

초등교사의 과학 PCK 개념화를 위한 시론(試論)적 고찰 - 교사의 전문지식과 기능 모델(합의 모델) 및 수정된 합의 모델의 복합적 관점 -

맹승호[†]

An Introductory Review for the Conceptualization of Elementary Teachers' Science PCK: Synthesized Perspective of the Teacher Professional Knowledge and Skills Model (Consensus Model) and the Revised Consensus Model

Maeng, Seungho[†]

국문 초록

이 연구는 2012년 제1차 PCK 서밋에서 제안된 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 2016년 제2차 PCK 서밋에서 제안된 수정된 합의 모델의 복합적 관점에 근거하여 2012년부터 2023년까지 국내 KCI 등재 학술지에 출판된 초등교사의 과학 PCK 연구 논문 11편을 심층 분석 및 재해석하여 초등교사의 과학 PCK 개념화를 위한 시론적 고찰을 수행하였다. 연구 결과, 국내 문헌에서 초등교사의 과학 PCK는 주로 Magnusson *et al.*(1999)의 PCK 요소에 근거하여 교사의 전문지식 기초를 분석하여 도출되었으며, 주제 수준 또는 교과 수준에서 '실행된 PCK' 또는 '개인적 PCK'로 분석된 경우가 많았다. 또한, 정서적 요인을 반영한 개인적 PCK 연구는 수정된 합의 모델의 관점에서 볼 때 '집합적 PCK'의 특성을 일부 포함하였다. 초등교사의 과학 PCK는 교사 개인의 경험에서 분석되는 실행된 PCK뿐만 아니라 전문가의 관점에서 규정된 집합적 PCK 및 개인적 PCK를 종합적으로 고려하여 개념화하는 것이 필요함을 제안하였다.

주제어: 초등교사, 과학 PCK, PCK 개념화, 교사의 전문지식과 기능 모델, 수정된 합의 모델

ABSTRACT

This introductory review study sought to conceptualize elementary school teachers' pedagogical content knowledge in science teaching (science PCK) by reinterpreting 11 science PCK research papers published in the Korean Journal Database from 2012 to 2023 based on the synthesized perspective of the model of teacher professional knowledge and skill (Consensus Model) proposed at the first PCK Summit in 2012 and the Revised Consensus Model (RCM) proposed at the second PCK Summit in 2016. Elementary teachers' science PCK was mainly analyzed based on Magnusson *et al.*'s (1999) PCK elements and described as the form of enacted PCK or personal PCK at the subject or discipline level. Personal PCK studies, which involved emotional factors, included the features of collective PCK from the RCM perspective. It was inferred that elementary school teachers' science PCK needs to be conceptualized by comprehensively considering the enacted PCK through individual teacher experiences and the collective PCK and personal PCK defined by experts.

Key words: elementary teachers, science PCK, conceptualization of PCK, model of teacher professional knowledge & skills (Consensus Model), revised consensus model

이 연구는 2023년도 서울교육대학교 교내연구비의 지원을 받아 수행되었음.

2024.01.08(접수), 2024.01.16(1심통과), 2024.01.21(최종통과)

E-mail: smaeng@cloud.snue.ac.kr(맹승호)

I. 서론

교수법적 내용 지식¹⁾(pedagogical content knowledge, PCK; Shulman, 1986, 1987)은 교사가 가르치는 교과 내용 지식(content knowledge) 및 일반적인 교수법 지식(pedagogical knowledge)의 연합을 넘어 교과 내용을 지도하는 주체로서 교사가 가진 고유한 지식의 영역으로서 인식되고 있다. 과학 교사의 PCK는 과학자의 지식 또는 교육학자의 지식과 구별되는 과학 교사의 교수활동을 위한 지식(knowledge for teaching)을 강조함으로써 과학 교사의 전문지식을 연구하는 데 적합한 이론적 프레임(Abell, 2007)이 될 수 있으며, 과학교육 정책 수행을 위한 과학 교사 전문성 개발에 적용(National Research Council, 1996)되기도 하였다. 즉, 과학 교사가 가진 지식의 범주로서 PCK는 전문성을 가진 유능한 과학 교사를 정의하는 데 사용될 수 있으며, 유능한 과학 교사로서 갖추어야 할 전문지식으로서 구체적 정보를 제공하는 개념적 도구가 될 수 있다(Magnusson *et al.*, 1999). 그러나 PCK의 개념화 및 조사, 분석 방법이 다양하게 적용됨에 따라 과학 교사의 PCK에 관한 다양한 해석이 혼재되는 경향이 있어서 PCK를 교사 교육 연구 또는 정책에 적용하는데 제한점이 되기도 하였다(Chan & Hume, 2019; Settlage, 2013).

Chan and Hume(2019)은 2008년부터 2017년 사이에 과학 교육학계의 국제 저명 학술지(14종)에 출판된 과학 교사의 PCK 관련 연구 논문 99편을 종합 분석하여, 과학 교사의 PCK에 관한 실증적 연구 사례에서 PCK에 관한 다양한 개념화 및 PCK 해석의 유형을 정리하였다. 이들의 연구 결과에서 과학 교사의 PCK 개념화는 Gess-Newsome(1999)이 언급한 것처럼 교과 내용 지식 및 교육학 지식과 같은 전문 지식의 범주를 통합한 형태로 과학 교사의 PCK를 규정하는 통합적 입장(integrative stance)의 연구가 일부 있는 반면에, 대다수 연구는 Magnusson *et al.*(1999)의 모델에서 규정한 PCK의 구성 요소(교과 내용 지식, 교수법 지식, 교육과정 지식, 학생에 관한 지식, 학습 맥락 관련 지식)에 근거하여 구별되는 지식 범주로서 PCK를 규정하는 변형적 입장(transformative stance)을 취하고 있음을 밝혔다. Magnusson *et al.*

(1999)의 모델은 PCK의 개념화 또는 과학 교사의 PCK의 구성 요소를 규정하고 분석하는 데 많이 사용되었으나, 개별 연구에서 PCK의 구성 요소를 기술할 때 다양한 용어나 의미로 표현되는 경우가 많았다(e.g., Park & Oliver, 2008; Friedrichsen *et al.*, 2009).

과학 교사의 PCK에 관한 국내 연구에 대하여 김지수, 최애란, 양정은(2023)은 1998년부터 2021년까지 국내 과학교육 관련 학술지에 출판된 연구 논문 162편을 대상으로 과학 교사의 PCK 연구의 동향을 분석하였다. 이들의 연구에서 분석된 결과를 보면, 연구 논문 중 PCK의 요소 분석 및 각 요소 간 상호작용에 관한 연구가 가장 많았으며, 대체로 교사의 교수전략에 관한 지식, 교과 내용 지식, 교육과정에 관한 지식, 학생에 관한 지식, 평가에 관한 지식 및 교사의 교수 지향 등 PCK 구성 요소 중 특정한 범주의 지식을 중심으로 연구가 진행되었다. 즉, 국내에서 수행된 과학 교사의 PCK 연구의 동향은 PCK의 개념화 측면에서 볼 때 변형적 입장에 근거하여 진행된 것으로 해석할 수 있다.

그러나 과학 교사의 PCK 관련 선행 연구와 문헌에서 규정된 PCK의 개념화는 초등교사의 PCK와 중등 과학 교사의 PCK를 구분하지 않았다. 또한, 초등교사보다는 중등 과학 교사를 대상으로 수행된 PCK 연구가 많았다. 김지수 등(2023)의 연구에서 분석 대상 논문 중 초등교사의 과학 PCK 연구는 10% 미만으로 매우 작았으며, Chan and Hume(2019)의 연구에서도 분석 대상 논문은 중등 과학 교사의 PCK 연구 사례가 대부분이었고 초등교사의 과학 PCK를 분석한 논문은 99편의 논문 중 13편에 불과했다. 그러나 초등교과교육과 관련된 PCK 연구는 초등교육에 고유한 논리와 관점이 필요하다(김병수와 임진영, 2014). 한 교사가 여러 교과를 지도하고, 아동의 전면적인 발달을 담당하는 초등교사의 과학 PCK는 과학 교과만을 지도하는 중등 교사와 비교할 때 서로 다른 특징을 가질 수 있기(Kwak, 2017) 때문이다.

초등교사의 과학 PCK를 중등 과학 교사의 PCK와 비교하려는 목적으로, Kwak(2017)은 초등교사 5명의 과학 수업 사례와 교수활동 컨설팅 및 수업 비디오 기반 면담에서 도출된 초등교사의 과학 PCK를 조사하였다. Kwak(2017)의 연구 결과에 따르면, 초등교사에게는 과학 교과에 특이적인 교수법보다는

1) Pedagogical content knowledge은 교수법적 내용 지식, 교과교육학 지식, 교수학적 내용 지식, 내용 교수 지식 등 다양하게 번역되어 사용되었다. 이 논문에서는 pedagogical의 어원적 의미를 강조하여 PCK를 교수법적 내용 지식으로 번역, 사용한다.

다양한 교과에 적용될 수 있는 교수법 지식이 더 필요하므로 초등교사의 PCK는 교과 내용 지식보다는 교수법 지식과 학생의 발달 단계 및 수준에 관한 이해가 더 중요하다고 보았다. 그럼에도 연구에 참여한 초등교사들은 적절한 교과 내용 지식에 기반한 교수법 지식이 초등교사의 과학 PCK에 적절하다는 의견을 제시하였다. 이러한 결과는 초등교사의 과학 PCK가 중등 과학 교사의 PCK와 구별될 수 있음을 말해준다. Kwak(2017)의 연구에서 과학 교사의 PCK는 과학 교사가 특정한 과학 내용을 지도하는 수업 실행을 위해 선택한 교수법적 추론과 의사결정 과정에서 구현되는 실천적 지식(Loughran *et al.*, 2004)으로 기술되었으며, 이와 같은 PCK 개념화는 초등교사의 과학 PCK를 교수법 지식 및 교과 내용 지식과 구분되는 교과 또는 주제 특이적 PCK로 접근한 것으로 볼 수 있다. 그러나 이러한 접근이 교과 또는 주제 특이적 PCK 관점에서 초등교사의 과학 PCK를 중등 과학 교사와 비교할 수 있었던 반면, 초등교사의 과학 PCK를 규명할 수 있는 특화된 PCK 개념화 및 분석의 관점에서 적절했는지는 추가적인 논의가 필요하다.

과학 교사교육 분야에서는 과학 교사의 PCK에 관한 다양한 관점들이 혼재한 상황을 개선하고, 과학 교사의 PCK에 관한 이론적, 실천적 재정립을 위하여 전 세계의 PCK 전문 연구 그룹이 모여 2012년 10월 미국 콜로라도에서 제1차 PCK 서밋(summit)을 개최하고, PCK에 관한 전문 연구자 합의 모델(the Consensus Model)로서 “교사의 전문지식 및 기능 모델(A Model of teacher professional knowledge & skill, Gess-Newsome, 2015)을 도출하였고, 이를 과학교육 연구에 적용하기 위한 다양한 방법을 제안하였다. 또한, 제1차 PCK 서밋에 참여했던 과학 교사교육 연구자들과 세계 각국의 과학 교사교육 및 PCK 연구자들이 2016년 네덜란드 라이든(Leiden)에 모여 제2차 PCK 서밋을 개최하였다. 제2차 서밋의 목적은 합의 모델을 적용하여 수행했던 과학 교사의 PCK에 관한 연구에서 데이터 수집 및 분석 방법, 수집한 실증 데이터 및 결과를 공유하고, 합의 모델의 제한점을 개선한 새로운 합의 모델을 도출하는 데 있었다. 이 서밋에 참석한 연구자 간의 협의를 통해 과학 교사의 PCK에 관한 수정된 합의 모델(the Refined Consensus Model of PCK, RCM)을 도출하였다. 두 PCK 모델은 최근 국내 과학교육 연구자들에 의해

일부 소개된 바 있으나(e.g., 곽영순, 2022; 박종원, 윤혜경, 이인선, 2021; 채유정, 이기영, 박재용, 2023), 이 모델의 관점에 근거하여 초등교사 또는 중등 과학 교사의 PCK를 총체적으로 분석하거나, 과학 교사의 PCK 개념화를 정립했던 연구 사례는 충분하지 않다.

이에 본 연구는 과학 교사의 PCK 개념화에 관한 합의 모델로서 교사의 전문지식 및 기능 모델을 규명한 제1차 PCK 서밋(2012, 미국 콜로라도)과 이에 대한 수정된 합의 모델을 제안한 제2차 PCK 서밋(2016, 네덜란드 라이덴)의 관점을 복합적으로 적용하여 2012년 이후 국내에서 출판된 초등교사의 과학 PCK 연구 논문을 심층 분석하고 재해석하여 초등교사의 과학 PCK 개념화를 위한 시론(試論)적 아이디어를 도출하고자 하였다. 이 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

- 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 복합적 관점에서 과학 PCK에 관한 국내 문헌의 사례를 분석하면 초등교사의 과학 PCK 개념화를 위한 어떤 시사점을 찾을 수 있는가?

II. 과학 교사의 PCK에 관한 합의 모델 및 수정된 합의 모델

1. 교사의 전문지식 및 기능 모델(제1차 PCK 서밋, 합의 모델)

제1차 PCK 서밋에서 과학 교사교육 전문가 집단 합의 모델로서 도출된 교사의 전문지식 및 기능 모델(Gess-Newsome, 2015, Fig. 1)은 교실 수업에서 특정 주제에 관한 교수활동을 계획하고 실행하는 데 필요한 지식뿐만 아니라 그 교수활동을 수행할 때 사용되는 기능까지도 함께 고려하여 PCK를 규정했다는 점에서 그 이전의 다른 연구의 관점(e.g., Grossman, 1990; Magnusson *et al.*, 1999)과 다른 독창성이 있었다.

교사의 전문지식 및 기능 모델에서 교사의 전문 지식 기초(teacher professional knowledge base, TPBK)는 PCK의 근간이 된다. 교사의 전문지식 기초는 모든 교과에 적용되는 일반적인(*general*) 범위에서 학습평가, 교수법, 교과 내용, 학생 이해, 교육과정 관련 지식을 포함하며, 해당 분야 전문가 집단 및

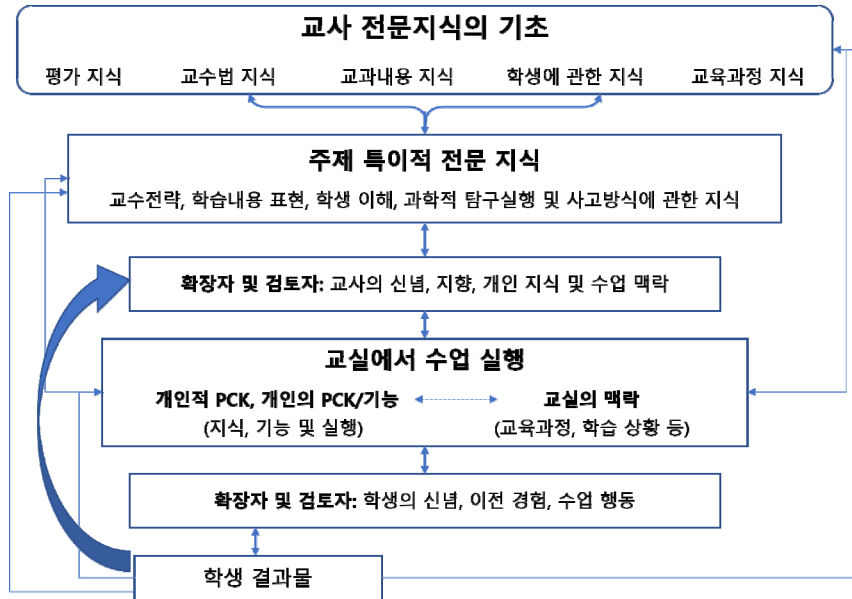


Fig. 1. Schematic diagram for the model of teacher professional knowledge and skill (translated into Korean from the original version in Gess-Newsome, 2015)

교육 공동체의 연구 결과에 근거하여 정리된 지식으로서 교사에게 규범적인(normative) 지식으로 인식되는 범주이다. 교사의 전문지식 기초를 특정 주제의 교수활동에 적용한 것이 주제 특이적 전문지식(topic-specific professional knowledge, TSPK)이다. 주제 특이적 전문지식은 교과 수준이 아니라 학습 주제 수준에서 효과적인 교수전략을 결정하고, 학습 내용을 조직하여 다양한 표현 방식을 선택하며, 학생의 사전 지식 또는 오개념을 이해하고, 과학적 탐구 실행 및 과학적 사고방식을 수업에 구성하는 방법 등에 관한 지식을 포함한다.

교사의 전문지식 및 기능 모델에서 규정한 주제 특이적 전문지식은 특정한 맥락 또는 학습 주제를 소재로 주제 특이적 PCK를 연구했던 과학교육 연구 사례와 유사한 의미로 해석될 수 있다. Gess-Newsome (2015)은 이에 대하여 아래와 같이 구분하였다.

주제 특이적 전문지식은 교사 개인이 가진 지식이 아니라, 교육 연구 또는 우수한 교수실행에서 도출된 규준적(canonical) 지식으로서 전문가들에 의해 규정되어 연구/교육 공동체에 공유된 지식이다. 이 지식은 교사들이 특정한 주제를 특정한 맥락에서 가르칠 때 무엇을 알아야 하는지를 알려준다는 점에서 규범적 기능(normative function)을 가지고 있으며, 교사가 자신의 수업을 구성할 때 사용하거나 자신의 교육 연구에 적용할 수 있다(Gess-Newsome,

2015, p. 33).

Gess-Newsome(2015)의 기술에 근거하면, 주제 특이적 전문지식은 과학 교사교육 전문가 집단에 의해 규정된 규준적, 규범적 지식인 반면, 특정 주제나 맥락을 소재로 하여 진행된 주제 특이적 PCK 연구에서 PCK 개념화 사례는 연구 참여 교사의 과학 수업 실행과 관련된 데이터를 분석하여 도출한 지식 또는 교사의 과학 수업 실행 경험이 누적되어 형성된 지식(Beijaard & Verloop, 1996)으로서 실천적 지식(practical knowledge; Elbaz, 1981, 1983)의 범주에 해당하는 교사 지식을 의미하는 경우가 많았다. 이런 점에서 교사의 전문지식 및 기능 모델은 교사의 개별 경험에서 도출된 개인적 지식 및 기능과 구분되는 지식 범주로서 주제 특이적 전문지식을 정의함으로써 PCK에 관한 개념을 더 명확하게 정의했다고 볼 수 있다.

전문가 집단에 의해 규정된 교사의 전문지식 기초 및 주제 특이적 전문지식은 교사의 개인적 교수 활동을 통해 교실 수업에 적용된다. 교사의 전문지식 및 기능 모델은 교사의 ‘개인적 PCK’와 교사 ‘개인의 PCK/기능’을 구분하여 정의하였다. 수업을 실행하는 교사의 개인적 지식으로서 PCK는 어떤 교수 활동을 계획하는지, 즉 특정한 주제에 관하여 학생

의 학습 결과를 향상하려는 목적을 달성하기 위하여 어떤 방법을 적용할 것인지에 근거하여 파악된 지식이다. 반면에, 교사 개인의 PCK/기능은 교사가 자신이 계획한 교수활동을 실행하는 매 순간의 실천과 학생의 참여 정도 및 그에 맞추어 수정된 교수활동 등을 분석하여 파악된다. 이 범주는 앞서 언급했던 특정 주제나 맥락을 소재로 하여 진행된 과학교육 연구에서 PCK 개념화 사례에서 사용했던 실천적 지식 관점의 PCK에 해당한다. 한편, 교실의 수업 상황은 교사의 개인적 PCK 또는 PCK/기능이 구현되는 특정한 맥락이므로 PCK는 교사가 가진 맥락 특이적인 지식으로 규정된다.

교사의 전문지식 및 기능 모델은 PCK와 관련된 지식의 확장자 및 검토자(amplifiers and filters)로서 교사 요소 및 학생 요소를 추가하여 교사의 전문지식 기초, 주제 특이적 전문지식, 교실 맥락에 따른 개인적 PCK 등이 교사의 신념, 교수활동에 관한 지향, 교사 개인이 가진 교과 지식 및 교육학 지식, 그리고 수업의 맥락에 따라, 그리고 학생이 가진 신념, 학습 주제에 관한 사전 지식과 행동 방식 등에 따라 확장되거나 제한될 수 있다고 보았다.

2. 과학 교사의 PCK에 관한 수정된 합의 모델(제2차 PCK 서밋)

제1차 PCK 서밋에서 도출된 PCK에 관한 합의 모델 즉, 교사의 전문지식 및 기능 모델은 교실 수업 실행과 관련된 개인적 PCK 또는 개인의 PCK/기능을 교사의 일반적 지식(전문지식 기초) 및 주제 특이적 전문지식의 하위 범주에 배치함으로써 PCK의 구성 요소가 덜 명확하게 드러났으며, PCK와 관련된 다양한 변인, 층위 및 각 요소 간의 다층적 관계를 명확히 표현하지 못한다는 제한점을 보였다(Carlson & Daehler, 2019). 이에 제2차 PCK 서밋에서는 참석한 연구자 간의 협의를 통해 과학 교사의 PCK에 관한 수정된 합의 모델(the Refined Consensus Model of PCK; RCM, Fig. 2)을 도출하였다. 수정된 합의 모델은 PCK의 세 영역으로서 집합적 PCK(collective PCK; cPCK), 개인적 PCK(personal PCK; pPCK), 실행된 PCK(enacted PCK; ePCK)를 명확히 구분하고, 각 영역의 PCK 간에 지식의 교류를 통해 교사의 PCK 형성을 기술했다는 점에서 제1차 PCK 서밋에서 도출된 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 비교하여 차별성이 있다.

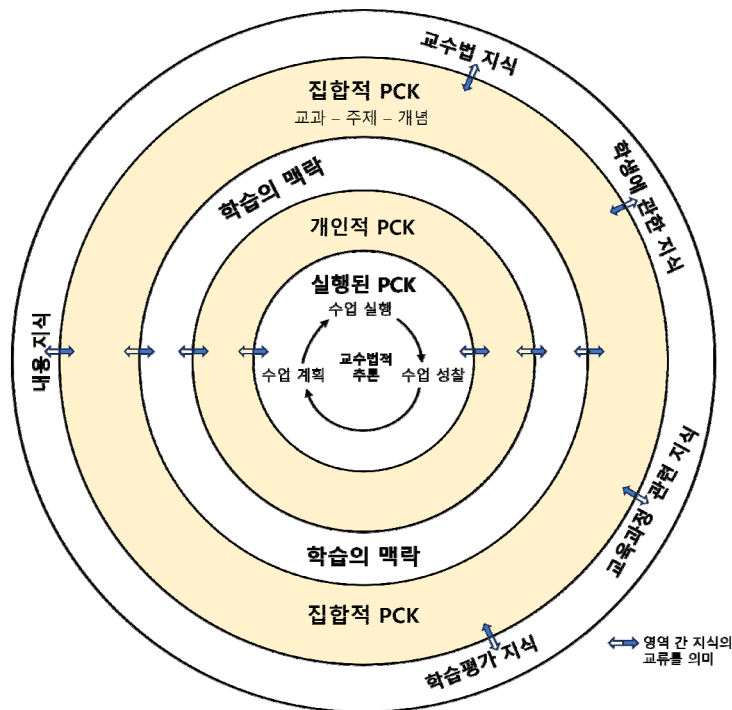


Fig. 2. The Refined Consensus Model of science PCK (simplified and translated into Korean from the original visualization in Carlson & Daehler, 2019, p. 83)

수정된 합의 모델의 중심에 배치된 실행된 PCK (ePCK)는 개별 교사가 특정한 맥락에서 특정한 학생들이 특정한 개념, 주제 또는 교과를 학습할 수 있게 지도하는데 사용되는 특별한 지식과 기능을 말한다. 실행된 PCK는 교사가 교수활동을 구현하는 동안 활용된 지식 및 관련된 교수법적 추론(pedagogical reasoning) 뿐만 아니라, 그 수업을 계획하거나 수업 후 자신의 교수활동을 성찰하는 데 사용된 지식과 추론을 모두 포함한다. 실행된 PCK는 제1차 PCK 서밋에서 합의된 교사의 전문지식 및 기능 모델에서 교사의 개인적 PCK 또는 개인의 PCK/기능과 관련된 범주에 해당한다.

과학 교사는 과학 내용 지식, 과학 교수법적 지식, 과학 교육과정 및 학습평가에 관한 지식, 과학을 학습하는 학생에 관한 지식 등 자신이 가진 개인적 PCK(pPCK) 중에서 수업의 특정한 상황에 맞는 지식과 기능을 선별하여 적용한다. 이를 통해 그 교사의 실행된 PCK가 구현되는 것이다. 즉, 과학 교사의 PCK에 관한 수정된 합의 모델에서 실행된 PCK는 교사의 개인적 PCK에 포함된 하위 영역에 해당한다. 과학 교사가 가진 개인적 PCK는 교사 양성 과정, 과학 수업의 경험, 교사 공동체의 전문성 향상 프로그램 등에 의해 개발되고 보완되며 발전되어 형성된 것이므로 교사의 개별 상황에 따라 다르게 표출된다. 제2차 PCK 서밋에서 정리된 수정된 합의 모델의 PCK 범주에 의하면, 실행된 PCK는 매우 사적인 범주의 PCK지만 개인적 PCK는 개인적 범주의 지식 및 기능 측면과 집단에 공유된 지식 및 기능 측면을 모두 포함한 것으로 보았다.

수정된 합의 모델에서 집합적 PCK²⁾(cPCK)는 과학 교사, 과학교육 연구자, 및 기타 교육 전문가 집단에 의해 규명되고 공유된 과학 교수활동에 관한 특화된 지식을 말한다. 집합적 PCK는 교육 연구자의 학술연구 결과로 도출된 과학 수업에 관한 지식 뿐만 아니라, 교육청 또는 학교의 교사 공동체에서 도출된 과학 교수활동 관련 지식도 포함될 수 있다. 과학 교사의 집합적 PCK에 적용되는 과학 내용 지식의 수준은 넓게 과학 교과 수준뿐만 아니라 특정한 과학 주제 또는 좁은 범위의 과학 개념에 이르는 다양한 범위에 걸쳐 정의될 수 있다. 즉, 집합적 PCK는 제1차 PCK 서밋에서 제안된 교사의 전문지식 및

기능 모델(합의 모델)에서 규정한 주제 특이적 전문 지식을 포함할 뿐만 아니라, 전문가 집단에 의해 규정된 교과 및 개념 수준의 과학 교수활동 관련 지식을 모두 아우르는 것이다.

수정된 합의 모델에서는 PCK에 관한 교과-주제-개념의 범위 적용이 집합적 PCK뿐만 아니라 교사의 개인적 PCK 및 실행된 PCK에 유사하게 적용되는 것으로 보았다. 또한, 집합적 PCK의 바탕에 과학 교사의 포괄적이고 일반적인 과학 내용 지식, 과학 교수법적 지식, 과학 교육과정 및 학습평가에 관한 지식, 과학을 학습하는 학생에 관한 지식 등이 전문지식의 기초로 규정되었다. 또한, 수정된 합의 모델에서 교실 수업 환경 및 학생의 특성을 포함한 학습의 맥락은 과학 교사의 개인적 PCK와 포괄적인 집합적 PCK를 연결하는 시간적, 공간적 상황으로 표현되었다. 수업 또는 학습의 맥락이 교사의 개인적 PCK에 영향을 주는 것은 제1차 PCK 서밋의 합의 모델이나 제2차 PCK 서밋의 수정된 합의 모델에 동일하게 적용되었다. 그러나 수정된 합의 모델은 집합적 PCK가 교사 개인의 지식으로서 PCK 형성에 작용하는 지식 교류의 배경 조건으로서 수업 또는 학습의 맥락이 작용할 수 있음을 더 구체적으로 표현하였다.

III. 연구 방법

이 연구는 과학 교사의 PCK에 관한 교사의 전문 지식 및 기능 모델(합의 모델) 및 이에 대한 수정된 합의 모델의 관점을 복합적으로 적용하여 국내 학술지에 출판된 초등교사의 과학 PCK에 관한 문헌을 심층 분석하고 재해석하고자 했다. 국내 문헌의 체계적인 분석과 고찰을 통해 초등교사의 과학 PCK 개념화에 관한 시론(試論)적 아이디어를 도출하기 위하여 Gough, Oliver, and Thomas(2012)가 제안한 체계적 문헌 고찰(systematic reviews)의 절차를 이 연구의 맥락과 목적에 맞게 적용하여 연구를 진행하였다. Gough *et al.*(2012)의 체계적 문헌 고찰 절차는 다음과 같다.

- (1) 체계적 문헌 고찰의 출발: 문헌 고찰의 주제와 영역을 결정

2) Collective PCK에 대해 박종원 등(2021)은 집합적 PCK로, 채유정 등(2023)은 집단적 PCK로 번역하였다. 이 논문에서는 Carlson and Daehler(2019)의 원문 해석에 더 근접한 의미로서 집합적 PCK를 선택하였다.

- (2) 문헌 고찰의 목적과 연구 문제 선정: 연구의 목적과 연구 문제, 문헌 고찰을 위한 개념적 틀 (conceptual framework)과 관점 수립
- (3) 문헌 탐색의 방법과 기준에 따른 문헌 선정: 문헌 검색 및 문헌 선정의 방법, 분석 문헌 목록에 포함하거나 제외하는 데 필요한 기준 마련, 문헌 선정 결과 정리
- (4) 문헌 분석: 각 문헌의 특징을 기술하고, 개별 특징에 따른 분류 및 유목화, 고찰에 적용한 개념적 틀과 비교
- (5) 분석 결과의 평가: 문헌 고찰 결과의 질적 평가 및 적절성 판단
- (6) 체계적 문헌 고찰의 종합: 문헌 분석 결과, 평가 및 개념적 틀의 종합
- (7) 체계적 문헌 고찰의 적용: 문헌 고찰 결과를 해석하고, 이를 정책 또는 연구 제언에 적용

위 7가지 절차 중에서 (1)과 (2)는 앞서 서론 및 제1차, 제2차 PCK 서밋에 관한 섹션에서 서술되었으므로, (3)~(7)의 절차를 이 연구의 목적과 맥락에 맞게 적용한 내용을 아래에 제시한다.

1. 문헌 탐색 방법과 선정 기준, 분석 문헌 선정

제1차 PCK 서밋이 2012년에 개최되었으므로 2012

년 이전에 국내에서 출판된 연구 논문에는 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델) 또는 수정된 합의 모델의 관점이 반영되었다고 보기 어렵다. 그래서 이 연구에서 분석 대상 문헌은 2012년부터 2023년까지 출판된 국내 KCI 등재 학술지 논문으로 제한하였다. 문헌 선정을 위해 학술연구 정보서비스 (riss.kr)에서 “초등교사”를 1차 키워드로 2,098편의 논문을 검색하였고, 검색된 논문 중에서 “PCK”를 2차 키워드로 재검색하였다. 2차 검색으로 축약된 논문 54편 중 과학 교과와 관련된 논문 21편을 추출하였다. 최종 추출된 논문 중에서 초등 예비교사를 대상으로 한 논문 및 초등학교 과학 교수학습 자료, 교과서, 교사 임용시험 등을 주제로 한 논문은 분석 대상에서 제외하였다. 이와 같은 과정을 거쳐서 초등교사의 과학 PCK를 조사한 연구 논문 11편이 분석 대상 문헌으로 최종 선정되었다(Table 1). 이상은 Gough *et al.*(2012)의 체계적 문헌 고찰 절차 중 (3) 문헌 탐색의 방법과 기준에 따른 문헌 선정에 해당한다.

2. 문헌 분석 및 분석 결과의 평가

분석 대상으로 선정된 문헌에서 초등교사의 과학 PCK가 기술된 관점 및 그에 따른 연구 결과를 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점에서 재해석하는 심층 분석은 Gough *et*

Table 1. The articles analyzed for this study involved in elementary teachers' science PCK

저자(연도)	논문 제목	계재 학술지
이정아, 이기영(2017)	지구 공전에 대한 초등교사들의 주제-특이적 PCK 발달과정 탐색을 위한 사례 연구	초등과학교육
차유미, 강훈식(2020)	PCK에 근거한 초등학교 교사의 과학영재수업과 발명영재 수업 구성과 실천의 특징 비교	초등과학교육
신채연, 송진웅(2020)	불간섭주의와 교사협력: 과학 수업을 위한 두 초등교사의 교사협력 사례 연구	초등과학교육
강훈식(2022)	초등학교 교사의 과학 PCK에 대한 학업열정 수준 및 영향 요인 탐색	초등과학교육
임효진, 강훈식(2022)	초등 예비교사와 현직 교사의 과학 PCK에 대한 학업열정 수준 비교*	초등과학교육
이기영, 이정아(2016)	천문 수업에 대한 초등교사의 주제특이적 PCK 발달과정 탐색: 태양계 행성의 크기와 거리 주제를 중심으로	한국과학교육학회지
엄장희, 김희백(2020)	과학 모델링 수업에서 나타난 초등교사의 수업실행 변화: 모델링 PCK를 중심으로	한국과학교육학회지
신채연, 송진웅(2021)	한 초등 경력교사의 과학 수업에서 나타나는 과학 교수지향과 PCK 요소들 사이의 관련성 탐색	한국과학교육학회지
채유정, 이기영, 박재용(2023)	초등학교 과학 교사가 인식하는 PCK, 그것, 교수 효능감 사이의 구조적 관계	한국과학교육학회지
주은정(2018)	초등교사들의 학교 안 자연 기반 생태교육 실행연구에서 나타난 생태교육 PCK 확장 과정	환경교육
서권수, 서혜애(2018)	초등과학 영재교육 담당교사의 교사변인별 과학영재교육 교수방법 전문지식에 대한 인식 차이	영재교육연구

*초등 예비교사와 관련된 논문이지만, 초등교사의 과학 PCK가 연구 내용에 포함되어 있어서 분석 대상에 포함됨

al.(2012)의 체계적 문헌 고찰 절차 중 (4)문헌 분석 및 (5)분석 결과의 평가에 해당하며, 세부적인 분석 방법과 절차는 다음과 같다.

첫째, 분석 대상 문헌별로 각 논문에서 초등교사의 과학 PCK가 어떤 연구자의 관점에 근거하여 기술되었는지를 분석하였다. 또한, 교사의 전문지식 및 기능 모델과 수정된 합의 모델에서 과학 PCK의 가장 기저에 해당하는 요소는 교사의 전문지식 기초이므로, 분석 대상 논문에서 다른 초등교사의 과학 PCK는 교사의 전문지식 기초 중 어느 지식에 초점을 두고 있는지 파악하였다.

둘째, 해당 문헌의 기술 내용에 근거하여 초등교사의 과학 PCK가 수정된 합의 모델에 제시된 세 층위, 즉 집합적 PCK, 개인적 PCK, 또는 실행된 PCK 중 어느 범주에 주목하고 있는지, 그리고 세 층위와 관련된 기술 내용이 교과, 주제, 개념 수준에 따라 각각 무엇에 해당하는지를 파악하였다. 이 과정의 분석에서 개인적 PCK의 사례는 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)의 관점과 수정된 합의 모델의 관점을 복합적으로 적용하여 조사하였다. 또한, 실행된 PCK를 조사할 때는 교사의 전문지식 및 기능 모델에서 교사 개인의 PCK/기능의 관점을 함께 적용하여 분석 대상 논문에서 수집한 교사의 수업 사례에서 어떤 지식과 기능 및 교수법적 추론을 담고 있는지 분석하였다. 이에 덧붙여 조사한 실행된 PCK가 포함된 교사의 개인적 PCK는 어떻게 기술되었는지도 함께 분석하였다.

셋째, 분석 대상 문헌에서 기술된 초등교사의 과학 PCK 분석 관점, 적용된 교사의 전문지식 기초의 범주, 논문에서 포착된 집합적 PCK, 개인적 PCK 또는 실행된 PCK 측면의 특징에 따라 초등교사의 과학 PCK 개념화 사례를 서로 비교하여 구분되는 특징을 유목화하였다.

넷째, 위와 같은 절차에 따라 분석한 결과를 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 각 요소의 세부 내용과 다시 비교하여 각 요소별로 분석한 내용이 적절한지를 검토하였다. 검토 결과 모호한 분석이라고 판단된 사례들은 해당 논문과 다른 논문의 분석 사례를 비교하여 추가 분석을 진행하였다.

3. 체계적 문헌 고찰의 종합 및 적용

Gough *et al.*(2012)의 체계적 문헌 고찰 절차 중

(6)문헌 고찰의 종합에서는 앞선 단계에서 각 문헌의 과학 PCK 연구 사례의 특징을 정리하여 유목화한 결과를 종합하여 초등교사의 과학 PCK 개념화를 위한 시론적 아이디어를 도출하였다. 체계적 문헌 고찰의 절차 중 (7)문헌 고찰의 적용 단계는 연구 결과에서 얻은 시론적 아이디어를 바탕으로 향후 초등교사의 과학 PCK에 대한 과학 교사교육 연구에서 고려해야 할 요소를 추출하여 결론으로 제시하였다.

IV. 연구 결과

체계적 문헌 고찰의 절차와 방법에 따라 초등교사의 과학 PCK 관련 국내 연구 논문을 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 복합적 관점에서 심층 분석 및 재해석한 결과와 이를 근거로 초등교사의 과학 PCK 개념화 사례의 특징을 유목화한 범주를 중심으로 연구 결과를 기술하였다.

1. 초등교사의 전문지식 기초의 범주: 변형적(transformative) 지식 관점

분석한 문헌 중에서 초등교사의 과학 PCK 기술을 위해 가장 많이 적용된 전문지식 기초의 관점은 Magnusson *et al.*(1999)의 교사 지식 체계 구분이었다. 11편 중 9편의 논문에서 초등교사의 과학 PCK는 Magnusson *et al.*(1999)의 관점에 따라 교수 지향, 교육과정에 관한 지식, 학생에 관한 지식, 교수전략에 관한 지식, 교육평가에 관한 지식을 PCK의 주요 요소로 설정하고, 이 요소를 모두 적용하거나 그중에서 일부 요소를 선택하여 초등교사의 PCK 분석에 활용하였다.

강훈식(2022), 임효진과 강훈식(2022)은 과학 PCK를 과학 내용학 지식과 과학 교육학 지식으로 구분하였는데, 과학 교육학 지식은 과학 내용학 지식을 가르치는 방법과 관련된 지식으로 정의하였다. 또한, 과학 교육학 지식을 더 세분하여 과학 내용에 관한 지식, 과학 교육과정에 관한 지식, 학생에 관한 지식, 과학 교수전략에 관한 지식, 과학 학습평가에 관한 지식으로 구성되는 것으로 보았다. 이들의 연구에서 초등교사의 과학 PCK는 Magnusson *et al.*(1999)의 관점에 따라 교수 지향, 교육과정에 관한 지식, 학생에 관한 지식, 교수전략에 관한 지식, 교육평가에 관한

지식을 PCK의 주요 요소로 설정하고, 이를 과학 교육학 지식의 범주에 포함한 것이다.

신채연과 송진웅(2020)은 두 초등교사의 교사 협력 사례에 관한 질적 분석을 통해 초등교사 간 과학 PCK 공유 양상을 보고하였다. 이 논문에서 초등교사의 PCK는 Magnusson *et al.*(1999)의 PCK 구성 요소 중 과학 교수 지향, 과학 교육과정에 관한 지식, 학생에 관한 지식, 과학 교수전략에 관한 지식이 적용되었으며, 이에 덧붙여 과학 내용 지식을 포함하여 분석되었다. 또한, 신채연과 송진웅(2021)의 연구는 초등 경력 교사가 물체의 운동 주제와 빛과 렌즈 주제의 수업을 진행한 사례를 소재로 교사의 과학 교수 지향(science teaching orientation) 및 그 지향이 과학 PCK 요소와 갖는 관련성을 질적 분석하였다. 이들의 연구에서 과학 교수 지향은 Friedrichsen, van Driel, and Abell(2011)의 관점에 따라 과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념, 과학의 본성에 관한 신념, 과학 교수학습에 관한 신념의 집합체로서 규정하였고, 초등교사의 PCK 중 과학 교수 지향을 제외한 나머지 요소는 Magnusson *et al.*(1999)의 관점을 따라 과학 교육과정 지식, 학생에 관한 지식, 과학 교수전략에 관한 지식, 과학학습 평가에 관한 지식으로 구분하여 분석에 반영하였다.

이기영과 이정아(2016), 이정아와 이기영(2017)은 초등교사의 천문 수업에 대한 주제 특이적 PCK를 조사하였다. 이들의 연구에서 주제 특이적 PCK는 지식과 기능 영역으로 구분하였으며, 그중 지식 영역은 Magnusson *et al.*(1999)이 규정한 PCK 구성 요소 중 교육과정 지식, 교수전략 지식, 학생평가 지식만을 적용하였다. 과학 교육과정 지식은 초등교사의 과학 수업 분석에서 수업 내용 강조점의 주제 적합성과 개념 수준의 적절성 측면을 분석하였고, 과학 교수 전략 지식은 수업 방법과 자료의 주제 적합성 측면을 분석하였으며, 학생평가 지식은 형성평가에서 선 개념 파악 정도 및 수업 중 학생의 개념변화 모니터링에 관한 메타인지 측면을 분석하였다.

그밖에 Magnusson *et al.*(1999)의 PCK 구성 요소를 특정한 영역에 적용하여 변형한 교사의 지식 체계를 적용하여 모델링 PCK 또는 과학영재교육 교수 방법 전문지식으로 지칭한 사례도 있었다. 차유미와 강훈식(2020)은 “영재수업 관련 PCK”(p. 341)를 규정하고, 그 요소로 영재교육과정에 관한 지식, 영재교수전략에 관한 지식, 영재교육평가에 관한 지식만을

포함하였다. 영재교육과정에 관한 지식은 영재수업의 목표, 방향, 주제 등과 관련된 지식으로 규정하였고, 영재교수전략에 관한 지식은 영재수업의 구성, 교수학습 전략, 교구 및 교재 준비, 수업 운영 등과 관련된 지식으로, 영재교육평가에 관한 지식은 평가 영역 및 평가 방법과 관련된 지식으로 규정하였다. 이들의 연구는 Magnusson *et al.*(1999)이 제시한 PCK의 구성 요소 중에서 교육과정 지식, 교수전략에 관한 지식, 학습평가에 관한 지식을 영재 수업 맥락에 적용한 것이다. 엄장희와 김희백(2020)은 우리 몸의 구조와 기능을 주제로 한 두 초등교사의 과학적 모델 구성 수업 및 면담을 통해 모델링 수업의 변화와 관련된 모델링 PCK를 비교, 분석하였다. 이 논문에서 분석한 모델링 PCK는 Magnusson *et al.*(1999)의 PCK 구성 요소를 모델링의 관점에서 변형한 과학적 모델링을 위한 PCK (Nelson & Davis, 2012)를 차용한 것이었다. 이들의 연구에서 모델링 PCK의 구성 요소는 모델링 교수 지향(모델링 수업의 지향점 및 목표에 대한 지식과 신념), 모델링 교육과정 지식(과학 교육과정에 언제, 어떻게, 왜 모델링을 도입하는지에 대한 지식), 모델링 교수전략 지식(모델링 수업에서 학습을 지원하기 위한 방법에 관한 지식), 모델링에서 학생이해에 대한 지식(학생의 선지식, 모델링에 관한 학생의 인식에 대한 이해), 모델링 평가 지식(모델링 산출물 평가 및 학습 개념 평가에 관한 지식)으로 구성되었다. 또한, 서권수와 서혜애(2018)는 과학영재교육을 지도하는 초등교사의 과학영재교육 교수방법 전문지식의 구성 요소로서 과학 내용 지식, 과학 교수법적 내용 지식, 과학 영재교육과정 지식, 영재교육학 지식, 교육 맥락 지식을 설정하고, 영재교육을 담당하는 초등교사들의 인식을 조사하였다. 이들의 관점은 비록 명칭은 다소 다르지만, 앞서 언급했던 Magnusson *et al.*(1999)의 범주를 영재교육의 맥락에 맞추어 정리한 것이라 할 수 있다.

주은정(2018)은 이보다 더 오래된 문헌인 Grossman(1990)의 관점을 도입하여 교수법적 내용 지식, 교과 내용 지식, 일반 교수법 지식, 상황 지식을 함께 고려하여 자연 기반 생태교육을 실시했던 초등교사의 생태교육 PCK를 조사하였다. 주은정(2018)의 연구에서 생태교육 PCK는 Grossman(1990)의 관점에 추가하여 Loughran *et al.*(2001)이 제안했던 전문적 교수 경험 레퍼토리(pedagogical and professional experience repertoires, PaP-eRs)와 내용 표상(Content Repre-

sentation, Co-Re) 개념을 도입하여 분석되었다.

위 연구들에서 초등교사의 과학 PCK를 분석하기 위해 도입했던 교사의 전문지식 범주들은 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델에서도 교사의 전문지식 기초로서 재언급되었다. 그러나 수정된 합의 모델에서 제시한 교사의 전문지식 기초는 집합적 PCK의 바탕이 되는 과학 교사의 포괄적이고 일반적인 지식으로서 기능하는 것이며, 집합적 PCK는 전문가 집단에 의해 규정된 공유된 지식으로 정의되었다. 이와 달리 분석 대상 논문들에서 사용된 Magnusson *et al.*(1999)의 PCK 구성 요소는 초등교사의 개인적 PCK를 조사하는 준거로 사용되었다. PCK 구성 요소로서 교사의 전문지식 범주를 선정하고, 그 범주를 준거로 하여 초등교사의 개인적 PCK를 조사하는 접근은 교사의 전문지식 기초에 대한 변형적 입장(transformative stance; Gess-Newsome, 1999)을 따른 것이다. 그러나 교사의 전문지식 기초가 가진 규범적, 규준적 지식의 특성과 개인적 PCK가 가진 실천적 지식의 특성이 중첩되어 적용된 것은 향후 국내에서 초등교사의 과학 PCK를 연구할 때 재조명되어야 할 부분이라 하겠다.

2. 주제 수준의 과학 PCK: 개인의 PCK/ 기능 또는 실행된 PCK

PCK에 관한 수정된 합의 모델에서는 집합적 PCK, 개인적 PCK, 및 실행된 PCK가 모두 교과 - 주제 - 개념의 수준에서 해석될 수 있다고 하였다. 분석 대상 논문 중에서 개념 수준의 과학 PCK를 조사한 사례는 없었고, 주로 교과 수준 및 주제 수준의 PCK 연구가 대부분이었다. 분석 대상 논문 11편 중 주제 수준의 PCK를 연구한 논문은 세 편이었다. 그중 두 논문은 제목과 본문에서 “주제 특이적 PCK”를 명시하였다. 주제 특이적 PCK라는 범주는 수정된 합의 모델에서는 별도로 언급되지 않았으며, 제1차 PCK 서밋에서 제안된 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)에서는 주제 특이적 전문지식을 독립적으로 명시하여 PCK의 구성 범주로 포함하였다. 이기영과 이정아(2016), 이정아와 이기영(2017)은 각각 태양계 행성의 크기와 거리 및 계절별 별자리의 변화에 근거한 지구의 공전을 주제로 실행한 초등교사 8명의 과학 수업을 분석한 사례 연구를 통해 초등교사의 천문 수업에 대한 주제 특이적 PCK의 변화 양상을 조사하였다. 이기영과 이정아(2016)는 초등교사의 주

제-특이적 과학 PCK에서 과학 교육과정 지식, 교수 전략, 평가 지식을 조사하였고, 특별히 추가한 기능 영역에 대해서는 태양계의 구조를 이해하기 위한 시스템 사고가 반영된 정도를 분석하였다. 이들의 연구는 세 항목의 지식 및 기능(시스템 사고)의 측면에서 초등교사의 과학 PCK의 발달 수준을 구분하였고 그 수준의 변화 양상을 조사하였다.

신채연과 송진웅(2021)의 연구는 초등 경력 교사가 물체의 운동 주제와 빛과 렌즈 주제의 수업을 진행한 사례를 소재로 교사의 과학 교수 지향이 과학 PCK 요소와 갖는 관련성을 분석하였다. 초등교사의 PCK 요소 및 교수 지향과 연관성은 두 주제에 관한 과학 수업 관찰 자료와 교사가 작성한 Content Representation 응답지(Loughran *et al.*, 2001)의 내용을 분석하여 조사하였다. 연구 결과, 참여 초등교사의 과학 교수 지향은 과학과 일상생활의 관계와 과학 개념의 습득, 앞에 이르는 방법으로서의 과학, 학생 중심 수업이라는 세 가지 신념으로 표현되었고, 이 세 신념이 과학 “탐구”라는 하나의 과학 교수 지향으로 수렴되었으며, 이러한 교수 지향이 교사의 수업 계획과 실행에 적용되어 과학 교육과정 지식, 교수전략에 관한 지식, 학생에 관한 지식, 학습평가에 관한 지식에 영향을 주었음을 밝혔다.

주제 수준에서 초등교사의 과학 PCK를 분석한 연구 논문은 참여 교사가 수업을 계획하고 실행하는데 적용된 지식의 선택과 사용된 교수법적 추론을 상세히 분석하여 그들의 과학 PCK를 구체적으로 기술하였다. 이는 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)의 관점에서 보면 교사 개인의 PCK/기능에 해당하며, 수정된 합의 모델의 관점에서 보면 실행된 PCK에 해당한다. 예를 들면, 이기영과 이정아(2016)는 초등학생이 태양계의 크기와 거리를 묘사하기 위해 천문학적 규모를 어떻게 표현할 것인지를 지도하는 과정에서 초등교사가 사용한 교수법적 추론을 근거로 그 교사의 교육과정 지식 및 교수전략 지식의 수준을 지정하였다. 또한, 이정아와 이기영(2017)의 연구는 지구의 공전 주제에 관한 수업에서 계절별 별자리의 위치 변화를 본질적으로 제시하는 수업 또는 계절별 별자리의 위치 변화를 연속적 변화로 제시하여 지구의 공전과 자전을 함께 고려하는지 등에 따라 수업 구성 및 학습 방법의 선택, 학생들의 관측 관점 전환 이해 정도를 파악하기 위한 교수법적 추론 양상을 구분하여 분석하였다. 신채연과 송진웅

(2021)의 연구에서도 일상생활과의 관련, 학생 중심, 과학 탐구를 중심으로 하는 교수 지향이 물체의 운동 단원에서 ‘우리 학교에서 빠르기와 관련된 문제 해결하기’, 빛과 렌즈 단원에서 ‘렌즈의 성질을 이용한 과학 놀이 만들기’와 같은 문제해결 학습, 프로젝트 학습을 계획하고 실천하는 것과 연결되었으며, 학생들에게 친숙한 일상생활을 소재로 하여 학생 스스로 실행하는 탐구 실험을 제시하게 하였고, 학생 중심의 활동 기반 평가를 계획하고 실천하는 것과 연결되었다. 이 세 논문에서 언급한 주제 특이적 PCK는 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점에서 볼 때 주제 특이적 전문지식이 아니라 교사 개인의 PCK/기능 또는 실행된 PCK를 조사한 것이라 할 수 있다. 이와 같은 PCK 범주의 혼선은 향후 초등교사의 과학 PCK 개념화에서 주의가 필요하다.

3. 영역 수준의 과학 PCK: 개인적 PCK

분석 대상 논문 중에서 특이하게 “영역 특이적 PCK”의 범주에 해당하는 논문이 세 편 포함되었다. “영역 특이적”은 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델에서 언급된 바는 없다. 이는 엄격한 의미에서 교과 수준에 해당하는 PCK로 볼 수 있지만, 과학 교과 내에서 특정한 영역, 예를 들면 영재수업 PCK, 모델링 PCK, 생태수업 PCK 등과 같이 특정한 주제가 아니라 과학교육의 일부 영역을 구체적으로 명명하여 초등교사의 PCK를 조사한 사례에 해당한다. 차유미와 강훈식(2020)은 영재교육원의 과학영재수업과 발명영재수업을 지도한 경험이 있는 초등교사 8명을 면담하여 초등교사가 영재수업을 구성하고 실천할 때 인식한 특징을 PCK 요소별로 기술하고, 과학영재수업과 발명영재수업 사례의 차이를 조사하여 이들의 영재수업 관련 PCK를 비교, 분석하였다. 차유미와 강훈식(2020)의 연구에서 초등교사의 영재 수업 구성 및 실천 사례의 반성적 기술(reflective description)에 근거하여 PCK 요소를 추출한 것은 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)의 관점에서 보면 개인적 PCK에 해당하며, 수정된 합의 모델의 세 층위 중에서는 개인적 PCK의 관점에 해당한다. 그러나 주제나 개념 차원의 접근이 아니라 과학영재수업 또는 발명영재수업이라는 특정한 영역 차원의 접근이어서 교사의 지식 외에 교수법적 추론이 구체적으로 분석되지는 않았다.

엄장희와 김희백(2020)은 두 초등교사의 과학적 모델 구성 수업 및 면담을 통해 모델링 수업의 변화와 관련된 모델링 PCK를 비교, 분석하였다. 이들의 연구에서 분석한 것은 우리 몸의 구조와 기능이라는 특정 주제의 수업에서 구현된 PCK인 반면, 연구자는 이를 과학 주제와 관련된 PCK로 해석한 게 아니라 모델링이라는 특정한 기능에 대한 PCK로 보았다. 즉, 수업 실행 사례 및 면담을 통해 모델 및 모델링의 목적에 대한 이해(모델링 교육과정 지식), 모델 및 모델링에 대한 메타지식 요소(모델링 교수전략 지식), 모델링 산출물 및 과학개념 평가 지식(모델링 평가 지식) 등을 조사하였다. 이와 같은 PCK 조사는 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델) 또는 수정된 합의 모델의 관점에서 볼 때, 개인적 PCK에 해당한다고 볼 수 있다.

주은정(2018)은 초등학교 시설을 활용하여 자연 기반 생태교육을 실시했던 초등교사 3학년 담임교사 5명의 실행연구에서 수업 사례의 관찰 및 면담을 통해 초등교사의 생태교육 PCK가 생성되고 재구성 및 확장되는 양상을 조사하였다. 이 연구의 결과는 초등교사들이 실행연구 초기에 생태교육 필요성 인식 및 자연에 대한 경험 부족에 관한 문제 인식에서부터 생태교육 PCK가 생성되기 시작하여 동료 교사와 협력, 학생에게 받은 긍정 피드백, 학생의 학습욕구를 만족시켜 준다는 성취감이 촉진제 역할을 하고, 생태교육의 내용과 방법에 관한 지식 습득 및 생태교육 관련 전문 교수법적 레퍼토리를 습득하게 되면서 생태교육 PCK가 확장되었음을 밝혔다. 이 연구에서 주목한 초등교사의 전문지식 기초는 생태교육의 내용 지식과 생태교육 관련 교수법 지식, 생태교육에서 접한 학생에 관한 지식 등이었다. PCK에 관한 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점에서 보면, 주은정(2018)의 연구에서 다른 초등교사의 PCK는 초등교사의 생태교육 지식 및 학생에 관한 지식, 전문 교수법적 생태교육 레퍼토리 경험 등 초등교사가 가진 개인적 PCK를 조사한 것으로 볼 수 있다.

과학 교사의 PCK 연구를 교과나 주제, 개념이 아닌 특정한 영역에 초점을 두어 접근한 과학교육 연구 사례는 이전에도 일부 보고된 바 있다. 예를 들면, 과학의 본성 PCK(김민환 등, 2020; 김민환 등, 2022) 과학적 논변 PCK(김선아, 이신영, 김희백, 2015), 과학 논증 PCK(박원미와 곽영순, 2022) 과학기술 관련

사회쟁점 PCK(이현주, 2016) 등이 있다. 이 연구들은 특정한 과학 주제를 다루고 있지만, PCK의 초점은 과학 내용보다는 특정한 기능의 실행 양상, 즉 과학적 실행(science practices) 또는 특정한 분야의 지식에 있다. 차유미와 강훈식(2020), 엄장희와 김희백(2020), 주은정(2018)을 포함하여 선행 연구 사례에서 영역 수준의 PCK는 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점에서 볼 때 초등교사의 수업 실천 사례를 통해 도출한 개인적 PCK를 조사한 것이라 할 수 있다. 이와 같은 영역 수준에서 개인적 PCK 사례는 교과나 개념 수준보다는 주제 수준의 PCK에 더 가깝다고 볼 수 있지만, 초등교사의 과학 PCK 개념화를 고려할 때 적절한 접근 방식일지는 재고가 필요하다.

4. 정서적 요인을 반영한 초등교사의 과학 PCK: 집합적 PCK 관점

분석 대상 논문 중 PCK 구성 요소 또는 영향 요인으로서 지식 측면 외에 정서적 요인을 고려하여 초등교사의 과학 PCK를 연구한 논문은 네 편이 있었다. 강훈식(2022), 임효진과 강훈식(2022)은 초등교사의 과학 PCK에 대한 학업 열정을 조사하였는데, 초등교사의 과학 PCK 구성요소 중 과학 내용학 지식에 대한 학업 열정은 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역의 과학 개념에 대한 학습 열정으로, 과학 교육학 지식에 대한 학업 열정은 과학 교수학습 모형, 과학과 교육과정, 초등학생 특성, 과학 학습평가 방법 등에 관한 학습 열정으로 규정하고 이를 검사 도구에 반영하였다. 두 논문의 연구 결과에 공통으로 포함된 것은, 초등교사들이 과학 내용학 학습 및 과학 교육학 학습의 중요성과 필요성에 대한 인식은 높았으나, 과학 내용학 및 과학 교육학 학습에 투자하는 시간과 에너지에 대해서는 상대적으로 낮아서 강박적 열정을 가지고 있었다. 또한, 초등교사는 과학 교육학 학습보다 과학 내용학 학습의 중요성과 과학 내용학 학습에 투자하는 시간과 에너지 등에 대해 더 높은 열정을 보였다.

강훈식(2022)은 초등교사의 교직 경력 변인보다는 초등교사가 이수한 교육대학교 심화과정이 과학 내용학 및 과학 교육학 지식에 대한 학업 열정에 더 큰 영향을 준다고 밝혔으며, 임효진과 강훈식(2022)의 연구는 초등교사들이 과학 교육학 지식은 다른 교과 교육학의 지식과 공통점이 있어서 일부 습득할

수 있으나, 과학 내용학 지식에 대해서는 부족함을 더 많이 체감할 수 있음을 주장하였다. 이러한 결과는 초등교사가 가진 교육대학교의 심화과정 경험 및 여러 교과를 지도하는 초등학교의 교사 경험이 과학 PCK의 형성 및 영향 요인으로 작동할 수 있음을 의미한다. 즉, 초등교사의 과학 PCK를 개인적 PCK뿐만 아니라 집합적 PCK의 차원에서 파악하는 것이 필요함을 말해준다.

채유정, 이기영, 박재용(2023)은 분석 대상 문헌 중 유일하게 과학 교사의 PCK에 관하여 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점을 인식하고 이를 초등교사의 과학 PCK 연구에 적용하였다. 이들은 PCK에 관한 합의 모델 및 수정된 합의 모델의 관점이 교사 전문성의 인지적 영역(전문 지식)과 행동적 영역(수업 실행 및 기능)에 국한되었다고 비판하면서 개인적 PCK와 실행된 PCK 간의 지식 교류에서 정의적 영역을 더 강조할 필요성이 있으며, 초등교사의 과학 PCK를 측정하거나 기술할 때 학생의 학습 결과에 대한 교사의 신념을 함께 다루어야 한다고 주장하였다. 이들의 연구는 장기적인 목표의 성취를 위해 열정과 끈기를 지속할 수 있는 능력으로서 그릿(grit)을 교사 전문성의 주요 변인으로 추가하고, 교사가 얼마나 효과적으로 수업을 실행할 수 있는지 그리고 그 결과로 학생의 성취가 높을 것인지를 포함하는 교수 효능감(teaching efficacy; 인수정과 최어란, 2018; Enochs & Riggs, 1990)과 초등교사의 PCK 간의 관계를 규명하고자 하였다. 채유정 등(2023)은 초등교사 325명을 대상으로 과학 수업에 대한 지식과 실행에 관한 인식을 묻는 자기 보고식 검사지를 활용하여 초등교사의 PCK를 조사하였고, 과학 수업에 대한 그릿 검사지와 과학 교수 효능감 검사지를 활용하여 초등교사의 과학 PCK에 영향을 주는 정의적 요인을 조사하였다. 이들의 연구 결과는 초등교사의 과학 수업 지식과 과학 수업에 대한 그릿이 교수 효능감과 정적 상관관계에 있으며, 수업 지식이 그릿보다 교수 효능감에 더 큰 영향을 미친다는 것과, 수업 실행과 교수 효능감은 유의미한 상관관계를 보이지 않음을 밝혔다.

채유정 등(2023)의 연구는 초등교사의 과학 수업 지식에 대한 인식이 교수 효능감에 정적인 영향을 줄 수 있음을 근거로 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델에서 제시한 교사의 전문지식 기초가 초등교사의 개인적 PCK를 강화할

수 있음을 확인하였다. 이를 근거로 초등교사의 과학 교수 효능감을 강화하려면 개인적 PCK의 자원이 되는 전문지식 기초(과학 내용 지식, 교수법 지식, 학생에 관한 지식, 교육과정 지식, 학습평가 지식)를 더욱 함양해야 함을 주장하였다. 또한, 과학 수업에 대한 그림이 과학 교수 효능감에 정적 영향을 줄 수 있으므로, 초등교사의 PCK를 이해할 때 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델) 또는 수정된 합의 모델의 관점과 달리 초등교사의 정의적 요인을 더 강조해야 함을 주장하였다. 채유정 등(2023)의 PCK 연구는 과학 수업 지식 및 실행에 관한 초등교사의 포괄적인 인식 조사 결과를 근거로 교사의 지식과 그림, 교수 효능감 사이의 관계를 규명하여 분석 대상 문헌 중 유일하게 수정된 합의 모델의 관점에서 초등교사의 과학 교과에 대한 집합적 PCK를 포괄적으로 기술한 측면이 있다.

초등교사 간 과학 PCK 공유 양상을 분석했던 신채연과 송진웅(2020)의 연구는 두 초등교사가 교사 협력을 통해 과학 탐구를 지도하는 데 필요한 방안을 중심으로 과학 교수전략에 관한 지식을 가장 많이 공유하였으나, 언어로 공유된 과학 교수전략에 관한 지식이 직접적인 수업 실천으로 구현되는 데 어려움이 있음을 밝혔다. 또한, 초등교사의 과학 PCK 연구에서 “교사 협력을 통해 과학 수업 실천 전반에 걸쳐 과학 PCK 구성 요소에 기반한 상호작용이 충분한 시간을 가지고 이루어져야 하며, (... 중략 ...) 초등교사의 과학 탐구 지도를 위한 PCK는 교사 협력을 통해 서로의 수업을 관찰함으로써 더욱 발달할 수 있을 것”임을 주장하였다(신채연과 송진웅, 2020, p. 113). 신채연과 송진웅(2020)의 연구는 두 교사의 협력을 통해 초등교사의 동일성 및 교사 자신의 과학 수업 전문성에 대한 불간섭 인식이라는 초등학교의 교직 문화가 두 과학 교사의 과학 PCK 공유에 미치는 영향을 함께 조사했다는 점에서 집합적 PCK의 관점이 반영된 사례에 해당한다.

위 네 편의 PCK 연구 사례에서 볼 수 있는 것처럼 초등교사의 PCK에 영향을 주는 정서적 요인으로서 열정, 그림, 교사 문화 등은 초등교사가 가진 고유한 상황이나 맥락과 연결될 수 있다. 이러한 해석은 초등교사의 과학 PCK를 개념화할 때 이전 연구에서 충분히 반영되지 못했던 집합적 PCK의 관점이 유효할 수 있음을 말해준다.

V. 결론 및 논의

이 연구는 과학 교사의 PCK 개념화를 위한 종합적 논의로서 제1차 PCK 서밋에서 제안된 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 제2차 PCK 서밋에서 제안된 수정된 합의 모델의 관점을 복합적으로 적용하여 2012년부터 2023년까지 국내에서 출판된 초등교사의 과학 PCK 연구 논문에 대한 체계적인 문헌 고찰을 통해 초등교사의 과학 PCK 개념화를 위한 시론적 아이디어를 도출하였다. 연구 결과를 바탕으로 향후 초등교사의 과학 PCK에 대한 과학 교사교육 연구에서 고려해야 할 요소를 추출하여 결론으로 제시하였다. 이 섹션은 Gough *et al.*(2012)의 체계적 문헌 고찰의 절차 중 (7)문헌 고찰의 적용 단계에 해당한다.

결론에 앞서 2012년 이후 현재까지 국내에서 수행된 초등교사의 과학 PCK 연구가 많지 않았음을 먼저 언급한다. 초등교사는 과학뿐만 아니라 여러 교과를 지도한다는 것을 고려하더라도 초등교사가 상대적으로 과학 수업을 더 많이 어려워한다는 현실에 비추어 볼 때 향후 초등교사의 과학 PCK에 관한 교사교육 연구가 양적 증가는 물론 질적으로도 더 심화할 필요가 있다. 또한, 연구에서 분석 대상 논문으로 선정된 국내 문헌은 2012년 이후 출판되었음에도, PCK에 대하여 Shulman의 초기 서술부터 매우 포괄적인 소개를 담고 있으며, 이후 보고된 많은 관점 중 비교적 오래된 관점인 1990년대의 PCK 관점에 근거하여 초등교사의 PCK를 분석하고 기술한 경우가 대부분이었다. 2012년 제1차 PCK 서밋과 2016년 제2차 PCK 서밋에서 과학 교사의 PCK에 대해 포괄적으로 새롭게 개선된 관점이 도출되었으므로 향후 초등교사의 과학 PCK를 개념화하고 이를 적용하고 발전시키는 연구에서 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점을 충분히 반영하기 위한 노력이 필요하다.

이 연구의 결과에 근거하여 초등교사의 과학 PCK를 개념화하기 위한 첫 번째 시론적 아이디어는 PCK 구성 요소에 관한 변형적 입장을 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점과 조화롭게 구현하는 것이다. 이 연구에서 분석했던 국내 문헌들에서 초등교사의 과학 PCK는 주로 Magnusson *et al.*(1999)의 PCK 구성 요소를 준거로 하여 각 요소에 해당하는 특징적인 사례를 종합하여 개

인적 PCK를 규명하는 변형적 입장에서 분석되었다. 그러나 PCK를 구성하는 요소에 해당하는 교사의 수업 실행 사례를 찾아서 나열하고 종합하는 것은 가능하지만, 각 사례에서 도출된 교사의 지식 체계를 적절히 통합하여 상위 개념인 PCK로 구조화하는 과정은 명확하지 않다(Avraamidou & Zembal-Saul, 2005). Magnusson *et al.*(1999)을 비롯하여 많은 연구자들이 제안한 PCK 구성 요소는 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점에서 보면, 교사의 전문지식 기초의 하위 범주에 해당하며, 각 요소별 특징의 조합 또는 각 요소 간의 상호작용(양정은과 최애란, 2022)은 개인적 PCK라기보다 전문가 집단에 의해 규정된 공유된 지식인 집합적 PCK의 측면이 강하다. 따라서 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델) 또는 수정된 합의 모델의 관점에서 초등교사의 과학 PCK를 개념화하기 위해서는 먼저 집합적 PCK와 개인적 PCK 간의 구분을 명확히 하고, 그 관계에 대한 이해를 바탕으로 교사의 전문지식 기초의 종합으로서 PCK를 구조화하는 변형적 접근 방식을 구현하는 것이 필요하다.

초등교사의 과학 PCK 개념화를 위한 두 번째 시론적 아이디어는 집합적 PCK의 체계화이다. 초등교사의 과학 PCK 연구에서 열정, 그릿, 교사 문화 등 정서적 요인을 고려했던 문헌들의 공통점은 초등교사의 고유한 상황이나 맥락이 반영된 집합적 PCK의 관점이 적용될 수 있다는 것이다. 초등교사는 교육대학교 심화과정 경험(강훈식, 2022) 및 여러 교과와 지도 사례에서 얻은 경험이 서로 전달되면서(Kwak, 2017) 과학 PCK 형성에 영향을 받으며, 동학년 협의회를 축으로 하는 동료 교사 간의 동일성 지향(오영재, 2010) 및 자신의 과학 수업에 대한 불안감 인식이라는 교직 문화가 PCK 공유에 영향을 줄 수 있다(신채연과 송진웅, 2020). 이처럼 초등교사는 중등 과학 교사와 구별되는 고유한 학교 문화 및 수업 환경에 처해 있으므로 초등교사의 과학 PCK 개념화를 위해서 초등교사 집단의 집합적 PCK의 관점을 적용하는 것이 더욱 중요하게 제기된다. 앞서 언급했던 교사의 전문지식 기초에 해당하는 각 지식 요소들은 집합적 PCK를 체계화하는 과정에서 적절히 변형되어 반영될 수 있을 것이다.

초등교사의 과학 PCK 개념화를 위한 세 번째 시론적 아이디어는 초등교사의 과학 내용 지식과 관련된 주제 특이적 전문지식의 체계화이다. 초등교사는

과학 교과에 특이적인 교수법보다는 다양한 교과에 적용될 수 있는 교수법 지식을 더 중요하게 생각하지만(Kwak, 2017), 과학 내용 지식에 더 많은 부족감을 느끼고(임효진과 강훈식, 2022), 과학 내용 학습의 중요성 및 과학 내용 학습에 투자하는 시간과 에너지에 더 높은 열정을 보였으며(강훈식, 2022), 적절한 교과 내용 지식에 기반한 교수법 지식이 포함된 과학 PCK를 지향하였다(Kwak, 2017). 이 연구에서 분석한 논문에서 초등교사의 과학 PCK는 주로 주제 수준 또는 교과 수준(영역 수준 포함)에서 다뤄진 사례가 많았던 것은 같은 맥락에서 이해될 수 있다. 그러나 주제 수준의 과학 PCK는 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)에서 제시한 주제 특이적 전문지식(topic specific professional knowledge)과 수정된 합의 모델에서 제시된 개인적 PCK 측면에서 명확히 구분될 필요가 있다. 주제 특이적 전문지식은 전문가의 관점에서 특정한 주제를 특정한 맥락에서 가르칠 때 무엇을 알아야 하는지를 규정한 규준적, 규범적 지식이다. 과학교육 연구자나 과학교육 정책 전문가, 우수한 과학 교사 공동체에서 특정한 학습 주제와 관련된 교수전략, 학습 내용 조직 방식, 학생 오개념, 수업 구성 방식 등에 관한 연구 결과를 정리하여 주제 특이적 전문지식으로 초등교사에게 제공하면, 교사는 주제 특이적 전문지식의 세부 항목 중에서 자신의 수업에 적용할 수 있는 지식 요소를 선택하여 개인적 PCK를 형성하게 된다. 따라서 초등교사의 과학 PCK를 개념화하려면 특정한 과학 내용 지식과 관련된 주제 특이적 전문지식을 체계적으로 정립하는 것이 선행되어야 할 것이다.

초등교사의 과학 PCK 개념화를 위한 네 번째 시론적 아이디어는 과학학습 주제에 따라 초등교사 개인의 PCK/기능 또는 실행된 PCK를 실천적 지식의 관점에서 실증적으로 규명하고, 이를 개인적 PCK 또는 집합적 PCK와 연계하는 총체적인 PCK 구성이다. 이 연구에서 분석했던 논문 중 주제 수준에서 과학 PCK(예: 주제 특이적 PCK)를 분석한 사례는 교사가 수업을 계획하고 실행하는 동안에 선택한 과학 내용 지식 또는 교수법적 지식 및 관련된 교수법적 추론을 상세히 분석하여 초등교사의 과학 PCK를 기술하였다. 이는 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)의 관점에서 보면 교사 개인의 PCK/기능에 해당하며, 수정된 합의 모델의 관점에서 보면 실행된 PCK에 해당한다. 두 범주는 모두 교사가 특정한 맥락에서

특정한 교과, 주제, 또는 개념을 학생들이 습득할 수 있게 지도하는데 사용되는 특별한 지식과 기능, 교수법적 추론을 경험적으로 도출한 것이다. 즉, 교사 개인의 수업 계획 및 실행의 경험에서 귀납적으로 도출된 실천적 지식의 특성이 반영된 것으로 볼 수 있다(Connelly & Clandinin, 1988). 초등교사의 과학 PCK를 개념화할 때 교사 개인의 경험과 내러티브 또는 과학 수업에 관한 이미지 등에 근거한 실천적 지식으로 접근하면, 필연적으로 실행된 PCK(또는 이것을 포함하는 개인적 PCK)에 주목하게 된다. 그러나 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점을 고려하면, 초등교사의 과학 PCK 개념화는 실행된 PCK만이 아니라 PCK의 각 범주를 총체적으로 연관 지어 구성하는 접근 방식이 필요하다.

과학 교사가 가진 PCK와 그 교사의 수업 실행은 서로 밀접히 연관되어 있다. 이와 관련하여 박종원 등(2021)은 이론과 실행의 종합적 접근으로서 체화된 PCK(embodied PCK)를 제안한 바 있다. 체화된 PCK는 교사가 이론으로서 “알고 있는 PCK를 실제 상황에서 반복적으로 구현하는 과정을 통해 알고 있던 PCK가 더 명확하고 정교하게 형성되고, 다시 교사는 다양한 수업 상황에 맞추어 즉각적으로 기존의 PCK를 적절하게 변형하여 효율적인 교수활동으로 구현할 수 있게 되는 것을 의미한다”(박종원 등, 2021, p. 199). 박종원 등(2021)은 이론과 실행의 연계를 강조한 PCK 모델을 제안하고, 과학 교사의 PCK에 관하여 과학 내용 지식과 교수법 지식이 융합되어야 하며, 두 지식의 융합이 체화된 PCK로 발전되어야 함을 주장하였다. 이 연구에서 분석한 국내 문헌에서 초등교사의 과학 PCK 사례는 전문가 집단에 의해 규명될 수 있는 PCK 범주로서 교사의 전문지식 기초, 주제 특이적 전문지식, 집합적 PCK 등과 교사 개인의 경험과 반성 및 관찰을 통해서 도출될 수 있는 교사 개인의 PCK/기능 또는 실행된 PCK가 혼재된 경우가 많았다. 그러나 이론적 지식으로서 집합적 PCK 또는 주제 특이적 전문지식과 교사의 수업 실행 경험으로서 개인적 PCK 및 실행된 PCK를 명확히 구분하고, 각 층위의 PCK 간의 지식 교류 양상을 구체적으로 파악함으로써 체화된 PCK(박종원 등, 2021)를 구현할 수 있다면 그 혼선을 해소할 수 있을 것이다. 교사의 전문지식 및 기능 모델(합의 모델)과 수정된 합의 모델의 관점에서 근거하여 초

등교사의 과학 PCK를 개념화하고자 한다면, 집합적 PCK 또는 주제 특이적 전문지식과 같이 전문가 집단에 의해 이론적으로 범주화된 PCK의 구성 요소를 토대로 틀을 갖추고, 그 틀을 토대로 교사의 실행을 분석하고 새 범주를 창출하거나 기존 범주를 정교화하는 방법(이선경 등, 2009)으로 초등교사의 과학 PCK를 구체화할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 강훈식(2022). 초등학교 교사의 과학 PCK에 대한 학업 열정 수준 및 영향 요인 탐색. *초등과학교육*, 41(3), 553-568.
- 곽영순(2022). 가족유사성 접근을 통한 과학 PCK 변화 탐색. *대한지구과학교육학회지*, 15(2), 235-248.
- 김민환, 김혜린, 노태희(2022). 예비과학교사의 NOS 수업 계획 및 시연에서 나타나는 NOS-PCK 분석: 2015개정 교육과정에 따른 ‘과학탐구실험’ 교과의 맥락에서. *대한화학회지*, 66(2), 150-162.
- 김민환, 신해민, 노태희(2020). 과학교사의 과학의 본성 수업에 대한 교과교육학 지식(NOS-PCK) 탐색: 과학탐구실험을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 40(4), 399-413.
- 김병수, 임진영(2014). 교과별 PCK에 기초한 초등 교사의 수업 전문성 신장 방안. *학습자중심교과교육연구*, 14(5), 1-23.
- 김선아, 이신영, 김희백(2015). 협력적 성찰과 과학 논변수업 실행에서 드러난 교사의 논변특이적 PCK 탐색. *한국과학교육학회지*, 35(6), 1019-1030.
- 김지수, 최애란, 양정은(2023). 과학 교사의 PCK 국내 연구 동향 분석. *학습자중심교과교육연구*, 23(4), 467-494.
- 박민미, 곽영순(2022). 논증구조 수업실제 프로그램을 통한 예비 지구과학 교사의 과학논증 PCK 발달 모델 제안. *대한지구과학교육학회지*, 15(1), 76-90.
- 박종원, 윤혜경, 이인선(2021). 이론과 실행의 관계를 고려한 과학 교사의 내용 지식과 교수 내용 지식 개념에 대한 논의. *교원교육*, 37(3), 187-209.
- 서권수, 서혜애(2018). 초등과학 영재교육 담당교사의 교사변인별 과학영재교육 교수방법 전문지식에 대한 인식 차이. *영재교육연구*, 28(2), 223-241.
- 신채연, 송진웅(2020). 불간섭주의와 교사협력: 과학수업을 위한 두 초등교사의 교사협력 사례 연구. *초등과학교육*, 39(1), 100-116.
- 신채연, 송진웅(2021). 한 초등 경력교사의 과학수업에서 나타나는 과학 교수지향과 PCK 요소들 사이의 관련성 탐색: 물체의 운동과 빛과 렌즈 단원을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 41(2), 155-169.

- 양정은, 최애란(2022). 교사학습공동체 과학 교사의 PCK 요소 간 상호작용. *대한화학회지*, 66(1), 15-30.
- 엄장희, 김희백(2020). 과학 모델링 수업에서 나타난 초등 교사의 수업 실행 변화: 모델링 PCK를 중심으로. *한국과학교육학회지*, 40(5), 543-563.
- 오영재(2010). 한국 초등학교 교사문화의 특성과 교육 행정적 함의. *한국교육논단*, 9(2), 111-136.
- 이기영, 이정아(2016). 친문 수업에 대한 초등 교사의 주제-특이적 PCK 발달과정 탐색: 태양계 행성의 크기와 거리 주제를 중심으로. *한국과학교육학회지*, 36(4), 629-641.
- 이선경, 오필석, 김혜리, 이경호, 김찬중, 김희백(2009). 과학 교사의 교수내용지식과 실천적 지식에 관한 연구 관점 고찰. *한국교원교육연구*, 26(1), 27-57.
- 이정아, 이기영(2017). 지구 공전에 대한 초등 교사들의 주제-특이적 PCK 발달과정 탐색을 위한 사례 연구. *초등과학교육*, 36(4), 405-427.
- 이현주(2016). 과학기술 관련 사회쟁점 교육을 위한 교과 교육학적 지식(SSI-PCK) 요소에 대한 탐색. *한국과학교육학회지*, 36(4), 539-550.
- 인수정, 최애란(2018). 중학교 과학 교사들의 과학 탐구 교수 효능감에 대한 인식. *한국과학교육학회지*, 38(3), 379-392.
- 임효진, 강훈식(2022). 초등 예비교사와 현직교사의 과학 PCK에 대한 학업 열정 수준 비교. *초등과학교육*, 41(4), 690-700.
- 주은정(2018). 초등교사들의 학교 안 자연 기반 생태교육 실행연구에서 나타난 생태교육 PCK 확장 과정. *환경교육*, 31(1), 1-22.
- 차유미, 강훈식(2020). PCK에 근거한 초등학교 교사의 과학영재수업과 발명영재수업 구성과 실천의 특징 비교. *초등과학교육*, 39(3), 338-352.
- 채유정, 이기영, 박재용(2023). 초등학교 과학 교사가 인식하는 PCK, 그릿, 교수 효능감 사이의 구조적 관계. *한국과학교육학회지*, 43(4), 389-402.
- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell & N. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1105-1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Avraamidou, L. & Zembal-Saul, C. (2005). Giving priority to evidence in science teaching: A first-year elementary teacher's specialized practices and knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(9), 965-986.
- Beijaard, D., & Verloop, N.(1996). Assessing teachers' practical knowledge. *Studies in Educational Evaluation*, 22, 275-286.
- Carlson, J., & Dachler, K. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In: Hume, A., Cooper, R., Borowski, A. (eds), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer.
- Chan, K., & Hume, A. (2019). Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge is Investigated in Empirical Studies. In: Hume, A., Cooper, R., Borowski, A. (eds), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer.
- Connelly, F. M., & Clandinin, D. J. (1988). *Teachers as curriculum planners*. New York: Teachers College Press.
- Elbaz, F. (1981). The teacher's "practical knowledge": Report of a case study. *Curriculum Inquiry*, 11, 43-47.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. London: Croom Helm.
- Enochs, L., & Riggs, I. (1990). Further development of an elementary science teaching efficacy belief instrument: A preservice elementary scale. *School Science and Mathematics*, 90(8), 694-706.
- Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M., & Volkmann, M. J. (2009). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 357-383.
- Friedrichsen, P., Driel, J. H. V., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358-376.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge: An Introduction and Orientation. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 3-17). Boston: Kluwer Academic Publisher.
- Gess-Newsome, J. (2015). A Model of Teacher Professional Knowledge and Skill Including PCK: Results of the Thinking from the PCK Summit. In *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 38-52). Routledge.
- Gough, D., Oliver, S., & Thomas, J. (2012). *An Introduction to Systematic Reviews*. London: Sage Publications.
- Grossman, P. (1990). *The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education*. New York: Teachers College Press.
- Kwak, Y. (2017). Research on the characteristics of science subject matter knowledge (SMK) and pedagogical content knowledge (PCK) of primary school teachers

- in classroom teaching. *Journal of Korean Earth Science Society*, 38(5), 367-377.
- Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R., & Mulhall, P. (2001). Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31(2), 289-307.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and Its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Dordrecht: Springer.
- National Research Council. (1996). *The National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nelson, M. M., & Davis, E. A. (2012). Preservice elementary teachers' evaluations of elementary students' scientific models: An aspect of pedagogical content knowledge for scientific modeling. *International Journal of Science Education*, 34(12), 1931-1959.
- Park, S., & Oliver, J. (2008b). 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.
- Settlage, J. (2013). On acknowledging PCK's shortcomings. *Journal of Science Teacher Education*, 24, 1-12.
- 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.

† 맹승호, 서울교육대학교 교수(Seungho Maeng; Professor, Seoul National University of Education)