

수학교사의 테크놀로지 교수 내용 지식(TPACK) 측정 도구 개발 및 타당화

이다희 (고려대학교 대학원)
황우형(고려대학교)*

I. 서론

21세기 학습 환경에서는 교사와 지식이 주요 핵심이 되는 전통적인 교실을 넘어서 새로운 정보사회에 유연하게 대처할 수 있는 인재 육성을 위한 새로운 교육방법을 고민해야 한다. 이러한 흐름에 따라 우리나라 교육부(1997)와 미국의 NCTM(2000)에서는 수학교육에서 테크놀로지의 활용을 적극 장려하기 시작했다. 물론, 초기에는 학교 현장에서 테크놀로지의 기술적인 측면에 초점을 둔 경향이 있었지만(Jonassen, 1995), 점차 효과적인 교수·학습을 위해서 테크놀로지를 활용하는 구체적인 방법을 강구하는 방향으로 전환되고 있다(한국교육학술정보원, 2002).

수학 교수·학습에서 테크놀로지를 활용하는 이슈는 미국수학교사협회(NCTM)가 제안한 ‘학교 수학의 원리’나 우리나라 교육과정의 ‘교수·학습 방법’, ‘교수·학습상의 유의점’, ‘평가’ 등에서 명시적으로 다루어지고 있다(교육과학기술부, 2011; 교육부, 1997, 2015; 교육인적자원부, 2007; NCTM, 2000). 특히, NCTM(2000)은 ‘기술공학의 원리(Technology Principle)’를 제시하면서 테크놀로지는 수학 교수·학습에서 핵심적인 역할을 하며, 수학 지도 내용에 영향을 미치고 학생들의 학습을 촉진한다고 언급하고 있다. 우리나라 교육과정에서도 6차 교육과정에서부터 2015년 개정 교육과정까지 계산기, 컴퓨

터, 교육용 소프트웨어 등의 테크놀로지와 다양한 교구를 수학수업에 활용할 것을 권장하고 있는데(교육과학기술부, 2011; 교육부, 1997, 2015; 교육인적자원부, 2007), 교육과정의 변화 속에서도 가장 두드러지게 나타나는 특징은 테크놀로지 활용에 대한 제안이 더욱 강화되고 있다는 것이다.

이와 같이 국내·외의 문서화된 교육과정에서 수학 교수·학습의 테크놀로지 활용에 대해서 체계적으로 명시하여 권고하고 있으며, 관련된 많은 선행연구들(김부미, 2012; 김선희, 2012; 박제환, 2013; 조은애, 2008; Dunham & Dick, 1994; Pierce & Ball, 2009; Wachira & Keengwe, 2011)도 문제해결력 증진, 테크놀로지를 통한 수학 내용 이해의 촉진, 지적 탐구, 학생들의 사고 촉진, 추상적인 수학 내용의 시각화, 학습자 중심의 수업활동, 수학에 대한 긍정적인 인식 등의 측면에서 테크놀로지 활용을 긍정적으로 바라보고 있다. 물론, 테크놀로지 활용이 수학 교수·학습에 반드시 필요한 요건이 되는 것은 아니지만, 학습 내용에 따라서는 교수·학습의 방법적 측면에 기여하여 학생들의 수학 학습을 보조하고 심화시킬 수 있는 도구가 될 수 있다(김남희, 2011).

이러한 테크놀로지를 활용하여 효과적인 교수·학습의 성과를 이끌어 내기 위해서는 여러 주체의 노력이 요구되는데, 그 중에서도 교사는 학교 현장에서 테크놀로지를 직접 사용하는 주체로서 매우 중요한 역할을 담당할 수 있다(Mueller, Wood, Willoughby, Ross, & Specht, 2008). 그래서 교사는 지식 전달자에서 벗어나 학습의 촉진자로서 테크놀로지를 교수·학습에 어떻게 통합할 것인지에 대한 과제에 직면하게 되었다(Mishra & Koehler, 2006). 그러나 실제로는 학교 현장에서 테크놀로지 활용은 활발하게 이루어지지 못하고 있는데(한국교육개발원, 2016), 그 이유는 수학교사들의 교육과정이나

* 접수일(2017년 9월 25일), 수정일(2017년 9월 29일), 게재확정일(2017년 11월 6일)

* ZDM분류 : C83

* MSC2000분류 : 97C40

* 주제어 : 테크놀로지 교수내용지식(TPACK), 탐색적 요인분석, 확인적 요인분석, 구조방정식

† 교신저자

교과 내용과 관련된 테크놀로지 활용에 관한 지식 부족(봉미미, 송정근, 2004), 교과 내용을 효과적으로 교수하기 위해 테크놀로지를 어떻게 활용해야하는지에 대한 지식 부족(김선희, 2012), 그리고 테크놀로지를 실제 수업에 활용하기 위해 필요한 테크놀로지 관련 지식 부족(박재한, 2013) 등이 있다. 그런데 이 지식들은 테크놀로지와 관련된 교사 지식이라는 측면에서 바라보았을 때, 수학교사들의 TPACK과 매우 밀접한 관련성이 있다고 볼 수 있다.

현재 국외에서는 TPACK의 개념적 모델 개발연구(Angeli & Valanides, 2009; Cox & Graham, 2009; Doering, Veletsianos Scharber & Miller, 2009; Koehler, Mishra, Kereluik, Olofson, Swallow & Neumann, 2016; Mishra & Koehler, 2006; Niess, 2006; Shin & Graham, 2014), TPACK에 영향을 미치는 교사 요인 분석에 대한 연구(Abbitt, 2011; Niess, 2011), TPACK의 측정 도구 개발 및 타당화에 대한 연구(Archambault & Crippen, 2009; Chai, Koh, & Tsai, 2013; Chai, Koh, Tsai, & Tan, 2011; Mishra & Koehler, 2006; Sahin, 2011; Schmidt, Baran, Thompson, Mishra, Koehler, & Shin, 2009), TPACK에 대한 인식 연구(Chai, Koh, & Tsai, 2010; Koh, Chai, & Tsai, 2013), TPACK 향상 방안 연구(Angeli & Valanides, 2005, 2009; Chai et al, 2010; Latham & Carr, 2012; Lubin & Ge, 2012)와 같이 TPACK 연구가 다양한 측면에서 이루어지고 있다.

그러나 국내에서는 TPACK에 영향을 미치는 교사 요인 연구(신태섭, 2013; 이진원, 최정원, 이영준, 2016; 정용주, 2013), TPACK 향상 방안 연구(신원석, 한인숙, 엄미리, 2012; 임해미, 2009; 주영주, 2014; 최현중, 이태욱, 2015)에 편중되어 있고, TPACK 측정과 관련된 연구(강순자, 장미라, 2016; 박기철, 강성주, 2014; 소연희, 2013)가 일부 진행되고 있었다. TPACK 향상 방안 연구는 현직교사가 아닌 예비교사에 초점이 맞춰져 있고, TPACK 측정 연구를 제외한 대부분의 연구들은 국외의 맥락에서 개발된 TPACK 측정 도구를 그대로 번역하거나 일부 수정해서 활용하고 있었다. 또한 일부 TPACK 측정과 관련된 연구는 초등학교, 중·고등학교의 일반교사를 대상으로 이루어졌으며, 수학교사를 대상으로 진행된 다른

연구도 수학 과목에 초점을 맞추었다는 점에서는 의미가 있었지만, 기하 영역에 대한 중학교 수학교사의 TPACK을 다루면서 내용 영역과 연구 대상이 제한되어 있었다. 물론, 교사 전문 지식인 TPACK을 특정 내용 영역으로 세분화해서 다루면, 보다 구체적인 결론을 얻을 수도 있다. 그러나 현재 수학교사의 TPACK에 대한 연구가 적은 편이므로, 영역 일반화된 연구에서 얻은 결론으로부터 방향성을 탐색한 후, 영역 특수화된 연구로 좁혀나가는 것도 바람직한 방향일 수 있다.

따라서 본 연구에서는 영역을 아우르는 보다 큰 맥락에서 수학교과와 특수성을 반영한 TPACK을 다루고자 하며, 현직 수학교사들을 대상으로 일반교사의 TPACK과는 다른 수학교사의 TPACK 측정 도구를 개발하고자 한다. 더 나아가 수학교사 TPACK의 각 하위 요인 간의 관계를 밝혀서, 향후 수학교사들의 TPACK 증진을 위한 교사교육이나 프로그램의 설계 및 방향에 시사점을 제공하고자 한다. 이를 위해, 다음과 같이 세 가지의 연구 문제를 설정하였다.

- 첫째, 수학교사의 TPACK 요인은 무엇이고 문항은 어떻게 구성할 수 있나?
- 둘째, 수학교사의 TPACK 측정 도구에 대한 내용타당도, 기초통계 조사, 신뢰도 검증, 탐색적 요인 분석, 확인적 요인분석, 구조방정식 모형 검증은 어떠한가?
- 셋째, 수학교사의 TPACK을 구성하는 각 하위 요인(CK, PK, TK, PCK, TCK, TPK, TPACK)들은 어떠한 관계가 있는가?

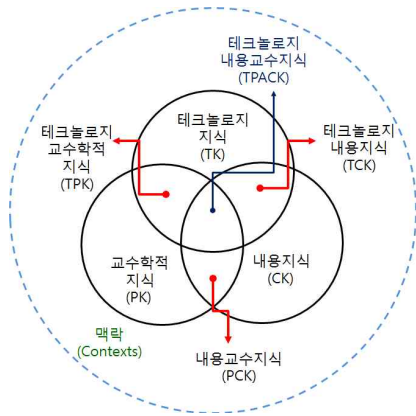
II. 이론적 배경

1. TPACK에 대한 연구

초기의 TPACK 개념은 특정 과목에 초점이 맞춰진 개념이 아니라, 교과 내용과 교수법이 단절되었다고 지적했던 Shulman의 의견과 비슷하게 테크놀로지도 교사교육이나 교수법과는 무관하게 분리되어 다루어지는 경향이 있다고 보면서 시작된 개념이다. 이에 Mishra와 Koehler(2006)는 Shulman(1986)의 교수학적 내용 지식(Pedagogical Content Knowledge: PCK)의 개념에 테크놀로지를 활용할 수 있는 지식을 포함한 개념으로, 테크

놀로지 교수학적 내용 지식(Technological Pedagogical Content Knowledge; TPACK)의 개념들을 처음으로 제안하였다. 이 용어는 2007년 제9회 Annual NTLS(National Technology Leadership Summit)를 통해 TPACK(Technology, Pedagogy and Content Knowledge)으로 새롭게 명명되었고, 그 이유로는 연속된 자음의 발음상의 문제, 더 큰 이유는 'and'를 추가함으로써 Technology, Pedagogy, Content의 세 가지 요소의 통합을 강조하기 위함이었다(Thompson & Mishra, 2007).

즉, Koehler와 Mishra(2009)는 [그림 1]과 같은 TPACK 개념들을 이용해서 교사들이 교육적인 테크놀로지를 어떻게 이해하고 있으며, 테크놀로지와 결합한 효과적인 교수·학습을 위해서 PCK와 어떻게 상호작용하는 지를 보여주려고 했다.



[그림 1] Koehler와 Mishra(2009, p.63)의 TPACK [Fig. 1] TPACK of Mishra and Koehler(2009, p.63)

TPACK 개념들은 내용 지식(Content Knowledge; CK), 교수학적 지식(Pedagogical Knowledge; PK), 테크놀로지 지식(Technology Knowledge; TK)을 기본 요소로 하여, 이들 간의 상호작용을 통해 교수학적 내용 지식(Pedagogical Content Knowledge; PCK), 테크놀로지 교수학적 지식(Technology Pedagogical Knowledge; TPK), 테크놀로지 내용 지식(Technology Content Knowledge; TCK), 테크놀로지 교수 내용 지식(Technology, Pedagogy and Content Knowledge; TPACK)으로 구성된다. 즉, TPACK은 PCK, TCK, TPK를 모두 통합한 지식이

지만, 세 가지 지식은 각자 독립적으로 작용하는 것이 아니라 서로 상호작용 하면서 통합되어 있다(쇼연희, 2013; 엄미리, 2012; Chai et al, 2010; Koehler & Mishra, 2009; Mishra & Koehler, 2006).

따라서 TPACK은 7가지 요소들이 다양한 교수맥락과의 상호작용을 통해 발현되는 것으로(Mishra & Koehler, 2006), 교수학적 지식(PK)은 교사가 학생들의 학습 이해를 증진시키기 위해서 사용하는 다양한 교수 전략 및 방법에 관한 교수학적 지식이고, 내용 지식(CK)은 교사가 담당하고 있는 교과 내용에 대한 지식에 의미를 둔다. 테크놀로지 지식(TK)은 교수학적 지식과 내용 지식보다는 조금 더 복잡한 개념적 정의가 필요한데, 교사가 교육과정에 통합할 수 있는 전통적 테크놀로지와 디지털 테크놀로지에 대한 지식뿐만 아니라(Mishra & Koehler, 2006), 테크놀로지를 활용하거나 테크놀로지를 통해 교수자와 학습자의 사고를 확장시킬 수 있는 능력까지 모두 포함한다. 테크놀로지 내용 지식(TCK)은 교과 내용을 전달하기 위해 다양한 테크놀로지를 활용할 수 있는 지식이고, 테크놀로지 교수 지식(TPK)은 교수·학습의 과정, 설계, 평가 등에 다양한 테크놀로지를 활용할 수 있는 지식이며, 교수학적 내용 지식(PCK)은 교과 내용에 따라서 효과적인 교수법을 적절히 활용할 수 있는 지식과 관련이 있다.

따라서 TPACK은 테크놀로지를 효과적으로 활용하여 교과 내용을 능숙하게 가르치는 교사가 지닌 가장 중요한 전문 지식을 의미하므로(박기철, 강성주, 2014; 배영민, 2010), 교사들은 세 가지 지식 간의 맥락적 상호관계를 다루는 방법에 대한 유창성과 인지적 유연성을 개발하여 자신만의 해결책을 구체화하는 것이 매우 중요하다(Koehler & Mishra, 2008).

결과적으로 TPACK은 단순히 기존의 교수법에 테크놀로지 요소만 추가하는 접근 방식이 아니라, 다양한 교실맥락에서 교수 방법, 교과 내용, 테크놀로지 활용 등이 최적화된 방식으로 어떻게 조화를 이루는지를 매우 중시하기 때문에 학교급별 교육현장에서 다양하게 활용되고 있다(신원석 외, 2012; 신태섭, 2013; 이민희, 2011; Abbit, 2011; Voogt, Fisser, Roblin, Tondeur & van Braak, 2012).

2. TPACK 측정에 대한 연구

TPACK 측정에 대한 연구를 구체적으로 살펴보면, 과목의 구분 없이 일반교사, 수학 과목에 초점이 맞춰진 수학교사의 TPACK 측정 도구 개발 및 타당화 연구로 구분될 수 있다.

우선 일반교사의 TPACK 측정 도구 개발 및 타당화에 대한 연구는 싱가포르, 터키, 미국, 호주 등 다양한 나라에서 활발하게 진행되고 있었는데, 이는 국외에서 TPACK 개념 정립에 대한 관심이 TPACK을 측정하는 도구 개발로 이어진 것으로 보인다. 초창기에 Mishra와 Koehler(2006)에 의해 TPACK 측정 도구 개발 연구가 이루어졌고, 이후 TPACK을 구성하는 7가지 하위요소를 각각 하나의 요인으로 구분하여 측정 도구를 새롭게 개발하고 타당성을 입증한 연구(Archambault & Crippen, 2009; Schmidt, Baran, Thompson, Mishra, Koehler, & Shin, 2009)가 이어졌다. 또한 기존의 측정 도구의 단점을 파악하고 변형하여 타당성을 입증한 연구(Chai et al, 2010; Sahin, 2011), 최근에는 구성주의 관점에서 검사지를 좀 더 발전된 형태로 구성한 연구(Chai et al, 2013)가 이루어졌다. 반면에 국내에서는 초등교사를 대상으로 TPACK 척도를 개발하고 타당화한 연구(소연희, 2013)와 중·고등학교 일반교사들을 대상으로 TPACK를 개발하여 인지 경로 모형을 확인한 연구(박기철, 강성주, 2014)만 존재하였다.

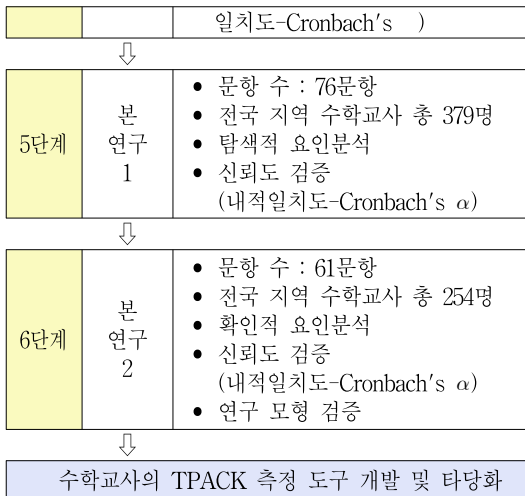
다음으로 현재까지 국내·외로 수학교사의 TPACK 측정에 대한 연구는 일반교과에 비해 활발하게 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 우선 국외 연구는 일반교사의 TPACK 이론적 틀에 따라 제작된 측정 도구를 수학과목에 맞춰 번역하거나 수정해서 사용한 연구들(Agyei & Voogt, 2012; Ozgun-Koca, Meagher & Edwards, 2009)이 대부분이었다. 이 연구에서 사용한 TPACK 측정 도구는 측정 도구 자체에 대한 타당성은 어느 정도 확보되었고 개념적 틀에 대한 연구가 상세한 편이어서, TPACK 형성 과정을 하위 요인별로 구체적으로 분석할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 일반교과에 적용했던 TPACK 측정 도구를 크게 수정하지 않고 수학교과로 특수화하여 적용시켰다는 한계점이 있다. 또한 국내에서 수학교사를 대상으로 TPACK 측정 도구를 개발한 연구는 현재까지 두 연구만이 진행되어 있었다(강순자, 장미

라, 2016; 임해미, 2009). 임해미(2009)는 자체적으로 문항을 개발하였다는 장점은 있지만, TPACK 신장을 위한 팀 프로젝트의 효과성을 분석하기 위한 측정 도구로 활용하기 위해 신뢰도 분석만을 거쳤다는 한계점이 있고, 강순자와 장미라(2016)는 다른 교과와는 다를 수 있는 수학교사의 TPACK을 다루었다는 측면에서 의미가 있지만, 수학 과목의 내용 영역 중에서 기하 영역에 초점을 맞추었고, 연구대상을 중학교 교사만으로 설정하였다는 점에서 제한점이 있을 수 있다.

III. 연구절차 및 방법

본 연구는 수학교사의 TPACK 측정 도구를 개발하고 이를 검증하는데 그 목적이 있으므로, 측정 도구에 대한 타당도와 신뢰도를 확보하기 위하여 [그림 2]와 같은 연구 절차를 시행하였다.

1단계	조작적 정의	<ul style="list-style-type: none"> • 문헌 검토(PCK, MKT, TPACK의 개념 및 구성 요인, TPACK 측정 도구)를 통한 수학교사의 TPACK에 대한 조작적 정의
↓		
2단계	예비 문항 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 수학교사의 TPACK 요인 추출 및 예비 문항 개발 (수학교육 전문가 1인, 수학교육 박사과정 1명)
↓		
3단계	내용 타당도 검증 및 예비 문항 수정	<ul style="list-style-type: none"> • 1차 내용 타당도 검증 (경력 20년 이상의 현직 교사 4명/ 2명은 테크놀로지 활용이 높은 교사) • 2차 내용 타당도 검증 (수학교육 박사과정 2명, 수학교육 석사과정 1명) • 3차 내용 타당도 검증 (경력 10년 이상의 국어교사 2명) • 예비 문항 수정 및 보완
↓		
4단계	예비 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 문항 수 : 79문항 • 전국 지역 수학교사 총 79명 대상으로 실시 • 기초통계 조사(평균, 표준편차, 왜도, 첨도)/ 신뢰도 검증(내적



[그림 2] 연구 절차
[Fig. 2] Research process

1. 수학교사의 TPACK에 대한 조작적 정의

우선 측정 도구 개발의 방향성을 얻기 위해 학술지에 게재된 논문, 국내외 학위 논문, 연구 보고서, 문헌 등에서 PCK와 MKT, TPACK의 개념, 구성 요인, 측정 도구와 관련된 내용을 검토한 후, 수학교사의 TPACK 요인에 해당하는 내용을 추출하였다.

그 결과, 수학교과와 특수성을 고려하여 TPACK의 하위 요인인 CK, PK, TK, PCK, TCK, TPK, TPACK에 해당하는 세부 요인을 다음과 같이 정리하였다.

1) 내용 지식(Content Knowledge; CK)

일반적으로 CK는 가르치는 교과에 대한 교사의 지식으로, 개념, 이론, 아이디어, 구조적인 틀과 같은 것을 포함하는 지식을 말하며, 교사가 가르치기 위해 반드시 가지고 있어야 할 교과 지식을 의미한다(Shulman, 1986). 본 연구에서 CK는 TPACK의 하위 요인 중에서 수학 교과의 특징이 가장 두드러지게 나타날 수 있는 기본 요인이라고 보았고, 두 가지의 항목으로 구분하였다. 즉, 해당 개념에는 일반 성인들도 가지고 있는 수학 교과에 대한 내용 지식뿐만 아니라, 수학 교사로서 가르치기 위한 교과 지식을 모두 포함하였으며, 이때, 가르치기 위한 교과 지식은 일반교과에서의 CK와 가장 차별화되는 항목이라고 볼 수 있다. 특히, CK는 Ball, Thamas와

Phelps(2008)의 ‘수학을 가르칠 때 필요한 수학적 지식’을 의미하는 MKT(Mathematical Knowledge for Teaching)의 첫 번째 하위 범주로, 수학 내용 자체에 대한 지식인 교과 내용 지식(Subject Matter Knowledge: SMK)의 개념과 항목을 참고하였다.

본 연구의 CK를 구체적으로 정리하면, 먼저 CK는 SMK의 하위 영역인 일반 내용 지식(Common Content Knowledge: CCK)과 관련되어 있다. 이 지식은 교사뿐만 아니라 일반 성인들도 지니고 있는 일반적인 수학적 지식이며, 대학 수준의 수학적 지식이라기보다 중·고등학교 수준의 수학 개념·원리·절차에 대한 지식, 중·고등학교 수준의 수학 문제를 정확하게 해결하는 정도에 대한 지식이 해당된다.

또한 본 연구의 CK는 일반교과의 CK와 비교해서 수학의 특수성이 반영된 가장 중요한 항목으로 보았기 때문에, NCTM의 수학적 과정(NCTM, 2000)과 수학 교과 핵심역량(교육부, 2015)을 참고하여, 문제해결, 추론, (수학 외적, 내적) 연결성, 창의·융합, 표현, 의사소통, 태도 및 실천 등의 내용뿐만 아니라 수학적 개념의 구조에 대한 지식을 새롭게 포함시켰다. 이 지식은 MKT에서 SMK의 하위 영역인 전문 내용 지식(Specialized Content Knowledge: SCK)과 관련된 것으로 볼 수 있고, 학생들에게 직접 가르치는 지식은 아니더라도 교사에게 요구되는 고유한 수학적 지식을 의미한다. 그 중에서도 수학 외적 연결성 측면은 MKT에서 SMK의 하위 영역인 수평적 내용 지식(Horizon Content Knowledge: HCK)의 내용을 포함시켰는데, 이는 학생들이 수학과 다른 학문 사이의 연결을 이해할 수 있도록 돕는 교사 지식을 포함하고 있다. 특히, 수학 교과 핵심역량 중에서 ‘정보처리’는 테크놀로지와 관련된 TPACK의 다른 하위 요인과의 내용 중복을 피하기 위하여 CK에서는 배제시켰다.

2) 교수학적 지식(Pedagogical Knowledge; PK)

일반적으로 PK는 교사의 전반적인 교육 목적, 가치, 목표 등을 모두 포함하여, 교수·학습에 대한 절차와 적용, 방법에 대한 교사의 지식을 의미한다(Shulman, 1986). 본 연구의 PK도 수학 교과만의 특수한 형태로 나타나지 않는다는 판단 하에, 교수학적 지식에 대한 일반적인 형태를 참고하였다(김영봉, 김경수, 강병재, 나향

진, 박선미, 2008; 이형행, 2011; 정일환, 2003). 다만, PK는 추후 테크놀로지 교수학적 지식(TPK), 테크놀로지 교수 내용 지식(TPACK)과의 연결성을 고려하여, 일반적인 교수학적 지식이지만 테크놀로지를 활용하였을 때 의미가 있을 것으로 판단되는 항목을 위주로 선정하였다. 따라서 본 연구는 PK의 항목을 크게 교육 목적과 가치(교육관), 교육과정, 교수·학습, 학생 이해, 학급 경영, 평가로 구분하였다.

먼저 교육 목적과 가치에서는 교사가 구체적인 교육 철학 및 교육관을 가지고 있는지에 대한 내용을 포함하였다. 그 다음, 교육과정은 과목을 구분하지 않은 일반 교육과정에 대한 지식을 포함하였고, 교수·학습은 교수·학습 방법(전략), 수업 자료 및 교구 활용에 대한 지식을 포함하였다. 학생 이해에 대한 지식은 학생들의 발달과 학습에 대한 이해, 학생들의 개인적 특성(행동적, 인지적, 정의적)에 대한 이해, 학생들의 학습법과 학습 전략에 대한 이해, 학생들의 흥미와 동기 전략 등을 포함시켰다. 학급 경영에서는 학급을 조직하고 관리하는 방법에 대한 지식, 평가에서는 평가의 의미와 기능, 다양한 평가 방법에 대한 지식을 포함시켰다.

3) 테크놀로지 지식(Technology Knowledge; TK)

일반적으로 TK는 교육과정에 통합할 수 있는 기존의 테크놀로지 또는 새로운 테크놀로지에 대한 교사 지식으로, CK나 PK보다는 유동적인 상태에 있다(Koehler & Mishra, 2008, 2009; Koehler et al, 2014). 본 연구의 TK도 PK와 마찬가지로 수학교과에만 특수하게 나타나는 지식이라고 보지 않았기 때문에, 우리나라 맥락에서 개발된 것은 아니지만 대표적인 TPACK 검사지(Schmidt et al, 2009)와 수학교과 적용은 아니지만 우리나라 맥락에서 타당화 검증이 이루어진 TPACK 척도 개발 도구(박기철, 강성주, 2014; 소연희, 2013; 엄미리, 2011)를 참고하여 본 연구의 목적에 맞게 일부 수정하였다.

본 연구에서의 TK는 일상생활에서 활용할 수 있는 다양한 테크놀로지에 대해 알고 있는 지식, 일상생활에서 실제로 테크놀로지를 얼마나 활용할 수 있는지에 대한 지식, 테크놀로지를 활용하는 데 필요한 기술적 능력 뿐만 아니라 테크놀로지의 기술적인 문제를 얼마나 해결할 수 있는지에 대한 지식, 일상생활에서 새로운 테크놀

로지가 나올 때마다 얼마나 민감하게 반응하는지에 대한 지식 등을 포함시켰다.

이때, 본 연구의 측정 도구는 수학교사를 대상으로 시행하는 것이므로, 단순하게 '테크놀로지'라는 용어를 사용한다면 수학교사들이 '수학교과에서 활용하는 테크놀로지'로 받아들일 가능성이 높다고 판단하였다. 따라서 '테크놀로지'라는 용어 대신 '일상생활에서의 테크놀로지'라는 용어로 테크놀로지의 범위를 명시하였으며, 테크놀로지를 일상생활이라는 보다 큰 맥락에서 바라볼 수 있도록 내용을 구성하였다.

4) 교수학적 내용 지식 (Pedagogical Content Knowledge; PCK)

수학교과에서 PCK는 수학 내용에 대한 지식과 학생에 대한 지식을 결합한 형태로, 특정한 수학 내용을 학생들이 이해할 수 있는 방식으로 가르치는 방법에 대한 지식이다(최승현, 2007; 최승현, 황혜정, 2008; Ball, Thamas, & Phelps, 2008; Tatto, Schulle, Senk, Ingvarson, Peck, & Rowley, 2012). 본 연구의 PCK는 기본적으로 최승현과 황혜정(2008)의 수학교사의 PCK, Ball 외(2008)의 MKT에서 두 번째 하위 범주인 교수학적 내용 지식(Pedagogical Content Knowledge: PCK), Tatto 외(2012)의 수학 교수학적 내용 지식(Mathematics Pedagogical Content Knowledge; MPCK)의 개념과 항목을 참고하였다. 또한 추후 직접적인 관련성은 없더라도 테크놀로지 내용 지식(TCK), 테크놀로지 교수학적 지식(TPK), 테크놀로지 교수 내용 지식(TPACK)과의 통합성을 고려하여, 수학 교육과정에 대한 지식, 수학 교수·학습에 대한 지식, 학급 경영에 대한 지식, 수학 학습에 대한 학생 이해에 대한 지식, 수학 수업과 관련된 평가에 대한 지식을 포함시켰다.

우선 수학 교육과정에 대한 지식은 MKT의 하위 범주인 PCK에서 내용과 교육과정 지식(Knowledge of Content and Curriculum: KCC)의 내용을 포함하고 있으며, 특정 수학 내용이 지도되는 학년과 시기에 대한 지식, 수학 교육과정에 진술된 학습목표와 구체적인 수업 활동과의 연계에 대한 지식 등을 말한다.

수학 교수·학습에 대한 지식은 MKT의 하위 범주인 PCK에서 내용과 교수 지식(Knowledge of Content and

Teaching: KCT)의 내용을 포함하고 있으며, 가르치는 지식과 수학에 대한 지식을 결합한 형태이다. 여기에는 수학 내용 영역(CK)에 대한 교수·학습 방법이 주된 내용으로, 수학적 문제해결 방법에 대한 지식, 특정 개념을 가르치기 위해 사용되는 표상들의 교수학적 장단점에 대한 지식, 수학의 유용성과 가치 전달에 대한 지식, 학생들의 추론 과정을 비교 분석하여 옳고 그름을 판단하는 지식, 수학적 의사소통 과정에서 적절한 개입과 발문 전략에 대한 지식을 포함한다. 또한 효과적인 수업을 위해 수업 자료를 구안하는 것과 관련된 지식, 특정 수학 내용을 가르칠 때 학생들의 흥미와 동기를 유발하기 위해 적절한 소재를 선정하는 방법에 대한 지식을 포함한다. 학급 경영에 대한 지식은 수학 교수법에 따라 수업을 설계하거나 학급을 조직하고 관리하는 것과 관련해서 교수학적 결정을 내릴 때 필요한 지식 등을 포함한다.

학생들의 수학 학습 이해에 대한 지식은 MKT의 하위 범주인 PCK에서 내용과 학생 지식(Knowledge of Content and students: KCS)의 내용을 포함하고 있으며, 학생들이 특정 수학 내용을 어떻게 이해하고 있는지에 대한 교사의 지식, 교사가 학생들의 수학 내용에 대한 사고 형태를 파악하는 지식, 학생들의 흥미와 동기를 유발할 수 있는 예나 소재를 선택하는 지식, 학생들의 수학 내용에 대한 오류나 오개념을 파악하는 방법에 대한 지식 등을 의미한다.

마지막으로 수학 수업과 관련된 평가에 대한 지식은 학생들의 수학에 대한 서로 다른 이해 수준에 따라 평가하는 방법을 아는지, 학생들의 평가 결과를 향후 교수 활동 개선을 위한 자료로 활용하고 있는지와 같이 수학 수업에서의 평가를 학생 이해 증진을 위해 활용하는 것과 교사 자신의 발전을 위해 활용하는 것으로 구분하였다.

5) 테크놀로지 내용 지식(Technology Content Knowledge: TCK)

TCK는 가르칠 내용과 테크놀로지를 상호 연계하는 방법에 대한 지식으로, 적합한 테크놀로지를 선택하여 가르칠 내용에 대한 이해를 높일 수 있도록 하는 교사 지식이다(박기철, 강성주, 2014; 소연희, 2013; 임혜미, 2009; Koehler & Mishra, 2008, 2009; Koehler et al,

2014). 본 연구에서 TCK는 교수학적 지식(Pedagogical Knowledge)과의 구분을 위해 교사 자신이 그 내용을 가르친다는 측면보다는 이해한다는 측면에서 접근하였으며, 교사가 테크놀로지의 활용이 의미가 있다고 여겨지는 수학 내용 영역(CK)과 그 내용을 보다 잘 이해하는데 적합한 테크놀로지를 선정한 후, 내용과 테크놀로지를 상호 연계하는 방법에 대한 지식으로 다루고자 한다.

본 연구의 TCK를 구체적으로 살펴보면, 우선 수학의 각 내용 영역(수와 연산, 문자와 식, 함수, 기하, 확률과 통계)에서 테크놀로지의 기능 및 사용 방법에 대한 지식을 포함하였다. 다음은 수학 내용 영역(CK) 중에서 테크놀로지를 의미 있게 활용할 수 있는 부분으로 수학 개념 및 원리 이해, 문제해결(과정, 전략), 수학적 내용을 추측 및 정당화, 수학적 의사소통 과정, 다양한 표상(표, 식, 그래프 등), 수학적 가치(심미성, 실용성 등)의 경험 등을 우선적으로 선정한 후, 교사가 테크놀로지를 활용하여 해당 내용을 보다 잘 이해할 수 있는 방법을 아는 지에 대해서 확인하였다. 예를 들어, '문제해결'에서는 '문제해결 과정의 반성 단계에서 테크놀로지를 활용하는 방법에 대해서 알고 있는지', '규칙성 찾기나 표 만들기과 같은 문제해결 전략에 테크놀로지를 활용하는 방법에 대해서 알고 있는지', '다양한 표상(표, 식, 그래프)을 표현하고, 각 수학 내용에 맞게 표상을 선택, 적용, 변환하는데 테크놀로지를 활용하는 방법에 대해서 알고 있는지' 등과 같은 내용으로 구성하였다.

6) 테크놀로지 교수학적 지식(Technology Pedagogical Knowledge: TPK)

TPK는 교수·학습 상황에서 학생들의 효과적인 학습을 위해 적절한 테크놀로지를 선정하고, 수업을 설계하는 과정에서 테크놀로지를 활용했을 때 수업이 어떻게 변화되는지에 대해서 아는 것을 의미한다(박기철, 강성주, 2014; 소연희, 2013; 임혜미, 2009; Koehler & Mishra, 2008, 2009; Koehler et al, 2014). 본 연구에서 수학교사의 TPK는 수학교사의 교수학적 지식(PK)과 테크놀로지 지식(TK)을 교집합 하여 하위 내용을 구성하였으며, 다양한 교수·학습 상황에서 테크놀로지를 활용하는 방법에 대한 지식으로, 교육관(교육철학)과 가치관, 교육과정, 교수·학습, 학급 경영, 평가에 대한 지식으로

구분하였다. 다만, TPK는 테크놀로지와 교수학적 지식의 상호 연계가 있는 지식 중에서 내용 지식(CK)과는 직접적인 관련성은 없더라도 추후 TPACK를 구성할 때, TPK에 내용 지식(CK)을 포함하여 의미가 있을 것으로 판단되는 내용을 고려하였다.

본 연구의 TPK를 구체적으로 살펴보면, 우선 교실에서 테크놀로지를 활용할 것인지에 대한 교육철학, 수업에서 테크놀로지를 어떻게 활용할 것인지에 대한 가치관, 특정 과목에만 국한되지 않은 일반 교육과정에서 테크놀로지의 활용과 관련된 내용을 포괄적으로 아는 지에 대한 지식을 포함하였다. 또한 교수·학습 방법과 관련해서 테크놀로지에 기반 한 수업 자료를 활용할 수 있는지, 테크놀로지와 관련된 다양한 교수·학습 방법을 알고 있는지, 이를 실제 수업에 적용할 수 있는지, 일반적인 학생들의 학습법과 교사 자신의 교수법에 도움을 줄 수 있는 테크놀로지 활용 방법에 대해 알고 있는지, 학생들의 흥미와 동기 유발을 위해 테크놀로지를 활용하는 방법을 아는 지에 대한 지식을 포함하고 있다. 그리고 테크놀로지를 활용할 수 있는 학급을 조직하고 관리하는 방법에 대한 지식, 예를 들어, 테크놀로지를 활용한 개별 수업 또는 그룹 수업을 위한 자리 배치 및 학생 역할 부여, 테크놀로지 관리 등에 대한 지식을 말한다. 마지막으로 교수학적 지식(PK)의 평가 항목에 테크놀로지의 활용을 추가하여, 테크놀로지를 활용한 다양한 평가 방법에 대해 알고 있는지에 대한 지식도 포함하였다.

7) 테크놀로지 교수 내용 지식(Technology, Pedagogy and Content Knowledge; TPACK)

TPACK은 교과 내용, 교육학, 테크놀로지에 대한 지식을 토대로, 이 세 가지 지식이 단편적으로 연결되어 있는 것이 아니라 서로 역동적으로 영향을 주며 융합되어 있는 지식을 말하며, 테크놀로지를 활용하여 교수·학습 하는데 필요한 지식의 총합체를 의미한다(박기철, 강성주, 2014; 신원석 외, 2012; 임해미, 2009). 본 연구에서 TPACK은 수학이라는 교과에 초점을 맞추어 효과적인 교수·학습을 위해 테크놀로지를 활용할 수 있는 상황을 우선적으로 검토하였으며, 테크놀로지를 활용하여 수학 내용 지식(CK)을 이해하는 것과 관련된 교사 지식, 수학 내용 지식을 가르치기 위해 테크놀로지를 활용하는

교수학적 지식뿐만 아니라, 수학 개념 이해, 문제 오류 파악, 오개념 수정 등과 같이 수학 교과에서만 나타날 수 있는 상황에 테크놀로지를 활용함으로써 학생들의 내용 이해력을 높이는 방법과 관련된 교사 지식 등을 모두 포함하였다.

수학교사의 TPACK에 해당하는 하위 내용을 구체적으로 살펴보면, 크게 일곱 가지 측면을 포함시켰다. 첫째, 수학 교육과정에 포함된 테크놀로지 관련 내용을 실제 수업에 통합하는 방법에 대한 지식, 둘째, 수학 내용에 대한 학생들의 이해(수학 내용에 대한 이해력 향상, 수학 내용에 대한 인지 수준 및 사전 지식의 차이 고려)와 학생들의 특성(수학 학습에 대한 흥미와 동기)을 파악하여 테크놀로지를 효과적으로 통합하는 방법에 대한 지식, 셋째, 수학 내용 지식(CK)과 교수·학습 방법의 통합 측면에서 문제해결, 표상, 내적·외적 연결성, 창의·융합, 추론, 의사소통에 따라 테크놀로지를 통합하는 방법에 대한 지식, 수학 내용에 따라 테크놀로지를 의미 있게 활용할 수 있는 수업자료를 구안하는 것과 관련된 지식을 구성하였다. 넷째, 학급경영 측면에서 수학 교수법에 테크놀로지가 통합되면서 새롭게 학급을 조직하고 관리하는 방법에 대한 지식, 다섯째, 수학 수업과 관련해서 평가의 질을 향상시키는 데 테크놀로지를 통합하는 지식, 예를 들어, 학생들의 답안에 즉각적인 피드백을 제공하기 위해, 문항 출제 후 오류 확인을 위해 등과 같이 학생과 교사 모두의 측면에서 평가의 질을 높이는 데 테크놀로지를 통합하는 지식을 의미한다. 여섯째, 교사가 테크놀로지를 활용하게 되면서 새롭게 고민해야 할 항목으로, 수학 수업에서 테크놀로지를 활용함으로써 인해 수업 환경의 변화에 대처하는 방법에 대한 지식, 마지막으로 테크놀로지와 관련된 교사 전문성에 대한 지식으로, 테크놀로지와 관련해서 동료 교사의 수업 조직화에 도움을 줄 수 있는지에 대한 내용을 다루었다.

2. 예비 문항 개발

1) 예비 문항 구성

예비 문항은 CK요인 13문항, PK요인 10문항, TK요인 6문항, PCK요인 16문항, TCK요인 7문항, TPK요인 11문항, TPACK요인 16문항, 총 79개의 문항으로 구성하였고, 예비 문항의 상세한 구성 내용은 [표 1]과 같다.

[표 1] 예비 문항 구성 내용
[Table 1] Contents of the pilot question

구분	세부 내용	문항수
CK	일반 내용지식	1
	중·고등학교 수준의 수학 개념·원리·절차	1
	* 내용 영역별로 부분 문항 5개	1
	중·고등학교 수준의 수학 문제를 정확하게 해결	1
	* 내용 영역별로 부분 문항 5개	1
	특수 내용지식	13
	수학적 개념 구조	1
	문제해결(과정, 전략)	2
	추론(귀납적, 연역적 추론)	2
	(수학 내적, 외적) 연결성	2
창의·융합	1	
표현(표상)	2	
의사소통	1	
태도 및 실천	1	
목적, 가치	교육철학(교육관)	1
교육과정	일반 교육과정	1
PK	교수학습	2
	교수·학습 방법(전략), 수업 자료 및 교구 활용	2
	학생이해	10
	일반적인 학생들의 심리학적 요인(발달과 학습, 행동적·인지적·정의적인 개인의 특성, 흥미와 동기 유발)	3
학급경영	학급 조직 및 관리	1
평가	평가의 의미와 기능, 방법	2
TK	실행	79
	일반적인 테크놀로지 종류 파악, 실행, 활용	3
	오류해결	테크놀로지 관련 오류해결
TK	발전	6
	새로운 테크놀로지에 대한 민감성 및 활용	2
교육과정	수학 교육과정(학습 목표, 교수·학습 방법, 평가 방법 및 유의사항)	2
	수학 내용 영역(수학적 문제해결 방법, 표상의 교수학적 장단점, 수학의 유용성과 가치 전달, 학생 추론 과정 비교 분석, 수학적 의사소통 과정의 개입 및 발문)에 대한 교수·학습 방법	5
PCK	특정 수학 내용에 적합한 수업 자료 구안	1
	특정 수학 내용의 흥미와 동기 유발을 위해 적절한 소재 선정	1
학생이해	학생들이 자주 범하는 오류/오개념	16
	특정 수학 내용에 대한 학생들의 인지 수준 및 사전 지식	3
	학생들의 전형적인 이해 방식에 대한 피드백	

평가	학급경영	수학 교수법에 따른 학급 조직 및 관리 방법	1
	평가	다양한 수학 평가 방법	3
		학생들의 서로 다른 이해수준에 대한 평가	3
	향후 수학 교수 활동 개선 자료 활용		
TCK	특수 내용지식 & 테크놀로지	수학 내용 영역별 테크놀로지 기능 및 사용 방법	1
		* 내용 영역별로 부분 문항 5개	1
		수학 개념 및 원리 이해와 테크놀로지	1
		문제해결과 테크놀로지	1
		수학적 추론 및 정당화와 테크놀로지	1
		의사소통과 테크놀로지	1
		표상과 테크놀로지	1
수학의 가치(심미성, 실용성)와 테크놀로지	1		
교육관 (교육철학) 가치관	테크놀로지 활용 여부에 대한 교육철학, 테크놀로지 활용 방법에 대한 가치관	2	
	교육과정	일반 교육과정에서 테크놀로지 관련 내용	1
TPK	교수학습	테크놀로지에 기반 한 수업 자료	1
		테크놀로지와 관련된 교수·학습 방법 및 전략(방법 측면)	1
		테크놀로지와 교수·학습 활동과의 연계(실행 측면)	1
		일반적인 학생들의 학습법에 도움을 주는 테크놀로지 활용 방법	2
		교사 자신의 교수법에 도움을 주는 테크놀로지 활용 방법	1
학급경영	테크놀로지를 활용한 학급 조직 및 관리	1	
평가	테크놀로지를 활용한 평가	1	
교육과정	수학 교육과정의 테크놀로지 관련 내용과 실제 수업의 통합	1	
	테크놀로지를 통합하여 수학 내용에 대한 학생들의 이해력 향상	1	
학생이해	수학 내용에 대한 학생들의 인지 수준 및 사전 지식에 따라 테크놀로지를 통합	1	
	수학 학습에 대한 흥미와 동기 유발을 위해 테크놀로지 통합	1	
수학 내용지식 & 교수학습	수학 내용 지식(CK) 중에서 문제해결, 표상, 내적·외적 연결성, 창의·융합, 추론, 의사소통에 따라 테크놀로지 통합	7	
	수학 내용에 따라 테크놀로지를 의미 있게 활용할 수 있는 수업자료 구안	1	
학급경영	수학 교수법과 테크놀로지를	1	

통합하는 과정에서의 학습 조직 및 관리 방법	
환경대처	▪ 테크놀로지 활용으로 인한 수 학 수업 환경의 변화 대처 1
평가	▪ 수학 평가의 질 향상을 위해 테크놀로지 활용 1
교사 전문성	▪ 테크놀로지와 관련된 동료교사 의 수업 조직화를 도와줄 수 있는 교사 전문성 1

우선 79개의 문항 중에서 수학교과와 직접적으로 관련된 내용 지식(CK), 교수학적 내용 지식(PCK), 테크놀로지 내용 지식(TCK), 테크놀로지 교수 내용 지식(TPACK)의 52문항은 본 연구자가 구성한 TPACK 하위 내용에 따라 직접 개발하였다. 나머지 27문항은 수학교과 내용 영역과 직접적인 관련성이 적다고 판단하여, 초등교사, 초·중등교사, 예비교사를 대상으로 타당화 과정을 거친 TPACK 연구(박기철, 강성주, 2014; 소연희, 2013; 엄미리, 2011; 임혜미, 2009; Schmidt et al, 2009)에서 개발한 문항을 참고하여 본 연구의 목적에 맞게 재구성하였다.

예를 들어, 본 연구에서 직접 개발한 문항은 TPACK의 각 요인들이 서로 고집합 관계로 연결되어 있다는 측면과 수학교과 특수성을 반영하고자 했다. 내용 지식(CK)에서 추론과 관련된 ‘귀납, 유추 등을 통해 수학적 내용을 추측하고 정당화할 수 있다.’는 문항을 개발하였고, 이와 관련하여 ‘수학 내용을 추측하고 정당화하는 데 테크놀로지를 활용하는 방법을 알고 있다.’와 같이 테크놀로지 내용 지식(TCK) 문항과 연계될 수 있도록 개발하였다. 기존 연구의 문항을 수정한 경우, 테크놀로지 지식(TK)에 관한 25번 문항은 엄미리(2011)에서 ‘중요한 테크놀로지가 새로 나올 때마다 꾸준히 습득한다.’였으나, 본 연구에서는 일상생활에서 사용하는 테크놀로지와 수학교과에서 사용하는 테크놀로지(예: GSP, Geogebra 등)를 구분하기 위하여, ‘일상생활에서’라는 문구를 추가하였다. 또한 교수학적 지식(PK)에 관한 21번 문항은 Schmidt 외(2009)의 ‘나는 교실 관리 및 운영을 할 수 있다.’와 엄미리(2011)의 ‘나는 내가 담당하는 수업을 조직하고 관리하는 방법을 안다.’라는 두 문항을 참고하였다. 기존 문항의 ‘운영을 할 수 있다.’라는 어미는 실행 측면이 너무 강하고, ‘내가 담당하는 수업’이라는 단어 또한 설문에 답하는 교사가 자신이 수학교사임을 전제하여

답할 가능성이 높다고 판단하여, 해당 문항을 ‘일반적인 학습을 조직하고 관리하는 방법을 알고 있다.’로 수정하였다.

또한 각 문항은 현재 교사가 TPACK을 얼마나 가지고 있는지를 체크하는 형태로, 5단계 리커트 척도를 사용하여 매우 그렇다 ‘5’, 그렇다 ‘4’, 보통이다 ‘3’, 아니다 ‘2’, 매우 아니다 ‘1’로 표시하였다. 또한 각 문항의 어미는 본 연구가 수학교사들의 TPACK, 즉, 각자가 가지고 있다고 생각하는 지식을 자가 진단하는 형식이므로, 대부분의 문항은 ‘~에 대해 알고 있다.’, ‘~을 알고 있다.’로 구성하였다. 다만, ‘일상생활에서 중요한 테크놀로지가 새로 나올 때마다 꾸준히 습득한다.’와 같은 문항의 경우, 행동적인 측면의 물음만이 가능하기 때문에 ‘~할 수 있다.’, ‘~한다.’와 같은 어미를 사용하였다.

2) 내용타당도 검증 및 문항 수정

위와 같이 제작된 예비 문항은 세 그룹의 전문가 집단과의 협의과정을 통해 내용타당도를 확보하였다.

첫째, 연구자가 1차적으로 작성한 예비 문항은 경력이 20년 이상 된 현직 교사 4명을 통해 현장 교사 입장에서 문항의 명확성, 읽기 및 응답의 용이성, 반응 시간 등에 초점을 맞춰 문항을 검토 후 수정하였다. 예를 들어, ‘학습을 조직하고 관리하는 방법’과 관련된 문항에서 그 내용을 명확하게 알기 어렵다는 의견을 참고하여 ‘괄호’ 안에 내용을 추가 작성하였다.

둘째, 수정된 예비 문항은 박사 과정 2인, 석사 과정 1인을 통해 수학교육의 연구자 입장에서 내용의 적절성과 명확성을 논의한 후, 문항의 일부를 수정 및 보완하였다. 예를 들어, ‘수학 내적 연결성’이나 ‘표상’과 같은 단어의 경우, 수학교육 연구자들은 익숙하지만 일부 현직 교사들은 내용 파악이 어려울 수도 있다는 의견을 참고하여 ‘괄호’ 안에 해당 내용을 추가 작성하였고, ‘수학적 아이디어’와 같은 단어의 경우, ‘수학 내용’이라는 용어로 교체하여 교사들이 문항 반응을 좀 더 용이하게 할 수 있도록 수정하였다.

셋째, 두 번의 수정을 거친 예비 문항은 경력이 10년 이상 된 국어교사 2인에게 각 문항의 언어적 이해, 언어적 표현의 명확성 측면에서 최종 검토하였다.

3. 예비 연구

1) 예비 연구 실시

제작된 예비 문항은 2017년 5월에 서울, 경기, 대전 지역의 교사와 2017년 5월 26일(금)부터 27일(토)까지 세종특별자치시에서 진행된 수학교사 연수에 참여한 일부 교사를 포함하여, 총 91명을 대상으로 자료를 수집하였다. 그 중에서 불성실하게 응답한 12명을 제외하고 [표 2]와 같이 79명의 응답만을 분석에 활용하였다.

[표 2] 예비 연구 대상

[Table 2] Subjects of pilot study

	구분	교사 수(%)	합계
성별	남	31	79
	여	48	
학교급	중학교	38	79
	고등학교	41	
학력	학사	32	79
	석사	45	
	박사	2	
지역	서울	27	79
	대구	1	
	인천	3	
	대전	22	
	울산	1	
	경기도	22	
	충청남도	1	
	전라남도	1	
	경상북도	1	
	5년 미만	12	
경력	5년 이상 10년 미만	16	79
	10년 이상 15년 미만	13	
	15년 이상 20년 미만	11	
	20년 이상 25년 미만	10	
	25년 이상 30년 미만	14	
30년 이상	3		

2) 예비 연구 분석

예비 연구를 위해 수집된 자료는 기초 통계량 조사, 신뢰도 분석, 내용 타당도를 검증하였고, 부적절한 문항은 수정하거나 삭제하여 본 연구용 문항으로 개발하였다.

우선 각 문항에 대한 기초 통계량(평균, 표준편차, 왜도, 첨도)을 조사하여 극단적인 값을 갖는 문항이 있는지 확인하여 문항의 양호도를 판단하였다. 그 다음, 전체 문항에 대한 내적일치도 계수(Cronbach's α)를 산출하여 문항 제거 시 신뢰도 계수를 높게 하는 문항을 확인 후 삭제하였다. 마지막으로 예비 검사를 실시하는 과정에서 검사 대상자인 교사들이 언급하는 문항의 모호함, 검사 과정에서 겪었던 어려움, 문항의 이해도 등의 측면에서 내용 타당도를 검증하여 최종적으로 문항을 수정 및 보완하였다.

4. 본 연구

1) 본 연구 실시

본 연구는 [표 3]과 같이 [본 연구1]인 탐색적 요인분석과 [본 연구2]인 확인적 요인분석 및 모형 검증의 연구 대상을 각각 나누어서 진행하였다. [본 연구1]은 2017년 6월부터 7월 말까지 전국 지역에서 무작위로 추출된 399명을 대상으로 우편이나 온라인 설문지를 통해 실시하였다. 그 결과, 389명의 자료가 회수되었고, 그 중에서 한 번호로만 응답한 자료, 응답하지 않은 문항 수가 있는 자료, 인적사항 관련 미응답 자료 등 불성실하게 응답한 교사 13명을 제외하고 376명의 응답만을 분석에 사용하였다. 또한 [본 연구2]는 2017년 7월 말부터 8월 중순까지 전국 지역에서 [본 연구1]에 참여하지 않은 교사들 중에서 무작위로 추출된 260명을 대상으로 온라인 설문지를 통해 실시하였고, [본 연구1]과 마찬가지로 불성실하게 응답한 교사 6명을 제외하고 254명의 자료를 분석에 사용하였다.

[표 3] 본 연구 대상

[Table 3] Subjects of main study

구분	시기	교사 수(%)	
		본 연구1	본 연구2
성별	남	164	112
	여	212	142
학교급	중학교	122	83
	고등학교	254	171
학력	학사	184	122

	석사	180	121
	박사	12	11
	서울	130	85
	부산	·	·
	대구	2	·
	인천	9	7
	광주	4	2
	대전	36	25
	울산	3	·
지역	경기도	77	49
	강원도	2	·
	충청북도	19	9
	충청남도	11	13
	전라북도	13	11
	전라남도	17	13
	경상북도	40	11
	경상남도	12	27
	세종	1	·
	제주도	·	2
	5년 미만	87	40
	5년 이상 10년 미만	87	56
	10년 이상 15년 미만	53	57
	15년 이상 20년 미만	46	24
	20년 이상 25년 미만	25	27
	25년 이상 30년 미만	40	28
	30년 이상	38	22
계	376	254	
경력			

2) [본 연구1] 탐색적 요인분석

교사 376명이 응답한 자료에 대해서 통계프로그램 SPSS 22.0을 사용하여 탐색적 요인분석을 실시하였다.

첫 단계로 각 자료가 탐색적 요인분석을 하기에 적합한 자료인지 알아보기 위해서 KMO 값(Kaiser-Meyer-Olkin Measure)과 Bartlett의 구형성 검증을 실시하였다.

그 다음에 기초 구조를 추출하기 위해 최대 우도법(maximum likelihood method)과 요인 회전 방법으로 직접 오블리민(Directed Oblimin)을 사용하였다. 회전 방법은 보통 직각회전방식인 베리맥스(Varimax)를 많이 사용하지만, 사회과학분야에서 다루는 요인들은 상호 연관성이 전혀 없다고 볼 수 없으므로(김석우, 2015), 본 연구에서도 사각회전방식인 직접 오블리민을 사용하였다. 또한 요인의 수는 TPACK의 이론적 배경을 바탕으로 7

개로 고정하여 분석을 실시하였고, 각 요인에 대한 문항을 선정하기 위해 요인 부하량의 절댓값을 .04 이상으로 설정하였다.

요인이 추출된 후 각 요인에 대한 신뢰도를 검증하기 위해서 문항에 대한 내적일치도 계수(Cronbach's α)를 조사하였고, 타당도를 확보하기 위해 각 문항을 제거하였을 경우 내적일치도 계수(Cronbach's α)를 조사하였다.

3) [본 연구2] 확인적 요인분석

교사 254명이 응답한 자료에 대해서 통계 프로그램 AMOS 22.0을 사용하여 확인적 요인분석을 실시하였다.

먼저 CK, PK, TK, TCK, TPK, TPACK의 각각에 해당하는 문항들의 표준화 계수(standardized estimates)가 통계적으로 유의한지($p < .001$)판단하였다. 또한 보통 사회연구조사에서는 각 문항의 표준화 계수가 .5이상, 전문 분야의 경우는 .7이상이면 바람직한 것으로 판단하기 때문에(노경섭, 2014), 본 연구에서는 .7이상이면 바람직한 수치로 보았다.

4) 연구 모형 검증

본 연구자의 가설에 따라 연구 모형을 설정하였고, 통계 프로그램 AMOS 22.0을 사용하여 검증하였다.

먼저 모형의 적합도를 검증하였는데, 이때 사용된 적합도 지수는 절대 적합도 지수로써 CMIN/DF, RMSEA(root mean square error of approximation), 충분 적합도 지수로써 IFI(Incremental Fit Index), TLI(Turker-Lewis Index=NNFI), CFI(Comparative Fit Index)를 사용하였다.

이후 초기 연구 모형에 대한 수정지수(Modification Index)를 조사한 후, 전반적으로 조금 낮은 적합도 지수를 높이기 위해 동일한 요인 내의 문항끼리 측정오차 간의 공분산을 연결하여 수정 모형을 개발하였다. 그 다음, 수정 모형에 대한 경로계수를 검정하였고, 각 요인간의 직접효과, 간접효과, 총 효과를 조사하였다. 특히, 간접효과는 부트스트랩(Bootstrap) 방법을 이용하여 95% 신뢰구간에서 유의미성을 검정하였다.

IV. 연구결과 및 분석

1. 예비 연구

예비 연구는 불성실한 답변(한 번호로만 응답한 자료, 응답하지 않은 문항이 일부 있는 자료, 인적사항 관련 미응답 자료)을 제외하고, 총 79명의 자료를 대상으로 분석을 진행하였다.

그 결과, 첫째, 각 문항의 기초 통계량 조사에서는 각 문항별 평균이 2.72~4.41로 적절한 것으로 나타났으며, 문항별 표준편차의 경우도 0.83~1.10로 모두 양호한 것으로 나타났다. 문항별 왜도와 첨도는 왜도가 -1.423, 첨도가 1.431로 나온 문항 1개(PK1, 나만의 교육철학 및 교육관을 가지고 있다.)를 제외하고는 모두 적절한 것으로 나타났다. 왜도와 첨도가 극단적인 값을 갖는 해당 문항은 추후 본 연구에서 요인분석을 할 때 문제가 발생할 가능성이 높다고 판단하여 삭제하였다.

둘째, 예비 연구에서 구성한 측정 도구의 신뢰도 내적일치도 계수(Cronbach's α)와 문항 제거 시 신뢰도 계수를 높게 하는 문항을 확인하였다. Cronbach's α 가 .60이 넘으면 내적 일치도는 만족스러운 수치로 신뢰도가 양호하다고 볼 수 있는데(노경섭, 2014; 이종환, 2016), 전체 신뢰도는 .979, 각 요인들의 신뢰도 계수도 모두 .90이상으로 나타나 신뢰도는 매우 높은 수준을 나타내고 있었다. 다만, TPACK의 각 하위 요인별로 문항 제거 시 신뢰도를 높이는 두 문항이 존재하였고, 해당 문항은 CK13의 '수학의 가치에 대해서 알고 있다.'와 TP1의 '교실에서 테크놀로지를 활용할 것인지 또는 아닌지에 대한 나만의 교육철학이 있다.'였다. 측정 도구에 대한 전체적인 신뢰도가 높음에도 불구하고 추후 본 연구에서 요인분석을 할 때 요인이 묶이지 않을 수도 있다는 판단 하에 해당 문항들을 삭제하였다. 이때, 신뢰도를 다소 떨어뜨리는 두 문항을 살펴보면, 가치나 철학(교육관)과 같이 응답자의 주관적인 견해가 반영될 수 있는 문항들이었다는 점도 확인할 수 있었다.

셋째, 예비 연구에 참여했던 교사들 중에서, 일부 교사를 대상으로 추가 질문한 답변을 문항 수정에 반영하였다. 그 결과, 각 내용영역별(수와 연산, 문자와 식, 함수, 기하, 확률과 통계)로 다른 답변을 기대했던 세 문항(CK1, CK2, TCK1)의 경우, 실제 답변에서는 내용영역별로 큰 차이가 존재하지 않았다. 예를 들어, CK1 문항(□□ 영역에서 중·고등학교 수준의 수학 개념 및 원리, 절차에 대해 알고 있다.)과 CK2 문항(□□ 영역에서

중·고등학교 수준의 수학문제를 정확하게 해결할 수 있다.)의 경우, 대부분의 교사는 수학 내용 지식에 대한 점수가 높았고, 해당 문항에서도 내용영역별로 높은 점수에 거의 동일하게 체크하였다. 또한 교사들이 각 내용영역별로 다를 수 있는 테크놀로지가 다를 것이라고 예상했던 TCK1 문항(□□ 영역과 관련된 테크놀로지의 기능 및 사용 방법을 알고 있다.)도 테크놀로지를 잘 다루는 교사와 그렇지 않은 교사로 점수가 양분화 되는 경향은 있었지만, 내용영역별로 거의 동일한 척도에 체크하였다.

또한 연구에 참여했던 교사들이 처음에 나오는 두 문항(CK1, CK2)이 부분 문항으로 제시되어 문항수가 많다고 느껴졌으며, 그로 인해 앞 문항보다 뒤 문항을 답할 때 집중력이 다소 떨어진다는 의견들이 많았다. 따라서 이 의견을 반영하여 내용영역별로 구분이 무의미하다고 판단한 세 문항은 부분 문항을 모두 삭제하였다.

즉, 예비 분석을 통해 기존에 구성했던 79개의 문항 중에서 3개의 문항을 제거하였고, 본 연구용으로 부분 문항 없이 총 76개의 문항을 구성하여 본 연구를 실시하였다.

2. [본 연구1] 탐색적 요인분석

1) 타당도

우선 요인분석을 하기 전에 자료의 개수가 적절한지, 요인분석에 적합한지 확인하였다. 요인분석에 필요한 자료의 개수는 최소한 100~200개 이상이며, 특히, 문항수가 많으면 자료 수는 문항 수의 최소한 4~5배를 권장하고 있다(김석우, 2015; 이종환, 2016). 본 연구의 문항 수는 예비검사를 통해 부적절한 문항으로 판단된 3개의 문항을 제외한 76개, 자료 수는 376개로 해당 기준에 따라 적절한 것으로 판단하였다. 또 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin Measure)의 표본 적절성 측정치와 Bartlett의 구형성 검증을 실시한 결과, KMO 값은 .961, Bartlett의 구형성 검증도 $P < .001$ 유의수준에서 유의미한 결과($\chi^2 = 29188.463$, $DF = 3081$, $P < .001$)가 나왔기 때문에, 해당 자료는 요인분석에 적합한 것으로 판단하였다.

그 다음, 76개 문항에 대한 376개의 자료를 대상으로 탐색적 요인분석을 실시하였다. 그 결과, 처음에는 TPACK 문항과 일부 TPK, TCK 문항이 섞이고, PK와 일부 PCK 문항이 섞여서 전체적으로 7개의 요인으로 완벽하

개 묶이지 못했다. 그래서 문항을 하나씩 제거하면서 요인분석을 계속해서 실시하였고, 최종적으로 PCK의 ‘수학 내용에 따라서 그 내용에 대한 문제해결 방법(과정, 전략, 대표 예제 파악 등)을 알고 있다.’, ‘수학 과목에 적합한 다양한 평가 방법을 알고 있다.’ TPK의 ‘수업에서 테크놀로지를 어떻게 활용할 수 있을지에 대해 고민하는 시간을 갖는다.’와 같이 3개의 문항을 삭제한 후, [표 4]와 같이 총 7개의 요인으로 묶이는 것을 확인하였다.

최종적으로 [표 4]에서 제시된 바와 같이, CK는 10문항, PK는 7문항, TK는 6문항, PCK는 9문항, TCK는 6문항, TPK는 7문항, TPACK은 16문항이 추출되었으며, 이 7개 요인은 약 63.93%의 설명력을 가지고 있었다.

[표 4] 수학교사의 TPACK 측정 도구에 대한 탐색적 요인분석 결과

[Table 4] Exploratory factor analysis of mathematics teacher's TPACK measurement tool

요인	번호	요인 적재량							공통성
		1	2	3	4	5	6	7	
1 TPACK	Q74	.856							.780
	Q79	.836							.718
	Q72	.813							.784
	Q70	.810							.805
	Q67	.803							.796
	Q75	.786							.810
	Q73	.766							.789
	Q71	.760							.793
	Q76	.750							.722
	Q66	.719							.807
	Q68	.717							.713
	Q77	.680							.638
	Q78	.640							.601
	Q69	.634							.741
	Q64	.631							.750
	Q65	.619							.747
2 PCK	Q41	.645							.517
	Q39	.517							.579
	Q38	.513							.557
	Q32	.509							.581
	Q45	.496							.501
	Q42	.484							.472
	Q37	.473							.512
	Q44	.458							.506
Q36	.435							.483	

3 CK	Q5	-.912							.765
	Q6	-.829							.697
	Q4	-.814							.662
	Q7	-.747							.618
	Q1	-.730							.543
	Q3	-.725							.569
	Q2	-.666							.520
	Q11	-.652							.543
	Q12	-.633							.602
	Q10	-.481							.474
4 TCK	Q49	.678							.817
	Q48	.629							.796
	Q50	.587							.813
	Q47	.511							.771
	Q51	.478							.783
	Q52	.403							.742
5 TK	Q27	.776							.737
	Q26	.699							.750
	Q25	.652							.638
	Q28	.635							.604
	Q24	.587							.624
	Q29	.572							.565
6 TPK	Q59		-.604						.826
	Q58		-.583						.839
	Q56		-.577						.818
	Q57		-.567						.837
	Q60		-.486						.802
	Q62		-.453						.646
7 PK	Q63		-.403						.542
	Q18			-.847					.754
	Q19			-.817					.718
	Q20			-.595					.604
	Q21			-.521					.429
	Q16			-.520					.529
	Q23			-.503					.578
Q17			-.483					.506	
KMO	.961								
Bartlett	=27289.660 DF=2701							P=	.000

2) 신뢰도

다음으로 [본 연구1]용으로 구성한 측정 도구의 내적 일치도 계수(Cronbach's)는 [표 5]와 같다. 각 요인들의 신뢰도 계수는 모두 .85이상으로, 신뢰도는 매우 높은 수준을 나타내고 있기 때문에 문항들 간의 일치도는 매우 높다고 판단할 수 있다.

[표 5] 수학교사의 TPACK 측정 도구에 대한 신뢰도
 [Table 5] Reliability results for mathematics teacher's TPACK measurement tool

요인	신뢰도 Cronbach's	
CK	.928	.979
PK	.895	
TK	.915	
PCK	.900	
TCK	.953	
TPK	.951	
TPACK	.977	

3) 상관분석

수학교사의 TPACK을 구성하는 하위 요인들의 상관관계를 알아보기 위해, Pearson 적률상관계수를 산출한 결과는 [표 6]과 같다. 그 결과, P<.01 유의수준에서 TPACK의 모든 하위 요인들끼리 정적 상관관계를 보였다.

다만, PCK의 경우, 직접적인 관계가 있는 PK, CK와의 상관은 특히 높았고, TK와는 조금 더 낮은 수치로의 상관을 보였다. 마찬가지로 TCK는 TK, CK와 TPK는 TK, PK와의 상관은 높았지만, 각각 PK와 CK와는 조금 더 낮은 상관을 보였다. 특히, TPACK은 모든 하위 요인들과의 상관이 유의했고, 그 중에서도 테크놀로지와 관련된 TK, TCK, TPK와는 정적 상관이 매우 높았다.

따라서 수학교사의 TPACK은 교집합의 관계로 직접적으로 연결된 요인들(예: TCK-TK-CK, PCK-CK-PK 등)끼리의 정적 상관은 매우 높고, 교집합의 관계로 연결되어 있지 않은 요인(예: TK-PK, TPK-CK 등)과의 상관은 적당한 수준의 상관관계를 보이고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

[표 6] 수학교사의 TPACK 측정도구의 요인별 상관관계
 [Table 6] Correlation of factors for mathematics teacher's TPACK measurement tool

	CK	PK	TK	PCK	TCK	TPK	TPACK
CK	1.000						
PK	.487*	1.000					
TK	.245**	.298**	1.000				
PCK	.577**	.743**	.280**	1.000			
TCK	.249**	.298**	.713**	.372**	1.000		
TPK	.258**	.358**	.732**	.374**	.835**	1.000	
TPACK	.207**	.353**	.715**	.378**	.831**	.867**	1.000

***P<.001, **P<.01, *P<.05

따라서 탐색적 요인분석을 통해 최종적으로 [표 7]과 같이 61개의 문항으로 이루어진 측정 도구가 구성되었고, 이를 바탕으로 다음 단계인 [본 연구2]인 확인적 요인분석을 실시하였다.

[표 7] 수학교사의 TPACK 측정 도구

[Table 7] Mathematics teacher's TPACK measurement tool

요인	문항	문항수	문항내용
CK	CK1	Q5	귀납, 유추 등을 통해 수학적 내용을 추측하고 정당화할 수 있다.
	CK2	Q6	수학적 사실이나 명제를 논리적으로 분석하고 정당화할 수 있다.
	CK3	Q4	문제해결 전략(문제제기, 표 만들기, 식 세우기, 규칙성 찾기, 뒤집어 생각하기 등)에 대해 알고 있다.
	CK4	Q7	수학 내적 연결성(예: 수학 개념들 사이의 연결성, 수학 개념 구조에 대한 지식)에 대해 알고 있다.
	CK5	Q1	중·고등학교 수준의 수학 개념 및 원리, 절차에 대해 알고 있다.
	CK6	Q3	문제해결 과정(문제이해, 계획, 실행, 반성)에 대해 알고 있다.
	CK7	Q2	중·고등학교 수준의 수문제들을 정확하게 해결할 수 있다.
	CK8	Q11	수학적 아이디어를 표현하기 위해 수학적 표상(수학 용어, 기호, 표, 식, 그래프 등)을 정확하게 사용할 수 있다.
	CK9	Q12	다양한 수학적 표상(수학 용어, 기호, 표, 식, 그래프 등) 간의 관계를 알고, 이를 선택, 적용, 변환할 수 있다.
	CK10	Q10	동료들과 다양한 수학 내용에 관해 명백하게 의사소통할 수 있다.
PK	PK1	Q18	일반적인 학생들의 발달과 학습에 대해 알고 있다.
	PK2	Q19	일반적인 학생들의 개인적 특성(행동적, 인지적, 정의적)에 대해 알고 있다.
	PK3	Q20	일반적인 학생들의 흥미와 동기 유발을 위한 전략에 대해 알고 있다.
	PK4	Q21	일반적인 학습을 조직하고 관리하는 방법을 알고 있다.
	PK5	Q16	교실상황에서 적용할 수 있는 다양한 교수학습방법(예: 협동학습, 직접교수, 탐구학습, 문제해결학습 등)에 대해서 알고 있다.
	PK6	Q23	다양한 평가 방법에 대해 알고 있다.
	PK7	Q17	수업 자료 또는 교구의 활용에 대한 풍부한 지식이 있다.
TK	TK1	Q27	일상생활에서 테크놀로지의 기술적인 문제를 스스로 해결할 수 있다.
	TK2	Q26	테크놀로지를 활용하는데 필요한 기술을 가지고 있다.
	TK3	Q25	일상생활에서 중요한 테크놀로지가 새로 나올 때마다 꾸준히 습득한다.
	TK4	Q28	테크놀로지를 비교적 쉽게 배울 수 있다.
	TK5	Q24	다양한 종류의 테크놀로지를 알고 있다.
	TK6	Q29	일상생활에서 테크놀로지를 다루면서 보내는 시간이 많다.
PCK	PCK1	Q41	교사와 학생간, 학생과 학생간의 수학적 의사소통 과정에서 적절한 개입과 발문에 대한 전략을 알고 있다.
	PCK2	Q39	수학 내용에 대한 학생들의 전형적인 이해 방식에 따라 적절한 피드백을 제공하는 방법을 알고 있다.
	PCK3	Q38	특정 수학 내용을 가르칠 때, 학생들의 흥미와 동기를 유발하기 위해 적절한 소재를 선정하는 방법을 알고 있다.
	PCK4	Q32	특정 수학 내용에 따라 학생들이 자주 범하는 오류 또는 오개념을 파악하여 학습에 도움을 줄 수 있는 교수학습 방법을 알고 있다.
	PCK5	Q45	수학 내용에 따라서 그 내용을 효과적으로 가르칠 수 있는 수업자료를 구안할 수 있다.
	PCK6	Q42	여러 가지 수학적 표상(수학 용어, 표, 그래프 등)에 대한 교수학적 장단점을 알고 있다.
	PCK7	Q37	특정 수학 내용을 가르칠 때, 학생들의 인지 수준 및 사전 지식에 따라 어떻게 지도해야 하는지를 알고 있다.
	PCK8	Q44	학생들의 수학에 대한 서로 다른 이해수준에 따라 평가하는 방법을 알고 있다.
	PCK9	Q30	수학교육과정에 진출된 학습 목표를 구체적인 학습 활동과 연계시킬 수 있다.
TCK	TCK1	Q49	수학적 내용을 추측하고 정당화하는 데 테크놀로지를 활용하는 방법을 알고 있다.
	TCK2	Q48	문제해결에서 테크놀로지를 활용하는 방법(예: 문제해결 과정의 반성 단계에 활용, 규칙성 찾거나 표 만들기 와 같은 문제해결 전략에 활용 등)을 알고 있다.
	TCK3	Q50	수학적 의사소통 과정에서 테크놀로지를 활용하는 방법을 알고 있다.
	TCK4	Q47	수학 개념 및 원리를 이해하는데 테크놀로지를 활용하는 방법을 알고 있다.
	TCK5	Q51	다양한 표상(표, 식, 그래프 등)을 표현하고, 각 수학 내용에 맞게 표상을 선택, 적용, 변환하는데 테크놀로 지를 활용하는 방법을 알고 있다.
	TCK6	Q52	수학의 가치(심미성, 실용성 등)를 경험하는데 테크놀로지를 활용하는 방법을 알고 있다.

TPK	TPK1	Q59	교수법을 향상시키기 위해서 테크놀로지를 활용하는 방법에 대해 알고 있다.
	TPK2	Q58	내가 잘 알고 있는 테크놀로지와 다양한 교수학습 활동을 어떻게 연결할 수 있는지를 알고 있다.
	TPK3	Q56	테크놀로지에 기반 한 수업 자료에 대해 알고 있다.
	TPK4	Q57	테크놀로지를 활용할 수 있는 다양한 교수학습방법에 대해 알고 있다.
	TPK5	Q60	7 일반적인 학생들의 학습에 도움을 주기 위해 테크놀로지를 활용하는 방법을 알고 있다.
	TPK6	Q62	테크놀로지를 활용할 수 있는 학습을 조직하고 관리하는 방법(예: 교실 내에서 테크놀로지 활용을 위해 확인해야 하는 항목 파악, 테크놀로지 보관 및 관리 방법, 테크놀로지를 활용한 수업을 위해 자리 배치 및 학생 역할 부여 방법 등)을 알고 있다.
	TPK7	Q63	테크놀로지를 활용한 다양한 평가 방법에 대해 알고 있다.
TPACK	TPACK1	Q74	테크놀로지를 활용한 수학 수업에서 테크놀로지를 통해 학생들과 수학 내용을 어떻게 의사소통해야 하는지를 알고 있다.
	TPACK2	Q79	수학 수업과 관련하여 평가의 질을 향상시키는 데(예: 특정 수학 내용을 정확하게 평가하기 위해, 문항 출제 후 오류 확인을 위해, 학생들의 답안에 대한 즉각적인 피드백 제공을 위해, 평가 방법의 변화를 위해 등) 테크놀로지를 효과적으로 활용할 수 있다.
	TPACK3	Q72	수학 수업에서 학생들이 새롭고 의미 있는 아이디어를 산출하여, 수학 내적·외적 상황과 연결(예: 새로운 해결 방법 찾기, 새로운 관점에서 문제 제기)하도록 돕기 위해, 테크놀로지를 효과적으로 통합하여 지도할 수 있다.
	TPACK4	Q70	수학 수업에서 학생들의 수학 내적 연결성에 대한 다면적 이해(예: 수학 개념들 사이의 연결성 이해, 수학 개념 구조의 이해, 개념적 지식과 절차적 지식의 연결성 이해, 대수와 기하 영역의 비교와 같이 내용 영역간의 이해 등)를 촉진하기 위해, 테크놀로지를 효과적으로 통합하여 지도할 수 있다.
	TPACK5	Q67	수학 내용에 대한 학생들의 인지 수준 및 사전 지식에 따라 테크놀로지를 효과적으로 통합하여 지도할 수 있다.
	TPACK6	Q75	학생들의 수학 학습에 대한 흥미와 동기 유발을 위해 테크놀로지를 적절하게 통합하여 지도할 수 있다.
	TPACK7	Q73	테크놀로지를 효과적으로 통합하여 학생들이 수학 내용을 추측하고 정당화 하는 과정에서 겪고 있는 어려움을 지도할 수 있다.
	TPACK8	Q71	16 수학 수업에서 학생들의 수학 외적 연결성에 대한 다면적 이해(예: 수학과 다른 분야의 관련성 이해, 실생활과의 연결성 측면에 대한 이해 등)를 촉진하기 위해, 테크놀로지를 효과적으로 통합하여 지도할 수 있다.
	TPACK9	Q76	수학 교수법과 테크놀로지를 통합하는 과정에서 학습을 조직하고 관리하는 방법(예: GeoGebra를 이용하여 반힐레의 기하교수법을 적용할 때, 개별 탐구를 진행할지, 사교 수준 및 컴퓨터 활용 수준을 고려하여 그룹 탐구를 할 것인지에 따라 학습 조직과 테크놀로지의 수량 등을 조절하는 경우 등)을 알고 있다.
	TPACK10	Q66	수학 내용에 따라 테크놀로지를 의미 있게 활용할 수 있도록 수업자료를 구안할 수 있다.
	TPACK11	Q68	수학 수업에서 학생들이 어려워하는 문제를 해결하도록 돕기 위해 테크놀로지를 효과적으로 통합하여 지도할 수 있다.
	TPACK12	Q77	수학 수업에 테크놀로지를 사용하면서 나타날 수 있는 수업환경의 변화(예: 수업분위기, 학생 태도, 기자재 활용 여부 등)에 잘 대처할 수 있다.
	TPACK13	Q78	동료 수학교사가 테크놀로지와 관련된 수업을 조직화할 수 있도록 도와줄 수 있다.
	TPACK14	Q69	수학 수업에서 학생들의 다양한 표상(표, 식, 그래프 등)에 대한 다면적 이해(예: 각 표상에 대한 시각적 이해, 표상간의 관계적 이해 등)를 촉진하기 위해, 테크놀로지를 효과적으로 통합하여 지도할 수 있다.
	TPACK15	Q64	수학 교육과정에 포함된 테크놀로지 관련 내용을 실제 수업에 어떻게 통합해야 하는지를 알고 있다.
	TPACK16	Q65	수학 내용에 따라 그 내용에 대한 학생들의 이해력을 향상시키기 위해 교수법과 테크놀로지를 효과적으로 통합할 수 있다.

3. [본 연구2] 확인적 요인분석

탐색적 요인분석 결과로 얻어진 측정 도구를 일반화할 수 있는지 검증하기 위하여, 탐색적 요인분석에서 분석했던 자료와는 다른 새로운 254부의 자료를 추가로 수집한 후, AMOS 22.0을 사용하여 확인적 요인분석을 실시하였다.

그 결과, [표 8]과 같이 수학교과의 TPACK인 CK, PK, TK, PCK, TCK, TPK, TPACK을 구성하는 각 문항들의 표준화 계수(standardized estimates)는 모두 99% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 각 하위 요인별로 표준화 계수가 .7에 가깝거나 .7을 상회하였다. 즉, 각 하위 요인을 구성하는 문항들은 그 요인을 측정하는 문항으로 채택하기에 적절하고, 그에 대한 설명력 또한 매우 높은 편이라고 판단할 수 있었다.

[표 8] 확인적 요인분석 결과표

[Table 8] Confirmatory factor analysis results

	경로	비표준화 계수	표준화 계수	C.R	P	표준화 계수
CK	→ Q5 CK1	.90	.08	10.94	***	.70
	→ Q6 CK2	.84	.08	10.82	***	.69
	→ Q4 CK3	.95	.08	11.78	***	.75
	→ Q7 CK4	1.05	.09	12.00	***	.76
	→ Q1 CK5	1.09	.09	12.46	***	.79
	→ Q3 CK6	1.01	.08	12.25	***	.78
	→ Q2 CK7	1.12	.09	12.39	***	.79
	→ Q11 CK8	1.04	.10	10.45	***	.67
	→ Q12 CK9	1.05	.07	14.85	***	.74
	→ Q10 CK10	1.00				.74
PK	→ Q18 PK1	1.00				.73
	→ Q19 PK2	.98	.09	11.15	***	.73
	→ Q20 PK3	.96	.08	11.48	***	.75
	→ Q21 PK4	.98	.09	11.22	***	.73
	→ Q16 PK5	1.04	.09	11.47	***	.75
	→ Q23 PK6	.87	.09	10.07	***	.66
	→ Q17 PK7	1.12	.10	11.50	***	.75
TK	→ Q27 TK1	.95	.08	12.59	***	.78
	→ Q26 TK2	.94	.07	12.90	***	.80
	→ Q25 TK3	1.02	.07	14.54	***	.90
	→ Q28 TK4	.99	.08	12.97	***	.81
	→ Q24 TK5	.88	.07	13.09	***	.72
	→ Q29 TK6	1.00				.74
PCK	→ Q41 PCK1	1.00				.76

TCK	→ Q39 PCK2	.97	.09	11.24	***	.70
	→ Q38 PCK3	.97	.08	12.35	***	.76
	→ Q32 PCK4	.98	.08	11.82	***	.73
	→ Q45 PCK5	.96	.08	12.09	***	.75
	→ Q42 PCK6	.88	.08	10.55	***	.66
	→ Q37 PCK7	.96	.09	10.31	***	.65
	→ Q44 PCK8	1.01	.09	11.04	***	.69
	→ Q36 PCK9	.98	.09	11.41	***	.71
	→ Q49 TCK1	1.00				.84
TPK	→ Q48 TCK2	.98	.05	18.10	***	.87
	→ Q50 TCK3	.96	.06	17.28	***	.85
	→ Q47 TCK4	1.07	.06	19.43	***	.90
	→ Q51 TCK5	1.07	.06	19.08	***	.89
	→ Q52 TCK6	1.06	.06	17.75	***	.86
	→ Q59 TPK1	1.00				.89
TPACK	→ Q58 TPK2	.98	.04	23.05	***	.92
	→ Q56 TPK3	1.00	.05	22.18	***	.90
	→ Q57 TPK4	1.00	.04	22.66	***	.91
	→ Q60 TPK5	.96	.05	21.05	***	.88
	→ Q62 TPK6	.81	.05	15.16	***	.75
	→ Q63 TPK7	.87	.06	14.86	***	.74
	→ Q74 TPACK1	1.000				.84
→ Q79 TPACK2	1.04	.05	20.29	***	.84	
→ Q72 TPACK3	1.13	.06	19.13	***	.89	
→ Q70 TPACK4	1.07	.06	18.31	***	.87	
→ Q67 TPACK5	1.04	.06	17.21	***	.84	
→ Q75 TPACK6	1.11	.06	17.55	***	.85	
→ Q73 TPACK7	1.11	.06	18.25	***	.86	
→ Q71 TPACK8	1.12	.06	18.40	***	.87	
→ Q76 TPACK9	1.11	.06	18.21	***	.86	
→ Q66 TPACK10	1.08	.06	18.52	***	.87	
→ Q68 TPACK11	1.15	.06	18.47	***	.87	
→ Q77 TPACK12	1.20	.06	19.81	***	.90	
→ Q78 TPACK13	1.04	.06	16.67	***	.82	
→ Q69 TPACK14	1.05	.07	15.99	***	.80	
→ Q64 TPACK15	1.08	.07	14.57	***	.75	
→ Q65 TPACK16	1.05	.06	16.39	***	.81	

**P<.001, *P<.01, *P<.05

4. 연구 모형 결과

확인적 요인분석의 다음 단계로서 구조방정식 모형을 통해 수학교사의 CK, PK, TK, PCK, TCK, TPK, TPACK 요인 간의 구조적 관계를 분석하였다.

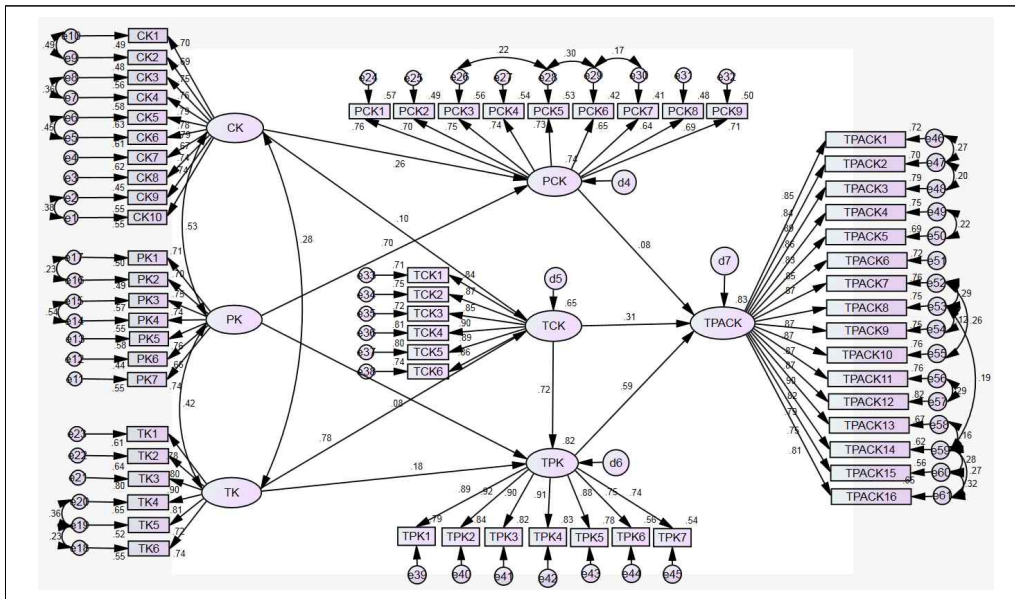
1) 적합도와 경로계수 검증

먼저 초기 모형의 적합도 지수를 분석한 결과, 적합도 지수가 전반적으로 조금씩 낮았기 때문에 (IFI=.87, TLI=.87, CFI=.87, CMIN/DF=2.08, RMSEA=.07), 수정지수(Modification Index : MI.)가 큰 오차변인들을 공분산 관계로 연결하는 방법을 통해 [그림 3]과 같이 수정 모형을 개발하였다.

구조방정식 모형에서 적합도를 올리기 위해서는 경로를 추가하거나 제거하는 방법을 사용하는데, 경로를 제거하는 방법은 적합도가 좋아지긴 하지만 경로를 추가하는 방법에 비해 상대적으로 변화량이 높지 않다(우중필, 2012). 따라서 본 연구에서도 모형 내에 존재하는 경로들 중에서, TPACK의 각 하위 요인 내에서 수정지수가 큰 값들끼리 공분산 관계를 설정하였다. 수학교사의 TPACK은 각 하위 요인 내에서 세부 요인끼리 자기 상관이 있다고 볼 수 있으므로, 이러한 관계 설정은 무리가 없을 것으로 판단하였다.

그 결과, 수정 모형의 적합도는 을 제외한 모든 적

그런데 구조방정식 모형의 적합도 분석 방법 중에서, χ^2 검정은 실제 모형이 매우 복잡하여 모수가 많은 경우, 데이터가 다변량 정규분포를 따르지 않는 경우, 표본 수가 굉장히 많은 경우에는 평가지표로 적절하지 않을 수 있다(허준, 2013). 따라서 이 값에 전적으로 의존하기보다 다른 적합도 지수를 함께 고려해서 적합도를 평가해야 한다(노형진, 2016; 배병렬, 2009; 허준, 2013). 본 연구의 수정 모형에 대한 적합도는 절대적합지수(CMIN/DF, RMSEA)와 증분적합지수(IFI, TLI, CFI)를 확인하였고, [표 9]와 같이 CMIN/DF, IFI, TLI, CFI 모두 적합한 수치로 수용 기준을 만족하였다. 다만, RMSEA는 .6인데, 수용 기준이 .5이하이면 매우 적합하지만 .8이하여도 적절한 것으로 볼 수 있으므로(노경섭, 2014; 배병렬, 2016; 허준, 2013), 수정 모형은 적합도가 모두 수용 기준을 만족한 적합한 모형이라고 판단할 수 있다.



[그림 3] 연구모형에 대한 구조방정식 결과(수정모형)

[Fig. 3] Structural equation modeling results (final model) with standardized estimates

합도가 양호하게 나타났다($\chi^2=3139.73$, DF=1733, P=.00, IFI=.91, TLI=.90, CFI=.91, CMIN/DF=2.559, RMSEA=.06).

[표 9] 모형 적합도 결과

[Table 9] The model fit values for base and final model

	DF	P	CMIN/DF	IFI	TLI	CFI	RMSEA
초기 모형	3655.25	1756	.00	2.08	.87	.87	.07
수정 모형	3139.73	1733	.00	1.81	.91	.91	.06
수용 기준		>.05	<2	≥.90	≥.90	≥.90	≤.05 적합 ≤.08 적절

그 다음으로 연구 모형의 경로계수 검정을 실시한 결과, 수학교사 TPACK의 각 요인에 대해서 [표 10]과 같이 유의한 경로계수가 존재했다.

[표 10] 수정모형에 대한 경로계수 결과

[Table 10] Path coefficient results

경로	표준화 계수	표준 오차	C.R.	P
CK → PCK	.31	.07	4.49	**
PK → PCK	.72	.08	8.63	***
CK → TCK	.16	.08	2.09	.04*
TK → TCK	.80	.07	11.01	***
PK → TPK	.31	.07	4.49	***
TK → TPK	.21	.07	2.94	.00**
TCK → TPK	.78	.08	10.27	***
PCK → TPACK	.11	.05	2.33	.02*
TCK → TPACK	.28	.08	3.51	***
TPK → TPACK	.53	.08	6.97	***

***P<.001, **P<.01, *P<.05

먼저 CK, PK, TK에서 서로의 교집합으로 이루어진 PCK, TCK, TPK로의 경로계수는 유의수준 P<.001, P<.01, P<.05 중 하나에서 모두 유의했으며, PCK, TCK, TPK에서 세 지식의 교집합으로 이루어진 TPACK로의 경로계수도 유의수준 P<.001 또는 P<.05에서 모두 유의한 것으로 나타났다. 특히, PCK, TCK, TPK 세 요인끼리의 경로계수를 살펴보면, TCK에서 TPK로의 경로계

수가 표준화계수=.78로 유의수준 P<.001에서 유의했으며 매우 높은 수치를 보였다.

가장 초기의 연구 모형은 TPACK의 모든 하위 요인 들끼리 경로를 설정하였는데, 이때, CK, PK에서 TPACK로 가는 경로는 음의 계수가 나타났으며, TK에서 TPACK로의 경로는 양의 계수가 나타났지만 유의하지 않았다. 따라서 CK, PK TK는 TPACK에 직접적인 영향을 미치지 않지만 간접적인 영향력은 없는지 추가적으로 살펴보기 위해, 각 요인에 대한 직접효과, 간접효과, 총 효과에 대한 검정을 실시하였다.

2) 직접효과, 간접효과, 총 효과 검정

본 연구의 수정 모형에서 잠재변수인 CK, PK, TK, PCK, TCK, TPK, TPACK 사이의 직접효과, 간접효과, 총 효과는 [표 11]과 같았다.

[표 11] 직접효과, 간접효과, 총효과 결과

[Table 11] Results for direct and indirect effects and total effects

경로	직접효과	간접효과	총 효과
CK → PCK	.26***	.00	.26***
CK → TCK	.10***	.00	.10***
CK → TPACK	.00	.09*	.09*
PK → PCK	.69***	.00	.69***
PK → TPK	.08***	.00	.08***
PK → TPACK	.00	.10*	.10*
TK → TCK	.78***	.00	.78***
TK → TPK	.74***	.00	.74***
TK → TPACK	.00	.68***	.68***
TCK → TPK	.72***	.00	.72***
PCK → TPACK	.08***	.00	.08***
TCK → TPACK	.29***	.44***	.73***
TPK → TPACK	.61***	.00	.61***

***P<.001, **P<.01, *P<.05

우선 CK가 PCK, TCK에 미치는 직접효과 값은 각각 .26(P<.001), .10(P<.001), PK가 PCK, TPK에 미치는 직접효과 값은 각각 .69(P<.001), .08(P<.001), TK가 TCK, TPK에 미치는 직접효과 값은 각각 .78(P<.001), .74(P<.001)로 모두 유의미한 것으로 나타났다. 이때,

CK, PK, TK 모두 TPACK에 미치는 직접효과는 없었지만, 간접효과 값이 각각 .09($P < .05$), .10($P < .05$), .68($P < .001$)로, 이 값도 부트스트랩(Bootstrap) 방법을 통해 유의미한 것으로 나타났다. 즉, CK, PK, TK는 PCK, TCK, TPK가 매개 역할을 하여 TPACK에 간접적으로 영향을 미친다는 것을 알 수 있었고, 특히 TK가 TPACK에 미치는 간접 영향력이 매우 크다는 것을 알 수 있었다.

또한 PCK, TCK, TPK가 TPACK에 미치는 직접효과 값은 각각 .08($P < .001$), .29($P < .001$), .61($P < .001$)로, 직접적인 영향력이 존재했다. 특히, TCK는 TPK를 경유하여 TPACK에 미치는 간접효과 값이 .44로, 이 값은 부트스트랩(Bootstrap) 방법에 따라 유의미한 것으로 나타났다($P < .001$). 따라서 TCK는 TPACK에 직접 영향을 미치기도 하지만, TPK를 매개로 TPACK에 간접 영향을 미치기도 한다는 것을 확인할 수 있었다.

V. 결론 및 제언

수학교사의 TPACK 측정 도구를 개발하고 이를 검증한 본 연구의 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

첫째, 본 연구에서 수학교사의 TPACK 측정 도구는 통계적으로 유의미한 분석 과정을 통해 타당도와 신뢰도를 확보하였다. 즉, 본 측정 도구는 개발 절차에 따라 내용타당도, 기초통계 조사, 신뢰도 검증, 탐색적 요인분석, 확인적 요인분석, 구조방정식 모형 검증을 순차적으로 실시하였다. 최종적으로 수정된 측정 도구는 수학교사 TPACK의 각 요인들을 측정하는데 적합하며, 구조방정식 모형은 수학교사들의 TPACK에 대한 구조적인 관계를 분석할 수 있는 적합한 모형이라고 볼 수 있다. 기존의 선행연구들(강순자, 장미라, 2016; 박기철, 강성주, 2014; 소연희, 2014)은 과목 구분 없이 초·중등교사 모두, 현직 교사가 아닌 예비 수학교사, 중학교 수학교사를 대상으로 연구를 진행하였다. 이와 달리, 본 연구는 현직의 중·고등학교 수학교사를 대상으로 TPACK 측정 도구를 개발하였고, 일반교사들과는 다른 형태로 나타날 수 있는 수학교사들의 TPACK 요인들 간의 구조적 관계에 대한 구체적인 결과를 얻었다는 측면에서 의미가

있을 수 있다. 따라서 현직 수학교사가 테크놀로지를 수업에 활용하기를 원하지만 자신에게 어떤 지식이 부족한지 모를 경우, 본 연구의 측정 도구는 자신의 현 상태를 파악하고 필요한 지식을 습득할 수 있는 기회를 제공하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구를 통해 현직 수학교사의 TPACK 요인들 간의 관계를 살펴봄으로써, 통합된 지식의 중요성을 확인할 수 있었다. 즉, 본 연구에서 내용 지식(CK), 교수학적 지식(PK), 테크놀로지 지식(TK)은 TPACK에 간접적인 영향을 미치지만, 교수학적 내용 지식(PCK), 테크놀로지 내용 지식(TCK), 테크놀로지 교수 지식(TPK)은 직접적인 영향을 미쳤다. 이는 CK, PK, TK를 단독으로 알고 있는 것보다 이 지식들을 통합한 지식(PCK, TCK, TPK)이 TPACK 형성에 매우 중요한 역할을 하고 있다는 것을 의미한다. 즉, 테크놀로지와 관련된 교사의 전문적 지식을 향상시키기 위해서는 단순하게 테크놀로지의 기능에 대해서 아는 것보다 내용 지식이나 교수학적 지식과의 통합 측면에서 접근할 필요가 있음을 시사한다. 따라서 향후 현직 수학교사들의 TPACK 증진을 위한 교사 연수나 전문성 개발 프로그램을 설계할 때, 테크놀로지의 단편적인 지식 전달보다 테크놀로지를 활용한 수학 개념 접근의 다양성·효율성·정확성 등에 대한 실제적 논의, 테크놀로지를 활용한 교수·학습 상황의 긍정적인 변화에 대한 구체적 논의 등과 같이 수학 내용과 교수법을 통합한 지식을 강조할 필요가 있다.

셋째, 본 연구는 수학교사의 TPACK에 대한 구조방정식 모형 검증을 통해, 테크놀로지 내용 지식(TCK)의 중요성을 확인할 수 있었다. 즉, 수학교사 TPACK의 구조적인 관계에서는 교수학적 내용 지식(PCK)보다 테크놀로지 내용 지식(TCK)과 테크놀로지 교수 지식(TPK)이 TPACK에 더 많은 영향을 미쳤으며, 그 중에서도 TCK는 TPACK에 직접적인 영향뿐만 아니라, TPK를 통해 간접적인 영향도 미치고 있었다. 이는 수학교사가 테크놀로지를 교수·학습 상황에 효과적으로 활용하고자 할 때, 테크놀로지를 활용하기 위한 수학 내용 파악이 다른 무엇보다 우선시 되어야 한다는 것을 의미한다. 즉, 수학교사들이 수학 내용 영역에 적합한 테크놀로지를 선택하고, 해당 테크놀로지가 구체적으로 어떤 수학 내용과 의미 있게 연결될 수 있을지를 심도 있게 고민하는

과정이 중요할 수 있다. 이는 수학교사들이 테크놀로지 내용 지식(TCK)에 대한 중요성을 인지함과 동시에, 테크놀로지와 관련된 수학 내용을 교사 스스로 깊이 이해하는 기회로 삼을 수 있을 것이다.

이러한 결론을 바탕으로, 다음과 같이 수학교사들의 TPACK에 대한 후속 연구와 TPACK 증진을 위한 교육적 활용 방안에 대한 제언을 할 수 있다.

첫째, 본 연구에서 개발한 수학교사의 TPACK 측정 도구는 이론적 측면뿐만 아니라 실제적인 측면에서 발전되어야 할 것이다. 본 측정 도구는 수학교사의 테크놀로지 활용과 관련된 교사 지식을 다루고 있기 때문에, 실행 측면의 물음만이 가능한 일부 문항을 제외하고는 대부분의 문항이 지식 측면에 초점이 맞춰져 있다. 또한 이 측정 도구는 교사들이 자신의 지식을 자가 평가하도록 구성되어 있으므로, TPACK 점수가 높은 교사라고 해서 반드시 수업 실행도 우수하다고 판단내리기는 어렵다. 즉, TPACK이 높은 교사들의 실제 수업 모습은 어떠한지, 교사 지식 측면만으로 밝히지 못한 교사 실행 측면의 TPACK 요인들은 없는지 등에 대한 추가적인 분석이 필요할 수 있다. 따라서 본 연구를 시작으로 이 두 측면을 모두 반영한 TPACK 측정 도구로 점차 발전하여, 수학교사의 TPACK을 파악하는데 보다 현실적인 도움을 줄 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서 연구 모형 설정 시 유의미한 경로로 확인되지 않았던 요인들 간의 관계를 살펴보고, 그 원인을 규명하는 추가적인 연구가 필요해 보인다. 본 연구에서 내용 지식(CK), 교수학적 지식(PK), 테크놀로지 지식(TK)이 TPACK에 직접적인 영향을 미치는지 확인하는 과정에서, 심지어 CK와 PK는 TPACK과 음의 상관관계가 있었다. 또한 PCK는 TCK나 TPK보다 TPACK에 대한 영향력이 미미했다. 이는 분석 과정에서 만났던 대부분의 현직 수학교사들은 수학 수업에서 테크놀로지의 효과성에 대해서는 긍정적으로 인식하고 있었지만, 교수 경험이 많거나 테크놀로지 없이 다양한 교수·학습 방법을 많이 시도해본 교사들의 경우, 즉, 오히려 CK, PK와 관련된 PCK가 높은 교사일수록 테크놀로지를 활용하지 않더라도 효과적인 수업이 가능하다고 인식하는 경향이 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서 추가적인 연구를 통해 이러한 관계성을 명확히 밝히고, 그 원인에

대한 분석이 병행되어야 할 것이다. 이는 향후 수학 수업에서 교육 정책에 따라 테크놀로지의 활용을 권장할 때, PCK가 높은 교사들에게는 어떤 측면의 교사 연수나 교육적 지침이 실제적으로 도움을 줄 수 있을지에 대한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

셋째, 실제 수업에서 테크놀로지를 많이 활용하고 있는 수학교사를 대상으로 TPACK의 특징을 살펴보고, 해당 교사들의 수업을 상세하게 분석하거나 추가적인 인터뷰를 실시할 필요가 있다. 즉, 수업 실행 측면에서 TPACK이 비슷하게 높은 수학교사 간의 공통점과 차이점이 있는지, TPACK이 높은 수학교사가 동일한 테크놀로지를 배워서 수업에 활용한다고 해도 이를 수학 개념에 연결하는 방법이 다른지, TPACK이 높은 수학교사가 테크놀로지를 실제 수업에 적용하고자 할 때 수업을 어떻게 설계하고 이끌어 가는지, 또한 이러한 교사가 새로운 매개체인 테크놀로지를 수업에 활용하면서 학생들과 어떤 측면에서 상호작용하는지 등을 살펴보는 것은 매우 의미가 있을 수 있다. 이러한 분석 과정을 통해, 수학 수업에서 테크놀로지를 활용하기를 원하지만 어떻게 접근해야 할지 모르는 많은 수학교사들에게 유용한 지침이 될 수 있을 것이다. 또한 테크놀로지를 활용하는 교실 환경에서 수학교사의 TPACK에 따라 교사와 학생의 긍정적인 상호작용의 변화가 생기는지 깊이 파악함으로써, 교수·학습 측면을 통합적인 관점에서 바라보는 토대가 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 강순자, 장미라 (2016). 중학교 수학교사의 테크놀로지 통합 자기효능감에 관한 연구, 수학교육 55(4), 523-538.
- Kang, S. & Jang, M. (2016). On secondary mathematics teachers' technology integration self-efficacy, *The mathematical Education* 53(4), 523-538.
- 교육과학기술부 (2011). 수학과 교육과정. 교육과학기술부 고시, 제2011-361호.
- Ministry of Education, Science and Technology. (2007). *Mathematics curriculum*. Ministry of Education, Science and Technology Notice, No. 2011-361.
- 교육부 (1997). 수학과 교육과정. 교육부 고시, 제

- 1997-15호.
- Ministry of Education. (1997). *Mathematics curriculum*. Ministry of Education Notice, No. 1997-15.
- 교육부 (2015). 수학과 교육과정, 교육부 고시, 제2015-74호.
- Ministry of Education. (2015). *Mathematics curriculum*. Ministry of Education Notice, No. 2015-74.
- 교육인적자원부 (2007). 수학과 교육과정, 교육인적자원부 고시, 제2007-79호.
- Ministry of Education & Human Resources Development. (2007). *Mathematics curriculum*. Ministry of Education & Human Resources Development, Notice, No. 2007-79.
- 김남희 (2011). 예비 수학 교사 교육에서 공학적 도구의 교육적 활용, 수학교육학연구 21(4), 345-359.
- Kim, N. (2014). Educational Using A Technology In The Education Of Future Mathematics Teachers, *The journal of educational research in mathematics* 21(4), 345-359.
- 김부미 (2012). 우리나라의 ICT 환경 기반 수학 학습 현황 분석, 교과교육학연구 16(3), 657-687.
- Kim, B. (2012). Analysis of Mathematical Learning Based the ICT-environment, *Journal of Research in Curriculum & Instruction* 16(3), 657-687.
- 김석우 (2015). 사회과학 연구를 위한 SPSS AMOS 활용의 실제, 서울: 학지사.
- Kim, S. (2015). *Practical use of SPSS AMOS for social science research*, Seoul: Hakjisa.
- 김선희 (2012). 미래 수학 교실에 대한 전망과 교사들의 인식 조사, 교과교육학연구 16(1), 285-324.
- Kim, S. (2012). Teachers' Perspectives on the Future Mathematics Classroom, *Journal of Research in Curriculum & Instruction* 16(1), 285-324.
- 김영봉, 김경수, 강병재, 나향진, 박선미 (2008). 신교육학 개론, 서울: 서현사.
- Kim, Y., Kim, K., Kang, B., Na, H., & Park, S. (2008). *Introduction to New Education*. Seoul: Sohyunsa.
- 노경섭 (2014). 제대로 알고 쓰는 논문 통계분석 : SPSS & AMOS 21, 서울: 한빛아카데미.
- No, K. (2014). *Statistical analysis of papers that know and write properly : SPSS & AMOS 21*, Seoul: Hanbitacademy.
- 노형진 (2016). (SPSS 및 AMOS를 활용한) 구조방정식 모형분석, 서울: 지필미디어.
- No, H. (2016). *Structural equation modeling using SPSS & AMOS*, Seoul: Jiphimedia.
- 박기철, 강성주 (2014). 초·중등교사의 테크놀로지 교수 내용지식(TPACK)에 대한 인지경로 모형 개발, 교원교육 30(4), 349-375.
- Park, G. & Kang, S. (2014). The Development of Cognitive Path Model on Technological Pedagogical Content Knowledge(TPACK) among Elementary Secondary Teachers, *Korean Journal of Teacher Education* 30(4), 349-375.
- 박제한 (2013). 수업과 평가에서 공학적 도구 활용에 대한 교사들의 인식 조사. 석사학위논문, 순천대학교.
- Park, J. (2013). Survey on Teachers' Perception about Using Technology in Math Instruction and Assessment. master's thesis, Suncheon National University.
- 배병렬 (2016). Amos 24 구조방정식모델링, 서울: 청람.
- Bae, B. (2016). *Amos 24 Structural equation modeling*, Seoul: Chungnam.
- 배영민 (2010). 사회과 교사의 테크놀로지 통합 역량의 이해, 중등교육연구 58(2), 73-102.
- Bae, Y. (2010). Understanding of the Social Studies Teachers' Capacities for Technology Integration, *Secondary Education Studies* 58(2), 73-102.
- 봉미미, 송정근 (2004). ICT활용 수학교수에 대한 중학교 수학교사의 학생들의 인식 및 태도 조사. 교과교육학연구 8(2), 147-165.
- Bong, M. & Song, G. (2004). Korean Middle School Teachers' and Students' Perceptions and Attitudes Toward ICT Use in Mathematics Classroom, *Journal of Research in Curriculum & Instruction* 8(2), 147-165.
- 소연희 (2013). 초등교사들이 지각한 테크놀로지 내용교수학적 지식, 아시아교육연구 14(4), 125-147.
- So, Y. (2013). Analysis of the Structural Relations between TPACK(Technology, Pedagogy and Content Knowledge), Teaching Efficacy, and Perceived Teaching Professionalism in Primary School Teachers, *Asian Journal of Education* 14(4), 125-147.
- 신원석, 한인숙, 엄미리 (2012). 테크놀로지 내용교수지식(TPACK) 역량에 대한 예비교사의 인식 분석, 한국교육연구 28(4), 141-165.
- Shin, W., Han, I., & Eom, M. (2012). A Survey on the Differences of Pre-service Teachers' Perception of the

- Technology, Pedagogy, and Content Knowledge (TPACK), *The Journal of Korean Teacher Education* 28(4), 141-165.
- 신태섭 (2013). 예비 초등교사의 고정신념과 테크놀로지 내용교수지식(TPACK) 간의 관계 연구, *교육과학연구* 44(2), 21-45.
- Shin, T. (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.
- 엄미리 (2012). 대학 교원의 역량 분석을 통한 교수지원 프로그램 방향성 제고: 테크놀로지 내용교수지식(TPACK)을 중심으로, *교육의 이론과 실천* 17(3), 21-45.
- Eom, M. (2012). A Suggestion on Teaching Support Program through the Competencies analysis of University Faculties' Technology, Pedagogy, and Content Knowledge(TPACK), *Theory and Practice of Education* 17(3), 21-45.
- 우종필 (2012). 우종필 교수의 구조방정식모델 개념과 이해, 서울: 한나래출판사.
- Yu, Jong (2012). *Professor Woo Jong-Pil's concept and understanding of structural equation model*. Seoul: Hannarae.
- 이민희 (2011). 예비 중등수학교사의 테크놀로지 교수학적 내용지식(TPACK) 함양과정 분석 및 모델 구축, 박사학위논문, 이화여자대학교.
- Lee, M. (2011). *An analysis of the TPACK cultivation process and model building of middle school pre-service mathematics teachers*. Doctorate thesis, Ewha Womans University.
- 이종환 (2016). (SPSS를 이용한) 조사방법 및 통계분석의 이해와 적용, 고양: 공동체.
- Lee, J. (2016). *Understanding and application of survey method and statistical analysis (using SPSS)*, Goyang: Community.
- 이진원, 최정원, 이영준 (2016). 초등 교사의 테크놀로지 활용 정도와 TPACK(Technology, Pedagogy, and Content Knowledge)의 상관 분석, *한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집* 24(1), 181-182.
- Yi, J., Choi, J., & Lee, J. (2016). An analysis of correlation between elementary school teachers' utilization of technology and TPACK(Technology, Pedagogy, and Content Knowledge), *The Korea Society Computer & Information Academic Publications* 24(1), 181-182.
- 이형행 (2011). 교육학개론, 서울: 양서원.
- Lee, H. (2011). *Introduction to Education*, Seoul: Yangseowon.
- 임해미 (2009). 예비 수학교사의 테크놀로지 내용교수지식(TPACK) 신장을 위한 팀 프로젝트 효과 연구, *수학교육학연구* 19(4), 545-564.
- Rim, H. (2009). Study on the Effectiveness of Team Project to Improve TPACK of Preservice Mathematics Teachers, *The journal of educational research in mathematics* 19(4), 545-564.
- 정용주 (2013). 초중등 교사의 TPACK에 영향을 미치는 교사 요인에 관한 연구, 석사학위논문, 고려대학교.
- Jung, Y. (2013). *Exploring teacher factors which affect TRACK of in-service teachers*. master's thesis, Korea University.
- 정일환 (2003). 교육학기초, 서울: 동문사.
- Chung, I. (2003). *Pedagogical foundation*, Seoul: Dongmunsa.
- 조은애 (2008). 학교 수학 교육에서 공학적 도구의 활용 실태와 활성화 방안, 석사학위논문, 고려대학교.
- Cho, E. (2008). *Use of engineering tools in school mathematics education and its activation plan*. master's thesis, Korea University.
- 주영주 (2014). 온라인 한국어 교사 양성 프로그램에 대한 예비교사의 테크놀로지 내용교수지식 (TPACK)과 교사효능감 연구, *국어교육* 145, 379-404.
- Ju, Y. (2014). A Study on Pre-service Korean Teacher's TPACK and Teacher Efficacy in Online Korean Language Teacher Training Program., *Korean Language Education* 145, 379-404.
- 최승현 (2007). 교육과정 개정에 따른 수학과 내용 교수 지식(PCK) 연구, 한국교육과정평가원 연구보고 RRI 2007-3-2.
- Choe, S. (2007). *The Research on Pedagogical Content Knowledge in Mathematics Teaching*, Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Report RRI 2007-3-2.
- 최승현, 황혜정 (2008). 수학과 내용 교수 지식(PCK)의 의미 및 분석틀 개발에 관한 연구, *한국학교수학회논문집* 11(4), 569-593.
- Choe, S. & Whang, H. (2008). The Research on Pedagogical Content Knowledge in Mathematics Teaching, *Journal of the Korean School Mathematics* 11(4), 569-593.

- 최현중, 이태욱 (2015). TPACK 모형에 기반한 예비 교사의 테크놀로지 지식 교육 프로그램 적용과 분석, 한국컴퓨터정보학회논문지 20(2), 231-239.
- Choe, H. & Lee, T. (2015). Implementation and Analysis about Technology Knowledge Education Program for Pre-service Teacher based on the TPACK Model, *Journal of the Korea society of computer and information* 20(2), 231-239.
- 한국교육개발원 (2016). 한국교육개발원 <교육정책포럼>. [2016년 6월] 학교급별 교육정보화 인프라 현황.
- Korean Educational Development Institute. (2016). *Korean Educational Development Institute <Education Policy Forum>*. School Education Information Infrastructure Status [June 2016].
- 한국교육학술정보원 (2002). ICT 활용교육훈련 자료집, 한국교육학술정보원 TM 2002-4.
- Korea Education & Research Information Service. (2002). *Training materials for ICT use education*, Korea Education & Research Information Service TM 2002-4
- 허준 (2013). (허준의 쉽게 따라하는) Amos 구조방정식 모형 : 기초편, 서울: 한나레아카데미.
- Heo, J. (2013). (*Heo Jun's easy-to-follow*) *Amos structural equation model*. Seoul: Hannaraeacademy.
- Abbitt, J. T. (2011). Measuring technological pedagogical content knowledge in preservice teacher education: A review of current methods and instruments, *Journal of Research on Technology in Education* 43(4).
- Agyei, D. D., & Voogt, J. (2012). Developing technological pedagogical content knowledge in pre-service mathematics teachers through collaborative design, *Australasian Journal of Educational Technology* 28(4), 547-564.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2005). Preservice elementary teachers as information and communication technology designers: an instructional systems design model based on an expanded view of pedagogical content knowledge, *Journal of Computer Assisted Learning* 21(4), 292 - 302 .
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge(TPCK), *Computers & Education* 52(1), 154-168.
- 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.
- Ball, D. L., Thamas, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special?, *Journal of Teacher Education* 59(5), 389-407.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2010). Facilitating preservice teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK), *Educational Technology and Society* 13(4), 63-73.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge, *Education Technology and Society* 16(2), 31 - 51.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., Tsai, C. C., & Tan, L. L. W. (2011). Modeling Primary School Pre-Service Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge(TPACK) for Meaningful Learning with Information and Communication Technology(ICT), *Computers & Education* 57(1), 1184-1193.
- Cox, S., & Graham, C. R. (2009). Using an elaborated model of the TPACK framework to analyze and depict teacher knowledge, *TechTrends* 53(5), 60-69.
- Doering, A., Veletsianos, G., Scharber, C., & Miller, C. (2009). Using the Technological, Pedagogical, And Content Knowledge Framework to Design Online Learning Environments and Professional Development, *Journal of Educational Computing Research* 41(3), 319-346.
- Dunham, P. H., & Dick, T. (1994). Research on graphing calculators, *Mathematics Teacher* 87(6), 440-445.

- Jonassen, D. H. (1995) Supporting communities of learners with technology: A vision for integrating technology with learning in schools, *Educational Technology* 35(4), 60-63.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing TPACK. In AACTE Committee on Innovation and Technology (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators*, 3-29, NY: Routledge.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* 9(1), 60-70.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 101-111, NY: Springer.
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Tsai, C. C. (2013). Examining practicing teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) pathways: a structural equation modeling approach, *Instructional Science* 41, 793-809.
- Latham, G., & Carr, N. (2012). Authentic Learning for Pre-Service Teachers in a Technology-Rich Environment, *Journal of Learning Design* 5(1), 32-42.
- Lubin, I. A., & Ge, X. (2012). Investigating the influences of a LEAPS model on preservice teachers' problem solving, metacognition, and motivation in an educational technology course, *Educational Technology Research & Development* 60(2), 239-270.
- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge, *Teachers College Record* 108(6), 1017 - 1054.
- Mueller, J., Wood, E., Willoughby, T., Ross, C., & Specht, J. (2008). Identifying discriminating variables between teachers who fully integrate computers and teachers with limited integration, *Computers & Education* 51(4), 1523-1537.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2007). 학교수학을 위한 원리와 기준 (류희찬, 조완영, 이경화, 나귀수, 김남균, 방정숙 역), 서울: 경문사. (원저 2000년 출판)
- Niess, M. L. (2006). Guest Editorial: Preparing Teachers to Teach Mathematics With Technology, *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* 6(2), 195-203.
- Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge Growth in Teaching with Technology, *Journal of Educational Computing Research* 44(3), 299-317.
- Olofson, M. W., Swallow, M. J. C., & Neumann, M. D. (2016). TPACKing: A constructivist framing of TPACK to analyze teachers' construction of knowledge, *Computers and Education* 95, 188 - 201.
- Ozgun-Koca, S. A., Meagher, M., & Edwards, M. T. (2009). Preservice Teachers' Emerging TPACK in a Technology-Rich Methods Class, *Mathematics Educator* 19(2), 10-20.
- Pierce, R., & Ball, L. (2009). Perceptions that May Affect Teachers' Intention to Use Technology in Secondary Mathematics Classes, *Educational Studies in Mathematics* 71(3), 299-317.
- Sahin, I. (2011). Development of Survey of Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK), *The Turkish Online Journal of Educational Technology* 10(1), 97-103.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers, *Journal of Research on Technology in Education* 42(2), 123-149.
- Shulman, L. (1986). Those who understand:

- Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher* 15(2), 4-14.
- Tatto, M. T., Schwille, J., Senk, S., Ingvarson, L., Peck, R., & Rowley, G. (2008). *Teacher Education and Development Study in Mathematics (TEDS-M): Conceptual framework*. East Lansing, MI: Teacher Education and Development International Study Center, College of Education, Michigan State University.
- Thompson, A., & Mishra, P. (2007). Breaking news: TPACK becomes TPACK!, *Journal of Computing in Teacher Education* 24(2), 38-64.
- Voogt, J., Fisser, P., Roblin, N. P., Tondeur, J., & van Braak, J. (2012). Technological pedagogical content knowledge - a review of the literature, *Journal of Computer Assisted Learning* 29(2), 109-201.
- Wachira, P., & Keengwe, J. (2011). Technology integration barriers: Urban school mathematics teacher perspectives, *Journal of science education and technology* 20, 17-25.
- Yeh, Y. F., Hsu, Y. S., Wu, H. K., Hwang, F. K., & Lin, T. C. (2014). Developing and validating technological pedagogical content knowledge -practical (TPACK-practical) through the Delphi survey technique, *British Journal of Educational Technology* 45(4), 707 - 722.

Development and Validation of TPACK Measurement Tool for Mathematics Teachers

Lee, Da-Hee

Graduate School of Korea University

E-mail : dahui0311@hanmail.net

Wang, Woo-Hyung[†]

Department of Mathematics Education, Korea University

E-mail : wwang@korea.ac.kr

The purpose of this study is to develop and verify the TPACK measurement tool for middle and high school mathematics teachers in the Korean context. Also, by clarifying the relationship between subordinate factors of Mathematics teachers' TPACK, an attempt was made to provide suggestions on the designs and directions for the in-service and pre-service teacher education and the programs for improving mathematics teachers' TPACK in the future. In order to achieve this goal, TPACK factors of mathematics teachers were extracted by reviewing literature on PCK, MKT, and TPACK. Then, content validity, basic statistical survey, reliability verification, exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, and structural equation model verification were conducted sequentially.

At first, preliminary analysis was carried out on 79 mathematics teachers, and 76 items excluding the items with extreme value and reliability were included in the basic statistical analysis. And secondly, an exploratory factor analysis was conducted on 376 mathematics teachers, and this instrument consisted of 7 subordinate factors(CK, PK, TK, PCK, TCK, TPK, TPACK) and 61 items. Also by conducting confirmatory factor analysis and structural equation model test with 254 mathematics teachers, the measurement tool was confirmed the validity and reliability through statistically significant analysis. Then, the importance of integrated knowledge was confirmed by looking at the relationship between the TPACK factors of in-service mathematics teachers. The integrated knowledge(PCK, TCK, TPK) has played a crucial role in the formation of TPACK rather than the knowledge of CK, PK, and TK alone. Finally, the validity of TCK was confirmed through the structural equation modeling of TPACK. TCK not only directly affected TPACK, but also indirectly through TPK.

According to these affirmative results, this measurement tool is claimed to be suitable for measuring the factors of Mathematics teachers' TPACK, and also the structural equation model can be regarded as a suitable model for analyzing the structural relationship of mathematics teachers' TPACK.

* ZDM classification : C83

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97C40

* Key Words : technology, pedagogy and content knowledge(TPACK), exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, structural equation modeling

†Corresponding Author