공간능력의 차이에 따른 10학년 학생들의 판 운동 관련 개념에 대한 이해 분석

이효녕¹ · 조현준^{2,*} · 박미란³

¹경북대학교 과학교육학부 지구과학교육전공, 702-701, 대구광역시 북구 대학로 80

²병점초등학교, 445-390, 경기도 화성시 경기대로 1052

³성산고등학교, 704-934, 대구광역시 달서구 새방로7길 33

An Analysis of 10th Grade Students' Understanding of Concepts about the Plates' Motions according to the Level of Spatial Ability

Hyonyong Lee¹, Hyunjun Cho^{2,*}, and Mi-Ran Park³

¹Department of Earth Science Education, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Byong Jeom Elementary School, Gyeonggi 445-390, Korea

³Seongsan High School, Daegu 704-934, Korea

Abstract: The purpose of this study was to compare 10th grade students' understanding of concepts about the plates' motions depending on the different spatial ability. Based on previous studies and literature reviews, two instruments were selected and used in this study. The Spatial Perception Test developed in Korean Testing Center was applied to measure students' spatial ability. Another instrument for testing students' understandings of plates' motions consists of a total of 10 items. The instruments were distributed to 118 students who were 10th graders in metropolitan city. The results are as follows: First, a correlation coefficient between conceptual understanding of plates' motions and spatial ability was $r=0.439$ ($p<.01$). It indicates that conceptual plates' motions and spatial ability have a moderate relationship. The students were divided into two groups (high and low) by spatial ability. The independent t-test was performed and reveals that the statistically significant difference between high and low groups. On the other hand, the 6 students (3 higher spatial ability students and 3 lowers) were selected and interviewed individually to find the differences in their understanding of the concept of plates' motions. The findings from interviews indicate that most students recognized about concepts of trench and ocean ridge, a rise and drop of the mantle, and divergent and convergent boundaries. However, students had misconceptions about section of trench and ocean ridge. In addition, the students who had higher spatial ability knew the more proper concepts about the creation and extinction of plate, crustal movements, and bottom of the ocean extension, whereas the students who had the lower spatial ability had misconceptions.

Keywords: plates' motion, spatial ability, misconception

요 약: 이 연구의 목적은 10학년 학생들의 공간능력의 차이에 따라 판의 운동과 관련된 개념 이해가 어떻게 다른지 알아보는 데 있다. 이를 위하여 공간능력과 판의 운동 관련 개념 검사 도구를 선정·개발하였다. 공간능력 검사는 KTC에서 개발한 적성종합 검사지 20문항을 사용하였다. 또 다른 검사지는 판의 운동과 관련된 개념을 묻는 것으로 총 10문항으로 구성되었다. 검사지들은 광역시 소재 10학년 학생 118명에게 투입하여 상관관계를 분석하였고, 공간능력 검사 점수를 통해 공간능력이 높은 집단과 낮은 집단으로 구분하여 두 집단 간의 판의 운동 관련 개념 이해 정도 차이를 분석하였다. 또한 공간능력 점수가 높은 학생 3명과 낮은 학생 3명을 표집하여 반구조화된 면담을 실시하였다. 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 공간능력 점수와 판의 운동 개념 성취도의 상관관계를 분석한 결과, 상관계수 $r=0.439$ ($p<.01$)로 둘 사이에는 보통 수준의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 그리고 공간능력 검사 점수에 따라 상·하 두 집단으로

*Corresponding author: altair93@hanmail.net

Tel: +31-234-0008

Fax: +31-235-8904

구분하여 두 집단 간의 판의 운동 관련 개념 성취도에 차이가 있는지를 알아보기 위해 t-검정을 실시한 결과, 두 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 둘째, 공간능력 차이에 따른 판의 운동과 관련된 개념 이해를 조사하기 위해 공간능력 점수 상·하 두 집단에서 각각 3명씩 표집하여 면담을 실시하였다. 그 결과, 공간능력 점수에 관계없이 바르게 이해하고 있는 개념, 공간능력 점수에 관계없이 잘못 이해하고 있는 개념, 공간능력에 따라 이해 정도가 다른 개념으로 나누어 볼 수 있었다. 면담 학생 대부분이 해구와 해령, 맨틀의 상승과 하강 지역, 발산·수렴 경계에 대해 알고 있었다. 해구와 해령의 단면 모습에 대해서는 대부분 학생이 오개념을 가지고 있었다. 이에 반해 판의 생성과 소멸과정, 판 경계에서 일어나는 지각변동, 해저확장에 관한 내용에 대해서는 공간능력 점수가 높은 학생들은 대부분 바르게 이해하고 있었고, 공간능력이 낮은 학생들은 많은 오개념이 있음이 확인되었다.

주요어: 판의 운동, 공간능력, 오개념

서론

지구과학의 연구 범위가 지구 중심에서 우주 먼 곳까지 이르는 공간과 지구 탄생 초기로부터 우주의 미래까지의 시간의 범위를 고려할 때, 지구과학 교과에 실리는 개념들은 다른 교과와는 다르게 시간적·공간적 규모가 크며, 시간과 공간에 관한 능력을 요구하는 개념들이 많이 포함된다(Black, 2005). 따라서 지구과학의 여러 개념들은 시간적·공간적인 연속성과 상호 연관성, 그리고 이에 따른 변화 과정을 종합적으로 해석하는 것이 중요하다(정진우 외, 1996). 지구과학 영역에서 주요하게 다뤄지고 있는 이론 중 판구조론은 지구표면에서 일어나는 여러 지질현상을 체계적으로 설명할 수 있는 체계화된 이론이며, 20C 지구과학사의 중요한 부분을 차지하는 이론으로 학생들에게 지구에 대한 지식과 이해를 증대시키고 지구 현상에 대한 많은 흥미를 갖게 하는데 적합한 주제이다(김충환과 이문원, 1988). 이에 따라 3차 교육과정기부터 과학과 교육과정 지구와 우주 영역이 주요 개념으로 자리잡고, 지진과 화산, 지진대와 화산대, 조산운동과 조륙운동, 판 경계부의 유형과 유형별 지질현상의 특징, 지각 변동, 대륙이동과 맨틀대류설, 해저확장설 등의 하위 개념들로부터 판구조론의 이해를 위한 학습이 이뤄지고 있다.

그러나 이러한 자연현상들은 비교적 짧은 시간에 관찰되기 어려운 속성이 있으며, 그 범위 또한 매우 넓어 학생들은 직접적인 경험을 갖추기 매우 어려운 것이 사실이다. 이러한 시간과 공간적 범위의 광대함은 학생들로 하여금 직접적인 관찰이나 경험이 어렵다는 현실적 제약을 가져오며, 이러한 제약으로부터 학생들은 자신만의 경험과 논리를 바탕으로 자신만의 개념(alternative conception)을 형성하며, 이렇게 생성된 개념(alternative conception)은 과학적 개념

(scientific concept)을 습득하는데 영향을 미친다(이호 외, 2007; Vosniadou and Brewer, 1992). 판구조론 역시 학생들이 경험하기 어려우므로 역동적인 지구의 변화 과정과 관련한 다양한 오개념을 가지고 있음이 밝혀졌다(박수경, 2009; 정경진 외, 2007).

이러한 어려움에도 판구조론이 가지는 이론적 가치와 교육 소재로서의 가치를 바탕으로 판구조론에 대한 이해 증진을 위한 연구들이 진행된 바 있다. 즉 학생들의 판구조론과 관련된 여러 현상 이해를 위한 구체적 비유물을 활용한 연구(이지은 외, 2003)로서 판구조론 개념을 맥락으로 진행된 연구들, 정보통신기술(ICT)을 활용한 과학 탐구능력 및 정의적 영역의 효과에 관한 연구(정진우 외, 2004), 판 경계부에 대한 이해의 유형을 비교한 연구(박수경, 2009; 정구송, 2009), 판 구조론에 대한 오개념을 분석한 연구(정경진 외, 2007; 최성철과 안건상, 2008)에 그치고 있다.

특히 학생들이 직접 경험하지 못하고, 경험적 공간의 한계를 넘어서는 다양한 개념들, 지구의 내부 구조, 지질구조, 판의 운동과 판 경계부 등 판구조론에 관련된 개념들의 이해는 공간능력의 발달과 매우 밀접하게 연관되고 있음이 알려지고 있다(Black, 2005; Burton and Mattiotti, 2011; Pretty and Rule, 2008; Self and Golledge, 1994; Titus and Horsman, 2009). 공간능력은 공간 시각과 공간 방향의 두 요인으로 결정되는 능력이며, 공간 시각은 2차원과 3차원의 물체를 심적으로 회전하는 능력(mental representation and rotation)과 관련된 것이며, 공간 방향은 시각적 요소들을 공간적으로 배열하거나 방향을 결정하는 능력과 관련되며(McGee, 1979), 공간감각, 공간지각력, 공간시각화 등의 용어로 사용되고 있다(이성미와 방정숙, 2007). 이를 토대로 연구자에 따라서는 시지각(visual perceptoin) 및 심적 표상(mental representation)

도 중요한 요소로 포함하는 경우도 있다(오영과 이준, 2004).

이미 천문학 영역에서는 천문 관련 개념과 공간 능력과의 상관관계를 조사한 연구가 있었으나(김범기 외, 1996; 김상달 외, 2005) 지질학 영역에서는 상관관계를 바탕으로 관련 학습 개념들이 어떻게 이해되고 있는지 조사한 연구는 구체적으로 찾아보기 어렵다. 지질학 영역에서의 핵심 개념인 판의 경계부에서 마주하는 판들의 운동과 관련되어 충돌과 섭입, 수렴 등의 개념은 섭입하는 판의 침강에 대해 공간 방향과 시각적 정보 처리는 관련 개념 이해와 관련되며, 마그마 분출지점의 거리 변화 관련 개념은 회전과 판 내부를 투시한 이미지를 상상하는 공간지각능력이 관련된다(Black, 2005). 다시 말해 학생들이 보이지 않는 판 내부의 운동과 이 운동과 관련된 다양한 지질학적 현상을 이해하고 판구조론에 대한 개념을 형성하는 데 있어서 핵심적인 역할을 하기 때문에, 이 핵심 개념의 이해에 대하여 공간능력이라는 관점에서 조망할 필요가 있다.

그러나 이전의 연구는 지층의 계층적 공간 구조를 다루거나(Kali and Orion, 1996), 지하수와 관련된 개념을 연구하거나(정진우 외, 2009; Pretty and Rule, 2008), 층서와 시간의 관련 개념을 조사한 연구(Burton and Mattiotti, 2011), 판의 분포와 판의 경계부에 대한 오개념을 조사한 연구(정경진 외, 2007) 또는 과학을 전공하는 대학생과 그렇지 않은 대학생들을 대상으로 다양한 공간능력을 검사하는 검사지와 지구과학적 개념들 간의 상관관계를 조사한 연구(Black, 2005), 지구과학을 선택한 고등학생과 일반 지구과학의 입문과정을 듣는 비과학전공 대학생, 지구과학을 전공하기 시작한 대학생들을 대상으로 공간능력이 어떻게 향상되는지에 대한 정도를 비교한 연구(Baldwin and Hall-Wallace, 2003), 고등학생들의 지질학 관련 공간 능력 향상을 위한 연구(이왕순 외, 2004)가 있었다. 반면 학생들의 판 운동과 관련된 개념이해가 공간능력과의 어떠한 상관관계가 있고, 학생들의 공간능력의 차이에 따라 각각 어떻게 이해하는지 구체적으로 제시한 연구는 찾아보기 어렵다.

따라서 이 연구에서는 10학년 학생들을 대상으로 공간능력과 판의 운동과 관련된 현상들에 대한 개념 성취도 간 상관관계를 알아보고, 판 경계부에서의 개념을 이해하는 데에 공간능력 점수가 높은 학생과 그렇지 않은 학생은 관련 개념을 이해하는 데에 서

로 어떤 차이를 보이는지 심층 면담을 통해 알아보 고자 한다.

연구 방법 및 절차

연구 대상

이 연구는 광역시 소재 인문계 고등학교 10학년 4 학급 총 132명 중 불성실하게 응답한 학생 14명을 제외하고 총 118명을 대상으로 실시하였다. 공간능력 차이에 따른 판의 운동과 관련된 개념 이해에 관한 조사는 공간능력 검사 점수 결과를 활용하여 $m \pm 1\sigma$ (14.7 ± 3.1 , Table 2 참고)에 해당하는 공간능력 점수가 높은 집단의 약 27% 이내(>17.8)인 학생과 공간능력 점수가 낮은 집단의 약 27% 이하(<11.6)의 학생 중 그림과 자기표현이 양호한 학생 각 3명씩 총 6명을 선정하여 심층면담 하였다.

검사 도구

1) 공간능력 검사 도구

공간능력을 측정하는 검사 도구는 KTC (Korea Testing Center)에서 개발한 표준화검사인 적성검사 중 공간능력에 해당하는 총 20문항으로 검사하였다. 검사지는 4지 선다형으로 20분간 실시하였다. 이 검사지는 입체적 공간능력을 이해하는 능력을 측정하기 위한 것이며, 입체도의 평면화와 평면도의 구성화 능력을 측정하는 문항과 평면도로 된 입체를 시각으로 지각·식별하는 능력을 측정하는 문항으로 구성되어 있다. 이 문항은 머릿속으로 주어진 입체도형을 회전하여 상상하거나 또는 투시하여 문제를 해결하는 방식으로 구성되어 있어 Black(2005)이 제시한 지질학 영역의 공간 개념과 밀접한 관련이 있다. 또 본 연구에서 알아보고자 하는 판의 운동에 따라 회전과 보이지 않는 섭입과정과 투시된 이미지 시각화와 높은 관련이 있다. 이 문항의 내적 신뢰도는 0.80이며, 여러 연구에서 사용되었다(김범기 외, 1996; 이경훈과 임종옥, 2010; 정진우 외, 2009).

2) 판의 운동과 관련 개념 검사지

이 연구에서 사용한 판의 운동과 관련 개념 검사 도구는 전국적으로 실시되는 학력평가에서 선정 및 변형한 6문항, 정경진 외(2007)가 개발하여 사용한 것 중 이 연구와 관련된 1문항, 고등학교 1학년 교육과정 분석을 통해 관련 개념을 추가하여 1차 개발하

Table 1. Sub-spatial ability related with questions

문항 번호	관련 개념	관련 공간 개념	문항 번호	관련 개념	관련 공간 개념
1	판의 경계	계층적 공간구조	6	화산과 지진의 분포	공간 투시
2	판의 경계	시각화	7	수륙 분포 및 이동	공간 운동과 시간
3	판의 분포와 경계	공간 투시	8	판의 이동과 섭입	공간 운동, 공간 투시
4	판의 이동	공간 운동과 시간	9	판의 경계	공간 운동, 공간 투시
5	지진의 분포	공간 투시	10	판의 경계	공간 운동과 시간

였다. 이렇게 개발된 검사지는 지구과학을 전공한 현장 고등학교 교사를 포함한 전문가 집단 10명과 세 미나를 통해 수정되었으며, 각각 문항에 대한 내용 타당도를 검증 받아 수정·보완하여 Table 1과 같이 최종 10 문항을 개발하였다. 각각의 문항은 판의 경계를 묻는 공간구조와 관련된 문제(Pretty and Rule, 2008), 판의 운동과 그에 따른 변화와 관련된 문제(Burton and Mattiotti, 2011), 보이지 않는 판 내부의 투시와 시각화(Black, 2005)와 관련된 문제들이다.

완성된 문항을 20분간 투입하여 결과를 수집하였으며, 공간능력 검사와 판의 운동과 관련 개념 검사의 만점은 모두 20점이다.

문항 중 판 경계부의 단면을 확인하는 문항은 Kali and Orion(1996)이 지질구조에 대한 공간능력 검사지(GeoSAT)에서 활용한 방법을 활용하였다. 그리고 나머지 문항은 판의 운동에 따른 위치 변화와 관련되어 투시된 이미지를 알아보는 문항들이다.

3) 공간능력의 차이에 따른 판의 운동과 관련 개념 조사를 위한 면담지

공간능력 차이에 따른 판의 운동과 관련 개념 이해 차이를 조사하기 위해 6명의 학생을 표집하여 면담을 통해 개념 이해를 분석하고자 하였다. 면담 시 사용한 질문은 공간능력을 구성하는 공간시각에 관련된 1문항과 공간방향에 관련된 1문항을 개발하였으며, 판의 운동과 관련 개념 검사 도구에서 사용한 1문항을 추가하여 기본적으로 총 3문항으로 이루어졌다. 이 문항을 해결하는 과정에 대한 학생들의 이해를 심층면담을 적용하였다.

첫 번째 문항(Fig. 1)은 해양지각의 나이를 제시하여 과거 대서양의 모습과 미래 모습에 관해 그림을 그리는 문항이다. 두 번째 문항(Fig. 4)은 지질현상에 대한 공간 방향과 관련된 문항으로서 위에서 바라본 태평양판과 북아메리카판의 경계인 해구와 해령의 모습을 보고 섭입되는 판 아래의 모습을 단면으로 그리는 문항이다. 세 번째 문항(Fig. 7)은 공간 시각

과 관련된 문항으로 인접한 서로 다른 세 판의 이동 방향과 속도를 제시하여 이 판들 사이에 나타나는 경계의 유형에 대한 문항이다. 이때 직접 판의 움직임을 나타내 보이도록 하기 위해 세 판의 책을 준비하여 학생들이 책을 이용해 판의 움직임을 묘사해 보도록 하였다.

이 면담 문항은 판의 운동과 관련 개념 검사 도구와 함께 전문가 집단 10명과 협의를 통해 수정·보완된 뒤 최종 개발된 것이다.

자료수집 및 분석

연구문제 해결을 위해, 공간능력 검사지와 판의 운동과 관련 개념 검사지를 투입하여 양적 자료를 수집하였으며, 이 자료는 상관분석을 통해 공간능력과 판의 운동 관련 개념간 상관의 유의미성을 파악하였다. 또한 공간능력 점수가 높은 집단과 낮은 집단의 판의 운동과 관련 개념 이해의 정도에 유의미한 차이가 나타나는지 확인하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다.

공간능력 점수가 높은 학생과 낮은 학생 각 3명들에 대한 판의 운동 관련 이해 정도에 대한 것은 제시된 문항을 해결하면서 연구자가 학생들의 해결과정에서 학생들이 직접 그린 그림과 왜 그렇게 제시하였는지 면담을 통해 자료를 수집하였다.

연구 결과 및 논의

공간능력과 판의 운동 관련 개념 성취도 간 상관관계

공간능력 검사지와 판의 운동 관련 개념 검사지를 통해 조사한 학생들의 공간능력과 판 운동 관련 개념 성취도는 Table 2와 같다. Table 2에서 보는 바와 같이 학생들의 공간능력 성취도 평균은 14.7점, 표준편차 3.1점으로 나타났고, 판의 운동 관련 개념 성취도는 평균 12.8점, 표준편차 3.3점으로 나타났다.

Table 2. Means of spatial ability and achievement of plates' motion

	공간능력 점수	판의 운동 관련 개념	학생 수(명)
평균 (표준편차)	14.7 (3.1)	12.8 (3.3)	118

Table 3. Nonpaired t-test of achievement of plates' motion between two different groups

	공간능력 점수 분포 집단	학생 수	평균	표준편차	t 값	유의수준(양측)
판 운동 관련 개념	상위집단	26명	14.3	2.5	-4.62	.000
	하위집단	28명	10.5	3.4		

그리고 공간능력 점수와 판 운동 관련 개념 성취도의 상관관계는 $r=0.439$ ($p<.01$)로 보통 정도의 정적인 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 한편 공간능력 점수 차이에 따른 판 운동 관련 개념의 성취 정도가 유의미한 차이를 갖는지에 대한 결과는 Table 3과 같다. 공간능력 점수가 높은 집단은 판 운동 관련 개념의 평균이 Table 3에서 보는 바와 같이 14.3점, 공간능력 점수가 낮은 집단은 10.5점으로 공간능력 점수가 높은 집단이 3.8점 높게 나타났다.

따라서 공간능력의 차이가 판 운동 관련 개념 이해의 차이와 관련 있음을 시사하는 것이며, 공간 능력이 높은 학생일수록 판의 운동과 관련 개념의 성취가 높을 것임을 암시하는 것이다.

한편 이 연구에서는 고등학생들의 공간능력이 평균 14.7점으로 김범기 외(1996)의 초등학교 6학년을 대상으로 한 연구에서는 공간능력 성취가 9.8점으로 향상이 나타났으나, 김상달 외(2005)가 초등학교 6학년들을 대상으로 한 연구에서는 공간능력의 점수가 12.03으로 나타나 구체적 조작기 및 과도기의 초등학생에서 형식적 조작기로의 인지수준 발달과 함께 공간능력의 향상이 이뤄진다고 암시하였다. 이는 초등학생을 대상으로 한 이경한(1988)에서 초등학교 2학년부터 6학년까지 학년의 발달에 따라 공간능력의 향상도 나타난다는 것과는 다소 대조적이다. 또한 김범기 외(1996)의 연구에서 초등학교 6학년의 경우, 지구와 달과 관련된 개념 이해에는 공간능력과 $r=0.39$ ($p<.01$)정도 관련성을 나타내 비교적 약간 높은 관련성을 나타내고 있으며, 김상달 외(2005)의 연구에서는 천체운동개념과는 $r=0.55$ ($p<.01$)로 나타나, 공간능력과 지구과학적 개념간 유의미한 상관관계를 형성하고 있지만, 공간능력과 천문 또는 지질학적 개념 이해 사이의 유의미한 상관의 강화가 나타난다고 단정짓기는 어렵다. 이는 학년이 올라감에 따라 요구되는 관련 과학적 개념의 변화와 함께 난이

도 또한 변화되기 때문으로 이해된다.

공간능력 차이에 따른 판 운동 관련 개념의 이해

공간능력 차이에 따른 판 운동 관련에 관한 개념 이해 정도를 알아보기 위해 공간능력이 높은 학생 3명(가, 나, 다 학생)과 공간능력이 낮은 학생 3명(라, 마, 바 학생)을 표집하여 이들을 대상으로 해저확장설에 관한 문항, 판 경계 단면 그리기 문항, 판의 운동에 따라 나타나는 판의 경계에 대한 문항을 해결하는 과정에서 개념의 이해 정도를 면담을 통해 알아보았다.

해저확장설에 관한 이해

첫 번째 문항의 질문 내용을 Fig. 1과 같이 제시하였다.

1) 공간능력이 높은 학생(가, 나, 다 학생)

첫 번째 문항에 대해 공간능력이 높은 학생들은 Fig. 2와 같이 그리고 있다. Fig. 2의 왼쪽 그림은 1억 5천만 년 전의 모습을 그린 것이고, 오른쪽은 왼쪽 그림을 그린 후, 추가질문을 하여 미래의 대서양의 모습에 대해 그리도록 한 것이다.

가, 나, 다 학생의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

연구자: 1억 5천만 년 전에 어떤 모습이었을까?

학생 가: A도 없고 B도 없었겠죠.

연구자: 그림으로 한번 그려 볼래?

학생 가: (Fig. 2a의 왼쪽 그림을 그린 후) 두 대륙이 해령 가까이 있어요.

연구자: 그럼 A, B, C 위치도 표시해 볼래?

학생 가: A, B는 없고, C지점은 여기(해령)에 위치해요.

연구자: 왜?

학생 가: 1억 5천만 년 전에 만들어졌으니까 C지점이 해령이었죠.

연구자: 현재보다 시간이 더 지나면 어떤 모습이 될까? 한번

Fig. 1. Interview question about understanding oceanic floor spreading theory.

Fig. 2. Images of mid ocean ridge and continent in the past and future of the students having high spatial ability score.

그러 볼래?

학생 가: (Fig. 2a의 오른쪽 그림을 그린 후) 대륙이 점점 멀어져서, 대서양이 넓어져요.

연구자: A와 B, B와 C 사이의 거리는 변화가 있을까?

학생 가: 아니요. 변화가 없죠. 그냥 옆으로 밀려가기만 하니까요.

<학생 가의 해저 확장에 관한 면담 내용>

연구자: 1억 5천만 년 전의 모습은 어떻게? 간단히 그려보자.

학생 나: (Fig. 2b의 왼쪽 그림을 그림)

연구자: 현재보다 해령과 대륙사이의 거리는 어떻게 변했니?

학생 나: 더 가까웠어요.

연구자: 그림에서 C는 어디에 위치하니?

학생 나: (해령 위에 C 지점을 표시) 해령이요.

연구자: A, B는?

학생 나: 아직 만들어지기 전이죠.

연구자: 그때 C의 나이는 어떻게 되지?

학생 나: 이제 방금 막 만들어졌죠. 나이가 젊어요.

연구자: 시간이 더 지나고 나면 미래에는 어떤 모습이 될지 그려볼래?

학생 나: (Fig. 2b의 오른쪽 그림을 그림) 점차 더 멀어지겠죠.

연구자: 그럼 A와 B, B와 C 사이의 거리는 변화가 있을까?

학생 나: 변화가 없죠.

연구자: 해령과 아프리카 대륙 사이의 거리는?
 학생 나: 변화가 있죠. 점점 멀어지죠.
 연구자: 그럼 북아메리카 대륙 쪽은?
 학생 나: 북아메리카 쪽도 멀어지고, 바다가 점점 넓어지겠죠.
 <학생 나의 해저 확장에 관한 면담 내용>

연구자: 1억 5천만 년 전의 모습을 그려볼래?
 학생 다: (Fig. 2c의 왼쪽 그림을 그림) 여기 해령이 있고, 아프리카가 가까이 와 있어요.
 연구자: 그림에서 A, B, C 위치는 어떻게 되니?
 학생 다: C는 여기(해령)에 있어요.
 연구자: A, B는?
 학생 다: 땅속예요. 아직 안 만들어졌어요.
 연구자: 그럼 북아메리카 대륙은 어때?
 학생 다: 북아메리카도 해령 가까이에 와요.
 연구자: 왜?
 학생 다: 시간이 지나면 점점 멀어지잖아요. 그러니깐 과거엔 가까웠어요.
 연구자: 그럼 현재보다 시간이 더 지나면 미래에는 어떤 모습일까?
 학생 다: (Fig. 2c의 오른쪽 그림을 그림)
 연구자: A와 B사이 거리나 B와 C사이 거리는 전에 비해 변화가 있니?
 학생 다: 아니요. 그전이랑 같아요.
 연구자: 왜?
 학생 다: 해령에서만 생성되니깐...A, B, C는 옆으로 옮겨 가고 그냥 밀려갈 것 같아요.
 <학생 다의 해저 확장에 관한 면담 내용>

가, 나, 다 학생 모두 과거에는 아메리카 대륙과 아프리카 대륙이 가까이에 위치했었다고 표현하였으며, 현재 나이가 1억 5천만 년인 C지점이 당시 해령에 위치하였다고 표시하였다. 또한 A, B 두 지점은 아직 생성되기 전이라고 하였다. 이는 세 학생 모두 현재 해양지각의 나이를 통해 과거의 위치와 대륙의 모습에 대해 알고 있으며 해령에서 판이 생성된다는 사실을 이해하고 있는 것으로 보인다. 미래의 모습을 그린 모습을 보면 세 학생 모두 해령을 기준으로 양쪽으로 판이 이동하여 대륙 사이가 멀어지며, 대서양이 넓어진다고 하였다. 이때 해령과 A지점 사이의 거리만 멀어질 뿐 A와 B, B와 C, C와 아프리카 대륙 사이의 거리는 변함없이 그대로 양쪽으로 밀려난다고 대답하였다. 이를 통해 세 학생들이 해령에 대한 이해와 해양지각의 나이와 위치 관계, 판의 생성 과정 등 해저확장설에 대해 바르게 이해하는 것을 알 수 있다.

2) 공간능력이 낮은 학생(라, 마, 바 학생)
 이 문항에 대해 공간능력이 낮은 학생들이 그린 것은 Fig. 3과 같다.
 이 문항에 대한 라 학생의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

연구자: 그림 1억 5천만 년 전에 어떤 모습을 그림으로 나타낼래?
 학생 라: (Fig. 3a의 왼쪽 그림을 그림)
 연구자: 그때 당시 A 지점은 어디 있었을까?
 학생 라: (아프리카 대륙 안에 A 지점을 표시하면서) 아프리카 대륙 안에...
 연구자: B는?
 학생 라: 음... (아프리카 대륙 안쪽에 B 지점을 표시) B도 안에 있어요.
 연구자: B가 A보다 왼쪽에 있는 것 맞아?
 학생 라: 네
 연구자: 그럼 C는 어디에 위치하고 있어?
 학생 라: C는...어...아...헛갈린다.
 연구자: 괜찮아. 천천히 생각해봐.
 학생 라: (한참 생각 후 해령 위에 C 지점을 표시하면서) C는 여기 있어요.
 연구자: 거기가 어딘데?
 학생 라: 해령이요.
 연구자: 왜 거기에 위치해 있어?
 학생 라: 음... C 나이가 1억 5천만년이니까요. 그때 해령에 있어요.
 연구자: 그럼 원래 그림하고 A, B, C 위치 순서가 달라졌네?
 학생 라: 네
 연구자: 그림 1억 5천만 년 전에는 A, B지점에는 대륙지각이 있었던 거야?
 학생 라: 네. 대륙에 있었는데 벌어지면서... 그러니깐 대륙이 뒤로 가면서 이렇게 됐어요.
 연구자: 1억 5천만 년 전에는 A, B지점에 대륙지각이 있었다가 현재는 해양지각이 있는거야?
 학생 라: 네.
 연구자: A, B의 순서는 왜 바뀐거야?
 학생 라: A가 나이가 적잖아요. 그니깐 더 안쪽에 있고, B는 그다음이니깐 여기(A보다 왼쪽에)있구요. 그리고 C가 젤 많으니깐 그 옆이구요.
 연구자: 현재보다 시간이 더 많이 지난 후 미래에는 어떤 모습일까?
 학생 라: (Fig. 3a의 오른쪽 그림을 그림)
 연구자: 여기(아프리카와 유럽 사이)는 왜 멀어져?
 학생 라: 음... 여기 판의 경계 아니예요?
 연구자: 그림을 보면 여기가 판의 경계인 거 같아, 아닌 것 같아?

Fig. 3. Images of mid ocean ridge and continent in the past and future of the students having low spatial ability score.

학생 라: 음. 아닌 것 같아요.

연구자: 그러면? 왜 벌어져?

학생 라: 음... 과거에는 대륙이 다 붙어있었잖아요. 그러니까 다 벌어져요.

<학생 라의 해저 확장에 관한 면담 내용>

라 학생은 과거에 대륙이 가까이에 있었고, C지점이 해령에 위치해 있었다는 사실을 이해하고 있다. 하지만 대륙지각에 있던 A, B 지점이 대륙이 옆으로 이동함에 따라 해양지각으로 바뀌었다고 대답하는 것으로 보아 해저확장에 대한 이해가 부족한 것으로 보인다. 또한 나이가 젊은 지점이 대륙 안쪽에 위치한다고 대답한 것으로 보다 발산경계인 해령에서 판이 벌어지면서 점차 나이가 많아지고 해령과의 거리가 멀어진다는 사실을 연결시켜 이해하지 못하는 것으로 보인다. 미래의 모습을 그린 내용을 보면 해령을 기준으로 대륙들이 점차 멀어진다고 표현하였다. 하지만 해령에 없는 곳에도 대륙이 멀어진다고 하였으며, 그 이유로써 과거 모든 대륙이 붙어 있었으므로 현재는 모두 벌어진다고 대답하였다. 즉 해령과 상관없이 대륙은 시간이 흐르면 서로 멀어진다고 이해하고 있었다.

다음은 마 학생의 면담 내용이다.

연구자: 1억 5천만 년 전의 과거 모습 어땠는지 그림으로 한번 그려볼래?

학생 마: (Fig. 3b의 왼쪽 그림) 대륙이 해령 가까이에 있을 것 같아요.

연구자: 그 당시 A는 어디에 위치하고 있었을까?

학생 마: (북아메리카 판 쪽에 표시하면서) 해령 이쪽(왼쪽)에 있었을 것 같아요.

연구자: B는?

학생 마: (북아메리카 판 쪽에 표시하면서) B도 이쪽(왼쪽)에 있었을 것 같아요.

연구자: C는?

학생 마: (아프리카 판 쪽에 표시하면서) C는 이쪽(해령의 오른쪽)이요.

연구자: 해령은 판이 벌어지는 곳이야? 아니면 가까워지는 곳이야?

학생 마: 벌어지는 곳이에요.

연구자: 벌어지는 방향을 그림에 한번 표시해 볼래?

학생 마: (해령을 중심으로 양 방향으로 벌어지는 방향을 표시)

연구자: 시간이 더 지나면 점점 벌어지겠네. 미래에는 어떤 모습이 될까?

학생 마: (Fig. 3b의 오른쪽 그림을 그리면서)아프리카는 오른쪽으로 가고, 북아메리카는 왼쪽으로 가서 사이가 넓어질 것 같아요.

연구자: A는 어디 있을까?

학생 마: 북아메리카가 가는 쪽으로 같이 갈 것 같아요.

연구자: B는?

학생 마: B는 큰 이동은 없을 것 같아요. 약간 가긴 가는데... 이쪽(북아메리카)으로 갈 것 같아요.

연구자: A와 B 사이 거리는 변화가 있을까?

학생 마: 변화가 있을 수도 있죠.

연구자: 더 멀어져? 아님 가까워져?

학생 마: 더 멀어질 것 같아요.

연구자: C는 어디로 갈까?

학생 마: 아프리카 대륙 쪽으로 가요.

연구자: 그런데 네가 그린 그림에는 A, B가 해령 왼쪽에 있는데 원래 그림에는 오른쪽에 있잖아. 왜 그런 거야?

학생 마: (혼란스러워 하면서)글쎄요... 음... 이렇게(본인이 그린 그림처럼) 될 수도 있고 저렇게(원래 그림처럼) 될 수도 있어요.

연구자: 그럼 A는 B나 C보다 왜 젊어?

학생 마: 해령 근처에 있으면 웬지 활동이 왕성해서... 더 젊을 것 같아요.

<학생 마의 해저 확장에 관한 면담 내용>

마 학생의 경우, 과거에는 대륙이 현재보다 가까이 있었다는 사실은 이해하고 있으나 A, B 지점이 아직 생성되기 전이라는 것과 현재 나이가 1억 5천만 년인 C 지점이 1억 5천만 년 전에 해령에 위치해 있었다는 사실을 인식하지 못하고 있다. 이는 단순히 해령을 판이 벌어지는 경계라는 사실만 알고 있을 뿐 해령에서 해양지각이 생성되고 해양지각이 옆으로 이동함에 따라 나이가 점차 증가한다는 사실을 연결 지어 이해하지 못하는 것으로 보인다. 또한 미래의 모습을 그린 그림에서 알 수 있듯이 해령을 기준으로 판이 벌어지는 방향을 바르게 이해하고 있지만 본인이 A, B 지점을 왼쪽에 잘못 표시했다는 사실을 인식 못 하고 있다. 해령 가까이의 해양지각 연령이 적다라는 것은 알고 있으나 판의 생성과 관련지어 이해하고 있지는 않은 것으로 보인다.

다음은 바 학생의 면담 내용이다.

연구자: 과거 1억 5천만 년 전에 어떤 모습이었을지 그때 모습을 그려볼래?

학생 바: (Fig. 3c의 왼쪽 그림을 그림)

연구자: 해양지각의 나이를 고려해 봤을 때 A, B, C는 어디에 있을까?

학생 바: 음... A, B 둘 다 없고, C는 이제 막 해령에서 나오고...

연구자: 그림에 표시해 볼까?

학생 바: (해령 위에 C 지점을 표시)

연구자: 현재보다 시간이 지나면 미래에는 어떤 모습이 될까?

학생 바: (Fig. 3c의 오른쪽 그림을 그림)

연구자: 해령과 A 사이 거리는 어때?

학생 바: 지금보다 더 멀어져요.

연구자: A와 B 사이 거리는 어때?

학생 바: 점점 가까워질 것 같아요.

연구자: B와 C는?

학생 바: 그것도 가깝게..

연구자: 그럼 A, B, C는 계속 가까워지나?

학생 바: 네.

연구자: C와 아프리카 사이의 거리는?

학생 바: 이것도 가까워져요.

연구자: 왜 그렇게 생각해?

학생 바: 음... 해령에서 밀리니까 해령에서 A가 점점 멀어지고 대신에 애들은(A, B, C, 아프리카 대륙)은 가까워져요.

<학생 바의 해저 확장에 관한 면담 내용>

바 학생은 해양지각의 나이를 통해 해양지각의 한 지점이 과거에 해령에 위치했었다는 것을 이해하고 있으며 과거에 대륙 사이의 거리가 가까웠다는 사실을 이해하고 있다. 해령에서 판이 벌어져서 옆으로 이동한다는 사실은 알고 있으나, 해양지각의 각 지점들과 대륙은 밀려서 점차 가까워진다고 생각하고 있다. 이는 해령, 해양지각, 대륙지각의 이동에 대한 전체적인 이해가 부족한 것으로 보인다.

라, 마, 바 학생은 모두 과거 두 대륙은 서로 가까웠다는 단순한 사실을 인지하고 있었으며, 그 외의 내용은 조금씩 다르게 비과학적으로 인지하고 있던 것으로 나타났다.

판 경계의 단면 그리기

두 번째 문항의 질문 내용을 Fig. 4와 같이 제시하였다.

1) 공간능력이 높은 학생(가, 나, 다 학생)

두 번째 문항에 대해 공간능력이 높은 학생들이 그린 것은 Fig. 5와 같다.

세 학생 모두 해령과 해구의 위치를 바르게 표시하였으며 각각에서 맨틀이 상승, 하강한다고 표현하였다. 또한 가와 나 학생은 해령을 높이 솟은 산맥의 모습으로, 해구를 골짜기의 모습으로 이해하고 있다. 하지만 다 학생의 경우는 해령을 산맥의 모습이 아

Fig. 4. Interview question about drawing cross section of plates boundaries.

Fig. 5. Images of cross section of plates boundaries of the students having high spatial ability score.

닌 골짜기의 모습으로 표현하고 있으며, 면담결과 다 학생은 해령 가운데 열곡의 존재를 고려하여 골짜기로 표현하였다는 것을 알 수 있다. 이는 맨틀의 상승과 해령의 모습을 연결시켜 이해하지 못하는 것으로 보인다. 특히 가 학생은 해령을 표현함에 있어 해양

판이 휘어져서 산맥의 모습을 그리는 것으로 표현하였다. 이는 앞서 연구한 정경진 외(2007)의 연구에서 나타난 대표적인 오개념 해당한다는 것을 알 수 있다. 나와 다 학생의 경우, 해양판의 아랫부분은 일직선으로 그리고 해양판의 윗부분만 위로 솟거나, 꺼진

Fig. 6. Images of cross section of plates boundaries of the students having low spatial ability score.

모습으로 표현하였다. 이 또한 정경진 외(2007)의 연구에서 나타난 대표적인 해령에 관한 오개념에 해당한다. 해구를 표현한 그림을 보면 가 학생은 해구쪽으로 갈수록 해양판의 두께를 두껍게 표현하였고, 나 학생은 해양판이 대륙판과 충돌하기 전에 구부러져 골짜기를 형성하는 모습으로 표현하였다.

2) 공간능력이 낮은 학생(라, 마, 바 학생)

두 번째 문항에 대해 공간능력이 낮은 학생들은 Fig. 6과 같이 그리고 있었다.

세 학생 모두 해령과 해구의 위치를 바르게 표현하였고 해령을 산맥의 모습으로, 해구를 골짜기의 모습으로 이해하고 있었다. 또한 해령 해구에서 각각 맨틀이 상승, 하강한다고 이해하고 있었다.

다음은 라 학생과의 면담 내용 중 일부이다.

연구자: 그림을 보면 해구를 경계로 해양판이 똑 끊어지네.

학생 라: 해양판이 대륙판 쪽으로 움직이다가 밀도가 커서 아래로 내려가요.

연구자: 그런데 네 그림에서는 내려가는 그림이 아닌 것 같은데?

학생 라: 음... 해양판이 점점 들어가서 (해구를) 채우는 것 아

니예요? (웃음)

연구자: 그럼 결국에는 해구가 채워지겠네?

학생 라: 음... 잘 모르겠어요.

<학생 라의 판 경계에 관한 면담 내용>

라 학생은 해양판의 두께를 대륙판보다 더 두껍게 그렸으며 면담에서 해양판이 대륙판 아래로 내려간다고 말로 표현하고 있지만 그림에서 보면 해양판이 아래로 섭입하는 것이 아니라 갑자기 끊어지는 모습으로 나타내었으며, 해양판이 대륙판 쪽으로 다가가면서 해구를 채운다고 표현하였다. 이는 단순히 해구가 깊은 골짜기라는 것은 알고 있으나 해양판이 대륙판 아래로 섭입되어 깊은 지형이 형성되는 과정 이해하지 못하는 것으로 보인다.

다음은 마 학생의 설명이다.

연구자: 단면을 한번 그려 볼래?

학생 마: 해령이 산처럼 된거예요?

연구자: 해령을 해저 산맥이라고 하지.

학생 마: (Fig. 6b를 그림)

연구자: 판은 두께를 가지니깐 두께도 같이 표현해 보자.

학생 마: (해양판의 두께만 그림)

연구자: 해양판이 하나로 연결되어 있는 거야? 아님 떨어져

있어?

학생 마: 가운데서 끊어져 있을 것 같아요. (해령의 정상 부분을 기준으로 해양판을 분리하여 그림)

연구자: 대륙판도 한번 두께를 표시해서 그려볼까?

학생 마: 더 두꺼운지 얇은지... 잘 모르겠는데...

연구자: 대륙판이 어디인지 색칠해 볼래?

학생 마: (대륙판을 색칠하면서...) 아... 이상한데?

연구자: 뭐가?

학생 마: 여기는 물(바다)인데 대륙판인가 싶어서요.

연구자: 니 생각은 어때? 그 부분(바다에 잠겨 있는 대륙판 부분)은 대륙판인 것 같아 아닌 것 같아?

학생 마: (고민하면서...) 그냥 대륙판으로 할래요.

연구자: 왜?

학생 마: 음... 여기가 해구니깐... 여기를 경계로 대륙판인 것 같아요. 근데 칠하다 보니깐 물 밑인데 대륙판인 것도 이상해요.

연구자: 판 아래에는 무엇이 있니?

학생 마: 맨틀이 움직여요.

연구자: 맨틀의 움직임을 표시해 볼래?

학생 마: (해령 밖으로 맨틀이 나오고, 다시 판 아래로 내려가는 모습을 그림)해령은 맨틀이 올라오고, 해구는 내려가요. 이렇게 순환을 하는 거죠.

연구자: 네가 그린 그림에는 맨틀이 밖으로 나오는 거네?

학생 마: 완전히 나오는 건 아니구요. 맨틀이 힘을 줄 수 있는 곳까지 (힘을) 줘서 거기서 충돌이 일어나서 세력이 약해지면 분화되는 것처럼 옆으로 퍼져요. 더 이상 갈 데가 없으니깐요.

연구자: 해구는 어떤 곳이야?

학생 마: 맨틀이 내려가는 곳이에요.

<학생 마의 판 경계에 관한 면담 내용>

마 학생은 해령에서 맨틀이 상승하여 해령 밖으로 나오고, 다시 순환하는 것으로 표현하였다. 또한 해양판이 휘어져서 해령을 형성하는 것으로 이해하고 있다. 이는 맨틀의 상승과 해령의 모습을 연결지어 이해하지 못하는 것으로 보인다.

다음은 바 학생의 설명이다.

연구자: 단면을 한번 그려보자.

학생 바: (Fig. 6c를 그림)

연구자: 판은 두께를 가지니깐 두께도 함께 그려보자.

학생 바: (대륙과 해양에 판의 두께를 일정하게 선으로 그림)

연구자: 그림에서 대륙판을 한번 색칠해 볼래?

학생 바: (빛금으로 대륙판을 칠한다)

연구자: 판 아래에는 뭐가 있니?

학생 바: 맨틀이요. 아... 그럼 상부 맨틀이 판에 해당하니깐 이까지(좀 더 아래쪽에 직선을 표시하여 상부맨틀을 판에

포함시킴)가 판이예요.

연구자: 여기 해령이 있는데 판이 하나로 쭉 연결되어 있는 거야?

학생 바: 음... 여기(열곡을 중심으로 세로선을 그으면서)를 갈라야겠어요.

연구자: 판은 정지해 있니 아님 움직이니?

학생 바: 움직여요.

연구자: 왜?

학생 바: 대류.

연구자: 대류? 무슨 대류?

학생 바: 맨틀이 움직여서요.

연구자: 맨틀 움직임을 그려볼래?

학생 바: (판에 포함되는 상부맨틀에서 대류 일어난다고 그리면서)여기는 해령이니깐 이렇게 올라오고 해구에는 내려가요.

연구자: 네 그림에서 보면 판의 일부분에서 대류가 일어나네?

학생 바: 네. 거기서 대류해요.

<학생 바의 판 경계에 관한 면담 내용>

바 학생은 상부 맨틀의 일부분이 판에 해당한다고 빠르게 이해하고 있으나, 판에 해당하는 상부 맨틀에서 맨틀 대류가 일어난다고 이해하고 있다. 또한 해양판의 아랫부분을 일직선으로 표현한 것은 공간능력이 높은 나와 다 학생의 경우와 동일한 오개념으로 보인다.

판들의 운동에 따라 나타나는 판의 경계 구분하기

세 번째 문항의 질문 내용은 Fig. 7과 같다.

1) 공간능력이 높은 학생(가, 나, 다 학생)

세 학생 모두 판 이동 속도에 따라 어떤 경계가 나타나는지 이해하고 있으며, 대륙판과 해양판의 수렴경계에서 밀도가 큰 해양판이 대륙판 아래로 섭입한다고 이해하고 있다. 또한 그 과정에서 지각변동이 일어나는 현상을 설명하고 있다. 발산경계에서 판과 판이 벌어지면서 그 사이에 새로운 해양지각이 생성되고, 판이 이동하여 해구 쪽에서 판이 섭입되어 소멸되는 것을 설명하는 것으로 보아 판의 생성과 소멸 과정을 이해하는 것으로 보인다.

다음은 가 학생의 면담 내용 중 일부이다.

학생 가: A는 느리게 가고 B는 빨라서 쫓아가니깐 수렴이 되요.

연구자: B가 A 아래로 내려가는 이유는?

학생 가: 그거야 B가 해양판이니깐 밀도가 커서 대륙판 아래로 내려가요.

연구자: 그 사이에서 지각변동은 일어날까?

3. 다음은 세 판의 움직임을 나타낸 것이다. 다음과 같은 속도로 이동할 때 A와 B, B와 C 사이에는 어떤 경계가 나타나는가?(화살표 방향과 길이는 판의 이동방향과 속도크기를 나타내며, A는 대륙판, B와 C는 해양판이다)

Fig. 7. Interview question about dividing plates boundaries.

학생 가: 네. 판이 내려가면서 지진이 막 일어나고, 화산도 일어나요.

연구자: B와 C 사이의 모습도 보여줄래?

학생 가: (B와 C가 점점 멀어지도록 움직임)

연구자: 어떤 경계가 나타나니?

학생 가: 둘이 서로 멀어지니깐 해령이 생기고, 발산 경계가 나타나요.

연구자: 그럼 두 판이 멀어질 때 그 사이에는 어떤 일이 일어날까?

학생 가: 새로 생겨요.

연구자: 뭐가?

학생 가: 여기는 맨틀이 상승하는 데니깐, 새로운 해양판이 생겨요. 그래서 B, C가 옆으로 계속 밀려서 가요.

연구자: 그럼 B, C 판의 나이는 어떻게 되지?

학생 가: 나이를 점점 먹겠조.

연구자: 결국 옆으로 밀려가던 B는 어떻게 되니?

학생 가: 아까 옆에 있던 A판(대륙판) 아래로 내려가다가 사라져요.

<학생 가의 세 판의 움직임과 경계의 유형에 관한 면담 내용>

2) 공간능력이 낮은 학생(라, 마, 바 학생)

세 학생 모두 판의 이동속도 차이에 따라 어떠한 경계가 형성되는지 바르게 이해하고 있으며, 대륙판과 해양판의 수렴경계에서 해양판이 대륙판 아래로 섭입한다고 표현하였다.

다음은 라 학생의 면담 내용 중 일부이다.

연구자: 그럼 해양판이 (대륙판)아래로 들어가다가 나중에는 어떻게 되니?

학생 라: 음... 어느 정도 들어가면 멈출 것 같아요.

연구자: 멈추고 그 자리에 가만히 있는 거야?

학생 라: 아니요. 잘 모르겠어요.

연구자: 이번에는 B, C 두 판의 움직임을 보여줄래?

학생 라: (두 책을 반대 방향으로 벌어지게 표현) 둘이 서로 반대로 가니깐 발산 경계가 되요. 그리고 해령이 만들어져요.

연구자: 그럼 두 판이 벌어지면 두 판 사이에는 무엇이 생기

니?

학생 라: 음... 사이가 비어요... 그러니깐... 그 아래 내핵, 외핵 있잖아요. 거기 마그마가 올라와서 새로운 판이 생성 되서 막혀요.

<학생 라의 세 판의 움직임과 경계의 유형에 관한 면담 내용>

면담에서 나타나듯이 라 학생은 대륙판 아래로 섭입된 해양판이 소멸하는 과정을 이해하지 못하며, 두 판이 벌어지는 발산경계에서 핵으로부터 마그마가 올라와 새로운 판이 생성된다고 설명하고 있다. 핵에서 마그마가 올라온다고 생각하는 것은 정구송(2006)연구 결과에서 나타난 고등학생들이 가지는 오개념에 해당한다.

다음은 마 학생의 면담 내용이다.

연구자: 그런데 왜 B판(해양판)이 (대륙판)아래로 내려가?

학생 마: 음... 수업시간에 들었던 것 같아요.

연구자: 판이 내려가면서 화산활동이나 지진 같은 지각변동은 일어날까?

학생 마: 어... 기억이 좀 가물가물 하긴 한데... 없지 않을까 싶은데요.

연구자: 판이 섭입되더라도 지진, 화산은 일어나지 않나?

학생 마: 네. 그럴 것 같아요.

<학생 마의 세 판의 움직임과 경계의 유형에 관한 면담 내용>

마 학생은 해양판이 대륙판 아래로 섭입한다는 것은 알고 있으나 그 원인은 이해하지 못하고 단순히 암기하고 있는 것으로 보인다. 또한 판의 섭입에 따라 지각변동이 일어나는 현상을 이해하지 못하고 있다.

다음은 바 학생의 면담 내용이다.

학생 바: A(대륙판)는 천천히 가잖아요. 그런데 B(해양판)는 더 빨라서 언젠가는 박아요. 그러면 B가 더 무거우니깐 A 쪽 아래로 들어가서 A가 위로 들려요. 그래서 산맥이 만들어져요.

연구자: 그럼 B랑 A가 겹쳐져서 두꺼워지니깐 산맥이 되는 거야?

학생 바: 네.
 연구자: 이번에는 B와 C 사이를 한번 볼까?
 학생 바: 그냥 애들은 벌어지니깐. 발산경계예요
 연구자: 그 사이에는 어떤 지형이 나타나?
 학생 바: 해령이 나타나요.
 연구자: 두 판 벌어지면 그 사이에는 어떻게 될까? 이 사이에는 아무것도 없니?
 학생 바: 해령이 있으니까 또 만들어요.
 연구자: 무엇을 만들어?
 학생 바: 판이요. 판이 생기니까 옆으로 밀려서 아까 거기(A와 B사이) 경계:해구로 가요.
 연구자: 그럼 거기(해구)에서 판이 어떻게 돼?
 학생 바: 음... 그 밑에 쌓이고 쌓여요
 연구자: 쌓인다는 게 어떤 거야?
 학생 바: 음...그러니까 판이 퇴적되는 거예요. 계속계속 쌓여서...두꺼워지고...
 <학생 바의 세 판의 움직임과 경계의 유형에 관한 면담 내용>

바 학생은 해령에서 판이 생성된다는 것은 이해하고 있지만, 해구에서 소멸하는 과정을 이해하지 못하는 것으로 보인다. 오히려 해양판이 대륙판 아래로 내려가면서 판이 겹쳐지고 계속해서 쌓이므로 두꺼워진 판이 산맥을 형성한다고 이해하고 있다. 라, 마, 바 학생 모두 세 대륙의 이동속도와 방향을 고려한 판들의 움직임을 이해하지 못하고 있었다. 따라서 이동속도가 빠른 해양판이 대륙판 아래로 섭입되는 모습, 그리고 발산되어 서로 멀어지는 해양판과 새롭게 만들어지는 지각의 모습을 연결시키지 못하고 있었다. 이것은 판을 움직이게 하는 판 하부의 움직임을 표상하지 못하기 때문인 것으로 보인다.

한편 공간능력의 수준에 따라 판 운동 관련 개념 이해 정도에 차이가 많은 것으로는, 해저확장에 대한 개념이었다. 공간능력이 높은 학생들은 해령에서 판이 생성되고 양쪽으로 벌어지면서 해양지각의 나이가 점차 많아지며, 해양판이 밀려남에 따라 대륙 사이의 거리도 점차 멀어져 바다가 확장된다는 사실을 정확히 알고 있었고, 해양지각의 나이를 통해 현재의 각 지점들이 과거에 어디에 위치하고 있었는지도 이해하고 있었다. 또한 해령에서 생성된 해양판이 대륙판과 부딪혀 섭입하면 그 과정에서 지각변동이 일어나며 결국에는 판이 소멸된다는 것을 종합적으로 이해하는 모습을 볼 수 있었다. 이에 비해 공간능력이 낮은 학생들은 해령이 발산경계라는 것, 과거에는 대륙이 가까이 있었다는 단편적인 사실들은 알고 있으나 판의 생성과 소멸 과정을 연관지어 이해하지 못하거나, 해

양판이 대륙판 아래로 섭입된다는 사실은 알고 있지만 그 과정에서 지각변동이 일어난다는 사실을 관련지어 설명하지 못했다. 또한 판이 섭입된 이후의 과정에 대해 오개념을 가지는 학생들이 있었다. 예를 들어 해양판이 섭입되다가 어느 순간 멈춘다고 대답하거나, 섭입되는 해양판이 차레로 쌓여서 두꺼운 산맥을 형성한다고 답하는 경우가 있었다. 해양지각의 각 지점의 나이를 제시하였음에도 특정 시기에 각 지점들이 어느 곳에 위치하였는지 물었을 때 대부분이 혼란스러워 하였다. 특히 현재 해양지각인 지점이 과거에 대륙지각이었다가 대륙이 밀려남에 따라 현재 해양지각으로 바뀌었다고 생각하거나, 현재 해령 오른쪽에 위치하는 해양지각이 과거에는 해령 왼쪽에 위치했었다고 대답하는 것으로 보아 해령이 발산경계라는 사실만을 암기하고 있을 뿐 해령에서 판이 생성되고 옆으로 밀려나는 과정을 해양지각과 연관지어 이해하지 못한다는 것을 알 수 있었다. 결국 공간능력이 낮은 학생들은 판 운동 관련 개념을 이해할 때 단편적인 사실만을 알고 있는 것으로 볼 수 있다.

그러나 공간능력의 수준에 상관없이, 중앙 해령을 중심으로 과거 아프리카 대륙과 아메리카 대륙이 서로 가까웠다는 단순한 사실을 인지하고 있었으며, 발산경계와 수렴경계의 단면 그리기에서 해령과 해구의 위치를 바르게 이해하고 있었고, 대륙판과 해양판의 이동 방향과 이동 속도에 따라 어떠한 경계가 형성되는지에 대해 바르게 이해하고 있었다.

결론 및 제언

이 연구를 통해 10학년 학생들의 공간능력과 판 운동 관련 개념과의 상관관계를 분석해보고, 공간능력 차이에 따라 학생들이 판 운동 관련을 어떻게 이해하고 있는지 살펴보았다. 연구 결과를 바탕으로 한 결론은 다음과 같다.

첫째, 10학년 학생의 공간능력과 판 운동 관련 개념 성취도 사이에는 통계적으로 유의미한 정적 상관관계가 있다. 그리고 공간능력의 상·하 두 집단 간 판 운동 관련 개념 성취도에도 유의미한 차이가 있다. 공간능력과 판 운동 관련 개념 성취도 사이의 상관 계수가 $r=0.439$ 이고 $r^2=0.193$ 이므로 판 운동 관련 개념의 성취에 공간능력이 약 20% 정도 예언한다고 볼 수 있다.

둘째, 공간능력의 차이에 따른 학생들의 판 운동

관련 개념 이해 정도를 조사해 본 결과, 양적인 차이는 있으나 공간능력의 차이와 관계없이 학생들이 바르게 이해하고 있는 개념, 공간능력 차이와 관계없이 학생들이 잘못 이해하고 있는 개념, 공간능력에 따라 이해정도가 다른 개념이 발견되었다. 먼저 면담 학생 대부분은 판 운동 관련 내용에서 기본적인 개념인 해구와 해령 지형이 어떤 판의 경계에 해당하는지, 그 지역이 맨틀 상승지역인지 하강지역인지 등과 같이 단편적인 사실들에 대해 잘 알고 있었다. 또한 해양지각이라는 정확한 개념을 제시하지 못하였지만 해령에서 판이 생성된다는 것과 시간이 지남에 따라 대서양이 점차 넓어진다는 사실에 대해서 바르게 이해하고 있었다. 반면 면담 학생 대부분이 잘못 이해하고 있는 개념으로는 대표적으로 해령의 단면 모습을 들 수 있다. 특히 맨틀이 상승하는 모습과 해령이 산맥을 형성하는 모습을 바르게 연결시켜 이해하지 못하였고, 해구의 형성에 대해서도 정확한 이해가 부족한 것으로 나타났다.

이와 같은 결과를 바탕으로 다음과 같은 후속 연구가 필요하다고 하겠다.

공간능력이 낮은 학생들이 판의 운동과 관련된 단편적인 개념들만 이해하는 것이 아니라 판 운동 관련 개념을 보다 종합적으로 이해하도록 할 수 있는 방안의 모색이 필요하다. 이를 위해 이왕순 외(2004)의 연구와 같이 학생들이 판의 운동과 관련된 현상들을 시간의 변수가 담긴 입체 교육 프로그램 등의 개발 연구가 필요하다고 하겠다. 특히 마그마의 상승과 해령의 생성, 해령의 발달과 해양판의 생성과 확장, 판과 판의 충돌과 섭입 등을 묘사한 3D 교육 프로그램 개발과 함께 이를 활용한 교수·학습 방법의 모색이 필요하다.

사 사

이 논문은 2012 경북대학교 과학교육연구소의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

- 김범기, 이항로, 김기정, 1996, 천문 개념 성취도와 공간 능력과의 상관관계에 관한 연구. 초등과학교육, 15, 315-325.
- 김상달, 이용섭, 이상균, 2005, 초등학교 학생들의 공간능력 과 천체운동개념 및 과학탐구능력과의 관계. 한국지구 과학회지, 26, 461-468.
- 김충환, 이문원, 1988, 고등학교 지구과학 교과과정의 개선을 위한 판구조론 개념의 비교분석. 한국지구과학회지, 9, 27-43.
- 박수경, 2009, 판의 경계에 대한 고등학생들의 정신모형 분석. 한국지구과학회지, 30, 111-126.
- 오영, 이준, 2004, 공간능력. 군자출판사, 서울, 124 p.
- 이경한, 1988, 아동의 공간 인지 능력의 발달에 관한 연구 - 인지도의 분석을 중심으로. 지리교육논집, 20, 67-83.
- 이경훈, 임종욱, 2010, 9학년 학생의 공간능력 차이에 따른 지구 자전에 관한 개념 획득. 한국지구과학회지, 31, 267-275.
- 이성미, 방정숙, 2007, 초등학생들의 공간감각 이해능력 실태조사. 한국수학교육학회지, 46, 273-292.
- 이왕순, 김희수, 김혁, 2004, 고등학생들의 지질학 관련 공간 능력 향상을 위한 학습 프로그램 개발 및 적용 효과. 한국지구과학회지, 25, 391-401.
- 이지은, 김상달, 김종희, 2003, 고등학교 10학년 과학 '지구의 변동' 단원에서 비유물 활용의 효과. 한국지구과학회지, 24, 393-401.
- 이호, 조현준, 이효녕, 2007, 달 크레이터 생성에 대한 대 학생들의 정신모형 분석. 한국지구과학회지, 28, 653-670.
- 정경진, 정구송, 문병찬, 정진우, 2007, 판구조론에 관한 고등학교 1학년 학생들의 오개념. 한국지구과학회지, 28, 762-774.
- 정구송, 2006, 존재론적 범주와 정신모델에 근거한 지각과 지구 내부에 대한 고등학교 학생들의 대안개념. 한국교원대학교 박사학위논문, 159 p.
- 정구송, 2009, 암석과 지각, 판구조론에 대한 고등학교 학생들의 존재론적 범주화. 과학교육연구지, 33, 56-68.
- 정진우, 문병찬, 정재구, 이미영, 2004, 중학교 8학년 과학 「지구의 역사와 지각변동」 단원에서 정보통신기술(ICT) 활용 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 24, 1094-1105.
- 정진우, 박순옥, 김윤지, 2009, 중학생들의 지하수에 대한 이해. 교원교육, 25, 1-15.
- 정진우, 조선형, 임청환, 1996, 과학개념의 위계적 분석 및 그 적용을 통한 교수 효과와 과학교육과정 계열성의 타당화 평가 연구. 한국과학교육학회지, 16, 1-12.
- 최성철, 안건상, 2008, 마그마와 판구조론에 대한 고등학생들의 오개념. 과학교육연구, 32, 121-145.
- Baldwin, T. and Hall-Wallace, M., 2003, Spatial ability development in the geosciences. poster, American Geophysical Union Fall Meeting, December 8-12. Retrieved at April 6th from <http://www.iwitts.org/> (검색일: 2012. 5. 12.)
- Black, A.A., 2005, Spatial ability and Earth science conceptual understanding. Journal of Geoscience Education, 53, 402-414.
- Burton, E.P. and Mattiotti, G.K., 2011, Cognition and self-efficacy of stratigraphy and geologic time: Implications for improving undergraduate student performance in geological reasoning. Journal of Geoscience Education,

- 59, 163-173.
- Kali, Y. and Orion, N., 1996, Spatial abilities of high-school students in the perception of geologic structures. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 369-391.
- Pretty, M.R. and Rule, A.C., 2008, Effective materials for increasing young children's spatial and mapping skills. *Journal of Geoscience Education*, 56, 5-14.
- McGee, M.G., 1979, Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological Influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889-917.
- Self, C.M. and Golledge, R.G., 1994, Sex-related differences in spatial ability: What every geography educator should know. *Journal of Geography*, 93, 234-243.
- Titus, S. and Horsman, E., 2009, Characterizing and improving spatial visualization skills. *Journal of Geoscience Education*, 57, 242-254.
- Vosniadou, S. and Brewer, W.F., 1992, Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.

2012년 2월 9일 접수
2012년 5월 15일 수정원고 접수
2012년 8월 14일 채택