

초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릿의 매개효과

채유정 · 이기영 · 박재용[†]

The Mediating Effect of Grit in the Relationship between pPCK and ePCK Perceived by Teachers in Elementary School Science Classes

Chae, Yoojeong · Lee, Kiyoung · Park, Jaeyong[†]

국문 초록

이 연구에서는 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 개인적 PCK(pPCK)와 실행된 PCK(ePCK) 사이의 관계에서 그릿의 매개효과를 확인하고자 하였다. 문헌분석 결과에 기초하여 pPCK, ePCK, 그릿을 잠재변수로 설정하여 연구 가설 모형을 설계하였다. 분석 방법은 잠재 변수를 구성하는 측정변수들 사이의 상호관련성을 살펴보기 위해 Pearson 적률상관분석을 실시했고, 모형의 적합도를 분석하기 위해 구조방정식 모형을 사용하였다. 또한, 그릿의 매개효과를 구체적으로 살펴보기 위해 부트스트래핑(bootstrapping) 분석을 실행하였다. 연구 결과, 측정변수들은 통계적으로 유의한 상관을 보였다. 구조방정식 분석 결과, 측정 모형은 연구 가설 모형에 부합하였다. 또한, 부트스트래핑 분석 결과, 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릿의 매개효과가 통계적으로 유의하였다. 교사 전문성 영역에서 그릿의 중요성과 그 효과를 정량적으로 살펴본 이 연구의 결과는 초등학교 과학 수업에서 교사의 전문성 개발 및 교사교육 연구를 위한 중요한 시사점을 제공할 것으로 기대된다.

주제어: 교사 교육, 교과교육학 지식, 그릿, 구조방정식 모형

ABSTRACT

In this study, we explored the mediating effect of grit in the relationship between elementary school science teachers' perceived personal pedagogical content knowledge (pPCK) and enacted pedagogical content knowledge (ePCK). Drawing on insights from a review of the literature, we developed a research hypothesis model that set pPCK, ePCK, and grit as latent variables. Pearson correlation was conducted to examine the interrelationships among the latent variables. Structural equation modeling (SEM) was then employed to analyze the model fit. Additionally, bootstrap analysis was performed to specifically investigate the mediating effect of grit in the relationship between pPCK and ePCK. The Pearson correlation analysis indicated statistically significant correlations among the measurement variables. Meanwhile, the SEM analysis revealed that the measurement model aligned with the research hypothesis model. Furthermore, the bootstrap analysis demonstrated that grit had a statistically significant mediating effect in the relationship between elementary school science teachers' perceived pPCK and ePCK. These findings quantitatively examine the importance and impact of grit in the teacher expertise domain, providing valuable insights for the development of teachers' expertise and teacher education research within elementary school science classes.

Key words: teacher education, PCK, grit, structural equation modeling

이 연구는 2023년도 서울교육대학교 교내연구비를 지원받아 수행되었음.

2024.01.02(접수), 2024.01.08(1심통과), 2024.01.10(최종통과)

E-mail: jypark@snu.ac.kr(박재용)

I. 서론

교사의 전문성을 어떻게 정의하는가는 시대와 교직을 바라보는 관점에 따라 다를 수 있으나 교사 전문성의 핵심은 수업 전문성이라고 할 수 있다. PCK (Pedagogical Content Knowledge)는 교사의 수업 전문성을 드러내는 대표적인 지표이다. PCK는 특정 학생들에게 특정 내용을 효과적으로 가르치는 데 필요한 전문적 지식의 한 형태로, 교사와 다른 분야의 전문가를 구분 짓는 교사 지식의 고유한(unique) 영역이다. 과학교육 분야에서 PCK는 교사의 수업 전문성을 드러내는 지표로 활발히 사용되고 있지만, 연구자마다 PCK의 범위와 구성요소에 대한 설명은 조금씩 차이를 보였다(Cochran *et al.*, 1993; Grossman, 1990; Hashweh, 2005; Magnusson *et al.*, 1999; Park & Oliver, 2008). 그러나 이들 연구는 공통으로 PCK를 잘 이해하는 것이 과학교육의 질을 높이는 필수적인 과정으로 보고하고 있다(Chan & Hume, 2019).

Shulman(1986, 1987)이 PCK를 소개한 이래 무엇을 지식으로 볼 것인가와 같은 인식론적 논의에 따라 PCK의 개념화는 수렴과 발산을 반복하며 그 특성이 다양해졌고, 일부 연구자들은 인지적 속성뿐만 아니라 비인지적 속성도 PCK의 구성요소에 포함하였다. 예를 들어, 교사의 교과 내용 목표에 대한 이해(Grossman, 1990)나 평가 및 교육의 목적(Morine-

Deshimer & Kent, 1999), 신념(Grossman, 1990; Rollnick *et al.*, 2008), 과학 교수를 위한 지향(Magnusson *et al.*, 1999), 감정(Zembylas, 2007), 그리고 효능감(Park & Oliver, 2008)과 같은 정의적 요소들이 PCK의 구성요소로 제시되었다.

그러나 이러한 PCK 연구의 양적 확대로 인해 PCK에 관한 연구자 간 이해의 격차 및 모순이 발생했고, 최근 과학 PCK 분야의 전문가들 사이에서는 PCK의 개념화에 관한 공동의 합의를 이루기 위한 논의가 두 차례에 걸쳐 이루어졌다. 그 결과, Fig. 1, Fig. 2와 같이 PCK 합의 모델인 CM (Consensus Model)과 RCM (Refined Consensus Model)이 도출되었다(Carlson *et al.*, 2015; Calson & Dachler, 2019). CM은 PCK의 개념화에 관한 합의를 이루었다는 점에서 의의가 있지만, PCK의 변인이나 계층 사이의 복잡한 상호작용을 충분히 풀어내지 못하고 있다는 한계를 지적받았다(Sorge *et al.*, 2019). 이후 개발된 RCM에는 이러한 CM의 한계를 개선하려는 연구자들의 노력이 담겨 있다.

Fig. 2는 RCM을 나타낸 것으로, RCM의 가장 큰 특징 중 하나는 PCK를 집단적 PCK (cPCK, collective PCK), 개인적 PCK (pPCK, personal PCK), 실행된 PCK (ePCK, enacted PCK)로 구별하고, 이들 PCK의 세 가지 영역과 광범위한 지식 기반 사이의 역동적 상호작용을 양방향적 지식 교환이라는 특정한 방

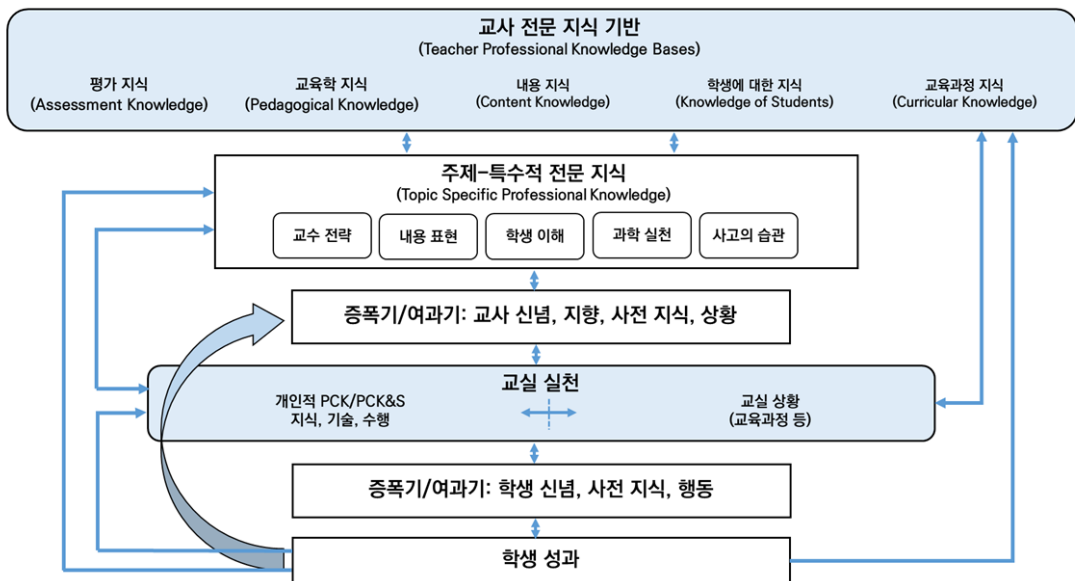


Fig. 1. Representation of the 2012 Consensus Model (CM) (Carlson *et al.*, 2015)

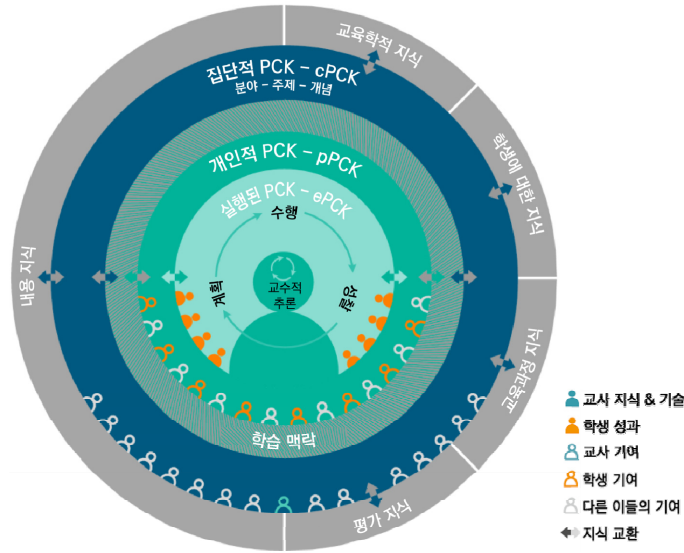


Fig. 2. Representation of the Refined Consensus Model (RCM) (Carlson & Dachler, 2019)

식으로 설명했다는 점이다. PCK의 세 가지 영역은 각각 한 분야의 여러 교육자가 공유하는 공적인 지식(cPCK), 개별 교사가 보유한 암묵적 지식(pPCK), 그리고 교사가 수업을 계획, 수행, 성찰하는 동안 사용하는 실천적 지식(ePCK)을 나타낸다(Carlson & Dachler, 2019). 이들 사이의 관계를 구체적으로 살펴보면, cPCK는 pPCK의 재료가 되고, 다시 pPCK는 특정 수업의 맥락에서 실천적 형태인 ePCK로 표현되는데, 이러한 관계는 역으로도 작용한다.

RCM의 또 다른 중요한 특징은 수업을 실행하는 동안 교사가 지닌 PCK와 그것의 실행 사이의 관계를 명시적으로 표현했다는 점이다. RCM에서는 교사의 전문적 지식의 ‘이해’ 영역을 pPCK로, ‘실행’ 영역을 ePCK로 표현하고, pPCK와 ePCK 간 복잡한 상호작용을 통해 발현되는 교수 행동이 PCK라는 점을 강조하였다(Park & Suh, 2019). 앞서 언급했듯 pPCK와 ePCK 간 변환적 메커니즘에는 지식 교환이 양방향으로 일어나는데, 이때 교사의 신념이나 태도, 학습 맥락과 같은 비인지적 요소들이 개별 교사의 지식이나 경험으로부터 무엇을 사용하고 제거할 것인지 조정하는 증폭기/여과기(amplifier/filter) 역할을 한다(Carlson & Dachler, 2019). RCM에서 pPCK와 ePCK 간 복잡하고 역동적인 상호작용이 PCK의 구인 중 하나로 강조되고 있는 만큼, 이들 사이의 관계를 조절하는 증폭기/여과기를 PCK를 설명하는 중요한 특징으로 다룰 필요가 있다(채유정 등, 2023).

RCM에서 설명하는 증폭기/여과기의 역할을 하는 교사의 비인지적 요소 중에서도 정의적 특성은 교사의 교수 행동을 매개하고 조절하며(Shavelson & Stern, 1981; Stender *et al.*, 2017), PCK의 질적 수준을 판단하는 데 중요한 역할을 하는 학생의 학습 성취(Park, 2019)에도 밀접한 영향을 미친다. Keller *et al.* (2017)은 교사의 PCK와 정의적 특성이 학생의 학습에 미치는 영향은 상호보완적으로 나타난다고 설명하며, 교사의 수업 전문성을 이해하려는 연구는 교사의 PCK와 정의적 특성을 통합적으로 다룰 필요가 있다고 강조했다. 그러나 가장 최신의 PCK 합의 모델인 RCM에서는 정의적 특성의 중요성을 충분히 반영하지 못하고 있으며(채유정 등, 2023), 지금까지 PCK에 관한 선행연구에는 PCK의 세 가지 영역 사이의 관계에서 증폭기/여과기가 어떠한 역할을 하는지에 대한 증거가 대부분 누락되어 있다(Sorge *et al.*, 2019). 교사의 PCK와 정의적 특성의 밀접한 연관성을 고려할 때, 이들 사이의 관계에 초점을 맞추어 교사의 수업 전문성을 이해하려는 노력이 이루어질 필요가 있다.

최근 한 분야에서의 성공, 즉 전문성을 갖춘 사람에게 요구되는 정의적 특성으로 ‘그릿(grit)’에 관한 관심이 높아지고 있다. 이전에 수행되었던 연구를 바탕으로 유능한 교사의 핵심 특성을 정리한 조벽(2010)의 관점에서 볼 때, 좋은 과학 교사는 수업에서 무엇을 어떻게 가르칠까를 아는 것뿐만 아니라

학생들을 배려하는 방향으로 아는 것을 수업 행동으로 옮기려는 열의와 마음가짐을 갖추어야 한다. 이러한 점에서, ‘장기적인 목표를 향한 열정과 끈기’로 이해되는 되는 그릿은 과학 교사의 수업 전문성을 이해하는 중요한 변인으로 다루어질 필요가 있다(채유정 등, 2023). Duckworth *et al.*(2007, 2011)은 그릿이라는 개념을 처음 소개하며, 그릿이 열정과 끈기라는 두 가지 구인으로 이루어졌다고 설명했다. 구체적으로 열정과 끈기는 각각 관심사를 꾸준히 유지하는 흥미 유지(consistency of interest)와 어려움과 좌절을 극복하는 노력 지속(perseverance of effort)을 의미한다(임효진, 2019). 그릿의 의미가 열정이나 의지, 자기 통제, 성실성 등 유사 구인들과 개념적 구분이 모호하다는 점에서 그릿에 대한 비판적 시각이 존재하지만(Credé *et al.*, 2016; Duckworth, 2016), 그릿은 지속적인 관심 유지와 목표 추구 및 자기 결정성을 강조한 개념으로 다른 유사한 개념들과 구별된다(임효진, 2019). 즉, 그릿은 단순히 열정과 끈기를 합한 것을 넘어, 목표를 성취하기 위해 장기간에 걸쳐 열정과 끈기를 지속하는 정의적 능력이라고 할 수 있다(채유정 등, 2023).

교사의 그릿은 교사의 수행과 밀접한 연관을 맺을 뿐만 아니라(Duckworth *et al.*, 2009), “성격, 기질적 특성, 흥미, 가치와 목표를 추구하는 마음가짐” 등과 같은 교사 전문성의 정의적 특성 중 하나로서 학생의 학습에 영향을 미치는 주요 변인으로 보고되고 있다(Dobbins, 2016). 즉, 교사의 그릿은 교사가 수업에서 자신이 지닌 전문적 지식과 기술을 활용하고 교수 행동을 결정하는 방식과 밀접하게 관련되어 있다고 할 수 있다(채유정 등, 2023). 그러나 지금까지 교사의 그릿을 다룬 연구는 대부분 교사효과성(Duckworth *et al.*, 2009), 교사효능감 및 직무만족도(조성진과 안연경, 2023), 스트레스(권대훈, 2018), 학교조직 환경(소연희, 2019) 등 교사의 비인지적 특성과 그릿의 관계를 규명하는 데 초점을 두고 있을 뿐 교사 전문성의 다른 영역과 연관지어 이해하려는 노력은 잘 이루어지지 않고 있다. 특히, 국내 과학 교사 연구에서는 교사의 열정을 교사 전문성과 동일시하거나(오욱환, 2005), 예비 교사의 열정과 PCK 사이의 관계를 밝히고 있는(강훈식, 2023) 등, 열정이라는 구인을 통해 정의적 특성을 교사 전문성의 영역에서 이해하려는 노력이 이루어지고 있다. 그러나 열정으로 교사 전문성을 대표하여 설명하기에는

그 범위가 제한적이라는 한계가 있다. 이에, 이 연구에서는 기존 연구 결과를 토대로 교사의 마음 자세를 드러내기에 적합한 것으로 인정되는 그릿을 교사의 정의적 특성의 핵심 구인으로 설정하였다.

초등학교 과학 교사의 PCK, 그릿, 교수 효능감 사이의 구조적 관계를 조사한 채유정 등(2023)의 연구에서는 그릿이 pPCK 및 ePCK와 상호작용하며 교수 효능감에 밀접한 영향을 준다는 점을 보고하며, 초등 과학 교육에서 교사의 전문성을 이해하는 데 그릿이 중요한 변인으로 고려되어야 함을 강조한 바 있다. 그러나 이 연구에서는 교사의 pPCK와 ePCK, 그릿이 어떠한 관계를 맺으며 상호작용하는지를 구체적으로 밝히지 못하고 있다는 한계가 있다. 앞서 언급했듯, 기존의 PCK에 관한 연구들이 교사의 정의적 특성을 중요하게 다루어 왔던 것과는 달리, 정의적 특성과 PCK 사이의 관계를 구체적으로 살펴본 연구는 찾아보기 어렵다. PCK에 관한 가장 최신의 합의가 담긴 RCM을 다룬 연구에서도 증폭기/여과기로 설명된 정의적 특성의 역할을 조사한 연구는 Sorge *et al.*(2019)의 연구 외에는 찾아보기 어렵다. 이에, 이 연구에서는 교사의 정의적 특성과 PCK의 관계를 실증적으로 확인하려는 노력의 일환으로, 그릿과 PCK 영역 사이의 관계를 구체적으로 밝히고자 하였다. 이를 위해 이 연구에서는 PCK에 관한 가장 최신의 합의가 담긴 RCM을 이론적 렌즈로 삼아 PCK의 세 가지 영역 중 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릿의 매개효과를 분석하여 살펴보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릿의 매개효과를 조사하기 위하여 전국의 초등교사 286명을 무선 표집한 후 온라인 설문조사를 실시했다. 설문조사 응답 결과를 코딩하는 과정에서 부정형 문항에 대해 3점 이상의 척도에 응답하거나 한 가지 번호로만 응답하는 등 설문조사의 신뢰도 및 타당도에 영향을 줄 것으로 의심되는 응답 자료는 분석 대상에서 제외하였다. 최종적으로 250명의 응답 자료를 최종 분석 대상으로 선정하였으며, 이 연구에 참여한 초등교사들의 구체적인 정보는 Table 1과 같다.

Table 1. Teachers participated in this study (N=250)

배경변인	구분	교사 수(명)	백분율(%)
교직 경력	5년 미만	63	25.2
	5~10년	85	34.0
	10~15년	54	21.6
	15~20년	26	10.4
	20년 이상	22	8.8
과학 수업 경험	교과 전담 수업	32	12.9
	담임 수업	142	56.6
	교과 전담 및 담임 수업	76	30.5
최종 학력	대학교 졸업	151	60.4
	석사과정 이상	88	35.1
	박사과정 이상	11	4.4

2. 측정 도구

1) pPCK

과학 수업에서 초등교사의 pPCK에 대한 인식을 조사하기 위하여 박성혜(2003)가 개발한 과학 PCK 검사도구를 채유정 등(2023)의 연구에서 초등교사의 과학 PCK의 이해 영역인 pPCK에 초점을 두어 문항의 내용이나 용어를 수정·보완한 검사지를 사용하였다. 초등학교 과학 수업에서 교사의 pPCK에 대한 인식을 조사하기 위한 이 검사지는 교수법, 표현, 내용, 평가, 학생 이해 및 교육과정에 관한 지식의 총

6개 요인에 대하여 18개 문항으로 구성되어 있다.

2) ePCK

과학 수업에서 초등교사의 ePCK에 대한 인식을 조사하기 위하여 채유정 등(2023)이 우필희(2010)의 초등 교사의 과학 수업 실행 전문성 개발의 발달과 학습 틀을 참고하여 새롭게 구성한 검사 도구를 사용하였다. 초등학교 과학 수업에서 교사의 ePCK에 대한 인식을 조사하기 위한 이 검사지는 수업 설계, 학습 환경 조성, 탐구, 수업 전략, 평가의 총 5개 요인에 대하여 3개의 부정형 문항을 포함한 18개 문항으로 구성되어 있다.

3) 그릿

과학 수업에서 초등교사의 그릿을 조사하기 위하여 그릿을 소개한 Duckworth가 동료들과 함께 처음 개발한 그릿 원칙도(Grit-O Scale; Duckworth *et al.*, 2007)의 수정된 버전인 단축형 그릿 척도(Grit-S Scale)의 문항(Duckworth & Quinn, 2009)을 사용하였다. 단축형 그릿 척도는 열정, 끈기라는 2개 요인에 대하여 8개 문항으로 구성되어 있다. 이 연구에서는 초등교사의 과학 수업에 초점을 맞추어 기존의 검사지에서 문항의 표현을 일부 수정하였으며, 불성실한 응답지를 식별하기 위해 2개의 부정형 문항을 포함하였다(Table 2).

Table 2. Reliability coefficients and examples of questionnaire (채유정 등, 2023)

(N=250)

구인	변수	문항 수	Cronbach's α	문항 예시
pPCK	교수법	4	.831	과학 내용에 따른 적합한 과학 교수 방법
	표현	2	.638	과학 내용 설명에 적절한 비유와 도식
	내용	3	.824	과학 지식(예: 사실, 개념, 원리, 법칙, 법칙 등)
	평가	3	.824	과학 핵심 개념을 평가하는 방법
	학생	3	.764	개별 학생이 학습 과정에서 겪는 어려움
	교육과정	3	.798	교육과정에 제시된 교수·학습 및 평가 방법
	소계	18	.883	
ePCK	수업 설계	4	.730	내용 체계 및 단원 성격을 고려한 학습 방향 설정
	학습 환경 조성	3	.783	학습 과정에서 학생 간 협력적 소통 격려
	탐구	4	.768	탐구 내용과 방법에 적절한 자료 안내 및 제공
	수업 전략	3	.748	학생 스스로 지식을 구성할 수 있는 기회 제공
	학습 평가	4	.767	학습 목표와 내용에 적합한 평가 방법 사용
소계	18	.872		
그릿	열정	4	.553	새로운 생각이나 일이 생기더라도 과학 수업에 관한 생각이나 준비에 몰두한다.
	끈기	4	.690	과학 수업과 관련된 일은 시작하면 반드시 끝낸다.
	소계	8	.638	

3. 자료 수집 및 분석

이 연구에서는 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릇의 매개효과를 조사하기 위하여 초등 교사를 대상으로 온라인 설문을 실시하였다. 교사의 암묵적이고 맥락 특수적인 PCK를 측정하기 위해서는 교수·학습과 관련된 여러 가지 변수와 맥락적 요인들에 대한 고려가 요구되지만(Park, 2019), pPCK, ePCK, 그릇 사이에 존재하는 구조적 관계를 확인하기 위한 이 연구에서는 다수 교사들을 대상으로 PCK의 실태를 조사할 필요가 있었다. 이런 연유로 이 연구에서는 리커트(Likert)형 자기보고식 검사 도구를 통해 초등 교사들의 pPCK 및 ePCK를 정량적으로 조사하였다.

온라인 설문 링크를 초등학교 교사들만 이용하는 비공개 커뮤니티에 2주 동안 배포하고, 참여를 희망하는 교사가 자발적으로 온라인 설문에 응답하도록 하였다. 이때, 비대면으로 실시되는 온라인 설문의 제한점을 고려하여 설문에 대한 자세한 안내를 함께 제시하여 연구 참여 교사들이 설문의 목적과 방법, 유의사항을 충분히 숙지할 수 있도록 했다. 또한, 설문에 참여한 교사들에게는 소정의 기념품을 제공

하였다. 설문 응답 결과 중 성실하게 응답한 250개의 응답지를 최종 분석 대상으로 선정하였다. 구조방정식 모델 분석 시 일반적으로 200~400개 정도의 표본의 크기가 바람직한 것으로 여겨지므로(우종필, 2012), 이 연구에서 사용한 표본의 개수는 구조방정식 모델 분석에 적정하다고 볼 수 있다. 최종 분석 대상으로 선정된 응답 결과를 코딩한 후 다음과 같이 분석하였으며, 분석에는 통계프로그램 SPSS 29.0과 AMOS 29을 사용하였다.

먼저, 수집된 자료의 기초통계량을 확인하여 자료가 정규분포를 이루고 있는지 확인하고, 다중공선성 문제 여부를 파악하기 위하여 Pearson 상관분석을 실시하였다. 다음으로, 확인적 요인 분석을 실시하여 잠재변수인 교사의 pPCK, ePCK, 그릇을 이루는 측정변수들이 적절한지 확인하였다. 또한, 이들 세 잠재변수 사이의 관계를 확인하기 위한 구조방정식 모형을 설정하고, 모형의 타당도와 적합도를 확인하였다. 마지막으로, 이 연구에서 수집된 자료가 200개 이상이므로 최대우도법(full information maximum likelihood)을 사용하여 구조방정식 모형을 분석하였다. 이때, 초등학교 과학 수업에서 교사의 pPCK,

Table 3. Descriptive statistics for measured variables

(N=250)

구인	변수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
pPCK	1	1												
	2	.719**	1											
	3	.565**	.684**	1										
	4	.599**	.539**	.585**	1									
	5	.489**	.505**	.425**	.468**	1								
	6	.580**	.588**	.578**	.546**	.527**	1							
ePCK	7	.472**	.439**	.450**	.522**	.424**	.508**	1						
	8	.375**	.373**	.413**	.412**	.440**	.464**	.516**	1					
	9	.486**	.475**	.522**	.499**	.494**	.545**	.556**	.653**	1				
	10	.498**	.448**	.454**	.413**	.472**	.548**	.487**	.558**	.667**	1			
	11	.452**	.447**	.419**	.562**	.503**	.518**	.605**	.581**	.621**	.562**	1		
그릇	12	.172**	.190**	.138*	.194**	.270**	.287**	.232**	.197**	.248**	.291**	.411**	1	
	13	.172**	.279**	.238**	.186**	.300**	.282**	.296**	.276**	.309**	.320**	.317**	.261**	1
	평균	3.84	3.77	4.13	3.94	3.81	3.92	4.01	4.17	4.15	4.10	3.97	3.61	3.68
	표준편차	.66	.67	.65	.68	.67	.64	.59	.64	.53	.59	.59	.72	.64
	왜도	-.56	-.72	-.61	-.51	-.35	-.39	-.30	-.47	-.35	-.25	-.43	-.07	.16
	첨도	.59	1.09	.38	.74	-.16	-.14	.06	-.21	.29	-.08	.35	-.17	-.31

1-교수법, 2-표현, 3-내용, 4-평가, 5-학생, 6-교육과정, 7-수업 설계, 8-학습 환경 조성, 9-탐구, 10-수업 전략, 11-학습 평가, 12-열정, 13-관기

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

ePCK, 그릿 사이의 표준화 경로계수를 통해 변수 간 구조적 관계를 확인하였고, 부트스트랩핑(bootstrapping) 방법을 사용하여 그릿이 갖는 매개효과의 통계적 유의성을 검증하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 기초통계량 및 측정변수 간 상관관계

구조방정식 모형을 분석하기에 앞서, Table 3과 같이 수집된 자료의 기초통계량 및 측정변수 간 상관관계를 확인하였다. 먼저, 수집된 자료들의 기초통계량(평균, 표준편차, 왜도, 첨도)을 살펴본 결과, 왜도는 -.72~-.07, 첨도는 -.31~1.09로 나타나 자료들이 정규분포를 이룬다고 간주할 수 있다. 다음으로, 구성개념 간 다중공선성 문제 여부를 살펴보기 위하여 구성개념을 이루는 측정변수 간 상관관계를 확인하였다. 그 결과, 측정변수들 사이의 상관관계는 모두 통계적으로 유의하게 나타났다. 또한, 일반적으로 측정변수 간 상관계수가 0.8 미만이면 다중공선성의 위험이 있는 것으로 간주하는데(배병렬, 2009), 이 연구에서는 측정변수 간 상관계수가 모두 0.8 미만으로 나타나 다중공선성의 문제가 없는 것으로 확인되었다.

2. 연구 모형의 타당도 및 적합도 분석

구조방정식 모형 분석에 앞서, 이 연구에서 설정한 모형의 타당도 및 적합도를 분석하였다. 먼저, 측정변수가 잠재변수를 적절히 측정하고 있는지를 확인하고 측정변수와 잠재변수 사이의 상관정도를 분석하기 위하여 측정모형(full measurement model)의 타당성을 확인하였다. 이를 위해, 구성개념과 측정변수가 일치하는 정도를 나타내는 집중타당성과 서로 다른 구성개념 간 차이를 나타내는 판별타당성을 살펴보았다. 이 연구에서는 집중타당성을 검증하기 위하여 요인부하량, 유의성(C.R.: Critical Ratio), 평균분산추출(AVE: Average Variance Extracted), 개념신뢰도(composite reliability) 값을 확인하였다. 또한, 판별타당성을 검증하기 위하여 $AVE > \phi^2$ (ϕ : 구성개념간 상관계수), $[\phi \pm 2 \times S.E.(\text{표준오차})]$ 가 1.0을 포함하는지의 여부, 자유모델과 제약모델 간의 차이를 분석하는 방법을 사용하였다.

측정모형의 집중타당성을 검증한 결과와 그 판단 근거를 Table 4와 같이 정리하였다. 검증 결과를 구체적으로 살펴보면, 열정→그릿 경로를 제외한 모든 경로에서 표준화된 요인 부하량(standardized factor loading)이 .5 이상으로 나타났으며, 잠재변수들 간 신뢰도 계수인 C.R. 값은 10.023~13.858로 모두 1.965 이상으로 나타나 5% 수준에서 유의한 것으로 확인

Table 4. Values for convergent validity analysis

잠재변수	측정변수	표준화경로계수(β)	S.E.	C.R.	AVE	CR
pPCK	교육과정	.762	-	-	.567	.887
	학생	.646	.087	10.203		
	평가	.731	.087	11.695		
	내용	.762	.083	12.268		
	표현	.811	.085	13.158		
ePCK	교수법	.794	.084	12.852	.584	.875
	학습평가	.782	-	-		
	수업전략	.759	.078	12.471		
	탐구	.830	.070	13.858		
	학습환경	.736	.086	12.024		
그릿	수업설계	.708	.080	11.501	.263	.416
	끈기	.543	-	-		
	열정	.481	.215	4.634		

* 집중타당성 검증 기준

· standardized factor loading: .5~.95 (.7 이상이면 바람직) from Bagozzi & Yi(1988)

· 유의성: C.R.=1.965 이상; · AVE (Average Variance Extracted): .5 이상; · 개념신뢰도(Construct Reliability): .7 이상

* 전체 신뢰도: Cronbach's α =.757; * p <.05, ** p <.01

되었다. 또한, pPCK, ePCK, 그릿의 AVE 값은 각각 .567, .584, .263으로, CR 값은 각각 .887, .875, .416으로 그릿을 제외한 두 개 잠재변수의 결과값이 판단 준거보다 높게 나타나 측정모형이 전반적으로 집중 타당성이 있는 것으로 검증되었다. 한편, 그릿의 집중타당성이 낮게 나타난 것은 이 연구에서 사용한 Duckworth & Quinn(2009)의 단축형 그릿 척도가 교사나 교수 상황에 초점을 두어 개발된 것이 아니라 일반인을 대상으로 개발한 포괄적 검사 도구로, 초등학교 교사의 그릿을 정확히 측정하는 데 한계가 있었을 것으로 판단된다. 이러한 결과는 교사의 정의적 특성의 핵심 구인인 그릿을 정확히 포착하기 위해서는 교사와 교수 상황이라는 특수한 맥락을 반영한 그릿 척도가 개발될 필요가 있음을 시사한다.

이어서, 측정모형의 판별타당성을 검증하였다. 모든 변수 간 판별타당성을 검증하기 어려우므로 일반적으로 변수 간 상관이 가장 높은 쌍을 선택하여 검증한다(우종필, 2022). 이에, 이 연구에서는 잠재변수 간 상관이 가장 높은 경로(pPCK←ePCK)를 선정하고, 이 경로에 대하여 판별타당성을 검증하였다. 검증 결과를 구체적으로 살펴보면, Table 5와 같이 pPCK와 ePCK의 AVE 값은 각각 .567, .584로, 두 잠재변수 간 상관계수($\gamma=.08$)의 제곱인 0.64보다 낮아 판별타당성이 낮게 나타났지만, 두 잠재변수 간 상관계수($\gamma=.08$)와 표준오차(0.23)를 [$\phi \pm 2 \times S.E.$ (표준오차)] 식에 대입한 결과 그 범위가 1을 포함하여 판별타당성이 있는 것으로 나타났다. 또한, pPCK와 ePCK 간 비제약모델과 제약모델 간 차이를 분석한 결과, Table 6과 같이 $df=1$ 일 때, $\Delta\chi^2=112.3$ 으로 판별타당성이 있는 것으로 나타났다. pPCK←ePCK 경로에 대한 판별타당성 검증 결과를 종합하면, 판별타당성 검증을 위해 사용한 세 가지 방법 중 한 가지 방법에서 판별타당성이 낮게 나타났으므로 pPCK와 ePCK 사이의 판별타당성이 높다고 할 수는 없다. 그러나 이러한 결과는 교사의 pPCK와 ePCK가 서로 밀접하게 연관되어 있기 때문으로 판단되며(Carlson & Dachler, 2019), pPCK와 ePCK은 서로 개념적 구

Table 5. Analysis of discriminant validity

잠재 변수	pPCK	ePCK	그릿	AVE
pPCK	-			.567
ePCK	.80	-		.584
그릿	.61	.74	-	.263

Table 6. $\Delta\chi^2$ between unconstrained model and constrained model

모델 유형	χ^2	df	$\Delta\chi^2/df$
비제약 모델	148.7	62	112.3 / 1
제약 모델	261	63	

분이 명확하므로 이 연구에서는 두 변수를 합치거나 둘 중 하나를 제거하지 않았다.

측정모형의 타당성을 검증한 후, 연구 모형의 적합도를 검증하였다. 이를 위해, 자료의 공분산행렬과 연구 모형의 공분산행렬이 얼마나 적합한지를 나타내는 절대적합지수(absolute fit index)와 영모델(null model)에 비교하여 연구모델이 얼마나 잘 측정되었는지를 보여주는 증분적합지수(incremental fit index)를 살펴보았다(우종필, 2022). Table 7은 연구 모형의 적합도 검증 결과와 판단 준거를 정리한 것이다. 검증 결과를 구체적으로 살펴보면, 절대적합지수에서 RMR=.02, GFI=.92, RMSEA=.08로 나타났고 증분적합지수에서 IFI=.95, TLI=.93, CFI=.95로 나타나 모든 지수가 판단 준거에 부합했다. 따라서, 이 연구에서 설정한 연구 모형이 적합함을 확인할 수 있다.

3. 구조방정식 모형 분석 결과 및 논의

이 연구에서 조사한 세 가지 구성개념과 측정 변수들 사이에 존재하는 표준화경로계수를 통해 구성개념에 대한 측정 변수의 설명력을 살펴본 결과, Fig. 3과 같이 pPCK와 측정 변수들 사이의 표준화경로계수는 .65~.81이었고, ePCK와 측정 변수들 사이의 표준화경로계수는 .71~.83이었으며, 그릿과 두 측정 변수인 열정과 끈기 요인 사이의 표준화 경로계수는 각각 .48, .54였다. 이러한 결과를 통해, 초등학교 과학 수업에서 교사들이 인식하는 pPCK와 ePCK를 각 측정 변수가 적합하게 설명하고 있음을 알 수 있다. 그릿의 경우, 열정과 끈기 요인의 그릿에 대한

Table 7. Model fit of confirmatory factor analysis

모델적합도 지수	판단 준거	측정값
RMR	<.05	.02
절대적합지수	GFI	>.9
	RMSEA	<.08
	IFI	>.9
증분적합지수	TLI	>.9
	CFI	>.9

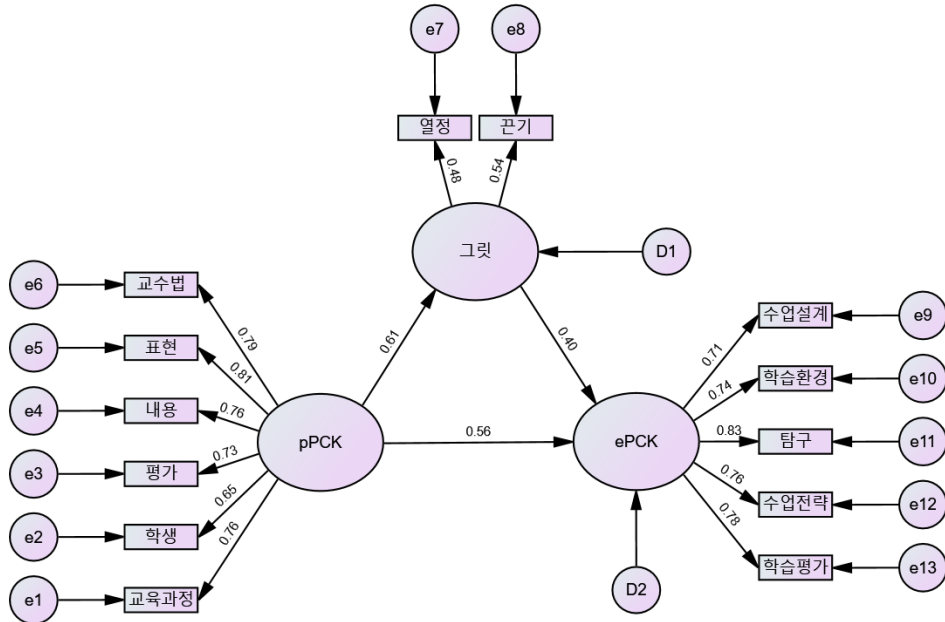


Fig. 3. Standardized path coefficients of measurement model

설명력이 높다고 할 수는 없지만 두 측정 변수가 초등학교 과학 수업에서 교사들이 인식하는 그것을 고르게 설명하고 있음을 알 수 있다.

이어서, 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK, ePCK, 그것 사이의 구조적 관계를 확인하기 위하여 잠재변수 사이에 존재하는 표준화경로계수를 살펴보았으며, 그 결과는 Table 8, Fig. 3과 같다. 초등학교 과학 교사의 pPCK가 ePCK에 미치는 영향력(β)은 .56 ($p < .01$)이었고, pPCK가 그것에 미치는 영향력(β)은 .61 ($p < .01$)이었으며, 그것이 ePCK에 미치는 영향력(β)은 .40 ($p < .05$)으로, 모두 통계적으로 유의하였다.

다음으로, 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그것의 매개효과가 통계적으로 유의한지 살펴보기 위하여 부트스트랩핑 분석 방법을 사용하였다. 이때, 부트스트랩핑

분석의 전제조건인 잠재변수 간 상관계수(γ)가 .30을 넘는지 확인한 결과(Baron & Kenny, 1986), pPCK와 ePCK, pPCK와 그것, 그것과 ePCK 간 상관계수(γ)는 각각 .80, .61, .74로 이 모형이 부트스트랩핑 분석에 적합함을 확인하였다. 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그것의 영향력을 확인하기 위하여 부트스트랩핑 분석을 실시한 결과, Table 9와 같이 그것의 실질적 매개효과는 .24로 나타났으며, 95% 신뢰구간 범위(.119 ~ .579)에 0이 포함되어 있지 않으므로 그것의 매개효과가 통계적으로 유의함을 확인할 수 있었다.

연구 결과를 종합하면, 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK는 ePCK에 직접적 영향을 줌과 동시에 그것을 매개로 간접적 영향을 미치고 있었다. 이러한 결과는 RCM에서 강조하고 있는 pPCK와 ePCK 사이의 지식 교환과 증폭기/여파기로서

Table 8. Unstandardized & Standardized path coefficients of measurement model

경로	Estimate		S.E.	C.R.
	B	β		
pPCK → ePCK	.48	.56**	.101	4.756
pPCK → 그것	.43	.61**	.193	4.767
그것 → ePCK	.49	.40*	.193	2.531

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

Table 9. Analysis of Grit's mediation effect

잠재변인경로	직접효과	간접효과	총효과	95% Bias-corrected		
				신뢰구간		P
				하한값	상한값	
pPCK → 그릿 → ePCK	.56	.24	.80	.119	.579	.00

pPCK와 ePCK 사이의 변환적 메커니즘을 조절하는 교사의 정의적 특성의 역할에 대한 설명과 일치하며, PCK의 세 가지 영역 사이의 지식 교환에서 교사의 동기적 측면과 자기조절 효과가 증폭기/여과기로 작용한다는 것을 보고한 Sorge et al.(2019)의 연구 결과와도 연결된다. 또한, pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릿의 매개효과를 입증한 이 연구의 결과는 그릿과 PCK 사이의 밀접한 연관성을 보고하며 그릿을 과학 교사 전문성의 영역에서 중요한 변인으로 고려할 필요가 있음을 강조한 채유정 등(2023)의 연구 결과를 지지한다. 그동안 교사의 수업 전문성을 다룬 연구에서 종종 그릿과 같은 정의적 특성을 제외한 채 pPCK와 ePCK의 측면에서 PCK를 환원주의적으로 살펴보는 경향이 뚜렷했지만, 앞으로의 연구에서는 PCK와 정의적 특성 사이의 밀접한 관계를 고려하여 이들 사이의 상호작용을 구체화하려는 노력이 이루어져야 할 것이다. 이런 점에서 이 연구의 결과는 교사의 인지적 측면과 정의적 측면을 종합적으로 다루는 PCK 연구에서 정의적 측면의 필요성을 강화하는 실증적 근거로 활용될 수 있을 것이다.

또한, 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릿의 실질적 매개효과를 확인한 이 연구의 결과는 교사의 정의적 특성이 PCK와 같은 교사의 인지적 요소와 함께 학생의 학습에 밀접한 영향을 준다는 선행연구 결과(Keller et al., 2017; Sorge et al., 2019)와도 그 맥을 함께 한다고 할 수 있다. 또한, 이러한 결과는 교사의 정의적 특성이 교사로서 하여금 교육적 선택의 주체가 되게 하므로(Martin, 2020), 유능한 교사는 자신이 가진 수업 지식과 수업 기술을 학생을 배려하는 형태로 변환하여 가르치려고 하는 열의와 마음가짐을 가져야 한다는 연구 결과(조벽, 2010)와도 연결된다. 특히, 초등 교사의 경우, 중등 교사에 비해 과학 교과 전문성 신장을 위한 차별화된 지원이 부족하다는 외재적 요인도 존재하지만(이수아 등, 2007), 과학 수업 실천의 저해 요인으로 교사 스스로 자신감

부족, 과학 및 과학 수업에 대한 흥미와 관심 부족과 같은 내재적 요인을 보고하고 있는 만큼(조현준 등, 2008), 과학 수업에 대한 전문성 향상을 위해서는 과학 수업을 가르치는 초등 교사의 정의적 특성에도 관심을 기울일 필요가 있다. 이런 점에서 과학 수업 전문성 영역에서 정의적 특성의 역할을 정량적으로 입증한 이 연구의 결과는 초등학교 과학 교사 교육 및 연구에서 그릿을 비롯한 교사의 정의적 특성을 강화하는 방안을 마련하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릿의 매개효과를 살펴보았다. 이를 위해, 과학 수업에서 pPCK, ePCK, 그릿에 대한 초등학교 교사의 인식을 조사하였고, pPCK와 ePCK 사이에서 그릿이 갖는 실질적 매개효과를 구조방정식 모형을 이용해 확인하였다. 교사 전문성 영역에서 그릿의 중요성과 그 효과를 정량적으로 살펴본 이 연구의 결과를 요약하고, 연구 결과가 주는 시사점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK, ePCK, 그릿 사이의 구조적 관계를 살펴본 결과, pPCK, ePCK, 그릿 사이에 모두 통계적으로 유의한 상관관계가 나타났다. 이들 사이의 관계를 구체적으로 살펴보면, pPCK는 ePCK와 유의한 상관을 가지며 ePCK에 직접적 영향을 미쳤는데, 이러한 결과는 RCM에서 pPCK가 하위 요소인 ePCK로 변환되는 메커니즘을 뒷받침한다. 그릿은 pPCK 및 ePCK와 모두 유의한 상관관계를 보였다. 이 연구의 결과는 과학 교사의 수업 전문성을 이해할 때 PCK 구성요소 사이의 관계뿐만 아니라 그릿을 비롯한 정의적 특성도 함께 고려할 필요가 있음을 강하게 시사한다.

둘째, 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는

pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릿의 매개효과를 분석한 결과, pPCK는 ePCK에 직접적 영향을 미치면서 동시에 그릿을 매개로 간접적 영향을 주었다. 즉, 그릿은 pPCK와 ePCK 사이의 관계를 통계적으로 유의하게 매개하고 있었다. 이러한 결과를 통해 그릿이 교사가 보유한 수업 지식을 실천적 형태로 변환할 때, 교사의 머릿속에서 무엇을 가져오고 무엇을 사용하지 않을지를 조절하는 증폭기/여과기의 역할을 하고 있다는 점을 알 수 있다. 이 연구의 결과는 그동안 PCK에 관한 연구에서 제대로 다루어지지 않았던 증폭기/여과기로서의 정의적 특성의 역할을 광범위하고 심층적으로 다룰 필요가 있음을 보여주고 있다.

이 연구에서는 초등학교 과학 수업에서 교사가 인식하는 pPCK와 ePCK 사이의 관계에서 그릿의 매개효과를 확인하였다. 교사의 경력에 따라 PCK의 세 가지 영역 사이의 교환에 대한 증폭기/여과기의 영향력에 차이가 있음을 보고한 선행연구 결과(Sorge *et al.*, 2019)에 비추어 볼 때, 이 연구에서는 현직 교사만을 대상으로 PCK와 그릿의 관계를 조사했기 때문에 그 결과를 예비 교사 수준까지 확장하여 적용하기에는 무리가 있다. 또한, 이 연구에서는 교사의 인식이 국한하여 교사의 PCK와 그릿의 관계를 정량적으로 조사했지만, 교사의 전문성이나 정의적 특성은 암묵적이거나 맥락 특수적 성격을 보인다는 점에서 정량적 연구를 통해 교사의 전문성이나 정의적 특성의 관계를 온전히 밝히는 데에는 한계가 있다. 그러나 이 연구는 교사 전문성 영역에서 PCK와 정의적 특성의 관계를 통합적으로 다루고, PCK와 정의적 특성 사이의 관계를 경험적으로 입증했다는 점에서 그 의미가 있다. 따라서, 초등학교 과학 수업에서 교사의 전문성 계발 및 교사교육 연구를 위해 교사의 수업 전문성 영역에서 그릿을 포함한 정의적 특성의 중요성을 깊이 있게 탐색할 필요가 있다.

이 연구에서는 현직 교사만을 대상으로 하였으므로, 앞으로 예비 교사까지 연구의 범위를 확장하여 교수 경험에 따라 PCK와 정의적 특성 사이의 관계가 어떻게 나타나는지 살펴보는 후속 연구가 수행될 필요가 있다. 또한, 이 연구에서는 초등학교 과학 수업 전문성 영역에서 그릿의 효과를 정량적으로 조사했으므로, 앞으로 교사의 인식과 그 이면에 깔린 사고와 성찰을 구체적으로 조사하기 위하여 면담이나 수업 관찰 등의 정성적 방법을 사용한 질적 연구

가 후속될 필요가 있다. 그러한 연구는 교수 경험에 따른 교사의 정의적 특성의 변화를 탐색하고, 그러한 변화가 교사의 수업 전문성에 어떤 식으로 정적, 부적 영향을 주는지 밝힘으로써 궁극적으로 교사 수업 전문성 강화 방안을 마련하는 데 이바지할 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

- 강훈식(2023). 초등 예비교사의 과학 PCK에 대한 학업 열정 수준과 영향 요인 탐색. *초등과학교육*, 42(1), 1-16.
- 권대훈(2018). 고등학교 교사의 긍정정서 및 부정정서, 그릿(grit), 스트레스, 삶의 만족 간의 관계. *교원교육*, 34(3), 209-228.
- 박성혜(2003). 교사들의 과학 교과교육학 지식 측정도구 개발. *한국교원교육연구*, 20(1), 105-134.
- 배병렬(2009). AMOS 17.0 구조방정식모델링: 원리와 실제. 청람.
- 소연희(2019). 초등교사가 지각한 학교조직 환경, 그릿과 핵심역량과의 구조적 관계. *교사교육연구*, 58(4), 635-650.
- 오옥환(2005). 교사 전문성: 교육전문가로서의 교사에 대한 논의. *교육과학사*.
- 우종필(2022). 우종필 교수의 구조방정식모델 개념과 이해(개정판). 한나래.
- 우필희(2010). 초등교사의 과학수업 실행 전문성 개발의 발달과 학습 틀. *대구교육대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 이수아, 전영석, 홍준의, 신영준, 최정훈, 이인호(2007). 초등 교사들이 과학 수업에서 겪는 어려움 분석. *초등과학교육*, 26(1), 97-107.
- 임효진(2019). 그릿 개념의 재정립: 목적, 열정, 인내의 재검토. *교육심리연구*, 33(3), 317-339.
- 조벽(2010). 조벽 교수의 명강의 노하우 & 노하우. 해냄.
- 조현준, 한인경, 김효남, 양일호(2008). 초등학교 과학 탐구 수업 실행의 저해 요인에 대한 교사들의 인식 분석. *한국과학교육학회지*, 28(8), 901-921.
- 조성진, 안연경(2023). 유아교사의 그릿과 교사효능감이 직무만족도에 미치는 영향. *학습자중심교과교육연구*, 23(12), 427-438.
- 채유정, 이기영, 박재용(2023). 초등학교 과학 교사가 인식하는 PCK, 그릿, 교수 효능감 사이의 구조적 관계. *한국과학교육학회지*, 43(4), 389-402.
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16(1), 74-94.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator-

- mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51 (6), 1173.
- Carlson, J., & Dachler, K. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Springer.
- Carlson, J., Stokes, L., Helms, J., Gess-Newsome, J., & Gardner, A. (2015). The PCK summit: A process and structure for challenging current ideas, provoking future work, and considering new directions. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. Routledge.
- Chan, K., & Hume, A. (2019). Towards a consensus model: Literature review of how science teachers' pedagogical content knowledge is investigated in empirical studies. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Springer.
- Cochran, K., DeRuiter, J., & King, R. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263-272.
- Credé, M., Tynan, M., & Harms, P. (2017). Much ado about grit: A meta-analytic synthesis of the grit literature. *Journal of Personality and Social Psychology*, 113 (3), 492.
- Dobbins, D. (2016). *Teacher effectiveness: Examining the relationship between teacher grit and teacher self-efficacy* (Doctoral dissertation). Oklahoma State University.
- Duckworth, A. (2016). *Grit: The Power of Passion and Perseverance*. Scribner.
- Duckworth, A., Kirby, T., Tsukayama, E., Berstein, H., & Ericsson, K. (2011). Deliberate practice spells success: Why grittier competitors triumph at the national spelling bee? *Social Psychological and Personality Science*, 2(2), 174-181.
- Duckworth, A., Peterson, C., Matthews, M., & Kelly, D. (2007). Grit: Perseverance and passion for long-term goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92 (6), 1087-1101.
- Duckworth, A., & Quinn, P. (2009). Development and validation of the Short Grit Scale (GRIT-S). *Journal of Personality Assessment*, 91(2), 166-174.
- Duckworth, A., Quinn, P., & Seligman, M. (2009). Positive predictors of teacher effectiveness. *The Journal of Positive Psychology*, 4(6), 540-547.
- Grossman, P. (1990). *The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education*. Teachers College Press.
- Hashweh, M. (2005). Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 11(3), 273-292.
- Keller, M. M., Neumann, K., & Fischer, H. E. (2017). The impact of physics teachers' pedagogical content knowledge and motivation on students' achievement and interest. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(5), 586-614.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome, N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and Its Implications for Science Education*. Springer.
- Martin, J. (2020). Researching teacher agency in elementary school science using positioning theory and grammar of agency. *Journal of Science Teacher Education*, 31(1), 94-113.
- Morine-Dershimer, G., & Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. In J. Gess-Newsome, N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and Its Implications for Science Education*. Springer.
- Park, S. (2019). Reconciliation between the refined consensus model of PCK and extant PCK models for advancing PCK research in science. In HA. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Springer.
- Park, S., & Oliver, J. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.
- Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on teachers' pedagogical thoughts, judgments, decisions, and behavior. *Review of Educational Research*, 51(4), 455-498.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge

- growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23.
- Sorge, S., Stender, A., & Neumann, K. (2019). The development of science teachers' professional competence. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Springer.
- Stender, A., Brückmann, M., & Neumann, K. (2017). Transformation of topic-specific professional knowledge into personal pedagogical content knowledge through lesson planning. *International Journal of Science Education*, 39(12), 1690-1714.
- Zembylas, M. (2007). Emotional ecology: The intersection of emotional knowledge and pedagogical content knowledge in teaching. *Teaching and Teacher Education*, 23(4), 355-367.

채유정, 서울교육대학교 대학원생(Yoojeong Chae; Graduate Student, Seoul National University of Education).

이기영, 강원대학교 교수(Kiyoung Lee; Professor, Kangwon National University).

† 박재용, 서울교육대학교 교수(Jaeyong Park; Professor, Seoul National University of Education).