



## 과학 탐구와 과학 교수학습에서의 모델과 모델링에 대한 교사들의 인식

강남화\*  
한국교원대학교

### Korean Teachers' Conceptions of Models and Modeling in Science and Science Teaching

Nam-Hwa Kang\*  
Korea National University of Education

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 4 January 2017

Received in revised form

15 January 2017

18 January 2017

Accepted 20 January 2017

##### Keywords:

model, modeling, teacher perceptions, teacher professional development

#### ABSTRACT

Science inquiry has long been emphasized in Korean science education. Scientific modeling is one of key practices in science inquiry with a potential to provide students with opportunities to develop their own explanations and knowledge thereafter. The purpose of this study is to investigate teacher's understanding of models in science and science teaching. A professional development program on Models (PDM) was developed and refined through three times of implementation while teachers' conceptions of models and modeling were examined. A total of 29 elementary and secondary teachers participated in this study. A survey based on model use of scientists in the history of science was developed and used to collect data and audio recordings of discussions among teachers and artifacts produced by the teachers during PDM were also collected. Three ways of ontological and two ways of epistemological understanding of models and modeling were found in teachers' ideas. After PDM, a quarter of the teachers changed their ontological understanding whereas very few changed their epistemological understanding. In contrast, more than two thirds of the teachers deepened and extended their ideas about using models and modeling in teaching. There were no clear relationships between teachers' understanding of models and ways and ideas about using models in science teaching. However, teachers' perceptions of school conditions were found to mediate their intention to use models in science teaching. The findings indicate possible approaches to professional development program content design and further research.

## 1. 서론

지난 수 십 여년 국내외에서 과학교육의 목적이 과학 내용을 전수하는 것을 넘어 과학의 본성을 알고 과학과 사회와의 관계에 대한 이해 속에 과학 관련 사회적 또는 개인적 문제 해결 능력을 양성하는 것으로 확대되어 주창되어 왔다 (Park, 2016). 과학의 본성에 대한 이해는 과학 지식의 특성 및 과학 지식이 구성되는 과정에 관한 인식론적 지식을 습득하는 것을 의미한다 (Abd-El-Khalick, 2013). 이러한 과학의 본성에 대한 이해는 과학 내용 학습에 도움을 줄뿐만 아니라 과학이 사회 및 개인적 삶과 어떤 관련이 있는가를 이해하는 데 기초가 된다.

과학 교육과정에 과학의 본성에 대한 이해 관련 내용을 포함하는 것에 대한 논의는 과학탐구의 도입과 함께 시작되었다고 볼 수 있다 (Brandwein & Schwab, 1962). 우리나라 교육과정에서 탐구는 오랜 동안 탐구과정 요소가 그 논의의 중심에 있었다 (Kim *et al.*, 2015). 90년대 6차 교육과정에서 탐구 기능요소를 교육과정의 내용으로 도입한 이래 우리나라 과학 교육에서 탐구는 기능 요소가 포함된 학생 활동으로 강조가 되었으며, 최근 과학교육 연구에 관한 메타연구에 의하면 2000년부터 2013년까지의 우리나라의 과학교육 연구에서 탐구에 대한 학생의 학습 관련 연구 137편 중 92편이 전통적인 과정

중심 탐구에 관한 학생의 학습을 연구하고 있음이 밝혀졌다 (Kim *et al.*, 2015).

과정 중심 탐구는 과학 탐구를 개별적인 기능의 집합으로 보고, 각 기능 요소의 육성을 탐구 학습의 목표로 한다. 탐구의 기능은 범내용적이어서 많은 과학 내용에서 공통적으로 적용 가능하다는 점에서 교육적으로 가치가 있다고 간주되었다. 따라서 탐구 과정과 과학 개념과의 연계에 대한 고민이 중요하지 않았다. 그러나 과학교육에서 과정 중심 탐구는 과학의 참된 모습을 보여 주기에는 부족하다는 비판을 계속 받아왔다 (Hodson, 1996; Windschitl, Thompson, & Brraten, 2008). 무엇보다도 과정 중심 탐구는 실험을 중심으로 하는 탐구 과정에 초점을 두고 있기 때문에 마치 과학 탐구가 항상 실험을 동반한다는 오해를 살 수 있어 경험주의적 관점으로만 과학을 바라보게 할 수 있다 (Gray & Kang, 2014). 특히 원리, 법칙, 이론 등으로 구성된 과학적 설명이 실증적 자료만으로 유도된다는 관점은 과학 탐구에 대한 편협한 생각을 하게 할 수 있다. 또한 과학교육의 측면에서 과학 탐구 기능의 강조는 탐구 과정의 실행 중 과학 내용의 학습을 등한시 하게 하여 학생들로 하여금 과학 내용을 유의미하게 학습할 수 있는 기회를 잃게 할 수 있다. 과학의 본성에 관한 학습 측면에서는 과정과 내용의 분리로 인하여 과학 내용과 기능사이의 복잡한 상호연관성에 대한 이해를 어렵게 만들 수 있다.

\* 교신저자 : 강남화 (nama.kang@knue.ac.kr)

\*\* 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2014S1A5A8017865).

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.1.0143>

이러한 기능 중심 탐구에 대한 비판과 더불어 최근 과학에 대한 철학적 관점이 변하면서 과학 교육에서 학생들이 경험해야 하는 탐구 활동의 성격의 변화를 요구하고 있다 (Duschl & Grandy, 2008). 과거의 철학적 논의가 과학 활동의 결과물인 과학 지식의 성격과 그 발전에서 보이는 논리(e.g., Kuhn, 1970)에 중심을 두었다면, 과학자들의 사고과정 및 탐구활동에 대한 인지적, 사회학적 연구를 통해 최근 과학에 대한 관점이 과학 지식의 발달에 내재된 논리, 과학자들의 구체적인 활동 과정 및 인지 과정에 관심을 기울이기 시작하였다 (e.g., Latour, 1987; Nersessian, 1992). 과학자들의 활동에 대한 연구에 의하면 과학자들은 연구 분야 및 연구 집단에 따라 서로 다른 탐구 문화를 형성하고 연구 공동체 내의 고유한 연구 방식 등을 관행처럼 (as a matter of practice) 따르고 있어서 과학 탐구의 과정이 연구 맥락에 따라 다르다 (Mody, 2015; Pickering, 1992). 가령, 실험실에서 과학자들의 활동을 관찰한 Knorr-Cetina (1991)의 연구는 과학의 탐구 방법이 상황과 무관한 논리적 이성에만 의존하는 것이 아니라 상황적, 사회적, 문화적 측면의 영향을 받는다는 것을 밝혔다. 따라서 여러 다양한 과학 연구 집단은 독특한 양태의 탐구 문화와 탐구 방식을 보이고 수많은 과학의 분야에서 공통적으로 찾을 수 있는 탐구 방식을 찾기 힘들다는 것이다. 이에 최근 과학교육 연구에서 과학자들의 실천(practice)과 유사한 활동을 학교에서 학생들에게 경험시켜야 한다는 주장들이 나오고 있고, 국내외 과학 교육과정의 개정에도 적용되고 있다 (Kang & Lee, 2013; NGSS Lead States, 2013; Stroupe, 2015).

이러한 최근의 경향에 발맞추어 2015 개정 과학과 교육과정에서는 과학 내용과 결합하여 성취할 기능으로서 단순한 탐구 기능을 넘어서는 과학적 실천(Kang & Lee, 2013)을 과학 교과 내용 체계에 포함하였다. 이들 실천은 여덟 가지로 문제인식, 자료의 수집·분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증, 결론 도출 및 평가, 의사소통으로 구분되어 “기능”이라는 이름으로 제시되었다. 이 여덟 가지의 실천은 최근 개발되어 발표된 미국의 과학교육표준(NGSS)과 일맥상통한다 (Jeong & Kang, 2016). 이들 실천이 기존의 단순한 탐구 기능과 구분되는 이유는 단순 기능보다 더 복잡한 과정을 나타낸다는 것 이외에도 그것이 내용과 결합된 형태로 교육과정에 제시되어 기능과 내용의 학습이 동시에 일어날 수 있도록 교육과정이 의도한다는 점이다. 이들 기능 중 기존의 교육과정에서 명시적으로 강조되지 않아서 다소 새롭게 보이는 항목 중 하나가 모형의 개발과 사용이다.

모형<sup>1)</sup>의 개발과 사용에 대한 정의는 우리나라 교육과정에는 명시되어 있지 않지만 최근 국내외 과학교육 연구에서 많이 다루어지고 있다 (Justi & Gilbert, 2002; Oh, 2016; Windschitl *et al.*, 2008). 모형은 물체, 현상, 과정, 생각, 시스템의 표상으로 정의될 수 있다 (Oh & Oh, 2011). 대상물에 대한 이해나 해석을 표상을 한다는 점에서 그리고 표상의 초점에 따라 대상물의 일부만 표상을 한다는 점에서 모형과 그 대상물은 구분되는 별개의 실체이다. 즉, 모형은 그 표상의 대상물을 그대로 나타낸 것이 아니라 대상물에 대한 해석을 표상한 것이다. 이렇듯 현상 - 해석 - 모형로의 표상이라는 관계에서 모형은

인지적 과정인 해석을 거친 현상의 표상으로서 과학자들이 만들어낸 설명체계의 일부이다.

미국의 최근 과학교육표준의 개념체계를 제공한 연구(NRC, 2012)는 과학에서의 모델 및 모형의 사용에 대해 다음과 같이 제시하고 있다.

과학자들은 현상에 대해 정신(mental)모형과 개념(conceptual) 모형을 만든다. 정신모형은 내면적이고, 특유하며, 불완전하고 본질적으로는 기능적이다. 이와는 대조적으로 ... 개념모형은 그것이 나타내고자 하는 현상과 특정 측면이 유사한 명시적 표상(explicit representations)이다. ... 단순화되기는 했지만 개념모형은 구조적, 기능적, 행동적 유사체로서 다이어그램, 물리적 복제, 비유, 수학적 표상, 컴퓨터 시뮬레이션이 해당된다. ... 모든 모델에는 근사(approximations)와 가정(assumptions)이 포함되기 때문에 그 한계를 아는 것이 매우 중요하다. (p. 56)

이러한 모형의 정의와 관련하여 Gilbert (1991)는 대학생들의 모형에 관한 인식조사를 위해 모형을 크게 6가지 종류로 구분하였다. 그에 의하면 자료 모형 (표, 그림, 지도, 그래프, 기록 등), 표상적 모형 (구체적 복제물, 척도 모형, 예, 시제품, 표본 등), 비유물 (비유 이미지, 실제적 비유물, 의학 실험용 동물 등), 시뮬레이션 (컴퓨터 시뮬레이션, 역할극, 게임, 인공 지진 등), 절차적 모형 (규칙, 처리 지침 등), 개념적·이론적 모형 (서술, 수학적 공식, 예측, 가설, 개념 체계, 개념도 등)이 있다. 이와 유사하게 Harrison & Treagust (2000)는 과학교육에서 사용하는 모형의 종류에 대해 수업 관찰과 문헌을 이용하여 정리하였다. 그들에 의하면 과학적 모형에는 척도 모형(scale model)과 기호나 상징적 모형, 수학적 모형, 이론적 모형이 있다. 또한 다양한 개념이나 과정을 표상하기 위한 모형로 지도, 다이어그램, 표, 개념-과정 모형, 시뮬레이션을 제시하고, 개인적 모형로 정신모형을 제시하였다. 척도 모형은 건축물의 모형과 같이 표상하는 대상의 외형적 비율은 세심히 반영하지만 대상의 내면적 구조나 기능과 같은 것은 잘 보여주지 않는 모형이다. 기호나 상징적 모형은 화학식이나 분자식과 같이 설명이나 의사소통을 위한 기호를 의미한다. 수학적 모형의 경우는 수식으로 표현된 물리 법칙 등을 지칭하며 모형 중 가장 추상적이고 양적 예측을 가능하게 한다. 이론적 모형은 전기력선이나 광자와 같이 과학 이론에서 구성된 개념적 실체를 표상한 것이다. 입자 운동으로 설명하는 기체의 부피, 압력, 온도와 같은 것도 이론적 모형에 해당한다. 다양한 산-염기 모형이나 산화, 빛의 굴절과 같은 개념들은 그 과정의 설명에 모형을 사용하는데 이러한 모형들을 Harrison & Treagust (2000)는 개념-과정 모형로 구분하여 제시하였다. 시뮬레이션은 상당히 고유한 역동적 모형로 지구 온난화, 핵반응과 같은 복잡하고 정교한 과정을 근사적으로 나타낸다.

이렇게 다양한 모형을 만들고 수정하는 활동을 모델링이라고 한다. 모델링은 기본적으로 탐구자가 탐구 대상에 대해 생각하고 해석하는 바를 나타내기 위한 활동이다. 모델링의 세부 목적은 과학 지식을 구성하는 활동에서 다양하고 복잡하게 나타나는데 대표적으로 (1) 복잡한 현상을 단순화하여 표상하기, (2) 추상적인 개체를 가시화하기, (3) 현상에 대한 설명을 구성하기, (4) 예측하기이다. 이러한 다양한 목적을 위한 모델링에서 학생들은 모형이 표상하는 대상 현상과 모형을 구분하는 과정에서부터 형식적 체계를 이용하여 현상을 표상하는 과정을 거쳐 모형을 이용하여 예측하는 과정까지 경험하여 모형

1) 교육과정에서는 모형이라는 용어를 사용하지만 현재 국내 과학교육 연구에서 영어를 그대로 읽은 모델이라는 명칭도 함께 사용되고 있다. 이 논문에서는 모형과 모델을 동의어로 사용한다.

을 구성하는 능력을 점진적으로 신장할 수 있다(Justi & Gilbert, 2002; Park *et al.*, 2016).

이러한 모델의 강조는 모델을 과학적 이론의 한 구성 요소로 보는 관점(Nagel, 1960)에서 시작되었으며 현상에 대한 설명체계인 이론을 구성하는 과학자들의 활동의 구체적인 실천이 이러한 모델의 구성활동으로 이루어진다는 관점으로부터 과학교육의 탐구 과정에 도입되어야 한다는 당위성을 획득하였다(Windschitl *et al.*, 2008). 따라서 학생들이 학교에서 모델링을 중심으로 탐구활동을 수행한다면 이는 현상에 대한 설명 이론을 구성하기 위해 현상을 서술하고, 설명하고, 예측하기 위한 모델 구성 및 수정·보완 활동으로 이루어져야 할 것이다.

과학교육에서 모델 및 모델링 활동의 도입은 과학자들의 모델링 활동 중의 인지 과정을 시뮬레이션한 학생들의 정신모델 변화 탐색 연구에서 찾을 수 있다(Clement, 1989). 이는 과학자들이 과학적 설명의 구성 과정 중에 가설을 만들어 현상을 설명하는 과정에서 초기 모델이 수많은 수정 과정을 거쳐 받아들여지게 되는 과정과 유사하게 학생들이 초기 정신모델을 시작으로 모델을 평가하고 수정하여 과학적 모델로 만들어가는 과정에서 학생들의 개념학습을 탐색하는 연구이다. 이들 초창기 연구는 개념학습을 위한 모델의 사용 및 모델링 활동이 그 초점이었다. 이러한 연구는 탐구 학습에 대한 시각의 변화와 과학교육 목표가 과학적 소양으로 확대되고 그 일부로 과학의 본성에 대한 이해가 포함되면서 개념의 이해뿐만 아니라 모델에 대한 이해를 포함하는 연구로 확대가 되었다(Lehrer & Schauble, 2000). 모델링을 통하여 학생들이 모델링 능력을 개발하고 그에 따라 과학적 개념 학습이 이루어지는 것에 대한 연구는 최근 증가하고 있다(Park *et al.*, 2016; Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2002). 이와 다른 방향으로 교사의 모델에 대한 인식연구와 예비교사의 모델 기반 탐구를 통한 실천적 지식의 습득에 관한 연구를 찾을 수 있다(Justi & Gilbert, 2002; Justi & Gilbert, 2003; van Driel & Verloop, 1999; Windschitl & Thompson, 2006). 이들 연구에 의하면 모델 및 모델링에 대해 많은 경험이 없는 교사나 예비 교사들은 과학적 모델 및 모델링에 대해 초보적인 수준의 개념을 가지고 있고, 예비교사를 대상으로 하는 모델 기반 수업에서 예비교사들의 모델링을 이용한 수업 능력 향상이 어렵지만 상당히 정교한 과정을 통해서 가능하다는 것이 밝혀졌다.

Justi & Gilbert (2002)의 문헌 정리에 의하면 과학교육에서의 모델과 모델링의 의미를 세 가지로 들 수 있다. 하나는 과학 학습 내용으로서의 역할이다. 과학 모델 자체가 과학지식의 일부이므로 과학 학습에서 학생들은 과학 모델을 배워야 한다는 것이다. 따라서 과학자들이 구성한 모델과 그 모델이 구성되는 과정 자체가 과학 학습의 내용에 해당한다. 두 번째는 과학 교육의 목표로써 과학의 본성에 대한 학습을 할 때 모델과 모델링의 본성 역시 그 한 부분이라는 점이다. 과학자들이 모델링 활동을 통해 지식을 구성하고 그 결과로서 과학자 사회에서 받아들여지는 모델이 산출이 된다면 모델의 본성에 대해 배우는 것은 당연히 과학 본성에 관한 학습의 일부라는 것이다. 세 번째로는 과학탐구 학습이 과학자의 실천을 따른다면 모델을 생성하고 수정하고 다듬는 모델링의 과정을 포함해야 한다는 점이다. 이는 과학자들의 지식 구성 활동의 주요한 부분을 모델링으로 볼 때 그와 유사한 활동을 학생들이 직접 해봄으로써 과학탐구 과정으로서의 모

델링 능력을 갖추어야 한다는 것이다. 이러한 관점에서 볼 때 과학 내용의 이해와 함께 과학의 본성을 이해할 수 있는 모델 기반 탐구 수업을 운영하기 위해서는 교사의 과학적 모델에 대한 이해 및 모델 기반 수업에 대한 실천적 지식은 필수적이다. 그러나 문헌에 의하면 교사의 모델 및 모델링에 대한 인식의 수준이 낮은 것으로 드러나 그에 대한 전문성 개발이 필요함을 알 수 있다(Justi & Gilbert, 2002). 아직까지 과학적 모델 및 모델링에 관한 교사의 전문성 개발 과정에 대한 연구는 미비하다. 따라서 본 연구는 과학수업에서의 교사 전문성 향상을 위한 모델 및 모델링에 대한 교사 연수를 실시하면서 교사의 모델 및 모델링에 대한 인식을 조사하였다. 이는 앞으로의 과학 교사 교육에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 설계

이 연구는 교사의 모델에 대한 인식을 확인하고 향상시키기 위해 연구자가 실시한 교사 연수 중 진행한 연구로 방법론적 측면에서는 설계 기반 연구(Anderson & Schattuck, 2012; Sandoval & Bell, 2004) 관점에서 수행한 현장연구(Mills, 2007)이다. 과학교육에서 모델 및 모델링에 대한 연구 기반이 충분하지 않고 기존에 과학 교사 학습에 대한 설명 이론이 충분하지 않기 때문에 설계 기반 연구 방법이 적절한 접근법이라 볼 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 세 번의 교사 연수를 거치면서 교사의 모델 및 모델링에 대한 인식 향상을 위한 연수의 내용을 수정하면서 실시하여 교사의 인식을 분석하였다. 연수 내용의 수정 이유 및 그 결과에 대해서는 뒤에서 다루겠지만 연수 내용 수정에 따른 교사 인식의 차이는 연구 중 뚜렷하게 발견할 수 없어 연구에 포함하지 않았다. 즉, 연수 내용의 수정이 매번 있었으나 그에 따른 교사의 인식의 차이를 수집한 자료에서 발견할 수 없어 연수 내용의 차이에 따른 교사 학습은 다루지 않았다. 이러한 연구의 한계를 연구 결과의 논의에서 다루었다. 각 연수는 2014년 여름, 2014년 겨울, 2015년 겨울에 수행이 되었고, 각 연수마다 서로 다른 교사들이 참여하였다.

### 2. 연구 참여자 및 자료수집 방법

연구 참여자는 1회 연수에서 11명(중등 교사 11명), 2회 연수에서 10명(초등 3명, 중등 7명), 3회 연수에서 8명(초등 1명, 중등 7명)으로 서로 다른 교사 29명으로 구성되었다. 이들 교사의 교직 경력은 2년에서 16년으로 다양하였으며, 평균 6.2년 경력을 가졌다. 연수의 내용 및 과정은 1차 연수의 결과를 반영하여 2차 연수에서 수정하여 실시하였고, 이를 기반으로 연수의 내용과 과정을 보다 정교화하여 3차 연수를 실시하였다. 각 연수는 5일에 걸쳐 총 20시간 내외로 구성되었다.

연구 자료로는 각 연수 설계 및 실행 과정 중 연구자의 기록, 연구 참여 교사들이 작성한 모델 및 모델링에 대한 질문지의 응답, 연수 과정에서 수행한 과제의 결과물, 연수 중 교사 토론의 녹음을 수집하였다.

기존 연구에서는 모델과 모델링에 대한 이해 조사에서 주로 응답자에게 설문지나 면담에서 주어진 예시에서 모델을 선택하게 한 후 그 이유를 설명하게 하는 방식을 사용하였다(Grosslight *et al.*, 1991;

Justi & Gilbert, 2003). 그러나 모델에 대해 일상적으로 의식하지 않는 상황에서 그러한 질문 방식이 교사의 인식을 적절히 파악할 수 없다고 판단하여, 이 연구에서는 사례를 통한 인식 조사 방식을 사용하였다(Kang, Orgill, & Crippen, 2008). 중고등학교 과학교육 과정의 범위에서 과학자가 모델링을 한 과학사의 사례를 물리(갈릴레오의 진자의 주기 모델링), 화학(토리첼리의 기압에 대한 모델링), 생물(왓슨과 크릭의 DNA 이중 나선 모델) 영역에서 하나씩 골라 서술하고, 그 서술 내용에서 드러난 과학자의 활동에 대한 질문지를 구성하였다. 이 질문지는 본 연구에 투입하기 전 초, 중교 교사 10명과 면담 및 사범대학 과학교육과 예비교사 23명을 대상으로 예비투입을 하여 그 사례의 이해 및 질문의 의도 파악이 적절히 되는지 조사 후 수정, 편집하여 사용하였다. 각 사례의 서술은 모두 그림을 포함하였고, 물리와 화학의 사례는 수식도 포함하였다. 사례의 서술은 초, 중등 교사가 모두 과학 내용을 충분히 이해할 수 있는 수준으로 구성하여 600자에서 1,168자로 구성되었다. 질문은 각 사례별로 사례에서 드러난 모델의 용도, 모델링의 목적, 학교에서의 유사한 활동의 적용 예시 등에 관해 물어보았다. 이 질문지는 개별적인 응답 후 연수 중 참여자 모둠에서 각각 논의되어 연수의 교재로서 활용이 되었다.

### 3. 연수 내용

교사 연수의 설계 원칙은 Appleton(1997)의 개념변화과정과 Borko(2004)의 교사 전문성 개발과정에 대한 논의에 기초하였다. 이러한 원칙에 따라 연수 중 하나의 주제에 대해 (1) 교사의 사전 지식 확인 단계, (2) 교사 모둠 내 아이디어 공유 단계, (3) 문헌에 기초한 학습 단계, (4) 교재 분석 및 실천 사례 공유 단계, (5) 미래 실천 계획 단계의 다섯 개의 단계로 진행하였다. 이러한 일련의 활동의 핵심은 교사가 집단으로 사전 지식을 공유하고, 문헌 등을 통한 비교를 통해 새로운 아이디어를 함께 창출하는 것이었다.

연수의 내용은 크게 (1) 과학자들의 모델과 모델링에 대한 이해와 (2) 모델 기반 수업에 대한 이해라는 두 가지로 구분된 주제로 구성하였다. 세 번에 걸친 연수에서 연수 내용의 구성 및 그 변동은 Table 1과 같다. 과학자들의 모델과 모델링 이해는 앞서 논의한 문헌에 기초하여 가장 기초적인 이해의 수준에서 가장 세련된 이해의 수준으로 구분하고 그 배합을 논의하는 것을 주 내용으로 하였다 (Fig. 1). 가장 기초적 수준의 모델에 대한 이해는 모델이 현상이나 물체의 복제라는 개념으로 실재론을 인식론적 기반으로 하는 개념이다. 가장 세련된

개념은 모델이 현상에 대한 생각을 시험하기 위한 도구로 사용된다는 구성주의 관점의 개념이다. 즉, 모델은 생각을 명료화하고 교환하기 위한 도구이며 이로부터 새로운 생각이 창출될 수 있다. 또한 동일한 현상에 대해서도 여러 다른 관점에서 서로 다른 설명을 구성할 수 있기 때문에 다양한 모델이 구성될 수 있다는 구성주의적 사고를 바탕으로 모델을 이해하는 것이 가장 세련된 수준의 이해라고 볼 수 있다 (Grosslight, Unger, Jay, & Smith, 1991; Harrison & Treagust, 2000). 이러한 관점에서 현상이나 물체를 표상하는 모델은 그 대상의 복제가 아니라 그 대상에 대한 이해를 나타내기 때문에 다수일 수 있다고 본다. 따라서 일대일 대응의 개념을 적절하다고 보지 않는다. 이러한 일련의 모델의 본성(nature of models)에 대한 이해를 과학사의 사례와 함께 연수에서 다루었다. 이외에 모델 구성의 과정, 모델의 평가, 모델 사용의 목적 및 유용성(Oh & Oh, 2011; Schwartz & White, 2005)을 연수 중 모델에 대한 논의에 포함하였다.

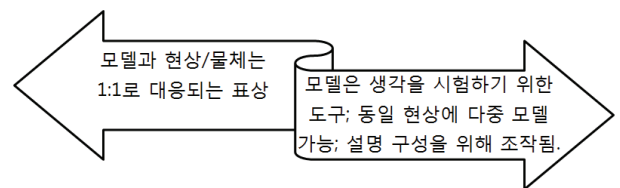


Figure 1. A range of understanding models

모델 기반 수업에 대한 내용에 있어서는 모델 구성 과정(modeling)과 모델 기반 탐구과정(Windschittl *et al.*, 2008)을 소개하였다. 모델구성과정은 Clement (1989)의 모델 생성(Generation)—모델 평가(Evaluation)—모델 수정(Modification)이 순환하여 과학적 모델에 근접할 때까지 이루어지는 GEM 과정을 소개하였다. 이는 모든 모델 기반 수업의 핵심 내용으로 드러난 것이다 (Louca & Zacharia, 2012). 모델을 기반으로 하는 탐구과정으로는 현상의 설명을 목적으로 하는 탐구활동 과정에서 모델을 생성하고 수정하여 현상의 설명 모델을 만드는 과정을 소개하였다(Fig. 2). 이러한 탐구에서 학생들은 자신들의 선지식에 기초하여 현상에 대한 초기 모델을 만들고 그 모델의 예측을 활용하여 모델 검증을 위한 가설을 설정한다. 이렇게 모델에 기반한 가설에 따른 증거를 수집하여 초기 모델의 수정 여부를 정하고 그 결과를 이용하여 모델을 수정하고 그것을 다시 검증하는 순환적인 과정을 거치면서 최종적으로 설명하고자하는 현상에 대한 설명 모델을 구성한다. 따라서 모델을 기반으로 하는 탐구는 현상의 설명

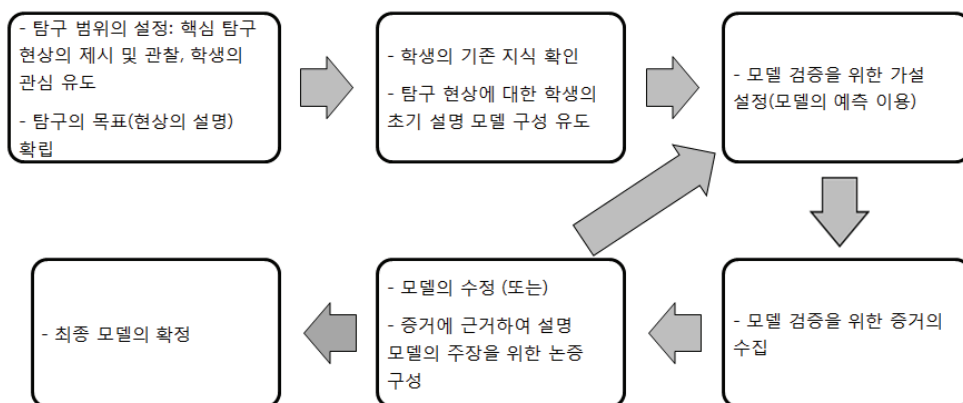


Figure 2. Model-based inquiry (modified from Windschittl *et al.*, 2008)

을 구성하는 것을 목적으로 하고, GEM 과정에 따라 초기 모델의 생성 및 수정과정을 거쳐 진행된다.

이러한 모델 기반 탐구 과정에 대한 논의는 기존의 가설 설정부터 시작하는 탐구 과정과 비교하는 활동으로 시작을 하였다. 주어진 과학적 이론에서 출발한 가설을 검증하여 확증하거나 주어진 문제의 해결책을 찾는 기존의 탐구 수업의 목표는 학생들이 배운 지식의 타당성을 확인하거나 이해한 지식을 적용할 수 있는 능력을 키우는 것이다. 이러한 탐구는 학생이 스스로 현상에 대한 설명을 구성하는 기회를 제공하지 않는다. 대부분의 탐구 과정에서 학생들의 역할은 자료를 수집하여 분석하는 활동이다(Kang & Lee, 2013). 반면 모델 기반 탐구는 학생들이 자신들의 지식을 기반으로 현상을 설명하는 초기 모델을 구성하고 그것의 검증과정을 통해 학생 스스로 탐구 현상에 대한 설명을 구성하는 것을 목표로 한다. 따라서 학생의 생각이 중심이 되는 구성주의적 학생 중심 탐구의 기회를 제공한다. 이러한 기존 탐구과정과 모델 기반 탐구의 차이를 논의하고 교사들이 현실적으로 가능한 모델 기반 탐구 수업안을 구성할 수 있도록 하는 것을 연구 내용의 두 번째 핵심 주제로 하였다. 그러나 1회의 연수 후 모델 기반 탐구 수업에 대한 논의는 GEM 과정을 논의하는 것으로 그 내용을 선택, 집중하였다. 이는 참여 교사들이 모델 기반 탐구 과정에 대한 이해의 어려움 및 실현성에 대한 불신을 호소하여 상당한 노력과 시간이 요구됨을 발견하였기 때문이었다. 무엇보다도 학생들의 초기 설명 모델 구성에 대한 가능성에 대한 의구심으로 탐구 과정 전체에 대한 논의의 진행 및 이를 활용한 수업 구성에서 어려움을 겪었다. 따라서 모델 기반 탐구과정 전체를 피상적으로 다루기보다는 모델 기반 탐구의 핵심 내용을 집중적으로 다루기로 결정하였다. 이러한 결정으로 2회 연수에서는 GEM을 논의한 후 모델 기반 탐구과정에 대한 논의를 간단히 언급하는 수준으로 다루었고, 그에 대해 적절하다는 판단으로 3회 연수에서도 마찬가지로 GEM을 중점적으로 논의하였다. 이러한 결정에 따라 2, 3회 연수에서 제외된 주제는 Table 1에 표시하였다.

Table 1. Teacher workshop content and its change

범주	주제	내용
연수 내용	모델 및 모델링	- 모델의 정의: 과학사에서 과학자들의 모델링의 예 - 과학 수업에서의 모델링의 예시
	모델 기반 수업	- 모델 구성 과정 (GEM): 모델 생성, 평가, 수정의 순환 과정 - 모델 기반 탐구 수업: 탐구 목표 수립, 초기 모델 구성, 모델 검증을 위한 가설 설정, 증거 수집, 증거에 기반한 모델의 수정 및 설명 모델 구성 (×)
연수 중 교사 활동	선지식 확인 및 공유	- 설문을 통한 모델 및 모델링에 대한 선지식 검토 - 이상적인 탐구 수업 묘사하기 (×) - 개인적 설문 응답에 관해 모둠별 및 전체 논의하기
	모델 및 모델링 학습	- 모델의 정의: 과학사에서의 모델링의 예 - 과학 수업에서의 모델링의 경험 나누기 - 모델 구성 과정 체험하기 (×) - 모델 기반 탐구 수업 (×)
미래 실천 계획 (개별활동)	교과서 분석 및 자료 개발	- 과거 수업에서 모델 사용 사례 발표하기 - 초, 중, 고 교과서에서 사용된 모델 분석 및 논의하기 (교과서 모델의 목적, 한계점 및 개선점, 대안 모델 제시) - 모델에 관한 교수자료 개발, 학생 활동지와 평가지 제작 (×)
	모델 사용 수업 계획	- 모델 사용 수업 계획 - 모델 기반 탐구 수업 계획 (×)

(×) 2, 3차 연수에서 제외됨.

#### 4. 자료 분석

이 연구는 교사의 인식 변화를 목표로 한 교사 연수에 대한 것으로 교사 연수 내용에 따라 자료를 크게 두 가지로 분리하여 분석하였다. 과학자들의 모델 및 모델링에 관한 교사의 인식 자료는 Grosslight *et al.* (1991)의 분류에 기초하여 분석하였다. Grosslight *et al.* (1991)은 모델에 대한 특별한 학습 경험이 없는 중고등학교 학생 대상의 연구에서 학생들의 모델에 대한 인식을 3개의 수준으로 나누어 분석하였다 (Table 2). 가장 초보적인 수준의 인식(수준 1)은 모델을 현실 세계에 대한 표상으로 보는 관점으로 현실 세계를 그대로 복사해 놓은 것이라는 생각을 갖거나 현실세계의 일부 측면이 생략이 되기는 하지만 모델이 현실세계를 나타내기 위해 사용된 것이라는 생각이다. 수준 2는 특정 목적을 위해 현실 세계가 모델로 나타내어 질 때 변형이 될 수 있고 모델의 적합성은 그 의도에 따라 다르게 검증된다는 점을 인식하는 수준이다. 이는 인식론적으로는 도구주의 관점이라 볼 수 있다. 수준 3은 아이디어를 검증하기 위해 모델을 만들어 사용하며, 그 과정에서 모델은 수정되기도 하며, 새로운 아이디어를 산출하기도 한다는 점을 인식하는 수준이다. 이는 인식론적으로는 구성주의적 관점에 가깝다. 이러한 관점에서는 모델을 구성하는 사람의 능동적인 역할을 강조한다. Grosslight *et al.* (1991)의 연구에서 학생들은 수준 3의 인식을 보이지 않았다. 하지만 교사들 대상 연구에서는 3수준도 보였다. 한편, Justi & Gilbert (2003)는 초, 중고 교사 및 대학 강사 39명을 대상으로 면담을 통해 모델에 대한 인식을 조사하였다. 그 결과에 의하면 교사들의 모델에 대한 인식이 Grosslight *et al.* (1991)과 같이 일정하게 드러나지 않는다고 주장한다. 따라서 이 연구에서는 자료가 수집됨에 따라 최초의 분류표를 자료의 성격에 맞추어 수정, 적용하였다.

Table 2. Analytic framework: Levels of understanding models and modeling in science

수준	인식의 내용
수준 1	소박한 실재론적 관점
	<ul style="list-style-type: none"> <li>현실세계의 표상을 위해 모델 사용</li> <li>모델은 현실세계의 복사</li> <li>표상된 모델은 현상의 일부 또는 전부와 동일</li> </ul>
수준 2	도구주의적 관점
	<ul style="list-style-type: none"> <li>모델은 다양한 목적을 위해 현실세계를 표상</li> <li>표상된 모델은 현상의 일부 또는 변형된 표상</li> <li>모델의 적합성 판단 기준은 모델사용 목적에 따라 다름.</li> </ul>
수준 3	구성주의적 관점
	<ul style="list-style-type: none"> <li>모델의 도구주의적 관점</li> <li>모델은 아이디어 검증 및 새로운 아이디어 산출에 사용</li> <li>모델은 사용과정에서 수정이 가능</li> </ul>

교사의 수업에서의 모델 사용에 대한 인식 자료의 분석은 사전 설문과 자신들의 응답에 대한 토론, 연수 후 설문과 연수 중 모델을 사용한 수업 계획에 관한 과제 및 토론 내용에서 연수 전, 후의 변화를 모두 표시한 후 그 차이를 수업에 사용한 모델의 종류, 사용 목적, 모델 이용 활동의 종류 측면에서 비교하여 다양성 및 정교성의 변화를 분석하였다.

연구 분석의 타당도를 높이기 위하여 각 교사들의 인식 및 변화에 대한 분석 초안을 연수 후 교사들에게 제시하여 자신들의 생각이 적

절히 해석이 되었는지 재확인하는 과정을 거쳤고, 연수 과정에서의 토론 중 진술한 자료, 지필로 응답한 자료 등 다양한 자료에서 드러나는 일관되거나 불일치되는 자료들을 삼각측량(triangulation)하여 각 교사의 생각을 여러 측면에서 분석하여 보다 전체적인 측면에서 이해하고 해석하고자 시도하였다 (Mathison, 1988).

### III. 결과

#### 1. 과학자들의 모델과 모델링에 대한 교사들의 인식

교사의 모델 및 모델링에 대한 인식 향상을 위한 각 연수는 과학자들의 모델 사용 및 모델링과 그것을 수업에 적용할 방안을 논의하였다. 예비 조사 및 1차 연수의 결과를 바탕으로 한 번의 연수를 통해 많은 인식의 변화를 기대하지 못함을 발견하였다. 따라서 본 연구의 결과는 연수의 효과를 측정하는 연구라기보다는 연수과정에서 드러난 교사의 인식 및 20시간 정도의 일 회 집중 연수로 가능한 인식의 변화의 정도를 제시한다.

#### 가. 과학 모델과 모델링에 대한 존재론적 이해 (ontological understanding)

모델에 대한 존재론적 이해 즉, 모델의 정체성에 대한 교사들의 이해는 자료 분석 결과 세 가지로 구분할 수 있었다 (Table 3). 첫째는 모델을 대상 현상을 표상하는 구체적인 실체로 보는 관점이다. 이러한 관점을 편의상 V1이라 칭할 때 V1의 관점에서 모델은 구체적이고 단순화 또는 이상화된 현상의 실체성이 있는 표상으로서 인식되었다. 가령, 지구 모형, 분자모델과 같이 대상 현상의 표상으로서 물리적 실체가 있는 것으로 한정하여 모델을 바라보거나 관찰된 현상이 표, 그래프 등 구체적으로 나타내어지는 것을 강조하는 관점이다. 이러한 관점에서 표와 그래프 등 상당히 추상적인 표상의 경우 표상을 구성하는 사람의 생각이나 해석보다는 표상 자체가 현상을 구체적으로 나타낸다는 점을 더 강조하였다. 가령, 초등학교 5년 경력 교사 MWI는 모델의 정의를 “큰 것을 작게 축소한 모형, 작은 것을 크게 확대한 모형, 긴 시간을 짧게 나타낸 것, 짧은 시간을 길게 늘여 나타낸 것”이라 제시하고 그 예로서 “태양, 달, 지구의 움직임 모형”을 제시하고 있다. 과학수업의 예로는 얼음물을 넣은 비커 주위에 이슬이 생기는 현상을 통해 이슬이 생기는 이유를 설명하는 것을 제시하고 있다. 이 모든 과정에서 이 교사는 현상을 나타내고 설명하는 것을 모델의 목적으로 생각하고 있고, 이 때 사용하는 모델은 구체적인 형체를 갖는 것에 한정하여 설명한다. 따라서 모델링의 과정보다는 모델 자체에 초점을 두고 모델을 설명한다. 마찬가지로 중학교와 고등학교에서 14년의 경력을 가진 교사 CHL 역시 실체를 가진 모델에 초점을 두고 모델을 설명한다. 이 교사는 모델을 “어떤 현상을 설명하고자 할 때 사용하는 것”으로 정의하고 그 예로 원자나 분자 모형, 구름발생 실험 장치 또는 식물 생장에 영향을 미치는 요소를 알기위한 온실 등을 제시한다. 이러한 인식에서 모델은 대상 현상을 다루기 쉬운 상태로 전환해놓은 구체적인 형체를 가진 것으로 한정되었다.

모델에 대한 두 번째 관점은 현상에서 모델로의 직접적 관련성

보다는 자료의 규칙성을 표현하거나, 아이디어를 표현하기 위해 사용하는 표상의 도구로서의 모델에 초점을 두는 것이다. 이 관점을 V2로 나타내면, V2는 현상의 표상보다는 현상에 대한 해석이나 설명의 표상에 초점을 두는 관점이다. 가령, 고등학교에서 2년 경력을 가진 교사 PSM의 경우 “추상적 개념을 사용할 때 설명을 쉽게 하기 위해 비유하여 모델링한다.”고 과학에서의 모델의 사용에 대해 정의하고, 그 예로 DNA 이중 나선이 “개념을 눈에 쉽게 볼 수 있게 모형화하여 두 염기가 수소결합을 하여 이중나선을 이루고 있다는 것을 나타낸다.”고 설명하였다. 같은 맥락에서 이 교사는 수업에 대한 생각에서도 학생들이 “이론적으로 배운 추상적 개념을 실제 나타냄으로 구체화”하는 것을 모델 사용으로 설명하였다. 이는 V1의 ‘잘 보이지 않는 현상을 눈에 보이게 한다.’는 관점과는 대조된다. 한편 V2 관점은 이미 알고 있는 이론이나 생각이 구체화되는 과정에 집중할 뿐 모델이 새로운 생각이나 예측을 가능하게 하는 측면은 간과한다. 즉, 모델은 추상적 사고의 구체화 또는 표상의 도구로서 강조될 뿐 사고를 돕고 확장하는 도구로서의 역할은 간과된다. 이러한 측면에서 V1과 V2는 모델이 표상하는 대상에 대해 모델이 소극적인 역할을 하는 것으로 본다. 현상의 표상이나 현상에 대한 설명의 표상을 통한 소통의 도구로서의 모델을 강조하는 것이다.

세 번째 관점은 단순한 표상으로서의 모델뿐 아니라 새로운 지식의 창출과 모델을 연결 짓는 인식이었다. 이 관점을 V3라 하면 V3에서는 모델이 현상의 기술이나 현상에 대한 설명의 표상일 뿐만 아니라 아직 관측되지 않은 현상을 예측할 수 있고 새로운 생각을 산출하는 도구로 간주한다. 즉, V1과 V2의 관점을 포함하고 지식 구성의 핵심 도구로서의 모델의 역할을 인식하는 관점이다. 가령, 초등학교 5년 경력 교사 LKJ는 모델을 “일반적인 실생활에서 일어나는 현상에서 공통점 및 법칙을 찾고 이를 설명하고 앞으로의 유사한 상황, 미래상황을 예측할 수 있는 틀”이라 정의하고, 그 예로 상대성 이론, 뉴턴 법칙, 진화 등을 제시하였다. 마찬가지로 고등학교 2년 경력 교사 LEI 역시 분자 운동론, 이상기체, 섭동론 등 이론을 모델의 예로 제시하고 모델링은 “어떤 현상을 설명하기 위해 어떤 이론을 구축하는 것”이라 정의하였다. 그리고 하나의 모델이 여러 현상의 설명으로 확대되는 예로 “뉴턴 1~3법칙을 지구에서 운동하는 물체뿐 아니라 천체의 운동을 설명하는 데도 사용함”을 제시하면서 모델을 기존에 없던 지식의 생산과 연계하였다. 즉, V3의 관점에서 모델은 기존의 현상이나 아이디어의 표상을 넘어 과학에서 지식을 구성하는 도구 및 구성된 새로운 지식 자체로서의 자격을 갖는다.

#### 나. 과학 모델과 모델링에 대한 존재론적 이해의 변화

비록 처음 연수에 비해 두 번째와 세 번째 연수는 그 내용을 대폭 감축하였으나 교사들의 인식 변화의 정도에 있어서 각 연수 그룹 별 큰 차이를 찾을 수 없었다. 이는 연구 대상 교사의 수가 적어 각 연수 별로 차이를 보기에는 어려움이 있었기 때문이기도 하고, 첫 연수에서 내용 이해에서 많은 어려움을 호소한 부분을 두 번째와 세 번째 연수에서 축소하였기 때문에 그 내용이 많았던 처음 연수에서 특별히 더 큰 효과를 기대할 수 없기 때문이라 추정할 수 있다. 따라서 연수 이후의 변화에 대해서는 전체 참여교사를 함께 분석한 결과를 제시하였다.

연수 시작 시점에서 조사한 결과에 의하면 전체 29명의 연구 참여 교사 중 9명이 현상을 나타내는 구체적인 실체로서의 모델을 강조하는 V1의 관점을 보였고, 18명의 교사가 현상에 대한 생각이나 설명의 표상으로서의 모델 및 모델링을 강조하는 V2의 관점을 나타냈으며, V3인 지식 구성 도구 또는 구성된 지식 자체로서의 모델을 인식한 교사는 2명에 그쳐 모델의 소극적 역할을 보다 많이 인식하고 있음이 드러났다. 이러한 인식에는 초등학교 교사와 중등학교 교사 사이에 특별한 차이는 보이지 않았다. 이는 특별한 연수 경험이 없는 교사들을 대상으로 하는 해외의 연구결과와도 일관된다 (Van Driel & Verloop, 1999).

모델에 대한 보다 폭넓고 깊은 이해를 목표로 한 연수의 의도 상 연수 후에는 보다 많은 교사들이 V3의 관점으로 변화할 것을 기대하였다. 연수를 마치면서 조사한 결과 이미 V3 관점을 가진 교사를 제외하고 모델과 모델링에 대한 인식이 변하기를 기대한 27명 중 7명(26%)이 변화된 인식을 보였다. 가장 많은 변화를 보인 교사는 물론 모델을 실체로서 강조한 초기 V1 관점을 수정하여 모델을 과학 지식 구성의 도구로서 인식하고 모델링 과정을 과학적 설명을 구성을 위하여 모델을 만들고 수정하는 과정으로 인식한 V3 관점을 드러낸 경우였다. 최초의 아홉 명의 교사 중 두 명이 이와 같은 변화를 보였다. 가령, 5년 경력의 초등학교 교사 MWI은 연수가 끝날 무렵 작성한 연수 후 설문 응답지에서 초기의 실체 중심의 인식에서 벗어나 다음과 같이 모델과 모델링의 과정을 지식 구성의 과정으로 설명하였다.

관찰 등을 통해 알게 된 사실들의 원인을 파악하고 적용해보기 위해 그것을 설명해 줄 수 있는 다른 도구를 찾고 그 도구를 이용해 적용하고 과학적 사실들을 모두 설명할 수 있는지 검토함. 토리첼리의 실험은 물이 더 끌어올려지지 않는 것을 보고 기압이라는 개념을 생각해보고 그것이 옳다면 물이 아닌 다른 물질도 같게 설명되어야 하므로 수은을 이용해 실험해보고 수학적으로 그 결과를 표현하여 물에도 적용해 일반화함. DNA 모델은 아직까지 관찰되지 않은 것에 대해 확인된 정보들만 가지고 그것을 모두 설명해 줄 수 있는 모양에 대해 상상하여 만들어냄. [MMI, 연수 후 응답]2)

한편 초기 V1의 관점을 가진 아홉 명 중 세 명은 V1의 관점에서 V2의 관점으로 변화하였다. 가령, 15년 경력의 중등 교사 HSH로 연수 초기의 현상에 대한 실체적 표상의 강조한 V1의 관점에서 해석과 방법에 따라 다양한 형태의 모델이 나올 수 있음을 인식하며 모델이 생각을 표현하는 도구도 포함한다는 것을 인식하는 V2의 관점으로 변했음을 드러내었다. 실체적 모델에 대한 강조에서 현상에 대한 설명의 표상으로서의 모델로 그 인식의 범위를 확대한 것이다.

눈에 보이지 않는 입자 등을 표현할 때 모델을 만들어 표현한다. 눈에 보이지 않는 현상을 모델로 만든다. 사물의 형태를 형상화하는 모든 일이 모델링이다. [HSH, 연수 전 응답]

어떤 연구 시기인가 연구 방법에 따라 같은 현상에 대해 다른 해석과 모델로 표현될 수 있다.... 물리학에 나오는 거의 모든 공식은 모델의 예이다. [HSH, 연수 후 응답]

나머지 네 명의 교사는 연수가 끝날 무렵에도 여전히 모델을 현상은 나타내는 실체적인 것에 한정하여 인식하는 V1을 유지하는 것으로 나타났다.

연수 시작 때부터 V2의 관점에서 현상에 대한 설명을 나타내기 위한 목적의 모델을 강조한 교사 18명 중 두 명이 지식 구성에 기여하는 모델의 역할을 인식하는 V3의 관점으로 변하여 모델이 생각의 표현뿐만 아니라 새로운 생각의 산출에도 역할을 한다는 것을 인식하였다. 결국 각 연수가 끝난 후의 교사들의 모델 및 모델링에 대한 인식은 실체적 모델을 강조하는 V1 관점의 교사가 9명에서 4명으로, 현상에 대한 설명이나 생각의 표상으로 모델을 인식하는 V2 관점을 가지는 교사가 18명에서 19명으로, 그리고 V3관점으로 모델이 새로운 지식을 구성하는 도구 및 구성된 새로운 지식 자체로서 인식하는 교사가 2명에서 6명으로 변했다. 결국 총 7명의 교사가 연수를 통해 모델에 대해 보다 정교한 관점을 갖게 되었지만, 개별적인 변화를 별개로 보고 전체 교사의 인식에 대해 논의한다면 연수 전, 후 모두 대부분의 교사(각각 62%, 66%)는 V2의 관점을 갖는 것으로 드러났다. 다만, 초기 2명(7%)에 그쳤던 V3의 관점을 갖는 교사들은 6명(21%)으로 증가했다. 이는 표상의 도구로서의 모델의 개념에서 새로운 생각의 창출 도구이며 새로운 지식 그 자체가 모델일 수 있다는 모델의 정체에 대한 인식으로의 변화는 쉽지않은 양상을 보여준다.

#### 다. 모델과 모델링에 대한 인식론적 이해 (epistemological understanding)

참여 교사들의 모델과 모델링에 대한 인식론적 이해, 즉 과학 지식에서 모델의 지위 및 지식 구성에서의 역할에 대한 이해는 모델이 과학자의 탐구에서 어떤 역할을 하는가에 대한 교사들의 인식에서 엿볼 수 있었다. 과학 탐구에서 모델 및 모델링의 역할에 관한 이해는 크게 두 가지로 구분되었다 (Table 3). 일부 교사들은 모델을 설명의 대상이 되는 현상의 표상 또는 이미 구성한 설명의 표상에 그칠 뿐 과학 지식으로서의 지위를 인정하지 않거나 설명 구성 과정에서 중요한 역할이 없다는 관점(E1)을 드러냈다. 또 다른 교사들은 모델이 설명 구성의 핵심 요소로서 과학적 설명 구성의 도구이자 설명의 대상 및 결과일 수 있다는 관점(E2)을 드러내었다. E1의 관점에서는 모델과 지식 구성 과정을 분리함으로써 모델이 지식의 구성이나 학습 과정에서 중요한 핵심 역할이 없다고 본다. 가령, 2년 경력의 중학교 교사 HJK는 연수 전후에 모두 모델은 설명의 구성 과정에서 표상의 도구로만 역할을 한다는 관점을 일관되게 드러내었다.

눈에 보이지 않는 현상을 쉽게 설명하기 위해 구체적인 형태로 나타낸 뒤 설명(원자모형, 양성자, 전자의 모습이 구형인 것 등.) [HJK, 연수 전 응답]

과학자들의 연구 결과를 보편적인 형태로 나타낸다. 과학적 활동을 편리하게 해준다. [HJK, 연수 후 응답]

한편, 모델을 설명 구성의 핵심적 도구이자 과학적 설명의 한 요소로서 보는 관점을 E2라 할 때 이 관점에서는 모델이 지식 구성의 주요 요소이거나 지식의 구성이 모델 중심으로 일어난다고 주장하였다. 더 나아가 E2는 모델 구성 그 자체가 과학 활동의 목표일 수 있다

2) 이 논문에서 자료를 제시할 때 [] 기호는 제시한 내용의 이해를 위해 연구자가 추가한 내용을 표시한다.

Table 3. Types of ontological and epistemological understanding of models and modeling in science

존재론적 이해의 종류	모델에 대한 존재론적 이해의 내용	제시된 예
V1	<p>실체적 관점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>현상의 표상 및 설명을 위한 도구</li> <li>구체적인 실체</li> <li>단순화 또는 이상화된 현상의 구체적 표상</li> </ul>	표, 그래프, 축소 모형 (예, 태양계 모형), 확대모형, 이슬의 형성 모델링 장치
V2	<p>개념의 가시화 관점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>현상의 표상 및 설명을 위한 도구</li> <li>모델은 현상에 대한 해석이나 아이디어의 표상</li> <li>소통의 도구</li> </ul>	비유 모델, 복합적인 개념을 가시화한 DNA 모형
V3	<p>구성주의적 관점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>현상의 표상, 설명 및 예측을 위한 도구</li> <li>모델은 새로운 아이디어 산출에 사용</li> <li>모델은 사용과정에서 수정이 가능</li> </ul>	분자 운동론, 이상기체, 섭동론, 뉴턴의 법칙들
인식론적 이해의 종류	모델에 대한 인식론적 이해의 내용	제시된 예시
E1	<p>과학 지식 구성의 보조</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>과학 지식과 분리 - 설명 대상 또는 설명의 표상</li> <li>과학적 설명의 구성 과정에서 부수적 역할</li> </ul>	눈에 보이지 않는 현상을 가시화 한 후 설명하는 탐구 과정의 보조적 역할
E2	<p>과학 지식 구성의 핵심</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>과학적 설명 구성의 주요 요소</li> <li>과학 설명의 대상 또는 결과가 될 수 있음.</li> </ul>	원자 모형 자체가 과학 지식이며 그 구성과정이 과학의 과정

는 관점이다. 가령, 10년 경력의 초등학교 교사는 다음과 같이 모델링이 과학자들의 활동의 주요 부분이라는 인식을 연수 전후에 일관되게 보여주었다.

[모델링은] 자연현상의 범위가 넓기 때문에 축소화하여 개념을 끌어내거나 매우 작은 물질에 대한 이해를 높이기 위해 확대하여 원자나 분자모형을 이용하여 원리를 찾아내는 것. 그래서 실제 자연현상에 적용했을 때 성립이 된다면 일반적인 이론으로 잠정적 정의를 내리는 것. [HHN, 연수 전 응답]

과학자의 가설에 따라 모델이 제시가 되고, 후에 그 모델이 새로운 현상을 설명하는 데 한계가 있게 되면 다른 과학자들에 의해 계속적으로 재수정 및 변형을 이루는 것이다. [HHN, 연수 후 응답]

또한 6년 경력의 중학교 교사 KKH는 모델링을 과학탐구 과정 자체로 보는 관점을 드러내었다.

[모델링은] 과학적 현상이나 실험적 증거를 일관되게 설명할 수 있는 설명의 틀(도구)을 만드는 것. 예-일파입자 산란 실험을 통해 실험결과를 분석하여 양의 전하를 띠고, 원자 질량의 대부분을 차지하며 부피가 작은 입자의 존재 확인 → 핵을 원자중심에 그리고 전자와 정전기적 인력에 의해 충돌하는 것을 막기 위해 (근거 없지만) 전자가 핵 주위를 원운동 한다고 가정. [KKH, 연수 전 응답]

연구에 참여한 교사들의 과학 활동에서 모델에 대한 인식론적인 이해는 대체로 연수 전후에 변하지 않았다. 이는 연수 초기 설문 문항에 대한 논의를 제외하고는 연수 중 과학 수업에서의 모델링에 대한 논의만을 집중하여 진행한 것을 그 원인으로 볼 수 있다. 다른 한편으로는 과학 활동이 주로 모델의 구성 및 변형 과정으로 진행된다는 최근의 과학철학 및 사회학적 관점에 교사들이 익숙하지 않으며 그러한 관점을 한 번의 단기 연수로 바꾸기는 어렵다는 것을 드러내는 것으로 해석이 가능하다. 이 연구 참여 교사 29명 중 연수 전에 E1의 관점을 가진 교사는 16명이었고, 연수 후 이중 2명이 E2의 관점으로 변해 연수 전, 후 모두 대체로 절반의 교사는 모델을 과학 활동의

부수적 요소로 절반은 주요 요소로 보는 것으로 드러났다.

교사의 인식에 있어서 E1과 E2의 구분은 교사들이 바라보는 과학 지식의 성격 및 과학탐구 과정에 대한 관점과 관련된다. E1의 인식에서는 모델이 자연 현상에 대한 설명과 무관한 소통의 도구에 그쳐 과학지식의 일부가 아니라 간주하므로, 그 이면에 보이는 과학 지식의 성격은 논리적으로 연결된 명제적 지식의 집합이다. 반면 E2의 인식에서는 모델을 과학 지식의 일부로 보기 때문에 그 이면에 보이는 과학 지식의 성격은 그 형태가 명제의 집합보다 더 다양하고 광범위하며 변화무쌍하다. 가령, HJK의 진술에서 보듯이 E1의 관점에서는 원자를 구형으로 표현하는 것은 과학적 설명의 일부가 아니라 과학지식을 전달하는 도구이다. 하지만 E2의 입장에서는 원자를 구형으로 표현하는 것 자체가 과학지식의 일부이며 구형의 전자로 설명되지 않는 현상의 발견은 원자를 다른 형태로 가정하게 하는 지식의 변화를 이끄는 것으로 해석하는 관점이다. 이러한 보다 광범위한 과학지식 및 과학탐구에 대한 관점은 과학 활동을 보다 다양하게 바라보고 그에 대해 가르치는 일 역시 보다 다양하게 바라볼 수 있게 할 수 있다.

본 연구의 자료에서는 교사의 모델에 대한 존재론적인 이해와 인식론적 이해 사이의 연관은 확실하지 않았다. 다만, 연수 전 V3의 관점을 가진 교사 두 명은 E2의 관점을 보였고, 연수 후 새로이 V3의 관점을 갖게 된 4명의 교사 중 2명이 E2로 변해 V3의 관점과 E2의 관점의 관련성을 알 수 있었다. 이러한 연관은 모델을 새로운 지식 구성의 도구로 보는 V3의 관점이 과학자들의 지식 구성 과정에서 모델이 중요한 역할을 한다고 보는 E2의 관점과 일맥상통하기 때문에 당연한 듯 보인다. 하지만, 모델을 현상의 실체적 표상으로 본 V1의 관점에서 모델은 지식의 일부 및 지식 구성의 핵심으로 볼 수 있기 때문에 존재론적 이해와 인식론적 이해 사이에는 좀 더 복잡한 관계가 있을 수 있다. 본 연구에서 연수 후에도 V1의 관점을 유지한 교사 4명 중 2명이 E2의 관점을 보였다. 따라서 실체적 표상으로서의 모델에 대한 인식과 지식 구성 과정에서 모델의 역할에 대한 인식이 구분됨을 확인할 수 있고, 이 두 관점 사이의 관계에 대해서는 추후 연구가 필요하다.



## 2. 과학 수업에서 모델과 모델링 적용 방법에 대한 인식

### 가. 과학 수업에 모델의 사용과 모델링 적용

교사들이 제시한 과거 수업 중 모델 사용의 경험과 앞으로의 적용 계획에 대한 논의를 통해 교사의 교수학습 측면에서의 생각을 탐색하였다. 연수 과정에서 존재론적 측면에 대한 인식의 변화를 보인 교사들이 7명에 그친 것에 반해 과학 수업에서 모델의 사용과 모델링의 적용 방법에 대한 생각이 연수 중 확장된 교사의 수는 18명으로 62%가 되었다. 이는 교사들이 연수 후에 보다 세련된 수업 적용 계획 또는 보다 확장된 개념의 모델 및 모델링이 엮보이는 수업 계획을 제시하거나, 연수 과정 중 논의되었던 내용이 반영되어 연수 전보다 심화된 수업 계획을 보이는 자료에 근거한 결과이다. 교사의 수업 중 모델 사용 방법에 대한 생각의 변화는 지면으로 드러난 응답이나 수업계획에만 의존한 것이 아니라 연수 중 논의 과정의 관찰을 통해 변화의 의지 또는 실현 가능성에 대한 자신감을 보이는가도 관찰하여 기록한 것을 함께 분석하였다. 따라서 여러 종류의 자료가 삼각측량의 원리에 의해 수렴하는 경우를 분석하여 제시하므로 단순히 연수 중 과제의 요구에 만족하기 위해 응답을 한 경우는 가능한 제외되었다.

변화를 보인 교사의 예로 2년 경력의 중학교 교사 LHJ는 연수 전후 모두 모델을 아이디어의 표상으로 보는 존재론적 관점을 고수하였고, 인식론적으로 모델을 과학지식이나 지식의 구성과정과 분리된 관점을 드러내었다. 이 교사는 수업에서 모델의 사용에 관하여 연수 전 응답에서 학생들이 역할극을 통해 전기 저항의 개념을 이해하는 것을 모델링 수업의 예로 제시하였다. 즉, 학생들이 주어진 개념의 이해를 돕기 위한 구체화를 모델링 수업의 예로 제시한 것이다. 이 교사의 모델링을 활용한 수업에 대한 생각은 연수 후 다양화되었다. LHJ는 연수 후 수업에서 사용할만한 모델링 활동의 예로 “역학적 에너지 보존 (롤러코스터 축소 모형 만들기), 전지의 병렬연결 (전지의 개수가 많아도 전구의 밝기 일정); 같은 속력으로 달리던 자동차가 충돌할 때 에어백의 역할을 (실험으로), 같은 높이에서 낙하할 때 지면에 방석이 있는 경우와 없는 경우 (충격량)”로 제시하면서 보다 다양한 목적 및 방식의 모델 활용 및 모델링 수업을 고안하였다. 연수 중 토론에서 LHJ가 밝힌 바에 의하면 역학적 에너지 보존이나 전지의 연결의 예시는 “추상적 개념을 구체화하는” 목적의 모델링인데 반해 충돌이나 충격량 실험의 경우는 학생들이 “문제해결을 위한” 모델링을 할 수 있는 기회를 제공한다는 측면에서 추상적 지식의 구체화보다는 새로운 지식의 구성에 모델을 활용하는 사례에 해당한다. 이는 연수 전에 본인의 존재론적 이해와 일관된 추상적 개념의 이해를 위한 모델링만을 제시한 것과는 달리 연수가 끝날 무렵에는 관찰된 현상의 설명을 위한 모델링 활동을 추가한 것이다. 따라서 연수 후에도 LHJ는 과학의 모델에 대한 인식론적, 존재론적 이해는 유지했으나 구체적인 수업에 대한 생각은 확대되었음을 확인할 수 있었다. 과학에서의 모델링에 대한 인식과는 달리 학생이 모델링을 통해 새로운 지식을 스스로 구성할 수 있는 기회가 수업의 계획에 추가된 것이다.

변화를 보인 교사 중 세 명은 연수 과정에서 모듈별로 토론되었던 모델링 활동을 변형한 수업 계획안을 제시함으로써 연수 중 수업에 대한 아이디어를 새로이 얻었음을 보여주었다. 가령, 5년 경력의 초등 교사 MHI는 연수 전에는 모델을 현상의 표상으로 이해하였으나 연수

후 지식 구성의 도구로 사용할 수 있다는 수준으로 모델에 대한 이해를 심화하였다. 이와 일관되게 MHI는 연수 시작 전에는 행성의 모형과 같은 현상의 표현을 위한 모델의 활용만을 제시하였으나 연수 후의 응답에서는 연수 과정 중에서 논의된 수업의 예시를 변형, 적용하여 학생들이 현상의 원인을 파악하기 위한 모델링을 통해 현상의 원인을 설명하기 위한 활동으로서의 모델링 수업을 제안하였다. 모델에 대한 존재론적 이해의 변화와 수업에서의 모델 사용에 대한 생각이 일관되게 변했다고 볼 수 있다.

태양, 달, 지구의 움직임을 직접 모형으로 만들어 나타낼 수 있으나 학생들 수준에서 움직임까지 세세히 표현하기 어려움. 초등학교에서 적용시킬 때 간단하게 표현한 것을 접하기 때문에 모델이 있는 과학 지식은 잘 이해할 수 있어 보이나 더 복잡한 자연환경에 적용하면서 설명하지 못하는 부분들이 생길 수 있음. [MHI, 연수 전 설문 응답]

아침에 일찍 일어나면 풀에 이슬이 맺히는 것을 보고, 그 이유를 풀과 대기 중의 수증기의 차이 때문이라는 것을 생각하고 그것을 실험실 내에서 증명하기 위해 비커 안에 얼음물을 넣어 관찰하면 비커 주변으로 이슬이 생기는 현상을 관찰하게 됨. 이를 통해 찬 물체 주변의 수증기가 찬 물체 근처로 오면 응결하여 물방울이 맺힌다는 것을 알아내어 아침에 이슬이 맺히는 이유를 설명함. [MHI, 연수 후 설문 응답]

여기서 무엇보다도 주목할 것은 학생이 모델링이 어려워 할 수 없다고 여기던 연수 전 생각이 바뀌어 적절한 모델링을 통해 학생들이 복잡한 현상도 탐구를 통해 설명할 수 있다고 생각하게 되었다는 점이다. 이와 유사하게 3년 경력의 중학교 교사 KJS 역시 “중학생들은 교육과정 상 모델링이 필요한 내용이 많지 않고, 이에 대한 필요를 느끼는 경우가 작아 힘들 것이다. 그러나 고등학생 정도가 된다면 가능할 것이라 생각된다.”는 연수 전의 생각과는 달리 연수 후 수업에 대한 제안에서는 연수 중 논의된 활동을 다양하게 변형하여 제시하면서 “학생들이 세운 가설에 대해 탐구를 진행하고 가설을 검증한다. 과학적 사고와 도구를 사용하면 (모델을 설정하면) 일상생활 속의 문제나 현상들의 원인과 이유에 대해 밝히고 설명할 수 있다.”고 진술함으로써 모델링 수업의 가능성에 대해 보다 긍정적 생각을 가지게 되었음을 드러내었다.

이와 같이 모델 사용 수업에 대한 생각이 확장되고, 그 가능성에 대해 긍정적으로 변한 것은 연수 중 여러 교사들이 다양한 생각을 교환한 것이 그 요인 중 하나로 보인다. 이는 연수 후 자발적으로 연구자에게 제공한 피드백에서 많은 교사들이 연수 중 다양한 배경의 동료 교사들과 많은 의견 교환의 기회가 주어져 “많이 배울 수 있었다”고 주장하는 것으로부터 유추할 수 있다. 특히 서로 다른 교사들이 서로 다른 수업의 경험을 공유함으로써 생각 속 수업이 아닌 실현 가능한 수업에 대한 구체적 구상의 기회라는 큰 역할을 한 것으로 드러났다.

### 나. 교사의 존재론적 이해와 과학 수업 적용의 관련성

교사의 신념이 수업 행동에 주요한 요인으로 작용한다는 연구는 많다 (e.g., Kang & Wallace, 2005). 이에 본 연구에서는 연수 중 변화를 보인 교사의 모델에 대한 존재론적 인식과 과학 수업에의 적용에 대한 이해의 관련성을 탐색하였다. 그러나 교사의 모델에 대한 인식

과 모델을 수업에 적용하려는 의도 사이의 관계는 그 관련성이 복잡할 수 있음이 드러났고, 특히 교사가 생각하는 학교 수업 상황이 매개요인으로 작용할 수 있음이 밝혀졌다. 연수 초기에 대부분의 교사는 학교 과학 수업에서 과학자들과 유사한 모델 적용 및 모델 구성 활동을 할 수 있다고 주장하였다. 가령, 4년 경력의 고등학교 교사 PMH는 과학자들의 모델링 활동에 대한 토론 중 다음과 같이 진술하였다.

과학자들과 같은 모델링을 [학교에서도] 할 수 있죠. 예를 들어 길을 가다가 호떡을 먹게 되면 호떡의 속이 겉보다 더 뜨겁다는 것을 다들 알아요. 그것을 왜 그런지 의문을 갖고, 그에 대한 가설을 설정하여 비열과 관련된 실험을 설계하고, 수행하여 자료를 수집하여 정리하고 새로운 상황인 빈 유리컵이 더 차가운 이유에 대해 적용해보도록 할 수 있죠. [PMH, 연수 중 토론]

그런데 29명의 교사 중 6명이 학교 상황의 제약으로 인해 과학자들과 유사한 모델링 활동은 하기 힘들다고 진술하였다. 그 중 네 명은 학생들의 수준이 낮아 어렵다고 생각하거나 보다 상급 학교에서만 가능하다는 이유를 들었고, 한 명은 학교 수업시간의 제약으로 동아리 활동 등에서만 가능하다고 주장하였고, 나머지 한 명의 경우 과학자들의 모델링 수준은 학생들이 하기 어렵다고 주장하였다.

[과학자들과 같은 모델링 활동을 학생들은] 할 수 없다. 새로운 모델을 만드는 것은 기존의 모델에 대한 심도 있는 이해와 분석이 전제되어야 하는데, 기존 모델을 이해하는 것도 벅차하는 애들이 많다. [LEI, 고등학교 교사, 연수 전 응답]

동아리 활동 시간을 통해 무지개 물탑을 잘 쌓는 방법을 고안해 내는 것도 모델링이라고 할 수 있다. 고층에서 계란 낙하 실험도 가능하다고 본다. 수업시간 보다는 과학의 날 행사나 관심 있는 몇 명 학생으로 구성된 동아리 활동으로 가능하다고 생각한다. [PMA, 고등학교 교사, 연수 전 응답]

교과서의 지식은 주로 전달형 지식이며 탐구활동을 통해 학생들이 알아야 할 내용도 정해진 지식이 대부분이기 때문에 주체적으로 학생들이 탐구해도 결국 과학자들이 이미 정리한 내용을 배우는 (습득) 것에 불과하다고 본다. [CBW, 고등학교 교사, 연수 전 응답]

이러한 과학 수업에서 모델 사용이 곤란하다는 주장으로부터 교사들의 모델 활용 수업에 대한 의지는 자신들의 인식 이외에 교사들이 인식하는 학생들의 능력, 40분이나 50분으로 정해진 수업 시간, 과학 교육과정에 대한 고려가 관련됨을 알 수 있었다.

한편, 과학수업에서의 모델 사용에 대한 제약 조건에 관한 우려는 모델링에 대한 인식을 통해 감소될 수 있음이 드러났다. 이는 수업에서 모델링 활용이 가능하다고 생각한 교사들의 모델에 대한 인식이 광범위하여 어떤 상황에서도 조절하여 사용할 수 있다고 보는 자료에서 발견한 결론이다. 수업에서 모델의 사용이 가능하다고 보는 교사들은 모델링이 단순한 활동부터 탐구 과정 전체를 포함한다고 인식하면서 그 중 어떤 수준으로라도 적절히 조정하여 학교에서 수행할 수 있다고 주장함으로써 수업에서 모델 사용을 꺼리는 교사들의 주장과 대조를 이루었다.

[과학자들과 같은 모델링 활동을 학생들은] 할 수 있다. 모형 키트를 제작 또는 비유물로 하여 이론적으로 배운 추상적 개념을 실제 나타냄으로써 구체화한다. 이 구체화하는 과정에서 사고가 정교화된다. [PSM, 고등학

교 교사, 연수 전 응답]

모델링은 눈에 보이지 않는 것을 그려보게 하는 것이 대표적이다. 과학 수업을 할 때 유용하게 이용될 수 있다. [HSH, 고등학교 교사, 연수 전 응답]

[과학자들과 같은 모델링 활동을 학생들은] 할 수 있다. 과학자들이 처한 문제 상황과 유사한 상황을 제시하고, 문제 해결 계획, 수립, 실행하고 그 결과를 발표한 후 토의, 토론 과정을 거쳐 정리하는 것... [LKJ, 초등학교 교사, 연수 전 응답]

수업에서 모델의 사용이 가능하다고 생각한 많은 교사들 중 일부는 모델을 단순한 표상으로 생각하였기 때문에 그 사용에 대한 제약을 고려할 필요가 없었고, 모델링을 다양한 범위의 활동으로 인식한 교사들은 학교의 상황에 따라 선별하여 사용할 수 있기 때문에 가능하다고 생각한 것으로 드러났다. 결국 모델에 대한 광범위하고 심도 있는 인식이 수업 중 모델 사용의 제약 조건에 대한 우려를 축소할 수 있음이 드러났다.

연수 후에 모델의 사용이 어렵다고 주장한 교사들은 모두 모델 사용 수업 계획을 제시하면서 수업 적용이 가능함을 시사하였다. 가령, 앞서 인용한 수업 중 모델링이 곤란하다고 진술한 2년 경력의 고등학교 교사 LEJ는 연수가 끝날 무렵의 응답에서는 학생들이 수행할 만한 구체적인 활동에 대한 진술과 함께 수업 중 모델링을 사용할 수 있음을 시사하였다.

[과학자들과 같은 모델링 활동을 학생들은] 할 수 없다. 새로운 모델을 만드는 것은 기존의 모델에 대한 심도 있는 이해와 분석이 전제되어야 하는데, 기존 모델을 이해하는 것도 벅차하는 애들이 많다. [LEI, 연수 전 응답]

물의 전기분해 실험 시 커다란 장치 대신 빨대에 시약을 채우고 핀셋을 꽂아 진행, 관의 길이, 재질, 굵기에 따라 입으로 불었을 때 어떤 소리가 나는지 (높낮이) 비교하는 실험에서 변인 조작. 분자들의 운동을 탁구공에 비유 (왜냐면 둘 다 완전 탄성체이니까), 뉴턴 1~3법칙을 지구에서 운동하는 물체뿐 아니라 천체의 운동을 설명하는 데도 사용 (케플러 법칙) [LEI, 연수 후 응답]

이 교사의 경우 연수 전에는 모델링을 새로운 모델의 창출에만 집중하였으나 연수를 통해 모델의 종류 및 모델링의 활동에 대해 보다 확장적으로 해석함으로써 학생들이 할 수 있는 다양한 모델링 활동을 생각하게 된 것으로 드러났다. 마찬가지로 처음에 수업 중 모델링이 어렵다고 진술한 다른 교사들 모두 모델 및 모델링의 개념을 확장함으로써 수업 중 활용의 가능성을 볼 수 있게 되었다. 결국, 교사들의 모델 및 모델링에 대한 인식이 학교 변인에 의해 매개되어 학교 수업 중 적용 여부에 대한 생각을 좌우하지만, 모델 및 모델링에 대한 확장적 인식을 통해 학교 상황에서 모델 및 모델링 사용이 가능하다는 생각으로 전환할 수 있음이 드러났다. 이는 모델을 활용한 수업에 대한 논의가 모델의 개념을 확장하는데서 시작하면 쉬울 수 있음을 시사한다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 모델 및 모델링에 대한 교사 연수를 실시하면서 교사들의 인식을 조사하고, 앞으로의 과학 교사 교육에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 연구 결과 과학자들의 모델 및 모델링에 대한 교사

들의 인식은 존재론적 측면에서는 세 가지 관점으로 인식론적 측면에서는 두 가지 관점으로 구분될 수 있었다. 교사의 인식론적 이해는 연수 후에 크게 변화가 없었으나 존재론적 이해에 있어서는 보다 폭넓고 깊은 이해를 가지는 방향으로 변화하는 사례가 참여 교사 중 7명(24%) 정도가 있었다. 그러나 평균적으로 연수 전과 후 모두 연구에 참여한 대부분의 교사들은 모델을 개념 가시화의 도구로서 인식하는 관점(V2)을 갖는 것으로 드러났고, 모델의 사용이 과학탐구 과정에서 핵심적인 역할을 하는가에 대한 의견은 반반으로 나뉘었다. 한편, 과학 수업에서 모델 사용과 모델링 적용에 대한 교사의 이해는 연수를 통해 62%의 교사가 보다 세련된 수업 적용 계획을 세우고 이를 위해 보다 확장된 모델 및 모델링 개념을 가지게 되었음을 확인하였다. 교사의 모델에 대한 인식과 수업 실천 의지 사이의 관련은 명료하게 드러나지 않았으나 학교 상황 요인이 교사의 실천의지에 대한 매개로 작용하는 것이 드러났으며 교사가 모델과 모델링에 대해 보다 확장적인 개념을 가지면 수업에서의 활용 가능성을 더 고려한다는 것이 드러났다.

이 연구의 결과는 모델에 대한 교사의 전문성 발달 및 교사 연수에 대한 시사점을 제공한다. 우선 이 연구에 참여한 교사는 연수 전에는 문헌에서 볼 수 있는 유사한 수준의 모델에 대한 이해를 보였고, 표면적으로 전체 참여 교사의 다수의 관점은 연수 전후 유지되었다. 그러나 연수를 통해 교사들의 모델에 대한 인식이 정교화될 수 있다는 가능성을 보여주었다. 하지만 동시에 모델링이 현상이나 아이디어의 표상이라는 이해는 쉽지만 모델을 이용하여 새로운 지식을 구성할 수 있다는 관점은 교사들에게 도전적이라는 것이 드러났다. 이것이 짧은 시간의 연수 때문일 수도 있지만 개념적으로 새로운 지식의 구성을 위한 과정으로서의 모델링을 인식하는 것은 어려워서 다양한 방식으로 그에 대한 논의가 필요함을 의미하기도 한다. 이는 모델 기반 탐구에 대한 논의에서 교사들이 드러낸 난점을 볼 때 그럴듯한 해석이다. 따라서 추후 연수를 계획할 때 이러한 교사들의 난점을 고려하여 그 내용을 구성하고, 난점의 원인을 이해하고 이를 해결할 수 있는 방법에 관한 연구가 지속되어야 할 것이다.

이 연구에서 연수 중 상당한 비율의 교사들이 모델을 활용한 수업에 대한 생각이 확장되고 다양해진 것을 볼 때 교사들은 과학에서의 모델에 대한 논의보다는 수업과 관련한 논의에서 더 적극적이고 사고가 유연할 수 있음을 시사한다. 따라서 이 연구에서 시도한 방식과 같이 과학에서의 모델에 대한 논의를 통해 모델의 개념을 도입하고 이를 과학 수업과 연계하여 다루기보다는 과학 수업에서의 모델 적용 및 모델 기반 탐구 과정을 다루면서 과학자들의 활동을 소개하는 방식을 취하는 것이 더 효율적으로 교사의 모델 및 모델링에 대한 인식을 폭넓게 할 수 있다. 후속 연구에서는 수업 방식으로서의 모델의 사용 및 모델 기반 탐구를 소개하고 이를 통해 과학에서의 모델의 의미와 모델링 과정을 이해하도록 교사 연수를 설계하여 그 효과성을 알아볼 필요가 있다.

이 연구에서 드러난 바와 같이 교사들이 모델을 지식구성의 도구로 보는 것을 어려워하는 것과 인식론적으로 모델이 과학의 핵심 요소라는 것을 인식하는 교사의 비율이 작은 것은 학교 현장에서 모델 기반 탐구 수업을 이끄는 데 어려움이 있을 수 있음을 시사한다. 교사의 모델링에 대한 인식이 생각이나 설명의 표상 도구에 한정되어 지식 구성 과정의 일부로서의 모델링의 역할이 간과된다면 학생들이 과학

자들처럼 모델을 기반으로 과학을 학습 할 수 있는 기회는 거의 없을 것이다. 이는 2015 개정 과학과 교육과정에서 제시하는 핵심 과학 기능으로서의 모델 사용의 경험을 학생들이 충분히 할 수 없을 것이고, 이와 관련된 과학의 본성에 대한 이해를 할 기회도 적을 수 있음을 시사한다. 따라서 이 연구에서 시도된 것과 같은 모델 관련 교사 연수는 계속 연구되고, 보다 효과적인 연수가 지속적으로 제공되어야 할 것이다.

이 연구에서 교사의 모델에 대한 이해를 존재론적 측면의 이해와 인식론적 측면의 이해로 구분한 것은 기존의 연구에 비해 보다 세밀한 구분이다 (e.g., Justi & Gilbert, 2003). 하지만 교사의 인식론적 이해에 있어서는 변화가 많이 관찰되지 않은 것은 연구 참여 교사들의 인식론적 이해가 정교하지 않아서일 수도 있지만, 연구 방법상의 문제일 수 있다. 과학사의 사례를 통한 질문지로 한편으로는 깊이 있는 자료의 수집이 가능할 수 있었으나, 전체 토론 이외에 개별 면담이 없었던 연구 방법에 의한 한계가 있었다고 볼 수 있다. 따라서 후속 연구에서는 사례의 이용과 개별 면담을 시도하여 보다 정교한 분석이 가능한 지 조사해야 할 것이다. 또한 수업 계획뿐만 아니라 실제 교실에서의 실천을 관찰하여 교사의 인식과 실천 사이의 관계를 보다 깊이 이해해야 할 것이다.

## 국문요약

과학탐구는 교육과정에서 오랜 동안 강조되어왔다. 2015 개정 과학과 교육과정에서 강조되는 기능 중 하나는 모델의 사용이며, 모델 기반 탐구 활동은 학생들이 스스로 자연 현상에 대한 설명을 구성할 수 있는 기회를 제공한다. 본 연구는 모델 및 모델링에 대한 교사 연수를 실시하면서 교사의 모델과 모델링에 대한 인식을 조사하고, 앞으로의 과학 교사 교육에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 연구 대상은 연수에 참가한 29명의 초, 중등 교사였고, 연구 자료로는 각 연수 설계 및 실행 과정 중 연구자의 기록, 연구 참여 교사들이 작성한 모델 및 모델링에 대한 질문지의 응답, 연수 과정에서 수행한 과제의 결과물, 연수 중 교사 토론의 녹음을 수집하였다. 연구 결과 과학자의 모델 및 모델링에 대한 교사들의 인식은 존재론적 측면에서는 세 가지 관점으로 인식론적 측면에서는 두 가지 관점으로 구분할 수 있었다. 교사의 인식론적 이해는 연수 후에 크게 변화가 없었으나 존재론적 이해에 있어서는 보다 폭넓고 깊은 이해를 가지는 방향으로 변화하는 사례가 일부 있었다. 그러나 평균적으로 연수 전과 후 모두 연구에 참여한 대부분의 교사들은 모델을 개념 가시화의 도구로서 인식하는 관점을 갖는 것으로 드러났고, 모델의 사용이 과학탐구 과정에서 핵심적인 역할을 하는가에 대한 의견은 반반으로 나뉘었다. 한편, 과학 수업에서 모델 사용과 모델링 적용에 대한 교사의 이해는 연수를 통해 62%의 교사가 보다 세련된 수업 적용 계획을 세우고 이를 위해 보다 확장된 모델 및 모델링 개념을 가지게 되었음을 확인하였다. 교사의 모델에 대한 인식과 수업 실천사이의 관련은 명료하게 드러나지 않았으나 학교 상황 요인이 교사의 실천의지에 대한 매개로 작용하는 것이 드러났으며, 교사가 모델과 모델링에 대해 보다 확장적인 개념을 가지면 수업에서의 활용 가능성을 더 고려한다는 것이 드러났다. 연구 결과에 기초하여 추후 연구 및 유사한 연수에 대한 내용 및 전략을 제안하였다.

주제어 : 모델, 모델링, 교사인식, 교사 연수

## References

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domain. *Science & Education*, 22, 2087–2107. doi:10.1007/s11191-012-9520-2
- Appleton, K. (1997). Analysis and description of students' learning during science classes using a constructivist-based model. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 303–318. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199703\)34:3<303::AID-TEA6>3.0.CO;2-W](http://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199703)34:3<303::AID-TEA6>3.0.CO;2-W)
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research. *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. <http://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Borko, H. (2004). Professional development and teacher learning: Mapping the terrain. *Educational Researcher*, 33(8), 3–15. <http://doi.org/10.3102/0013189X033008003>
- Brandwein, P. F., & Schwab, J. J. (1962). *The teaching of science: The Teaching of Science as Enquiry and Science in the Elementary School*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Clement, J. (1989). Learning via Model construction and criticism: Protocol evidence on sources of creativity in science. In *Handbook of Creativity* (pp. 341–381). Boston, MA: Springer US. [http://doi.org/10.1007/978-1-4757-5356-1\\_20](http://doi.org/10.1007/978-1-4757-5356-1_20)
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (Eds.). (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam, The Netherlands: Sense.
- Gilbert, S. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73–79. <http://doi.org/10.1002/tea.3660280107>
- Gray, R., & Kang, N.-H. (2014). The structure of scientific arguments by secondary science teachers: Comparison of experimental and historical science topics. *International Journal of Science Education*, 36(1), 46–65. <http://doi.org/10.1080/09500693.2012.715779>
- 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. <http://doi.org/10.1002/tea.3660280907>
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026. doi:10.1080/095006900416884
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115–135. <http://doi.org/10.1080/0022027980280201>
- Jeong, J.-H., & Kang, N.-H. (2016). Comparison of Korean and US Achievement Expectations for Physics in School Education. *New Physics: Sae Mulli*, 66(6), 705–718. <https://doi.org/10.3938/NPSM.66.705>
- 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. doi:10.1080/09500690110110142
- Justi, R., & Gilbert, J. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369–1386. <http://doi.org/10.1080/0950069032000070324>
- Kang, N.-H., & Lee, E. M. (2013). An analysis of inquiry activities in high school physics textbooks for the 2009 revised science curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 132–143.
- Kang, N.-H., Orgill, M., & Crippen, K. J. (2008). Understanding teachers' conceptions of classroom inquiry with a teaching scenario survey instrument. *Journal of Science Teacher Education*, 19(4), 337–354. <http://doi.org/10.1007/s10972-008-9097-4>
- Kang, N.-H., & Wallace, C. S. (2005). Secondary science teachers' use of laboratory activities: Linking epistemological beliefs, goals, and practices. *Science Education*, 89, 140–165. [http://doi.org/10.1002/sce.20013ISSN\\_0036-8326](http://doi.org/10.1002/sce.20013ISSN_0036-8326)
- Kim, Y., Paik, S.-H., Choi, S. Y., Kang, N.-H., Maeng, S., & Joung, Y. J. (2015). Analysis on the trends of science education studies related to students' science learning in Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(4), 751–772. <http://doi.org/10.14697/jkase.2015.35.4.0751>
- Knorr-Cetina, K. (1991). Epistemic cultures: Forms of reason in science. *History of Political Economy*, 23(1), 105–122. doi:10.1215/00182702-23-1-105
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions* (2nd ed.). Chicago: The University of Chicago Press.
- Latour, B. (1987). *Science in action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2000). Developing Model-Based Reasoning in Mathematics and Science. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 39–48. [http://doi.org/10.1016/S0193-3973\(99\)00049-0](http://doi.org/10.1016/S0193-3973(99)00049-0)
- Louca, L. T. & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, 64, 471–492.
- Mathison, S. (1988). Why triangulate? *Educational Researcher*, 17(2), 13–17.
- Mills, G. E. (2007). *Action Research: A Guide for the Teacher Researcher* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Mody, C. M. (2015). Scientific practice and science education. *Science Education*, 99(6), 1026–1032. doi:10.1002/sce.21190
- Nagel, E. (1960). *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*. Indianapolis, USA: Hackett.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C.: National Academies Press. doi:10.17226/13165
- Nersessian, N. J. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science* (pp. 3–44). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies.
- Oh, P. S. (2016). Roles of models in abductive reasoning: A schematization through theoretical and empirical studies. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 36(4), 551–561. <http://doi.org/10.14697/jkase.2016.36.4.0551>
- 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. doi:10.1080/09500693.2010.502191
- Park, J. (2016). Discussions about the three aspects of scientific literacy: Focus on integrative understanding, settlement in curriculum, and civic education. *Journal of the Korean Association For Science Education*, 36(3), 413–422. <http://doi.org/10.14697/jkase.2016.36.3.0413>
- Park, H.-K., Choi, J.-R., Kim, C.-J., Kim, H.-B., Yoo, J., Jang, S., & 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. <http://doi.org/10.14697/jkase.2016.36.1.0015>
- Pickering, A. (Ed.). (1992). *Science as Practice and Culture*. Chicago.
- Sandoval, W. A., & Bell, P. (2004). Design-based research methods for studying learning in context: Introduction. *Educational Psychologist*, 39(4), 199–201. [http://doi.org/10.1207/s15326985ep3904\\_1](http://doi.org/10.1207/s15326985ep3904_1)
- Schwartz, C. V. & White, B. Y. (2005). Meta-modeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23, 165–205.
- Stroupe, D. (2015). Describing “Science Practice” in learning settings. *Science Education*, 99(6), 1033–1040. doi:10.1002/sce.21191
- 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. <http://doi.org/10.1080/09500690110066485>
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2003). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255–1272.
- Windschitl, M., & Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigation: The impact of preservice instruction on teachers' understandings of model-based inquiry. *American Educational Research Journal*, 43(4), 783–835. <http://doi.org/10.3102/00028312043004783>
- 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. doi:10.1002/sce.20259