

예비교사의 TPACK 역량 측정 설문과 수행평가 결과의 차이

최경식¹, 백성혜^{2*}

¹세종과학예술영재학교, ²한국교원대학교

The difference of measurement results between the questionnaire and performance assessment of Pre-service teacher's TPACK competency

Kyeongsik Choi¹, Seoung-Hey Paik^{2*}

¹Sejong Academy of Science and Arts, ²Korea National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 April 2020

Received in revised form

23 June 2020

2 July 2020

15 July 2020

Accepted 16 July 2020

Keywords:

Pre-service teacher, TPACK, competency measurement, questionnaire, performance assessment

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the results of the developed questionnaire and performance assessment for measuring TPACK competency of pre-service teachers. For this purpose, we developed the TPACK questionnaire for pre-service teachers. Then, through the performance assessment task and interview data related to the 'change of the moon and the celestial bodies', the TPACK competency of the pre-service teachers was analyzed and compared with the questionnaire results. The results of the questionnaire showed that PCK and TPK of the pre-service teachers were high, and the TCK and TPACK were relatively low. However, as a result of analyzing the performance assessment of pre-service teachers who showed low TPK in the questionnaire, it was found that the TPK was high. Conversely, as a result of analyzing the performance assessment of pre-service teachers who showed high TPK in the questionnaire, it was found that the TPK was low. In addition, as a result of analyzing the performance assessment of pre-service teachers who showed low TCK in the questionnaire, it was found that the TCK was very high. Conversely, as a result of analyzing the performance assessment of pre-service teachers who showed high TCK in the questionnaire, the actual TCK competency was found to be low. Although TPACK was high in the questionnaire, TPACK was found to be low through actual results of performance assessment. Through these results, it was confirmed that TPACK measurement tools measure self-efficacy rather than actual capability.

1. 서론

최근 교육 현장에서 테크놀로지를 활용한 교육이 급속도로 발달하고 있다. 그러나 아직까지 테크놀로지를 교육 현장에 도입하는 것이 반드시 교육적으로 의미 있는 것인지에 대한 논란이 지속되고 있다(So & Kim, 2009; Willermark, 2018). 이는 교육에 테크놀로지를 도입하여 교육적 효과를 기대하기 위해서는 테크놀로지를 활용하는 교사의 수업전문성(Technological Pedagogical Content Knowledge, 이하 TPACK)에 대한 역량의 발달이 선행되어야 하기 때문이다(Carr et al., 1998; Koehler & Mishra, 2005; Koehler, Shin, & Mishra, 2012). 즉, 교육 현장에 테크놀로지를 도입하였는데 대한 논의보다 교사에 의해 테크놀로지가 어떠한 교육적 문맥에서 활용되었는가 하는 것이 더 중요하다(Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010; Koehler & Mishra, 2005).

많은 연구자들은 테크놀로지를 활용한 교수법이 교사 중심이나 지식 중심의 수업에서 벗어나 학습자 중심의 수업으로 변화시키는데 중요한 역할을 한다고 주장하였다. 예를 들어, Osborne와 Hennessy(2003)는 과학수업에서 테크놀로지를 사용하는 것은 학생들의 반성적 사고능력, 데이터 취급 및 수집 능력 뿐 아니라 동기부여와 참여를

이끄는 데 도움을 준다고 하였다. 따라서 과학 수업에 테크놀로지가 많이 활용하는 것은 매우 중요하다(Linn, Davis, & Bell, 2004).

과학 수업에서 디지털 미디어의 시청, 컴퓨터를 기반으로 한 과학 실험, 컴퓨터 프로그래밍을 통한 모델링, 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 관찰 등 다양한 활용이 이뤄지고 있는데(Higgins & Spitulnik, 2008; Kim, Hannafin, & Bryan, 2007; Lee et al., 2010; Mistler-Jackson & Songer, 2000; Varma, Husic, & Linn, 2008), 이러한 테크놀로지들이 과학 수업에 사용되기 시작한 것은 새로운 과학 탐구의 형태를 지원해 줄 잠재적인 학습 도구가 될 것이라는 기대 때문이다(Daniel, Douglas, & Roy, 1999). 그동안 테크놀로지 활용 기술은 정보에 접근하고, 모델을 이해하고, 과학적 문제를 해결하는 과정을 통해 탐구의 잠재적인 학습이 일어나도록 하여(Linn, Davis, & Bell, 2004; Pedersen & Yerrick, 2000; Songer, Lee, & Kam, 2002) 과학 탐구 수업을 지원하는데 유용한 도구가 되고 있음이 많은 연구들을 통해서 밝혀지고 있다(Bell & Trundle, 2008; Kim, Hannafin, & Bryan, 2007; Mistler-Jackson & Songer, 2000; Schnittka & Bell, 2009). 이 중에서도 컴퓨터 프로그래밍 체험 과학수업은 오늘날 점점 각광받고 있는 수업의 한 형태이다. 이는 코딩 교육이 초등학교부터 이루어지면서 학습자 중심 수업을 위해 더욱 중요성이 높아지고 있다.

* 교신저자 : 백성혜 (shpaik@knue.ac.kr)

** 이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019S1A5C2A04081191)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2020.40.4.437>

Koehler와 Mishra(2005)이 제안한 TPACK 프레임워크는, 교육 현장에 테크놀로지를 도입하여 효과적인 교육을 수행하기 위하여 Shulman(1986, 1987)이 제안한 PCK(Pedagogical Content Knowledge)에 대한 연구를 기반으로 하였다(Mishra & Koehler, 2006b). Koehler와 Mishra가 제시한 TPACK 프레임워크는 테크놀로지 지식(TK; Technological Knowledge), 내용 지식(CK; Content Knowledge), 교육학적 지식(PK; Pedagogical Knowledge) 사이의 복잡한 상호작용을 교사들이 이해하고 교육적 활동에 적용하는 역량에 대한 이론적 프레임워크이다(Koehler *et al.*, 2004; Mishra & Koehler, 2006a, 2006b). 테크놀로지를 교육 현장에 어떻게 적용해야 하는지에 대한 전체적인 관점을 조망하는 TPACK 프레임워크는 그동안 연구자들에게 많은 관심을 받았으며, 다양한 선행 연구(Abbitt, 2011; Choi, Lee, & Paik, 2017; Jung & Ottenbreit-Leftwich, 2020; Koh & Chai, 2015; Niess, 2011; Scherer *et al.*, 2018; Schmidt *et al.*, 2009)가 이루어졌다. 또한 이러한 TPACK 프레임워크에 기반하여 교사의 역량이 얼마나 발달되었는지를 측정하기 위한 TPACK 역량 측정 도구가 제안되었다(Archambault & Barnett, 2010; Chai *et al.*, 2011; Graham *et al.*, 2009; Guzey & Roehrig, 2009; Jang & Tsai, 2012; Landry, 2010; Lee & Tsai, 2010; Lux, Bangert, & Whittier, 2011; Schmidt *et al.*, 2009).

교사의 TPACK 역량 측정 도구로는 주로 자기 보고(Self-report), 개방형 설문지(Open-ended questionnaires), 수행 평가(Performance assessments), 인터뷰(Interview), 관찰(Observation) 등이 사용되었다(Duke & Mallette, 2004; Gall, Gall, & Borg, 2007; Koehler, Shin, & Mishra, 2012). 그러나 측정 도구에 따라 교사의 TPACK 역량에 대한 결과가 매우 다르며, 많은 연구에서 교육적 효과를 알아보기 위한 노력을 기울였음에도 불구하고, 제안된 측정 도구들을 통해 명확한 교육적 효과를 나타내지 못한 경우가 대부분이었다. Lee & Whang(2017)의 연구에 따르면, 대부분의 측정 도구는 교사들이 자신의 지식을 자가 평가하도록 구성되어 있으므로, TPACK 설문의 점수가 높은 교사라고 해서 반드시 수업에서의 실행이 우수한 교사라고 판단을 내리기 어렵다고 하였다. 또한 Kang & Jang(2016)은 TPACK 측정 도구들이 실행 역량 보다는 자기효능감을 측정하는 것이라고 보았다.

예비 교사들의 TPACK에 관련된 실천적 역량 프레임워크는 그 구조가 매우 복잡하다. 특히 PK, CK, TK의 영역들이 복잡한 상호작용을 거치면서 PCK, TCK, TPCK, TPACK 등으로 발전하기 때문에 이러한 요소들 사이의 정교한 이해를 필요로 한다. 오늘날 테크놀로지는 지속적으로 발전하고 있으며, 그에 따라 새로운 표현 방법과 상호작용을 통한 긍정적인 교육 효과를 제안하는 교육학의 새로운 교수법들이 나타나고 있기 때문에 이제 예비 교사의 TPACK에 관련된 실천적 역량을 길러주는 것은 교사양성 대학의 당면 과제라고 할 수 있다. 그러나 아직까지 교사의 TPACK 역량에 대한 연구는 상당히 유동적이다(Koehler, Shin, & Mishra, 2012). 특히 지식으로서의 TPACK은 교사가 가지고 있는 개념, 규칙, 절차를 의미하며, 설문을 통한 평가가 용이하다. 그러나 실천적 역량으로서의 TPACK은 교사 행동 자체로부터 찾아야 하기 때문에 측정을 정확히 하는 것이 쉬운 일이 아니다. 또한 이는 실천적 지식이기 때문에 수행 평가와 같은 실천 과정을 통해서만 명확하게 드러낼 수 있다는 한계점이 있다.

따라서 이 연구에서는 예비 교사들이 갖고 있는 TPACK의 실천적 역량을 측정하기 위하여 기존의 연구들에서 사용한 TPACK 측정 설문지와 수행평가 과정을 통해 드러난 TPACK 역량의 관계를 비교하여 TPACK 역량 측정 방법의 타당성을 확보하기 위한 방안을 제안하고자 한다. 이를 위하여 이 연구에서는 2011년부터 2016년까지 이루어진 TPACK 연구 170건 중에서 약 30%에 해당하는 연구에서 사용한 Schmidt *et al.* (2009)의 설문을 선택하였다. 이 설문을 분석하는 과정에서 이 연구에서 다루고자 하는 개념과 관련하여 문항을 보다 구체적으로 수정 보완하고, 번역한 설문에 대한 타당도 검증을 거쳐 예비 교사의 TPACK 설문지를 개발하였다. 또한 수행평가 과정을 통해 예비 교사의 TPACK 역량의 실재를 분석하고, 설문 결과와 비교 분석하여 많은 선행연구에서 사용한 Schmidt *et al.* (2009)의 설문이 예비 교사들의 TPACK 실천 역량을 측정하는 데에 타당한지에 대하여 분석하였다. 본 연구를 통해 앞으로 이루어질 예비 교사들의 TPACK 실천 역량 측정 방안에 대한 보다 구체적인 담론이 이루어질 것이다.

II. 연구 방법

1. TPACK 설문지 개발

설문을 개발하기 위하여 Archambault & Barnett(2010), Chai *et al.* (2011), Graham *et al.* (2009), Jang & Tsai(2012), Kang & Jang(2016), Landry(2010), Lee & Tsai(2010), Lux, Bangert, & Whittier(2011), Schmidt *et al.* (2009)의 설문들을 분석하였다. 설문 분석 후, 가장 국내외 연구에서 가장 보편적으로 활용되고 있는 측정 도구인 Schmidt *et al.* (2009)의 설문을 수정하여 활용하였다. Schmidt *et al.* (2009)의 설문은 2011년부터 2016년까지의 일반적인 TPACK에 대한 자기 보고 연구 170건 중 26건에서 사용되었는데, 이는 일반적인 자기 보고 연구 가운데 약 30%에 해당한다(Willermark, 2018).

Schmidt *et al.*(2009)의 설문에서는 TK, CK, PK, PCK, TCK, TPCK, TPACK 등 7개 영역의 총 47개 문항으로 구성되어 있다. 그러나 영역별로 문항 수가 다르고, 수학, 과학, 사회 등 일반적인 교과 명칭으로 질문이 구성되어 있어서 학생들이 응답을 할 때 피상적인 답을 할 가능성이 높다고 판단하였다. 따라서 Schmidt *et al.* (2009)의 설문 내용을 한글로 번역하면서, 이 연구에서 수행평가로 제시한 ‘달과 천체의 변화’라는 구체적인 학습 내용을 제시하고 7개 영역별 문항 수를 7개로 통일하여 총 49개의 문항으로 재구성하였다. 수정 보완한 설문 문항은 교수내용지식 전문가 3인과 테크놀로지 전문성을 갖춘 수학 교사 1인, 교과 내용 전문성을 갖춘 지구과학 교사 1인 등의 검토를 거쳐 확정하였다.

TPACK의 구성요인 탐색을 위해 SPSS 23을 이용하였다. 먼저 총 49개 문항에 대하여 타당도를 검증하기 위하여 탐색적 요인분석(Exploratory Factor Analysis)을 실시하였다. 이때 나타난 상관 행렬(Correlation matrix)은 상관 행렬의 고유햄 중 일부가 양수가 아님을 나타내었다. 여러 차례 변수를 조정하였으나 상관 행렬이 양이 아닌 정부호 행렬(Nonpositive definite matrix)임이 개선되지 않았다. 이와 같은 현상은 분석 과정에서 변수가 너무 많아 변수 사이에서 선형적인 의존성을 가지기 때문에 나타나는 것으로 파악되었다(Wothke,

1993). 연구자들은 선행 연구를 바탕으로 본 설문문의 TPACK의 각 영역인 CK, PK, TK, PCK, TCK, TPK, TPACK에서 서로 중첩이 되기 때문이라고 분석하였다. 따라서 요인 분석을 수행하기 위하여 PCK, TCK, TPK, TPACK의 4영역의 설문문으로 탐색적 요인분석을 실시하였다.

PCK, TCK, TPK, TPACK의 4영역의 28개 설문 문항에 대하여 타당도를 검증하기 위하여 탐색적 요인분석(Exploratory Factor Analysis)을 다시 실시하였다. 모든 측정변수는 구성요인을 추출하기 위해 주성분 분석(Principle component analysis)을 사용하였으며, 요인 적재량의 단순화를 위하여 직교회전방식(Varimax)을 채택하였다. 이 연구에서의 문항의 선택기준은 고윳값(Eigenvalue)이 1.0 이상, 요인 적재량은 0.40 이상을 기준으로 하였다. 분석 결과, 28개 문항 가운데 6개 문항이 이론 구조에 적절하지 않게 적재되어 제거하고 최종적으로 분석에는 총 22개의 설문 문항을 이용하였다. 이에 해당하는 문항을 부록 1에 제시하였다.

탐색적 요인분석에 의하여 추출된 22개의 설문 문항에 대하여 Table 1과 같이 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin) 측도는 0.722로 나타났고, Bartlett의 구형성 검정(Bartlett Test of Sphericity) 결과도 유의확률이 0.05 미만으로 나타나 요인분석 모형이 적합한 것으로 판단하였다.

Table 1. KMO and Bartlett's Test

표본 적절성에 대한 Kaiser-Meyer-Olkin 측도		0.722
Bartlett의 구형성 검정	근사 카이제곱	901.017
	자유도	231
	유의확률	0.000

Table 2. Analysis of validity and reliability of survey questions

요인	변수명	요인적재량	공통성	고윳값	분산설명력	Alpha if item Deleted	Cronbach's α
PCK	PCK1	0.808	0.781	5.331	24.232	0.929	0.933
	PCK2	0.848	0.747			0.920	
	PCK3	0.748	0.683			0.929	
	PCK4	0.803	0.722			0.923	
	PCK5	0.813	0.728			0.921	
	PCK6	0.848	0.830			0.919	
	PCK7	0.853	0.812			0.915	
TCK	TCK1	0.730	0.776	5.312	24.147	0.950	0.950
	TCK2	0.887	0.868			0.936	
	TCK3	0.847	0.860			0.939	
	TCK4	0.882	0.878			0.935	
	TCK5	0.845	0.784			0.942	
	TCK6	0.850	0.800			0.941	
TPK	TPK1	0.719	0.641	2.325	10.570	0.574	0.636
	TPK2	0.730	0.641			0.513	
	TPK3	0.426	0.439			0.630	
	TPK4	0.655	0.587			0.543	
TPACK	TPACK1	0.603	0.564	3.199	14.541	0.872	0.884
	TPACK2	0.816	0.761			0.882	
	TPACK3	0.598	0.569			0.864	
	TPACK4	0.691	0.874			0.828	
	TPACK5	0.725	0.824			0.844	

또한 각 설문에 대한 요인 적재량, 공통성, 고윳값, 분산 설명력, Cronbach's α 값은 Table 2에 제시하였다. 각 요인 적재량은 모두 0.4 이상이므로 전반적인 측정 도구의 타당도를 만족하였다. 신뢰도 분석을 통하여 크론바흐 알파 계수(Cronbach's alpha)를 분석하였고, 0.6 이상으로 나타나 이 연구의 변수들의 신뢰도가 양호한 것으로 판단하였다. 개발한 설문지는 연구 대상인 예비 교사들에게 구글 설문지로 제시하고, 응답 자료를 수집하였다.

2. 연구 대상

이 연구는 중소도시에 위치한 사범대학에 재학 중인 예비 교사 40명(남성 15명, 여성 25명)을 대상으로 하였다. 이들은 ‘융합교육교수법’이라는 학부 교양 강좌를 수강하였으며, 1반 당 20명씩 2개 반으로 강좌가 운영되었다. COVID 19로 인하여 모든 대학 강의를 온라인으로 이루어졌기 때문에 ZOOM으로 강의를 운영하였다. 또한 카카오톡 대화창을 함께 운영하여 학생들이 질문하거나 자료를 올리는 방식으로 수업이 진행되었다. 연구 대상인 예비 교사들은 대학교 1학년이 33명(82.5%), 2학년이 3명(7.5%), 3학년이 4명(10%)이었다. 또한 학과는 16개 학과(가정교육과, 국어교육과, 생물교육과, 영어교육과, 일반사회교육과, 지구과학교육과, 지리교육과, 초등교육과, 화학교육과, 교육학과, 미술교육과, 수학교육과, 역사교육과, 체육교육과, 컴퓨터교육과, 환경교육과)로 다양하였다. 이들 전공을 계열별로 자연계열, 비자연계열, 초등교육으로 분류하였을 때 자연계열(생물교육과, 지구과학교육과, 화학교육과, 수학교육과, 컴퓨터교육과)인 예비 교사는 15명(37.5%), 초등교육을 제외한 비자연계열(가정교육과, 국어교육

Table 3. Demographic characteristics of the study subjects

항목	내용	인원(명)	비율(%)
성별	남	15	37.5
	여	25	62.5
학년	1	33	82.5
	2	3	7.5
	3	4	10
계열	자연계열	15	37.5
	비자연계열	13	32.5
	초등교육	12	30

과, 영어교육과, 일반사회교육과, 지리교육과, 교육학과, 미술교육과, 역사교육과, 체육교육과, 환경교육과)인 예비 교사는 13명(32.5%), 초등교육 예비 교사는 12명(30%)이었다. 연구 대상자의 배경 및 특성은 Table 3과 같다.

예비 교사들의 수행평가를 위하여 4인 1조로 총 10개의 조를 편성하였다. 수행평가를 조별로 준비하는 과정에서 이루어진 조별 토론 내용 등을 분석하면서 예비교사들이 테크놀로지에 관련된 교육 경험이 매우 부족하다는 것을 파악하게 되었다. 또한 상대적으로 예비교사 양성대학의 특성으로 인해 예비교사들의 PCK가 매우 높다는 특징도 파악하게 되었다. 이러한 연구 대상 집단의 특성을 감안하여, 예비교사들의 TPACK 설문 결과 중 테크놀로지를 활용한 교수 자료 검색이나 내용을 보완하는 역량인 TCK나, 테크놀로지를 활용한 교수 자료의 효과를 인식하는 TPK, 테크놀로지 자료를 통해 교수 내용을 학습하는 교육적 효과를 인식하는 TPACK 등이 특별히 부족한 것으로 판단된 예비교사를 심층면담 대상자로 선택하였다. 이를 통해 예비교사들의 TPACK 역량에 어떤 문제가 있는지 구체적으로 파악하고자 하였다. 또한 대부분의 예비교사들과 달리 TPACK의 모든 요소가 높게 나타난 경우도 대조적인 특성을 알아보기 위하여 심층면담 대상자로 선정하였다.

심층면담 대상자인 PST08은 설문에서 TPK의 점수가 낮은 예비교사였다. 그는 지구과학교육과 1학년으로, 다양한 자료를 제시하여 우수한 학생과 그렇지 않은 학생 모두에게 내용을 잘 전달하고 서로 토론을 할 수 있도록 안내하는 수업을 좋아하였다. 또한 이러한 영향으로 자신도 학생들이 수업에 적극적으로 참여할 수 있도록 탐구 정신을 불러일으키는 교사가 되고자 하였다. 그는 테크놀로지를 학교 교육에 도입하면 다양한 학생들이 수업에 참여할 수 있으며 수업을 잘 이해하지 못한 학생들이라도 흥미를 잃지 않고 도움을 제공할 수 있다고 생각하였다. PST23은 설문에서 TCK의 점수가 낮은 예비교사였다. 그는 환경교육과 1학년으로, 학생들이 참여할 수 있도록 활동을 제공하는 수업을 좋아하였다. 또한 가르치는 내용과 관련된 다양한 내용을 함께 가르쳐 주는 선생님을 좋아하였다. 그는 자신의 학생 시절의 수업에서 선생님들이 동영상 보여주는 것을 통해서 도움을 받았으나 동영상은 다른 사람이 구성한 지식을 일방적으로 받기만 할 뿐 자신의 궁금한 측면에 대해서 직접 해결할 수 없다는 아쉬움을 느낀다고 하였다. 또한 테크놀로지는 학생들이 지식을 스스로 학습할 수 있는 능력을 갖추는 데 도움이 된다고 생각하였다. PST18은 설문에서 TCK, TPK, TPACK의 점수가 모두 낮은 예비교사였다. 그는 가정교육과 1학년으로, 학생들이 자기 주도적으로 학습할 수 있도록

하고 학생과 교사 사이에 끊임없는 소통을 하는 교육 방식을 지향하였다. 그는 지식적인 측면과 함께 학생의 생활 주변 문제를 해결하는 것이 교육을 위해 더 중요하다고 생각하고 있었다. 그는 교육에 테크놀로지를 도입하는 측면에서 긍정적인 입장을 보여주었다. 그러나 그는 지금까지 학교 교육을 받으면서 테크놀로지를 도입한 수업을 받은 경험이 없다고 하였다. PST36은 TPACK의 모든 요소의 점수가 높은 예비교사였다. 그는 초등교육과 1학년으로, 평소 부모님의 교육 봉사 활동으로부터 영향을 받아 학생과 함께 소통하는 교육을 지향하고 있었다. 그는 교사의 강의와 교과서에 의한 수업보다 테크놀로지를 활용한 수업을 통하여 학생의 이해에 도움을 줄 수 있다고 하였다. 이는 테크놀로지를 활용하여 입체적인 모습을 보여줄 수도 있고 학생이 집에서도 다시 학습하면서 학생 간의 이해의 격차를 줄일 수 있기 때문이라고 하였다. 또한 테크놀로지는 학생의 호기심이나 학습에의 참여도 일으킬 수 있다고 생각하고 있었다.

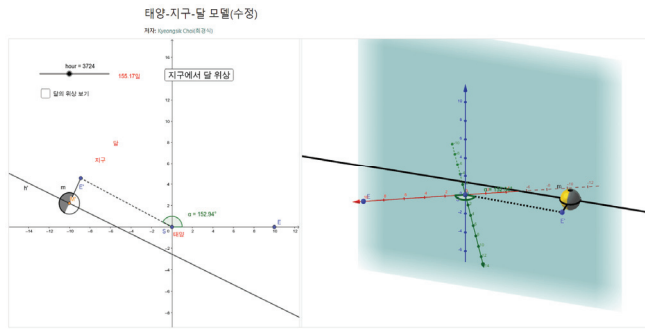
3. 자료 수집 및 수행평가 수준 분석 기준

이 연구의 자료 수집을 위해 1주차 수업에서는 TPACK에 대한 소개와 함께 이 연구에서 개발한 TPACK 설문지를 예비교사들에게 제시하고 자료를 수집하였다. 2주차 수업에서는 ‘달과 천체의 변화’에 관련된 유치원, 초등학교, 중등학교, 고등학교 수준의 다양한 테크놀로지 관련 교육 자료를 예비 교사들에게 소개하였다. 그 후 조별로 제시한 교육 자료를 분석하고, 적절하지 못하거나 설명이 어려운 부분을 토론하도록 하였다. 또한 이를 잘 설명할 수 있는 테크놀로지를 찾거나 만들어보도록 요구하였다. 조별 토론은 카카오톡의 대화창으로 이루어졌다. 토론을 위하여 달과 천체의 변화에 관한 지식(CK) 7가지와, 이와 관련된 테크놀로지 지오지브라와 스크래치 자료(TCK)를 사례로 제시하였다(Figure 1). 연구의 계획단계에서는 학생들의 수행과정을 통한 TPACK 수준에 대한 평가를 위하여 학생들이 수업 중에 직접 컴퓨터를 이용하여 테크놀로지를 활용한 교수 자료를 만드는 과정과 그 결과의 발표를 오프라인으로 평가하고자 하였다. 이를 위하여 수강자를 1반당 수강자를 20명으로 제한하고, 컴퓨터 실습실을 강의 장소로 정하였다. 그러나 COVID 19로 인해 전면 비대면 강좌 운영이 실시되었기 때문에 연구 계획과 달리 학생들이 실제 컴퓨터를 활용한 TPACK 역량의 수행 과정을 수업 중에 관찰 평가하기 어려웠다. 따라서 학생들에게 7가지 지식을 잘 표현할 수 있는 테크놀로지 활용 교수 자료를 온라인에서 찾고, 그 자료를 선택한 이유를 A4 1장 정도로 적어서 2주차 과제로 제출하도록 하였다.

3-4주차 수업에서는 예비 교사들에게 다양한 테크놀로지 관련 교육 자료에 대한 자신의 과제를 10분 정도씩 발표하도록 하였다. 발표 과정을 통해 학생들의 TPACK 역량을 수행평가 하고자 하였으며, 평가 항목은 설문과 동일하게 PCK, TCK, TPK, TPACK 등으로 정하였다. PCK의 평가 기준은 TPACK 설문지의 항목에서도 제시한 기준과 일치하도록 학생의 능동적 활동을 제공하는 교수 활동인지, 교사 주도적인 교수 활동인지로 평가 기준을 정하였다. TCK의 평가 기준은 테크놀로지를 활용하여 자신이 의도한 교수 내용을 제대로 표현하는 역량이 있는지, 아닌지로 평가 기준을 정하였다. TPK의 평가 기준은 교수 내용과 관련 없이 테크놀로지가 가지는 교육적 의미를 인지

설명을 위한 지식 7가지

- 1 지구는 태양 주위를 공전하며 달은 지구 주위를 공전한다.
- 2 지구는 태양 주위를 1년 동안, 달은 지구 주위를 약 27.3일 동안 공전한다.
- 3 지구와 달은 서에서 동으로, 지구는 서에서 동으로 자전한다.
- 4 달과 지구의 공전 궤도는 약 5° 정도 기울어져 있다.
- 5 태양 광선은 거의 평행하게 입사된다.
- 6 태양은 사방으로 빛을 내보낸다.
- 7 지구의 관측자는 태양 광선을 받는 달의 부분만 관측이 가능하다.



<https://www.geogebra.org/m/rjxqdzqz>



<https://scratch.mit.edu/projects/156868299>

Figure 1. Content knowledge(CK) and teaching and learning material created with technological tool(TCK) for the model of the motion of the moon and celestial bodies

하고 있는지 여부를 평가 기준으로 보았다. TPACK의 평가 기준은 의도한 교수 내용과 관련하여 테크놀로지로 구현하는 수업이 가지는 교육적 효과를 인지하는지 여부로 판별하였다.

이러한 평가 기준으로부터 7가지 지식을 잘 표현할 수 있는 테크놀로지 활용 교수 자료 개발 과정에 대한 학생들의 발표를 토대로 학생들이 수행한 TPACK의 수준을 판별하기 위하여 연구자들이 논의 과정을 거쳤다. 그러나 온라인으로 이루어진 학생들의 발표 과정과 제출한 과제만으로는 연구자들이 협의를 통해 TPACK의 각 항목에 관련된 학생들의 수준을 정확하게 변별하는 것에 한계가 있다는 것을 인식하고, 추가로 학생들의 발표 과정에서 교수자였던 연구자가 심층적인 학생의 생각을 이끌어 내는 면담을 통해 TPACK의 각 항목에 관련된 학생들의 수행평가의 수준을 파악하고자 하였다. 심층면담은 ZOOM과 카카오톡 대화창으로 이루어졌다. 심층면담은 크게 4가지 질문으로 구성되었는데, 첫째는 조별 발표 자료를 만드는 과정에 대한 설명을 요구하였다. 이는 학생들이 수행평가를 하는 동안 겪었던 TPACK역량의 수준을 조금 광범위하게 알아보기 위한 질문이었다. 둘째는 과제를 하기 위해 자료를 찾을 때 어떤 점에 초점을 두고 자료를 찾았는지에 대한 설명을 요구한 것이다. 학생의 응답에 따라 찾았던 자료들이 이해를 돕는데 도움이 되었는지에 대한 질문도 추가로 이루어졌다. 이 질문은 학생들의 TPACK 역량의 수준을 보다 구체적으로 알아보기 위한 것이었다. 셋째는 소프트웨어를 이용한 학습자료를 만드는 이유에 대한 생각을 물어보았다. 학생의 응답에 따라 소프트웨어를 이용한 학습자료와 동영상 학습자료의 차이를 물어보거나, 소프트웨어를 이용한 학습자료가 학생들에게 어떤 도움이 된다고 생각하는지 등에 대한 추가 질문도 하였다. 이는 수행평가에서 학생들의 TPK에 대한 수준을 알아보기 위한 질문이었다. 마지막으로 발표 자료에서 모델의 문제점에 대한 자신의 생각을 이야기해 보도록 요구하였다. 이는 학생들의 TCK에 대한 수준을 알아보기 위한 질문이었다. 이러한 심층 질문을 통해 학생들의 발표 과정에서는 충분히 드러나지 못한 학생들의 TPACK 역량의 수준을 파악하고자 하였다. 그러나 PCK는 발표를 통해서 대부분의 학생들이 충분히 높은 수준임을 파악할 수 있었으므로, 면담 질문에는 포함하지 않았다.

이 연구에서는 수행평가를 통해 학생들의 TPACK 역량의 수준을 판단하는 과정에서 전통적인 수행평가와 같이 교사 중심의 학생 활동 관찰 방법에서 벗어나, 학생의 사고를 보다 깊이 알아보는 심층 면담을 평가의 보조 자료로 사용하는 방법을 채택하였다. 이를 통해 학생들의 활동을 연구자가 임의로 해석할 때의 오류를 피할 수 있다고

판단하였다. 또한 학생들의 TPACK 역량의 수준을 파악하기 위하여 수행평가 기준에 근거하여 학생 발표를 분석하고, 추가로 심층 면담 자료를 얻고 이를 분석하는 과정에서 전문가 협의회에서 의견이 일치할 때까지 지속적으로 협의 과정을 거쳤다. 전문가 협의회는 과학교육 전문가인 박사 1명, 화학교육전공 박사과정 1명, 통합과학교육 박사과정 2명으로 이루어졌으며, 이 중 1명은 지구과학교육 학부 전공자였기에 “달과 천체의 변화”에 관련된 지식 분석에 대한 전문성을 제공하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 예비 교사의 TPACK 설문 결과

예비교사들의 PCK, TCK, TPK, TPACK의 평균과 표준편차를 Table 4에 제시하였다. 이때 설문은 5점 Likert 척도로 전혀아니다(1), 아니다(2), 잘모르겠다(3), 그렇다(4), 매우 그렇다(5)로 구성되었다. 분석 결과, 예비교사들의 PCK와 TPK는 3점 이상으로 긍정적으로 나타났으나, TCK와 TPACK는 3점 미만으로 부정적인 것으로 나타났다. 즉, 내용을 잘 가르치는 지식과 테크놀로지를 교수에 활용하는 지식은 높지만, 테크놀로지와 ‘달과 천체의 변화’에 관련된 내용지식을 연결하여 가르치는 것에 대한 자신감은 낮은 것으로 나타났다. Shin, Han & Eom (2012). 의 연구에서는 Koehler의 설문을 사용하였는데, PCK 1 문항, TCK 1 문항, TPK 9 문항, TPACK 1 문항 등 문항별 편차가 크지만, 이 연구와 마찬가지로 예비교사들의 TCK와 TPACK의 점수가 낮은 것으로 나타났다. 또한 Choe, & Lee (2015)에서도 동일한 설문으로 측정된 결과, 이 연구와 마찬가지로 예비교사들의 PCK와 TPK가 높게 나타났다. 따라서 예비교사들을 대상으로 한 연구 결과는 선행연구들의 결과와 유사하다.

심층면담 대상자의 TPACK에 대한 설문 결과는 Table 5와 같다. 선정된 4명의 연구 대상자는 PCK 수준이 평균보다 높으며, PST08은

Table 4. TPACK mean scores and standard deviations of the pre-service teachers

	PCK	TCK	TPK	TPACK
평균	3.56	2.91	3.16	2.93
표준편차	0.45	0.90	0.52	0.65

Table 5. TPACK mean scores of the four interviewees

예비 교사	PCK/평균	TCK/평균	TPK/평균	TPACK/평균
PST08	4.14/3.56	3.00/2.91	3.00/3.16	3.00/2.93
PST18	3.86/3.56	1.83/2.91	2.75/3.16	2.40/2.93
PST23	4.00/3.56	2.83/2.91	3.50/3.16	3.20/2.93
PST36	3.57/3.56	3.67/2.91	3.75/3.16	3.60/2.93

TPACK의 다른 요소들은 평균보다 높았지만, TPK가 평균보다 낮았다. 따라서 PST08은 일반적인 교수학적 내용지식이나 내용지식을 테크놀로지로 구현한 것에 대해서는 잘 이해하고 있지만 테크놀로지를 교육에 도입하는 것에 대한 자기 효능감이 부족하다고 판단하였다. PST18은 TCK, TPK, TPACK이 모두 평균보다 낮았다. 따라서 PST18은 테크놀로지가 적용되지 않은 교수학적 내용 지식에 있어서는 효능감이 높으나 테크놀로지가 관련된 내용 지식을 표현하는 것이나 이를 교육적으로 도입하는 것에 대해 효능감이 부족한 것으로 판단하였다. PST23은 TCK만 평균보다 낮았으며, 따라서 PST23은 교수학적 내용 지식과 테크놀로지를 교육적으로 활용하는 것, 그리고 이를 토대로 내용 지식을 전달하는 면에서 효능감이 높다고 판단하였다. 그러나 테크놀로지를 활용하여 내용 지식을 이해하고 표현하는 측면에 있어서는 효능감이 부족하다고 판단하였다. PST36은 TCK, TPK, TPACK이 평균보다 높은 것으로 나타났다. 따라서 PST36은 테크놀로지 활용과 관련 없이 교육 전반에 대한 자기 효능감이 매우 높다고 판단하였다.

2. 수행평가를 통한 예비 교사의 TPACK 역량 분석

가. TPK가 낮은 예비 교사의 실제

지구과학교육과 학생인 PST08은 TPACK에 대한 설문에서 PCK 점수가 4.14로 매우 높았으나, TPK 점수는 3.00으로 상대적으로 낮았다. 그러나 그는 연구자가 제시한 수행평가 과제 활동을 통해 TPK가 낮지 않음을 확인할 수 있었다. 그는 교육적 관점으로 내용 지식을 테크놀로지로 표현한 자료를 검색하려고 시도하였기 때문이다. 이에 관련된 PST08의 면담 내용을 발췌한 자료를 다음에 제시하였다.

PST08: (중략) 소프트웨어 기능을 사용하는 자료를 사용하게 되었을 때 학생들이 느낄 수 있는 생각이나 그 장점을 미리 예비 교사로서 경험해 보라는 의미로서 생각을 해 보았고 따라서 이러한 과제를 준비할 때는 제가 직접 태양 지구 달과 관련된 현상을 설명하는 수업을 하게 되었을 때 내가 직접 교사라면 어떤 과제를 선택해서 7가지 조건들을 어떻게 학생들을 이해시키는 게 좋을지에 초점을 두고 자료를 찾아봤습니다.

이 후의 면담 자료에서도 PST08은 TPK가 높음을 확인할 수 있었다. 즉, PST08은 테크놀로지를 활용하는 교수자료의 효과로, 학습자가 직접 움직여 볼 수 있다는 것, 이를 통해 자연스러운 학습이 이루어진다는 점, 말과 그림의 설명으로 생길 수 있는 오개념을 피하게 한다는 점, 글이나 교과서를 통한 배움과 달리 기억에 오래 남는다는 것 등을 제시하였다. 이러한 인식은 테크놀로지가 가지는 교육적 효과를 충분히 이해하고 있다는 것을 의미한다.

PST08: 이게 교수님이 가장 중요하게 의도하신 방향인 것 같은데 왜 지오지브라와 같은 이런 소프트웨어를 이용한 학습자료를 만드는가에 대한 생각인데 먼저 첫 번째로 학습자가 소프트웨어 같은 것을 이용해서 수업을 하게 되면 직접 움직여 볼 수 있잖아요. 아까 달의 100도를 직접 이렇게 기울여 보낸 그런 것과 같이 진짜 움직여보면 영상을 관찰해 볼 수 있다는 점이 가장 큰 장점이라 생각했고. 그리고 두 번째는 그러한 과정을 통해서 자연스럽게 학습이 이루어진다는 점이 두 번째 장점, 세 번째 소프트웨어로 달라진 학습자료는 말이나 그림 설명만으로 생길 수 있는 오개념을 피할 수 있게 해준다는 것, 왜냐면 학습자가 두 눈으로 직접 관찰할 수 있기 때문에. 네 번째, 직접 궤도를 조절하는 것과 같이 자료를 만지면서 배우는 지식은 일반적인 글이나 교과서 배우는 것과 달리 상대적으로 기억에 오래 남을 수 있다는 점. (이와 같은) 장점들이 많기 때문에 소프트웨어를 이용한 학습자료를 만든다고 생각을 했습니다.

PST08은 TCK의 평균이 3점으로, ‘잘 모르겠다.’는 항목에 해당하는 인식을 가지고 있었다. 그러나 달과 천체의 변화에 대한 7가지 모델을 포함하고 있는 테크놀로지 교육 자료를 찾는 과제를 수행하기 위하여 인터넷의 자료를 검색하였다. 이 과정에서 그는 7가지 내용을 모두 포함하고 있는 자료를 찾을 수 없다는 것을 알게 되었다. 이를 인식한 후에 그는 7가지 내용을 모두 포함하는 자료를 스스로 만들고자 시도하였다. 이는 PST08의 테크놀로지 기반 내용 지식, 즉 TCK가 어느 정도 있음을 의미한다. 이에 관련된 발표 내용은 다음과 같다.

PST08: (중략) 먼저 처음에 저희 조도, 다른 조도 비슷하겠지만 조금 우왕좌왕하는 모습을 보였지만, 처음 자료 찾기 과정에서 일곱 가지 조건 중에서 모두를 부합하는 자료를 찾기가 힘들었어요. 실제로 못 찾기도 했고. 그래서 그 중에서 가장 많은 조건을 부합하는 자료를 찾으려고 했어요. 그러면서 부족한 조건들을 어떻게 채울까에 대해서 토론을 해 보았고. 제가 생각하기에 가장 좋은 방법은 없으면 만들면 된다고 생각을 했어요. 그래서 지오지브라를 통해서 직접 만들어보겠다고. (중략) 아, 그리고 이게 되게 할 말이 많은데... 이거 맞나? 이게 이 자료가 제가 수정에서 만들려고 했던 자료예요. 원본이에요. 이 중에서 지구 의 궤도로 안돌고 있잖아요. 공전하는 걸. 그거를 표현하게 되면 이 안에 충분히 많은 게 담겨 있다고 생각해서.

연구자: 만들어 보고 싶었네.

PST08: 네, 네. 직접 궤도를 만들려고 했었어요.

특히 PST08은 기존의 지오지브라 자료를 검색한 후, 이를 수정하여 자신의 원하는 대로 개선하고자 하였고 이를 위하여 고등학교 때 선생님에게 연락을 취하여 알아보기까지 하였다. 비록 이러한 시도를 통해 PST08은 TCK에 대한 인식이 높다고 연구자들은 판단하였다.

PST08: (중략) 그리고 지오지브라를 이용해서 만들어야겠다고 결심하게 된 동기 과정 결과에 대해 설명하자면 아까 처음에 일곱 가지 조건을 모두 만족시키는 자료를 찾을 수 없다고 말씀드렸었는데 이게 가장 큰 이유였어요. 7가지 조건 중 가장 많은 조건을 만족하는 자료를 찾아서 이 부족한 개념이 공전 개념이랑 태양빛의 직진, 이 개념만 넣으면 완벽한 자료를 만들 수 있다고 생각을 했었고 그렇게 어려워 보이지 않는다는 생각을 바탕으로 직접 해보겠다고 생각을 해서 구글링을 하고 유튜브

브 검색을 해서 영상을 시청하고 고등학교 때 지오지브라를 이용하여 수업하셨던 수학 선생님께 연락을 드려서 기존의 것의 기능을 추가시키는 방법에 대해서 여쭙보았고 복사시켜서 그 함숫값의 입력하는 것까지는 어떻게 해 봤지만 이게 3차원이다 보니까 3차원 계산기를 이용해서 움직이지 않는 지구를 궤도 식을 적어서 회전시키는 것이라고 하셨는데 이걸 도저히 구현해 낼 수가 없다고 판단해서 새로운 과제 해결 방안이 일곱 가지 조건을 각각 만족시키는 자료들을 조사하는 방향으로 모색해 봤습니다.

또한 PST08은 TPACK에 대한 항목에서도 3점을 체크하여, ‘잘 모르겠다.’는 수준으로 판단되었다. 그러나 그는 테크놀로지를 활용하여 달과 천체의 변화로 일어나는 현상을 설명하는 것이 학생들의 공간 지각 능력의 한계로 인한 어려움을 극복하는데 도움을 주며, 다양한 대상의 동시적인 움직임을 소프트웨어의 조작 경험을 통해서 더 쉽게 이해할 수 있을 것이라고 생각하였다. 따라서 테크놀로지를 활용하여 달과 천체의 변화를 가르칠 때의 교육적 효과를 충분히 인식하고 있었으므로 TPACK이 높다고 판단할 수 있다.

PST08: 마지막으로 이런 소프트웨어가 학습자의, 학생들의 어떠한 점을 보완시켜 주기 위해서 필요하다고 판단했기에 대해서 제가 크게 두 가지로 예시를 들어서 설명을 해 보겠습니다.

먼저, 제가 생각하기에 이번 과제에 한해서 설명을 드리자면 학습자의 공간 지각 능력의 한계를 소프트웨어를 통해서 시각화된 자료를 보고 나면 돌파할 수 있다고 생각했습니다. 먼저 두 가지 예시를 들어서 설명할 건데 먼저 첫 번째 우주공간을 예시로 주면은 그냥 일반적으로 우주를 떠올려보라 이렇게 생각하면은 가장 익숙한 태양계를 생각하게 될 것이고 그 태양계에서 더 더 익숙한 2차원 평면의 태양계를 생각하게 될 것이라고 생각이 듭니다. 하지만 근데 이번 과제를 하면서 황도, 백도의 기울어진 모델을 수도 없이 많이 접하고 다양한 3차원 모델들을 접하고 난 다음에 다시 한번 3차원 우주를 떠올리라고 물어본다면 3차원적인 우주를 떠올릴 수 있게 되는 그런 점을 발견해서 이것을 첫 번째 예시로 들었고.

두 번째, 공간이 있어서 다양한 물체들이 움직임을 머리 상상만으로 구현시켜서 올바르게 의미를 이해하는 것에 대해 이해하는 것은 학습자마다 한계가 있다고 생각했습니다. 2015 개정교육과정 이전에 지구과학 1을 마지막으로 이수한 학습자 기준으로서 4단원인 천체 단원에서 친구에서 별들과 태양 행성 움직임을 이해하는데 엄청 힘들었던 기억이 있었습니다. 2차원 평면에 우주랑 3차원 친구를 이차원인 종이에 그려두고 이 두 가지를 비교해가면서 머릿속에 천체들의 움직임을, 머릿속으로 구현하는 거 생각보다 어렵고 개인의 역량에 따라서 끝까지 이해 못 하고 지구과학을 손을 놓는 친구들도 많이 있었습니다. 하지만 이러한 소프트웨어 예를 들면은 스텔라리움 이런 직접 둘러면서 쓸 수 있는 소프트웨어를 통해서 이해를 하게 되면 지구에서 바라보는 천체 운동을 볼 수 있는데 이렇게 직접 바라보는 입장을 소프트웨어 자료를 통해서 보면서 이해를 하면은 다음에 종이에 문제를 풀 때도 그 바라보고 소프트웨어 속에 있던 장면이 생각이 나면서 자연스럽게 이해가 쉬워지게 되는 그런 경험을 두 번째 예시로 들었고요

PST08은 테크놀로지 자료를 학습자가 직접 조작하는 과정을 통하여 직접 달이나 지구의 궤도를 움직여 보면서 오개념을 개선할 수

있다고 발표하였다. 이를 통해 달과 천체의 변화라는 내용에서도 테크놀로지가 가지는 교육적 효과를 명확하게 인식하였으므로 TPACK 역량이 높다고 판단하였다.

PST08: 그리고 또 두 번째 이거는 그냥 제 개인적인 생각인데 학습자의 오개념을 자연스럽게 교정할 수 있다고 생각을 했어요. 왜냐하면 잘못된 오개념이 한번 바뀌게 되면은 이게 한번 머리가 그렇게 생각하게 되면 다시 바꾸고 조정하게 쉽지 않거든요. 왜냐하면 다시 생각하게 되고 그 방향으로 생각하기 때문에 그래서 교정이 쉽지 않는데 이거를 두 눈으로 확인을 시켜주는 방법을 사용해서 직접 자신이 궤도나 다른 소프트웨어 자료를 이용해서 움직여 보면서 두 눈으로 확인을 하면 자기의 생각했던 것과 실제의 일어나는 현상의 차이를 느껴보고 그 과정 속에서 자신의 오개념을 발견할 수 있으며 그러한 과정에서 자연스럽게 오개념도 조정될 수 있다고 생각했습니다.

달과 천체의 변화라는 구체적인 내용지식을 토대로 예비 교사 PST08의 TPACK 요소들을 분석한 결과, TPACK 설문지의 분석 결과와는 매우 차이를 확인할 수 있었다. 이는 TPACK의 설문은 실제 학생들의 TPACK 역량을 측정하는 것이 아니라, 관련 내용에 대한 예비 교사의 자기 효능감을 측정하는 것(Abbitt, 2011; Kang & Jang, 2016)이기 때문이다. 자기 효능감은 상대적이고 주관적이며, 따라서 이러한 설문을 통해 예비 교사의 TPACK 역량을 측정하는 것은 그 결과를 신뢰하기 어려울 수 있음을 예비 교사 PST08의 수행평가 결과로부터 확인할 수 있었다.

나. TCK가 낮은 예비 교사의 실제

PST23은 TPACK에 대한 설문 조사를 통하여 TCK에 대한 역량이 부족한 것으로 판단되었다. 하지만 PST23은 수행평가의 과제를 발표하는 과정에서 주어진 7가지 지식에 적합한 다양한 테크놀로지 자료를 찾고, 그 문제점도 적절히 지적하였다. 이에 대한 발표 내용과 관련된 자료를 Figure 2와 같이 제시하였다. 따라서 달과 천체의 변화에 관련된 테크놀로지 지식(TCK)이 있다고 연구자들은 판단하였다.

PST23: (중략) 첫 번째로 저희 과제에서 팀원들과 토의 과정에 대해 말씀드릴게요. 보시다시피 저희조는 다섯 조 중에서 네 조가 (동일한 자료를) 선택을 해서 자세한 설명은 생략하도록 하고 저희 조는 지오지브라 이 모델을 선정하였습니다. 그 이유는 과제에서 일곱 가지 조건을 제시해 주셨는데 부분적으로 합쳐서 5개까지 조건을 만족할 수 있었고 저희 카톡 투표에서 4명 모두가 이 모델에 찬성을 했기 때문에 모델을 선정하였습니다. 이 모델은 흥미로웠던 게 저희가 직접 달의 공전 궤도 기울기를 조절을 할 수 있었고 보시다시피 여기 고정색 그림자는 점점 갈수록 좁아지는 것을 보아 지구와 달의 본 그림자를 표시하여 월식을 판단할 수 있도록 해 주기 때문에 이 모델로 선정하였습니다.

또한 PST23은 찾은 자료의 문제점을 지적하고 이를 보완하기 위하여 스스로 관련 테크놀로지 자료를 만들기 위해 화상 강의를 찾고 지오지브라 모델을 제작하는 방법을 배우기까지 하였다. 이러한 PST23의 시도를 통해 이 예비 교사의 TCK 역량은 상당히 높음을

에서 가장 적합하다고 생각한 모델의 사이트 주소는 다음과 같습니다.

<https://www.geogebra.org/m/bYaNEFnm>

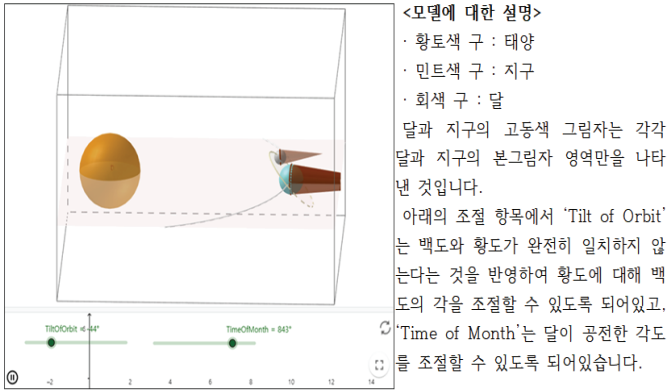


Figure 2. Tasks submitted by PST23 with his/her peers

알 수 있었다.

PST23: 하지만 이 모델이 완벽한 것은 아니었는데 두 가지 문제점이 있었습니다. 첫 번째는 지구가 고정되어 있어서 태양 주위를 공전하지 않았고 두 번째로는 여기 그림자가 갈수록 좁아지는데 이것은 본그림자이고 갈수록 넓어지는 반그림자가 또한 표현이 되어 있어요. 그래서 저희 조는 이 두 가지 문제점을 보완하고자 하였습니다. 그리고 이 보완을 하기 위해서 먼저 첫 번째로 화상강의로 지오지브라 모델 제작하는 방법을 보았습니다. 네 명 다 지오지브라가 처음이었기 때문에 어떻게 조작을 해야되는지 기본적인 방법에 대해 알게 되었고 저희가 지구가 태양 주위를 공전할 수 있도록 그것을 보완하고 싶었기 때문에 3차원 공간내에서 구 또는 점이 어떻게 회전을 하는지 그것을 변환 행렬이라는 것을 통해서 구현하는 방법에 대해서 공부했습니다.

PST23은 다른 예비 교사들이 발견하지 못한 점까지 예리하게 지적을 하는 모습을 보여주었다. 다른 조에서는 월식 현상을 매우 잘 표현했다고 평가받았던 자료를 보고, PST23은 달의 궤도가 5도 기울어졌지만 월식을 구현하는 테크놀로지로서 오류가 있어 달이 지구의 그림자 안에 들어가는 현상을 파악하고 그 오류를 지적하였다. 이를 통해 PST23은 TCK가 매우 높음을 알 수 있었다.

PST 23: 왼쪽 두 가지 그림을 보시면 제가 아까 그 모델에서 달에 공전 궤도 기울기를 5도로 기울였을 때 옆면과 뒷면에 나타난 사진입니다. 보시다시피 이 달이 지구의 본그림자 영역 안에 완전히 들어가기 때문에 개기월식 일어났다고 할 수 있습니다. 하지만 저는 지구과학을 배우면서 매달 월식이 일어나지 않는 이유는 달의 공전 궤도 기울기가 5도여서 그렇다고 했기 때문에 저는 이 모델에서 5도를 기울이면 당연히 월식이 일어나지 않을 거라고 생각을 했었습니다. 하지만 아래 그림 보시다시피 빨간색 테두리 안에 기울기랑 관계가 이 모델 관계와 같습니다. 모델에서도 5도를 기울였을 때 월식이 일어나지 않도록 표현을 했으면 좀 더 좋은 모델이지 않았을까 라는 생각이 들었습니다.

PST23은 테크놀로지 교육 자료를 개선하기 위해서 어떤 내용이 보완되어야 하는 지에 대해 파악하고 있었다. 이를 통하여 PST23의

TCK 수준은 상당히 높다는 것을 판단할 수 있다.

PST23: 이것을 보완하는 방법이 뭐가 있을까? 생각을 하다 보니까 그림자가 갈수록 더 좁아지게 한다든지 달의 크기를 키워서 본그림자 안에 완전히 못 들어가게 한다든지 아니면 지구의 크기를 작게 해서 그림자가 좁아지는 것을 더 작게 한다든지 달에 공전 궤도를 더 멀리까지 보내서 본그림자 안에 못 들어가게 한다든지 이렇게 한 가지를 보완하기 위해서 다양한 방법이 있다는 것을 깨달았습니다.

PST23은 TPK는 3.5점, TPACK은 3.2점으로 평균보다 높지만 상대적으로 높지 않은 것으로 나타났다. 그러나 테크놀로지를 활용한 교육의 장점으로 학습자가 능동적으로 조작하고 탐구할 수 있는 자료임을 인식하고 있었으므로, 테크놀로지 기반 교육학적 지식인 TPK도 매우 높다고 연구자들은 판단하였다.

PST23: 그리고 공전이나 월식 같은 경우는 초등학교 때부터 계속 배웠는데 어려워하는 이유는 저희가 태양계의 행성들 맘대로 이렇게 조작을 해 볼 수가 없잖아요. 그래서 교육 같은 경우에는 저 같은 경우는 그냥 동영상을 보여 준다든지 아니면 교과서에 있는 내용을 그냥 무조건적으로 2차원으로만 보고 이해를 하고 암기를 했어야 했는데 이렇게 지오지브라를 하면서 3차원 내에서 제가 직접 조절을 할 수 있도록 해 보고 아니면 스크래치도 나왔었는데 자기가 어려운 부분에 맞춰서 스크래치의 여러 모델을 활용할 수 있어 학생들이 무조건 외우는 게 아니라 스스로 탐구하면서 능동적으로 수업할 수 있다는 점이 매력적이라고 생각을 했습니다.

또한 PST23은 모델을 조작하는 과정에서 지식을 암기하는 차원을 벗어나 스스로 탐구할 수 있는 도구를 획득한다는 것을 깨달았다. 이는 PST23의 TPACK가 높다는 것을 의미하는 것으로 연구자들은 판단하였다.

PST23: (중략) 제가 교과서를 보면서 달의 공전 궤도 기울기가 5도 기울어져 있다고 하길래 그냥 그렇구나 하고 무작정 암기를 하려고 하였습니다. 하지만 이 프로그램 모델에서는 달의 공전 궤도 기울기를 최대 80도까지 조절할 수 있게 했는데 이처럼 프로그램을 제작하면서 터무니없지만 정말 달의 공전궤도가 52도 기울어져 있으면 어떻게 될까 라는 이런 뜻밖의 생각을 하게 되었습니다.(TCK)

(중략)

우리가 여러 차례 실험과 증명을 통해서 비교적 확실해진 법칙 같은 것이 있을 뿐이지 과학은 언제든지 바뀔 수 있고 절대적 진리는 아니라는 것을 알아야 합니다. 하지만 학교교육에서는 교과서 등을 통해 이것을 무조건 암기해야 한다고 하고 이것이 무조건 진리 인양 외우게 하는데 이런 프로그램을 통해서 학생들이 의심을 해 볼 수도 있고 그 과정에서 스스로 탐구하고 발전해 나갈 수 있겠다고 생각이 들었습니다.(TPK)

TCK가 낮고 TPK와 TPACK도 상대적으로 높지 않은 예비 교사 PST23의 TPACK 요소들을 분석한 결과, 이 경우에도 TPACK 설문 의 분석 결과와는 매우 다름을 확인할 수 있었다. 특히 TCK의 경우에

는 그 수준이 굉장히 높은 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 설문에서는 TCK가 매우 낮게 나타났는데, 이는 설문에서 물어본 것이 TPACK 역량이라기 보다는 TPACK에 대한 자기 효능감(Abbitt, 2011; Kang & Jang, 2016)이며, 오히려 지식이 많을수록 자신의 역량에 대한 자기 효능감이 낮을 수 있음을 의미하는 것이다. 이러한 정반대의 현상으로부터 TPACK 설문을 통한 예비 교사의 역량을 판단하는 연구가 결과의 해석에 오류를 일으킬 수 있음을 확인하였다.

다. TCK, TPK, TPACK이 모두 낮은 예비 교사의 실제

PST18은 TPACK의 요소 중에서 PCK를 제외한 요소들은 모두 낮게 나타났다. 특히 TCK는 1.83으로 심층면접 대상자 중에서 가장 낮았다. 그러나 수행평가를 진행하는 과정에서 메신저를 통해 토론했면서 PST18은 스스로 테크놀로지 교육 자료를 찾게 되었다. 이를 통해 PST18의 TCK가 설문 결과와 달리 그리 낮지 않음을 확인할 수 있었다.

PST18: 제가 자료를 찾을 때 인터넷을 내가 모르니까 막 검색하였는데 자료가 너무 많으니까 저는 교과서를 본 게 아니라 그냥 인터넷에 떠돌아다니는 자료들을 봤거든요. 근데 모르는 상태에서 어떤 자료를 봐야 되는지도 모르겠고 팀원들이 직접 제 질문에서 제가 뭘 모르는지를 파악해서 그 부분에 해당하는 이 그림이 저희 팀원이 보내주신 그림이거든요. 그런 그림들로 이해를 점점하기 시작했고 팀원들이 계속 격려를 해줘서 저 스스로도 자료를 찾아볼 수 있게 되었던 것 같아요.

그러나 PST18은 테크놀로지를 활용하여 수업하는 자료보다는 직접 연필로 그려서 설명하는 것이 더 잘 이해된다고 응답하였다. 따라서 TPK는 설문 결과와 마찬가지로 낮음을 확인할 수 있었다.

연구자: 그래서 찾았던 자료들이 이해를 돕는 데 도움이 많이 됐어요?
PST18: 공전궤도가 5도 기울어져 있다는 내용이 뭘 말인지를 이해를 못 했었는데 팀원이 그림을 연필로 직접 그려서 보내주셨거든요. 저는 인터넷에 떠돌아다니는 자료나 지오지브라 이런 것보다도 직접 연필로 이렇게 설명해 주신 게 더 잘 이해가 됐던 것 같아요. 그걸 보면서 제 스스로 다시 한 번 그림을 그려 보면서 제가 이해한 걸 재확인하고 다시 질문하고 피드백 또 주시고 이런 식으로 했더니 이해가 잘 되었던 것 같아요.

또한 공전궤도가 기울어져 있다는 내용을 이해하는 과정에서 테크놀로지를 활용하기 보다는 직접 종이를 잘라 설명하려는 모습을 보여 주었다. 따라서 TPACK의 수준과 설문 결과와 마찬가지로 낮음을 확인할 수 있었다.

연구자: (강의 중에 이루어진) 전체 카톡방에 직접 가지고 이렇게 해서 이런 뜻이냐고 하고 했던 사진하고 마지막에 다 정리를 해서 나름대로 다시 그렸던 그림하고 좀 카톡방에 공유할 수 있을까?
PST18: 네. 이런 식으로 공전궤도가 기울어져 있다는 게 지구가 태양을 공전하는 공전궤도가 이렇게 평평하다고 할 때 달의 공전궤도가 기울어져 있다는 게 이렇게 기울어진 종이를 뜻하는 거야? 이런 식으로 제가 계속 질문했고 그거에 대해서 팀원들의 피드백을 받아서 동의를 할 수 있게 되었습니다.

라. TPACK의 모든 요소가 높은 예비 교사의 실제

PST36은 TPACK에 대한 모든 요소에서 설문의 점수가 높았다. 하지만 테크놀로지를 활용하여 월식 현상이 일어나는 원인에 대하여 설명하면서 태양의 빛을 받는 것이 뒤로 가면 약해진다거나 지구가 둥글기 때문에 태양 빛을 받으면 곡선 부분을 통해 그림자가 큰 모양으로 된다고 잘못 이해하고 있었다. 따라서 PST36의 TCK는 설문 결과와 달리 매우 부족함을 확인할 수 있었다.

연구자: 유튜브가 더 훨씬 보기 편했다는 거지? 그래 그런데 이 유튜브하고 지오지브라 차이가 있는데 지오지브라는 돌고 있는 달과 지구가 동그랄지 않고 아이스크림 콘처럼 생기지 않았니? 콘처럼 왜 생겼어?
PST36: 태양의 빛을 받는 게 점점 뒤로 갈수록 약해진다를 표현하는 거 같습니다.
연구자: 그런 때 콘처럼 될까? 일직선으로 갈까?
PST36: 이게 지구와 달이 지구 구 모양이기 때문에 태양 빛을 받으면 곡선 부분의 통해서 콘모양으로 될 수 있다고 생각합니다.

또한 PST36은 수동적으로 관찰하는 동영상과 코딩을 직접 하면서 능동적으로 모델을 작동시킬 수 있는 지오지브라라는 두 테크놀로지의 차이를 인식하지 못하고 있었다. 따라서 TPK가 부족함을 다시 한 번 확인할 수 있었다.

연구자: 그러면 하나 좀 물어볼게. 동영상으로 찾은 거랑 지오지브라에서 찾은 거랑 차이는 못 느꼈네. 큰 차이는 못 느꼈어?
PST36: 둘 다 그냥 둘 다 장점이 잘 보였고.
연구자: 불편한 점이나 단점이 이런 것들은 잘 없었어?
PST36: 그렇게는 없었는데 왼쪽 영상 같은 경우는 동서남북 이렇게 다 각각 다 위치 했을 때 어느 정도로 어떻게 기울어지는 것을 한 눈에 볼 수 있어서 왼쪽 동영상(유튜브)이 훨씬 더 보기 편했다고 생각합니다.

PST36은 테크놀로지 교육 자료가 가지는 교육학적 측면의 이해도 높지 않음을 확인할 수 있었다. 이에 대한 연구자의 질문에 매우 피상적인 수준의 응답을 하였다.

연구자: 아, 그래요? 그러면 뭐 또 하나 묻고 싶은 건 지오지브라나 스크래치, 이런 동영상 자료들이 있는데 우리가 답을 정해 놓은 건 아니니까, 진짜로 만약에 첫 번째는 이제 내 자신이 이해하는 측면으로 봤을 때 어떤 자료가 제일 도움이 되더라. 그런 생각하고 또 하나는 만약에 이제 학교에서 교사가 되어 가르친다고 했을 때 어떤 게 도움이 될 거 같아. 두 개 좀 말해 줄 수 있어요?
PST36: 우선 제가 많이 학교에서 사용하게 된다면 학년에 따라 조금은 다르게 사용할 것 같습니다. 왜냐하면 초등학교 저학년 같은 경우는 아직 학습을 접해 본 기회도 적고 이렇게 새로운 새로운 나오는 지식들이 어렵게 느껴질 수도 있다고 생각하기에 좀 더 쉽게 표현한 스크래치를 활용하여 아이들이 좀 더 재밌고 이게 어떻게 하면 바뀌는지 그런 걸 알아볼 수 있을 거 같고 초등학교 고학년이나 중 고등학생을 대상으로 지오지브라를 활용하여 내가 배우고 쌓아왔던 지식이 이렇게 구체적이고 정확하게 활용될 수 있다는 것을 보여주면 좋다고 생각합니다.

또한 PST36의 TPACK에 관련된 발표 내용은 관찰되지 않았다. 따라서 TPACK 역량도 높지 않음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 예비 교사들이 갖고 있는 TPACK의 실천적 역량을 측정하기 위하여 기존의 연구들에서 사용한 TPACK 측정 설문지와 수행평가 과정을 통해 드러난 TPACK 역량의 관계를 비교하였다. 연구 결과, TPACK 설문으로 측정한 결과와 수행평가 과정을 통해 드러난 예비 교사들의 TPACK 역량은 매우 다른 것으로 나타났다. 특히 대부분의 항목에서 설문 결과에서의 점수는 낮으나 TPACK 역량은 높은 것으로 나타나거나, 그와는 반대로 점수는 높으나 TPACK 역량은 낮은 것으로 나타나는 경우가 나타났다. 즉, 예비 교사의 TPACK에 대한 설문 결과와 실천적인 역량이 일치하지 않는 경향이 있었다. 이러한 현상은 TPACK 설문이 실제적인 역량을 측정하기 보다는 자기효능감에 관련된 인식을 알아보는 것이기 때문이었다. 따라서 지금까지 수많은 선행연구에서 TPACK 측정 방법으로 사용한 설문이 실천적 TPACK 역량을 측정하지 못한다는 것을 이 연구를 통해 밝혔다. 이 연구에서는 연구 대상이 40명으로 제한적이기 때문에 TPACK 설문의 결과를 성별, 계열별 등으로 구분하여 보다 다양한 변인의 관계를 살펴보는 것에는 어려움이 있었다. 추후 연구를 통해 변인과 TPACK 사이의 관계를 알아보는 연구도 이루어질 필요가 있다.

앞으로 예비 교사들이 TPACK에 대한 실천적 역량을 길러서 학생들의 자기 주도적 학습이 일어날 수 있는 교육 환경을 구성할 수 있기 위해서는 교육적 효과를 확인할 TPACK 역량 측정 방법에 대한 담론이 심도 있게 이루어져야 한다. 이 연구에서 제안한 것과 같은 방식의 수행평가를 통해 예비 교사들의 실천적 역량이 명확하게 평가되는 시도가 이루어지는 것이 필요하며, 이를 보다 구체적이고 정량적으로 판단할 수 있는 평가의 척도 개발도 이루어질 필요가 있다. 아무리 중요한 교사의 역량이라고 하더라도 이를 평가하고 향상되는 과정을 추적할 수 있는 방법이 없다면, 교육적 시도에 대한 담론이 이루어질 수 없기 때문이다.

모든 실천적 역량과 마찬가지로, 예비 교사의 TPACK 역량은 지속적인 연습으로 이루어져야 한다. 따라서 예비 교사의 TPACK 역량을 길러주기 위한 교수 관행은 복잡한 교육 맥락을 고려하여 신중하게 기획되어야 하며, 이러한 교육 활동을 계획하고, 실행하고 평가하는 과정에 대한 심도 있는 연구가 매우 중요하다(Biswas *et al.*, 2005). 또한 예비 교사의 TPACK 역량을 측정하는 과정 역시 피상적인 설문을 통해서만 파악하기 어렵고, 실제적인 교육 활동을 수행하는 과정에서 명확하게 드러날 수 있다(Lundin *et al.*, 2009; Orlikowski, 2002; Willermark, 2018). 특히 설문을 통한 TPACK 역량 평가는 실천적 역량이라기보다는 자기 효능감에 가깝기 때문에 이러한 지식에 대한 인식과 실천적 역량이 다른 평가 영역임을 인식하고 보다 실천적 역량 평가에 타당한 측정 방법을 개발하기 위한 노력이 이루어질 필요가 있다. 따라서 앞으로 다양한 수행평가의 방법으로 예비 교사들의 TPACK 역량을 진단하고, 성장 발달을 측정할 수 있는 방안을 제시하는 연구들이 이루어질 필요가 있다. 구체적인 연구 방안 중 하나로, 수행평가를 통해 다양한 발달 단계를 파악하고 역량발달 단계를 분석

하는 Rasch 모델을 통해 도출된 Pearson reliability, Item reliability, MNSQ 및 Wright map을 종합적으로 활용하여 가설적으로 제안한 TPACK 역량발달 단계의 타당성을 검증하는 방법을 통해 새로운 평가 도구를 제안할 수 있을 것이다.

국문요약

이 연구에서는 예비 교사들이 갖고 있는 TPACK의 실천적 역량을 측정하기 위하여 기존의 연구들에서 사용한 TPACK 측정 설문지와 수행평가를 통해 드러난 TPACK 역량의 관계를 비교하였다. 이를 위하여 이 연구에서는 예비 교사의 TPACK 설문지를 개발하였다. 또한 ‘달과 천체의 변화’에 관련된 수행평가 과제 및 면담을 통해 예비 교사의 TPACK 역량의 실재를 분석하였다. 설문 분석 결과에서는 예비교사들의 PCK와 TPK이 높게 나타났고, 상대적으로 TCK와 TPACK이 낮은 것으로 나타났다. 그러나 설문에서는 TPK가 낮은 것으로 나타난 예비교사의 수행평가를 분석한 결과 TPK가 높은 것으로 나타났다. 반대로 설문에서는 TPK가 높은 것으로 나타난 예비교사의 수행평가를 분석한 결과 TPK는 낮은 것으로 나타났다. 또한 설문에서 TCK가 낮은 것으로 나타난 예비교사의 수행평가를 분석한 결과, 반대로 TCK가 매우 높은 것으로 나타났다. 반대로 설문에서 TCK가 높은 것으로 나타난 예비교사의 수행평가를 분석한 결과, 실제 TCK 역량은 낮은 것으로 나타났다. TPACK가 설문에서는 높게 나타난 경우에도 수행평가의 실제 결과를 통해서만 TPACK가 낮은 것으로 나타났다. 이를 통해 TPACK 측정 도구들이 실행 역량 보다는 자기효능감을 측정하는 것임을 확인하였다.

주제어 : 예비 교사, TPACK, 역량 측정, 설문지, 수행평가

References

- Abbitt, J. T. (2011). Measuring Technological Pedagogical Content Knowledge in Preservice Teacher Education. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(4), 281-300.
- Archambault, L. M., & Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPACK framework. *Computers & Education*, 55(4), 1656-1662.
- Bell, R. L., & Trundle, K. C. (2008). The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 346-372.
- Biswas, G., Leelawong, K., Schwartz, D., & Vye, N. (2005). TTAG at Vanderbilt Learning by teaching: A new agent paradigm for educational software. *Applied Artificial Intelligence*, 19(3-4), 363-392.
- Carr, A. A., Jonassen, D. H., Litzinger, M. E., & Marra, R. M. (1998). Good ideas to foment educational revolution: The role of systematic change in advancing situated learning, constructivism, and feminist pedagogy. *Educational Technology*, 38(1), 5-14.
- 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.
- 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.
- Choi, E. S., Lee, Y., & Paik, S. H. (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.
- Daniel, C. E., Douglas, N. G. & Roy, D. P. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design.

- Journal of the Learning Sciences, 8(3&4), 391-450.
- Duke, N. K., & Mallette, M. H. (Eds.). (2004). Literacy research methodological. New York, NY: The Guilford Press.
- 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.
- Gall, M. D., Gall, J. P., & Borg, W. R. (2007). *Educational research: An introduction* (8th ed.). Boston, MA: Pearson Education.
- Graham, C. R., Burgoyne, N., Cantrel, P., Smith, L., Clair, L.S. & Haris, R. (2009). TPACK development in science teaching: Measuring the TPACK confidence of inservice science teachers. *TechTrends* 53(5), 70-79.
- Guzey, S. S., & Roehrig, G. (2009). Teaching Science with Technology: Case Studies of Science Teachers' Development of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 25-45.
- Higgins, T. E., & Spitulnik, M. W. (2008). Supporting teachers' use of technology in science instruction through professional development: A literature review. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 511-521.
- Jang, S. J., & Tsai, M. F. (2012). Exploring the TPACK of Taiwanese elementary math ematics and science teachers with respect to use of interactive whiteboards. *Computers & Education*, 59(2), 327-338
- Jung, J., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2020). Course-level modeling of pre-service teacher learning of technology integration. *British Journal of Educational Technology*, 51(2), 555-571.
- Kang, S., & Jang M. (2016). On secondary mathematics teachers' technology integration. *Journal of Korean Society of Mathematics Education Series A: The Mathematical Education*, 55(4), 523-538.
- Kim, M. C., Hannafin, M. J., & Bryan, L. A. (2007). Technology-enhanced inquiry tools in science education; An emerging pedagogical framework for classroom practice. *Science Education*, 91, 1010-1030.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What Happens When Teachers Design Educational Technology? The Development of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131-152.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Hershey, K., & Peruski, L. (2004). With a little help from your students: A new model for faculty development and online course design. *Journal of Technology and Teacher Education*, 12(1), 25-55.
- Koehler, M. J., Shin, T. S., & Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK? Let me count the ways. In *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches* (pp 16-31). IGI Global.
- Koh, J. H. L., & Chai, C. S. (2015). Towards a Web 2.0 TPACK lesson design framework: Applications of a Web 2.0 TPACK survey of Singapore preservice teachers. In T. B. Lin, V. Chen, & C. Chai (Eds.), *New media and learning in the 21st century* (pp. 161-180). Singapore: Springer.
- Landry, G. A. (2010). *Creating and Validating an Instrument to measure Middle Mathematics Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge(TPACK)*, Doctoral Dissertation, University of Tennessee.
- Lee, D. H., & Whang, W. H. (2017). Development and Validation of TPACK Measurement Tool for Mathematics Teachers. *Journal of Korean Society of Mathematics Education Series A: The Mathematical Education*, 56(4), 407-434.
- Lee, H., Linn, M. C., Varma, K., & Liu, O. L. (2010). How do technology-enhanced inquiry science units impact classroom learning? *Journal of Research in Sience Teaching*, 47, 71-90.
- Lee, M. H., & Tsai, C. C. (2010). Exploring teachers' perceived self efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use of the World Wide Web. *Instructional Science*, 38(1), 1-21.
- Linn, M. C., Davis, E. A., Bell, P. (2004). Inquiry and technology. In : Linn, M. C., Davis, E., Bell, P. (eds) *Internet environments for science education*(pp. 3-28), Routledge.
- Lundin, J., Svensson, L., Pareto, L., & Lundh Snis, U. (2009). What makes the skilled, skilled?—Conflicts as analytical tools to describe skills in everyday life, information and socio-cultural theory. In T. Karlsohn (Ed.), *Society, technology and learning* (Vol. 1, p. 195). Stockholm, Sweden: Carlsson.
- Lux, N. J., Bangert, A. W., & Whittier, D. B. (2011). The development of an instrument to assess preservice teacher's technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 45(4), 415-431.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006a). Designing learning from day one: A first day activity to foster design thinking about educational technology. *Teachers College Record*.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006b). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.
- Mistler-Jackon, M., & Songer, N. B. (2000). Student motivation and internet technology: Are students empowered to learn science? *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 459-479.
- Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge Growth in Teaching with Technology. *Journal of Educational Computing Research* 4(3), 29-317.
- Osborn, J., & Hennessy, S. (2003). Literature review in science education and the role of ICT: Promise, Problems and future directions. Bristol: NESTA Futurelab Series.
- Orlikowski, W. J. (2002). Knowing in practice: Enacting a collective capability in dis tributed organizing. *Organization Science*, 13(3), 249-273.
- Pedersen, J. E., Yerrick, R. K. (2000). Technology in science teacher education: survey of current uses and desired knowledge among science educators. *Journal of Research in Science Teaching*, 11(2), 131-153.
- Scherer, R., Tondeur, J., Siddiq, F., & Baran, E. (2018). The importance of attitudes toward technology for pre-service teachers' technological, pedagogical, and content knowledge: Comparing structural equation modeling approaches. *Computers in Human Behavior*, 80, 67-80.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149.
- Schnittka, C. G., & Bell, R. L. (2009). Preservice biology teachers' use of interactive display systems to support reforms-based science instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(2).
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Shin, W., Han, I., & Eom, M. (2012). Influence of Technology Integration Course on Preservice Teachers' Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK), *Journal of The Korean Association of Information Education*, 16(1), 71-80.
- So, H.-J., & Kim, B. (2009). Learning about problem based learning: Student teachers integrating technology, pedagogy and content knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology*, 25(1), 101-116.
- Songer, N. B., Lee, H. S., Kam, R. (2002). Technology-rich inquiry science in urban classrooms; what are the barriers to inquiry pedagogy? *Journal of Research in Science Teaching*, 39(2), 128-150.
- Varma, K., Husic, F., & Linn, M. C. (2008). Targeted support for using technology-enhanced science inquiry models. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 341-356.
- Willermark, S. (2018). *Technological Pedagogical and Content Knowledge: A Review of Empirical Studies Published From 2011 to 2016*. *Journal of Educational Computing Research*, 56(3), 315-343.
- Wothke, W. (1993) Nonpositive definite matrices in structural modeling. In K.A. Bollen & J.S. Long (Eds.), *Testing Structural Equation Models* (Chap. 11, pp. 256-293). Newbury Park NJ: Sage.

저자정보

최경식(세종과학예술영재학교 교사)
백성혜(한국교육원대학교 교수)

부록 1

예비 교사 TPACK 설문지

이 설문지는 예비 교사의 TPACK에 대한 인식을 알아보기 위한 것입니다. 자신이 생각하는대로 답해 주시면 감사하겠습니다. 개인적인 정보(성명, 학번 등)는 연구 이외의 다른 목적으로는 절대 사용되지 않으며 철저히 비밀로 유지됩니다.

감사합니다.

- * 학번 :
- * 학과 :
- * 이름 :
- * 성별 : 남/여

※ 다음은 예비교사의 테크놀로지 활용에 대한 지식을 알아보기 위한 문항입니다. 해당하는 항목을 선택하여 주시기 바랍니다.

영역 1. 교수 내용 지식(PCK)

		전혀 아니다	아니다	잘모르 겠다	그렇다	매우 그렇다
1	나는 달과 천체의 변화에 대해 학생들이 능동적으로 활동하는 수업의 운영 방법을 알고 있다					
2	나는 달이나 천체의 변화에 대한 수업에서 학생들이 능동적으로 활동하도록 교실 환경에 적합한 교수 방법을 사용할 수 있다.					
3	나는 달이나 천체의 변화에 대한 수업을 할 때 다양한 학습자들이 능동적으로 활동하도록 하는 교수 방법을 적용할 역량을 가지고 있다.					
4	나는 달과 천체의 변화에 대해 학생들이 능동적으로 활동하는 결과로부터 학생들이 이해하는 것과 이해하지 못하는 것에 대해 파악할 수 있다.					
5	나는 학생들이 이해하는 것과 이해하지 못하는 것을 토대로 학생들이 능동적으로 활동하는 달과 천체의 변화에 대한 수업을 구성할 수 있다.					
6	나는 달과 천체의 변화에 대한 수업에서 학생들이 능동적으로 활동하는 교실 환경을 만들고 학생들의 역량을 평가하는 방법을 안다.					
7	나는 달과 천체의 변화에 대한 수업에서 학생들이 능동적으로 활동하는 교실 환경을 통해 다양한 방법으로 학생들의 학습 성과를 평가할 수 있다.					

영역 2. 테크놀로지 기반 내용 지식(TCK)

		전혀 아니다	아니다	잘모르 겠다	그렇다	매우 그렇다
1	나는 소프트웨어를 활용하여 낮에 나온 반달이 해와 어떤 위치 관계에 있는지 표현할 수 있다.					
2	나는 소프트웨어를 활용하여 달의 모양이 바뀌는 이유를 표현할 수 있다.					
3	나는 소프트웨어를 활용하여 하루 동안의 태양과 달의 위치를 표현할 수 있다.					
4	나는 소프트웨어를 활용하여 여러 날 동안 변하는 달의 모양과 위치를 표현할 수 있다.					
5	나는 소프트웨어를 활용하여 일식이 관찰되는 이유를 표현할 수 있다.					
6	나는 소프트웨어를 활용하여 월식이 관찰되는 이유를 표현할 수 있다.					

영역 3. 테크놀로지 기반 교육학 지식(TPK)

		전혀 아니다	아니다	잘모르 겠다	그렇다	매우 그렇다
1	나는 소프트웨어를 활용하여 학생들이 능동적으로 활동하는 수업의 운영 방법을 알고 있다					
2	나는 소프트웨어를 활용하여 학생들이 능동적으로 활동하는 교실 환경에 적합한 교수 방법을 사용할 수 있다.					
3	나는 소프트웨어를 활용하여 학생들이 능동적으로 활동하는 결과로부터 학생들이 이해하는 것과 이해하지 못하는 것에 대해 파악할 수 있다.					
4	나는 소프트웨어를 활용하여 학생들이 능동적으로 활동하는 수업에서 학생들의 역량을 평가하는 방법을 안다.					
5	나는 소프트웨어를 활용하여 학생들이 능동적으로 활동하는 수업을 통해 다양한 방법으로 학생들의 학습 성과를 평가할 수 있다.					

영역 4. 테크놀로지 기반 교수 내용 지식(TPACK)

		전혀 아니다	아니다	잘모르 겠다	그렇다	매우 그렇다
1	나는 소프트웨어를 활용하여 달과 천체의 변화에 대해 학생들이 능동적으로 활동하는 수업의 운영 방법을 알고 있다					
2	나는 소프트웨어를 활용하여 달과 천체의 변화에 대해 학생들이 능동적으로 활동하는 결과로부터 학생들이 이해하는 것과 이해하지 못하는 것에 대해 파악할 수 있다.					
3	나는 학생들이 이해하는 것과 이해하지 못하는 것을 토대로 소프트웨어를 활용하여 학생들이 능동적으로 활동하는 달과 천체의 변화에 대한 수업을 구성할 수 있다.					
4	나는 소프트웨어를 활용하여 달과 천체의 변화에 대한 수업에서 학생들이 능동적으로 활동하는 교실 환경을 만들고 학생들의 역량을 평가하는 방법을 안다.					
5	나는 소프트웨어를 활용하여 달과 천체의 변화에 대한 수업에서 학생들이 능동적으로 활동하는 교실 환경을 통해 다양한 방법으로 학생들의 학습 성과를 평가할 수 있다.					