하지는 않는다. B 강사는 학생들이 관찰 결과를 바탕으로 그 지역의 퇴적층이 어떤 환경에서 형성되었을 지에 대해 소그룹으로 추론, 논의하도록 한다. 소그룹별로 추론의 결과를 발표하고, B 강사는 추론이 타당한지 피드백을 제공한다. 오후 4시 무렵, 세 조의 활동이 끝나고 A 교사는 학생 60명을 데리고 학교로 돌아간다.

2. 지질학 전공생 대상 지질 답사 교육 예시

미국 C 대학 지질학과의 Geology Field Camp 프로그램은 ○○주 외곽의 야영장에서 매년 여름 방

학 중 6주 동안 진행된다. 이 프로그램 참여 시 학점 인정이 되며, 주로 지질학 전공 3-4학년 학생들 20여명이 수강한다. 첫 주에는 전공 교수인 강사와 조교의 안내에 따라 퇴적 지층이 수직으로 드러난 ○○계곡을 관찰하고 암석의 종류, 암석 단위와 두께 등이 표현된 층서를 그린다. 둘째 주에는 학생들이 자유롭게 야영장 근처 지역을 답사하며 디지털 레벨과 브런던 컴퍼스를 가지고 여러 위치에서 층리면의 주향 및 경사를 측정하고, 휴대용 GPS 장치를 사용하여 위치를 파악하여 층리면의 자세(attitude)를 지질도에 기입하여 지질도를 작성한다. 처음 몇 일간 강사와 조교는 필요한 경우 학생들에게 측정 도구 사용법 등에 대한 안내와 지질도 작성에 대한 스케폴딩을 제공하지만, 학생들이 익숙해짐에 따라 이러한 도움은 줄어든다. 셋째 주에는 보다 복잡한 구조, 넷째 주에는 관입암과 변성암에 초점을 두어 지질도 및 지질 단면도를 완성하여 제출한다. 다섯째 주에는 지금까지 수집한 그 지역 전반의 지질 자료를 종합하여 서로 떨어져 분포하는 지층 간 층서 대비, 즉 지층의 동시성과 신구 관계를 판단한다. 마지막 여섯째 주에 학생들은 소그룹(3명)으로 프로젝트를 수행한다. 학생들은 조사할 수 있는 연구 문제의 유형을 고려하여 조사 대상을 자유롭게 선정하고, 가설을 세운다. 학생들은 연구 문제에 효과적으로 답할 수 있는 현장 추가 조사 계획을 세우고, 매일 수집한 추가 자료를 정리하고 피드백하며 강사와 가설 및 데이터 수집 전략을 논의하고 수정한다. 마지막 저녁에 개별 소그룹들은 조사한 가설 및 결론을 정리하여 발표하고, 답사 종료 후 지질 답사 보고서를 제출한다.

4) 위 예시는 다양한 사례를 종합 및 각색한 것이며, 과학 교사 대상 사례의 특징은 나머지 두 집단의 특징이 혼합된 형태이므로 별도로 제시하지 않음