

10학년 과학 교과서 지구 분야에 등장하는 과학적 모델 분석

오필석* · 전원선 · 유정문

이화여자대학교 과학교육과, 120-750 서울시 서대문구 대현동 11-1

Analysis of Scientific Models in the Earth Domain of the 10th Grade Science Textbooks

Phil Seok Oh*, Won Son Jon, and Jung-Moon Yoo

Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

Abstract: The purpose of this study was to identify scientific models included in the Earth domain of the 10th grade science textbooks. Three earth science-related chapters in each of 11 trade books were analyzed. A framework was developed and used to classify a scientific model from three different perspectives: medium of representation, method of representation, and mobility of a model. Results showed that the science textbooks utilized domain-specific models in which the nature of sub-areas of earth science was embedded. That is, the unit of 'Change of the Earth' included many iconic models that represented the inaccessible inner structure of the earth and the movement of the tectonic plates. These were also two-dimensional pictorial and static models. In the chapter of 'Atmosphere and Oceans', symbolic and diagrammatic models were dominant in use, which included weather maps and contour line graphs of sea surface temperature and salinity. The unit of 'Solar System and Galaxies' showed the highly frequent use of iconic and analogical models for the large-scale celestial objects and their movements. Implications for earth science education and relevant research were discussed.

Keywords: earth science, nature of earth science, science textbook, scientific model

요약: 본 연구의 목적은 우리나라 10학년 과학 교과서 지구 분야에 등장하는 과학적 모델을 분류해 보는 것이었다. 과학적 모델을 표상 매체, 표상 방법, 모델의 가동성이라는 세 가지 차원에서 검토할 수 있도록 개발된 분류틀을 이용하여 11종 교과서의 지구과학 관련 단원을 분석하였다. 연구의 결과, 과학 교과서들은 지구과학의 세부 영역의 본성이 반영된 영역-특이적인 모델들을 수록하고 있는 것을 알 수 있었다. 즉, '지구의 변동' 단원은 접근이 용이하지 않은 지구의 내부 구조나 판들의 운동을 표상하는 모상 모델을 많이 포함하고 있었는데, 이들은 대부분 평면적 그림 모델과 정적 모델에 속하였다. '대기와 해양' 단원에서는 일기도나 해수의 온도와 염분을 나타낸 등치선도 등을 포함한 기호 모델과 도해적 모델이 많이 등장하였다. '태양계와 은하' 단원에서는 규모가 큰 천체나 그들의 운동을 표상하는 모상 모델이나 유비 모델의 비율이 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 분석 결과가 지구과학 교육과 관련 연구에 시사하는 바를 논의하였다.

주요어: 지구과학, 지구과학의 본성, 과학 교과서, 과학적 모델

서론

최근 과학 교육 분야에서는, 전문적인 과학 연구자들이 다양한 표상(multiple representations)을 이용하

여 의미를 형성한다는 인식에 기초하여, 학교의 과학 수업에서도 여러 가지 표상 형식을 활용한 교수-학습 활동이 이루어져야 한다는 주장이 설득력 있게 제기되고 있다(Gilbert, 2005; Kress et al., 2001; Lemke, 1998). 여러 가지 표상 형식들 중에서 모델(model)은 어떤 물체나 현상, 아이디어의 여러 가지 속성 중에서 관심 있는 특징들을 표상하는 또 다른 사물이나 기호, 그림 또는 그들의 체계라고 할 수 있다(Gilbert

*Corresponding author: philoh@ewha.ac.kr
Tel: 82-2-3277-4479
Fax: 82-2-3277-2684

and Boulter, 2000; Gilbert and Ireton, 2003; Halloun, 2004). 이렇게 표상된 것으로서의 모델은 어떤 주제에 대한 중요한 내용이나 과정, 바탕이 되는 개념들을 포함하고 있어서 과학의 발전에서 중요한 역할을 하였으며(Harre, 1970; Giere, 1999; Magnani et al., 1999), 과학 교육 분야에서도 이러한 과학적 모델(scientific model)이 새로운 교수-학습 전략 또는 연구 주제로 주목을 받고 있다(Clement, 2000; Halloun, 2004; Gilbert and Boulter, 2000; Gilbert and Ireton, 2003).

전문적인 과학 활동의 일환으로 모델을 구성하고 조작(model construction and manipulation)하는 작업은 지구과학에서 매우 중요한 역할을 한다(Engelhardt and Zimmermann, 1982; Giere, 1988, 1999). 이것은 지구과학의 이론들이 물리나 화학과 같은 다른 과학의 그것들과 비교하여 경험적인 내용과 더욱 빈번이 연결되면서도, 직접적으로 경험하기 어렵고 통제된 실험이 불가능한 다양한 종류의 자연 현상을 연구의 대상으로 하고 있기 때문이다(Gobert and Clement, 1999). 그러므로, 지구과학에서는 자연 현상을 거울과 같이 그대로 기술하기 보다는 실재(reality)의 어떤 요소들을 설명하면서 그것들과 간접적으로 관련을 맺는 과학적 모델을 이용한 탐구 활동이 자주 동원된다. 지구과학에서 과학적 모델이 많이 사용되는 또 다른 이유는 지구과학에서 다루는 현상들이 여러 개의 권역들이 복잡하게 상호작용한 결과로서 나타나는 역동적이며 시스템적인 특징을 지니고 있기 때문이다(Raia, 2005). 이러한 현상들은 대개 비선형적인 정보를 담고 있어서 말이나 글 이외의 시각적인 표상이 지구과학자들의 의사소통에 핵심적인 기능을 한다. 예를 들어, 지질도나 지층의 단면도는 삼차원적인 현상을 이차원적으로 표현한 것으로서, 지구과학자들이 관찰한 것을 기록하고 지구과학자들의 생각이나 지식을 조직하며 암석층의 기하학적인 특징과 발생한 사건의 순서를 가시화하여 그 정보를 다른 사람들에게 전달하는 역할을 한다(Gobert, 2005; Johnson and Reynold, 2005).

지구과학에서 모델을 활용하는 것이 중요한 것과 마찬가지로, 지구과학을 가르치고 배우는 과정에서도 과학적 모델이 의미 있는 역할을 할 수 있다. 왜냐하면, 학생들은 종종 직접적으로 경험하기 어려운 지구과학적인 현상과 과정들을 과학적 모델을 통하여 이해해야 하기 때문이다. 특히 지구과학에 사용되는 모

델들은 대부분 의미론적으로 많은 정보를 포함하고(semanticly rich) 있기 때문에, 성공적인 지구과학 학습을 위하여 학생들은 그들의 마음속에 정신적인 모형(mental model)을 다채롭게 구성하거나 그것을 외적(外的)으로 표현한 모델(expressed model)을 직접 제작해 보기도 해야 한다(Gilbert and Ireton, 2003; Gobert, 2005).

이러한 이유로 다수의 연구자들이 지구과학 수업에서 활용될 수 있는 모델의 속성을 탐색하거나 모델 기반의 지구과학 수업이 지니는 특징과 효과를 연구하여 효과적인 지구과학 수업을 위한 방안을 제시해 오고 있다(Gilbert and Ireton, 2003; Gobert, 2005; Gobert and Clement, 1999; Johnson and Reynolds, 2005; Raia, 2005; Steer et al., 2005). 이 중에서, Gilbert와 Ireton(2003)은 지구과학 교육에서 활용할 수 있는 과학적 모델들을 유사성에 기초한 모델(similes, metaphors, and analogies), 구체적 모델(concrete model), 수학적 모델(mathematical model), 컴퓨터 모델(computer model) 등으로 다양하게 제시함으로써 여러 가지 모델을 활용한 지구과학 수업을 설득력 있게 제안하였다. 과학 교육에서 모델의 중요성을 인식하게 된 것은, 앞서 언급한 바와 같이, 과학자들의 연구와 의사소통 과정에 언어뿐만 아니라 다양한 표상 형식이 동원된다는 사실에 바탕을 두고 있다(Boulter and Buckley, 2000; Kress et al., 2001; Lemke, 1998). 특히, 지구과학에서는 다른 분야에 비해 자주 그림이나 그래프, 도식(scheme)의 형태로 과학적인 정보를 표현하며(Rowley-Jolivet, 2004), 그래프만을 보더라도 다른 과학 영역의 것들과 구별되는 여러가지 세부적인 형식들이 존재한다(이진봉, 2006). 따라서, 효과적인 지구과학 학습을 위해서는 학생들도 다양한 과학적 모델들에 접근해 볼 필요가 있으며, 그렇게 함으로써 지구과학 공부에 꼭 필요한 '시각적 소양 기능'(visual literacy skill, Gilbert, 2004, p. 123)을 개발하는 기초를 마련할 수 있다.

지구과학 교육에서 과학적 모델의 활용에 관한 또 다른 연구들(Gobert, 2005; Gobert and Clement, 1999; Johnson and Reynolds, 2005; Raia, 2005; Steer et al., 2005)은 공통적으로 학생들이 지구과학적인 현상을 설명하기 위하여 시각적인 모델을 창안해 보도록 하는 활동이 그들의 지구과학 학습에 효과적이라는 점을 지적해 주고 있다. 이러한 연구 결과는 학생들이 직접 모델을 구성하고 이를 조작해

보는 활동이 어떤 과학 개념이나 자연 현상에 관한 낱말로 흩어진(fragmented) 지식을 서로 연계하여 이해하는 데 도움을 줄 수 있다는 이론적인 주장을 뒷받침해 준다. 즉, 과학적 모델을 기반으로 한 학습 활동을 통해 학생들은 과학 개념을 세부적인 요소들로 분석할 수 있고, 다시 이들이 어떻게, 그리고 왜 서로 관련되는지 생각해 볼 기회를 얻게 된다는 것이다(Gilbert, 2004; Gilbert and Ireton, 2003).

이상과 같이 이미 외국에서는 다수의 연구자들이 과학적 모델의 특성과 그것을 활용한 지구과학 교육에 대해 고찰하고 이를 실제 지구과학 수업 상황에 적용하는 연구들을 진행해 오고 있다. 하지만, 우리나라에서는 과학적 모델을 활용한 지구과학 교육에 대한 기초적인 연구조차 매우 부족한 상태이다. 과학적 모델을 이용한 교수-학습의 기반을 마련하기 위해서는 어떤 대상을 표상하는 모델의 범주와 그 다양한 종류를 검토하는 일이 우선적으로 필요하다(Boulter and Buckley, 2000). 이 점을 고려하여 본 연구에서는 우리나라 지구과학 교육 분야에서 과학적 모델을 활용한 교육과 연구를 위한 기초 작업의 일환으로 10학년 과학 교과서 지구과학 관련 단원에 등장하는 과학적 모델들을 분석해 보고자 한다.

연구 방법

분석 대상 교과서와 단원

본 연구에서는 우리나라 고등학교 1학년(10학년) '과학'의 지구과학 관련 단원에 수록된 과학적 모델을 분석하기 위하여 학교 현장에서 사용 중인 10학년 과학 교과서 11종을 수집하였다. 교과서의 단원 중, 제 7차 과학과 교육과정(교육부, 1998)의 내용 체계 상 '지구' 분야에 속하는 '지구의 변동', '대기와 해양', '태양계와 은하'라는 세 개 단원을 분석 대상으로 선정하였다. 지구 분야 전체를 종합하는 표지와 총정리 부분을 제외한 세 단원의 평균 지면은 각각 18.2, 22.0, 26.6쪽이었으며, 각 교과서는 연구 결과 중에 A~K로 코드화하여 제시하였다.

과학적 모델의 분류들

교과서에 등장하는 과학적 모델을 다차원적으로 분석하기 위하여 오필석(2006)이 제안한 과학적 모델의 분류들을 수정, 보완하여 사용하였다. 이 분류들의 초안은 과학적 모델을 그 특성에 따라 구별한 선행

연구와 관련 문헌들(Boulter and Buckley, 2000; Erduran and Duschl, 2004; Frigg and Hartmann, in press; Gilbert, 2004; Gilbert and Ireton, 2003; Harrison and Treagust, 2000)을 바탕으로 구상되었다. 특히, 기존 연구와 문헌들이 과학적 모델의 다양한 종류를 나열하여 보여주는 데 그치거나 서로 다른 속성의 모델을 구별하지 않고 함께 사용하고 있는 점을 고려하여 하나의 모델을 세 가지 서로 다른 차원에서 각각 분석할 수 있는 분류들을 개발하는 데 초점을 맞추었다. 이 분류들의 초안은 본 연구를 준비하는 단계 중에 반복적으로 개선하는 과정을 거쳐 최종적으로 확정되었다.

본 연구에서 사용한 분류들(Table 1)은 하나의 과학적 모델을 '표상 매체'(medium of representation), '표상 방법'(method of representation), 그리고 모델의 '가동성'(mobility)이라는 세 가지 차원에서 서로 다른 유형으로 구별할 수 있도록 구성되어 있다. 먼저, 표상 매체란 모델의 구현을 가능케 하는 매개체(medium)를 뜻하는 것으로, 이 차원에서는 과학적 모델을 언어-문장적 모델, 기호 모델, 평면적 그림 모델, 입체적 물질 모델, 몸짓 모델, 그리고 컴퓨터 모델로 분류하였다. 또, 모델이 어떤 대상을 표상할 수 있게 하는 방법이나 원리의 측면에서는 이론적 모델, 수학적 모델, 도해적 모델, 모상 모델, 유비 모델을 구별하였다. 마지막으로, 모델의 가동성이라는 차원에서는 과학적 모델을 정적 모델, 동적 모델, 조작적 모델로 분류하였다. 이상과 같이 열거한 과학적 모델의 유형별 정의와 대표적인 예는 Table 1에 제시된 바와 같다.

분석 절차

선정된 교과서와 분류들을 이용한 실제 분석은 과학적 모델을 각 차원과 유형별로 분류하게 될 두 명의 연구자가 훈련 과정과 예비 분석을 거쳐 본 분석을 수행하는 순서로 진행되었다. 이 과정에 참여한 분석자 중 한 명은 과학교육 분야의 박사학위를 소지하고 있으며 다른 분석자는 같은 분야의 박사 후보생으로, 모두 본 원고의 저자로 참여하고 있다. 먼저, 훈련 과정은 두 명의 연구자가 과학적 모델에 대한 관련 문헌들을 고찰하여 배경 지식을 공유하고, 그것을 바탕으로 초안이 마련된 과학적 모델의 분류들에 익숙해지는 데 주안점을 두었다. 이 과정에서 임의로 선택된 교과서에 대한 반복적인 분석 연습이 진행되었으며, 동시에 초기의 분석틀이 수정, 보완되

Table 1. 10학년 과학 교과서 ‘지구’ 분야에 등장하는 과학적 모델의 분류틀

분류 기준	과학적 모델의 유형	정의 및 사례
표상 매체 (medium of representation)	언어-문장적 모델 (verbal-sentential model)	<ul style="list-style-type: none"> • 읽거나 들을 수 있도록 언어를 사용하여 어떤 사물이나 상태, 과정, 아이디어 등을 표상한 모델 • 예: “얼음덩어리가 물 위에 떠 있듯이 지각은 밀도가 큰 맨틀 위에 놓여 있으면서 균형을 이루고 있다.”
	기호 모델 (symbolic model)	<ul style="list-style-type: none"> • 직접적인 지시 이상의 상징적 의미를 내포하는 기호나 기호 체계를 통하여 어떤 대상을 표상한 모델 • 예: 일기 부호, 화학식(chemical equation), 좌표계
	평면적 그림 모델 (two-dimensional pictorial model)	<ul style="list-style-type: none"> • 2차원적인 그림, 스케치(sketch), 드로잉(drawing) 등을 통해 어떤 대상을 표현한 모델 • 예: 행성들의 크기와 궤도를 일정한 비율로 줄여서 그린 그림
	입체적 물질 모델 (three-dimensional material model)	<ul style="list-style-type: none"> • 하나 이상의 재료 물질을 이용하여 어떤 대상을 3차원적으로 표현한 모델 • 예: 두 개의 페트병을 이용하여 만든 토오네이도 모형
	몸짓 모델 (gestural model)	<ul style="list-style-type: none"> • 몸이나 몸의 일부를 움직여 어떤 대상을 표상한 모델 • 예: 학생들이 직접 행성의 역할을 하며 서로의 주변을 돌면서 만들어낸 태양계 모델
	컴퓨터 모델 (computer model)	<ul style="list-style-type: none"> • 컴퓨터의 고유한 기능을 이용하여 대량의 정보를 빠르게 처리함으로써 인간이 직접 다루기 어려운 대상을 표상하는 모델 • 예: 행성의 생성 과정에 대한 시뮬레이션 프로그램
표상 방법 (method of representation)	이론적 모델 (theoretical model)	<ul style="list-style-type: none"> • 이론적인 존재자(theoretical entity) 또는 이상화된(idealized) 상황을 이용하여 어떤 사물이나, 상태, 과정 등을 표상하는 모델 • 예: 평탄한 우주, 굽은 우주
	수학적 모델 (mathematical model)	<ul style="list-style-type: none"> • 숫자, 선과 점, 부호 등을 활용하여 양적인 변수나 변수들 사이의 관계를 표현한 모델 • 예: 좌표계, 그래프, $v = (gh)^{1/2}$
	도해적 모델 (diagrammatic model)	<ul style="list-style-type: none"> • 언어 그리고/또는 선, 색, 부호 등 상징적인 의미를 내포하는 약속된 기호를 이용하여 어떤 대상이나 대상들 사이의 관계를 표현한 모델 • 예: 지질도, 일기도, 등치선도, 분포도, 개념도, 순서도
	모상 모델 (iconic model)	<ul style="list-style-type: none"> • 표상하고자 하는 사물이나 과정, 사건과 비슷하게 보이거나 기능하도록 구성된 실제하거나 가상의 사물이나 과정 • 예: 일정한 축척에 따라 그린 태양계의 모습, 규모를 줄여 만든 습곡 모형(scale model)
	유비 모델 (analogical model)	<ul style="list-style-type: none"> • 어떤 대상을 그것과 유사한 다른 것의 모습이나 성질을 이용하여 표상한 모델 • 예: “얼음덩어리가 물 위에 떠 있듯이 지각은 밀도가 큰 맨틀 위에 놓여 있으면서 균형을 이루고 있다.”
모델의 가동성 (mobility)	정적 모델 (static model)	<ul style="list-style-type: none"> • 전체나 부분이 움직이지 않고 어떤 사물이나 상태, 과정, 아이디어 등을 표상하는 모델 • 예: 일정한 축척으로 그린 태양계 그림, 지질도, 일기도
	동적 모델 (dynamic model)	<ul style="list-style-type: none"> • 대상이 되는 사물이나 과정, 사건이 실제로 움직이거나 발생하는 모습을 표상한 모델 • 예: 화산 폭발 모형, 구름 발생 과정을 플라스크 안에서 표현한 모델
	조작적 모델 (operational model)	<ul style="list-style-type: none"> • 표상하고자 하는 대상 속에 포함된 둘 이상의 변인들의 관계를 보이기 위하여 특정한 변인을 조작하면서 다른 변인의 변화를 관찰할 수 있도록 구성된 모델 • 예: 온도에 따른 물체의 색깔 변화를 통해 별의 온도와 색깔의 관계를 표상하는 모델

었다. 또, 훈련 과정을 통하여 교과서에 수록된 과학적 모델을 분류하기 위한 다음과 같은 분석 원칙을 수립하였다.

먼저, 지구 분야에 속하는 각 단원의 본문과 실험·실습 활동을 주된 분석 대상으로 하되, 제 7차 과학과 교육과정의 심화보충형인 것을 고려하여 단원의 마지막에 제시되는 보충·심화 활동도 분석 대상에 포함하였다. 하지만, 국가 수준의 교육과정 문서(교육부, 1998, 2001)에서 제시하는 범위를 벗어나는 읽기

자료나, 본문 중에 삽입된 평가 문항, 단원 정리 코너 등은 제외하였다. 이렇게 하여 선정된 해당 면에서 대상을 직접적으로 보여주거나 하는 사진이나 일러스트, 표상하는 대상이 불분명한 만화 등을 제외한 내용을 최종적인 분석 대상으로 결정하였다.

다음으로, 과학적 모델을 표상 매체, 표상 방법, 모델의 가동성이라는 각 차원마다 종류별로 계수할 때에는 가장 뚜렷하여(salient) 전경(foreground)에 부각되는 특징을 기준으로 하였다(Kress et al., 1998,

2001 참조). 예를 들어, 그림에 포함된 지시어는 그림에 부속하는 것으로 판단하여 이 경우에는 전체를 평면적 그림 모델로 분류하였다. 또, “전구를 태양, 공을 금성이라고 가정했을 때 ...”라고 하여 어떤 물체를 가지고 활동하는 장면을 설명하는 본문의 내용이나 삽화에 뒤따라 나오는 문장은 물질이나 삽화의 형태로 표현된 과학적 모델에 부속하는 하위 텍스트(subtext)로 취급하여 별도의 모델로 분리하지 않았다. 따라서, 본 연구의 결과로 제시되는 과학적 모델은 각 차원에서 중복을 허용하여 계수하였을 경우와 비교하여 그 빈도수가 적을 수 있다.

이상의 원칙에 따라 두 명의 분석자가 독립적으로 임의의 교과서를 분석하는 예비 분석을 실시하였다. 예비 분석의 결과가 92.6%의 일치도를 보인 것을 확인한 후, 불일치한 사례에 대해서는 협의를 거쳐 분석 원칙을 최대한 공유하도록 하였다. 두 명의 분석자가 서로 다른 견해를 보인 사례로는 ‘모상 모델’과 ‘유비 모델’을 구분하는 경우를 예를 들 수 있다. 본 연구에서 사용한 분류틀에 따르면, 모상 모델은 실재하거나 상상의 어떤 대상을 그 규모를 줄여서 표현하였다는 점이 주된 특징인 반면, 유비 모델은 어떤 대상을 그것과 유사한 다른 것의 모습이나 성질을 차용하여 표현한다는 점에서 차이가 있다. 이러한 기준에 따르면 벽돌과 모래 등을 이용하여 산맥의 형성 과정을 나타내 보는 활동은 표상 방법의 차원에서 모상적이라고 판단해야 하지만, 분석자 중 한 명

이 종종 이러한 종류의 것을 유비 모델로 판정하는 경우가 있었다. 이런 경우에는 두 명의 분석자가 함께 모델의 분류 기준을 다시 검토하여 이후의 분석 과정에서 일관성을 이룰 수 있도록 하였다. 최종적으로 실시한 본 분석에서는 동일한 두 명의 연구자가 11종의 10학년 교과서를 예비 분석 때와 같은 방법으로 분석하였다. 본 분석에서 분석자간 일치도는 95.1%로 양호하였으며, 불일치한 경우에는 역시 협의를 거쳐 최종 결과를 확정하였다.

연구 결과

다음에서는 우리나라 고등학교 1학년 과학 교과서 ‘지구’ 분야에 등장하는 과학적 모델을 세 가지 차원에서 계수한 결과를 단일별로 제시한다. 또, 분석에 사용한 분류틀이 모델의 다양성에 대한 인식을 기초로 한 것임을 고려하여, 각 단원의 결과를 과학적 모델의 다양한 유형이라는 측면에서 검토한다.

‘지구의 변동’ 단원

‘지구의 변동’ 단원에 수록된 과학적 모델들 중 가장 많은 빈도를 차지한 것은 표상 매체의 차원에서는 평면적 그림 모델(65.1%), 표상 방법의 차원에서는 모상 모델(66.8%), 그리고 모델의 가동성이라는 측면에서는 정적 모델(96.6%)이었다. 이것은 단원의 특성상 직접 관찰할 수 없는 지구의 내부 구조나 판

Table 2. ‘지구의 변동’ 단원에 수록된 과학적 모델의 유형별 빈도

구분	분석 대상 교과서											계(%)	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
표상 매체	언어-문장적 모델	0	2	4	1	0	4	3	2	2	1	1	20 (8.6)
	기호 모델	3	6	2	2	6	6	4	2	9	5	8	53 (22.8)
	평면적 그림 모델	16	10	14	19	14	12	15	19	13	11	8	151 (65.1)
	입체적 물질 모델	1	0	2	0	2	1	0	0	1	0	1	8 (3.5)
	몸짓 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
	컴퓨터 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
	계	20	18	22	22	22	23	22	23	25	17	18	232
표상 방법	이론적 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
	수학적 모델	1	0	1	1	1	2	1	1	3	2	1	14 (6.0)
	도해적 모델	2	6	1	1	5	4	3	1	6	3	7	39 (16.8)
	모상 모델	17	10	13	19	16	13	15	19	13	11	9	155 (66.8)
	유비 모델	0	2	7	1	0	4	3	2	3	1	1	24 (10.3)
계	20	18	22	22	22	23	22	23	25	17	18	232	
가동성	정적 모델	19	18	20	22	20	22	22	23	24	17	17	224 (96.6)
	동적 모델	1	0	2	0	2	1	0	0	1	0	1	8 (3.5)
	조작적 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
	계	20	18	22	22	22	23	22	23	25	17	18	232

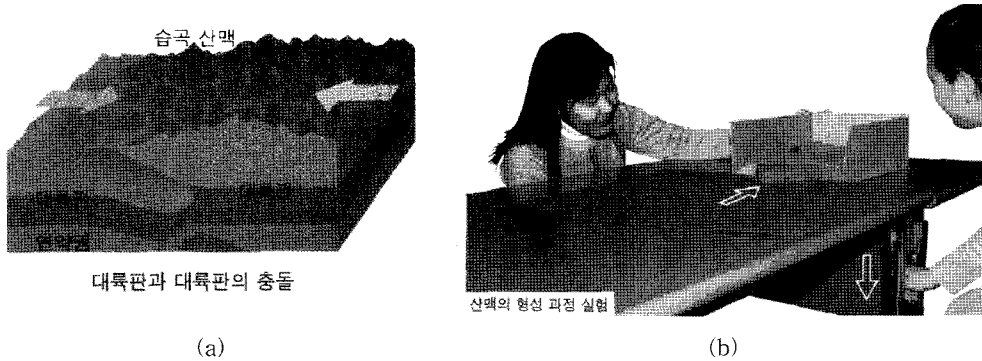


Fig. 1. '지구의 변동' 단원에 등장하는 정적(a), 동적(b) 모상 모델의 예(출처: 교과서 A).

의 움직임과 그것에 수반되는 지각 변동을 그림을 통해 나타내 보인 데서 기인한 것이다. 모상 모델은 표상하고자 하는 사물이나 과정, 사건 등과 비슷하게 보이거나 기능함으로써 대상을 실감나게 표현해 주므로(Harre, 1985), 경험적으로 다루기 어려운 지구과학의 탐구 대상에 대한 이해를 돕기에 적절하다고 할 수 있다. 실제로, 과학적 모델의 모상적인 특징은 지구과학, 특히 시각적·공간적인(visual-spatial) 성격이 강하면서도 접근이 용이하지 않은 대상을 다루는 지질학 분야에서 핵심적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Baker, 1999; Reynolds et al., 2005). 따라서, '지구의 변동' 단원에 모상 모델이 많은 것은 이 단원의 모(母)학문인 지질학의 특성이 반영된 결과라고 해석할 수 있을 것이다. 10학년 과학 교과서 '지구의 변동' 단원에 등장하는 대표적인 모상 모델의 예는 Fig. 1과 같다.

이 단원에서는 표상 방법의 차원에서 모상 모델 다음으로 도해적 모델(16.8%)이 많이 등장하였다. 이것은 많은 교과서들이 지진과 화산이 발생하는 지점을 지도에 표시하여 지질도와 유사한 형식의 분포도로 표현한 데서 그 이유를 찾을 수 있다. 또, 종종 지진과 화산의 위치를 경위도(經緯度) 중심으로 다루어 좌표계와 같이 접근한 교과서들이 있었는데, 이것이 수학적 모델의 비율(6.0%)에 반영되었다. 그런데, 도해적 모델이나 수학적 모델은 공통적으로 기호라는 형식을 이용한 것으로 표상 매체의 차원에서는 기호 모델의 비율(22.8%)이 평면적 그림 모델 다음으로 높게 나타났다.

'지구의 변동' 단원에 등장하는 이상과 같은 모델들은 대부분 정적인 것들이었다. 간혹 종이에 그려진 판의 조각들을 오려내고 그것을 퍼즐처럼 맞추어 지

표의 모습을 완성하는 활동이 있었지만(교과서 J), 학생들이 여러 조각의 판을 오려 붙이는 움직임을 모델 자체의 역동성이라고는 볼 수 없으므로, 이것은 동적 모델이 아닌 정적 모델로 분류되었다. 하지만, 일부 교과서에서는 동적인 모델(3.5%)을 활용하여 지각 변동의 역동적인 특징을 표상해 보이기도 하였다. 예를 들어, 교과서 A는 모래와 찰흙 덩어리를 이용하여 산맥이 형성되는 과정을 표현하는 활동을 제안하기도 하였다(Fig. 1 참조). 그렇지만, 이러한 모델들은 판의 움직임에 의해 작용하는 힘의 크기 변화에 따라 지층이 변형되는 정도를 가늠해 보는 것은 아니었으므로, 조작적 모델로 분류되지는 않았다.

이 단원에 일부 등장하는 언어-문장적 모델(8.6%)과 유비 모델(10.3%)은 지구 표면의 모습을 학생들에게 친숙한 사물에 비유하여 쉽게 이해하도록 하려는 의도에서 기인한 것으로 판단되었다. 그 구체적인 예로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

- “지구의 표면은 ... 축구공의 겉모양처럼 크고 작은 10여개의 판으로 나뉘어져 있다.”(교과서 B)
- “퍼즐 맞추기처럼 지구의 겉 부분은 판이라고 부르는 여러 개의 조각으로 나뉘어져 있다.”(교과서 C)
- “사과의 껍질처럼 지구도 맨 바깥 부분에 얇은 판 모양의 껍질을 가지고 있다.”(교과서 I)

그런데, 위의 사례들에서 알 수 있는 바와 같이, 지표의 모습을 다른 사물과의 유사성에 기초하여 표상하는 모델들은 교과서마다 비유하는 근원(source)이 다른 것이 특징적이었다. 이렇게 다양한 표현들 중에서 어떤 것이 과학적으로 타당하고 또 교육적으로 적절한가 하는 것은 과학적 모델을 활용한 지구과학

수업과 관련된 또 다른 중요한 연구 문제가 될 수 있을 것으로 생각된다.

요약하여 말하자면, 지질학을 모학문으로 하는 ‘지구의 변동’ 단원에는 지구의 내부 구조나 지각 변동의 과정을 모상적으로 표현한 모델이 가장 많이 등장하였다. 이러한 경향은 탐구의 대상이 시각적·공간적인 특징을 강하게 지니고 있으면서도 경험적으로 접근하기 쉽지 않기 때문에 그림과 같은 표상 형식에 많이 의존할 수밖에 없는 지질학의 특성(Baker, 1999; Reynolds et al., 2005)이 반영된 결과로 해석될 수 있다.

‘대기와 해양’ 단원

고등학교 1학년 과학 교과서 지구 분야의 두 번째 단원인 ‘대기와 해양’에 등장하는 과학적 모델은 표상 매체의 차원에서는 기호 모델(67.7%), 표상 방법의 차원에서는 도해적 모델(49.2%), 모델의 가동성 측면에서는 정적 모델(93.9%)이 가장 높은 빈도를 보였다. ‘지구의 변동’ 단원과 비교하여 기호 모델이나 도해적 모델이 가장 많은 것은 이 단원의 특성상 일기 부호를 이용하여 작성된 일기도를 많이 포함할 뿐만 아니라, 우리나라 주변 바다 해수의 특성을 일기도와 같은 도해적인 성격을 지니고 있는 등온선도나 등염선도 등을 통해 다루고 있기 때문이었다. 또한, 기온, 강수량, 해수의 온도와 염분 등을 그래프로 나타내 보는 활동을 다수 포함하고 있어서 수학적

모델(201%)의 비율이 상대적으로 높았다.

앞서 ‘지구의 변동’ 단원에 가장 많이 수록되었던 평면적 그림 모델과 모상 모델은 이 단원에서 각각 24.9%와 29.1%의 빈도를 보였다. 이것들은 많은 경우 고기압과 저기압 주변의 공기의 흐름이나 전선 주변의 기상 현상을 표상하기 위하여 동원된 것으로, 대상의 모습이나 움직임을 실감나게 표현하고자 하는 모상 모델의 성격을 다시 한 번 확인할 수 있었다. 그런데, 과학적 모델이 모상적인 것에서 도해적, 수학적인 것으로 옮겨가는 것은 그만큼 과학적 표상과 의사소통의 추상성이 증가하는 것이라고 볼 수 있다(Baker, 1999). 따라서, 학생들이 모상 모델, 도해적 모델, 수학적 모델이 비교적 고르게 등장하는 ‘대기와 해양’ 단원의 학습을 성공적으로 수행하기 위해서는 복잡한 자연 현상을 모상적인 표현을 통해 이해해야 할 뿐만 아니라, 일기 부호나 등치선과 같이 지구과학에서 자주 사용되는 기호 체계와 수학적인 표현 등에도 익숙해 져야 한다는 것을 예상할 수 있다.

‘대기와 해양’ 단원에서는 모든 교과서가 ‘사각 수조 안에 잉크로 염색한 얼음물의 확산’을 통해 밀도류의 흐름을 모상적으로 표현하는 활동을 포함하고 있었다. 그 이유는 제 7차 과학과 교육과정(교육부, 1998)에서 이 활동을 심화 과정의 하나로 명시하고 있기 때문으로, 우리나라의 교과서들이 대체로 국가 수준의 교육과정을 충실히 따르고 있다는 사실을 간접적으로 뒷받침해 준다. 그런데, 대부분의 교과서에

Table 3. ‘대기와 해양’ 단원에 수록된 과학적 모델의 유형별 빈도

구분	분석 대상 교과서											계(%)	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
표상 매체	언어-문장적 모델	0	0	0	0	1	0	1	0	3	1	0	6 (1.9)
	기호 모델	20	17	13	28	19	22	25	18	15	16	19	212 (67.7)
	평면적 그림 모델	7	3	4	5	11	3	7	7	12	11	8	78 (24.9)
	입체적 물질 모델	2	1	1	1	1	1	1	1	5	1	2	17 (5.4)
	몸짓 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
	컴퓨터 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
계	29	21	18	34	32	26	34	26	35	29	29	313	
표상 방법	이론적 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
	수학적 모델	4	0	2	14	2	16	10	2	4	1	8	63 (20.1)
	도해적 모델	17	17	11	15	18	6	15	17	11	16	11	154 (49.2)
	모상 모델	7	4	5	5	12	4	8	7	17	12	10	91 (29.1)
	유비 모델	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	5 (1.6)
계	29	21	18	34	32	26	34	26	35	29	29	313	
가동성	정적 모델	26	20	17	33	30	25	33	25	30	28	27	294 (93.9)
	동적 모델	2	1	1	1	2	1	1	0	0	1	2	12 (3.8)
	조작적 모델	1	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	7 (2.2)
	계	29	21	18	34	32	26	34	26	35	29	29	313

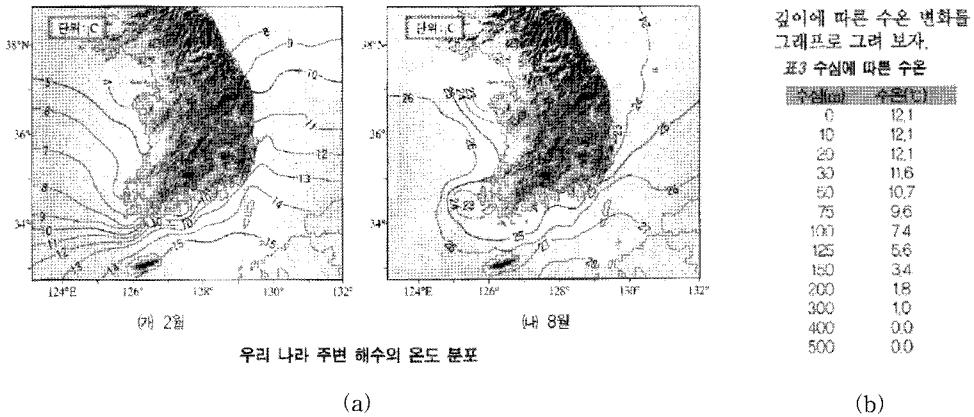


Fig. 2. ‘대기와 해양’ 단원에 등장하는 도해적(a), 수학적(b) 모델의 예(출처: 교과서 E).

서 밀도가 높은 물의 움직임만을 강조함으로써 그것을 동적인 모델로 제공하고 있는데 비해, 일부 교과서(H, I)에서는 물의 밀도를 변화시켜 서로 다른 흐름을 관찰하도록 함으로써 보다 조작적으로 다루는 경우도 발견되었다. 이 밖에도 ‘대기와 해양’ 단원에 등장하는 조작적 모델(2.2%)은 모래와 물을 각각 담은 수조를 양지와 음지에 놓고 비교함으로써 기단의 형성 과정을 표상해 보는 활동 속에 포함되어 있었다(교과서 I).

이 단원에 등장하는 언어-문장적 모델(1.9%)은 “바다에도 강이 있다’ ... 육지에 흐르는 강처럼 바다에도 일정한 바닷물의 흐름이 있다는 사실을 비유한 것이다”(교과서 G)와 같이 어떤 대상을 비유적으로 표상하는 데서 발견되었다. 또 다른 유비 모델은 전선의 생성 원리를 수온이 서로 다른 물의 경계면이 변화하는 모습에 비유한 심화 학습 내용에서 발견되기도 하였다(교과서 A).

결론적으로, 대기 및 해양 지구과학의 내용을 다루고 있는 이 단원에서는 다른 단원들과는 달리 기호 모델과 도해적 모델의 빈도가 가장 높게 나타났으며, 이러한 모델과 연계된 수학적 모델의 빈도 또한 상대적으로 높은 편이었다. 이러한 결과는 일기도나 등온선도, 등염선도와 같은 등치선도가 다수 등장하였기 때문으로, 그러한 것들은 해당 분야의 지구과학자들이 서로 합의하여 사용하는 ‘영역-특이적 기호 체계’(domain specific symbol system)라고 할 수 있다(Gobert, 2005; Johnson and Reynolds, 2005). 따라서, 이 단원의 내용을 성공적으로 학습하기 위해서는 학생들도 이 분야에 특수한 모델의 형식에 익숙해질

필요가 있으며, 그래프와 같은 수학적 모델을 다룰 수 있는 좀 더 추상적인 사고 능력 또한 요구된다고 할 수 있다.

‘태양계와 은하’ 단원

10학년 과학 교과서에서 ‘태양계와 은하’는 태양계를 이루는 천체들과 은하들의 특징을 다루는 단원으로, 대상을 직접적으로 표현한 사진 자료가 많아 상대적으로 모델의 수는 적은 편이었다. 하지만, 시·공간적인 제약으로 인해 실험실 환경에서는 다루기 어려운 행성의 운동, 별의 시차 등을 다루어야 하므로 평면적 그림 모델(49.5%)과 모상 모델(51.0%)이 상당수를 차지하였다. 이러한 모델들은 대부분 정적 모델(87.4%)로서, 학생들은 행성의 운동을 모상적으로 나타낸 그림을 마음 속에서는 동적으로 작동해 가며 공부하도록 요구된다는 것을 짐작할 수 있다. 하지만, Fig. 3과 같이 시간의 흐름을 따라 관측자의 지평선의 위치를 변화시켜 가며 행성들을 관찰할 수 있도록 제작된 입체적 물질 모델이자 조작적인 모상 모델을 소개하는 교과서도 있었다.

이 단원에서는 다른 두 개의 단원과 비교하여 유비 모델(28.2%)이 많이 등장하는 것이 특징적이었다. 이러한 결과는 시·공간적인 제약으로 인해 체감하기 어렵고 이해하기 까다로운 천문 현상이나 과정을 학생들이 보다 용이하게 접근할 수 있도록 비유적으로 해설한 데 따른 것이다. 특히, 이 단원에 등장하는 유비 모델은 다음과 같이 언어-문장적인 형태로 제시된 것들이 많았다(18.9%).

Table 4. ‘태양계와 은하’ 단원에 수록된 과학적 모델의 유형별 빈도

구분	분석 대상 교과서											계(%)	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
표상 매체	언어-문장적 모델	3	1	4	4	3	5	7	0	9	2	1	39 (18.9)
	기호 모델	5	3	1	6	3	1	2	4	3	5	5	38 (18.5)
	평면적 그림 모델	12	7	9	10	14	7	5	8	12	9	9	102 (49.5)
	입체적 물질 모델	3	3	3	2	4	2	4	2	2	0	2	27 (13.1)
	몸짓 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
	컴퓨터 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
	계	23	14	17	22	24	15	18	14	26	16	17	206
표상 방법	이론적 모델	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)
	수학적 모델	1	3	0	3	3	1	2	4	2	5	3	27 (13.1)
	도해적 모델	4	0	1	4	1	0	1	0	2	1	2	16 (7.8)
	모상 모델	12	8	10	9	14	7	6	8	12	8	11	105 (51.0)
	유비 모델	6	3	6	6	6	7	9	2	10	2	1	58 (28.2)
	계	23	14	17	22	24	15	18	14	26	16	17	206
가동성	정적 모델	20	11	14	20	20	13	14	13	24	16	15	180 (87.4)
	동적 모델	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	6 (2.9)
	조작적 모델	1	3	2	2	4	2	4	1	1	0	0	20 (9.7)
	계	23	14	17	22	24	15	18	14	26	16	17	206

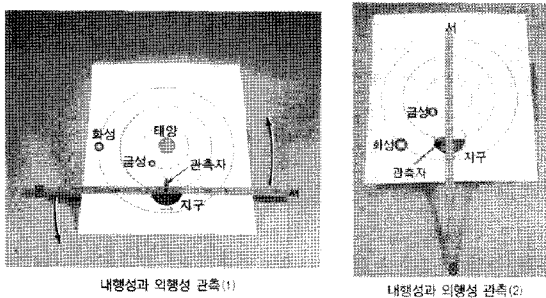


Fig. 3. ‘태양계와 은하’ 단원에 등장하는 조작적인 모상 모델(출처: 교과서 G).

- “나무는 보되 숲은 보지 못한다”는 말이 있다. ... 태양계가 속한 우리 은하도 숲과 같아서 우리 은하 속에 있는 지구에서는 우리 은하의 모습을 알기가 어렵다.”(교과서 C)
- “지구의 반지름을 1mm인 구슬이라고 가정하면, 태양의 크기는 반지름이 10.9cm인 배구공에 비유할 수 있다.”(교과서 D)
- “권투, 레슬링, 태권도 등의 경기에서는 체중에 따라 급을 나눈다. 태양계의 한 가족인 행성들도 각기 특징에 따라 구분할 수 있을까?”(교과서 F)
- “우주 공간에서 은하가 분포하는 것은 넓은 바다에 섬들이 띄엄띄엄 흩어져 있는 것과 같고, 태양계는 그 섬들 하나에 있는 모래 알갱이 정도에 불과하다.”(교과서 G)

‘태양계와 은하’ 단원에 등장하는 유비 모델은 또 입체적 물질 모델(13.1%)이며 조작적인 것들(9.7%)도 상대적으로 많이 포함하고 있었다. 예를 들어, 별의 관측 특성을 거리에 따른 전등의 밝기 변화 또는 물체의 온도에 따른 색깔의 변화 등에 비유하여 설명하려는 모델이 많았으며, 이들은 대부분 어떤 변인을 변화시켜가며 다른 변인의 변화를 관찰할 수 있도록 구성된 조작적 모델이었다. 이 단원에 수학적 모델(13.1%)이 등장하는 것은 행성의 물리량을 그래프를 이용하여 표현하는 활동을 포함하고 있기 때문이다. 하지만, 교과서마다 다루는 물리량이 달랐기 때문에 그 빈도에 있어서는 다소 차이가 있었다. 또, ‘태양계와 은하’ 단원의 도해적 모델(7.8%)은 대개 주요한 별자리나 성도(星圖)와 같은 것들이었는데, 교육과정에 명시된 내용이 아니기 때문에 그 빈도수는 낮은 편이었다. 또, 10학년 학생들을 대상으로 하는 이 단원에서는 우주론과 같은 이론적인 개념은 다루지 않기 때문에 다른 단원에서와 마찬가지로 이론적 모델은 발견되지 않았으며, 컴퓨터 모델이나 몸짓 모델을 포함하지 않는 것 또한 다른 단원들과 같았다.

요약적으로, 천문학의 내용을 다루는 ‘태양계와 은하’ 단원에서는 평면적 그림의 형태로 천체들의 운동을 표현한 모상 모델이 가장 많이 등장하였다. 이러한 양적인 결과는 앞서 ‘지구의 변동’ 단원에서와 동일한 것으로, 이 단원 역시 시·공간적인 제약으로 인

해 다루기 어렵고 복잡한 자연 현상을 단순화하여 기술해 줌으로써 학생들의 이해를 도울 수 있는 적절한 모델을 선택하였다고 볼 수 있다. 이와 더불어, 이 단원에서는 행성의 관측 과정을 입체적이고 조작적인 모델을 통해 접근한 교과서가 있어서, 다양한 모델을 활용한 지구과학 수업을 구상하는 데 좋은 시사점을 제공해 주었다는 점이 특징적이라고 할 수 있다.

결 론

본 연구에서는 과학적 모델을 세 가지 차원에서 분석할 수 있도록 개발된 분류틀을 이용하여 우리나라 고등학교 1학년 과학 교과서 '지구' 분야에 등장하는 과학적 모델을 '지구의 변동', '대기와 해양', '태양계와 은하'라는 세 단원에 걸쳐 분석해 보았다. 이 연구의 결과로부터 도출되는 논의점과 시사점은 다음과 같다.

첫째, 10학년 과학 교과서 지구 분야의 각 단원은 지구과학의 세부 영역의 본질적인 속성을 반영하는 과학적 모델들을 수록하고 있는 것으로 판단된다. 즉, 지질학이나 천문학 분야에서 다루는 현상들은 무엇보다 시각적인 성격이 뚜렷하면서도 접근이 용이하지 않은 시·공간적인 규모를 지니고 있기 때문에 모상적인 모델을 많이 사용할 수밖에 없다. 특히, 모상 모델은 언어적 표현을 중심으로 구성된 개념도(concept map)와 같은 것으로는 충분히 나타내기 어려운 여러 지질 특성들 간의 복잡한 관계를 보다 잘 표상해 낼 수 있는 장점을 지니고 있어서(Baker, 1999; Johnson and Reynolds, 2005), 지질학을 모학문으로 하는 '지구의 변동' 단원에 가장 많이 등장하였다. 또, 일기도나 등온선도, 등염선도와 같은 도해적 모델들은 대기 과학이나 해양 과학자들이 사회적으로 약속하여 사용하는 '영역·특이적 기호 체계'(domain-specific symbol systems)라고 할 수 있으며(Gobert, 2005; Johnson and Reynolds, 2005), 이것들은 '대기와 해양' 단원에서 주로 등장하였다. 그러므로, 이렇게 지구과학의 각 영역에 특이적인 과학적 모델에 익숙해지고 그것이 표상하는 대상을 잘 이해하는 것이 지구과학 학습을 위해 매우 중요한 일이라는 점을 어렵지 않게 짐작할 수 있다.

둘째, 위에서 암시된 바와 같이, 지구과학에서 사용되는 과학적 모델 및 모델링(modeling) 과정에 대

해 이는 것은 지구과학과 지구과학 학습의 본성을 이해하는 데 매우 중요하다. 특히, 본 연구에서 사용한 분류틀은 하나의 과학적 모델을 세 가지 차원에서 분석할 수 있도록 고안한 것이다. 이렇게 과학적 모델의 범주를 확대하여 다양한 유형의 모델을 검토하는 일은 서로 다른 과학적 모델과 그 대상을 비교하여 과학적 모델을 낳게 하는 과정을 분석하고 과학적 모델의 대상이 되는 현상이나 아이디어를 이해하는 데 도움을 줄 수 있다(Boulter and Buckley, 2000). 따라서, 앞으로는 본 연구에서 사용한 분류틀을 발견법적인 도구로 삼아 지구과학자들이 사용하는 모델과 모델링 과정을 분석해 볼 필요가 있다. 또, 이 과정에서 새롭게 발견되는 모델이 있거나 과학적 모델을 분석할 수 있는 다른 차원의 속성이 발견될 때에는 기존의 분류틀을 수정하는 작업이 이루어져야 할 것이다. 아울러 실제 지구과학 수업에서 다양한 과학적 모델들이 담당하는 역할 또한 조사할 필요가 있다. 이러한 연구들은 지구과학을 공부하는 학생들이 어떻게 내적(內的)으로나 외적(外的)으로 과학적 모델을 구성하는가 혹은 구성할 수 있는가를 이해하는 기초적인 정보를 제공할 뿐만 아니라 모델 구성을 기반으로 하는 교수-학습 모형을 구안하는 데에도 실용적인 시사점을 제공해 줄 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구의 결과에 따르면, 우리나라 고등학교 1학년 과학 교과서의 지구과학 단원에는 몸짓 모델이나 컴퓨터를 이용한 과학적 모델이 포함되어 있지 않으며, 동적 모델 또는 조작적 모델의 수가 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 다채로운 자연 현상에 관한 과학적인 정보를 전달하기 위해서는 종종 여러 가지 서로 다른 표상 형식이 필요하다는 사실(Boulter and Buckley, 2000; Kress et al., 2001; Lemke, 1998)을 고려하면, 학생들의 효과적인 학습을 촉진하기 위해서는 보다 다양한 과학적 모델이 활용될 필요가 있다. 하지만, 그것이 반드시 교과서에 등장하는 과학적 모델의 수를 늘리는 것을 통해서만 가능한 일은 아닐 것이다. 제한된 분량의 교과서에 여러 가지 가능한 모델들을 모두 수록하는 것이 어렵다는 점을 감안할 때, 실제 수업에서 학생들이 스스로 다양한 모델을 창안하고 이를 움직이거나 조작하여 관심 있는 자연 현상을 표상해 보게 하는 시도가 있어야 할 것으로 생각된다. 더 나아가, 학생들이 지속적으로 자신의 모델을 수정해 나가는 과정을 통해 목표로 삼고 있는 과학적인 아이디어를 이해할

수 있도록 중장기적인 학습 활동을 계획하는 것 또한 필요하다. 지구과학 교육 연구의 측면에서는 학생들이 구성하는 모델을 기반으로 한 학습 활동의 특징과 효과를 자세히 검토하여 교육 현장에 시사할 필요가 있다고 생각된다.

넷째, 지구과학 수업에서 좀 더 다양한 표상 형식이 활용되기 위해서는 교과서 외의 다른 교수-학습 매체를 활용하는 것을 고려해 볼 수 있다. 최근 과학 교육 분야에서 컴퓨터나 정보통신기술(Information and Communication Technology, ICT)을 이용한 학습이 강조되고 있다는 것은 주지(周知)의 사실이다. 이러한 매체의 장점을 충분히 활용하기 위해서는 인쇄물을 통해 구현하기 어려운 모델의 가동성(mobility)을 높인 자료의 개발이 필요하다고 생각된다. 지구과학 수업을 위하여 3차원의 애니메이션(animation)이나 가상현실(virtual reality) 기법을 활용한 경우들(Reynolds et al., 2005; Shin et al., 2006)이 참고할 만한 사례가 될 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2006-332-B00419).

참고문헌

- 교육부, 1998, 과학과 교육과정. 대한교과서, 서울, 101 p.
- 교육부, 2001, 고등학교 교육과정 해설: 6 과학. 대한교과서, 서울, 244 p.
- 오필석, 2006, 지구과학교육에서 활용되는 과학적 모델의 분류틀 개발. 한국지구과학회 2006년도 춘계학술발표회 논문집, 92.
- 이진봉, 2006, 지구과학 그래프의 유형과 고등학생의 그래프 해석 능력 분석. 서울대학교 대학원 석사 학위 논문, 90 p.
- Baker, V.R., 1999, Geosemiosis. *GSA Bulletin*, 5, 633-645.
- Boulter, C.J. and Buckley, B.C., 2000, Constructing a typology of models for science education. In Gilbert, J.K. and Boulter, C.J. (eds.), *Developing models in science education*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 41-57.
- Clement, J., 2000, Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 1041-1053.
- Engelhardt, W. von, and Zimmermann, J., 1982, *Theory of earth science* (translated by L. Fischer). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 381 p.
- Erduran, S. and Duschl, R.A., 2004, Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom. *Studies in Science Education*, 40, 105-138.
- Frigg, R. and Hartmann, S., Scientific models. In Sarkar, S. et al. (eds.), *The Philosophy of science: An encyclopedia*. Routledge, New York, USA, in press.
- Giere, R.N., 1988, *Explaining science: A cognitive approach*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, 321 p.
- Giere, R.N., 1999, *Science without laws*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, 285 p.
- Gilbert, J.K., 2004, Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.
- Gilbert, J.K. (ed.), 2005, *Visualization in science education*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 346 p.
- Gilbert, J.K. and Boulter, C.J. (eds.), 2000, *Developing models in science education*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 387 p.
- Gilbert, S.W. and Ireton, S.W., 2003, *Understanding models in earth and space science*. NATA Press, Arlington, VA, USA, 124 p.
- Gobert, J.D., 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. and Clement, J.J., 1999, Effect of student-generated diagram versus student-generated summaries on conceptual understanding of causal and dynamic knowledge in plate tectonics. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (1), 39-53.
- Halloun, I.A., 2004, *Modeling theory in science education*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 252 p.
- Harre, R., 1970, *The principles of scientific thinking*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, 324 p.
- Harre, R., 1985, *The philosophies of science* (2nd ed.). Oxford University Press, Oxford, UK, 203 p.
- Harrison, A.G. and Treagust, D.F., 2000, A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 1011-1026.
- Johnson, J.K. and Reynolds, S.J., 2005, Concept sketches? Using student- and instructor-generated, annotated sketches for learning, teaching, and assessment in geology courses. *Journal of Geoscience Education*, 53 (1), 85-95.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., and Tsatsarelis, C., 2001, *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. Continuum, London, UK, 188 p.
- Kress, G., Ogborn, J., and Martins, I., 1998, A satellite view of language: Some lessons from science class-

rooms. *Language Awareness*, 7 (2,3), 69-89.

Lemke, J., 1998, *Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text*. In Martin, J.R. and Veal, R. (eds.), *Reading science: Critical and functional perspectives on discourse of science*. Routledge, New York, USA, 87-113.

Magnani, L., Nersessian, N.J., and Thagard, P., 1999, *Model-based reasoning in scientific discovery*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, USA, 343 p.

Raia, F., 2005, *Students' understanding of complex dynamic systems*. *Journal of Geoscience Education*, 53 (3), 297-308.

Reynolds, S.J., Johnson, J.K., Piburn, M.D., Leedy, D.E., Coyan, J.A., and Busch, M.M., 2005, *Visualization in undergraduate geology courses*. In Gilbert, J.K. (ed.), *Visualization in science education*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 253-266.

Rowley-Jolivet, E., 2004, *Different visions, different visuals: A social semiotic analysis of field-specific visual composition in scientific conference presentations*. *Visuals Communication*, 3 (2), 145-175.

Shin, M.-K., Kim, H.-S., and Kim, J.-H., 2006, *A study on pre-service teachers' perception of learning environment in earth science with using virtual reality (VR): An exploratory case*. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 27 (3), 269-278.

Steer, D.N., Knight, C.C., Owens, K.D., and McConnell, D.A., 2005, *Challenging students ideas about Earth's interior structure using a model-based, conceptual change approach in a large class setting*. *Journal of Geoscience Education*, 53 (4), 415-421.

분석 대상 교과서

강만식 외 11인, 2003, *고등학교 과학*. 교학사, 서울, 387 p.

김찬중 외 7인, 2002, *고등학교 과학*. 도서출판 디딤돌, 서울, 359 p.

성민웅 외 10인, 2002, *고등학교 과학*. 문원각, 서울, 415 p.

송호봉 외 7인, 2003, *고등학교 과학*. 흥진 P&M, 서울, 396 p.

유규환 외 11인, 2002, *고등학교 과학*. 중앙교육진흥연구소, 서울, 399 p.

이규석 외 9인, 2002, *고등학교 과학*. 대한교과서, 서울, 391 p.

이면우 외 11인, 2003, *고등학교 과학*. 지학사, 서울, 359 p.

이분원 외 13인, 2002, *고등학교 과학*. 금성출판사, 서울, 415 p.

이연우 외 7인, 2002, *고등학교 과학*. 이젠미디어, 서울, 367 p.

정완호 외 9인, 2002, *고등학교 과학*. 교학사, 서울, 350 p.

차동우 외 10인, 2003, *고등학교 과학*. 천재교육, 서울, 355 p.

2007년 1월 30일 접수
 2007년 3월 15일 수정원고 접수
 2007년 4월 27일 채택