



## 중학교 과학수업에 적용한 글쓰기를 활용한 논의-기반 모델링 전략의 효과

조혜숙, 남정희\*  
부산대학교

### The Impact of the Argument-based Modeling Strategy using Scientific Writing implemented in Middle School Science

Hey Sook Cho, Jeonghee Nam\*  
Pusan National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 23 July 2014  
Received in revised form  
9 August 2014  
21 August 2014  
Accepted 25 August 2014

##### Keywords:

model,  
modeling,  
Argument-based Modeling (AbM),  
multimodal representation,  
writing,  
argumentation

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the impact of argument-based modeling strategy using scientific writing on student's modeling ability. For this study, 66 students (three classes) from the 7th grade were selected and of these, 43 students (two classes) were assigned to two experimental groups while the other 23 students (one class) were assigned to comparative group. In the experimental groups, one group (22 students) was Argument-based multimodal Representation and Modeling (AbRM), and the other group (21 students) was Argument-based Modeling (AbM). Modeling ability consisted of identifying the problem, structuring of scientific concepts, adequacy of claim and evidence and index of multimodal representation. As for the modeling ability, AbRM group scored significantly higher than the other groups, AbM group was significantly higher than comparative group. The four sub-elements of modeling ability in the AbRM group was significantly higher than the other groups statistically and AbM group scored significantly higher than comparative group. From these results, the argument-based modeling strategy using scientific writing was effective on students' modeling ability. Students organized or expressed the model and evaluated or modified it through the process of argument-based modeling using scientific writing and the exchange of opinions with others by scientific language as argument and writing.

## 1. 서론

오늘날 과학교육에서는 스스로 과학 지식을 재구성하고 생성하기 위한 '과학적 사고' 또는 '과학적 탐구' 능력의 습득을 우선의 목적으로 하고 있다. 2009 개정 교육과정에서 제시하는 과학과 교육목표는 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학 탐구능력과 과학적 태도를 함양하여 창의적이고 문제를 해결하는데 필요한 과학적 소양을 기르기 위한 것이라고 밝히고 있다. 이를 위한 교수학습 방법으로 다양한 탐구활동 중심의 학습이 이루어져야 하며, 비판성, 개방성, 정직성, 객관성, 협동성 등 과학적 태도와 의사소통능력을 기르도록 해야 한다고 강조하고 있다(Ministry Of Education, 2012). 이렇듯 과학교육에서 학생들은 다양한 상호작용을 통해서 정보를 능동적으로 사용하고 구성하는 능력을 바탕으로 자신의 인지 구조 속에서 이러한 정보를 주관적으로 해석하고 구성하는 과정을 거쳐 과학지식을 재구성하게 된다(Davenport & Prusak, 1997; Kang, 1997; Lee, 2007). 이와 같이 지식의 구성과 재구성을 반복하는 과정을 과학교육에 적용할 수 있는 방법 중 하나가 모델링(modeling)이다.

모델링이란 실제 세계에서 관찰한 것에 대해 단순화한 표상인 모델을 구성하고, 사용하고, 평가하고, 수정하는 일련의 과정을 의미한다. 이는 자연 현상을 기초로 하여 개인이 관찰한 것을 설명하고 예측하기 위해 만들어진 추론 과정(Greca & Moreira, 2002)인 내적 표상을 다중

표상을 사용하여 구체화시킨 외적 표상으로 표현한 것이다.

모델링은 과학의 중요한 산물 중 하나이며, 모델을 만드는 과정인 모델링을 통해 과학적 지식의 본성을 이해하게 됨으로써 과학적 지식의 생성과 평가를 가능하게 한다(Lehrer & Schauble, 2006). 이러한 관점에서 모델링은 과학교육에서 중요한 학습 도구가 되며 과학자들의 연구 방법의 하나로써 과학지식을 구성하고 발전시키며, 적용하는 주요한 인지과정이자 체계적인 활동이다(Halloun, 1996). 따라서 학습자는 모델링 과정을 통해 경험적 증거를 검토하고 모델의 기본적인 가정을 수정하는 반복적인 과정을 거쳐 학습하게 되고(Suckling *et al.*, 1978), 학문적 지식의 본성을 이해하게 된다(Lehrer & Schauble, 2006). 모델링은 과학적 소양의 중심적인 부분이고(Schwarz *et al.*, 2009), 모델링에 대한 지식은 과학의 본성을 이해하는 하나의 방법이므로(Lederman, 2007), 이를 통해 과학적 소양의 함양이라는 과학교육의 목표를 이룰 수 있다.

모델링은 과학적 설명인 모델을 다른 사람과 의사소통하는 과정을 통해 실증적으로 접근하는 것이므로(Gilbert *et al.*, 2000), 과학적 탐구와 의사소통에서 필수불가결한 부분이 된다(Giere *et al.*, 2006; Magnani & Nersessian, 2002; Morgan & Morrison, 1999). 모델링의 목표인 의사소통(Schwarz *et al.*, 2009)을 위해서 학습자는 현상의 관찰이나 조사 및 검증을 통해 실제와 모델을 비교하며, 현상의 중요한 속성과 특성을 증거로 하여 현상과 모델이 어떻게 관련이 되어있는지

\* 교신저자 : 남정희 (jhn@pusan.ac.kr)

\*\* 본 논문은 조혜숙의 2014년도 박사 학위논문에서 발췌 정리하였음.

http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.6.0583

상세하게 기술하고(Romberg *et al.*, 2005), 기술한 것에 대해 다른 사람과 상호작용하기 위해 증거를 가지고 논의에 참여해야 한다(Bybee, 2011).

언어를 통해 이루어지는 과학 학습은 논의와 글쓰기라는 두 가지 형태로 이루어진다. 논의를 통해 학생들은 자신의 주장을 정당화하게 되고 지식을 재구성하게 된다(Giere *et al.*, 2006; Laubichler & Müller, 2007; Magnani & Nersessian, 2002; Morgan & Morrison, 1999). 논의를 기반으로 한 모델링을 통해 학습자는 자신의 주장을 정당화하기 위한 증거를 찾고, 다른 사람의 의견을 들으며 타당성을 판단하고, 그들의 반박에 대한 대안을 찾는 과정에서 비판적이고 종합적인 사고력을 기를 수 있다(Duschl *et al.*, 1999; Osborne *et al.*, 2004; Yore *et al.*, 2003). 또한 글쓰기를 통해 학생들은 과학적 사실, 개념, 원리, 법칙, 이론, 가설에 대해 사고하는 내용과 과정을 표현함으로써(Owens, 2000) 분석력과 종합적 사고력을 향상시킬 수 있다(Lee, 2002).

논의와 글쓰기 같은 과학적 언어를 통한 의사소통에서 증거 제시 방법은 언어의 질에 대한 중요한 평가의 요소가 된다(Nam *et al.*, 2008). 왜냐하면 의사소통의 효과성은 경험적으로 학생들의 주장을 평가하고 증거를 찾는 능력에 의존하기 때문이다(Sarah & Lance, 2000). 여기서 증거는 어떠한 학문분야를 막론하고 합리적인 추론을 하는데 필수적인 요소이며(Seigel, 1988), 주어진 증거와 이론적 설명을 연결하고 이들 간의 관계를 조정하는 것이 과학적 탐구의 중요한 과정이다(Kuhn, 1989). 이러한 증거 제시에서 중요한 것은 다중표상이다. 학생들은 논의과정에서 자신들의 주장과 논리적인 연결을 가진 증거를 제시할 때 다중표상을 가장 활발하게 사용한다(Hand *et al.*, 2008; Kelly & Takao, 2001). 또한 글쓰기에서 다중표상은 과학적 소양을 발달시키는데 중요한 요인이 되며(Lemke, 1998), 다중표상을 사용한 쓰기를 통해 학생들은 시각적 정보를 구체화하게 되고, 그 의미를 명확하게 파악하게 된다(Hand *et al.*, 2004). 이러한 다중표상의 사용에서 단순히 여러 가지 표상을 사용하는 것이 중요한 것이 아니라, 과학적 설명에서 표상 간의 전환을 통해 학습과 다중표상 사이를 직접적으로 연결하는 것이 중요하다(Pineda & Garza, 2000).

논의에 기반한 모델링에서 학생들은 자연 세계에서 관찰한 현상을 모델로 만드는 과정을 통해 자신이 이해한 것을 내면화하여 표현할 뿐만 아니라 다른 사람의 의견을 듣고 과학적 지식을 교환하면서, 자신이 만든 모델을 평가하고 수정한다. 또한 모델인 과학적 설명에 대해 과학적이고 논리적인 증거를 제시하는데 있어서, 그 증거는 적절해야 하고 통합된 다중표상을 사용해야 한다. 논의-기반 모델링 전략은 논의와 글쓰기라는 과학적 언어의 사용을 통해서 증거의 중요성, 주장과 증거의 적절성, 다양한 표상으로 제시된 증거에 초점을 맞춘 것이라 할 수 있다. 이를 통해 학생들은 스스로 지식을 구성할 수 있는 능력을 키우게 되고, 일상생활에서 겪을 수 있는 문제에 대해 능동적으로 해답을 찾을 수 있게 된다.

따라서 이 연구에서는 의사소통을 목적으로 논의와 글쓰기라는 과학적 언어의 사용과 증거 제시에서 다중표상의 이해 및 활용을 강조하는 논의-기반 모델링 전략을 중학교 과학수업에 적용하여 그 효과를 알아보고자 하였다.

## II. 연구방법

이 연구는 논의-기반 모델링 전략의 효과를 알아보기 위한 것으로, 이 전략의 처치가 학생들의 글쓰기에서 나타난 모델링 능력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 연구방법과 분석방법은 다음과 같다.

### 1. 연구대상

이 연구는 광역시에 위치한 남녀공학 중학교 1학년생을 대상으로 이루어졌다. 이중 2개 학급 43명을 실험집단, 1개 학급 23명을 비교집단으로 선정하였다. 실험집단에는 2013년 3월부터 11월까지 24차시의 논의-기반 모델링 전략을 처치하였고, 비교집단에는 동일한 주제의 전통적 강의 및 실험 수업을 실시하였다. 실험집단과 비교집단 모두 처치 전 동일한 시기에 과학개념 이해도 검사, 학업성취도, 모델링 능력 검사를 실시하여 두 집단의 동질성을 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 두 집단 모두 3~4명의 이질집단으로 모둠을 구성하였다. 이 학생들은 논의-기반 모델링 전략을 접하기 전에 과학교과에서 다른 글쓰기나 논의 수업을 받지 않았다. 국어교과에서 기행문, 설명문, 시, 문법의 형태와 쓰기라는 글쓰기를 접했으며, 논의수업은 어느 교과에서도 이루어지지 않았다.

### 2. 논의-기반 모델링 전략을 적용한 교수학습프로그램

논의-기반 모델링은 학생들이 실제 세계에서 관찰한 현상에 대한 과학적 설명을 다른 사람에게 이해시키거나 설득시키는데 초점을 맞춘 모델링을 의미한다. 모델링 과정에서 의견을 나누고 다양한 표상을 사용하여 증거를 제시함으로써 설득력 있는 주장을 하고, 다른 사람에게 자신이 만든 설명체계인 모델을 평가받고 수정함으로써 그 과정을 정교화하게 된다. 학생들은 과학적 설명을 할 때, 논의과정을 통해 자신의 주장에 대해 증거를 사용하여 지지하거나 반박하게 된다. 이러한 과정에서 학생들은 동료집단 내에서 이루어지는 논의과정을 통해 다른 학생들의 다양한 의견들을 접하고 자신의 의견의 정당성과 타당성을 판단하는 능력을 키우게 된다. 학생들이 실제 세계에서 관찰한 현상에 대한 과학적 설명인 모델을 만드는 과정에서 주장은 과학적 개념으로 나타나야 하고, 그 주장은 다양한 표상인 증거로 지지되어야 하므로, 하나의 개념은 여러 표상으로 나타날 수 있고, 하나의 표상은 다른 표상으로 전환할 수 있어야 한다.

논의-기반 모델링 전략은 ‘인지 과정’, ‘해석 과정’, ‘적용 과정’이라는 세 가지 과정(stage)으로 구성되어 있다. ‘인지 과정’은 다중표상을 이해하는 과정이고, ‘해석 과정’은 다중표상의 전환에 대한 이해와 다중표상을 통한 증거 제시의 필요성을 인식하는 과정이다. ‘적용 과정’은 논의를 통해 모델링에 대한 이해와 적용을 해보는 과정으로, 모둠 내에서 실제 세계에서 관찰한 현상에 대한 모델을 만들고, 다른 사람을 이해시키거나 설득시키기 위한 증거를 제시해야 한다. 또한 모둠에서는 논의를 통해 자신들만의 기준을 정해서 다른 모델을 평가하고, 평가한 결과를 통해 모델을 수정하는 일련의 과정을 거쳐 자신들의 모델을 정교화시키는 모델링을 하게 된다.

논의-기반 모델링 전략 적용을 위해 두 개의 실험집단, 즉 AbRM 집단(Argument-based multimodal Representation and Modeling, 논의-기

Table 1. Topic of program for application of Argument-based modeling strategy

Topic	Concept	Stage	Period
· Temperature · Effect of volume on temperature of object	· The definition of temperature · Expansion	Recognition process	3hrs
· Indicate the temperature through the molecular motion · Conduction, convection and radiation · The heat capacity and specific heat	· Difference between molecular motion on molecule, molecular models and temperature · The cases of conduction, convection, radiation · Definition and comparison of specific heat as property of subject, heat capacity and calorimetry	Interpretation process	6hrs
· Temperature and heat transfer	· The definition of heat · Temperature difference and the heat transfer · Thermal equilibrium	Application process	6hrs
· Molecular motion · Force as molecular motion of gas, pressure	· Diffusion or evaporation as evidence of molecular motion · Molecular motion of gas and pressure	Recognition process	2hrs
· Effect of pressure on volume of gas	· Boyle's law · Variation of pressure of gas and molecular arrangement and motion due to temperature changes	Interpretation process	3hrs
· Effect of temperature on volume of gas	· Charles' law · Variation of volume of gas and molecular arrangement and motion due to temperature changes	Application process	4hrs

반 다중표상 및 모델링 집단, 22명)과 AbM 집단(Argument-based Modeling, 논의-기반 모델링 집단, 21명), 전통적 수업을 적용하는 한 개의 비교집단(23명)으로 구성하였다. 두 개의 실험집단은 수업의 세 가지 과정 중 ‘인지 과정’과 ‘해석 과정’은 동일하지만, ‘적용 과정’의 활동에 차이가 있다. AbRM 집단은 ‘적용 과정’에서 다중표상과 모델링을 적용한 집단이고, AbM 집단은 ‘적용 과정’에서 모델링만을 적용한 집단이다. 모델링이란 실제 세계에서 관찰한 것에서 어떤 특성에 초점을 맞춘 단순화한 표상이므로(Greca & Moreira, 2002), 모델의 본성에 대해서 이해하기 위해서는 다중표상에 대한 이해가 필요하다. 따라서 이 두 실험집단을 비교하여 다중표상의 적용 여부가 학생들의 모델링 능력에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

논의-기반 모델링 전략의 적용을 위한 교수학습프로그램의 주제는 Table 1과 같다. 논의-기반 모델링 전략의 각 과정은 단위 내에서 교수 학습프로그램 주제별로 이루어졌다. Table 1의 차시는 해당 주제를 배우는 시간, 탐구실습 시간, 전략 적용 시간, 평가 시간을 모두 포함한 것이다. 실험집단의 경우, 인지 과정 단계와 해석 과정 단계를 각각 진행하기도 하고 학생들이 수업에 익숙해지면, 인지 및 해석 과정을 연계하여 진행하기도 했다.

### 3. 검사도구 및 분석방법

이 연구에서 사전 검사로는 과학개념 이해도 검사, 학업성취도, 모델링 능력 검사를 하였고, 사후에는 모델링 능력 검사만을 실시하였다. 과학개념 이해도 검사는 초등학교 과학교육과정 내용을 분석하여 5개의 문항으로 구성된 검사지를 개발하여 과학교육 전문가 2인으로부터 내용 타당도를 검증받았다. 검사의 문항은 선택 후 이유진술 문항으로

구성되었으며, 배점은 선택 문항 1점, 이유진술 문항 2점으로 한 문항 당 3점으로 하였으며, 선택문항이 맞은 경우에만 이유진술 문항의 평가를 하였다. 학업성취도 검사는 3월에 실시한 과학교과학습 진단평가를 이용하였다.

모델링 능력 검사는 학생들의 모델링 능력을 알아보기 위한 것으로, 학생들에게 자연 세계에서 일어날 수 있는 여러 문제 상황들을 제시하여 학생들이 문제들을 연관시켜 인식하여, 이를 다른 사람에게 설명하고 이해시키기 위해 과학적 개념을 연관지어 자신만의 설명을 만들었는지에 대해 알아보았다. 사전과 사후 모델링 능력 검사의 주제는 물질의 세 가지 상태 및 상태변화로 동일하였다.

모델링 능력 검사에 대한 평가틀의 하위요소는 문제인식, 과학개념 구조화, 주장-증거 적절성, 다중표상 지수로 구성되었다. 문제인식은 주어진 문제나 실제에서 일어나는 일에 대한 관찰을 기초로 상황을 정확히 인식하거나 여러 상황을 연관 지어 문제로 인식할 수 있는 것을 의미한다. 과학개념 구조화는 문제에 대한 과학개념을 단순히 나열하기 보다는 개념들을 구조화·조직화·구체화시켜 제시하여 설명체계를 갖추는 것으로, 인식한 문제에 대한 개념적 설명이 점차 확장되어 다른 개념들과 연결시켜 설명을 구성하는 것이다. 주장-증거 적절성은 듣는 사람을 위한 타당한 설명을 위해서는 주장의 나열만이 중요한 것이 아니라 주장에 대해 과학적으로 올바른 증거를 나타내야 한다. 다중표상 지수는 주장에 대한 증거를 다양한 표상을 사용하여 제시하고, 하나의 개념을 설명할 때 여러 표상으로 나타낼 수 있는 전환과 통합이 이루어지는 것을 평가하기 위한 요소이다. 모델링 능력 검사의 네 가지 하위요소는 각 10점 만점으로 0/2/4/6/8/10점을 부여하였고, 중간점수를 부여하기도 했다. 모델링 능력 수준을 알아보기 위해 모델링 능력 검사의 하위요소들의 총점을 1~4수준으로 환산하여 4수준 6점, 3수준 4점, 2수준 2점, 1수준 0점을 부여하고 통합적 모델링 수준으로 명명하였다.

사전 과학개념 이해도 검사와 학업성취도에 대해서 실험집단인 AbRM 집단과 AbM 집단, 비교집단의 자료를 분석하기에 앞서 정규성 검증을 위해 Shapiro-Wilks test를 통해 분석하였다. 또한 사전 과학개념 이해도 검사, 학업성취도, 모델링 능력 검사는 SPSS12.0 통계 프로그램에서 독립 표본 t-검증을 통해 분석하였다. 사후 모델링 능력 검사는 사전 검사의 점수를 공변량으로 하는 일원 공변량 분석(one-way ANCOVA, 이하 ANCOVA)을 통해 분석을 하였다. 독립 표본 t-검증과 일원 공변량 분석(ANCOVA)의 유의수준은 0.05이다. 논의-기반 모델링 전략에서 다중표상 및 모델링을 적용한 AbRM 집단과 모델링을 적용한 AbM 집단, 비교집단 사이에서 어느 집단 간에 차이가 있는지 알아보기 위해 Scheffe 사후 검증을 실시하였다. 또한 사후 모델링 능력 검사의 집단 내 효과 크기(effect size)를 분석하기 위해 효과 크기를 Cohen's d값으로 나타내었다. Cohen's d값은 평균치간의 효과 크기를 알아보는 것으로 0.2~0.4일 때 작은 효과, 약 0.5일 때 중간정도의 효과 크기, 0.8보다 큰 값일 때 큰 효과가 있음을 보여 준다.

개발된 모델링 평가기준에 따라 과학교육 전문가 1명, 박사 과정 2명이 모델링 능력 검사를 분석하였다. 분석자간 일치도를 위해 사전 모델링 능력 검사지 15개의 표본과 사후 모델링 능력 검사지 30개의 표본을 선택하여 모든 분석자들이 공동으로 1차 분석과 2차 분석을 실시하였다. 2차 분석에서 채점자들은 공동 작업을 통해 1차 분석 결과를 재조정하여 분석자 간 신뢰도를 95%로 확보하였다.

Table 2. Results of normality test

Group	N	Understanding of science concepts			Academic achievement		
		Statistic	df	p	Statistic	df	p
AbRM group	22	0.924	22	0.093	0.948	22	0.287
AbM group	21	0.958	21	0.481	0.957	21	0.451

p>.05 통계적으로 유의미한 차이 없음.

Table 3. Results of homogeneity test

	Experimental groups				Comparative group		t	p
	AbRM group		AbM group		M	SD		
	M	SD	M	SD				
Understanding of science concepts	4.09	2.37	3.33	2.27	3.17	2.42	0.581	0.609
Academic achievement	21.86	3.11	22.71	3.84	21.09	5.51	0.525	0.666

p>.05 통계적으로 유의미한 차이 없음.

### III. 연구 결과

이 연구에서는 논의 기반 모델링 전략의 효과를 알아보기 위해 사전 검사로 과학개념 이해도 검사, 학업성취도의 결과를 이용하여 정규성과 동질성을 알아본 뒤, 처치 전후의 모델링 능력 검사로 학생들의 모델링 능력의 향상 정도를 분석하였다.

#### 1. 정규성 분포 분석 결과

이 연구에서 실험집단인 AbRM, AbM 집단과 비교집단의 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilks test를 통해 분석하였다. 그 결과 세 집단의 사전 과학개념 이해, 학업성취도, 비판적 사고력 검사의 경우 유의확률이 0.05보다 크므로 정규 분포를 이룬다고 할 수 있다(Table 2).

#### 2. 동질성 검사 결과

논의 기반 모델링 전략 처치 전 세 집단의 동질성을 비교하기 위해 실시한 과학개념 이해도 검사, 학업성취도 결과를 독립 표본 t-test를 통해 분석한 결과, 세 집단 간에 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

#### 3. 사전 모델링 능력 분석 결과

세 집단의 처치 전 모델링 능력의 동질성을 비교하기 위해 실시한 모델링 능력 검사를 통해 나타난 통합적 모델링 수준을 독립 표본 t-test를 통해 분석한 결과, 세 집단 간의 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table 4).

#### 4. 사후 모델링 능력 분석 결과

논의 기반 모델링 전략이 학생들의 모델링 능력에 미치는 영향을

Table 4. Analysis of pre-modeling ability

Sub-elements	Experimental groups				Comparative group		t	p
	AbRM group		AbM group		M	SD		
	M	SD	M	SD				
Identification of the problem	2.09	0.68	2.48	0.60	1.70	1.30	2.684	0.052
Structuring of scientific concepts	2.18	1.10	2.81	1.25	2.57	1.78	2.300	0.083
Adequacy of claim and evidence	1.18	1.32	1.71	1.45	1.74	1.60	2.720	0.050
Index of multimodal representation	2.68	1.94	2.33	2.31	2.39	1.90	0.157	0.925
Integrated modeling level	0.82	1.00	1.05	1.02	0.87	1.01	1.801	0.153

p>.05 통계적으로 유의미한 차이 없음.

Table 5. Analysis of post-modeling ability

Sub-elements	Experimental groups				Comparative group		F
	AbRM group		AbM group		M	SD	
	M	SD	M	SD			
Identification of the problem	7.27	3.30	6.19	3.16	4.17	2.17	56.82*
Structuring of scientific concepts	7.00	2.29	5.95	2.48	2.43	1.65	138.26*
Adequacy of claim and evidence	7.91	1.77	6.43	2.73	3.48	1.37	339.27*
Index of multimodal representation	7.55	2.39	7.49	0.54	1.22	1.89	754.34*
Integrated modeling level	4.91	1.19	3.52	1.89	1.65	0.98	236.42*

\*p<.05.

알아보기 위해 세 집단의 모델링 능력 검사 결과를 통합적 모델링 수준으로 제시하였다(Table 5). 세 집단의 사후 모델링 능력을 나타내는 통합적 모델링 수준의 결과를 보면, 적용 과정에서 다중표상과 모델링을 적용한 AbRM 집단의 평균은 4.91로 모델링만을 적용한 AbM 집단의 평균 3.52, 비교집단의 평균 1.65보다 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다(F=236.42, p<0.5). 또한 AbRM 집단의 통합적 모델링 수준의 네 가지 하위요소들의 평균은 모두 다른 집단인 AbM 집단과 비교집단의 평균보다 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. AbM 집단의 하위요소의 평균 또한 비교집단보다 통계적으로 유의미하게 높았다.

사후 모델링 능력을 나타내는 통합적 모델링 수준에 대한 세 집단 간의 효과 크기(effect-size)를 분석한 결과, AbRM 집단은 높은 효과 크기를 나타냈으며, 모든 하위요소에서도 높은 효과 크기를 보였다. AbM 집단은 통합적 모델링 수준에서 높은 효과 크기를 보였으며, 하위요소 중 문제인식, 과학개념 구조화, 주장-증거 적절성에서는 높은 효과 크기를 다중표상 지수에서는 낮은 효과 크기를 보였다. 비교집단은 통합적 모델링 수준에서 중간 효과 크기를 나타냈으며 문제인식과 주장-증거 적절성에서 높은 효과 크기를 보였지만, 과학개념 구조화와

Table 6. Effect-size of post-modeling ability

	Experimental groups				Comparative group		
	AbRM group		AbM group		group		
	Cohen's d	scale	Cohen's d	scale	Cohen's d scale		
Sub-elements	Identification of the problem	2.60	large	1.97	large	1.38	large
	Structuring of scientific concepts	2.84	large	1.68	large	-0.08	x
	Adequacy of claim and evidence	4.34	large	2.26	large	1.17	large
	Index of multimodal representation	2.42	large	0.28	small	-0.53	x
Integrated modeling level	3.74	large	1.70	large	0.78	medium	

Table 7. Scheffe post hoc analysis of post-modeling ability by group

		Experimental groups		Comparative group
		AbRM group	AbM group	
Identification of the problem	AbRM group	-	*	*
	AbM group	-	-	*
	Comparative group	-	-	-
Structuring of scientific concepts	AbRM group	-	*	*
	AbM group	-	-	*
	Comparative group	-	-	-
Adequacy of claim and evidence	AbRM group	-	*	*
	AbM group	-	-	*
	Comparative group	-	-	-
Index of multimodal representation	AbRM group	-	*	*
	AbM group	-	-	*
	Comparative group	-	-	-
Integrated modeling level	AbRM group	-	*	*
	AbM group	-	-	*
	Comparative group	-	-	-

\*p<.05.

다중표상 지수에서 효과를 보이지 않았다. 일반적으로 효과크기(Cohen's d)가 0.8 이상일 경우 큰 효과크기를 보인다고 하나 이 연구에서 사후 모델링의 경우 실험집단의 효과크기가 2이상의 큰 값을 나타낸 것은 세 집단의 학생 수가 적었기 때문이다. 학생 수가 적을 경우 효과크기가 커질 수 있으나, 비교집단과 비교해서 실험집단의 효과크기가 컸으며 p값이 통계적으로 유의미했으므로 실험집단이 비교집단보다 향상된 결과를 보임을 알 수 있다(Table 6).

세 집단 사이의 차이가 어떤 집단에서 기인한 것인지 알아보기 위해 Scheffe 사후 검증을 실시하였다. 그 결과, AbRM 집단의 사후 평균값이 AbM집단과 비교집단보다 통계적으로 유의미하게 높았으며, AbM집단이 비교집단보다 통계적으로 유의미하게 높은 사후 평균값을 보였다. 또한 학생들의 모델링 능력을 나타내는 통합적 모델링 수준의 하위요소인 문제인식, 과학개념 구조화, 주장-증거 적절성, 다중표상 지수의 경우에도 적용과정에서 다중표상과 모델링을 학습한 AbRM 집단의 사후 평균값이 적용과정에서 모델링만을 학습한 AbM집단과 비교집단보다 통계적으로 유의미하게 높았으며, AbM집단의 평균 또한 비교집단보다 통계적으로 유의미하게 높았다(Table 7).

모델링 능력 검사의 각 하위요소별 학생들의 실제 예시를 살펴보면 다음과 같다.

가. 문제인식

문제인식은 학생들이 문제 상황이나 실체에서 일어나는 것에 대한 관찰을 통해 정신 모델을 만들기 위한 필수 요소로, 관찰한 상황을 정확하게 인식하거나 여러 상황을 연관 지어 문제로 인식하는 것을 의미한다. 모델링 능력 검사에서 학생들이 작성한 문제인식의 구체적인 예시는 다음과 같다. <사례 1>은 실험집단에서 두 가지 문제 상황들을 연관시켜 인식하여 그 공통점을 진술하여 10점을 받은 것으로 비교집단에서는 나타나지 않은 경우였다.

<사례 1>

뜨거운 쇠구슬을 얼음위에 놓으면 뜨거운 쇠구슬에 있던 열이 얼음으로 이동해서 두 곳의 온도가 같아지고 얼음이 녹게 된다.

문제인식(열평형, 1번 상황).

찬물을 방 안에 두면 찬물과 방 안에 따뜻한 기가 만나서 따뜻한 공기에서 찬물로 열이 이동해서 온도가 같아져서,

문제인식(열평형, 2번 상황) 겁 표면에 수증기가 생긴다. 이러한

현상을 열평형이라고 하는데 열평형이란 온도가 다른 두 물체가 접촉하면 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체로 열이 이동하고 온도가 같아지는 것이다. 공통점 진술(열평형)

또한 ① ②실험에서 상태변화가 일어나는데 ①에서는 고체에서 액체로 변하는 용해 문제인식(상태변화, 1번 상황), ②에서는 기체에서 액체로 변하는 액화가 나타난다.

문제인식(상태변화, 2번 상황).

또한 액체에서 고체는 응고 액체에서 기체는 기화, 기체에서 고체 고체에서 기체는 승화라고 한다.

공통점 진술(상태변화).

비교집단의 경우에는 두 가지의 문제 상황을 각각 다른 것으로 인식하여 중간에 경계를 두고 진술하여 공통점을 진술하지 못하였다(사례 2).

<사례 2>

쇠구슬이 용해열 흡수되면 얼음 물의 온도가 올라간다. 이 녹아 액체가 된다.

문제인식(상태변화, 1번 상황)

문제인식(열평형, 2번 상황)

문제인식은 자연 세계에서 일어나는 여러 현상을 관찰하여 서로 연관 지어 문제로 인식하는 것이다. 논의-기반 모델링 전략을 통해 학생들은 여러 현상들을 관찰하고 그 현상들을 연관 지어 문제인식을 하는 경향이 높았다. 학생들은 현상을 관찰하여 탐구해야 할 문제를 스스로 만들고 논의를 거쳐 이를 모두의 문제로 발전시킨 후, 모두간의 논의를 통한 학급 문제로 발전시키는 과정을 통해 문제를 인식하는 능력이 향상된 것으로 볼 수 있다.

나. 과학개념 구조화

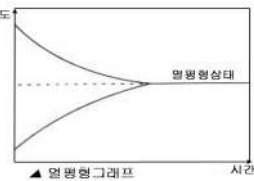
과학개념 구조화는 제시된 문제 상황과 관련된 과학개념이 어느

정도 구조화되어 있는지를 알아보고자 하는 것으로, 인식한 문제를 설명하기 위해 과학적 사실과 과학개념을 충분히 다루어야 하고, 과학개념을 단순히 나열하는 것이 아니라 과학개념을 구조화·조직화·개념화하여 제시하고, 추상적 개념을 포함하여 설명할 수 있어야 한다. 모델링 능력 검사에서 다른 과학개념은 2009 개정교육과정의 성취기준을 토대로 하였다.

실험집단의 경우 <사례 3>에서 볼 수 있듯이, ‘이’, ‘여기서’, ‘또’, ‘이런’, ‘~을 더 보충한다면’, ‘방금 전에 말했던’ 등을 이용하여 설명하고자 하는 과학개념을 유기적으로 연결시켰다.

<사례 3>

이 두 실험의 공통점은 열평형이 된다는 것이다. 여기서 열평형은 온도가 뜨거운 물체와 차가운 물체가 만나, 양 물체의 온도가 같아진다는 것이다. 온도는 뜨거운 정도와 차가운 정도를 나타낸 물리량이다. ...



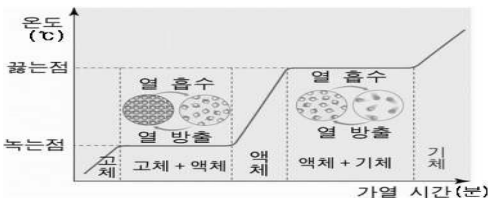
열평형과 비슷하지만 다른 현상도 있다. 그것은 열팽창이다. 열팽창이란 어떤 물체가 열을 받거나 빼앗겨 그 물체의 부피가 증가하게 되는 현상이다. 이 현상이 일어나는 이유는 가장 작은 입자인 분자라는 것이 스스로 운동을 한다. ...

또 열을 받으면 팽창을 하다가 상태가 변화되는 이것을 상태변화라고 한다. 고체가 액체로, 액체가 기체로, 고체가 기체로 변하는 것이 상태변화이다. 고체는 모양이 변하지 않는 물체로 쇠구슬, 책상, 책 등이 있다. 액체는 그릇이 어떤가에 따라 모양이 변하는 것으로 대표적으로 물이 있다.

또 고체, 액체, 기체에 따라 분자운동 정도가 다르다. 고체는 제자리에서 진동운동을 한다. 그래서 물체의 모양이 변하지 않는다. 액체는 고체보다는 자유롭지만 기체처럼 자유롭지는 않다.



방금 전에 말했던 상태변화를 더 보충할 것이 있다. 온도가 올라갈 때마다 상태도 변화된다. ... 이것을 그래프로 나타내면 이렇게 된다.

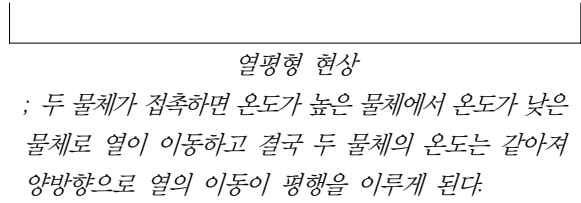


<물질을 가열할 때 온도변화와 분자운동의 변화> 방출하는 것은 이 그래프를 반대로 그리면 된다.

비교집단의 경우에는 과학개념 구조화가 매우 미흡하고 중간에 경계를 두거나 선을 그어서 설명하고 있었으며 제시하는 과학개념 수가 적었다(사례 4).

<사례 4>

얼음은 뜨거운 쇠구슬에 의해 물이 된다.(용해열 흡수)



다. 주장-증거의 적절성

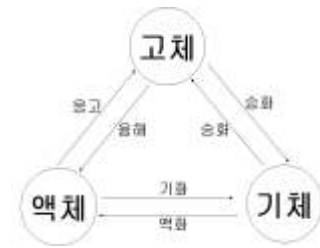
주장 및 증거의 적절성은 학생들의 주장을 지지하기 위해 제시한 증거 사이의 관계를 문맥 안에서의 살펴, 주장과 증거가 모두 과학개념에 맞는지 주장과 증거가 논리적인 상관관계가 있는지 보는 것이다.

실험집단의 경우 주장을 뒷받침하기 위해 시각적 양식과 언어적 양식을 모두 사용한 증거를 제시하고 상태변화에 대한 그래프를 사용하고 있다(사례 5, 6).

<사례 5>

그렇다면 ①번과 ②번의 상태변화는 무엇일까?

①번은 뜨거운 쇠구슬을 얼음위에 놓았을 때의 상황을 나타내고 이 상황을 보았을 때 얼음은 고체로 볼 수 있는데 얼음은 원래 물이다. 액체에서 고체로 가는 응고 현상이다. 액체의 상태는 인력이 약하고 움직임이 자유롭고 분자사이의 거리가 멀다. 고체는 분자 사이의 거리가 가깝고 인력이 크게 작용되며 제자리 운동을 한다. 기체는 분자 사이의 거리가 매우 멀고 인력이 거의 작용 안하며 매우 자유로운 분자운동을 한다. 위의 설명은 응고 현상을 설명하기 위한 개념이었다. 액체에서 고체로 가는 것을 응고 현상이라고 말한 듯이 응고 현상은 고체에서 액체로 변하는

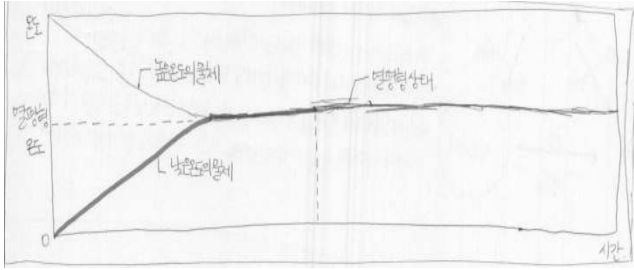


상태변화 중 하나이다. ①번은 얼음이 뜨거운 쇠구슬 때문에 고체에서 액체로 가는 용해현상도 같이 볼 수 있다. ②번은 찬물을 방안에 두었을 때의 상황이다. 찬물과 방안의 온도는 서로 다를 수 있기에 열평형 현상을 볼 수 있고 액체에서 기체로 변하는 기화현상을 볼 수 있다. 기화현상은 유리컵 표면적 부분에 물방울이 생김으로써 액체가 기체로 변하는 것을 알 수 있다.

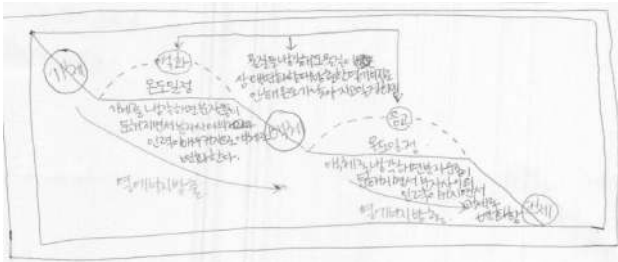
<사례 6>

저 얼음과 가열한 쇠구슬이 만나면 방안에 온도와 물의 온도가 만났을 때 같은 온도가 되었을 때 그 상태를 열평형이라 한다. 열평형이란? 두 물체의 온도가 같아지는 현상을 열평형이라 하고, 뜨거운 계란과 찬물과 같이 온도가 다른 두 물체가 접촉하면 온도가 높은 것과 낮은 것이 만나 온도가 같아지는 현상이 ‘열평형’이다.

<열평형 상태의 그래프>



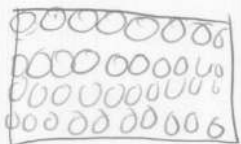
물의 문제의 열의 상태 변화 그래프는 다음과 같다. 이때 열이란 뜨거운 물의 온도가 차가운 물의 온도로 이동하는 것을 '열'이라 한다. <상태변화의 그래프>



비교집단의 경우, 대부분의 경우 주장을 뒷받침하기 위한 증거를 사용하지 않거나 사용하더라도 예 등의 언어적 양식을 사용하였다. 시각적 양식의 경우, 그림에서 단순히 분자모형을 제시하는 수준에 머물렀다(사례 7).

<사례 7>

모든 물질은 분자로 이루어져 있고 분자 운동을 한다.



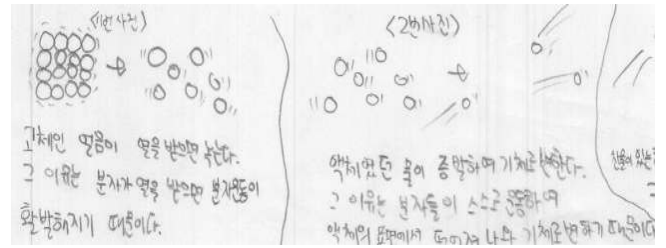
라. 다중표상 지수

글쓰기를 이용한 모델링 능력 검사에서는 자신의 생각을 나타내기 위해 언어적 기호와 그림 등과 같은 다중표상이 포함되어 있다. 다중표상의 종류에는 언어적, 시각적, 기호적, 물질적, 구체적, 행동적 양식이 있지만, 글쓰기에서는 언어적기호적시각적의 3가지 다중표상 양식이 나타난다.

다음의 <사례 8, 9, 10>은 실험집단의 사례이다. <사례 8>은 상태변화에 대해 분자모형이라는 다중표상을 제시한 것이고, <사례 9>는 현상에 대한 관찰 그림, 분자에 대한 그림, 그래프, 도표를 함께 제시한 경우이다.

<사례 8>

1번은 고체인 얼음이 녹으면 액체인 물로 변한다. 이러한 현상은 용해라고 한다. 2번은 액체인 물이 기체로 변해 물이 줄어든다. 이러한 현상을 기화라고 한다.

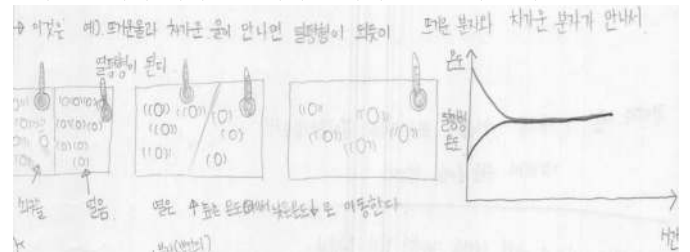


<사례 9>

1과 2의 공통점

1. 뜨거운 쇠구슬과 얼음이 만났을 때도 열평형이 일어나고 물이 차가워져 방안의 공기와 온도가 달라서 찬물의 표면에 물방이 생기면서 찬물의 온도와 방안의 온도 같아진다.

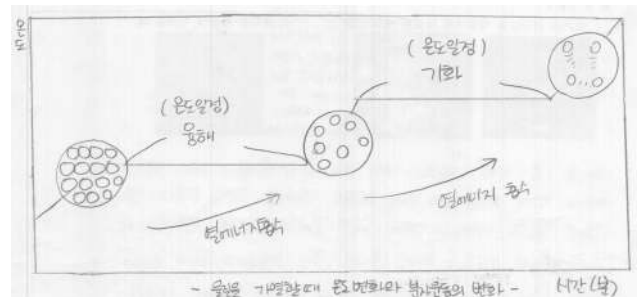
→ 이것은 예 뜨거운 물과 차가운 물이 만나면 열평형이 되듯이 뜨거운 분자와 차가운 분자가 만나서 열평형이 된다.



<사례 10>에서는 열평형과 상태변화에서 일어나는 열에너지를 나타내는 그래프를 사용하였다. 자신의 주장에 대해 이유 및 원인, 예, 비유 및 경험의 언어적 양식의 증거를 제시하고 분자모형을 나타내는 그림과 상태변화가 일어날 때 온도가 일정하게 유지되는 이유 및 원인의 표상을 그래프와 통합적으로 사용하여 제시했다. 또한 그래프와 도표의 제목과 축의 이름, 그 외 설명을 같이 제시하는 등 다중표상의 응집성을 갖추어 제시하고 있다.

<사례 10>

문제 상황 1은 뜨거운 쇠구슬이 차가운 얼음으로 이동하여 온도가 높아져 분자운동이 활발해지면서 분자사이의 인력이 약해져 액체로 변하게 된다. ... 문제 상황 2에서 액체인 물이 서서히 기체가 되어 물이 줄어든다. 이러한 현상은 방안의 온도로 인해 액체가 온도가 높아지면서 분자운동이 활발해져서 분자사이의 인력이 모두 끊어져 기체로 변한다. ... 이처럼 고체에서 액체가 되는 용해와 액체에서 기체가 되는 기화는 모두 상태가 변화하면 이 상태변화의 공통점은 모두 주위가 시원해진다는 것이다. ... 또 상태변화가 일어날 때 분자의 성질은 변하지 않는다. 또 고체에서 액체, 액체에서 기체가 될 때는 열에너지가 필요하고 가해진 열에너지가 물질이 상태변화 하는데 사용되므로 온도가 올라가지 않고 일정하게 유지가 된다.



비교집단의 경우 <사례 11>과 같이 과학개념 설명 외에는 증거제시에서 다중표상을 사용하지 않아서 다중표상 지수가 낮았다.

<사례 11>

먼저 뜨거운 쇠구슬을 얼음위에 놓았을 때 생기는 현상에는 '쇠구슬의 온도가 내려갈 때 얼음이 녹는다'와 '얼음물이 수증기로 변한다'가 있다. 쇠구슬의 온도가 내려가는 이유는 열평형을 들 수 있는데 열평형이란 서로 다른 온도의 두 물체가 접촉하여 분자충돌로 인해 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 열을 전달하고 나중에 서로 온도가 같아지는 것이다.

위의 사례들로부터 볼 때, 학생들은 논의-기반 모델링 전략을 통해 실험의 결과를 표와 그래프 등의 다양한 표상으로 나타내고, 경험적으로 획득한 자료를 해석하고, 설명을 위한 임시 모델을 설계하면서 자신의 모델에 대한 설득력을 높이기 위해 쉬운 양식의 표상을 사용하여 이해시키려고 노력하였다. 이러한 과정을 통해 논의-기반 모델링 전략에서 다중표상과 모델링을 적용한 집단인 AbRM집단이 모델링만을 적용한 집단인 AbM집단과 비교집단 보다 다중표상 지수의 향상 정도가 높았음을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 논의-기반 모델링 전략의 효과를 알아보기 위해 이 전략을 처치한 실험집단과 전통적 수업활동을 한 비교집단에서의 모델링 능력을 비교하였다. 또한 관찰한 자연 현상을 단순화한 표상인 모델을 구성하고 평가하고 수정하는 모델링에서 모델의 본성에 대해서 이해하기 위해서는 다중표상의 이해가 필요하다. 따라서 다중표상 및 모델링을 적용한 AbRM집단과 모델링만을 적용한 AbM집단의 비교를 통해서 다중표상의 적용 여부가 학생들의 모델링 능력에 미치는 영향을 살펴보았다.

실험집단인 AbRM집단과 AbM집단의 경우 비교집단 보다 통합적 모델링 수준이 통계적으로 유의미하게 높았으며, 통합적 모델링 수준의 하위 요소인 문제인식, 과학개념 구조화, 주장-증거 적절성, 다중표상 지수가 통계적으로 유의미하게 높았다. 이는 실험집단이 여러 문제 상황을 관찰하여 문제들을 연관지어 인식하고, 이를 표현하고 논의하는 경험을 공유하였기 때문으로 볼 수 있다. 이러한 경험을 바탕으로 과학적 설명을 위한 충분한 과학개념을 제시하였고 과학적 설명을 제시할 때 과학개념에 적합하고 타당한 증거를 사용하여 뒷받침하였으며, 그 증거는 다양한 표상을 사용하여 제시하였다.

실험집단 내에서 다중표상 및 모델링을 적용한 AbRM집단은 모델링만을 적용한 AbM집단보다 통합적 모델링 수준과 그 하위 요소인 문제인식, 과학개념 구조화, 주장-증거 적절성, 다중표상 지수에서 통계적으로 유의미하게 높았다. AbRM집단은 자신의 과학적 설명을 다중표상을 사용하여 표현해보는 과정을 통해 증거가 다양한 형태로 표현될 수 있고, 이러한 증거를 통해 주장을 뒷받침할 수 있음을 알게 되었다고 볼 수 있다. 또한 이러한 표현과정을 통해 추상적 과학 개념을 AbM집단보다 많이 이해하고 제시할 수 있게 되었다. 이러한 제시 능력을 통해 과학개념을 구조화하고, 주장에 적절한 증거를 뒷받침할 수 있었다. 또한 다양한 표상들을 연결짓고, 전환하고, 통합하는 과정

을 통해 자신이 관찰한 현상들을 연결지어 보게 되었다고 볼 수 있다.

모델링은 자연 세계에서 관찰한 현상에 대해 과학개념을 기초로 하는 자신만의 과학적 설명을 구성하는 과정이다. 논의-기반 모델링 전략은 모델링의 목적인 의사소통(Schwarz et al., 2009)을 위해 자신이 만든 모델을 논의와 글쓰기를 통해 과학적 언어를 사용하여 스스로 정리하거나 표현하고, 다른 사람의 의견을 듣고 교환하는 과정을 통해 모델을 평가하고 수정하는 일련의 과정을 거치는 것을 의미한다. 학생들은 논의-기반 모델링 전략을 통해 현상을 관찰하고 탐구해야 할 문제를 스스로 만들고 이를 모둠 내의 문제, 학급 논의를 거쳐 모둠간 문제로 발전시키면서 교사의 명시적 지시 없이 학생 스스로 실험을 설계하고 수행하였고, 자료의 분석 및 해석을 하게 되었다. 또한 논의 과정을 통해 학생들은 자신의 또는 모둠의 모델을 평가하는 과정에서 다른 사람의 의견을 듣고 주어진 현상을 보다 잘 묘사하고 설명하기 위해 모델을 수정하게 된다(Sims et al., 2005). 또한 모둠 내에서 설계된 임시 모델을 다른 사람과 공유하기 위해 타당한 증거로 뒷받침하여 자신의 주장을 설득력 있게 제시하고자 했고, 과학적 설명을 제시하면서 과학개념에 맞고 타당한 증거로 뒷받침하려고 노력하게 되었다고 판단된다. 또한 관찰한 현상을 설명하는데 있어서 설명력을 높이기 위해 인식한 문제에 대한 진술부터 시작해서 관련된 과학개념을 점차 확장시키고 구조화하여 제시하였고, 눈에 보이지 않는 추상적 수준까지 그 설명의 폭을 넓히려고 분자 등의 과학개념을 사용하게 되면서 점진적으로 모델을 정교화 할 수 있었다. 또한 Windschitl et al.(2008)의 연구에서와 같이 학생들이 과학적 설명에 대한 증거를 제시하면서 원인 및 이유 등의 언어적 양식의 표상 외에도 표, 그래프, 차트, 도표 등의 가장 적절한 표상의 형태로 제시하고 자료를 조직화하는 과정을 거치게 되었다. 논의-기반 모델링 전략을 적용한 두 개 실험집단에서 모델링을 적용한 집단인 AbRM집단과 AbM집단은 논의과정을 통해 다른 모둠의 설명체계인 모델을 살펴보고 자신의 모델을 수정하여 제시하였다.

두 실험집단에서 다중표상 및 모델링을 적용한 AbRM집단은 논의 과정에서 다른 모둠의 모델을 살펴보고 모둠 내 평가과정을 통해 자신의 모델을 다중표상적 측면에서 재구성해볼 수 있는 기회를 가졌다. 이러한 과정을 통해 다른 사람들과의 상호작용에서는 다양한 양식의 표상을 사용하여 다른 사람의 이해를 높여야 한다는 사실을 알게 되었다고 볼 수 있고, 과학적 설명을 지지하기 위한 증거 제시에서 타당하고 적절하면서 다양한 양식의 표상을 사용하게 됨으로써 주장-증거 적절성이나 다중 표상 지수 등의 모든 항목에서 효과를 보였다. 따라서 논의-기반 모델링 전략이 학생들이 관찰한 현상에 대해 과학적 설명을 구축하는 모델링 능력에 긍정적인 영향을 주었다고 볼 수 있다. 또한 논의와 글쓰기라는 의사소통에서 다중표상에 대한 학습 및 재구성 기회를 적용함으로써 모델링 능력의 향상에 큰 효과를 준다는 것을 알 수 있었다.

학생들은 논의-기반 모델링 전략을 통해 자신만의 과학적 설명을 하게 된다. 과학적 설명을 위해 논의와 글쓰기라는 과학적 언어를 사용하여 스스로 정리하거나 표현하고, 다른 사람의 의견을 듣고 교환하는 과정을 통해 모델을 평가하고 수정하게 된다. 이러한 과정을 통해서 학생들은 오개념을 스스로 고칠 수 있고 추론과 비판을 통해 스스로 되돌아보는 메타인지적 사고력과 탐구력을 키우고, 학생들이 주도적으로 학습을 이끌어 나갈 수 있도록 도와준다고 볼 수 있다. 이러한



수업이 이루어지기 위해서는 교사의 모델링 수업 전략에 대한 인식과 학생들이 모델링을 접할 수 있는 기회가 제공되어야 한다. 특히 모델링은 학생들이 자신의 인지구조 내에서 내면화한 것을 외부로 표현하기 때문에 교사가 학생들의 학습결과를 확인할 수 있고 자신의 수업에 대해 피드백을 받을 수 있는 중요한 수단이자 도구로 활용이 가능하여 수업시간이나 수행평가 등에 적용해 볼 수 있다. 그러나 교사들은 모델링과 모델링 분야에 대해 잘 알지 못하거나 수업에 적용해 본 경험이 제한적이다. 이에 대한 개선을 위해 과학교사들에게 모델링이 과학내용을 가르치는 유용한 도구임을 인식하도록 도울 수 있는 연수과정이 필요하다. 또한 교사의 수업을 지원하고 수업에 활용할 수 있는 다양한 교수학습프로그램과 주제들이 개발되어야 한다. 이러한 자료를 바탕으로 과학교사들이 모델링을 수업전략으로 학생들의 학습에 적용해보고 이러한 경험들을 교사 간에 공유할 수 있는 기회가 제공되어야 할 것이다.

## 국문요약

이 연구는 글쓰기를 활용한 논의 기반 모델링 전략이 학생들의 모델링 능력에 미치는 영향을 알아보는 것을 목적으로 하였다. 또한 논의 기반 모델링 전략에서 다중표상의 적용여부가 학생들의 모델링 능력에 미치는 효과를 비교하였다. 이를 위해 남녀공학 중학교 1학년 세 개 학급(66명) 중 두 개 학급(43명)은 실험집단으로, 한 개 학급(23명)은 비교집단으로 선정하였다. 논의 기반 모델링 전략을 적용한 두 개 실험집단 중에서 한 개 학급은 AbRM 집단(Argument-based multimodal Representation and Modeling, 논의 기반 다중표상 및 모델링 집단, 22명), 다른 한 개 학급은 AbM 집단(Argument-based Modeling, 논의 기반 모델링 집단, 21명), 나머지 한 개 학급은 비교집단(23명)으로 선정하였다. 논의 기반 모델링 전략은 인지 과정, 해석 과정, 적용 과정으로 구성되어 있다. 실험집단은 논의 기반 모델링 전략의 인지 과정과 해석 과정을 공통적으로 수행하고 적용 과정에서 차이를 두었다. AbRM 집단은 논의 기반 다중표상 및 모델링을 적용하였고, AbM 집단은 논의 기반 모델링을 적용했으며, 비교집단은 전통적 수업방식을 적용하였다. 논의 기반 모델링 전략이 학생들의 모델링 능력에 미치는 영향을 분석한 결과, AbRM 집단의 경우 통합적 모델링 수준에서 다른 두 집단보다 통계적으로 유의미하게 높았고, AbM 집단은 비교집단보다 유의미하게 높았다. 모델링 능력 검사의 하위요소인 문제인식, 과학개념 구조화, 주장-증거 적절성, 다중표상 지수에서 AbRM 집단의 경우 모든 하위요소에서 AbM 집단과 비교집단 보다 통계적으로 유의미하게 높았으며, 그 다음으로 AbM 집단이 비교집단 보다 통계적으로 유의미하게 높았다. 이러한 결과로부터 논의 기반 모델링 전략은 모델링의 목적인 의사소통을 위해 자신이 만든 모델을 논의와 글쓰기를 통해 과학적 언어를 사용하여 스스로 정리하거나 표현하고, 다른 사람의 의견을 듣고 교환하는 과정을 통해 모델을 평가하고 수정하는 일련의 과정을 통해서 학생들의 모델링 능력의 향상에 효과적임을 보여 주었다.

**주제어 :** 모델, 모델링, 논의 기반 모델링, 다중표상, 글쓰기, 논의

## References

- Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: Understanding a framework for K-12 science education. *Science and Children*, 49(4), 10-16.
- Davenport, T. H., & Prusak, L. (1997). *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Boston, MA: Harvard business school press.
- Duschl, R. A., Ellenbogen, K., & Erduran, S. (1999). Promoting argumentation in middle school science students: A Project SEPIA evaluation. In Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Boston.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of Physics. *Science Education*, 85(6), 106-121.
- Giere, R., Bickle, J., & Mauldin, R. (2006). *Understanding scientific reasoning*. London: Thomson Learning.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Rutherford, M. (2000). Explanations with models in science education. *Developing Models in Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Haack, S. (2003). *Defending science-within reason: Between scientism and cynicism*. Amherst, NY: Prometheus Books.
- Hand, B., Choi, A., Greenbowe, T., Schroeder, J., & Bennett, W. (2008). Examining the impact of student use of multiple-mode representations in constructing science arguments. annual international conference of national association for research in science teaching. Baltimore, MD.
- Hand, B., Wallace, C., & Yang, E. (2004). Using a Science Writing Heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131-149.
- Halloun, I. A. (1996). Schematic Modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1-26.
- Kang, I. A. (1997). A brief reflection on cognitive and social constructivism. *Journal of Educational Technology*, 11(2), 3-20.
- Kelly, G. J., & Takao, A. (2001). Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), 314-342.
- Kelly, G. J., Bazerman, C., Skukauakaite, A., & Prothero, W. (2002). Rhetorical features of student science writing in introductory university oceanography (pp. 265-282). Routledge, NY: New York Publisher.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674-689.
- Laubichler, M. & Müller, G. (2007). *Modeling biology: structures, behaviors, evolution*. Cambridge, MA: MIT.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman, (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publisher.
- Lee, J. S. (2002). *Principles and methods of teaching writing: Process-oriented approach*. Seoul: Teaching the history of science Publishers.
- Lee, K. N. (2007). Effects of constructivistic learning strategy on middle school students' learning of scientific conception learning and scientific attitudes: Focused on science writing (Doctoral dissertation). Chonbuk National University, Korea.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2006). Scientific thinking and science literacy: Supporting development in learning in contexts. In W. Damon, R. M. Lerner, K. A. Renninger, & I. E. Sigel (Eds.), *Handbook of child psychology*, (6th ed., Vol. 4). Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Lemke, J. L. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In J. Martin & R. Veel (Eds.), *Reading science: Critical and functional perspectives on of science* (pp. 87-113). London: Routledge.
- Magnani, L., & Nersessian, N. (2002). *Model-based reasoning: Science, technology, values*. New York, NY: Kluwer Academic Publishers.
- Ministry Of Education. (2012). 2009 Revised national curriculum. MOE, Notice No. 2011-2361.

- Morgan, M., & Morrison, M. (1999). *Models as mediators. Perspectives on natural and social sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nam, J. H., Kwak, K. H., Jang, K. H., & Hand, B. (2008). The implementation of argumentation using Science Writing Heuristic (SWH) in Middle School Science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(8), 922-936.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Owens, C. V. (2000). Teachers' responses to science writing. *Teaching and learning-grand forks-*, 15(1), 22-35.
- Pineda, L., & Garza, G. (2000). A model for multimodal reference resolution. *Computational Linguistics*, 26(2), 139-193.
- 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: Erlbaum.
- Sarah, K. B., & Lance, J. R. (2000). Explanation and evidence in informal argument. *Cognitive Science*, 24(4), 573-604.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A. Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for science modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Seigel, H. (1988). *Education reason: Rationality, critical thinking and education*. London: Routledge.
- Sins, P. H. M., Savelsbergh, E. R., & van Joolingen, W. R. (2005). The difficult process of scientific modelling: An analysis of novices' reasoning during computer-based modelling. *International Journal of Science Education*, 27(14), 1695-1721.
- Suckling, C. J., Suckling, K. E., & Suckling, C. W. (1978). *Chemistry through models. Concepts and applications of modeling in chemical science, technology and industry*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Windschitl M., Thompson J., & Braaten M., (2008). Beyond the scientific method: Model-Based Inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.
- Yore, L. D., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689-725.