

## 예비 수학 교사들의 수학적 모델링 및 그 교육적 활용에 대한 인식

한선영(성균관대학교, 부교수)

### Pre-service mathematics teachers' perceptions on mathematical modeling and its educational use

Han, Sunyoung(Sungkyunkwan University, sy.han@skku.edu)

#### 초록

본 연구는 예비 수학 교사들의 수학적 모델, 수학적 모델링 및 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식을 조사하고 그들 간의 관계에 대하여 탐색하였다. 210명의 예비 수학 교사들의 설문에 대한 응답을 구조방정식 모형을 이용하여 양적 분석하였다. 연구 결과에 따르면, 예비 수학 교사들의 수학적 모델 및 모델링에 대한 인식은 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이에 대한 연구 및 교육적 함의점을 논의하였다.

#### Abstract

Mathematical modeling has been a crucial topic in mathematics education as students' problem solving competency are regarded as a core skill for future society. Despite of the importance of mathematical modeling in school mathematics, there have been very limited studies relating pre-service teachers' knowledge and perceptions on mathematical modeling. In this vein, this study aimed to investigate pre-service mathematics teachers' perceptions on mathematical model, mathematical modeling and educational use of mathematical modeling, and their relationships. The current study utilized a survey consisted of 18 items. The responses of 210 pre-service mathematics teachers to the survey items were quantitatively analyzed using descriptive statistics, analysis of variance, exploratory and confirmatory factor analysis, the structural equation model, and multi group analysis. The results of analysis of variance revealed that pre-service teachers in difference groups (majors, grades, and experiences with mathematical modeling) showed statistically significant differences in mean values. Moreover, according to the results from the structural equation modeling analysis, pre-service mathematics teachers' perceptions on mathematical model and modeling affected their perceptions on educational use of mathematical modeling. In addition, depending on their pre-experiences with mathematical modeling, pre-service teachers represented a different relationship between perceptions on mathematical modeling and educational use of mathematical modeling. Implications for future studies and mathematics classrooms were discussed.

---

\* 주요어 : 수학기초해결, 예비 교사, 교사 인식, 구조방정식 모형

\* **Key words** : mathematical problem solving, pre-service teachers, teachers' perceptions, structural equation model

\* 이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2017R1E1A1A03070637)

\* This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning (2017R1E1A1A03070637).

\* **Address** : Department of Mathematics Education, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea

\* **ZDM Classification** : D8

\* **2000 Mathematics Subject Classification** : 97D50

\* **Received**: June 11, 2019 **Revised**: August 6, 2019 **Accepted**: August 26, 2019

## I. 서론

수학적 문제해결역량에 대한 강조와 더불어 수학적 모델링에 대한 관심이 증가하고 있다. 한국의 수학과 교육과정은 4차 교육과정 이후로 수학적 문제해결력에 대한 강조를 꾸준히 이어왔고, 2015 개정 수학과 교육과정에서는 특히 수학적 문제해결역량을 수학 교과 핵심 역량의 하나로써 강조하고 있으며, 수학적 모델링을 수학적 문제해결역량의 하위 요소로써 규정하고 있다(Ministry of Education, 2015). 즉, 수학적 모델링을 수학적 문제해결역량의 한 하위 요소로써 학교수학의 교육과정에 포함하여 그 중요성을 강조하고 있는 것이다. 국내뿐만 아니라, 국외의 사정도 마찬가지이다. Programme for International Student Assessment [PISA]는 문제해결 능력을 평가영역의 하나로 지정하고 있을 뿐만 아니라(OECD, 2009), National Council of Teachers of Mathematics [NCTM](2000) 또한 수학적 문제해결을 수학교육의 중요한 목표 중 하나로써 강조하고 있다. 또한, 미국의 Common Core State Standards for Mathematics [CCSSM]이 수학적으로 우수한 학생에게 기대되는 행동요소로써 수학적 모델링을 언급하면서 미국 공교육에서 수학적 모델링을 적용한 수업의 구현이 중요한 과제로 떠오르고 있다(Common Core State Standards Initiative, 2010).

학생들의 수학적 모델링 능력을 함양시켜주기 위해서는 수학적 모델링을 적용한 교육과정, 교수·학습자료, 그리고 교수·학습 방법의 변화 등이 필요하다. 이러한 노력의 일환으로 국내의 다양한 시도들이 연구의 결과물으로써 발표되고 있다. 예를 들어, 수학적 모델링을 위한 과제를 개발한 연구(Do, Choi & Lee, 2011; Jung, Lee, Baek, Jung, & Lim, 2018; Park, 2019; Shin & Kim, 2011; Shin & Lee, 2011), 그것의 적용을 위한 수업 실행 방안을 탐구한 연구(Jung & Lee, 2019; Seo, Yeun, & Lee, 2013; Yu & Yun, 2017), 그리고 수학적 모델링을 위한 교수·학습 방법을 분석한 연구(Chang, Kim, Kang, & Choi, 2018; Son & Lew, 2007) 등이 바로 그것이다.

그럼에도 불구하고, 한국의 수학 교실에서는 아직도 수학적 모델링을 활용한 교수·학습이 제대로 이뤄지고 있지 못하다. 수학적 모델링을 활용한 국내의 많은 수업이 사

실은 실세계의 의미를 소홀히 함으로써 수학적 모델링의 의미를 제대로 파악할 수 있는 기회를 제한하는 경우가 있다(Kim & Ryu, 2013; Verschaffel & De Corte, 1995). 그뿐만 아니라, 학습자의 수준을 고려한 단계적인 수학적 모델링 수업이 이뤄지고 있지 못하다는 지적도 있다(Jung et al., 2018).

수학 교수·학습의 질을 결정하는 중요한 요인 중 하나는 바로 교사인데, 수학적 모델링을 활용한 교수·학습이 제대로 이뤄지지 못한 이유도 바로 거기에서 찾을 수 있다. 즉, 교사의 수학적 모델링에 대한 지식이 부족하거나, 혹은 수학적 모델링에 대한 지식은 갖췄으나 인식이 부정적인 경우에는 수학적 모델링이 학교 수학 현장에 올바르게 구현되기가 어렵기 마련이다(Kim, Min, & Kang, 2009). Kim 외(2009)와 Choi(2017)은 현직 초등학교 교사를 상대로 한 연구에서 한국의 교사들이 수학적 모델링에 대한 인식과 지식이 부족함을 지적하고 있다. 현직 교사에 비하여 예비 수학 교사의 상황은 더 좋지 못하다. 그 이유는, 예비 교사들은 현장 경험과 학생에 대한 지식이 부족하고, 따라서 수학적 모델링을 위한 과제를 설계하는 것조차 쉽지 않기 때문이다(Land, Tyminski, & Drake, 2015). 그럼에도 불구하고 예비 수학 교사들의 수학적 모델링에 대한 지식과 인식에 대한 연구가 충분히 이뤄지고 있지 못하다는 점에서 본 연구는 다음과 같은 연구의 목적을 설정하였다.

본 연구는 예비 수학교사들이 갖고 있는 수학적 모델 및 모델링의 특징에 대한 생각을 조사하고, 그것이 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 여기에서 수학적 모델 및 모델링의 특징에 대한 예비 수학교사들의 생각을 묻는 문항들은 그 문장에 대해 얼마만큼 동의하는지를 측정하고 있어, 그들이 가진 수학적 모델 및 모델링에 대한 지식을 어느 정도 반영하도록 하였다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위해 다음의 연구 문제를 설정하였다.

연구문제 1. 예비 수학교사들의 수학적 모델에 대한 인식, 수학적 모델링에 대한 인식, 그리고 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식은 어떠한가? 이러한 인식들은 예비 수학교사들의 개인적 특성에 따라 다른가?

연구문제 2. 예비 수학교사들의 수학적 모델에 대한 인식, 수학적 모델링에 대한 인식, 그리고 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식 간에는 어떠한 관계가 있는가?

연구문제 3. 연구문제 2에서 규정된 세 가지 인식 간의 관계는 예비 수학교사들의 수학적 모델링에 대한 사전 경험의 유무에 따라 어떻게 다른가?

## II. 이론적 배경

### 1. 수학적 모델과 수학적 모델링

국내외의 많은 학자들이 수학적 모델의 개념에 대해 정의하고 있는데 그 표현에는 다소의 차이가 있지만, 그 핵심적인 내용은 다음과 같다. 수학적 모델이란 실세계 현상을 나타내기 위한 하나 이상의 수학적 실체와 그것들 간의 관계를 일컫는 것으로써, 식, 그래프, 그림, 수직선, 표 등이 이에 해당한다(Blum & Ferri, 2009; Harrison & Edward, 1989; Jung & Park, 2016; Kang, 2010; Kim, Hong, & Kim, 2010; Niss, 1987). Gould(2013)는 CCSSM과 NCTM(2000)의 말을 인용하여 수학적 모델이 어떠한 현상을 명료화하고 그것을 해석하는데 사용되는 식이나 그래프 등을 일컫는다고 하였다.

수학적 모델의 개념과 마찬가지로 수학적 모델링의 개념 또한 다중적이며, 많은 학자들에 의해 달리 정의되어 왔다. 예를 들어, Gould(2013)와 Pollack(2007)은 실제 상황에서부터 시작하여, 상황을 묘사하고, 문제를 형성하여 결론에 이르기까지의 전 과정을 수학적 모델링이라고 하였으며, CCSSM은 수학적 모델링을 “수학 또는 통계를 이용하여 실세계의 상황을 기술하고, 수학적 혹은 통계적인 계산과 분석을 이용하여 그 상황에 대한 추가적인 정보를 이끌어내는 것 [using mathematics or statistics to describe (i.e., model) a real-world situation and deduce additional information about the situation by mathematical or statistical computation and analysis]”이라고 정의하였다 (Common Core State Standards Initiative, 2010, p. 5). 이렇게 다양한 수학적 모델링의 정의에도 불구하고, 수학적 모델링을 정의하고 있는 학자들이 공통적으로 지적하고 있는 바는 1) 수학적 모델링은 복잡한 현실 세계의 비구조화된 상황에서 시작된다는 점,

2) 수학적 모델링은 현실 세계의 현상을 설명하고, 미래 세계를 예측하는 데 사용된다는 점, 3) 수학적 모델을 구성하는 방법은 단 하나 존재하는 것이 아니라 여러 가지 방법 중에 하나를 찾는 것이라는 점이다(Cirillo, Pelesko, Felton-Koestler, & Rubel, 2016). 이러한 수학적 모델링의 특성을 고려할 때, 수학적 모델링이란 수학을 실세계와 연결하는 일련의 과정으로 정의할 수 있다(Blum & Ferri, 2009; Common Core State Standards[CCSS], 2014; OECD, 2009).

위에서 제시한 수학적 모델과 수학적 모델링의 핵심적인 개념에 따르면, 수학적 모델은 수학적 모델링의 과정에서는 필수적으로 사용되는 실체이며, 따라서 수학적 모델링의 개념을 이해함에 있어서 수학적 모델의 개념을 이해하는 것은 필수적이라 하겠다. 이러한 주장은 수학적 모델링을 정의함에 있어서 수학적 모델의 개념을 이용하고 있는 몇 가지 예에 의해서도 뒷받침될 수 있다. 즉, Swetz, Hartzler(1991)는 수학적 모델링을 “수학적 모델을 고안하는 과정”으로 정의하여, 수학적 모델링을 정의함에 있어서 수학적 모델이라는 개념을 직접적으로 이용하고 있으며, 국내의 Son, Lew(2007) 역시 수학적 모델링을 “현실 세계 문제 상황에서 수학적 모델을 도출하여 문제의 답을 얻어내는 과정”이라고 소개를 하고 있어 수학적 모델링과 수학적 모델의 개념 간의 밀접성을 드러내고 있다.

그뿐만 아니라, 수학적 모델링의 과정에 대한 학자들의 의견에 따라서도 수학적 모델과 수학적 모델링의 개념이 얼마나 밀접한 관계를 갖고 있는지 알 수 있다. 수학적 모델은 실세계 현상을 나타내기 위한 수학적 실체를 일컫는 반면, 수학적 모델링은 실세계 현상을 수학적 모델로 표현하고, 수학적 결론을 이끌어내어 다시 실세계 현상에 적용하는 일련의 과정을 일컫는다. 이때, 수학적 모델링의 과정에 대하여 학자들 간의 일치된 모델이 존재하는 것은 아니나, 공통적으로 지적하고 있는 바는 존재한다. 즉, 수학적 모델링의 과정은 선형적이지 않고 순환적이며, 여러 단계를 포함한다. 학자들이 제시하는 수학적 모델링의 과정은 보통 4-6단계로 나뉘는데, 그 가운데 공통적으로 포함하고 있는 단계는 바로 실세계의 현상을 비형식적인 상황 모델로 나타낸 후, 상황 모델에 내재한 수학적 구조와 관계를 조직하여 수학적 모델로써 표현하

는 과정이다(Hwang, 2007). 즉, 수학적 모델링의 과정에서 수학적 모델의 존재는 필수불가결한 존재인 것이다.

그럼에도 불구하고, 그동안 수학적 모델과 수학적 모델링의 연계성에 대해 논의하고 있는 연구는 매우 제한적이었다(Hwang & Min, 2018). 따라서 본 연구에서는 그동안 제한적으로 탐구되어 왔던 수학적 모델과 수학적 모델링의 관계에 대해 살펴보고자 하며, 그 구체적인 방식으로 예비교사들의 수학적 모델에 대한 인식과 수학적 모델링에 대한 인식 간의 관계를 살펴보고자 한다. 또한 그 두 인식 간의 관계 사이에 어떠한 인과관계가 존재하는지도 함께 탐구하고자 한다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위해 위의 선행연구에 기반을 두어 설정한 가설은 다음과 같다.

가설 1. 예비 수학교사들의 수학적 모델에 대한 인식은 수학적 모델링에 대한 인식에 영향을 미친다.

## 2. 수학적 모델링의 교육적 활용

학습자의 수학적 모델링 역량에 대한 함양은 학교 수학에서 중요한 교육적 목표 중 하나로 인식되고 있다(Ko & Oh, 2015). 국내에서는 2015 개정 수학과 교육과정이 수학적 문제해결역량을 수학 교과 핵심 역량을 제시하면서, 수학적 문제해결역량의 하위 요소로써 수학적 모델링을 제시하고 있다. 미국의 CCSSM 또한 학생들의 수학적 문제해결력 및 의사소통 능력의 향상을 수학 교과의 교육적 목표로 내세우며, 학생들로 하여금 수학의 유용성을 인식할 수 있도록 수학적 모델링을 학교 수학 수업에 반영하기를 권고하고 있다(Common Core State Standards Initiative, 2010).

실제로 그동안 수학적 모델링을 학교 수학 현장에 적용하여 그 효과를 분석하기 위한 연구가 많이 진행되어 왔고, 그 결과도 대부분 긍정적인 것으로 나타났다(Blum & Ferri, 2009; Choi, 2017). 수학적 모델링을 활용한 수학 수업은 학생들로 하여금 실제계의 현상을 해석하고, 그것을 수학적 용어, 기호, 모델 등으로 표현하게끔 한다. 즉, 수학적 모델링은 학생들로 하여금 그들 주변의 실제계 삶에서 문제를 스스로 발견하고, 그것을 수학적 안목을 갖고 해결할 수 있도록 학습 경험을 제공한다. 이러한 경험은 학습자들이 수학을 일상의 여러 상황에 이용할 수

있다는 점을 인식하게 할 뿐만 아니라, 수학의 가치를 이해하고 긍정적인 태도 및 흥미를 갖게 한다는 점에서 수학 학습에의 동기를 증가시키기도 한다(Blum & Ferri, 2009; Gann, Avineri, Graves, Hernandez, & Teague, 2016; Pollak, 2007). 또한 수학적 모델링은 어떤 알고리즘에 따라 문제를 해결하는 것이 아닌, 학생들 스스로 문제 상황을 인식하고, 해결 방안을 모색하는 전 과정을 걸치게 함으로써 직접 수학하기(doing mathematics)를 실천하게 한다. 따라서 학생들은 수학적 모델링 과제를 통해 높은 인지적 요구 수준을 유지하게 되며, 창의적 사고 등을 함양할 수 있는 기회를 갖게 된다(Stein & Smith, 1998).

그 밖에도 수학적 모델링을 활용한 수업은 학생들의 사고력과 의사소통 역량, 협력적 문제 해결 역량 등에 도움이 되는 것으로 밝혀져 왔다(Choi, 2017; Ko, 2015; Park, 2017). 수학적 모델링의 과정이 선형적이지 않고 순환적이며, 단계 간 반복이 가능하다는 점은 학생들의 비판적 사고력을 기르는데 도움이 된다(Shin & Kwon, 2001). 즉, 학생들은 수학적 모델링 과제를 탐구하는 과정 중간, 중간마다 자신들의 해결 과정이 적절한지, 그리고 현재 어느 단계까지 와 있는지를 수시로 점검해야 한다. 이러한 점은 학생들의 메타 인지 능력을 함양하는 데에도 도움이 된다(Shin & Lee, 2004; 정미라, 2015). 더욱이, 수학적 모델링을 활용한 수업이 대부분 학생들의 모둠을 기반으로 한 협동학습의 형태로 이뤄진다는 점에서(Shin & Lee, 2004), 학습자들이 동료 및 교사와 수학적 개념, 기호, 용어 등을 매개로 대화할 기회를 제공하며, 따라서 수학적 의사소통 능력을 기를 수 있는 기회를 갖게 된다. 또한 수학적 모델링 문제의 해결을 위하여 타인과의 의사소통을 통해 자신과 타인과의 의견을 조율하고(Doerr, 2016), 공통된 목표를 향해 서로 도움을 주고 받게 되는 학습 환경 덕분에 학생들의 협력적 문제해결 역량 또한 긍정적으로 변화될 가능성이 크다(Choi, 2017; Park, 2017).

한편, 수학적 모델링의 교육적 중요성에도 불구하고, 수학적 모델링 현장 적용은 매우 제한적으로 이뤄지고 있는 편이다(Usiskin, 2015). 수학적 모델링의 현장 적용이 매우 제한적으로 이뤄지고 있는 이유 중 하나로, 교사의 수학적 모델링에 대한 지식과 인식이 미비한 점을 꼽을 수 있다(Choi, 2017). Kim 외(2009)의 연구에 의하면

2009년 서울지역의 초등 교사들 중 과반수 이상의 교사가 수학적 모델링의 개념을 들어본 적이 없거나 들어는 봤으나 모른다고 대답하였다. 수학적 모델링의 성공적인 현장 적용을 위해서 교사는 수학적 모델링에 대한 상당한 내용적 지식을 갖추고 있어야 하며, 적절한 수학적 모델링 문제를 선별하거나 개발할 수 있어야 한다(Park, 2019). 또한 수학적 모델링 문제와 관련된 현실 상황에 자체에 대해서도 깊이 이해하고 있어야 한다. 그럼에도 불구하고, 수학 교사들이 수학 내용 외의 실제계현상에 대한 내용을 깊이 이해하기란 쉽지 않은 일이고, 따라서 이러한 어려움은 교사들이 수학적 모델링을 교육 현장에 적용하기 어렵게 만드는 요인으로 작용하며(Asempapa, 2015; Maaß, 2010), 결국 수학적 모델링을 수업에서 제한적으로 다루게 되는 경향이 발생하는 것이다(Pollak, 2007).

수학적 모델링의 현장 적용을 높이기 위한 하나의 방안은 바로 교사로 하여금 자발적으로 수학적 모델링을 자기 수업에 활용할 수 있도록 이끄는 것일 것이다. 그동안에 교육 정책의 현장 적용성을 높이기 위한 방안으로 적절한 교사 교육의 도입과 그로 인한 교사의 인식 변화를 꾀하는 경우가 많았다(Kelchtermans, 2005). 수학적 모델링의 적용을 위해서도 이와 비슷한 시도가 가능할 것이다. 즉, 예비 수학 교사들로 하여금 수학적 모델링을 경험할 기회를 갖게 하며, 수학적 모델링의 현실 유용성을 충분히 느끼게 하는 경우, 그들은 수학적 모델링의 교육적 효과에 대해 긍정적으로 인식하게 될 것이며, 향후 그것을 자신의 교육 현장에 적극적으로 적용하려 할 것이다.

이러한 가설에 기반하여, 본 연구에서는 예비 교사의 수학적 모델링의 교육적 적용에 대한 인식을 긍정적으로 바꾸기 위한 하나의 방안으로써, 수학적 모델과 수학적 모델링에 대한 인식 변화가 어떠한 영향을 미치는지 확인하고자 한다. 본 연구의 결과로써 수학적 모델과 수학적 모델링에 대한 예비 수학 교사들의 인식이 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 정적인 영향을 미친다는 점을 확인한다면, 수학적 모델링의 학교 현장 적용성을 높이기 위한 다양한 교사 교육 정책을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

가설 2. 예비교사의 수학적 모델에 대한 인식은 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 영향을 미친다.

가설 3. 예비교사의 수학적 모델링에 대한 인식은 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 영향을 미친다.

### 3. 국내의 예비 수학 교사와 수학적 모델링에 관한 선행 연구

이 절에서는, 예비 수학 교사와 수학적 모델링에 관한 선행 연구를 기술하고자 하며, 특히 국내의 예비 수학 교사들에 대한 연구가 어떻게 진행되어 왔는지에 집중하고자 한다. 수학적 모델링에 관한 국내외의 연구는 1990년대 이후로 꾸준히 증가하고 있지만, 교사(교육)을 대상으로 한 논문은 매우 제한적으로 이루어져왔다(Choi, 2018). Choi(2018)는 수학적 모델링에 대한 국내 연구 동향 분석에서 1990년부터 2017년까지 출판된 학위논문 및 KCI 등재 학술지 대상 총 176의 선별된 논문들 중에서 교사(교육)에 관한 논문은 단 세 편임을 밝히고 있다.

국내에서 교사들의 수학적 모델링에 대한 인식을 조사한 연구로 Kim 외(2009)의 연구와 Choi(2017)의 연구를 대표적으로 볼 수 있다. Kim 외(2009)는 수학적 모델링의 현장 적용 가능성을 높이기 위한 방편으로 수학적 모델링에 대한 교사들의 인식을 조사·분석하였는데, 그 결과 국내의 초등교사들의 수학적 모델링에 대한 인식이 매우 저조함으로 나타났다. 하지만 참여 교사들은 수학적 모델링을 수학 교실에서 개념설명 혹은 흥미유발의 방편으로 이용할 수 있을 것이라고 하여 그 가능성을 인식하고 있었다. Choi(2017)의 연구에서는 참여 교사들이 인식하는 수학적 모델링의 특징과 수학적 모델링 수업의 어려움에 대하여 조사하였다. 결과, 참여 대상 교사들은 수학적 모델링의 가장 주된 특징으로 '비구조화된 상황'을 이용한다는 점과 '다양한 문제해결'이 가능하다는 점을 꼽았다. 또한 수학적 모델링 수업이 어려운 이유로는, 과제 개발의 어려움, 학생들의 인지적 활동이 학습목표와 다른 방향으로 나타나서 발생하는 어려움 등을 꼽았다.

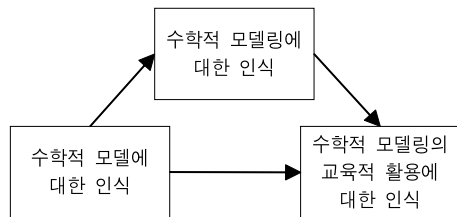
이 두 가지 연구는 공통적으로 초등학교 교사들의 수학적 모델링에 대한 인식을 조사하고 있다. 즉, 중등 교사의 수학적 모델링에 대한 인식 조사 및 사례 분석 등의 연구는 국내에서 매우 제한적이며, 예비 교사들을 대상으로 한 연구 또한 거의 부재한 상황이다. Park(2019)이 예

비교사의 수학 과제 변형에 대한 사례 분석을 하였지만, 이 또한 초등학교 수준을 대상으로 한 연구이다.

중등 예비 수학교사들은 앞으로 중학교와 고등학교의 수학 수업을 책임질 중요한 대상이라는 점을 고려할 때, 이들에 대한 인식 조사 및 사례 분석이 절실히 필요한 시점이다. 따라서 본 연구는 중등 수준의 예비 수학 교사들을 대상으로 수학적 모델링에 대한 인식을 조사하고, 그들의 수학적 모델링의 교육적 활용을 증가시키기 위한 방안으로, 수학적 모델 및 수학적 모델링에 대한 인식이 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다.

#### 4. 연구의 설계

앞서 제시된 선행연구에 대한 탐구를 토대로 본 연구에서 분석될 가설을 세 가지 제시하였다. 이 세 가지 가설을 모형으로 제시하면 [Fig. 1]과 같다.



[Fig. 1] A supposed model

[Fig. 1]에서 설정된 모형은 수학적 모델, 수학적 모델링, 그리고 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식 간의 관계를 나타낸 것으로서, 이론적 배경을 토대로 충분히 설정 가능한 가설이다. 이러한 개연적 가설들이 지금까지 실증적 데이터를 토대로 검증된 적이 없는 바, 본 연구는 예비 수학 교사들을 대상으로 수집한 자료를 이용하여 위의 모델을 양적인 접근 방법으로 검증하고자 한다. 그 구체적인 연구 방법은 다음과 같다.

### III. 연구 방법

#### 1. 연구 대상

본 연구의 대상은 서울의 한 대학에 재학 중이며, 수학교육과에서 개설되는 전공과목을 2017년도부터 2019년도

까지 수강하였던 예비 수학교사로서 총 210 명이다. 남학생의 비율이 62.9%(132명)이며, 여학생은 37.1%(78명)이다. 또한 설문조사 당시의 학년이 1학년이었던 학생이 42.4%(89명), 2학년이 24.3%(51명), 3학년이 21.9%(46명), 4학년이 6.7%(14명), 그리고 대학원생이 3.8%(8명)이었다. 전공별로는 수학교육과 학생들이 81.4%(171명)으로 가장 많았고, 통계학과, 교육학과, 컴퓨터 교육학과, 경제학과, 그리고 중국어 교육학과 학생들이 각각 4.8%(10명), 4.8%(10명), 3.3%(7명), 3.3%(7명), 0.5%(1명)이었다.

#### 2. 자료 수집

예비 수학교사의 수학적 모델, 수학적 모델링, 그리고 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식을 조사하기 위하여 총 19개의 설문 문항을 이용하였다. 이 문항들은 Gould(2013)의 연구에서 개발된 문항들을 토대로 수정된 것이다. Gould(2013)에서 개발된 문항들은 현직 교사들의 수학적 모델링에 대한 인식을 조사하기 위해 만들어진 것으로, 본 연구는 대상이 현직교사가 아닌, 예비교사들인 만큼 그 상황에 맞게 수정되었다. 설문은 총 네 개의 영역(i.e., 예비교사들의 수학적 모델링에 대한 사전 경험 여부, 수학적 모델에 대한 인식, 수학적 모델링에 대한 인식, 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식)으로 나누어져 구성되었다. 첫 번째 영역은 총 2개의 문항으로 구성되었으며, 예비교사들이 수학적 모델링에 대한 사전 경험을 갖고 있는지, 그렇다면 그 경험이 학생으로서의 경험인지 교사로서의 경험인지 묻고 있다. 두 번째 영역은 총 6개의 문항으로 구성되었으며, 수학적 모델에 대한 예비 수학 교사들의 인식을 묻고 있다. 구체적으로 분수막대, 패턴 블록, 이차방정식, 좌표평면 등이 수학적 모델이라 할 수 있는지 묻고 있다. 세 번째 영역은 총 6개의 문항으로 구성되었으며, 예비 수학교사들의 수학적 모델링에 대한 인식에 관한 것이다. 구체적으로 수학적 모델링의 과정과 특징에 대한 인식을 묻고 있다. 단, 13번 문항(수학적 모델링의 결과로 단 하나의 명확한 답만이 존재한다)은 수학적 모델링에 적합한 문제가 보통 하나 이상의 열린 답을 갖는 경우가 많다는 이론적 배경(e.g., Blum & Ferri, 2009; Pollak, 2007)에 반대로 진술되었다. 따라서 예비 수학 교사들은 1(전혀) 혹은 2(아주 가끔)로 대답하기를 기대되었으며, 이후의 분석에서는 역코딩으로

처리되었다. 마지막 영역은 총 5개의 설문 문항으로 구성되었으며, 예비 수학교사들이 수학적 모델링의 교육적 활용에 대해 어떻게 인식하고 있는지 묻고 있다.

3. 자료 분석

앞서 제시된 세 개의 연구 질문에 답하기 위하여 양적 분석(qualitative analysis) 방법이 이용되었다. 연구 질문 1은 설문을 통해 수집된 예비 수학 교사들의 수학적 모델, 수학적 모델링 및 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 관한 것으로서 간단히 각 문항에 대한 예비 수학 교사들의 응답 별 빈도수를 구하였다. 또한 연구 문제 1의 부가적 질문(i.e., 예비 수학 교사들의 개인적 특성에 따른 인식 차이)에 대한 답을 구하기 위하여, 예비 수학 교사들의 개인적 특성에 따라 그룹을 형성하고, 각 그룹 별 인식의 차이를 판별하기 위하여 일원분산분석(ANOVA: analysis of variance)을 활용하였다. 예비 수학 교사들의 개인적 특성으로는 학년, 전공, 그리고 수학적 모델링에 관한 경험의 유무가 고려되었다.

두 번째 연구 질문에 대한 답을 구하기 위하여 구조방정식 모델(SEM: structural equation model)을 이용하였다. 구조방정식 모델은 선행연구의 결과를 토대로 설립한 가설이 자료에 의해 지지되는지 검증하는 연구방법(Jöreskog, 1973)으로 본 연구에서는 앞서 설정된 세 가지의 가설이 성립하는지 검증하기 위하여 도입하였다. 특히 요인 간의 인과 관계가 성립함을 검증하기 위하여 이용되는데, 본 연구에서는 예비 수학 교사들의 수학적 모델 및 수학적 모델링에 대한 인식이 궁극적으로 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 어떻게 영향을 미치는지 검증하기 위하여 구조방정식모형을 활용하였다(Jöreskog, 1973). 구조방정식모형의 활용에 앞서, 요인들 간의 상관관계가 있는지 분석하기 위하여 요인 간 상관 계수를 구하였다(see [Table 1]).

[Table 1] Correlation coefficients

	Section 2	Section 3	Section 4
Section 2	0.826	—	—
Section 3	0.757	0.726	—
Mean	3.996	2.979	3.985
S.D.	1.741	1.350	1.703

또한, 상관관계가 존재함을 확인한 다음, 설문 문항의 구인타당도(construct validity)를 검증하기 위하여 탐색적 요인분석(EFA: exploratory factor analysis)과 확인적 요인분석(CFA: confirmatory factor analysis)을 실시하였다. 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석에서 모형의 적합도를 판단하기 위한 지표로써  $\chi^2$ 통계량과 CFI(Comparative Fit Index), SRMR(Standardized Root Mean Square Residual)을 이용하였다.  $\chi^2$ 통계량은 유의수준 5%에서 유의하지 않을 때 설정된 모델이 수집된 데이터에 좋은 적합도를 보이는 것으로 알려져 있으며, CFI의 값은 0.9 이상일 때, 그리고 SRMR의 값은 0.08 이하일 때 좋은 적합도를 보이는 것으로 알려져 있다(Bentler, 1990).

세 개의 요인별 신뢰도를 검증하기 위해 Cronbach's alpha 값을 구해보았는데, 수학적 모델에 대한 인식, 수학적 모델링에 대한 인식, 그리고 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식을 나타내는 세 개의 요인이 각각 0.930, 0.902, 그리고 0.955의 값을 나타내었다. 이러한 Cronbach alpha 값들은 사회과학 분야에서 신뢰도가 있다고 판단할 수 있는 값들로 본 설문조사의 항목들이 어느 정도의 신뢰도를 갖고 있다는 것을 나타내고 있다(Bentler, 1990).

마지막으로 세 번째 연구 질문에 대한 답을 구하기 위하여 다중집단분석(multigroup analysis)을 실시하였다.

IV. 결과 분석 및 논의

1. 수학적 모델, 수학적 모델링, 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 예비교사의 인식

예비 수학 교사의 수학적 모델, 수학적 모델링, 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식을 조사하기 전에, 조사 대상자들이 수학적 모델링의 경험을 갖고 있는지 물었다(Table 2]. 총 210명의 응답자 중 125명(59.5%)가 그렇다고 대답하였으며, 77명(36.7%)는 경험이 없다고 대답하였다. 8명(3.8%)은 무응답이었다. 수학적 모델링에 대한 경험이 있는 학생들 중, 그 경험이 수학적 모델링 문제를 풀어본 경험인지, 수학적 모델링에 대한 수업을 준비한 경험인지를 다시 물었는데(중복 응답 허용), 이에 대해서는 107명(51%)의 학생이 문제를 풀어본 경험이 있다고 하였고, 68명(32.4%)의 학생은 수학적 모델링과 관련한 수업을 준비해보았다고 대답하였다.

[Table 2] Responses to the Item 1

Item	Response	
1. Have you experienced mathematical modeling?	Yes: 125	No: 77
1-1. If you answered "yes" to the item 1, what kind of experience did you have with mathematical modeling?	Experience in solving mathematical modeling problems: 107명	Preparing classes for mathematical modeling : 68명

설문의 두 번째 영역은 예비 수학교사들의 수학적 모델에 관한 인식에 대한 것이었는데, 이에 대한 빈도 분석 결과는 [Table 3]과 같다. 총 응답자 중 13.8%(29명)-18.1%(38명) 정도는 문항에서 진술하고 있는 내용에 대해 '모른다'라고 답하였다. 그 밖의 학생들 중에서 12명(5.7%)-29명(13.8%)은 6개의 척도 중 하위 세 개의 척도(전혀 동의하지 않음, 대체로 동의하지 않음, 다소 동의하지 않음)에 해당하는 부정적인 의견을 나타내었으며, 나머지 141명(67.1%)-161명(76.7%)은 '어느 정도 동의함', '대체로 동의함', '전적으로 동의함' 등 긍정적인 의견을

나타내었다. 즉, 해당 문항에 대해 모른다고 대답한 학생들을 제외한 나머지 학생들 중 약 70%의 이상의 학생들이 해당 문항에 대해 전반적으로 동의하는 것으로 나타났다.

설문의 세 번째 영역은 예비 수학교사들의 수학적 모델링에 대한 인식을 조사한 것으로 그 빈도 분석 결과는 [Table 4]와 같다. 이 영역의 결과도 앞선 두 번째 영역의 결과와 마찬가지로, 34명(16.2%)-41명(19.5%)의 학생은 '모른다'라고 대답하였다. 세 번째 영역은 총 5개의 척도로 조사되었으며, 9번과 13번을 제외한 나머지 네 문항에 대해서는 과반수 이상의 예비 수학교사들이 4(자주) 또는 5(항상)에 해당하는 응답을 하여 해당 문항에 긍정적으로 동의하는 경향을 보였다. 9번 문항(수학적 모델링은 우리 주변에서 일어날 수 있는 현실적인 이야기에서 시작된다)에 대하여는 '전혀' 혹은 '아주 가끔'이라고 대답한 예비 수학교사들이 각각 14명(6.7%), 44명(21%)이었다.

[Table 3] Frequencies for the 'Mathematical Model' section

	0= Don't know	1= Disagree at all	2= Generally disagree	3= Disagree somewhat	4= Agree somewhat	5= Generally agree	6= Agree at all	Missing	Total
2. Concrete manipulative such as fraction bar, pattern block, a three-dimensional solid(e.g., cube or polyhedron) is mathematical model.	32	4	3	9	43	81	30	8	210
3. Equations and formulas such as quadratic equations and velocity-distance equations are mathematical models.	32	4	9	16	39	58	44	8	210
4. A visual representation such as a coordinate plane and a vertical line is a mathematical model.	29	1	6	10	35	74	46	9	210
5. Visual representations such as scale maps and architectural designs are mathematical models.	37	5	5	10	34	71	40	8	210
6. A mathematical model can be used to describe or summarize a given situation in a concise form.	29	1	5	6	18	76	67	8	210
7. A mathematical model can be used to describe the underlying causes of a given situation.	38	2	4	13	33	71	41	8	210



[Table 4] Frequencies for the 'Mathematical Modeling' section

	0= Don't know	1= Never	2= Occas ionally	3= About half the time	4= Usual ly	5= Alway s	Missi ng	Total
8. Each step of mathematical modeling can be repeated many times.	39	0	5	45	89	24	8	210
9. Mathematical modeling begins with a realistic story that can happen around us.	35	14	44	26	61	22	8	210
10. Mathematical modeling requires prerequisites or assumptions.	38	1	5	27	73	58	8	210
11. In mathematical modeling, it is necessary to determine whether the mathematical results are appropriate for the actual situation.	35	2	3	19	68	75	8	210
12. Modification and improvement are required at each stage of mathematical modeling.	34	0	3	20	69	76	8	210
13. As a result of mathematical modeling, there is only one definite answer.	41	44	69	31	13	4	8	210

[Table 5] Frequencies for the 'Educational Use of Mathematical Modeling' section

	0= Don't know	1= Disag ree at all	2= Gene rally disagr ee	3= Disag ree some what	4= Agree some what	5= Gene rally agree	6= Agree at all	Missi ng	Total
14. Mathematical modeling should be included in the curriculum because students can learn how to use mathematics in everyday life.	25	0	1	10	44	76	46	8	210
15. Mathematical modeling should be included in the curriculum because students can learn how to think mathematically.	25	0	2	9	39	86	41	8	210
16. Mathematical modeling should be included in the curriculum because it allows students to learn how to use mathematical models in other class lessons than mathematics.	28	1	4	22	59	55	33	9	210
17. Students can improve their ability to understand the scientific phenomenon more deeply through mathematical modeling.	28	2	7	7	57	56	44	8	210
18. Through mathematical modeling, students can improve their ability to understand the phenomenon of humanities. (For example, language, literature, history, art, social science).	34	5	11	24	67	38	23	8	210

또한 13번 문항(수학적 모델링의 결과로 단 하나의 명확한 답만이 존재한다)은 수학적 모델링에 적합한 문제가 보통 하나 이상의 열린 답을 갖는 경우가 많다는 이론적 배경에 반대로 진술되었다. 따라서 예비 수학 교사들은 1(전혀) 혹은 2(아주 가끔)로 대답하기를 기대되었으며, 이후의 분석에서는 역코딩으로 처리되었다.

설문의 네 번째 영역은 수학적 모델링의 교육적 활용에 관한 예비 수학 교사들의 인식을 조사한 것으로 빈도 분석 결과는 [Table 5]와 같다. 약 25명(11.9%)-34명(16.2%)의 예비 수학 교사들은 총 5개의 문항에 대해 '모른다'고 대답하였다. 14번, 15번, 17번 문항에 대하여는 각각 11명(5.2%)의 응답가 '전혀 동의하지 않음', '대체로 동의하지 않음', '다소 동의하지 않음' 중 하나의 응답을 하

여, 해당 문항에 전반적으로 동의하지 않음을 나타내었다. 그 외의 157명(74.8%)-166명(79%)의 응답자들은 6개의 척도 중 상위 세 개의 척도에 응답함으로써 해당 문항에 전반적으로 동의함을 나타내었다. 16번, 18번 문항에 대해서는 같은 영역의 나머지 문항들에 비하여 동의하지 않는 응답의 비율이 높았다.

##### 5) 일원분산분석 결과

일원분산분석은 앞서 보고된 예비 수학 교사의 수학적 모델, 수학적 모델링, 그리고 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식이 예비 수학 교사의 개인적 특성, 즉 전공, 학년, 그리고 수학적 모델링에 대한 경험의 유무에 따라 다른지 판별하기 위해 수행되었다. 이 분석을 위하여,

[Table 6] Results from ANOVA

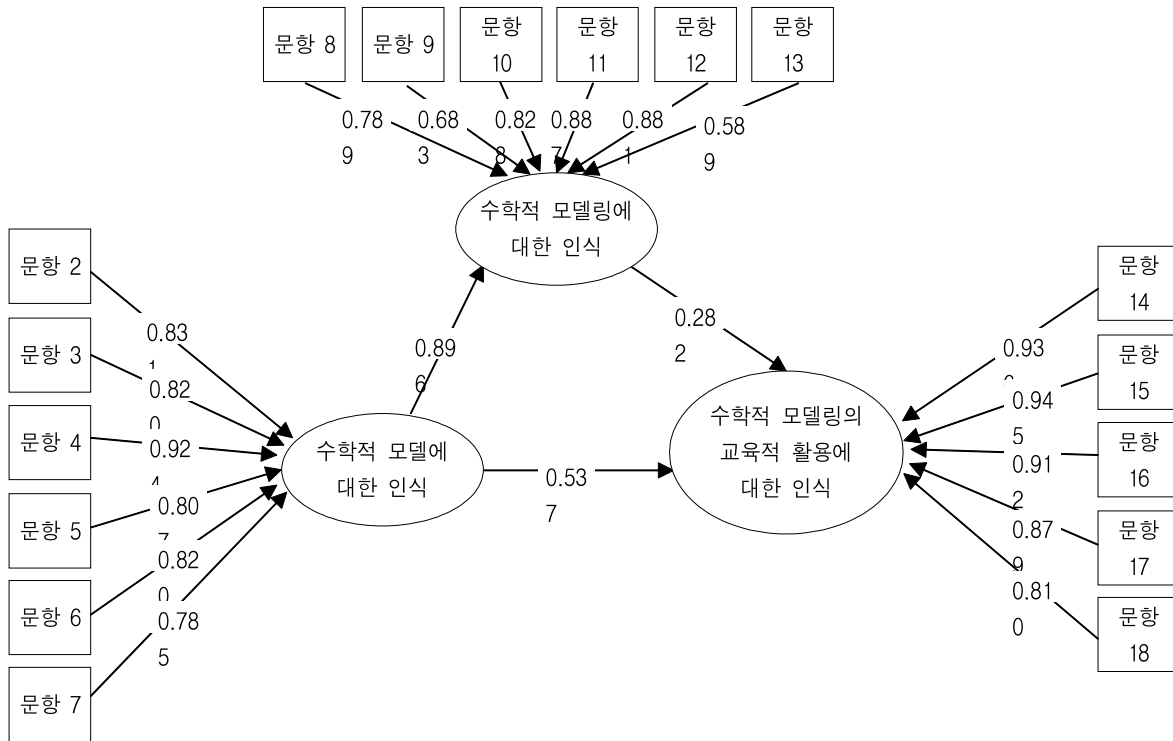
		Sum of Squares	<i>df</i>	Mean Square	F	Sig.	
Differences from major	Section 2	Between	22.348	7	3.193	1.055	0.394
		Within	584.176	193	3.027		
	Section 3	Between	9.882	7	1.412	0.768	0.615
		Within	356.469	194	1.837		
	Section 4	Between	25.176	7	3.597	1.251	0.277
		Within	554.660	193	2.874		
Differences from grade	Section 2	Between	55.569	4	13.892	4.919	0.001
		Within	547.886	194	2.824		
	Section 3	Between	26.132	4	6.533	3.750	0.006
		Within	339.724	195	1.172		
	Section 4	Between	53.276	4	13.319	4.940	0.001
		Within	523.069	194	2.696		
Differences in experience with mathematical modeling	Section 2	Between	145.656	1	145.656	62.894	<0.001
		Within	460.868	199	2.316		
	Section 3	Between	125.560	1	125.560	104.289	<0.001
		Within	240.792	200	1.204		
	Section 4	Between	128.902	1	128.902	56.886	<0.001
		Within	450.933	199	2.266		

각 영역 별 응답의 평균값을 합성 변수(composite variable)로 이용하였다. 그 결과는 다음과 같다.

전공에 따른 예비 수학 교사들의 인식 차이는 통계적으로 유의하지 않았던 반면, 학년에 따른 예비 수학 교사들의 인식 차이는 통계적으로 유의하였다. 따라서 총 5개의 그룹(1학년, 2학년, 3학년, 4학년, 대학원) 중 어느 집단 간의 차이가 유의한지 살펴보기 위하여 사후 검정(Post Hoc. test)을 진행하였다. 결과적으로 1학년은 2학년, 3학년, 4학년과 수학적 모델, 수학적 모델링, 그리고 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에서 차이를 보였다. 1학년의 응답 평균값이 다른 학년에 비하여 세 영역에서 모두 낮은 것으로 나타났다. 마지막으로 수학적 모델링에 대한 경험의 유무에 따라서도 예비 수학 교사들은 인식 차이는 통계적으로 유의하였다. 수학적 모델링에 대한 경험의 유무에 따른 집단은 총 두 개의 집단으로 사후 검정을 실시하지 않았다. 수학적 모델링에 대한 경험이 있는 집단이 없는 집단에 비하여 세 영역에서 모두 높은 평균값을 나타내었다.

2. 구조방정식 모형 결과

구조방정식 모형을 이용한 분석을 하기 전에, 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석을 실시한 결과는 다음과 같았다. 탐색적 요인분석을 한 결과, 수학적 모델링에 관한 문항의 구성 요인은 설문 개발 단계에서 설계된 바와 같이 3요인 모형이 적합하다고 볼 수 있었다. 모형의 적합도를 판별하기 위한 지표들은 CFI=0.951, SRMR=0.025로써 좋은 모델 적합도를 보였다. 반면에  $\chi^2$ 통계량( $\chi^2/d\#3451.207/136$ )은 유의수준 5%에서 유의하지 않을 때 모델 적합도가 좋다고 말할 수 있으나, 본 연구의 확인적 요인분석 결과에서는  $\chi^2$ 통계량이 유의수준 5%에서 유의함을 보였다. 하지만 이러한 연구 결과는 표본집단의 크기에 의해 유발된 결과일 수 있다는 해석에 따라(Muthén & Muthén, 2019)  $\chi^2$ 통계량 외의 다른 지표 결과(i.e., CFI, SRMR)에 따라 본 연구에서 검사된 모델과 분석 자료 간의 적합도를 판단하였다. 확인적 요인분석의 결과도 비슷한 결과를 보였는데, CFI와 SRMR의 값은 각각 0.944, 0.033이었으며,  $\chi^2/d\#3451.207/136$ 으로 유의수준



[Fig. 2] Final model

5%에서 유의한 결과를 보였다.

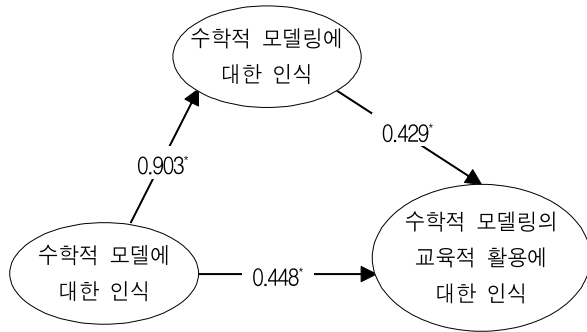
[Fig. 1]에서 제시된 모델을 구조방정식 모형 분석을 이용하여 테스트한 결과, 모델 적합도( $\chi^2/df=3451.207/136$  유의수준 5%에서 유의함; CFI=0.944; SRMR=0.033)는 설정된 모델이 수집된 데이터에 적합한 것으로 나타났다. 각 문항에서 세 가지 요인으로 향하는 요인 적재치(factor loading value)들은 모두 통계적으로 유의하였다. 또한, 세 가지 요인들 간의 관계 또한 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 수학적 모델에 대한 인식이 수학적 모델링에 대한 인식에 미치는 영향은 0.896의 요인 적재치를 나타내었으며, 수학적 모델에 대한 인식과 수학적 모델링에 대한 인식이 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 미치는 영향은 각각 0.537과 0.282의 요인 적재치로 나타났다. 세 가지 경로에 대한 적재치 간에 차이가 존재하는 것은 각 요소들 간의 관계의 정도에 차이가 있음을 나타낸다. 즉, 수학적 모델링에 대한 인식과 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식 간의 관계는 다른 요소들 간의 관계에 비하여 그 영향력의 정도가 약함을 의미하며, 따라서 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식을 설명하는데 있어서 수학적 모델에 대한 인식이 수학적 모델링에 대한 인식보다 더 많은 부분을 설명하고 있음을 알 수 있다.

수학적 모델링에 대한 인식 요인은 수학적 모델링에 대한 인식 요인에 의해서 80.2% 설명되었으며, 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식은 그 밖의 두 가지 요인에 의해서 63.8% 설명되었다.

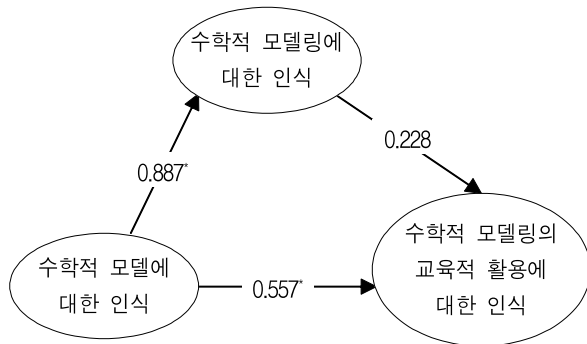
3. 다중집단분석 결과

마지막으로, 위에서 검증된 모델이 예비 수학 교사들의 수학적 모델링에 대한 경험의 유무에 따라 어떻게 다른지 분석하기 위하여 다중집단분석을 실시하였다. 다중집단분석은 모두 네 가지 모델(두 그룹 간 모든 경로의 적재치가 같다고 통제된 모델, 두 개 경로의 적재치가 같다고 통제된 모델, 한 가지 경로의 적재치가 같다고 통제된 모델, 그리고 모든 경로가 서로 같다는 통제를 하지 않은 모델) 테스트되었는데, 네 가지 모델 모두 적합한 모델 적합도를 나타내었다. 따라서  $\chi^2$  test로 어느 모델을 최종 모델로 선택할지를 검사하였는데, 한 가지 경로의 적재치가 같다고 통제된 모델과 모든 경로가 서로 같다는

통제를 하지 않은 모델 간의  $\chi^2$  test 결과가 유의하였다. 따라서 모든 경로의 적재치를 통제하지 않은 모델이 최종 모델로 선택되었다. 그 결과는 다음과 같다.



[Fig. 3] Group having experiences with mathematical modeling



[Fig. 4] Group not having experiences with mathematical modeling

[Fig. 3]는 수학적 모델링에 대한 경험이 존재하는 그룹의 모델이며, [Fig. 4]는 수학적 모델링에 대한 경험이 존재하지 않은 그룹의 모델이다. 두 그룹 간의 가장 큰 차이점은 수학적 모델링에 대한 인식이 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 미치는 영향을 나타내는 경로에서 나타났다. 수학적 모델링에 대한 경험이 있는 그룹의 경우, 경로에 대한 적재치가 0.429이며 통계적으로 유의하였으나, 경험이 없는 그룹의 경우는 경로에 대한 적재치가 0.228이며 통계적으로 유의하지 않았다. 수학적 모델링에 대한 경험이 존재하는 그룹의 경우, 수학적 모델링에 대한 인식이 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 영향을 주는 것으로 해석될 수 있다. 반면, 수

학적 모델링에 대한 경험이 존재하지 않은 그룹의 경우는 수학적 모델링에 대한 인식에서 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식으로 가는 경로가 통계적으로 유의하지 않았고, 이것은 이 둘 간에 인과관계가 존재하지 않음을 의미한다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 예비 수학 교사의 수학적 모델, 수학적 모델링, 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식을 조사하고, 그것들 간의 관계에 대하여 살펴보았다. 연구 결과로써 도출된 몇 가지 모델과 집단별 차이는 앞으로 수학적 모델링의 교육적 활용을 활성화시키기 위한 교사 교육에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 그 대상자가 예비 수학 교사라는 점에서 연구의 의미를 찾을 수 있다. 앞서 지적한 바와 같이 수학적 모델링에 대한 연구는 그 동안 수학적 모델을 위한 과제 개발 및 적용(Do et al., 2011; Park, 2019), 교수·학습 방법의 탐구(Seo et al., 2013; Son & Lew, 2007; Jung et al., 2018) 등에 맞추어져 왔으며, 교사 및 예비교사를 대상으로 하는 국내의 연구는 매우 제한적이었다(Choi, 2018). 예비 수학 교사들은 향후 미래의 수학 교실을 책임질 주체자로서 수학적 모델링이라고 하는 교수적 접근에 대해 올바른 인식과 지식을 갖추고 있어야 한다. 그럼에도 불구하고, 이들의 인식이 어떻게 형성되어 있는지, 또 이들은 수학적 모델과 모델링에 대해 어떤 지식을 갖고 있는지에 대한 연구가 미흡하다는 점은 앞으로 수학적 모델링을 학교 수학 교육 현장에 적극적으로 적용해야 하는 시점에서 큰 걸림돌이 될 수 있다. 따라서 본 연구의 결과로 얻어진 예비 수학 교사들의 수학적 모델, 수학적 모델링, 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식은 앞으로 수학적 모델링에 대한 교육 정책을 세우거나 이와 관련한 후속 연구를 기획할 때 도움이 될 것으로 기대된다.

본 연구의 결과에 따르면 예비 수학 교사들은 수학적 모델과 수학적 모델링에 대해 다양한 인식을 갖고 있는 것으로 나타났다. 설문지의 모든 문항에 대해 10% 이상의 예비 수학 교사들이 모른다고 대답했고, 그들을 제외한 나머지 대상자들의 경우는 과반 수 이상이 해당 문항에

대해 긍정적으로 동의함을 나타내었다. 수학적 모델링과 관련한 사전 경험이 있는지에 대해 약 37%가 없다고 대답한 것을 고려한다면 이들이 수학적 모델과 모델링에 대한 인식을 묻는 문항에서 '모른다'라고 답했을 가능성이 크다. 이는 이후 실행된 일원분산분석의 결과에서도 마찬가지로 나타나고 있다. 즉, 수학적 모델링에 대한 경험의 유무에 따른 차이에서도 경험이 있는 집단과 그렇지 않은 집단 간 차이가 통계적으로 유의하였기 때문이다. 또한 예비 수학 교사의 학년에 따라서도 수학적 모델과 모델링에 대한 인식 차이를 보였는데, 이 또한 학년이 높아짐에 따라 수학적 모델링에 대한 경험이 증가했을 가능성이 있다는 점에서 수학적 모델링에 대한 경험의 유무에 따른 차이와 같은 맥락이라고 할 수 있다.

이처럼 본 연구에서 활용된 분석 방법들의 결과들은 서로 연계되어 해석될 수 있다. 즉, 일원분산분석의 결과로서, 학년에 따라 혹은 수학적 모델링에 대한 경험의 유무에 따라 예비 수학교사들이 상이한 견해를 가지고 있음을 알 수 있었다. 이는 다집단 분석의 결과와 같은 맥락으로 볼 수 있는데, 즉 예비 수학교사들의 수학적 모델링에 대한 경험의 유무에 따라 수학적 모델링에 대한 인식에서 교육적 활용에 대한 인식으로의 경로가 상이하게 나타난 부분이 바로 그것이다. 또한 기초통계치로써 계산된 상관계수에 의하면, 세 가지 요인들 간의 상관관계가 통계적으로 유의함을 알 수 있는데, 이에 근거하여 설계된 구조방정식 모형의 결과 또한 이러한 요인들 간의 관계가 인과 관계에 있음을 나타내고 있다.

본 연구에서 설정된 모델에 따르면 예비 수학 교사들의 수학적 모델, 수학적 모델링, 그리고 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식 간에는 인과 관계가 성립함을 알 수 있었다. 수학적 모델과 수학적 모델링 간의 관계는 두 개념의 정의(Son & Lew, 2007; Swetz & Hartzler, 1991)로부터 충분히 예측할 수 있는 관계였는데, 이를 실증적 데이터를 이용하여 통계적으로 보여주었다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 또한 수학적 모델과 수학적 모델링에 대한 인식이 예비 수학 교사들의 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 수학적 모델링의 교육적 활용이 그 동안의 연구 결과를 토대로 보았을 때 학습자의 문제 해결 능력(Stein & Smith, 1998) 및 비판적 사고력(Shin & Kwon, 2001),

흥미 및 동기 유발(Blum & Ferri, 2009; Gann et al, 2016; Pollak, 2007) 등에 긍정적임을 알 수 있다. 이러한 긍정적인 측면을 현직 교사나 예비 교사들이 얼마만큼 인식하고 있는지는 별개의 문제일 수 있는데, 본 연구의 결과는 예비 수학 교사의 수학적 모델 및 모델링에 대한 인식이 수학적 모델링의 교육적 활용에 대한 인식에 영향을 미친다는 점을 밝혀낸 것이다.

이러한 연구 결과를 고려할 때, 예비 수학 교사들로 하여금 수학적 모델과 수학적 모델링에 대한 경험을 할 수 있는 기회를 제공해야 하며, 그 경험이 긍정적일 수 있도록 이끌어 주는 것이 중요한 것이다. Kim 외(2009)의 연구에 의하면, 많은 초등 교사들이 수학적 모델링에 대해 들어본 적이 없거나, 혹은 경험이 있어도 잘 모른다고 대답하였다. 즉, 한국의 교사들이 수학적 모델링에 대해 경험해볼 수 있는 기회가 그동안 절대적으로 부족했던 것으로 보인다. 본 연구의 결과에서도 살펴보면, 수학적 모델링에 대한 경험이 없었던 예비 수학 교사들은 경험이 있었던 예비 수학 교사들에 비하여 모른다고 대답한 경우가 많았으며, 수학적 모델링에 대한 인식이 교육적 활용에 대한 인식에 미치는 영향도 통계적으로 유의하지 않음을 보였다. 따라서 앞으로 한국의 수학 교육 현장에서 수학적 모델링의 활용과 적용을 증가시키기 위해서는 기본적으로 예비 교사나 현직 교사의 교육을 통해 그들이 수학적 모델링에 대한 경험을 늘려나갈 수 있도록 해야 한다.

단순히 수학적 모델링에 대한 경험을 부여하는 것을 넘어서서 예비 수학 교사들이 수학적 모델과 수학적 모델링에 대해 올바른 인식도 갖게 해주는 것이 필요할 것이다. 본 연구 결과에 따르면, 예비 수학 교사들은 수학적 모델과 수학적 모델링에 대한 설문지 해당 문항에 긍정적인 인식을 가질수록 수학적 모델링의 교육적 활용에도 긍정적인 것으로 나타났다. 앞서 밝혔듯이, 본 연구에서 활용된 수학적 모델 및 모델링의 인식에 관한 문항들은 다소 수학적 모델과 모델링에 관한 지식을 물을 수 있는 요소들이 포함되어 있어서, 해당 문항에 대한 동의는 한편으로 그들이 올바른 지식을 갖고 있음을 반증하기도 한다. 그럼에도 불구하고, 예비 수학 교사들의 수학적 모델과 수학적 모델링에 대한 지식을 묻는 문항은 후속연구에서 별도로 개발되어 검증될 필요할 있을 것으로 사

료된다.

본 연구 결과의 학문적, 교육적 의의에도 불구하고 몇 가지 제한적인 부분이 있음을 밝힌다. 첫째, 본 연구에서 수집된 자료는 약 2년여 간의 기간에 걸쳐 수집되었다. 즉, 자료 수집의 편의성을 위하여 설문 조사가 일시에 이뤄지지 못하고, 몇 가지 수업을 수강하는 학생들을 대상으로 3학기에 걸쳐 이뤄졌다는 점이다. 그럼에도 불구하고 동일한 학생의 포함을 배제함으로써 통계적으로 발생할 수 있는 오류를 차단하고자 노력하였다. 둘째, 표본의 대표성에 대하여, 본 연구는 편의표집을 통해 표본을 선정하였는 바, 그 대표성에 의문을 가질 수 있다. 이러한 제한점은 앞으로 후속연구에서 표본의 확장을 통하여 극복되어야 할 부분으로 여겨진다. 더욱이, 본 연구의 연구 결과에 대한 원인 분석 또한 본 연구의 설계에서는 다루질 수 없는 한계가 존재하였으며, 따라서 후속 연구에서 다루질 수 있는 부분으로 생각된다. 마지막으로, 본 연구의 결과는 이론적 배경을 통한 가설의 설정, 그리고 통계적 분석을 통한 가설의 검증 단계를 거쳐 도출되었다. 본 연구 주제와 관련하여 좀 더 풍부한 연구 결과를 도출하기 위해서는 양적인 접근과 더불어, 예비 수학 교사의 인터뷰 혹은 자기 성찰과 같은 질적 자료에 대한 분석이 가능할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- Asepapapa, R. S. (2015). Mathematical modeling: Essential for elementary and middle school students. *Journal of Mathematics Education*, 8(1), 16-29.
- Bentler, P. M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, 107(2), 238-246.
- Blum, W. & Ferri, R. B. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt?. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45-58.
- Chang, H. W., Kim, E. H., Kang, Y. J., & Choi, H. R. (2018). Teaching & learning analysis of mathematical modeling in 6th grade elementary school class using amount of milk. *School Mathematics*, 20(4), 547-572.
- Choi, J. S. (2017). Prospective teachers' perception of mathematical modeling in elementary class. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 27(2), 313-328.
- Choi, K. A. (2017). A study on literature review of

- mathematical modeling in mathematical competencies perspective. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 20(2), 187-210.
- Choi, K. A. (2018). Trends in Korea research on mathematical modeling investigated by mathematical modeling map. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 21(4), 327-342.
- Cirillo, M., Pelesko, J. A., Felton-Koestler, M. D., & Rubel, L. (2016). Perspectives on modeling in school mathematics. In C. R. Hirsch, & A. R. McDuffie (Eds.), *Mathematical Modeling and Modeling Mathematics* (pp. 3-16). Reston, VA: NCTM
- Common Core State Standards Initiative (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. Retrieved from <http://www.corestandards.org/Math/>
- Do, E. H., Choi, S. U., & Lee, S. M. (2011). Development and application of questions for the class of mathematical modeling. *Educational Theory and practice*, 21(0), 133-152.
- Doerr, H. (2016). Designing sequences of model development tasks. In C. R. Hirsch, & A. R. McDuffie (Eds.), *Mathematical Modeling and Modeling Mathematics* (pp. 197-205). Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Gann, C., Avineri, T., Graves, J., Hernandez, M., & Teague, D. (2016). Moving students from remembering to thinking: The power of mathematical modeling. In C. R. Hirsch, & A. R. McDuffie (Eds.), *Mathematical Modeling and Modeling Mathematics* (pp. 97-106). Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Gould, H. T. (2013). *Teachers' Conceptions of Mathematical Modeling* (Doctoral dissertation). Ph.D, Teachers College, NY.
- Harrison, T. P. & Edward, K. J. (1989). Modeling learning effects via successive linear programming. *European Journal of Operational Research*, 40(1), 78-84.
- Hwang, H. J. (2007). A study of understanding mathematical modelling. *School Mathematics*, 9(1), 65-97.
- Hwang, H. J. & Min, A. R. (2018). An investigation on the understanding of the mathematical modelling based on the results of domestic articles since 2007. *Communications of Mathematical Education*, 32(2), 225-244.
- Jöreskog, K. G. (1973). Analysis of covariance structures. In R. K. Paruchuri (Eds.), *Multivariate Analysis - III* (pp. 263-285). Ohio: Academic Press.
- Jung, H. Y. & Lee, K. H. (2019). Instructional design of mathematical modeling for group creativity. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 29(1), 157-188.
- Jung, H. Y., Lee, K. H., Baek, D. H., Jung, J. H., & Lim, K. S. (2018). Design for mathematical task inquiry subjects task based on the mathematical modeling perspective. *School Mathematics*, 20(1), 149-169.
- Jung, S. Y. & Park, M. G. (2016). An analysis of mathematical modeling in the 3rd and 4th Grade elementary mathematics textbooks. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 19(1), 103-122.
- Kang, O. K. (2010). A study on a modelling process for fitting mathematical modeling. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 20(1), 73-84.
- Kelchtermans, G. (2005). Teachers' emotions in educational reforms: Self-understanding, vulnerable commitment and micropolitical literacy. *Teaching and Teacher Education*, 21(8), 995-1006.
- Kim, G. T. & Ryu, S. R. (2013). An analysis of problem posing in the 5th and 6th grade mathematics textbooks and errors in problem posing of 6th graders. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 17(2), 321-350.
- Kim, M. K., Hong, J. Y., & Kim, H. W. (2010). A study on development of problem contexts for an application to mathematical modeling. *The Mathematical Education*, 49(3), 313-328.
- Kim, M. K., Min, S. H., & Kang, S. M. (2009). A survey of the elementary teachers' perception and the status about mathematical modeling. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 12(4), 411-431.
- Ko, C. S. & Oh, Y. Y. (2015). The effects of mathematical modeling activities on mathematical problem solving and mathematical dispositions. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 19(3), 347-370.
- Land, T. J., Tyminski, A. M., & Drake, C. (2015). Examining pre-service elementary mathematics teachers' reading of educative curriculum materials. *Teaching and Teacher Education*, 51, 16-26.
- Maaß, K. (2010). Classification scheme for modelling tasks. *Journal für Mathematik - Didaktik*, 31(2), 285-311.
- Ministry of Education. (2015). *Mathematics Curriculum*. Ministry of Education Announcement #2015-74.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. (2019). *Mplus. The Comprehensive Modelling Program for Applied Researchers: User's Guide*, 5.

- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Niss, M. A. (1987). *Aims and Scope of Applications and Modelling in Mathematics Curricula*. Roskilde: Roskilde Universitet.
- OECD (2009). *PISA 2009. Assessment Framework. Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. Paris: Author.
- Park, J. H. (2017). Fostering mathematical creativity by mathematical modeling. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 27(1), 69-88.
- Park, J. H. (2019). Task modification of preservice elementary teachers - Focusing on pattern tasks. *School Mathematics*, 21(1), 59-77.
- Pollak, H. (2007). Mathematical modelling—a conversation with Henry Pollak. In W. Blum, P. Galbraith, H. W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI Study* (pp. 109 - 120). New York: Springer.
- Seo, J. H., Yeun, J. K., & Lee, K. H. (2013). Development and application of teaching-learning materials for mathematically-gifted students by using mathematical modeling : Focus on Tsunami. *School Mathematics*, 15(4), 785-799.
- Shin, E. J. & Kwon, O. N. (2001). A study of exploration-oriented mathematical modeling. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 11(1), 157-177.
- Shin, E. J. & Lee, C. H. (2004). An analysis of the interaction of perceptive, cognitive, and metacognitive activities on the middle school students' modeling activity. *School Mathematics*, 6(2), 153-179.
- Shin, H. S. & Lee, M. H. (2011). The effects of tasks setting for mathematical modelling in the complex real situation. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 14(4), 423-442.
- Shin, K. H. & Kim, Y. J. (2011). The case study for the development of conception of a graph and the formula with the absolute value through the mathematical modeling. *The Mathematical Education*, 50(2), 163-182.
- Son, H. C. & Lew, H. C. (2007). The role of spreadsheet in model refinement in mathematical modeling activity. *School Mathematics*, 9(4), 467-486.
- Stein, M. K. & Smith, M. S. (1998). Mathematical tasks as a framework for reflection: From research to practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3(4), 268-275.
- Swetz, F. & Hartzler, J. S. (Eds.). (1991). *Mathematical Modelling in the Secondary Classroom*. Reston: National Council of Teachers of Mathematics.
- Tonia, J. L. & Andrew, M. T. (2015). Examining pre-service elementary mathematics teachers' reading of educative curriculum materials. *Teaching and Teacher Education*, 51, 16-26.
- Usiskin, Z. (2015). Mathematical modeling and pure mathematics. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 20(8), 476-482.
- Verschaffel, L., De Corte, E., & Corey, D. (1995). Teaching realistic mathematical modeling in the elementary school: A teaching experiment with fifth-graders. *Proceedings of PME Conference*, 19(3), 105-112.
- Yu, H. G. & Yun, J. G. (2017). Development and application of program for mathematically gifted students based on mathematical modeling : focused on Voronoi diagram and Delaunay triangulation. *Communications of Mathematical Education*, 31(3), 257-277.