



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2012년 2월  
석사학위 논문

중학교 1학년 과학 교과서 물질  
영역의 과학적 모형 유형 분석

조선대학교 대학원

자연교육학과(과학교육학전공)

김 애 정

중학교 1학년 과학 교과서 물질  
영역의 과학적 모형 유형 분석

Analysis of Scientific Models in Middle School Science  
Textbooks for the 7th Grade: Area of Matter

2012년 2월 24일

조선대학교 대학원

자연교육학과(과학교육학전공)

김 애 정

중학교 1학년 과학 교과서 물질  
영역의 과학적 모형 유형 분석

지도교수 박 현 주

이 논문을 교육학 석사학위신청 논문으로 제출함

2011년 10월

조선대학교 대학원

자연교육학과(과학교육학전공)

김 애 정

# 김애정의 석사학위논문을 인준함

위원장      조선대학교 교수      노봉오 (인)

위    원      조선대학교 교수      윤석진 (인)

위    원      조선대학교 부교수      박현주 (인)

2011년 11월

조선대학교 대학원

# 목 차

표목차 .....	ii
그림목차 .....	iii
ABSTRACT .....	iv
I. 서 론 .....	1
A. 연구의 필요성 및 목적 .....	1
B. 연구 내용 .....	3
C. 용어의 정의 .....	4
II. 이론적 배경 .....	5
A. 모형의 정의 .....	5
B. 선행 연구 .....	6
III. 연구방법 .....	9
A. 연구 과정 및 절차 .....	9
B. 연구 대상 .....	10
C. 자료 수집 및 분석 .....	11
D. 연구의 제한점 .....	13
IV. 연구결과 및 논의 .....	14
A. 물질 영역에 제시된 모형의 유형 및 특성 .....	14
B. 교과서 별 제시된 모형의 주제별 분석 .....	18
V. 결론 및 제언 .....	29
참고문헌 .....	31

## <표 목차>

<표 1> 연구 대상으로 사용된 중학교 1학년 과학교과서 .....	10
<표 2> 모형 관련 선행 연구 및 모형의 유형 분석 .....	11
<표 3> 교과서에 사용된 과학적 모형을 분석한 틀의 예시 .....	13
<표 4> 물질 영역의 과학적 모형의 분류 틀 .....	15
<표 5> 물질 영역의 과학적 모형의 분류 틀 예시 .....	16
<표 6> 교과서 별 제시된 모형 비교 .....	18
<표 7> 동일 개념을 설명하는 다른 모형 사용 빈도 분석 .....	21
<표 8> 동일 개념을 설명하는 다른 모형 사용 예시 .....	22
<표 9> 주제 별 모형의 유형 빈도 .....	25

## <그림 목차>

<그림 1> 연구 과정 및 절차 .....	9
<그림 2> 물질의 세 가지 상태 단원에서 사용되는 모형의 예 .....	26
<그림 3> 분자의 운동 단원에서 사용되는 모형의 예 .....	27
<그림 4> 상태변화와 에너지 단원에서 사용되는 모형의 예 .....	28

# ABSTRACT

## Analysis of Scientific Models in Middle School Science Textbooks for the 7th Grade: Area of Matter

Kim, Aejung

Advisor : Prof. Park HyunJu.

Department of Science Education

Graduate School of Chosun University

This study aims to classify analysis of scientific models and to be used as a database that enables to consider various models in middle school science textbooks for the 7th grade : Area of Matter for developing lesson plans and textbook organization by investigating and analyzing total frequency. As to 11 middle school science textbooks for the 7th grade according to the revised 7th national science curriculum, the types and characteristics of model presented on three chapter : 'three states of material', 'movement of molecule', 'change of state and energy' are investigated and also the classification frame of scientific model is presented. This classification frame is divided into two major factors : 'mode of representation' and 'attribute of representation'. 'Mode of representation' is composed of 'action model', 'analogical model', 'symbolic model' , 'theoretical model' and then 'attribute of representation' consists of 'static model', 'dynamic model' respectively. Through this frame of classification, the type and frequency of models presented in textbooks were analyzed.. The result shows that the frequency of 'action model' and 'analogical model' is the most high in 'mode of representation', and that 'dynamic model' in 'attribute of representation'. Area of matters deals with conception of molecules and aims for students to

understand the arrangement and movement of molecule microscopically about macroscopic state in a daily life. However, students who are still in a concrete operational stage have difficulty in understanding conception of molecules which is abstract and invisible. Therefore, efforts to develop various models visualizing movement of molecules are required. Thus, this study can 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.

# I. 서론

## A. 연구의 필요성 및 목적

최근 과학 교육 분야에서는, 전문적인 과학 연구자들이 다양한 표상을 이용하여 의미를 형성한다는 인식에 기초하여, 여러 가지 표상 형식을 활용한 교수-학습 활동이 이루어져 학생들의 개념 이해를 도와야 한다는 주장이 있다(Gilbert, 2005; Kress et al., 2001; Lemke, 1998). 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(Harrison & Treagust, 1996; 2000).

Gilbert(1993)는 모형이 ‘과학의 주요 산출품의 하나’임과 동시에 ‘과학 방법론에서 주요한 요소’이므로, ‘과학 교육의 주요한 학습(교수)도구’라고 하였다. 과학 연구에서 활용되는 모형은 구체적인 현상과 추상적인 개념을 연결짓는 다리와도 같은 역할을 하는 것으로, 이러한 모형을 학교의 수업에 이용하면 학생들이 과학에서 다루는 현상과 이론들을 연계지어 개념을 쉽게 이해할 수 있다. 따라서 모형은 과학 프로그램의 주요한 요소이다(Gibson & Rea-Ramirez, 2002). 교사들은 모형을 이용하여 학생들에게 어렵거나 친숙하지 않은 개념들을 이해하도록 도와야 한다(박종석, 조희형, 1986; 정완호, 차희영, 1994; Amaudin & Mintzes, 1985; Chi, 2005; Collins & Stewart, 1989; Gibson & Rea-Ramirez, 2002).

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(김미영, 김희백, 2007; 김희백 등, 2001; Clement, 2000). 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(Ainsworth, 2008; Buckley &

Boulter, 2000; Gobert, 2000; Rapp & Kurby, 2008). 즉 학생들이 어렵거나 친숙하지 않은 개념을 이해하는데 여러 가지 표상들을 활용하여 학생들의 개념 이해를 도와야 한다(Gilbert, 2004; Lemke, 1998).

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. 예를 들면, 기존 교과서 관련 연구는 텍스트, 삽화, 교육과정의 변천, 교과서에 관한 학생의 인식과 교사들의 인식, 평가 도구 등에 관한 연구가 주로 진행되고 있다. 과학교육의 모형 관련 연구는, 기초적인 단계로서, 모형의 유형 및 교과서에 제시된 모형들의 빈도 분석이 지구과학 영역과 생물 영역에서 제한적으로 이루어지고 있는 것을 볼 수 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(Gobert & Clement, 1999, Raia, 2005).

생물 영역에서는 순환계 모형을 이용하여 각 기관으로 혈액이 분배되는 과정이나 혈액과 조직세포 사이의 물질 교환 기작은 추상적이고 역동적인 과정의 복잡한 상호 작용 시스템을 설명한다. 특히 유전 개념과 같은 추상적이고, 세포·생식·발생 등의 다른 개념들과 밀접하게 연관된 복잡한 개념은 모형을 사용하여 설명하는 것이 효과적이다(박종석, 조희형, 1986; 정완호, 차희영, 1994; Amaudin & Mintzes, 1985; Chi, 2005; Colins & Stewart, 1989). 이와 같이 몇몇의 과학 분야에서는 모형을 사용한 수업이 과학 개념을 쉽게 학습할 수 있다고 주장하고 있다. 이러한 결과를 바탕으로 볼 때, 모형이 과학 개념을 효과적으로 설명하고 있고, 물질 영역에서도 과학적 모형을 사용하여 과학 개념을 설명하는 것이 효과적일 것이라고 사료된다.

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(배태수, 1990; Abraham, et, al., 1994; Nakhleh, 1992; Haidar & Abraham, 1991). 화학 개념 또는 자료를 접하는 학생들은 추상적인 용어나 비가시적인 입자적 현상이 일상적인 경험과 쉽게 연관되어지지 않기 때문에 갈등을 겪는다(Walker & Wilson, 1991).

중학교 1학년 과학 중 물질 영역의 ‘물질의 세 가지 상태,’ ‘분자의 운동,’ ‘상태변화와 에너지’ 단원은 물질의 입자적 개념이 처음 도입되는 단계로, 학생들이 일상 생활에서 접하는 거시적인 현상들을 입자의 배열이나 운동과 같은 미시적 관점에서 이해하는 것을 목표로 한다(변순화 등, 2007; Harrison & De Jong, 2005). 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(Ardac & Akaygun, 2004). 그러므로, 비가시적이고 추상적인 개념을 다루고 있는 물질 영역은 교과서에 다양한 모형을 제시함으로써 학생들이 입자 수준의 과학 개념을 학습할 수 있도록 도와야 한다.

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.

## B. 연구 내용

본 연구의 목적은 우리나라 중학교 1학년 과학 교과서 물질 영역에 제시되는 과학적 모형을 조사하여 유형별로 정의하고 분석함으로써 모형을 이용한 교과서 개발 및 과학교수학습에 대한 기초 자료로 제공하고자 한다. 구체적인 연구내용은 다음과 같다.

첫째, 중학교 1학년 과학 교과서 물질 영역에 제시된 모형을 조사하여 유형 및 특성을 분석하여 과학적 모형 분류 틀을 개발한다.

둘째, 과학적 모형 분류 틀을 사용하여 중학교 1학년 과학 교과서 물질 영역의 모형을 유형별로 빈도수를 조사하고 분석한다.

## C. 용어의 정의

### 1. 모형

모형은 표현하고자 하는 대상(target)의 특징을 표상하는 사물이나 기호, 그림(image) 또는 그 체계를 의미한다(이미에, 2008).

### 2. 과학적 모형

과학적 모형(model)은 어떤 사물이나 자연 현상, 과정, 과학적인 아이디어를 기술하고 설명하며, 새로운 현상을 예측하는 기능을 한다. 또는 그 체계를 표상하고, 과학적 탐구 과정의 방향을 제시하는 것으로 정의된다(Buckely & Boulter, 2000; Gilbert & Boulter, 2000; Gilbert et al., 1998; Halloun, 2004; Shen & Confrey, 2007).

## II. 이론적 배경

### A. 모형의 정의

모형은 Harrison & Treagust (1996; 2000), Gilbert (2004), 이미에 (2008) 등에 의해 다양하게 정의 되었으며, Bailey (1994)는 모형의 범주를 분류하고 있다.

Harrison & Treagust (1996; 2000)는 모형을 자연적 현상이나 과정을 묘사하는 일련의 아이디어들을 표현한 것으로 정의하고, 여기에는 구체적 대상이나 과정을 언어적 또는 시각적 실체들로 나타낸 것, 수학적 알고리즘, 문제해결 과정, 비유적 교수 모형 등을 포함한다. Gilbert (2004)는 모형을 추상적인 실체를 시각화하며 실험 결과를 해석하기 위한 기초를 제공하는 것, 또는 설명을 할 수 있는 것을 과학적 모형으로 정의하였다. 이미에 (2008)는 과학 지식을 모형으로 표현한 표상을 나타내며, 교과서에 나타난 모형 중 과학적인 개념을 담고 있는 모형을 과학적 모형이라고 정의하였다.

Bailey (1994)는 모형의 범주를 개념적 유형과 경험적 유형, 조작적 유형으로 나누어 제안하였다. 개념적 유형은 다이어그램, 언어적 비유, 태양계 모형, 분자 모형들로 구성 되고, 경험적 유형은 경험적 자료로부터 나온 실제 사례를 묶어서 형성한 것으로 빛의 굴절, 눈의 모형이나 소화계를 설명하는 그림 등으로 구성된다. 조작적 유형은 개념적 유형과 경험적 유형을 둘 다 고려하여 나타낸 표상을 의미한다.

모형은 복잡한 현상을 단순하게 묘사하는 과정에서 실체의 표상으로 기능하고 (Gilbert, 2004), 학교 교육 방법의 다양화에 활용할 수 있으며, 학생들의 흥미와 학습 동기 유발에 좋은 매체가 된다. 또한 미시적 세계의 이해가 빨라지며, 잘못된 개념을 쉽게 탈피할 수 있고, 과학 모형 교육을 통하여 올바른 개념을 정립시킬 수 있다. 구체적인 현상과 추상적인 개념을 연결짓는 다리와도 같은 역할을 하며, 학생들이 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(Ainsworth, 2008; Buckley & Boulter, 2000; Gobert, 2000; Rapp & Kurby, 2008).

## B. 선행연구

선행연구는 모형을 정의하고 규정하는 연구(Harrison & Treagust, 1998; Roth et al, 1999), 모형 분류 틀을 통한 교과서 분석연구(오필석, 2007; 김미영, 2009; 최정현, 2010)들이 주로 이루어졌다.

Harrison & Treagust (1998)은 모형을 정보 모형, 개념 모형, 다개념-과정 모형으로 크게 세 범주로 구별하였다.

첫째, 정보 모형은 구체적인 모형과 구체적/추상적 모형으로 이들은 모두 실체를 표현하기 위해 구성되었으며, 그 종류로는 크기 모형과 교육적 비유 모형이 있다. 크기 모형은 구체적이고 관찰이 가능한 실체에 대해 색, 외형, 외부 구조 등을 묘사하고 자세한 내부나 기능 및 용도는 나타나지 않으며 실체와 같은 재료로 구성하지도 않는다. 교육적 비유 모형은 원자나 분자와 같이 관찰이 되지 않는 실체를 가르치기 위하여 사용되므로 교육적이며 목표하는 대상과 정보를 공유하므로 비유 모형이며, 이 경우 하나 또는 둘 이상의 강조하고자 하는 부분이 과장되게 표현되는 특징이 있다.

둘째, 개념 모형은 추상적인 모형으로 이론을 전달하도록 구성된 것이며, 기호와 상징 모형, 수학적 모형, 이론적 모형으로 구성되었다. 기호와 상징 모형은 화학식이나 화학 반응식과 같이 기호를 사용하여 개념을 전달하며, 각각 화학 성분이나 화학 반응을 보여준다. 수학적 모형은 개념적인 관계를 표현하는 그래프와 수학적 방정식 등으로 물리적 성질이나 변화 그리고 과정을 설명하며 실제 상황을 수학적으로 표현한다. 이론적 모형은 전자기력선과 같이 추상적인 이론적 개념을 설명하기 위한 것이며, 이론적인 실체를 묘사하는 인간의 구성물이다. 이 중 수학적 모형과 이론적 모형이 단일 개념을 전달하는 모형 중에서 가장 추상적이다.

셋째, 다개념-과정 모형은 여러 가지 개념과 과정들을 묘사하는 모형으로 지도·도형·표 모형, 개념-과정 모형, 모의실험으로 구성되었다. 지도·도형·표 모형은 기후도, 주기율표, 신경계, 회로도 등 직접 관찰되지 않는 물체나 패턴, 경로, 관계 등을 쉽게 볼 수 있도록 하는 모형이다. 개념-과정 모형은 산과 염기의 산화 환원 모형, 빛의 굴절과 같이 개념이 과정인 경우 사용하는 모형이다. 모의실험은 동적인 모형으로 지구 온난화, 인구 변화 등과 같이 복합적이고 복잡한 과정을 모형화 한 것이다.

Roth et al (1999)은 교과서에 제시된 모형들에 대하여 구체적이고 매우 세밀하게 표현된 것에서부터 보다 추상적이고 세밀하지 않은 것에 이르는 연속성 상에 사진, 자연스러운 그림, 지도-다이어그램, 그래프-표, 등식 등을 순서대로 나열하여

그 속성을 구분하였다.

오필석 (2007)은 하나의 과학적 모형을 세 가지 차원에서 표상매체, 표상 방법, 모형의 가동성으로 구분하였다. 표상 매체란 모형의 구현을 가능케 하는 매개체를 뜻하며, 이 차원에서는 과학적 모형을 언어-문장적 모형, 기호 모형, 평면적 그림 모형, 입체적 물질 모형, 몸짓 모형, 그리고 컴퓨터 모형으로 분류하였다. 또 모형이 어떤 대상을 표상할 수 있게 하는 방법이나 원리의 측면의 표상 방법에서는 이론적 모형, 수학적 모형, 도해적 모형, 모상 모형, 유비 모형을 구별하였다. 모형의 가동성이라는 차원에서는 과학적 모형을 정적 모형, 동적 모형, 조작적 모형으로 분류하였다. 이와 같이 과학적 모형 분류 틀을 개발하여 10학년 과학 교과서 지구 과학 영역에서 사용되고 있는 모형을 분석하였다.

김미영 (2009)은 모형의 분류 기준을 표상 양식과 표상의 속성으로 구분하였다. 표상 양식은 실제적 모형, 몸짓 모형, 비유적 모형, 모상 모형, 상징적 모형, 이론적 모형으로 구분하였고, 표상 속성은 정적 모형과 동적 모형으로 구분하였다. 표상 양식의 실제적 모형은 하나 이상의 재료 물질을 이용하여 어떤 대상이나 과정을 3차원적이고 사실적으로 표현하며, 어떤 대상을 실제로 찍은 사진 등이 포함된다. 몸짓 모형은 몸이나 몸의 일부를 움직여 어떤 대상이나 대상의 변화, 과정을 표현한 것으로, 심장의 박동수 조절, 깃발을 이용한 호르몬 전달, 자극에 대한 반응 실험을 예로 들 수 있다. 비유적 모형은 어떤 대상을 그것과 유사한 다른 것의 모습이나 성질을 이용하여 표상하는 것으로 효소에 대한 자물쇠-열쇠 모형, 온도 자동 조절 장치 등이 있다. 모상 모형은 표상하고자 하는 사물이나 과정을 2차원적 그림이나 스케치 등으로 표현한 것으로 사람의 호흡 기관, 귀의 구조 등이 포함된다. 상징적 모형은 언어, 선과 점, 색, 숫자, 부호 등 상징적 의미를 내포하는 약속된 기호 체계를 통하여 어떤 대상이나 대상들 사이의 관계를 표현한 것이다. 효소의 작용, 온도조절 장치, 그래프, 수식 등이 포함 된다. 이론적 모형은 이론적인 상황을 설정하여 어떤 사물이나 상태, 과정 등을 표상하며 생식세포의 형성과정과 생식주기 동안 자궁의 변화를 예로 들 수 있다.

표상 속성인 정적 모형은 전체나 부분이 움직이지 않고 어떤 사물이나 상태, 과정, 아이디어 등을 표상하는 것으로, 세포나 인체 내 여러 기관을 나타내는 그림 등이 여기에 속한다. 동적 모형은 대상이 되는 사물이나 과정, 사건이 실제로 움직이거나 발생하는 모습을 표상하는 것이며, 효소의 작용, 혈당량 조절 등을 예로 들 수 있다. 이와 같이 모형의 분류 기준에 따라 분류 틀을 개발하여 7-10학년 과학

교과서 생물 영역에서 사용되는 모형을 조사하고 분석하였다.

최정현 (2010)은 화학적 모형을 추상적 모형과 물리적 모형으로 구분하였다. 추상적 모형은 다시 수학적 모형, 비유 모형, 화학식 모형으로 구분하였고, 물리적 모형은 분자 구조 모형, 입자 모형, 실험적 모형으로 분류하였다.

첫째, 추상적 모형의 경우, 수학적 모형은 이론에 대한 서술적인 표현을 수식이나 그래프 등을 사용하여 변수의 관계를 표현한 것이며, 비유 모형은 어떤 대상을 그것과 유사한 다른 것의 모습이나 성질을 이용하여 나타내었으며 어떤 화학 반응에서 정축매를 사용하는 것은 자동차가 고갯길로 가지 않고 터널을 지나가는 경우가 여기에 속한다. 화학식 모형은 화학에서 많이 사용되는 원소 기호 또는 약속된 기호 체계를 통해 물질의 구성이나 반응을 표현한 것으로 정의된다.

둘째, 물리적 모형의 경우, 분자 구조 모형은 분자의 구조나 모양을 표현하려는 방법으로 그 구조나 모양에 영향을 미치는 전자나 원자의 입체적 배치를 나타내고, 입자 모형은 설명하고자 하는 화학적인 개념이나 현상이 있을 때 미시적 입자 수준으로 그것을 표현한 것이다. 실험적 모형은 어떤 실험의 장치나 과정에 대해 실험 그림 또는 실험의 제반 상황을 나타낸다. 이와 같이 모형 분류 틀을 개발하여 화학 II 교과서에서 사용되는 모형을 분석하고 모형에 대한 교사와 학생들의 이해 유형을 설문과 심층 면담을 통해 알아보았다.

### Ⅲ. 연구방법

#### A. 연구 과정 및 절차

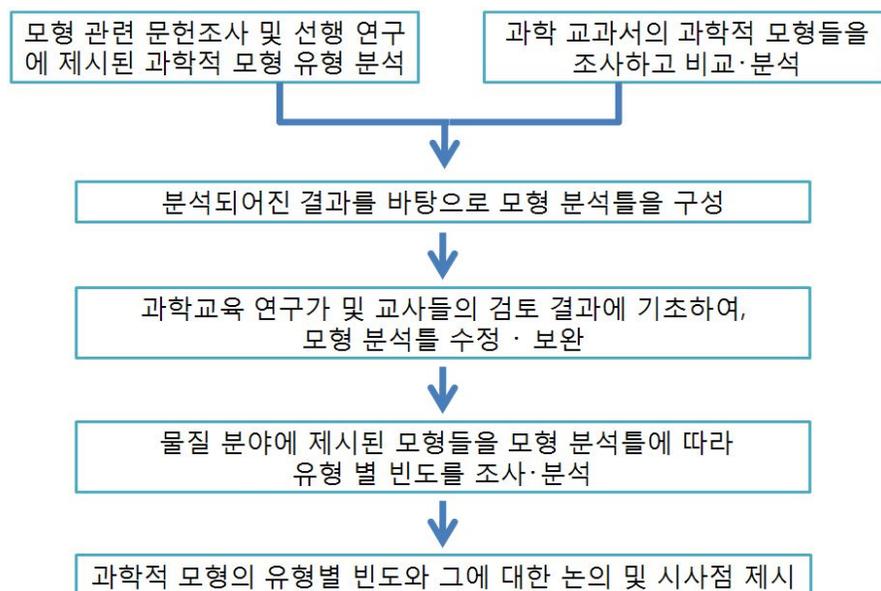
물질 분야의 모형 유형 및 빈도수를 조사하는 과정 및 절차는 다음과 같다.

첫째, 모형 관련 문헌조사 및 선행 연구에 제시된 과학적 모형 유형과 과학 교과서의 과학적 모형들을 조사하고 비교·분석하여, 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.



<그림 1> 연구 과정 및 절차

## B. 연구대상

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. 각 교과서에 제시된 모형들을 분석하고 유형화하여 과학적 모형 분석틀을 구성하였다.

<표 1> 연구 대상으로 사용된 중학교 1학년 과학교과서

출판사	저자	
교학사	박희송 외 15	A
두산동아	김찬중 외 11	B
삼화출판사	육근철 외 12	C
동화사	박봉상 외 8	D
대교	우중옥 외 13	E
비유와 상징	이준용 외 11	F
지학사	심국석 외 11	G
성안당	김영유 외 12	H
미래엔 컬처그룹	전동렬 외 14	I
디딤돌	최정훈 외 12	J
천재교육	유준희 외 11	K

## C. 자료 수집 및 분석

과학 교과서 물질 영역의 과학적 모형 유형 분석은 모형과 관련된 이론 연구와 교과서에 제시된 모형 분석 결과에 근거하여 분류 틀을 개발하였다. 개발되어진 모형의 분류 틀을 이용하여 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 내용을 분석하는 적용 연구 방법으로 진행되었다. 일상생활의 모습으로 현상을 설명하는 삽화나 글을 제외하고 교과서에서 사용되는 모형에 대해서만 분류하였다.

### 1. 선행 연구에 제시된 과학적 모형 유형 분석

아래에 제시된 <표 2>는 기존에 진행되어진 모형 관련 연구와 그에 따른 모형의 유형을 분석 한 것이다.

<표 2> 모형 관련 선행 연구 및 모형 유형 분석

학자 (발표연도)	모형 유형	
Harrison, A. G., & Treagust, D. F.(1998).	정보 모형	크기 모형, 교육적 비유 모형
	개념 모형	기호와 상징 모형, 수학적 모형, 이론적 모형
	다개념-과정 모형	지도·도형·표 모형, 개념-과정 모형, 모의실험
오필석, 전원선, 유정문 (2007).	표상매체	언어-문장적 모형, 기호 모형, 평면적 그림 모형, 입체적 물질 모형, 몸짓 모형, 컴퓨터 모형
	표상방법	이론적 모형, 수학적 모형, 도해적 모형, 상징적 모형, 비유 모형
	모형의 가동성	정적 모형, 동적 모형, 조작적 모형

<표 2> 모형 관련 선행 연구 및 모형의 유형 분석

학자 (발표연도)	모형 유형	
김미영, 김희백 (2009).	표상 양식	실제적 모형, 몸짓 모형, 비유적 모형, 모상 모형, 상징적 모형, 이론적 모형
	표상 속성	정적 모형, 동적 모형
최정현 (2010).	추상적 모형	수학적 모형, 비유 모형, 화학식 모형
	물리적 모형	분자 구조 모형, 입자 모형, 실험적 모형

## 2. 물질영역에 적합한 모형 유형 분석틀 개발

첫째, 과학 교과서에 제시된 과학적 모형들을 조사하고 비교·분석하여 물질영역에 적합한 모형 유형 및 특성을 정리하여, <표 3>과 같이 분석틀을 개발하였다. 둘째, 과학교육 전문가 3명과 대학원생 3명의 검토를 통해 분석틀을 수정·보완하였다. 셋째, 수정·보완되어진 분석틀을 3명의 연구자가 독립적으로 각각의 교과서를 분석한 다음, 서로 불일치한 경우에는 여러 차례의 논의를 거쳐 조정하여 분석의 일관성을 유지하도록 하였다.

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.

<표 3> 교과서에 사용된 과학적 모형을 분석한 틀의 예시

	교과서명 (A)	단원명	소단원명	내용	쪽수	
표 상 양 식	활동모형	물질의 세 가지상태	물질의 상태 변화	기화와 액화	30	
		분자의 운동	스스로 움직이는 분자	증발	49	
		상태 변화와 에너지	상태 변화와 열에너지	흡열 반응	80	
	비유적 모형					
	상징적 모형					
이론적 모형						
표 상 속 성	정적모형					
	동적모형					

#### D. 연구의 제한점

물질 영역에 맞는 과학적 모형의 분류 틀을 개발하는데 있어 중학교 1학년의 부분만 다루어 중·고등학교에서 사용되는 과학적 모형을 전반적으로 분류할 수 있는 틀로 사용하기에는 다소 제한점이 있다.

## IV. 연구결과 및 논의

### A. 물질 영역에 제시된 모형의 유형 및 특성

본 연구에서는 김미영(2009)의 분류 틀을 수정·보완하여 물질 영역에 적합한 새로운 분류 틀을 제안하였다.

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

둘째, 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(2009)의 과학적 모형 분류 틀에서 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.

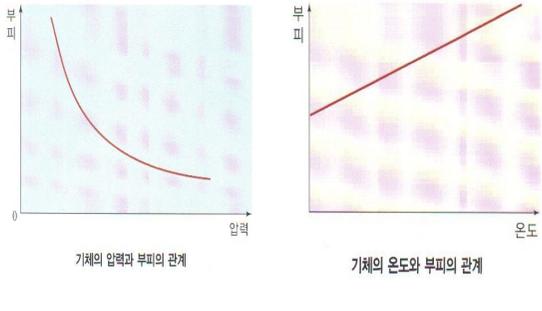
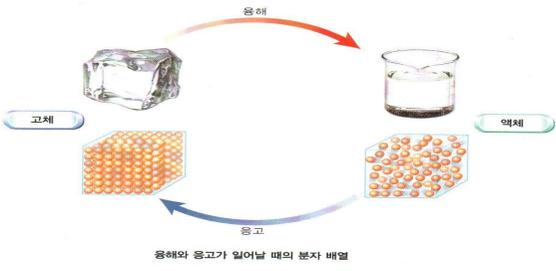
셋째, 모상 모형을 분석 틀에서 제외하였다. 모상 모형은 표상하고자 하는 사물이나 과정, 사건 등과 비슷하게 보이거나 기능함으로써 대상을 실감나게 표현해 줌으로써(Harre, 1985), 경험적으로 다루기 어려운 탐구 대상에 대한 이해를 돕기에 적절하다(Baker, 1999; Reynolds et al., 2005). 물질 영역에서는 눈으로 직접 볼 수 없는 비가시적인 입자의 개념을 다루기 때문에 분류 틀에서 제외하였다.

이러한 과정을 통해 수정·보완된 물질 영역의 과학적 모형 분류 틀은 <표 4>와 같고, 그 예시는 <표 5>와 같다.

<표 4> 물질 영역의 과학적 모형의 분류 틀

분류기준	모형의 유형	정의
<p style="text-align: center;"><b>표상 양식 (mode of representation)</b></p>	<p style="text-align: center;">활동 모형 (action model)</p>	<p>• 둘 이상의 변인들의 관계를 보이기 위하여 특정한 변인을 조작하면서 다른 변인의 변화를 관찰할 수 있도록 하는 모형 - 잉크의 확산 실험, 압력에 따른 기체의 부피 변화 실험</p>
	<p style="text-align: center;">비유적 모형 (analogical model)</p>	<p>• 어떤 대상을 그것과 유사한 다른 것의 모습이나 성질을 이용하여 표상한 모형 - 상태변화에 따른 분자의 거리변화, 공 모형으로 나타낸 상태변화</p>
	<p style="text-align: center;">상징적 모형 (symbolic model)</p>	<p>• 언어, 선과 점, 색, 숫자, 부호 등 상징적 의미를 내포하는 약속된 기호 체계를 통하여 어떤 대상이나 대상들 사이의 관계를 표현한 모형 - 상태변화를 나타내는 표, 상태변화를 나타내는 그래프, 압력을 구하는 식</p>
	<p style="text-align: center;">이론적 모형 (theoretical model)</p>	<p>• 이론을 설명하기 위해 만들어가는 모형 또는 현상을 설명하기 위해 만들어낸 모형</p>
<p style="text-align: center;"><b>표상 속성 (attribute of representation)</b></p>	<p style="text-align: center;">정적 모형 (static model)</p>	<p>• 전체나 부분이 움직이지 않고 어떤 사물이나 상태, 과정, 아이디어 등을 표상하는 모형 - 물질의 상태변화를 나타내는 그림, 상태변화를 나타내는 그래프.</p>
	<p style="text-align: center;">동적 모형 (dynamic model)</p>	<p>• 대상이 되는 물질의 실제 움직이거나 발생하는 모습을 표상한 모형 - 공 모형을 통해 분자운동을 나타낸 그림 (물질의 움직임을 나타낸 그림)</p>

<표 5> 물질 영역의 과학적 모형의 분류 틀 예시

분류기준	모형의 유형	예시
<p style="text-align: center;">표상 양식 (mode of representation)</p>	<p>활동 모형 (action model)</p>	<p>■ 실험 1</p>  <p>① 비커에 따뜻한 물을 <math>\frac{2}{3}</math> 정도 넣고, 스포이트에 잉크를 조금 넣는다.</p> <p>② 잉크 방울을 물에 떨어뜨린 다음, 잉크가 물속에서 퍼져 나가는 모습을 관찰한다.</p> <p><b>질문</b> 잉크는 물속에서 한 방향으로 퍼져 나가는가?</p>
	<p>비유적 모형 (analogical model)</p>	
	<p>상징적 모형 (symbolic model)</p>	 <p>기체의 압력과 부피의 관계</p> <p>기체의 온도와 부피의 관계</p>
	<p>이론적 모형 (theoretical model)</p>	 <p>융해와 응고가 일어날 때의 분자 배열</p>

<표 5> 물질 영역의 과학적 모형의 분류 틀 예시

분류기준	모형의 유형	예시
	정적 모형 (static model)	
표상 속성 (attribute of representation)	동적 모형 (dynamic model)	

## B. 교과서 별 제시된 모형의 주제별 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.

### 1. 교과서 별로 제시된 모형 비교

2007 개정 과학과 교육과정 중학교 1학년 과학 교과서 11권에 제시된 다양한 모형을 분류 틀을 사용하여 분석한 결과 <표 6>과 같은 결과를 얻었다.

<표 6> 교과서 별 제시된 모형 비교

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	소계
표상 양식	활동 모형	12	10	17	12	16	11	12	16	12	21	13	152
	비유 모형	19	16	9	12	15	12	15	16	16	14	12	156
	상징적 모형	9	9	7	10	5	6	6	9	8	6	8	83
	이론적 모형	2	0	5	0	1	6	3	4	4	3	0	28
	소계	42	35	38	34	37	35	36	45	40	44	33	419
표상 속성	정적 모형	15	12	14	11	8	16	15	13	17	15	11	147
	동적 모형	27	23	24	23	29	19	21	32	23	29	22	272
	소계	42	35	38	34	37	35	36	45	40	44	33	419

교과서의 대부분이 다양한 모형을 사용하여 과학 개념을 설명하고 있었다. 물질

영역에서는 분자의 개념을 바탕으로 학습하며, 이 개념은 비가시적이고 추상적이므로 학생들이 이해하는데 어려움을 겪고 있다. 피아제의 인지발달 이론을 바탕으로 볼 때 12세 이후의 학생들은 형식적 조작기에 도달한다는 주장이 제시되고 있지만, 중학교 1학년 과학 교과서를 배우는 학생들의 경우, 구체적 조작 단계에 머문 학생들이 대부분이라는 연구결과(최경화, 2004)가 있다.

구체적 조작단계에 있는 학생들은 가설 연역적인 사고가 불가능하며 여러 가지 변인을 고려하여 생각하는데 어려움을 느낀다. 물질 영역에서 다루는 비가시적이고 추상적인 분자의 개념과 분자의 운동을 나타내는 학습 내용들은 여러 가지 상황들을 고려해야하므로 가설 연역적인 사고 등이 필요하다. 그래서 학생들이 물질 영역의 개념을 이해하는데 많은 어려움을 겪게 되며 그로인해 과학을 배우는 것을 기피하게 될 것이다. 그러므로 Bruner(1966)의 표상 이론에서 인지구조의 단계의 차이를 지식의 표현 양식으로 개념화하고 학생의 발달 단계에 따라 학습 내용의 표현 방법을 달리하여 적절한 방식으로 제시하게 되면 인지구조의 차이가 있는 학생들이더라도 쉽게 이해시킬 수 있다는 주장을 바탕으로 교과서에 제시되는 모형을 다양하게 제시하는 것이 좋다. 또한 형식적 조작 단계에 있는 학생이더라도 한 가지 모형을 사용하게 되면 개념을 습득하는데 있어 사고가 다소 제한적일 수 있으므로, 다양한 모형을 제시하여 학생들의 사고의 유연성을 길러주고 확장된 사고를 할 수 있도록 도와줄 수 있다.

교과서라는 매체의 특성이 상징적 모형을 표상하기에 용이한 측면이 있지만, 물질 영역에서는 비유적 모형과 활동 모형을 많이 사용하고 있었다. 학생들이 다양한 유형의 표상을 이용하고 직접 모형을 구성해 보는 것이 학습에 더 효과적이라는 주장들을 고려할 때 좀 더 다양한 유형의 모형 개발이 필요하다(김미영, 김희백, 2007; Gobert, 2000).

### a. 교과서 별 표상 양식의 빈도 분석

<표 6>은 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 현상들을 분자의 배열이나 운동과 같은 미시적 관점에서 이

해하도록 한다. 그러나 분자는 직접적으로 만져 보거나 눈으로 확인하지 못하는 추상적인 개념으로 학생들이 이와 관련된 개념들을 이해하는데 많은 어려움을 겪고 있다(변순화 등, 2007; Harrison & De Jong, 2005). 이를 돕기 위해 교과서의 많은 부분에서 비유 모형을 사용하며, 이것은 사전 지식에 기반을 두고 능동적인 지식 구성을 강조하는 구성주의적 관점에 기초한다.

첫째, 비유 모형의 사용은 학습자가 새로운 정보들을 구조화하여 인지구조를 변형시키도록 도와줌으로써 학습의 효율을 높이므로, 교육적 활용이 강조되고 있다(Duit, 1991; Thiele & Treagust, 1991). 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(Gabel & Sherwood, 1980; Lin, et al., 1996). 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 기억하도록 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(조희형, 1992).

## **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 단원에서는 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 사례 들이 조사되었다(표 7).

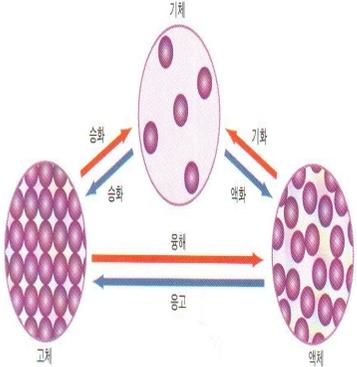
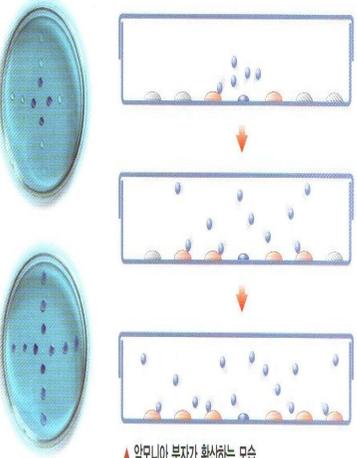
<표 7> 동일 개념을 설명하는 다른 모형 사용 빈도 분석

내용 \ 교과서	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
상태에 따른 분자 배열	3	1	3	2	2	4	4	4	2	5	2
증발	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
확산	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
압력에 따른 기체 부피의 변화	1	1	1	1	3	1	1	3	3	2	1
열에너지에 따른 변화	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1
상태 변화와 열에너지	3	2	3	3	2	3	2	3	4	3	2

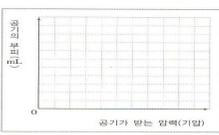
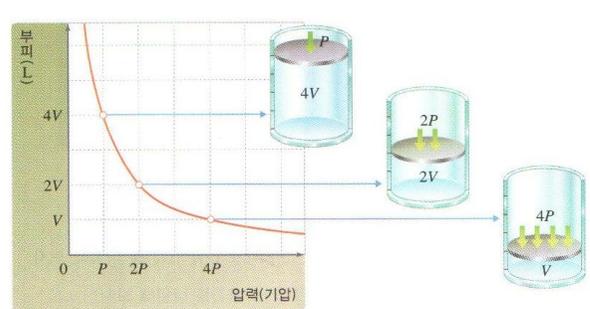
동일 개념을 설명하기 위해 교과서에 제시된 다양한 모형은 <표 8>에서처럼 모형의 추상성이 높아지는 순서로 체계적으로 사용되고 있었다(Roth et al, 1999). 이것은 구체적 조작단계에 머물고 있는 학생들에게 구체적이고 실제적인 모형을 통해 과학에 대한 호기심을 불러일으킨 후 점차적으로 추상적이고 상징적 모형들을 사용하여 제시된 개념을 학습하기 위한 것으로 사료된다. 그리고 한 가지 개념에 대해 각기 다른 모형이 연관되어 나타날 때, 모형이 지닌 한계점을 상호보완해 줄 수 있다(이미애, 2008).

교과서 A의 경우 ‘물질의 세 가지 상태’ 단원에서 상태에 따른 분자 배열<표 8>을 활동모형인 실험과 분자를 공에 비유한 비유 모형을 사용하여 분자의 움직임을 이해할 수 있도록 제시하였다.

<표 8> 동일 개념을 설명하는 다른 모형 사용 예시

	교과서 예시	
<p>상태에 따른 분자 배열</p>	<div data-bbox="330 401 760 875"> <p><b>탐구4</b> 설탕의 용해</p> <p><b>준비물</b> 약순기차, 거름종이, 비커, 유리 막대, 깔때기, 스펀지, 보란경, 유리컵, 축성 탕, 물</p> <p><b>유의점</b> • 무엇인지 모르는 물질은 함부로 맛 을 보지 않는다.</p> <p><b>과정</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>물이 들어 있는 투명한 유리컵에 축성탕 한 숟가락을 넣고 저어 주면서 일어나는 변화를 관찰하자.</li> <li>설탕이 모두 녹으면 설탕물을 거름종이로 거르자. • 거름종이에 설탕이 걸러지는가?</li> <li>거름 용액을 깨끗한 유리 막대로 짚어 허클로 맛을 보자. • 거름 용액은 어떤 맛이 나는가?</li> </ol> <p><b>결과/정리</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>거름 용액 속에 설탕이 있다는 것을 어떻게 확인 할 수 있는가?</li> <li>실험 결과로 설탕물 이루는 입자의 크기에 대하여 토의해 보자.</li> </ol>  </div>	 <p>I-37 물질의 상태 변화의 분자 배열</p>
<p>확산</p>	<div data-bbox="367 1064 738 1522"> <p><b>산탄해 분석</b> 스스로 피쳐 나가는 임모니아</p> <p>※ 준비물 무엇이 있는 재료가 있는지 임모니아, 배율(배율)한 액, 스프레이, 기는 유 수용</p> <p>※ 실험 과정</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>스프레이를 이용하여 재료가 액상에 그림과 같이 배율(배율)한 용액을 변 역을 해 보자.</li> <li>배율(배율)한 용액을 임모니아 재료가 액상에 존재하는 것은 용해될 것을 해 임모니아수를 소량 용한다.</li> <li>재료가 액상에 존재할 때 그 액에서 일어나는 변화를 관찰 한다.</li> </ol> <p>※ 유의점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>임모니아의 냄새를 직접 맡지 않는다.</li> <li>임모니아수는 기는 용해물을 사용하여 기는 소량 용해야 한다.</li> </ul> <p>※ 결과 및 정리</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>재료가 액상에서는 어떤 변화가 일어나는가?</li> <li>재료가 액상에서 기체로 변화가 일어나는 기원을 설명해 보자.</li> </ol> <p>46 • 2. 화학 실험</p> </div>	 <p>▲ 임모니아 분자가 확산하는 모습</p>

<표 8> 동일 개념을 설명하는 다른 모형 사용 예시

	교과서 예시																				
<p>압력에 따른 기체 부피의 변화</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">단원 B 5도구 압력에 따른 기체의 부피 변화 [실험]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p><b>[준비물]</b> 보일 법칙 실험 장치, 추</p> <p><b>[실험]</b> 6회 그래프 그리는 방법을 확인하세요.</p> <p><b>같은 원리, 다른 실험</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 그림과 같이 장치하고 저울의 눈금이 1kg의 용기 하도록 피스톤을 누르면서 공기의 부피를 측정한다.</li> <li>2. 누른 힘을 가로축, 공기의 부피를 세로축으로 하여 그래프를 그려 보자.</li> </ol>  </div> <div style="width: 65%;"> <p><b>[어떻게 할까]</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 보일 법칙 실험 장치에 공기를 18 mL 넣는다.</li> <li>2 보일 법칙 실험 장치에 추를 1개 올려놓고 공기의 부피를 측정한다.                      ▲ 추의 추가 무게추로 질치 뒤에 추를 질어서 올려놓는다.                      ① 공기의 부피는 몇 mL인가?                      ② 공기의 부피는 각각 몇 mL인가?</li> <li>3 과정 2의 장치에 추를 1개씩 더 올려놓으면서 공기의 부피를 측정한다.                      ③ 공기의 부피는 각각 몇 mL인가?</li> <li>4 과정 1~3을 2~3회 반복하여 공기의 부피를 측정 한 후, 평균값을 구하여 표에 기록한다.</li> </ol>  <p><b>[정리하기]</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 추의 개수에 따라 공기가 받는 압력을 계산해 보자. (단, 실험실에서 대기압은 1기압이고, 추 1개가 누르는 압력도 1기압이다.)</li> </ol> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>추의 수(개)</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>추가 누르는 압력(기압)</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>공기가 받는 압력(기압)</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>공기의 부피(mL)</td> <td>18</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> <li>2 공기가 받는 압력에 따라 공기의 부피가 어떻게 변하는지 그래프를 그려 보자.</li> </ol> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; font-size: small; margin-right: 5px;">공기의 부피(mL)</div>  </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>3 기체에 작용하는 압력과 기체의 부피 사이의 관계를 설명해 보자.</li> </ol> </div> </div> </div>	추의 수(개)	0	1	2	3	추가 누르는 압력(기압)	-	1	2	3	공기가 받는 압력(기압)	1				공기의 부피(mL)	18			
	추의 수(개)	0	1	2	3																
추가 누르는 압력(기압)	-	1	2	3																	
공기가 받는 압력(기압)	1																				
공기의 부피(mL)	18																				
<div style="text-align: center;"> <p>1기압</p>  <p>2기압</p>  <p>4기압</p>  </div> <p>[그림 2-8] 압력에 따른 기체의 부피 변화와 분자 운동 외부에서 작용하는 압력과 용기 속 기체의 압력은 같다.</p>																					
<div style="text-align: center;">  <p>[그림 2-7] 압력에 따른 기체의 부피 변화    ⓧ 압력이 5P일 때 기체의 부피는?</p> </div>																					

<표 8> 동일 개념을 설명하는 다른 모형 사용 예시

	교과서 예시
열에너지에 따른 변화	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"><b>교과서 예시</b></p>
	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"> 그림 3-3  얼음을 가열할 때의 온도 변화</p>
	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"> 그림 3-4  열에너지를 흡수하는 상태 변화</p>

## 2. 단원별 모형의 사용 빈도 분석

11 종의 과학 교과서 모형들을 각 주제 별로 표상 양식과 표상의 속성 차원에서 분석한 결과는 <표 9>와 같다.

<표 9> 주제 별 모형의 유형 빈도

		물질의 세 가지 상태	분자의 운동	상태변화와 에너지	소계(%)
표상 양식	활동 모형	46	65	41	152(36.3)
	비유 모형	38	75	43	156(37.2)
	상징적 모형	12	34	37	83(19.8)
	이론적 모형	19	0	9	28(6.7)
	소계	115	174	130	419(100.0)
표상의 속성	정적 모형	62	37	48	147(35.1)
	동적 모형	53	137	82	272(64.9)
	소계	115	174	130	419(100.0)

### a. '물질의 세 가지 상태' 단원

이 단원에서는 기화, 액화, 응고, 용해, 승화 등 물질의 상태 변화를 다루고 있다. 활동 모형(46개)이 가장 많은 사용 되었으며, 그 다음으로는 비유 모형(38개), 이론적 모형(19개), 상징적 모형(12개) 순으로 제시되고 있었다. 물질의 상태에 따른 분자의 움직임은 눈으로 직접 볼 수 없으므로 주로 실험을 통해 그 변화를 설명하고 있다. 예를 들면, A 교과서의 경우 물질의 상태변화를 실험을 통해 알아보고 그 결과를 다음 예시와 같이 상징적 모형(삼각형 모형)으로 표현하고 분자를 공 모형으로 비유하여 분자배열을 설명하고 있다(그림 2).

**탐구3 기화와 액화**

**준비물**  
중류수, 비커, 알코올램프, 유리판, 집게, 실험이, 그물망, 보인경

**유의점**  
• 가열된 비커 뚜껑으로 손이 닿지 않도록 주의한다.

**과정**

- 비커의 물을 알코올램프로 가열하면서 일어나는 변화를 관찰하자.
- 그림과 같이 끓는 물 위에 유리판을 가까이 가져가 보자.  
• 유리판에 어떤 변화가 일어나는가?
- 유리판에 푸른색 염화코발트 종이를 대어 보자.  
• 푸른색 염화코발트 종이는 어떻게 변하는가?

**결과/정리**

- 물을 가열하면 어떤 변화가 일어나는가?
- 유리판에서 일어나는 변화는 무엇인가?
- 유리판에 생긴 것은 무엇인가?



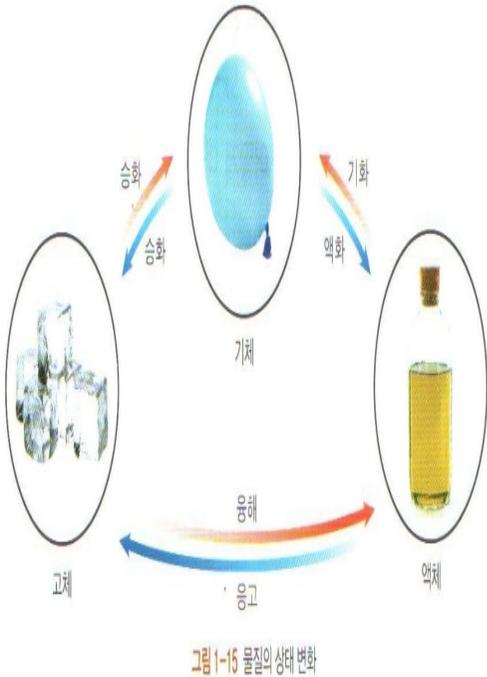


그림 1-15 물질의 상태 변화

<그림 2> 물질의 세 가지 상태 단원에서 사용되는 모형의 예

## b. '분자의 운동' 단원

이 단원에서는 확산과 증발, 압력과 온도에 따른 부피변화를 다루고 있으며, 이 내용들은 분자들의 운동을 알아야 이해할 수 있는 개념들이다. 비유 모형(75개)이 가장 많이 사용 되었으며, 그 다음으로 활동 모형(65개), 상징적 모형(34개) 순으로 제시되고 있었다.

분자의 움직임은 우리가 눈으로 직접 볼 수 없기 때문에 대부분의 구체적 조작기에 머물러 있는 학생들(최경화, 2004)에게 설명만으로 가르치기에 어려움이 있으므로 비유 모형을 사용하여 움직임을 설명하고 있다. 교과서 J와 같이 사용된 비유 모형은 분자를 공 모양으로 비유하고 꼬리를 달아 분자의 움직임을 나타내고 있었다. 분자의 움직임을 나타내는 예는 다음과 같은 향수병에서 분자가 퍼져나가는 모습, 물에 잉크를 떨어뜨렸을 때 분자가 퍼져나가는 모습, 추의 무게를 증가함에 따라 분자의 충돌 횟수가 많아지는 모습 등으로 나타내고 있었다.



<그림 3> 분자의 운동 단원에서 사용되는 모형의 예

### c. '상태변화와 에너지' 단원

이 단원은 열에너지의 출입에 따른 물질의 상태변화를 설명하고 있으며, 이 내용은 열에 이동에 따른 변인을 고려하여 학습해야 됨으로 대부분의 구체적 조작기(최경화, 2004)에 머물러 있는 학생들이 학습하기에는 어려움이 있다. 활동 모형(41개)과 비유 모형(43개), 그리고 상징적 모형(37개)이 비슷한 비율로 사용되고 있으며, 이론적 모형(9개)이 가장 작은 부분을 차지하고 있었다. D 교과서에서는 실험을 통해 직접 경험하도록 하고 있으며, 실험 결과를 두 변인들의 관계성을 고려하여 그래프로 제시하고 있다. 제시된 그래프 위에 상태에 따른 분자의 움직임은 비유적 모형으로 표현하여 열에너지의 출입에 따른 분자의 움직임을 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 돕고 있다.

**탐구 3 실험**

**탐구 목표**  
물질의 상태에 따라 분자 운동이 달라지는 까닭을 모형을 사용하여 설명할 수 있다.

**무엇을 준비할까**  
페트병, 스티로폼 구, 그물망, 고무줄, 헤어드라이어, 칼, 벨크로, 가위

**어떻게 할까**

1. 페트병의 윗부분과 아랫부분을 잘라 원통 모양으로 만든 다음 그림 11-11(가)와 같이 바닥 부분을 그물망으로 싸은 후 고무줄로 그물망을 고정시키자.
2. 스티로폼 구와 벨크로를 이용하여 고체, 액체, 기체 상태의 모형을 각각 만들자.
3. 그림 (나)와 같이 고체 상태의 스티로폼 구 모형을 페트병에 넣고 윗부분을 그물망으로 싸은 후 그물망을 고무줄로 고정시키자.

**왜 그럴까**  
물질의 상태에 따라 분자 운동이 각각 어떻게 달라지는지 스티로폼 구를 이용한 분자 모형의 운동으로 설명해 보자.

그림 11-11 물질의 상태와 분자 운동 모형 실험

그림 11-12 열에너지 흡수할 때 물 분자의 운동

<그림 4> 상태변화와 에너지 단원에서 사용되는 모형의 예

## V. 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 분류 틀을 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 분류 틀을 사용하여 중학교 1학년 과학교과서 물질 영역에 있는 모형의 유형과 빈도수를 분석하였다. 물질 영역에 맞게 개발되어진 과학적 모형 분류 틀은 중학교 1학년 과학 교과서에 해당하는 내용을 바탕으로 하여 화학의 전반적인 분류 틀로 사용하기에 적합하지 않음으로 여러 학년에 걸쳐 분류 틀을 수정, 보완하는 작업이 필요하다.

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. 학생들이 다양한 유형의 표상을 이용하고 직접 모형을 구성해 보는 것이 학습에 더 효과적이라는 주장들을 고려할 때 좀 더 다양한 유형의 모형 개발이 필요하다(김미영, 김희백, 2007; Gobert, 2000).

셋째, 활동 모형과 함께 많이 사용되는 비유 모형은 추상적이고 미시적인 개념을 많이 다루는 과학 교과서에서 일상생활의 경험과 같은 친숙한 내용과의 대응을 통해 학생들에게 쉽고 재미있게 학습할 수 있도록 돕는 역할을 한다. 그러나 교과서의 저자와 교사가 의도한 것과 달리 학생들이 비유물을 수업하려는 학습 내용으로 이해하거나 새로운 오개념을 유발하는 등 비유의 사용이 오히려 과학 개념의 이해에 방해가 될 수 있다(Harrison & Treagust, 1993; Treagust, et al., 1992). 또한 학습자에게 친숙하지 않은 비유를 사용함으로써 정작 배워야 하는 목표 개념보다는 비유를 자신들이 학습해야 하는 것으로 만들기도 한다. 이러한 제한점들은 비유 사용의 효과를 저해 할 수 있으므로 비유를 통한 과학 개념 학습을 위해서는 학생들

의 이해 수준과 경험에 맞는 비유물을 선정하고, 비유가 지니는 제한점을 명시하도록 한다.

넷째, 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 움직임 표현할 수 있는 동적 모형을 사용하는 것이 효과적이다. 여러 가지 동적 모형 중 학생들이 효과적으로 입자의 개념을 습득할 수 있는 것을 조사하고 수정·보완의 작업을 거쳐 학생들의 이해를 돕는 모형이 교과서에 제시될 수 있도록 자료를 제공할 것이다.

다섯째, 분석 대상 교과서를 배우는 학생들은 대부분 구체적 조작 단계에 머무르고 있으며, 이 단계에 있는 학생들에게는 상징적 표현 양식보다 영상적 표현 양식이나 작동적 표현 양식을 사용 할 때 개념 습득에 도움이 된다. 그러므로 동일한 개념을 다른 모형들을 사용하여 제시하는 경우가 학생들에게 과학에 대한 호기심을 불러일으키며, 점차적으로 추상성이 높아지는 모형들을 사용하게 되면 제시된 과학 개념을 확실하게 정립할 수 있다. 이처럼 동일 개념을 설명할 때 다른 모형을 제시하는 것이 학생들의 이해를 도울 수 있으므로, 그 중 학생들이 과학개념을 이해하는데 있어 더 효과적으로 사용될 수 있는 모형에 대한 실질적인 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- 고진영 (2009). 현직 과학교사의 실험 교육에 대한 인식 조사. 대구대학교 교육대학원 석사 학위.
- 교육부 (1998). 과학과교육과정(별책9). 서울: 대한교과서.
- 교육인적자원부 (2007). 제7차 개정 교육과정: 과학과 교육과정 및 해설.
- 권혁순, 최은규, 노태희 (2004). 화학 교육에서 사용되는 비유에 대한 학생들의 이해도 및 비유 사용의 제한점. 한국과학교육학회지, 24(2), 287-297.
- 김미영, 김희백 (2007). 모형 기반 수업을 통한 혈액 순환 개념 변화의 다차원적 분석. 한국생물교육학회지, 35(3), 407-424.
- 김미영, 김희백 (2009). 중등 과학 교과서의 생명 영역에 제시된 과학적 모형들의 유형 분석. 한국과학교육학회지, 29(4), 423-436.
- 김유연 (2006). 광주광역시 소재 인문계 고등학교에서 10학년 과학 교과서에 수록된 생물분야 실험의 수행현황 및 학업성취도에 제고를 위한 제언. 목포대학교 교육대학원 석사 학위.
- 김희백, 김성하, 이선경, 김형련 (2001). 호르몬 작용 이해를 위한 동적 비유 모형 수업의 효과. 한국생물학회지, 29(1), 57-64.
- 김희백, 이성조, 김형련, 이선경, 강경미, 김성하 (2002). 유전 개념의 이해를 위한 염색체 모형 이용 수업의 효과. 한국생물교육학회지, 30(3), 282-288.
- 노태희, 유지연, 한재영 (2003). 분자 수준에서의 그림 그리기를 활용한 수업 모형의 효과. 한국과학교육학회지, 23(6), 609-616.
- 박종석, 조희형 (1986). 고등학생들의 유전에 관한 오인의 확인 및 유전학 지도 방향. 한국과학교육학회지, 6(2), 35-42.
- 배태수 (1990). 원자/분자에 관한 중등학교 학생과 과학 교사의 오인 분석. 한국교원대학교 대학원 석사학위.
- 신미영 (2004). 과학 영재 프로그램의 학습 목표, 과학적 모형, 과학탐구의 인지 과정. 서울대학교 대학원 석사학위.
- 오필석 (2009). 과학과 과학 교육에서 사용되는 모형에 관한 예비 초등 교사들의 인식. 초등과학교육, 28(4), 450-466.
- 오필석, 전원선, 유정문 (2007). 10학년 과학 교과서 지구 분야에 등장하는 과학적 모형 분석. 한국지구과학학회지, 28(4), 393-404.
- 윤자영 (2008). 모형 활용 수업이 과학적 태도와 학업성취도에 미치는 영향 연구. 인하대학교 대학원 석사학위.

- 이미애 (2008). 3-10 학년 과학 교과서 천문 단원에 나타난 과학적 모델 분석 및 다중 모델의 필요성. 서울대학교 대학원 석사학위.
- 정완호, 차희영 (1994). 고등학생들의 유전과 진화에 대한 오개념. 한국과학교육학 회지, 14(2), 179-183.
- 정효선 (2005). 구성주의 학습이론을 활용한 색채교과과정에 관한 연구. 국민대학교 교육대학원 석사학위.
- 조희형 (1992). 과학적 탐구의 본질에 대한 분석 및 탐구력 신장을 위한 학습지도 방법에 관한 연구. 12(1), 61-73.
- 박현주 외 (2011), 중등 과학교사들의 실험수업에 대한 인식. 조선대학교. 심사 중.
- 최경화 (2004), 과학교육의 실태와 고등학교 화학 시범에 관한 연구. 강원대학교 석사 학위.
- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L.(1994). Across age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhled (Eds), *Visualization: Theory and practice in science education* 191-208. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337.
- Arnaudin, M. W., & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
- Baker, V. R. (1999). Geosemiosis. *GSA Bulletin*, (5), 633-645.
- Bruner, J. S. (1966). *Studies in Cognitive Growth*, New York, John Wiley.
- Buckely, B. C., & Boulter, C. J. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* 119-135. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Chi, M. T. H (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Science*, 14(2), 161-199.
- Clement. J. (2000). Model based learning as a key research area for science

- education. *International Journal of Science Education*, 22(9), (pp. 1041–1053).
- Collins, A., & Stewart, J. (1989). The knowledge structure of Mendelian genetics. *The American Biology Teacher*. 51(3), 143–149.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649–672.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1991). Using analogies in secondary chemistry teaching. *The Australian Science Teachers Journal*, 37(2), 4–14.
- Treagust, D. F., & Duit, R., Joslin, P., & Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: Observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), 413–422.
- Gobert, J. D., & 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.
- Raia, F. (2005). Students' understanding of complex dynamic systems. *Journal of Geoscience Education*, 53(3), 297–308.
- Gabel, D. L., & Sherwood, R. D. (1980). Effect of using analogies on chemistry achievement according to Piagetian level. *Science Education*, 64(5), 709–716.
- Gibson, H. L., & Rea-Ramirez, M. A. (2002). *Keeping the Inquiry in Curriculum Designed To Help Students' Conceptual Understanding of Cellular Respiration*. ERIC Document Reproduction Service, (ED), 465–634.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modeling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130.
- Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer
- Gobert, J. D. (2000). A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22(9), 937–977.
- Haidar, A. H., & Abraham, M. R.(1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter, *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 919–938.
- Harre, R. (1985). *The philosophies of science* (2nd Eds.). Oxford, UK: Oxford University Press. 230.

- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291-1307.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 937-977.
- Kress, G, Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C., (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London, UK: Continuum. 188.
- Lemke, J. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In Martin, J. R. & Veel, R. (Eds.), *Reading science: Critical and functional perspectives on discourse of science*. Routledge, New York, USA, 87-113.
- Lin, H., Shiau, B., & Lawrenz, F.(1996). The effectiveness of teaching science with pictorial analogies. *Research in Science Education*, 26(4), 495-511.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), (pp. 191-196).
- Rapp, D. N. & Kurby, C. A. (2008). The 'ins' and 'outs' of learning: Internal representations and external visualization. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh(Eds), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 295-309). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Reynolds, S. J., Johnson, J. K., Pibuvrn, M. D., Leedy, D. E., Coyan, J. A., & Busch, M. M. (2005). Visualization in undergraduate geology courses. In J. K. Gilbert (Eds.), *Visualization in science education* (pp. 253-266). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Walker, B. J., & Wilson, P. T.(1991). Using gnided imagery to teach science concepts. Eric Document Reproduction Service Number (ED) 331022.