

야외지질답사 보고서에 나타난 과학영재학생들의 지구계 이해와 지구계 의미 생성 탐색

유은정* · 이선경 · 김찬종

서울대학교 지구과학교육과, 151-748 서울시 관악구 신림동 산 56-1

Investigating Science-Talented Students' Understandings and Meaning Generation about the Earth Systems Based on Their Geological Field Trip Reports

Eun-Jeong Yu*, Sun-Kyung Lee, and Chan-Jong Kim

Department of Earth Science Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

Abstract: The purpose of this study was to investigate Earth Systems Understandings (Mayer, 1991) and Earth Systems meaning generation reported by science-talented students who participated in a geological field trip. The eight (4 female and 4 male students) field trip reports were randomly selected among all the reports written by twenty eighth-grade students who joined Shiwaha-Lake field trip in Korea. The three-step program, including preparation, field trip, and summary, was provided to the students in order to facilitate meaningful learning through outdoor learning activities. Seven Earth Systems Understandings and thematic types (Keys, 1999) were used to analyze the reports. The results of this study indicated that aesthetic views and stewardship toward the Earth, which were the most distinguishing characteristics in Earth Systems Education, were reflected on most of the reports. The results also showed that the students tried to represent their understandings in such a type as meaning extension, meaning enhancement, or meaning elaboration. Overall, many students used 'knowledge-telling' process with a long list of observations and facts, whereas a few students used higher-order 'knowledge-transforming' process by coordinating their findings with interpretations and reasoning in their writings.

Keywords: Earth Systems Understandings (ESU), geological field trip report, science-talented student, meaning generation

요약: 이 연구의 목적은 과학 영재학생들이 작성한 지질답사 보고서를 분석하여 학생들의 지구계 이해도와 지구계 의미 생성 방법을 탐색하는 것이다. 이 연구의 분석에 사용된 보고서는 시화호 지질 답사에 참여했던 8학년 과학영재 학생 20명의 보고서 중에서 8개(남 4, 여 4)를 선정한다. 시화호 지질 답사는 학생들이 더욱 유의미한 야외 경험을 할 수 있도록 준비, 지질답사, 정리의 세 단계로 진행되었다. 보고서 분석에 사용한 틀은 Seven Earth Systems Understandings(Mayer, 1991)와 Thematic types(Keys, 1999)이었다. 분석 결과 대부분의 학생들의 지질답사 보고서에서 지구계 이해의 가장 구별 되는 특징인 지구를 감상하고 지구의 소중함을 느끼는 등의 지구적 소양을 상당히 반영하고 있었으며, 지구계 의미생성을 위해 의미 강화, 의미 연장, 의미 정교화 등을 사용하여 의미 확장을 시도하고 있었다. 종합적으로, 일부 학생들은 관찰한 것을 개념화 하는데 있어 해석적 혹은 추론적 문장을 사용하는 등 높은 수준의 글쓰기 형태인 '지식 변형'(knowledge-transforming)을 보였으며, 대부분의 학생들은 관찰적 혹은 사실적/한정적인 문장을 사용하는 초보적 글쓰기 형태인 '지식 이야기'(knowledge-telling)의 특성을 보여주었다.

주요어: 지구계 이해(ESU), 지질답사보고서, 과학영재, 의미생성

*Corresponding author: gogil75@dreamwiz.com

Tel: 82-2-880-7610

Fax: 82-2-889-4468

서론

지구과학 분야는 오랜 시간동안 진화하고 발달해온 지구계(Earth Systems)를 그 연구 대상으로 하기 때문에 다른 과학 분야와는 달리 통제된 실험수업이나 모형을 통한 수업 방법으로 그 개념을 파악하는데 한계가 많다. 따라서 최근 기술적, 해석적, 역사적인 방법을 이용하여 학생들에게 일상적 사건들을 전체적이고 시스템적으로 경험할 수 있도록 할 필요성이 대두되어왔다(Orion, 1993; Mayer, 1991; 김찬중 외, 2006) 이러한 필요성이 반영되어 1990년대 초부터 미국의 오하이오 주립대학과 북콜로라도 대학을 중심으로 과학교육과정 재구성을 위한 노력의 결과 탄생한 것이 지구계 교육이다.

지구계 교육은 미국의 현장 교육자들에 의해 자발적으로 시작되어 현재 미국 전역으로 확대되었을 뿐만 아니라, 일본, 독일, 대만 등 여러 국가에서도 국가 교육과정의 개혁을 위해 지구계 접근법을 사용하고 있다. 국내에서도 1996년 Mayer에 의해 지구계 교육이 소개된 이래로 한국의 국가 수준 교육과정의 지구과학 내용에 대한 체계적인 틀로서 활용되고 있다. 현재 실시되고 있는 7차 교육과정에서는 10학년 선택과목인 지구과학 1에 ‘하나뿐인 지구’ 단원을, 차기 교육과정에서는 10학년 공통과목인 과학에 ‘지구시스템’ 단원을 통해 지구계를 다루고 있다. 국내에서 수행된 지구계 관련 연구는 프로그램 개발(Lee and Rosanne, 2006), 프로그램 적용(임은경, 1998), 교육과정 제안(신동희 외, 2005) 등으로 나누어 살펴볼 수 있다. 선행 연구결과에 의하면, 학생들은 지구적 소양과 과학적 태도를 함양하는데 지구계 교육이 효과적이었고, 지구계를 구성하는 하위계 간의 상호작용을 인식하는 등 자연을 통합적으로 이해하는데 도움을 받았다고 응답하였다. 그러나 미국 학생들과 비교해 볼 때, 한국 학생들의 지구계 개념에 대한 자기 보고 지식이 상대적으로 낮았다. 또한, 환경 관련 정보의 중요한 원천으로 미국 학생들은 학교와 교실이라 응답한 것에 비해, 한국 학생들은 텔레비전이라고 응답하였다. 이 연구 결과는 학교에서 한국 학생들에게 지구계 개념과 환경적 이슈에 노출 될 수 있는 기회를 제공할 필요성을 제시한다(Lee, 2003).

야외 학습 환경은 지구계 교육의 훌륭한 교수-학습 자원의 하나로 여겨진다(Orion, 2003). 야외 지질학습은 자연에 나가 직접 노두를 관찰하고, 자료를 해석

하고, 추론하면서, 지구에서 일어나는 자연현상과 이들의 구조 및 물질, 역사 등을 탐구하는 등 복잡한 지구계의 상호작용을 다룰 수 있는 중요한 교육적 기회이기 때문이다.

야외지질답사의 교육적 의의는 지구계 교육의 목표와 상당히 많은 점에서 일치하고 있다. Orion(1993)에 의하면, 야외학습의 독특한 측면은 실험수업이나 교실수업에서도 제공할 수 있는 구체적인 경험 그 자체가 아니라, 경험의 형태라고 하였다. 학생들은 슬라이드를 통해 사구를 관찰할 수 있으며, 실험실에서 석영 입자를 직접 탐구할 수도 있다. 그러나 가파른 사구의 앞쪽을 올라 본 경험이 있는 학생들만이 사구의 구조에 대한 학습에서 직접적인 감각 운동을 경험 할 수 있다. 이러한 경험은 학생들이 추상적 개념을 구성하는 것을 촉진시켜, 유의미한 학습이 일어나도록 강화하며, 학생들의 장기기억 속에 그 개념을 저장시키는 포섭자 역할을 한다. 즉, 야외 지질 답사를 통하여 학생들은 야외에서 얻은 자료를 수집하고 분석할 뿐만 아니라, 관찰한 내용을 개념과 연결시킴으로써 과학 개념의 이해를 강화시킬 수 있다(이문원, 1985).

한편, 학생들의 야외 답사 경험을 조직하고 반추할 수 있는 가장 일반적인 도구는 보고서이며, 과학 담론의 한 장르로서 글쓰기는 지난 20여 년간 과학 학습의 한 방법으로 관심이 증대되어 왔다(Keys, 1999). Scardamalia and Bereiter(1986)는 학생들이 과학과 관련된 쓰기, 읽기, 의사소통하기에서 유능해 지도록 하기 위해 ‘학생들의 지식 기반을 강화시켜 주는데 강조점을 두어야 할 것인가’ 아니면 ‘학생들의 과학적 개념과 사고 기술에 더불어 과학 글쓰기 구조 자체를 가르치는데 강조점을 두어야 할 것인가’라는 질문을 던지고 있다. 그들은 이러한 질문에 대한 답을 얻기 전에 반드시 다음과 같은 한 가지 접근이 선행되어 한다고 강조한다. 즉, 글쓰기에 관한 명시적인 수업 없이, 열린 탐구를 풍부하게 수행할 수 있는 탐구 맥락에서 학생들이 직접 탐구를 진행한 후, 그들 자신의 글을 써 보도록 해야 한다는 것이다. 그리고 학생들이 작성한 글을 직접 분석하여 학생들의 글쓰기에 과연 의미 있는 구조가 있는가 또 있다면 어떤 방법으로 의미를 생성해 내는가를 먼저 살펴보아야 한다고 권고한다. Keys(1999)에 따르면 글쓰기는 글이라는 상징물로 새로운 의미를 능동적으로 번역함으로써 지식 생성을 유발할 수 있는

잠재성을 가진다고 한다. 지식은 학습자가 새로운 감각 정보에 선택적으로 참여하여, 장기 기억 속에 저장된 선행 지식과 새로운 지식을 비교 할 때 구성될 수 있고, 나아가 이미 이전에 알고 있던 선행지식에 비추어 그 정보에 대한 새로운 의미를 생성할 수 있다(Osborne and Wittrock, 1983). 그러나 글쓰기에 관한 선행 연구들은 주로 교사에 의해 재구성된 과학적 의미를 학생들이 어떻게 이해하고 있는지에 초점을 맞추어 왔다(Rivard, 1994). 국내에서 진행된 학생들의 과학적 글쓰기를 분석한 선행논문들도 학생들의 글쓰기를 통해 그들의 과학적 개념이나 오개념을 파악하려는 것이 주를 이루었다(이호진과 최경희, 2004; 이정희, 2004). 또한 지구과학 영역에서 학생들의 글쓰기를 분석한 연구는 찾아보기 힘들고, 특히 학생들이 원 자료를 해석하고 수집하여 탐구하는 보다 더 진정한(authentic) 과학적 탐구 맥락에서 학생들의 글쓰기를 분석한 연구는 더욱 찾아보기 힘들다.

이상의 논의를 바탕으로, 본 연구에서는 학생들이 지구의 하위계들의 상호작용을 직접 관찰할 수 있는 탐구 맥락인 야외 학습 환경에서 어떠한 방식으로 학생들이 지구계 의미를 생성해 나가는지를 살펴보고자 한다. 야외 학습 장소로는 경기도 시흥과 화성 사이를 방조제로 막아 만든 인공호수로, 한때 심한 오염으로 사회적 이슈를 낳기도 하였으며, 세계적으로 드문 공룡알 화석이 대규모로 발견되는 곳인 시화호이다. 시화호 주변의 환경과 지층은 초·중·고 교과서에 수록되어 있어서 지구 환경과 지구역사를 공부할 수 있는 소중한 자연학습장소로 알려져 있다. 이에, 본 연구에서는 학생들의 의미생성의 지시자로서 지질답사 보고서를 분석하여, 학생들의 지구계 이해가 얼마나 표현되며 어떠한 방법으로 지구계 의미가 생성되는지를 살펴 볼 것이다. 과학영재 학생들의 지질답사 보고서 분석을 통해 살펴보고자 하는 구체적인 연구문제를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 지구계에 대한 이해가 얼마나 반영되어 있는가?

둘째, 지구계 이해를 위한 의미 생성 방법(문제 유형, 의미 확장 방법, 정보 제시 방법)은 어떠한가?

연구 방법

연구 참여자

본 연구가 시작된 시점인 2006년 6월 당시, 서울

시내 교육청 과학영재교육원에 재학 중인 8학년 학생 20명(여학생 4명, 남학생 16명)이 시화호 지질답사 프로그램에 참여하였다. 모든 연구 참여 학생이 작성한 총 20개의 보고서 중에서 여학생 4명과 남학생 4명의 보고서를 분석에 사용하였다. 답사 프로그램에 참여한 여학생 4명의 보고서를 모두 사용하고, 성비를 맞추어 양적 및 질적 비교를 하기 위하여 남학생 4명의 보고서를 무선으로 선택하였다. 시화호 지질답사 프로그램을 이끈 지도교사는 2명으로 교직 경력 5년 이상의 지구과학 전공자였다.

자료수집 절차

야외에서 학생들의 학습 능력은 야외 학습에 필요한 사전지식, 사전 야외학습 경험 및 답사지역과의 친숙도에 의해 영향을 받으므로(Orion, 1989) 학습의 효율을 높이기 위하여 준비단계, 야외답사, 요약단계로 진행되었다.

준비단계(2차시)에서는 야외 조사에 필요한 기본적인 개념을 다루었다. 실험실에서 암석을 화성암, 퇴적암, 변성암으로 분류해 보고 각각의 특징에 대해 학습한 후, 시화호에 대한 사전 조사를 과제로 제시하였다.

야외답사(8차시)는 우선, 학생들이 제출한 시화호에 대한 사전 조사 자료를 교사가 간단히 정리해 주었다. 대부분의 학생들은 시화호에 대하여 A4 용지 한 장 정도로 요약해 왔으며, 그 내용은 자연학습장으로 널리 알려진 시화호의 지질학적인 의의 보다는 방조제 물막이 공사로 인해 죽은 호수로 변한 시화호를 되살리기 위한 지역주민과 환경단체들의 친환경적인 노력에 관한 것이 주를 이루었다. 다음으로, 시화호까지 이동하는 동안 학생들은 교사가 나누어 준 시화호 탐사 자료를 읽어 보고 서로 의문점을 공유하며 탐구를 위한 준비를 하였다. 탐사 자료에는 중생대 백악기 퇴적물이 분포하고 있고, 300여개의 공룡알 동지가 발견되어 천연기념물로 지정된 한염지역에 관한 내용과 선캄브리아대의 각섬석 흑운모 편마암과 호상편마암 그리고 이를 관입한 쥐라기 화강암이 분포하는 음섬 지역에 관한 내용이 포함되어 있다. 시화호에 도착 한 후 오전에는 공룡알 화석 산지로 유명한 한염(상, 중, 하한염)을, 오후에는 변성암의 다양한 지질구조를 볼 수 있는 음섬 지역을 탐사하였다. 학생들에게 시화호 탐사 경험에 관하여 자유로운 형식으로 지질답사 보고서를 쓰도록 요청하였다. 지

Table 1. The procedure of field trip

단계	장소	차시	내용
준비단계 (2006.06.03)	실험실	2차시	화성암, 변성암, 퇴적암 분류 및 특징시화호에 대한 사전 조사(과제로 부여)
야외답사 (2006.06.06)	시화호(한염/음섬)	8차시	오전: 중생대 백악기 퇴적물과 공룡알 등지가 발견되는 한염지역 답사 오후: 선캄브리아대 편마암과 이를 관입한 쥐라기 화강암이 분포하는 음섬지역 답사 시화호 지질답사 보고서 작성(과제로 부여)
요약단계 (2006.06.17)	교실	2차시	지질답사 보고서 발표 및 정리

질답사를 인도한 교사들은 학생들에게 지질답사 보고서를 쓰는 방법이나 지구계 교육의 목표에 대한 언급은 전혀 하지 않았다.

끝으로 요약단계(2차시)에서는 학생들이 과제로 제출한 지질답사 보고서를 발표시키고 실험실 수업에서 배운 학습 내용과 어떤 차이가 있었으며, 지질답사 경험이 어떤 의미가 있었는지 서로의 의견을 공유하였다. 시화호 지질답사 프로그램 운영 절차를 제시하면 Table 1과 같다.

자료 분석

본 연구에서는 학생들의 지질답사 보고서에 수록된 글에 대하여 두 가지 관점에 초점을 맞추어 분석하였다. 학생들의 보고서는 글과 사진 자료가 함께 제시되어 있었으나 사진 자료에 대한 분석은 하지 않았다. 학생들이 사용한 사진 자료는 영재교육원 홈페이지의 지질답사 사진 자료방에 탑재된 것을 공유한 것이었기 때문이다.

분석 관점은 첫째, 과학 영재학생들의 지질답사 보고서에 나타난 지구계 이해 정도를 살펴보는 것이다. 이를 위하여 Seven Earth Systems Understandings (Mayer, 1991)를 분석틀로 하였고, 분석의 단위는 문장으로 하였다. Table 2에 제시된 7가지 지구계 이해(ESU #1~7)의 순서는 서로 위계적이며, 하나의 목표를 달성하면 다음 단계로 전이될 수 있는 가능성이 커진다.

둘째, 과학 영재학생들의 지질답사 보고서에 나타난 지구계 이해에 대한 의미생성 방법을 살펴보기 위하여 논제 유형(Keys, 1999)을 사용하였다.

양적으로 분석한 논제 유형의 빈도를 바탕으로 학생들이 의미 생성을 위해 사용한 정보의 유형을 살펴보았다. 특히 원 자료에 대한 의미 생성의 중요한 지시자로서 추론 문장에 주목하였다. Halliday(1985)에 의하면 언어의 의미는 문법적인 구조를 분석하지

Table 2. Seven Earth Systems Understandings (Mayer, 1991)

강조점	ESU	내용
지구의 심미적 가치	#1	지구는 유일하며 아름답고 매우 가치 있는 행성이다.
지구에 대한 책임의식	#2	인간의 활동은 집단적이거나, 개인적이거나 또는 의식적이건 무의식적이건 지구에 심각한 영향을 준다.
과학적 문제해결 방법	#3	과학적 사고와 기술의 개발은 우리가 지구와 우주를 이해하는 능력을 향상시킨다.
하위계간의 상호작용	#4	지구계는 상호작용하는 물, 육지, 공기 및 생물 등의 하위계로 구성된다.
지구의 장구한 시간	#5	지구의 나이는 40억년 이상이며, 그 하위계는 끊임없이 진화한다.
태양계 속의 지구	#6	지구는 거대하고 오래된 우주 내에 있는 태양계의 작은 하위계이다.
지구계와 관련 직업	#7	많은 사람들이 지구의 기원, 과정 및 진화의 연구에 관련된 직업을 가지고 있고, 많은 관심을 가지고 있다.

Table 3. Thematic types (Keys, 1999)

논제 유형	기호	진술 내용
화제 (topical)	T	화제 전환이나 도입을 위해 사용한 문장
감정 (affective)	A	개인적 감정을 나타내는 문장
방법 (methodological)	M	탐구 절차나 방법에 관한 문장
사실/한정 (factual/definitive)	F/D	사실이나 정보를 제공하는 문장
관찰 (observational)	O	관찰한 내용을 그대로 기술한 문장
추론 (inferential)	I	관찰한 자료에 대해 그 이상의 숨은 의미를 서술한 문장

않고서는 완전하게 규명될 수 없다고 하였다. 따라서 학생들의 보고서를 논제 유형으로 분석한 후, 유의미한 표현의 지시자로서 사건들 사이에 논리적-의미 관계를 나타내 주는 의미 확장(Halliday and Martin, 1993)에 초점을 맞추었다. 왜냐하면 의미 확장을 살펴봄으로써 해서 학생들이 관찰, 사실, 추론과 같은 정보 요소를 사용하여 어떻게 의미를 생성 하는지 살펴 볼 수 있기 때문이다. 의미 확장은 세 가지 유형 즉, 연장, 정교화, 강화를 포함한다. 의미 연장은 두 개의 독립된 내용이 관련 있는 아이디어로 연결되어 있고, 뒤 내용이 앞 내용에 새로운 의미를 첨가하는 방법이다. 의미 정교화는 뒤 내용이 앞 내용을 더 구체화 하거나 재진술, 재정의 하여 더욱 명료화 하는 것이다. 의미 강화는 뒤 내용이 시간, 장소, 조건, 방법을 기술하여 앞 내용에 더욱 질적인 정보를 주는 것을 말한다.

마지막으로 위의 두 가지 분석을 바탕으로 하여 학생들이 얼마나 능동적으로 의미생성을 위해 내용 공간과 담화 공간 사이를 움직여 가는가를 살펴보았다. 내용공간은 선지식과 새로운 지식이 고려되는 공간이며, 담화공간은 어떻게 내용어를 표현해야 하는지에 관한 문제가 고려되는 공간이다(Keys, 1999). 이를 알아보기 위하여, Bereiter and Scardamalia(1987)이 제안한 작문 과정의 두 가지 모델인 knowledge-telling과 knowledge-transforming을 사용하였다. 대부분의 미성숙한 저자는 어떤 주제에 대한 정보를 제시할 때, 주로 저자에게 일어난 순서대로 기록하며, 관찰한 것을 유의미한 해석으로 이끌지 못하고 긴 사실/한정 문장을 나열하게 된다. 그러나 이와 대조적으로 세련된 저자는 작문하는 동안 스스로 언어를 선택하여 의미를 능동적으로 생성해 나가게 된다. 전자는 knowledge-telling에 해당되고, 후자는 knowledge-transforming에 해당된다.

분석에서 단위는 문장으로 규정하였다. 그러나 한 문장이라도 두 가지 이상의 논제 유형이 포함되어 있는 경우는 각각의 유형으로 나누어 분석하였다. 예를 들면, ‘아랫부분은 그냥 암석인 것에 비해 윗부분은 풀이 자라고 있어서 예전에 섬이었다는 것이 추측되는[II]상한염에 대해 알아보자[II]’에서는 진술문의 앞부분은 관찰한 내용을 바탕으로 학생이 의미를 재구성 하는 추론[II]문장으로, 뒷부분은 지질답사 관찰 지점인 상한염에 대한 화제도입 문장이므로 화제[T] 문장으로 분류하였다.

자료 분석의 타당성을 확보하기 위하여, 총 8개의 보고서 중 3개를 무작위 선택한 후, 연구자 2인이 각각 분석 결과를 기호화하여 코딩하였다. 세 차례 이상 다른 색깔로 코딩하면서 서로 분석한 결과의 일치도를 구하고, 일치하지 않는 부분에 대해 검토하는 과정을 반복하였다. 최종적으로 구한 연구자간 일치도는 93.0%였다.

연구 결과

지구계 이해 정도

학생들의 보고서를 바탕으로 7가지 지구계 이해 정도를 분석한 결과는 Table 4와 같다.

분석 결과를 양적 측면(지구계 이해 문장의 빈도)과 질적 측면(지구계 이해 문장의 의미)으로 나누어 제시하였다.

첫째, 양적 분석에 따르면, 평균적으로 학생들 보고서의 45.7% 정도가 7가지 지구계 이해와 직접적으로 관련되었다(여 47.3%, 44.3%). ESU 빈도가 가장 낮게 나타난 25.9%[H]와 가장 높게 나타난 61.0% [B]는 모두 남학생에게서 나타났다. 지구계 이해를 구성하는 항목별로는 ESU #4(15.0%), #1(11.8%), #5(9.6%), #2(5.9%), #7(2.8%), #3(1.5%), #6(0%) 순으로 나타났다. 즉, 평균적으로 하위계 간의 상호작용, 지구계의 심미적 가치, 지구의 깊은 시간에 대한 이해가 지구에 대한 책임의식, 지구계와 관련된 직업, 과학적 문제해결 방법 보다 더 자주 반영되었음을 알 수 있었다. 남학생의 경우 지구계의 심미적 가치(ESU #1)가 가장 빈번하게 나타난 반면, 여학생의 경우 하위계간의 상호작용(ESU #4)이 가장 빈번하게 나타났다.

또한, 흥미로운 사실은 연구에 참가한 8명의 지질답사 보고서에 ESU #1, #2, #4, #5가 모두 나타났다는 점이다. 지구계 프로그램 모둠을 개발 할 때, ESU 일곱가지를 모두 포함시킬 수는 없다. 따라서 보통 1~3개 정도의 ESU 항목을 포함하면 지구계 교육 프로그램으로 간주 할 수 있다는 점을 고려할 때, 학생들의 지질답사 보고서에 총 7개의 ESU 중 4개가 모든 학생들의 지질답사 보고서에서 반영되었다는 것은 상당히 의미 있는 결과라 생각된다. 뿐만 아니라 나머지 지구계 이해항목인 ESU #3과 #7도 5명 이상의 학생 보고서에서 발견할 수 있었다. 그러나 ESU #6은 어떤 학생의 보고서에서도 찾아 볼 수 없었다.

Table 4. Analysis of students' Earth Systems Understandings (%)

	지구계 이해(ESU)	여학생				남학생				총계	
		A	B	C	D	E	F	G	H		
#1	지구계의 심미적 가치	No	5 (6.2)	3 (4.5)	4 (7.4)	6 (14.0)	8 (19.5)	26 (19.1)	6 (11.5)	5 (8.6)	63
		Ave	4.5 (7.3)				11.0 (15.7)				7.9(11.8)
#2	지구에 대한 책임의식	No	4 (4.9)	5 (7.5)	4 (7.4)	2 (4.7)	2 (4.9)	5 (3.7)	2 (3.8)	2 (3.4)	26
		Ave	3.8 (6.1)				2.8(3.8)				3.3(4.9)
#3	과학적 문제해결 방법	No	.	1 (1.5)	1 (1.9)	1 (2.3)	2 (4.9)	2 (1.5)	1 (1.9)	.	8
		Ave	0.8 (1.2)				1.3 (1.7)				1.0(1.5)
#4	하위계간의 상호작용	No	11 (13.6)	12 (17.9)	17 (31.5)	6 (14.0)	10 (24.4)	12 (8.8)	9 (17.3)	3 (5.2)	80
		Ave	12.0 (18.8)				8.5 (11.8)				10.0(15.0)
#5	지구의 장구한 시간	No	14 (17.3)	6 (9.0)	6 (11.1)	3 (7.0)	2 (4.9)	11 (8.1)	4 (7.7)	5 (8.6)	51
		Ave	7.3 (11.8)				5.5 (7.7)				6.4(9.6)
#6	태양계 속의 지구	No
		Ave	.				.				.
#7	지구계와 관련된 직업	No	3 (3.7)	2 (3.0)	.	.	1 (2.4)	7 (5.1)	2 (3.8)	.	15
		Ave	1.3 (2.0)				2.5 (3.5)				1.9(2.8)
소계		No	37 (45.7)	29 (43.3)	32 (59.3)	18 (41.9)	25 (61.0)	63 (46.3)	24 (46.2)	15 (25.9)	243
		Ave	29.0 (47.3)				32.0 (44.3)				30.4(45.7)
기타		No	44 (54.3)	38 (56.7)	22 (40.7)	25 (58.1)	16 (39.0)	73 (53.7)	50 (53.8)	43 (74.1)	289
		Ave	32.3 (52.7)				45.5 (55.7)				36.1(54.3)
총계		No	81 (100)	67 (100)	54 (100)	43 (100)	41 (100)	136 (100)	52 (100)	58 (100)	532
		Ave	61.0 (100)				72.0 (100)				66.5(100)

이상의 결과로 연구에 참여한 8명의 학생들은 모두 지구계의 심미적 가치, 지구에 대한 책임의식, 하위계간의 상호작용, 지구의 깊은 시간을 야의 지질답사 보고서에 자연스럽게 포함하고 있다는 점을 발견할 수 있었다. 특히 ESU #1과 #2는 다른 교육과정과 구별되는 지구계 교육의 핵심적인 특징으로 지구계 교육의 모든 목표를 달성하기 위한 가장 기초적이고도 중요한 목표에 해당한다. 교사가 직접적으로 지구에 대한 심미적 가치와 지구에 대한 책임의식을 강조하지 않아도 지질답사 활동을 통해 직접 자연을 보고, 느끼고, 만지면서 자연스럽게 학생들은 이러한 이해에 도달하게 되고, 이러한 이해를 바탕으로 답사 보고서에 이러한 측면을 기술하게 된 것이라 판단된

다. 지질답사 보고서에서 드러난 한 가지 제한점은 ESU #6에 대한 이해가 단 한명의 보고서에서도 드러나지 않았다는 점이다. 이것은 야의 지질답사가 이루어지는 현장의 특성이 태양계 속의 지구를 인식하는 내용과는 상당히 거리가 있기 때문인 것으로 보인다. 따라서 태양계 속의 지구를 포함한 지구계에 대한 좀 더 포괄적이면서 종합적인 이해를 위해서는 답사 기간을 하루 이상으로 연장하여 천체 관측 프로그램을 추가하는 방법도 고려해 보아야 할 것이다.

둘째, 질적 분석으로, 학생들의 야의 지질답사 보고서에 사용된 ESU 문장의 의미를 살펴보았다. ESU 항목에 해당하는 학생들의 예문을 Table 5에 제시하였다.

Table 5. Examples of Earth Systems Understandings from students' geological reports

ESU	예문
#1. 지구의 심미적 가치	처음 시화호에 왔을 때 이곳에서 배울 것이 있을지 의심이 들었다. 그러나 평소라면 그냥 지나쳤을 암석들을 자세히 들여다보니 너무나도 배울 것이 많았다. 게다가 내가 서 있는 땅이 공룡이 있었던 땅이고 바다가 있었던 땅이라는 것을 알게 되자 내 자신이 특별한 사람이 된 것 같았다. 과학이란 어디서나 존재했다. 지구의 작품은 어디서나 존재했다[B].
#2. 지구에 대한 책임의식	원래는 시화방조제를 건설하여 바닷물을 빼낸 뒤, 담수호를 건설하여 농업용수 공급지로 사용할 예정이었으나, 공사 후부터 생활하수, 공장하수 등의 피해로 수질이 급속하게 나빠져서 결국 죽은 호수로 불리게 되었다[F].
#3. 과학적 문제해결 방법	6시간 밖에 안 되는 짧은 시간이었지만 신기하고 재밌는 것을 많이 볼 수 있었으며, 단지 여행을 하고 끝나는 게 아니라 지식을 더 키워준다는 점에서 다른 여행과 남달랐다고 생각한다[G].
#4. 하위계 간의 상호작용	돌개구멍은 구혈이라고도 한다. 하상 암반의 오폭한 곳이나 깨진 곳 등에 와류가 생기고, 그 와류의 에너지에 의하여 구멍이 생긴 뒤 다시 그 구멍으로 들어간 돌이 와류에 의하여 회전하면서 암반을 깎아 내어 깊은 원통형 구멍을 파면서 점점 커지고 깊어진 것인데 그 안에 작은 크기의 돌이 들어 있기도 한다. 수많은 돌개구멍과 차별점식으로 인한 작은 크기의 해석대지와 기둥 등이 생겨 있었다[D].
#5. 지구의 장구한 시간	그런데 마지막까지 궁금한 것은 현엽에서는 백악기 때 살았던 공룡 알의 흔적이 있는데 왜 더 오래전에 생성된 음섭에는 화석이 없어지는지에 대한 것이다. 백악기 전에도 생명체들이 살았을 텐데 왜 음섭에서는 화석이 발견되지 않았는지 궁금하다[A].
#6. 태양계 속의 지구	
#7. 지구계와 관련 직업	그중 작은 섬인 현엽의 중한엽에서 1999년 공룡알 화석이 발견되어 전국으로 보도되고 많은 지질학자들의 관심을 끌게 되었다. 이제 시화호는 지질학자뿐만 아니라 공룡에 관심이 있는 모든 사람들이 자유롭게 관찰할 수 있는 자연학습장이 되었다[A].

ESU #1(B)의 예문에서는 학생이 지질답사 활동을 통하여 평소 그냥 지나치던 암석을 새로운 시각으로 바라보게 되고 그 속에서 자신의 존재와 지구의 특별함을 느끼게 된 것을 표현하고 있다. 즉, “평소라면 그냥 지나쳤을 암석들을 자세히 들여다보니... 내가 서 있는 땅이 공룡이 있었던 땅이고 바다가 있었던 땅이라는 것을 알게 되어” 지구계의 장구한 시간을 이해함으로써 자연 속에 존재하는 인간의 위치에 대해 다시 한 번 생각하게 되었음을 기술했다. 또한, “지구의 작품”이라는 표현을 사용하면서 지구의 심미적인 가치를 깨닫는 등 야외 지질답사를 통해 학생들은 다른 각도로 자연을 바라보게 된 것이다. 이것은 과학자들이 때때로 자연을 아름답고 예술적인 것으로 묘사하는 것과 동일한 것이다. “과학자는 자연이 유용하기 때문에 연구하는 것이 아니라, 그것이 즐겁기 때문에 연구하는 것이다. 그리고 그 즐거움은 자연이 아름답기 때문에 즐거운 것이다. 지적인 미는 지식을 확고히 하고 더욱 강력한 것으로 만든다.” (Poincare, 1929)고 하였다.

ESU #2(F)의 예문, “...결국 죽은 호수...”에서 나타난 것처럼 지구계에 대한 인식은 인간의 여러 활동으로 인해 지구계에 미친 영향을 생각해 보게 된 것을 포함한다. 또한, 이러한 인식은 학생들로 하여금 지구계 자원에 대한 책임의식을 갖게 되는 계기

로 작용할 수 있다. 이처럼 지질답사 활동이 학생들로 하여금 자연스럽게 환경 문제를 고민해 볼 수 있는 기회를 제공한 것으로 해석할 수 있다. 환경 문제의 경우, 과학 기술적 접근이나 행정적 제도적 접근만으로 해결하기에는 한계가 있음이 이미 밝혀졌듯이, 환경 문제에 직면한 인류 스스로가 문제의식을 절감하지 않으면 결국 그 효과가 지속적일 수도 없다(이선경 외, 1993). 따라서 지구를 하나의 통합된 계로 인식하는 데 도움을 주는 아외지질답사 활동은 환경 문제를 인식하는데 많은 도움을 준 것으로 보인다. 또한 환경 문제에 대한 인식이 실천적 지식으로 연계되기 위해서는 환경 문제를 대중 매체가 아닌 학교 교육을 통해서 접근해야 한다는 점을 지적한다(최돈형, 1991).

ESU #3(G)은 학생들의 보고서에 명백하게 진술된 다기 보다는 학생들의 추론과 사고의 흐름의 기저에 놓여있는 것으로 해석된다. 그럼에도 불구하고, 많은 학생들이 보고서 말미에 본 지질탐사를 통해 지구계를 이해하는 능력이 향상되었음을 직접적으로 표현하고 있었다. “...짧은 시간이었지만 ...많이 볼 수 있었으며, 단지 여행을 하고 끝나는 게 아니라 지식을 더 키워준다는 점...”에서도 역사적, 서술적, 경험적인 다양한 방법을 사용하여 지구계 내에서의 변화를 기술하고 설명하고 예측하는 과정을 통해 자연을 더

잘 이해할 수 있게 되었음을 전제하는 것으로 볼 수 있다.

ESU #4(D)의 예문 “하상 암반의 오목한 곳...에 와류가 생기고, 그 와류의 에너지에 의하여 구멍이 생긴 뒤 다시 그 구멍으로 들어간 돌이 와류에 의하여 회전 하면서... 암반을 깎아 내어... 그 안에 작은 크기의 돌이 들어 있기...”에서 살펴볼 수 있는 것처럼, 풍화, 침식, 퇴적은 지구 표면의 모양을 계속적으로 변화시키므로, 자연현상은 다양한 요인들이 상호작용하여 하나의 현상으로 표현되는 복잡한 계의 특성을 가지고 있음을 학생들은 잘 인식하고 있었다. 즉, 자연 현상을 어느 한 부분에 한정된 원인이 아니라 기권, 수권, 암권, 생물권 등의 복합적인 상호 관계를 고려하여 지질학적인 현상을 이해하려는 특징이 드러났다.

ESU #5(A)의 예문 “...한염에서는 백악기 때 살았던 공룡 알의 흔적이 있는데 왜 더 오래전에 생성된 음섭에는 화석이 없는지... 백악기 전에도 생명체들이 살았을 텐데 왜 음섭에서는 화석이 발견되지 않았는지...”에서 볼 수 있듯이 야외 지질답사를 통해 학생들은 지구과학의 탐구 대상이 긴 시간으로는 부족한 시간적으로 우주의 기원에서 미래까지의 장구한 시간(deep time)을 인식하고 있음을 알 수 있었다. 또한 자연에서 발생하는 현상들에서 궁금증과 지적 호기심을 가지게 됨을 알 수 있다.

그러나 ESU #6에 해당하는 예문이 전혀 없었으므로 지구과학의 탐구 대상인 공간적으로 지구의 중심부에서 우주의 끝까지 거의 무한대에 가까운 무한 공간을 인식시켜 주기에는 지질답사가 한계가 있다고 할 수 있겠다.

ESU #7(A)의 예문 “1999년 공통알 화석이 발견되어... 이제 시화호는 지질학자뿐만 아니라 공룡에 관심이 있는 모든 사람들이 자유롭게 관찰할 수 있는 자연학습장이 되었다.”에서 보는 것처럼, 다양한 사람들이 지구계와 그 하위계에서 일어나는 진화과정과 그 기원에 대해 연구하고 있다는 것에 대한 인식을 표현하고 있다.

위의 결과를 종합하면, 야외 지질답사를 통해 태양계 속의 지구(ESU #6)를 제외한 나머지 여섯 가지 지구계 교육의 목표를 의미미 하게 달성할 수 있음을 알 수 있다.

지구계 의미생성 방법

학생들의 지질답사 보고서의 도식적인 구조는 크게

두 가지 유형으로 나눌 수 있었다. 첫 번째 유형은 지질답사 보고서의 체계적인 구성을 위하여 목차를 만들어 탐구 동기, 준비물, 탐구 장소, 사전조사, 탐구내용, 탐구결론, 참고자료 등으로 요약화하여 외적인 연관 관계를 보여준 보고서로 A, B, D, F, G, H 학생의 보고서가 여기에 해당되었다. 두 번째 유형은 에세이와 같은 형식으로 야외 지질탐사의 과정을 출발에서 도착까지 시간 순서에 따라 자유롭게 작성한 경우로 외적으로 연관관계가 드러나지는 않는 C, E 학생 보고서가 여기에 해당되었다. 그러나 이 두 가지 지질답사 보고서의 외적인 도식적 구조의 차이로 기인되는 지구계 의미 생성 방법에 있어서 뚜렷한 차이는 발견하기 어려웠다. 학생들의 보고서를 6가지 주제 유형인 화제, 감정, 방법, 사실/한정, 관찰, 추론 문장으로 나누어 본 결과 Table 6과 같았다.

분석 결과를 양적인 측면(주제 유형과 빈도)과 질적인 측면(지구계 개념 확장 방법과 정보 제시 방법)으로 나누어 살펴보았다.

첫째, 양적으로 학생들이 지질답사 보고서에 사용한 주제 유형과 빈도를 살펴보면 다음과 같다. 사용된 주제 유형은 평균적으로 O(26.7%), A(22.0%), F/D(21.8%), I(16.9%), T(10.7%), M(1.9%) 문장 순으로 나타났다. 대체적으로 남학생(27.9%)은 여학생(15.1%)에 비해 감정 문장을, 여학생(22.9%)은 남학생(11.8%)에 비해 추론 문장을 더 많이 사용하였다. 그러나 남·여 학생 모두 방법 문장의 사용이 가장 적음을 알 수 있었다(남 1.0%, 여 2.9%). 결과적으로 여학생들은 지질답사 보고서를 작성함에 있어 주로 관찰한 자료를 사실/한정 문장이나 추론 문장을 사용하여 지질학적인 정보로 해석하였고, 남학생들은 관찰한 것에 대한 학생의 감정을 비교적 자유롭게 표현하였다. 학생들의 보고서에서 방법 문장이 가장 드물게 나타난 이유는 지질학적 탐구 보고서가 분석적이고 절차적인 실험보고서와는 달리 역사적이고 해석적인 내러티브, 관찰, 자료해석을 위주로 서술하기 때문인 것으로 판단된다. 이것은 지구과학을 탐구하는 거시적이고 통합적인 방식과 잘 부합되는 것으로 보인다.

학생들의 답사 보고서의 문장 수는 학생들마다 다양(41-136문장)하고, 가장 긴 지질답사 보고서를 작성한 학생(F)에게서 감정 문장(33.0%)의 비율이 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 남·여 학생 모두 평균적으로 17개의 관찰 문장에 대해 14개의 사실/한정

Table 6. Analysis of students' thematic types (%)

Thematic types	여학생					남학생				총계
	A	B	C	D	E	F	G	H		
화제(T)	No	2 (2.5)	6 (9.0)	10 (19.0)	4 (9.3)	3 (7.3)	17 (13.0)	5 (9.6)	10 (17.0)	57
	Ave	5.5 (9.0)					8.8 (12.2)			
감정(A)	No	14 (17.3)	6 (9.0)	10 (19.0)	7 (16.3)	7 (17.1)	45 (33.0)	11 (21.0)	17 (29.0)	117
	Ave	9.3 (15.1)					20.0 (27.9)			
방법(M)	No	4 (4.9)	1 (1.5)	2 (3.7)		1 (2.4)	1 (0.7)		1 (1.7)	10
	Ave	1.8 (2.9)					0.8 (1.0)			
사실/한정 (F/D)	No	10 (12.3)	24 (36.0)	18 (33.0)	9 (20.9)	12 (29.3)	36 (26.0)	6 (12.0)	1 (1.7)	116
	Ave	15.3 (24.9)					13.8 (19.2)			
관찰(O)	No	29 (35.8)	9 (13.0)	8 (15.0)	16 (37.2)	13 (31.7)	26 (19.0)	18 (35.0)	23 (40.0)	142
	Ave	15.5 (25.3)					20.0 (27.9)			
추론(I)	No	22 (27.2)	21 (31.0)	6 (11.0)	7 (16.3)	5 (12.2)	11 (8.1)	12 (23.0)	6 (10.0)	90
	Ave	14.0 (22.9)					8.5 (11.8)			
총계	No	81 (100)	67 (100)	54 (100)	43 (100)	41 (100)	136 (100)	52 (100)	58 (100)	532
	Ave	61.3 (100)					71.8 (100)			

문장과 11개의 추론 문장을 사용하고 있었다. 따라서 본 연구에 참가한 거의 모든 영재학생들은 초보적인 추론 단계 그 이상에 이미 도달하였음을 시사한다. 학생들은 화제, 감정, 방법, 사실/한정, 관찰, 추론 문장을 통해 하위계간의 상호작용에 대해 서술하고 있고, 이러한 지구계 개념들에 대한 이해를 바탕으로 지구의 심미적인 가치를 표현하고 있었다. Table 7에 학생들의 보고서에 나타난 논제 유형의 예문을 제시하였다.

둘째, 질적인 측면에서 학생들이 지구계 개념에 대한 의미생성을 위해 어떠한 방법으로 의미를 확장하

고 정보를 제시하는지 살펴보았다. 먼저 의미 확장의 세 가지 유형인 의미 연장, 강화, 정교화에 해당하는 문장을 찾아 기호화 하였다. 연구에 참여한 8명의 과학 영재 학생들의 보고서에 나타난 의미 확장의 예를 Table 8에 제시하였다.

학생들은 다양한 방식을 사용하여 앞 문장의 의미를 확장하고 있었다. 가장 빈번하게 이용된 의미 확장 방법은 강화였고, 연장과 정교화도 종종 사용하고 있었다. 예를 들어 A 학생의 경우(Table 8) 칠면초에 대한 관찰 내용을 첨가하는 방식으로 의미를 연장([연장]-[연장]-[연장])한 후, “이 식물은 칠면초라 불리는

Table 7. Examples of thematic types from students' geological reports

진술 유형	예문
화제(topical)	-시화호의 지질탐사를 통해 시화호의 여러 섬들의 지질과 바다의 흔적, 화석 등에 대해 알아보자[F].
감정(affective)	-집으로 돌아올 때 몸은 피곤했지만 무언가를 배우고 집으로 돌아간다는 생각에 기분은 좋았다[E].
방법(methodological)	-잔자갈의 지름은 100원짜리의 지름(3 cm) 보다 짧았다[A].
사실/한정(factual/definitive)	-암석이 큰 압력을 받았을 때 휘게 되는데 휘는 정도가 심하게 되면 끊어지게 된다[F].
관찰(observational)	-길이 15 cm 안팎의 지름 1 cm인 관을 5-7개 관찰했다[A].
추론(inferential)	-알들이 여러 개씩 물려 있는 것들로 봐서 공룡은 집단 서식을 하며 둥지에다가 알을 낳았을 것이라고 추정할 수 있다[G].

Table 8. Examples of types of expansion

학생	예문
A	칠면초 길이가 약 10 cm 되는 붉은 빛이 도는 식물이다. 잎은 녹색인 것(어린것)과 붉은 것(성인 식물)이 있다[연장]. 잎이 곧고 짧으며 줄기는 잘 끊어지지 않는다[연장]. 먹으면 짠 맛이 느껴진다[연장]. 이 식물은 칠면초라 불리는 염생식물로 이 지대가 바다였다는 것을 알려 준다[강화].
B	버로우는 이 암석에서 살던 곤충들의 집이 화석이 된 것이다. 이러한 화석을 생흔화석이라 한다[정교화]. 이 버로우가 생기기 위해서는 주변 환경이 안정적이어야 한다[강화].
C	그 섬의 어떤 부분은 자갈이 박혀 있고 어떤 부분은 아주 작은 미세한 알갱이로 이루어져 있었다. 우선 그곳이 빨간 이유는 철이 녹아서 그랬다[강화]. 자갈이 어떤 부분은 박혀 있고 어떤 부분은 미세한 알갱이로만 이루어져 있는 이유는 홍수가 나서 자갈이 가끔 떠내려 와 쌓이는 것이 반복되었기 때문이다[강화].
D	중한염에는 공룡알 화석들이 있었는데 모형이었다. 하지만 이는 원래 공룡알 화석이 있던 위치를 재현해 놓은 것인데, 알들이 여러 개씩 물려있는 것들로 봐서 공룡은 집단 서식을 하며 등지애다가 알을 낳았을 것이라고 추정할 수 있다[강화]. 공룡알은 주먹보다 약간 큰 크기로 진화색 또는 검정색을 띠고 있었다[연장]. 껍질의 두께는 약 1.0 mm이다[연장].
E	그 돌덩어리를 자세히 지켜 볼 수 있는 시간을 가졌는데 그곳에서 벽에 벌레가 들어가 있던 흔적을 볼 수 있었다. 그 아래가 바다로 되어 있을 때, 벌레들이 그곳에다가 벽을 뚫고 나서 살던 것인데 그것이 물이 다 빠지면서 화석으로 들어나게 된 것이다[강화].
F	시화호에는 많은 공룡알 화석이 발견되었는데, 화석의 생성과정은 어떠한지 알아보자. 먼저 화석이 생기기 위해서는 생물의 시체라던가 물체의 흔적이 필요하다[강화]. 생물이 죽어 동물의 뼈라던가 식물의 줄기 같은 딱딱한 것이 흔적을 남기고 비나, 물에 의해 빨리 덮였을 경우, 그 위에는 퇴적물이 쌓이게 되고, 점차 압력에 의해 흔적 주변의 지질이 그 모양으로 굳는다[강화]. 그 후 속에 있던 시체가 썩거나 지하수에 용해되어 흘러가 버리게 되면 굳은 지질인 화석만 남게 되는 것이다. 나중에 지질의 움직임 또는 인간 탐사 등에 의해 화석이 발견되면 그 화석은 그 생물의 모습 뿐 아니라 그 생물이 살았던 시대의 지질, 지형, 기후 등까지 추측할 수 있게 해 준다[강화].
G	또 하나 재미있는 구조를 봤는데, 그것이 습곡이다. 습곡은 압력을 받은 암석이 휘어져서 그 단면이 흰 것처럼 보이는데, 이것이 심화되면 단층이 된다[정교화]. 계다가 그곳에는 검은색과 흰색이 줄무늬로 있는 호상편마암까지 있었다[연장]. 마지막으로 우리는 그곳을 둘러보면서 희한한 암맥을 발견했는데, 석영의 재질인 그 암맥은 마그마 대신 열수가 흘러서 굳은 것이다[연장].
H	상한염은 퇴적암으로 이루어져 있는데 이암, 사암, 역암이 모두 있었다. 역암층의 밑쪽은 경계가 평평했다[강화]. 사암층에는 얇은 층리가 있었다[강화].

염생식물로 이 지대가 바다였다는 것을 알려 준다”[강화]고 기술하였다. 즉, 칠면초에 대한 기본 개념을 바탕으로 이 지역이 바다였음을 유추하며 칠면초에 관한 정보를 강화하고 있다. B 학생의 경우(Table 8), “...이러한 화석을 생흔화석이라 한다[정교화]. 이 버로우(burrow)가 생기기 위해서는 주변 환경이 안정적이어야 한다[강화].”에서 나타난 것처럼 용어 정의를 사용하여 보다 의미를 정교화하고 있다. 즉, 학생들의 보고서는 정교화 보다는 강화나 연장을 더 자주 사용하는 것으로 나타났다. 학생들의 지질답사 보고서에서 이러한 의미 확장 패턴을 쉽게 발견할 수 있었던 것은 학생들이 과학적 개념들을 결합하고 정교

화 해 나간다는 것을 의미한다.

한편, 질적인 측면에서 학생들이 작성한 지질답사 보고서에 관찰한 원 자료를 얼마나 능동적으로 추론과 결합하여 지구계 개념으로서 정보를 전달하는가를 알아보기 위하여 작문 과정의 두 가지 모델인 knowledge-telling(Table 9)과 knowledge-transforming(Table 10)으로 학생들의 보고서를 나누어 살펴보았다.

Knowledge-telling(Table 9)의 경우, 지질답사 동안 관찰지점에서 획득한 원 자료를 관찰 문장이나 사실/한정 문장으로 단순히 길게 나열하여 한 포인트에서 다음 포인트로 이동하고 있음을 보여준다. D 학생의 경우, 한염에서 상한염으로 이동하는 동안 한염에 도

Table 9. Examples of knowledge-telling

학생	knowledge-telling 예
D	제일 처음 우리는 한염이란 이름이 있는 섬을 걸어들어 갔다[T]. 그 중 제일 처음 우리가 보게 된 것은 상한염, 한염까지 걸어 가는 도중에도 염생식물인 칠면초와 통통마디와 새, 고라니 등의 발자국을 관찰 할 수 있었다[O]. 염생식물이란 간단하게 소금기가 많은 땅에서 자라는 식물로 칠면초와 통통마디 외에도 갯질경, 거머리말뚝이 있다[F/D]. 처음으로 상한염에 도착했다[T].
H	상한염에는 커다란 바위 덩어리가 하나 있었다[O]. 그것은 상한염에서 떨어져 나온 것이다[O]. 상한염은 퇴적암으로 이루어져 있는데, 이암, 역암, 사암이 모두 있었다[O]. 역암층의 밑 쪽은 경계가 평평했다[O]. 사암층에는 얇은 층리가 있었다[O]. 바위 속에는 생흔 화석이 있었다[O].

Table 10. Examples of knowledge-transforming

학생	knowledge-transforming 예
G	우리는 시화호의 공룡알 유적지를 찾아가기 위해 한 때 바다였던 곳을 걸었다[T]. 알고 있겠지만 시화호는 한 때 바다였던 곳, 그렇기 때문에 아직 바다의 성분이 약간이나마 남아 있었다[I]. 우리는 길을 가면서 심심치 않게 빨간 식물을 보았다[O]. 이 식물들의 이름은 칠면초다[F/D]. 칠면초는 염생식물로 주로 소금기가 있는 물에 잘 자란다[F/D]. 시화호는 한 때 바다였으니 칠면초 같은 염생식물이 잘 자라는 것은 어찌 보면 당연한 일이다[I]. 우리는 가면서 주변 생물의 흔적을 볼 수 있었다[O]. 가면서 새의 발자국과 고라니의 발자국을 볼 수 있었는데[O] 그것이 의미하는 것은 현재 시화호는 생물이 살아 갈 수 있는 환경까지 됐다는 것이다[I].
A	식물이 번식하는 정도를 보면 지상 3m까지 물이 차 있었을 것이다[I]. 흙이 적자색인데 흙속의 철의 산화 현상 때문일 가능성이 크다[I]. 잔자갈로 이루어진 역암과 모래로 된 사암이 많다[O]. 잔자갈의 지름은 100원짜리 동전의 지름(3 cm)보다 짧았다[M]. 천장의 암석들이 곡선을 이루며 깎였다[O]. 파도가 무른 암석을 깎아 냈을 거라고 추정된다[I]. 사암층과 역암층의 두께가 다르다[O]. 더 두꺼운 사암층일 때 날씨 등 주변 환경이 더 얇은 역암층이 쌓일 때보다도 더 안정적이었을 거다[I].

착했다는 문장으로 화제[T]를 도입 한 후, 염생식물인 칠면초를 관찰하고[O], 염생식물에 대한 간단한 정의와 예를 제시하고[F/D] 있다. 그 다음 관찰한 원 자료에 대해 어떠한 개인적인 감정이나 추론 없이 곧바로 다음 장소인 상한염으로 화제를 돌리고 있다[T].

이와 대조적으로 knowledge-transforming(Table 10)의 경우, 위와 동일한 상황을 G 학생은 [T]-[I]-[O]-[F/D]-[F/D]-[I]-[O]-[O]-[I]의 전개로 구성하며 내용과 담화 공간 면에서 볼 때 지식을 단지 이야기하는 수준을 넘어서 변형하여 전개한다. 즉, 화제를 도입함에 있어서 내용공간은 현재의 소금기가 남아있는 시화호이지만, 담화공간은 현재에서 과거로 거슬러 올라가 한때는 바다였던 시화호의 모습을 회상하며, 현재의 관찰 내용인 칠면초와 고라니의 발자국을 통해 학생 자신이 재구성한 유의미한 해석으로 담화공간을 시화호의 환경으로 이동하고 있는 것이다. 즉, 담화공간과 내용공간이 앞뒤로 자유자재로 이동하면서 원 자료와 학생의 추론이 서로 밀접하게 상호작용하면서 관찰한 내용에 대해 의미를 부여하고 있음을 알 수 있다.

비록 같은 학생일지라도 자신이 더 흥미 있거나 선지식이 풍부한 정보에 대해서는 knowledge-transforming을 하지만, 관찰한 자료가 상대적으로 본인에게 덜 흥미 있거나 선지식도 부족한 경우에는 knowledge-telling에 가까운 작문을 하는 등 대조적인 작문 패턴을 보이기도 하였다. 이것으로 보아 적절한 지구계 의미를 생성하기 위해서 주제에 대한 선지식, 흥미, 논리적인 추론 능력 등은 전제 조건임을 유추할 수 있다.

이상의 논의를 바탕으로 학생들의 지질답사 보고서에 나타난 지구계 의미생성 특성을 살펴보면, 학생들

은 그들의 관찰 자료를 탐구의 맥락적 지식에 기초하여 해석하려는 노력을 하고 있음을 알 수 있다.

지구계 이해정도와 지구계 의미생성 방법

연구에 참여한 8명의 학생들의 지질답사 보고서를 분석한 결과 지구계 이해정도와 지구계 의미생성 방법에 있어 유사한 경향을 발견 할 수 있었다. 즉, 지구계 이해정도가 상대적으로 낮은 수준에 있는 학생들은 지구계 의미 생성에서도 초보적인 형태를 보인 반면, 지구계 이해정도가 상대적으로 높은 수준에 도달해 있는 학생들은 지구계 의미 생성에서도 세련된 형태를 보여 주었다. 이러한 대조적인 패턴을 정리하면 Table 11과 같다. 지구계 이해에 있어서는, (D와 H 학생에게는 나타나지 않은 항목인) ESU #7에 해당하는 지구계와 관련된 직업에 대한 이해를 A와 G 학생은 포함하고 있었다. 즉, A와 G 학생은 지구계를 연구하는 많은 사람들로서 지질학자, 정부기관, 환경 단체 등에 대한 고찰을 출발점으로 하여 지질 탐사를 진행하고 있는 학생 본인과 지도 교사까지도 언급하며 지구의 기원, 과정 및 진화와 관련된 직업을 가진 사람들에 대하여 정확히 인식 하고 있었다. 한편 지구계 의미 생성에 있어, D와 H 학생은 주로 논제 유형에 있어 관찰 문장에 의존하여 진술하였으며, 내용을 전개함에 있어서도 관찰한 원 자료를 추론과 적절히 결합하지 못하고 주로 사실/한정 문장에 의존하여 단순히 나열하는 초보적인 수준인 knowledge-telling의 경향을 보여 주었다. 그러나 A와 G 학생의 경우 논제 유형에 있어 단순히 관찰문장에 의존하는 것이 아니라 관찰한 원 자료에 대해 개인적 감정이나 추론과 결합하여 능동적으로 조직하는 세련된 작문형태인 knowledge-transforming의 경향을 보였다.

Table 11. Relation of between Earth System Understanding and Earth System Meaning

	낮은 수준	높은 수준
지구계 이해정도	-ESU 문장의 사용 빈도와 항목수가 상대적으로 적고, 지구계와 관련된 직업에 대한 이해(ESU #7)가 나타나지 않음.	-ESU 문장의 사용 빈도와 항목수가 상대적으로 많고, 지구계와 관련된 직업에 대한 이해(ESU #7)가 잘 나타난다.
지구계 의미생성 방법	논제 유형: 사실/한정 또는 추론 문장에 비해 관찰 문장의 빈도가 상당히 높은 편임. 의미 확장: 의미 연장, 의미 강화 등을 사용하나 특정 주제에 대해 간단히 언급하는 다음 주제로 넘어감. 정보 전달: 관찰한 원 자료를 추론과 결합하지 못하고 주로 사실/한정 문장에 의존하여 단순히 나열함[knowledge-telling].	논제 유형: 추론 문장의 빈도가 높은 편임. 의미 확장: 의미 연장, 의미 강화, 의미 정교화 등 다양한 의미 확장 방법을 사용하여 특정 주제에 대해 계속적인 연결 고리를 만들. 정보 전달: 관찰한 원 자료에 대해 개인적 감정이나 추론과 결합하여 능동적으로 조직함[knowledge-transforming].
대표적 학생	D, H	A, G

결론 및 제언

본 연구의 결론 및 제언을 몇 가지 제시하면 다음과 같다.

첫째, 연구에 참여한 학생들의 야외 지질답사 보고서에는 총 7개의 지구계 이해 항목 중 태양계 속의 지구(ESU #6)를 제외한 나머지 6가지 지구계에 대한 이해가 매우 유의미 하게 반영되어 있었다. 지구계에 대한 7가지 이해 중 일부만 포함해도 지구계 교육 프로그램 모듈로서 충분히 활용될 수 있다는 측면에서 볼 때, 야외 지질답사 보고서 작성을 통해 학생들은 지구계 교육의 중요한 목표를 상당부분 인식하게 됨을 확인할 수 있다.

둘째, 연구에 참여한 학생들의 야외 지질답사 보고서에는 학생들도 과학자들처럼 지구의 미적인 가치를 충분히 인식하고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 지구에 대한 심미적 가치 인식은 자연을 탐구하고자 하는 내재적인 동기와 지구에 대한 인간의 책임감을 유발하며, 지구의 환경적 문제에 까지도 관심을 갖게 되어, 결국 지구계 관련 직업까지도 고려하게 한다는 점에서 야외지질답사 보고서를 작성하는 활동이 지구계 이해를 더욱 심화시킬 수 있는 한 가지 방법이 될 수 있을 것이다.

셋째, 학생들의 지질답사 보고서에 지구계 의미를 생성하기 위해 사용된 논제 유형은 주로 관찰, 감정, 사실/한정, 추론 문장이었다. 학생마다 정도의 차이는 있었으나 초보적인 추론 단계 이상에 도달해 있음이 나타나 있다. 또한 지구과학 탐구의 속성인 관찰과 자료 해석을 주로 사용하고 있었으므로 다른 과학 보고서와는 달리 방법 문장의 빈도가 상당히 낮게 나타남을 확인할 수 있었다. 이것으로 야외 지질 답사 보고서는 야외에서 관찰한 원 자료를 바탕으로 거시

적이고, 통합적인 지구계 개념으로 의미를 생성해 내는데 매우 유의미한 학습방법이라고 볼 수 있다.

넷째, 학생들은 지구계 개념에 대한 의미생성을 위하여 과학자들처럼 의미 확장 방법을 사용하고 있었다. 의미 확장의 방법으로 강화나 연장을 주로 사용하고 있었으며, 이러한 학생들의 의미 확장 패턴은 학생들이 지질답사 보고서를 작성하면서 지구계 개념들을 능동적으로 결합하고 정교화해 나간다는 것을 의미한다. 또한 일부 학생들은 관찰한 자료에 대해 내용공간과 담화공간을 자유롭게 이동하면서 자료와 추론을 적절히 결합하는 방식으로 정보를 제공하는 knowledge-transforming의 형태를 보여주었다. 즉, 학생들은 유의미한 의사소통을 위해 수백 년 동안 진화시켜온 과학자들의 글쓰기 특징을 선택하였다.

다섯째, 지구계 이해 정도가 상대적으로 높은 학생일수록 지구계 개념에 대한 의미생성에서도 초보적 작문 형태가 아닌 세련된 작문 형태인 knowledge-transforming을 시도하였다. 야외 지질 답사 활동을 통해 획득한 거시적이고 시스템 적인 지구계에 대한 이해는 지구계에 대한 개념을 생성하는 데에도 상당히 유의미한 관련성이 있음을 알 수 있다.

이상의 연구결과는 특정 지역 일부 학생을 대상으로 하여 환경적 이슈와 지질학적 가치가 상당히 내포된 시화호라는 특정 지역을 탐사한 후 작성한 보고서를 분석한 결과이다. 따라서 다양한 학생들을 대상으로 다른 지질답사 지역을 탐사한 후 작성한 보고서에는 지구계 이해가 얼마나 반영되어 있으며, 지구계 의미 생성 방법에 있어 어떤 특징을 보이는지에 관한 후속 연구가 필요할 것이다. 그러나 이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구 결과는 학생들이 지구계 개념과 관련하여 쓰기, 읽기, 의사소통하기를 좀 더 효율적으로 할 수 있도록 프로그램을 개발함에

있어 기초자료가 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김찬중, 박인선, 안희수, 오필석, 김동영, 박영신, 2006, 지구과학 탐구의 특징을 반영한 탐구 활동의 분석틀 개발 및 '지구의 역사와 지각 변동' 단원의 탐구 활동 분석. 한국지구과학회지, 26(8), 751-758.
- 신동희, 이양락, 이기영, 이은아, 이규석, 2005, 지구환경을 고려한 미래 지향적 지구과학 교육과정 제안. 한국과학교육학회지, 25(2), 239-259.
- 이문원, 1985, 과학교육. 과학교육사, 서울, 626 p.
- 이선경, 김희백, 장남기, 1993, 환경과 환경 교육에 관한 중등학교 과학교사들의 인식. 한국생물교육학회지, 20(1), 103-113.
- 이정희, 2004, 과학영재의 정의적 특성 및 영재성 인식에 관한 연구: 과학일지쓰기 활동을 중심으로. 서울대학교 박사학위 논문, 212 p.
- 이호진, 최경희, 2004, 과학 글쓰기에 나타나는 초등학생들의 선행개념 및 오개념. 교과교육학연구, 8(3), 421-435.
- 임은경, 1998, 지구계 교육의 현장적용에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문, 69 p.
- 최돈형, 1991, 초·중등 학생 및 교사의 환경 교육에 관한 인식 조사. 한국환경교육학회지, 5-33.
- Bereiter, C. and Scardamalia, M., 1987, The psychology of written composition. Erlbaum, Hillsdale, NJ, USA, 389 p.
- Halliday, M.A. and Martin, J.R., 1993, Writing science: literacy and discursive power, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, PA, USA, 283 p.
- Halliday, M.A., 1985, An introduction to functional grammar. Edward Arnold, Baltimore, MD, USA, 387 p.
- Keys, C.W., 1999, Language as an indicator of meaning generation: an analysis of middle school students' written discourse about scientific investigations. Journal of Research in Science Teaching, 36 (9), 1044-1061.
- Lee, E. and Rosanne, W.F., 2006, Development of the K-12 science literacy education program focused on the earth system and environment. Journal of the Korea Earth Science society, 27 (7), 723-729.
- Lee, H., 2003, A comparison of Korean and American secondary school students' understanding about Earth systems concepts and environmental topics. In Mayer, V.J. (ed.), Implementing Global Science Literacy, 81-91, The Ohio State University, Columbus, USA, 293 p.
- Mayer, V.J., 1991, A framework for earth systems education. Science Activity, 28 (1), 8-9.
- 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 practical model for the development and implementation of field trips, as an integrated part of the science curriculum. School science and mathematics, 93, 325-331.
- Orion, N., 2003, The outdoor as a central learning environment in the global science literacy framework. In Mayer, V.J. (ed.), Implementing Global Science Literacy, 53-66, The Ohio State University, Columbus, USA, 293 p.
- Osborne, R. and Wittrock, M., 1983, Learning science: A generative process. Science Education, 67, 489-508.
- Poincare, H., 1929, The foundations of science; Science and hypothesis, The value of science, science and method (Translated by G. Halsted). Science Press, Lancaster, PA, USA, 553 p.
- Rivard, L.P., 1994, A review of writing to learn in science: Implications for practice and research. Journal of Research in Science Teaching, 31, 969-983.
- Scardamalia, M. and Bereiter, C., 1986, Research on written composition. In Wittrock, M. (ed.), Handbook of research on teaching (3rd ed.), 778-799, Macmillan, New York, USA, 1037 p.

2007년 7월 3일 접수
2007년 8월 8일 수정원고 접수
2007년 9월 18일 채택