

지층에 대한 탐구 활동에서 초등영재 학생들의 관찰 및 추리 특성

문병찬 · 이경학[†] · 김해경

(광주교육대학교) · (광주문산초등학교)[†]

The Characteristics of Observing and Inferring of Elementary Gifted Students in Inquiry Activities of the Strata

Moon, Byoungchan · Lee, Gyounggak[†] · Kim, Haigyoung

(Gwangju National University of Education) · (Gwangju Munsan Elementary School)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate elementary gifted students' characteristics of observing and inferring in the inquiry activities. For this study, 40 students of the 4th and 5th grades participated in inquiry activities where the strata were developed well, Haenam Uhangri province. And we analyzed the outcomes of students' inquiry activities. The results are as follows. First, 119 units as observing results were obtained, but most of them showed that they were not focused on the portion of stratus, but that they were implicated in whole stratus as observing object. Second, 90 units were collected with reasoning results, but 4 units of them were wrong in constructing of inferring. Based on outcomes of students' inferring, elementary students preferred to apply deductive inferring method rather than use abductive inferring. Third, only 39 of 119 units acquired from observing were used for constructing inferring and 80 which were discovered from observing activities were discarded without applying of inquiry activities. Fourth, about 42% of students' inferring results were in accord with them of the geologists. But 58% views which didn't agree with geologists showed that they were applied to misconceptions among constructing inferring.

Key words : inquiry activity, observing, inferring, elementary gifted student

I. 서 론

과학에서 인정된 과학 지식은 타당성과 신뢰성을 확보한 탐구 방법을 통해 얻어진 산물이므로, 탐구 활동에서 적용된 탐구 요소들의 적절성과 올바른 절차는 발견된 지식이 과학 지식으로 인정받는데 핵심적으로 작용한다(Hazen, 2001). 그러므로 과학을 배우는 학생들에게 있어서 자연현상과 사물에 대한 과학 지식뿐만 아니라, 지식이 만들어지는 과학적 탐구 방법에 대한 이해가 매우 중요하다(Osborn, *et al.*, 2004; Lawson, 2005; Bybee, 2000; Chiappetta & Koballa, 2002). 일반적으로 과학적 탐구는 자연에 대한 유의미한 설명 체계를 제안하는 다양한 방

법과 과학 지식을 얻는데 적용되는 엄격한 과정 및 절차로 이해되고 있으나(AAAS, 1990; NRC, 1996), 과학교육의 관점에서는 과학적 탐구의 일반적 의미를 뛰어넘어 자연세계에 대한 과학자들의 연구 방법과 아이디어의 이해를 위한 학생들의 활동을 포함한다(NRC, 2000). 지금까지의 연구들을 통해서 학생들의 과학적 탐구 능력 향상은 학생들이 과학 개념과 본성에 대한 이해와 더불어 과학에 대한 긍정적인 태도의 함양에도 효과적이라는 것이 널리 알려져 있다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; 김희경 등, 2007; Llewellyn, 2002).

우리나라에서는 제3차 교육과정부터 과학과 교육목표에 '과학적 방법'을 명시함으로써 과학적 탐

구를 강조하였으며, 제7차 교육과정에서는 과학 교과 내용의 지식과 탐구 영역으로 구분하고, 이 중 탐구 영역은 탐구 활동과 탐구 과정으로, 탐구 과정은 기초와 통합 과정으로 세분하여 과학 수업에서 학생들이 지식 내용을 학습하는데 탐구 과정을 함께 이해하고 활용할 수 있도록 각 단원 및 매 차시마다 교사 지도서를 통해 안내하였다(문교부, 1973; 교육부, 2001). 더 나아가 2007년 개정교육과정에서는 교과서의 내용에서 별도로 탐구 과정을 구성하였고, ‘자유탐구’를 신설하여 학생들의 과학적 탐구 능력을 향상시키는데 비중을 크게 하였다(교육인적자원부, 2007).

한편, 탐구 과정 중, 기초 탐구 과정에 속하는 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리는 전반적인 과학 탐구 활동에서 활용도가 높을 뿐만 아니라 과학을 처음으로 접하는 초등학생들이 과학 탐구를 이해하는데도 매우 유용한 도구이다. 이 중 추리는 관찰을 통해 얻은 자료를 이용한 자연세계의 사건, 현상, 사물 등에 대한 과학적인 설명 체계(Martin *et al.*, 1997) 또는 원리와 증거로부터 결론을 도출하는 것으로서(Wason & Johnson, 1972) 단순히 관찰된 자료를 기술하는 차원을 넘어 관찰한 사실을 해석하고 설명하기 위해서 이미 알고 있거나 제공된 선 지식을 활용하여, 관찰되는 사실 뒤에 숨은 내용 또는 사실을 뛰어 넘어 직접 지각할 수 없는 현상을 포착하는 활동으로 정의된다(교육부, 2001; Funk, *et al.*, 1979). 또한 추리는 관찰 자료나 이미 알고 있는 구체적인 지식으로부터 포괄적인 결론을 이끌어내는 귀납적 일반화와 과학적 법칙이나 이론으로부터 특정한 사실을 도출하는 연역적 추론, 가설을 제시하고 그 가설을 검증하는 가설 연역적 검증 방법 등을 포함하는 포괄성을 지니고도 있다(유모경과 조희형, 2003; 조희형과 최경희, 2006).

추리 활동이 효과적으로 이루어지기 위해서는 정확하고 다양한 관찰이 선행되어야 하며, 관찰한 사실들을 자신의 경험이나 선지식과 연결시키는 과정이 매우 중요하다(서울대학교 과학교육연구소, 2005). 특히 관찰이나 측정 활동은 감각에 의존하여 구체적이고 객관적인 사실에 대한 자료 수집의 독립적 특성이 강한 반면, 추리 활동은 관찰되어진 구체적 사실과 이것에 연관된 주관적인 선 경험을 상호조합하여 인과관계에 대한 추상적인 설명 체계를 구성하는 것으로, 이 과정에서 학생들의 과학적인 사고

활동과 과학 지식이 어떻게 만들어지는지에 대한 과학 방법의 이해가 필수적으로 요구된다. 그러므로 최근 과학교육 분야에서 학생들의 과학적 사고 활동의 촉진(권용주 등, 2000; 강은미 등, 2006) 및 과학의 본성에 대한 이해의 중요성이 과거에 비해 크게 높아지고 있는 점에 비추어볼 때 과학을 시작하는 초등학교 때부터 과학 수업을 통한 학생들의 추리 활동의 지도는 매우 중요하다고 볼 수 있다.

그럼에도 불구하고, 과학교육과 관련된 많은 연구 결과들은 현재 학교에서 이루어지고 있는 탐구 활동 및 탐구 교육에 대해서 만족스럽지 못함을 나타내고 있다(Bell *et al.*, 2003; Germann *et al.*, 1996). 물론, 위 결과의 원인에는 많은 요인들이 관련되어 있을 것이나, 그 중 지금까지의 초등과학 교과서가 탐구 과정에 대한 내용을 별도로 다루고 있지 않은 상황에서 과학의 최종 산물인 과학 지식을 학생들에게 소개하고, 실험 활동을 통해 그 결과를 확인하는 구성이 주를 이루므로써 학생들이 탐구 과정에 대한 학습을 제대로 이루지 못하는 측면이 지적된다(김희경 등, 2007). 한편으로는 교사들에게 과학 수업을 통해서 교과서의 한계를 극복하고 학생들이 과학적 탐구에 대한 이해를 높일 수 있도록 탐구 수업 전략을 강조하고 있으나, 실제로 그 효과는 크지 않은 것으로 보여진다. 특히, 탐구 활동 중 추리와 관련하여, 김희경 등(2007)은 우리나라 제7차 교육과정의 3~10학년 과학교과서에서 추리와 관련된 내용은 3학년에서 20회가 나타난 반면 6학년에서는 총 89회로 증가함으로써 학년이 올라감에 따라 초등학교 과학교과서에서도 추리에 대한 중요성이 크게 높아지고는 있으나, 관찰과 측정에 비해 독립적인 탐구 과정으로서의 추리에 대한 연구는 충분하지 못함을 지적하고 있다.

따라서, 이 연구의 목적은 초등학교 지역 과학영재반 학생들을 대상으로 야외 지층을 통해 독립적인 차원에서 관찰과 추리 활동을 경험시키고, 이 과정에서 나타나는 학생들의 관찰과 추리에 대한 특징들을 조사하는 것이다. 연구의 목적을 달성하기 위한 구체적인 연구 문제로 첫째, 관찰 활동은 어떤 특징이 있는가. 둘째, 학생들의 추리 활동에서는 어떤 특징이 나타나는가. 셋째, 관찰과 추리 활동 간 상호작용은 어떻게 이루어지는가. 넷째, 추리의 결과가 과학적이거나 과학적이지 못하는 것에 영향을 크게 미치는 요인은 무엇인가를 설정하였다.

II. 연구 방법 및 절차

이 연구는 G광역시에 소재하는 지역 단위별 9개 초등학교에서 20명씩 과학영재반 학생으로 선발된 4학년과 5학년 40명을 대상으로 하였다. 학생들의 관찰과 추리의 특성을 알아보기 위해 관찰과 추리에 대한 사전 교육용 자료를 선정하고, 검사 도구를 개발하였다(부록 1). 사전 교육용 자료는 Funk *et al.* (1979)이 소개한 추리 활동 자료를 번역한 것이며, 검사 도구는 지질학을 전공한 전문가 2인과 초등과학교육 전문가 2인을 포함하여 석사 과정에서 초등과학교육을 연구하는 교사 10명이 개발 과정에 공동으로 참여하였다.

학생들을 대상으로 관찰과 추리 활동에 대한 전반적인 내용들을 안내하는 수업을 공동 연구자 중 1인이 실시하였으며, 이 과정에서 관찰과 추리의 사전 교육용 도구가 사용되었다. 수업이 이루어진 다음 날, 지층이 잘 발달된 해남군 우항리 공룡화석지에서 탐구 활동을 실시하였다. 탐구 활동에서 학생들에게 야외에서 관찰과 추리 활동을 위한 충분한 시간을 제공하였으나, 학생들은 관찰과 추리 활동을 모두 수행하는데 평균 한 시간 정도를 사용하였다. 본 연구의 문제를 해결하기 위해서 학생들로부터 얻어진 자료들은 연구자들이 함께 토론하였으며, 이 과정에서 연구자들이 최종 합의한 자료와 결과들을 결론을 도출하는데 사용하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 관찰 활동

야외에서 지층을 대상으로 관찰 활동을 실시한 결과, 40명의 학생들은 총 119개를 관찰 결과로 기술하였다. 관찰 결과 119개는 서로 다른 학생들 간 내용이 서로 중복되었다고 하더라도 이를 각각 다른 관찰 결과로 인정하여 전체 관찰수를 구한 값이다. 야외에서 지층을 대상으로 하였기 때문에 학생들은 시각을 활용한 관찰이 우세하였으나, 지층의 표면을 손바닥을 사용하여 만져보는 등 촉각을 사용하는 경우도 있었다. 학생들이 관찰 결과로 제시한 것 중 「까칠까칠하다」는 대부분의 학생들이 촉각을 사용하였지만 일부 학생들은 단지 시각을 통해 까칠까칠한 특성을 인지하고 이를 기록하기도 하였다.

이 연구에서는 학생들이 감각 중 촉각이 사용된 경우에 한정하여 촉각에 의한 관찰 결과로 인정하였다. 4학년과 5학년 간 관찰 수 비교에서 큰 차이는 나타나지 않았으나, 4학년에 비해 5학년 학생들이 촉각을 사용한 관찰에서 다소 우세하였다(표 1).

관찰 활동에서 나타난 특징은 관찰 대상인 지층을 각각의 부분으로 따로 구분하여 지층 속에 포함된 자갈 각각에 대한 특징, 퇴적 구조, 지층의 부분적 색깔 변화 등을 관찰하기 보다는 지층의 전체적인 특징에 대한 관찰 경향이 매우 우세하였다(표 2).

예를 들면, 지층의 표면에서 보여지는 여러 개의 자갈들이 모양, 색깔, 그리고 닳아진 정도나 형태가 각각 다른 특징을 보이고 있었으나, 학생들은 지층에서 자갈들의 전체적인 크기 변화에 대한 경향성, 많은 자갈들이 진흙과 서로 엉겨 붙어있는 지층 표면의 특징 등에 대한 관찰이 매우 우세하였다.

색깔에 있어서도 자갈 각각의 색깔이나 지층의 각 부분에서 나타나는 다양한 색깔의 특징보다는 지층의 전체적인 색깔을 관찰한 학생들이 매우 우세하였다. 이 지역의 지층을 대상으로 연구한 지질학자들은 지층에 대한 전체적인 관점에서의 관찰뿐만 아니라 지층의 각 부분에서 나타나는 자갈 하나 하나의 특징, 지층의 각 부분에서 나타나는 서로 다른 색깔 그리고 각각의 자갈들이 지층 속에 놓여진 모양, 자갈과 모래, 진흙 간 혼합 비율 변화 등의 관찰 결과를 이 지역에 대한 추리의 자료로 활용하여 의미 있는 과학 지식으로 발전시켰으나(Chun, 1990), 학생들은 지층의 세부적인 부분에 대한 관찰은 거의 이루어지지 않았다. 이러한 연구 결과는 강은미 등(2006)에 의해 제시된 초등학교 6학년 학생들의 관찰 특성 과도 유사하다. 위 선행 연구의 결과에서 6학년 학생들에 의해 얻어진 총 404개의 관찰 수 중 전체에 대한 관찰 수는 321개(79%), 부분 관찰은 83개(21%)로서, 초등학생들은 관찰 활동에서 부분에 대한 섬세한 관찰보다는 관찰 대상에 대한 전체적인 특성을 관찰하는 경향이 우세함을 알 수 있다.

표 1. 관찰 수 및 사용한 감각기관

학년 (학생수)	관찰 수	사용한 감각				
		시각	후각	미각	청각	촉각
4학년(20)	56	47				9
5학년(20)	63	45	1			17
계 (40)	119	92	1			26

표 2. 관찰 내용에서 지층 전체와 부분에 대한 관찰 수

전체 관찰의 예	부분 관찰의 예	관찰 수	
		전체	부분
-지층이 찰흙에 돌은 섞여서 반죽한 모습이다. -자갈이 위로 갈수록 점점 작아진다. -돌들이 많이 지층에 붙어있다. -지층의 표면이 울퉁불퉁하다. -색깔은 진한 고동색과 회색이다. -지층이 계단처럼 불룩하다. -알갱이들이 불룩 튀어나왔다. -울퉁불퉁하고 걸쭉하다. 등	-가장 큰 자갈은 5 cm이다. -작은 자갈이 새끼손톱만하다. -자갈의 색이 흰색, 회색이다. -자갈이 한쪽은 뾰족하고, 다른쪽은 매끄럽다. -지층의 한부분에 구멍이 있다. -지층의 아래에 손바닥만한 자갈이 있다. 등	103	16
계		119	

과학에서 관찰은 관찰하는 목적에 따라 달라질 뿐, 전체적이거나 또는 부분적 관찰 중, 어느 것이 절대적 가치가 높거나 우수한 관찰로 인정되는 것은 아니다. 다만, 과학을 배워가는 초등학교 학생들에게 자연에서 쉽게 지나칠 수 있는 작은 특징에 대한 관찰이 복잡한 자연의 원리를 해석하는데 결정적인 단서를 제공해 줄 수도 있다는 과학의 본성에 대한 이해를 돕기 위해 관찰 활동에서 부분에 대한 섬세한 관찰 또한 관심을 갖도록 하는 것이 필요할 것으로 보인다.

2. 추리 활동

추리는 어떤 일이 일어난 이유를 생각해 보는 것(교육인적자원부, 2008)으로 정의할 때, 연구에 참여한 40명의 학생들 중, 관찰, 예상 또는 선지식을 추리의 결과로 잘못 기술한 4명을 제외하면, 36명 학생들이 기술한 추리의 결과는 어떤 일이 일어난 이유를 생각하고 있다는 점에서 옳은 것으로 분류되었다.

36명 학생들이 추리한 내용을 분석하여 추리된 결과에 대한 과학적인 판단은 무시하고, 단지 추리의 과정에서 나타난 절차의 특징에 따라 학생들이 적용한 탐구 방법을 귀납법, 연역법, 귀추법으로 구분하였다. 이 연구에서 적용된 학생들의 탐구 방법 분류는 오펜석(2006)이 제시한 분류법에 근거하였으며, 오펜석(2006)의 연구에서 ‘결과(result)’에 해당하는 것은 이 연구에서는 학생들의 관찰 내용으로, ‘규칙(rule)’은 학생들이 추리 과정에서 사용한 선경험(선지식)으로, 그리고 ‘경우(case)’는 학생들이 진술한 우항리 지층에 대한 과거의 퇴적 환경의 추리 내용에 해당되는 것으로 간주하였다. 본 연구에서 학생들의 추리 내용을 논증 구조의 요소 중 ‘결과’

에 대비한 이유는 자연 조건에 따라 퇴적물들이 운반되어 퇴적된 후 지질학적 과정을 통해 만들어진 지층의 특징 및 형태의 경우는 매우 다양하며, 학생들이 탐구 활동을 통해 다양한 경우의 지층에서 그 중 어떤 경우에 해당되었는가를 추리해 보는 것이 중심이었기 때문이다.

학생들의 탐구 방법을 분류해 본 결과, 대부분의 학생들은 지층에 대한 추리 활동에서 연역적 탐구 방법이 우세하였으며, 적은 수의 학생들에게서 귀추적 탐구 방법이 나타난 반면 귀납적인 탐구 방법은 나타나지 않았다(표 3). 단일 지역에서 지층을 관찰하고, 이 지층이 만들어졌던 과거의 주변 자연환경을 추리해 보는 것이 본 연구에서 학생들의 주요한 탐구 문제였던 것을 고려해 볼 때, 학생들의 탐구 과정에서 지층 형성에 대한 과학적 규칙을 산출하는 것은 적절치 않으므로, 학생들이 탐구 활동에서 귀납적인 방법을 사용하지 않은 것은 당연한 것으로 보여진다.

학생들의 추리 내용을 분석한 결과, 대부분의 학생들은 「운반되는 퇴적물의 크기와 양은 퇴적물을 이동하는 물의 양과 속도, 하도의 경사도 그리고 퇴적물이 쌓였던 지역의 수심에 비례한다.」는 학생들이 나름대로의 선경험(선지식)에 근거한 규칙을 사용하여, 탐구 활동이 이루어진 지층이 만들어진 과거의 자연환경을 「수심이 깊은 곳이었으며, 이곳으로

표 3. 학생들의 추리 활동

학년(학생수)	총추리 수	귀추법	연역법	기타
4학년(20)	37	1	35	1
5학년(20)	53	4	46	3
계 (40)	90	5	81	4

유입되는 하천 바닥의 경사가 컸을 뿐만 아니라 많은 물이 흐르고 있었다.»의 경우로 생각하고, 그러므로 관찰한 지층에서 「입자가 큰 자갈들이 많이 포함되어 있고, 층의 두께가 매우 두꺼우며, 자갈 외에도 모래와 진흙의 퇴적물들이 많이 쌓여 있는 것이다.»라는 결과를 산출함으로써 연역적인 탐구 방법을 사용하였다. 예를 들면,

「물의 양은 많았을 것이다. 왜냐하면 물이 많다고 생각한 이유는 지층이 깊기 때문이다.」, 「알갱이의 크기는 작았을 것이다. 왜냐하면 경사는 급해야 작은 모래 알갱이들이 쌓일 것이고, 물의 양이 많아야 잘 쌓일 것이기 때문이다.」 등.

반면, 5명의 학생들은 지층에서 관찰된 「입자가 큰 자갈들이 많이 포함되어 있고, 층의 두께가 매우 두꺼우며, 자갈 외에도 모래와 진흙의 퇴적물들이 많이 쌓여 있다.»의 결과와 「운반되는 퇴적물의 크기와 양은 퇴적물을 이동하는 물의 양과 경사도 그리고 퇴적물이 쌓였던 지역의 수심에 비례한다.»는 규칙을 사용하여, 「수심이 깊은 호수였으며, 이곳으로 유입되는 하천의 경사가 컸을 뿐만 아니라 많은 물이 흐르고 있었다.»는 경우를 산출함으로써 귀추법을 사용하였다. 귀추적 탐구 방법에 대한 학생들의 예를 들면,

「아래에 있는 자갈이 높이 있는 바위에 올라와 있으므로 호수의 물은 많고 깊었을 것 같다. 여러 자갈들이 같이 굳어 있는 것으로 보아 종류쯤으로 생각된다. 돌이 울퉁불퉁하였으며 거칠었으니까, 상류이고 물살이 빨랐을 것이다. 지층의 모양으로 보아서 물의 깊이는 매우 깊었을 것이다.» 등.

전제가 참일 경우 그로부터 도출되는 결론은 반드시 참인 연역법과는 달리 귀추법은 어떤 ‘결과’를 경험한 추론자가 특정한 ‘규칙’을 활용하여 그 결과를 발생시킬 수 있는 가능성 있는 ‘경우’들을 제시하는 것으로써 결국 부분을 들어 전체를 일반화한다는 관점에서 엄격한 논리적 기준에서는 타당하지 않음이 인정된다(오필석, 2006). 그럼에도 불구하고, 위와 같은 귀추법은 현재 남아 있는 부분적이고 제한적인 증거들로부터 과거에 일어났던 과정들을 추론해야 하는 지구과학의 탐구에서는 중요한 역할을 한다(Baker, 2000; Kim, 2002).

본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 연역법을

사용한 학생들의 경우, 적용한 선경험의 규칙과 추리한 내용의 경우가 참일 경우, 연역법의 진리 보존적 논증 방법에 의해 학생들이 관찰 결과는 반드시 참이어야 한다. 그러나 귀추법을 사용한 경우, 설령 학생들의 관찰 내용과 적용된 선경험이 참일지라도 추리의 내용은 반드시 참이라고 볼 수 없다. 이런 맥락에서 학생들의 과학 탐구 활동에서 귀추법의 활용은 학생들에게 과학 탐구 활동뿐만 아니라, 탐구 활동을 통해 얻어진 과학 지식이 반드시 참이지 않을 수도 있는 한계와 다양한 요소들 간 상호작용에 의해 자연 현상으로 나타나는 복잡성에 대한 과학의 본성(강석태, 2002)을 이해시키는데도 효과적이다. 그러므로 지층에 대한 탐구 활동에서 학생들에게 지구과학에서 유용한 탐구 방법인 귀추법을 널리 활용할 필요가 있다.

학생들의 추리 내용에서 나타난 두드러진 특징은 학생들이 연역법 또는 귀납법을 사용한 경우에 관계없이 모든 학생들이 한 개의 결과와 한 개의 규칙을 사용하여 한 개의 경우를 산출하거나 또는 한 개의 규칙과 경우에서 한 개의 결과를 산출하였다. 이는 학생들이 자연현상에 대한 인과 관계의 탐구에서 한 개의 핵심적 원인에 대한 강한 의존성을 가지고 있음을 의미한다. 그러나 자연현상은 쉽게 인지되는 단일 요소에 의한 인과 관계의 결과이기 보다는 수많은 요소들이 복잡하게 관계하여 나타난 현상이다. 최근, 과학교육 분야에서는 학생들이 자연현상을 해석하고 설명함에 있어서 단편적인 관찰과 선경험이 자연현상을 초래한 핵심적인 원인이라고 생각하는 수렴적 사고 경향을 지양하고, 위와 같은 학생들에게 자연의 복잡성을 이해시켜 자연현상에 관계하는 다양한 원인들과 그들 간의 상호 작용을 탐색해 보도록 하는 발산적이고 통찰적인 사고를 향상시키는데 관심이 높다(Resnick, 1996). 이런 맥락에서, 과학 탐구 활동 중 학생들이 가능한 많은 자료를 수집하고, 얻어진 자료들의 다양한 조합을 통해 자연현상과 사물에 내재된 인과관계를 생각해 보게 하는 것에 더 많은 관심이 요구된다.

3. 관찰과 추리 활동의 관계성

지층과 점이층리가 잘 나타나는 지점에서 동일한 대상을 통해 학생들이 관찰과 추리 활동을 각각 실시한 결과, 관찰 수는 119개, 추리 수는 86개였으며, 추리에 있어서는 4학년 36개, 5학년이 50개로 5

학년 학생들이 4학년에 비해 추리 수가 많았다. 위 결과를 바탕으로 학생들이 추리 활동 전에 지층에서 관찰을 통해 얻어진 사실들이 추리 활동에서 얼마나 활용하고 있는지를 알아보았다(표 4).

표 4에서 나타낸 바와 같이 4학년의 경우 관찰을 통해 얻은 사실은 56개였으나, 이 중 추리 활동에서 사용한 관찰 사실은 16개였다. 5학년의 경우에도 63개의 관찰 사실 중, 추리에서 23개를 활용하였다. 이러한 연구 결과는 많은 학생들이 감각을 통해 얻어진 관찰 사실들에 대해 인과 관계의 호기심이 크지 않음을 의미한다. 관찰 활동에서 수집한 사실들이 추리 활동에서 사용되지 않은 5학년 학생의 예를 들어보면 다음과 같다.

「관찰」: 이 지층에는 자갈이 큰 것은 아래에 있고 작은 것은 위에 있고 촉감은 위쪽은 까칠까칠하고 아래쪽은 뽀족하여 아프다. 자갈의 크기는 큰 것은 4~5 cm, 작은 것은 약 1~2 cm이다.

「추리」: 호수의 깊이는 약간 깊었을 것이다. 왜냐하면 퇴적물이 들어오니까 아래에 퇴적물이 쌓이는데 공룡들이 밟아서 약간 깊은 것 같다. 경사는 공룡이 밟아서 급할 것 같고, 물의 양은 공룡이나 퇴적물이 들어오면 물이 조금씩 빠져나오니까 보통인 것 같다.

위 학생의 경우, 지층에 대한 관찰을 통해 「지층 아래 부분의 자갈이 윗부분에 있는 것보다 크기가 크다. 지층의 위쪽과 아래쪽에 있는 자갈들의 촉감이 서로 다르다. 자갈의 크기가 서로 다른 것들이 함께 퇴적되어 있다.」 등의 사실을 발견했음에도 불구하고, 왜 그런 특징이 나타나는지에 대한 의문을 갖지 않음으로써 추리 활동을 통해서 그 이유를 밝히려는 시도는 나타나지 않았다. 학생들이 지층의 관찰을 통해서 발견한 사실은 총 119개였다. 이 중,

표 4. 학생들의 관찰 사실 활용도

학년 (학생수)	관찰 수	추리 수	추리 활동에 활용된 관찰 수	관찰과 추리 활동 간 관계성(%)
4학년(20)	56	36	16	28.6
5학년(20)	63	50	23	36.5
계 (40)	119	86*	39	32.8

*올바른 추리의 결과로 인정되지 않은 4개는 제외함.

관찰한 사실에 대해 발생한 의문을 해결하기 위한 추리 활동에서 39개(32.8%)가 사용되었다는 것은 과학 탐구에 참여한 많은 학생들이 자연에서 다양한 사실들을 관찰하면서도 왜 그렇게 되었는지에 대한 의문 발생 정도가 매우 낮을 뿐만 아니라 탐구 과정에서 발견된 관찰 사실들이 추리와 가설 설정 등과 같은 또 다른 탐구 과정에서 효과적으로 사용되지 못함을 시사한다.

일부 학생들에게서 관찰 사실을 추리 활동과 연계하여 추리에 대한 증거로 활용한 경우가 나타났다. 예를 들면, 「관찰」: 위로 올라가면서 알갱이의 크기가 작아진다, 아래쪽은 위쪽보다 더 까칠까칠하다, 지층의 색은 비슷하다, 「추리」: 「과거 이 지역에서는 물길의 경사가 급하게 변했다. 그때 모래, 자갈, 진흙 퇴적물들이 같이 쓸려가다가 대부분은 아래로 내려가고 크기가 작은 것은 위로 올라가 쌓였을 것이다.」라고 진술한 학생의 경우, 관찰 활동에서 지층 상부로 갈수록 크기가 작아지는 자갈의 특징을 인지하고, 추리 활동에서는 큰 것과 작은 것, 무거움과 가벼움에 따라 물속에서 발생하는 침전속도의 차이에 대한 선지식을 선경험으로 활용하여 이유를 설명함으로써 관찰로 인지한 사실이 추리를 하는데 효과적으로 활용되었다. 그러나 이 학생 또한 관찰 사실인 「아래쪽이 위쪽보다 더 까칠까칠하다.」, 「지층의 색은 비슷하다.」 등은 그 인과 관계를 규명하기 위한 추리 활동과 연계되지 않았다.

과학 탐구 활동에서 매우 중요하게 인식되어지는 관찰은 자연현상과 사물에 대해 단순히 오감을 통해 인지된 사실을 기록하는 것 이상의 의미를 갖는다. 그럼에도 불구하고 본 연구의 추리 활동에서 나타난 관찰에서는 학생들이 단순히 감각을 통해 자연현상과 사물에 대한 정보를 수집하는 차원에서의 관찰 활동이 주를 이루었다. 위 연구의 결과에 비추어볼 때, 초등학생들의 과학 탐구 활동에서 관찰에 대한 구체적으로 목적을 설정해 줌으로써 관찰로 얻은 많은 과학적 사실들이 또 다른 탐구 과정과 연계되어 효과적으로 활용될 수 있도록 도와줄 수 있는 방안 모색이 필요할 것으로 생각된다.

4. 학생들의 추리 결과에 대한 과학적 판단

학생들이 추리한 내용과 이 지역에 대한 지질학자들의 추리 내용(전라남도 해남군, 1998, 2000, 2007)을 서로 비교하여 차이점을 조사하고, 학생들이 과

학자들의 추리와 다르게 나타나는 이유에 대해 분석해 보았다.

지질학자들의 추리 내용에 근거해 볼 때, 탐구 활동이 이루어진 지역에 나타나는 지층은 중생대 백악기 말 호수가 인접한 선상지 환경에서 주변으로부터 지속적으로 공급된 쇄설성 퇴적물 및 화산 분출물에 의해 오랜 시간에 걸쳐 퇴적 활동이 이루어진 곳이며, 퇴적물들의 입도는 모래 또는 진흙 크기의 세립질이 우세하나, 간헐적으로 증가된 물에 의해 자갈과 같은 조립질 퇴적물들이 세립질과 함께 공급되어 퇴적되는 과정에서 자갈, 모래, 진흙 퇴적물들이 점이층리를 형성하였다(Chun, 1990). 이후, 시간이 지남에 따라 퇴적층이 두꺼워지면서 하부의 퇴적층은 고화 작용과 암석화 과정을 거쳐 주변 지역의 용기, 침식 등 다양한 지질학적 작용을 통해 현재 우리에게 관찰된다. 학생들의 추리한 86개의 내용에서 지질학자들의 추리 내용과 일치하는 과학적 추리는 38개(44%)였다.

연구에 참여한 학생들은 3학년 과정에서 「흙을 나르는 물」, 4학년의 「지층을 찾아서」 단원에 대한 과학 수업에서 물에 의한 흙의 운반 및 퇴적, 침식, 지층의 생성 과정 및 지층에서 알갱이 크기와 관련된 자연환경에 대해 학습한 경험을 가지고 있다(교육부, 2001). 그러므로 학생들의 선경험인 「물속에서 큰 자갈은 모래나 진흙에 비해 빨리 가라앉는다.」, 「무거운 자갈은 힘이 약한 물에 의해 운반되지 않는다.」, 「경사가 급하면 흐르는 물의 속도가 빠르다.」 등과 탐구 활동에서 지층 관찰을 통해 얻은 과학 지식을 조합하면, 탐구 활동이 이루어진 지역에 대한 과거 자연환경을 추리함에 있어서 지질학자들의 추리 내용 중 「경사가 급했다.」, 「퇴적된 곳의 수심은 얇았다.」, 「퇴적 활동이 일어난 장소는 매우 넓었다.」, 「퇴적물을 운반한 물의 양은 많았다.」, 「퇴적물을 운반한 물의 속도는 빨랐다.」, 「자갈 모래, 진흙들이 한꺼번에 운반되었다.」 등은 학생들 또한 추리할 수 있는 것으로 판단하였다.

연구 결과, 4학년은 총 추리수의 42%, 5학년은 총 추리수의 46%가 과학적 추리에 해당하였다. 연구에 참여한 4학년은 「지층을 찾아서」 단원이 4학년 2학기에 다루어지므로 탐구 활동이 이루어진 시점에서 학교에서의 학습 경험이 없었으나, 5학년의 경우에는 이미 4학년 때 지층에 대한 학습 경험을 가지고 있음에도 불구하고 학년 간 큰 차이는 나타

나지 않았으며, 다만 5학년 학생들에게서는 4학년에 비해 「지층」이란 용어가 더 많이 사용되었다(표 5).

학생들의 추리에서 과학적 추리에 속하는 내용의 대부분은 「경사가 급했다. 퇴적물을 운반한 물의 양은 많았다. 퇴적물을 운반한 물의 속도는 빨랐다.」였다. 학생들이 과학적 추리를 하는데 동원된 관찰 근거는 「지층에 큰 자갈이 있다. 지층이 크다. 지층이 두껍다.」이며, 이를 통해, 학생들은 큰 자갈과 많은 퇴적물을 운반하고 퇴적시키기 위해서는 「흐르는 물이 많아야 하고, 유속이 빨라야 하며, 물길의 경사가 급해야 한다.」는 선경험(선지식)을 적용하였다.

반면, 과학자들의 연구 결과와 다르게 나타난 학생들 추리의 대부분은 「퇴적물들이 쌓인 이 지역은 과거 수심이 매우 깊은 호수의 중심부였다.」이다. 학생들이 추리하는데 사용한 관찰 근거로는 과학적 추리에서 근거로 사용된 「지층의 두께가 두껍다. 큰자갈이 있다. 지층이 높다.」와 동일하였다. 관찰 근거로 제시한 내용과 추리 결과를 관계지어 볼 때, 학생들은 「지층의 두께와 지층을 만든 퇴적물이 쌓였던 과거의 호수 깊이는 같다.」, 「크기가 큰 자갈은 물의 양이 많은 호수의 가장 깊은 곳까지 운반된다.」는 선경험(선지식)을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 학생들의 추리 내용 중 위와 같은 선경험을 가진 학생들의 예를 들면,

「물의 깊이가 깊었을 것이다. 왜냐하면, 지층이 높기 때문이다.」, 「깊이가 깊었을 것이다. 큰 돌이 더 많고 흙이 별로 없기 때문이다.」, 「호수의 깊이는 깊었다. 그래서 층의 높이가 크다.」, 「호수의 깊이는 매우 깊었다. 그 이유는 지층이 큰데 이것을 다 덮고도 물이 남았기 때문이다.」, 「호수의 깊이는 깊었을 것이다. 왜냐하면 호수의 깊이가 깊지 않고 얇았더라면 지층의 높이는 높지 않았을 것 같기 때문에,」, 「무거운 돌이 왔으므로 깊이는 깊었을 것이다.」 등.

연구 결과에 근거해 볼 때, 학생들의 추리 내용이 과학자들의 추리와 차이가 나는 것에 가장 큰 영향

표 5. 학생들의 추리 결과에 대한 과학적 비율

학년(학생수)	총 추리 수	과학적 추리	%
4학년(20)	36	15	42
5학년(20)	50	23	46
계 (40)	86	38	44

을 미친 요소는 학생들의 잘못된 선경험(선지식)이다. 왜냐하면, 학생들의 추리 내용에서 증거로 제시한 관찰 결과인 지층의 두께, 지층을 구성하는 입자들의 크기, 형태 및 분포, 색깔 등은 지질학자들이 추리 과정에서 사용한 관찰 사실과 크게 다르지 않기 때문이다. 추리는 관찰과 선경험을 조합하여 그 결과를 산출하는 탐구 과정이다. 그러므로 학생들이 관찰한 내용과 지질학자들이 관찰한 내용이 유사한 반면, 추리 결과에서 차이가 나타나는 것은 추리의 또 다른 요소인 선경험에서 발생하는 차이에서 그 원인을 찾을 수 있다. 결론적으로 학생들의 지층에 대한 오개념이 선경험으로 작용됨으로써, 과거 자연환경에 대한 비과학적인 추리 결과가 도출되었다.

특히, 많은 학생들의 선경험에서 두드러진 오개념은 지각의 침강과 융기에 관련된 개념이 많았다. 학생들은 지각이 수직 운동을 할 수 있다는 것에 대해 잘 알지 못함으로써, 퇴적물들이 물속에서 쌓여 만들어진 지층의 두께가 과거 퇴적물이 쌓인 지역의 수심과 같다는 오개념을 가지고 있었다. 일부 학생들의 경우, 호수에 있는 물이 증발되어 사라짐으로써 지층이 현재와 같이 관찰될 수 있기 때문에 지층의 상부가 과거 호수의 바닥이었다고 생각하기도 하였다. 이 또한 지각의 수직 운동과 침식 작용에 대한 오개념에서 비롯된 결과로 생각된다.

IV. 결 론

본 연구는 지층을 대상으로 초등학교 4학년과 5학년 학생들이 수행한 탐구 활동에서 나타난 관찰 및 추리의 특성을 알아보는데 그 목적이 있었다. 그러나 이 연구에서 탐구 활동에 참여한 학생들이 일반 초등학교 학급이 아닌, 주변 9개 초등학교에서 별도의 절차를 거쳐 선발된 영재 학급 학생들이었으므로 위 결과를 우리나라 일반 초등학교 4학년과 5학년 학생들에게 일반화 하는 것은 무리가 있다.

본 연구의 결과에 근거해 볼 때, 탐구 활동에서 나타난 바와 같이 학생들은 시각과 촉각 등 적절한 감각기관을 사용하여 정량적 또는 정성적 관찰을 수행하였으므로 관찰의 개념과 적용 방법에 있어서는 비교적 높은 이해를 하고 있으나, 탐구 활동에서 관찰을 왜 하는지에 대한 이해와 관찰로 얻은 지식을 또 다른 탐구 활동과 연계시키는 능력은 낮다고 결

론을 내릴 수 있다. 또한 관찰과 연계된 추리 활동에서 나타난 학생들의 결과는 학생들이 탐구 활동에서 관찰과 추리 활동과의 밀접한 관련성에 대한 이해가 매우 낮음을 잘 보여준다.

학생들의 추리 활동에서 지질학자들과 크게 다르지 않은 관찰 내용을 사용하였음에도 지질학자들과는 매우 다른 추리 결과를 나타낸 것은 과학적 추리에 있어서 선지식의 중요성을 시사함과 동시에 연구에 참여한 초등학생들이 지층에 대해 많은 오개념을 선지식으로 가지고 있다고 결론을 내릴 수 있다.

따라서, 초등학생들의 효과적인 탐구 활동을 이끌기 위해서는 학교의 과학 수업을 통해서 학생들이 탐구 활동에서 관찰을 통해 얻고자 하는 구체적인 목적을 이해하도록 안내하고, 관찰로 얻어진 과학적 사실들을 또 다른 탐구 과정에 효과적으로 사용할 수 있는 학습이 이루어질 수 있도록 교육하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 또한 추리 활동에서 선지식의 과학적 개념의 중요성을 특히 강조하여 학생들 스스로 과학개념들을 능동적으로 학습하는데 보탬이 될 수 있는 효과적인 수업 전략을 모색하는 것이 필요할 것으로 제안한다.

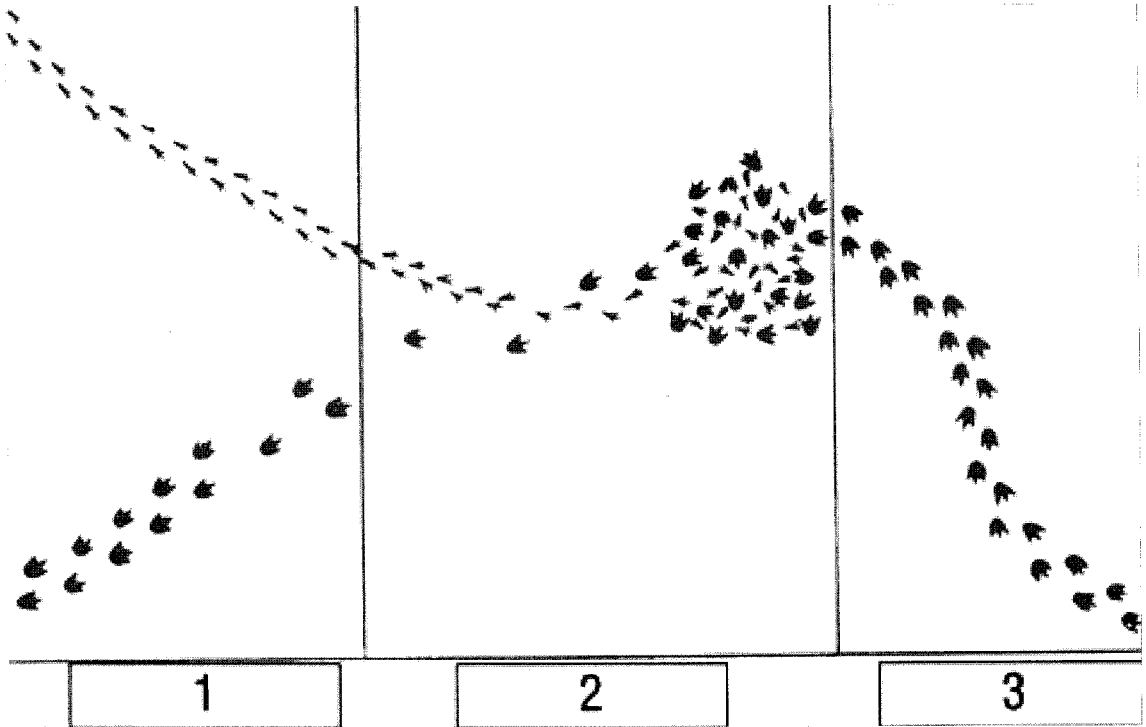
참고문헌

- 강석태(2002). 카오스와 복잡계의 과학(이노우에 마사요시 지음). 서울: 한승.
- 강은미, 신동훈, 권용주(2006). 과학 지식 생성학습을 통한 초등학생들의 가설 지식 생성 능력의 발달. *초등과학교육*, 25(3), 257-270.
- 교육부(2001). 초등학교 과학교사용 지도서 3-1. 서울: 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부(2007). 과학과 교육과정. 교육인적자원부 고시 제2007-79호.
- 교육인적자원부(2008). 초등과학교과서(실험본). 서울: (주) 금성출판사.
- 권용주, 양일호, 정원우(2000). 예비과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. *한국과학교육학회지*, 20, 29-42.
- 김희경, 박보화, 이봉우(2007). 우리나라 과학교과서에 나타난 기초 탐구 과정 분석: 분류, 예상 및 추리 탐구 요소를 중심으로. *초등과학교육*, 26(5), 499-508.
- 문교부(1973). 과학과 교육과정(제3차 교육과정). 서

- 울: 대한교과서주식회사.
- 서울대학교 과학교육연구소(2005). 성공적인 중학 과학 탐구 수업을 위한 길라잡이 자료.
- 오필석(2006). 지구환경적 문제 해결과정에서 귀추적 추론을 위한 규칙 추리 전략들. *한국과학교육학회지*, 26(4), 546-558.
- 유모경, 조희형(2003). 중학교 1학년 과학 교과서의 탐구 영역 분석. *한국과학교육학회지*, 23(5), 494-504.
- 전라남도 해남군(1998). 해남 공룡화석지 종합학술연구. 광주: 도서출판 무돌.
- 전라남도 해남군(2000). 해남 공룡화석지 보존방안 학술연구. 자연유산보존협회.
- 전라남도 해남군(2007). 해남 우항리 국제 공룡 심포지움. 광주: 전남대학교 출판부.
- 조희형, 최경희(2006). 과학교육의 이론과 실제. 서울: 교육과학사.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education*, 82, 417-436.
- American Association for the Advancement of Science (1990). *Science for all Americans*. New York, NY: Oxford University of Press.
- Baker, V. R. (2000). Conversing with the Earth: The geological approach to understanding. In R. Froedman(Ed), *Earth matters: The earth sciences, philosophy, and the claims of community*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487-509.
- Bybee, R. W. (2000). Teaching science as inquiry. In J. Minstrell & E. H. van Zee(Eds), *Inquiring learning and teaching in science*, Washington, DC: AAAS.
- Chiappetta, E. L. & Koballa, T. R. Jr. (2002). *Science instruction in the middle and secondary schools*. Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- Chun, S. S. (1990). Sedimentary processes, depositional environments and tectonic settings of the cretaceous uhangri formation, Southwest Korea. Seoul University(Ph. D.).
- Funk, H. J., Okey, J. R., Fiel, R. L., Jaus, H. H. & Sprague, C. S. (1979). *Learning science process skills*. Kendall/Hunt Publishing Co. America.
- Germann, P. J., Haskins, S. & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 475-499.
- Hazen, R. M. (2001). *The joy of science*, Carnegie Institution, Washington.
- Kim, C. J. (2002). Inference frequently used in earth science. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 23(2), 188-193.
- Lawson, A. E. (2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry? *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 716-740.
- Llewellyn, D. (2002). *Inquire within: Implementing inquiry-based science standards*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Beaton, A., Gonzales, E. J., Smith, T. A. & Kelly, D. L. (1997). *Science achievement in primary school rears: IEA's Their International Mathematics and Science Study (TIMSS)* Shestnut Hill, MA: Boston College.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washing, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washing, DC: National Academy Press.
- Osborn, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Resnick, M. (1996). Beyond the centralized midst. *The Journal of the Learning Sciences*, 5(1), 1-22.
- Wason, P. C. & Johnson-Laird, P. N.(1972). *Psychology of reasoning: Structure and content*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

부록 1. 사전 학습과 탐구 활동 자료

추리 활동 학습지(사전 교육용)

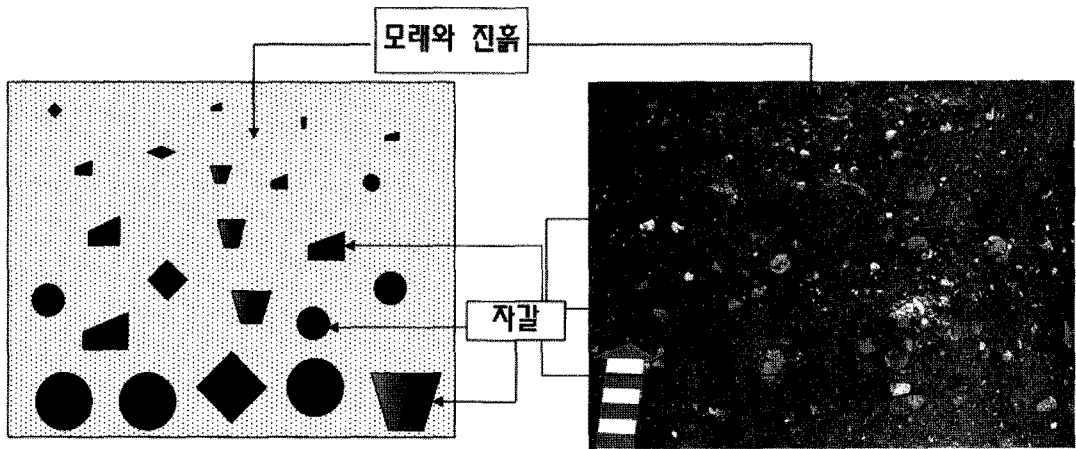


번호	관찰	추리
1	큰 발자국은 점점 간격이 벌어진다.	이 동물은 발발의 돌을 뛰어 넘는다. 이 동물은 달리고 있다.
	한 발자국은 다른 것보다 더 작다.	크기가 서로 다른 동물들이다.
	두 발자국은 같은 방향으로 향한다.	둘은 뭔가를 향해서 가고 있다.
	각 발자국은 발가락이 3개이다.	두 동물은 조류이다.
	두 발자국은 점점 가까워진다.	큰 발자국이 작은 발자국을 추격하고 있다. 두 동물은 협곡안을 걷고 있다.
	큰 발자국은 점점 폭이 커진다.	큰 새가 언덕을 내려가고 있다. 큰 새가 달리고 있다. 큰 새가 돌을 건너 뛰고 있다.
2	발자국이 한곳에 모였다.	큰 동물이 작은 동물을 잡았거나 잡아먹었거나 죽였다. 두 동물은 서로 다른 시각에 그 곳에 있었다. 두 동물은 같은 장소에서 먹이를 발견했다.
	발자국이 서로 섞였다.	두 동물이 뒤엉켰다. 두 동물이 싸운다.
	작은 발자국의 폭이 점점 커진다.	작은 동물이 달리기 시작했다.
3	작은 발자국이 멈추었다.	큰 동물이 작은 동물을 먹었다. 작은 동물이 날아가 버렸다. 눈이 딱딱해서 작은 동물의 발자국이 찍히지 않았다.
	큰 발자국의 폭이 좁다.	큰 동물이 달리지 않고 걷는다.

관찰과 추리 활동(탐구용)

탐구 1.

여러분 앞에 있는 지층을 관찰하여 그 결과를 자세히 적어보세요. 주변 지층을 관찰하면 아래 사진이 나타나는 곳이 있을 것입니다. 그 지점을 중심으로 자세한 관찰을 해보세요.



탐구 2.

여러분이 관찰한 이 지층은 아주 오래전에 퇴적물들이 물에 의해 이곳으로 운반되어 쌓인 후, 딱딱한 지층으로 된 것입니다. 과학자들은 이 퇴적물이 쌓였던 과거에 이곳은 호수 주변이었을 것으로 생각하고 있습니다. 여러분들이 이 지층을 관찰하고, 관찰된 결과를 사용하여 퇴적물이 운반되어 쌓였던 과거 이 지역에 대해 자연환경을 추리해 보세요(예를 들면, 물길의 경사도, 주변 모양, 물의 양 등은 물론 다른 것들에 대해서도 자유롭게 추리해 봅니다.).