Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

지질구조에 대한 모델링기반 학습에서 나타나는 논증패턴과 정신모형 수준에 대한 분석

박수경*
부산대학교

Analysis on the Argumentation Pattern and Level of Students' Mental Models in Modeling-based Learning about Geologic Structures

Su-Kyeong Park*
Pusan National University

ARTICLE INFO

Article history:
Received 30 September 2015
Received in revised form
24 October 2015
26 October 2015
Accepted 26 October 2015

Keywords:
modeling-based learning,
argumentation pattern,
mental model,
geologic structures

ABSTRACT

This study aims to develop a modeling-based learning program about geologic structures and to reveal the relationship between the argumentation patterns and levels of students' mental models. Participants included 126 second grade high school students in four sessions of modeling-based learning regarding continental drift, oceanic ridges, transform faults, and characteristics of faults. A modeling-based learning program was implemented in two classes of the experimental group, and teacher-centered traditional classes were carried out for the other students in the comparison group. Science achievement scores and the distribution of students' mental models in experimental and comparison groups were quantitatively compared. The video-taped transcripts of five teams' argumentation were qualitatively analyzed based on the analytic framework developed in the study. The analytic framework for coding students' argumentation in the modeling-based learning was composed of five components of TAP and the corresponding components containing alternative concepts. The results suggest that the frequencies of causal two-dimensional model and cubic model were high in the experimental group, while the frequencies of simple two-dimensional model and simple cross sectional model were high in the comparison group. The higher the frequency of claims, an argumentation pattern was proven successful, and the level of mental model was higher. After the rebuttal was suggested, students observed the model again and claimed again according to new data. Therefore, the model could be confirmed as having a positive impact on students' argumentation process.

Ⅰ. 서론

모형(model)은 어떤 물체나 현상 또는 아이디어의 속성을 기호, 그림, 다른 사물 등으로 나타낸 설명 체계로 과학에서 활용되는 모형은 구체적인 현상과 추상적인 개념을 연결하는 다리의 역할을 한다. 과학적 모형의 본성과 유용성에 대하여 배우고, 과학적 모형을 구성하며, 구성한 모형을 검증하는 과정에 학생들이 참여하는 것은 과학 교육의 핵심이라고 할 수 있다(Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000; Gilbert & Ireton, 2003; Halloun, 2007). 과학자들이 탐구하는 대상이나 그것들의 체계, 과정, 인지적인 현상들 중에는 직접적으로 관찰하거나 경험적으로 다루기 어려운 부분들이 포함되어 있기 때문에, 과학 활동에서는 자연 현상이나 과학적인 아이디어를 표상(representation)하는 방법의 하나로서 모형을 제작하고 이를 조작해 보는 일이 중요하다. 모델링(modeling)은 모형을 만들고, 평가하고, 수정하여, 적용하는 모든 과정을 뜻하며, 과학수업에서의 모델링에 대한 연구는 다양한 형태로 이루어지고 있다(Crawford, & Cullin, 2004; Gilbert, Boulter, & Rutherford, 1998; Park, 2013; Schwarz, 2009; Schwarz *et al*., 2009). 모델링은 개인이 관찰한 것을 설명하고 예측한 추론 과정 결과 형성된 내적 표상을 외적 표상으로 표현한 것이다(Greca & Moreira, 2000). 모델링은 과학교육에서 정교화 된 과학 지식이 어떻게 작용하는지와 어떻게 설명되는지에 대해 보여줌으로써 과학적 지식의 본성에 대한 이해와 함께 과학적 지식의 생성과정에 대한 평가를 가능하게 한다(Lehrer & Schauble, 2006;Oh & Oh, 2011). 또한 학습자는 모델링 과정을 통해 경험적 증거를 검토하고 모형의 기본적인 가정을 수정하는 과정을 거쳐 학습하게 되므로, 모델링은 과학지식을 구성하고 적용하는 주요한 인지과정이자 체계적인 활동이다(Halloun, 2007; Hestenes, 1987). 모델링을 통하여 학생들의 불완전한 정신 모형이 과학적인 정신 모형으로 구성될 수 있으며 이는 모형뿐만 아니라 모형이 만들어지는 과정을 학습한다는 점에서도 의의가 있다.

정신 모형(mental model)은 학습자가 사고활동을 전개할 때 의미론적 표상과 시각적 표상을 동원하여 자연 현상을 기초로 현상을 설명하고 예측하기 위해 만든 내적 표상체계이다(Johnson-Laird, 1983). 이러한 정신모형은 특정 시간에 특정 상황에 대한 정지된 이미지와 달리 동영상으로 보는 것과 같은 방식으로 간주되기도 한다(Franco &

* 교신저자 : 박수경 (psookyong@naver.com)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.5.0919

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(Clement, 2000; Coll, France, & Taylor, 2005; Park & Oh, 2013; Vosniadou, 1999). 이러한 정신 모델의 역할은 물리적 세계를 설명하고 예측할 때 개인의 추론 과정을 설명하는 것이다.

모델링 과정에서 학생들은 논증활동을 통하여 현상의 중요한 속성과 특성을 증거로 하여 현상과 모델이 어떻게 관련되는지 설명하는 정신모형을 형성하게 된다(Jang, Ko, & Kang, 2012; Romberg, Carpenter, & Kwako, 2005; Sampson & Clark, 2008; Yun, & Kim, 2011). 논증활동은 과학자들이 과학적 논쟁 해결, 과학적 이론 형성을 하면서 나타나는 사회적인 의사소통 활동이므로, 모델링 과정에서 학생들은 다른 사람들에게 자신의 설명 모델을 제시하고 정당화하면서 모델의 적합성을 판별할 수 있다. 또한 논증활동을 하면서 부적합한 모델을 버리고 더 적합한 모델을 구성할 수 있도록 모델을 평가하고 수정할 수 있다(Kuhn, 2010). 학생들은 개인적 차원에서 형성한 모델을 사회적 차원에서 다른 학생들이 이해할 수 있도록 설명하고 정당화하기 위해서 노력하기 때문에 좀 더 논리적인 추론 과정을 거치면서 설명 모델이 더 확고해질 수 있다(Berland & Reiser, 2009).

논증 또는 논변을 주제로 국내외에서 많은 연구들이 진행되었고 개인의 논증 분석에 가장 유용하게 널리 쓰이고 있는 분석틀이 TAP(Toulmin's Argument Pattern)이다(Erduran & Osborne, 2005; Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000; Kuhn, 2010; Osborne, Erduran & Simon, 2004; Simon, Erduran, & Osborne, 2006; Erduran, Ardac & Yakmaci-Guzel, 2006). TAP에 의한 대화분석은 주로 논의 요소의 유무나 빈도에 초점을 두고 있기 때문에 논의의 질적인 측면이 평가되기 어렵고(Shin & Kim, 2012; Yore & Treagust, 2006), 대화의 상호작용적인 특징을 알기 어렵다는 지적도 있다(Hogan & Maglenti, 2001; Zohar & Nemet, 2002). 이에 TAP를 보완하기 위하여 시도된 연구들을 살펴보면, 반박의 유무와 정당화 측면에서 논증과정을 질적으로 구분하거나(Erduran, Simon, & Osborne, 2004), 반박을 좀 더 세분화하여 주장에 대한 반박보다는 다른 근거들(자료, 보장, 보강)에 대한 반박을 더 높은 수준으로 설정한 연구(Clark & Sampson, 2008) 또는 TAP 요소와 다이어그램 특징을 이용하여 가시적인 분석틀을 개발한 연구(Shin & Kim, 2012) 등이 있다. 실제로 소집단 논증활동은 다른 구성원들과 다양한 생각들을 공유함으로써 새로운 지식 내용을 공동으로 학습하고 이를 개인의 것으로 내면화할 수 있는 기회를 제공하므로 학습자의 정신모형의 형성(Barnett & Morran, 2002; Cohen,1994; Duschl, 2008)과 의사소통기술의 향상에도 도움을 준다(Kuhn & Udell, 2003). 과학적 논증에 참여하는 학습자들은 그들의 주장을 뒷받침할 증거로 사용할 자료를 선택하는데 어려움을 겪고, 충분한 증거를 제공하지 않으며 설명을 정당화하는데 어려움을 겪는다(Erduran, 2008; Sadler, 2004; Sandoval & Millwood, 2005). 또한 학습자들은 종종 주어진 현상에 대한 설명이 타당한 지를 유용한 방법으로 평가하지 않는다. 그들은 아이디어를 수락, 거절 또는 변경할지를 결정할 때 과학적인 기준을 사용하지 않으며 개인적인 신념과 같은 부적절한 기준에 의존하거나 증거를 왜곡하면서 오개념을 재확인하기도 한다(Hogan & Maglienti, 2001; Sampson & Clark, 2008). 그러므로 교수·학습 환경에서 과학적 논증에 참여하는 것이 복잡하고 어려우므로, 논증활동의 참여를 효율적으로 이끌어 내기 위한 방안이 설계되어야 한다(Berland & McNeill, 2010; Duschl & Osborne, 2002; Maeng, Park, & Kim, 2013). 따라서 본 연구에서는 지질구조 모형을 학생들이 조립하여 만들고 이를 근거로 논증활동을 펼치도록 모델링기반 학습 환경을 설계하고 적용함으로써 논증의 질적 향상을 도모하고자 한다.

Kang & Lee (2013)는 논증 관련 연구논문에 제시된 정의를 통하여 논의, 논변, 논증 등 특정 용어의 사용과 연구 특성과의 관련성에 관해 조사한 결과, 일반적인 정의를 배제하고 구체적으로 과학의 상황에서 정의한 연구들도 있음을 보고한 바 있다. 예를 들어 "과학적 논증활동은 관찰, 실험 결과를 활용하여 자신의 생각을 논리적으로 정당화하는 활동"으로 구체화하거나(Lee, Jo, & Son, 2009), "과학탐구는 단순한 실험활동이 아니라 과학적 의사소통이 이루어지는 문제 해결의 과정이며 논증과정이 그러한 문제해결의 한 형태"라고 정의함으로써 탐구의 한 측면으로 본 경우(Watson, Swain, & Mcrobbie, 2004)도 있다. 이러한 맥락에서 본 연구에서는 학생들이 모델링 과정에서 관찰한 결과를 활용하여 추론하고 자신의 생각을 정당화하는 과정을 '논증활동'으로 개념 정의한다. 소집단 모델링 과정에서 학생들은 논증활동을 통하여 추론하게 된다(Sampson & Clark, 2008; Walton, 1996). 논증활동은 과학자들이 논쟁해결, 과학적 이론을 형성하면서 나타나는 사회적인 의사소통 활동이므로 모델링 과정에서 학생들은 다른 사람들에게 자신의 설명 모형을 제시하고 정당화하면서 자연스럽게 모형의 적합성을 판별할 수 있다. 또한 논증활동을 하면서 부적합한 모형을 버리고 더 적합한 모형을 구성할 수 있도록 모형을 평가하고 수정할 수 있는 기회가 마련된다(Bottcher, 2004; Driver, Newton, & Osborne, 2000). 학생들은 개인적 차원에서 형성한 모형을 사회적 차원에서 다른 학생들이 이해할 수 있도록 설명하고 정당화하기 위해 노력하기 때문에 좀 더 논리적인 추론 과정을 거치면서 설명 모형이 확고해질 수 있다(Berland & Reiser, 2009).

한편, 판구조론은 화산과 지진, 횡압력과 장력 등과 같은 기본적인 개념뿐만 아니라, 맨틀의 특성, 지판의 이동, 판의 경계에서의 지각변동 등 복합적인 개념을 포함하는 이론적 모형(theoretical models)이다. 이에 관한 학생들의 정신모형을 밝히는 연구들(Gobert, 2005; Park, 2009, 2011; Samarapungavan, Vosniadou & Brewer, 1996)을 기초로 직접적인 실험이 어려운 판구조론 학습을 위한 모델링기반 학습방법의 시도가 필요하다. 또한 이러한 모델링기반 학습을 통하여 학생들이 과학적 정신모형을 구성해가는 논증과정을 질적으로 탐색해보는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 지질구조 모형을 학생들이 직접 만들고 이를 근거로 논증활동을 시도하는 모델링기반 학습을 시도하고, 그 효과를 밝히고자 한다. 이를 위하여 실험집단과 비교집단의 사후 성취도와 두 집단에서 나타나는 정신모형을 정량적으로 비교하였고, 본 연구에서 설정한 논증 요소를 근거로 논증패턴을 정성적으로 분석하였다. 본 연구의 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 실험집단과 비교집단 간에 사후성취도와 정신모형 수준에 차이가 있는가?

둘째, 모델링기반 학습에서 논증패턴은 TAP 요소별로 어떤 특징이 나타나는가?

Table 1. Instructional steps for the experimental group and comparison group

단 계		활동 내용	소요시간	수집된 자료
실험집단	모형 제작	3D 종이 모형조립	10분	조립한 모형
	논증활동	종이 모형을 활용하여 질문에 대한 2인 1조 논증활동 진행	15분	녹음전사 자료
	개별 보고서 작성	논증활동을 근거로 개별 활동지 작성 및 드로잉 실시	15분	활동지, 드로잉 결과
	상호 평가	개별 보고서 및 드로잉 2인1조로 교차 확인 비교, 학급 전체에 발표, 자신의 정신모형 개선	10분	
비교집단	도입	선수학습확인, 학습목표제시, 동기유발	5분	
	전개	주제에 관한 프레젠테이션 및 동영상 자료를 활용하여 교사가 설명진행, 학생은 개별 학습지 빈칸 작성	35분	학습지, 드로잉 결과
	정리	주제에 대한 드로잉 실시	10분	

Table 2. Learning topics and paper models for the modeling-based learning

활동	주제	내용 요소	종이모형
1	대륙이동설	현재 지구상의 7대륙 모습은 약 2억년 전 한 덩어리로 이루어져 있었던 거대한 대륙 '판게아'가 점차 갈라져서 만들어진 것이라는 이론.	입체 대륙이동 모형
2	해령(발산형 경계)	맨틀대류의 상승부로, 열곡을 따라 분출한 마그마가 새로운 해양 지각을 생성한다. 해령은 해령에 수직으로 발달한 변환단층에 의해 어긋나 있다.	해령 모형
3	지구자기 역전의 줄무늬(고지구자기)	맨틀로부터 상승하는 마그마가 중앙 해령의 확장축을 따라 분출하면서 굳어지는 용암은 당시의 지구자기장의 방향에 따라 자성을 띠게 되며, 해령에서 대칭적으로 자화된 줄무늬를 만들게 된다.	해령 및 변환단층 모형
	변환단층 (보존형 경계)	변환 단층은 해령의 축을 직각으로 조각조각 자르고 있다. 변환단층은 해구나 해령처럼 판이 소멸되거나 생성되지 않는 보존형 경계이며, 양쪽의 판이 서로 엇갈리며 평행하게 움직인다.	해령 및 변환단층 모형
4	여러 가지 단층	정단층은 상반이 미끄러져 내려 하반보다 아래에 위치한 단층으로 장력이 작용할 때 형성되고 역단층은 횡압력을 받아 상반이 하반보다 위로 올라간 단층이다.	단층 종류별 모형

셋째, 모델링기반 학습에서 논증패턴과 학생의 정신모형 수준과는 어떤 관계가 있는가?

II. 연구 방법

1. 모델링기반 학습 설계 및 적용

고등학교 지구과학의 지질학 영역 단원에서 지질구조를 주제별로 1차시 50분 총 4차시의 모델링기반 학습을 실시하였다. 모델링기반 학습과 논증활동에 대한 연구경험이 있는 경력 12년의 지구과학 교사가 실험집단과 비교집단을 모두 지도하였다. 연구자와 지도교사는 모델링기반 학습을 위한 모형자료와 논증활동에 필요한 질문 문항을 공동 제작하였다. 모델링기반 학습을 실시하는 실험집단에는 종이모형 도면과 활동지를 제공하였다. 종이모형 제작과 논증활동은 2인 1조로 실시하고 활동지는 개별적으로 작성하였다. 비교집단에게는 동일한 내용에 대하여 프레젠테이션 자료를 사용하여 교사가 강의를 진행하였고 사후 검사를 실시하였다. 실험집단의 모델링 학습을 위해 사용한 3D 종이모형은 http://web.viu.ca/earle/에서 다운받은 Tuzo Wilson의 지질구조 모형과 그 외의 조립형 종이모형이다. 본 연구에서 실험집단과 비교집단에 실시한 각 차시의 단계별 활동과 소요시간은 Table 1과 같고 수업을 실시한 주제별 내용 요소는 Table 2와 같다.

활동지의 질문 문항은 학생들의 논증활동에서 주요한 지침이 되며 질문의 수준과 내용에 따라 논증활동의 수준과 내용이 달라질 수 있으므로 수차례의 협의를 거쳐 완성하였다. 지질학 전공 박사과정 1인과 지구과학 교육전공 석사과정 1인에게 내용 타당도를 검증받았다. 타당도 검토 과정을 통하여 첨삭 수정되어 확정된 활동지 중에서 활동3의 해령 및 변환단층 모델링기반 학습에서 사용된 활동지를 예로 들면 Figure 1과 같다. 모델링기반 학습 중 교사는 순회 지도를 하면서 학습자들이 관련성이 없는 주장으로 시간을 많이 할애하거나 논증 내용이 주제에서 멀어질 때 조언하는 역할을 하였다.

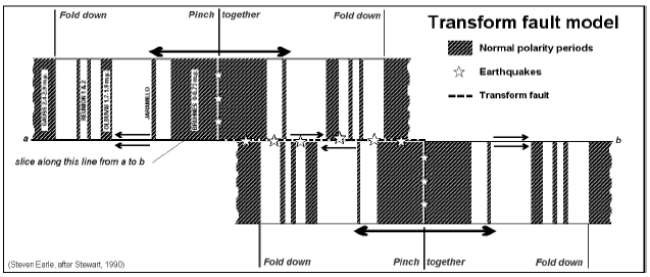
2. 연구 절차

가. 실험집단과 비교집단에 대한 정량적 분석 연구

본 연구는 B시에 소재하는 고등학교의 2학년 4개 학급 총 인원 126명을 대상으로 하며, 실험집단과 비교집단을 각각 64명, 62명으로 나누었다. 수업 전에 과학 학업성취도 검사와 지구과학 흥미도 검사를 실시한 결과 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 4개 학급 중 2개 학급은 지질구조에 대한 모델링기반 학습을 실시하였고 나머지 2개 학급은 비교집단으로 교사중심 설명식 수업을 실시하였다. 연구대상 학생들의 사후 성취도 비교를 위하여 이전 학기말의 수학 및 과학 점수를 근거로 두 집단의 상위 50%, 하위 50%로 학습능력 수준을 구분하였다. 실험집단은 모델링기반 학습의 논증활동 후 드로잉 과제를 포함한 활동지를 매 활동마다 개별적으로 작성하였고 전체 활동을 마친 후 성취도 검사를 실시하였다. 비교집단에 대해서는 실험집단과 같은 주제의 교사중심 수업 후 성취도 검사와 드로잉 검사를 실시하였다. 성취도 검사는 판의 경계별 특성, 판구조론에서의 지각 변동, 해령에서의 고지구자기 줄무늬, 단층의 종류별 특성에 대하여 연구자와 지도교사가 협의하여 개발한 후 다른 지구과학 교사 2명에게 내용의 타당성을 검증받았다. 성취도 검사문항은 총 15문항으로 선다형 10문항, 단답형 또는 서술형 5문항으로 20점 만점으로 구성하였다. 본 연구의 실험 전에 동일학교에서 실험집단 외의 한 학급을 선정하여 본 검사도구를 투입한 결과 신뢰도는 Cronbach's α 계수가 .74로 나타났다.

드로잉 과제에 설명도 포함하도록 하였으며 이 때 판의 이동방향을 화살표로 표시하고 판의 경계에서 일어나는 지각변동이나 맨틀 대류

[해령과 변환단층에 대한 모델링기반 학습]



○ 위의 3D 종이 모형 도면을 가위로 도려내어 a-b선을 칼로 자르고 지시대로 접는다.
○ 2명이 협력하여 위의 오른쪽 그림과 같이 모형을 움직여보자.
○ 종이 모형을 관찰하고 움직이면서 아래의 질문에 대하여 토론하자.

1) 종이 모형의 각 부분(접은 부분, 칼로 자른 부분)이 해저 지형의 어떤 부분을 나타내는가? 그렇게 생각하는 이유는 무엇인가?
2) 종이 모형에서 적색 부분은 무슨 지형이며 어떤 지각변동이 있는가? 왜 그렇게 생각하는가?
3) 종이 모형에서 녹색 부분은 무슨 지형이며 어떤 지각변동이 있는가? 왜 그렇게 생각하는가?
4) 종이 모형의 해령에서는 지각이 생성 또는 소멸되는가? 변환단층에서는 지각이 생성 또는 소멸되는가?
5) 종이 모형에서 해령의 축에 나란한 띠무늬는 무엇을 의미하는가? 띠무늬의 두께는 무엇을 의미하는가?
6) 종이 모형에서 해령의 축에 직각으로 절단되어 많은 변환단층이 생기는 이유는 무엇일까?
6) 종이 모형을 양쪽으로 당기면 전체 길이는 늘어난다. 이때 변환단층의 길이 변화를 알려면 어떻게 해야 할까?
7) 종이모형이 실제 해령과 변환단층을 잘 표현한 점은 어떤 부분이라고 생각하는가?
8) 자신이 해령, 변환단층 종이모형을 보완한다면 어떻게 하겠는가?

[드로잉 과제] 3D 종이모형을 통해 알게 된 해령과 변환단층의 모습과 판이동 방향을 아래 칸에 그리고 특징에 대하여 설명해보자.

Figure 1. Modeling-based learning worksheet on the oceanic ridge and transform faults

의 방향도 그리도록 하였다. 연구자와 지도 교사가 전체 학생 126명의 드로잉과 설명을 근거로 학생들의 정신모형 유형과 분석 준거를 설정하였다. 정신모형 범주의 준거를 설정하기 위하여 선행연구(Gobert, 2005; Gobert & Clement, 1999; Libarkin *et al*., 2005; Park, 2009)를 참조하였다. 연구자와 지도교사가 전체 연구대상 학생들의 드로잉을 분석한 후, 그 결과를 교차 확인하고 재논의를 통해 최종 분류하였다. 수업 후 실험집단과 비교집단의 성취도를 학습능력 수준에 따라 조사하고 정신모형의 수준별로 학생수 비율을 비교하였다.

나. 논증활동에 대한 정성적 분석 연구

논증활동 녹음을 희망한 학생들 중에서 남학생 8명, 여학생 2명을 선정하여 이들 5개조의 논증활동을 녹음 전사하였고 정성적 분석 자료로 사용하였다. 본 연구에서 사용한 TAP의 5가지 요소는 자료(Data), 주장(Claim), 보장(Warrant), 보강(Backing), 반박(Rebuttal)이다. 자료는 주장이 타당성을 가지기 위해 제시하는 관찰사실이나 주장이 도출되는 증거, 배경, 지식을 의미한다. 주장은 자료를 바탕으로 이끌어낸 개인의 생각 또는 대안으로 지지를 받고자 하는 진술이다. 보장은 자료와 주장을 연결하면서 정당화하는 진술로 자료와는 다른 측면에서 주장을 지지하는 진술이며, 보강은 보장을 강화시키기 위하여 구체적인 상황이나 사례, 이론 등을 제시한 것이다. 또한 반박은 주장에 대하여 상충하는 진술이다(Toulmin, 1958). 본 연구에서는 논증패턴 프로파일뿐 아니라 논증의 내용과 논리적 관계를 파악하기 위하여 대안개념을 포함한 경우 별도의 요소로 표시해야 한다고 판단하였다. 즉 TAP의 5가지 요소와 학생들의 대안개념이 포함되는 요소 5가지 (Data-Alt, Claim-Alt, Warrant-Alt, Backing-Alt, Rebuttal-Alt) 등 총 10가지의 코딩 요소를 설정하였다.

지금까지 논의 구조에 초점을 둔 많은 연구들에서 질적인 측면의 논의 수준에 대한 구체적인 언급을 찾기는 어려우며(Sampson & Clark, 2008), 대부분의 연구들이 논의 수준을 구체적으로 정의하는 대신 논의 과정의 질에 대한 지표로 얼마나 다양한 논의요소들이 어떤 빈도로 나타나는지, 그 과정에서 반박이 나타나는지, 주장을 정당화하는 자료, 보장, 보강 등의 요소들이 얼마나 다양하게 어떠한 빈도로 나타나는지를 고려해왔다(Clark & Sampson, 2008; Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Osborne, Erduran, & Simon, 2004). 본 연구에서는 이에 더하여 대안개념을 포함한 10가지 코딩 요소로 학습자의 담화내용을 비교함으로써 빈도 분석을 보완하고자 하였다.

3. 자료 분석

정량적 분석을 위해서 사후 성취도 검사 결과를 SPSS 16.0을 이용하여 하였다. 실험집단과 비교집단에 대하여 학습능력을 구획 변인으로 하는 2×2 요인 변량분석을 실시하였다. 실험집단과 비교집단의 정신모형 비교를 위하여 연구자와 지도교사가 평가자로서 설정된 준거에 근거하여 분석하였고 이 과정에서 평가자간 일치도가 낮은 경우는 재논의를 통해 최종 분류하였다.

전사 자료를 다루기 위해서 함수를 사용한 엑셀양식을 만들었고, 이 양식을 활용하여 연구자와 지도교사 2명 각자가 전사 자료와 판별한 요소를 모두 코딩하였다. 상대방에게 질문의 형태로 말할 때 주장인 경우도 있었지만 문제제기에 그칠 때는 분석에서 제외하였고, '그 말이 맞다', '그런 것 같아' 등 단순지지나 단순동어 반복도 분석에서 제외하였다. 최초 평가자간 내적 일치도는 .86이었으며, 분석 내용의 불일치는 상호협의를 통해 합의하여 최종 코딩 요소를 결정하였다. 다섯 조 10명의 코딩 요소를 빈도 및 순서에 따라 분석하여 논증 유형을 논의하였다.

Table 3. Means and standard deviations of the science achievement

	실험집단			비교집단		
	N	*M*	*SD*	*N*	*M*	*SD*
전체성취도	64	13.72	4.55	62	11.89	5.38
상위	31	15.26	4.36	30	14.79	4.48
하위	33	12.23	4.25	32	9.05	4.66

Table 4. ANOVA results on the science achievement by treatment and learning ability

	SS	*df*	*MS*	*F*	*p*
처치	144.62	1	144.62	7.34	0.007
학습능력	837.04	1	837.04	42.47	0.000
처치×학습능력	80.25	1	80.25	4.08	0.115

*p<.01

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

본 연구에서는 실험집단과 비교집단을 대상으로 사후 성취도를 비교하였고 두 집단에서 나타나는 정신모형 수준별 비율을 조사하였다. 또한 논증활동에 대한 정성적인 분석을 위하여 활동3에 대한 다섯 개 조의 전사본을 분석하여 논증패턴과 정신모형을 비교하였다.

1. 실험집단과 비교집단의 사후검사 결과 비교

모델링기반 학습을 실시한 실험집단과 교사 중심의 강의식 수업을 실시한 비교집단의 사후성취도를 비교한 결과는 Table 3, Table 4와 같다.

Table 3, Table 4에 의하면 전체 성취도에서 실험집단의 평균점수(13.72)가 비교집단의 평균점수(11.87)보다 유의미하게 높게 나타났다(p<.01). 변량분석 결과에 의하면 수업처치의 주효과는 나타났으나 수업처치와 학습능력 수준사이의 상호작용 효과는 없었다. 학업 능력 상위수준과 하위수준 모두 실험집단이 비교집단보다 높게 나타나 학습능력 수준에 무관하게 실험집단의 성취도가 높았다. 해령과 변환단층, 단층의 종류에 대한 학습자의 정신모형에 따라 2차원 또는 3차원으로 자유롭게 드로잉하고 설명도 포함하도록 하였다. 두 집단의 드로잉과 설명을 근거로 학생들의 정신모형 분석 준거를 설정하고 유형을 분류하였다. 그 결과 해령과 변환단층에 대해서는 2차원 단순모형, 2차원 인과모형, 단면 단순모형, 단면 인과모형, 입체 단순모형, 입체 인과모형의 6가지로 분류되었다(Table 5). 차원측면에서는 2차원, 단면, 입체형으로 나뉘어지고, 지형적인 특징과 지각변동의 인과관계에 대하여 바르게 설명한 경우는 인과모형으로, 설명이 부정확할 경우는 단순모형으로 분류하였다. 실제 자연에서 입체적으로 나타나는 구조의 특성을 정확하게 이해한 경우 3차원 묘사가 가능하며, 지형생성의 원인이 되는 요인을 바르게 설명할 때 과학적 모형에 근접한다. 따라서 2차원 단순모형의 수준이 가장 낮고 입체 인과모형으로 갈수록 수준이 높은 정신모형으로 판단할 수 있다. 단층에 대해서는 단면 단순모형, 단면 인과모형, 입체 단순모형, 입체 인과모형의 4가지로 분류되었다. 단층에 대해서도 단면 단순모형의 수준이 가장 낮고 입체 인과모형의 수준이 가장 높다고 할 수 있다.

해령과 변환단층, 그 외 단층에 대한 실험집단과 비교집단의 정신모형 분포는 Table 6, 7과 같다.

Table 5. Types of the mental models and the criteria on the oceanic ridge and transform faults

정신모형	준 거
2차원 단순 모형	·지질구조를 2차원으로 묘사함 ·지형적인 특징에 대하여 부정확하게 설명함. ·맨틀 대류와 판의 이동방향의 인과관계에 대하여 부정확하게 설명함
2차원 인과 모형	·지질구조를 2차원으로 묘사함 ·지형적인 특징에 대하여 바르게 설명함. ·맨틀 대류와 지각의 이동방향에 대한 인과관계를 바르게 설명함.
단면 단순 모형	·지질구조를 단면형으로 묘사함 ·지형적인 특징에 대하여 부정확하게 설명함. ·맨틀 대류와 지각의 이동방향의 인과관계에 대하여 부정확하게 설명함.
단면 인과 모형	·지질구조를 단면형으로 묘사함 ·지형적인 특징에 대하여 바르게 설명함. ·맨틀 대류와 지각의 이동방향에 대한 인과관계를 바르게 설명함.
입체 단순 모형	·지질구조를 입체적으로 묘사함 ·지형적인 특징에 대하여 부정확하게 설명함. ·맨틀 대류와 지각의 이동방향의 인과관계에 대하여 부정확하게 설명함.
입체 인과 모형	·지질구조를 입체형으로 묘사함 ·지형적인 특징에 대하여 바르게 설명함. ·맨틀 대류와 지각의 이동방향에 대한 인과관계를 설명함.

Table 6. Number of students in each type of mental model on the oceanic ridge and transform faults(percentage)

	2차원 단순모형	2차원 인과모형	단면 단순모형	단면 인과모형	입체 단순모형	입체 인과모형
실험집단	4(6.3%)	8(12.5%)	11(17.2%)	21(32.9%)	10(15.6%)	10(15.6%)
비교집단	12(19.4%)	15(24.2%)	19(30.7%)	9(14.6%)	3(4.8%)	4(6.3%)

Table 7. Number of students in each type of mental model on the faults (percentage)

	단면 단순모형	단면 인과모형	입체 단순모형	입체 인과모형
실험집단	6(9.3%)	12(18.8%)	19(29.7%)	27(42.2%)
비교집단	13(20.9%)	20(32.3%)	17(27.4%)	12(19.4%)

Table 6에 의하면 이해 수준이 가장 낮은 2차원 단순모형을 가진 학생들의 비율이 비교집단에서는 19.4%로 실험집단(6.3%)보다 높게 나타났다. 비교집단에서 2차원 단순모형을 보여준 학생들은 판구조론의 메카니즘은 물론 기본적인 지형 특성에 대하여 정확하게 설명하지 못하였다. 2차원 인과모형을 가진 학생의 비율 역시 비교집단이 24.2%로 실험집단(12.5%)보다 높게 나타났다. 해령과 변환단층의 지형에 대하여 입체적인 이해를 하지 못하는 2차원적 정신모형의 비율이 비교집단이 실험집단보다 전반적으로 높게 나타났다. 지질구조를 단면형으로 묘사한 유형은 2차원 모형보다 실제 지형에 가깝게 설명을 시도한 예이다. 단면형 중에서도 맨틀대류로 지각의 변동을 설명하지 못한 단순모형을 가진 학생들의 비율이 비교집단에서는 30.7%로 실험집단의 37.2%로 비교집단(17.2%)보다 높게 나타났다. 반면에 단면형 중에서도 판구조론의 메카니즘을 이해하고 있는 학생들의 비율은 실험집단에서 32.9%로 비교집단(14.6%)보다 높게 나타났다. 해령과 변환단층을 실제에 가깝게 입체적으로 묘사한 학생들의 비율은 실험집단이 비교집단보다 모두 높게 나타났다. 단층의 종류별로 묘사한 정신모형에서도 단면형은 비교집단에서 그 비율이 높았고 입체형은 실험집단에서 비율이 높게 나타났다(Table 7). 즉 모델링기반 학습을 경험한 실험집단 학생들이 지질구조를 입체적으로 파악하고 지각의 변화를 맨틀 대류와 관련지어 이해하는 등 정신모형의 수준이 높게 나타났다.

2. 논증패턴에 대한 분석 결과

가. 모형이 어떤 지질구조를 나타내는지에 대한 논증활동 (A조)

A조의 종이모형이 해저 지형의 어떤 부분을 나타내는지에 대한 논증을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 이를 구체적으로 살펴보면, A-1이 모형에 표시된 기호를 보고 판이 올라올 때 지진이 발생한다고 자료를 제시하면(D1), A-2는 이에 대하여 반응하여 지진이 없는 부분에 대하여 자신의 생각을 진술한다(C1). 다시 A-1은 이 주장에 대하여 해당 부분이 변환단층이라고 주장(C2)한다. A-2는 A-1의 주장을 보완하여 반대로 이동하는 부분이 변환단층이라고 목표개념을 주장(C3)한다. A-1이 모형을 움직여본 결과 줄무늬가 대칭으로 올라온다는 관찰 사실(D2)을 제시하면서 그 부분이 해령임을 주장(C4)한다. 이에 A-2는 고지구 자기장 관찰 측면에서 주장을 지지하는 진술을 한다(W1).

이상의 주장들이 관찰에 의한 주장인 반면에 해령이 산맥지형이라는 담화순서 8의 C5는 선행지식에 의한 주장이라고 할 수 있으며 A-2 역시 봉우리가 이어져 있는 모양이라고 지지하는 진술을 하였고(W2) 연이어 보강(B1)은 자신의 보장(W2)을 강화시키기 위하여 구체적으로 모형의 특징을 언급한 사례이다. 이 사례에서 A조는 전반적으로 A-1과 A-2가 상호 응답하면서 진술하는 논증이 활발한 경향이 있으며 논증과정 분석결과 자료, 주장, 보장으로 연결되는 다양성을 보여주었다. 툴민의 논증구조에서 보장은 자료라는 출발점으로부터 주장으로의 이행이 정당한 것임을 보여주는 일종의 다리 역할을 하는 진술이다. 주장을 정당화하는 자료, 보장, 보강 등의 요소들이 다양하게 나타날 때, 논증의 질을 높은 것으로 판단한 선행연구들(Clark & Sampson, 2008; Erduran, Simon, & Osborne, 2004)을 근거로 A조의 논증활동 수준이 높다고 판단할 수 있다. 담화순서 18이후에 두 학생은 질문과 관찰을 통한 자료 제시를 활발하게 진행하였으며 담화순서 22, 23에서 모형의 한계점을 발견하고 개선 방안을 제시하였다.

Table 8. Argumentation about the geologic structures represented by a paper model (Team A)

담화순서	논증요소	학생	내 용
1	D1	A-1	여기서 판이 올라올 때 천발지진이 발생해. 그림에 표시되어있듯이
2	C1	A-2	반대로 여기서는 지진이 없는 걸로 알고 있는데.
3	C2	A-1	거기는 같은 방향이라서 그래. 그러니깐 여기가 변환단층이다.
4	C3	A-2	그래. 반대로 이동하는 부분이 변환단층이다.
5	D2	A-1	모형을 움직이면 여기서는 줄무늬가 대칭으로 올라온다.
6	C4	A-1	지구자기 자극이 바뀐 것을 알 수 있기 때문에 여기가 해령이다.
7	W1	A-2	암석으로 자기장 방향이 바뀐 것을 알 수 있고 대칭 줄무늬가 이렇게 양쪽으로 벌려나간다고
8	C5	A-1	해령은 산맥 지형 자체를 말하는 거야.
9	W2	A-2	해령은 지형의 봉우리가 이어져있는 모양으로 되어있어.
10	B1	A-2	그림으로 위에서 볼 때는 이해하기가 어려운데 이 모형에서 밀려올라오는 걸 보니 봉우리가 생기는 게 확실해.
11	D3 C6	A-1	빨강부분은 겹치면서 두 개가 부딪치면서 지진이 발생한다.
12	D4	A-1	녹색 부분은 부딪치지 않고 쭉 나간다.
13	C7	A-1	그래서 이 부분이 변환단층이다.
14	C8	A-2	변환단층이란 두 해령사이에서 발산할 때 맞물리는 경계이다.
15	교사		맞물린다는 것은 어떤 의미인가?
16	C9	A-2	스쳐 지나간다.
17	W3	A-2	판이 서로 반대방향으로 이동한다.
18	-	A-2	모두 펼치면 변환단층이지 펼치기 전에는 변환단층 없나?
19	D5	A-1	지금은 없다.
20	-	A-2	펼치면 변환단층이 있어?
21	D6	A-1	지금부터 생긴다.
22	C10	A-1	처음에는 녹색 부분도 반대로 이동한다. 나중에는 같은 이동방향이지만...
23	W4	A-2	모형에서 여기에도 별 표시가 있어야겠다.

나. 모형과 관련된 지각변동에 대한 논증활동 (B조)

B조가 해령과 변환단층에서 판의 생성 소멸, 지각변동에 대하여 논의한 내용을 분석한 결과는 Table 9와 같다. 이를 구체적으로 살펴보면, B-2가 모형에서 해령을 관찰한 후 주장하면(D1, C1), B-1은 장력의 작용을 언급하여 자료와 주장의 연결을 정당화하고 있다(W1). 다시 B-2은 장력의 원인이 맨틀대류라고 진술함으로써 W1을 강화시키는 보강을 제시하였다(B1). B-2가 종이모형을 관찰하여 칼로 자른 부분이 미끄러진다고 제시하면(D2), B-1이 판이 부딪치면서 지진이 일어난다고 주장하고 있다(C2). 이에 대하여 담화순서7에서 B-2는 모두 부딪치는 건 아니라고 반박을 제기하는데(R1) 이는 자료(관찰사실)에 대한 반론이었기에 B-1은 다시 모형을 관찰하여 자료와 주장을 수정하였다(D4, C3). 자료에 대한 반박이 자료를 반박하는데 그치지 않고 결과적인 주장을 무효화시키고 논증이 더 이상 진전되지 못한 사례(Han *et al*., 2012)와 비교해 볼 때 본 연구에서는 실물 모형을 재관찰하여 자료를 바로 잡고, 이에 따른 주장을 다시 펼침으로서 논증을 발전시키고 있다. 담화순서 10에서의 보장(W2) 역시 B-1이 진술한 것으로 지각판의 마찰을 언급함으로서 주장(C3)에 대하여 앞선 자료와는 다른 측면에서 주장을 지지하는 진술을 하였다.

Table 9. Argumentation about the tectonic deformation associated with a paper model (Team B)

담화순서	논증요소	학생	내 용
1	D1	B-2	이 부분에 새로운 지각이 올라오는군.
2	C1	B-2	이것은 새로운 지각이 생겨나는 해령이라고 볼 수 있다
3	W1	B-1	장력이 판을 잡아당기면 새로운 판이 계속 올라오고 그렇게 올라와서 판이 확장이 되면서 해령이 생긴다
4	B1	B-2	잡아당기는 장력의 원인은 맨틀대류이다.
5	D2	B-2	칼로 자른 부분은 해령이 만들어 질 때 판이 서로 미끄러지는 곳인데(종이모형을 움직여봄)
6	C2	B-1	이 판과 이 판이 부딪치면서 지진이 일어나요
7	R1	B-2	모두 부딪치는 건 아니야.
8	D4	B-1	아! 이 쪽은 같이 가고 이 쪽은 반대쪽으로 간다.
9	C3	B-2	다른 방향으로 이동해서 지진이 생긴다.
10	W2	B-1	판이 반대로 움직이면 마찰이 생겨서 지진이 일어난다.
11	C4	B-2	(해령 부분을 가리키며) 여기서 새로운 지형이 형성된다.
12	D5	B-1	이쪽 어딘가에는 해구가 있겠지 그래서 언젠가는 해구에서 사라질거야
13	C5	B-2	해령에서는 생성만 되고 해구에서는 소멸될 거야 단층에서는 그냥 생성, 소멸이 일어나지 않는다.
14	C6	B-2	판이 벌어지면서 마그마가 쏟아 오르면서 해령이 생겨난다. 지진도 있고 화산도 있고 새로운 지각으로 되어있다.
15	C7	B-2	칼로 자른 부분은 지진만 일어난다. 화산은 없다.
16	D6	B-1	변환단층은 판이 반대로 움직이면서 해령과 해령 사이에 있다.
17	C8	B-2	지각이 생성도 소멸도 되지 않는다.

다. 모형 각 부분의 특징에 대한 논증활동 (C조)

C조의 모형 각 부분의 특징 대한 논증활동을 분석한 결과는 Table 10과 같다. C조는 A, B조와 비교하였을 때 논증 요소별 진술에 대안개념이 다수 나타났다. 이를 구체적으로 살펴보면, 종이모형에서 해령의 개수 관찰에 오류가 있고(담화순서5) 이와 연결되는 주장(담화순서6)에도 오류가 나타났다. 교사의 질문(담화순서 7)이 있었음에도 불구하고 자료와 주장을 연결하면서 정당화하는 보장(담화순서 8)과 이를 강화시키기 위하여 제시한 구체적인 상황(담화순서 9)에도 계속 오개념이 포함되어 있다. 이후의 담화순서 15와 16에서도 주장과 보장이 모두 오개념을 포함하는 것으로 분석되었다.

특히 담화순서 20과 24에서 지진이 일어나면 지각이 불안정하여 화산이 있다거나, 보존형 경계에서 판이 생성되었다는 진술 등은 학습자의 선행 개념에 근거를 둔 오개념으로 볼 수 있다. 그러나 담화순서 25에서 C-1은 모형을 재관찰한 후 관점을 다양화하여 보존형 경계의 특성을 바르게 제시함으로써 선행개념에 근거한 오류를 일부 극복하고 있다.

Table 10. Argumentation about the geological feature represented by a paper model (Team C)

담화 순서	논증 요소	학생	내 용
1	D	C-1	안쪽으로 들어가 있어.
	Ca		들어간 부분이 해령 아니야?
2	R	C-2	들어가는 건 해구이고 올라간 부분이 해령, 해령은 산이잖아.
3	Wa	C-2	폴드 다운 부분이 해령, 반대로 말했다 헷갈린다.
4	C	C-2	(모형을 가리키며) 이 부분이 해령 이 부분이 열곡이다.
5	Da	C-1	열곡이 2개 해령이 4개이다.
6	Ca	C-2	해령이 같은 것인데 갈라졌네.
7	교사		왜 해령이 4개라고 생각하니?
8	Wa	C-1	같은 건데 갈라져서 벌어지면서 해령4개 열곡 2개가 되었어요.
9	Ba	C-2	맨틀 대류가 이 방향으로 가니깐 위에 둥둥 떠서 가요.
10	교사		종이 모형에서 칼로 자른 부분에 대해 설명해보세요.
11	D	C-2	칼로 자른 부분에서는 맨틀이 요기에서는 이 방향, 서로 다른 방향으로 움직여요.
12	C	C-1	녹색부분은 원래 있던 게 벌어진 거고, 빨강부분은 안쪽에 있던 것이 위로 나오면서 지진이 생겨.
13	W	C-2	아 그래 판의 경계에서는 지진이 많이 생겨 태평양 같은 데서 지진이 많이 생겨…
14	D	C-1	녹색 부분에서는 별모양이 없잖아.
15	Ca	C-2	빨강부분은 방향이 다르니깐 화산과 지진이 많이 생겨.
16	Wa	C-1	빨강부분은 판이 부딪치면서 화산과 지진이 많이 일어나.
17	C	C-2	녹색부분은 옆에서 이렇게 판이 흔들리기는 하는데 지진이라고 하기에는 좀 작은 경우이고…
18	Ca	C-1	빨강부분이 초록색부분보다 더 심하게 일어났어요. 고요히 있다가 판이 갈라지지는 않고 녹색에도 지진이나 화산이 일어나는데 빨강부분의 지진 화산의 강도가 훨씬 셋다고 생각해요.
19	D	C-2	(종이 모형을 펼치면서) 이걸 펼쳤을 때도 이 종이에서도 많은 충돌이 일어나잖아요.
20	Ca	C-2	지진이 일어나면 지각이 불안정하게 되니깐 화산도 이 부분에서 일어나요.
21	교사		해령과 비교해서 생각해보세요.
22	C	C-2	해령에서는 벌어지면서 안에 있던 용암이 쏟아지면서 화산이 생겨요. 지진도 같이 생겨요.
23	C	C-1	칼로 자른 부분은 보존형 경계.
24	Ca	C-2	보존형 경계는 새로운 게 올라오니깐 판이 생성되었다고 할 수 있어.
25	R	C-1	가로 세로로 보면 가로축에서 새로운 판이 만들어 지고 세로는 아닌 것 같아. 보존형 경계야.
26	-	C-2	칼로 자른 부분은 통째로 뭐라고 할 수 있지?
27	C	C-1	변환단층이지.

라. 지자기 줄무늬에 대한 논증활동 (D조)

D조의 해령에서 나타나는 지자기 줄무늬에 대한 논증활동을 분석한 결과는 Table 11과 같다. D조는 D-2가 질문을 하면 D-1이 응답하는 경향을 보여주었다. 담화순서 4, 10, 12,14 등이 모두 D-2가 질문을 던지고 이에 대하여 D-1이 응답하는 과정으로 논의가 진행되었다. 이 경우는 고지구자기 줄무늬 주제가 모형 관찰을 근거로 한 자료 수준을 넘어 추상적인 지식이 요구되는 것이기에 대등한 논의가 펼쳐지기 어려웠음을 반영한다. 주제에 대한 이해도 수준이 차이 날 때 반론이 제기되기 어려움을 직접적으로 보여주는 경우로 논증활동 수준이 낮은 경우에 해당한다.

Table 11. Argumentation about the oceanic stripe of magnetic anomalies (Team D)

담화 순서	논증 요소	학생	내 용
1	D1 C1	D-1	해령의 주변에 줄무늬가 보인다. 이건 지자기 줄무늬…
2	-	D-2	그렇겠지?
3	C2	D-1	해령은 올라와서 양쪽으로 당겨서 그렇게 해서 대칭무늬가 이루어지고. 이게 해령의 증거야.
4	-	D-2	같은 시대는 같은 무늬를 나타내는 거야?
5	C3	D-1	같은 시대는 동일한 무늬와 동일한 나이를 나타내는 증거지.
6	W1	D-1	같은 지자기 줄무늬로써 해양과 해령확장의 증거가 된다.
7	C4	D-1	시대별 지자기 줄무늬가 대칭적으로 나타나 있고 점점 확장하고 있잖아.
8	-	D-2	지자기 줄무늬에 의한…
9	W2	D-1	지진이 나타나는 곳을 판의 경계로 나타내 줬고 또 변환단층이 서로 맞물린다는 걸 나타내 준다.
10	-	D-2	지자기 줄무늬로 인해 대칭적 구조가 왜 생기는 거야?
11	C	D-1	해령에서 지각이 생길 당시의 지구자기 방향으로 자화되어서 그래.
12	-	D-2	지구자기의 방향이 한 번씩 바뀌었다고 알고 있기 한데…
13	D	D-1	N극과 S극이 역전에 의해 바뀌었잖아.
14	-	D-2	그런데, 판이 생겨나면서 지자기 줄무늬가 땅속에서 생겨난 거야? 아니면 나오면서 생겨난거야?
15	C5	D-1	나와서 지각이 식으면서 생겨난 거야.

Table 12. Percentages of individual discourses in five components of argumentation

조	개인	D	C	W	B	R	계
A조	A-1	11.63	32.56	6.98	6.98	0.00	58.15
	A-2	6.98	11.63	13.95	4.65	4.65	41.85
	소계	18.61	44.19	20.93	11.63	4.65	100
B조	B-1	15.15	15.15	9.09	0.00	3.03	42.42
	B-2	18.18	30.30	6.06	3.03	0.00	57.58
	소계	33.33	45.45	15.15	3.03	3.03	100
C조	C-1	3.57	25.00	10.71	0.00	3.57	42.86
	C-2	10.71	32.14	10.71	0.00	3.57	57.14
	소계	14.29	57.14	21.43	0.00	7.14	100
D조	D-1	9.09	45.45	6.06	6.06	3.03	69.70
	D-2	6.06	24.24	0.00	0.00	0.00	30.30
	소계	15.15	69.70	6.06	6.06	3.03	100
E조	E-1	13.04	34.78	8.70	0.00	0.00	56.52
	E-2	8.70	8.70	13.04	4.35	8.70	43.48
	소계	21.74	43.48	21.74	4.35	8.70	100

3. 조별 논증요소 비율과 정신모형 분석 결과

활동3의 전체 논증활동에 대하여 분석하고 그 결과를 각 조의 개인별, 논증요소별 비율로 나타내었다(Table 12). A조의 논증 요소 전체 빈도를 살펴보았을 때 A-1은 관찰 결과는 물론 배경지식에서 나온 '자료'를 바탕으로 이끌어낸 '주장'의 빈도가 높게 나타났다. 반면에 A-2는 '자료'에 대한 논의와 '주장'의 제시가 상대적으로 빈약하고 A-1의 '주장'에 대하여 '보장'하는 빈도가 높았다. 두 사람이 활발한 상호작용을 거쳐 해령과 변환단층의 판구조론적 특징과 지자기 줄무늬에 대한 목표 모델에 도달되었다. Figure 2에서 나타낸 두 사람의 정신모형을 비교해보면 A-1은 특이하게 2차원과 단면형을 모두 묘사하고 있으며 판의 이동방향에 대하여 구체적으로 나타내고 있다. 반면 A-2는 해령 지형의 입체적인 형태를 강조하였으나 판의 이동에 대한 묘사가 부족하다.

B조는 여학생조로 두 사람의 '자료' 요소 빈도가 A조보다 높게 나타나고 나머지 요소들의 빈도는 낮게 나타났다. 종이 모형의 구조적인 모습을 관찰한 결과는 A조보다 우수하지만, 자료와 주장을 연결해주는 '보장'과 '보강' 요소는 빈약한 경향을 보여주었다. B-1은 배경지식을 이용하여 '자료', '주장'의 제시가 활발한 반면 B-2는 '보장'이 상대적으로 많았다. B-1이 B-2보다 '주장'의 빈도가 월등히 높기에 이 중에는 오개념을 포함하는 주장이 나타나고 있다. 예를 들어 해령 주변의 지자기 줄무늬에 대해서 '마그마가 새롭게 분출될 때는 흰색이고 검은

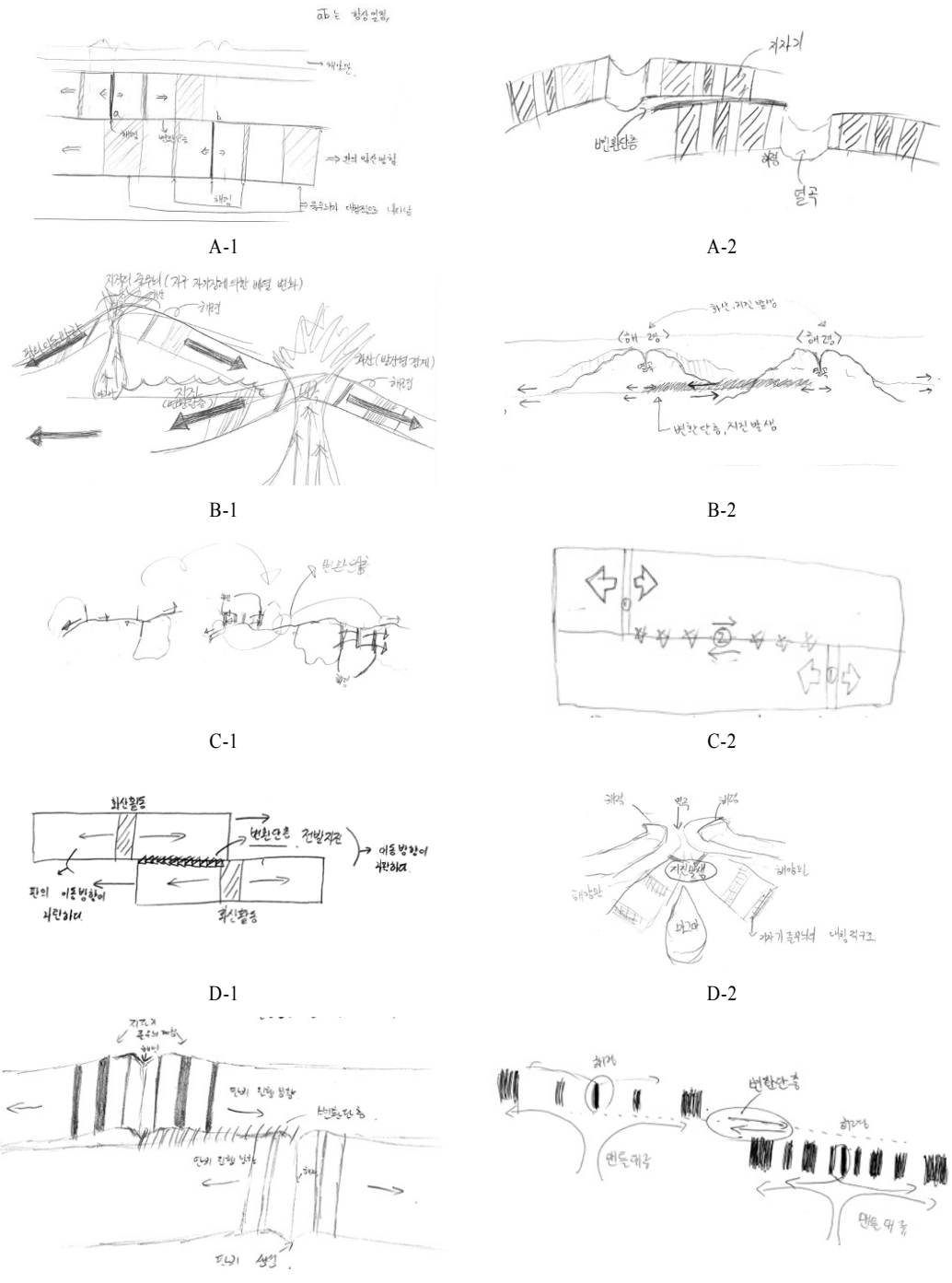


Figure 2. Students' drawings representing the oceanic ridge and transform faults

색은 퇴적물만 형성된 시기'라고 설명하였다. 이에 대해 B-1이 '반박'을 제시하였으나 자료가 부족하여 토론 진행이 어려웠다. 두 사람의 정신모형을 비교해보면 모두 단면형으로 유사함을 알 수 있다. 두 사람 모두 해령과 열곡의 지형적인 특징에 중점을 두고 단면의 모습을 나타내고 있다.

A, B조와 비교하였을 때 C조는 '자료' 요소 빈도가 낮고 '주장'의 빈도가 높게 나타났으나 오개념이 많이 포함되어 있었다. 관찰을 통해 지형적인 특징과 판이동의 모습을 추론하기 보다는 자신의 잘못된 개념을 주장하는 경향이 높았다. 따라서 자료와 주장을 연결하는 '보장' 요소와 보장을 강화하기 위한 '보강' 요소의 빈도가 낮게 나타났다. 정신모형을 조사한 결과 두 학생 모두 2차원 모형을 나타내었는데 '자료' 빈도가 낮을수록 낮은 수준의 2차원적 정신모형을 지니는 것으로 해석된다. D조의 경우도 '자료' 요소의 빈도가 낮으며 D-1이 논의 과정을 주도하는 경향이 뚜렷하고 주고받는 대화가 성공적으로 이루어지지 않았다. D-1의 정신모형은 2차원적 모형으로 나타났고 D-2는 단순 입체모형을 보여주고 있다. E조의 경우 '보장', '보강', '반박'의 빈도가 높은 유형으로 성공적인 모델링의 사례로 볼 수 있다. E-1의 정신모형은 입체 인과모형, E-2는 입체 단순모형으로 나타나 모델링과정에서 논증의 수준이 높은 두 사람이 모두 가장 높은 수준의 입체 정신모형을 보여주었다.

Ⅳ. 결론 및 제언

과학적 논증에 참여하는 것이 학생들에게는 어려운 문제이므로 논증활동의 참여를 효율적으로 이끌어 내기 위한 방안이 필요하다. 본 연구에서는 모델링기반 학습을 도입하여 모형을 근거로 논증활동을 펼치는 학습 환경을 개발하여 적용하고, 그 결과 나타나는 논증패턴과 학생들의 정신모형을 밝히고자 하였다. 이를 위하여 모델링기반 학습 후 실험집단과 비교집단의 사후 성취도와 정신모형을 비교하였고, 본 연구에서 설정한 논증 요소를 근거로 대화적 논증패턴을 분석하였다. 모델링기반 학습을 위하여 먼저 지질구조 종이모형을 제작하고 만든 종이 모형을 활용하여 2인 1조 논증활동을 진행하였다. 논증활동을 근거로 개별 활동지를 작성한 후 상호평가 단계에서는 개별 보고서 및 드로잉 결과를 교차 비교하고 학급 전체에 발표하였다. 모델링기반 학습을 위한 모형자료와 논증활동에 필요한 질문 문항은 대륙이동설, 해령, 지구자기 역전의 줄무늬, 변환단층, 단층의 종류 등에 대하여 연구자와 지도교사가 공동 제작하였다.

본 연구에서는 논증패턴 뿐만 아니라 논증의 내용상 오류여부를 파악하기 위하여 대안개념이 포함된 경우 별도의 요소로 코딩하였다. TAP의 5가지 요소와 학생들의 대안개념이 포함되는 요소 5가지를 포함하여 총 10가지의 코딩 요소를 설정하였다. 논의 구조에 초점을 둔 많은 연구들에서 질적인 측면의 논의 수준에 대한 구체적인 언급을 찾기 어려우며(Sampson & Clark, 2008), 대부분의 연구들이 논의 과정의 질에 대한 지표로 얼마나 다양한 논의요소들이 어떤 빈도로 나타나는지를 고려해왔다(Clark & Sampson, 2008; Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Osborne *et al*., 2004). 본 연구에서는 반박이 나타나는지, 자료, 보장, 보강 등의 요소들이 얼마나 다양하게 어떠한 빈도로 나타나는지 분석하였고 이에 더하여 학습자의 담화내용의 오개념 여부를 파악함으로써 빈도 분석을 보완하고자 하였다.

실험집단과 비교집단을 대상으로 사후 성취도를 비교한 결과 모델링기반 학습을 실시한 실험집단이 비교집단보다 유의미하게 높게 나타났다. 변량분석 결과 학업능력 상위수준과 하위수준 모두 실험집단이 비교집단보다 높게 나타나 학습능력 수준에 무관하게 모델링기반 학습의 효과가 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 두 집단의 드로잉과 설명을 근거로 학생들의 정신모형 준거를 설정하고 유형을 분류한 결과, 2차원 단순모형, 2차원 인과모형, 단면 단순모형, 단면 인과모형, 입체 단순모형, 입체 인과모형의 6가지로 분류되었다. 차원측면에서는 2차원, 단면, 입체형으로 나뉘어졌고, 지형적인 특징과 지각변동의 인과관계에 대하여 바르게 설명한 경우는 인과모형으로, 인과관계에 대한 이해가 부족한 경우는 단순모형으로 분류되었다.

실험집단과 비교집단에 대하여 정신모형별 인원을 비교한 결과 실험집단에서는 단면 인과모형과 입체형 모형의 비율이 높게 나타났고 비교집단에서는 상대적으로 2차원 모형과 단면 단순모형의 비중이 높게 나타났다. 이로써 지질구조를 입체적으로 이해하고 지형의 특징과 지각의 이동방향을 맨틀 대류와 연관시켜 설명하는데 모델링기반 학습이 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 실험집단 중에서 다섯 개 조의 전사본에 대하여 논증패턴을 분석한 결과, 크게 네 가지 유형으로 나타났다. 첫 번째 논증패턴은 자료, 보장, 보강 등의 요소들이 다양하게 나타난 경우로, 한 학생이 관찰 결과에서 나온 자료를 바탕으로 활발하게 주장하고 이에 대해 나머지 학생은 상대방 학생의 주장에 대한 보장과 보강이 활성화된 사례이다. 이런 경우 상호 응답하면서 진술하는 논증이 활발하게 진행되었으며 자료, 주장, 보장이 다양하게 연결되는 양상을 보여주었다. 중학생의 논증활동이 주장과 간단한 자료 위주로 구성되어 있었으며(Kang, Kwak & Nam, 2006), 중등 과학영재 학생의 논의 과정에서도 주로 주장에 그치고, 주장을 정당화할 자료나 보장을 제시하지 않는 경우가 많다는 보고(Shin & Kim, 2011)를 참조할 때 주장과 보장의 제시가 활발한 논증 사례를 수준이 높은 것으로 판단할 수 있다. 이 패턴을 보여준 두 학생의 사후드로잉을 분석한 결과, 주장의 빈도가 높을수록 정신모형의 차원과 이해수준이 높게 나타났다. 결국 논증활동에서 주장, 보장, 보강의 빈도가 높은 경우 과학적 모델 형성이 성공적으로 이루어짐을 알 수 있다.

두 번째 패턴은 자료(관찰사실)에 대하여 반박이 제기되자 다시 모형을 관찰하여 자료와 주장을 수정한 경우이다. 논증에서 반박의 중요성에도 불구하고, 학생들의 논증활동 과정에서 반박의 요소가 일부 나타나기도 하지만 그 빈도가 매우 적은 것으로 지적되어 왔다(Lee & Lim, 2010). Erduran(2008)에 따르면 반박을 통하여 신념에 대한 인식론적 도전을 경험할 수 있기 때문에 반박이 있는 대화는 반박이 없는 대화보다 질적으로 향상된 형태이다. 반박의 유형을 분석한 선행연구(Han *et al*., 2012)에 의하면 자료에 대한 반박이 자료를 반박하는데 그치지 않고 결과적인 주장을 무효화시켰고 논증이 더 이상 진전되지 못하였다. 이와 비교해 볼 때, 본 연구에서는 모형을 다시 관찰하여 자료를 수정하고, 이에 따라 주장을 다시 펼치고 있으므로 모형이 논증활동을 활성화시키는데 긍정적인 요인으로 작용함을 알 수 있다.

세 번째 유형은 논증의 내용 측면에서 대안개념이 다수 나타난 경우로 주장, 보장, 보강 등 여러 요소의 논증에서 대안개념이 표출되었다. 특히 자료의 제시가 부족한 반면 주장의 빈도가 높게 나타났으며 오개념이 많이 포함되어 있었다. 실제로 관찰을 통해 지형적인 특징과 판이동의 모습을 추론하기 보다는 자신의 잘못된 개념을 반복하여 주장

하는 경향이 높았다. 학업능력이 비슷한 학습자들이 대화적인 논증을 할 경우 대안개념이 나타날 때 논증에 의하여 반박되면서 사라지기 어려움이 확인되었다. 그러나 모형을 재관찰한 후 관점을 다양화하여 보존형 경계의 특성을 바르게 제시하는 등 선행개념에 근거한 오류를 일부 극복하는 모습도 동시에 나타났다. 정신모형을 조사한 결과 두 학생 모두 2차원 모형을 나타내었는데 모형에 대한 관찰 빈도가 낮을수록 2차원적 정신모형을 지니는 것으로 유추된다.

네 번째 유형은 논증의 주제가 모형 관찰의 수준을 넘어 심도있는 지식이 요구되는 것이기에 대등한 논의가 펼쳐지기 어려웠던 경우이다. 관찰에 의한 자료의 제시가 부족하였고 선행 지식 수준이 높은 한 사람이 논의과정을 주도하는 경향이 나타나, 대화적인 논증활동이 성공적으로 이루어지지 않았다. 주제에 대한 이해도 수준이 차이 날 때 반론이 제기되기 어려움을 직접적으로 보여주는 경우로 논증활동 수준이 낮은 경우에 해당된다.

이 연구를 토대로 향후 관련 연구에 있어 다음과 같은 제언을 할 수 있다. 우선 TAP 논증요소에서 관찰에 의한 자료(Data)와 배경지식에 의한 자료(Evidence)를 구별해야 할 필요가 있는 것으로 확인되었다. 특히 주장이 타당성을 가지기 위해서는 엄밀한 관찰을 통한 사실이 이 제시되어야 하므로 단순한 배경 지식에 의한 증거자료와는 구분되어야 할 것이다. 질적으로 우수한 대화적 논의가 가능하려면 단순한 주장의 나열이 아닌 타당한 자료를 근거로 하는 주장인지의 여부가 중요하기 때문이다. 따라서 향후 연구에서는 모델링기반 학습의 특성을 반영하여 논증활동을 검토하기 위한 분석틀을 재설정할 필요가 있다. 예를 들어 툴민의 자료요소를 모형에 관한 질문, 모형에 관한 관찰, 모형 탐색 방안제시 등으로 세분화할 수 있다. 또한 주장 요소도 관찰에 근거한 주장과 선행지식에 근거한 주장으로 구분할 수 있다. 나아가 논의과정 요소의 빈도 뿐만 아니라 논증의 시간 순서적인 패턴을 조사한다면, 모델링기반 학습에서 발생하는 학습자들 간의 상호작용을 좀 더 구체적으로 밝힐 수 있을 것이다.

국문요약

본 연구에서는 지질구조에 대한 모델링기반 학습 프로그램을 개발하고 모델링기반 학습에서 나타나는 논증패턴과 학생들의 정신모형 수준과의 관계를 밝히고자 하였다. 고등학교 2학년 126명을 대상으로 대륙이동설, 해령, 변환단층, 단층의 특징에 대하여 4회의 모델링기반 학습을 실시하였다. 연구대상 중에서 2개 학급은 실험집단으로 모델링기반 학습을 실시하였고 나머지 2개 학급은 비교집단으로 교사중심 설명식 수업을 실시하였다. 모델링기반 학습 후 실험집단과 비교집단의 사후 성취도와 학생들의 정신모형 분포를 정량적으로 비교하였다. 실험집단 중 5개 조의 논증활동을 녹음 전사한 자료에 대하여 본 연구에서 설정한 분석틀을 근거로 정성적으로 분석하였다. 본 연구의 분석틀은 TAP의 5가지 요소와 학생들의 대안개념이 포함되는 요소 5가지 등 총 10가지의 코딩 요소로 구성하였다. 정신모형 유형을 조사한 결과, 실험집단에서 단면 인과모형과 입체형 모형의 비율이 높게 나타난 반면, 비교집단에서는 2차원 모형과 단면 단순모형의 비중이 높게 나타났다. 논증유형을 분석한 결과, 주장의 빈도가 높을수록 논증활동이 성공적으로 이루어졌고 정신모형의 수준이 높게 나타났다. 반박이 제기된 경우, 만든 모형을 다시 관찰하여 자료를 수정하고, 이에 따라 주장을 다시 전개하였다. 이로써 모델링기반 학습에서 모형이 학생들의 논증 과정에 긍정적으로 작용함을 확인할 수 있었다.

주제어 : 모델링기반 학습, 논증패턴, 정신모형, 지질구조

References

Barnett, M., & Morran, J. (2002). Addressing children's alternative frameworks of the Moon's phases and eclipses. International Journal of Science Education, 24(8), 859-879.

Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A Learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. Science Education, 94(5), 765-793.

Berland, L. K., & Reiser, B. (2009). Making sense of argumentation and explanation, Science Education, 93(1), 26-55.

Clark, D.B., & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds and conceptual quality. Journal of Research in Science Teaching, 45(3), 293-321.

Clement, J. J. (2000). Model-based learning as a key research area of science education. International Journal of Science Education, 22(9), 1041-1053.

Cohen, E. (1994). Restructuring the classroom: conditions for productive small groups. Review of Educational Research, 64(1), 1-35.

Coll, R., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: Implications from research. International Journal of Science Education, 27(2), 183-198.

Crawford, B. A., & Cullin, M. J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. International Journal of Science Education, 26(11), 1379-1401.

Driver, R. A., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of argumentation in classrooms. Science Education, 84(3), 287-312.

Duschl, R.A. (2008). Quality of argumentation and epistemic criteria. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research, (pp.159-175). Dordrecht, the Netherlands: Springer Academic Publishers.

Duschl, R.A., & Osborne, J., (2002). Supporting and promoting argumentation discourse. Studies in Science Education, 38(1), 39-72.

Erduran, S. (2008). Methodological foundations in the study of science classroom argumentation. In S. Erduran & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research, (pp. 47-69). Dordrecht, the Netherlands: Springer Academic Publishers.

Erduran, S., Ardac, D. & Yakmaci-Guzel, B. (2006). Promoting argumentation in pre-service teacher education in Science. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 2(2), 1-14.

Erduran, S., & Osborne, J. (2005). Developing arguments. In, S. Alsop, L. Bencze., & E. Pedretti (Eds.), Analysing exemplary science teaching: Theoretical lenses and a spectrum of possibilities for practice, (pp. 106-115). London, UK: Open University Press.

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). Tapping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. Science Education, 88(6), 915-933.

Franco, C. & Colinvaux, D. (2000). Grasping mental models. In J. Gilbert and C. Boulter(Eds.), Developing models in science education, (pp. 93-118). New York, NY:Kluwer Academic Publishers.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), Developing models in science education, (pp.3-17). New York, NY:Kluwer Academic Publishers.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, part 1: Horses for courses. International Journal of Science Education, 20(1), 83-97.

Gilbert, S. W., & Ireton, S. W. (2003). Understanding models in earth and space science. Arlington, VA: NSTA Press.

Gobert, J. (2005). The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. Journal of Geoscience Education, 53(4), 444-455.

Gobert, J. D. & Clement, J. (1999). Effects of student-generated diagrams versus student-generated summaries on conceptual understanding of causal and dynamic knowledge in plate tectonics. Journal of Research in Science Teaching, 36(1), 39-53.

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. International Journal of Science Education, 22(1), 1-11.

Halloun, I. (2007). Mediated modeling in science education. Science & Education, 16(7), 665-697.

Han, H., Lee, T., Ko, H., Lee, S., Kim, E., Choe, S., & Kim, C. (2012). An analysis of the type of rebuttal in argumentation among science-gifted student. Journal of the Korean Association for Science Education, 32(4), 717-728.

Hogan, K., & Maglenti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinning of students' and scientists' reasoning about conclusions. Journal of Research in Science Teaching, 38(6), 668-687.

Jang, E., Ko, W., & Kang, S. (2012). The analysis of university student's modeling patterns and perceptions through modeling experiments. Journal of the Korean Association for Science Education, 32(1), 1-14

Jimenez-Aleixandre, M., Rodrigues, A., & Duschl, R. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. Science Education, 84(6), 757-792.

Johnson-Laird, P. N. (1983). Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Kang, S., Kwak, K., & Nam, J. (2006). The effects of argumentation-based teaching and learning strategy on cognitive development, science concept understanding, science-related attitude, and argumentation in middle school science. Journal of the Korean Association for Science Education, 26(3), 450-461.

Kang, N., & Lee, E. (2013). Argument and argumentation: A Review ofliterature for clarification of translated words. Journal of the Korean Association for Science Education, 33(6), 1119-1138.

Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. Science Education, 94(5), 810–824.

Kuhn, D., & Udell, W. (2003). The development of argument skills. Child Development, 74(5), 1245-1260.

Lee, H., Cho, H., & Son, J. (2009). The teachers` view on using argumentation in school science. Journal of the Korean Association for Science Education, 29(6), 666-679.

Lehrer, R., & Schauble, L. (2006). Scientific thinking and scientific literacy: Supporting developmentin learning in context. In W. Damon, R. M. Lerner, K. A. Renninger, & I. E. Sigel (Eds.), Handbook of child psychology, (pp. 153–196). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

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.

Maeng, S., Park, Y., & Kim, C. (2013). Methodological review of the research on argumentative discourse focused on analyzing collaborative construction and epistemic enactments of argumentation. Journal of the Korean Association for Science Education, 31(5), 733-744.

Oh, P., & Oh, S. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. International Journal of Science Education, 33(8), 1109-1130.

Osborne, J.F., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. Journal of Research in Science Teaching, 41(10), 994–1020.

Osborne, J.F., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. School Science Review, 82(1), 63-70.

Park, S. (2009). An analysis of high school students' mental models on the plate boundaries. Journal of Korean Earth Science Society, 30(1), 111-126.

Park, S. (2011). An analysis of the mental models of middle school students with different learning style on plate tectonics. Journal of the Korean Association for Science Education, 31(5), 733-744.

Park, S. (2013). The relationship between students' perception of the scientific models and their alternative conceptions of the lunar phases. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 9(3), 285-298.

Park, S., & Oh, J. (2013). Learners' ontological categories according to their mental models of plate boundaries. Journal of Turkish Science Education, 10(2), 17-34.

Romberg, T., Carpenter, T., & Kwako, J. (2005). Standards based reform and teaching for understanding. In T. Romberg, T. Carpenter, & F. Dremock (Eds.), Understanding mathematics and science matters, (pp.3-26). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. Journal of Research in Science Teaching, 41(5), 513–536.

Samarapungavan, A., Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1996). Mental models of the Earth, Sun, and Moon: Indian children's cosmologies. Cognitive Development, 11(5), 491-521.

Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. Science Education, 92(3), 447-472.

Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. Cognition and Instruction, 23(1), 23-55.

Schwarz, C. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. Science Education, 93(4), 720–744.

Schwarz, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Keynon, L., Acher, A., Fortus, D., Schwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. Journal of Research in Science Teaching, 46(6), 632–654.

Shin, H., & Kim, H. (2011). Students` view on argumentation and the aspects of the argumentation in problem-solving type experiment. Journal of the Korean Association for Science Education, 31(4), 567-586.

Shin, H., & Kim, H. (2012). Development of the analytic framework for dialogic argumentation using the TAP and a diagram in the context of learning the circular motion. Journal of the Korean Association for Science Education, 32(5), 1007-1026.

Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. International Journal of Science Education, 28(2), 235-260.

Toulmin, S. (1958). The uses of argument. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

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). New York, NY:Kluwer Academic Publishers.

Walton, D.N. (1996). Argumentation schemes for presumptive reasoning. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Watson, J., Swain, J. R., & Mcrobbie, C. (2004). Students'discussions in practical scientific inquiries. International Journal of Science Education, 26(1), 25-45.

Yore, L.D., & Treagust, D.F. (2006). Current realities and future possibilities: Language and science literacy-empowering research and informing instruction. International Journal of Science Education, 28(2), 291-314.

Yun, S., & Kim H. (2011), Development and application of the scientific inquiry tasks for small group argumentation. Journal of the Korean Association for Science Education, 31(5), 694-708.

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. Journal of Research in Science Teaching, 39(1), 35-62.