

학습 양식이 다른 중학생들의 판구조론에 관한 정신모형 분석

박수경*
경남대학교

An Analysis of the Mental Models of Middle School Students with Different Learning Style on Plate Tectonics

Park, Sookyong*
Kyungnam University

Abstract: The purpose of this study was to identify middle school students' mental models on plate tectonics and to compare the mental models of verbal-learning-style students with those of visual-learning-style students. 94 student participants in 9th grade were requested to draw and explain three topics; generation of magma, the formation of the mountain range and the interior of the Earth. The criterions for analyzing the mental models are derived from the data of the drawing task. The research results were as follows: The mental models on the generation of magma were classified as 'unstable model,' 'partial casual model,' 'causal model,' and 'conceptual model.' On the other hand, the mental models on the interior of the Earth were classified as 'static unstable model,' 'dynamic unstable model,' and 'conceptual model.' Students holding 'unstable model' were unable to relate the plate collision and the magma generation. They showed a variety of alternative conceptions of study areas, such as 'magma is generated from the core' and 'the mountain is formed by rising of the plates themselves.' Also, visual-learning-style students showed higher proportion of conceptual models and lower proportion of unstable mental models than verbal-learning-style students on three topics. The findings revealed that the students tend to have different concepts on the plate tectonics depending on their learning style.

Key words: mental model, plate tectonics, drawing task, learning style

I. 연구의 배경 및 목적

다중 표상학습에 대한 인지이론에 의하면 학생들이 언어적 정보에 대한 자신의 정신 모형을 시각적으로 표현하는 정교화 과정은 정보에 대한 다중 표상을 유도하여 언어적·시각적 정보 및 자신의 사전 개념을 효과적으로 관련짓게 한다(Mayer, 2004). 또한 이 활동은 학생들이 새로운 개념을 독특하고 유의미한 방식으로 표상하고 부호화하도록 도와준다. 최근 학습자의 과학개념 형성에 영향을 미치는 요인들에 대한 논의에 있어 정신모형(mental model)에 대한 관심이 높아지고 있다. 학습자가 사고활동을 전개할 때 의미론적 표상과 시각적 표상을 동원하여 현재의 사고과정에 대한 내적 표상체계를 형성하게 된다. 이 때 작업 기억 내에서 두 유형의 정보를 체계적으로 통합

하여 현재의 현상을 인식하는 내적 표상을 정신모형이라고 한다(Johnson-Laird, 1983). 이러한 정신모형은 특정 시간에 특정 상황에 대한 정지된 이미지와 달리 동영상으로 보는 것과 같은 방식으로 간주되기도 한다(Franco and Colinvaux, 2000). 학습자의 개념을 설명하는 다른 이론들의 구성 요인을 통합적으로 고려하여 인식론적 신념과 존재론적 신념 등과 관련시키고 있다. 즉 학습에서 제시된 정보가 처리될 때 평상시 인식하고 있지 못하고 있던 기존 경험을 통해 형성된 인식론적 신념과 존재론적 신념이 문제 상황과 관련된 지식과 상호작용함으로써 최종적인 정신모형이 형성된다(Vosniadou, 1999; 박지연, 이경호, 2004).

이러한 정신모형에 대한 연구는 기존의 오개념 연구보다 인지과정에 영향을 미치는 요인들을 통합적

*교신저자: 박수경(psookyong@naver.com)

**2011.03.26(접수) 2011.05.17(1심통과) 2011.06.24(2심통과) 2011.07.18(3심통과) 2011.08.01(최종통과)

관점에서 바라보며, 학습과정을 외부정보와 학습자 내부적인 요인의 상호작용 결과로 일어나는 보다 역동적인 것으로 파악한다. 기존의 학생 개념에 관한 연구에서는 학생들이 현상 혹은 개념에 대해 어떤 오개념을 가지고 있는지 분석하고 이를 목록화 하였다. 이러한 연구에서 밝혀진 학생의 개념은 특정 상황에서 학생이 가진 개념이 아닌 오히려 일반적 상황에서 학생이 가진 생각에 대한 연구자의 해석을 대표하는 것이라는 비판을 받고 있다(Gilbert and Watts, 1983).

한편, 그림, 그래프 및 도식과 같은 시각적 형태의 정보를 선호하는 학습자가 있는 반면 글로 쓰인 정보나 말로 하는 정보와 같은 언어적인 형태를 선호하는 학습자도 있다. 이러한 학습양식에 따라 과제 유형에 대한 이해도와 적응도가 다를 것이며 이에 따른 과학 정신모형 형성에도 차이가 나타난다(Schumack, 1998; Sibley, 2005). 정보처리의 관점에서 학습양식은 개인이 학습과제에 직면하였을 때 능동적으로 참여하기를 선호하는 일련의 정보처리활동의 산물이다. 즉 정보처리 활동에 있어서 일관된 패턴을 보이는 보편적인 성향으로 학습자들이 주어진 학습 과제를 해결하는 과정에 있어 개인이 선호하는 정보처리 활동 조직의 결과를 말한다. Kolb(1995)에 의하면 학습양식은 유전, 과거의 경험, 그리고 개인의 성향에 의해 결정되는 것으로, 학습자가 외부에서 들어오는 정보를 지각하고 처리할 때 선호하는 방법이라고 하였다. 즉 학습양식이 학습 정보를 처리하는 인지적인 방법으로 생각되지만 실제로는 정의적 특성인 동기나 주의력 인성들이 이러한 인지적인 정보처리 방법에 영향을 미침으로써 학습양식을 결정하게 되기 때문에 정보를 지각하고 처리하는 방식의 특성 속에 반영된 인성적 특성을 함께 고려하였다.

본 연구에서 정신모형을 밝히고자 하는 판구조론 관련 개념은 지구과학 분야에서 중요한 주제 중의 하나로 지구내부의 구조, 물질의 대류, 화산과 지진과 같은 기본적인 개념과 맨틀의 특성, 대륙의 이동 등 고차적 사고능력을 요구하는 복합적인 개념이다. Libarkin 등(2005)은 지질학적 시간, 지각, 지구내부에 대한 대학생들의 정신모형을 확인하기 위해 그림기를 포함한 개방형 질문과 면담을 실시하였다. 연구자들은 학생들이 가지고 있는 다양한 비과학적 개념들과 대안 개념들이 교과서나 학교 수업을 통하여, 그리고 영화나 TV등의 영향으로 형성되었을 것이라고

보았다. 또한 교사에 의해 제시되는 전문 용어나 과학적인 어투가 대안개념을 강화했음지도 모른다고 설명하고 있다.

판구조론에 관한 학생들의 개념 이해를 밝히기 위하여 그리기 과제를 근거로 한 연구들(Samarapungavan et al., 1996; Gobert, 2005; 정구송, 2007; 박수경, 2009)이 있으나 학습양식이 다른 학습자들의 정신모형을 비교·분석한 연구는 아직 없다. 시각적 형태의 정보를 선호하는 학습자와 말이나 글로 된 언어적인 정보를 선호하는 학습자들은 과학 개념에 대한 정신모형에 차이가 있을 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 판구조론의 주요개념에 대한 중학생들의 정신모형의 유형별 분석 준거를 도출하고 이를 근거로 학습양식이 다른 중학생들의 판구조론에 관한 정신모형을 밝히는 것이다. 연구목적을 달성하기 위한 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 판구조론 관련 개념에 관하여 중학생들은 어떤 정신모형을 가지고 있는가?

둘째, 학습양식이 다른 중학생들의 판구조론에 관한 정신모형은 어떻게 다른가?

II. 연구 방법

1. 연구대상

연구대상으로 B광역시 소재 H 중학교 3학년 94명의 학생들을 선정하였다. 대상 학교는 남녀 공학으로 학업성취도는 B광역시에서 중간 정도의 수준이다. 대상 학생들은 판구조론에 관한 내용을 학습한 상태에서 본 연구를 위한 과제에 응답하였다. 동일학교 3학년 110명을 대상으로 최초 검사를 실시하였으나, 한 문항이라도 무응답이 있는 학생을 제외한 94명을 최종 연구대상으로 하였다. 학습양식 검사를 실시한 결과 언어적 학습양식을 지닌 학생이 38명, 시각적 학습양식을 지닌 학생이 56명으로 나타났다.

2. 연구절차

연구문제를 해결하기 위한 연구의 절차는 다음 그림1과 같다.

선행연구와 교육과정을 검토하여 정신모형 조사를 위한 그리기 과제를 개발하였고 과제를 동일학교 3학

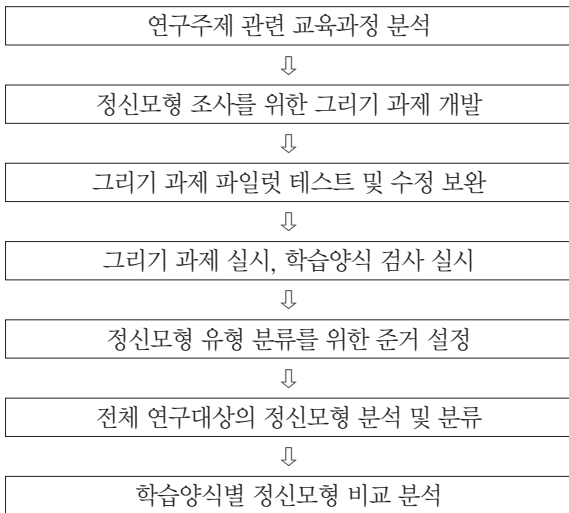


그림 1 연구의 절차

년 10명의 학생에게 파일럿 테스트를 실시한 후 그 결과 학생들의 이해가 부족한 부분에 대하여 문항의 진술 및 제시 그림을 수정 보완하였다. 확정된 문항으로 학생들의 정신모형을 검사한 후 그 결과로 정신모형 유형 분류를 위한 준거를 설정하였다. 면담과 그리기 과제의 결과물들을 통하여 대안 개념의 유형을 파악한 선행연구(정구송, 2007)에 의하면 학생들은 지구 내부에 대하여 많은 대안 개념을 보였다. 이 때 선행 연구들(Beilfuss, 2004; Libarkin *et al.*, 2005)에서 제시된 분류틀을 참조하여 판구조론 관련 개념에 대한 정신모형 유형과 유형별 준거를 도출하고 이를 근

거로 전체 학생들의 정신모형을 분석 분류하였다. 학습양식 검사 결과에 따라 언어적 및 시각적 학습양식 집단을 구분하여 정신모형 각 유형의 빈도를 비교 분석하였다.

3. 검사 도구 및 자료 분석

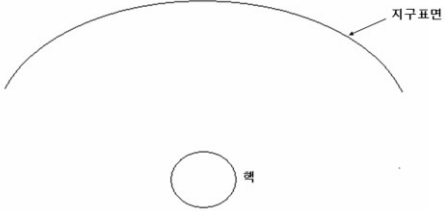
교육과정의 내용 요소와 중학교 과학 교과서 3종의 표현을 분석하여 판구조론에 관한 주요개념을 선정하고, 이를 바탕으로 판구조론에 관한 그리기 과제를 개발하였다.

그리기 과제의 내용은 판의 위치와 마그마의 생성, 산맥의 생성원인, 지구의 내부구조에 관한 것이고 판의 위치와 마그마, 지구의 내부에 대한 과제는 기본 그림을 제시해주고 완성하도록 하였고 산맥의 생성은 기본 그림 없이 구성하도록 하였다. 각 과제의 내용은 표 1과 같다.

연구자 외 2명의 지구과학 교사 등 3명이 평가자로서 각 문항의 정신모형 유형과 유형별 준거를 설정하였다. 설정된 준거에 근거하여 각 평가자가 전체 연구대상 학생들의 그리기 과제 결과를 분석한 후 분석의 신뢰도를 높이기 위하여 3명의 평가자간의 토의를 통하여 일치도를 높였다. 이 과정에서 평가자간 일치도가 낮은 학생은 재논의를 통해 최종 분류하였다.

학습양식 검사는 학습자의 유형을 분류하기 위한 것으로 박숙희(2006)의 연구에서 사용한 VVT 학습양식검사도구(Cronbach $\alpha=0.75$)를 사용하였다. 이 검

표 1 그리기 과제의 주제와 문항

주제	문항
판의 위치와 마그마 생성	<ul style="list-style-type: none"> 아래 그림에 자신이 생각하는 “판(plate)”의 위치와 형태를 그리고 마그마는 어디에서 생성되어 분출되는지 그 모습을 자신의 생각대로 그리고 설명해봅시다. 
산맥의 생성	<ul style="list-style-type: none"> 거대한 산맥이 만들어 지는 과정을 그림으로 나타내고 그 과정에 대하여 알고 있는 대로 설명해봅시다.
지구의 내부	<ul style="list-style-type: none"> 아래 그림에 지구 내부의 단면을 그리고 내부의 상태나 물질의 이동에 대하여 설명해봅시다.(원 그림 제시함)

사 도구는 Felder의 학습 양식 검사 도구에서 시각적·언어적 학습 양식을 알아보기 위한 11문항 중 의미 중복되는 2문항을 제외하고 2지 선다형 9문항으로 구성된 것이다. 이 검사의 각 문항에는 시각적 학습자의 특성을 나타내는 응답 유형과 언어적 학습자의 특성을 나타내는 응답 유형이 각각 포함되어 있다. 학습자의 유형은 시각적 학습자의 특성을 나타내는 응답을 선택한 수와 언어적 특성을 나타내는 응답을 선택한 수의 차이로 분류한다. 예를 들어 한 학습자가 시각적 특성 응답이 7개 이고 언어적 특성 응답이 2개 선택하였다면 이 학습자의 점수는 5이다. 반면에 시각적 특성 응답이 3이고 언어적 특성 응답이 6이라면 이 학습자는 -3에 해당한다. 따라서 학습자의 점수 분포는 -9점에서 +9점까지 이다. 학습자의 유형은 -9에 가까울수록 언어적 학습자로 분류되고 +9에 가까울수록 시각적 학습자로 분류된다.

III. 연구 결과

본 연구에서 판구조론 관련 개념에 관하여 중학생들이 가지고 있는 정신모형을 밝히고 학습양식이 다른 학생들의 경우 이들 정신모형에서 어떤 특징이 나타나는지 조사하였다. 판구조론관련 개념 중에서 본 연구에서 조사한 3가지 개념 즉 판의 위치와 마그마 생성, 산맥의 생성, 지구의 내부의 순서로 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 판의 위치와 마그마 생성에 대한 정신모형

판의 위치와 마그마의 생성에 대한 정신모형을 분류한 결과 불안정 모형, 부분적 인과모형, 인과 모형, 개념적 모형으로 나타났으며 구체적인 사례와 준거는 표 2와 같다. 마그마의 생성에 대한 '불안정 모형'을 보여준 학습자들은 마그마는 지구중심에 있는 핵에서 생성되거나, 맨틀과 핵 사이에 마찰에 의해 생성된다고 설명하고 있다. 불안정 모형을 보여준 다른 학생은 외핵의 불규칙한 운동에 의해 충격이 지각에 전달되기 때문이라고 기술하거나 맨틀물질이 상승하여 화산으로 분출된다고 기술하였다. 마그마가 핵에서 생성된다는 대안 개념은 학습 양식에 무관하게 공통적으로 나타나는 경향이 있다. 이러한 대안개념은 맨틀 자체가 액체로 되어있다고 인식하는 전형적인 오개념

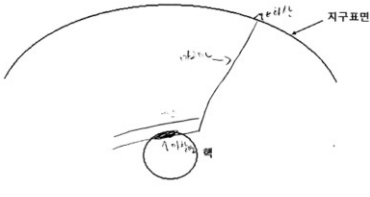
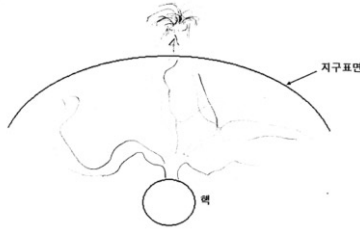
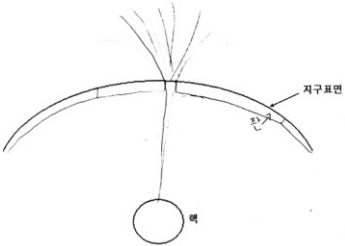
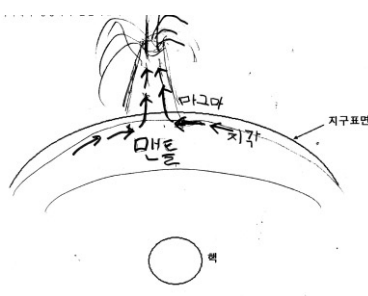
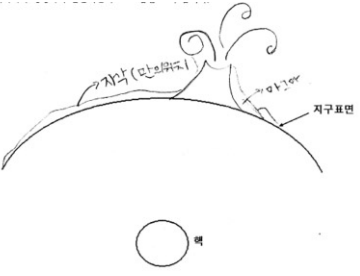
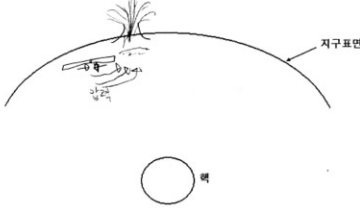
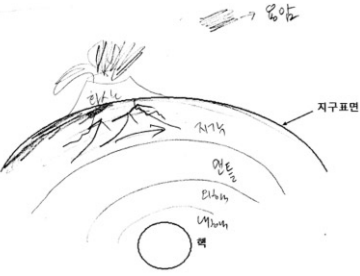
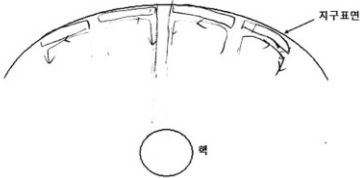
유형과도 밀접한 관련이 있다. 많은 학생들이 연약권 또는 맨틀을 마그마 층으로 언급하거나 같은 성질을 지니고 있는 물질 층으로 묘사하는 경향을 보였다. 이것은 Gobert(2000)의 연구에서도 학생들이 지각 하부에 '부드럽게' 또는 '부분적으로 용해된 마그마' 층이 존재한다고 언급한 것과 같이 다수의 학생들이 마그마와 맨틀, 연약권을 혼동하고 있음을 말해주는 것이다. 결국 이러한 결과는 추상적 내용들에 대하여 효율적인 교수 전략의 하나로 시도되거나, 매스컴에서 이해를 쉽게 하기위한 의도로서 제시되는 비유적 표현들이 학생들에게 오히려 대안 개념을 조장할 수도 있음을 보여주는 사례이다(Katharyn and Ketter, 1999). 불안정 모형을 지닌 학생들은 판의 위치에 대해 과학적 개념을 가진 학생들을 거의 드물었고 대부분의 학생들이 판과 지각 사이에 불연속면이 존재한다고 인식하고 있었다.

표 2에서 '부분적 인과모형'은 마그마 생성의 원인이 판의 운동 때문이라는 인과관계를 부분적으로 이해하고 있는 경우이다. 부분적 인과모형을 지닌 언어적 학습양식의 학습자 사례를 살펴보면, 언어적 설명에서는 판과 마그마의 생성원인을 관련지어 설명하지만 그림에서는 마그마가 핵에서 분출되는 것으로 불안정 모형과 유사하게 묘사하였다. 이에 비하여 시각적 학습양식의 학습자는 그림묘사에서는 판의 상호작용을 나타내었으나 언어적 설명은 제대로 하고 있지 않다. 이렇듯 부분적 인과모형은 그림묘사와 언어적 설명 두 가지 측면에서 그림 묘사는 적절하지만 언어적 설명에 오류가 있는 경우와 언어적 설명은 적절하지만 그림 묘사에 오류가 있는 두 가지 경우로 나누어졌다.

'인과 모형'을 보여준 학습자들은 판이 지구표면에 있고 마그마 생성의 원인이 판의 움직임 때문이라는 인과관계를 이해하고 있다. 인과 모형은 언어적 설명과 그림 묘사 측면 모두 판의 작용과 마그마의 원인을 관련지어 설명하고 있으나 부분적으로 대안개념이 나타나는 경우이다. 인과모형을 보여준 언어적 학습자는 마그마 분출이 원인으로 작용하여 화산활동이라는 결과가 나타나는 과학적 사실에 대하여 인과관계를 역으로 이해하는 대안개념을 나타내었다.

'개념적 모형'은 판의 작용과 마그마 생성과의 인과관계를 분명하게 이해하고 정확한 용어를 사용하여 설명한 경우에 해당한다. 표 2의 사례에서 개념적 모

표 2
학습양식이 다른 학생들의 판의 위치와 마그마 생성에 관한 정신모형

	언어적 학습양식	시각적 학습양식	준거
불안정 모형	 <p>맨틀과 핵 사이에 마찰이 생기면서 온도가 높아져 마그마가 생긴다.</p>	 <p>마그마는 지구중심에 있는 핵에서 생성된다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 마그마의 기원을 지구중심의 핵으로 설명함. • 지각판의 위치를 설명하지 못함.
부분적인과 모형	 <p>마그마가 지구 내부에서 생기고 판은 지각 밑에서 아래쪽으로 내려져 있다. 판이 이동하면 마그마가 분출된다</p>	 <p>• 언어적 설명과 그림 묘사 중 일부만 마그마의 생성 원인을 바르게 나타냄.</p> <p>• 지각판의 위치를 설명함.</p>	
인과 모형	 <p>판의 위치는 지각에 있고 마그마는 판의 상호작용에 의하여 생성이 된다.</p>	 <p>판은 지구표면보다 아래에 있었고 마그마가 생성되는 원인은 판의 움직임에 압력 받은 마그마가 분출된다</p> <p>• 언어적 설명과 그림 묘사 모두 마그마의 생성 원인을 바르게 설명하지만 일부 대안개념이 포함됨.</p> <p>• 지각판의 위치를 설명함.</p>	
개념적 모형	 <p>지각이 충돌하면서 마그마가 흐르면서 틈이 생겨 양력에 의해 분출된다.</p>	 <p>편은 지각 내 위치하고 있고 맨틀의 대류에 의해 움직이는데 그러다 마그마가 분출된다.</p> <p>• 마그마의 생성원인을 판의 작용으로 바르게 설명함.</p> <p>• 지각판의 위치를 바르게 설명함.</p>	

형을 지닌 언어적 학습자는 지각 충돌로 마그마가 생성된다고 설명하고 지각판의 이동을 묘사하고 있으나 지구 내부 층상구조의 비율을 적절하지 않게 나타내고 있다. 이에 비해 개념적 모형을 지닌 시각적 학습자는 맨틀의 대류에 대하여 언급하고 그림으로 제시하여 과학적 개념에 근접하고 있다. 그러나 이 경우도 판의 움직임에 의한 마찰로 마그마가 생성되는 과정에 대한 이해가 완벽하지는 않은 것으로 보인다. 두 가지 학습양식별로 학생들의 판의 위치와 마그마의 생성에 관한 정신모형의 빈도를 비교한 결과는 표 3과 같다.

마그마의 기원을 판의 운동으로 이해하지 못하고 지구 중심핵이나 맨틀로 인식하는 학생이 전체 인원의 반을 차지함을 알 수 있다. 언어적 학습자의 경우 불안정 모형이 52.6%로 시각적 학습자와 비교하였을 때 그 비율이 상대적으로 높게 나타났다. 시각적 학습자의 판의 위치와 마그마에 대한 응답을 살펴보면 불안정모형이 44.8%, 부분적 인과모형이 28.5%, 인과모형이 19.6%로 나타났다. 언어적 학습자의 부분적 인과모형과 인과 모형은 각각 22.1%와 17.5%로 시각적 학습자보다 비율이 상대적으로 낮게 나타났다. 개념적 모형에 해당하는 응답자는 언어적 학습자와 시각적 학습자 모두 7.1%와 7.8%로 그 비율이 낮게 나타났다. 이러한 결과로 언어적 학습양식을 지닌 학습자가 시각적 학습양식을 지닌 학습자보다 판의 위치와 마그마에 대하여 과학적인 정신모형을 지니는데 어려움을 겪는 것으로 보인다.

2. 산맥의 생성에 대한 정신모형

산맥의 생성에 대한 정신모형을 분류한 결과 불안정모형, 인과모형, 개념적 모형으로 나타났으며 구체적인 사례와 준거는 표 4와 같다. 산맥이 만들어지는 과정에 대하여 ‘불안정 모형’을 나타낸 학생들은 산

맥 생성의 원인을 용암이나 지진으로 설명하고 산맥 생성의 근본적인 원인에 대하여 인식하지 못하는 것으로 나타났다. 표 4에 제시된 불안정 모형을 보여준 언어적 학습자는 퇴적물과 퇴적암이 산맥을 생성하는 것으로 잘못 인식하고 있으며 그림 묘사에서도 퇴적층의 역단층 구조를 강조하여 나타내고 있다. 반면에 불안정 모형을 보여준 시각적 학습자는 마그마가 분출해서 산맥이 생성되는 것으로 설명하며 그림도 마그마가 분출하여 그 부피로 산맥이 이루어지는 것으로 묘사하였다. 이와 같은 예들은 판구조론적인 기본 용어나 개념을 가지고 있지 않은 사례로 볼 수 있으며 불안정 모형 중에는 유사한 대안 개념을 나타낸 사례가 다수 포함되었다. 즉 ‘먼저 같은 것이 쌓이거나 땅이 솟아오르거나 해서 산맥이 생긴다’ 라고 응답한 예가 있고, ‘화산폭발로 용암이 흐르고 용암이 굳어져서 산맥이 높아졌다’ 로 응답한 경우가 있었다.


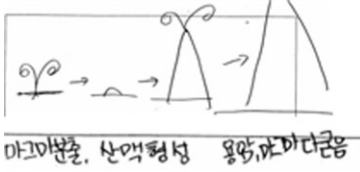
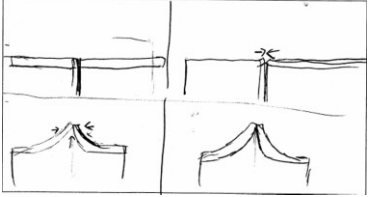
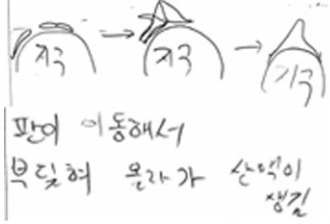
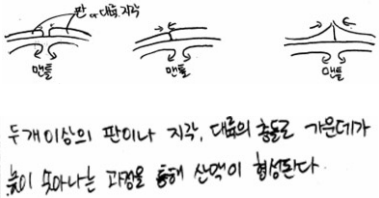
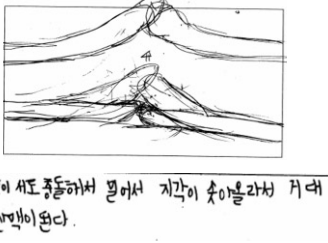
표 4에서 산맥의 생성에 대한 ‘인과 모형’을 보여주는 응답자들은 산맥 생성의 원인을 판의 작용과 관련지어 설명하고 있으나 판 자체가 휘어지거나 밀려 올라가서 산맥이 생성된다는 대안개념을 보여준다. 시각적 학습자와 언어적 학습자 모두 판의 변화를 산맥 생성 원인으로 관련지어 설명하고 있다. 그러나 인과모형을 지닌 대부분의 학생들이 판이 충돌하는 것으로 묘사하고 있으나 판의 기저부는 평평하게 유지되고 판의 표면부만 솟아오른 형태로 묘사하였다. 두 대륙판이 서로 부딪쳐 올라가 거대한 습곡산맥이 형성된다는 교과서적인 설명이 이러한 대안개념의 원인이 될 수 있다.

이와 같은 정신모형은 지각의 변화에 대한 대학생들의 이해 수준을 조사한 선행연구(Libarkin *et al.*, 2005)에서 다수의 학생들이 판이 평평 형태로 존재하는 것으로 인식한 결과와 유사하다. 이는 우리나라 고등학생을 대상으로 충돌형 경계에 대한 정신모형을 조사한 연구들(박수경, 2009; 정경진 등, 2007)에서

표 3
학습양식이 다른 학생들의 판의 위치와 마그마 생성에 관한 정신모형 빈도

	언어적 학습양식(%)	시각적 학습양식(%)	계(%)
불안정 모형	52.6	44.8	47.9
부분적 인과모형	22.1	28.5	24.5
인과 모형	17.5	19.6	20.2
개념적 모형	7.8	7.1	7.4
계	100	100	100

표 4 학습양식이 다른 학생들의 산맥의 생성에 관한 정신모형

	언어적 학습양식	시각적 학습양식	준거
불안정 모형	 <p>판이 움직인다, 뒤집힌 판이, 산맥형성</p>	 <p>마그마원출, 산맥형성, 용암, 마그마다큰음</p>	<ul style="list-style-type: none"> 산맥 생성의 원인을 용암이나 퇴적암으로 설명함.
인과 모형	 <p>판이 이동하다가 두 개가 충돌하면 그 충격으로 산맥이 생긴다</p>	 <p>판이 이동해서 부딪혀 올라가 산맥이 생긴다</p>	<ul style="list-style-type: none"> 산맥의 생성원인을 판의 충돌로 설명하고 있으나 퇴적층에 대한 설명이 없음.
개념적 모형	 <p>두개 이상의 판이나 지각, 대륙의 충돌로 가운데가 솟아 오르는 과정을 통해 산맥이 형성된다</p>	 <p>판들이 서로 충돌해서 밀어서 지각이 솟아올라서 거대한 산맥이 된다</p>	<ul style="list-style-type: none"> 판의 충돌로 판이 다른 판 아래로 섭입함을 묘사함. 산맥을 이루는 퇴적층에 대하여 설명함.

판의 기저부를 평판 형태로 나타내고 표면부만 상승한 것으로 인식한 사례와도 일치한다.

산맥의 생성에 관한 '개념적 모형'은 인과 모형보다 판의 운동에 대한 설명에서 용어를 정확하게 사용하고 있으며 맨틀의 대류를 언급하여 과학적 개념에 가장 근접한 모형이다. 횡압력 때문에 두 판의 경계부에 있던 퇴적물이 밀려올라가서 높은 산맥이 된다는 심층적인 이해를 보여주었다. 두 가지 학습양식별로 학생들의 산맥의 생성에 관한 정신모형을 조사한 결과는 표 5와 같다.

언어적 학습자의 산맥의 생성에 대한 응답을 보면

불안정 모형이 32.1%로 시각적 학습자보다 비율이 다소 높게 나타났으며 인과모형은 67.9%로 나타났고 개념적 모형은 나타나지 않았다. 시각적 학습자의 응답을 살펴보면 불안정모형이 28.9%로 언어적 학습자보다 비율이 낮게 나타나 시각적인 학습양식을 지닌 학습자에게 산맥의 생성과정에 대한 학습이 좀 더 용이했던 것으로 분석된다. 그러나 개념적 모형은 전체 학생에서 1.7%에 불과하여 중학생 수준에서 산맥의 생성에 대한 심층적인 이해에 도달하는데 어려움이 있는 것으로 분석된다.

표 5
학습양식이 다른 학생들의 산맥의 생성에 관한 정신모형 빈도

	언어적 학습양식(%)	시각적 학습양식(%)	계(%)
불안정 모형	32.1	28.9	30.9
인과 모형	67.9	69.4	68.1
개념적 모형	0	1.7	1.0
계	100	100	100

3. 지구의 내부에 대한 정신모형

지구의 내부에 대한 정신모형은 정적 불안정 모형, 동적 불안정 모형, 개념적 모형으로 분류되었으며 구

체적인 사례와 준거는 표 6과 같다.

지구의 내부에 대한 정신모형은 일그러진 구분선으로 나타난 단순한 모형에서부터 내부의 특성과 함께 동심원의 층으로 묘사된 복잡한 모형에 이르기까지

표 6
학습양식이 다른 학생들의 지구의 내부에 관한 정신모형

	언어적 학습양식	시각적 학습양식	준거
정적 불안정 모형	<p>지구, 맨틀 등으로 나뉘어져 있고 고체물질과 액체물질로 되어있다</p>	<p>지구 → 맨틀 → 외핵 → 내핵</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 지구 내부의 구조를 제시하였으나 상태나 물질의 이동에 대한 설명이 없음.
동적 불안정 모형	<p>지구는 딱, 맨틀, 외핵, 내핵으로 구성되어있다.</p>	<p>각각에 지구와 맨틀, 외핵, 내핵으로 구성되어있고 핵은 액체 물질로 구성되어 있다</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 지구 내부의 구조를 설명하고 있음. • 지구내부의 상태나 물질의 이동에 대한 설명을 하고 있으나 부분적인 대안개념이 나타남.
개념적 모형	<p>지구 내부는 핵, 맨틀, 지각으로 되어 있다. 맨틀이 가장 크다. 지각과 맨틀 사이에 모도면이 있다. 맨틀은 운동성 고체로 되어 있다. 외핵를 액체 상태다. 지구 내부는 갈수록 온도가 높아진다.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 지구 내부의 구조를 설명하고 있음. • 지구내부의 상태나 물질의 이동에 대한 설명을 하고 있음.

다양하게 나타났으며 그 예시는 표 6과 같다. 이들 사례에서 '정적 불안정 모형'을 나타낸 응답자들은 지구 내부의 구조를 제시하였으나 상태나 물질의 이동에 대한 설명이 없었다. 표 6에서 정적 불안정 모형을 지닌 언어적 학습자의 사례를 보면 실제보다 많은 층상 구조로 나타내었고 비동심원으로 묘사하였다. 정적 불안정 모형을 지닌 시각적 학습자는 각 층의 동심원 구조와 이름을 함께 표시하여 좀 더 구조화된 정신모형을 나타내었다. 정적 불안정 모형을 지닌 학습자들은 지구내부 구조에 대한 인식은 있으나 이들 구조의 상태나 에너지, 물질의 이동과 구조간의 상호작용에 대한 이해는 없었다. 이는 지구의 구형적 특성과는 상관없이 지구 내부에 판이 평판 형태로 존재하고 있다는 응답을 밝힌 선행연구(정구송, 2007)의 결과와도 부분적으로 일치한다. 이 연구결과 중 지구 내부 층에서 판의 위치에 관한 연구를 결과를 살펴보면 과학적 개념을 가진 학생들을 거의 드물었고 대부분의 학생들이 판과 지각 사이에 불연속면이 존재하고 있다고 믿고 있었다.

이에 반하여 지구내부의 상태나 물질의 이동에 대한 개념을 가지고 있으나 부분적인 대안개념을 지닌 경우 '동적 불안정 모형'으로 분류되었다. 동적 불안정 모형을 나타낸 언어적 학습자는 각층의 상태를 설명하고 있으나 맨틀의 대류에 대한 묘사가 없고 시각적 학습자들은 액체인 지구의 핵과 유사하게 맨틀의 이동도 묘사하고 있다. 지구내부에 대한 '개념적 모형'은 지구내부의 상태와 맨틀대류에 대한 묘사를 하여 가장 과학적 개념에 근접한 경우이다. 두 가지 학습양식별로 학생들의 지구의 내부에 관한 정신모형을 조사한 결과는 표 7과 같다.

시각적 학습자의 산맥의 생성에 대한 응답을 살펴보면 정적 불안정모형이 37.5%, 동적 불안정 모형이 41.1%, 개념적 모형이 21.4%로 나타났다. 이에 비해 언어적 학습자는 정적 불안정 모형이 44.7%로 시각적 학습자보다 비율이 높게 나타났고, 동적 불안정 모

형과 개념적 모형은 각각 36.8%, 18.5%로 시각적 학습자보다 비율이 낮게 나타나 시각적 학습자의 이해도가 언어적 학습자에 비하여 상대적으로 높은 것으로 볼 수 있다. 이는 학습자가 의미론적 표상과 시각적 표상 등 두 가지 유형의 정보를 통합하여 판구조론적인 현상에 대한 표상체계를 형성하게 되는데 이때 학습내용의 특성상 시각적 학습양식을 지닌 학생들이 내적 표상체계 형성에 더 유리하게 작용한 것으로 분석된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 중학생을 대상으로 판구조론 관련 개념에 대한 정신모형의 유형을 분석하고 학습양식에 따라 정신모형이 어떻게 다른지 밝히고자 하였다. 연구 결과에 대한 논의를 바탕으로 향후 적절한 교수·학습 활동을 위한 시사점을 제안하면 아래와 같다.

첫째, 본 연구의 결과 판의 위치와 마그마의 생성에 대한 정신모형은 불안정 모형, 부분적 인과모형, 인과모형, 개념적 모형으로 분류되었다. 불안정 모형은 마그마가 핵에서 생성되거나, 맨틀물질이 상승하여 화산으로 분출된다는 대안 개념을 포함하였으며 인과모형은 판의 마찰이 원인이 되어 마그마가 생성된다는 인과관계를 이해하고 있는 경우이다. 이 때 언어적 설명과 그림 묘사 중 일부만 마그마의 생성원인을 바르게 나타낸 경우를 부분적인 인과모형으로 별도로 분류하였다. 인과모형은 마그마 생성의 원인을 파악하지만 부분적으로 대안개념이 나타나는 반면 개념적 모형은 맨틀의 대류를 포함하여 과학적 개념에 근접한 것이다. 그러나 이 경우도 판의 운동에 의한 마찰로 마그마가 생성되는 과정에 대한 이해가 완벽하지는 않은 것으로 분석되었다.

둘째, 산맥의 생성에 대한 정신모형은 불안정모형, 인과모형, 개념적 모형으로 분류되었으며 불안정 모형을 지닌 학생들은 산맥 생성의 원인을 용암이나 지

표 7
학습양식이 다른 학생들의 지구의 내부에 관한 정신모형 빈도

	언어적 학습양식(%)	시각적 학습양식(%)	계(%)
정적 불안정 모형	44.7	37.5	40.4
동적 불안정 모형	36.8	41.1	39.4
개념적 모형	18.5	21.4	20.2
계	100	100	100

진으로 이해하고 산맥생성의 근본적인 원인에 대하여 인식하지 못하였다. 인과 모형을 보여주는 응답자들은 산맥 생성의 원인을 판의 충돌과 관련지어 이해하고 있으나 판의 기저부는 평판형태로 있고 판의 표면 부만 상승한다는 제한적인 사고를 보여주었다. 이는 시각적 학습자와 언어적 학습자 모두 공통적으로 나타나는 현상이었다. 산맥의 생성에 대한 과학자적 모형을 보여준 학생은 극소수로 나타나 판의 충돌과 퇴적물의 상승이라는 역동적인 과정에 대한 이해에 중학생들이 특히 어려움을 나타내었다.

셋째, 지구의 내부에 대한 정신모형은 정적 불안정 모형, 동적 불안정 모형, 개념적 모형으로 나타났다. 정적 불안정 모형을 지닌 학생들은 지구내부 구조에 대한 인식은 있으나 이들 구조의 상태나 에너지, 물질의 이동과 구조간의 상호작용에 대한 이해는 없었다. 동적 불안정 모형을 지닌 학생은 지구내부의 상태나 물질의 이동에 대한 개념을 가지고 있으나 부분적인 대안개념을 가지고 있었다. 반면에 개념적 모형을 지닌 학생들은 지구내부의 상태와 맨틀대류에 대하여 비교적 과학적인 이해를 나타내었다.

넷째, 학생들의 학습양식에 따라 나타나는 정신 모형의 비율을 비교한 결과, 마그마의 생성과 산맥의 생성에 대하여 언어적 학습자들이 시각적 학습자보다 불안정 모형을 나타낸 비율이 높게 나타났으며 인과적 모형과 개념적 모형의 비율은 낮게 나타났다. 지구의 내부에 관한 정신모형을 학습양식에 따라 비교한 결과 역시 언어적 학습자들이 시각적 학습자보다 정적 불안정 모형의 비율이 높게 나타났으며 동적 불안정 모형과 개념적 모형의 비율은 낮게 나타났다. 이로써 지각변동과 판구조론 관련 개념에 대한 정신 모형 형성에 있어 언어적 정보와 시각적 정보를 자신의 사전 개념과 관련지을 때 시각적인 학습양식을 지닌 학습자에게 더 용이한 것으로 해석된다.

본 연구에서 밝힌 판구조론 관련 개념에 관한 정신 모형의 준거는 초등학생이나 영재학생 등 다양한 학습 능력과 환경에 있는 학습자들의 이해 정도를 판단할 수 있는 근거를 제공할 수 있을 것이다. 또한 학생들의 학습양식에 따라 판구조론 관련 개념에 관한 정신모형을 조사하였고 이러한 결과는 해당 주제에 대한 구체적인 교수·학습 활동 방안을 찾는 데 근거 자료가 될 것이다. 본 연구의 논의와 관련하여 후속 연구에서는 정신모형 형성과 관련되는 다면적인 요인이

학습자의 정신모형에 구체적으로 어떤 영향을 미치는지 밝혀내는 연구가 필요하다. 즉 학습자의 인식론적 신념, 메타인지 등 인지적 요인과 제시된 과제 등 맥락요인이 정신모형에 어떤 영향을 미치는지를 밝히기 위한 다각도의 방법론과 적용연구가 이루어져야 한다. 이를 위하여 과학 각 분야의 주요 개념에 대하여 학습양식에 따라 다른 수업방안을 개발하고 이를 적용하여 학생들의 정신모형 형성과정에서 미치는 효과를 알아보는 것도 한 가지 방법이 될 것이다.

국문 요약

본 연구의 목적은 중학생을 대상으로 판구조론 관련 개념에 대한 정신모형의 유형을 밝히고 학습양식에 따라 정신모형이 어떻게 다른지 조사하는 것이다. 중학교 3학년 94명을 대상으로 판구조론의 주요 개념인 판의 위치와 마그마 생성, 산맥의 생성, 지구의 내부 등 세 가지 주제에 대한 그리기 과제를 개발하여 실시하였다. 그리기 과제의 결과를 3명의 평가자가 분석하여 각 과제의 정신모형 유형과 유형별 준거를 설정하였다. 설정된 준거에 근거하여 전체 연구대상 학생들의 그리기 과제 결과를 정신모형 유형별로 분류하고 분석하였으며, 학습양식이 다른 학생들의 정신모형 빈도를 비교하였다. 정신모형의 유형은 각 주제의 특성에 따라 불안정 모형, 인과모형, 개념적 모형 또는 정적 불안정 모형, 동적 불안정 모형, 개념적 모형 등으로 분류되었다. 정신모형을 조사한 결과 나타난 불안정 모형에는 마그마가 핵이나 맨틀에서 생성된다는 대안개념과 판이 충돌하면서 판 자체의 표면부만 상승하여 산맥이 형성된다는 제한적인 사고 등이 포함되어 있었다.

학습양식이 다른 학생들의 정신모형 유형별 비율을 비교한 결과, 세 가지 주제 모두 시각적 학습양식을 가진 학습자가 언어적 학습양식을 가진 학습자보다 개념적 모형의 비율이 높게 나타났고, 불안정 모형의 비율은 낮게 나타났다. 이로써 학습자의 학습양식에 따라 판구조론에 관한 정신모형에 차이가 있음이 확인되었으며, 학습양식을 고려한 교수전략 개발을 위한 근거자료가 된다.

주요어: 정신모형, 판구조론, 그리기 과제, 학습양식

참고 문헌

- 박수경(2009). 판의 경계에 대한 고등학생들의 정신모형 분석. *한국지구과학회지*, 30(1), 111-126.
- 박숙희(2006). 한자로 된 지구과학 용어에 대한 중학생의 이해 수준 분석. *한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 박지연, 이경호(2004). 과학개념변화 연구에서 학생의 개념에 대한 이해: 오개념에서 정신모형까지. *한국과학교육학회지*, 24(5), 621-637.
- 정경진, 정구송, 문병찬, 정진우(2007). 판구조론에 관한 고등학교 1학년 학생들의 오개념. *한국지구과학회지*, 28(7), 762-774.
- 정구송(2007). 지구 내부에 대한 고등학교 학생들의 정신모형 탐색. *한국지구과학회지*, 28(6), 643-652.
- Beilfuss, M. (2004). Exploring conceptual understanding of ground-water through student's interviews and drawings. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching Annual Conference, Vancouver, British Columbia.
- Franco, C. & Colinvaux, D. (2000). Grasping mental models. In J. Gilbert and C. Boulter(Eds.), *Developing Models in Science Education*, (pp. 93-118). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. & Watts, M. (1983). The concepts, misconcepts and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Gobert, J. D. (2000). A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22, 937-977.
- Gobert, J. (2005). The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. *Journal of Geoscience Education*, 53, 444-455.
- Johnson-Laird, P. N.(1983). *Mental Models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Katharyn, E. & Ketter, N. (1999). Using analogies to teach plate tectonics concepts. *Journal of Geoscience Education*, 47(5), 449-454.
- Kolb, D. A. (1995). *Experimental Learning: Experiences as the source of learning and development*. Englewood Cliffe, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- 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, 17-26.
- Mayer, R. E. (2004). Personalized messages that promote science learning in virtual environments. *Journal of Educational Psychology*, 96, 165-173.
- Samarapungavan, A., Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1996). Mental models of the Earth, Sun, and Moon: Indian children's cosmologies. *Cognitive Development*, 11, 491-521.
- Schumack, R. R. (1998). *An introduction to strategies and style of learning*. N.Y.: Plenum Press, 101-129.
- Sibley, D. (2005). Visual abilities and misconceptions about plate tectonics. *Journal of Geoscience Education*, 53, 471-477.
- Vosniadou, S.(1999). Conceptual change research; State of the art and future direction. In W. Schnotz, S. Vosniadou, and M. Carretero(Eds.), *New perspectives on conceptual change*, (pp. 3-13). NY. Pergamon,