

명시적-반성적 접근을 활용한 모델링 수업이 초등학생들의 메타모델링 지식에 미치는 영향 탐색

임성은, 최승언, 박창미, 김찬중*

서울대학교

Exploring the Influence of an Explicit and Reflective Modeling Instruction on Elementary Students' Metamodeling Knowledge

Sung-Eun Lim, Seung-Urn Choe, Changmi Park, Chan-Jong Kim*

Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 January 2020

Received in revised form

18 March 2020

8 April 2020

17 April 2020

Accepted 22 April 2020

Keywords:

metamodeling knowledge,
explicit and reflective modeling
instruction, elementary students

ABSTRACT

This study investigated the influence of an explicit and reflective modeling instruction on the metamodeling knowledge of fourth-graders. Two fourth-grade classes in an elementary school in Seoul were selected and each class was assigned to an experimental group and a control group, respectively. The experimental group was engaged in explicit and reflective modeling instruction, whereas the control group was engaged in implicit modeling instruction. The two groups were surveyed before and after instruction on the basis of five metamodeling knowledge categories: definition, purpose, design/construction, changeability, and multiplicity. The experimental group showed positive changes in model's meaning, examples, purpose, changeability as well as multiplicity. In contrast, fewer students in the control group understood the meaning of the model and modeling. They also showed limited changes in their understandings with regards to the modeling instruction, and could not expand their understanding of the nature of model and modeling. The findings indicate that an explicit and reflective modeling instruction has positive influence on elementary students' metamodeling knowledge.

1. 서론

모델과 모델링을 활용한 과학 수업은 과학적 실행에 직접 참여하는 방법으로, 과학 내용을 이해하고 진정한 의미의 과학탐구를 경험하여 과학의 본성에 대한 이해를 증진할 수 있다는 점에서 과학교육에서 강조되어왔다(Baek, 2013; Bamberger & Davis, 2013; Gilbert & Justi, 2016; Lehrer & Schauble, 2012; Schwarz & White, 2005). 미국의 차세대 과학교육 표준(Next Generation Science Standards, NGSS)에서는 학생들이 달성하여야 할 8개의 실천요소 중 한 가지로 '모델 개발 및 사용하기'를 포함하고 있으며 각 학년 군에서 이와 관련된 기대 성취 능력을 구체적으로 세분하여 안내하고 있다(NGSS Lead States, 2013). 2015 개정 교육과정에서도 과학 교과 교수학습 방향 중 하나로 과학적 모델을 적절히 활용할 것을 제안하고 있으며, 내용 체계 중 기능 영역에서 '모형의 개발과 사용'을 포함하고 있다(MOE, 2015).

이처럼 과학교육에서 모델과 모델링 활용 능력이 중요한 목표임에도 불구하고, 이를 신장하는 방안과 과정에 대한 이해는 부족한 편이다(Cho *et al.*, 2017). 학생들이 모델을 구성하고 수정 및 적용하는 경험만으로는 과학적 증거를 바탕으로 한 추론 능력의 신장이나 개념적 지식의 발전에는 한계가 있었다(Carey & Smith, 1993; Schwarz & White, 2005). 또한, 학생들이 모델과 모델링을 활용한 수업에 참여

하는 것만으로 과학적 모델의 본성과 목적에 대한 지식을 개발하지 못했다(Carey & Smith, 1993; Schwarz & White, 2005; Van Driel & Verloop, 1999). 오히려 모델의 본성, 목적, 모델링에 대해 논의하지 않은 채 모델링 활동에 참여하게 되면, 모델과 모델링과 관련된 지식과 실행능력을 다른 상황으로 일반화하고 전이하기 어려워진다(Baek *et al.*, 2011). 따라서, 모델기반 수업에는 모델 구성 경험뿐 아니라 메타모델링 지식 도입에 대한 방안이 함께 고려되어야 하며, 이를 통해서 학생들은 과학적 모델과 모델링 자체의 본성에 대한 이해를 높이고 이를 활용할 수 있을 것이다(Smith *et al.*, 1992; Wiser, 1988).

메타모델링 지식에 관련된 논의는 Grosslight *et al.*(1991)의 연구를 시초로 다양하게 발전되어 왔었다. 메타모델링 지식(Meta-modeling knowledge)이라는 '용어'는 Schwarz(2002)가 처음 제안하였고, 메타모델링 지식을 '모델과 모델링의 본성과 역할, 모델의 목적, 모델의 평가에 대한 기준, 모델링 과정에 대한 이해' 및 '이러한 이해가 모델을 사용한 추론 과정에서 어떻게 사용되는지 이해하는 것'으로 정의하였다(Schwarz, 2002). 학습자들이 모델링 활동에 생산적으로 참여하고 과학이 생성하는 지식의 역동성을 이해하려면 모델과 모델링의 본성 및 목적에 대한 이해가 필요하다(Abd-El-Khalick *et al.*, 2004). 또한, 모델과 모델링의 본성에 대한 이해가 높을수록 모델로부터 과학적 정보를 잘 해석하고, 자신이 구성한 모델로부터 더 나은 추론을 할 수 있다. 이를 통해 새로운 과학적 아이디어를 재구성할 수도 있다.

* 교신저자 : 김찬중 (chajokim@snu.ac.kr)

** 본 논문은 임성은의 2017년도 석사 학위논문에서 발췌 정리하였음.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2020.40.2.127>

메타모델링 지식에 대한 이해가 증가할수록 과학 교수·학습 맥락에서 내용 지식 이해 및 과학적 수행에 긍정적인 영향을 준다. 즉, 메타모델링 지식은 인식론적 이해와 수행에 상호영향을 미치는 관계에 있다(Schwarz, 2002). 전통적 과학교육에서 가르치는 과학은 합리적이고 객관적으로 보이며 변하지 않는 듯한 지식을 가르친다. 과학의 본성과 분리된 과학을 학습했던 학생들은 모델의 본성에 대해 이해하는 과정에서 과학학습에 대한 전통적 신념과 기대와 상충하여, 모델 기반 학습을 어렵게 느낄 수 있다(Yoon, 2011). 메타모델링 지식에 대한 이해는 이러한 갈등 요인을 해소하는 데 도움을 줄 수 있다는 점에서 의의가 있다.

그러나 학생들에게 모델의 본성과 모델링 과정을 가르치는 것은 복잡적이고 어려워(Smith *et al.*, 1992; Wisner, 1988), 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 시도가 이루어지고 있다. 국외 선행연구에서는 초등학교 고학년 이상의 연구 참여자를 대상으로 한 모델링 수업프로그램 개발과 적용 및 모델링 수업에 참여한 학생들의 메타모델링 지식의 변화에 관해서 탐색하는 연구들이 대다수였다(Baek *et al.*, 2011; Schwarz *et al.*, 2009; Schwarz & White, 2005; Maia & Justi, 2009; Saari & Viiri, 2003). 그 중 메타모델링 지식과 모델기반 교수·학습을 결합한 연구들이 일부 있었으나 암시적 접근 방법을 활용하거나 메타모델링 지식 요소 중 일부만을 고려하여 모델링 수업을 진행하였다. 또한, 초등학교 중학년은 연구 참여자에서 제외되었다는 한계가 있었다. Kenyon *et al.*(2008)는 초등학교 5, 6학년을 대상으로 연구하였지만, 암시적 접근 방법을 기반으로 하여 학생들이 모델을 사용해 과학적 현상을 설명, 평가, 수정하는 모델링 수행과정에 참여시켰다. 그 후 암시적 접근 방법의 모델링 수업이 모델의 목적에 대한 이해에 어떤 영향을 미치고 있는지 중점적으로 조사하였다. Schwarz & White(2005) 연구의 수업도입부에서 교사는 명시적으로 과학적 모델링과 모델링이 과학의 중요한 일부임을 배울 것이라고 설명하였다. 그 후 학생들에게 다양한 컴퓨터 시뮬레이션 모델 예시를 보여주고 토론할 기회를 제공한 후 모델링 수업을 진행하였다. 이 수업은 다른 암시적 접근 방법을 활용한 모델기반 수업과 비교하면 비교적 명시적-반성적 접근 방법에 가까운 모델링 수업이었다. 그러나 연구 대상은 중학교 학생들로 한정되었다.

모델과 모델링 관련 국내 과학교육에 관한 문헌연구(Cho & Nam, 2017)에서는 연구 참여자의 모델과 모델링에 대한 인식을 조사한 연구, 모델 및 모델링 관련 프로그램 개발연구, 프로그램을 적용하고 프로그램의 효과를 조사하는 연구 등으로 분류하고 있었다. 인식에 관한 연구에는 메타모델링 지식 중 일부 요소에 대한 예비 과학교사와 중·고등학생의 인식을 탐색한 연구(Cha *et al.*, 2004; Jung & Kim, 2014)와 메타모델링 지식과 관련된 요소를 5가지 이상 범주화시켜 예비 초등교사와 중등 과학교사의 인식을 탐색한 연구가 있었다(Cho *et al.*, 2017; Oh, 2009). 그러나 초등학생들의 메타모델링 지식을 탐색한 선행연구는 없었다. 프로그램의 적용과 효과를 탐색한 연구에서는 모델과 모델링의 이해를 목표로 한 수업을 개발하고 적용하여 초·중등교사의 존재론적 이해를 확장 시킨 결과를 얻은 연구(Kang, 2017)와 탐구과정에서 예비 초등교사의 과학적 모델에 대한 이해변화를 탐색한 연구(Yoon, 2011), 암시적 접근 방법을 기반으로 한 모델링 활동에 참여한 영재 중학생의 메타모델링 지식 발달을 탐구한 연구(Kim *et al.*, 2019)가 있었다. 그러나 다른 연구들은 프로그램 적용

후 과학적 내용 지식 이해, 태도, 과학적 탐구 기술, 모델링 수행 등을 탐색하는 경우가 대다수였다(Jin *et al.*, 2004; Kim & Kim, 2007; Part *et al.*, 2016). 특히, 국내에서는 메타모델링 지식에 대한 명시적-반성적 방법의 접근을 활용한 모델링 수업에 관한 연구가 거의 없었다.

과학의 본성에 대한 이해를 높이기 위한 교수 방법으로 암시적 접근(implicit approach), 명시적 접근(explicit approach), 명시적-반성적 접근(explicit and reflective approach) 방법이 있다. 암시적 접근 방법은 과학 활동을 통해 부수적으로 과학의 본성 이해에 대한 발달을 가져올 수 있다고 가정하여 과학의 본성에 대해 숙고하는 활동을 따로 포함하지 않는 교수학습 방법이다(Akindein, 1988). 명시적 접근 방법은 과학의 본성, 지식이나 기능을 학습하기 위해 목표를 먼저 제시하고 단계별로 새로운 자료를 제공하는 교수학습 방법이다. 그러나 과학의 본성에 대한 학습으로 암시적인 교수 방법의 한계와 이에 대한 대안으로서 명시적-반성적 접근 방법의 가능성이 논의되어왔다(Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Lederman, 1992). 명시적-반성적 접근 방법은 과학의 본성의 측면을 먼저 명시적인 방법으로 제공하고 과학의 본성에 대한 여러 측면을 다양한 과학 활동에서 성찰할 구조화된 기회를 제공하여 학생들이 추상적인 과학의 본성에 대한 인식적 틀을 개발할 수 있도록 돕는 방법이다(Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). 그동안 모델과 모델링에 대한 인식연구나 메타모델링 지식을 모델링 수업에 적용한 프로그램의 참여자로서 초등학교 고학년 이상이 대다수였다. 본 연구에서는 메타모델링 지식을 모델링 수업에 적용한 수업이 초등학교 중학년 학생들에게도 적용 가능한지 알아보고자 하였다. 이를 위해 명시적-반성적 접근을 활용한 모델링 수업방법이 초등학생들이 모델기반 교수학습에 유의미하게 참여할 수 있는 교육 전략으로써 활용될 수 있는지 알아보고자 하였다. 이 연구의 주요 목적은 메타모델링 지식에 대한 명시적-반성적 접근을 기반으로 한 모델링 수업이 초등학교 중학년 학생들의 메타모델링 지식에 어떤 영향을 주는지 탐색하는 것이다. 이를 위해서 메타모델링 지식 요소(모델의 의미, 모델의 목적, 모델의 설계와 구성, 모델의 가변성, 모델의 다중성, 모델링의 과정 및 본성)를 반영한 모델링 수업을 개발 및 적용하고, 이를 통하여 초등학교 중학년 학생들의 메타모델링 지식 변화를 요소별로 탐색하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

연구 참여자는 서울 공립 J 초등학교 4학년 두 학급의 학생으로 연구 참여에 동의하지 않은 학생을 제외한 실험반 17명, 통제반 17명이 참여하였다. J 초등학교는 학급수가 점점 줄어들고 있는 교육복지 우선지원 사업학교로 가정형편이 어려운 다수의 학생이 재학 중이며, 학생들의 학습수준도 대체로 낮은 편이다. 연구에 참여한 학생들도 학습수준이 낮고, 중학년에 해당하여 메타모델링 지식 설문에서 자기 생각을 명확하고 길게 서술하는 데 어려움을 느끼는 경우가 대다수였다. 연구 결과에 기재된 연구 참여자들의 이름은 모두 가명이다. 수업을 진행한 A 교사는 6년 차 경력의 초등학교 교사이자 과학교육학과 박사과정 학생으로 모델과 모델링에 대한 지식이 풍부하였고, 새로운 교수 방법을 교육현장에 적용하는 것에 거부감이 없어서 새롭게 설계

된 모델링 수업을 진행하는 데 적합하다고 판단하였다. 실험반과 통제반의 수업은 모두 A 교사가 진행하였다.

2. 연구절차 및 자료수집 과정

연구를 위해 먼저, 과학교육 전문가들과 함께 선행연구를 바탕으로 메타모델링 지식 요소를 범주화하고 추출하였다.

둘째, 이를 바탕으로 메타모델링 지식을 조사하는 설문 조사 도구를 개발하여 경기도 M 초등학교 4학년을 대상으로 두 번의 파일럿 검사를 시행한 후 수정·보완하였다.

셋째, 과학교육 전문가들과 함께 명시적·반성적 접근 방법을 기반으로 하여 메타모델링 지식을 강조한 모델링 수업을 5차시 분량으로 설계하였다. 본 수업은 ‘명시적인 방법으로 진행되는 메타모델링 지식에 대한 수업’ 1차시와 ‘반성적 방법으로 진행되는 모델링 수업’ 4차시 분량으로 계획되었다(Table 1). 수업은 학생들의 메타모델링 지식 설문 결과를 기준으로 구성되었으며, 1차시 메타모델링 지식 수업에 포함된 메타모델링 지식 요소들은 ‘모델 및 모델링의 본성’에 대한 것으로 ‘모델의 의미, 모델의 다양한 예, 모델의 목적, 모델의 설계와 구성, 모델의 가변성, 모델의 다중성, 모델링 과정 및 본성’ 등을 이해할 수 있는 내용으로 구성되었다. 4차시 분량의 모델링 수업은 Clement(1989)의 GEM(Generation, Evaluation, Modification) cycle을 기반으로 하되 모델링 수행의 4가지 주요 요소 중 ‘사회적 상호작용’을 추가하여(Fortus *et al.*, 2006) ‘개인 모델 구성하기, 개인 모델 평가하기, 개인 모델 수정하기, 조 모델 구성하기, 조 모델 평가

하기, 조 모델 수정하기, 조 모델 적용하기’ 7가지 단계로 구성하였다.

넷째, 서울 J 초등학교 4학년 네 개 학급을 대상으로 메타모델링 지식 설문을 진행하고 메타모델링 지식수준이 비슷한 두 개 학급을 선정하였다. 두 학급의 연구 참여자 모두 사전 메타모델링 지식수준이 비슷하여 연구자 임의로 실험반과 통제반으로 나누었다. 선정된 두 학급의 모든 학생을 대상으로 약 10분~15분 동안 쉬는 시간 및 점심시간을 활용하여 학년 연구실에서 면담을 시행하였다. 설문 문항에는 학생들이 답안을 선택한 이유를 서술형으로 기술하도록 한 문항이 있었으나, 학습수준이 낮은 중학년 초등학교생들이 가진 메타모델링 지식이 글로 표현되는 데 한계가 있었기 때문에 면담을 통해서 학생들의 메타모델링 지식과 연구자가 해석한 의미가 일치하는지 중점적으로 살펴보았다.

다섯째, 실험반은 앞서 계획한 명시적·반성적 접근 방법을 기반으로 하여 메타모델링 지식을 강조한 모델링 수업에 5차시 동안 참여하였으며 통제반은 ‘모델’이라는 용어가 사용되지 않은 암시적 접근 방법을 기반으로 한 모델링 수업에 4차시 동안 참여하였다. 수업의 주제는 ‘구멍이 있는 현무암과 구멍이 없는 현무암이 생성되는 까닭은 무엇일까?’이며, 2016년 8월 말에서 9월 초까지 2주에 걸쳐 실시되었다. Harrison & Treagust(2000)의 모델 분류표에 따라 본 수업에서 다루는 과학 모델은 개념-과정 모델(concept-process model)로서 물의 순환, 달의 위상변화, 광합성 과정 등 과학적 개념에 과정이 포함되었으며, 과정을 표상하거나 시간에 따른 변화를 표상해야 하므로 복잡하고 추상적인 모델이다.

여섯째, 수업 후 메타모델링 지식 설문과 면담을 진행하여 메타모

Table 1. Explicit and Reflective Modeling Instruction with Metamodeling Knowledge

범주 (접근 방법)	차시	교수·학습활동	학습활동
모델과 모델링의 본성에 대한 이해 (명시적 방법)	1차시	동기유발	· 일상생활 속의 모델이라는 용어 사용의 예를 떠올리기
		과학적 모델의 예, 정의(의미), 목적 알기	· 모델에 해당하지 않는 사례 및 모델에 해당하는 다양한 예 알기 (스케일 모델, 개념-과정 모델, 지도, 도해, 표, 수학적 모델, 시뮬레이션 모델) · 모델의 여러 가지 예와 모델의 목적을 연관 지어 이해하기 · 교과서에서 과학적 모델 찾기 및 과학적 모델 여부 토의·토론하기 (모둠, 학급 전체)
		모델링 과정(모델의 설계와 구성, 모델의 가변성, 모델의 다중성) 알기	· 과학자들이 모델을 설계하고 구성하는 과정 이해하기(호기심, 관찰, 탐색, 사회적 구성, 적용, 평가, 수정 등) · 모델링 과정과 모델의 본성을 연관 지어 이해하기 · 모델링 과정의 실제 사례 알기
모델링 활동 (반성적 방법)	2차시 ~ 3차시	학습 내용 확인 및 차시예고	· 확인문제 및 차시예고
		개인 모델 구성하기	· 수업 참여 방법 이해하기 · 제약조건과 관련된 자연현상에 대해 탐색하기 - 현무암의 생성 과정 이해하기(온도, 화산가스), 사이다 기포 관찰하기, 기포(분포, 크기, 이동 방향)와 용암 분출의 연관성 생각하기 · 개인 모델 구성하기 - 탐색한 자연현상을 바탕으로 구멍이 있는/없는 현무암의 생성 과정 모델 구성하기
	3차시	개인 모델 평가하기	· 모둠원들과 개인 모델 평가하기 - 개인 모델 소개하기, 구멍이 있는/없는 현무암을 잘 설명하는지 개인 모델 평가하기
		개인 모델 수정하기	· 개인 모델 수정하기
		조 모델 구성하기	· 토의·토론을 거쳐 조 모델 구성하기 - 제약조건을 고려하여 구멍이 있는/없는 현무암을 잘 설명하는 조 모델 구성하기
	4차시 ~ 5차시	조 모델 평가하기	· 다른 모둠의 조 모델에 대한 설명 듣고 평가하기
		조 모델 수정하기	· 모둠원들과 조 모델 수정하기 - 다른 모둠의 평가를 참고하여 조 모델 수정하기
조 모델 적용하기		· 새로운 자연현상 탐색하여 기존 모델을 적용하여 새로운 모델 만들기 - 3개의 현무암층이 만들어진 과정을 예상하여 모델을 구성하고 설명하기	

텔링 지식 변화를 탐색하였다. 설문 조사 후 진행된 면담은 모든 연구 참여자를 대상으로 약 10분~15분 동안 쉬는 시간 및 점심시간에 학년 연구실에서 실시하였다. 면담을 통해서 문항에 대한 학생들의 메타모델링 지식과 연구자가 해석한 의미가 일치하는지 중점적으로 살펴보았다.

3. 메타모델링 지식 설문 조사 도구

메타모델링 지식 탐색 도구 및 형태는 연구자마다 다르며 연구 대상도 예비교사, 교사, 중·고·대학생, 과학자 등 다양하다. 선행연구의 탐색 도구에 포함된 범주로는 ‘모델의 종류, 모델의 정의, 모델의 목적, 모델의 설계와 구성, 모델의 가변성, 모델의 다중성, 모델의 평가’로 추출할 수 있다(Chittleborough *et al.*, 2005; Crawford & Cullin, 2005; Grosslight *et al.*, 1991; Justi & Gilbert, 2002; Treagust *et al.*, 2002). 본 연구의 메타모델링 지식 설문 문항은 메타모델링 지식을 탐색하는 데 선구적인 역할을 한 Grosslight *et al.*(1991)의 설문 문항에 모델의 의미(정의)를 묻는 문항을 추가하여 수정·보완하였으며 파일럿 검사를 시행한 후 모델에 대한 경험을 묻는 문항이 추가되었다. 사전 설문 조사는 메타모델링 지식 요소인 ‘모델의 의미, 모델의 목적, 모델의 설계와 구성, 모델의 가변성, 모델의 다중성’을 포함하고 있다. 사전 설문 조사 1번 문항은 메타모델링 지식 요소에 해당하지 않지만, 학생들의 ‘모델에 대한 경험’을 탐색하기 위한 질문이며 사후 설문 조사에는 삭제되었다(Table 2). 파일럿 설문 결과 학생들 모두 ‘과학적 모델’을 전혀 알고 있지 못하였기 때문에, 먼저 과학적 모델에 대한 경험 유무 혹은 과학적 모델을 알고 있는지 탐색하고자 1번 문항에 배치하였다. 2번 문항은 과학적 모델의 의미를 정확히 이해한다면 문항에서 주어진 여러 모델 후보가 모델에 해당하는지 판단할 수 있으므로 모델의 의미에 대한 이해를 탐색하기 위한 문항이다. 3~7번 문항은 각각 모델의 의미, 모델의 목적, 모델의 설계와 구성, 모델의 가변성, 모델의 다양성에 대한 이해를 탐색하기 위한 문항이다. 사전·사후 설문 조사에서 확인하고자 하는 메타모델링 지식 요소는 일치하였으며 문항 순서를 바꾸어 검사 도구의 학습효과를 없애고자 하였다. 연구에 사용된 설문 문항에 대해 과학교육 전문가 4인이 문항의 의미 전달력, 타당성, 답변의 용이성에 대해서 검토하였다. 문항에는 답안을 선택한 이유도 함께 적도록 하여 학생들의 이해를 질적으로 살펴볼 수 있도록 하였다. 또한, 사전·사후에 설문이 끝난 후 면담을 진행하여 각 문항에서 학생들의 이해가 연구자가 해석한

의미가 일치하는지, 그리고 학생들이 가진 메타모델링 지식이 무엇인지 구체적으로 탐색하여 해석의 신뢰도와 타당도를 높이고자 하였다.

각 문항은 두 번의 파일럿 검사를 거쳐 수정·보완되었는데 파일럿 검사에서 학생 대부분은 과학적 모델이 무엇인지 알지 못하였고 모델에 대한 경험도 없다고 응답하였다. 따라서 2번 문항에는 다양한 모델 후보들을 보고 모델 여부를 판단하는 과정을 통해 메타모델링 지식에 대한 논의를 시작하기 위한 토대를 마련할 수 있도록 Harrison & Treagust(2000)의 모델분류를 참고하여 초등학교의 수준에 적합한 다양한 종류의 ‘모델의 예’를 제시하였다. 2번 문항에서 사용된 12개의 모델은 교육과정에서 이미 배운 내용과 관련된 것으로 4개의 비과학적 모델(자연현상을 그대로 찍은 사진, 과학 실험 도구 등 파일럿 검사에서 과학적 모델로 알고 있는 대표적인 오개념)과 8개의 과학적 모델(스케일 모델 2개, 개념-과정 모델 3개, 지도, 도해, 표 1개, 수학적 모델 1개, 시뮬레이션 모델 1개)로 구성하였다. 4번, 5번 문항은 학생들의 사고를 한정 짓지 않기 위해 제시된 선택답안 외에 ‘자기 생각을 적을 수 있는 선택답안’ 항목을 마련하여 선택형 질문의 단점을 극복하고 연구 참여자의 생각이 최대한 왜곡되지 않도록 하였다. 연구 참여자의 모델과 모델링의 본성에 대한 이해가 반드시 같지 않고 메타모델링 지식의 요소별 이해 수준이 혼재되어 있을 수 있다는 것을 고려하여 6번, 7번 문항을 제외한 나머지 문항의 선택항목들은 정답과 오답으로 이루어진 이분화 된 선택항목이 아닌 이해 수준 차이를 드러낼 수 있는 항목으로 구성하였다.

4. 분석 방법

사전·사후 검사 도구에 대한 학생들의 응답 및 사전·사후 면담내용을 종합하여 질적 자료의 일반적인 분석 방법으로 유목화, 코딩, 심화 코딩의 절차에 따라 분석하였다. 분석 과정에서 객관식 문항의 응답을 바로 코드화하지 않고, 서술형으로 작성한 문항선택의 이유와 면담내용을 근거로 학생들의 메타모델링 지식 요소에 대한 이해 수준을 나타낼 수 있는 일차 코드를 마련하였다. 그 후 선행연구에서 제시한 메타모델링 지식의 범주(Grosslight *et al.*, 1991; Oh, 2009)를 바탕으로 구성된 연구자의 에티코드(etic code)와 앞서 마련한 에미코드(emic code)의 결과를 비교하여 분석결과의 특성과 차이점을 살핀 후 다시 코딩작업을 시행하여 미처 발견하지 못한 이해 수준을 찾아서 정교화하였다. 초등학교 학생들이 가진 메타모델링 지식에 대한 이해 수준이 혼재되어 있었기 때문에 연구 참여자들의 객관식 선택

Table 2. Questionnaire items and categories of metamodeling knowledge

번호	질문 내용	범주
1	‘과학 모델’이라는 말을 들어 본 경험이 있는지 동그라미 치시오.	
2	다음 중 ‘과학 모델’이라고 생각되는 것을 모두 동그라미 치시오.	모델의 의미 (모델의 예)
3	2번에서 선택한 과학 모델 중에서, 과학 모델에 가장 가깝다고 생각하는 것을 고르시오. 그렇게 생각한 까닭을 자세히 쓰시오.	모델의 의미
4	여러분이 과학자가 된다면, 과학 모델을 언제 사용할까요? (여러 개 선택 가능) 이와 같이 생각한 까닭은 무엇인가요?	모델의 목적
5	과학 모델을 만들 때, 무엇이 가장 중요하다고 생각하나요? 이와 같이 생각한 까닭은 무엇인가요? 예를 들어보시오.	모델의 설계와 구성
6	과학 모델은 수많은 과학자들의 연구를 통해 오랜 시간 동안 만들어져 왔습니다. 이러한 점에서 과학 모델은 언젠가 바뀔 것이라고 생각하나요? 이렇게 생각한 까닭은 무엇인가요?	모델의 가변성
7	과학자들은 똑같은 자연현상을 보고, 한 가지 이상의 과학 모델을 만들 수 있을까요? 이렇게 생각한 이유는 무엇인가요? 예를 들어보시오.	모델의 다중성

답변만을 단순히 수량화시켜 나누는 것은 연구 참여자들의 이해 수준을 왜곡시킬 수 있으므로 이를 단순히 등급화하지 않았다. 학생들의 이해 수준은 혼재되어 있어 복수 응답을 허용하였고, 설문 응답 수는 연구 참여자 수보다 더 클 수 있다. 그러나 응답 비율은 각반의 연구 참여자 총수(N=17)에 대비하여 나타냈다. 과학교육 전문가 4인과 함께 검토하여 분석 과정 및 결과의 타당성을 높이고자 하였다.

III. 연구 결과

1. 모델에 대한 경험

첫 번째 문항은 학생들의 과학적 모델에 대한 경험을 묻는 문항이다. 본 문항은 메타모델링 지식의 요소에 해당하지 않으나, 앞서 밝히 바와 같이 파일럿 검사를 할 때 초등학교 학생들이 ‘과학적 모델’ 자체를 알지 못하는 경우가 대다수였기에 학생들이 사전에 ‘과학적 모델’에 대한 경험이 있는지 혹은 ‘과학적 모델’을 알고 있는지 살펴보았다. 응답자 1명을 제외한 실험반, 통제반 모두 모델을 들어본 경험이 없다고 하였으며 경험이 있다고 답한 이유나는 ‘뉴스나 TV에서 들어 본 적이 있는 것 같아요’라고 진술하며 과학적 모델을 정확히 이해하지 못하였다. 성인과 학생 모두 모델이라는 말을 들으면 ‘인형 모델(Toy model)’을 가장 먼저 떠올리는 것처럼(Pluta et al., 2011) 본 연구 참여자 중 일부는 모델을 ‘본보기가 되는 대상’이나 ‘패션모델’이라고 응답하기도 하였다. 학생들이 과학 수업시간에 다루었던 모델의 종류와 수는 고학년과 비교하면 상대적으로 제한적이었으나, 연구에 참여하기 전까지 과학 수업에서 접하였던 과학적 모델은 ‘동물의 한 살이 과정, 물에 의한 지표 변화 모형, 지층 모형, 식물의 한 살이, 지진 모형실험’ 등이 있었다. 그러나 첫 번째 문항의 응답을 통해 학생들은 과학 교육과정에서 이미 배운 과학적 모델조차 모델이라고 생각하지 못하며 생소한 개념으로 받아들이고 있음을 알 수 있다. 과학적 모델이 교과서에서 모델이라는 용어로 사용되지 않기 때문에 학생들이 모델을 모델로서 이해하지 못했을 것으로 판단하며, 학생들이 모델과 모델링의 본성을 이해하기 위해서는 ‘모델’에 대한 기초적인 개념이 해가 선행될 필요성을 보여준다.

2. 모델의 예

두 번째는 12개의 과학적 모델 후보가 과학적 모델인지 판단하는 문항이다. 모델은 목적에 따라 다양한 방법으로 표상될 수 있으나,

자연현상과 이론 사이에 연결고리 역할을 하는 ‘다리 또는 중재자’로서 목표 현상에 대해 표상을 한다는 공통점이 있다(Oh & Oh, 2011). 앞서 밝힌 바와 같이 학생들이 이러한 모델의 의미를 이해한다면 모델 후보의 모델 여부를 판단할 수 있다. 따라서 본 문항에서 학생들이 모델 여부를 판단하는 과정을 통해 학생들이 모델의 의미를 정확히 이해하고 있는지 판단할 수 있다. Figure 1에 순서대로 제시된 모델 후보는 4개의 비과학적 모델과 5종류의 모델 유형을 포함하고 있는 8개의 과학적 모델이다.

사전·사후 12개 후보에 대한 올바른 이해를 한 비율을 비교하면 실험반은 47%에서 78%로 약 31%가량 증가하였고 통제반에서는 51%에서 40%로 약 11% 감소하였다(Figure 1). 실험반과 통제반의 사전·사후 모델 여부에 관한 판단을 ‘모델 유형별’로 살펴보면 먼저, 실험반에서는 자연현상의 모습을 그대로 찍은 ‘번개 사진, 화산 사진’을 모델이 아니라고 답한 비율이 높아졌다. 반면, 통제반에서는 모델이라고 답한 비율이 증가하였다. 특히, 통제반에서 ‘화산 사진’을 모델이라고 답한 비율이 높게 증가하였는데, ‘(모델링) 수업을 듣고 과학 모델이라는 게 화산인 거 같아서 (화산 사진을) 동그라미 쳤어요’라는 이승민의 진술처럼 모델링 수업 주제가 ‘화산’과 관련되었기 때문에 화산 사진을 막연히 과학적 모델로서 이해하는 사례가 다수였다. 두 번째로, 실험도구인 ‘윗접시 저울, 눈금실린더’의 사후 응답을 살펴보면 실험반에서는 모든 학생이 모델이 아니라고 답하였으며 통제반도 모델이 아니라고 답한 사례가 증가하였다. 그러나 통제반은 위의 면담처럼 모델링 수업 주제와 관련된 것을 모델로 이해하는 사례가 다수였으므로 ‘모델’이 무엇인지 정확하게 이해하고 답하였다고 판단하기 어렵다. 세 번째로, 실험반에서는 ‘소리전달과정 모델’을 제외한 ‘스케일 모델, 개념-과정 모델, 지도, 도해, 표, 수학적 모델, 시뮬레이션 모델’을 모델로 이해하는 사례가 증가하였다. 실험반에서 ‘소리전달과정 모델’을 모델이라 판단한 이유는 제시된 모델을 ‘현상(소리)을 있는 그대로 보여준 것’ 등으로 해석하여 모델이라고 이해하지 않았기 때문이었다. 이 모델 후보는 연구자가 의도한 바와 다르게 해석되었기 때문에 추후 수정이 필요하다. 반면, 통제반에서는 ‘동물의 한 살이 모델’(개념-과정 모델)을 제외한 나머지 과학적 모델을 과학적 모델로 올바르게 이해한 비율은 사전과 비교하면 감소하거나 일치하였다. 통제반에서는 중복응답이 가능한 두 번째 문항에서 총 응답 개수가 현저히 감소하였고 화산 사진을 모델이라고 답한 수가 가장 많이 증가한 특징이 있다. 이러한 결과는 학생들이 ‘화산 사진’을 모델로 판단하는 이유와 일치한다고 볼 수 있으며, 모델링 수업 주제와 관련 없는 것은 모델이 아니라고 이해하는 경향이 있음을 알

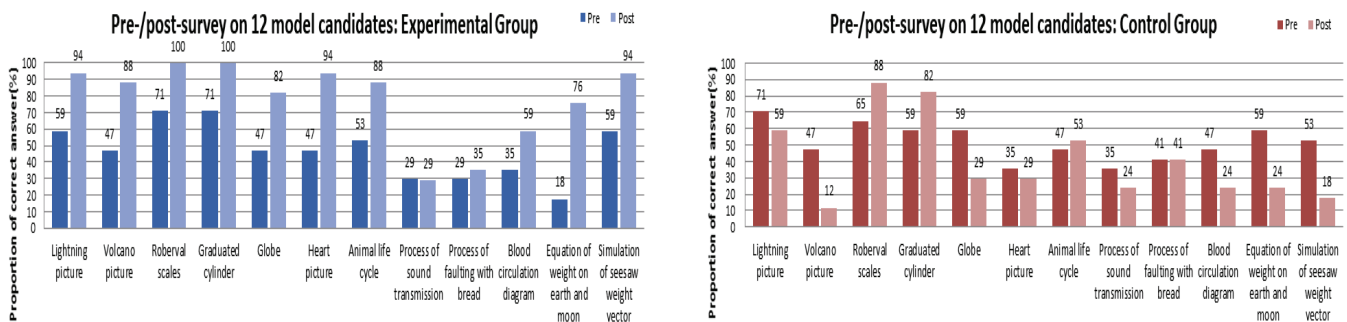


Figure 1. Comparison of pre-/post-survey results between experimental and control groups: Identifying models

수 있다. 통제반의 이러한 이해는 사후 다른 설문 문항의 응답에도 영향을 미쳤다.

실험반은 수업 후 다양한 모델 후보 중 과학적 모델과 과학적 모델 아닌 것을 정확히 구분하는 비율이 높아졌다. 반면, 통제반의 다수의 학생은 수업과 관련된 것을 막연히 모델이라고 생각하며 모델의 의미를 정확히 이해하지 못하였다. 이를 통해 암시적 방법을 기반으로 한 모델링 수업만으로는 초등학생들이 다양한 유형의 모델을 관통하는 모델의 의미를 정확하게 이해하는 데 한계가 있음을 알 수 있다. 수업 중 다양한 유형의 모델 사용은 모델기반추론, 개념 변화, 시스템적 사고 및 다른 많은 학습적 측면을 기르는 데 도움을 줄 수 있고 (Schwarz, 2002), 다양한 유형의 모델을 이해하고 사용하는 것은 모델링 수행에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 명시적인 접근 방법의 메타모델링 지식 수업을 통해 다양한 유형의 모델에 대한 이해의 폭을 확장하면서 다양한 유형의 모델이 공통적으로 내포하고 있는 모델의 의미를 이해할 기회를 제공할 필요가 있다. 또한, 추후 반성적 방법의 모델링 수업에서 다양한 종류의 모델을 맥락적으로 다루어보는 경향이 필요할 것이다.

3. 모델의 의미

세 번째 문항은 두 번째 문항에서 선택한 과학적 모델 중 가장 과학적 모델에 가깝다고 생각하는 것을 한 가지 선택하고, 그 이유도 함께 서술하도록 하여 초등학생들이 생각하는 과학적 모델의 의미가 무엇인지 알아보고자 하였다. 학생들이 이해하는 과학적 모델의 의미는 네 가지로 분류되었으며 첫째, 모델을 표상의 대상으로서 정의하는 관점, 둘째, 모델의 기능적 측면에서 정의하는 관점, 셋째, 표상의 대상 및 기능적 측면 둘 다 복합적으로 고려해 정의하는 관점, 넷째, 불명확한 이해를 하는 경우이다. Figure 2에는 첫 번째, 두 번째, 세 번째 유형을 순서대로 제시하였으며, 나머지 5개의 항목은 불명확한 이해를 유형별로 나누어 제시하였다.

사전 실험반에서는 과학적 모델이 무엇인지 정확하게 이해하지 못하고 불명확한 정의를 내린 학생은 총 12명으로 높은 응답률 (70.6%)을 나타냈다(Figure 2). 불명확한 정의를 내린 학생들은 ‘과학적’이라는 용어를 많이 사용하면서 자연현상, 실험, 실험 도구 등과 같은 것이 과학적 모델이라고 이해하는 경우가 다수였다. 학생들이 생각하는 ‘과학적’인 것은 연구 대상이 되거나 보편적인 진리나 법칙 혹은 그것을 내포하는 자연현상, 과학적 기초탐구 활동과 관련된 것 등을 포괄하고 있었다. 불명확한 이해가 드러나는 설문 사례는 다음

과 같다.

- 과학적 모델에 가장 가까운 것은 번개일 것이다. 왜냐하면, 자연현상에 과학이 많이 담겨 있을 것으로 생각하기 때문이다.
- 뒷접시 저울일 것이다. 왜냐하면, 과학 모델을 과학의 힘으로 만들어진 모형이나 모델로 생각한다. 그런데 뒷접시 저울이 가장 과학의 힘이 많이 들어간 것 같다.

그 외에도 ‘과학 모델’이라는 용어 자체에 초점을 두어 ‘모델(사람)’과 ‘과학’을 연관 지어 과학적 모델의 의미를 정의 내리거나, 심미적 관점에서 신기하고 예쁜 어떤 것이라고 정의 내리기도 하였다.

- 피의 흐름일 것이다. 왜냐하면, 모델이라면 사람을 뜻하는 것 같다. 그러니까 사람 몸으로 실험을 하는 것이 과학 모델일 것 같다.
- 과학 모델이라고 하니가 모델이 예쁘게 변신해서 보여주는 것처럼 번개도 과학적으로 모델 같이 변신을 해서 그것을 현실에서 보여줄 수 있다.

학생 또는 교사가 모델과 모델링에 대한 이해 중 가장 낮은 수준인 제한된 이해 수준 또는 순진한 이해 수준(*naive realist epistemology*)은 어떤 사물을 그대로 복제한 모형을 과학적 모델로서 이해하는 것이다(Grosslight *et al.*, 1991). 그러나 본 연구에서 초등학생들의 모델에 대한 이해는 선행연구와 달리 제한된 이해 수준 이전의 단계로 ‘과학적 모델’이 무엇인지조차 파악하지 못하는 경우가 다수였다. 또한, 학생들이 답한 모델의 의미와 두 번째 문항에서 선택한 모델 후보와 일관성을 보이지 않는 경향을 통해 모델에 대한 개념이 형성되지 않았음을 추론할 수 있다.

사후 실험반에서 ‘과학적인 것을 담고 있는 어떤 것’이라고 불명확한 정의를 내린 1명의 학생을 제외한 16명의 학생은 모델을 표상의 대상, 기능적 측면, 복합적인 측면에서 정의하였다. 특히, 표상의 대상으로서 물리적 실재를 대신 나타내거나 대표하는 것으로 응답한 학생의 비율이 가장 많이 증가하였다. 그 외에도 설문에서 ‘지구본일 것이다. 실제 지구의 모습을 사진으로 찍은 것이 아니라 모형으로 표현했기 때문에. 이것을 사용해 소통하고 예측하는 데 쓰인다.’라고 하며 표상의 대상 및 기능적 측면 모두 복합적으로 고려하여 모델을 정의 내린 학생은 4명으로 증가하였다. 세 번째 항목에서 실험반과 통제반의 응답률 차이가 있으며, 답안 선택의 이유를 명시적·반성적 방법을 기반으로 한 모델링 수업을 근거로 하였기에 수업이 복합적인 모델의 의미를 획득하는 데 영향을 미쳤을 것으로 판단한다.

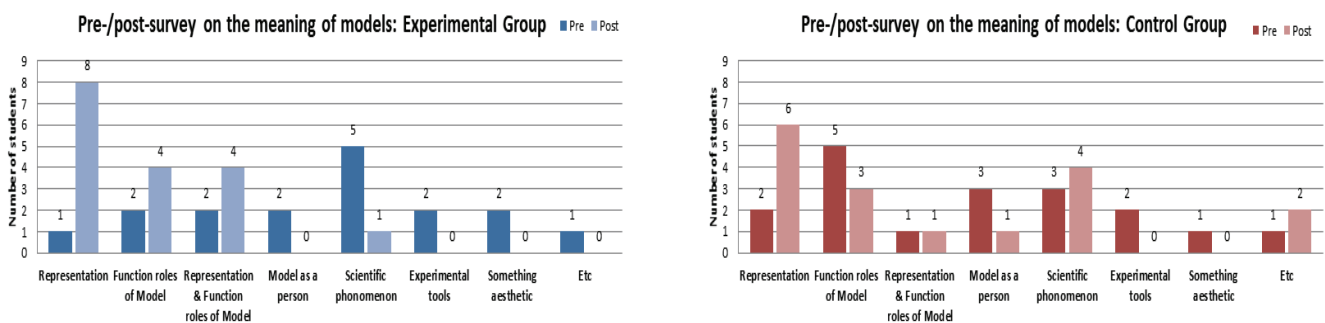


Figure 2. Comparison of pre-/post-survey results between experimental and control groups: the meaning of models

한편, 통제반 학생들은 사전에 과학적 모델이 무엇인지 정확하게 이해하지 못하고 불명확한 정의를 내린 학생은 10명으로 실험반과 비슷한 수준으로 답변하였다. 그러나 실험반과 달리 사후에도 여전히 ‘사람 모델’이거나 ‘과학적인 어떤 것’과 같이 불명확한 답변을 한 사례는 7명으로 여전히 응답률(41.2%)이 높았다. 반면, 모델의 의미를 표상의 대상으로서 응답한 비율은 증가하였다. 표상의 대상으로서 모델의 의미를 이야기한 학생 중 김진아는 ‘화산에 대한 그림을 그렸는데, 이것이 과학 모델이었어요. 그러므로 그림을 그려서 표현되는 것이 과학 모델이라고 생각해요.’라고 진술하며 모델링 수업과 관련하여 모델의 의미를 설명하였다. 이는 두 번째 문항에서 화산 사진을 모델의 예로 선택한 것과 같은 맥락에서 모델을 이해하고 있음을 보여주었다.

사전·사후 실험반과 통제반에서 모델의 의미에 대한 이해변화를 비교하면 사전에는 실험반, 통제반 모두 모델이 무엇을 의미하는지 정확히 이해하지 못하고 불명확한 응답을 한 학생이 많았다. 과학자나 연구자들은 모델을 설명할 때 흔히 ‘표상’과 관련지어 이야기 하나 (Oh & Oh, 2011), 본 연구에서 학생들은 모델을 과학적인 어떤 것, 과학적인 물건, 과학적인 자연현상, 과학적인 실험 도구 등 막연히 ‘과학적인 어떤 것’과 관련지어 의미를 설명하려는 사례가 더 많았다. 사후 실험반과 통제반 모두 표상의 대상으로서 과학적 모델을 정의하는 경우가 가장 많이 증가하였는데, 모델링 수업에서 구멍이 있는/없는 현무암이 생기는 까닭을 그림으로 나타내는 과정에서 표상 형태의 모델을 직접 구성하였기 때문에 판단한다. 그러나 실험반에서는 1명을 제외하고 모델을 표상의 대상, 기능적 관점, 복합적인 관점에서 정의하였고 사후 통제반에서는 여전히 불명확하게 이해하는 학생이 7명 있었다. 즉, 통제반에서 모델링 수업에서 구성한 모델을 떠올리며 모델의 의미를 이해하는 비율이 늘었지만, 기능적 관점이나 복합적 관점에서 모델의 의미를 이해하지 못하는 사후 결과를 통해 암시적 방법의 모델링 수업으로는 모델의 본성에 대한 이해를 높이는 데 한계가 있음을 알 수 있다.

4. 모델의 목적

네 번째는 모델의 목적을 묻는 문항이었으며, 모델은 여러 가지 목적에 따라 사용될 수 있다는 점을 고려하여 선택답안들은 모두 모델의 목적에 부합되는 답안으로 구성되었다. 이러한 점을 고려하여 복수의 응답이 가능하도록 했다. 모델의 목적에 대한 초등학교생들의 이해 유형은 다섯 가지로 분류할 수 있었으며 분류한 유형에 따라

Figure 3에 차례로 제시하였다. 첫째, 어떤 자연현상 및 대상을 시각화해서 보여주기 위한 것, 둘째, 자연현상이 일어나는 메커니즘 또는 대상의 구조를 설명하기 위한 것, 셋째, 다른 사람들의 모델을 이해하는 등 의사소통을 위한 것, 넷째, 모델을 통해서 미래의 현상을 예측하기 위한 것, 다섯째, 불명확한 이해를 하는 경우이다.

사전 설문에서 14명(82.4%)의 실험반 학생들은 다중응답을 하였다. 하지만, 8명(47.1%)의 학생들은 자신이 답안을 선택한 이유를 구체적으로 이야기하지 못하고 모호하거나 비과학적인 근거를 사용하여 답하였다. 이처럼 답안을 선택하더라도 답안 선택의 근거를 정확히 서술하지 못한 학생들은 불명확한 유형으로 분류하였다. 앞서 두 번째, 세 번째 문항에서 모델을 어떻게 정의했는지에 따라 모델의 목적에 대한 이해가 달라졌는데, 모델의 의미를 이해하지 못하는 학생들은 모델의 목적 역시 제대로 이해하지 못하였다.

- 과학 모델은 예쁘게 변신해서 보여주는 것이므로 자연현상 및 대상을 있는 그대로 시각적으로 보여주기 위한 목적이다.
- 세상에 모르는 것이 많다. 그 신기한 모습을 알아내는 게 과학자의 역할이므로 자연현상 및 대상을 있는 그대로 시각적으로 보여주기 위한 목적이다.

실험반 학생의 총 응답 수는 사전 20개에서 사후 36개로 증가하여 (불명확한 유형 제외) 모델의 다양한 목적을 이해하게 되었다고 판단할 수 있었으며, 주어진 4가지 답안을 모두 선택한 학생도 1명 있었다 (Figure 3). 또한, 답안 선택의 이유가 구체적이고, 모델의 본성에 근접하게 설명하는 경향이 증가하였다. 두 번째, 세 번째, 네 번째 유형에 해당하는 응답 비율은 사전과 비교하면 2배 이상 증가하였으며 특히, ‘자연현상이 일어나는 원인을 설명하기 위함’이라 답한 경우가 가장 많았다. 이러한 변화는 모델링 수업 주제가 구멍이 있는/없는 현무암이 생기는 까닭, 즉 자연현상이 일어나는 원인을 설명하는 것에 초점을 두고 있어 모델링 수업이 모델의 목적에 대한 이해변화에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 또한, 학생들은 모델링 수업을 통해 과학은 혼자서 하는 것이 아니라 사회적 상호작용을 하며 함께 하는 것을 경험한 후 모델의 목적이 다른 사람의 모델을 이해하거나 나의 모델을 전달하는 의사소통의 목적을 위한 것임을 이해하게 됨을 보였다.

- 예측, 원인을 설명, 의사소통을 위해: (중략) 모델은 혼자서 (연구하고) 발표하는 것인 줄 알았는데 배우고 나서는 합의 해야 한다(합의하는 과정을 거침)는 것을 알게 되었다.

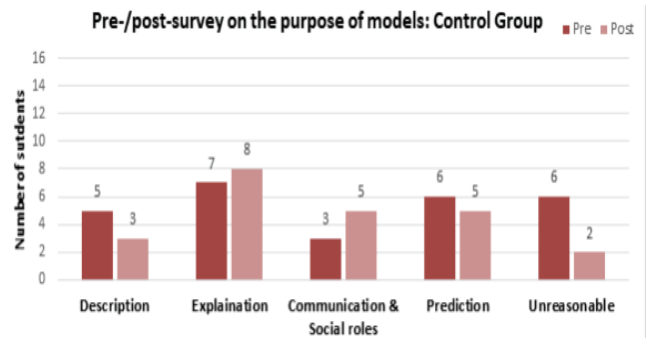
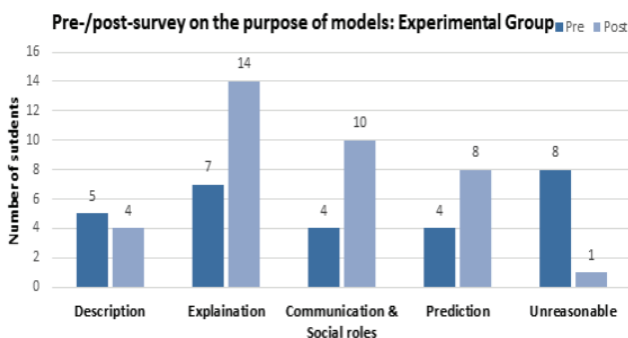


Figure 3. Comparison of pre-/post-survey results between experimental and control groups: the purpose of models

실험반의 불명확한 답변은 1명으로 감소하였고, 첫 번째 유형에 대한 답변 수는 변화가 거의 없었다. 실험반은 명시적 방법의 메타모델링 지식 수업에서 ‘사진 및 실재’는 모델이 될 수 없음을 이야기했던 것을 떠올리며, 첫 번째 유형의 문항을 ‘실제 모습을 카메라로 담은 사진과 같은 것’, ‘실물 그대로의 어떤 것’이라고 이해하며 모델의 목적이 될 수 없다고 응답하였다. 따라서 이 문항과 관련된 응답은 변화가 거의 나타나지 않았을 것으로 판단한다.

- 과학 모델은 실제의 모습을 카메라로 담은 게 아니라 관찰한 것을 과학 모델로 표현해야 하므로 2번(자연현상을 및 대상을 있는 그대로 시각적으로 보여주기 위해)은 아닌 것 같다. 하지만 예상, 설명, 의사소통 할 때는 과학 모델이 필요한 것 같다. 2번은 그대로 보여주는 것이 아니라 모습이나 상태를 그림이나 모형 등으로 보여줘야 한다.

통제반의 사전 응답은 실험반의 사전 응답과 큰 차이가 없었다. 12명(70.6%)의 학생들이 다중응답을 하였고 6명(35.3%)의 학생들이 모호하면서 막연한 근거를 사용하여 답안 선택의 이유를 설명하였다. 설문에서 ‘과학에 꼭 필요한(도구)가 모델이므로, 그 물건을 쓰면 원인을 확인할 수 있다.’, ‘어떤 자연현상을 말할 때 지구본을 보면서 그 말을 이해한다.’라고 답하며 두 번째, 세 번째 문항에서 정의한 모델을 기준으로 모델의 목적을 생각하는 경향을 보였다. 통제반의 사전과 사후의 총 응답 개수는 21개(불명확한 유형 제외)로 변함이 없었다. 즉, 선택한 답안의 변화는 있었으나 모델의 목적에 대한 다양하고 폭넓은 이해를 하지 못하였다. 또한, 불명확한 유형의 답은 감소하였지만, 나머지 항목에서는 사전·사후 응답률의 변화가 1~2명으로 실험반에 비해 그 차이가 두드러지지 않았다. 통제반에서는 최은율이 ‘의사소통의 목적이다. 수업시간에 토의과정에서 친구들의 생각을 함께 이야기하고 발표과정에서 그랬기 때문에.’라고 답한 것처럼 모델링 수업과 관련지어 모델의 목적을 인지한 사례가 있었다. 그러나 다양한 모델의 목적을 이해하지 못하고 모델의 목적을 한 가지로 축소하여 이해하는 경우가 대다수였다.

사전·사후 실험반과 통제반에서 모델의 목적에 대한 이해변화를 비교하면 사전에는 실험반과 통제반 모두 불명확한 유형의 답변이 다른 유형의 응답률과 비슷하거나 더 높은 수준으로 나타났다. 그러나 사후 실험반에서는 ‘원인의 설명, 의사소통 및 이해, 예측’을 위한 것이라고 응답한 수가 사전과 비교하면 2배 이상 증가하였고 불명확한 유형의 응답 수도 감소하였다. 다중응답의 총 개수도 증가함에 따라 실험반 학생들이 이해하는 모델의 목적이 다양하고 폭넓게 변화하였다 판단할 수 있다. 그러나 사후 통제반에서도 불명확한 유형의

답이 감소하였지만, 중복 답변이 가능한 문항임에도 불구하고 총 응답 개수의 변화는 나타나지 않았다. 또한, 불명확한 유형 이외의 유형에서 응답 수는 1~2개의 증감이 있어 유의미한 변화가 있었다고 판단하기 힘들었다. 학생들이 친구들과 함께 평가하고 합의된 모델을 만드는 과정처럼 사회적 상호작용에 참여하는 것은 모델의 의사소통적 측면과 청중을 인식하는 데 도움을 준다는 연구(Baek et al., 2011)와 달리 그 효과는 명시적·반성적 접근 방법을 기반으로 모델링 수업을 했을 때 이해의 변화가 훨씬 크게 나타났다. 즉, 모델의 목적에 대한 이해를 높이기 위해서는 모델의 여러 가지 목적을 명시적 방법으로 제공하고, 모델링 활동에서 맥락적으로 참여하며 이를 성찰할 기회를 제공해야 할 것이다.

5. 모델의 설계와 구성

다섯 번째 문항은 모델을 설계하고 구성할 때 무엇을 가장 고려해야 하는지 묻는 문항이다. 모델 설계와 구성에 대한 이해는 크게 네 가지로 유형으로 분류할 수 있었으며 분류한 유형에 따라 Figure 4에 차례로 제시하였다. 첫째는 실제와 비슷하게 구성하기, 둘째는 모델의 표상적 특징을 살려 필요한 요소들만 포함해 구성하기, 셋째는 모델의 목적에 따라서 고려해야 할 점을 달리하여 구성하기, 마지막으로 불명확한 이해를 하는 경우이다.

실험반은 사전 설문에서는 첫 번째, 두 번째, 세 번째 유형의 학생은 각각 4~5명으로 비슷한 응답률을 보였다. 답안을 선택하였으나 선택의 이유가 모호하거나 과학의 본성과 상관없는 경우 불명확한 유형으로 분류하였으며, 이 유형에 속한 학생들은 4명이었다. 답안이 모두 옳다고 답한 학생이 있었는데 두 명 모두 구체적인 근거를 제시하지 못하였기 때문에 불명확한 유형으로 분류하였다. 과학전문가들이 모델의 구성할 때 모델의 목적을 고려하듯이(Grosslight et al., 1991), 본 문항 설문에서 ‘위험한 것을 (직접) 보여주면 위험하므로 자연현상과 비슷하게 만들어야 한다. 위험한 실험일 때, 자연현상을 설명할 때 실제로 보여주면 위험하니까, 거의 비슷하게 만들어야 한다.’라고 답하며 모델의 목적과 모델의 설계와 구성을 관련지어 설명한 사례도 있었다.

실험반의 사후 설문에서는 불명확한 유형의 응답 수가 1개 증가하였고 첫 번째, 두 번째, 세 번째 유형에 대한 응답 수는 사전에 비교하여 변화가 없거나 1~2개의 근소한 차이가 있었다. 답안의 근거로 김유진과 박가영이 ‘(수업에서처럼) 자신의 의견을 넣어서 과학 모델을 만드는 것이 중요하다고 생각한다.’, ‘현무암에 구멍이 생기는 까

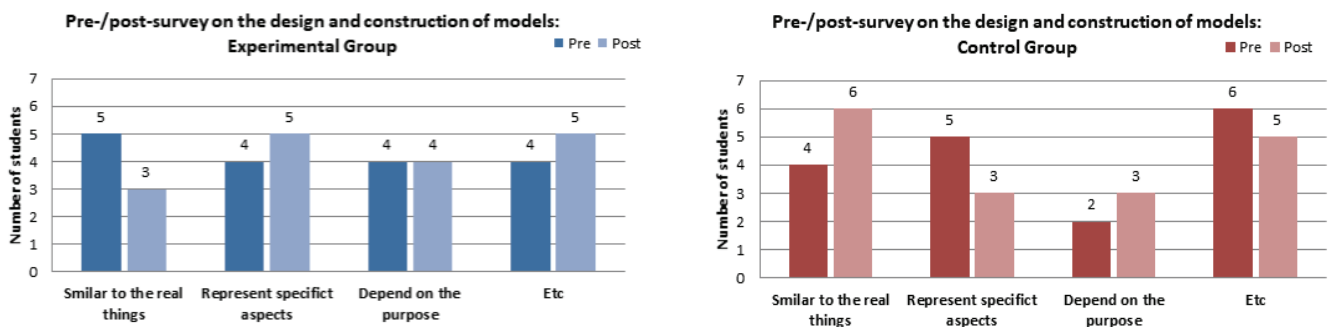


Figure 4. Comparison of pre/post-survey results between experimental and control groups: the design and construction of models

답을 나타낸 설명하는 과학 모델을 그림으로 만들었다. 이때 다른 것들을 더 돋보이게 강조한다면 사람들의 시선이 그곳으로 쏠릴 것이다.'라고 답변하였듯이, 모델링 수업을 근거로 답안 선택의 이유를 설명하는 사례가 증가하였다. 세 번째 유형의 학생 중 모델의 다중성과 관련지어 진술한 학생도 있었다. 이러한 사례는 앞서 모델의 목적과 설계와 구성을 관련짓는 사례와 마찬가지로 메타모델링 지식 요소들이 독립된 항목으로 분절되어 이해되는 것이 아니라 요인들 간에 상호 영향을 미칠 가능성을 보여준다.

- 조각이나 그림처럼 만들려면 설명을 할 수 있어야 하기 때문이다. 예) 동영상처럼 그냥 화산 폭발하는 것은 구체적인 설명이 아니다. 모형이나 그림을 보여주면서 표시하면서 여긴 무엇이든 그렇게 설명해야 하는데, 설명을 잘하려면 목적에 따라 나타내는 게 다를 것이다. 화산에서 마그마를 설명하든지, 구멍 있는 현무암을 설명하든지.

통제반의 사전 설문에서는 각 유형에 대한 응답 수는 실험반과 비슷하였다. 통제반의 사후 설문에서도 실험반처럼 응답 수의 변화가 1~2개에 그쳐 변화가 뚜렷하지 않았다. 그러나 실험반과 유사하게 모델링 수업을 답안의 근거로 한 사례가 증가하였으며, 이 근거를 바탕으로 실제와 비슷하게 구성해야 한다는 유형의 답을 한 학생이 가장 많았다.

- 실제 자연현상과 최대한 비슷하게 만드는 것이 중요하다고 생각한다. 왜냐하면 화산을 그릴 때도 자연현상과 최대한 비슷하게 만들었기 때문이다.
- 비슷하지 않으면 왜 일어났는지 상황이 달라져서 (알 수 없다). 예) 화산을 만들었는데, 화산과 비슷하게 만들지 않고 다른 걸 비슷하게 만들면, 그걸로 실험하는데 대체 뭐가 뭔지 모를 것 같다.

실험반과 통제반에서 사전·사후 차이는 두드러지게 나타나지 않았으며 불명확한 유형의 답변 수도 여전히 비슷하였다. 그러나 사후 결과를 비교하면 '실제와 최대한 비슷하게 구성해야 한다.'라고 응답한 수는 통제반이 2배 더 높았으며, '모델의 표상성을 고려하여 필요한 요소들로만 모델을 구성해야 한다.'라고 응답한 수는 실험반에서 약 2배 더 높았다. 또한, 실험반과 통제반 모두 모델링 수업을 답안의 근거로 사용하는 유사한 경향성을 띠고 있음에도 불구하고, 통제반은 실제와 비슷하게 구성해야 한다고 응답한 비율이 가장 높아졌으며 실험반에서는 실제와 최대한 비슷하게 구성해야 한다고 응답한 비율은 가장 낮아졌다. 그러나 다른 문항의 결과와 달리 본 문항에서의

응답 수의 차이가 근소하여 명시적-반성적 방법을 활용한 모델링 수업이 암시적 방법을 기반으로 한 모델링 수업보다 모델의 설계와 구성에 대한 이해에 큰 영향을 미치고 있다고 판단하기 어려운 부분이 있다.

6. 모델의 가변성

여섯 번째 문항은 모델의 가변성에 대한 이해를 묻는 문항이다. 실험반과 통제반 대다수 학생이 사전·사후에 과학적 모델은 언젠가 변화할 수 있다고 답변하였다. 그러나 과학적 모델이 변화할 수 있다고 생각하는 이유에 대해서 다양한 견해를 보여주었으며 사후에 그 이유가 변하기도 하였다. 가변성에 대한 이해는 세 가지로 분류할 수 있었다. 첫째는 모델은 불변한다는 이해 유형, 둘째는 모델은 변화한다고 답변하였으나 그 이유가 모호한 경우, 셋째는 모델이 변화한다고 이해하며 그 이유가 과학의 본성과 관련된 경우이다(Figure 5). Figure 5에 제시된 첫 번째 항목은 첫 번째 유형에 해당하며, 다음 두 번째 항목에서 다섯 번째 항목은 두 번째 유형에 해당한다. 나머지 항목들은 세 번째 유형에 해당한다.

대다수 혹은 모든 연구 참여자들이 모델이 변할 수 있다고 응답했던 연구들(Grosslight *et al.*, 1991; Cho *et al.*, 2017)과 달리 본 연구에서는 사전 실험반 4명(23.5%)의 학생들이 과학적 모델의 가변성에 대해서 동의하지 않았으며 다음과 같이 설문에서 답변하였다.

- 한 번 만들어진 과학 모델은 과학역사에서 길이길이 남아서 바뀌지 않는다.

또한, 가변성을 인정하나 '시간의 흐름에 따라 변함', '(막연히) 노력의 결과에 따라 변함', '(막연히) 사람의 주관성에 따라 변함'과 같이 모호한 근거를 제시하며 가변성을 설명한 학생들도 8명(47.0%)이었다. 불분명한 근거를 제시한 학생 중 설문에서 '시간이 흘러 과학기술이 발전함에 따라 변화한다.', '모든 것은 시간이 흘러가면 변화한다.'라고 답변하면서 '시간의 변화'를 근거로 모델의 가변성을 설명한 학생들은 5명으로 가장 높은 비율을 차지하고 있었다. 이처럼 모호한 근거를 제시한 학생들은 모델의 본성, 모델의 설명력 등에 따라 모델이 변화한다는 것을 명확히 이해하지 못하였다.

그러나 사후 실험반에서는 과학적 모델은 불변한다고 이해하는 학생은 없었으며 과학의 본성을 바탕으로 모델의 가변성을 설명하는 답변한 학생이 총 10명(58.8%)으로 증가하였다. 특히 기존 모델로

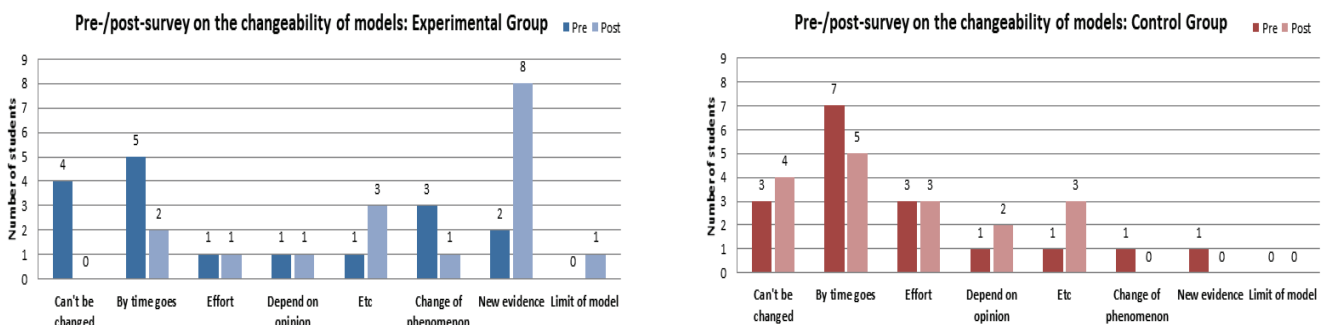


Figure 5. Comparison of pre/post-survey results between experimental and control groups: the changeability of models

설명할 수 없는 새로운 과학적 발견이나 증거가 생기면 변화한다고 답변한 비율이 가장 많이 증가하였다. 이러한 답변의 근거는 명시적 방법을 기반으로 한 메타모델링 지식 수업 내용과 관련되어 있어 학생들이 1차시에 진행된 메타모델링 지식 수업이 모델의 가변성을 이해하는 데 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

- 기존 과학 모델로 설명할 수 없는 새로운 현상이 나타났을 때 처음으로 돌아가서 (다시 탐구, 토론, 토의)하는 과정을 거쳐서 수정, 발전된 모델을 만들 수 있다.
- 새로운 이유가 나오면 처음부터 다시 확인하고 관찰하면서 다시 시작해야 한다. 새로운 것을 설명할 수 없어서 다시 처음부터 (모델링을) 시작해야 한다.

설문 답변 중 ‘정확한 이론이 아니므로 계속 바뀌면서 더 좋은 과학적 모델이 나오기 때문이다. 천동설, 지동설처럼 과학교과서에 나오는 이론도 바뀔 수 있다.’라고 하면서 모델의 잠정성을 근거로 모델의 가변성을 설명하는 사례도 있었다. 이러한 이해 수준은 모델의 가변성에 대한 이해 단계 중 가장 높은 과학자다운 수준의 단계이다 (Crawford & Cullin, 2005). 답변의 근거는 명시적 방법을 기반으로 한 메타모델링 지식 수업과도 관련이 있었으며, 이는 수업이 모델의 가변성에 대한 이해에 긍정적인 영향을 미침을 판단할 수 있다. 그 외에도 설문에서 ‘무엇인가 부족해서 수정할 수 있다. 예로 현무암에 관한 과학적 모델을 그릴 때 화산 중심으로 그렸을 때 현무암과 관련된 모델로 수정하였다.’라고 답변한 사례처럼 모델링 수업이 학생들이 가변성을 이해하는 데 영향을 주고 있음을 판단할 수 있는 응답도 있었지만, 모델이 어떤 상황에서 어떤 근거로 변화하는지 과학의 본성과 관련하여 가변성을 이해하는 것으로 발전하지 못하는 사례도 있었다.

한편, 통제반은 사전에 과학적 모델이 변하지 않을 것이라고 응답한 학생이 3명 있었으며 과학자들이 열심히 만들었기 때문에 불변한다고 하였다. 이는 과학 수업에서 배우는 과학은 변하지 않는 듯한 과거 지식이라는 특성 때문에(Lee, 2018) 모델 또한 불변하는 것이라고 이해했을 것으로 추측한다. 가변성을 인정하나 불분명한 이유를 근거로 가변성을 설명한 학생도 12명(70.6%)이었다. 사후 통제반에서는 모델이 변하지 않는다고 이해하는 학생은 오히려 한 명 더 증가하였고, 과학의 본성으로 모델의 가변성을 설명하는 학생은 한 명도 없었다. 가변성을 인정하나 불분명한 이유를 제시한 학생들은 13명(76.5%)을 차지하였으며 응답 결과 중에는 여전히 시간의 흐름에 따라서 변한다고 답변한 수가 가장 많았다. 이러한 결과는 암시적 접근 방법을 기반으로 한 모델링 수업만으로 학생들이 모델의 가변성에

대한 이유를 과학의 본성과 관련지어 이해하는 데 긍정적인 영향을 미칠 수 없음을 보여준다. 통제반 학생들은 모델이 무엇인지 제대로 이해하지 못하는 상태에서 모델링 수업에 참여하였기 때문에 모델링 과정 중 모델을 수정하는 단계를 직접 경험하더라도 그 과정에서 모델의 가변성 의미를 제대로 이해하지 못했을 것으로 판단한다. 이러한 결과는 명시적-반성적 접근 방법을 기반으로 한 모델링 수업의 필요성을 보여준다.

실험반과 통제반의 사전·사후 설문 조사에 나타나는 이해변화를 살펴보면 사후에는 모델이 불변한다고 답변한 사례는 실험반에서는 없어졌지만, 통제반에서는 여전히 비슷하였다. 실험반에서는 과학의 본성을 근거로 가변성을 설명하는 경우가 증가하였지만, 통제반에서는 가변성을 인정하지 않는 학생을 제외한 학생들도 불분명한 근거를 사용해 모델의 가변성을 설명하였다. 이는 암시적 방법을 기반으로 한 모델링 수업에서 모델을 수정한 활동과 모델의 가변성에 대한 이해를 연관 짓지 못하고 있다고 판단할 수 있다. 따라서 암시적 접근 방법의 모델링 수업만으로 자신이 무엇을 하고 있는지 성찰하는 데 한계가 있음을 보여준다. 또한, 메타모델링 지식 요소 중 가변성에 대한 통제반의 이해가 수업 후 여전히 변화하지 않는 경우가 많았던 이유는 초등학교 교육과정에서 천동설, 지동설 등 모델의 가변성을 모델의 가변성을 학습할 기회가 없다는 것과 학교에서 불변의 진리처럼 보이는 과학을 배웠기 때문이라고 추측할 수 있다. 명시적-암시적 접근 방법을 기반으로 한 모델링 수업을 통해서 모델의 가변성을 이해하는 데 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이에 모델의 가변성에 대한 이해를 높이기 위해서는 과학자들이 모델링 과정과 사회적 합의 과정을 거쳐 모델을 구성하는 맥락 자체에 대한 이해가 선행되어야 할 필요가 있음을 알 수 있다.

7. 모델의 다중성

일곱 번째 문항은 모델의 다중성에 대한 이해를 조사한 것이다. 실험반과 통제반 대다수 학생은 같은 대상에 대해 하나 이상의 모델이 있을 수 있다고 하였으나 그 이유에 대해서는 다양한 견해를 가지고 있었다. 학생들의 답변을 세 가지 유형으로 나누어 보면 먼저, 모델의 다중성을 이해하지 못하는 유형, 둘째, 모델의 다중성을 인정하나 그 이유가 모호한 유형, 셋째, 모델의 다중성을 이해하고 있으며 과학의 본성을 근거로 설명하는 유형이다. 과학의 본성을 근거로 설명하는 경우, 하위항목으로 ‘모델러의 관점(모델러의 관점 차이, 모델러가 사용하는 표상 방법의 차이), 모델의 본성(대상의 특정 측면을 표상하기, 모델의 잠정성을 고려하기), 모델러의 관점과 모델의 본성을 모두

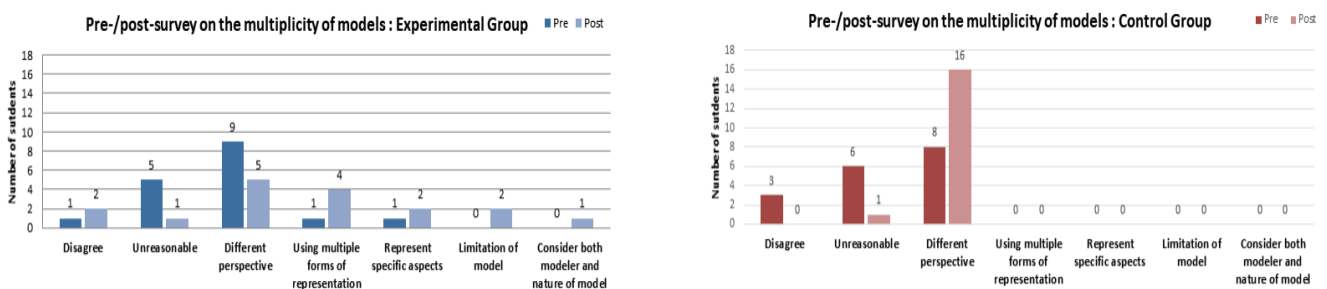


Figure 6. Comparison of pre/post-survey results between experimental and control groups: the multiplicity of models

고려한 경우'로 범주화할 수 있었다(Figure 6). Figure 6에 제시된 첫 번째 항목은 첫 번째 유형에 해당하며, 두 번째 항목은 두 번째 유형에, 나머지 항목들은 모두 세 번째 유형에 해당한다.

사전 설문에서 실험반 학생 중 5명은 '한 단위에 여러 가지 뜻이 있듯이 똑같은 자연현상을 보고, 한 가지 이상 과학 모델을 만들 수 있다.' 등과 같이 모호한 이유를 근거로 다중성을 설명하였다. 그러나 11명의 학생은 설문에서 모델의 다중성을 '모델러의 관점 차이', '모델러가 사용하는 표상 방법의 차이' 등 모델러의 관점을 고려한 근거나, '대상의 특정 측면 표상하기'를 근거로 제시하였다. 특히 9명(52.9%)의 학생들은 과학자(또는 모델러)들마다 생각과 관점이 다르므로 다양한 모델이 존재할 것이라 설명하였으며 통제반에서도 이 범주에 응답한 학생이 가장 많았다.

- 똑같은 것을 보고, 한명의 과학자는 이것을 생각할 수 있고, 다른 과학자는 저것을 생각할 수 있기 때문. 예) 화산을 보고도 나와 다른 과학자는 다른 화산 모델을 만들 수 있다.

사후 실험반에서 모델의 다중성을 이해하지 못하는 학생은 오히려 1명 증가하였는데 박승준은 '과학 모델 한 개도 힘들게 알아내는데 두 개 이상을 찾기 힘들 것이다.'라고 진술하며 모둠원과 논의과정을 통해 조 모델을 어렵게 구성했던 기억에 초점을 두고 있었다. 김철한도 '(수업 때처럼) 과학자들이 모여서 토론을 하니깐 한가지로 정해진다.'라고 답하며 모둠원과 토의·토론을 거쳐 한 가지 모델을 구성했던 상황에 집중하였다. 수업 후 두 학생은 오히려 수업의 일부 상황에 중점을 두고 모델의 다중성을 이해하고 있었다. 반면, 모호한 이유로 모델의 다중성을 설명한 학생은 4명 감소하였고, 과학의 본성과 관련지어 답한 학생은 총 14명(82.4%)으로 증가하였다. '모델러의 관점 차이' 이외의 세 번째 유형에 속하는 모든 항목의 응답 수가 증가하여 모델의 다중성에 대해 확장된 이해를 하게 되었다. 모델러가 모델을 '표상하는 방법이 다양'하다고 응답한 학생인 이수인은 명시적 접근 방법의 메타모델링 지식 수업에서 배웠던 모델의 종류를 예로 들며 '똑같은 현상을 보았다고 했을 때 첫 번째 과학 모델은 그림으로, 두 번째 과학 모델은 가상실험으로 나타낼 수 있다.'라고 하며 모델의 다중성을 설명하였다. '대상의 특정 측면을 표상하기 때문'이라고 답변한 김지민도 메타모델링 지식 수업에서 학습한 내용을 예로 들며 '인체를 똑같이 모방한 과학 모델 중에서 빼만 그려낸 과학 모델도 있고, 장기만을 표현하기 위한 과학 모델도 있다.'라고 하였다. '모델의 잠정성'을 근거로 답한 학생 역시 메타모델링 지식 수업에서 모델링의 과정을 학습한 것을 연관 지으며 다음과 같이 설문에 답하였다. 이러한 사례는 명시적 접근 방법의 메타모델링 지식 수업이 모델의 본성에 대한 세련된 이해를 돕는 데 긍정적인 영향을 미침을 알 수 있다.

- 기존 모델로 설명할 수 없는 새로운 이유가 나오면 처음부터 다시 확인하면서 (모델링 과정을 통해) 새롭게 모델을 만들어야 한다.
- 자연현상은 하나가 생기면 또 새로운 자연현상이 나타나기 때문에 한 가지 이상의 과학 모델을 만들 수 있다. 한 과학자가 만든 과학 모델을 만들더라도, 또 새로운 증거나, 새로운 자연현상이 생기면 이것을 수정하고 더 발전시킨다.

통제반에서는 사전 설문에서 '동일한 자연현상을 보고 교과서에 나오는 모델처럼 단 한 가지 제대로 된 모델을 만들어 낼 것이다.'라고 답한 사례처럼 한 가지 대상에 대해 옳은(right) 모델 한 가지만 존재할 것으로 생각한 학생은 3명이었다. 학교에서 학습하는 과학은 불확실성에 대해 거의 다루지 않는 것과 연관이 있을 것으로 판단한다. 이외에는 '다중성을 인정하나 불분명한 이유를 든 경우', '모델러의 관점 차이'에 대한 답변이 있었다. '똑같은 자연현상을 보고 그대로 만들 수 없다.', '똑같이 만드는 것은 어렵다.'라는 설문 답변과 같이 모델은 무엇인가 그대로 옮겨서 나타내야 하며 이러한 과정에서 정확히 똑같이 구성하는 것은 어려우므로 다양한 모델이 존재한다고 생각한 학생이 있었다. 또한, 설문에서 '과학자 a가 만든 것과 b가 만든 것이 같다면, 서로 배긴 것밖에 되지 않는다.'라고 답하며 각각의 의견을 공유하고, 자연현상을 더 잘 설명할 수 있도록 평가하고 수정하는 과정을 거쳐 하나의 모델을 구성한다는 것을 이해하지 못하였다. 즉, 과학자들의 사회적 구성과정을 통해서 모델이 구성되는 것을 이해하지 못하고 있었다. 사후에는 '모델러의 관점 차이' 때문에 다양한 모델을 구성할 수 있다고 응답한 학생이 16명(94.1%)으로 통제반 대다수 학생이 이러한 답변을 하였다. 김진이와 박태성이 '(모델링 수업 때처럼) 각자의 생각이 다르므로 똑같은 그림(모델)을 만들지 않을 것이다.', '자신이 중요하다고 생각하는 게 각각 다르다.'라고 답한 것처럼 많은 학생이 이런 관점을 가지게 된 것은 모델링 수업 중 조 모델을 구성하는 과정에서 중 서로의 모델을 평가·수정하는 활동을 하면서 같은 주제에 대해 개인이 생각하는 관점이 다르다는 것을 경험하였기 때문으로 판단한다. 그러나 모델의 다중성을 근거하는 여러 과학의 본성 범주에 대해서 이해하지 못하고, 단 하나의 범주로 수렴하였다.

실험반과 통제반 모두 사전에 '모델러의 관점 차이'라고 답한 비율은 사전에 가장 높았지만, 사후 실험반에서는 과학의 본성에 근거하여 모델의 다중성을 설명한 학생들이 증가하였다. 반면 통제반에서는 대다수 학생이 이 관점을 유지 및 강화하였다. 이러한 결과는 통제반에서 암시적 방법을 기반으로 한 모델링 수업에서 모델을 평가 및 수정하는 과정을 통해 생각과 관점이 다양할 수 있다는 것을 경험하였기 때문이라고 판단한다. 실험반에서는 '표상 방법의 차이'와 '다양한 관점'을 근거로 모델의 다중성을 설명한 사례 수가 비슷하였으며, 다양한 종류의 모델을 예로 들면서 모델의 다중성을 설명하였다. 이는 명시적 접근 방법의 메타모델링 지식 수업에서 다양한 종류의 모델을 학습하였기 때문에 모델의 다중성에 대한 이해의 폭을 확장하는데 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단한다. 즉, 암시적 접근 방법의 모델링 수업으로 과학의 본성과 관련한 모델의 다중성을 이해하는 사례가 증가하였지만, 이해의 폭을 넓혀 다양하고 세련된 이해를 하는데 한계가 있음을 보여준다. 이에 명시적·반성적 접근 방법을 기반으로 한 메타모델링 지식 수업의 필요성 및 다양한 종류의 모델을 다루어보는 모델링 수업이 필요함을 보여준다.

IV. 결론과 제언

본 연구에서는 명시적·반성적 접근을 활용한 모델링 수업이 초등학생들의 메타모델링 지식에 어떤 영향을 미치는지 탐색하여, 초등학생들이 모델기반 수업에 유의미하게 참여할 수 있도록 하는 교수전략

에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 연구 결과 실험반과 통제반 모두 본 연구 수업에 참여하기 전 정규 과학 수업 맥락에서 과학적 모델을 활용한 학습활동에 참여하였지만, 과학적 모델에 대한 지식은 부족한 것으로 나타났다. 이런 결과는 학생들이 모델에 대한 지식 없이 암시적 접근 방법으로도 모델링 수업에 참여하는 것이 모델과 모델링의 본성에 대한 이해를 높여줄 것이라 기대하기 어렵다는 것을 보여준다. 학생들이 모델 자체를 알지 못하는 것은 교과서에서 ‘과학적 모델’에 대한 용어 정의가 없기 때문으로 판단된다. 이에 명시적 접근 방법을 기반으로 한 메타모델링 지식 수업이 학생들에게 모델에 대한 정의를 내릴 기회를 제공하여 학생들이 메타모델링 지식에 대한 이해의 지평을 넓힐 수 있는 시작점을 제공해줄 수 있다.

연구에 참여한 실험반과 통제반 학생들은 수업 후 메타모델링 지식 요소에 대한 이해 변화양상이 다르게 나타났다. 먼저, 수업 전·후의 12개 모델 후보의 과학적 모델 여부를 판단하는 문항에 대해 올바른 이해를 한 비율은 실험반에서는 31% 증가했지만, 통제반에서는 오히려 11% 감소하였다. 실험반에서는 다양한 종류의 모델을 모델로 이해하여 복수의 선택을 하는 경우가 많아졌으나, 통제반에서는 모델링 수업 주제와 관련된 ‘화산 사진’을 모델이라고 잘못 이해한 비율이 가장 많이 증가하였고 나머지 과학적 모델을 모델이라고 답변한 비율은 감소하였다. 또한, 모델의 의미를 제대로 파악한 실험반 학생은 수업 후 큰 폭으로 증가(94%)했지만, 통제반에서는 수업 후에도 모델의 의미를 파악한 학생은 58.8%에 그쳤다. 즉, 모델의 다양한 예와 모델의 의미에 대해서 학습할 기회를 제공받았던 실험반 대다수 학생은 모델의 의미를 정확히 파악하고 모델의 예를 찾아냈지만, 통제반은 모델의 의미를 정확히 이해하지 못하고 수업과 관련된 대상을 모델로 생각하는 등 불명확한 이해를 하고 있음을 알 수 있다. 통제반은 다른 메타모델링 지식 요소를 설명할 때 과학적 모델이라고 선택한 ‘화산 사진’을 기반으로 메타모델링 지식 요소를 설명하는 사례가 많았다. 이러한 결과들은 모델의 의미에 대한 이해가 다른 메타모델링 지식 요소에 대한 이해에도 영향을 미칠 수 있으므로, 명시적 접근 방법을 활용한 메타모델링 지식 수업을 통해 모델의 의미가 무엇인지 이해할 기회가 선행될 필요가 있음을 시사한다.

모델의 목적, 모델의 가변성, 모델의 다중성에 대한 문항에서 실험반은 모델과 모델링 본성에 가까운 근거를 답안 선택의 이유로 설명하는 사례가 증가하였다. 또한, 이에 대한 답변이 정교화되고, 선행연구에서 위계화 한 모델과 모델링에 대한 인식(epistemology) 수준(Crawford & Cullin, 2005; Grosslight *et al.*, 1991) 중 높은 단계에 해당하는 사례가 있었다는 특징이 있었다. 반면, 통제반에서는 총 응답 수는 변화하지 않거나 각각의 이해 유형에 대한 근소한 차이의 응답 변화를 보이며, 실험반과 비교하였을 때 각 요인에 대한 뚜렷한 이해변화가 없었다. 또한, 앞서 언급한 대로 답안 선택의 근거로 암시적 접근 방법의 모델링 수업과 관련된 답변을 하는 사례가 증가하였지만, 기존의 복수 응답 중 일부를 지우는 등 이해의 폭을 확장하지 못하고 특정 범주에 대해 편향된 답변을 하는 한계가 있었다. 본 연구에서 살펴본 바와 같이 동일하게 설계된 모델링 수업에 참여하더라도 사전에 메타모델링 지식에 대한 이해 수준에 따라 수업 후 형성되는 메타모델링 지식이 달라졌다. 이는 초등학생들이 암시적 접근 방법으로 모델링을 수행하는 경험과 메타모델링 지식 요소에 대한 이해를 연결하는 데 어려움이 있음을 보여주며, 모델기반 학습을 통해 모델

과 모델의 본성에 대한 이해를 증가시키기 위해서는 적절한 교수전략이 필요함을 시사한다. 이에 명시적 접근 방법을 통한 메타모델링 지식 수업에 참여한 후 모델링 수업에서 맥락적으로 모델링 활동을 경험하는 과정이 모델과 모델링의 본성에 대한 이해를 더욱더 폭넓고 다양하게 심화시킬 기회를 제공하고, 메타모델링 지식 요소에 대한 이해와 모델링 수행을 연결할 기회를 제공할 수 있다는 점에서 교육적 의의가 크다.

한편, 모델 설계와 구성에 대한 이해는 사전과 사후에 큰 차이를 보이지 않았다. 사후 실험반은 필요한 요소들만 포함하여 구성해야 한다는 응답이, 통제반은 실제와 비슷하게 구성해야 한다는 응답이 상대적으로 높았다. 그러나 응답 결과의 차이가 근소하여 명시적-반성적 방법을 활용한 모델링 수업이 학생들의 모델 설계와 구성에 대한 이해에 큰 영향을 미치고 있다고 판단하기 어려운 부분이 있다. 이에 대한 원인으로서는 참여 학생 수준, 참여 학생 수, 해당 요인에 관한 안내방법 등 여러 요인이 작용한 것으로 예상할 수 있으나 명확한 이유는 후속 연구를 통해 확인해볼 필요가 있다.

본 연구는 초등학생들에게도 모델링 수업이 포괄적이며 유의미하게 받아들여질 수 있게 하는 수업 전략을 제공할 수 있다는 점에서 시사점을 갖는다. 또한, 연구 대상을 확장해 중·고·대학생, 예비교사, 교사가 모델기반 교수·학습에 참여할 때 보다 실효성 있는 접근 방법이 무엇인지 고찰해볼 수 있다는 기회를 제공한다. 명시적 접근 방법의 메타모델링 지식 수업을 통해서 모델과 모델링의 본성을 이해한 상태에서 반성적 방법으로 모델링 수업에 참여하게 되면, 학생들은 과학 활동과정에서 자신이 무엇을 하고 있는지 성찰하고 비판할 기회를 가질 수 있다. 학생들은 이러한 과정에서 메타모델링 지식을 심화·확장시킬 수 있는 순환적인 구조에 노출된다. 실험반은 메타모델링 지식 요소 중 ‘모델의 의미, 목적, 가변성, 다중성’ 이해에 대한 긍정적인 변화 나타났지만, 통제반에서는 여전히 모델의 의미조차 파악하지 못하는 학생이 다수였다. 암시적 접근 방법의 모델링 수업이 메타모델링 지식 변화에 영향을 미치고 있었으나, 다양한 요소로 범주화된 메타모델링 지식에 대한 균형 잡힌 이해의 증가보다 모델링 수업에서 경험한 것이 기준이 되어 편협하고 제한적인 변화에 머물렀다. 이러한 비교 결과를 통해 초등학생들이 모델기반 교수학습에 유의미하게 참여할 수 있도록 사전에 메타모델링 지식과 관련된 이해를 선행할 기회를 제공하고, 모델링 수업에서 이를 맥락적으로 이해할 수 있도록 지원할 필요가 있음을 알 수 있다.

본 연구는 탐색 연구의 일환으로, 추후 명시적-반성적 접근을 활용한 모델링 수업에 대한 더 많은 사례연구가 필요하다. 특히, 국내 선행연구에서 중·고·대학생, 예비교사, 교사가 모델과 모델링 관련 연구의 연구 참여자로서 높은 비중(92%)을 차지한다는 점에서(Cho & Nam, 2017) 연구의 대상을 초등학생까지 적극적으로 확장시킬 필요가 있다. 또한, 연구 참여자의 메타모델링 지식을 증진하고 모델기반 교수학습 활동을 초등과학 수업에 활발히 적용하기 위한 다양한 교수학습 전략에 관한 연구가 필요하다. 이를 위해 초등학교 고학년에도 적용할 수 있는 메타모델링 지식 검사 도구를 개발하여 고학년 초등학생의 메타모델링 지식이 무엇인지 탐색할 수 있어야 하며, 명시적-반성적 접근을 활용한 모델링 수업을 정교화하고 발전시키는 것도 필요하다.

국문요약

본 연구에서는 명시적-반성적 접근을 활용한 모델링 수업이 초등학생들의 메타모델링 지식 이해에 미치는 영향을 탐색했다. 연구를 위해 서울 J 초등학교 4학년 2개의 학급을 선정하여 각 학급을 실험반과 통제반으로 선정하였다. 실험반에서는 명시적-반성적인 방법으로 모델링 수업을 5차시 동안 진행하였으며, 통제반에서는 4차시 동안 암시적 방법으로 모델링 수업을 진행하였다. 수업 사전·사후에 메타모델링 지식 다섯 가지 요소인 '모델의 의미, 목적, 설계와 구성, 가변성, 다중성'에 대해 설문 및 면담을 수행하였다. 연구 결과 메타모델링 지식 요소 중 실험반에서는 '모델의 의미(모델의 예)', '모델의 목적', '모델의 가변성', '모델의 다양성' 영역에 대한 이해가 높아지는 변화가 나타났지만, 통제반에서는 여전히 모델의 의미를 파악하지 못하는 학생이 다수였으며 모델과 모델링의 본성에 대해 다양하고 폭넓은 이해가 아닌 모델링 수업과 관련된 제한된 이해에 머물렀다. 본 연구를 통해 명시적-반성적 메타모델링 지식을 강조한 모델링 수업이 초등학생들의 메타모델링 지식 변화에 긍정적인 영향을 미침을 알 수 있었다.

주제어 : 메타모델링 지식, 명시적-반성적 접근을 활용한 모델링 수업, 초등학생

References

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. I. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Akindehin, F. (1988). Effect of an instructional package on preservice science teachers' understanding of the nature of science and acquisition of science-related attitudes. *Science Education*, 72, 73-82.
- Baek, H. (2013). Tracing fifth-grade students' epistemologies in modeling through their participation in a model-based curriculum unit: Michigan State University, Curriculum, Instruction, and Teacher Education.
- Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2011). Engaging elementary students in scientific modeling: The MoDeLS fifth-grade approach and findings. In *Models and modeling*(pp. 195-218): Springer.
- Bamberger, Y. M., & Davis, E. A. (2013). Middle-school science students' scientific modelling performances across content areas and within a learning progression. *International Journal of Science Education*, 35(2), 213-238.
- Carey, S., & Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3), 235-251.
- Cha, J. H., Kim, Y. H., & Noh, T. H. (2004). Middle and High School Students' Views on the Scientific Model. *Journal of the Korean Chemical Society*, 48(6), 638-644.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L., & Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 195-212.
- Cho, E. J., Kim, C. J., & Choe, S. U. (2017). An Investigation into the Secondary Science Teachers' Perception on Scientific Models and Modeling. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(5), 859-877.
- Cho, H. S., Nam, J. H., & Oh, P. S. (2017). A Review of Model and Modeling in Science Education: Focus on the Metamodeling Knowledge. *Korean Association for Science Education*, 37(2), 239-252.
- Cho, H. S., & Nam, J. H. (2017). Analysis of Trends of Model and Modeling-Related Research in Science Education in Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(4), 539-552.
- Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism. In *Handbook of creativity*(pp. 341-381): Springer.
- Crawford, B., & Cullin, M. (2005). Dynamic assessments of preservice teachers' knowledge of models and modelling. In *Research and the quality of science education*(pp. 309-323): Springer.
- Fortus, D., Hug, B., Krajcik, J., Kuhn, L., McNeill, K. L., Reiser, B., Rivet, A., Rogat, A., Schwarz, C., & Schwartz, Y. (2006). Sequencing and supporting complex scientific inquiry practices in instructional materials for middle school students. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education* (Vol. 9). Cham, Switzerland: Springer international publishing.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Jin, H. J., Park, K. S., Kim, D. J., Kim, K. M., & Park, K. T. (2004). Analysis of the Effects of Teaching Method Using Ball-and-Stick Models in the Middle School. *Journal of the Korean Chemical Society*, 48(1), 77-84.
- Jung, H. S., & Kim, Y. M. (2014). An Investigation of Pre-service Secondary Science Teachers' Perceptions on Scientific Models, *The Journal of the Research Institute for Science Education*, 53(4), 682-692.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Kang, N. H. (2017). Korean Teachers' Conceptions of Models and Modeling in Science and Science Teaching. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 143-154.
- Kenyon, L., Schwarz, C., Hug, B., & Baek, H. (2008). Incorporating modeling into elementary students' scientific practices. Paper presented at the annual conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Baltimore, MD.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Kim, M. Y., & Kim, H. B. (2007). Analysis of High School Students' Conceptual Change in Model-Based Instruction for Blood Circulation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 27(5), 379-393.
- Kim, S. K., Kim, J. E., & Paik, S. H. (2019). Exploring Progression Levels for Science Metamodeling Knowledge of the Science Gifted. *Journal of the Korean Chemical Society*, 63(2), 102-110.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*, 96(4), 701-724.
- Lee, H. J. (2018). *What is SSI education?* Seoul, Republic of Korea: Park Young Publication Co.
- Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630.
- Ministry of Education (MOE). (2015). 2015 revised curriculum-Science. Seoul: Ministry of Education.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
- Oh, P. S. (2009). Preservice Elementary Teachers' Perceptions on Models Used in Science and Science Education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(4), 450-466.
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Park, H. K., Choi, J. R., Kim, C. J., Kim, H. B., Yoo, J. H., Jang, S. H., & Choe, S. U. (2016). The Change in Modeling Ability of Science-Gifted Students through the Co-construction of Scientific Model. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(1), 15-28.
- Pluta, W. J., Chinn, C. A., & Duncan, R. G. (2011). Learners' epistemic criteria for good scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(5), 486-511.
- Saari, H., & Viiri, J. (2003). A research-based teaching sequence for teaching the concept of modelling to seventh-grade students. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1333-1352.
- Schwarz, C. (2002). Is there a connection? The role of meta-modeling knowledge in learning with models. Paper presented at the Proceedings

- of International Conference of Learning Sciences.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Smith, C., Snir, J., & Grosslight, L. (1992). Using conceptual models to facilitate conceptual change: The case of weight-density differentiation. *Cognition and Instruction*, 9(3), 221-283.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- Wiser, M. (1988). Can Models Foster Conceptual Change? The Case of Heat and Temperature. Technical Report.
- Yoon, H. K. (2011). Pre-service Elementary Teachers' Inquiry on a Model of Magnetism and Changes in Their Views of Scientific Models. *Journal of the Korean Society of Elementary Science Education*, 30(3), 353-366.

저자 정보

임성은(서울대학교 학생)
최승연(서울대학교 교수)
박창미(서울대학교 학생)
김찬중(서울대학교 교수)