

과학적 모델 관련 설문지 개발 -초등 예비 교사의 과학적 모델에 대한 인식-

신 민 현*

†대구교육대학교(교수)

Development of a Questionnaire on Scientific Models -Elementary Pre-service Teachers' Perceptions of Scientific Models-

Min Hyeon SHIN*

†Daegu National University of Education(professor)

Abstract

This study developed and validated a multidimensional questionnaire to examine pre-service elementary teachers' perceptions of scientific models. The questionnaire comprised items on 'Explanation and Prediction of Phenomena', 'Representation of Features', 'Provisionality', 'Limitedness', and 'Diversity'. Factor analysis revealed that pre-service elementary teachers positively perceived five factors regarding scientific models: 'Explanation and Prediction of Phenomena', 'Representation of Characteristics', 'Provisionality', 'Limitedness', and 'Diversity'. Comparing the mean values across these factors revealed that the 'provisionality' factor was perceived most positively, while the 'limitedness' factor received the lowest positive recognition. These findings highlight the multidimensional nature of perceptions of scientific models and underscore the need for explicit instruction on the epistemological aspects of models, particularly their limitations, in teacher education.

Key words : Perceptions of scientific models, Pre-service elementary teachers, Questionnaire on scientific models, Factor analysis

I. 서론

오늘날 과학기술의 급속한 발전은 지식의 축적을 넘어 새로운 지식의 창출과 이에 기반한 문제 해결 능력을 요구하고 있다. 이러한 변화 속에서 한국의 과학교육은 단순한 개념 이해를 넘어서 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 의사소통 능력과 같은 핵심역량의 함양을 주요 목표로 설정하고 있다(MOE, 2015a, MOE, 2022). 여기서 과학적 사고력이 의미하는 바는 과학적 주장과

증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고로서 이는 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

이와 같은 과학적 사고의 형성 과정에서 과학적 모델(scientific model)은 핵심적인 역할을 수행한다. 과학적 모델은 관찰이 어려운 대상이나 과

* Corresponding author : 053-620-1346, mhshin@dnue.ac.kr /orcid.org/0000-0001-6205-2621

* 이 논문은 2024학년도 대구교육대학교 교내학술연구비 지원으로 연구한 것임.

정을 표상하고, 복잡한 현상을 단순화하여 설명하며, 새로운 상황에 대한 예측을 가능하게 하는 과학적 실천의 중심 도구이며(Harrison and Treagust, 2000; Ingham and Gilbert, 1991), 그 지적 형상은 실존하는 것이 아니다(MOE, 2015b). 미국의 국가 과학교육 기준에서는 과학지식을 개념, 원리, 법칙, 이론, 모델로 구성된 통합적 체계로 제시하고 있다(National Research Council, 1995). 또한, 미국 차세대과학표준의 이론적 기반이 되는 과학교육 프레임워크에서도 모델의 개발과 활용을 과학·공학 실천의 핵심 요소로 강조한다(National Research Council, 2012). 이러한 관점은 과학적 모델이 단순한 시각적 자료가 아니라 과학적 추론과 설명, 그리고 지식 생성 과정에 필수적인 인지적 도구임을 시사한다.

즉 과학 이론은 현실 세계를 직접적으로 재현하는 것이 아니라 특정 측면을 추상화하여 구성된 모델을 통해 이해될 수 있으며, 과학적 탐구는 이러한 모델을 생성하고 평가하며 수정하는 과정으로 설명될 수 있다(Develaki, 2007; Unzai and Matsuura, 2016). 이와 같이 모델에 기반을 두고 과학 이론을 파악하는 과학적 추론을 모델 기반 추론(model-based reasoning)이라고 부른다. 현대 과학철학에서 모델 이론은 과학적 이론을 모델들의 집합으로 해석하며, 이론과 현실 세계 간의 관계 이해에 모델이 크게 기여한다고 보고 있다. 또한 과학적 방법과 과학적 지식의 본질을 근본적으로 이해하는 것은 과학교육에서 인식론적으로 적절한 교육 모델의 형성에 기여할 수 있기에(Develaki, 2007) 현재까지 과학적 모델의 인식 및 학습에 관한 다양한 연구들이 진행되고 있다.

Schwarz et al.(2009)은 과학적 모델의 목적과 성질에 대한 학습자의 인식이 모델 기반 추론을 촉진한다고 보고하였으며, 이는 모델에 대한 인식이 단순한 태도적 요소를 넘어 과학적 사고의 질을 결정하는 핵심 변인임을 의미한다. 이와 관련하여 선행 연구에서는 과학적 모델에 대한 인

식을 다양한 관점에서 분석해 왔다. Grosslight et al.(1991)은 모델에 대한 인식 조사에서 모델의 종류, 모델의 목적, 모델의 형성과 디자인, 모델의 변화, 다양한 모델에 대하여 유형화하였고 학생과 전문가가 모델의 목적과 본질을 다르게 이해하고 있음을 제시하였다. Treagust et al.(2002)은 학생들이 모델을 복제물, 설명 도구, 다중 표상 등으로 인식하고 있음을 보고하였다. 또한 Schwarz and White(2005)는 과학 모델의 본질과 유용성에 대해 배우고 모델을 만들고 검증하는 교육과정을 개발하였는데, 모델의 생성, 평가, 수정 과정을 포함한 모델링 교육이 학습자의 과학 이해를 심화시킨다고 제안하였다. 과학적 모델의 적용 방법에 대하여 Justi and Gilbert(2002)는 과학교육 및 학습에서 모델 형성 과정으로 모델 학습 과정, 모델 활용 학습 과정, 모델 수정 방법 학습 과정, 모델 재구성 학습 과정, 모델 신규 형성 학습 과정을 제안하였다. 국내 연구에서도 Cho et al.(2017a)에 의해 중등 과학 교사의 모델과 모델링에 대한 인식 조사 연구가 진행된 바 있으며, Cho et al.(2017b)는 과학교육의 현장에서 모델과 모델링의 적용을 위해 필요한 메타모델링 지식에 관한 연구를 진행한 바 있다. 이외에도 모델의 개념적 이해나 모델링 수업을 적용한 교수·학습 과정에 초점을 두고 있는 선행 연구가 있다(Cha et al., 2022; Park et al., 2020; Suk and Yoon, 2022; Yoon, 2011). 이처럼 과학적 모델의 인식 및 학습에 관한 다양한 연구가 진행됐지만, 이에 반하여 학습자의 과학적 모델에 대한 인식을 체계적으로 측정할 수 있는 도구 개발에 관한 연구는 상대적으로 제한적인 실정이다.

기존의 과학적 모델 관련 설문 도구들은 설명 기능, 변화 가능성 등의 특정 요인에 집중하거나, 일부 요인에 대한 포괄성이 부족한 한계를 지니고 있다. Unzai and Matsuura(2016)는 과학적 모델이 자연현상을 설명하고 예측하는 기능을 가지며(현상의 설명·예측), 복잡한 현상의 핵심 특징을 단순화하여 표상하고(특징의 표상), 새로운 증거

에 따라 수정될 수 있는 잠정적인 성격을 가지며 (잠정성), 현실을 완전하게 재현하지 못하는 제한적 표상이라는 한계를 지니고(한계성) 있다는 특성을 반영하여 ‘현상의 설명·예측’, ‘특징의 표상’, ‘잠정성’, ‘한계성’의 4가지 요인을 중심으로 한 모델의 특성 인식 관련 설문 도구를 제시하였다. 그러나 본 설문 도구는 과학적 모델의 중요한 특성 중 하나인 동일한 현상을 다양한 방식으로 표상할 수 있다는 ‘다양성’ 요인이 충분히 반영되지 못하였다는 한계를 지니고 있다. 과학적 모델은 동일한 자연현상에 대해서도 목적, 관점, 설명 수준에 따라 다양한 형태로 구성될 수 있으며(Harrison and Treagust, 2000) 이러한 다양성은 과학적 모델의 본질적 특성 중 하나이다. 메타모델링 연구에서도 동일 현상을 설명하기 위한 다중 모델의 존재와 모델 간 비교·평가 과정은 핵심적인 인식 요소로 제시되고 있다(Cho et al., 2017b). 즉 이러한 과학적 모델의 다양성 특성은 과학적 설명의 본질적 특성이라는 점에서 독립적인 인식 요인으로 고려될 필요가 있다.

과학적 모델링은 모델의 생성, 평가, 수정 과정을 포함하는 복합적인 인지 활동으로, 학생과 교사 모두에게 높은 수준의 이해를 요구한다. 학생들의 경우 모델 기반 수업에서 모델 형성 과정에 대하여 이해하지 못하고 모델의 형성 과정을 어려워하는 경향을 보이는 경우가 있으며 (Schwarz and White, 2005; Oh, 2009), 일부의 경우 모델링 수행 수준이 향상되지 않거나 오히려 감소하는 양상이 나타나기도 했다(Park et al., 2016). 이때 모델 기반 수업에 중요한 요인이 되는 것은 교사의 신념이다. 교사의 신념은 교수 행동과 수업 실행을 매개로 학생의 학습 과정과 성취에 영향을 미치는 중요한 요인이며(Pajares, 1992; Wolf, 2023) 학생과의 상호작용 및 수업 전략에 영향을 미치기에 이는 학생의 학습 동기와 성취로 이어질 수 있다. 또한 교사의 신념은 교수 실행 방식에 직접적인 영향을 미쳐, 학생의 모델링 능력과 학습 결과에도 영향을 미치는 것으로 나타났다

(Mischo et al., 2013; Chien et al., 2018). 특히 예비 교사는 학생의 과학 학습 경험을 설계하고 지도하는 미래의 교사로서 이들의 과학적 모델에 대한 인식은 학생들의 과학 개념 형성과 과학적 사고 발달에 직접적인 영향을 미친다. 초등 단계는 학생들이 과학을 처음 체계적으로 접하며 설명과 예측, 증거와 주장, 표상과 실제 간의 관계를 형성하는 시기이므로, 교사의 모델에 대한 이해 수준은 학생들의 과학 인식 형성에 결정적인 역할을 한다. 이러한 중요성에도 불구하고 초등 예비 교사를 대상으로 과학적 모델 인식을 다차원적으로 분석한 연구는 충분하지 않은 실정이다. 따라서 과학적 모델에 대한 인식을 체계적으로 측정하고 분석할 수 있는 설문 도구를 개발하고 초등 예비 교사에 대한 과학적 모델에 대한 인식을 조사하는 것은 과학 교사 교육의 질적 향상을 위한 기초 연구로서 중요한 의의가 있다. 특히 과학적 모델의 ‘설명·예측’, ‘특징의 표상’, ‘잠정성’, ‘한계성’, ‘다양성’과 같은 핵심 요인을 통합적으로 반영한 측정 도구의 개발은 초등 예비 교사의 모델 이해 수준에 대한 진단을 통하여 향후 교사 교육 프로그램의 설계 및 개선을 위한 근거를 제공할 수 있다.

이에 본 연구에서는 선행 연구를 토대로 과학적 모델에 대한 인식을 구성하는 주요 요인을 도출하고, 과학적 모델의 다중 표상적 특성을 반영하기 위하여 ‘다양성’ 요인을 독립적인 구성 요인으로 포함하여 기존 설문 도구를 보완한 새로운 형태의 과학적 모델 인식 설문지를 개발하고자 한다. 또한, 개발된 설문지를 초등 예비 교사에게 적용하여 과학적 모델에 대한 인식의 요인 구조와 특성을 분석함으로써 초등 예비 교사의 과학적 모델 이해 수준을 파악하고 그 교육적 시사점을 도출하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대도시에 위치하는 교육대학교 1학년, 3학년에 재학 중인 대학생인 초등 예비 교사 167명을 대상으로 수행하였다. 사전에 연구의 목적과 연구의 익명성, 연구 윤리에 대한 안내를 확인하였으며 초등 예비 교사들에게 동의를 득한 후 검사를 시행하였다.

2. 검사 도구

본 연구에서는 초등 예비 교사의 과학적 모델에 대한 인식을 체계적으로 측정하기 위하여 선행 연구를 기반으로 설문지를 개발하고자 하였다. 먼저 과학적 모델의 목적과 성질에 관한 선행 연구에 대한 고찰을 진행하여 모델의 특성 및 구성 요소에 대해 <Table 1>에 나타냈다. 이때 <Table 1>에서 표기된 구성 요소의 경우 해당 연구에서 각 구성 요소가 개념적으로 논의되었음을 의미한다.

예를 들어 Treagust et al.(2002)의 과학적 모델의 이해도 측정 연구에 따르면, 학생들은 과학적 모델의 다중 표현으로서의 역할, 정확한 복제물로서의 모델, 설명 도구로서의 모델, 과학적 모델의 활용 방식, 과학적 모델의 변화하는 특성에 대하여 인식하고 있었다. Schwarz et al.(2009)는 과학적 모델의 목적 및 성질 연구에서 모델의 목적은 현상을 예측하거나 설명하거나 예측하는 것이며, 모델의 성질은 눈에 보이지 않는 과정과 특징을 나타낼 수 있는 것이라 하였다. 이때 다양한 모델은 강점이 있다고 언급하여 모델의 다양성 측면에 대하여 강조하였다. 또한 현상의 이해를 촉진하기 위하여 모델은 변할 수 있으며 모델에 의한 현상의 설명에는 한계가 있다고 기술하고 있다. Cho et al.(2017a)의 중등 과학 교사의 모델과 모델링에 대한 인식조사 연구에 따르면, 교사들은 모델에 대하여 시각적 표상으로서의 기능을 가진다고 인식하고 있으며 모델을 과학적 내용을 설명하기 위한 도구로 여기는 관점을 보

였다. 또한 하나의 현상에 다양한 모델이 존재하는 것을 인식하며, 모델은 바뀌거나 변할 수 있다는 인식을 나타내었다. Cho et al.(2017b)는 모델이 자연계에서 일어나는 현상에 대한 설명을 위해 현상을 여러 양식으로 표상화하여 나타낸 것이며, 같은 현상을 설명하기 위해 여러 모델이 존재한다고 기술하고 있다.

선행 연구 분석 결과 <Table 1>에 나타낸 바와 같이, 과학적 모델은 자연현상을 설명하고 예측하는 기능을 가지며(현상의 설명과 예측), 복잡한 현상의 핵심 특징을 단순화하여 표상하고(특징의 표상), 새로운 증거에 따라 수정될 수 있는 잠정적인 성격을 가지며(잠정성), 현실을 완전하게 재현하지 못하는 제한적 표상이라는 한계를 지니고(한계성), 동일한 현상에 대해 다양한 모델이 존재할 수 있는 다중적 특성(다양성)과 같은 다차원적 특성으로 구성됨을 확인할 수 있었다(Grosslight et al., 1991; Treagust et al., 2002; Schwarz et al., 2009; Cho et al., 2017a; Cho et al., 2017b).

특히 Unzai and Matsuura(2016)는 과학적 모델에 대한 메타인지적 인식을 조사하기 위하여 Grosslight et al.(1991), Treagust et al.(2002), Schwarz et al.(2009)의 모델 관련 논의를 바탕으로 과학적 모델에 대한 인식을 ‘현상의 설명·예측’, ‘특징의 표상’, ‘잠정성’, ‘한계성’의 4가지 요인으로 구조화한 설문 도구를 개발하였다. 즉 선행 연구에서 과학적 모델의 목적과 본성에 관한 이론적 근거를 제공하였다면, Unzai and Matsuura(2016)는 이를 바탕으로 실제 측정 가능한 설문 요인을 구성하였다 할 수 있다. 그러나 <Table 1>의 선행 연구 분석에서 볼 수 있듯이 동일한 과학적 현상에 대해 다양한 모델이 존재할 수 있다는 모델의 다중성은 과학적 모델의 본질적 특성으로 강조되고 있음에도 불구하고 Unzai and Matsuura(2016)의 설문 도구에서는 ‘다양성’ 요인이 충분히 반영되지 못한 한계가 있다.

<Table 1> Components of Scientific Models Identified in Previous Studies

Researcher	Components of the Model				
	Explanation and Prediction of Phenomena (ExpPre)	Representation of Characteristics (Rep)	Provisionality (Pro)	Limitedness (Lim)	Diversity (Div)
Treagust et al. (2002)	○	○	○	○	○
Schwarz et al. (2009)	○	○	○	○	○
Cho et al. (2017a)	○	○	○		○
Cho et al. (2017b)	○	○			○

Note. The marks indicate whether each component was conceptually discussed in the corresponding study, not whether it was presented as a questionnaire factor.

이에 본 연구에서는 기존 4개 요인 구조를 기반으로 하되, 과학적 모델의 중요한 특성 중 하나인 ‘다양성’ 요인을 추가하여 보다 포괄적인 측정 도구를 개발하고자 하였다. 설문 문항은 Unzai and Matsuura(2016)의 문항을 기초로 수정·보완하였으며, ‘다양성’ 요인을 측정하기 위한 문항을 새롭게 개발하여 총 5개 요인, 20문항으로 구성하였다. 각 요인은 ‘현상의 설명·예측(4문항)’, ‘특징의 표상(4문항)’, ‘잠정성(4문항)’, ‘한계성(4문항)’, ‘다양성(4문항)’으로 구성하였다. 문항은 Likert 5점 척도로 구성하여 ‘전혀 그렇지 않다(1점)’부터 ‘매우 그렇다(5점)’까지 응답하도록 하였다.

설문 문항의 내용 타당도를 확보하기 위하여 과학교육 전문가 2인이 각 문항이 해당 요인을 적절히 반영하는지 검토하였으며, 문항의 의미 명확성과 표현의 적절성을 중심으로 수정·보완을 실시하였다. 또한, 초등 예비 교사 5명을 대상으로 문항 이해 가능성을 점검하여 용어의 난이도와 문장 표현을 조정하였다. 이 과정에서 과학적 모델과 관련된 개념이 응답자에게 혼동 없이 전달될 수 있도록 문항의 중복성 및 모호성을 최소화하였다.

최종적으로 개발된 설문지는 <Table 2>에 제시

된 바와 같이 과학적 모델의 주요 인식 요인을 포괄적으로 반영하도록 구성하였다. 본 연구에서는 이러한 설문지를 활용하여 초등 예비 교사의 과학적 모델에 대한 인식을 측정하고, 탐색적 요인분석을 통해 구인 타당도를 재검증하고 Cronbach's α 계수를 산출하여 신뢰도를 검증한 후 사용하였다.

3. 자료처리 및 분석

본 연구에서는 초등 예비 교사의 과학적 모델 인식 조사를 위하여 Unzai and Matsuura(2016)의 설문 문항을 토대로 ‘다양성’ 요인의 문항을 보완한 검사지를 활용하였다. 이에 본 연구에서 활용하는 검사지에 대한 기본적인 타당도 검증을 위해 구인 타당도 검증 절차로서 KoreaPlus Statistics (SPSS29)을 활용한 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석을 시행하였다. 요인분석 과정은 고유값 분석 및 스크리도표의 분석을 사용하고, 주축회전과 프로맥스 회전하에서 부하량 .40 이하면 문항을 삭제하는 방법으로 요인분석을 하였다. 다음으로 초등 예비 교사가 가진 과학적 모델의 인식 특성 분석을 위하여 SPSS29를 활용한 일반선형모형 분석 방법을 사용하였다.

<Table 2> Items from scientific model questionnaire

Item	Content of the item
p01	A new scientific phenomenon can be predicted by the model.
p02	The explanation and prediction of scientific phenomena can be performed by models.
p03	Existing models can be applied to other scientific phenomena to make new predictions.
p04	A new scientific phenomenon can be explained by the model.
p05	A model is a simplified representation of complex scientific phenomena.
p06	A model is a simplified representation of an abstract scientific phenomenon that is difficult to understand.
p07	A model is a simplified representation of the characteristics of complex scientific phenomena.
p08	A model is a simplified representation of scientific phenomena or processes.
p09	The model of science currently accepted among scientists may change as times change.
p10	The current model of science may change in the future.
p11	A model of science can change if proven by another new theory or evidence.
p12	The model of science can change when new discoveries are made.
p13	There are limitations to explaining scientific phenomena through models.
p14	A model cannot fully explain a scientific phenomenon.
p15	There are limitations to explanations of scientific events based on models.
p16	A model cannot fully explain a scientific event.
p17	Since individuals think differently about the same object or phenomenon, numerous models representing different aspects can emerge.
p18	Since each individual perceives or operates differently regarding the same object or phenomenon, numerous models can emerge.
p19	Different people have different thoughts about the same object or phenomenon, so various models can emerge.
p20	Different people have different perspectives on the same object or phenomenon, so various models can emerge.

Ⅲ. 연구 결과

1. 초등 예비 교사의 과학적 모델의 인식에 대한 요인 구조

본 연구에서는 초등 예비 교사가 가진 과학적 모델의 인식에 관한 연구를 위하여 ‘현상의 설명·예측’, ‘특징의 표상’, ‘잠정성’, ‘한계성’, ‘다양성’의 5가지 요인으로 구성된 설문지를 개발하고, 이를 초등 예비 교사에게 적용하고 이에 대한 탐색적 요인분석을 실시하였다. 요인분석 결과는 <Table 3>에 나타내었다.

요인 1은 p11 ‘과학에 대한 모델은 다른 새로운 이론 혹은 증거에 의해 증명되면 변할 수 있

다’, p12 ‘과학에 대한 모델은 새로운 발견이 있으면 바뀔 수 있다’, p10 ‘현재 사용되고 있는 과학에 대한 모델은 미래에 바뀔 수도 있다’, p09 ‘현재 과학자들 사이에 인정되고 있는 과학에 대한 모델은 시대가 바뀌면 바뀔 수 있다’의 항목들로 구성되어 있으므로 요인 1은 ‘잠정성’ 요인을 나타내고 있다.

요인 2는 p19 ‘동일한 사물·현상에 대하여 사람마다 생각이 다르므로 다양한 모델이 나올 수 있다’, p20 ‘동일한 사물·현상에 대하여 사람마다 관점이 다르므로 다양한 모델이 나올 수 있다’, p18 ‘동일한 사물·현상에 대하여 개인마다 보거나 작동하는 것에 대한 생각이 다르므로 많은 모델이 나올 수 있다’, p17 ‘동일한 사물·현상에 대

하여 개인마다 사고가 다르므로 다른 측면을 나타내는 많은 모델이 나올 수 있다'의 4가지 항목들로 구성되며 이 항목들은 '다양성' 요인을 나타내고 있다.

<Table 3> Factor analysis results of scientific model

Item	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
p11	.944	.042	-.013	-.009	-.035
p12	.906	.056	-.014	.034	-.047
p10	.904	-.051	.061	-.001	.047
p09	.751	-.057	-.023	-.011	.033
p19	-.091	.939	-.035	.018	-.001
p20	-.042	.885	-.072	.034	.034
p18	.004	.837	.057	-.064	.016
p17	.158	.735	.092	.023	-.055
p15	-.067	.082	.863	-.029	-.084
p14	-.004	-.118	.785	.043	.091
p16	.052	-.010	.727	.093	-.121
p13	.029	.068	.719	-.108	.145
p06	.054	.032	-.025	.859	-.148
p05	-.065	-.057	-.005	.806	.074
p07	.048	-.028	.021	.720	.002
p08	-.041	.103	.021	.591	.212
p03	-.103	-.083	.081	.053	.799
p02	-.052	.075	.007	-.015	.757
p01	.250	-.100	-.033	-.011	.652
p04	.106	.189	-.092	-.023	.534

요인 3은 p15 '모델에 의한 과학적 사건에 대한 설명에는 한계가 있다', p14 '모델은 과학적 현상을 완전하게 설명할 수 없다', p16 '모델로 과학적 사건을 완전하게 설명할 수 없다', p13 '모델에 의해 과학적 현상을 설명하는 데는 한계가 있다'의 항목들로 구성되어 있으므로 요인3은 '한계성' 요인을 나타내고 있다.

요인 4는 p06 '모델은 이해하기 어려운 추상적인 과학적 현상을 알기 쉽게 나타낸 것이다', p05 '모델은 복잡한 과학적 현상을 단순화하여 간결하게 나타낸 것이다', p07 '모델은 복잡한 과학적 현상에 대한 특징을 알기 쉽게 나타낸 것이다', p08 '모델은 과학적 현상 혹은 과정들을 단순화하여 나타낸 것이다'의 4가지 항목들로 구성되며

이 항목들은 '특징의 표상' 요인을 나타내고 있다.

요인 5는 p03 '기존의 모델을 다른 과학적 현상에 적용하여 새로운 예측을 할 수 있다', p02 '과학적 현상의 설명·예측은 모델에 의해 행해질 수 있다', p01 '모델에 의해 새로운 과학적 현상이 예측될 수 있다', p04 '모델에 의해 새로운 과학적 현상이 설명될 수 있다'의 항목들로 구성되어 있으므로 요인 5는 '현상의 설명·예측' 요인을 나타내고 있다.

탐색적 요인분석 결과 초등 예비 교사는 과학적 모델에 대하여 '현상의 설명·예측' 요인, '특징의 표상' 요인, '잠정성' 요인, '한계성' 요인, '다양성' 요인을 인식하고 있었다. <Table 4>에서는 탐색적 요인분석 결과 본 연구에서 개발한 과학적 모델에 대한 인식 설문지가 5가지 요인인 '현상의 설명·예측' 요인, '특징의 표상' 요인, '잠정성' 요인, '한계성' 요인, '다양성' 요인으로 구성되었음을 나타내었다.

<Table 4> Items from scientific model questionnaire

Item	Factor
p01, p02, p03, p04	Explanation and Prediction of Phenomena (ExpPre)
p05, p06, p07, p08	Representation of Characteristics (Rep)
p09, p10, p11, p12	Provisionality (Pro)
p13, p14, p15, p16	Limitedness (Lim)
p17, p18, p19, p20	Diversity (Div)

요인분석 결과 얻어진 5가지 요인들에 대한 신뢰도를 확인하였다. 요인 1인 p09, p10, p11, p12 문항으로 구성된 '잠정성' 요인의 신뢰도는 Cronbach's α .915로 나타났으며, 요인 2인 p17, p18, p19, p20 문항으로 구성된 '다양성' 요인의 신뢰도는 Cronbach's α .912이며, 요인 3인 p13, p14, p15, p16문항으로 구성된 '한계성' 요인의

신뢰도는 Cronbach's α .852이며, 요인 4인 p05, p06, p07, p08문항으로 구성된 '특징의 표상' 요인의 신뢰도는 Cronbach's α .847이며, 요인 5인 p01, p02, p03, p04 문항으로 구성된 '현상의 설명·예측' 요인의 신뢰도는 Cronbach's α .808을 보였다. 신뢰도 분석 결과, 각 요인을 구성하는 문항들은 Cronbach's α .800 이상을 보이므로 각 요인을 구성하는 문항들은 신뢰성이 확보되었음을 나타내고 있다.

이러한 연구 결과는 과학적 모델의 인식에 대하여 중학생과 대학생을 대상으로 한 설문 조사에서 중학생과 대학생은 과학적 모델에 대하여 '현상의 설명·예측' 요인, '특징의 표상' 요인, '잠정성' 요인, '한계성' 요인을 인식하고 있었다는 결과와 일치하고 있다(Unzai and Matsuura, 2016). 본 연구에서 과학적 모델의 문항으로 새롭게 구성한 '다양성' 문항들에 대하여 요인분석 결과, 초등 예비 교사는 과학적 모델에 대하여 '다양성' 요인을 인식하고 있는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 과학과 과학교육에 사용되는 모델에 대한 질적연구(Oh, 2009)에서 초등 예비 교사는 모델의 다양성을 인식하고 있다는 선행 연구 결과와 일치하고 있다.

본 연구를 통하여 과학적 모델의 인식 조사를 위한 '현상의 설명·예측' 요인, '특징의 표상' 요인, '잠정성' 요인, '한계성' 요인 '다양성' 요인으로 구성된 새로운 과학적 모델의 인식 조사 설문지가 개발되었다.

2. 초등 예비 교사가 가진 과학적 모델의 인식 특성

탐색적 요인분석 결과 초등 예비 교사들은 과학적 모델에 대하여 '잠정성' 요인, '다양성' 요인, '한계성' 요인, '특징의 표상' 요인, '현상의 설명·예측' 요인의 5가지 요인을 인식하고 있었으며, 과학적 모델의 요인들 대한 평균과 표준편차는 <Table 5>에 나타내었다.

<Table 5> Mean values and standard deviations of factors

Factor	Average	Standard deviation
ExpPre	4.0934	.5750
Rep	4.1175	.5811
Pro	4.5181	.5516
Lim	3.8087	.7697
Div	4.1250	.6891

<Table 5>에서 5가지 요인 중에서 '잠정성' 요인의 경우 가장 높은 평균값을 보였으며 '한계성' 요인의 경우 평균값이 가장 낮았다. '현상의 설명·예측' 요인, '특징의 표상' 요인, '다양성' 요인은 유사한 평균값을 보였다. 과학적 모델의 인식에 대한 요인들의 평균값은 긍정적인지 부정적인지 판단할 수 없는 점수 척도인 3점보다 높은 평균값을 나타냈으므로 초등 예비 교사는 과학적 모델의 5가지 요인에 대하여 긍정적인 인식을 가지고 있음을 알 수 있다. 학년에 따른 인식 특성을 검토한 결과 1학년과 3학년 간 과학적 모델 인식에 대해 5개 요인 모두에서 유의한 차이는 나타나지 않았다($p > .05$).

과학적 모델의 요인들에 대하여 일반 선형 모형을 사용하여 요인들의 평균값 차이를 분석한 결과를 <Table 6>에 나타내었다. 개체내효과검정에서 요인의 주효과는 Greenhouse- Geisser 검정결과 $F(3.318, 547.445) = 35.087$ 로 0.1%수준에서 유의함을 보였다. 요인 간의 평균값 차이에 대한 검정은 Bonferroni 방법을 사용하여 분석을 수행하였다. <Table 6>에서 보는 바와 같이 '잠정성' 요인은 '현상의 설명·예측' 요인, '특징의 표상' 요인, '한계성' 요인과 '다양성' 요인들보다 유의하게 높은 평균값을 나타내었으며, '한계성' 요인은 '현상의 설명·예측' 요인, '특징의 표상' 요인, '잠정성' 요인과 '다양성' 요인보다 유의하게 낮은 평균값을 보였다. '현상의 설명·예측' 요인과 '특징의 표상' 요인, '현상의 설명·예측' 요인과 '다양성' 요인, '특징의 표상' 요인과 '다양성' 요인

<Table 6> Main effects and interactions of factors of scientific model

		Scientific model factor (J)				
		ExpPre	Rep	Pro	Lim	Div
Scientific model factor (I)	ExpPre	-	-.024	-.425*	.285*	-.032
	Rep	.024	-	-.401*	.309*	-.008
	Pro	.425*	.401*	-	.709*	.393*
	Lim	-.285*	-.309*	-.709*	-	-.316*
	Div	.032	.008	-.393*	.316*	-

Table value: (I)-(J); * $p < .05$

간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 반면 이를 제외한 요인 간 평균값 차이는 통계적으로 유의하였다.

과학적 모형에 대한 예비 과학 교사들의 인식에 대한 연구(Jeong and Kim, 2014)를 보면 ‘가변성’ 인식이 ‘다중성’ 인식 및 ‘설명적 도구’ 인식보다 높은 평균값을 보였으며, ‘다중성’ 인식과 ‘설명적 도구’ 인식은 유사한 평균값을 나타내었다. 또한, 과학 및 과학교육에서 사용되는 모델에 대한 초등 예비 교사를 대상으로 한 연구(Oh, 2009)에서 모델의 다양성에 대하여 복수의 모델이 존재하는 이유에 대해 모델이 본질적으로 대상의 일부만을 표상하기 때문이라고 응답한 경우는 매우 적었다고 기술했으며, 과학에서 경험적 혹은 이론적 테스트를 통하여 모델을 바꾸는 일은 가능하다는 것은 어느 정도 인식하고 있었다고 기술하고 있다. 이러한 연구들은 <Table 6>에서 보는 바와 같이 ‘잠정성’ 요인이 ‘현상의 설명·예측’ 요인 및 ‘다양성’ 요인보다 유의한 차이로 높은 평균값을 보였으며, ‘현상의 설명·예측’ 요인과 ‘다양성’ 요인 간에 평균값에서 유의한 차이를 나타내지 않았던 결과와 일치하고 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 과학적 모델에 대한 인식을 조사하기 위하여 기존의 설문 도구를 보완하여 ‘현상의 설명·예측’, ‘특징의 표상’, ‘잠정성’, ‘한계

성’, ‘다양성’의 5 요인으로 구성된 새로운 설문지를 개발하고, 이를 초등 예비 교사에게 적용하여 요인 구조와 인식 특성을 분석하였다.

연구 결과 개발된 설문지는 신뢰도를 보였으며, 과학적 모델에 대한 인식이 5가지 요인에 의한 다차원적 구조로 구성되어 있음을 확인하였다. 특히 기존 연구에서 상대적으로 충분히 다루어지지 않았던 ‘다양성’ 요인이 독립적인 구성요인으로 도출되었다는 점에서 의의가 있다. 이는 과학적 모델이 단일한 정답이나 고정된 형태가 아니라 동일한 현상을 다양한 방식으로 표상할 수 있는 다중적 산물이라는 과학철학적 관점을 학습자 역시 일정 부분 내면화하고 있음을 시사한다.

요인분석 결과 도출된 5 요인 구조는 선행 연구에서 제시한 과학적 모델의 목적 및 성질과 대체로 일치하는 것으로 나타났다. 특히 ‘현상의 설명·예측’과 ‘특징의 표상’은 모델의 기능적 측면을, ‘잠정성’과 ‘한계성’은 모델의 인식론적 성격을, ‘다양성’은 모델의 다중 표상적 특성을 반영하는 요인으로 해석될 수 있다. 이러한 결과는 과학적 모델에 대한 인식이 단일 차원이 아닌 기능적·인식론적·표상적 요소가 결합된 복합적 구조임을 재확인할 수 있는 결과이다. 또한 요인별 평균값 분석 결과 초등 예비 교사는 전반적으로 과학적 모델에 대해 긍정적인 인식을 하고 있었다.

요인별로는 ‘잠정성’ 요인에 대해 가장 높은

인식을 보인 반면, ‘한계성’ 요인에 대해서는 상대적으로 낮은 인식을 나타냈다. 이는 예비 교사가 과학적 모델이 새로운 증거나 이론에 따라 변화할 수 있다는 변화 가능성은 비교적 잘 이해하고 있으나, 모델이 본질적으로 현실을 완전하게 설명하지 못하는 제한적 표상이라는 점에 대해서는 충분히 인식하지 못하고 있음을 의미한다. 이러한 경향은 선행 연구에서 보고된 바와 같이 학습자들이 모델의 변화 가능성은 수용하면서 모델의 불완전성이나 선택성에 대해서는 상대적으로 낮은 이해를 보이는 결과와 맥을 같이 한다(Oh, 2009; Jeong and Kim, 2014).

또한 ‘현상의 설명·예측’, ‘특징의 표상’, ‘다양성’ 요인 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 초등 예비 교사가 모델의 기능적 역할과 표상적 역할, 그리고 다양한 모델의 존재 가능성에 대해서는 유사한 수준의 인식을 가지고 있음을 시사한다. 교사들이 모델의 기능적 측면에 대하여 비교적 잘 이해하고 있다는 점은 선행 연구 결과와 일치한다(Cho et al., 2017a; Kang, 2017). 그러나 ‘한계성’ 요인이 다른 요인에 비해 유의하게 낮은 평균값을 보였다는 점은, 초등 예비 교사의 과학적 모델 이해가 특정 측면에 편중되어 있을 가능성을 보여준다. 즉, 모델을 “설명과 예측을 위한 유용한 도구”로는 인식하고 있으나, “현실의 부분적이고 선택적인 재구성”으로서의 모델에 대한 이해는 상대적으로 부족할 수 있다.

이러한 결과는 초등 교사 교육의 관점에서 중요한 시사점을 제공한다. 초등과학 수업에서 모델은 개념 설명을 위한 시각 자료나 학습 보조 도구로 활용되는 경향이 있으나, 본 연구 결과는 예비 교사 단계에서부터 모델의 인식론적 특성(잠정성, 한계성, 다양성)에 대한 균형 잡힌 이해가 충분히 형성되지 않았음을 보여준다. 과학적 모델은 필연적으로 이상화와 단순화를 포함하며, 특정 조건과 맥락에서만 유효한 부분적 설명을 제공한다. 이러한 한계성에 대한 인식 부족은 모

델을 절대적이고 완전한 지식으로 오인하게 만들 수 있으며, 이는 과학적 사고의 발달을 저해할 가능성이 있다. 따라서 본 결과는 초등 교사 교육에서 과학적 모델의 인식론적 특성에 대한 교육적 개입이 필요함을 보여준다. 따라서 초등 교사 교육에서는 모델을 단순히 활용하는 수준을 넘어, 모델의 생성, 평가, 수정, 비교 과정에 대한 경험을 제공함으로써 모델의 본질적 특성에 대한 이해를 심화시킬 필요가 있다.

아울러 본 연구에서 새롭게 포함된 ‘다양성’ 요인이 독립적인 요인으로 도출된 점은, 향후 과학교육에서 다중 모델 활용 및 모델 비교 활동의 중요성을 강조할 필요성을 뒷받침한다. 동일한 과학적 현상에 대해 서로 다른 모델이 존재할 수 있으며, 각 모델은 특정 목적과 맥락에서 유용성을 가진다는 점을 이해하는 것은 과학적 사고력과 논증 능력의 발달과 직결된다. 특히 최근 국내 연구에서는 모델과 이론의 관계가 단일한 방식으로 규정되지 않으며, 다양한 해석 가능성이 존재함을 강조하고 있다(Choi et al., 2023). 또한 메타모델링 지식에서도 모델의 다양성은 핵심 구성 요소로 제시되고 있으며, 이는 과학적 지식이 단일한 표현이 아니라 다양한 방식으로 구성될 수 있음을 의미한다(Cho et al., 2017b). 그러나 예비 교사들은 단일한 ‘정답 모델’을 선호하는 경향이 있으며, 이는 다양성에 대한 인식 부족과 관련될 수 있다. 따라서 다양한 모델을 비교·분석하고, 특정 모델이 가지는 설명의 범위와 한계를 비판적으로 검토하는 활동을 강화할 필요가 있다. 과학 교사 교육에서는 하나의 정답 모델을 제시하는 방식에서 벗어나, 다양한 모델을 생성하고 평가하는 학습 경험을 제공하는 방향으로의 전환이 요구된다.

최근 국내 과학교육 연구에서는 과학적 모델을 단순한 설명 도구가 아니라 이론과 상호작용하며 다양한 관점에서 해석될 수 있는 인식적 구조로 이해하고 있다(Choi et al., 2023). 또한 과학 모델링 수업은 교사의 교수 지향, 학생 이해, 수업 전

략과 같은 교과 교육학적 지식의 발달과 밀접하게 관련되는 것으로 보고되고 있으며(Choi et al., 2026), 이는 과학적 모델에 대한 인식이 실제 교수 실행 능력과 연결됨을 시사한다. 한편, 초등학교 수업에서 교사들은 과학 개념 이해를 돕기 위한 표상 및 모델 자료의 중요성을 인식하고 있으나 이를 효과적으로 활용하기 위한 지원이 부족하다고 보고되고 있다(Cha et al., 2022). 이러한 연구들은 과학적 모델에 대한 체계적인 이해가 교사 교육에서 중요한 요소임을 뒷받침한다.

본 연구는 초등 예비 교사를 대상으로 과학적 모델에 대한 인식을 다차원적으로 분석할 수 있는 측정 도구를 개발하였다는 점에서 의의가 있으며 향후 교사 교육 프로그램의 설계 및 평가를 위한 기초 자료로 활용될 수 있다. 특히 본 연구에서 도출된 요인 구조는 과학적 모델 교육의 핵심 요소를 체계적으로 제시함으로써, 과학 교육 과정 및 교수·학습 전략 개발에 중요한 시사점을 제공한다.

그러나 본 연구는 특정 지역의 교육대학교에 재학 중인 초등 예비 교사를 대상으로 수행되었다는 점에서 연구 결과의 일반화에 제한이 있다. 탐색적 요인분석에 기반한 구조 검증이 이루어졌으므로, 향후 연구에서는 다양한 지역과 학년을 포함한 표본을 대상으로 확인적 요인분석을 수행하여 설문 도구의 구조적 타당성을 더 정교하게 검증할 필요가 있다. 더 나아가 초등학교, 중등학교, 학생 등 다양한 집단을 대상으로 과학적 모델 인식의 차이를 비교 분석하는 연구가 이루어진다면, 과학교육 전반에서 모델 교육의 방향성을 더욱 구체적으로 제시할 수 있을 것이다.

종합하면, 과학적 모델에 대한 인식은 과학적 사고와 추론의 기반을 형성하는 핵심 요소이며 이를 정확하게 측정하고 이해하는 것은 효과적인 과학교육을 설계하기 위한 필수적인 과정이다. 본 연구에서 개발된 설문 도구와 연구 결과는 초등학교 교사 교육에서 과학적 모델 및 모델링 교육의 중요성을 재확인하고, 향후 교육적 실천을

개선하기 위한 기초 자료를 제공한다는 점에서 중요한 의미를 가진다.

References

- Cha HJ, Yoon HG and Park J(2022). Elementary School Teachers' Perceptions and Demands on the Use of Realistic Content in Science Class. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 41(3), 480~500.
<https://doi.org/10.15267/keses.2022.41.3.480>
- Chien SP, Wu HK and Wu PH(2018). Teachers' beliefs about, attitudes toward, and intention to use technology-based assessments: A structural equation modeling approach. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(10), em1594.
<https://doi.org/10.29333/ejmste/93379>
- Cho EJ, Kim CJ and Choe SU(2017a). An Investigation into Secondary Science Teachers' Perception on Scientific Models and Modeling. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(5), 859~877.
<https://doi.org/10.14697/jkase.2017.37.5.859>
- Cho HS, Nam J and Oh PS(2017b). A Review of Model and Modeling in Science Education: Focus on the Metamodeling Knowledge. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(2), 239~252.
<https://doi.org/10.14697/jkase.2017.37.2.0239>
- Choi JH, Lee JH, Lee HK and Ryu KB(2023). Narratives of Science Educators Concerning the Relationship between Theoretical Concepts and Modeling: Focus Group Discussions. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 42(4), 538~559.
<https://doi.org/10.15267/keses.2023.42.4.538>
- Choi AR, Jeong NR and Na JY(2026). Analyzing Trends in Korea Research on Professional Learning Community: Focus on Teacher Development. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 29(1), 277~313.
<https://doi.org/10.29221/jce.2026.29.1.277>
- Develaki M(2007). The Model-Based View of Scientific Theories and the Structuring of School

- Science Programmes. *Science & Education*, 16(7), 725~749.
<https://doi.org/10.1007/s11191-006-9058-2>
- Grosslight L, Unger C, Jay E and Smith CL(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.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>
- Harrison AG and Treagust DF(2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011~1026.
<https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Ingham AM and Gilbert JK(1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 13(2), 193~202.
<https://doi.org/10.1080/0950069910130206>
- Jeong HS and Kim Y(2014). An Investigation of Pre-service Secondary Science Teachers' Perceptions on Scientific Models. *Teacher Education Research*, 53(4), 682~692.
<https://doi.org/10.15812/ter.53.4.201412.682>
- Justi RS and Gilbert JK(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.
<https://doi.org/10.1080/09500690110110142>
- Kang NH(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.
<https://doi.org/10.14697/jkase.2017.37.1.0143>
- Ministry of Education(2015a). Korean Science Curriculum.
- Ministry of Education(2015b). Science 6-1 Teacher's Guide, 42.
- Ministry of Education(2022). Korean Science Curriculum
- National Research Council(1995). National Science Education Standards. National Academy Press.
- National Research Council(2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. National Academies Press.
- Oh PS(2009). Preservice Elementary Teachers' Perceptions on Models Used in Science and Science Education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(4), 450~466.
- Pajares MF(1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307~332.
<https://doi.org/10.3102/00346543062003307>
- Park HK, Choi JR, Kim CJ, Kim HB, Yoo J, Jang S and Choe SU(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.
<https://doi.org/10.14697/jkase.2016.36.1.0015>
- Park SH, Choe SU and Kim CJ(2020). Elementary Students' Creativity Appear in Small Group Interactions During Model-Based Classrooms on Terraforming. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(6), 611~620.
<https://doi.org/10.14697/jkase.2020.40.6.611>
- Schwarz CV and White BY(2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition & Instruction*, 23(2), 165~205.
https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302_1
- Schwarz CV, Reiser BJ, Davis EA, Kenyon L, Achér A, Fortus D, Shwartz Y, Hug B and Krajcik J(2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632~654.
<https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Suk YS and Yoon HG(2022). Analysis of Elementary Students Modeling Using the Globe on the Cause of Seasonal Change. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 41(4), 673~689.
<https://doi.org/10.15267/keses.2022.41.4.673>
- Treagust DF, Chittleborough G and Mamiala TL(2002). Students' Understanding of the Role of Scientific Models in Learning Science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357~368.
<https://doi.org/10.1080/09500690110066485>
- Unzai H and Matsuura T(2016). Students' Understanding of Scientific Models in Lower Secondary School - A Comparison with College Students-. *Journal of Research in Science*

- Education, 57(1), 1~9.
<https://doi.org/10.11639/sjst.15029>
- Wolf S and Brown A(2023). Teacher beliefs and student learning. Human Development, 67(1), 37~54.
<https://doi.org/10.1159/000529450>
- Yoon HG(2011). Pre-service Elementary Teachers' Inquiry on a Model of Magnetism and Changes in Their Views of Scientific Models. Journal of Korean Elementary Science Education, 30(3), 353~366.
-
- Received : 23 April, 2026
 - Revised : 08 May, 2026
 - Accepted : 15 May, 2026