

## 중학교 과학 교과서 물질 영역의 과학적 모형 유형 분석

김애정 · 박현주<sup>†,\*</sup> · 김찬종<sup>‡</sup> · 김희백<sup>§</sup> · 유준희<sup>#</sup> · 최승언<sup>‡</sup>

조선대학교 대학원 자연교육학과

<sup>†</sup>조선대학교 화학교육과

<sup>‡</sup>서울대학교 지구과학교육과

<sup>§</sup>서울대학교 생물교육과

<sup>#</sup>서울대학교 물리교육과

(접수 2012. 2. 6; 게재확정 2012. 4. 18)

## Analysis of Scientific Models in Science Textbooks for the 7th Grade

Ae Jung Kim, Hyun Ju Park<sup>†,\*</sup>, Chan Jong Kim<sup>‡</sup>, Heui Baik Kim<sup>§</sup>, June Hee Yoo<sup>#</sup>, and Seung Urn Choe<sup>‡</sup>

Department of Science Education Graduate School, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

<sup>†</sup>Department of Chemistry Education, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea.

\*E-mail: hjapark@chosun.ac.kr

<sup>‡</sup>Department of Earth Science Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

<sup>§</sup>Department of Biology Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

<sup>#</sup>Department of Physics Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

(Received February 6, 2012; Accepted April 18, 2012)

**요 약.** 2007개정 과학과 교육과정에 따른 중학교 1학년 과학 교과서 11종을 대상으로, ‘물질 영역’에 속하는 ‘물질의 세 가지 상태’, ‘분자의 운동’, ‘상태변화와 에너지’라는 세 단원에 제시된 모형의 유형 및 특성을 조사하고 과학적 모형 분석틀을 개발하였다. 연구를 통해 개발되어진 과학적 모형 분석틀은 표상 양식과 표상의 속성으로 나누어져있으며, 표상 양식은 활동 모형, 비유적 모형, 상징적 모형, 이론적 모형으로 분류하고, 표상의 속성은 정적 모형과 동적모형으로 분류하였다. 개발되어진 과학적 모형 분석틀을 가지고 교과서에서 사용되고 있는 모형의 유형과 빈도수를 분석하였다. 연구 결과, 표상 양식에서는 활동 모형과 비유적 모형이 가장 많이 사용되었고, 표상의 속성에서는 동적 모형이 많이 사용되고 있었다. 물질 영역에서는 입자 개념을 다루며 학생들이 일상생활에서 접하는 거시적인 현상들을 분자의 배열이나 운동과 같은 미시적 관점으로 이해하는 것을 목표로 하고 있다. 이 연구의 결과는 현 교과서들에 나타난 과학적 모형 사용의 제한점과 바람직한 방향을 모색하게 할 뿐 아니라, 앞으로 집필되어질 교과서와 수업을 구성하는데 유용한 정보를 제공해 줄 것이다.

**주제어:** 중학교 과학 교과서, 과학적 모형, 표상 양식, 표상의 속성

**ABSTRACT.** The purpose of the study was to classify scientific models in the seventh grade science textbooks of the 2007 revised science curriculum. The three chapters of ‘three states of material’, ‘motion of molecule’, and ‘change of state and energy’ were investigated. There were two types of the scientific model as ‘mode of representation’ and ‘attribute of representation’. The mode of representation was composed of ‘action model’, ‘analogical model’, ‘symbolic model’, and ‘theoretical model’ and the attribute of representation was composed of ‘static model’ and ‘dynamic model’. The results showed that the action model and the analogical model were used primarily in mode of representation. The dynamic model were widely used in attribute of representation. Area of matters dealt with conception of molecules and aimed for students to understand the arrangement and movement of molecule microscopically about macroscopic state in a daily life. This study could help to recognize the limitations of scientific models on current textbooks and offer more useful information in planning lessons and organizing textbooks for the future.

**Key words:** Science textbook, Scientific model, Mode of representation, Attribute of representation

## 서 론

최근 과학 교육 분야에서는, 전문적인 과학 연구자들이 다양한 표상을 이용하여 의미를 형성한다는 인식에 기초

하여, 여러 가지 표상 형식을 활용한 교수-학습 활동이 이루어져 학생들의 개념 이해를 도와야 한다는 주장이 있다.<sup>1,3</sup> 여러 가지 표상 형식들 중의 하나인 모형은 자연적 현상이나 과정을 묘사하는 일련의 아이디어들을 표현한

것으로, 예를 들면, 구체적 대상이나 과정을 언어적 또는 시각적 실재들로 나타낸 것, 수학적 알고리즘, 문제해결 과정, 비유적 교수 모형 등이 포함된다.<sup>4,5</sup>

모형은 ‘과학의 주요 산출품의 하나’ 임과 동시에 ‘과학 방법론에서 주요한 요소’ 이므로, ‘과학 교육의 주요한 학습(교수)도구’이다.<sup>1</sup> 과학 연구에서 활용되는 모형은 구체적인 현상과 추상적인 개념을 연결짓는 다리와의 같은 역할을 하는 것으로, 이러한 모형을 학교의 수업에 이용하면 학생들이 과학에서 다루는 현상과 이론들을 연계지어 개념을 쉽게 이해할 수 있다. 따라서 모형은 과학 수업의 중요한 요소이다.<sup>6</sup> 교사들은 모형을 이용하여 학생들에게 어렵거나 친숙하지 않은 개념들을 이해하도록 도와야 한다.<sup>6-10</sup>

과학적 현상들은 학생들이 실생활에서 직접적으로 경험하기 어렵거나, 교실에서의 통제된 실험을 수행하기가 불가능한 경우가 많다. 이런 현상이나 과정을 설명하는데 모형을 사용하는 것이 유용하며, 또한 모형을 사용하면 학생들의 과학 학습에 대한 흥미를 유발하고 학습의 효과를 향상시킬 수 있다.<sup>11-13</sup> 그리고 학생들이 어떤 과학 개념을 표현하고자 할 때 다양한 형식의 모형을 사용함으로써 그 표현 과정이 훨씬 용이해 질 수 있고 다른 사람들과의 의사소통 또한 수월해 질 수 있다.<sup>14-17</sup>

위의 내용과 같이 학생들이 과학 개념을 이해하는데 있어서 모형이 중요한 역할을 하고 있음에도 불구하고, 교과서에서 사용되고 있는 모형에 대한 연구가 제한적으로 이루어지는 경향을 볼 수 있다. 기존 교과서 관련 연구는 텍스트, 삽화,<sup>18,19</sup> 교육과정의 변천,<sup>20</sup> 교과서에 관한 학생의 인식과 교사들의 인식<sup>21</sup> 등에 관한 연구가 주로 진행되고 있다. 과학교육의 모형 관련 연구는, 기초적인 단계로서, 모형의 유형 및 교과서에 제시된 모형들의 빈도 분석이 지구과학 영역과 생물 영역에서 주로 진행되고 있다.

지구과학 영역에서는 물리나 화학과 같은 다른 영역과 비교하여 직접적인 경험이 어렵고 통제된 실험이 불가능한 자연 현상을 연구 대상으로 한다. 각 현상들이 복잡하게 상호작용하여 역동적이며 시스템적인 특징을 나타내므로, 모형을 이용하여 개념을 설명하는 것이 효과적이다.<sup>21,22</sup>

생물 영역에서는 순환계 모형을 이용하여 각 기관으로 혈액이 분배되는 과정이나 혈액과 조직세포 사이의 물질 교환 기작은 추상적이고 역동적인 과정의 복잡한 상호작용 시스템을 설명한다. 특히 유전 개념과 같은 추상적이고, 세포생식발생 등의 다른 개념들과 밀접하게 연관된 복잡한 개념은 모형을 사용하여 설명하는 것이 효과적이다.<sup>7-11</sup> 이와 같이 몇몇의 과학 분야에서는 모형을 사용한 수업이 과학 개념을 쉽게 학습할 수 있다고 주장하고 있다.

화학의 물질 영역에서는 입자 수준에서의 화학 개념 이해를 중요시하고 있다. 그러나 학생들은 ‘물질은 입자로

구성되어 있고, 그 입자는 고유하게 운동하며, 입자들 사이에는 빈 공간이 있다’라는 비가시적인 개념을 이해하고 사용하는 데 어려움을 느끼며, 입자의 행동에 대한 오개념을 많이 가지고 있다.<sup>23-25</sup> 화학 개념 또는 자료를 접하는 학생들은 추상적인 용어나 비가시적인 입자적 현상이 일상적인 경험과 쉽게 연관되어지지 않기 때문에 갈등을 겪는다.<sup>26</sup>

중학교 1학년 과학 중 물질 영역의 ‘물질의 세 가지 상태’, ‘분자의 운동’, ‘상태변화와 에너지’ 단원은 물질의 입자적 개념이 처음 도입되는 단계로, 학생들이 일상생활에서 접하는 거시적인 현상들을 입자의 배열이나 운동과 같은 미시적 관점에서 이해하는 것을 목표로 한다.<sup>27</sup> 그러나 중학교 1학년 물질 영역에서 다루는 입자는 감각 기관을 통해 직접적으로 만져 보거나 눈으로 확인하지 못하는 추상적인 개념으로 주로 감각 기관을 통해 받아들인 정보에 의존하는 학생들의 사고로는 물질의 입자적 성질을 이해하는 것이 어렵다.<sup>28</sup> 그러므로, 비가시적이고 추상적인 개념을 다루고 있는 물질 영역은 교과서에 다양한 모형을 제시함으로써 학생들이 입자 수준의 과학 개념을 학습할 수 있도록 도와야 한다.

한편 교과서는 교육과정 기준에 제시된 추구하는 인간상, 구성 방침, 학교 급별 교육 목표, 편제와 시간 배당 기준, 편성운영의 기본 지침을 기본으로 하여 제작되며, 해당 교과서의 성격, 목표, 내용, 방법, 평가의 기준을 충실하게 반영한다.<sup>29,30</sup> 또한 학교 현장에 있어서 교사가 사용할 수 있는 최고의 교육 도구로서 화학의 추상적인 내용을 학습할 수 있도록 수업의 안내자이다.<sup>31-33</sup>

따라서 본 연구에서는 중학교 1학년 과학 교과서의 내용 중 물질 영역에 제시된 모형들의 범주를 구분하고, 각각의 전체 빈도수를 조사하고 분석하였다. 연구의 결과는 물질 영역의 교과서 집필이나 수업을 계획함에 있어서 다양한 모형의 유형을 고려하는데 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

## 연구 방법 및 내용

### 연구 대상

본 연구는 교과서에 제시되어 있는 과학적 모형의 유형을 조사하기 위하여 2007 개정 과학과 교육과정에 따른 중학교 1학년의 과학 교과서 11종(A~K)을 연구대상으로 하였다(Table 1). 총 19종의 교과서 중 중학교 2학년 과학 교과서의 검정을 통과한 11종의 교과서를 대상으로 하였다.

### 연구 절차

물질 분야의 모형 유형 및 빈도수를 조사하는 과정 및

Table 1. Science textbooks

| Publisher | Authors        |
|-----------|----------------|
| A         | Park et al. 15 |
| B         | Kim et al. 11  |
| C         | Yun et al. 12  |
| D         | Park et al. 8  |
| E         | Woo et al. 13  |
| F         | Lee et al. 11  |
| G         | Shim et al. 11 |
| H         | Kim et al. 12  |
| I         | Jeon et al. 14 |
| J         | Choi et al. 12 |
| K         | Rue et al. 11  |

절차는 다음과 같다.

첫째, 모형 관련 문헌조사 및 선행 연구에 제시된 과학적 모형 유형과 과학 교과서의 과학적 모형들을 조사하고 비교분석하여, 모형 분석틀을 구성하였다.

둘째, 모형 분석틀에 대한 과학교육 연구가 및 교사들의 검토 결과에 기초하여, 모형 분석틀이 수정되고 보완되었다.

셋째, 과학의 물질 분야에 제시된 모형들을 모형 분석틀에 따라 유형 별 빈도를 조사하고 분석하였다.

넷째, 과학적 모형의 유형별 빈도와 그에 대한 논의, 시사점을 논의하였다.

## 연구 방법

**문헌연구:** 과학 교과서 물질 영역의 과학적 모형 유형 분석은 모형과 관련된 이론 연구의 결과에 근거하여 분석틀을 개발하였다.

•Bailey, K. D.<sup>34</sup>는 모형을 개념적, 경험적, 조작적의 세 가지로 구분하였다. 이 구분은 화학 교과의 특성을 고려하지 않은 것이다.

- 개념적 유형: 다이어그램, 언어적 비유, 태양계 모형, 분자 모형

- 경험적 유형: 경험적 자료로부터 나온 실제 사례를 연결하여 제시한 모형

- 조작적 유형: 개념적 유형과 경험적 유형을 모두 고려한 모형

•Harrison, A. G., & Treagust, D. F.<sup>4</sup>는 제시하고 있는 지식의 유형에 따라 정보, 개념, 다개념-과정으로 구분하였다. 이 구분은 화학 교과의 특성을 고려하지 않고 유형간의 구분이 명확하지 않다.

- 정보 유형: 크기, 교육적 비유 모형

- 개념 유형: 기호와 상징, 수학적 모형, 이론적 모형

- 다개념-과정 유형: 지도/도형/표 모형, 개념-과정 모형,

## 모의실험

•오필석, 전원선, 유정문<sup>35</sup>은 매체와 방법, 그리고 가동성에 따라 모형을 구분하여 제시하였다. 이 구분은 화학 교과의 특성을 고려하지 않은 것이다.

- 표상 매체: 언어-문장 모형, 기호, 평면적 그림 모형, 입체적 물체 모형, 몸짓 모형, 컴퓨터 모형

- 표상 방법: 이론적 모형, 수학적 모형, 도해적 모형, 상징적 모형, 비유 모형

- 모형의 가동성: 정적 모형, 동적 모형, 조작적 모형

•김미영, 김희백<sup>36</sup>은 표상 양식과 속성으로 모형을 구분하여 제시하였다.

- 표상 양식: 실제적 모형, 몸짓 모형, 비유적 모형, 모상 모형, 상징적 모형, 이론적 모형

- 표상 속성: 정적 모형, 동적 모형

•최정현<sup>37</sup>은 추상적과 물리적 모형으로 구분하여 제시하고 있다.

- 추상적 모형: 수학적 모형, 비유 모형, 화학식 모형

- 물리적 모형: 분자구조 모형, 입자 모형, 실제적 모형

**과학적 모형의 분석틀 개발:** 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 내용을 분석하여 모형의 유형을 분류하고 그것을 가지고 적용 연구 방법으로 진행되었다.

첫째, 과학 교과서에 제시된 과학적 모형들을 조사하고 비교분석하여 물질영역에 적합한 모형 유형 및 특성을 정리하여, 분석틀을 개발하였다.

둘째, 과학교육 전문가 3명과 대학원생 3명의 검토를 통해 분석틀을 수정보완하였다.

셋째, 수정보완되어진 분석틀을 3명의 연구자가 독립적으로 각각의 교과서를 분석한 다음, 서로 불일치한 경우에는 여러 차례의 논의를 거쳐 조정하여 분석의 일관성을 유지하도록 하였다. 또한, 교과서에 사용되는 모형을 분석할 때 일상생활의 모습으로 현상을 설명하는 삽화나 글을 제외하고 분류하였다.

본 연구에서 모형은 눈에 보이지 않고 추상적인 개념과 다양한 현상들을 과학적으로 표현하여, 과학 개념들을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 돕는 도구의 역할을 한다고 정의하며, 동일한 대상에 대하여 다양한 표현 방법이 있을 수 있어 하나 이상의 모형을 사용하여 나타낼 수 있다.

## 연구 결과 및 논의

### 물질 영역에 제시된 모형의 유형 및 특성

본 연구에서는 문헌연구와 교과서 분석을 통하여 물질 영역에 적합한 분석틀을 제안하였다.

첫째, 모형은 자신의 경험과 지식을 무엇으로 나타내는

표상이며, 표상은 어떠한 모양으로 나타낼 수 있는가와 같은 양식과 어떠한 속성을 가지고 있는가로 구분된다. 예를 들면, 표상 양식은 몸으로 나타내는가? 상징적으로 나타내는가? 등이 있고, 표상 속성은 정적인가? 동적인가? 등으로 구분할 수 있다.

둘째, 물질 영역에서는 비가시적인 원자나 분자의 개념을 바탕으로 학습하기 때문에 직접 보거나 만져볼 수 없으므로 실제적 모형을 분석틀에서 제외하였다. 실제적인 모형은 하나 이상의 재료 물질을 이용하여 어떤 대상이나 과정을 3차원적이고 사실적으로 표현한 것으로 어떤 대상을 실제적으로 찍은 사진이나, 눈 모형, 호흡기 모형, 태아의 사진, 정자의 전자현미경 사진 등을 예로 들 수 있다.

셋째, 몸짓 모형을 활동 모형으로 수정하였다. 생물 영역에서는 심장의 박동수 조절, 깃발을 이용한 호르몬 전달, 자극에 대한 반응 실험 등 몸이나 몸의 일부를 움직여 대상의 변화, 과정을 표현할 수 있다. 그러나 물질 영역에서는 분자를 대상으로 하기 때문에 직접 만져 보고 반응을 하는 것이 불가능하므로 여러 가지 반응들을 통해 설명하는 것이 적절하다. 그래서 김미영 · 김희백<sup>36</sup>의 과학적 모형 분석틀에서 몸짓 모형으로 사용되는 것을 물질 영역에서는 둘 이상의 변인들의 관계를 보이기 위하여 특정한 변인을 조작하면서 다른 변인의 변화를 관찰할 수 있도록 활동하는 것으로 정의하고 이를 활동 모형으로 수정하였다. 활동 모형은 교과서에 제시된 실험들을 과학 탐구의 기초 탐구 기능 중 관찰과 측정을 기준으로 분석하였다.

넷째, 모상 모형을 분석틀에서 제외하였다. 모상 모형은 표상하고자 하는 사물이나 과정, 사건 등과 비슷하게 보이거나 기능함으로써 대상을 실감나게 표현해 주므로,<sup>38</sup> 경험적으로 다루기 어려운 탐구 대상에 대한 이해를 돕기에 적절하다.<sup>39,40</sup> 물질 영역에서는 눈으로 직접 볼 수 없는 비가시적인 입자의 개념을 다루기 때문에 분석틀에서 제외하였다.

이러한 과정을 통해 수정보완된 물질 영역의 과학적 모형 분석틀은 다음과 같이 정리된다.

#### ●표상양식(mode of representation):

- 활동 모형(action model): 둘 이상의 변인들의 관계를 보이기 위하여 특정한 변인을 조작하면서 다른 변인의 변화를 관찰할 수 있도록 하는 모형, 예) 잉크의 확산 실험, 압력에 따른 기체의 부피 변화 실험

- 비유적 모형(analogical model): 어떤 대상을 그것과 유사한 다른 것의 모습이나 성질을 이용하여 표상한 모형, 예) 상태변화에 따른 분자의 거리변화, 공 모형으로 나타낸 상태변화

- 상징적 모형(symbolic model): 언어, 선과 점, 색, 숫자, 부호 등 상징적 의미를 내포하는 약속된 기호 체계를 통하여 어떤 대상이나 대상들 사이의 관계를 표현한 모형, 예) 상태변화를 나타내는 표, 상태변화를 나타내는 그래프

- 이론적 모형(theoretical model): 이론을 설명하기 위해 만들어가는 모형 또는 현상을 설명하기 위해 만들어진 모형

#### ●표상 속성(attribute of representation):

- 정적 모형(static model): 전체나 부분이 움직이지 않고 어떤 사물이나 상태, 과정, 아이디어 등을 표상하는 모형, 예) 물질의 상태변화를 나타내는 그림, 상태변화를 나타내는 그래프.

- 동적 모형(dynamic model): 대상이 되는 물질의 실제 움직이거나 발생하는 모습을 표상한 모형, 예) 공 모형을 통해 분자운동을 나타낸 그림 또는 물질의 움직임을 나타 그림

#### 교과서 별 제시된 모형의 유형별 분석

2007 개정 과학과 교육과정 중학교 1학년 과학 교과서 물질 영역에는 물질의 세 가지 상태, 분자의 운동, 상태변화와 에너지 등을 다루고 있다. 이 세 단원은 화학의 여러 개념을 이해하는데 필수적인 물질의 입자 개념이 처음 도입되는 단계로, 학생들이 일상생활에서 접하는 거시적인 현상들을 분자의 배열이나 운동과 같은 미시적 관점에서 이해하는 것을 목표로 한다. 각 주제들에 대한 학생들의 개념 이해를 돕기 위해서는 눈에 보이지 않는 분자의 움직임을 가시화하는 유용한 도구 중 하나인 모형을 이용한다. 따라서 과학 교과서에 제시된 모형들의 표상 양식과 속성을 분석하고, 각 모형이 해당하는 개념의 이해를 도울 수 있도록 제시되었는지 그 특성을 알아보았다.

#### 교과서 별로 제시된 모형 비교:

2007 개정 과학과 교육과정 중학교 1학년 과학 교과서 11권에 제시된 다양한 모형을 분석틀을 사용하여 분석한 결과 Table 2과 같은 결과를 얻었다.

#### a. 교과서 별 표상 양식의 빈도 분석

Table 2에 의하면, 교과서 별 사용되어지는 표상 양식 모형을 분석한 결과로 대부분의 교과서에서 비유 모형(156개, 37.2%)과 활동 모형(152개, 36.3%)을 많이 사용하고 있었으며, 그 다음으로는 상징적 모형(83개, 19.8%), 이론적 모형(28개, 6.7%) 순으로 나타났다.

중학교 1학년 물질 영역에서는 물질의 입자 개념이 도입되어 학생들이 일상생활에서 접하는 거시적인 현

Table 2. Frequency of types of models

|                             |                   | Text |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | total |
|-----------------------------|-------------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Type                        | Text              | A    | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I  | J  | K  |       |
|                             |                   | A    | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I  | J  | K  |       |
| Mode of representation      | action model      | 12   | 10 | 17 | 12 | 16 | 11 | 12 | 16 | 12 | 21 | 13 | 152   |
|                             | analogical model  | 19   | 16 | 9  | 12 | 15 | 12 | 15 | 16 | 16 | 14 | 12 | 156   |
|                             | symbolic model    | 9    | 9  | 7  | 10 | 5  | 6  | 6  | 9  | 8  | 6  | 8  | 83    |
|                             | theoretical model | 2    | 0  | 5  | 0  | 1  | 6  | 3  | 4  | 4  | 3  | 0  | 28    |
|                             | total             | 42   | 35 | 38 | 34 | 37 | 35 | 36 | 45 | 40 | 44 | 33 | 419   |
| Attribute of representation | static model      | 15   | 12 | 14 | 11 | 8  | 16 | 15 | 13 | 17 | 15 | 11 | 147   |
|                             | dynamic model     | 27   | 23 | 24 | 23 | 29 | 19 | 21 | 32 | 23 | 29 | 22 | 272   |
|                             | total             | 42   | 35 | 38 | 34 | 37 | 35 | 36 | 45 | 40 | 44 | 33 | 419   |

상들을 분자의 배열이나 운동과 같은 미시적 관점에서 이해하도록 한다. 그러나 분자는 직접적으로 만져 보거나 눈으로 확인하지 못하는 추상적인 개념으로 학생들이 이와 관련된 개념들을 이해하는데 많은 어려움을 겪고 있다.<sup>33</sup> 이를 돕기 위해 교과서의 많은 부분에서 비유 모형을 사용하며, 이것은 사전 지식에 기반을 두고 능동적인 지식 구성을 강조하는 구성주의적 관점에 기초한다.

첫째, 물질 영역에서는 비유적 모형과 활동 모형을 많이 사용하고 있었다. 비유 모형의 사용은 학습자가 새로운 정보들을 구조화하여 인지구조를 변형시키도록 도와줌으로써 학습의 효율을 높이므로, 교육적 활용이 강조되고 있다.<sup>41,42</sup> 즉 추상적이고 미시적인 개념을 많이 다루는 과학 교과서에서는 비유를 사용하여 학생들에게 쉽고 재미있게 학습할 수 있도록 돕는다. 또한 비유를 통한 개념 학습은 구체적 조작 단계의 학습자에게 더 효과적이라는 연구 결과를 얻었다.<sup>43,44</sup> 이러한 결과를 바탕으로 물질 영역에서는 많은 부분을 비유 모형을 통해 나타내고 있음을 볼 수 있었다.

둘째, 각각의 교과서에서 활동 모형이 많이 사용되고 있었다. 실험은 과학 법칙과 이론을 ‘시각화’함으로써 과학에 대한 학생의 이해를 향상시키고 개념 발달을 증진시키며, 학생들이 ‘이론’을 예시 또는 증명하거나 확증할 수 있다. 또한, 실험은 과학 학습 동기를 부여하고 호기심과 흥미, 열정을 불러일으키며, 학습자가 내용을 기억하

도록 돕고, 고정시키는 역할을 한다. 그리고 실험은 조작 기능이나 수공 기능, 그리고 관찰, 측정, 예상, 추리와 같은 과학 탐구 과정의 기능을 발달시키며, 학생들의 의사소통, 상호작용, 협동과 같은 기능을 향상시킨다.<sup>45</sup>

셋째, 상징적, 이론적 모형은 학생들에게 두 변인의 관계를 학습하는데 도움이 될 것이다. 그러나 다른 모형에 비교하여 상대적으로 적은 내용이 포함된 이론적 모형은 학생들에게 사고 확장의 기회를 제한할 것이라 사료된다. 이론적 모형에 대한 보다 적극적인 검토가 필요하겠다.

#### b. 교과서 별 표상 속성 빈도 분석

교과서 별 표상 속성을 분석한 결과 동적 모형(272개, 64.9%)이 정적 모형(147개, 35.1%)에 비해 더 높은 빈도를 차지하고 있음을 볼 수 있었다. 평면적인 것만 제시할 수 있는 교과서의 한계점을 볼 때 정적인 모형이 많이 제시되고 있어야 하지만, 세 단위에서는 분자의 운동이나 배열을 다루고 있기 때문에 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 움직임을 표현할 수 있는 동적 모형 많이 사용되고 있었다.

#### c. 동일 개념을 다른 모형으로 설명

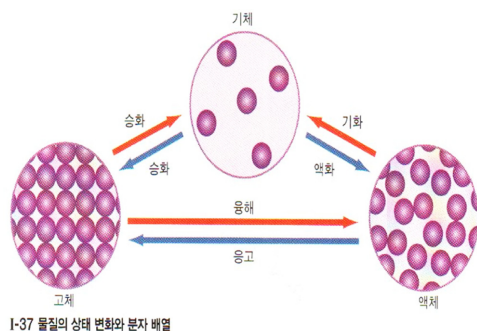
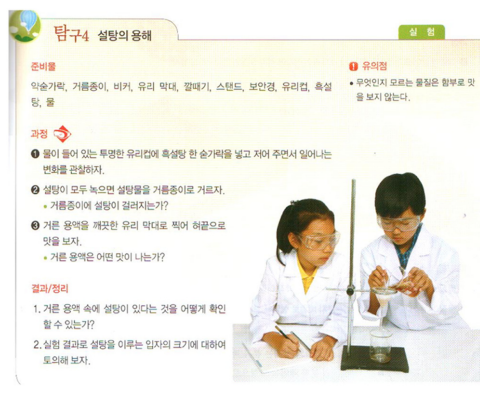
교과서 별 사용되는 모형을 분석하는 과정에서 동일 개념을 설명하는데 다른 모형을 사용하는 사례들이 조사되었다(Table 3).

동일 개념을 설명하기 위해 교과서에 다양한 모형을 제시된 경우는 Table 4와 같이 모형의 추상성이 높아지는 순

Table 3. Frequency of models explaining in the same concepts

|                          | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Molecule arrangement     | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 5 | 2 |
| Evaporation              | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Diffusion                | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Volume changes           | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| Energy changes           | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Change of State & Energy | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 |

Table 4. Examples for textbooks

Molecule  
arrangement

Diffusion

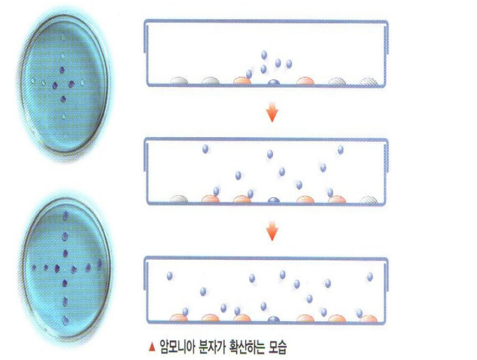
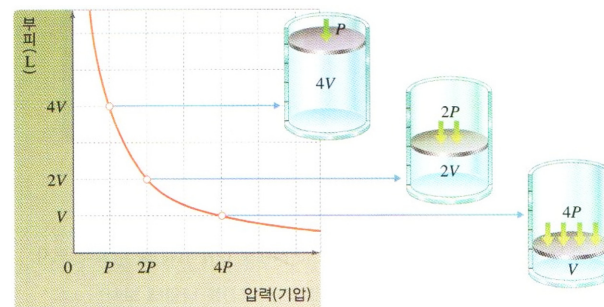
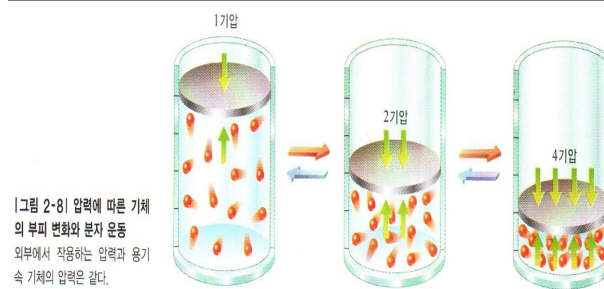
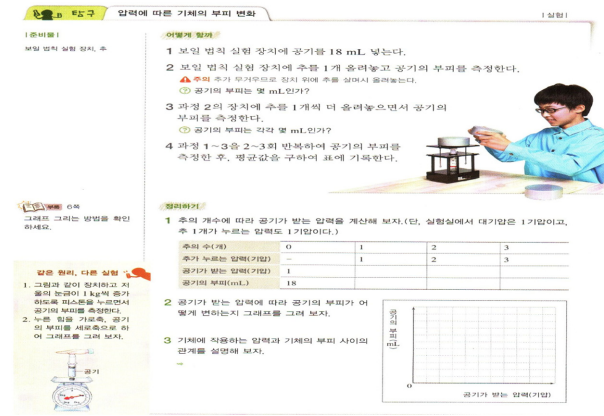


Table 5. Examples of volume changes



I-37 압력에 따른 기체의 부피 변화. 압력이 5P일 때 이 기체의 부피는?

서로 체계적으로 사용되고 있었다.<sup>12</sup> 이것은 구체적 조작 단계에 머물고 있는 학생들에게 구체적이고 실제적인 모형을 통해 과학에 대한 호기심을 불러일으킨 후 점차적으로 추상적이고 상징적 모형들을 사용하여 제시된 개념을 학습하기 위한 것으로 사료된다. 그리고 한 가지 개념에 대해 각기 다른 모형이 연관되어 나타날 때, 모형이 지닌 한계점을 상호보완해 줄 수 있다.<sup>46-48</sup> 교과서 A의 경우 ‘물질의 세 가지 상태’ 단원에서 상태에 따른 분자 배열을 활동모형인 실험을 제시한 후, 분자를 공에 비유한 비유 모형을 사용하여 분자의 움직임을 이해할 수 있도록 제시하였다(Table 4).

교과서 ‘압력에 따른 기체 부피의 변화’ 단원에서 제시하고 있는 모형의 예시이다(Table 5).



## 결론 및 제언

본 연구에서는 우리나라 중학교 1학년 과학 교과서 물질 영역에 제시되는 과학적 모형을 조사하여 유형별로 정의하고 분석함으로써 교과서 개발 및 과학교수학습에 대한 기초 자료로 제공하고자 하였다. 본 연구의 결과를 종합하여 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 모형에 대한 기존 연구들을 바탕으로 물질 영역에 맞도록 과학적 모형의 분석틀을 개발하였다. 모형의 분류 기준을 표상 양식과 표상의 속성으로 두고 구별하였다. 표상 양식은 활동 모형, 비유적 모형, 상징적 모형, 이론적 모형으로 구분하였고, 표상의 속성은 정적 모형과 동적 모형으로 구분하였다. 물질 영역에 맞게 개발되어진 과학적 모형의 분석틀을 사용하여 중학교 1학년 과학교과서 물질영역에 있는 모형의 유형과 빈도수를 분석하였다.

둘째, 교과서 별로 제시된 모형의 유형과 빈도수를 분석한 결과 활동 모형과 비유 모형 가장 많이 사용되는 것을 볼 수 있었다. 교과서라는 매체의 특성이 상징적 모형을 표상하기에 용이한 측면이 있지만, 물질 영역에서는 비유적 모형과 활동 모형을 많이 사용하고 있었다. 학생들에게 추상적인 개념을 친숙하고 가시적인 비유와 활동을 이용하여 학습을 진행하고자 하는 것은 바람직한 접근이라 사료된다. 학생들이 다양한 유형의 표상을 이용하고 직접 모형을 구성하고, 그에 대한 실질적인 학습 효과를 조사하는 것과 같은 모형 유형별로 적합한 교수 전략에 대한 연구 또한 필요할 것이다.<sup>12,16</sup>

셋째, 교과서 별 표상의 속성 빈도를 분석한 결과, 정적 모형에 비해 동적 모형이 많이 사용되는 것을 볼 수 있었다. 교과서라는 매체의 특성상 동적 모형을 제시하는 것이 어렵지만, 물질 영역의 입자라는 개념을 설명하기 위해서는 움직임을 표현 할 수 있는 동적 모형을 사용하는 것이 효과적이다. 여러 가지 동적 모형 중 학생들이 효과적으로 입자의 개념을 습득할 수 있는 것을 조사하고 수 정보완의 작업을 거쳐 학생들의 이해를 돕는 모형이 교과서에 제시될 수 있도록 자료를 제공할 것이다.

**Acknowledgements.** 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 210-32A-B00202).

## REFERENCES

- Gilbert, J. K. *Visualization in science education*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2005.
- Kress, G.; Jewitt, C.; Ogborn, J.; Tsatsarelis, C. *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*; Continuum: London, UK, 2001.
- Lemke, J. Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In *Reading science: Critical and functional perspectives on discourse of science*; Martin, J. R.; Veal, R., Eds.; Routledge: New York, USA, 1998.
- Harrison, A. G.; Treagust, D. F. *Science Education* **1996**, 80(5), 509.
- Harrison, A. G.; Treagust, D. F. *International Journal of Science Education* **2000**, 22(9), 937.
- Gibson, H. L.; Rea-Ramirez, M. A. *Keeping the Inquiry in Curriculum Designed To Help Students' Conceptual Understanding of Cellular Respiration*. ERIC Document Reproduction Service (ED), **2002**, 465.
- Park, J.; Cho, H. *The Korean Association for Science Education* **1986**, 6(2), 35.
- Arnaud, M. W.; Mintzes, J. J. *Science Education* **1985**, 69(5), 721.
- Chi, M. T. H. *Journal of the Learning Science* **2005**, 14(2), 161.
- Collins, A.; Stewart, J. *The American Biology Teacher* **1989**, 51(3), 143.
- Kim, M.; Kim, H. *The Korean Journal of Biology Education* **2007**, 35(3), 407.
- Kim, H.; Kim, S.; Lee, S.; Kim, H. *The Korean Journal of Biology Education* **2001**, 29(1), 57.
- Clement, J. *International Journal of Science Education* **2000**, 22(9), 1041.
- Ainsworth, S. The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In *Visualization: Theory and practice in science education*; J. K. Gilbert, M. Reiner, and M. Nakhled, Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2008; p 191.
- Buckley, B. C.; Boulter, C. J. Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In *Developing models in science education*; J. K. Gilbert, C. J. Boulter, Eds.; Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 2000; p 119.
- Gobert, J. D. *International Journal of Science Education* **2000**, 22(9), 937.
- Rapp, D. N.; Kurby, C. A. The 'ins' and 'outs' of learning: Internal representations and external visualization. In *Visualization: Theory and practice in science education*; J. K. Gilbert, M. Reiner, M. Nakhleh, Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2008; p 295.
- Lee, Y. *Analysis of Pictorial Materials in Middle School Science Textbook The Graduate School*; Seongunkwan University: 2008.
- Lee, H. *Students' recognition of Illustrations in Science Textbook : Focusing on Dynamics Unit of the Next Generation Textbook The Graduate School*; Hanyang University: 2010.
- Cho, Y.; Kwon, C. *Elementary Science Education* **2005**, 24(5), 546.
- Yoon, H.; Yoon, W.; Woo, A. *Research Institute of Cur-*

- riculum Instruction* **2011**, 15(3), 757.
22. Gobert, J. D.; Clement, J. J. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, 26(1), 39.
23. Raia, F. *Students' Journal of Geoscience Education* **2005**, 53(3), 297.
24. Abraham, M. R.; Williamson, V. M.; Westbrook, S. L. *Journal of Research in Science Teaching* **1994**, 31(2), 147.
25. Nakhleh, M. B. *Journal of Chemical Education* **1992**, 69(3), 191.
26. Haidar, A. H.; Abraham, M. R. *Journal of Research in Science Teaching* **1991**, 28(10), 919.
27. Walker, B. J.; Wilson, P. T. *Using guided imagery to teach science concepts*. Eric Document Reproduction Service Number (ED), **1991**, 331022.
28. Byun, S.; Kim, K.; Choi, S.; Noh, T.; Cha, *The Korean Association for Science Education* **2007**, 27(7), 631.
29. Ardac, D.; Akaygun, S. *Journal of Research in Science Teaching* **2004**, 41(4), 317.
30. Lee, K. The 7th Summary of Curriculum, In-service teacher program, 1998.
31. Choi, W. The 7th Summary of Curriculum for Middle School Mathematics. Graduate School of Education, Kunkuk University, 2004.
32. Blystone, R.; Dettling, B. What Research Says to the Science Teacher: The Process of Knowing. In *Visual literacy in science textbooks*; Rowe, M. B.; Ed.; National Science Teachers Association: Washington, DC; 1990; Vol. 6, p 19.
33. Harre, R. *The philosophies of science*, 2nd eds.; Oxford, UK: Oxford University Press: 1985, p 230.
34. Bailey, D. K. *Methods of social research*, 4th ed.; The Free Press: New York, 1994.
35. Oh, P.; Jeon, W.; Yoo, J. *Korean Earth Science* **2007**, 28(4), 450.
36. Kim, M.; Kim, H. *J. Korean Association for Science Education* **2009**, 29(4), 423.
37. Choi, J. *Development of Classification Framework for Scientific Models of Chemistry Education and Analysis of the Understanding of Students and Teachers about Example Models*; Graduate School of Education, Korean National University of Education: 2010.
38. Gabel, D. L.; Sherwood, R. D. *Science Education* **1980**, 64(5), 709.
39. Lin, H.; Shiao, B.; Lawrenz, F. *Research in Science Education* **1996**, 26(4), 495.
40. Cho, H. *The Korean Association for Science Education* **1992**, 12(1), 61.
41. Lee, M. *Analysis of Scientific Models and Necessity of Multiple Models in the Astronomy Domain of the 3rd-10th Grade Science Textbooks*; The Graduate School, Seoul National University: 2008.
42. Harrison, A. G.; Treagust, D. F. *Journal of Research in Science Teaching* **1993**, 30(10), 1291.
43. Treagust, D. F.; Duit, R.; Joslin, P.; Lindauer I. *International Journal of Science Education* **1992**, 14(4), 413.
44. Baker, V. R. *GSA Bulletin* **1999**, (5), 633.
45. Reynolds, S. J.; Johnson, J. K.; Pibuvrn, M. D.; Leedy, D. E.; Cohan, J. A.; Busch, M. M. *Visualization in undergraduate geology courses*. In J. K. Gilbert (Eds.), *Visualization in science education*, 2005, 253-266. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
46. Choi, K. *A Study on the Actual Situation of Science Education and Physics Demonstration in High Schools*; Graduate School of Education, Kangwon National University: 2004.
47. Duit, R. *Science Education* **1991**, 75(6), 649.
48. Thiele, R. B.; Treagust, D. F. *The Australian Science Teachers Journal* **1991**, 37(2), 4.