

탐구수업 지도자료

- 학 년 중학교 2학년
- 단 원 지구의 역사와 지각변동
- 제 목 오개념과 탐구활동 개발방향
- 대표 저자 정공수(충남대학교)
- 공동 저자 김찬중(서울대학교)
 정기영(경기 성남서중학교)
 고선영(서울 서연중학교)
 신우진(충남대학교)

이 자료는 서울대학교 과학교육연구소가 교육인적자원부의 과학교육 연구기관으로 지정받아 수행하고 있는 「탐구·실험 중심의 과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업」의 일환으로 개발되었습니다.



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center



제 3 장

「지구의 역사와 지각변동」 관련 학생들의 오개념과 탐구 활동 개발 방향



서울대학교
과학교육연구소

「지구의 역사와 지각변동」 관련 학생들의 오개념

지구의 역사와 지각 변동과 관련된 학생들의 선개념에 대한 연구 결과와 학생들이 범하기 쉬운 오류를 기존의 연구 결과를 중심으로 정리하였다. 이 단원과 관련해서는 지진에 대한 학생들의 선개념에 대한 연구가 수행되었다.

지진에 대한 학생들의 선개념 조사

Ross와 Shuell (1993)이 미국 초등학교 3학년에서 6학년 학생들을 대상으로 면담을 통해서 밝혀낸 연구 결과는 다음과 같다. 먼저 지진이란 무엇인가?라는 질문에 대해서 68% 학생들은 ‘흔들림과 떨림’이라고 응답하였으며, 23%는 ‘파편과 갈라진 금’이라고 하였다. ‘화재, 폭발, 화산’이라는 응답이 14%, ‘건물과 재산 피해’ (12%), ‘단층’ (11%), ‘우르르 거리는 소리’ (8%), ‘모른다’ (7%), ‘대륙판의 충돌’ (4%) 등이 나왔다. 나머지 소수 견해로는 ‘건물 내부의 손상’ (2%), ‘인명피해’ (2%), ‘토네이도와 폭풍’ (2%) 등이 있었다. 전체적으로 볼 때 70% 가까운 학생들이 ‘흔들림과 떨림’이라는 응답을 하고 있으며, 학년이 올라갈수록 ‘건물이나 교량의 손상’과 같은 지진에 의한 피해라고 하였다. 즉 지진의 부분적인 측면이나 피해를 지진이라고 생각하고 있음을 알 수 있다.

‘지진과 화산은 같은가?’라는 질문에 긍정적(그렇다, 비슷한 종류)으로 답한 비율이 20% 내외로 나타난다. 상당수의 학생들은 지진과 화산을 혼동하거나, 두 현상이 동시에 일어나는 것으로 생각하였다. 다음과 같은 예를 들 수 있다. ‘화산이 분출할 때 용암이 뿜어 나오고, 지진이 일어날 때 용암이 분출된다,’ 또는 ‘지진은 무언가를 분출시켜 세계를 움직이고, 화산은 용암을 분출시킨다.’ 지진의 원인에 대해서는 대부분 잘 알지 못하며, ‘단층,’ ‘화산’이라고 한 경우는 10%를 넘지 못한다. 일부 학생들은 핵의 이동이나 핵이 작용하는 압력을 지진의 원인으로 꼽기도 하였다. 지진 발생시 지표에서 일어나는 일에 대해서는 ‘지표가 갈라지고, 파편이 생기는 것,’ ‘재산 피해’ 등을 언급한 경우가 절반가량이다. 그러나 지하에서 일어나는 일에 대해서는 모른다는 응답이 훨씬 높아서 40% 내외이며, ‘변화 없음’이 12% 내외, ‘판의 이동’이 10% 내외 등이다. 과학적인 응답으로 판단되는 ‘단층선을 따른 이동’이 3%, ‘갈라지고 흔들림’이 10% 내외의 응답을 보였다.



서울대학교
과학교육연구소

지구의 역사에 대한 학생들의 선개념

지구의 역사에 대한 학생들의 선개념을 조사한 연구는 많지 않다. Schoon(1989)은 많은 학생들을 대상으로 지구과학에 대한 오개념을 조사하였으며, 조사 결과를 오개념의 출현 빈도가 50%이상인 것을 주요 오개념으로 그 미만인 것을 부차적 오개념으로 구분하였다. ‘공룡은 석기 시대에 사람과 함께 공존했다’라는 오개념은 부차적 오개념의 하나로 파악되



서울대학교
과학교육연구소

었으며, 이 생각을 가진 학생의 비율이 32.6%로 나타났다. 이는 아이들이 즐겨보는 만화나 만화 영화에서 이러한 상황을 많이 다루기 때문으로 보인다. 또한 지구의 역사가 매우 길어서, 학생들이 이를 제대로 인식하거나 이해하지 못한 탓도 있을 것이다. 따라서 학생들에게 지구의 역사가 매우 길며 각 지질시대가 지금으로부터 얼마나 오래 전이었는지를 느끼게 하는 시간 규모 체험 학습이 필요하다.

과학사에도 지구의 역사와 관련하여 많은 오개념이 있었다. 가장 대표적인 것은 종교적인 신념의 영향이다. 지구의 나이가 만년 내외라고 생각했던 중세 과학자들은 알프스 산맥의 높은 곳에서 발견되는 조개 화석을 설명하는 일은 어려운 것이었다. 이에 대한 설명으로 많은 사람들이 성경에 나오는 대홍수 때 높은 산맥도 바다 속에 잠기게 되고, 조개와 같은 해양 생물이 그 곳까지 이르게 되었다고 하였다. 그럼에도 불구하고 바위 속에서 산출되는 조개 화석을 설명하는 것은 곤혹스러운 일이었다. 또 다른 설명은 광물 결정처럼 조개 화석이 바위 속에서 성장한다는 것이다. 이 설명은 조개 화석이 바위 속에서 산출되는 것을 잘 설명할 수 있었으며, 자연 발생설과 우주의 신비스러운 힘의 작용을 받아들이던 동시대인들에게는 매우 설득력있게 받아들여졌다. 과학적 소양이 높아진 현대에는 어린 학생들도 이러한 생각을 쉽게 받아들이지 않을 것이다. 그러나 기독교 신앙을 가진 일부 학생들 중에는 대홍수에 의한 화석 생성이 아직도 설득력이 있는 것으로 느껴질 수도 있다.

지구의 역사와 관련하여 학생들이 야외 지구과학 답사를 하거나, 실내 탐구 활동을 하게 될 때 생기는 가장 큰 어려움은 과거를 현재의 연장으로 생각한다는 점이다. 동일과정설에 의하면 ‘현재는 과거의 열쇠이다’라는 원리는 우리가 지구의 과거를 조사하는데 매우 중요한 것이다. 그러나 이는 현재의 자연과학 법칙이 과거에도 적용되는 것을 의미하는 것이지, 현재의 자연 환경이 과거와 동일하였음을 의미하는 것은 아니다. 예를 들면 학생들은 현재의 지형이 과거와 크게 다를 것이라는 점을 인식하지 못한다. 아이들은 산과 들이 바뀌는 것을 경험하지 못하기 때문이다. 그러나 길고 긴 지구의 역사에서는 바다가 육지로, 또 육지가 바다로 변하는 것은 자주 발생하는 일이다. 공룡 발자국을 조사하던 한 학생이 경사진 지층면에 찍혀있는 공룡발자국을 보면서, “이 공룡은 힘든 비탈길을 올라갔겠네요,” 라고 생각하기 쉽다. 그러나 공룡이 그 지층 위를 걸던 당시에 이 지층은 호수가에 퇴적되는 수평한 진흙층이었다. 마찬가지로 높은 산에서 산출되는 어류나 조개 화석을 보면서 학생들은 어떻게 이렇게 높은 곳까지 조개나 물고기가 올라왔을까하는 의문을 갖기 쉽다. 이러한 현재의 환경 중심 생각은 지구과학 탐구 활동이나 학습에 장애 요인이 된다.

지각 변동에 대한 학생들의 선개념

지각변동에 대해서도 유사한 경향이 있다. 대륙이동설이 처음 제시되었을 때 많은 학자들은 대륙이 이동한다는 생각을 받아들이기가 어려웠다. 베게너가 제시한 많은 과학적 증거에도 불구하고, 북반구의 지구과학자들은 이에 동의하지 않았다. 오히려 대륙이 해양 지각 위를 미끌어져 갈 수 없다는 것을 지구물리학적으로 증명하였을 뿐 아니라, 대륙이 이동하는 원동력을 제시하라는 요구를 앞세워 이를 거부하였다. 학생들의 경우에도 예외가 아니다. 우리가 살고 있는 땅이 수직이나 수평으로 이동한다는 것은 쉽사리 받아들이기 어려운 것이다. 지금까지 논의된 학생들의 오개념을 정리하여 표3에 제시하였다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

[표 3] 지구의 역사와 지각 변동에 대한 학생들의 주요 오개념

주 제	학생들의 생각
지 진	지진은 흔들림과 떨림이다.
	지진은 파편과 갈라진 금이다.
	지진은 화재, 폭발, 화산 등이다.
	지진은 건물과 재산 피해이다.
	지진은 단층이다.
	지진은 우르르 거리는 소리이다.
	모른다.
	지진은 대륙판의 충돌 때문에 일어난다.
	지진과 화산은 같은 것이다.
	지진과 화산은 항상 함께 일어난다.
	지진은 지구의 핵이 이동하거나, 핵이 작용하는 압력 때문에 일어난다.
지구 역사	공룡은 석기 시대에 사람과 공존했다.
	현재 지형은 지구의 과거에도 거의 같았다. (예: 지금 산은 지구의 과거에도 산이었다.)
지각 변동	대륙은 수평으로 움직일 수 없다.
	육지는 가라앉거나 상승할 수 없다.



서울대학교
과학교육연구소

「지구의 역사와 지각변동」 관련 탐구 활동 개발 방향

그동안 과학교육 분야에서는 과학 탐구를 수행하는 전형적인 과정이나 절차가 있다는 생각을 해왔다. 대표적인 과학 탐구 과정으로 문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 자료 수집, 자료 분석 및 해석, 결론 도출 등과 같은 일련의 단계를 전제로 한 가설-연역, 가설-검증적 과정이 그것이다. 이는 포퍼의 반증주의적 과학관에 뿌리를 두고 있다고 하겠다. 그러나 과학의 역사를 통해서 드러난 과학자들의 활동은 어떤 정형화된 과정이나 절차를 따른다기 보다는 연구의 대상과 상황에 따라 다양한 탐구 방법을 사용한다고 보는 것이 현대적인 입장이다. 지구과학의 경우에는 지구과학 탐구의 대상과 탐구의 목적에 따라 다양한 탐구 방법이 활용되고 있을 것임을 짐작할 수 있다. 과학 교과서에서 지구과학 관련 단원에 제시된 탐구나 실험활동 등을 살펴보면, 가설-검증적 과정이 잘 들어맞지 않는 부분이 적지 않다. 어떤 활동은 억지로 가설-검증 모형에 짜 맞추는 것 같은 느낌이 들기도 한다. 많은 선생님들은 지금보다 더 재미있고, 교실이나 과학 실험실에서 실제로 학생들이 참여할 수 있는 지구과학 탐구 활동이 없을까 고민하여 왔다. 이러한 문제는 지구과학 단원의 탐구 활동이 다른 영역의 탐구 활동과 다른 과정으로 수행되는 경우가 많기 때문에



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

일어난다. 먼저 지구과학 탐구의 특성에 대해서 간략하게 살펴보자.

지구과학 탐구의 목적

지구과학 탐구의 목적은 크게 두 가지로 구분된다. 하나는 역사학적 탐구이며 다른 하나는 인과적 탐구이다. 지구나 우주의 역사를 연구하는 지구과학자들은 지구나 우주가 어떤 과정을 거쳐서 현재에 이르게 되었는지 밝혀내는 것을 주요 목적으로 삼는다. 연구의 결과는 과거 어느 시점에 일어난 사건들의 순서를 서술하는 연대기를 알아내는 것이며, 왜 그러한 순서로 사건이 일어났는지와 같은 인과적인 측면은 주요 관심이 아니다. 예를 들면 강원도 영월 지역의 역사를 연구하는 학자는 그 지역의 지층을 조사하여, 선캄브리아대, 고생대, 중생대 등과 같은 과거에는 어떤 일이 있었는지를 조사한다. 이 지역의 각 지층은 특정 시기에 특정 환경에서 생성된 고유성을 가지므로 다른 지역에서 동일한 특성을 가진 지층을 발견할 수 없다.

많은 지구과학자들은 다른 분야의 과학자들과 마찬가지로 지구에서 일어났거나 일어나고 있는 현상의 원인과 결과를 밝혀내고자 한다. 퇴적학자들은 퇴적분지의 지층과 지질 구조를 조사하여 현재의 모습이 이루어지게 된 과거의 과정을 밝혀낸다. 당시 하천의 흐름 방향이나, 공급된 퇴적물의 기원, 퇴적 분지가 형성되는 지구조 운동, 이후 발생한 지각 변동 등이 이러한 내용의 일부이다. 역사학적 탐구와 인과적 탐구의 특성을 요약하여 표 4에 나타내었다.

[표 4] 역사학적 탐구와 인과적 탐구의 비교

	역사학적 탐구	인과적 탐구
주요 목적	지구의 역사를 밝힘	지구의 형성과정과 변화에 대한 인과 관계를 밝힘
연구 대상	지층 (formation)	자연물 (natural kind)
연구 결과	사건의 연대기, 시간적 연속성을 갖는 특별한 주장	지구 과학의 원리와 법칙

지구과학자가 겪는 어려움

역사학적 탐구이든 또는 인과적 탐구이든 지구과학자들은 공통적으로 어려움을 겪는다. 그 어려움은 지구과학자들의 연구 대상인 자연 현상에서 기인한 것이다. 지구과학의 탐구 대상 때문에 생기는 어려움은 첫째, 현상에 접근하기가 어렵다는 것이다. 예를 들면 지층을 관찰할 수는 있다. 하지만 지층이 생성되는 과정을 관찰하기는 어렵다. 그 이유는 지층이 생성되는 곳이 깊은 바다나 호수 바닥인 경우가 대부분이기 때문이다. 또한 지층이 형성되는데 걸리는 시간이 매우 길기 때문에 형성 과정을 관찰할 수도 없다. 둘째로는 지구과학의 탐구 대상 현상이 대개 매우 복잡적이라는 점이다. 어느 한 곳이 바다에서 육지로 변하는 것은 매우 단순하게 느껴지지만 여기에는 판의 이동, 퇴적물의 누적, 지각 변동, 조류운동, 해수면 변동 등과 같은 여러 가지 요인들이 일련의 과정을 통해서 작용하는 매우 복잡한 과정이다. 따라서 한 가지 현상을 설명하기 위해서는 여러 가지 관련된 이론과



념이 필요하게 된다. 셋째, 지구과학 탐구 대상은 복잡할 뿐만 아니라 변인을 분리하고 조작하기를 기대하기 어렵다. 많은 지구과학 현상들은 과학자들이 일어나기를 기다려야 할 뿐, 이를 발생시키거나 변인통제를 할 수 없다는 뜻이다. 지진, 화산, 유성우, 혜성 등이 좋은 예이다. 이와 같은 특성은 지구과학 탐구에서 가설-검증이나 통제된 실험에 기반을 둔 탐구과정이 중요한 역할을 하기 어렵다는 것을 보여준다.



서울대학교
과학교육연구소

지구과학 탐구의 논리

그렇다면 지구과학에서 많이 사용되는 탐구는 어떤 논리에 기반을 두고 있을까? 우선 지구과학자들은 원인과 결과 중에서 결과만을 가지고 탐구를 시작하게 되는 경우가 많다. 지층을 조사하여 지구의 역사를 밝혀내는 지사학적인 연구도 지층이라는 현재 남아있는 과거 현상의 결과를 출발점으로 삼아서 과거의 역사를 밝혀내며, 지구에서 일어난 과정을 밝혀내는 인과적 탐구도 결국은 현재 남아있는 지구과학적 증거와 자연 법칙을 통해서 과거의 과정을 알아내게 된다. 이 과정에서 중요한 역할을 하는 논리적 과정을 가설유도추리(abduction), 또는 가추라고 부른다.

가설유도추리는 미국의 철학자인 피스(Peirce)가 처음 제안한 것이다. 결과에서 출발하여 이 결과를 가장 잘 설명할 수 있는 가설이나 법칙을 선택하고 이를 이용하여 원인을 알아내는 것이다. 지구과학의 경우에는 다음과 같은 사례를 예로 들 수 있다.

(결과) 남아프리카공화국에서는 킴벌라이트라는 암석 속에서 다이아몬드가 많이 산출된다.

(법칙) 알려진 탄소의 상평형도에 의하면 산소가 없는 상태에서 압력이 55kb 이상이고

온도가 1000℃ 이상이면 다이아몬드가 생성된다.

(원인) 따라서 이 암석은 맨틀 깊은 곳에서 온 것이다.

지구과학 탐구를 위한 학습 모형

지구과학 탐구는 이와 같은 논리적 과정을 전제로 구성하는 것이 바람직하다. 이와 같은 논리를 바탕으로 한 교수학습모형에는 Lawson 등 (1989)의 경험-가추 순환학습(empirical-abductive learning cycle)과 김찬중(1995)이 제안한 가설유도추리 탐구모형이 있다. 경험-가추적 순환학습은 탐색-개념도입-개념적용의 3단계로 구성되어 있다. 첫째 단계인 탐색 단계에서 두 가지 탐구 문제를 다룬다. 첫 번째 탐구 문제는 학생 중심의 탐구 활동을 통해서 자료를 수집한다. 이 때 탐구 활동은 조사 대상에 대한 서술적인 자료를 수집하는 것이다. 두 번째 탐구 문제는 수집한 서술적 자료를 바탕으로 왜 그러한 경향이 나타나는지를 가추 과정을 통해서 밝혀내는 것이다. 둘째 단계는 개념 도입 단계로 교사는 학생들의 탐색 단계에서의 경험과 설명을 과학 개념과 연결하도록 과학 개념을 도입한다. 세 번째 단계인 개념 적용에서는 학습한 개념을 다른 사례나 상황에 적용하는 것이다(표 4).



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

[표 5] 경험-가추 순환학습

탐색	교사: 서술적 질문과 인과적 질문 제시 학생: 서술적 질문에 답하기 위한 자료 수집 및 토의 인과적 질문에 대한 가설 설정 및 토의 대체 가설의 수립
↓	
개념 도입	탐색한 현상과 가장 근사한 가설과 관련된 과학 개념도입
↓	
개념 적용	동일한 개념에 대한 새로운 현상에 대하여 토의 또는 탐색



서울대학교
과학교육연구소

가추 탐구 모형은 탐색, 조사, 선택, 설명의 4단계로 구성된다. 탐색 단계에서는 학생 중심으로 현상에 대한 서술적 탐구활동이 이루어진다. 조사 단계에서는 앞에서 서술한 자료를 설명할 수 있는 다양한 법칙과 가설을 조사한다. 선택 단계에서는 조사한 다양한 법칙과 가설 중에서 가장 적절한 것을 선택한다. 마지막으로 설명 단계에서는 가장 적절한 법칙이나 가설을 이용하여 탐색 단계에서 서술한 자료를 산출한 과정을 설명한다 (표 5).

[표 6] 가추 탐구 모형

탐색	교사: 서술적 탐구 문제 제시 서술적 탐구 활동: 현상에 대한 자료 산출
↓	
조사	현상(자료)이 생성될 수 있는 모든 원리 조사, 또는 가설 세움
↓	
선택	주어진 상황을 바탕으로 가장 가능성이 높은 원리 또는 가설 선택
↓	
설명	현상(자료) 생성 과정, 역사 설명



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

가추는 논리적으로 완벽하지 못하다. 왜냐하면 미처 고려하지 못한 더 훌륭한 가설이나 법칙이 존재할 수 있기 때문이다. 따라서 이를 보완하기 위하여 몇 가지 연구 방법들이 사용된다. 부분과 전체를 동시에 고려하거나 한 가지 탐구 주제에 대하여 독립적인 연구를 하여 결과를 비교하는 것이 그 좋은 예이다. 부분과 전체를 동시에 고려하기는 지구과학 현상의 탐구 과정에서 흔히 사용되는 방법이다. 예를 들면 스테노는 이탈리아 피렌체의 지층에서 조개 화석이 나오는 것을 해양 기원으로 설명하면서 같은 지층에서 산출되는 다른 해양 생물의 화석을 종합적으로 이용하였다.

한 가지 탐구 주제에 대한 독립적인 연구 결과 비교의 예는 다윈의 비글호 여행 중 연구 활동을 들 수 있다. 다윈은 남미 대륙이 융기했다는 가설을 세웠다. 이에 대한 증거로 계단식으로 된 높이가 다른 해안 단구라는 지형적인 특징과 각 해안 단구에 분포하는 조개 화석들이 오래된 해안 단구로 갈수록 현생 조개류의 비율이 줄어든다는 것을 제시하였다. 이처럼 독립적인 증거들이 동시에 한 가지 가설을 지지하게 되면 그 가설은 매우 높은 설득력을 가지게 된다. 즉 지구과학 탐구에서 가추적 논리를 바탕으로 하면서 보완적인 방법을 함께 사용하는 것이 지구과학 탐구의 본질을 잘 반영하는 것이다.



서울대학교
과학교육연구소

참고 문헌

- 교육부 (1997). 제7차 과학과 교육과정. 서울: 교육부.
- 김찬중 (1995). 지구과학의 특성을 바탕으로 하는 효율적인 지구과학 탐구학습지도 방법 연구: 가설유도추리 탐구학습모형. 청주교육대학교 과학교육연구소, 과학과 수학교육, 16, 130-148.
- 김찬중, 채동현, 임채성 (1999). 과학교육학 개론. 서울: 북스힐.
- 정진우, 우종욱, 김찬중, 임청환, 이연우, 소원주, 정남식, 이경훈, 이항로, 홍성일, 윤선진, 정철, 박진홍 (1999). 지구과학교육론. 서울: 교육과학사.
- Kim, C.-J. (1997). Developing an Earth science inquiry learning model based upon the characteristics of Earth science. Proceedings of Second International Conference on Geoscience Education, Hilo, Hawaii, USA, July 28-31.
- Lawson, A.E., Abraham, M.R., & Renner, J.W. (1989). A theory of instruction: Using learning cycle to teach science concepts and thinking skills. National Association for Research in Science Teaching.
- Ross, K.E.K., & Shuell, T.J. (1993). Children's beliefs about earthquakes. Science Education, 77(2), 191-205.
- Schoon, K.J. (1989). Misconceptions in the Earth sciences: A cross-age study. A paper presented at the 62nd Annual Meeting of the NARST, San Francisco, CA, March 30, 1989.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소