

지각과 지구 내부에 대한 고등학생들의 대안 개념

정구송^{1,*} · 정진우²

¹양재고등학교, 137-072 서울시 서초구 서초2동 1376-4

²한국교원대학교 지구과학교육과, 363-791 충청북도 청원군 강내면 다락리 산 7

Alternative Conceptions of High School Students about the Crust and Interior of the Earth

Ku-Song Jeong^{1,*} and Jin-Woo Jeong²

¹Yang Jae High School, Seoul 137-072, Korea

²Department of Earth Science Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

Abstract: This purpose of this study was to analyze high school students' alternative conceptions and understanding levels about rocks, crust, plate tectonics and interior of the Earth. Data were collected through surveys, drawing assignments, and interviews. A total of 158 high school students in the first grade were involved in this study. The results showed that students have lots of major alternative conceptions which are meaning and forming process of rock, distinction of continental crust and ocean crust, formation and disappearance of ocean crust, movement of plate, continental drift, activities of volcano and earthquake. Physical and chemical characteristics, including mantle and core state could be found through analyzing from drawings.

Keywords: alternative conception, crust, interior of the earth

요약: 본 연구는 암석, 지각, 판구조론 그리고 지구 내부에 대하여 학생들이 어떠한 대안 개념을 가지고 있으며 이해 수준을 보이고 있는지 분석한 것이다. 이를 위하여 설문과 드로잉 과제를 이용하였으며, 아울러 다양한 질문안을 통하여 면담을 병행하여 실시하였다. 연구는 고등학교 1학년 158명의 학생들을 대상으로 진행되었다. 결과에서 학생들은 연구 영역에 대하여 많은 대안 개념을 지니고 있는 것으로 확인되었다. 주요 대안 개념들은 암석의 정의와 생성 과정에 대한 이해, 대륙 지각과 해양 지각의 지형적·성분상의 구분, 해양 지각의 생성과 소멸과정에 대한 이해, 판과 대륙의 이동 여부와 원인, 화산·지진 활동의 발생 원인과 장소 등에 관련된 내용들에서 나타났다. 그리고 드로잉에서 분석된 대안 개념은 핵과 맨틀의 상태를 포함한 지구 내부의 물리·화학적 특성의 구분에서 나타났다.

주요어: 대안 개념, 지각, 지구 내부

서론

과학 교육에서는 학습을 인지 구조, 즉 개념 체계의 변화로 정의하면서 학습자의 대안 개념을 중요시하고 있다(Perkins et al., 1999). 학자들은 학생들이 파지하고 있는 이전 개념이 새롭게 제시되는 과학적 개념과 다른 개념일 경우에 고유한 인지 구조 때문

에 학습에 의해 쉽게 바뀌지 않을 뿐만 아니라 다음 학습에도 영향을 미친다고 제안한다(Stead and Osbourne, 1980; Wandersee et al., 1994). 이런 관점에서 학생들의 이해 정도와 학습에 영향을 주는 대안 개념을 확인하는 것은 중요성을 가진다.

우리나라의 경우 대안 개념에 대한 연구는 지구과학 영역에서 10여 년 전후로 많은 연구들이 발표되었다(국동식, 1991; 전인영 외, 1998; 정진우, 1991). 그러나 비교적 천문과 기상 영역에 편중되어 나타났으며, 지각과 지구 내부 구조에 대한 연구는 많이 이루어지지 않은 편이다.

*Corresponding author: ggusong@chollian.net

Tel: 82-2-571-4459

Fax: 82-2-578-7507

선행 연구에서 지각과 지구 내부와 관련된 개념들에 대한 문헌들을 고찰해 보면: 광물, 암석, 토양과 같은 물질들과 관련된 용어 사용에 대한 연구(Finley et al., 1982), 지구 내부 구조에 대한 대안 개념 연구(DeLaughter et al., 1998), 판 구조론과 지진에 대한 이해 연구(Schoon and Boone, 1998), 판 구조론과 산맥 형성에 대한 개념 연구(Marques and Thompson, 1997), 화산에 대한 학생들의 사고 연구(Bezzi and Happs, 1994) 등 다양성을 보인다.

또한 지각과 지구 내부의 대안 개념을 확인하기 위한 많은 방법론적인 연구들이 시도되었는데, 진술 형태의 지식 평가도구 이용(Gosselin, 2002), 대안 개념 상세화를 위한 짧은 개방형 질문안과 다중 선택 질문안 제작(Muthukrishna et al., 1993; Chang, 1999), 심도 있는 학생 사고 탐사를 위한 발생적 질문안 제작(Raia, 2005), 드로잉 과제 이용(Dove, 1999; Beilfuss, 2004) 등 많은 문헌을 찾아 볼 수 있다.

지각과 지구내부에 대한 학생들의 대안개념 연구 결과들(Libarkin et al., 2003, Gosselin, 2002)은 다양한 질문안 제작을 통하여 수업 도입부 또는 수업 후에 학생들의 대안 개념과 이해의 양상을 파악할 수 있고 사후 검사로 활용하여 전체적인 수업 효과에 대한 자료로도 활용이 가능하다고 제안한다. 그리고 대안 개념을 도출시킴으로써 유용한 유추를 이끌 수 있고, 자료의 유형 수집 및 잠재적인 중요한 문제들을 밝혀낼 수 있다고 주장한다(Raia, 2005).

학생들은 수업을 통하여 지구 내부 구조와 같이 직접 관찰할 수 없는 추상적 내용과 판 구조론과 같은 동적 과정을 내포한 어려운 내용들을 접하게 된다. 본 연구의 목적은 이러한 영역에 대하여 문헌에

서 제안하는 다양한 질문안과 드로잉 과제 그리고 설문을 통하여 암석과 지각에서의 변화와 변동, 판 구조론, 그리고 지구 내부 구조에 대한 학생들의 이해 수준과 대안 개념을 밝히는데 있다.

연구 방법 및 절차

본 연구는 연구자가 근무한 2개교(K, S고)를 포함한 서울 소재 고등학교 인문 계열 3개교, 실업 계열 1개교의 1학년 총 158명의 학생들이 참가하였다. 면담 및 설문 시기는 연구 영역에 해당되는 10학년 교육과정상 '지구의 변동'을 학습한 이후인 6월에서 8월 사이에 이루어졌다. 참여 학생들의 중학교 석차 백분율은 학교에 따라 평균 48~55%정도로 학교·계열 간 큰 차이는 보이지 않았다.

면담 대상 학생들의 대부분이 속해있는 두 학교는 연구자가 근무한 학교로 동일한 교과서 위주의 수업으로 진행하였다. 물론 학생들은 고등학교 이전에 관련 연구 영역에 대한 서로 다른 교사, 수업 방법, 그

Table 1. Sample size, recruitment, and institutional setting

자료 유형	학교	계열	성별	학생수	조사 시기 (년·월)
면담	K고	인문	남	32	2004. 6~2004. 9
			여	30	
설문 및 면담	S고	실업	남	32	2005. 6~2005. 9
			여	0	
설문 및 면담	T,B고	인문	남	5(35)	2005. 6~2005. 9
			여	3(29)	
총계				158명	

*()는 설문

Table 2. The tools for searching of alternative conception

영역	내용
암석 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 암석이란 무엇인가? 암석의 크기는? • 암석은 어떻게 만들어지는가? 그리고 생성 과정에 따라 어떻게 분류되는가? • 암석이 만들어질 때 필요한 시간은 얼마나 요구될까? • 암석의 생성 장소와 발견 장소는 같은가? 다른가?
지각 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 우리가 대륙의 중심부에서 대양(태평양)의 중심부까지 해저 지형을 조사한다면 해저면의 경사(수심변화)는 어떻게 나타날까? 그렇게 생각하는 이유는? • 해양 지각과 대륙 지각을 지형적인 특징으로 구분하면? 그리고 평균 나이는 다른가? • 해양 지각과 대륙 지각의 성분과 밀도는 어떻게 다른가?
판 구조론과 지구 내부 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 판의 위치는? 판을 움직이게 하는 힘은 무엇이라 생각하는가? • 대륙 이동의 원인은 무엇이라 생각하는가? • 높은 산이 존재하는 이유는? 어떻게 대산맥들이 형성되었나? • 화산과 지진이 발생하는 원인은 무엇인가? 화산이 자주 일어나는 지역들은 어느 곳인가? • 지구 내부 단면도를 그려보고 에너지의 흐름이 있다면 묘사해 보자(드로잉). 따라 개별 면담으로 진행하였다.

[드로잉 과제] 지구 내부의 단면에서 볼 수 있는 모든 것들을 그림으로 표현해 보자.

너는 핵 이외에 무엇을 알고 있니?(핵만을 표현 했을 때)
 ↓
 만일 우리가 지구 중심까지 갈 수 있으면, 그 곳(핵, 또는 외핵, 맨틀)은 무엇과 같을까?(고체, 액체, 기체)
 ↓
 ...

Fig. 1. An example of drawing tasks and questions.

리고 외적 환경 등에 의해 개념상 이해 수준에 있어서 차이가 존재했을 것으로 생각 할 수 있다.

학생들과의 면담은 주로 학교 내에 위치한 과학 실험실 내에서 이루어졌으며 면담시 지우개와 A4 용지, 연필을 제공하여 Fig. 1의 드로잉 과제에 대한 지구 내부 구조를 묘사하게 한 이후, 질문안에 연구에 이용한 질문안과 설문지는 문항 평가 목표와 타당성을 분석하여 학생들의 폭 넓은 사고를 이끌어내고 대안 개념 빈도와 전체적인 경향을 추정하기 위하여 개방형 질문안(Table 2)과 선다형 질문 및 다중 선택 질문안, 발생적 질문안을 추가하여 구성하였다. 그리고 면담과 설문에 필요한 질문안과 설문 문항은 지구과학 교육 전공의 현직 교사 및 석·박사 과정 대학원생 5인에게 내용 타당도 검증을 의뢰하였다.

주요 참고 문헌 자료는 암석 형성에 대한 학생들의 오개념 연구(Kusnick, 2002)에서 제시한 범주 틀, 암석에 대한 학생들의 개념 연구(Ford, 2003)에서의 4가지 연구 질문과 판 구조론에 대한 고등학생들의 오개념 조사(Marques and Thompson, 1997)에서 설정한 질문 틀 등이다.

면담 자료의 분석을 위하여 모든 내용은 녹화되고 기록되었으며 면담은 보통 30~50분 정도로 지속되었다. 면담 및 설문, 드로잉 결과물들은 연구에 동참한 3명의 지구과학 교사들에 의해 만들어진 틀에 따라 분류되어졌으며, 이후 자료 분석은 일관된 통일성을 기하기 위하여 본 연구자에 의해 이루어졌다.

연구 결과 및 논의

암석에 대한 학생들의 대안 개념

암석 영역에 대한 면담 분석 결과에서 학생들의 이해 정도는 암석의 분류에서 뿐만 아니라 용어에 대한 정의, 생성 과정과 순환에서도 적절한 이해 수

Table 3. Types of answers to the definition of rock

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율 (%)
작은 돌, 또는 고체 형태의 작은 물질	큰 바위에서 떨어져 나와 생성된 것. 수업 시간에 제시된 암석 표본은 작음.	36
큰 돌, 지하에 있는 거대한 고체 물질	암석은 대규모로 만들어짐. 암석은 반드시 지하에서 형성.	52
기타	지구 생성 당시, 또는 이후 우주에서 유입(운석).	12

준을 보이지 못했다. 먼저 “암석이란 무엇인가? 암석의 크기는?”의 질문에 학생들은 Table 3과 같이 다양한 응답 형태를 보였다.

이러한 응답 결과는 많은 학생들이 기본적 용어에 대한 분명한 의미를 이해하지 못하고 있음을 알려주는 내용이다. 면담에서도 36%의 학생들은 암석이란 ‘지각에서 떨어져 나온 조각’으로 설명하였다. 아래 설명은 암석을 큰 바위나 지각에서 떨어져 나와 생성되었다고 설명하는 학생 응답의 한 예이다.

학생: 암석은 암벽이나 큰 바위에서 떨어져 나와 만들어진 좀 큰 것을 말하는 거고요. 돌은 조그맣고 딱딱하지 않은 것을 말해요. 쉽게 깨어지는 거요. 광물은 쓸모 있는 거... 다이아몬드처럼... 음... 인공적으로 만들어진 거요.

학생들의 1/3 가량은 암석이라는 의미를 단순히 ‘돌’과 같이 손에 쥌 수 있는 어떤 것으로 생각하는 경향을 보였다. 많은 학생들이 암석을 ‘돌’ 또는 ‘파편 암(파쇄암)’으로 생각함에 따라 본 연구에서 학생들에게 암석의 구분, 생성 과정에 대하여 질문을 제시했을 때, 대안 개념을 보임으로써 받아들이는 의미상의 차이가 다름을 확인할 수 있었다. 결국 이러한 응답을 보인 학생들은 암석 생성 과정을 묻는 질문에 “지표의 여러 작용으로 만들어지는... 물이나, 바람과 같은...”과 같이 대답하는 예를 종종 볼 수 있었다.

“암석은 어떻게 생성 되는가?”에 대한 응답에서도 일부 학생들은 Table 4와 같이 잘못된 정의에 의해 적절한 응답을 제시하지 못했다.

암석 생성 과정에 대한 응답에서 비교적 많은 학생들이 퇴적 기원의 설명만을 우세하게 언급하였다. 다음은 암석 생성 과정의 질문에 대한 학생 응답들 중 하나이다.

Table 4. Types of answers to formation process of rock (multiple answers)

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율 (%)
화성 기원	용암이 분출하여 냉각. 지각변동으로 생성.	36
퇴적 기원	토양(흙), 또는 자갈 등이 쌓여, 퇴적층이 압력을 받아, 많은 지층이 쌓여야만 형성.	78
변성 기원	지하 심부에서 열, 압력을 받아.	16
	위 예 중 한 가지	28
	위 예 중 두 가지	41
기타	위 예 중 세 가지	13
	바위, 돌이 부서져서. 우주에서 유입. 지구 형성과 동시에 생성.	18

학생: 퇴적물이 늘리면 굳어져서(압력) 암석이 되겠죠..., 용암이 굳어져서 만들어지기도 해요. 암석들은 비, 바람 때문에 시간이 지날수록 약해져서 모래나 흙이 되요. 그리고 흙은 다시 뭉쳐져 암석이 되고요.

위 학생의 응답과 같이 28%의 학생들이 암석의 생성 과정에 대하여 단순히 퇴적에 의해서, 또는 화산 활동에 의해서 생성된다는 설명을 보였다. 그리고 대부분의 학생들은 지하 심부의 열과 압력에 대한 근원적인 언급을 제시하지 못했으며, 추가적인 질문에서도 단편적(화성 기원, 또는 퇴적 기원)으로만 응답하였다. 면담에서 화성·퇴적 기원뿐만 아니라 열과 압력에 의한 변성 기원의 암석 생성에 관한 설명을 제시한 학생은 13%에 불과했다. 이는 교과서 내용 중 학생들이 어려워할 것으로 생각되는 학습 내용 조사(Finley, et al., 1982)에서 나타난 바와 같이 암석의 분류와 생성 과정이 학생들이 어려워하는 영역(박진홍, 2001)이기 때문으로 보여진다. 즉, 학생들은 자연 현상에서 실제 관찰할 수 없는 화성 활동이나 지하 심부에서 일어나는 열과 압력에 대한 추상적인 이해, 더욱이 퇴적이나 침식 과정에 요구되는 지질학적 긴 시간 규모를 이해하는데 어려움을 느끼기 때문으로 해석된다.

한편, “암석이 만들어지는데 얼마나 오랜 시간이 걸릴까?”란 질문의 응답에서 많은 다양성을 보여주고 있다. 응답 유형은 대체로 몇 일과 같은 짧은 시간과 수 천, 수 억년과 같이 긴 시간으로 양분되어 나타났다(Table 5).

Table 5. Types of answers to time required for rock formation

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율 (%)
짧은 시간 (몇 일~수년)	용암이 식어서. 큰 바위에서 떨어져.	7
긴 시간 (수 천 만년~수억년)	많은 지층이 쌓여 압력이 작용되어. 세월이 흘러야 단단하게 굳어짐.	73
암석마다 다르다	화성 기원의 암석 생성은 짧은 시간에, 퇴적 또는 변성기원은 오랜 시간이 소요됨.	12
기타		8

설문의 경우 통계를 위해 선택형으로 제시된 원인도 있었지만 생성 시간에 있어 다양성을 제시한 학생이 12%에 불과했다는 사실은 주목할 만하다. 면담에서 몇몇 학생들은 암석은 지하 깊은 곳에서 상승되거나, 떨어져 나올 때 생성되며, 쌓여있는 흙이 마르거나 흙이 굳어서 움직이지 않을 때 형성된다고 설명하였다. 암석이 생성될 때 비교적 긴 시간이 소요된다고 믿는 학생들은 암석의 형성 과정을 퇴적 기원으로만 생각하고 있었으며, 일반적으로 큰 압력을 발생시킬 수 있도록 오랜 시간 쌓여야 하기 때문에 긴 시간이 필요하다고 설명하였다. 이러한 결과는 학생들의 지질 연대 규모에 대한 연구(Trend, 2000)와 지구 나이에 대한 대학생들의 사고 연구(Libarkin, et al., 2005)의 결과와 마찬가지로 본 연구에서도 학생들은 광범위한 지질학적 시간에 대한 많은 개념상의 어려움을 지니고 있는 것으로 보여진다. 아래 Table 6은 “암석의 생성 장소와 발견 장소는 다를까?”의 질문에 대한 응답 유형이다.

응답에서와 같이 8%의 학생들은 긴 시간을 통해 지표에서의 점진적 변화에 대한 사고 부족으로 암석은 사람이나 지각에서의 급격한 변동이 없는 한 음

Table 6. Types of answers to place of formation and discovery of rock

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율 (%)
같음	생성된 곳에서 발견. 혼자 움직일 수 없음.	8
다름	지각 변동으로 이동. 외력(유수, 바람 등에 의한 침식)에 의해 이동. 인간에 의해 이동. 생성은 땅 속, 발견은 땅 위.	31
상황에 따라 다름	외부요인에 의해 이동되지 않는다. 생성장소에서 발견	61

Table 7. Types of answers to a slope of the configuration

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율(%)
대륙의 중심부가 가장 높음	대륙 안쪽에 높은 산이 분포. 산(대륙)이 깎여 주변에 쌓임.	37
대륙의 중심부가 가장 높지 않음	대산맥은 판의 경계부인 대륙의 주변에 위치.	53
해양의 중심부가 가장 깊음	바닷물의 압력이 중심에서 가장 큼. 하천의 수심 분포는 중심부가 가장 깊음.	62
해양의 중심부가 가장 깊지 않음	해구는 해양의 주변에 위치. 해양의 중심부에 해령 분포.	28
언급 없음		10

직이지 않는다고 설명하였다. 암석에 대한 연구 결과(Kusnick, 2002)에서도 대부분의 학생들은 지구의 영속성, 또는 불변성에 깊은 확신을 가지며 그에 따라 사람이 암석을 깨뜨리거나 이동시키지 않는다면 암석은 영구적으로 지속된다고 믿는 경우가 많다고 설명한다.

지각에 대한 학생들의 대안 개념

지각에 대한 응답에서 비교적 많은 학생들은 지각을 단지 ‘지구의 겉 부분’으로만 설명하였다. 그리고 지각은 지구가 생성될 당시 초기에 마그마가 냉각되어 생성되었고, 이후 영속적으로 존재해 왔다는 관점을 가지고 있었다. 또한 대륙 지각과 해양 지각의 지형적·성분상의 구분에 있어 명확성을 보이지 못했으며, 판 구조론과 연관된 내용에서도 많은 대안 개념을 보여주었다.

“우리가 대륙의 중심부에서 대양의 중심부까지 탐사한다면 지형은 어떻게 달라질까?”와 같은 질문을 제시했을 때, 학생들의 66%가량은 “대륙의 중심부에서 가장 높고, 해양의 중심부에서 가장 깊다.”고 응답하였다(Table 7).

Table 7의 결과와 같은 보편적 사고는 흐르는 시냇물이나 강물이 대륙의 높은 곳에서 바닷가 만에 이르기까지 자연스럽게 흐르는 것을 볼 때 학생들이 그와 같이 생각하는 것은 당연할지도 모른다. 면담에서 한 학생은 해양 지각의 지형적인 특징에 대한 발달 과정을 다음과 같이 설명하였다.

학생: 바다의 중심부로 갈수록 바닷물이 누르는 압력이 커지니까 압력 때문에 더 깊어지지 않을까요.

이 학생은 해수의 질량과 깊이가 해양의 중심부에

서 가장 크게 나타나기 때문에 해수가 누르는 압력이 해저면 위에서 작용하게 되어 중심부로 갈수록 수심이 깊어진다고 설명한다. 그리고 해저면은 물의 무게에 의해 점진적으로 침하한다고 믿고 있다. 눈에 보이지 않는 해수면 아래의 지형 경사가 그렇게 이해되는 것은 일반적인 수업이나 교과서에서 제시되는 해양 단면 곡선 그래프와 같은 자료를 해석하는 과정에서 대안 개념이 자연스럽게 강화되었을 수도 있을 것이다.

“대륙 지각과 해양 지각은 무엇을 기준으로 경계를 정할까?”의 질문에서 대부분의 학생들은 해안선을 기준으로 해수면 위를 대륙 지각으로, 아래를 해양 지각으로 구분할 수 있다고 대답했다. 그리고 지각뿐만 아니라 해양판과 대륙판의 구분에 대한 질문에서도 많은 학생들은 판(대륙판, 해양판)과 지각의 개념을 동일시하는 경향을 보였다.

학생들에게 나타나는 이러한 구분은 아마도 지리, 지형, 해양 등과 같은 관련 영역 수업 중에 교사들이 대륙적, 해양적인 두 유형을 분명하게 언급하지 않음으로써 자연스럽게 대안 개념이 강화된 것으로 여겨진다. 일부 학생들은 더 나아가 해저에서 더 오래된 지각이 존재하고 대륙의 높은 부분은 최근에 생성되었다고 설명한다. 결국, 이러한 사고의 결과로 “대륙 지각과 해양 지각의 평균 나이는 같은가, 다른가?”를 묻는 응답에서 비교적 많은 학생들이 아래 내용과 같은 응답을 보였다.

학생: 지구가 처음 만들어질 때는 모두가 바다였잖아요. 그러니까 해양 지각만 있었고... 화산 활동이나, 용기에 의해서 내부로부터 대륙이 올라 온거죠. 모든 것은 바다에서부터 시작해서 이루어지잖아요.

면담에서 많은 학생들은 지구 생성 초기에 지각을 이루는 모든 물질들은 같은 성분으로 넓게 퍼졌을 것이며, 냉각되고 이후 솟아오르거나 다른 급진적인 변동에 의해 대륙 지각이 노출되었을 것이라고 믿고 있었다. Table 8은 대륙 지각과 해양 지각의 평균 나이 비교에 대한 응답 유형이다. 일부 학생들은 대륙 지각과 해양 지각의 기원에 대한 개념을 급진적인 환경의 변화로만 사고하고 있다. 어떤 학생은 생성 초 지구는 대륙이 존재하지 않고 바다만이 존재했었으며, 이후 판의 상호 작용에 따른 충돌에 의해 대륙 지각이 생성 되었다고 설명한다. 이러한 생각을 보이는 학생들의 대부분은 지각의 나이를 지구 생성 연

Table 8. Types of answers to comparison of average ages of continental and ocean crust

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율(%)
두 지각 모두 같음	지구 생성 초 함께 생성.	30
대륙 지각이 많음	해양 지각은 생성되고 소멸.	20
해양 지각이 많음	지구 초기는 모두 바다, 이후 대륙 생성. 해양 지각이 가장 아래쪽에 있어서.	35
언급 없음		15

대와 비슷한 나이로 믿고 있었고, 해양 지각의 소멸과 관련하여 판의 이동이나 판의 수렴에 의한 해양 지각의 섭입, 생성되는 지형적 특징에 대한 연관성을 설명하지 못했다. 그리고 대부분 변동이 없는 한 지각은 영구적으로 존재할 것이라고 응답했다.

연구자: 지각이 없어진다면 어떻게 소멸될까?

학생 A: 판이 충돌하거나, 지각에서 지진이나 화산과 같은 활동이 일어나면 깨져서 없어질 것 같은데...

연구자: 어디로 없어지지는?

학생 A: 글썽요...

학생 B: 지각은 지구 초기에 마그마가 굳어져 만들어진 단단한 것이니까. 지각이 없어진다는 것은 지구가 폭발한다거나 그런 것이 아니면 없어지지는 않겠죠. 물에 잠기는 건 몰라도...

한편, “대륙 지각과 해양 지각의 성분과 밀도는 어떻게 다를까?”의 질문에서 일부 학생들은 아래와 같이 단순한 사고에 근거해 응답하는 경우를 종종 볼 수 있었다.

학생 A: 대륙 지각보다 해저면에 있는 지각은 물에 노출되어 있어서 더 많은 물을 포함할 거예요. 물이 스며들기 때문에 대륙 지각보다는 물렁물렁할 것 같고...

학생 B: 해수에는 염분이 많잖아요. 그러니까... 아무래도 그런 성분들이 해양 지각에 스며들어 당연히 대륙 지각과는 성분차이가 나겠지요. 마찬가지로 대륙 지각에는 지하수나 하천수에 녹아있는 성분들이 포함되어 있을 거예요.

실제로 대륙 지각과 해양 지각 사이의 성분과 밀도 비교에 대한 응답 유형에서 아래 Table 9와 같은 결과를 보였다. 응답 결과에서 나타난 것과 같이 학

Table 9. Types of answers to component of continental and oceanal crust (multiple answers)

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율(%)
성분 같음	두 지각은 동시에 같은 환경에서 생성(지구 형성시).	27
성분 다름	해양 지각이 밀도가 큰 물질을 포함. 해양 지각은 염분을 많이 포함(7%).	38
밀도 다름	해양 지각은 물을 포함하여 부드러움.	28
기타	해양 지각은 퇴적암, 대륙 지각은 화성암.	15
언급 없음		11

생의 40%정도가 지각의 성분과 밀도에 대한 중대한 대안 개념을 지니고 있는 것으로 드러났다. 대부분의 학생들은 두 지각의 성분 비교에 대한 응답을 설명하는 과정에서 지각의 기원을 올바르게 설명하지 못했다.

연구에서 대부분의 학생들이 가지는 지각 형성에 대한 사고는 지구의 생성과 함께 마그마가 냉각되어 해양 지각이 형성되었으며, 이후에 대륙 지각이 발달되었다고 믿는 지각의 영속적 존재에 대한 관점이 우세하게 나타났다. 이와 같은 응답들은 학생들이 지구 내부의 동적인 순환 과정에 따른 해양 지각의 생성과 소멸 과정, 판 구조론과 연관된 판의 상호 작용에 의한 지형의 형성 과정에 대한 이해의 부족 때문으로 판단된다. 일반적으로 본 연구에서 드러난 중대한 대안 개념을 보이는 대부분의 학생들은 해양 지각과 대륙 지각의 지형적인 구분이나 성분상의 구분에 있어 대부분 명확성을 보이지 못했다.

지구 내부 · 판 구조론에 대한 대안 개념

지구 내부와 판 구조론에 관련된 면담에서 나타난 중요한 대안 개념 중의 하나는 근원적인 과정들에 대하여 언급한 학생들이 많지 않았다는 점이다. 또한 구성 요소 상호간의 관계를 설명하는데 있어서 부족함을 드러냈다. 예로 ‘판’과 ‘마그마’는 자주 언급하지만 판의 원동력, 판 이동에 따른 지각 변동과 지형적 특징, 마그마의 기원과 같은 근원적 원인과 과정에 대한 질문에서 개념상 단순함과 다양한 대안 개념을 보였다.

많은 학생들이 “판이란?”, “판의 위치를 그려보면?”의 질문에서 지구 단면도 상에 판의 위치를 나타내 줄 것을 요구했을 때, 일부 학생들은 지각으로부터

Table 10. Types of answers to the cause of continental drift

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율(%)
지구 외부의 영향 해류, 지구 자전 또는 공전에 의해.		23
지구 내부의 영향 맨틀의 대류. 내부의 상승 압력.		64
이동하지 않음	해수면 상승에 따라 대륙과 해양의 분포가 달라 보임. 빙하의 표류를 잘못 봄.	8
언급 없음		5

내부로 상당히 떨어진 거리에 표현하기도 하였다. 그리고 그러한 학생들은 하부의 판 이동에 따라 상부에 위치한 지각이 이동된다고 설명하였다. 선다형 물음으로 제시된 설문 문항에서 정답율(78%)은 높게 나타났지만 학생들은 판이 지각과 독립된 지각 하부, 또는 맨틀의 일부로서 설명하는 경우가 많았다. 이것은 지구 단면도 상의 최외각을 판으로 정의하기 보다는 화학적인 특성에 따라 지각으로 분류하는 교과서 이미지의 영향으로 보여진다.

한편, “대륙 이동의 원인은 무엇이라 생각하는가?”에 대한 응답에서 흥미로운 몇 가지 응답을 볼 수 있는데 Table 10과 같다. 설문 응답에서 90%에 가까운 학생들이 시간에 따른 대륙 분포의 변화를 언급하거나 수긍하였다.

면답에서 8%의 학생들은 대륙 이동에 대한 내용을 부정하고 있는 것으로 나타났다. 이들 중의 일부는 대륙이 움직이는 것이 아니라 빙하가 녹거나 생성되면서 대륙 분포가 달라져 그렇게 보일 뿐이라고 설명하였다. 일부 학생들은 응답에서 놀라운 요인들을 제안하는데 지구의 자전과 공전, 다른 하나는 해류의 작용을 그 원인으로 설명하는 경우다. 일부 학생은 표류하는 빙하 기반암의 이동을 베게너가 잘못 관찰함으로써 나타난 것이라고 설명하기도 한다.

학생: 대륙이 이동한다는 것은 사실이라고 생각해요. 원인에는 여러 가지가 있겠지만... 저는 해류의 영향이 가장 클 거라고 생각해요. 지구의 공전이나 자전도 원인이 될 수도 있을 것 같고...

반면에 많은 학생들은 막연히 맨틀 대류를 제시하였다. 그러나 이러한 학생들에게 추가 질문에서 지구 내부의 열원과 냉각에 의한 에너지 표출 과정, 열대류 과정에 대한 상세한 설명을 요구했을 때 어려움을 보였다. 대륙이나 판을 이동시키는 원동력에 대한 대답에서 많은 학생들이 압력이 직접적인 판을 이동

Table 11. Types of answers to formation of mountains

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율(%)
지표의 작용	지표에서 침식이나 퇴적 작용에 의해.	4
급격한 대변동에 의해	화산 분출에 의한 용암이 굳어져서. 지진에 의한 단층 작용 때문. 운석 충돌에 의해.	19
지구 내부 원인에 의한	판의 상호 작용(충돌)에 의해.	75
지구의 냉각	뜨거운 지구가 냉각될 때 수축에 의해.	1
언급 없음		1

시키는 원동력이라고 대답했다. 그리고 이러한 압력이 발생하는 원인을 재차 물었을 때, 대부분의 학생들은 지구 중심부에서 상승하는 열, 또는 마그마라고 설명하였다.

연구자: 너는 설명 중에 내부의 압력이라는 표현을 자주 하는데, 지각에 압력을 초래하는 것이 무엇인지 설명해 주겠나?

학생: 마그마요. 마그마는 매우 뜨겁기 때문에 마그마의 열은 압력을 발생시키는 것 아닌가요? 그런 압력이 지각을 갈라놓거나... 그리고 이동시키거나...

압력은 중심부에서 올라오는 열에 의해 형성되는 것이라는 대답이 일반적이었으며 이러한 압력이 판을 이동시키는 힘이라고 믿고 있다. 즉 설명에서 학생들은 판을 움직이게 하는 대류 과정에 대한 개념상 이해를 연약권(열적 대류)의 움직임으로 연결하기보다는 압력의 개념을 판 운동을 설명하기 위하여 직접적으로 적용하는 경향을 보였다.

한편, “대산맥은 어떻게 형성되었을까?”의 질문에 일부 학생들은 물에 의한 침식과 퇴적, 그리고 습곡 작용으로 설명하였다. 판의 충돌과 관련하여 설명하는 학생들은 대륙판과 대륙판이 충돌할 경우에만 대산맥이 형성된다고 믿는 예가 많았다. 응답 유형은 Table 11과 같이 나타났다.

일부 학생들은 빙하기 이후 빙하가 녹게 되어 상대적으로 압력 감소로 대륙이 상승하여 대산맥이 형성되었다고 설명하는 경우도 있었으며, 대안 개념을 드러내는 학생들 중 많은 수는 화산 활동과 관련하여 설명하기도 하였다. 대산맥 형성에 대한 응답에서 몇몇 학생들은 지구의 냉각에 관련된 대답을 제시했다.

학생: 지구의 온도는 처음(탄생 초)에는 매우 뜨거웠어요. 그러나 후에 빙하기가 올 때까지 계속 점차 냉각되었고, 지금하고 처음 지구는 온도차는 꽤 컸을 거예요. 어떤 물질이 식으면 잘 수축되잖아요. 주름이 생기는 것처럼... 그래서 산이 되었을 거예요.

이와 같은 설명은 뜨거운 용융 상태의 지구가 점차 냉각되어 고체로 될 때 표면에서 수축 과정에 의해 주름진 산맥이 생겨났다는 설명이다. 이러한 과정으로 설명하는 학생들의 사고는 Marques 등(1997)의 연구에서 표본 학생의 67%에 해당되는 포르투갈 학생들이 지닌 개념이었다.

판의 충돌 과정에서 생성 과정을 언급한 일부학생들은 산맥의 형성 같은 지형 변화와 관련하여 ‘수평 방향으로 작용되는 힘’ 보다는 ‘연직의 힘’을 주장하기도 하였다. 이러한 학생들은 아래의 응답과 같이 지구 내부에서 상승하는 힘이 대륙을 들어올려 산맥이 형성된다고 설명한다.

학생: 외핵에서 올라오는 힘이 맨틀을 뚫고 땅을 들어올리는 거 아닌가요... 그리고 마그마가 빠져나오면서 화산 활동에 의해서 산이 만들어지거나...

이와 같이 일부 학생들은 판이 수평적으로 이동함에 따라 경계부에서 산맥이 형성된다는 사고와는 다르게 지각 하부로부터 작용하는 연직 방향의 힘에 기인하여 대륙의 생성이나 산맥의 형성 과정을 설명하였다.

“화산과 지진 활동이 일어나는 원인은 무엇인가?”의 질문에 대한 응답에서도 많은 대안 개념을 드러냈다. 화산 발생에 대한 원인을 설명할 때, 대다수의 학생들은 판 운동에 따른 원인으로 설명하지만 어떤 학생은 지구 중심부 핵의 열원이 태양 에너지라고 설명하며 화산 활동은 태양 에너지에 의해 가열된 지구 내부에서 마그마가 흘러나오는 것이라고 설명하였다. 면담 과정에서 많은 학생들이 화산 활동을 판의 경계에서 마그마의 생성과 환경 변화에 따른 상승으로 설명하기보다는 마그마가 존재하는 지각 하부에서 상시 존재하는 마그마가 지각의 균열이 나타나는 곳이나 얇은 곳에서 화산 활동을 자연스럽게 일으킨다고 설명한다. 이에 따라 학생들은 이러한 지각의 약한 부분을 많은 섭들이 분포하는 지역으로 설명하는데, 일본을 그 예로 드는 경우가 많았다. 이러한 학생들의 사고는 이전의 연구(Ross and Shuell,

Table 12. Types of answers to the cause of earthquake (multiple answers)

응답 유형	답을 선택한 이유	응답 비율(%)
화산과 용암	화산 활동에 의한 균열, 또는 용암 분출에 의한 압력 때문.	37
지구 내부 원인	판의 운동, 열과 압력.	76
기타	날씨와 기후, 지구의 중력.	25
언급 없음		17

1993)에서 초등학생들로부터 대학생들에 걸쳐 공통적으로 나타나는 결과였다. 아울러 용암이 분출하는 과정에서 지각에 균열이 발생하여 지진이 함께 발생한다고 설명하였다. 지진의 원인에 대한 설문문의 응답 유형은 다음 Table 12와 같다.

지진의 발생 원인으로 어떤 학생은 액체로 이루어진 핵의 유동을 언급하였다. 아래 학생은 핵의 유동으로 인해 맨틀에 충격파가 전달되고 그에 따라 지각의 일부분에 힘이 집중되어 지진이 발생한다고 설명한다.

학생: 사람이 운동을 하면 몸이 열을 발생시키는데 이럴 때 땀을 배출시키잖아요. 지구에서 지진이나 화산이 일어나는 이유도 활발히 운동하는 지구가 일정한 온도를 유지하기 위하여 열을 식히는 과정이라고 생각해요.

연구자: 내부에서 어떤 운동이 일어나는지?

학생: 핵의 회전 운동요. 그에 따라 열을 발생시키고 외부로 방출시키죠. 이때 핵에서부터 충격파가 전달되기도 해요. 그래서 지진이 일어나요.

대부분의 학생들은 판의 운동이 지진의 근본적인 원인이라고 응답하지만 면담에서 비교적 많은 학생들이 제시된 내용 중 일부(중력, 화산 활동, 용암의 이동)가 또한 중요하다고 설명하였다. 그리고 많은 학생들은 화산 활동을 설명할 때 맨틀을 고체가 아닌 입자의 이동이 용이한 액체로, 일부 학생들은 마그마와 동일시 생각하는 경향이 있었다. 이에 따라 맨틀이 대류를 하는 과정에서 지각 하부의 특정 부분에 존재하는 마그마에 압력을 가함으로써 그 누르는 힘에 의해 마그마의 분출 현상이 나타난다고 믿고 있었다.

학생들의 응답을 분석해 볼 때, 지진·화산활동의 원인에 대한 설명에서 과학적 사고와 함께 비과학적 사고를 동시에 가지는 복합적 사고를 보이는 사실을

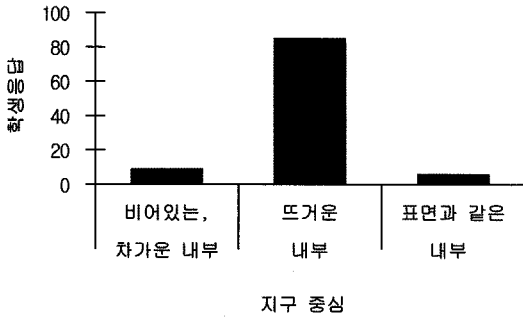


Fig. 2. Observed characteristics of drawing of earth's interior (Temperature of core).

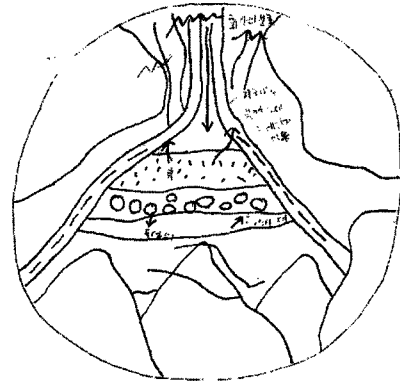


Fig. 5. Drawing of linear layers consisting of similar materials.

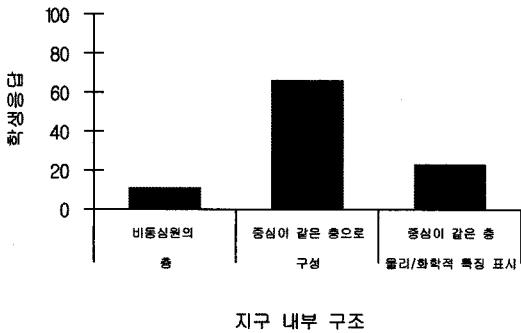


Fig. 3. Observed characteristics of layering within the earth.

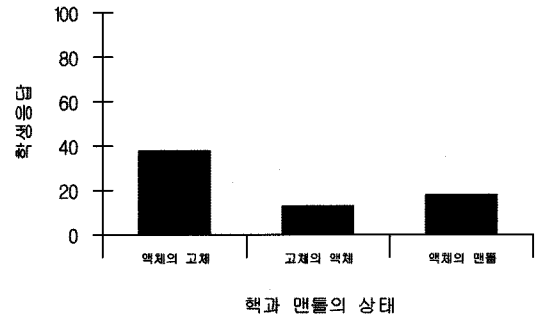


Fig. 6. Observed characteristics of drawing of earth's interior (State of core, mantle).

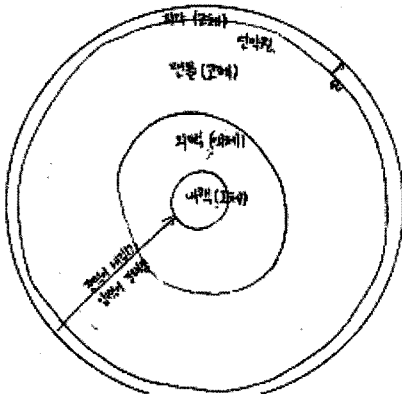


Fig. 4. Drawing of concentric layers (chemical composition and physical state).

확인할 수 있다.

학생들의 드로잉에서 묘사된 시각적인 모델들을 종합해 볼 때, 지구 내부에 대하여 많은 대안 개념을 가지고 있는 것으로 밝혀졌다. 면담과 드로잉의 분석에서 나타난 지구 내부에 대한 이해의 전반적인 내용은 Fig. 2, 3, 6과 같이 요약할 수 있다.

드로잉에서 묘사되거나 질문에 응답한 학생들의

15%는 지구 내부가 차갑거나 지구 표면과 같은 온도 상태를 나타낼 것이라고 응답했다(Fig. 2). 그리고 물리·화학적 특성을 포함한 내부 구조를 정확하게 묘사한 학생은 23%정도로 나타났다(Fig. 3).

드로잉에서 89%의 학생들은 Fig. 4와 같이 영역으로 구분되는 각 층에 대하여 동심원적인 구도로써 지구 내부를 표현했다. 그러나 표본 학생들 중 일부만이 물리·화학적 특성에 따라 지구 내부를 세분화하였고, 면담 내용에서도 근거에 의하여 정확하게 응답을 제시했다.

드로잉에서 학생들의 30% 가량은 핵과 지층으로만 이루어진 일반적인 동심원 층의 내부 구조를 단순하게 묘사했으며, 학생들 중 10%는 Fig. 5와 같이 물리·화학적 특성을 묘사하지 않는 비 동심원 구조로 나타났다. 유사하게 이러한 연구 결과는 지구 내부 구조에 대한 대안 개념 연구(Beilfuss, 2004)에서도 대상 학생들의 9% 정도가 수평층의 내부 구조를 묘사하였다.

또한, Fig. 6과 같이 핵과 맨틀의 상태에 대한 묘사에서 대부분의 학생들이 불명확성을 보였는데, 특히 38%의 학생들이 내핵을 액체로, 18%가 맨틀이 액체로 이루어졌다고 응답했다.

요약 및 결론

연구 영역에 대한 면담과 설문 분석에서 학생들은 많은 대안 개념을 지니고 있는 것으로 밝혀졌다.

첫째, 암석 영역에서 학생들의 36%는 암석을 '지각에서 떨어져 나온 조각' 또는 단순히 '작은 조각'으로 정의하고 있었으며, 생성 과정에 대하여 28%가 화성 또는 퇴적 작용에 따른 단편적 기원을 제시했다. 그리고 암석의 상대적 나이, 생성 시간, 순환에 대하여 학생들이 가지는 지질학적 시·공간적 규모에 대한 사고는 상호 연관성과 근원적 이해에 있어 어려움을 보이는 것으로 나타났다.

둘째, 지각 영역에 있어서는 대다수의 학생들이 지각에 대한 영속적 관점을 보임에 따라 20%정도만이 해양 지각의 생성과 소멸에 대한 설명을 제시했다. 또한 대륙 지각과 해양 지각의 지형 경사에 대한 응답에서 66%, 지각의 성분과 밀도 비교에 대한 응답에서 40%가 대안 개념을 드러냈다. 아울러 판 운동과 연관된 지형 형성 및 해양 지각의 생성과 소멸에 대한 설명에서 부분적인 대안 개념을 보였다.

마지막으로 판 구조론·지구 내부 영역에서는 압력 상승에 의한 판의 이동, 해류 또는 지구 자전에 의한 대륙 이동을 제시함으로써 근원적인 대안 개념을 나타냈으며, 화산·지진 활동과 관련된 응답에서도 복합적 사고의 관점과 함께 부분적인 대안 개념을 드러냈다. 그리고 드로잉의 분석에서 나타난 지구 내부에 대한 주요 대안 개념은 수평층의 묘사였다.

참고문헌

- 국동식, 1991, 대기압, 조석, 계절변화에 대한 학생의 개념과 학년 간 이해의 차이. 서울대학교 박사학위논문, 173 p.
- 박진홍, 2001, 야외지질 학습장에서 고등학교 학생들의 암석과 지질구조 동정 과정 분석. 한국교원대학교 박사학위 논문, 168 p.
- 전인영, 국동식, 1998, 구름 생성 개념에 대한 중·고등학생의 오개념 연구. 한국지구과학회지, 19(3), 269-275.
- 정진우, 1991, 중학교 학생들의 지구과학 개념에 대한 오개념의 형성 원인 분석. 한국지구과학회지, 12(4), 304-322.
- Beilfuss, M., 2004, A study of undergraduate students' alternative conceptions of the earth's interior using drawing tasks. Ph. D. dissertation, Indiana University, USA, 146 p.
- Bezzi, A. and Happs, J., 1994, Belief systems as barriers to learning in geological education. *Journal of Geological Education*, 42 (2), 134-140.
- DeLaughter, J., Stein, S., Stein, C., and Bain, K., 1998, Preconceptions about earth science among students in an introductory course. *Eros*, 79, 429.
- Finley, P.N., Stewart, J., Yaroch, W.L., 1982, Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66 (4), 531-538.
- Ford, D.J., 2003, Sixth grader' conception of rocks in their Local Environments. *Journal of Geological Education*, 51, 373-377.
- Gosselin, D.C., 2002, Pre-/post-knowledge assessment of an earth science course for elementary/middle school education majors. *Journal of Geoscience Education*, 50 (2), 169-175.
- Kusnick, J., 2002, Growing pebbles and conceptual prisms- Understanding the source of student misconceptions about rock formation. *Journal of Geoscience Education*, 50 (1), 31-39.
- Libarkin, J.C., Beilfuss, M. and Kurdziel, J., 2003, Research methodologies in science education: Mental models and cognition in education, *Journal of Geoscience Education*, 51 (1), 121-126.
- Libarkin, J.C., Anderson, S., Dahl, J., Beilfuss, M. and Boone, W., 2005, Qualitative analysis of college students' ideas about the earth: interviews and open-ended questionnaires. *Journal of Geoscience Education*, 53 (1), 17-26.
- Marques, L. and Thompson D., 1997, Misconceptions and conceptual changes concerning continental drift and plate tectonics among Portuguese students aged 16-17. *Research in Science and Technological Education*, 15 (2), 195.
- Muthukrishna, N., Carmine, D., Grossen, B., and Miller, S., 1993, Children's Alternative frameworks: Should they be directly addressed in science instruction? *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (3), 233-248.
- Perkins, D.N. and Unger, C., 1999, Teaching and learning for understanding. *Instructional-design theories and models: Anew Paradigm of Instructional Theory*. Mahwah, New Jersey, USA, 2, 91-114.
- Raia, F., 2005, Students' understanding of complex dynamic systems. *Journal of Geoscience Education*, 53 (2), 297-308.
- Ross, K. and Shuell, T. 1993, Children's beliefs about earthquakes. *Science Education*, 77 (2), 191-205.
- Schoon, K. and Boone, W., 1998, Self-efficacy and alternative conception of science of preservice elementary

- teachers. *Science Education*, 553-568.
- Stead, B. and Osborne, R., 1980, Exploring science students' concepts of light. *The Australian Science Teachers Journal*, 26 (3), 84-90.
- Trend, R., 2000, Conceptions of geological time among primary teacher trainees, with reference to their engagement with geoscience, history, and science. *International Journal of Science Education*, 22 (5), 539-555.
- Wandersee, J.H., Joel J.M. and Novak, J.D., 1994, Research on alternative conception in science. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 177-210.

2006년 10월 16일 접수
2006년 11월 23일 수정원고 접수
2007년 4월 27일 채택