

# 과학과 과학 교육에서 사용되는 모델에 관한 예비 초등 교사들의 인식

오필석

(경인교육대학교)

## Preservice Elementary Teachers' Perceptions on Models Used in Science and Science Education

Oh, Phil Seok

(Gyeongin National University of Education)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to explore preservice elementary teachers' perceptions on models used in science and science education. Participants were sixty-one undergraduate students who were enrolled in a science education course offered at a university of education located in a mid-sized city, Korea. Data were obtained from the participants at the beginning of the course when they provided their answers to a questionnaire about models. The analysis revealed that a large number of the preservice teachers perceived models as representative of physical realities. By contrast, a relatively small number of them viewed models as representations of abstract ideas or things like theories or hypotheses. Lots of the participants were apt to define a model from the perspective of its functions and considered the purposes of models communication, teaching, and understanding as well as visualization, simplification, and clarification. Most of the preservice teachers believed that there could be multiple models for a single target, and all of them answered that models could be changed in science. It was therefore concluded that the preservice teachers perceived properly the multiplicity and variability of models. Nevertheless, they could not elaborate how a model is used and evaluated in the process of scientific inquiry, and just a few of them mentioned the detailed nature of models. The preservice teachers possessed teacher-centered views of using models in the science classroom, and a small number of them remarked that they were going to use models for students to develop their own models and perform scientific inquiry.

**Key words** : model, modeling, perception, preservice teacher, elementary teacher

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

과학에서 사용되는 모델(model)은 어떤 사물이나 현상, 과정, 아이디어, 또는 그것들의 체계(systems)를 표상한 것(representations)이라고 정의된다(Gilbert & Boulter, 2000). 그런데, 이러한 모델은 본질

적으로 기호(sign)의 성격을 지닌다. 즉, 기호가 대상체(object)와 해석체(interpretant)를 대신하면서 그들을 중재하는 역할을 하듯이(Liszka, 1996), 과학 연구에서 활용되는 모델은 구체적인 현상(the concrete)과 추상적인 개념(the abstract)을 연결짓는 다리(bridge)와도 같은 역할을 한다. 과학적 모델의 이러한 성격은 각급 학교의 과학 수업에서 모델을 사용하는 이

이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-327-B00605).

2009.9.3(접수), 2009.10.18(1심 통과), 2009.11.5(최종 통과)

E-mail: philoh@ginue.ac.kr(오필석)

론적 근거를 제공해준다. 먼저, 학생들은 자연 세계에서 일어나는 현상이나 과정을 마음 속에 표상하여 정신 모형(mental model)을 구성함으로써 이해하게 되는데, 대상을 구체적으로 나타낸 모델을 시각과 촉각을 통해 경험하거나 직접 만들어 볼 경우 이러한 정신 모형의 형성이 촉진될 수 있다. 또, 학생들이 어떤 과학 개념을 외현하고자 할 때 다양한 형식의 모델을 사용함으로써 그 표현 과정이 훨씬 용이해질 수 있고 다른 사람들과의 의사소통 또한 수월해질 수 있다(Ainsworth, 2008; Buckley & Boulter, 2000; Gobert, 2000; Rapp & Kurby, 2008). 이 점에 착안하여 다수의 과학 교육 연구자들이 학교의 과학 교육에서 모델을 이용하는 것에 관한 연구를 활발하게 진행해 오고 있다(cf., Clement, 2008; Gilbert, 2005; Gilbert & Boulter, 2000; Gilbert *et al.*, 2008).

그런데, 과학 수업에서 모델을 활용하는 일이 실제적인 효과를 거두기 위해서는 수업을 진행하는 교사들의 인식(perception)이 중요하다고 알려져 있다. 예를 들어, 연구자들은 학교에서 사용하는 교과서들이 상당수의 모델을 수록하고 있음에도 불구하고 학생들이 다채롭게 모델을 활용하거나 새로운 모델을 창안해 보는 과학 수업은 드물게 시행되고 있다고 지적하고 있다. 그리고, 그 가능한 원인들 중의 하나를 교사들이 모델이나 모델링(modeling) 과정, 또 그것과 관련된 학생들의 개념과 능력, 모델을 활용한 교수법 등에 대해 바르게 인식하고 있지 못하다는 데에서 찾고 있다(Harrison, 2001; Justi & Gilbert, 2002a, b, 2003; van Driel & Verloop, 1999, 2002; Windschitl & Thompson, 2006). 또한 마찬가지로 이유로 과학 교사들은 자신의 수업에서 종종 모델을 활용하면서도 모델이 표상하는 과학 내용을 전달하는 데 집중할 뿐, 모델의 본성에 대해서는 잘 말하지 않는다고 지적하기도 하였다(Justi & Gilbert, 2002b; van Driel & Verloop, 2002). 실제로 Windschitl과 Thompson(2006)은 예비 중등 과학 교사들을 대상으로 한 연구에서 모델에 관한 교사들의 이해 정도가 학생들이 능동적으로 참여하는 모델링 활동이나 과학의 본성을 가르치는 데 모델을 활용하는 교수법에 대한 생각과 관련되어 있음을 발견하였다. 최근에 우리나라에서 이루어진 연구(오필석, 2007)를 보더라도, 교사들은 자신의 수업에서 모델을 여러 가지 교수법적인 의도에 따라 활용하지만, 과학적 모델과 모델링의 특징, 그리고 그것의 교육적 가

치에 대해서는 연구자들이 주장하는 것과 같은 정도의 '문제의식'을 가지고 있지 않거나 알지 못할 가능성이 있는 것으로 나타났다.

이상과 같은 점들을 고려할 때, 모델을 활용한 효과적인 과학 수업을 위해서는 과학과 과학 교육에서 활용되는 모델에 관하여 교사들이 가지고 있는 생각을 구체적으로 조사하는 일이 필요하다. 왜냐하면, 교사들의 생각을 이해함으로써 과학 수업에서 모델이 활용되는 양상에 대한 근원적 이유를 알 수 있고, 문제점이 있다면 무엇이 개선되어야 하는지 실용적인 아이디어를 얻을 수 있기 때문이다. 이와 같이 본 연구에서는 장차 모델을 활용한 효과적인 과학 수업을 위한 기초 자료를 제공한다는 취지에서 교육대학교에서 공부하고 있는 예비 초등 교사들의 모델에 관한 인식을 조사하고자 한다.

## 2. 선행 연구 고찰

모델에 관한 참여자들의 인식을 조사한 선구적인 연구의 하나로는 Grosslight 등(1991)의 것을 꼽을 수 있다. 이들은 7학년과 11학년 학생들, 그리고 모델과 관련한 전문가들을 면담하고, 그들의 반응을 토대로 모델에 관한 세 가지 인식 수준(level)을 구별하였다. '수준 1'은 모델을 사물이나 행동의 복사물(copy)로 여기거나 장난감 같은 것으로 생각하는 인식 수준을 말한다. '수준 2'는 모델이 그것을 창안하는 사람의 생각과 목적에 따라 다르게 만들어질 수 있다는 것은 알지만, 여전히 모델을 실재(reality)의 어떤 측면에 대응하는 것이라고 믿고, 과학적인 아이디어를 테스트하기 위해 모델이 사용된다는 사실은 깨닫지 못하는 수준이다. '수준 3'은 모델에 관한 가장 세련된 인식에 해당하는 것으로, 모델을 단순히 실재의 복사물이 아니라 생각을 표현하고 발전시키기 위한 것으로 여기고, 모델을 만들고 테스트하여 지속적으로 개선하는 과정에서 모델을 활용하는 사람의 역할이 중요하다는 것을 바르게 인식하는 수준이다. 결과적으로, Grosslight 등(1991)의 연구에서는 모델에 관한 학생들의 인식이 대부분 수준 1에 머물러 있는 것으로 나타났다.

Grosslight 등(1991)의 연구는 과학과 과학 교육에서 활용되는 모델에 관한 여러 집단의 인식을 조사하는 후속 연구를 촉발하였다. 그 중에서 Justi와 Gilbert(2003)는 현직 교사, 예비 과학 교사, 대학의 과학 교육자 등 비교적 여러 범위의 참여자들의 인

식을 조사하여, 모델에 관한 교사들의 인식에는 다양한 관점과 수준이 혼재한다고 보고하였다. 연구자들은 이러한 결과를 교사들이 일관된 존재론적, 인식론적 견해를 가지고 있지 않기 때문이라고 해석하였다. Justi와 Gilbert(2002a)의 다른 연구에서는 동일한 교사들이 과학 수업에서 모델을 활용하는 것이 과학 학습에 유용하다는 것을 알고 있지만, 그것이 과학의 본성을 학습하는 데에도 유익하다는 것에 대해서는 잘 인식하지 못하는 것으로 나타났다. 그들은 또 자신의 수업에서 학생들이 직접 모델을 구성하는 활동을 제한적으로 활용하고 있는 것으로 조사되었는데, 연구자들은 그 원인 중의 하나로 교사들이 과학과 과학 학습에서 모델의 역할과 중요성에 대해 깨닫지 못하고 학생들의 모델링 활동을 지도하는 방법에 대해서도 잘 알고 있지 못하다는 사실을 지적하였다(Justi & Gilbert, 2002a, b). van Driel과 Verloop(1999, 2002)의 연구는 Justi와 Gilbert(2002a, b, 2003)의 연구와 유사한 결과를 보여 주었다. 이들은 먼저 경력 있는 물리, 화학, 생물 교사들을 대상으로 한 연구(van Driel & Verloop, 1999)에서 모델과 모델링에 관한 교사들의 지식이 매우 다양하면서도 제한적이라는 점을 발견하였다. 예를 들어, 교사들은 모델의 기능(function)에 대해 여러 가지 답변을 제시하였지만, 모델이 어떤 현상을 예측하거나 접근하기 어려운 대상에 대한 정보를 얻기 위한 수단으로 사용된다는 것에 대해서는 잘 인식하지 못하고 있었다. 연구자들은 또 후속 연구(van Driel & Verloop, 2002)를 통해 모델과 모델링에 관한 학생들의 생각과 능력에 대해 교사들이 잘 모르고 있거나 그에 대한 인식을 실제 교수 활동(teaching activities)에는 적극 반영하지 못한다고 지적하였다.

예비 교사들에 초점을 맞춘 연구로서 Smit와 Finegold(1995)는 졸업을 앞둔 예비 물상 과학 교사들의 생각을 질문지 조사를 통해 알아보고, 모델에 관한 그들의 지식 수준 또한 제한적이라는 것을 보여 주었다. 예컨대, 예비 교사들은 모델이 추상적이고 복잡한 과학 개념을 다른 사람에게 설명하는 데 유용하다는 데에는 상당수 동의하였지만, 모델이 자연 세계를 탐구하는 과학 연구의 도구로서 사용된다는 것을 인지하고 있는 예비 교사들은 상대적으로 적었다. 또, Crawford와 Cullin(2004)은 자신의 교사 양성 강좌에 참여한 예비 중등 과학 교사들의 인식을 조사하여 모델에 관한 그들의 관점이 Grosslight 등

(1991)이 제안한 '수준 2' 정도에 있다고 보고하였다. 즉, 이들은 모델이 새로운 아이디어를 발전시키는 역할을 한다거나 과학자들이 동일한 현상을 다르게 해석하여 모델을 바꿀 수 있다는 것에 대해서는 분명히 알지 못하였다. 하지만, Crawford와 Cullin(2004)의 연구는 예비 교사들이 직접 모델을 구성해 보도록 하는 컴퓨터 프로그램을 통해 그들의 인식이 어느 정도 개선될 수 있음을 시사해 주었다. 이와 유사하게 Wnidschitl과 Thompson(2006)은 예비 중등 과학 교사들을 위한 교과 교육 방법론 강좌(method course)가 모델과 모델을 활용한 교수법에 대한 그들의 인식과 어떻게 상관하는지 잘 보여주었다.

이상과 같이 지금까지 모델에 관한 인식 조사는 주로 중등 과학 교육의 맥락에서 이루어졌다. 특히 현재 모델에 관한 우리나라의 연구는 중등학교의 과학 교과서나 과학 교실에서 모델이 활용되는 양상을 조사하는 것에 그치고 있다(오필석, 2007; 오필석 등, 2007). 하지만 초등학교의 과학 교육에서도 모델을 이용하는 수업이 적지 않다는 사실을 고려할 때, 초등 예비 교사와 현직 교사, 그리고 초등학생들의 인식을 이해하는 것은 장차 모델을 활용한 효과적인 초등 과학 수업을 위해 필수적인 일이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 장기적인 관점에서 과학과 과학 교육에서 사용되는 모델에 관한 예비 초등 교사들의 인식을 조사, 분석해 보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

본 연구의 조사 대상은 중규모의 도시에 소재하고 있는 교육대학교에 재학 중인 예비 초등 교사들로서, 2009년 1학기에 본 연구자가 진행하는 과학 교육 과목을 수강한 3학년 2개 반 61명의 학생들이 참여하였다. 연구 참여자들에 대한 배경 정보는 표 1에 요약된 바와 같다. 이들은 고등학교 시절 인문 계열과 자연 계열 학생의 비율이 54:46으로, 출신 계열이 비교적 균등하게 분포하고 있어 조사에 적절하다고 판단하였다. 연구에 참여한 예비 교사들의 심화 전공은 컴퓨터 교육과 실과 교육이 가장 많았으며, 유아 교육과 영어 교육 등 일부 다른 전공 학생들이 포함되어 있었다. 이들은 대학교 1, 2학년 과정을 통해 1인당 평균 2.2개 정도의 과학 내용 과

표 1. 연구에 참여한 예비 초등 교사들의 배경 정보

구분		참여자 수(%)	구분	참여자 수(%)	
성별	남	21(34.4)	물리 I	28(45.9)	
	여	40(65.6)	물리 II	6( 9.8)	
고등학교 시절 계열	인문 계열	33(54.1)	화학 I	35(57.4)	
	자연 계열	28(45.9)	화학 II	18(29.5)	
대학교에 진학하여 수강한 과학 내용 과목	물리 영역	27(44.3)	고등학교 재학 시 수강한 과학 선택 과목	생물 I	40(65.6)
	화학 영역	42(68.9)	생물 II	13(21.3)	
	생물 영역	15(24.6)	지구과학 I	31(50.8)	
	지구과학 영역	33(54.1)	지구과학 II	6( 9.8)	
	기타	17(27.9)	기타	1( 1.6)	

목을 수강하였으며, 2학년에서 과학 교과 교육 과목을 수강하였지만 과학적 모델에 관해 명시적인 강의를 들은 적은 없었다. 본 논문에서 예비 교사들은 그들의 고유한 학생 번호와 관계없이 임의의 번호를 붙여 표시하였다.

연구 수행 당시 예비 교사들이 수강한 강좌의 주된 내용은 제7차 교육과정에 따라 집필된 교과서에 수록된 실험·실습 활동을 탐구적으로 재구성하여 수행해 보는 것이었다. 그런데 현행 초등학교 과학 교과서에는 모델을 사용하는 활동이 다수 포함되어 있으므로, 수업 과정 중에 모델에 대한 예비 교사들의 인식을 알아볼 수 있는 분위기가 자연스럽게 형성되었다. 이에 본격적인 수업을 시작하기에 앞서 수강생들에게 모델에 관한 인식 조사 질문지를 작성하도록 하고, 응답 결과를 연구의 자료로 활용하였다.

## 2. 조사 도구

본 연구에서는 모델에 관한 예비 초등 교사들의 인식을 조사하기 위하여 선행 연구들(Gobert *et al.*, 2002; Grosslight *et al.*, 1991; Justi & Gilbert, 2002b, 2003; Windschitl & Thompson, 2006)을 참고로 하여 연구자가 개발한 질문지를 이용하였다. 질문지를 개발하는 데 참고한 선행 연구들은 주로 모델에 관한 다양한 문항들을 통해 여러 참여자 집단의 생각을 탐색한 것들이었다. 따라서 이 연구들은 모델의 의미로부터 과학 수업에서 모델의 활용 방법에 이르기까지 모델에 관한 여러 가지 주제를 다루기에 적절하였다. 선행 연구들에서 사용되었던 질문들을 바탕으로 새로 개발된 질문지에 포함된 문항들은 다음과 같다.

- 과학에서 사용되는 모델(또는 모형, model)은 무엇이라고 할 수 있습니까?
- 과학자들은 어떤 목적을 위해 모델을 만들어 사용한다고 생각하십니까? 즉, 과학에서 모델은 어떤 기능을 합니까?
- 과학자들이 동일한 대상에 대하여 하나 이상의 모델을 가질 수 있다고 생각하십니까?
- 과학에서 모델을 바꾸어야 하는 경우가 있다고 생각하십니까?
- 과학을 가르치고 배우기 위해서 교사와 학생들은 모델을 어떻게 활용할 수 있다고 생각하십니까?

실제 질문지에서는 위의 5가지 질문에 대한 부연 설명이나 보충 질문이 추가되었다. 예를 들어, 첫 번째 질문에서는 응답자들에게 모델에 관하여 잘 모르는 사람에게 모델의 의미를 알려 준다는 생각으로 답해 달라고 하였으며, 세 번째와 네 번째 질문에서는 자신의 응답에 대한 이유를 설명해 줄 것으로 요청하였다. 또, 모델의 의미를 묻는 질문에 대한 보조 자료로 활용하기 위하여 20개의 모델 후보들을 그림이나 사진으로 제시하고 그것들을 각각 모델이라고 할 수 있는지 묻는 문항을 추가하였다. 이때 모델의 후보들로는 종이로 만든 지층의 모습, 물의 화학식(H<sub>2</sub>O), 힘의 물리적인 정의( $F=ma$ ), 초등 학생들을 위한 과학 만화의 한 장면, 우주의 가능한 미래에 관한 교과서 설명의 일부 등이 포함되었다.

질문지는 2007년에 초안이 만들어졌으며, 현장 교사들의 검토와 추가적인 문헌 고찰을 통해 그 내용을 수정, 보완하였다. 또, 2008년에 예비 초등 교사들에게 시험적으로 적용하여 질문지의 문항들이

이해할만하고 분량 또한 적절하다는 것을 확인하였다. 최종적으로 완성된 질문지는 2009년 1학기 초에 온라인 수업 시스템을 통해 수강생들에게 전달하였고, 예비 교사들이 1주일 동안 충분한 시간을 갖고 응답지를 작성하여 인쇄물을 제출하도록 하였다.

### 3. 분석 방법

본 연구에서 예비 교사들의 응답지에 대한 분석은 질적 자료의 일반적인 분석 방법(김영천, 2006)을 고려하여 세그멘팅(segmenting), 코딩(coding), 심화 코딩의 절차를 따라 진행되었다. 구체적으로 말하여, 조사 도구에 포함된 질문들이 이미 모델에 관한 인식의 범주를 나타내고 있으므로 예비 교사들의 응답을 각 질문별로 나누고, 유사한 내용의 응답을 따로 분류한 후, 분류된 응답들에서 공통적으로 발견되는 인식 유형을 나타낼 수 있는 코드(code)를 기술하였다. 일차적인 코딩을 마친 후에는 응답과 코드를 반복적으로 읽으면서 미처 발견하지 못한 인식 유형을 찾고 잘못된 것을 수정하였다. 또, 기존의 코드들을 점차 정교하게 기술하거나 낱말의 인식 유형들을 포괄할 수 있는 좀 더 심화된 코드를 기술하는 작업을 병행하였다. 이상과 같은 분석 과정을 새로운 인식 유형이나 코드가 발견되지 않은 때까지 반복하여 연구 결과를 확정하였다.

## III. 연구 결과 및 논의

이 장(章)에서는 과학과 과학 교육에서 사용되는 모델에 관한 예비 초등 교사들의 인식을 5개의 범주에 따라 제시한다. 각 범주에서는 예비 교사들의 응답을 분석한 결과를 실제 응답 사례와 함께 제시하고, 그것을 관련 문헌의 내용과 비교하여 논의한다. 연구 결과에서 모델에 관한 예비 교사들의 인식 유형을 양적으로 나타낼 때에는 그들의 인식이 반드시 배타적이지 않고 여러 가지 인식이 혼재되어 있다는 것을 고려하여 중복을 허락하여 계수(計數)하였다. 따라서 연구 결과에서 각 질문에 대한 총 응답 수는 전체 예비 교사들의 수보다 많다. 하지만 응답 비율은 연구 참여자 총 수( $n=61$ )에 대한 것으로 나타났으며, 연구의 목적이 예비 초등 교사들의 모델에 관한 인식을 폭넓게 탐색하는 데 있다는 점을 고려하여 예비 교사들의 인식을 수준에 따라 등급화하지는 않았다.

### 1. 모델의 의미

본 연구에서 사용된 질문지의 첫 번째 문항은 예비 초등 교사들이 생각하는 모델의 의미를 묻는 것이었다. 이 질문에 대한 응답으로서 예비 교사들이 모델을 정의하는 방식은 크게 세 가지로 분류되었다. 첫째는 모델이 표상하는 대상을 중심으로 모델을 정의하는 것이고, 둘째는 모델의 기능을 부각시켜 모델을 의미를 말하는 것이었다. 셋째는 모델을 과학적 탐구 과정이나 수업 또는 학습의 절차를 형식화한 것으로 보는 방식이었다. 각각에 속하는 세부적인 인식 유형은 표 2에 요약된 것과 같다.

표 2에서 보는 바와 같이, 예비 교사들이 표상 대상을 중심으로 모델을 정의하는 경우에는 모델이 구체적인 사물이나 현상, 또는 실제로 존재한다고 믿어지는 물리적 실재(physical reality)를 대신 나타내거나 그것을 대표하는 것이라는 인식이 다수를 차지하였다. 이때 모델의 대상이 되는 물리적 실재는 규모가 너무 크거나 작아서 관찰하기 어렵거나 복잡한 특징이 있는 것들이었다. 이러한 인식이 잘 드러나는 예비 교사들의 응답 사례로는 다음과 같은 것들을 예로 들 수 있다.

자연 현상처럼 너무 거대하여 눈에 들어오지 않는 것 또는 눈에 보이지 않을 정도로 미세한 것들을 설명하기 위해 우리가 눈으로 확인 가능하도록 만든 실체(214)

규모가 아주 크거나 작아서, 또는 결과를 확인하는데 시간이 오래 걸리는 것을 습득하기 용이하게 축소하거나 간단하게 만들어 놓은 것.(227)

자연 세계의 다양한 현상들 ... 그 변화나 움직임은 우리의 감각으로 받아들이기에는 너무 미세하거나 거대할 뿐만 아니라 위험성도 가지고 있다. 때로는 그러한 현상들을 우리가 받아들이기 쉬운 형태와 상태로 대체하여 관찰하기 위한 도구로 모델을 사용한다.(308)

복잡한 현실 속의 현상을 간단하게 표현하여 알아내고자 하는 것을 분명하게 해준다.(312)

위와 같은 인식을 가지고 있는 예비 교사들은 대부분 여러 가지 모델의 후보들을 판별하는 문제에서 자신들이 어떤 사실이나 현상을 직접적으로 또는 있는 그대로 나타낸다고 믿는 것들을 모델이 아

표 2. 모델의 의미에 관한 예비 초등 교사들의 인식

인식 유형	응답 수(%)	응답 예	
표상 대상을 중심으로 모델을 정의하는 유형	모델은 물리적 실재를 대신 나타내거나 대표하는 것이다.	29(47.5)	과학에서 사용되는 모델이란 어떤 대상의 실물을 분떠서 만든 것이다.(예비 교사 ID No. 222) 과학의 모델은 과학적 현상을 가장 잘 나타내 주고 있다고 생각되는 대표성을 가진 식이나 모습이다.(203)
	모델은 이론적·이상적 관념 또는 가정이거나 추상적인 아이디어를 나타내는 것이다.	6( 9.8)	과학에서의 모델은 ... 과학자들이 이상적으로 세워 놓은 관념적인 개념이라고 생각한다.(207) 과학에 있어 모델이란 어떠한 사실 혹은 현상에 대해 이론적으로 설명하기 위한 일종의 '관점'이라고 할 수 있다.(303)
	모델은 이론 또는 가설의 일부이거나 그것과 같은 것이다.	9(14.8)	어떠한 현상에 대하여 과학적으로 설명할 가능성이 있는 한 가지 이론이라고 생각합니다.(309) 과학에서의 모델은 쉽게 말하여 '가설'이라고 할 수 있을 것이다.(320)
가능적 관점에서 모델을 정의하는 유형	모델은 과학적 사실이나 이론을 이해하거나 이해시키기 위한 것이다.	26(42.6)	과학에서 사용되는 모델은 과학적 사실을 더욱 잘 이해하기 위해 필요한 준비물이라고 생각합니다.(318)
	모델은 관찰이나 실험, 증명을 위한 것이다.	4( 6.6)	실험을 하기 위해 설계하는 것(206)
모델은 탐구나 수업, 학습의 과정을 나타낸 것이다.	7(11.5)	어떠한 현상들에 대한 규칙이나 원인을 알아내기 위해서 ... 그 규칙이나 원리를 생각해 보는 방법을 과학에서 사용하는 '모델'이라 할 수 있을 것이다.(329)	
불분명	2( 3.3)	과학에서 '모델'이라 함은 기존의 과학자들이 쌓아 놓은 다양한 과학적 바탕, 연구 자료가 다른 의견의 반박을 수용할 수 있는 것을 의미한다.(304)	

니라고 판정하였다. 예를 들어, 토네이도를 찍은 사진이나 그림은 “토네이도의 일부를 표현했을 뿐 토네이도를 대신할 수 없을 것 같아서 모델에 해당하지 않을 것”이라고 하였고(204), “분자식은 단순히 물질이 어떤 성분으로 구성되어 있다라고 써 놓은 문자에 불과”하기 때문에 모델로 볼 수 없다고 주장하였다(229). 더 나아가, 이들 중에는 다음의 응답 사례에서와 같이 모델에 관한 매우 제한된 인식을 가지고 있는 경우도 발견되었다. 아래의 첫 번째 사례는 볼 수 없는 것을 표상한 것만을 모델로 판정하는 경우이고, 두 번째 것은 입체적이고 물질적인 형태를 띠고 있는 것만을 모델이라고 인식하는 사례에 해당한다.

모델은 우리가 느낄 수 없는 어떤 것에 대한 표상이다. 지구형 행성 형성 과정은 우리가 보지 못하는 것을 시뮬레이션으로 나타내었기 때문에 모델이 맞으나 지층은 볼 수 있다. 다만 그것을 확대해서 나타낸 것이다.(202)

[물 분자가 식물의 물관을 통과하는 모습을 그린 만화] 모델이 아니다. 그림으로 물관을 나타낸 것이고, 신체 모형처럼 구체적인 모형으로 나타내야

모델이 될 수 있다.(221)

이상과 같이 모델이란 사물이나 현상을 비롯한 어떤 물리적 실재를 표상하는 것이라고 생각하는 예비 교사들이 많았던 반면, 모델이 이론적이고 이상적인 관념이나 가정, 또는 추상적인 아이디어를 표상할 수 있다고 인식하는 경우는 매우 적었다. 또, 과학에서 사용하는 모델이 이론 또는 가설의 일부이거나 그것과 같은 성질을 갖는 것이라는 인식을 가지고 있는 예비 교사들도 비슷한 정도로 적었다(표 2 참조). 하지만 이들은 물리적 실체만을 모델의 대상으로 보았던 동료들과는 달리 힘을 정의하는 식( $F=ma$ )이나 평탄우주론을 진술한 문장 같은 것들도 대부분 모델로 판정하였다. 다음은 과학에서 사용하는 모델이 추상적인 아이디어를 나타낼 수 있거나 모델이 이론 또는 가설과 같은 것이라고 인식하고 있는 예비 교사들이 모델을 판정하는 보조 문항에서 제시한 이유들이다.

[ $F=ma$ 는] “힘은 질량과 가속도의 곱이다”라는 식이다. 힘과 질량과 가속도 모두 과학을 더 잘 이해하기 위해서 인간이 설정한 관념적 개념이기 때문에

모델이 확실하다고 생각한다.(207)

[평탄우주론을 진술한 문장은] 우주의 모습을 설명한 하나의 가설적 모델이 될 수 있다.(325)

본 연구에 참여한 예비 초등 교사들이 모델의 의미를 이야기하는 두 번째 방식은 기능적인 관점에서 모델을 정의하는 것이었다. 즉, 어떤 특정한 기능을 중심으로 모델을 이해하는 방식으로, 이 중에는 모델을 과학적 사실이나 이론을 쉽게 이해하거나 이해시키기 위한 것이라고 정의하는 경우가 가장 많았다. 또, 일부 예비 교사들은 관찰이나 실험, 증명과 같은 특정한 탐구 기능을 언급하기도 하였지만, 그러한 기능을 위해서 모델이 어떻게 사용되는지 구체적으로 말하지는 못하였다. 이렇게 기능적인 관점에서 모델을 정의하는 응답을 살펴보면 종종 ‘이론’이나 ‘개념’, ‘원리’와 같은 용어들이 등장하였지만, 그것을 모델이 추상적인 아이디어를 표상할 수 있다고 인식하는 증거로 보기는 어려웠다. 오히려 아래의 예에서와 같이 이들의 응답 내용에서는 모델을 이론을 전달하기 위한 수단으로 보는 관점이 뚜렷하게 부각되었다.

과학에서 사용하는 ‘모델’ 또는 ‘모형’은 과학 이론 속에서 우리가 잘 이해하지 못하는 부분을 이해하기 쉽게 하기 위해서 도입하는 것으로 ... (208)

과학에서의 모형은 과학적인 이론과 내용, 원리를 설명하기 위해 사용되는 하나의 방편으로도 쓰이는 효용성을 포함한다.(219)

과학에서 사용되는 모델이란 어떤 특정한 개념을 설명하기 위한 여러 가지 방법들 중의 하나라고 생각합니다.(315)

이와 같이 모델을 기능적인 관점에서 정의하는 예비 교사들은 여러 가지 모델의 후보들을 판정하는 문제에서 이론이나 현상을 이해하는 데 도움이 되는가의 여부로 모델과 모델 아닌 것을 구별하기도 하였다. 예를 들어, 한 예비 교사(318)는 지구형 행성의 형성 과정에 대한 컴퓨터 시뮬레이션이 “우리가 직접 눈으로 관찰할 수 없는 과학 현상을 이해하

는데 필요한 자료이기 때문”에 모델이라고 하였으며, 다른 예비 교사(208)는 “일기도는 때에 따라 변화하는 것이고 지금 현재의 일기 상황을 파악하는데 사용하는 것이지 과학 이론을 이해하기 위해 사용하지는 않을 것”이므로 모델이 아니라고 하였다.

마지막으로 모델의 의미에 관한 예비 초등 교사들의 인식 중에서는 과학에서 사용하는 모델을 ‘탐구 모형’이나 ‘수업 모형’, ‘학습 모형’과 혼동하는 유형도 일부 발견되었다<sup>1)</sup>. 예컨대, 이들은 “선생님이 수업을 쉽게 할 수 있도록 만들어진 수업 모형”(216)을 자신이 생각하는 대표적인 모델의 예로 꼽기도 하고, 구체적으로 “경험 학습 모델”(324)이나 “귀납적 탐구 모형”(328)을 언급하기도 하였다.

결론적으로, 본 연구에 참여한 예비 초등 교사들 중 상당수가 모델을 물리적 실재를 표상하는 것으로 인식하고 있었다. 과학이나 과학 교육에서 활용되는 모델이 어떤 대상의 복사물(copy or replica) 정도로 오해되고 있다는 것은 이미 잘 알려진 문제이다. 즉, 전문가들은 추상적(abstract)이고 이론적(theoretical)인 대상 또한 모델로 표상될 수 있다고 생각하는데 반해, 학생들은 물론 교사들조차도 실체적(physical)이고 시각적(visual)인 것만을 모델로 여기곤 한다(Grosslight *et al.*, 1991; Smit & Finegold, 1995; Windschitl & Thompson, 2006). 우리나라의 초등학교와 중학교 학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 조사한 연구에서도 적지 않은 학생들이 모델을 이론적인 관점을 표상하는 것으로 생각하기보다는 실재(reality)의 복사물로 보는 소박한 실재론적인 견해를 가지고 있는 것으로 보고되었다(Kang *et al.*, 2004). 만일 이러한 경향이 보편적이라면, 본 연구에 참여한 예비 교사들이 모델의 의미에 관한 제한된 인식을 가지고 있는 것은 그들이 초중등학교 때에 형성하였던 믿음이 개선될 기회가 미처 주어지지 않았기 때문이라고도 해석할 수 있다. 따라서 예비 교사들의 인식을 보다 세련된 것으로 전환시키기 위한 교사 교육 차원의 노력이 있어야 할 것으로 생각된다.

본 연구에 참여한 예비 교사들에게서는 모델을 기능적인 관점에서 이해하려는 경향 또한 뚜렷하게 발견할 수 있었다. 특히 이 중에는 모델을 탐구 모형

1) 영어의 ‘model’은 우리말로 ‘모형’이라고도 번역할 수 있지만, 그렇게 할 경우 model을 ‘수업 모형’과 같은 좁은 의미로만 이해하는 경우가 있으므로, 본 연구에서는 model을 주로 ‘모델’로 표기하였다. 단, 특별히 ‘수업 모형’과 같은 것들을 지칭해야 할 경우에는 ‘모형’이라는 번역을 사용하였다.

이나 수업 모형과 같은 것으로 인식하는 경우도 포함되어 있었다. 이러한 사실은 본 연구에 참여한 학생들이 교육대학교에서 여러 교과와 교육론 과목을 수강하고 있는 예비 교사들이라는 점을 고려하면 어느 정도 납득할 수 있다. 즉, Smit와 Finegold(1995)가 지적한 바와 같이, 연구 참여자들이 주로 교육의 맥락에서 모델이란 용어를 접해 왔기 때문에 과학적 모델 또한 그들이 일상적으로 접하는 수업 모형과 유사한 것으로 파악한다는 것이다. 물론 탐구 과정이나 수업 절차와 같이 어떤 일이 되어져 가는 방식 또한 하나의 모델이 될 수 있는 것은 분명하다. 그럼에도 불구하고, 이러한 견해는 과학에서 사용되는 모델의 의미를 파악하는 주된 관점이 되기는 어렵다는 점에서 제한적인 인식 유형이라고 할 수 있다. 따라서 맥락과 용어의 혼동으로 인해 과학적 모델을 가치 있게 사용하지 못하는 경우가 없도록 지도하는 일이 필요할 것이다.

## 2. 모델의 활용 목적

과학에서 사용되는 모델에 관한 예비 초등 교사들의 인식을 조사하는 두 번째 주제는 모델의 활용 목적에 관한 것이었다. 앞서 모델의 의미를 정의하면서 이미 모델의 기능을 언급하였던 예비 교사들은 이 질문에 응답하는 동안 표 3에 정리된 것과 같은 여러 가지 인식 유형을 보여 주었다.

표 3에서 보듯이 상당수의 예비 교사들은 과학에서 모델을 사용하는 목적이 어떤 대상을 가시화(visualization), 단순화(simplification), 명료화(clarification)하여 보이기(showing) 위한 것이라고 인식하였다. 예컨대, 이들은 모델이 “우리가 눈으로 볼 수 없는 것을 가시화”(208)하고, “어떠한 현상을 보기 쉽

게 단순화”(229)시키거나 “대상을 축소화”(210)함으로써 “단순 명료화의 기능”(216)을 수행한다고 말하였다. 이러한 유형의 응답 중에는 모델의 목적이 단순히 어떤 대상을 가시적으로 보이기 위한 것이라고만 언급한 사례도 있었지만, 대부분의 경우에는 그러한 일들이 다른 사람들과의 의사소통을 수월하게 하거나 모델이 지시하는 대상을 쉽게 가르치고 이해시키기 위한 것이라는 점을 추가로 언급하였다. 다음은 모델의 활용 목적이 단순히 가시화를 넘어서 의사소통(communication)이나 교수(teaching), 이해의 목적에까지 확장된다는 인식이 드러난 응답 사례들이다.

과학적 지식을 탐구할 때는 우리가 느끼지 못하는 것을 느낄 수 있도록 하기 위해 시각화, 표상화시키는 것이 모형이다. 이러한 모델은 과학자들이 이론[의] 설명을 쉽고 이해 가능하게 하며 개념화하는 것을 돕는다.(202)

과학에서 모델은 현상을 더 쉽게 이해하도록 해 주고, 모델을 통해 눈으로 보기 어려운 것들을 구현함으로써 과학적 지식을 기록하고 전달할 수 있는 매개체의 기능을 한다.(214)

과학에서의 모델은 어떤 개념에 대한 구조나 이론을 보여주기 위해 만든 과학적 설명이라고 생각한다. ... 그런 것들을 쉽게 설명하기 위해 모델을 사용한다고 생각한다.(223)

본 연구에서 모델의 활용 목적에 관한 위와 같은 진술은 가시화나 단순화, 명료화에 대한 언급 없이 모델이 과학 지식을 이해하는 데 도움이 된다고 응답한 사례와 더불어 예비 초등 교사들의 인식 유형

표 3. 모델의 활용 목적에 관한 예비 초등 교사들의 인식

인식 유형	응답 수(%)	응답 예
가시화, 단순화, 명료화, 보이기의 목적	27(44.3)	다양한 현상들을 과학적으로 묘사하기 위해 ... 그것들을 표현하기 위한 목적으로 과학 모델을 만들어 사용한다고 생각한다.(321)
의사소통, 교수(teaching), 이해의 목적	33(54.1)	어떤 자연 현상을 설명하는 한 과학 이론을 ... 많은 사람이 이해하여 과학 지식으로서 보급되어지는 데에 기능을 한다고 생각한다.(319)
(막연하게) 과학적 탐구나 연구를 위해 사용	8(13.1)	과학적인 분석을 용이하게 해준다.(312)
특정한 탐구 과정이나 기능을 위해 사용	11(18.0)	어떤 모델이 세워지면 그 모델을 실험 등 여러 방법을 통해 검증하면서 그 진위를 가리게 되며 ... (316)
활동의 절차와 체계를 제공	6(9.8)	모델은 ... 과학 이론을 정리하는 방법에 있어서 절차와 기준을 제공한다.(301)
불분명	1(1.6)	어떤 목적에 도달할 수 있는 지름길을 마련해 주는 기능(206)



중 가장 큰 비율을 차지하였다.

모델의 활용 목적에 관한 예비 교사들의 응답에 따르면, 그들 중 적지 않은 수가 모델이 과학적 탐구를 위해 사용된다는 인식을 가지고 있음을 알 수 있다. 하지만 이들 중 일부는 막연한 수준에서 모델이 과학적 탐구나 연구에 사용된다고 진술하였을 뿐, 모델이 탐구의 어떤 작업을 위해 동원되는지에 대해서는 부연하지 못하였다. 또, 예측이나 가설 검증, 실험, 측정 등과 같은 특정한 탐구 기능을 위해 모델이 사용될 수 있다고 응답한 경우는 좀 더 많았지만, 이때에도 그 과정을 구체적으로 설명한 사례는 많지 않았다. 다음은 특정한 탐구 과정을 위해 모델이 활용되는 방법을 비교적 구체적으로 진술한 사례 중의 하나이다.

모델은 과학적 탐구 과정의 방향을 제시한다고 생각한다. 모델이 실제와 합치하는지 탐구하는 과정에서 새로운 사실을 발견하고, 잘못된 사실을 고칠 수 있다. 또한 이 과학 모델이 맞다는 가정 하에 이론을 세우고 검증하여 발전시킬 수 있으니 과학에 있어서 과학 모델은 꼭 필요하다.(203)

마지막으로, 앞서 모델의 의미를 탐구 모형이나 학습 모형과 같은 뜻으로 이해하였던 응답자들은 모델의 활용 목적을 묻는 두 번째 질문에서도 모델이 과학이나 교육 활동의 절차와 체계를 제공한다고 말함으로써 나름대로 일관된 인식을 보여 주었다. 예를 들어, 자신이 생각하는 대표적인 모델의 예로 “귀납적 탐구 모형”을 꼽았던 한 예비 교사(328)는 “체계적인 과학 연구와 과학 활동을 위해” 모델이 사용된다고 응답하였다.

과학에서 모델은 자연 현상이나 과학적인 아이디어를 기술(description)하고 설명(explanation)하며, 새로운 현상을 예측(prediction)하는 기능을 한다(Buckley & Boulter, 2000; Gilbert *et al.*, 1998; Halloun, 2004; Shen & Confrey, 2007). 이때 ‘기술’과 ‘설명’은 서로 다른 의미로 쓰이는데, 전자가 단순히 대상의 모습이나 상태를 서술하는 것인데 비해, 후자는 현상의 원인을 밝히는 진술이라는 점에서 차이가 있다(Halloun, 2007). 또, 기술과 설명, 예측 외에도 모델은 과학자 공동체 내외(內外)에서 의사소통의 목적을 위해 활용되기도 한다.

이러한 관점에서 예비 초등 교사들의 응답을 분석해 보면, 그들은 모델이 자연 현상을 잘 묘사하거나

서술하기 위한 목적에서 사용된다는 점과 다양한 사회적 맥락에서 의사소통을 위해 사용된다는 사실을 대체로 잘 인식하고 있다는 것을 알 수 있다. 하지만, 이들이 자신들의 응답에서 모델이 ‘설명’을 위해 쓰인다고 말하고 있음에도 불구하고, 그것이 ‘인과적인 설명’을 의미하는 것인지는 불분명하였다. 오히려 다음의 예에서 보는 바와 같이 그것은 이론과 가설에 대한 이차적인 기술이거나 도해(illustration)에 가까운 의미로 사용되고 있었다.

과학자들은 하나의 가설이나 이론을 생각해 내고, 그것들을 설명하기 위해 모델을 도입한다고 생각한다.(323)

자연 현상과 비슷하게 만들어 놓은 모델로 과학자들은 ... 이론이나 현상을 설명하게 됩니다. 그리고 모형이나 모델로 과학자들뿐만 아니라 다른 사람들도 과학적 현상을 잘 이해할 수 있게 됩니다.(327)

이와 더불어 모델이 과학적 탐구 상황에서 새로운 현상을 ‘예측’하는 데 사용된다는 사실을 지적한 예비 교사는 두 명에 불과하였는데, 이들의 응답도 단순히 “어떠한 결과를 예측하기 위해”(209)라든지 “현상의 ... 예측의 탐구를 보다 쉽게”한다(230)와 같이 구체적이지 못하였다.

모델의 활용 목적에 관한 이상과 같은 예비 교사들의 인식은 선행 연구들에서 일관되게 지적해 오던 것과 유사한 점이 있다(Grosslight *et al.*, 1991; Smit & Finegold, 1995; van Driel & Verloop, 1999; Windschitl & Thompson, 2006). 즉, 선행 연구들에서는 참여자들이 모델의 목적을 실제의 것(real thing)과 동일한 것을 만드는 것이라고 생각하는 경우가 많았고, 좀 더 세련된 인식을 가지고 있는 경우에도 의사소통이나 이해, 학습의 목적 외에 모델의 활용 목적을 과학적 탐구와 연계하여 구체적으로 제시한 사례는 많지 않았다. 특히 모델이 현상을 예측하는 기능을 하고 그 덕분에 새로운 아이디어를 테스트해 볼 수 있게 한다는 인식을 가지고 있는 참여자들은 매우 드문 것으로 나타났다. 이와 유사하게 본 연구에 참여한 예비 초등 교사들도 과학적 탐구나 연구 상황에서 모델의 역할을 구체적으로 진술할 수 있는 정도의 인식에는 이르지 못한 것으로 생각된다. 이러한 제한된 생각은 그들이 스스로 과학적인 탐구를 수행하거나 장차 초등학교 교실에서 학

생들과 함께 모델을 이용하여 탐구하는 태도와 관련이 있을 것으로 예상된다. 따라서 과학에서 사용되는 모델의 목적에 관한 교사들의 인식이 그들의 과학 활동이나 수업에 미치는 영향에 대해 좀 더 심층적으로 연구해 볼 필요가 있다.

### 3. 모델의 다양성

본 연구에 참여한 예비 초등 교사들은 과학자들이 동일한 대상에 대하여 하나 이상의 모델을 가질 수 있는가 하는 질문에 대다수가 그렇다고 답변하였다. 이들이 하나의 대상에 대하여 복수의 모델이 존재할 수 있는 이유로 제시한 것을 살펴보면, 크게 모델을 만드는 사람의 입장을 고려한 것과 모델의 본질적 속성을 고려한 것으로 구분할 수 있다.

먼저, 동일한 대상에 대하여 여러 가지 모델이 존재할 수 있는 까닭을 모델을 만드는 사람의 입장에서 제시한 것 중에는 사람들의 생각과 관점이 서로 다르기 때문이라는 인식이 가장 많았다. 즉, “모델이란 어떤 대상이나 현상을 어떻게 해석하고 바라보는 관점에 따라 달라질 수”(230) 있고, “연구의 목적이나 방법 등에 따라 다양한 모델이 나타난다”(220)는 것이다. 더 나아가, “한 개인이 여러 관점을 가지고 동일한 대상에 대하여 다양한 모델을 가질 수 있다.”(303)라고 응답한 예비 교사도 있었다. 과학에서 복수의 모델이 존재할 수 있는 이유를 모델을 만드

는 사람들의 입장에서 제시한 두 번째 유형은 모델이 대상을 표상하는 방법이나 표상 매체(medium)가 다양하기 때문이라는 것이었다. 이들이 언급한 표상 방법이나 매체는 아래의 예에서 보는 바와 같이 평면적 그림이나 입체적 물질, 그리고 컴퓨터를 이용한 것에 이르기까지 비교적 다채로운 것을 포함하고 있었다.

동일한 이론에 대하여 사진 또는 도면, 수식, 모형 등 여러 가지 모델을 활용하여 이론을 설명할 수 있다.(201)

컴퓨터 시뮬레이션으로 모델을 만들 수도 있고 종이나 찰흙으로 만들 수도 있다. 원리는 하나이지만 그것을 구현할 방법은 여러 가지이기 때문에 여러 개가 나올 수 있다.(214)

원자의 모형을 가지적으로 보이게 만들어서 수소 원자 2개와 산소 원자 1개를 결합하여 만든 물을 설명할 수 있고 또 다른 방법으로는 화학식을 통해 설명할 수도 있다.(223)

이와 더불어, 모델을 사용하는 사람의 입장에서 모델을 어떤 목적을 위한 도구로 여기고 목적을 이루기 위한 수단이 다양하기 때문에 모델 역시 다양할 수 있다고 생각하는 예비 교사들이 있었다. 이때 예비 교사들이 언급한 목적은 대부분 앞서 그들이

표 4. 모델의 다양성에 대한 예비 초등 교사들의 인식

인식 유형		응답 수(%)	응답 예
동일한 대상에 대하여 하나 이상의 모델이 존재할 수 있다.	사람들의 생각과 관점이 다르기 때문	21(34.4)	자신이 이해하는 방식으로, 자신이 중요하다고 생각하는 요소를 중심으로 재구성할 수 있다고 생각한다.(227)
	표상 방법이나 매체가 다양하기 때문	7(11.5)	모델은 결국 만들어진 것이므로, 재료, 크기 등은 얼마든지 변형될 수 있다.(222)
	모델은 수단적이기 때문	18(29.5)	동일한 대상에 대해 설명하는 방법도 여러 가지가 있을 수 있으니깐요.(315)
이유 불분명	모델은 이론의 일부로서, 또는 가설이나 추측과 같아서 잠정적이기 때문	14(23.0)	동일한 대상에 대하여 과학 이론은 여러 가지가 있을 수 있다. 따라서 그 이론에 따른 모델은 하나 이상이 될 수 있는 것이다.(319)
	모델의 본질을 고려한 이유	3( 4.9)	어떤 대상에 대한 모델을 만들 때 내부를 구체화하여 나타낼 수도 있고 외부의 전체적인 모습을 나타낼 수도 있는 것처럼 하나의 대상을 여러 가지 형태의 모델로 나타낼 수 있을 것 같다.(204)
이유 불분명		2( 3.3)	그럴 수 있다. 단, 다른 모델이 생기기 위해서는 그에 대한 과학적인 방법을 통해 주장이 입증되어야 가능하다고 볼 수 있다.(306)
동일한 대상에 대하여 복수의 모델은 존재할 수 없다.		5( 8.2)	아니다. 수학을 예로 생각한다면 가장 빠르고 정확한 식은 한 가지일 수밖에 없을 것이다.(317)

언급한 모델의 활용 목적과 관련되어 있었고, 여기에는 모델의 의미를 탐구 모형이나 수업 모형과 같은 것으로 이해하였던 예비 교사들의 입장도 포함되어 있었다.

동일한 대상에 대한 모델일지라도 설명하는 사람에 따라, 그것을 이해하고자 하는 사람의 사전 지식에 따라 이해하기에 효과적인 것이 다를 수 있기 때문에 하나 이상의 모델을 가져야 한다고 생각한다.(231)

그렇다. 그 이유는 앞에서 말했듯이 과학적 ‘모델’이라는 것은 이론을 설명하기 위한 하나의 표현이기 때문이다.(323)

동일한 대상에 대해서도 항상 같은 방식으로 접근하지는 않는다. 이를 테면 여러 번의 반복된 실험 결과를 통해서 귀납적 모델로 접근할 수도 있는 것이고, 체계적으로 이론을 쌓아가 연역적 방식의 모델로도 접근할 수 있는 것이다.(212)

두 번째로 모델의 다양성에 관한 예비 초등 교사들의 응답에서는 모델의 본성에 대한 그들의 인식을 엿볼 수 있었다. 즉, 일부 예비 교사들은 모델이 가설과 같이 잠정적이고 이론이 변함에 따라 변할 수 있기 때문에 다양한 모델이 존재할 수 있다고 응답하였다. 또, 과학에서는 여러 가지 대안적인 가설들이 경쟁하고 그 중 유력한 것이 선택되는 과정을 통해 과학 지식이 발달한다는 과학의 본성에 대한 비교적 세련된 인식을 가지고 있는 예비 교사들도 있었는데, 그러한 응답의 예로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

과학자는 여러 모델을 설정해 두고, 이 중에서 보다 자신이 타당하다고 생각하는 것을 선별하는 과정을 거치며, 이 또한 두고두고 수정될 수 있다.(302)

과학적 사실 중에서 완벽하게 진위를 가릴 수 없는 사실들이 많이 존재한다. ... 따라서 이러한 사실들을 설명하기 위해서 여러 가지 이론과 모델들이 충분히 존재할 수 있다고 본다.(325)

하지만, 복수의 모델이 존재하는 까닭이 본질적으로 모델이 대상의 일부만을 표상하기 때문이라고 응답한 예비 교사들은 매우 적었다. 즉, 모델은 대상의 한 측면만을 부각시켜 나타내기 때문에 대상을 다르게 표상할 수 있고, 따라서 동일한 대상을

충분히 설명하기 위해서는 다양한 모델이 동원되기도 한다는 모델의 세부적인 속성(Halloun, 2004)을 지적한 사례는 찾아보기 어려웠다. 다만, 어떤 모델도 “하나의 현상을 사실 그대로 묘사할 수는 없다”(304)거나 “사람이 완벽하지 않은 이상 그들이 고려할 수 없는 현상을 과학 모델에서 역시 고려할 수 없을 것”(321)이라는 응답에서 간혹 이러한 모델의 본성을 언급한 것을 발견할 수 있었다.

과학에서 활용되는 모델 중에는 스케일 모델(scale model)과 같이 대상을 그대로 옮겨 놓은 것이 있기는 하지만, 과학적 모델의 상당수는 그것을 창안하는 사람들의 의도에 따라 서로 다르게 표현된 것들이다. 또, 이러한 사실은 동일한 대상에 대하여 복수의 모델이 존재할 수 있는 중요한 이유 중의 하나가 된다(Grooslight *et al.*, 1991). 이 점에서 볼 때, 본 연구에 참여한 예비 초등 교사들은 모델의 세부적인 본성까지는 말하지 못하지만, 모델을 만드는 사람들의 아이디어에 따라 다양한 모델들이 존재할 수 있다는 점을 비교적 잘 인식하고 있다고 할 수 있다. Harrison과 Treagust(2000)에 따르면, 복수의 모델에 관한 인식은 과학 지식이 완벽하거나 절대적으로 옳은 것이 아니라는 사실을 이해하는 바탕이 될 수 있다. 또, 모델의 다양성에 대한 인식은 하나의 모델을 다른 형식으로 자유롭게 전환할 수 있는 능력과도 연계된다. 따라서 모델의 다양성에 대해서 인식하고 있는 교사들이 실제 수업에서도 여러 가지 모델을 적절히 활용하여 학생들도 그러한 이해와 능력에까지 이를 수 있도록 지도하는가 하는 문제는 실증적으로 연구해 볼 가치가 있다고 생각된다.

#### 4. 모델의 가변성

모델에 관한 예비 초등 교사들의 인식을 조사하는 네 번째 주제는 모델의 가변성에 관한 것이었다. 이와 관련된 질문에 대하여 연구에 참여한 예비 교사들은 예외 없이 과학에서는 모델을 바꾸어야 하는 경우가 있다고 답하였으며, 모델을 바꾸어야 하는 경우나 이유를 표 5에 정리된 것과 같이 다양하게 제시하였다.

모델에 관한 인식을 조사한 선구적인 연구로서 Grosslight 등(1991)의 연구에서는 대다수의 참여자들이 모델이 변할 수 있다고 대답하였지만, 그 이유에 대해서는 단순히 모델이 틀린 경우라고 할 뿐 구

표 5. 모델을 바꾸어야 하는 경우 또는 이유에 대한 예비 초등 교사들의 인식

인식 유형	응답 수(%)	응답 예
(막연하게) 모델이 잘못되었거나 더 나은 모델이 있는 경우	23(37.7)	모델에 과학적인 어떤 결함이 발견되고 그것을 보완 혹은 수정할 방안이 있다면 바꿀 수도 있다고 본다.(217)
모델이 잘못되었다고 검증된 경우	1( 1.6)	(본문에 제시)
(막연하게) 새로운 것이 발견된 경우	6( 9.8)	과학기술의 발달에 맞춰 새로운 사실이 발견될 경우 맞지 않는 모델을 교체할 필요는 있다고 생각한다.(228)
기존의 모델로는 설명할 수 없는 새로운 것이 발견되거나 그것을 더 잘 설명할 수 있는 모델이 있는 경우	9(14.8)	모델이 특정한 현상을 설명하지 못한다면 그 모델은 해당 현상을 설명할 수 있는 새로운 모형으로 대체되어야 한다.(304)
과학 이론이나 패러다임, 개념 등이 바뀌는 경우	18(29.5)	새로운 이론이 등장해서 이론이 교체된 경우에 바뀐 이론에 맞는 새로운 모델이 필요하기 때문에 모델이 교체될 수 있습니다.(221)
자연 현상 또는 자연 세계의 질서가 변하기 때문	2( 3.3)	과학은 자연 현상을 다루는 학문이고 자연 현상은 끊임없이 변화한다. ... 새로운 형태로 변화하게 되었다면 이미 만들어 놓은 모델이 있다고 하더라도 최근의 상태를 반영할 수 있는 새로운 모델로 바뀌어 주어야 한다.(204)
모델을 전달받는 사람이나 모델이 전달하고자 하는 내용의 수준이 달라지는 경우	7(11.5)	대상자의 이해를 돕기 위한 것이므로 이해 수준이 높아짐에 따라 조금 더 구체적이고 복잡한 모형도 보여 주는 것이 필요하다.(307)
이유 불분명	1( 1.6)	바꾸어야 하는 경우도 있다.(218)

체적인 상황을 제시하지는 못하였다. 종종 연구(research), 실험(experiment), 발견(discovery)을 통해 모델이 수정될 수 있다고 하는 경우가 있었지만, 이들도 모델 자체가 연구나 실험의 대상이 된다는 사실은 잘 인식하지 못하는 것처럼 보였다. 이와 유사하게 본 연구에서도 많은 예비 교사들이 모델이 잘못되었거나 더 나은 모델이 있는 경우에 모델을 바꾸어야 한다고 응답하였지만, 모델이 오류임을 보이는 평가 과정이나 대안적인 모델들 중에 더 나은 것을 판단하는 기준에 대해서는 구체적으로 말하지 못하였다. 다만, “여러 가지 검증을 통해 아니라는 것이 밝혀”(305)지거나 “더 좋은 모델이 나타난다면 바꾸어야 한다”(315)는 정도의 일반적인 진술이 다수를 차지하였다. 모델이 잘못 되었다고 검증되어 모델을 바꾸는 상황을 비교적 구체적으로 제시한 예비 교사는 단 한 명에 불과하였는데, 그 내용은 다음과 같았다.

과학적인 연구를 할 때 ① 현상 관찰 → ② 가설 수립(모델링) → ③ 실험 → ④ 가설 검증 → Yes 가설 인정, No 가설 폐기 → ⑤ 모델링 수정(가설 재설정) ex) 자살의 경향은 유전적인가? → 가설: 자살을 잘 하는 유전적 경향이 있다. → 검증(실험) 가계로 연구 → 특별한 상관 관계 발견 안 될 경우 → 자살은 유전적 요인에 의한 것이 아니다. ⇒ 새 가설(새로운 모델링) - 자살은 사회적, 심리학적 요인에 의한 것이다.(213)

과학에서 모델을 바꾸어야 하는 이유에 대하여 몇몇 예비 교사들은 새로운 사실이나 변수가 발견될 경우 그렇게 해야 한다고 응답하였다. 하지만 그러한 새로운 발견이 모델과 어떤 관련이 있는 것인지에 대해서는 대부분 자세하게 진술하지 못하였다. 반면에 이보다 조금 많은 수의 예비 교사들이 기존의 모델로는 설명할 수 없는 새로운 현상이 발견되거나 그것을 더 잘 설명할 수 있는 모델이 있는 경우에 다른 모델을 채택해야 한다고 하여 모델을 바꾸어야 하는 이유를 비교적 구체적으로 제시해주었다. 특히 이러한 응답으로부터는 이들이 현상을 기술하거나 설명하는 것을 모델의 주요한 기능의 하나로 인식하고 있다는 점을 다시 한 번 확인할 수 있었다. 다음은 그러한 인식을 잘 보여 주는 응답 사례들이다.

가장 설명하기 좋은 모델을 만들었다고 해도 계속되는 실험과 관찰을 통해서 새로운 사실이 나타나고 기존의 모델로는 설명할 수 없는 것들이 많이 나타날 때 모델을 새롭게 바꾸어야 한다고 생각한다.(229)

그가 설립한 모델이 그의 관찰을 통한 사실에 위배되어 더 이상 과학적인 사실을 제대로 설명하지 못하게 될 때 그는 그 모델을 교체(change)하여야 하고, 그러한 새로운 사실을 설명하기 위한 새로운 모델을 도입하여야 합니다.(314)

또한 비교적 많은 수의 예비 교사들이 과학에서는 이론이나 패러다임이 바뀔 수 있고 새로운 개념이나 사실이 출현할 수 있기 때문에 그에 따라 모델도 바뀌어야 한다고 주장하였다. 예컨대, 다음과 같은 응답 사례들은 모델이 이론이나 패러다임과 같은 보다 큰 과학 지식 혹은 사고의 틀에 부속한다는 인식에서 비롯된 것으로 해석할 수 있다.

과거의 과학자들에 의해 성립된 이론을 바탕으로 모델로 정해졌던 것이 오늘날 과학자들에 의해서 잘못된 이론으로 판명되었을 때에는 그에 해당하는 모델도 바뀌어야 한다고 생각한다.(226)

과학이라는 것이 ... 계속 변화하는 혁명적인 ‘패러다임’의 구조를 갖고 있다고 생각하기 때문에 ‘모델’ 역시 그 이론 속에서 같이 움직이는 것이므로 바뀌어야 할 경우가 있다고 생각한다.(323)

이와 더불어, 일부 예비 교사들은 과학 지식이 변할 수 있다는 것을 직접 언급하지는 않았지만, 과학적 탐구 대상으로서 자연 현상이나 자연 세계의 질서가 바뀌기 때문에 모델도 바뀌어야 한다고 인식하고 있었다(표 5 참조).

마지막으로, 모델의 가변성에 관한 예비 교사들의 응답들 중에는 이들이 여전히 모델을 의사소통이나 교수-학습의 맥락에서 이해하려는 태도를 강하게 가지고 있다고 짐작하게 하는 것들도 발견되었다. 즉, 아래의 응답 사례들은 모델을 전달받는 사람이나 모델이 전달하고자 하는 내용의 수준에 따라 모델 또한 달라져야 한다는 예비 교사들의 인식을 잘 보여준다.

예를 들어 지구과학 시간에 경도와 위도를 설명하기 위해 세계 지도를 준비했다. 그러나 태양과의 관계, 달과의 관계를 설명하기에는 적절치 못하므로 지구본을 모델로 정하는 것이 더 나을 수 있다.(211)

‘모델’은 상황과 사용하는 대상에 따라 바뀔 수 있다. 사용자가 이해하지 못하는 모델이라면 조금 더 쉽게 바뀌어야 하고, 반대로 사용자의 수준이 높은 경우에는 대상의 성질을 더 많이 반영하는 모델을 사용할 수 있다.(308)

과학에서 모델의 변화는 모델에 대한 경험적 혹은 이론적인 평가를 바탕으로 이루어진다. 이때 경

험적 평가(empirical assessment)란 모델이 지시하는 관찰 사실이나 실험 결과가 실제로 존재하는가를 확인하는 작업을 뜻하고, 이론적 평가(theoretical or conceptual assessment)는 모델의 내용이 이미 잘 정립된 과학 이론이나 다른 모델과 정합하고 그것들과 모순되지 않는가를 따져 보는 것을 의미한다(Passmore & Stewart, 2002). 이러한 평가를 견디어낸 모델은 지속적으로 사용될 수 있지만, 그렇지 않은 경우에는 기존의 모델을 수정하거나 새로운 모델을 동원해야 한다. 이 점에 비추어 볼 때 본 연구에 참여한 예비 교사들은, 모델을 평가하는 구체적인 과정에 대해서는 잘 진술할 수 없었지만, 과학에서 경험적 혹은 이론적 테스트를 통하여 모델을 바꾸는 일이 가능하다는 것에 대해서는 어느 정도 인식하고 있음을 알 수 있다. 앞으로 더 발전된 연구에서는 이러한 참여자들의 인식이 그들이 직접 모델을 창안하고 정교화 시키는 과정에 어떻게 반영되는지 자세히 탐색해 볼 수 있을 것이다.

## 5. 과학 수업에서 모델의 활용 방법

본 연구에서 사용된 질문지의 마지막 문항은 과학 수업에서 모델의 활용 방법에 관한 것이었다. 연구의 참여자들이 장차 초등학교 현장에서 수업을 하게 될 예비 교사들인 만큼 이 질문에 가장 장문(長文)으로 응답하였고, 그들의 응답에는 여러 가지 인식 유형들이 혼재되어 나타났다. 과학 수업에서 모델의 활용에 관한 예비 교사들이 인식은 표 6에 정리된 바와 같이 교사 중심의 활용 방법, 학생들이 참여하는 방법, 그리고 어떤 학습 효과나 학습 과정을 위한 모델 활용 방법으로 구분되었다.

예비 교사들이 말한 교사 중심의 모델 활용 방안들은 공통적으로 어려운 과학 지식이나 대상을 학생들에게 쉽게 전달하기 위하여 모델을 사용하겠다는 내용이었다. 이러한 인식 유형은 모델을 기능적으로 정의하는 습관이나 모델의 목적을 의사소통, 교수(teaching), 이해에 두는 관점과 일관된 것으로 판단되었는데, 그러한 특징을 잘 보여주는 응답 사례로는 다음과 같은 것들을 예로 들 수 있다.

모델은 과학을 설명하기 좋게 과학자들이 만들어 놓은 도구입니다. ... 지각 변동을 설명할 때 지각의 어떤 힘의 작용으로 단층이 생기고 습곡이 생기고 또는 동시에 생겨나는 것들을 원래 만들어진 모형과

표 6. 과학 수업에서 모델의 활용 방법에 관한 예비 초등 교사들의 인식

인식 유형	응답 수(%)	응답 예
교사가 어려운 과학 지식이나 대상을 쉽게 전달하기 위해 모델을 활용한다.	34(55.7)	과학적 개념이나 현상 중에서도 ... 학생들에게 설명하기 힘든 것을 설명할 때 '모델'을 사용하면 설명하기 한층 쉬울 것이라고 생각한다.(320)
학생들이 참여하는 모델 활용 방법	19(31.1)	눈에 보이지 않거나 보기 힘든 것들을 ... 모델을 활용해 눈에 보이는 것으로 관찰하고 경험할 수 있게 하는 것이 이해를 도울 수 있으며 ... (222)
	16(26.2)	충분한 시간을 제공할 수 있다면 자기 주도적으로 탐구 수업을 설계하는 데에 적합하다.(302)
어떤 학습 효과나 과정을 위한 모델 활용	22(36.1)	모델을 통해서 의문이나 호기심 등을 유발하여 자연스러운 동기 부여가 가능할 수 있다.(212)
	7(11.5)	모델은 가설과 추측을 바탕으로 완성된 것임을 알리고 절대적 사실이 아닌 점을 유의한다.(228)

찰흙 같은 것을 이용해 확인해 봅니다.(327)

교사는 모형의 편의성을 활용하여 학생들에게 복잡한 현상이나 어려운 이론들을 비교적 간결하고 관찰하기 쉽게 알 수 있도록 쓰이게 될 수 있다고 본다.(306)

과학 수업에서 모델의 활용에 관한 예비 교사들의 인식 중에는 학생들이 참여하는 방식으로 모델을 사용하겠다는 응답도 많았다. 하지만 이 중에는 학생들에게 모델을 “보여 주고 만져 보게”(215) 하겠다고 하여 학생들을 수동적인 위치에 놓거나 학생들이 모델을 통해 “실제 일어날 수 있는 상황들을 직접 체험해 볼 수”(304) 있게 하겠다는 것 이상으로 구체화되지 않은 응답들이 약간 더 큰 비율을 차지하였다. 이것과 비교하여 학생들이 주도적으로 모델을 창안할 수 있도록 한다거나 학생들의 능동적인 탐구를 위해 모델을 활용하겠다는 응답은 조금 적었다. 특히 학생들의 탐구 경험을 위해 모델을 활용하겠다는 응답 중에는 모델을 탐구 모형과 같은 것으로 보고 이를 학생들의 학습 과정에 적용하겠다는 인식도 포함되었다. 다음의 응답 사례들은 예비 교사들이 학생들이 능동적으로 참여하는 모델 활용 방안으로 어떤 것들을 염두에 두고 있는지 잘 보여준다.

만약 내가 과학 수업에 모델을 활용한다면 ... 완성된 형태의 모델보다는 시간과 수고가 들겠지만 함께 모델을 만들어 보면서 학생들과 의견을 교류하면서 새로운 현상에 대한 빠른 이해를 돕도록 하겠다.(220)

직접 학생들이 간단하게 모형을 제작해 볼 수 있게 하는 것도 좋고, 직접 모델을 관찰하고 탐구해 보면서 교사가 질문을 던지면 모델을 보고 학생들이 관찰과 가설을 통해 수업을 진행할 수 있도록 하겠다.(221)

“과학자가 되어 보자”라는 주제로 과학자들이 과학을 ‘만들어 내는’ 과정을 자연스럽게 터득하도록 하고 싶다. ... 이 모든 과정을 수행한 후 이것이 과학자들이 쓰는 모델이라는 것을 설명한다. 즉, 과학이라는 것이 어려운 것이 아니라, 이런 모델을 통해서 얼마든지 새로운 지식을 발견, 발명할 수 있는 것이라는 것을 모델을 통해 알려 줄 수 있을 것 같다.(305)

과학 수업에서 모델의 활용 방안에 관한 예비 교사들의 응답 중에는 모델을 어떤 학습 효과나 학습 과정을 위해 활용하겠다는 의견도 많이 발견되었다. 하지만 이 중에는 학습 동기나 흥미 유발, 사고력 증진과 같이 과학 수업에만 고유한 것이라고 할 수 없는 일반적인 학습 효과를 언급한 것들이 다수를 차지하였다. 예를 들어, 많은 예비 교사들이 모델을 사용하면 “학생들도 더 과학 수업을 좋아하며 배울 수”(214) 있을 것이라고 기대하였으며, 막연하게나마 모델을 활용하는 수업이 “사고력 증진에도 도움이 될 것”(309)이라고 생각하였다. 또, 누가 어떻게 모델을 활용할 것인지에 대한 구체적인 진술 없이 그저 이해를 돕기 위해 모델을 사용하겠다는 응답도 이와 같은 인식 유형에 속하는 것으로 판단되었다.

수업 중에 어떤 학습 효과나 과정을 염두에 두고 모델을 사용하겠다는 예비 교사들 중에는 과학에

특이적인 것을 언급하는 경우도 몇몇 있었다. 이들의 응답 역시 누가 어떻게 모델을 활용할 것인지에 대해서는 자세히 말하지 않은 것이 특징이지만, 다음과 같이 모델을 통해 특정한 탐구 기능을 경험하도록 한다거나 모델을 활용하는 동안 모델의 본성을 명시적으로 가르치겠다고 진술한 사례가 포함되어 있었다.

어떠한 과학적 법칙이 적용된 현상을 검증해 보는 실험을 할 때, 그 현상이 눈으로 관찰하기 어려운 현상이라면 모형을 이용해 검증해 볼 수 있다.(311)

모델은 언제든지 수정될 수 있으며, 과학적 지식들이 절대적인 것이 아니며 자연을 이해하고 해석하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다는 것을 알려줘서 아이들이 모델을 절대적인 진리로 받아들이게 하지 않도록 한다.(207)

이상과 같은 예비 초등 교사들의 인식을 종합적으로 말하자면, 과학 수업에서 모델의 활용에 관한 그들의 인식은 주로 Henze 등(2007)이 말한 ‘모델 내용 지향적’(model-content oriented) 관점이라고 할 수 있다. 반면에 학생들이 적극적으로 모델을 창안해 보는 ‘모델 제작 지향적’(model-production oriented) 관점이나 학생들로 하여금 모델의 본성에 대해 생각해 보게 하는 ‘모델 사고 지향적’(model-thinking oriented) 관점은 상대적으로 부족하다고 볼 수 있다. 그런데, Windschitl과 Thompson(2006)에 따르면, 과학 수업에서 모델을 활용하는 교사들의 태도는 모델의 특징에 관한 그들의 믿음에서 비롯되기도 한다. 즉, 모델이 실재하는 대상을 정확히 표상해야 한다고 믿는 교사들은 학생들이 직접 모델을 개발하는 활동이나 모델의 본성을 이해하도록 돕는 교수 행위를 덜 가치 있게 생각한다. 이와는 대조적으로 모델이 추론과 비판의 대상이 될 수 있다고 인식하는 교사들은 자신의 교수 활동에서도 그러한 특징이 드러나도록 수업을 설계한다는 것이다. 따라서, 본 연구에서 거듭 강조하는 바와 같이, 앞으로의 후속 연구에서는 과학적 모델에 관한 교사들의 인식과 그들의 교수 행위와의 관련성에 대해 심도 있게 연구해 볼 필요가 있다.

한편, Justi와 Gilbert(2002b)는 교사 양성 과정 중의 교육 내용이 모델 활용 방법에 관한 교사의 인식에 영향을 미칠 수 있음을 지적하였다. 즉, 그들은 상당수

의 교사들이 교사의 가르침에 초점을 맞추어 모델의 활용 가치를 이해하고 있다고 보고하면서, 교사 양성의 책임을 지고 있는 대학의 교육자들이 대부분 교수(teaching)의 관점에서 모델의 활용을 가르치고 있다고 주장하였다. 따라서 과학 수업에서의 모델의 활용 방법에 관한 교사들의 인식의 근원으로서 교사 교육 프로그램의 내용을 살펴보고, 문제점이 있다면 이를 개선하려는 노력이 있어야 할 것이다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학과 과학 교육에서 사용되는 모델에 관한 예비 초등 교사들의 인식을 개방형 질 문지를 통해 조사하였다. 연구 참여자들의 응답을 분석한 결과, 그 중에는 모델을 물리적 실재를 대신 나타내는 것으로 인식하는 경우가 많았으며, 모델이 추상적인 아이디어를 표상할 수 있다거나 가설 또는 이론과 같은 것이라는 인식을 가진 경우는 상대적으로 적었다. 또, 많은 예비 교사들이 기능적인 관점에서 모델을 정의하려는 경향을 보였고, 모델의 활용 목적을 주로 가시화나 단순화, 또는 의사소통이나 교수, 이해의 맥락에서 인식하였다. 대부분의 예비 교사들은 하나의 대상에 대하여 복수의 모델이 존재할 수 있다고 생각하였으며, 예외 없이 과학에서는 모델을 바꾸어야 하는 경우가 있다고 응답하여 모델의 다양성과 가변성에 대해서 대체로 잘 인식하고 있음을 알 수 있었다. 하지만 이들은 과학적 탐구 과정에서 모델이 활용되고 평가되는 과정을 자세하게 진술하지 못하였고, 모델의 구체적인 본성에 관해서 언급하는 경우도 드물었다. 마지막으로 과학 수업에서 모델의 활용 방법과 관련하여 예비 교사들은 주로 교사 중심적인 관점을 가지고 있었으며, 학생들이 주도적으로 모델을 창안하거나 탐구를 위해 모델을 사용하도록 하겠다는 응답은 상대적으로 적었다.

과학을 가르치고 배우는 상황에서 모델에 관한 인식의 중요성은 선행 연구들에서 꾸준히 강조되어 왔다. 예를 들어, Erdurau와 Duschl(2004), Justi와 Gilbert(2003) 등은 모델을 활용한 효과적인 과학 수업을 위해서는 교사가 모델에 관한 적절한 인식을 가지고 있어야 한다고 타당하게 지적하였다. 또, Crawford와 Cullin(2004)은 과학에서 사용되는 모델에 관해 바르게 아는 것이 과학의 본성에 대한 이해와 직

결된다든 점을 강조하기도 하였다. 이점에서 본 연구는 장차 학교 현장에서 과학을 가르치게 될 예비 초등 교사들이 모델에 관하여 가지고 있는 인식의 특징을 그 제한점과 함께 밝혔다든 데 의의가 있다. 즉, 본 연구에서 발견한 예비 교사들의 인식은 앞으로 과학적 모델과 그 교육적 활용에 관하여 연구하거나 수업을 개발하고자 할 때 고려해야 할 점이 무엇인지 시사해 주는 기초 자료로서의 역할을 할 수 있을 것이다.

그런데, 이렇게 예비 교사들의 인식을 조사하는 것은 궁극적으로 과학적 모델에 관한 교사들의 인식 수준을 제고(enhancement)하여 모델을 활용한 보다 효과적인 과학 수업을 구현하도록 하기 위한 것이다. 일찍이 Grosslight 등(1991)은 모델에 관한 인식을 개선하기 위해서는 참여자들이 다양한 목적을 위해 모델을 직접 이용하거나 제작해 보는 활동을 제공하는 것이 가장 자연스런 방법이라고 주장하였다. 또, 최근에는 Windschitl과 Thompson(2006)이 모델과 모델링을 통합한 탐구 과제를 수행하도록 함으로써 예비 교사들의 생각을 긍정적인 방향으로 변화시킬 수 있다고 보고하였다. 따라서 모델과 모델링을 적극적으로 고려한 탐구 중심의 교사 교육 방법을 마련하고, 이를 예비 교사나 현직 교사들을 위한 프로그램에 적극적으로 활용하도록 해야 할 것이다. 특히 이때는 모델 중심의 과학 학습 활동을 초중등학교의 과학 수업에도 적용할 수 있도록 프로그램의 수준을 다양화하는 일이 병행되어야 할 것이다.

과학 교육 연구의 측면에서 보면, 우리나라에서 모델에 관한 연구는 아직 초기 단계에 있다고 할 수 있다. 하지만 이미 외국에서는 모델을 활용한 과학 수업에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다는 점을 고려할 때 우리나라에서도 모델과 모델링에 관한 과학 교육 분야의 연구가 다각도로 시도될 필요가 있다. 특히 앞으로의 연구에서는 본 연구에서 다루지 못했던 모델에 관한 현직 교사들의 인식을 조사하는 일과 교사들의 인식과 그들의 수업 행위와의 관계를 따져 보는 일이 반드시 포함되어야 할 것이다. 또한, 그러한 연구는 교사들과 연구자들이 함께 참여하는 현장 개선 연구(action research)의 형태로 진행함으로써 모델에 관한 교사들의 인식을 제고하는 것과 동시에 모델을 활용한 과학 학습의 효과를 증진시키는 데에도 기여할 수 있도록 하는 것이 바

람직할 것이다(cf., Justi & Gilbert, 2003).

## 참고문헌

- 김영천(2006). 질적연구방법론 1. 서울: 문음사.
- 오피석(2007). 중등학교 지구과학 수업에서 과학적 모델의 활용 양상 분석: 대기 및 해양 지구과학 관련 수업을 중심으로. 한국과학교육학회지, 27(7), 645-662.
- 오피석, 전원선, 유정문(2007). 10학년 과학 교과서 지구 분야에 등장하는 과학적 모델 분석. 한국지구과학회지, 28(4), 393-404.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 191-208). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Buckely, B. C. & Boulter, C. J. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 119-135). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Clement, J. J. (2008). *Creative model construction in scientists and students: The role of imagery, analogy, and mental simulation*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Crawford, B. A. & Cullin, M. J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1379-1401.
- Erduran, S. & Duschl, R. A. (2004). Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom. *Studies in Science Education*, 40, 105-138.
- Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. (2000). *Developing models in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998). *Models in explanations, Part 1: Horses for courses?*



- International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Gilbert, J. K., Reiner, M. & Nakhleh, M. (Eds.) (2008). *Visualization: Theory and practice in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Gobert, J. D. (2000). A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22(9), 937-977.
- Gobert, J., Snyder, J. & Houghton, C. (2002). The influence of students' understanding on model-based reasoning. *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association*, New Orleans, LO, April 1-5.
- 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.
- Halloun, I. A. (2004). *Modeling theory in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Halloun, I. A. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16, 653-697.
- Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students. *Research in Science Education*, 31, 401-435.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Henze, I., van Driel, J. H. & Verloop, N. (2007). Science teachers' knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on public understanding of science. *Research in Science Education*, 37, 99-122.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002a). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002b). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in the learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386.
- Kang, S., Scharmann, L. C. & Noh, T. (2004). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89, 314-334.
- Liszka, J. J. (1996). *A general introduction to the semiotic of Charles Sanders Peirce*. Bloomington, IN: Indiana University Press.
- Passmore, C. & Stewart, J. (2002). A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 185-204.
- Rapp, D. N. & Kurby, C. A. (2008). The 'ins' and 'outs' of learning: Internal representations and external visualization. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 295-309). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Shen, J. & Confrey, J. (2007). From conceptual change to transformative modeling: A case study of an elementary teacher in learning astronomy. *Science Education*, 91, 948-966.
- Smit, J. J. A. & Finegold, M. (1995). Models in physics: Perceptions held by final-year prospective physical science teachers studying at South African universities. *International Journal of Science Education*, 17(5), 621-634.
- van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). 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' understanding of model-based inquiry. *American Educational Research Journal*, 43(3), 783-835.