

예비 초등교사의 테크놀로지 교수학적 내용지식을 향상하기 위한 프로그램의 개발 및 적용

최영미 · 홍승호[†]

Designing and Implementing Integrated Lessons for Pre-service Elementary Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge Development

Choi, Youngmi · Hong, Seung-Ho[†]

ABSTRACT

Teaching with technology has been widespread in practical classroom settings, and increased the needs to enhance pre-service teachers' capability with a variety of technologies. The purpose of this study is focused on designing and implementing a training program to develop pre-service teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge(TPACK) which promotes them use technologies tactically in integrated science classes. Based on the theoretical framework of TPACK and Practitioner's Guide to TPACK, the authors developed ten periods of lessons comprised instructional skills in elementary science education. Subsequently, the program was applied into a teacher trainee course in Korea. The results of this study indicate that the TPACK training program for pre-service teachers significantly influenced on attitude toward convergence, TPACK, and science teaching efficacy of the engaged participants. The developed program, meanwhile, caused a significant TPACK improvement of female participants of the teachers college more effectively. Furthermore, it mitigated the gap between science and humanity tracks coming from their high schools. Consequently, there are possibilities to improve pre-service teachers' teaching strategies for integrated classes, if they have opportunities to review the comprehensibility of technological, pedagogical, content knowledge, and intersected areas with metacognitive perspectives.

Key words: integrated science, pre-service elementary teacher, attitude toward convergence, TPACK, science teaching efficacy

I. 서 론

교사가 내용교수지식(Pedagogical Content Knowledge, 이하 PCK)이 부족하면 교과 내용에 관한 지식을 잘 이해하고 있더라도 지도에 어려움을 겪거나, 학습자의 배움과 관계 없이 열심히만 가르치는 현상이 생길 수 있다(Park *et al.*, 2016). 효과적인 수업을 위해서는 학생이 해당 교과에 대해 지니고 있는 개념에 대한 맥락 지식과 학생의 눈높이에 맞게 변환하여 가르치는 교수 방법에 대한 지식을 교사

가 갖추는 일이 필요할 것이다. 이처럼 기본적으로 PCK를 갖추는 일뿐만 아니라, 융합인재교육(이하 STEAM 교육)이 교육과정에 도입되면서 교사에게 여러 분야의 풍부한 지식과 수업에 대한 전문성이 요구되고 있다.

더욱이 과학교사들에게도 과학기자재를 다룰 수 있는 기술과 연구를 수행할 수 있는 능력이 요구되지만, 이러한 역량이나 기술들은 특별한 노력이나 훈련 없이는 저절로 획득되지 않는다. 만약 교사들이 과학 교과에 대한 확실한 자신감이 없다면 학생

들에게 과학기술에 대한 관심과 호기심을 기대하기 어렵다(Lumpe *et al.*, 2000; Moseley & Utley, 2006; Lim, 2007). 그러한 중요성에도 불구하고, 일부 예비 교사들이 첨단 실험장비 활용의 중요성에 대해 부정적인 생각을 가지고 있다는 선행연구는 예비 교사들을 위한 첨단 실험장비 활용에 대한 교육과 인식 제고가 필요함을 시사한다(Kang *et al.*, 2008).

실제로 테크놀로지의 저변 확대는 학교에서 사용되는 테크놀로지의 종류와 활용 수준에도 많은 영향을 끼쳤다(Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010). 수업에서의 테크놀로지의 효과적인 활용은 학습자가 스스로 지식을 구성하는 접근을 촉진시키기 때문에 교수 상황에서의 테크놀로지 활용능력이 중요한 전문역량으로 인정받게 되었다. 반면, 새로운 테크놀로지 지식을 획득하는데 급급하여, 테크놀로지 활용을 통해 교과내용을 학생에게 효과적으로 가르치는 방법에 대한 이해는 부족한 실정이다(Niess, 2005; Shin, 2013). 특히 예비 교사 양성 기관에서의 교육은 새로운 테크놀로지를 소개해주거나 활용 사례를 공유하는 일차원적인 접근에 그친다는 문제가 있다(Shin, 2013).

현장에서도 국내 학교 대부분의 교실에 컴퓨터와 인터넷 구축이 잘 되어 있으나, 과학 교사들의 테크놀로지 사용은 워드프로세서나 프레젠테이션 사용에 치우쳐져 있으며, 능동적으로 테크놀로지를 수업에 활용하는 역량은 부족한 편이다(Choi *et al.*, 2017). Shin (2013)에 따르면, 다양한 교과목을 가르쳐야 하는 초등교사의 경우, 테크놀로지를 수업에 알맞게 활용할 수 있는 능력이 많이 요구된다. 테크놀로지 환경에 이미 익숙한 학생들에게 수업에 흥미를 느끼게 하고, 성취도에 긍정적인 영향을 미치려면 교사의 역할이 매우 중요하다고 한다. Shin (2013)은 또한 교과별 또는 주제별로 테크놀로지를 적절히 활용하는데 필요한 테크놀로지 내용교수지식을 예비 교사 시절부터 함양하는 환경이 조성되어야 하며, 이를 개발할 수 있는 강좌나 프로그램을 적극적으로 운영해야 한다고 하였다. Na and Jang (2016)도 예비 초등교사들이 테크놀로지를 활용한 과학수업을 하려면 과학내용지식(SK), 교수지식(PK), 테크놀로지지식(TK)이 통합된 형태로 경험하는 일이 필요하다고 하였다. 과학내용지식, 교수지식, 테크놀로지 기능을 분리하여 배우는 경우, 교사 개인이 이와 같은 지식과 기능을 스스로 통합하

여 수업에 구현하는데 어려움을 느낄 수 있기 때문이다.

Mishra and Koehler (2006)의 테크놀로지 교수학적 내용지식(Technological Pedagogical Content Knowledge, 이하 TPACK)은 교수지식과 내용지식의 교집합인 PCK의 중요성을 강조한 Shulman (1986)의 이론에서 확장하여 테크놀로지 지식(Technology Knowledge, TK)을 포함한다(Fig. 1).

교사 전문성 신장을 위한 TPACK 모형은, 교사들이 수업에서 기술을 통합하고자 할 때 TPACK 이론의 세 가지 하위요소인 기술, 교육학, 내용학에 관한 지식을 풍부하게 갖출 것을 권장한다. 또한 복잡하고, 다면적이며, 특정 상황에 처해있는 실제 수업의 현실을 설명하는데 그 세 가지 영역을 동시에 고려해야 기술이 융합된 수업에 도움이 된다고 한다(Archambault & Crippen, 2009; Foulger & Slykhuus, 2013). 더 나아가 테크놀로지 과학내용 교수학적 지식(Technological Pedagogical Science Knowledge, 이하 TPASK)이란, 과학 교사의 전문성 개발을 위해 TPACK이 통합된 형태의 모형이다(Jimoyiannis, 2010). TPASK 교육과정 및 교사 교육 관련 강좌는 실제 과학 수업에서의 기술적 통합을 효과적으로 활용토록 하는데 목표가 있으며, Jimoyiannis (2010)의 연구에서도 TPASK 전문성 개발 프로그램에 참여한 교사들이 통합된 형태의 TPASK 기준을 실제 교수에 활용할 의향이 높다고 하였다. TPASK는 교육에서의 정보통신기술을 통합하는 교사들을 위해 TPACK의 차원에서 확장하여 상호적으로 작용하는 교육학, 내용학, 기술에 있어 교육적 맥락의 교수

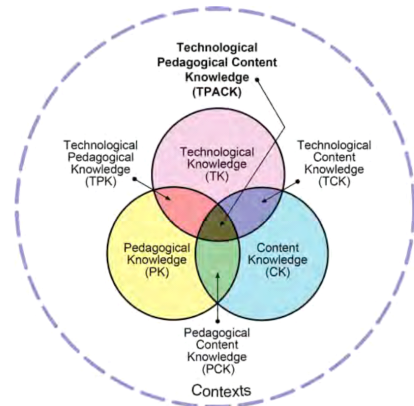


Fig. 1. The components of the technological pedagogical content knowledge framework(Mishra & Koehler, 2006).

지식을 추가할 수 있다(Shin, 2013).

TPACK 모형에서의 테크놀로지 지식은 교사의 기술에 대한 이해이며, 이미 발전되어 있는 기술과 현재 발전하고 있는 기술을 모두 포함하는 범위이다(Mishra & Koehler, 2006). 테크놀로지를 효과적으로 수업에 도입하기 위해 비디오 기반의 수업 사례 연구를 수행한 Hofer *et al.* (2015)에 의하면, 교사가 TPACK을 명확히 구분하는 것이 수업 계획에 도움이 되었으며, 테크놀로지를 활용한 융합 수업은 학습자 측면에서도 효과가 있었다고 한다. 그 연구에서는 미국의 교육과정을 기반으로 한 몇몇 융합 수업 속의 테크놀로지 예로, 특정 상황에서만 제한적으로 사용될 수 있는 Geometer's Sketchpad, 추정 계산기, 타임라인 도구 및 보편적인 테크놀로지인 VoiceThread, Weebly, Movie Maker 같은 도구가 소개되었다. 그 밖에 과학 개념에 대한 학습자의 이해를 촉진시켜 줄 도구로 WebQuest, Inquiry Isalnd, GIS, Google Earth 등이 기존 연구에서 활용되기도 하였다(Kulo & Bodzin, 2013; Lee *et al.*, 2015). 이러한 도구들은 학생들이 직접 방문할 수 없는 장소를 시각적으로 방문할 수 있게 하거나, 누군가 본적이 없을 수도 있는 디지털화된 역사적 문서를 볼 수 있게 할 수 있다(Hofer *et al.*, 2015). 혹은 급우들과 협력하는 글쓰기를 하게 한다거나, 새로운 이해에 대한 증거를 보완하고 근거를 논의하는 일을 가능토록 한다(Yang *et al.*, 2015). 심지어 협동심과 창의성을 기르는데 도움이 되는 상호작용을 위한 활동에 이용할 수 있는 전략으로 간주되기도 한다(Park, 2013; Khaddage *et al.*, 2014). TPACK의 중요한 측면은 학생들이 배우고자하는 학습 내용, 학습하면서 맞닥뜨릴 어려움, 학습 목표를 도달하는데 도움이 되는 도구와 도구 간의 결합을 이해하는데 있다(Hofer *et al.*, 2015).

한편, 예비 교사의 인식 및 지식에 대한 선행연구에 따르면 교원양성 교육을 통한 경험이 교수적 전문성 향상에 기여하므로 그 중요성을 간과해서는 안 된다고 한다(Park *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2011; Hofer & Grandgenett, 2012; Kim & Jeon, 2016). Kim and Jeon (2016)은 융합 교육의 효과성 연구가 주로 초중등학생 중심으로 이루어지고, 예비 교사를 대상으로 STEAM 교육을 적용하고 효과성을 살펴본 연구가 제한적이지만, 예비 교사들이 직접 STEAM 교육 프로그램에 참여하고 교수지식을 구축해 나가는 일은 중요하다고 하였다. 이는 예비 교사들이

과학 기반의 STEAM 수업을 직접 경험해 보면서 융합적 지식에 대해 이해하고, 스스로 새로운 가치를 만들 수 있기 때문이다. 또한 예비 교사들은 이론적 지식 및 수업에서 활용할 수 있는 실천적 지식을 갖추어야 하고, 이를 위해 예비 교사 교육기관은 다양한 실행에 대한 경험을 제공하여 이론과 실천의 연계를 도와야 한다(Kim *et al.*, 2011). 한편, 특정 교과 내용과 교수법이 결합된 PCK는 교사의 전문성을 나타내는 지식이자 교원 양성 과정에서 형성하는 일이 필요하다(Park *et al.*, 2008). 다양하며 복잡한 교실 상황을 이해하기 위한 예비 교사의 지식 영역을 개발하는데 도움을 주려면, 예비 교사가 TPACK에 대한 중요성을 인식하는 학습 경험을 촉진시키고, 교원 양성 교육에 참여하는 예비 교사의 성장을 면밀히 관찰하며 평가하는 일도 중요할 것이다(Hofer & Grandgenett, 2012; Rim & Choi, 2012). 마지막으로, 교수 효능감은 학생들을 잘 가르치는 교수 능력에 대한 믿음 및 학업 수행을 향상시킬 수 있다는 수업 효과에 대한 기대감으로 구성되며, 상황과 맥락에 따라 다면적인 특성을 가진다. 이를 과학 교수의 상황에 적용한 것을 과학 교수 효능감이라고 하는데, '과학 교수 개인 효능감'과 '과학 교수 결과 기대감'으로 구분할 수 있다고 한다(Enochs & Riggs, 1990).

앞서 살펴본 바와 같이 과학 수업에서의 테크놀로지의 효과적인 활용은 학습 효과를 높일 수 있지만, 테크놀로지 활용을 통해 과학 교과를 효과적으로 가르치는 방법을 체계적으로 이해하기 위한 예비 교사 교육이 충분하다고 보기는 어렵다. 따라서, 예비 초등교사가 테크놀로지의 역할을 분명하게 인식하고, 현장에서 테크놀로지를 활용한 융합 수업을 실천할 수 있도록, TPACK의 통합적인 향상을 목표로 하는 교사양성 교육 프로그램이 필요하다. 이 연구에서는 예비 초등교사의 TPACK 훈련을 위한 프로그램을 개발하고 교사양성 교육과정에 적용한 후, 개발한 통합적 교육 프로그램이 예비 초등교사의 융합에 대한 태도, TPACK, 과학 교수 효능감에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 절차

이 연구는 예비 초등교사가 TPACK을 활용한 융

합 수업 설계를 경험하고, 이를 통해 어떠한 변화를 보이는지 알아보기 위해 Fig. 2와 같은 연구 단계를 거쳤다.

문헌 분석 단계에서는 TPACK 및 예비 교사 교육과 관련된 자료를 중심으로 분석하였고, 그 내용을 바탕으로 강의계획서 및 예비 교사용 학습 교재를 개발하였다. 수업의 내용과 구성은 과학교육과 교수 1인 및 현직 초등교사 7인과의 워크숍을 통해 시간 운영의 효율성, 학습 교구의 실현 가능성 측면에서 수정되었으며, 연구 대상에게 적용된 10차시의 프로그램은 3. 연구 내용에서 다루었다. 자료 수집을 위해서는 TPACK 향상을 위한 교육 프로그램을 적용하기 전, 연구 참여자에게 융합에 대한 태도(Shin *et al.*, 2014), TPACK (Schmidt *et al.*, 2009; Shin, 2013), 과학 교수 효능감(Enochs & Riggs, 1990) 검사를 실시하고 분석하였다. 개발한 강의 프로그램을 연구 참여집단에게 투입하고, 프로그램 적용 후 사전 검사와 동일한 검사 도구를 활용하여 사후 검사를 실시하고 변화를 파악하였다. 검사 결과는 IBM SPSS Statistics(version 25)를 활용하여 *t*-test로 검사 결과의 차이를 알아보았다.

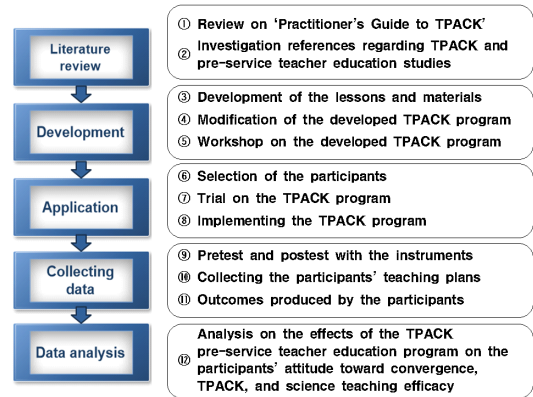


Fig. 2. The process of this study.

2. 연구 대상

중소도시 소재 교육대학에서 초등과학교육의 실제에 대한 내용을 다루는 강좌를 수강하는 교육대학생 3학년 95여 명(남 24명, 여 71명)의 예비 초등교사들이 본 연구에 참여하였다(Table 1). 이 예비 초등교사들은 이전 교육과정에서 이론적인 과학교육론을 학습하였고, 융합 수업의 실재를 위해 응용할 수 있는 여러 교과 지식관련 기초 강의를 수강

Table 1. Background information of the subject

Category		High school track		Sum
		Humanity	Science	
Gender	Male	19	5	24
	Female	62	9	71
Specific major (department)	Elementary education			
	Ethics education	5	0	5
	Korean language education	6	0	6
	Mathematics education	3	3	6
	Social studies education	7	1	8
	Science education	4	4	8
	Music education	6	0	6
	Art education	9	1	10
	Physical education	9	1	10
	Education	9	1	10
	Practical arts education	8	1	9
	English education	8	1	9
	Computer education	7	1	8
Total		81	14	95

한 시기이다.

3. 연구 내용

1) 프로그램 개발 과정

본 연구의 STEAM 교육 프로그램 개발 과정에 ‘Practitioner’s Guide to Technology, Pedagogy, and Content Knowledge (TPACK): Rich Media Cases of Teacher Knowledge(Hofer *et al.*, 2015)’과 ‘Developing TPACK (Rosenberg, 2012)’ 분석 결과를 반영하여 예비 초등교사를 대상으로 한 STEAM 강좌 프로그램 및 각각의 활동들에 필요한 교수·학습 자료를 개발하였다. 미국의 AACTE(American Association of Colleges for Teacher Education)와 NTLS(National Technology Leadership Summit)에 의해 개발된 ‘Practitioner’s Guide to Technology, Pedagogy, and Content Knowledge(TPACK): Rich Media Cases of Teacher Knowledge(Hofer *et al.*, 2015)’에서 다루는 TPACK 소개, TPACK의 사례 연구, 과학 수업에서의 TPACK 적용 사례, 학습 활동 유형에 따른 TPACK의 개발 부분을 분석하여, 본 연구의 예비 초등교사 교육 프로그램 개발 과정에 해당 내용을 도입하였다. ‘Practitioner’s Guide to TPACK’은 교사 및 연구자들만을 대상으로 하기보다는 예비 교사 및 저경력 교사들이 TPACK을 개발할 수 있도록 설계되었기 때문에 본 연구의 프로그램 개발 과정에 활용하기 적합하였다. 또한, TPACK ORG 사이트의 ‘Developing TPACK(Rosenberg, 2012)’에 의하면, 교사의 TPACK 신장을 위한 방법 중 PCK에서 TPACK에의 접근(특정 테크놀로지에 대한 적절한 교수지식을 먼저 선택하고, 나중에 학습목표와 관련된 결과를 유도하려고 테크놀로지를 도입)과 TPK에서 TPACK에의 접근(교육적 목적을 갖고 테크놀로지를 선택하는 과정이 우선이고, 나중에 특정 내용을 위해 테크놀로지를 사용), PCK와 TPACK을 동시에 발전시키는 방법, 특정 분야에서의 TPACK의 개발이 소개되었다. 그 중에서 본 연구의 목적을 충족시킬 TPACK 향상의 사례를 찾아 중점적으로 살펴보고, 수업을 위해 교과 교육과정을 뛰어넘어 어떻게 테크놀로지를 활용할 수 있을 것인지 고려하였다. 이 연구의 예비 교사를 위한 TPACK 교육 프로그램의 경우, 핵심 지식이 분명한 초등 과학과 교육과정 기반의 테크놀로지 융합 능력을 향

상하는데 수업의 목적을 두었기 때문에 PCK에서 TPACK에의 접근을 취하였다.

2) 차시별 수업 내용

예비 초등교사들은 5개의 장으로 구성된 TPACK 교육 프로그램에 참여하였고, 차시별 각 학습 주제는 7가지로 구분하여 지도하였다(Table 2).

TPACK 향상을 위한 융합교육 프로그램 학습 교재의 장은 TPACK 이론, 학습활동 유형에 따른 TPACK 개발 단계, 과학과 수업의 준비, TPACK 기반의 교수·학습과정안 설계, TPACK을 활용한 수업의 실제와 반성으로 구성되어 있다. 그리고 차시별 학습 주제는 프로그램의 학습 분량을 고려하여 두 개의 장을 통합하거나, 한 개의 장에 시간을 더 많이 할애하도록 배분한 결과가 반영되었다. 한편, 이를 지도하는데 참고하기 위한 강의계획서의 구성은 프로그램의 개발 배경, 프로그램의 목표, 차시별 강의 주제, 차시별 목표, 차시별 학습 활동 유형 계획으로 구분되었다.

첫 번째 장의 TPACK 이론을 통해 예비 초등교사가 과학과에서의 테크놀로지를 활용한 융합 수업 전략을 학습할 필요성을 이해하고, TPACK 모형, 지식요소, 수업에 미치는 테크놀로지의 영향을 살펴보았다. 이 단계에서 소개된 테크놀로지를 활용한 융합 수업은 효과적인 수업을 위해 그동안 논의되어왔던 과학 수업에서 테크놀로지를 다루는 다양한 방법, 수업에서 활용할 수 있는 애플리케이션이나 새로운 기술, 전통적인 과제를 대체할 학습의 방법 등을 수업에 접목시키는데 중점이 있다. 예를 들어, 생명과학 주제를 이해하고자 정교한 도구를 이용하여 증거를 수집하고 관찰하며 연구 결과를 문서화하는 과정에서 상호작용할 수 있는 소프트웨어, 혹은 과학적 탐구 방법의 어려움을 경감해 주고 학습 과정을 공유하기 위한 도구에 대한 지식의 필요성을 이해하는 것이다. 두 번째 장에서는 Hofer *et al.* (2015)이 학습 활동을 계획하는데 사용하기를 권장한 다섯 단계인 학습 목표의 선택, 학급 및 학교의 상황맥락 고려, 결합할 활동 유형과 순서 선택, 평가 전략 선택, 도구 그리고/또는 자료 선택의 과정이 과학 교과를 중심으로 한 융합 수업을 구성할 때 활용될 수 있음을 이해하였다. 지문 읽기, 지도·도표·표 읽기, 발표 보기, 그림 보기, 오디오 듣기처럼 지식을 구성하는 학습 활동

Table 2. The overview of the program to enhance pre-service teachers' TPACK in this study

Lesson	Topic	Expectation		
		Content	Process	Outcome
1	TPACK theory and the procedure of TPACK development based on learning activity types	Pre-service teachers understand the idea of TPACK and learn the procedure of TPACK development based on learning activity types.	Pre-service teachers explain the components of TPACK and phase in lesson planning with TPACK.	
2	Preparation for the science lessons	Pre-service teachers organize science lessons in elementary schools using the procedure of TPACK development.	In each stage, pre-service teachers definitize their lessons and write down the process of lesson planning.	<ul style="list-style-type: none"> • Stages of lesson planing ① to decide targeted learning standards and goals ② to consider the context in the classroom and school ③ to choose learning activity types and their sequence ④ to make an assessment plan ⑤ to select learning materials and aids
3	Lesson plan designing based on TPACK ①	Pre-service teachers make lesson plans for integrated science lessons using their TPACK.	Pre-service teachers review TPACK and its constituents for their planned lessons. Moreover, they include digital and/or non-digital options for each lesson block of learning activity types planning.	<ul style="list-style-type: none"> • TPACK review • Learning activity types planning
4	Lesson plan designing based on TPACK ②	Pre-service teachers make ready for integrated science lessons using their TPACK.	Pre-service teachers train and foster imperative TPACK for their planned lessons. They also rehearse for applications of digital and/or non-digital materials according to learning activity types.	<ul style="list-style-type: none"> • Lesson plan based on TPACK • Digital / Non-digital tools and resources for learning activity types
5	Practice and reflection on teaching with TPACK ①	Pre-service teachers implement integrated science content-based lessons applying their TPACK.	Pre-service teachers demonstrate their own integrated lessons according to the plan.	<ul style="list-style-type: none"> • Teaching demonstrations • Lesson observations • Reflective assessment
6				
7	Practice and reflection on teaching with TPACK ②	Pre-service teachers implement integrated science content-based lessons applying their TPACK.	Pre-service teachers demonstrate their own integrated lessons according to the plan.	<ul style="list-style-type: none"> • Teaching demonstrations • Lesson observations • Reflective assessment
8				
9	Practice and reflection on teaching with TPACK ③	Pre-service teachers implement integrated science content-based lessons applying their TPACK.	Pre-service teachers demonstrate their own integrated lessons according to the plan.	<ul style="list-style-type: none"> • Teaching demonstrations • Lesson observations • Reflective assessment
10				

의 유형을 Hofer and Harris (2010) 및 Hofer *et al.* (2015)이 분류한 개념 지식 쌓기(Conceptual Knowledge Building), 과정 지식 쌓기(Procedural Knowledge Building), 지식의 표현(Knowledge Expression)에 따라 학습할 수 있게 하였다. 구체적인 예로, 지문 읽기 활동을 할 때 학생들이 인쇄물 및 디지털 형태의 교과서, 서적, 조사 자료에서 정보를 추출해내기

위해 디지털 아카이브, 웹사이트, 전자책, 오디오북을 활용하거나, 발표 보기 활동에서 발표용 소프트웨어, 화상 회의, 무비메이커 또는 iMovie 같은 비디오 제작 소프트웨어, 개념 지도 소프트웨어를 활용하여 교사, 동료, 전문가에게서 동시적·비동시적, 구두 혹은 멀티미디어 형태로 정보를 얻을 수 있음을 아는 것이다. 세 번째는 앞서 학습한 단계

를 예비 교사가 수업을 계획하는 과정에 적용시켜서 실제로 하나씩 경험해 보되, 정보를 검색할 수 있는 노트북 또는 태블릿 PC의 디지털 자료와 교과서 같은 비디지털 자료를 이용할 수 있게 허용되었으며, 구글 클래스룸을 사용해 학습자 및 교수자 간의 수업에 관한 정보를 공유하였다. 특히, 학습 주제를 선정하는 과정에서 초등과학 생명영역 수업의 설계 및 실제에 중점을 두고 예비 초등교사가 융합 수업을 스스로 계획해보는 과정을 격려했다. 네 번째 단계에서는 예비 초등교사가 구체적으로 계획한 그 수업에 활용할 수 있는 TPACK을 각 요소별로 정리해보고, Hofer and Harris (2010)가 예비 교사의 TPACK 개발을 위해 제안한 교수·학습안의 일종인 학습 활동 유형 계획안을 작성하였다. 마지막 단계는 예비 초등교사가 TPACK을 활용하여 과학과 생명영역 중심의 융합 수업을 시연하고, 수업에 대한 토의를 수행하였다.

4. 검사 도구

1) 융합에 대한 태도

Lee *et al.* (2017)과 Kim and Jeon (2016)의 연구에서 대학생을 대상으로 적용된 바 있는 Shin *et al.* (2014)에 의해 개발된 융합에 대한 태도 검사 도구를 사용하였다. 지식(Knowledge, K), 개인적 관련성(Personal relevance, P), 사회적 관련성(Social relevance, S), 흥미(Interest, I), 자아효능감(Self-efficacy, E)의 5가지 구인의 총 23개의 문항으로 구성되어 있다. 이 검사 도구의 내적 신뢰도는 K .87, P .91, S .90, I .86, E .86으로 구성된 구인을 측정하기에 충분한 신뢰성이 있다고 볼 수 있다. 각 문항에 대한 측정 은 5점 Likert식 척도로서 ‘매우 아니다(1)’에서 ‘매우 그렇다(5)’로 이루어져 있다(Shin *et al.*, 2014).

2) 테크놀로지 교수학적 내용지식

예비 교사의 TPACK을 측정하기 위해 Schmidt *et al.* (2009)이 개발하고, 타당화한 설문지를 한국어로 번안하여 타당도를 검증하고, 연구에서 활용한 Shin (2013)의 검사 도구를 사용하였다. 교수지식(PK), 내용지식(CK), 테크놀로지 지식(TK), 내용교수지식(PCK), 테크놀로지 내용지식(TPK), 테크놀로지 교수지식(TCK), 테크놀로지 내용교수지식(TPACK)의 7개 하위구인으로 구성된 척도형 자기보고식 설문

지이며, ‘전혀 그렇지 않다(1)’에서 ‘매우 그렇다(5)’까지의 Likert식 5점 척도로 구성되었다. TPACK의 하위구인별 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 PK .86, CK .80, TK .84, PCK .70, TPK .76, TCK .84, TPACK .89이다.

3) 과학 교수 효능감

예비 초등교사의 과학 교수 효능감을 측정하기 위해 사용할 수 있는 Enochs and Riggs (1990)의 STEBI-B (Science Teaching Efficacy Belief Instrument-Form B)를 번역한 설문지로 검사하였다. STEBI-B는 과학 교수 개인 효능감(Personal Science Teaching Efficacy, PSTE) 및 과학 교수 결과 기대감 (Science Teaching Outcome Expectancy, STOB)으로 구분되어 있으며, 13문항으로 구성된 PSTE의 신뢰도는 .90, 10문항 STOB의 α 계수는 .76이다. 답변 유형은 ‘전혀 그렇지 않다(1)’부터 ‘매우 그렇다(5)’까지의 5점 척도이며, 부정 문항은 반대의 점수를 매긴다(Enochs & Riggs, 1990; Lim, 2007). STEBI-B는 유효하고 신뢰할만한 수준의 측정 도구로 예비 초등교사 대상의 연구에서 두루 활용되고 있다(Moseley & Utley, 2006; Deehan, 2017).

III. 연구 결과 및 논의

1. 융합에 대한 태도에 미치는 영향

예비 초등교사들의 융합에 대한 태도 검사 결과, 본 연구의 TPACK 교육 프로그램 사전 및 사후에 유의한 차이가 있었다. 특히, 다섯 가지의 구성 요소 중에 하위 요소인 지식, 개인적 관련성, 자아효능감 영역에서 유의한 효과를 보였다(Table 3).

본 연구에서 실질적이고 융합적인 지식을 학습한 예비 교사들은 융합에 대한 태도가 이전보다 긍정적이라고 볼 수 있다. 예비 생물교사를 대상으로 STEAM 교육 프로그램을 적용하고 융합에 대한 태도를 조사한 Kim and Jeon (2016)의 연구에서도, 수업 후에 전반적인 융합에 대한 태도가 유의하게 상승하였다고 한다. 그 연구 결과는 하위 영역 중에서 지식 및 자아효능감 영역에서 효과가 있었다는 점과 사회적 관련성에서 뚜렷한 효과가 없었다는 점이 본 연구 결과와 유사하였다. 공통적으로 과학 교과 지식을 넘어 융합적 지식을 이해하고 활용하는 능력을 기를 수 있었고, 수업 속에서의 성공의

Table 3. The results of *t*-test on attitude toward convergence

Domain	Test	Mean	Std. deviation	Paired samples test	
				<i>t</i>	Sig. (2-tailed)
Knowledge	Pre	3.6395	.69223	-6.264	.000***
	Post	3.9421	.59178		
Personal relevance	Pre	4.0253	.80570	-2.898	.004**
	Post	4.1663	.63622		
Social relevance	Pre	4.2500	.68387	-.468	.640
	Post	4.2737	.60241		
Interest	Pre	4.0526	.81609	-.296	.767
	Post	4.0674	.65256		
Self-efficacy	Pre	3.3200	.86829	-6.964	.000***
	Post	3.7074	.79863		
Total	Pre	3.8499	.85184	-7.576	.000***
	Post	4.0247	.69359		

** $p < .01$, *** $p < .001$.

경험이 자아효능감 영역의 향상에 도움을 주었기 때문으로 보인다. 예비 교사가 수업을 실행해 보고 문제를 해결하는 과정 속에서 이루어지는 반성적인 점검 및 실천 활동이 이론적으로 알고 있는 교과교육학지식을 종합적이고 다양한 실천적 지식으로 발전시키는데 기여하였을 수 있다(Kim *et al.*, 2011). 또한 STEAM 수업을 준비하는 예비 교사가 학생의 흥미나 STEAM 과목 요소, 단계 요소 등을 고려하여 창의적인 수업 내용을 구성한다는 Choi *et al.* (2015)의 연구 결과로부터 추론할 때, STEAM 수업을 준비하는 과정이 포함된 본 연구의 프로그램이 예비 교사가 융합 수업에 필요한 지식을 심도 있게 이해하려는 태도에 대하여 긍정적인 영향을 주었다고 생각된다. 교과 내용과 테크놀로지를 통합하는 방법을 중심으로 융합 수업을 실행할 수 있는 역량을 기르면서, 예비 교사들이 느끼는 교육과정 이론과 실제의 간극을 좁히는데 도움이 되었다고 볼 수 있다(Kim & Choi, 2018). 그러나 프로그램 운영 중에 연구참여자가 속한 사회적 문제에 대한 인식과 문제 해결에 대한 필요성이 강조되지 못하여 사회적 관련성 영역은 유의한 차이가 없었다고 생각된다. 비록 본 연구에서는 관련 하위 요소에서 유의한 향상이 없었지만, 과학 교육의 통합적인 접근 방법을 통해서 과학 관련 태도도 향상시킬 수

있으므로 교육과학의 대중성을 높이기 위한 사회적 관련성의 중요성도 간과하면 안 될 것이다(Shim *et al.*, 2001).

학습에 의한 과학 태도의 변화를 기대하기 어렵다는 Shim *et al.* (2001)의 연구에도 불구하고, 태도가 학습에 의해 영향을 받을 수 있는 가능성은 아직 열려 있다고 생각한다. 본 연구에서도 융합에 대한 태도의 전체 점수는 수업 전후에 유의한 상승을 보여주고 있으며, Hong (2007), Lee and Lee (2013), Choi and Hong (2013)도 학습을 통해 학습자의 태도가 달라질 수 있음을 입증하였다. 과거 Shim *et al.* (2001)은 학습에 의해서 과학 태도가 긍정적으로 변화되려면 궁극적으로 과학교육의 방법과 철학에 있어 발전적인 변화가 중요하다고 한 바 있는데, 그동안 융합 교육 패러다임이 그러한 발전적인 변화를 이끌고, 한계를 깨는 중추적인 역할을 하였을 수 있다. 지식을 공부하는 측면을 넘어서 교사와 학생 간의 상호작용, 교실의 구성, 특정 영역에서의 비판적 사고의 강조는 학습자의 발달을 돕기 때문에, 학습자의 태도와 행동을 변화시키고자 하는 교사의 노력과 효과는 분명 의미가 있다(Blazar & Kraft, 2017). 더군다나 융합에 대한 태도는 학생 수준에서 추후 학습동기 형성에 영향을 줄 수 있는 정의적 변인이므로(Shin *et al.*, 2014), 학습

사이자 교수자로서의 예비 교사가 긍정적인 융합에 대한 태도를 지닐 수 있도록 지속적으로 지원하는 일은 중요하다.

성별 집단 변인 간의 차이를 분석한 결과에서는 사전 및 사후 검사에서 교육대학 여학생이 남학생보다 융합에 대한 태도가 더 긍정적이었으며, 고교 계열별 사전 검사 결과에서 자연 계열 출신인 연구 참여자가 인문 계열이었던 교육대학생보다 높았으나, 사후 검사에서는 유의한 차이가 없었다(Table 4).

융합에 대한 태도의 사전 검사에서 교육대학 남녀 학생 간 유의한 차이가 있었던 하위 영역은 개인적 관련성, 사회적 관련성, 흥미이고 전체 점수도 교육대학 여학생이 더 높았다. 과학과 생명영역을 기반으로 한 TPACK 교육 프로그램을 적용한 이후의 결과는 지식, 개인적 관련성, 사회적 관련성, 흥미 영역 및 전체 점수에서 유의한 차이가 있었고, 프로그램 적용 전과 크게 다르지 않았다. 반면에, 고교 계열별 결과는 사전 검사에서 지식, 개인적

Table 4. The comparison of *t*-test results on attitude toward convergence with group variables

Component	Group	Variable	Mean		Std. deviation		<i>t</i> -test for equality of means			
			Pre	Post	Pre	Post	<i>t</i>		Sig. (2-tailed)	
							Pre	Post	Pre	Post
Knowledge	Gender	Male	3.5125	3.8229	.76297	.73977	-1.852	-2.295	.065	.022*
		Female	3.6733	3.9824	.66941	.52805				
	High school track	Humanity	3.6088	3.9399	.71017	.59055	-2.534	-.163	.012*	.870
		Science	3.9000	3.9531	.44144	.60237				
Personal relevance	Gender	Male	3.8500	3.9750	.8333	.72717	-2.461	-3.866	.014*	.000***
		Female	4.0720	4.2310	.79277	.58960				
	High school track	Humanity	3.9929	4.1646	.81115	.62174	-2.564	-.134	.011*	.894
		Science	4.3000	4.1750	.70711	.70755				
Social relevance	Gender	Male	4.0875	4.1667	.78262	.64346	-2.407	-2.022	.017*	.044*
		Female	4.2933	4.3099	.64964	.58465				
	High school track	Humanity	4.2265	4.2532	.69461	.61139	-1.963	-1.478	.050	.140
		Science	4.4500	4.3750	.55238	.54917				
Interest	Gender	Male	3.8500	3.9417	.92524	.62572	-2.815	-2.454	.005**	.014*
		Female	4.1067	4.1099	.77689	.65681				
	High school track	Humanity	4.0424	4.0810	.80570	.64793	-.800	1.013	.424	.312
		Science	4.1400	4.0000	.90373	.67505				
Self-efficacy	Gender	Male	3.3100	3.6083	1.00197	.87251	-.129	-1.574	.897	.116
		Female	3.3227	3.7408	.86050	.77050				
	High school track	Humanity	3.2918	3.6861	.87930	.78545	-2.073	-1.292	.039*	.197
		Science	3.5600	3.8125	.73290	.85823				
Total	Gender	Male	3.7152	3.8949	.91191	.74996	-3.828	-5.115	.000***	.000***
		Female	3.8858	4.0686	.83169	.66804				
	High school track	Humanity	3.8251	4.0187	.85851	.68871	-3.985	-.899	.000***	.369
		Science	4.0609	4.0543	.76252	.71746				

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

관련성, 자아효능감의 하위 영역에서 유의한 차이가 있었는데, 사후 검사에서는 모든 하위 영역에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

본 연구 결과는 성차가 융합에 대한 태도에 있어 유의한 영향을 주는 변인이라는 점은 Lee *et al.* (2017)의 의견과 일치하지만, 연구 대상의 상황적 맥락이 상이한 결과를 가져올 수 있음을 보여준다. Lee *et al.* (2017)도 비슷한 연령대의 대학생을 대상으로 융합에 대한 태도를 조사하였으나, 본 연구와는 다르게 남학생이 대다수인 공과대학 학생을 대상으로 수행하여 남학생의 융합에 대한 태도 점수가 높았으며, 여학생의 주도적 참여, 성공경험, 호기심 등을 지원해야 한다고 하였다. 하지만, 이 연

구의 참여자는 여학생 및 인문 계열이 대다수이고 교육대학에 속해 있으며, 오히려 남학생이 상대적으로 낮은 융합에 대한 태도 점수를 보였으므로, 성차가 제약이 되지 않고 예비 초등교사들이 긍정적인 융합에 대한 태도를 형성할 수 있게 교육적 배려가 필요할 것이다.

2. 테크놀로지 교수학적 내용지식에 미치는 영향

TPACK의 각 구성요소에 따라 사전 검사와 사후 검사를 비교한 결과, 내용지식(국어)을 제외한 모든 영역에서 매우 유의한 향상이 있었다(Table 5). 이는 테크놀로지를 도입한 교사 교수법의 효과를 지

Table 5. The results of *t*-test on pre-service teachers' TPACK

Component	Test	Mean	Std. deviation	Paired samples test	
				<i>t</i>	Sig. (2-tailed)
TK	Pre	2.7534	.94228	-17.619	.000***
	Post	3.5564	.86091		
Math	Pre	3.1088	1.01334	-4.114	.000***
	Post	3.4316	.82205		
Social studies	Pre	3.2491	.99526	-3.930	.000***
	Post	3.5439	.79767		
Science	Pre	2.7439	.93504	-10.388	.000***
	Post	3.4105	.82001		
Korean	Pre	3.6316	.93507	-.886	.376
	Post	3.6947	.78821		
PK	Pre	3.4797	1.43219	-4.842	.000***
	Post	3.7639	.73830		
PCK	Pre	3.3474	.81889	-7.049	.000***
	Post	3.7316	.75950		
TCK	Pre	2.7995	.92118	-13.627	.000***
	Post	3.6069	.79420		
TPK	Pre	3.0126	.89292	-16.701	.000***
	Post	3.8716	.67998		
TPACK	Pre	3.0816	.83164	-17.843	.000***
	Post	3.7658	.71342		
Total	Pre	3.1093	1.04338	-30.157	.000***
	Post	3.6664	.78359		

*** $p < .001$.

지하는 결과로서, Choi *et al.* (2017)도 테크놀로지를 도입한 과학교사 교수법이 교사들의 TPACK 인식에 긍정적인 영향을 미쳤다고 하였다.

이 연구 결과는 TPACK의 구성요소에 따라 설계된 교사 양성 교육 프로그램이 예비 교사의 테크놀로지 지식, 교수 지식, 내용 지식에 도움을 준다는 선행 연구 결과들과 맥락을 같이 한다. Chai *et al.* (2010)은 TPACK을 기반으로 한 ICT 강좌에 참여한 예비 교사들의 TPACK이 유의하게 변화하였다고 하면서, 테크놀로지 지식 및 교수지식을 효과적으로 높이기 위한 교육적 접근을 경험하면서 교수·학습에서 테크놀로지를 활용할 역량에 대한 인식을 향상시켰다고 보았다. 교육의 모든 영역에서 테크놀로지가 통합되고 있으므로 교과교육 교사 양성교육에서 TPACK의 중요성을 인식한 Scrabis-Fletcher *et al.* (2016)도 예비 교사를 위한 프로그램이 수업 안에서의 테크놀로지 활용할 기회를 만들었다고 하였다. 그는 파워포인트나 동영상 같은 수업을 돕는 고전적인 테크놀로지 이외에 현장에서 교사가 수업을 위해 활용하는 방식에 대해 협력할 필요가 있다고 하였다. 본 연구의 TPACK 향상 프로그램은 체육과에 중점을 둔 Scrabis-Fletcher *et al.* (2016)과 달리 과학과의 내용을 중심으로 하였지만, 일상생활에서 새로운 테크놀로지에 친숙한 예비 초등교사들이 융합 수업에서 과학과의 학습 목표를 효과적으로 달성하기 위해 다양한 테크놀로지를 어떻게 교육적 방법으로 활용할 수 있을지 아이디어를 탐구하면서 TPACK에 대한 인식이 긍정적으로 변화하였다고 생각한다. 예비 교사 교육과정에서의 TPACK 교육 효과에 대해서 종단연구를 수행한 Hofer and Grandgenett (2012)의 연구도 본 연구의 결과와 유사하게 연구참여자의 테크놀로지 교수지식 및 테크놀로지 교수학적 내용지식에서 발달이 있었음을 밝혀냈다. 테크놀로지 활용과 관련해서 예비 교사들이 자신의 테크놀로지 활용 능력을 노력을 통해 변화시킬 수 없다고 인식하는 정도가 높으면, 교수지식, 내용지식, 테크놀로지 내용지식, 테크놀로지 교수학적 내용지식의 정도도 낮게 지각한다고 한다(Shin, 2013). 그렇기 때문에 융합 교육적 측면에서 과학 교육방법의 한계를 극복할 수 있는 테크놀로지의 활용 방안을 시도해 보면서 활용 능력을 기르는 경험이 예비 교사의 TPACK 향상으로 이어질 수 있다.

한편, 연구 대상의 집단 특성으로 구분하여 TPACK

에 대한 자기 평가를 분석한 결과, 성별은 사전 검사에서 남녀 차이가 없었지만, 사후 검사에서 유의한 차이가 있었던 반면, 고교 계열은 사전 검사에서 인문 및 자연 계열 간 있던 유의한 차이가 사후 검사에서는 없다는 결과를 얻었다(Table 6). TPACK 검사의 전체 평균에서 교육대학 남학생은 3.1468에서 3.5213으로 상승하였고, 교육대학 여학생은 3.0993에서 3.7156으로 상승하였다. 또한 고교 계열 인문 계열은 3.0861에서 3.6717로, 자연 계열은 3.3070에서 3.6410으로 향상되었다. 이는 본 연구에서 적용한 과학과 생명영역 중심의 TPACK 교육 프로그램이 교육대학 여학생들의 TPACK 향상에 더 효율적으로 기여하였으며, 고교 계열 간의 격차를 완화 시켜주는 역할을 하였다고 볼 수 있다.

하위 영역을 분석한 결과를 구체적으로 살펴보면 집단 간의 특성이 더 두드러지는 양상을 띤다. 예를 들어, 교육대학 남학생은 사전 검사에서 테크놀로지 지식 및 내용지식(과학과)이 상대적으로 풍부하다고 생각하고 있었으며, 교육대학 여학생은 내용지식(국어과)에서만 유의하게 척도가 높았다. 하지만 TPACK 사후 검사에서 집단 간 유의한 차이가 있는 하위 영역은 내용지식(국어과), 교수지식, 교수내용지식, 테크놀로지 내용지식, 테크놀로지 교수지식, 테크놀로지 교수학적 내용지식으로서, 전 영역 모두 교육대학 여학생 집단이 유의한 차이로 평균이 높았다. 이 결과에 근거하여 교사 양성교육을 통해서 예비 초등교사의 TPACK은 향상될 수 있을 뿐만 아니라, 특히 교육대학 여학생이 융합 교육을 지도하는데 필요한 지식을 여러 영역을 아울러 함양할 수 있다고 생각된다.

다변화된 사회에서 융합적 과학교육을 실행할 책무를 갖고 있는 예비 교사들이 지식의 영역을 넘나드는 문제를 스스로 해결하는 과정이 중요한데, 본 연구에서 예비 초등교사가 TPACK을 이용하여 수업을 구성하는 경험이 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 과학 교사 교육에서 내용지식, 교수지식, 교과교육학 지식을 따로 제공하고 통합을 개인의 문제로 돌리는 현재의 패러다임을 극복하고, 영역 간 교류를 활성화할 필요가 있다(Park *et al.*, 2008).

3. 과학 교수 효능감에 미치는 영향

이 연구의 적용 프로그램이 예비 초등교사의 과

Table 6. The comparison of *t*-test results on TPACK with group variables

Component	Group	Variable	Mean		Std. deviation		<i>t</i> -test for equality of means			
			Pre	Post	Pre	Post	<i>t</i>		Sig. (2-tailed)	
							Pre	Post	Pre	Post
TK	Gender	Male	3.0000	3.6250	.95209	.87334	3.515	1.195	.000***	.232
		Female	2.6876	3.5332	.92955	.85631				
	High school track	Humanity	2.7176	3.5642	.94153	.85123	-2.867	.519	.004**	.604
Math	Gender	Male	3.0167	3.3611	.99986	.86081	-.792	-.841	.429	.401
		Female	3.1333	3.4554	1.01770	.80922				
	High school track	Humanity	3.0275	3.3797	1.02490	.81257	-4.056	-2.385	.000***	.018*
CK	Social studies	Male	3.4500	3.4306	1.03211	.90112	1.766	-1.397	.078	.164
		Female	3.1956	3.5822	.98061	.75801				
	High school track	Humanity	3.2863	3.6160	.98832	.75369	1.845	3.459	.066	.001**
Science	Gender	Male	3.2833	3.5000	.97584	.85580	5.261	1.071	.000***	.285
		Female	2.6000	3.3803	.87117	.80739				
	High school track	Humanity	2.6392	3.3207	.89356	.80156	-5.818	-4.231	.000***	.000***
Korean	Gender	Male	3.3667	3.4444	1.02456	.78523	-2.492	-3.166	.013*	.002**
		Female	3.7022	3.7793	.89903	.77286				
	High school track	Humanity	3.6890	3.7764	.93014	.71648	3.570	3.986	.000***	.000***
PK	Gender	Male	3.3286	3.6131	.95543	.78858	-1.406	-3.082	.160	.002**
		Female	3.5200	3.8149	1.53275	.71416				
	High school track	Humanity	3.4958	3.7595	1.48661	.74090	.845	-.343	.398	.732
PCK	Gender	Male	3.3625	3.4167	.88937	.70587	.186	-4.836	.853	.000***
		Female	3.3433	3.8380	.80058	.74850				
	High school track	Humanity	3.3559	3.7310	.83071	.75200	.590	-.032	.555	.974
TCK	Gender	Male	2.8625	3.4063	.88223	.76197	.689	-2.909	.492	.004**
		Female	2.7826	3.6761	.93204	.79352				
	High school track	Humanity	2.7735	3.8785	.90486	.78059	-1.622	1.020	.106	.308
TPK	Gender	Male	3.0300	3.6167	.84632	.73546	.219	-4.862	.827	.000***
		Female	3.0080	3.9577	.90598	.63860				
	High school track	Humanity	2.9718	3.8785	.88975	.66867	-2.931	.491	.004**	.624
TPACK	Gender	Male	3.0250	3.5313	.79265	.70826	-.968	-5.365	.333	.000***
		Female	3.0967	3.8451	.84173	.69815				
	High school track	Humanity	3.0279	3.7753	.83240	.71224	-5.275	.818	.000***	.414
Total	Gender	Male	3.1468	3.5213	.93434	.79343	1.240	-7.243	.215	.000***
		Female	3.0993	3.7156	1.07050	.77412				
	High school track	Humanity	3.0861	3.6717	1.06127	.77348	-4.347	.981	.000***	.327
		Science	3.3070	3.6410	.85208	.83136				

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

학 교수 효능감에 미치는 영향을 알아보기 위해 사전 검사와 사후 검사를 비교한 결과, 유의한 차이로 효과가 있으므로, 수업이 예비 초등교사의 과학 교수 효능감 향상에 기여했다고 볼 수 있다(Table 7). 총 두 가지 하위요소 중 모든 하위요소인 개인적 과학 교수 효능감에 대한 믿음과 과학 교수 산출 기대 항목에서 향상을 보였다. 본 연구의 프로그램은 과학교과 내용을 중심으로 수업에서 응용할 수 있는 TPACK을 가르는데 초점을 두었기 때문에 Moseley and Utley (2006)의 과학과 수학 내용을 통합하여 수행한 연구와 구분되지만, 예비 초등교사 대상 강좌를 적용한 결과, 융합적 접근 덕분에 교수 효능감이 향상된 점은 유사하였다.

개인적 과학 교수 효능감에 대한 믿음은 과학을 지도할 수 있는 자신의 능력에 대한 믿음으로, 개인적 과학 교수 효능감이 높으면 과학을 가르치는데 더 많은 시간을 들이려고 하고, 과학 개념을 발전시키기 위해 충분한 공을 들이는 경향이 있다(Yang et al., 2014). 뿐만 아니라 높은 효능감의 교사들이 탐구 기반 활동을 많이 하며, 반대로 효능감이 낮으면 교육과정의 사실에 근거하여 지식을 전달한다(Lumpe et al., 2000). 본 연구에서의 예비 초등교사 TPACK 교육 프로그램이 과학과 내용 중심의 수업을 계획하고 운영하는데 있어 양질의 수업을 제공하기 위해 과학 개념을 이해하고, 교육과정 재구성을 할 수 있다는 연구 대상의 교수적 자기 효능감에 도움을 준 것으로 보인다. 예비 초등교사가 프로그램을 통해 과학 교과의 학습 내용을 기반으로 학습 활동 유형을 조직하는 단계인 학습 목표의 선택, 학급 및 학교의 상황맥락 고려, 결합할 활동 유형과 순서 선택, 평가 전략 선택, 도구

그리고/또는 자료 선택을 각 단계별로 수행해 보았기 때문에 이 검사 영역에 대해 긍정적으로 작용했다고 생각한다. 학습 활동 유형의 단계는 교사의 TPACK을 점검하도록 도와주면서 수업 설계 과정에서 교사가 학습자의 비계를 촉진하는 활동을 구성하게 해주었다(Hofer et al., 2015).

과학 교수 산출 기대는 학습할 학습자의 능력에 대한 믿음으로, 학생들이 창의적으로 수행한 탐구 활동의 결과에 대해 교사는 높은 기대감을 갖는 반면 해결책이 다양할 수 없는 활동은 학습자의 능력에 대한 기대가 낮을 수 있다. 교사의 자기 효능감이 낮을수록 교사가 직접적인 질문을 많이 하고 활동의 사전 사후에 토론을 하는데 시간을 적게 쓰며, 교과서를 중심으로 한 교육 방식과 교육과정 문서에 의존을 많이 한다(Lumpe et al., 2000; Yang et al., 2014). 따라서, 이러한 수동적인 행동 특성과 수업 운영의 태도는 과학 수업으로 인한 학습 효과가 적을 것이라는 생각으로 이어질 수 있으므로 예비 과학 교사의 교육은 이를 보완할 수 있어야 한다. 이 연구에서 TPACK을 기반으로 융합 수업을 구성하는 과정에서 예비 초등교사들은 역동적이고 창의적인 과학 교육 방안을 고민하였고, 자신의 교수 경험이 초등학생들의 학습 효과를 높일 수 있다는 믿음으로 발전하였다고 본다.

예비 초등교사의 STEBI-B 사전 검사를 성별 및 고교 계열 변인을 기준으로 분석한 결과에서는 과학 교수 효능감에 있어 성차와 고교 계열 간에 차이가 없었고, 개인적 과학 교수 효능감에 대한 믿음 영역에서만 자연 계열 출신 예비 초등교사들이 높은 과학 교수 효능감을 갖고 있다고 나타났다. 그러나 사후 검사의 분석 결과에서는 고교 계열은

Table 7. The results of *t*-test on STEBI-B

Domain	Test	Mean	Std. deviation	Paired samples test	
				<i>t</i>	Sig. (2-tailed)
Personal science teaching efficacy belief	Pre	3.2996	.88346	-2.933	.003**
	Post	3.4024	.96746		
Science teaching outcome expectancy	Pre	3.4947	.83866	-3.277	.001**
	Post	3.6105	.82626		
Total	Pre	3.3844	.86947	-4.327	.000***
	Post	3.4929	.91441		

** $p < .01$, *** $p < .001$.

유의한 차이가 없었으며, 성별에 따른 STEBI-B 점수에 유의한 차이가 있었다(Table 8). 이 결과는 사전 검사의 경우, Mulholand *et al.* (2004)이 예비 초등교사를 대상으로 조사한 성별 및 고등학교 때 학습한 과학 교과가 과학 교수 효능감의 개인적 과학 교수 효능감 및 과학 교수 산출 기대에 모두 영향을 주지 않았다는 연구 결과와 유사하였다. 더 나아가 이 연구에서는 예비 교사의 TPACK 교육 프로그램의 적용이 성별 간 STEBI-B 검사 결과에 영향을 줄 수 있음을 밝혀냈다.

이 연구 결과는 성별 및 고교 계열별로 TPACK의 비교를 한 결과인 Table 6의 경향처럼 본 연구에서 적용한 TPACK 교육 프로그램이 예비 초등교사 중 과학 교수 효능감에 낮은 자신감을 갖고 있다고 알려진 교육대학 여학생 및 인문 계열 출신 학생들에게 효과적으로 작용하였을 것으로 본다. Lim (2007)의 연구에 의하면, 본 연구의 사전 검사 결과처럼 비자연 계열 심화 전공 및 고등학교 문과 계열 출신의 예비 초등교사들이 과학 교과를 가르치는 일에 대한 자아 효능감이 비교적 낮았다. 무엇보다 교사의 과학에 대한 부정적인 태도 및 과학 교수 효능감의 부족은 과학 수업을 준비하고 운영하는데 부정적인 영향을 줄 수 있어 문제가 된다.

그러므로 예비 초등교사 교육에서 과학 관련 강좌에서 여학생, 비자연 계열 전공자, 문과 출신의 학생들의 흥미 및 과학 교수 효능감을 증진시킬 방안이 고려되어야 할 것이고, TPACK의 향상에 도움을 주는 융합적 접근은 그에 한 가지 대안이 될 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 예비 초등교사가 과학교육에서 테크놀로지의 역할을 분명하게 인식하고, 현장에서 테크놀로지 활용 융합수업을 실천하도록 하기 위해 TPACK의 향상을 목표로 하는 프로그램을 개발하였다. 그 개발한 프로그램을 교사양성 교육과정에 적용한 후, 예비 초등교사의 융합에 대한 태도, TPACK, 과학 교수 효능감에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 이를 위해 TPACK 향상을 위한 프로그램을 적용하기 전과 후에 동일한 검사 도구를 활용하여 95명의 교육대학생을 대상으로 사전 검사 및 사후 검사를 실시하고, 통계분석 하였다. 프로그램 적용을 통하여 예비 초등교사의 STEAM 수업에 대한 이해를 높이기 위한 테크놀로지 지식, 교수 지식, 내용 지식이 통합된 교수 전략을 훈련할 수 있었으며, 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음

Table 8. The comparison of *t*-test results on STEBI-B with group variables

Component	Group	Variable	Mean		Std. Deviation		<i>t</i> -test for equality of means			
			Pre	Post	Pre	Post	<i>t</i>		Sig. (2-tailed)	
							Pre	Post	Pre	Post
Personal science teaching efficacy belief	Gender	Male	3.2308	3.1731	.93856	.99299	-1.414	-4.888	.158	.000***
		Female	3.3179	3.4800	.86776	.94673				
	High school track	Humanity	3.2805	3.3836	.87489	.97275	-2.213	-1.517	.027*	.129
		Science	3.4615	3.4952	.94133	.93766				
Science teaching outcome expectancy	Gender	Male	3.5100	3.5125	.75681	.89153	.290	-2.130	.772	.033*
		Female	3.4907	3.6437	.85959	.80096				
	High school track	Humanity	3.4929	3.6278	.84657	.82005	-.192	1.437	.848	.151
		Science	3.5100	3.5250	.77192	.85377				
Total	Gender	Male	3.3522	3.3207	.87441	.96419	-.896	-5.149	.371	.000***
		Female	3.3930	3.5511	.86820	.88975				
	High school track	Humanity	3.3729	3.4898	.86888	.91730	-1.811	-.351	.070	.726
		Science	3.4826	3.5082	.87025	.90107				

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

과 같았다.

첫째, TPACK을 향상하기 위한 교육 프로그램은 예비 초등교사들의 융합에 대한 태도를 높이는 데 영향을 주었고, 하위 요소 중 지식, 개인적 관련성, 자아효능감 영역에서 유의한 효과가 있다고 나타났다. 이는 예비 교사가 과학 교과 지식을 넘어 융합적 지식을 이해하고 활용하는 능력을 기르고, 수업 과정에서 성공의 경험이 도움을 주었기 때문으로 보인다. 또한 교육대학 여학생이 남학생보다 융합에 대한 태도가 더 긍정적이었다는 결과를 통해 성차가 융합에 대한 태도에 있어 유의한 영향을 주는 변인이므로, 남녀 예비 초등교사 모두가 긍정적인 융합에 대한 태도를 형성할 수 있는 교육적 배려가 중요하다.

둘째, 개발한 예비 초등교사의 TPACK 향상 교육 프로그램은 연구 대상의 TPACK을 유의하게 높였다. 이 결과는 TPACK 이론에 근거하여 설계된 교사 양성 교육 프로그램이 예비 교사의 테크놀로지 지식, 교수 지식, 내용 지식에 도움을 주며, 테크놀로지를 도입한 교사 교수법이 TPACK 증진에 효과가 있다는 선행연구들과도 유사하였다. 예비 초등교사들이 융합 수업에서 다양한 테크놀로지를 어떻게 교육적 방법으로 활용할 수 있을지 아이디어를 탐구하면서 TPACK에 대한 인식이 긍정적으로 변화하였다고 본다. 그리고 과학 교육방법의 한계를 극복할 수 있는 테크놀로지의 활용 방안을 시도하면서 활용 능력을 기르는 경험도 도움이 되었다고 생각한다. 한편, 적용한 과학과 생명영역 중심의 TPACK 교육 프로그램은 교육대학 여학생들의 TPACK 향상에 더 효율적으로 기여하였으며, 고교 계열 간의 격차를 완화시켜주는 역할을 하였다. 예비 초등교사가 TPACK을 이용하여 수업을 구성하는 경험은 다변화된 사회에서 융합 교육을 지도할 교사들에게 지식의 영역을 넘나드는 문제를 스스로 해결하는 과정을 겪게 해줄 수 있다.

셋째, 본 연구의 과학과 생명영역 내용 중심의 TPACK 교육 프로그램은 예비 초등교사의 과학 교수 효능감 향상에 기여하였으며, 모든 하위요소인 개인적 과학 교수 효능감에 대한 믿음과 과학 교수 산출 기대 항목에서 영향을 미쳤다. 교원 양성교육에서 예비 초등교사가 과학과 내용 중심의 융합 수업을 계획하고 운영하기 위해 과학 개념을 이해하고 교육과정을 재구성할 수 있다는 자신에 대한 믿

음과 그러한 수업의 결과로서 학습자의 학습 결과에 대한 기대가 높아질 수 있음을 알아냈다. TPACK 향상을 위한 프로그램에서 다른 학습 활동 유형의 단계가 교사의 TPACK을 점검하도록 도와주고, 학습자의 비계를 촉진하는 활동을 구성하는데 기여하였다고 생각한다. 예비 초등교사의 STEBI-B의 성별 및 고교 계열 변인을 기준으로 분석한 결과, 사전 검사에서는 성차와 고교 계열 간 유의한 차이가 없었지만, 사후 검사에서는 성별 간 STEBI-B 검사 결과 차이가 있었다. 적용한 프로그램이 과학 교수 효능감에 낮다고 알려진 교육대학 여학생 및 인문 계열 출신 학생들에게 효과적으로 작용하였을 생각되며, TPACK의 향상에 도움을 주는 융합적 접근은 과학 교수 효능감을 증진시킬 대안이 될 수 있다.

현재의 삶은 새로운 기술로 날마다 변화하고 있지만, 교육대학에서의 예비 초등교사를 위한 과학 교육은 과거에서부터 고수해 온 방식에만 머물러 있지는 않은지 반성해 보아야 한다. 대학 수준에서 사회적 요구에 걸맞은 과학 교육을 대비하려면 기술을 사용한 교수적 지원을 포함하고, 개별 학습자의 학습 잠재력 성장을 도모하고 지원할 필요가 있다(Shen *et al.*, 2015). 또한 미래의 STEAM 교사를 교육하는데 있어서도 기술이 널리 접목되는 교육적 지평을 못 따라가고 있을 뿐만 아니라, 기술적 혁신 혹은 교육학적 기술 활용을 도입하는 일에 소극적이었다. 어떻게 STEAM 교사를 준비시키는가에 중요한 목표를 두고, 예비 교사가 학생으로서이자 교사로서의 역할을 경험해 보면서 수업에 활용할 기술을 향상시킬 활동에 참여한다면 TPACK 및 STEAM 수업에 대한 생각에 긍정적으로 작용할 수 있다(Milner-Bolotin, 2015). 더불어 그러한 긍정적인 변화는 본 연구의 결과에서 입증하듯이 융합 수업을 실제적으로 수행할 교사의 융합에 대한 태도, TPACK 요소, 과학 교수 효능감을 높이는 데 기여한다고 볼 수 있다. 단, 기술을 증진하는 교수법의 성공 여부는 기술의 활용을 확장하는가로 판단하면 안 되고, 분명한 교육적 목표를 성취하기 위한 기술의 영향에 초점을 두어야 한다(Di Petta, 2008). 본 연구의 TPACK 교육 프로그램도 예비 초등교사에게 기술을 활용을 확장하도록 강조하기보다는, 과학과 생명영역의 효과적인 혹은 효율적인 지도를 위해서 다양한 대안을 논의해 보고 지식 및 과정의

융합 방향을 고려해보게 했던 점이 검사 영역의 유의한 향상에 도움을 주었다고 본다.

이처럼 융합 교육을 지도하게 될 예비 교사가 학습자로서 및 교수자로서 역할을 경험해 보며, TPACK 및 융합 수업에 대한 생각을 발전시키는 과정이 예비 교사의 잠재력을 높일 방안이 될 수 있다. 이 연구에 참여한 예비 초등교사들은 메타인지 차원에서 TPACK의 각 구성요소를 스스로 점검하면서 융합에 대한 태도, TPACK 요소, 과학 교수 효능감의 모든 측면에서 전반적으로 자신감을 얻고 긍정적인 변화를 만들어냈다고 생각한다.

이 연구는 테크놀로지 활용 STEAM 수업에서의 어려움을 대비하여 TPACK을 통합적으로 경험할 수 있는 강좌를 개발하고 적용하면서 고등교육 수준에서 현장 실천의 연구 결과를 제공하였다. TPACK 교육 프로그램을 통해 예비 초등교사가 테크놀로지 지식, 교수 지식, 내용 지식이 통합된 교수 전략을 훈련할 수 있었고, TPACK에 대한 이해, TPACK의 통합적 교육과 실재를 통해 테크놀로지를 활용한 수업을 이해하고 준비하는데 기여할 것으로 기대된다. 앞으로 테크놀로지 활용 STEAM 수업을 운영하는데 도움이 되는 강좌 및 지원할 자료가 풍부하게 개발되고, 교원 양성 과정에서 뿐만 아니라, TPACK 향상을 통해 현장 수업의 질적 제고를 희망하는 교사들의 전문성을 신장하는 방안도 연구될 가치가 있다고 생각한다.

참고문헌

- Archambault, L. & Crippen, K. (2009). Examining TPACK among K-12 online distance educators in the United States. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 71-88.
- Blazar, D. & Kraft, M. A. (2017). Teacher and teaching effects on students' attitudes and behaviors. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 39(1), 146-170.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L. & Tsai, C.-C. (2010). Facilitating preservice teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK). *Educational Technology & Society*, 13(4), 63-73.
- Choi, E., Lee, Y. & Paik, S. (2017). The effects of programming-based lessons on science teachers' perceptions related to TPACK. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(4), 693-703.
- Choi, S., Lee, J. & Noh, T. (2015). A case study of preservice secondary science teachers' demonstration of STEAM lessons. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(4), 665-676.
- Choi, Y. & Hong, S. (2013). The development and application effects of STEAM program about 'World of small organisms' unit in elementary science. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(3), 361-377.
- Deehan, J. (2017). *The science teaching efficacy belief instruments (STEBI A and B): A comprehensive review of methods and findings from 25 years of science education research*. SpringerBriefs in Education. Retrieved February 9, 2018, from <http://www.springer.com/978-3-319-42464-4>.
- Di Petta, T. (2008). *The emperor's new computer: ICT, teachers and teaching*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Enochs, L. G. & Riggs, I. M. (1990). Further development of an elementary science teaching efficacy belief instrument: A preservice elementary scale. *School Science and Mathematics*, 90(8), 694-706.
- Ertmer, P. A. & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255-284.
- Foulger, T. S. & Slykhuis, D. A. (2013). TPACK as a tool for teacher professional learning. *Learning & Leading with Technology*, 41(1), 20-22.
- Hofer, M. J., Bell, L., Bull, G. L., Barry, III, R. Q., Cohen, J. D., Garcia, N., George, M. A., Harris, J., Jacoby, III, A. H., Kim, R., Kjellstrom, W., Koehler, M. J., Lee, J. K., Mann, L., Mishra, P., Patel, Y., Shoffner, M., Slykhuis, D. A., Strutchens, M. E., & Zellner, A. L. (2015). *Practitioner's guide to technology, pedagogy, and content knowledge(TPACK): Rich media cases of teacher knowledge*. NC: W&M Publish.
- Hofer, M. & Grandgenett, N. (2012). TPACK development in teacher education: A longitudinal study of preservice teachers in a secondary M.A.Ed. Program. *Journal of Research on Technology in Education*, 45(1), 83-106.
- Hofer, M. & Harris, J. (2010). Differentiating TPACK development: Using learning activity types with inservice and preservice teachers. In Maddux, C. D., Gibson, D. & Dodge, B. (eds.), *Research highlights in technology and teacher education*. Chesapeake, VA: Society for Information Technology and Teacher Education.
- Hong, J. (2007). The effects of project learning on science related attitude in 'The diversity of life and environment'. *Biology Education*, 34(5), 566-574.

- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers & Education*, 55(3), 1259-1269.
- Kang, S., Lee, H., Kim, Y. & Kim, K. (2008). The perception of in-service and pre-service science teachers of the training program, and the practical use of advanced science laboratory equipment. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(8), 880-889.
- Khaddage, F., Lattemann, C. & Acosta-Díaz, R. (2014). Mobile gamification in education engage, educate and entertain via gamified mobile apps. In Searson, M. & Ochoa, M. (eds.), *Proceedings of SITE 2014-Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1654-1660). Jacksonville, Florida, United States: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved May 26, 2019 from <https://www.learntechlib.org/primary/p/131010/>
- Kim, D. & Choi, S. (2018). An analysis of mathematics pre-service teachers' characteristics of TPACK in each stage of developing a technology-integrated curriculum. *Korean Journal of Teacher Education*, 34(4), 161-191.
- Kim, K., Yoon, J., Park, J. & Noh, T. (2011). The components of pedagogical content knowledge considered by secondary science pre-service teachers in planning and implementing teaching demonstrations. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(1), 99-114.
- Kim, S. Y. & Jeon, J. H. (2016). The effects of STEAM education program on preservice biology teachers' attitude toward convergence, problem solving ability, and pedagogical knowledge. *Biology Education*, 44(1), 100-113.
- Kulo, V. & Bodzin, A. (2013). The impact of a geospatial technology-supported energy curriculum on middle school students' science achievement. *Journal of Science Education and Technology*, 22(1), 25-36.
- Lee, H. (2007). Comparison of general teaching efficacy and science teaching efficacy of preservice elementary teachers. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 131-139.
- Lee, J., Park, H., Jung, Y. & Noh, J. (2015). Research trends of web-based inquiry learning effectiveness in science education: A review of publications in selected journals from 2000 to 2014. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(4), 565-572.
- Lee, J., Shin, S., Rachmatullah, A. & Ha, M. (2017). The relationship of engineering education accreditation program, gender, and academic year with attitude towards convergence among engineering students: Application of latent class analysis. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 113-123.
- Lee, S. & Lee, H. C. (2013). The effects of science lesson applying STEAM education on the creativity and science related attitudes of elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(1), 60-70.
- Lim, H. (2007). Comparison of general teaching efficacy and science teaching efficacy of preservice elementary teachers. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 131-139.
- Lumpe, A. T., Haney, J. & Czerniak, C. (2000). Assessing teachers' beliefs about their science teaching context. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(3), 123-145.
- Milner-Bolotin, Marina. (2015). Technology-enhanced teacher education for 21st century: Challenges and possibilities. In Ge, X., Ifenthaler, D. & Spector, J. M. (eds.), *Emerging technologies for STEAM education, educational communications and technology: Issues and innovations*. Basel: Springer International Publishing.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teachers' knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Mosely, C. & Utley, J. (2006). The effect of an integrated science and mathematics content-based course on science and mathematics teaching efficacy of preservice elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 18(2), 1-12.
- Mulholland, J., Dorman, J. P. & Odgers, B. M. (2004). Assessment of science teaching efficacy of preservice teachers in an Australian university. *Journal of Science Teacher Education*, 15(4), 313-331.
- Na, J. & Jang, B. (2016). The difficulties and needs of pre-service elementary teachers in the science class utilizing smart technologies in teaching practice. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(1), 98-110.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523.
- Park, C. Y., Min, H. J. & Paik, S. H. (2008). An analysis

- of pre-service science teachers' pedagogical content knowledge through the student-teacher practice. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(6), 641-648.
- Park, S. (2013). The effects of STEAM program using storyline on elementary students' creative personality and science-related attitude. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 17(4), 487-496.
- Park, T., Shin, H., Kim, K., Kim, J., Seo, J., Song, W., Jeong, Y., Choi, K. & Han, S. (2016). Learner centered PCK-based instructional designs of master teachers in secondary schools [수석교사와 함께하는 학생 배움중심의 중등 PCK 수업설계]. Seoul: Academy Press.
- Rim, H. & Choi, I. (2012). A case study on the effect of designing instruction according to the ASSURE model to mathematics teacher's TPACK and teaching efficacy. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 22(2), 179-202.
- Rosenberg, J. (2012). *Developing TPACK*. Retrieved February 22, 2018, from matt-koehler.com/tpack2/developing-tpack-2/
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J. & Shin, T. S. (2009) Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149.
- Scrabis-Fletcher, K., Juniu, S. & Zullo, E. (2016). Preservice physical education teachers' technological pedagogical content knowledge. *The Physical Educator*, 73(4), 704-718.
- Shen, J., Jiang, S. & Liu, O. L. (2015). Reconceptualizing a college science learning experience in the new digital era: A review of literature. In Ge, X., Ifenthaler, D. & Spector, J. M. (eds.), *Emerging technologies for STEAM education, educational communications and technology: Issues and innovations*. Basel: Springer International Publishing.
- Shim, K., Kim, H. & Park, Y. (2001). Comparative study on the attitudes toward science of middle school, high school, and university students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(3), 558-565.
- Shin, S., Ha, M., Lee, J., Park, H., Chung, D. & Lim, J. (2014). The development and validation of instrument for measuring high school students' attitude toward convergence. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 123-134.
- Shin, T. S. (2013). A relation between pre-service teachers' fixed mindsets regarding their abilities to teach with technology and their perceived TPACK. *Journal of Educational Studies*, 44(2), 21-45.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Yang, C., Jo, M. & Noh, T. (2015). Investigation of teaching practices using smart technologies and science teachers' opinion on their application in science education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(5), 829-840.
- Yang, E., Anderson, K. L. & Burke, B. (2014). The impact of service-learning on teacher candidates' self-efficacy in teaching STEM content to diverse learners. *International Journal of Research on Service-Learning in Teacher Education*, 2(1), 1-46.

최영미, 제주대학교 연구원(Choi, Youngmi; Researcher, Jeju National University).

† 홍승호, 제주대학교 교수(Hong, Seung-Ho; Professor, Jeju National University).