

암석과 지각, 판구조론에 대한 고등학교 학생들의 존재론적 범주화

정구송*
전주대학교

Ontological Categorizing of High School Students About Rocks and Crust, Plate Tectonics

Ku-Song Jeong*
Jeonju University

Abstract: The purpose of this study was to investigate students' ontological categories about rocks and the earth's crust and plate tectonics. A total of 169 high school students in the first grade were involved in the study, and in order to extend the boundary and tendency of the research, structuralized questions and coding frame were generated. Additionally, the results from all students were codified in four levels according to coding frame (matter, transformation, proto-process, and process). Followings are the results. First, the ontological categories of students about the concepts of this research were classified dominantly into a matter and transformation within the boundary of 67% of rocks, and 75% of the crust. The propensity of plate tectonics in terms of ontological category were analyzed by being codified into 68% of process category which proved to have relatively process-oriented perspective. Secondly, the inclination to allocate ontological categories of each students in terms of field concepts were confirmed in 16% and 31% per each student that were codified into process categories and matter categories. Most students that were codified into matter category responded to high tendency to view the world as a combination of simple substances. Moreover, the students had ontological faith that speculates only through a state or an incident in terms of concepts that form a structure of knowledge.

Key words: ontological category, rock, crust, plate tectonics.

I. 서 론

구성주의적 학습에 대한 최근 관점은 학생들이 선 개념이나 믿음에 바탕을 두고 새로운 지식을 구성한다고 가정한다(Wandersee *et al.*, 1994). 이는 학생들이 지니게 되는 개념 상태에 대한 중요성을 강조하는 것으로, 학습 과정에서 학생들은 개념들의 고유한 속성들을 이해하지 못하고 자신이 지닌 범주에 따라 개념들을 수용할 수도 있음을 시사한다.

교육학자들은 개념들이 범주에 따라 위계적으로 조직되며 위계의 어느 수준에서 존재론적으로 구분될 수 있다고 주장한다(신형정, 2002; Carey, 1985). 이와 같이 주장하는 이유는 서로 다른 범주의 구성원들이 사물, 현상이나 사건 등이 내포하고 있는 속성들에 따라 생물과 무생물, 또는 추상적인 사고인가, 과정인

가와 같이 서로 공통점이 없는 분명한 차이를 가지고 있기 때문이다. 이것은 개념에 대한 신념들과 세계의 속성들이 존재론적 범주들로 기술될 수 있으며 (Chinn, Brewer, 1993), 범주 구성원들에 대한 성질이나 속성들을 학생들이 어떻게 사고하는지 정의함으로써 존재론적 신념과 판단을 설명할 수 있음을 의미한다. 따라서 학생들도 현상학적인 경험을 통합하고 개념들을 적절하게 존재론적으로 수용한다면 개념들 간의 차이를 구별하고 평가할 수 있게 되어 올바른 학습이 이루어질 수 있게 된다(Chi *et al.*, 1994; diSessa, 1993).

개념 학습에 대한 존재론적 범주화 이론은 개념들이 명확하게 구분되어 범주화될 수 있다는 가정에서 출발한다(Carey, 1985). Chi *et al.*(1994)은 개념들을 존재론적으로 분류하여 Fig. 1과 같이 물질

*교신저자: 정구송(ggusong@chollian.net)

**2009년 04월 15일 접수, 2009년 06월 10일 수정원고 접수, 2009년 06월 11일 채택

Category	Subcategory
Material Substances	⇒ · Natural Kind: Living, Non-Living(Solids, Liquid...)... · Artifact: "is fixed", "is broken"...
Processes	⇒ · Procedure: "is carried out", "has a sequence"... · Evant: Intentional, Random... · Constrain-based Interaction: Natural, Artificial.
Mental States	⇒ · Emotional · Intentional

Fig. 1 A plausible organization of ontological trees(Chi et al., 1994).

(material substances), 과정(processes), 정신적 상태(mental states)의 세 가지 범주들로 정의하였다.

Fig. 1에서와 같이 물질 범주는 존재물로서 셀 수 있다거나, 부피, 질량, 색깔이 있는 등과 같이 본연의 존재론적 속성들을 지니고 있는 것이어야 한다. 그리고 과정 범주는 물질의 존재론적 속성들이 시간이 경과되며 일어나거나, 어떤 결과로서 귀착되는 등의 의미를 내포해야 한다. 그리고 정신적 상태는 기쁨, 두려움 등의 감정과 욕구, 필요 등과 같은 계획성, 또는 사고로 범주를 구분하였다(Chi et al., 1994).

학생들의 개념에 대한 범주 배정은 다른 학습에도 영향을 미친다(Libarkin, Kurdziel, 2002). 한 예로 판 구조론은 과정 범주로 분류(Libarkin et al., 2003)될 수 있는데, 이를 학생이 물질 범주로 사고한다면 그와 관련된 후속 학습에서 지진·화산 활동과 같은 지각에서의 변동과 변화에 대한 개념의 바른 이해가 어렵게 된다. 또한 열적 순환(대류)을 학습할 때, 많은 학생들이 열을 단순히 계속적으로 대상을 가열하는 물질 범주로서 배정하는 경향을 보이는데, 이러한 사고는 연계된 맨틀대류에 대한 학습에서 열을 단지 연약권을 형성하는 물질로서 생각하게 하는 결과를 가져올 수도 있다는 것이다(Chi, Slotta, 1993). 지구 내부에서 열은 물질과 과정 범주를 모두 포함하고 있기 때문에 학생들의 적절한 학습을 위해서는 개념의 범주들 사이의 속성을 필수적으로 이해하고 있어야만 한다.

학생들의 개념에 대한 존재론적 범주화에 대한 선행 연구는 주로 물리와 생물 영역(Chi et al., 1994; Chi, Ferrari, 1998; Matins, Ogborn, 1997; Venville, Treagust, 1998; Wisser, Amin, 2001)에서 이루어졌다. 연구자들은 연구 결과에서 많은 학습자들이 관련 개념들을 적절하지 못한 존재론적 범주에 배정하고 있으며, 개념 변화를 유도하기 위하여 먼

저 올바른 존재론적 범주로 변환시켜야할 필요성을 설명하였다. 지구과학 영역에서는 화석과 지구 내부에 대한 사고 연구(Libarkin et al., 2005)에서 반구조화 질문을 이용해 학생들의 존재론적 범주 경향을 구분하였다. 그리고 연구 결과에서 많은 학생들이 개념들을 물질 범주로 배정함으로써 지구에 대하여 정적 관점을 지니게 될 수밖에 없다고 설명한다. 그러나 이와 같은 선행 연구들(Beilfuss, 2004; Chi et al., 1994; Libarkin et al., 2003)은 모두 단일 개념들에 대한 존재론적 범주화에 따른 경향만을 파악한 조사 연구에 미치고 있다. 따라서 학습에서 학생들이 개념들을 잘못된 범주에 배정함에 따라 후속학습에서 연계된 개념들을 이해하는데 어떠한 영향을 미치게 되며 어떠한 존재론적 범주에 배정하게 하는지 확인하는 것은 필요성을 가진다.

본 연구 영역에 해당되는 암석과 지각은 판구조론과 함께 내용상 연계성과 인과론적 상호 관계를 가진다. 특히 판구조론을 포함한 암석, 지각에 대한 개념은 학습을 위해 구성 요소들과 각각의 상호작용을 고려하여 나타나는 속성을 인지해야만 한다. 그리고 인과관계를 포함하는 과정 범주로의 사고가 필요하다(Beilfuss, 2004; Libarkin et al., 2005). 현행 교육과정(교육인적자원부, 2001)에서도 학생들이 '지각의 물질과 지각변동' 단원에 대한 영역별 내용에서 암석과 지각, 판구조론에 대하여 상호 연관성에 따른 성질과 생성과정 및 증거에 대한 과정 및 원인을 이해할 수 있도록 요구하고 있다. 교육과정을 보면 5학년에서 암석, 6학년에서 흔들리는 땅, 7학년에서 지구의 구조, 8학년에서 지구의 역사와 지각변동을 다루고 있다. 그리고 판구조론의 전반에 대해 본격적으로 다루고 있는 것은 10학년부터이다. 이 영역에 대하여 학생들이 가지는 개념들의 존재론적 범주 경향은 12, 13학년의 지질 분야 학습에 사전 개념으로 자리 잡아 학

습과정에 영향을 미치게 될 것으로 판단된다. 따라서 10학년 과정에 해당되는 과정 범주로서 사고를 요구하는 판구조론과 연계된 지각, 그리고 구성 요소인 암석에 대한 학생들의 존재론적 범주화 경향을 파악하는 것은 필요하다.

본 연구의 목적은 암석과 지각, 그리고 판구조론의 개념들에 대한 학생들의 존재론적 범주화를 분석하는 것이다. 그리고 상호 인과론적인 특성을 지니는 암석, 지각과 판구조론에 대하여 개인별 존재론적 범주 간에는 어떤 연관성을 보이는지 확인하는 것이다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

연구는 먼저 본 연구에 앞서 예비 연구에서 문헌 연구와 함께 질문안의 수정 및 보완이 이루어졌다. 그리고 질문안을 통하여 면담을 실시하고 이후 결과를 분석하였다. 연구에는 서울시의 강북에 소재한 T, S 고등학교 1학년 2개 학급, 강남에 소재한 일반계 Y, S 고등학교 1학년 3개 학급으로 본 연구자가 근무했던 일반계 고등학교 학생들이다, 대상 학급 중 참여를 희망하지 않은 8명을 제외한 총 169명(남학생 117명, 여학생 52명)의 학생들이 참여하였다. 참여 학생들의 성별 석차 백분율(중학교) 분포는 여학생들이 남학생들에 비해 13%정도 높게 나타났다, 면담은 과학 실험실 내에서 영역별 질문안(Table 1, 2, 3)의 수준(I~III)에 따라 모두 개별 면담으로 진행되었다. 면담 시간은 보통 30~50분 정도로 지속되었고 모든 내용은 녹화되고 기록하였다. 그리고 모든 면담이 끝난 이후 분석을 실시하였다. 연구의 면담 시기는 학생들이 연구 영

역에 해당되는 교과 내용을 모두 학습한 이후인 2005년 6월부터 9월에 걸쳐 진행되었다.

2. 질문안 개발 및 자료 분석

1) 질문안 개발

연구에서 사용된 질문안은 학생들의 연구 영역에 대한 개념들의 존재론적 범주를 확인하기 위하여 총 22문항으로 제작하였다. 질문안은 2차례의 예비검사를 통해 수정되었고 문항 평가 목표와 타당성을 분석하여 보완된 자료들을 바탕으로 3명의 지구과학 교사들과 협의를 통하여 최종 질문안으로 완성되었다. 질문안 개발을 위한 준거로 Chi *et al.*(1994)이 제시한 존재론적 범주화 이론과 학생 사고의 존재론적 분류(Libarkin *et al.*, 2005), 암석에 대한 학생들의 개념 연구(Kusnick, 2002), 판 구조론에 대한 고등학생들의 오개념 조사(Marques, Thompson, 1997a, 1997b) 등의 선행 자료 내용을 참고하였다.

질문은 영역에 따라 각각 3단계로 구분하였으며, 면담에서 학생들이 단계별로 응답하도록 제시되었다. 부호화를 위해 문항은 I 단계는 포괄적 물음으로 대상이나 현상에 대한 설명을 요구하는, II 단계는 대상에서 발생하는 변화나 사건을 설명하도록 요구하는, 그리고 III 단계는 물질과 연관된 과정이나 근원적인 원인의 진술을 요구하는 문항으로 구성하였다. 질문안은 응답에 대한 명료화를 위해 계속적인 추가 질문의 형태로 영역에 따라 단계별로 13 가지 정도 제시되었다(Table 1, 2, 3).

암석에 대한 개념을 묻는 질문안은 먼저 전체적인 관점을 분류하기 위해 암석의 정의에 대한 물음을 제시하였다. 그리고 물질과 전환 및 과정 범주를 세분화

Table 1 The tools for coding of ontological categories on the rock.

Level	Category	Section	Contents of the Questions
I	matter	Definition of Rocks	· What are rocks?, Sizes?
II		Formation of Rocks	· How do rocks form? · With what types of rocks can fossils be found?, Reasons?
III	transformation/process	Relation and intensification about rocks	· Methods to classify rocks? · Are the place of formation and discovery of rocks the same or different? What are the reasons? · What is the life of rocks? · How long does the formation of rocks take?, Required geological events?

하기 위하여 암석의 생성 과정과 분류, 암석의 순환 등에 대한 개념 범주를 확인할 수 있는 질문으로 구성하였다(Table 1).

지각에 대한 개념을 묻는 질문은 먼저 학생들의 관점을 분류하기 위해 지각의 정의에 대한 물음을 제시하였다. 그리고 범주를 세분화하기 위하여 대륙 분포, 해양 지각의 생성과 소멸, 대륙·해양 지각의 지형적 특징 및 구분(성분과 밀도 차이, 평균 나이)에 대한 개념 범주를 확인할 수 있는 질문을 제시하였다(Table 2).

판 구조론에 대한 개념은 학생들이 지니고 있는 전체적인 관점을 분류하기 위해 판 구조론의 정의와 판에 대한 포괄적 물음을 제시하였다. 그리고 범주를 세분화하기 위하여 지진·화산 활동의 원인, 판과 대륙 이동의 원동력, 판 경계부의 지형적 특징 등에 대한 개념 범주를 확인할 수 있는 질문을 제시하였다(Table 3).

2) 자료 분석

예비 조사에서 존재론적 범주화는 물질, 전환, 과정 범주로 분류하였으나 자료를 분석하는 과정에서 분석에 참여했던 3명의 지구과학교사들의 의견에 따라 Libarkin *et al.*(2005)이 분류한 방법과 같이 과정 범주를 두 개의 하위 범주(초기적 과정, 완료적 과정)로 세분화하여 4단계의 범주로 분류하였다. 그리고 학생 응답들은 Table 4의 부호화 틀에 따라 분류되었으며, 아래 프로토콜은 부호화 과정의 실 예를 제시한 것이다. 영역에 따른 개인별 분석은 전체적인 범주 배경 경향을 확인하기 위하여 물질과 전환 범주를 크게 물질 범주(material substances)로 초기적 과정과 완료적 과정 범주를 과정 범주(processes)로 묶어 분석하였다.

- 물질 범주의 사례

학생 A: 대륙은 움직인다고 알고 있어요. 대륙은 꼭 뿌리가 있는 것도 아니고 바다로 둘러싸여

Table 2 The tools for coding of ontological categories on the crust.

Level	Category	Section	Contents of the Questions
I	matter/transformation	Definition of the crust	· What is the crust?
II		Formation of the crust	· Do the crust distribute permanently?, If they disappear, how exactly? · How did the ocean and continent distribute geographically in the history of earth for the last 4,6 billion years?
III	transformation/process	Rrelation and intensification about crust	· What is the average age of the ocean and continental crust, are they the same or different?, Reasons to think so? · How can the ocean and continental crust be distinguished? · What is categorize by geographical characteristics? · How are ingredient and density different?, Reasons?

Table 3 The tools for coding of ontological categories on the plate tectonics.

Level	Category	Section	Contents of the Questions
I	matter	Definition of plate tectonics	· What is the definition of plate tectonics? · What is a plate?
II		Plate tectonics & diastrophism	· What is the cause of earth quake? · What are the areas with frequent volcanic activities on the earth?, Reasons? · What is the force that moves the plate? · In which direction is the plate forced? (Parallel/Vertical direction force)
III	transformation/process	Relation and intensification about plate tectonics	· How did the great mountain ranges form? · Do the continents move? What are the causes? Through what can we find out?

Table 4 Codes for ontological categories.

Category	Interpretation
matter	· Rocks defined as an aggregate. No explanation or inadequacy about the condition to rock formation and circulation.
	· The crust defined only as a permanent distribution. (Imperishable perspective). No formation and annihilation of the crust.
	· Plate tectonics are defined as a phenomenon, or a fragmented event. Presence of specific alternatives to earthquake, volcanic activities and geographical characteristics of boarder line of plate
transform ation	· Fragmented definition of the formation of rocks and circulation. Unstable listings of the types of rocks.
	· Lack of details in the cause of moving crust and its course as well as original causes. Alternative conceptions to continental · oceanic characteristics of the crust, and the boundary and average age.
proto- process	· Lack of details in the movement of the plate as well as its original causes. Unscientific explanation to the motion of the plate and volcanic activities.
	· Partial alternative conceptions present regardless explaining the process of formation, classification, and its origins without knowing its specific course.
process	· Mentioning the formation of the crust and its extinction. Partial alternatives present for geographical characteristics, Distinguishing continental and oceanic crust,
	· Although it explains the interactions of the plates in relations to earthquake and volcanic activities, the root of energy is not accurately explained. Lack of continuing relevancy between compositional elements.
	· Proposal of attributable causality in the formation of rocks, circulation. Explain the continuing relations among compositional elements. Process rooted in dynamic perspectives. Logically presented.
process	· Present the causality of processing characteristics about the formation of the plates, and distribution of the continent. Distinguishing the continental and oceanic crust, and explain the relations about its geographical characteristics. Dynamic perspective rooted in its process. Logical explanation.
	· Present the characteristics of plate tectonics and activities, and its characteristics. Shows the causality in the movement of earthquake and volcanic activities as well as formation of the great mountain range; explains its relations among the compositional elements. Dynamic perspective rooted in its process. Logical explanation.

있는 큰 섬이라고 생각해요. 그러니까 해류 때문에 서서히 움직일 수 있어요.

- 초기적 과정 범주의 사례

학생 B: 판은 다른 판 아래로 들어가요. 밀도차에 의한 것이라고 배운 것 같은데... 해구에서 처럼요. 아래로 들어간 판은... 그 아래에서 또 두 마그마가 되겠지요.

면담에서 많은 학생들은 A 학생의 경우와 같이 과정적 진술을 내포하는 예를 많이 제시하였지만 응답에서 명백한 오개념을 포함하고 있거나, 연속적으로

제시된 질문에서 현상이나 사건만을 단순하게 제시했을 때에는 물질 범주로 부호화하였다. 그리고 물질 범주로 사고하지만 일부 인과관계에 대한 언급을 제시한 경우 전환 범주로 분류하였다. 물질과 전환 범주로 분류된 학생들은 과학적으로 옳은 과정상의 진술을 포함하지 않아야 한다. B 학생의 프로토콜은 초기적 과정으로 분류된 예로 인과관계를 언급하고 일부 과정의 의미를 내포하는 단어를 제시하고 있다. 하지만 과학적인 절차에 대한 언급이 적절하지 않거나 부족한 경우에 초기적 과정으로 분류하였다. 그러나 속성에 대한 정확한 인지나 연속적인 인과 관계를 제시하고, 현상이나 과정에 대한 근원적인 원인이나 절차에

대한 완전한 설명을 제시한 학생은 완료적 과정으로 부호화하였다.

응답 결과의 부호화는 평가자 간의 신뢰도를 높이기 위하여 세 명의 연구자들이 20명의 학생 결과물을 초기 분류 틀에 근거하여 개개인의 기준으로 평가하고 토의를 통하여 일치도를 높였다. 그리고 최종 분류 틀이 만들어진 후 나머지 자료들은 결과에 대한 통일성을 기하기 위하여 본 연구자가 분류를 진행하였다.

III. 연구 결과

1. 학생 개념들의 영역별 존재론적 범주화

1) 암석 영역

학생들의 암석 영역에 대한 개념들의 존재론적 범주화는 면담 분석에서 연구 참여 학생들의 18%가 물질 범주, 44%가 전환 범주, 31%가 초기적 과정 범주로 분류되었다. 그리고 완료적 과정으로 부호화된 학생들은 7%로 나타났다(Table 5).

암석 개념에 대한 범주를 부호화하기 위한 세부적 기준은 암석을 올바르게 정의하는지, 암석의 생성 과정을 기원(화성, 퇴적, 변성)에 따라 설명하는지, 그리고 암석의 분포와 순환, 풍화와 침식·운반·퇴적 과정에서 시·공간적 규모에 대한 근원적 설명을 제시하는지를 여부로 구분하였다. 암석을 전형적인 집합체의 견해로만 인식하며 생성 과정에서 기원에 대한 과정적 설명이 없고 비과학적인 개념이 드러날 경우 물질 범주로, 기원에 대한 불안정하고 단순한 설명(예로 퇴적 기원만을 제시하는 경우)을 보일 경우에 전환 범주로 부호화 하였다. 그리고 암석 생성 기원과 과정은 언급하지만 시·공간적 규모, 그리고 풍화, 침식·운반·퇴적 작용을 포함하는 암석 순환에 대한 설명에서 부분적인 대안 개념을 드러낼 경우에 초기적 과정으로 부호화 하였다.

아래 C 학생은 암석의 정의를 묻는 질문에서 암석을 단지 작은 물질로만 인식하고 ‘지각에서 떨어져 나온 조각’으로 설명하고 있다. 이 학생은 근원적 과정

에 대한 이해가 없는 전형적인 물질 범주로 사고하는 유형이다.

연구자: 암석이란 무엇인지, 가장 적절하게 설명한다면?

학생 C: 글썬요... 돌 같은 거요

연구자: 암석은 어떻게 만들어질까?

학생 C: 음... 암석은... 큰 바위에서 떨어져서... 지각이나 산에서 떨어져 나온 바위 덩어리가 더 잘게 부서져서 암석이 되요.

학생들은 C 학생과 같이 암석의 의미를 단순히 ‘돌’과 같이 손에 쥘 수 있는 어떤 것으로 사고하는 경향을 보이는 예가 있었다. 학생들의 5%(9명)는 응답 분석에서 이러한 사고의 이유 중 하나가 수업 중 표본으로 제시되는 암석을 ‘작은 돌’로만 이해함으로써 잘못 개념화된 것으로 밝혀졌다. 그 이외에 물질 범주로 분류된 22명의 학생들은 이와 유사하게 ‘고체 형태의 물질’ 또는 ‘작은 물질’, ‘우주에서 유입된 물질’ 등으로 응답했다. 이러한 학생들은 “암석은 어떻게 만들어지는가?”, “암석은 어떠한 일생을 거치는가?”의 이어지는 질문에서도 “지표의 여러 작용으로 만들어지는... 물이나, 바람과 같은 것에 의해...”과 같이 대답하는 예를 종종 볼 수 있었다. 즉 학생들이 암석을 작은 돌 또는 물질로 인식함으로써 암석의 형성을 거대 암체로부터 떨어져 나와 생성되었다고 답변함으로써 집합체의 관점을 보였다.

학생 D: 오랜 시간 동안 퇴적물이 쌓여서 만들어지고... 세월이 많이 흘러가면서 점점 부서지고 깨지고... 결국에는 흙으로...

연구자: 암석은 퇴적물이 쌓여서만 만들어질까?

학생 D: 글썬요...

학생 E: 퇴적물이 늘리면 굳어져서(압력) 암석이 되거나, 아니면 성분이 변하거나 그러겠죠..., 용암이 굳어져서 만들어지기도 해요. 암석들

Table 5 Types and frequency of ontological categories about rock.

category	matter	transformation	proto-process	process	total
number of students	31	74	52	12	169
percentage of students(%)	18	44	31	7	100

은 비, 바람 때문에 시간이 지날수록 약해져서 모래나 흙이 되요. 그리고 흙은 다시 뭉쳐져 암석이 되고요.

D 학생의 응답은 68%(114명)의 학생들이 제시한 유형으로 암석은 퇴적물이 쌓여서 생성된다고 설명하였다. 그러나 이 학생은 이후 질문에서 퇴적 기원 이외의 생성과정을 설명하지 못해 전환 범주로 분류되었다. 학생들은 암석의 생성 과정에 대한 전체 응답 분석에서 단순히 퇴적(48%(81명)), 또는 화산 활동(26%(44명))에 의해서만 생성된다는 단편적인 설명을 보였다. 열과 압력에 의한 변성 기원의 설명을 모두 제시한 학생은 6%에 불과했다. 그리고 화성, 변성, 퇴적 기원의 생성과정에 대한 응답을 제시한 학생들은 13%로 나타났다. 놀랄만한 사실 중 하나는 암석의 분류와 관련하여 “어떤 암석에서 화석이 발견될 수 있는가?”에 대한 질문에서 23%의 학생들이 ‘화강암’과 ‘현무암’, ‘공룡이 살았던 시대에 생성된 암석’ 등으로 응답했으며, 퇴적암을 답한 학생은 불과 전체 학생들의 27%에 지나지 않았다. E학생은 암석 생성에 있어 퇴적, 화성 기원의 설명을 언급하며 풍화, 침식과 순환에 대한 개념을 부분적이거나 제시하고 있다. 부호화 틀에 따라 D학생은 전환 범주, E학생은 초기적 과정 범주로 부호화 되었다.

한편, “암석이 만들어질 때 얼마나 오랜 시간이 요구될까?”란 질문의 응답에서도 많은 다양성을 보여주었다. 응답 유형은 몇 일과 같은 짧은 시간과 수 천, 수 억 년과 같은 긴 시간으로 양분되어 나타났다. 78%(132명)의 학생들은 생성 과정상의 이유를 들어 긴 시간(단단히 굳어져야 하므로), 또는 짧은 시간(지각에서 떨어져 나와서, 용암이 식어서)으로만 응답하였다. 암석이 생성될 때 비교적 긴 시간이 소요된다고 응답한 학생들은 퇴적 기원의 암석만을 생각하고 있었으며, 일반적으로 큰 압력을 발생시킬 수 있도록 오랜 시간 쌓여야하기에 긴 시간이 필요하다고 설명하였다. 암석의 생성 기원과 과정에 따라 소요될 수 있는 시간의 다양성을 제시한 학생들은 18%(30명)에 불

과하였으며 과정 범주로 분류하였다. “암석의 생성 장소와 발견 장소가 다를까?”의 질문에 대한 응답 유형에서도 8%(14명)의 학생들은 사람이나 지각의 변동이 없는 한 움직이지 않는다고 설명하였다. 아래 F와 같이 물질 범주로 부호화된 응답 학생들은 자연적 환경에서 암석 풍화에 대한 과정적 이해를 하고 있지 못하는 학생이라고 판단할 수 있다.

학생 F: 암석은 생성된 곳에서 발견된다고 생각해요

연구자: 왜 그렇게 생각하지?

학생 F: 혼자 움직일 수는 없잖아요.

62%(105명)의 학생들이 물질이나 전환 범주로서 사고하는 경향을 보이는 이유는 암석의 분류와 생성 과정이 학생들이 어려워하는 영역이기 때문으로 보인다. 면담에서 학생들은 자연현상에서 실제 관찰할 수 없는 화성활동이나 지하에서 일어나는 변성작용에 대한 추상적인 이해, 퇴적이나 침식과정에서 요구되는 지질학적 긴 시간 규모를 이해하는데 어려움을 느끼고 있었다. 이러한 결과와 유사하게 암석 형식에 대한 학생들의 오개념 연구(Kusnick, 2002) 결과에서도 학생들은 지구의 영속성, 또는 암석과 같은 구성 물질의 불변성에 확신을 가지는 경우가 많았다고 설명하고 있다.

2) 지각 영역

지각 개념들의 부호화를 위한 세부적 기준은 지각의 정의, 해양지각의 생성과 소멸, 대륙·해양 지각의 구분(평균 나이 비교, 특성), 지각의 특징적인 지형에 대한 응답을 준거로 분류하였다. 지각과 연관된 학습을 위해서는 지각이 생성되고 소멸되는 동적 과정을 이해하고 인과관계에 따른 대륙·해양 지각의 특성을 이해하고 있어야 한다. 결과에서 학생들의 49%가 전환 범주, 26%가 물질 범주로 부호화됨으로써 많은 학생들이 물질과 전환 범주로 관련 개념을 배정하는 단순한 관점의 유형을 보였다(Table 6).

물질 범주로 부호화 된 학생들은 해양 지각의 생성

Table 6 Types and frequency of ontological categories about crust.

category	matter	transformation	proto-process	process	total
number of students	44	83	35	7	169
percentage of students(%)	26	49	21	4	100

과 소멸에 대한 내용을 언급하지 않았으며, 7%(12명)의 학생들은 지각을 단순히 '가장 바깥 부분'으로만 설명함으로써 영구적 분포의 견해를 보였다. 아래 면담의 예(G, H)는 대륙·해양 지각의 지형적 구분에 대한 설명에서 물질 범주로 부호화된 일반적인 응답 유형들이다.

연구자: 대륙 지각과 해양 지각은 어떻게 구분할 수 있을까?

학생 G: 바다 아래 있으면 해양 지각 아닌가요?

연구자: 바다 아래라면 해안선 아래 부분을 말하는 건가?

학생G: 예

위의 예처럼 의외로 58%(98명)의 학생들이 해안선을 기준으로 해수면 위를 대륙 지각으로, 해수면 아래를 해양 지각을 구분할 수 있다고 대답했다. 그리고 지각뿐만 아니라 해양판과 대륙판의 구분에 대한 질문에서도 판(대륙판, 해양판)과 지각(대륙 지각, 해양 지각)의 개념을 동일시하는 경향을 보였다. 면담 결과를 분석해 볼 때 학생들의 이러한 구분은 지리, 지형, 해양 등과 같은 관련 영역 수업에서 교사들이 대륙·해양 지각의 기원과 지형적 특성을 분명하게 정의하지 않았음으로써 나타난 대안 개념으로 나타났다.

결국, 이러한 사고의 결과로 “대륙 지각과 해양 지각의 평균 나이는 같은가, 다른가, 다르다면 왜 그럴까?”를 묻는 질문에서 아래 내용과 같은 응답으로 이어졌다

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

면담에서 52%(89명)의 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. 이와 같은 답변을 제시한 학생들은 특히 해양지각의 생성이나 소멸과정에 대한 언급을 제시하지 못했다.

전환 범주에 배정된 학생들 중에는 일부 해저 확장 에 대한 언급을 제시하기도 하였지만, 해양 지각의 순환적 과정과 내부적인 대류에 관련하여 근원적인 설명을 연관시키지는 못했다. 그리고 해양·대륙 지각의 지형적 구분과 평균 나이에 대한 설명에서도 부족한 이해 수준을 보였으며, 두 지각의 성분과 밀도차에 대한 질문에서도 대부분 대안 개념을 보였다. 다음 내용은 지각의 성분과 밀도에 관련된 응답에서 전환 범주로 부호화된 학생들의 응답 내용이다.

연구자: 대륙 지각과 해양 지각은 성분이나 밀도에서 어떤 차이가 있을까?

학생 K: 아무래도 해양 지각은 대륙 지각에 비해서 바닷물에 영향을 많이 받으니까 대륙 지각 보다는 덜 단단할 것 같은데... 또 바닷물 속에 있는 소금 때문에 성분에 있어서도 차이가 많겠죠.

연구자: 왜 해양 지각이 덜 단단할 것이라고 생각하지?

학생 K: 대륙 지각은 큰 돌들로 이루어져 있지만 해양 지각은 파도 때문에 부서진 작은 입자들이 쌓여 만들어 졌으니까요.

연구자: 지각이 없어진다면 어떻게 소멸될까?

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

연구자: 어디로 없어지지?

학생 L: 글썄요...

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

72%(122명)의 학생들은 두 지각의 성분 비교에 대한 응답에서 지각 기원에 대한 올바른 개념을 제시하지 못했다. 또한, 해양 지각의 소멸과 관련하여 K, L 학생과 같이 판의 확장이나 수렴에 의한 해양 지각의 생성과 섭입, 그에 따른 지형적 특징에 대한 연관성을 설명하지 못했다. 그리고 변동이 없는 한 지각은 영구

적으로 존재할 것이라고 응답했다.

학생들의 27%는 과정적 관점에서 판 구조론, 해지의 확장과 연계된 근원적이고 과정적인 설명을 제시하였다. 아래 내용은 초기적 과정으로 부호화 된 학생의 응답이다.

학생 O: 해양 지각은 또 다른 지각 아래로 들어 갈 수 있어요. 밀도차에 의한 것이라고 배운 것 같은데... 해구에서 처럼요. 아래로 들어간 지각은 잘은 모르겠지만... 일부는 그 아래에서 마그마로 되겠지요. 그리고 해령에서 다시 해양 지각이 만들어지고요.

과정 범주로 분류된 학생들 중 22%(37명)는 두 지각의 시간적 변화에 따른 경계(해구)와 지형적 특징을 알고, 두 지각의 성분적 차이를 설명하였다. 그러나 초기적 과정 범주로 부호화된 학생들은 지각의 근원적인 생성 과정과 이에 다른 두 지각의 나이와 성분 등의 응답에서 부분적인 대안개념을 보였다. 또한, 지질 시대를 통한 수륙 분포 변화에 따른 지구 환경적 영향에 대한 응답에서도 설명에 많은 어려움을 보여 대부분이 초기적 과정으로 분류되었다. 단지 전체 학생들 중 4%만이 질문에 대하여 시·공간적 순환과 과정에 근거한 관점을 보였으며 명확하고 논리 정연한 응답을 제시하였다.

3) 판구조론 영역

많은 학생들이 암석·화석, 지각 영역에 대한 개념들을 물질 또는 전환 범주로서 사고하는 측면과는 달리, 판 구조론에 관련된 개념들은 65%의 학생들이 과정 범주로서 배정하는 경향을 보였다. 판 구조론 영역에 대한 존재론적 범주화는 Table 7과 같다.

이 영역에서 물질·전환 범주로 부호화된 학생들은 판구조론을 단지 지진·화산 활동과 관련된 하나의 사건, 또는 지각의 지형적 특성과 연관된 현상으로만 사고하는 예가 많았다. 아래 P, Q, R 학생들은 “판 구조론이란?” 질문에 대한 응답에서 과정적 관점에서

연속된 인과적 관계로 이해하기보다는 하나의 현상이나 사건만으로 인식하고 있다. 아래 응답 P, Q는 모두 물질 범주로 R은 전환 범주로 부호화된 학생들의 예이다.

학생 P: 지구는 하나의 땅이었는데, 지각이 양쪽으로 갈라졌다는 내용 아닌가요?

학생 Q: 지구 내부는 구성 물질이 다른데 어떤 것으로 구성되어 있는가... 이런 것을 말하는 거요.

학생 R: 지진이 일어나는 과정을 설명하는 거요...

연구자: 지진이 왜 일어나지?

학생 R: 판과 판이 충돌해서요...

연구자: 판이 왜 충돌하지?

학생 R: ...

반면 과정 범주로 부호화된 대부분의 학생들은 동적인 지구의 관점에서 맨틀대류, 해저 확장과 연계된 지진·화산 활동 등 상호간의 관련성과 과정적인 설명을 제시하였다. 아래 S 학생의 예처럼 초기적 과정 범주로 부호화된 학생들은 공통적으로 고체로 이루어진 맨틀 물질에서 대류와 관련된 물질의 순환 과정, 그리고 새로운 해양 지각이 생성되고, 판 아래로 섭입되는 순환 양상에 대하여 부분적인 언급을 제시하였다.

학생 S: 맨틀 대류로 판들이 서로 멀어져 새로운 지각이 만들어 지고, 서로 부딪쳐 아래로 밀려 들어가 옆에 의해 녹을 수도 있어요. 그리고 지진과 같은 변동이 일어나면 충돌하면서 깨져 없어질 수도 있고...

판구조론 영역에 대한 응답 분석에서 나타난 특징 중의 하나는 66%(112명)의 학생들이 인과관계의 속성을 가지는 구성 요소 상호간의 관계를 설명하는데 부족함을 보였다는 것이다. 예로 판과 판의 이동은 자주 언급하지만 판에 작용되는 힘의 방향과 원인, 그리고

Table 7 Types and frequency of ontological categories about plate tectonics.

category	matter	transformation	proto-process	process	total
number of students	14	46	84	25	169
percentage of students(%)	8	27	50	15	100

판 이동과 연계된 지각 변동, 지형적 특징에 대한 질문에서 원인과 과정을 명확하게 연관시키지 못하고 응답이 없거나 대안 개념을 나타냈다.

지진과 화산의 원인에 대한 질문에서 7%(12명)의 학생들은 판 운동과 연계된 근원적이고 과정적인 설명보다는 중대한 대안 개념을 드러냈는데 예를 보면, 지진 발생 원인에 대한 질문에서 “기후”나 “지구 중력에 의한”으로 응답한 학생들이다. 또한 대륙 이동에 대한 질문에서 “해류”, 또는 “지구 자전에 의한 영향”으로 그 원인을 설명하는 경우도 있었다. 아래 학생의 경우는 판 이동, 대륙 이동과 관련된 질문에서 물질 범주로 부호화된 예이다.

학생 T: 글썄요... 대륙의 이동은... 화산이 일어날 때, 폭발이 있을 때, 마그마가 분출하고... 단층이 생기고... 땅이 갈라지게 되겠쥬. 그러면 땅이 흔들리고 멀어져요.

학생 U: 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...

전환 범주로 부호화된 16%(27명)의 학생들은 판의 운동과 지각 변동의 관련성을 불완전하게 인식하고 있었다. 예로, 판 경계에 대한 설명에서도 대신막은 단순한 "지각의 충돌에 의해서"와 같이 언급을 제시했지만 세부적인 판 경계부의 유형과 지형 생성과정에 대하여 불안정한 사고를 보였다. 이러한 학생들은 현상에 대한 근원적이며 전체론적인 관점에서 연관성을 갖지 못함에 따라 대부분 추가 질문에서도 적절한 대답을 제시하지 못했다.

한편, 면담에서 판의 이동을 언급한 학생들에게 “판을 움직이게 하는 힘은?”의 질문을 제시했을 때, 과반이 넘는 52%의 학생들은 맨틀 대류를 제시하였다. 그러나 대부분 지구 내부의 열원과 냉각에 의한 에너지 표출 과정, 열대류 과정에 대한 상세한 설명을 요구했을 때 어려움을 보였다. 초기적 과정 범주에 부호화된 학생들은 지구 내부에서의 에너지 흐름, 또는 지진과 화산 발생의 근원적 에너지원을 설명하는 과정에서 아래의 예와 같이 일부 명확성을 보이지 못했다.

연구자: 판 구조론이란 무엇인지, 가장 적절하게 설명하면?

학생 W: 판은 여러 개로 갈라져 있고... 움직이고... 경계에서 지진이나 화산 같은 지각 변동이 일어나는... 그런 것을 합해서 말하는 것으로 알고 있어요.

연구자: 판이 움직이는 이유는?

학생 W: 맨틀대류요.

연구자: 맨틀이 대류하는 원인은 무엇이지?

학생 W: 글썄요... 마그마가 아래에서 움직이는 것이지요. 아래위로...

연구자: 지진과 화산이 왜 경계부에서 주로 발생하는지?

학생 W: 경계부에서 땅이 갈라지면 지진이 발생하고... 그렇게 되면 땅 아래에 있는 마그마가 나오게 되니까...

반면, 아래 학생은 판 구조론을 명확하게 과정적 관점으로 이해하고 있음을 보여준다.

연구자: 판구조론이란 무엇인지, 적절하게 설명하며?

학생 X: 판은 여러 개로 갈라져 있고... 움직이고, 맨틀대류 때문이에요. 경계에서 지진이나 화산 활동 같은 지각변동이 일어나는... 뭐 그런 것을 말하는 거요.

연구자: 네가 알고 있는 맨틀 대류를 자세히 설명해 줄 수 있니?

학생 X: 지구 중심부(핵)는 뜨거운데... 열이 방출되는 과정에서 고체이기는 하지만 맨틀이 열대류를 해요. 그래서 연약권 때문에 판이 이동되고요. 그렇게 알고 있어요.

X 학생은 판 이동의 원동력을 맨틀의 대류에 따른 연약권의 역할로 설명하고 있으며, 근원적 설명에 있어서도 내부 에너지의 방출 과정임을 명확하게 언급하고 있다. 이 학생은 범주 부호화 틀에 의해서 완료적 과정 범주로 분류되었다. 판구조론 영역에 대한 응답 분석에서 지구 내부와 판 운동에 대하여 단편적이거나 동적, 과정적 관점을 보이는 예가 많았다(65%(110명)). 그러나 참여 학생 중 50%(84명)은 실제 예를 제시하는데 어려움을 보였고, 인과 관계와 상

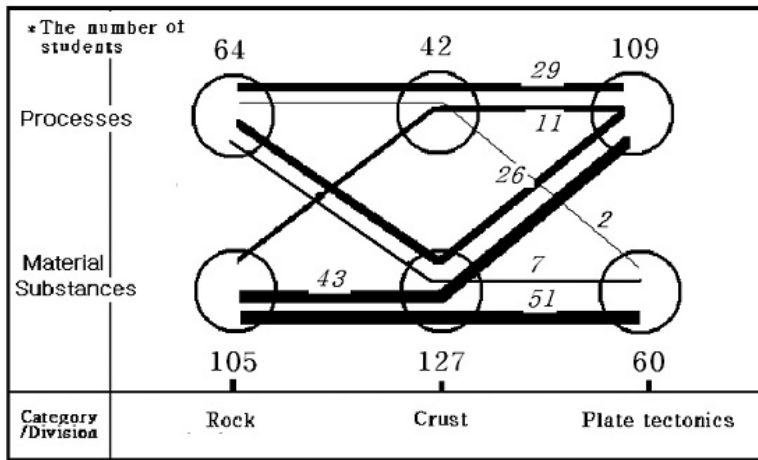


Fig. 2 The inclination to allocate ontological categories of each students in terms of field concepts.

호 관련성에 대한 설명에서 우발적 요소를 통해 언급을 시도하는 부자연스러움을 보였다.

2. 영역별 학생 개개인의 존재론적 범주 배정 경향

학생 개개인이 영역별 개념들을 어떠한 존재론적 범주에 배정하고 있는지 분석한 결과 Fig. 2와 같이 나타났다. 개개인의 영역별 물질 및 과정 범주 배정의 전체적인 경향을 가시적으로 나타내기 위하여 물질과 전환을 물질 범주로 초기적 과정과 완료적 과정을 과정 범주로 각각 통합하여 분석하였다.

Fig. 2에서 선의 굵기는 영역별 물질 범주와 과정 범주에 부호화된 학생 분포 수를 나타낸 것이다. 분석 결과에서 영역별로 부호화된 경향은 지각 영역에 관련된 개념들을 75%(127명)의 학생들이 물질 범주로서 사고하는 측면과는 달리 판 구조론 영역에서는 65%(109명)의 학생들이 과정 범주로 배정하는 경향을 보였다. 모든 영역이 과정 범주로 부호화된 학생들은 17%(29명)로 나타났으며, 모든 영역에서 물질 범주로 부호화된 비율은 31%(51명)로 확인되었다. 특히 동일 학생이 암석과 지각에 대한 개념 범주화 모두에서 물질 범주로 부호화된 비율이 56%(94명)로 나타난 것은 주목할 만하다.

개개인의 영역별 범주화 분석에서 많은 학생들이 암석의 생성, 순환, 그리고 지각의 구분, 분포와 지형적 특성 및 변화 등의 개념들을 물질 범주로서 이해하고 있는 것으로 나타났다. 암석과 지각에 대한 개념들

의 속성을 이해하고 연계된 내용과 사건에 대한 인과 관계, 구성 요소들 간의 상호작용에 따른 이해를 통하여 과정적 범주로의 변환이 반드시 필요하다.

Chi et al.(1994)의 연구에서도 학생들은 주변 세계를 물질의 조합으로 보는 경향이 많으며, 단편적이고 획일적으로 사고하는 경향이 우세하다고 설명하고 있다. 이러한 결과는 비단 지구과학에서만 한정된 것이 아니고 다른 과학 교과 연구(Chi et al., 1994)에서도 나타난 결과다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 암석, 지각, 판구조론 영역의 관련 개념들에 대하여 학생들이 어떠한 존재론적 범주에 배정하는지 개별 면담을 통하여 조사한 것이다. 그리고 연구 영역의 연관된 관련 개념들을 학생 개개인이 어떻게 배정하고 있는지 분석을 통해서 확인하는 것이다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 암석과 지각 영역의 개념들에 대한 학생들의 존재론적 범주화는 암석 영역에서 물질 범주 18%, 전환 범주 44%로, 지각 영역에서 물질 범주 26%, 전환 범주 49%로 우세하게 물질과 전환 범주로 분류되었다. 응답 분석에서 많은 학생들은 암석 영역의 개념들 상호간의 연관성과 근원적 이해에 어려움을 느끼고 현상만을 인지함으로써 물질 또는 전환 범주로 사고하는 경향을 보였다. 또한, 대륙 지각과 해양 지각의 연대, 지형적·성분상의 구분, 판 운동과 연관된 지형

형성 및 해양 지각의 생성과 소멸에 대한 응답에서는 인과적, 과정적 사고에 어려움을 보였다. 이 영역의 개념들에 대한 사고는 선행 연구들(Libarkin *et al.*, 2005; Kusnick, 2002; Marques, Thompson, 1997a)의 결과와 유사하게 나타났다. 이러한 결과는 많은 학생들이 이 영역 개념들을 단순한 집합체적 물질, 불변하는 영구적 속성을 지닌 대상으로 사고하는 경향이 있음을 보여준다.

둘째, 판 구조론 영역에 대한 존재론적 범주 경향은 65%가 과정 범주로 부호화됨으로써 비교적 과정 지향적 관점을 가지고 있는 것으로 해석되었다. 이는 암석과 지각의 개념들과 달리 연관 개념들이 본래 과정적 속성(Libarkin *et al.*, 2003)을 지니고 있기 때문으로 보인다. 그러나 응답 학생들의 일부는 판·대륙 이동, 화산·지진 활동과 관련된 응답에서 중대한 대안 개념을 드러냈다. 일부 과정 범주에 부호화된 학생들 중에서 판의 이동과 원동력, 그리고 판 경계부의 지형적 특성, 지각변동에 대하여 명확한 과정적 이해의 부족에 따른 인과관계와 상호간의 관련성에 불안정한 이해를 보였다.

셋째, 학생 개개인의 영역별 개념들에 대한 존재론적 범주 배정 경향은 모든 영역에서 물질 범주로 부호화된 비율이 31%로 확인되었다. 그리고 암석과 지각 영역에서 모두 물질, 전환 범주로 부호화된 학생들은 59%로 나타났다. 이러한 결과는 전반적으로 학생들이 지식 구조를 형성하는 개념들에 대하여 단순한 현상이나 사건 자체로만 사고하는 존재론적 신념을 지니고 있어 과정적 수준으로 개념을 획득하기가 쉽지 않음을 보여준다.

연구와 관련된 제언으로, 시스템적 사고를 요구하는 지구계 과학에서 개념들의 완전한 이해를 위해서는 단순한 물질적 견해보다 사물은 변화하고 이러한 변화에는 과정적 구조가 있다는 사고를 요구한다. 본 연구 결과와 관련하여 후속 연구에서는 학생들의 개념이 어떻게 과학적 개념에 일치될 수 있게 조절이 가능한지 확인하기 위하여 모든 학년 수준에서 학생들의 존재론적 사고를 연구하는 추가적인 조사가 필요하다. 그리고 무엇보다도 존재론적으로 올바른 개념을 배정하게 하기 위해 학생들에게 어떠한 도움을 주어야 하는지를 교수 전략적 측면에서 계속적으로 연구가 진행되어야 한다고 생각된다. 아울러 본 연구에서 제시한 존재론적 범주화에 따른 개념의 분류 방법을

포함하여 이외에 가능한 다른 현상학적인 범주화에 대한 연구도 계속 시도되어야 할 것이다.

참고 문헌

- 교육인적자원부 (2007). 과학과 교육과정. 교육인적자원부 고시 제2007 - 79호.
- 신현정 (2002). 개념과 범주화. 서울: 아카넷.
- Beilfuss, M. (2004). A study of undergraduate students' alternative conceptions of the earth's interior using drawing tasks. Ph. D. dissertation, Indiana University, USA.
- Carey, S. (1985). Conceptual change in childhood. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chi, M. T., & Slotta, J. D. (1993). The ontological coherence of intuitive physics. *Cognition and Instruction*, 10(1), 249-260.
- Chi, M. T., Slotta, J., & Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4(1), 27-43.
- Chi, M. T., & Ferrari, M. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of science Education*, 20(10), 1231-1256.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10, 105-225.
- 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. & Kurdziel, J. P. (2002). Research methodologies in science Education: Students' ideas about the nature

- of science. *Journal of Geoscience Education*, 50(3), 322-329.
- Libarkin, J. C., Beilfuss, M., & 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., & 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.
- Martins, I., & Ogborn, J. (1997). Metaphorical reasoning about genetics. *International Journal of science Education*, 19(1), 47-63.
- Marques, L., & Thompson D. (1997a). Misconceptions and conceptual changes concerning continental drift and plate tectonics among Portuguese students aged 16-17. *Research in Science and Technological Education*, 15(2), 195-222.
- Marques, L., & Thompson D. (1997b). Portuguese students' understanding at ages 10-11 and 14-15 of the origin and nature of the earth and the development of life. *Research in Science and Technological Education*, 15(1), 29-51.
- Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1031-1055.
- Wandersee, J. H., Joel J. M., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conception in science. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 177-210. New York: Macmillan.
- Wiser, M., & Amin, T. (2001). "Is heat hot?" Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instruction*, 11(5), 331-335.

국문 요약

이 연구는 암석과 지각, 판구조론에 대한 학생들의 존재론적 범주화를 분석한 것이다. 연구에는 고등학교 1학년 169명의 학생들이 참여하였으며, 연구 영역에 대한 학생들의 존재론적 범주화 경향을 밝히기 위해 질문지를 개발하고 부호화 틀을 제작하였다. 그리고 모든 학생 결과물들은 부호화 틀에 따라 4 단계(물질, 전환, 초기적 과정, 완료적 과정)의 범주로 부호화하였다.

연구 결과에서 다음과 같은 결과를 얻었다. 첫째, 연구 영역의 개념들에 대한 학생들의 존재론적 범주화는 암석 영역의 개념들에서 62%로 그리고 지각 영역의 개념들에서 75%로 우세하게 물질과 전환 범주로 분류되었다. 판구조론 영역에 대한 개념들의 존재론적 범주화 경향은 65%가 과정 범주로 부호화됨으로써 비교적 과정 지향적 관점을 가지고 있는 것으로 해석되었다. 둘째, 학생 개개인의 영역별 개념들에 대한 존재론적 범주 배정 경향은 모든 영역에서 과정 범주와 물질 범주로 부호화된 학생의 비율이 각각 17%, 30%로 확인되었다. 응답 분석 결과에서 물질 범주로 부호화된 대부분의 학생들은 세계를 단순한 물질의 조합으로 보는 경향이 많은 것으로 확인되었다. 그리고 지식 구조를 형성하는 개념들에 대하여 현상이나 사건 자체로만 사고하는 존재론적 신념을 지니고 있는 것으로 나타났다.

주요어 : 존재론적 범주화, 암석, 화석, 지각, 판구조론