

ORIGINAL ARTICLE

## 가족유사성 접근을 통한 과학 PCK 변화 탐색

곽영순

(한국교원대학교 조교수)

### Exploring Changes in Science PCK Characteristics through a Family Resemblance Approach

Youngsun Kwak

(Korea National University of Education)

#### ABSTRACT

With the changes in the future educational environment, such as the rapid decline of the school-age population and the expansion of students' choice of curriculum, changes are also required in PCK, the expertise of science teachers. In other words, the categories constituting the existing 'consensus-PCK' and the characteristics of 'science PCK' are not fixed, so more categories and characteristics can be added. The purpose of this study is to explore the potential area of science PCK required to cope with changes in the future educational environment in the form of 'Family Resemblance Science PCK (Family Resemblance-PCK, hereafter)' through Wittgenstein's family resemblance approach. For this purpose, in-depth interviews were conducted with three focus groups. In the focus group in-depth interview, participants discussed how the science PCK required for science teachers in future schools in 2030-2045 will change due to changes in the future society and educational environment. Qualitative analysis was performed based on the in-depth interview, and semantic network analysis was performed on the in-depth interview text to analyze the characteristics of 'Family Resemblance-PCK' differentiated from the existing 'consensus-PCK'. In results, the characteristics of Family Resemblance-PCK, which are newly requested along with changes in role expectations of science teachers, were examined by PCK area. As a result of semantic network analysis of Family Resemblance-PCK, it was found that Family Resemblance-PCK expands its boundaries from the existing consensus-PCK, which is the starting point, and new PCK elements were added. Looking at the aspects of Family Resemblance-PCK, [AI-Convergence Knowledge-Contents-Digital], [Community-Network-Human Resources-Relationships], [Technology-Exploration-Virtual Reality-Research], [Self-Directed Learning-Collaboration-Community], etc., form a distinct network cluster, and it is expected that future science teacher expertise will be formed and strengthened around these PCK areas. Based on the research results, changes in the professionalism of science teachers in future schools and countermeasures were proposed as a conclusion.

**Key words** : science PCK, consensus-PCK, family Resemblance-PCK, AI era, human specialties

Received 26 July, 2022; Revised 8 August, 2022; Accepted 22 August, 2022

\*Corresponding author: Youngsun Kwak, Korea National University of Education,  
250 Taeseongtabyeon-ro, Gangnae-myeon, Heungdeok-gu, Cheongju-si, Chungbuk,  
28173, Korea

E-mail : kwak@knue.ac.kr

본 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회분야 중견연구자 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021S1A5A2A01064935).

© The Korean Society of Earth Sciences Education. All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. 서론

과학과를 포함하여 중등학교 교과별 교사전문성은 크게 교과내용학 전문성과 교과교육학 전문성으로 구성되며, 영역별 내용전문가와 차별화되는 교사의 전문성을 교과교육학 전문성, 즉 PCK (Pedagogical Content Knowledge, 교수내용지식)의 형태로 규명해왔다(Shulman, 1986; Loughran *et al.*, 2004; Van Driel *et al.*, 1998). 교수내용지식(Pedagogical Content Knowledge, 이하 PCK)은 교수법적 내용지식, 교과교육학 지식, 내용 교수법적 지식 등 연구자에 따라 다양하게 번역되며, 본 연구에서는 과학과 교수내용지식 혹은 과학과 교과교육전문성을 ‘과학 PCK’로 표현하고자 한다.

Shulman(1986)은 교사 전문직화(teacher professionalism)의 일환으로 PCK를 규명하려고 하였다(한국교육과정평가원, 2008; 2009). PCK는 교과내용에 따라 달라지므로, 교과내용별로 고유한 교수법(content-specific pedagogy)이라고도 표현된다. 교과별 교사전문성, 즉 과학교육학, 수학교육학 등과 같이 교과별 교사들이 지닌 전문 지식기반(knowledge base)을 나타내는 교과별 PCK는 과학과 교수지향, 교육과정 지식, 학생이해에 대한 지식, 수업전략 및 평가 지식 등과 같은 교사의 전문 지식과 기능을 포괄한다(Gess-Newsome, 2015).

PCK 개념을 도입한 이래로 반세기를 넘어가면서 과학교육자를 비롯한 교과교육학자들은 합의-PCK 모델(consensus model of PCK) 등을 공동으로 천명하기도 하였다(Carlson *et al.*, 2019). 과학이나 수학 등 교과별 교사가 지닌 전문성의 실제 혹은 지식기반에 해당하는 것이 교사의 교과교육학 전문성, 즉 PCK임을 고려할 때, 결국 예비교사 양성을 위한 교사교육 프로그램이나 현직교사의 전문성 개발 등은 모두 교사의 PCK 개발을 목표로 하는 것으로 볼 수 있다.

과학을 포함한 수학, 사회 등 교과별 PCK 관련 선행연구를 살펴보면, 과학과를 비롯한 교과별 PCK의 구성영역을 규명하고, 이를 토대로 현장교사 수업전문성 제고를 위한 수업컨설팅 프로그램을 개발한 연구, 교육과정 개정에 따른 과학과 PCK 변화 동향 연구, 초임교사 수업전문성 지원을 위한 멘토링 프로그램을 개발하는 연구 등 다양한 연구들이 수행되었다(한국교육과정평가원, 2008; 2009; Kwak & Choe, 2007). 이 밖에

도 향후 학생수 감소로 대표되는 인구구조 변화 및 다양화·개별화 사회 등과 같은 교직을 둘러싼 사회환경 변화에 필요한 교사의 자질과 능력을 탐색하고, 교사 양성과정과 임용시험의 연계 방안을 탐구하는 연구들이 수행되었다(박영숙 외, 2017).

최근에는 미래사회와 교육환경변화에 따라 과학과 교사교육 안팎에서 과학교사의 전문역량에 대한 새로운 요구가 집중하고 있다(OECD, 2019). 예컨대 (1) COVID-19로 인한 온·오프라인 블렌디드 수업을 위한 교수역량, 인공지능(AI) 시대를 대비한 컴퓨팅 사고력과 같은 교사 역량 등을 포함하여 과학교사 전문역량에 대한 새로운 요구 창출이라는 내적 요구와 함께, (2) 과학계열 중등교사 자격증 광역화, 교사양성대학의 인공지능(AI)을 핵심으로 하는 융합교육(STEM) 강화 요구 등과 같은 외적 요구로 인해 과학교육 담론의 장이 변화하고 있다.

여기서 주목할 점은 과학 PCK라는 용어로 지칭하는 대상(들)이 변화되면, 즉 과학 PCK라는 개념의 용법(usage)이 달라지면 과학 PCK의 정의, 또는 의미도 달라진다는 점이다. 예컨대 체육에 바둑이 포함되는 등과 같이 스포츠라는 용어로 지칭하는 대상(들)이 달라지고 그 용법이 달라지면서 스포츠의 정의도 달라진다(김홍식, 2013). 용어나 개념의 사용방식이 달라지면 그 개념의 의미 규정이 달라지고, 따라서 특정 개념의 항존적인 의미 ‘본질’을 주장하기 어렵게 된다. 달리 말해서, 과학과 교과교육전문성(과학 PCK)이라는 개념으로 지칭되는 대상이 고정되지 않는다면 과학 PCK에 관한 일의적(一義的) 정의는 어렵다.

이러한 맥락에서 본 연구에서는 인공지능(AI)을 핵심으로 하는 4차 산업혁명과 같은 사회와 교육환경 변화에 따라 요청되는 과학 PCK의 잠재성을 탐색하고자 한다. 즉, 가족유사성 접근 방식을 통해 과학 PCK를 구성하는 범주와 특성을 도출하고자 한다.

가족유사성 접근이란 비트겐슈타인의 언어게임이론에 바탕을 둔다. 비트겐슈타인은 언어의 의미는 사용에 의하여 드러난다는 언어게임이론을 주장하였다. 즉, 어떤 낱말(지식, 존재, 대상, 명제, 이름 등)의 의미는 어떤 불변하는 본질에 의해서가 아니라, 그 일상적 사용에 있다는 것이다. 따라서 언어의 의미는 시대와 상황에 따라 달라질 수 있다(Wittgenstein, 1953; 이영철, 2006 재인용). 따라서 특정 개념의 의미는 우리의 삶의 형식과 더불어 변화하는 것이며, 따라서 개념의

네 가지 특성을 갖는 집합 {A, B, C, D}를 고려하면, (A & B & C) 또는 (B & C & D), 또는 (A & B & D), 또는 (A & C & D)과 같이 4가지 특성 중 3가지를 공유하는 4개 세트를 상상할 수 있다. 마찬가지로 ‘전체 특성 중 일부인 다수의 공통성을 갖는(polythetic)’ 경우는 다음과 같이 일반화된다. n가지의 특성을 갖는 집합 S를 취하면, 어떤 개인이라도 S의 n가지 특성 전부, 또는 (n-1)가지, 또는 임의의 (n-2)가지, 또는 (n-3)가지 등의 공통성이 있는 경우에만 가족의 구성원이 된다. …… (중략) …… 이러한 공통 요소의 최대값이나 최소값을 사례별 조사로서 남겨두어 임의의 한계를 부과하지 않는 것을 가족유사성 접근(FRA)의 아이디어에 부합하는 것으로 보았다.

정의는 가족유사성으로 파악할 필요가 있다. 가족유사성(family resemblance) 개념은 일찍이 비트겐슈타인이 기술한 것으로, 다음과 같은 의미를 지닌다(Irzik & Nola, 2014: 101).

과학교육학에서는 과학의 본성(NOS)에 대한 가족유사성 접근이 널리 활용되었다(Irzik & Nola, 2014). 비트겐슈타인의 언어게임이론에 따르면, 과학 PCK, 과학의 본성 등과 같은 개념은 그 지칭 대상을 고정할 수 없기 때문에 외연(外延)을 확장할 수 없는 ‘열린 개념(open concept)’이어서 정의가 불가능해진다(김홍식, 2013). 여기서 우리가 할 수 있는 것은 언어 사용들 간의 유사성에 근거하여 다수의 용법 또는 소수의 용법을 구별하는 정도이다. 완전히 동일하지는 않지만 유사성이 있는 ‘가족처럼 과학 PCK라는 개념의 사용에서 발견할 수 있는 유사성, 즉 ‘가족유사성’을 말할 수 있을 뿐이다.

결국 과학 PCK, 과학의 본성 등에 대한 가족유사성 접근이란 해당 개념의 ‘본질’이 무엇인지에 대한 물음이 아니라, 그 개념의 사용방식이 무엇이며 그 사용방식에서 길어져 올라온 개념의 의미가 무엇인가에 대한 물음이다(김홍식, 2013:42).

이러한 맥락에서 본 연구에서는 과학교사들의 교과교육전문성인 과학 PCK의 변화를 가족유사성 접근을 통해 규명하고자 한다. 구체적인 연구 내용을 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 학령인구의 급격한 감소, 2025년부터 전면 시행되는 고교학점제에 따른 학생의 과목 선택권 확대 등과 같은 미래 교육환경 변화에 따라 과학과 교사교육과 교사전문성에 제기되는 핵심 이슈를 점검하고자 한다. 이어서 미래사회 교육환경 변화와 과학교육 전문성 변화에 따라 기존의 합의-PCK에 어떠한 변화가 요구되고 있는지를 ‘가족유사성 과학 PCK’의 형태로 탐구하고자 한다. 즉, 기존 합의-PCK를 구성하는 범주

및 각 범주에 속하는 과학 PCK의 특성은 고정된 것이 아니어서 더 많은 범주와 특성이 추가될 수 있다. 잠재적인 미래 과학교육까지 포괄하는 다양한 과학 PCK를 하나로 통합하는 것은 각각의 범주 내에 있는 특성들 사이의 가족유사성일 뿐이기 때문이다. 이러한 맥락에서 가족유사성 접근을 통해 미래 교육환경 변화에 대처하기 위해 요구되는 과학 PCK의 잠재성의 영역, 즉 ‘가족유사성 과학 PCK’를 포착하고 이를 기존 합의-PCK와 비교·분석하고자 한다.

## II. 연구 방법

본 연구에서는 과학교사에게 요청되는 현행 합의 과학 PCK(이하 합의-PCK)와는 달리, 미래사회 교육환경 변화에 따라 요청되는 가족유사성 과학 PCK(이하 가족유사성-PCK)의 특징을 비교, 분석하기 위해 초점집단을 대상으로 심층면담을 진행하였다(Table 3 참조). 각각의 초점집단에는 논의의 촉진자 역할을 하는 과학교육 전공의 교수들을 중심으로 4명 내외의 현장 과학교사들로 구성하였다. 각각의 초점집단에서 퍼실리테이터 역할을 한 교수들은 기존 과학과 합의-PCK의 영역별 특징을 제시하면서, 미래교육환경 변화의 측면을 중심으로 새롭게 요청되는 혹은 새롭게 과학-PCK 영역으로 요구되는 가족유사성-PCK는 무엇인지에 대한 논의를 촉진하는 역할을 수행하였다. 초점집단 심층면담에 참여한 과학교사들은 모두 대학원 석박사 과정에 재학 중인 경력 12~23년 사이의 현장 교사들로, 과학과 PCK를 포함하여 역량기반 과학과 교육 과정 및 과학교육 동향에 대한 문해력을 갖추고 있는 교사들이다.

심층면담은 2021년 7월부터 10월에 걸쳐 초점집단 별로 2~3회씩 진행하였으며, 모두 녹취, 전사하여 분

석하였다. 면담은 온라인 통화와 대면 면담을 혼용하였으며 초점집단별 1회 심층면담 40~60분이 소요되었다. 일차적으로 2명의 연구자가 각자 코딩 작업을 실시한 후 1차 코딩된 자료를 토대로 연구자 간 논의를 통해 최종적으로 코드를 도출하였다. 최종 합의된 코드를 바탕으로 주요 쟁점을 추출한 후 연구자 간에 교차 검토하는 과정을 거침으로써, 확대해석하거나 왜곡된 해석을 하지 않았는지 검토하였다.

Table 1. Participants of FG in-depth interviews

구분	참여자
1집단	A교사, S교사, T교사, E교사, M교사
2집단	B교사, H교사, G교사, J교사, Y교사
3집단	C교사, D교사, K교사, W교사, Z교사

초점집단 심층면담에서는 미래사회와 교육환경 변화로 인해 2030년-2045년의 가까운 미래학교의 과학교사에게 요구되는 과학 PCK가 어떻게 달라질 것인지를 질문하였다. 이를 위해 2030년-2045년 미래 예측과 관련한 다양한 선행연구를 수집하고 사회 예측 분야에서 활용하는 STEEP(Social, Technological, Economic, Ecological, Political) 측면의 미래사회 변화의 방향과 키워드를 개략적으로 제시하였다. Table 2는 본 연구를 위해 도출한 STEEP 영역의 키워드에 대한 예시자료이다.

심층면담 참가자들은 면담에서, (1) 각 분야별(STEEP) 미래 사회 변화 전망을 고려할 때, 미래학교의 과학교사에게 요구되는 과학 PCK는 PCK 영역별로 어떻게 달라질 것인지, (2) 기존 과학 PCK에 대한 합의된 견해(과학과 합의-PCK)에 비추어 미래 교육환경 변화에 따라 요청되는 과학 PCK의 잠재적 영역은 무엇인지 등을 논의하였다. 녹화한 면담 내용을 전사한 후 분석하였다. 3명의 연구자가 전사한 면담 자료에서 나타나

는 주요 주제를 도출하고 비교하는 과정을 반복함으로써 분석자간 일관성을 높이기 위해 노력하였다. 초점집단 교사들의 면담 내용을 토대로 미래교육환경 변화에 따라 그 쓰임이 달라지고 있는 과학과 가족유사성-PCK의 의미와 특성을 도출하였다.

심층면담을 토대로 질적 분석을 실시함과 동시에 기존 합의-PCK와 차별화되는 가족유사성-PCK의 특성을 분석하기 위해 심층면담 텍스트에 대한 언어네트워크(semantic network) 분석을 시행하였다. 언어네트워크 분석은 텍스트의 빈도, 중심성 수치 등을 확인하는 방법으로, 이를 활용하여 텍스트에 나타나는 핵심적인 키워드(node)와 키워드 간의 연결(link)을 양적으로 보여주는 방법이다. 이를 활용하여 과학과 합의-PCK와 가족유사성-PCK라는 핵심 키워드를 중심으로 어떤 개념들이 분포하는지, 그리고 중점적으로 다루어지는 개념과 각각의 개념들이 맺고 있는 의미연결구조를 파악할 수 있다.

먼저 교사들의 응답에서 중요한 키워드를 파악하기 위하여 ‘미래사회전망’, ‘팬데믹’ 등의 키워드와, ‘이루어진다’, ‘목격하다’, ‘갓추다’, ‘이해하다’ 등의 동사, ‘교사’, ‘학생’, ‘교사전문성’, ‘교사역량’ 등과 같이 일반적인 의미로 활용되는 키워드를 정제하는 과정을 거쳤다. 이후 교사 면담 데이터를 재검토하며 유사한 의미를 갖는 키워드를 통합하는 등 키워드들을 구분하여 코딩하였다.

이후 키워드의 빈도수(weight)를 기준으로 3회 이상 언급된 키워드를 활용하여 네트워크를 제작하였다. 시각화를 위해 네트워크 시각화 프로그램인 gephi 0.9.4를 활용하였으며, 노드의 크기를 빈도수로, 링크의 굵기를 연결정도의 빈도로 시각화하였다. gephi 0.9.4에서 제공하는 Modularity 알고리즘을 활용하여 전체 네트워크를 군집화한 다음에, 각 군집의 연결을 살펴볼

Table 2. Keywords for STEEP areas

STEAP 영역	키워드
사회(S)	학령인구감소, 인구동태의 변화, 고연령화, 도시화, 새로운 가치출현(웰빙), 네트워크(초연결)화 사회, 급격한 혁신과 발전
기술(T)	가상공간(메타버스), 기술의 융·복합화, 인공지능·로봇화, 디지털 사회, 유비쿼터스 시대의 도래, 바이오 기술의 발전, 인간과 사물의 결합 등
경제(E)	글로벌 지식기반 경제, 문화 변화에 따른 웰빙·감성·복지 측면의 경제 강조, 등
환경(E)	환경·자원·에너지 문제, 기후위기, 생물다양성의 감소, 지속가능 발전 등
정치(P)	정치의 글로벌화(Globalization), 남북통합, 국가간 경쟁 및 위협성 증대

수 있는 형태로 시각화하였다.

### Ⅲ. 연구 결과 및 논의

인공지능(AI)과 4차 산업혁명과 같은 사회에 따라 기존의 과학 PCK는 변화하게 될 것이다. 미래사회와 미래학교 교육에서 가족유사성-PCK란 결국 기존 PCK의 모든 영역에 인공지능(AI)이 반영될 것이라고 전문가들은 주장하였다. 달리 말해서, AI를 활용한 과학 분야의 내용지식, 컴퓨팅 사고의 실행과 방법에 관한 교사지식, 온·오프라인 교수학습 환경, 데이터 기반의 AI를 활용한 교수전략, 데이터 기반이나 AI를 활용한 학생 수준 진단 및 학습 성향 파악과 처치를 포함한 학생 이해 등이 강조될 것이라고 전문가들은 전망하였다. 여기서 주목할 점은 과학내용 없이 인공지능만 강조할 경우 “내용 없는 형식”과 같아서 인공지능으로 무엇을 할 수 있는지에 해당하는 “내용을 담는 역할을 과학이 해야 할 것”이라고 전문가들은 지적하였다. 미래사회 교사의 역할기대가 변함에 따라 새롭게 요청되는 과학교사의 가족유사성-PCK의 특징을 PCK 구성영역별로 살펴보면 다음과 같다.

#### 1. 과학 교과내용과 과학과 교육과정

첫째, 미래학교 과학교사에게는 과학지식의 계열화, 구조화 역량이 요청된다. 계열성 없이 너무 많은 지식에 노출되는 미래사회에서, 과학교사는 체계적으로 정돈된 지식을 걸러서 제공할 수 있어야 한다고 전문가들은 주장하였다(M교사, W교사). 유튜브 등을 통해 최첨단의 단편적인 “자판기에서 공급되는 듯한” 수많은 지식을 마구잡이로 접하다 보니 학생들은 과학지식 생산의 지난한 과정도 모르고, 흥미위주로 검증되지 않은 유튜브의 궤변에 열광하며, 계열성없는 지식에 무작위로 노출되어서 위험하다고 전문가들은 지적하였다. 따라서 과학교사는 장차 수많은 출처로부터의 과학지식을 걸러서 체계적으로 정돈하고 구조화하여 학생들에게 제공할 수 있는 전문성을 갖추어야 한다고 전문가들은 주장하였다(M교사, W교사).

M교사: 과정이 생략된 지식, 자판기에서 공급되는

듯한 지식이 판을 친다. 과학이라는 것이 아주 힘든 고된, 힘든 과정을 통해서 규칙에 대한 증명을 찾아낸 건데, 학생들은 그런 과정을 하나도 모르고, 구글을 찾으면 바로 나오는 것처럼 착각을 한다. (...) 특히 무엇이 중요하며 어떤 수준으로 오류가 없는지 등에 대한 지식에 대한 점검이 필요하다.

W교사: 지식이 지난한 노력을 통해 얻어진다는 것을 학생들에게 알려주어야 한다. 지식의 계열성이 무시되고 있는데 이걸 매우 위험한 것 같다. 계열성없이 지식에 무작위로 노출되어서 위험성이 있다. 이런 걸 과학교사들이 선별하고 걸러내야 한다.

둘째, 과학학, 과학철학에 대한 전문성이 요청된다. 과학교사로서 과학 교과 자체의 정체성과 본성, 사회쟁점과 관련한 과학 자체에 대한 지식 등이 필요할 것이라고 전문가들은 말하였다. 융복합과 소통이 강조되는 미래교육에서 교과목들이 섞여서 정체성이 희미해짐에 따라 과학학이나 과학철학 등과 같은 과학 자체에 대한 이해가 필요할 것이라고 전문가들은 주장하였다(M교사, H교사).

M교사: 과학교사로서 사회 쟁점에 대한 여러 가지 지식, 과학학 자체에 대한 이해도와 요구수준이 높아지고 있다. 과학학이나 과학의 본성 교육 자체를 좀 더 강화할 필요가 있다. 교사도 관련 분야 지식이 필요하다. 과학의 본성, 과학학에 대한 지식이 현장 과학교사들이 많이 부족하다.

H교사: 과학 자체에 대한 이해나 정체성 등은 결과적으로는 과학철학 쪽으로 귀결될 것 같다. 과학영역별 교과목의 정체성을 이해하려면 해당 학문이 갖는 독특한 철학, 방법, 본성 등을 교사가 이해하고 있어야 한다.

셋째, 융합형 교육과정 편성·운영 전문성이 요청된다. 과학교사의 경우 융합형 교육과정 편성·운영 전문성이 강화될 것이다. 예컨대 지속가능발전, 기후위기 대응 등 범교과, 융합적 미니과목이나 주제 중심의 교육과정 편성·운영이 요구될 것이라고 전문가들은 주장하였다(W교사, Z교사). 이러한 맥락에서 교사 양성

대학에서도 다양한 학과들이 연계하여 융합과목을 개발하여 예비교사들이 접하게 해야 한다고 전문가들은 지적하였다(D교사, K교사).

W교사: 간학문적 융복합적 지식과 소양을 갖춘, 다 전공 또는 융합전공 지식을 갖춘 교사가 필요해질 것이다. 인구감소로 인해 배워야 할 건 많은데 많은 교사가 필요치 않은 상황에서 교사가 여러 가지 역할을 해줘야 한다. 예술, 철학, 인문학적 지식과 소양을 갖춘 교사가 필요하다.

D교사: 융합교육을 위한 교과연계 사회문제 해결 중심의 교육과정 편성운영 전문성이 강화될 것이다. 과목 개설 등 교육내용 개발 전문성과 지역사회와의 연계를 강화할 수 있는 학습생태계 연결 역량까지 새로운 교사 역할이 요구될 것이다.

K교사: 교사에 국한되어 학습이 이루어지는 것이 아니라 지역사회나 가상공간 등이 학습 장소와 내용이 될 것이다. 교사 양성대학의 다양한 학과들과 연계하여 범교과 융합과목을 개설하여 예비교사들이 필수로 이수할 수 있도록 해야 한다.

넷째, 학생 개별 맞춤형의 유연한 교육과정 편성·운영 역량이 요청된다. 기존 과학과 합 의-PCK는 특정 내용을 특정 학생들의 이해를 촉진할 수 있도록 가르치는 방법에 대한 교사전문성이라면, 가족유사성-PCK로는 학생들의 개성을 존중하는 유연한 교육과정 운영 역량이 필요하다. 기존 합 의-PCK의 모든 PCK 구성영역별로 학생 개별화를 위한 교육으로 가야 할 것이라고 말하는 전문가들은 개별 학생 맞춤형으로 “교육과정 설계, 교육 경험 제공, 교수 방법과 평가” 등과 같이 유연한 교육과정을 구성하고 운영하는 역할이 요청될 것이라고 주장하였다(J교사, W교사, Y교사).

J교사: 다양한 배경을 가진 학생의 개성과 능력에 맞추어 유연한 교육과정을 구성하여야 한다. 학습자의 환경, 정서, 학습능력 등을 파악하고 진단하는 능력, 그리고 그것에 맞게 적절한 맞춤형 교육 경험을 제공하는 교사의 능력이 필요하다.

K교사: 학생이 자기주도적으로 학습할 수 있게, 교육과정을 스스로 만들어갈 수 있도록 방향을 제시해주는 역할을 할 것이다. 교사는 학습 설계자, 컨설턴트의 역할을 할 것이다.

W교사: 기존 PCK에서 모든 PCK 영역별로 학생 개별화를 위한 교육으로 가야 할 것이다. 그리고 학생의 수준, 성향, 적성에 관한 진단과 학습, 성장, 진로의 가이드로서 개별 학생의 교육과정 설계를 도울 수 있는 교사가 요구될 것이다.

Y교사: 교사는 자신의 교과 지식을 뛰어넘는 AI의 존재를 만나게 되면서 교사의 내용전문성에 대한 도전에 직면할 것이다. 안내자, 상담자로서의 교사 역할이 보다 부각될 것이다. 지식전달자의 역할이 아닌 멘토링, 튜터링, 상담가, 돌봄이 등의 교사 역할 변화가 필요하다.

## 2. 과학수업 실천: 수업내용 조직과 수업 방법

첫째, 학생의 학습발달단계에 맞춘 수업전문성이 요청된다. 미래학교 과학교사는 학생의 학습발달 단계별로 교육과정을 구성하고 구현할 수 있는 교육과정과 수업에 대한 전문성이 필요하다. 학생들에게 과학지식을 습득하는 과정의 즐거움을 느낄 수 있도록 하려면 교사는 학생의 수준과 단계에 적합한 교육내용과 방법을 선택할 수 있어야 한다. 이를 위해 교사는 학생 학습발달단계(LP)별로 적합하게 교육과정과 수업을 재구성할 수 있어야 한다(E교사).

E교사: 수업 형태의 변화가 필요하다. 시대가 급변하는 과정에서 강의식 수업은 변화가 불가항력적이다. 학생들은 자신의 수준과 단계에 따라서 적합한 교육방법을 선택할 수 있어야 하고, 그러기 위해서는 교사는 단계별 교육과정을 구성하고 구현할 수 있는 교육과정 및 수업 전문성이 필요하다.

D교사: 학습자 맞춤형 교육과정 운영, 개별적인 교육과정으로 교육이 이루어질 것이고, 교사는 수업지도 전문성을 갖추어야 한다. 미래 교육에서는 교육과정이 정해주는 지식을 학생들이 일률적으로 학습하는 것이 아니라, 학습자에게 필요한 지식 위주로 학습하게 될 것이다.

둘째, 공동체의식과 도덕적 가치교육을 필요로 한다. 인공지능(AI)교사와 차별화하여 인간교사는 공동체의식과 관계형성 역량을 길러주어야 한다. 첨단과학기술 발달에 따라 인간고유의 가치가 강조되고, 학생들에게 변화를 주도할 수 있는 역량을 길러줌으로써 미래사회에 대처해나가야 한다고 말하는 D교사는 사회구조와 학교환경의 변화 및 과학기술의 발달에 따른 교사의 역할 전환이 필요할 것이라고 지적하였다. 무엇보다도 미래사회에는 인공물의 지능화로 AI교사가 등장하면서 인간 교사와 AI교사의 차별화가 필요할 것이다. 미래학교에서 지식을 전달하고 내용을 설명하는 것은 AI교사로 대체될 것이라고 말하는 전문가들은 인간 교사는 “인간 교사 고유의 전문성, 즉 사람이 사람을 가르쳤을 때 느껴지는 감정과 동기들을 제공하고 자기성찰 능력, 도덕적 가치 판단력 등을 길러주는” 전문성을 갖추어야 할 것이라고 주장하였다(Z교사, G교사, T교사).

교사와 또래와 상호작용할 수 있는 장(場)을 형성, 제공함으로써 인간적 관계를 토대로 학생들의 사회화 능력과 상호작용 능력을 길러주고, 주도성을 갖춘 도덕적 인격체로 성장시키는 역할 등과 같은 인간교사 고유의 전문성(human specialties)을 담당해야 할 것이라고 전문가들은 주장하였다(S교사, G교사, T교사).

Y교사: 인공지능과 차별화되는 인간 교사만의 전문성은 유대감을 형성하고 감정을 헤아리고, 학생 본인도 자각하지 못하는 교육적 성취 수준의 정도와 어려움을 가늠하는 교육적 해안에 있다.

K교사: 현재 청소년들의 정서적 안정에 대한 위기감을 인지하고 있는 상황에서 미래에는 인성교육이 강조되고, 이와 관련된 교사의 역할이 더욱 강조될 것이다. AI가 도와줄 수 없는 교사의 전문성은 교사의 관계성 능력, 사회성 능력이다. 관계를 통한 학습과 관계의 학습이 동시에 이루어져야 한다.

S교사: 학생과 교육적인 관계를 맺는 능력이 필요하다. 미래 디지털 시대에는 교사-학생간의 인간적 관계가 더욱 중요해질 것이다. 교사와 또래와 상호작용할 수 있는 장(場)을 형성하는 것이 교사의 역할일 것이다.

Z교사: 교사는 교과내용에 대해서 학생들의 배움이

일어나도록 도와주는 것도 중요하지만 도덕적이고 주도적인 인격체로서 성장하도록 도와주는 역할을 해야 한다. AI를 활용한 교육에서 교사는 도덕적 판단을 내릴 수 있도록 학생을 안내할 수 있어야 한다.

셋째, 문제해결 프로젝트 학습이나 메이커교육을 통한 관계주의 학습이 강조될 것이다. 탐구하고 만들고 활동하는 과정에서 지식을 얻는 학습이 강조된다. 인간을 포괄하고 있는 세계 속에 참여하는 모든 관계항들의 행위, 실천, 행함 그 자체가 지식의 대상이 될 것이며, 따라서 학생 주도의 “문제해결 프로젝트 학습, 메이커교육, 현장체험 학습” 등을 통해 협업과 탐구활동이나 메이커교육에 참여하는 것 자체가 학생의 경험과 탐구활동에 대한 인식을 변화시키며, 그 결과 학생이 얻는 지식과 과학지식에 대한 가치도 달라진다. 즉, 탐구활동과 탐구에 활용한 기술과 도구가 학생을 변화시킬 것이라고 전문가들은 말하였다. 미래학교는 “총체적 삶의 공간”으로 자리잡을 것이며, 따라서 과학교사는 가상의 디지털 세상에서 직접 감각하고 경험하는 현장체험 학습과 프로젝트 학습 등과 같은 “아날로그적 경험을 제공해야” 할 것이라고 전문가들은 지적하였다(W교사, T교사).

W교사: 학생 주도의 협업을 강조하는 문제해결 프로젝트 학습을 강조해야 한다. 사회문제는 협업을 해야 하므로, 함께 문제를 해결하는 프로젝트를 해볼 때 실제로 성장을 많이 한다. (...) 구상한 것을 실현하고 경험하는 메이커교육, 과학관이나 박물관 등 현장체험 학습을 강조해야 한다.

T교사: 가상의 세계에서 실체가 있는 현실의 세계에 발 딛고 살 수 있도록 디지털 세상의 언어를 아날로그 세상의 언어로 변환시키는 능력과 아날로그적 경험을 제공하는 교사의 능력도 필요하다. 비대면 온라인으로 모든 것이 가능한 디지털 세상에서 조금은 더디고 무겁지만 직접 촉감을 느끼고 냄새 맡고 소리를 듣는 아날로그적 경험을 제공할 수 있는 마지막 보루는 학교와 교사일 것이다.

H교사: 결과적으로 협업을 강조하는 문제해결 프로젝트 학습이 필요한데 협업이 되려면 개인이 책무성을 가지고 참여해야 한다. 혼자 고

민하는 시간이 있어야 팀별 연구가 가능하다. 그래서 먼저 홀로 설 수 있는 능력을, 기회를 제공하는 것이 중요하다.

넷째, 인공지능을 활용한 과학탐구 역량이 요청된다. 교사의 과학탐구 역량 측면에서 VR이나 증강현실 등을 활용한 탐구실험 실행과 관련된 전문성이 새롭게 요구된다. 수업방법과 관련하여 가상공간 수업상황 도입으로 인해 기존에는 과학 실험수업 설계·운영 전문성이 요구되었다면, 미래에는 실험교육용 3D영상, VR이나 증강현실에서의 과학탐구, 실험 대체 모형 개발과 구현 등과 같은 디지털 과학탐구 역량과 과학적 태도가 새롭게 추가될 것이라고 전문가들은 주장하였다(D교사, T교사, K교사).

D교사: 교사의 디지털 리터러시, 즉 디지털 매체 지식 및 자신의 지식을 디지털 매체로 표현할 수 있는 능력이 요구될 것이다. 교사는 VR이나 증강현실 기능 등을 적극적으로 활용한 온라인 공간에서의 실험을 연구해야 한다. 가상공간 수업상황 도입으로 인해 실험수업 설계 및 운영 전문성에서 실험교육용 3D영상 개발이나 실험 대체 모형개발과 적용 전문성이 요구될 것이다.

T교사: 정보 인공지능, 지능화 및 네트워크화 부문의 발전으로 교육방법 측면에서 많은 변화가 이루어질 것이다. 예컨대 온·오프라인 병행 수업, 교육적 커뮤니케이션을 위한 유비쿼터스 시대 도래, BT-IT 발달로 인한 교육 기자재의 현대화 등이 있을 것이다. 유비쿼터스 환경으로 AI와 협업이 강화될 것이다.

K교사: AI에 대한 이해가 필요하다. AI를 교육에 효과적으로 활용할 수 있어야 하며, AI의 부족한 점을 찾아 보충할 수 있어야 한다. AI를 이용하여 가장 효과적인 교육방법을 도출하고 그 결과를 현재 상황에 맞추어 재구성할 수 있는 교육방법 지식이 필요하다.

끝으로, 기술적 내용교수지식(Technological PCK, TPACK)을 포함하여 교수학습 방법의 디지털화가 강화될 것이다. 상당수의 교사들은 교육적 공학기술이 지금까지 활용되지 않았던 코로나 팬데믹 이전에 학위를 취득하였으므로 교실에서 공학기술을 사용할 수 있도록 충분히

준비되지 않은 상태여서, 과학과 교수학습에서 첨단 공학기술 활용에 대한 심적 부담을 가지고 있다. 하지만 코로나19를 계기로 교육현장의 디지털화, 온·오프라인 블렌디드, 네트워크 학습 환경, 메타버스와 같은 다양한 플랫폼 등이 확대되고 있어서, 과학교사들은 관련 역량을 갖추어야 한다고 전문가들은 주장하였다(M교사, J교사). 학생들은 “이미 게임을 통하여 공간을 만들어내는 것이 익숙”하다고 말하는 전문가들은 따라가지 못하는 사람은 교사들이어서 첨단 기자재와 교수 도구 활용 능력을 갖추어야 한다고 주장하였다(Z교사, W교사).

M교사: 기존 오프라인 기반 교육과 함께 온·오프라인 블렌디드 교육과정, 수업전략, 평가 등 모든 측면에서 인공지능과 마찬가지로 그런 영역이 확대될 것이다. 콘텐츠를 생산하고, 소통하는 도구를 다룰 줄 아는 능력과 지식도 교사들에게 매우 중요한 시대가 될 것이다.

Z교사: 과학교사는 디지털화되어 가는 세상에서 AI를 이해하고 활용할 수 있는 수업을 제공해야 한다. 이미 게임을 통하여 메타버스 공간을 만들어내는 것이 익숙한 학생들이 많다. 여기서 따라가지 못하는 사람은 교사이다. 교사는 변화하는 세상에서 다양한 플랫폼을 학습하고 이를 수업에 적용할 수 있는 역량을 갖추어야 한다.

J교사: 교육 방법으로는 다양한 테크놀로지를 사용하는 테크놀로지 교수학적 내용지식(TPACK)이 강조될 것이다. 과학을 배울 때도 테크놀로지를 기반으로 하여 배우고, 수학 원리를 적용한 테크놀로지 기술이 개발되어 과학의 원리를 시뮬레이션해 보는 등의 접근이 가능해질 것이다.

W교사: 빅데이터 및 인공지능 등에 관한 이해와 활용 능력을 갖춘 교사가 필요하다. 계속 미룰 수는 없는 부분이어서 배워나가야 한다. 적어도 본인의 교육활동에서 필요한 영역에서만만큼은 활용할 수 있어야 할 것이다.

### 3. 학생이해와 학생평가

첫째, AI를 이용한 학습자에 대한 이해와 인지 및 정서 기능 진단이 강화될 것이다. 기존 과학 PCK 영역 중 학습자 이해의 경우 AI를 이용한 학습자에 대한 이



해와 교육요구 파악이 강조될 것이다. 기존 과학 PCK가 학습자의 특성, 진로, 성향 등을 파악하여 교육의 효과를 높이는 데 초점을 두었다면, 미래교육에서는 학습자와 상호작용하는 AI데이터 분석을 통한 학습자의 출발점과 교육요구 파악이 강조될 것이다. AI시대에 교사의 전문성이란 AI를 잘 활용할 수 있는 능력이며, 그 일환으로 과학교사는 AI를 활용하여 학습자의 특성과 수준을 분석하고, 학습자에 대한 빅데이터를 기반으로 개별화 교육과정을 제공하는 등 AI를 활용한 학생 이해가 중요해질 것이라고 전문가들은 주장하였다.

W교사: 데이터 기반의 학생 이해가 강화될 것이다.

학생의 수준 진단 및 학습 성향 파악과 처치를 포함한 학생 이해가 중요해질 것이다.

K교사: 어떤 측면에서는 AI는 누구보다 학습자의 특성을 더 잘 파악할 수 있고 더 효과적으로 상호작용할 수 있다. 과학교사는 AI를 활용하여 학습자의 특성과 수준을 분석할 수 있어야 한다. 학습자와 상호작용하는 AI의 데이터를 분석하여 재구성할 수 있어야 한다. AI가 학습자의 특성을 파악하여 구성한 교육과정을 교사의 역량과 교사만이 가지고 있는 데이터에 비추어 재구성할 수 있어야 한다.

Z교사: 인공지능은 다양한 데이터들을 가지고 많은 학생들의 특징들을 분석할 수 있을 것이다. 그리고 마치 우리가 자주 보는 영상을 분석하여 흥미로운 영상들을 추천해주는 알고리즘처럼 그 학생에게 맞는 교수법을 제공할 수 있을 것이다.

E교사: 디지털 네이티브인 학생들에 대한 이해가 우선되어야 한다. 과학교사는 디지털 네이티브 학생들의 특성을 이해해야 하고 그에 걸맞은 전문성 개발을 할 필요가 있다. 학습자에 대한 빅데이터를 기반으로 개별화 교육과정을 제공하게 될 것이다.

둘째, 학습자 행위주체성 신장이 강화될 것이다. 교육내용과 교육방법 선택은 물론 지식생산 측면 등에서 학습자의 행위주체성이 강화될 것이다. 학습자 스스로 지식을 생산하고, 지식을 함께 만들어나가며, 학습한 지식을 자신의 삶에 적용하는 능동적 참여자로 인식하

는 등 학습자의 행위주체성을 강화할 수 있는 교사전문성이 요청될 것이라고 전문가들은 주장하였다(G교사, J교사, W교사).

G교사: 학습자도 정보를 스스로 창출, 생산하는 능동적 학습 참여자, 창의적 사고를 바탕으로 지식을 자신의 삶에 적용하는 역할로 바뀌는 것 같다. 교사는 학생들 스스로 변화를 예측해 보거나, 다양한 분야에 걸쳐 통합적인 접근을 시도하도록 유도해야 한다. 자연현상의 통합적인 사고를 통해 융합적이며 복합적인 사고를 기를 수 있기 때문이다.

J교사: 인공지능이 교육 전반에 도입되면서 개인은 인공지능을 활용해 개별 학습 진단을 할 수 있으며 진단 결과를 바탕으로 맞춤형 교육 콘텐츠를 추천받아 개인별로 특화된 학습을 할 수 있을 것이다. 학생이 스스로 왜 학습이 필요한지를 학생이 깨닫고 스스로 학습할 수 있는 능력을 교사는 길러주고 코칭해주는 사람이 될 것이다.

W교사: 탐구주제부터 방법까지 학생 스스로 결정하고 실행하도록 자기주도성을 키우는 교육이 필요하다. 혼자 공부하려면 무얼 공부하고 어떤 자료를 찾아보며 공부할지 그런 걸 결정하는 학생들의 자기주도성을 갖추어야 다양한 자료도 활용할 수 있을 것이다.

#### 4. 과학교사의 전문성 개발

첫째, 교사의 행위주체성 강화가 요청된다. 학생의 행위주체성을 길러주려면 교사가 행위주체성을 갖추어야 한다. 학습자의 주도성이나 행위자성과 같은 능력은 혼자 발휘되기 어려우므로 교사가 자신에게 주어진 책임과 의무를 바탕으로 학습자의 행위주체성을 길러주려면 교사 스스로 행위주체성을 길러야 한다고 전문가들은 주장하였다(E교사, T교사).

E교사: 미래 학교교육에서는 학생의 주도성을 극대화할 수 있는 교사가 필요한데, 이때 함께 고려되어야 할 부분은 교사의 주도성이다. 교사는 자신에게 주어진 책임과 의무를 바탕으로 활용할 수 있는 재원을 분석하고 이를 활용할 수 있는 능력이 교사의 주도성이

다. 교원을 양성하는 기관에서도 교사 주도성을 키울 수 있도록 현직 교원과 교사양성 기관의 협의체를 구성하여 함께 고민할 필요가 있다.

T교사: 미래 교사의 PCK는 인공지능과 유비쿼터스 환경으로 유연한 사고의 소유자여야 하며 학습자의 행위자성을 전인적 차원에서 특히, 정서적 부분을 지원하여 보다 인간다움에 대해 공감하고 생태소양을 겸비한 실천적 삶에 중점을 두어야 한다.

둘째, 교사의 소통 역량 강화가 요청된다. 교사의 정서적 공감 역량이 요구될 것이다. 학생은 물론 학부모와의 협력과 공감을 위한 의사소통, 의사소통을 증대하는 능력 등이 많이 요구될 것이라고 전문가들은 전망하였다.

W교사: 학생 및 학부모와의 정서적 공감 역량을 갖춘 교사가 요구될 것이다. 학생들이 적고 귀해서 옛날과 같은 마인드로 학생을 가르친다고 학부모도 지도의 대상으로 생각해서는 안 된다. 부모님과 정서적 교감도 중요해졌다. 수술실 CCTV처럼 교실도 부모님들도 교육활동을 실시간으로 볼 수 있는 시스템을 만들자고 할 수도 있고, 학생은 물론 학부모와의 정서적 공감도 더 필요할 것이다.

H교사: 학부모와의 협력적 관계, 진정한 의사소통과 공유, 진로와 의사소통과 공감을 위한 의사소통 등 전반적인 언어능력이 교사에게 필요할 것이다. 발문이나 토론 진행 등에서도 교사의 언어적 능력이 많이 필요할 것이다.

셋째, 교사의 연구역량 강화가 요청된다. 미래학교에서 교사의 전문성 발휘 영역이 확장되면서 교사의 연구역량이 강조된다. 기존 협의-PCK에서 탐구와 연구 축진이 교사전문성에서 주요 이슈가 될 것이라고 말하는 전문가들은 “교사들도 교육연구를 하고 학생들에게 특정 과목의 연구를 할 수 있도록 지원하는 연구역량”이 중요해질 것이라고 주장하였다(H교사). 교사의 연구역량이란 “과학연구에 대한 역량이자, 학생들에게 과학연구를 지도하기 위해 필요한 역량”이라고 말하는 전문가들은 “현장 과학교육 연구를 통해 개

인의 주관적 경험에 머물기보다는, 공유하는 과정에서 교사들은 더 나은 교육적 실행의 방법을 찾을 것”이라고 주장하였다. 실행연구 역량을 포함하여 연구와 탐구를 통한 학교현장의 문제해결 역량이 필요하며, 연구역량의 일환으로 외국어, 프로그래밍 언어 등과 같이 확장된 언어역량이 필요하다고 전문가들은 주장하였다.

H교사: 교사에게도 연구역량이 필요하다. 결과적으로 교사가 학생들이 과학연구를 진행할 수 있도록 하려면 교사가 과학교육을 연구하는 연구자가 되어야 할 것이다. (...) 확장된 언어개념으로 외국어, 프로그래밍 언어 등 언어의 의미가 확장될 것이다. 프로그래밍 언어도 모두 영어로 하고 있어서 교사전문성으로 외국어가 필요할 것이다.

Y교사: 교사는 현장에서 발견되는 문제를 바탕으로 교육과정을 재구성하거나 새로운 학습 방법과 매체를 적용하여 국소적인 이론을 만들어내야 한다. 그런 교사를 길러내기 위해서는 대학도 학부 때부터 연구자로서의 교사를 양성할 수 있도록 다양한 커리큘럼을 만들고 실행연구를 할 수 있도록 지원해야 한다.

넷째, 교사의 진로지도 역량 강화가 요청된다. 전공별 진로담임으로서 과학교사의 진로지도 전문성에 대한 요구가 강화될 것이다. 고교학점제에 따른 공동교육과정 등을 통해 “고등학생들이 대학의 단기 과정을 수강”하는 경우도 있어서 교사는 학생의 진로지도를 강화할 필요가 있다고 전문가들은 지적하였다(D교사, Y교사, K교사).

D교사: 이제는 담임교사가 아니라 전공진로담임 교사의 역할이 커질 것이다. 담임이 하던 역할을 교과교사가 전공진로담임 교사로서 다해야 할 것이다. 학업계획서 코칭, 선택교과 컨설팅, 개인시간표 관리 등 진로에 맞추어 상담해줄 수 있는 능력이 요구된다.

Y교사: 고교학점제 공동교육과정을 통해 학생들이 방학 중에 대학교에서 간호실습과 같은 대학의 단기 과정을 수강하고 있다. 따라서 교사는 고등학교와 대학교의 과목수강 제한이 벌어지는 부분에서 학생의 진로지도를 강화

해야 한다. 미래학교에서는 개설 과목과 관련된 심화된 지식수준과 관련 진로지도 전문성이 추가될 것이다.

**K교사:** 학생의 학습 선택 결정권에 따른 책임에 대한 교육이 이루어져야 할 것이다. 고교학점제로 인해 학생들이 과목선택권을 얻었지만 혼란도 함께 얻었다. 진로가 없는 친구들은 갈 곳이 없다. 그러므로 교사는 학생들의 진로지도에 힘써야 한다.

이 밖에도 미래학교 과학교사에게는 학생생태계 및 네트워크 구축 역량, 지역사회 교육자원 활용을 위한 네트워크 구축 역량 등이 요구될 것이라고 전문가들은 전망하였다.

## 5. 미래학교 과학교사의 가족유사성-PCK 대한 언어 네트워크 분석 결과 종합

전문가 초점집단 면담에서 논의된 미래학교 과학교사에게 요구되는 가족유사성-PCK에 대한 언어 네트워크 분석결과를 살펴보면 Fig. 1과 같다.

먼저, 출발점에 해당하는 기존 과학교사의 전문성인 합의-PCK를 중심으로 미래사회 교육환경 변화에 따라 요청되는 과학교사에게 요구되는 전문성의 변화나 지향점, 즉 가족유사성-PCK는 합의-PCK로부터 그 외연이 확장되면서 새로운 PCK 요소가 추가되는 것으로 나타났다. 가족유사성-PCK의 양태를 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째로 부각되는 네트워크 혹은 군집은 인공지능을 중심으로 인공지능 자체에 대한 지식과 이해에서부터 활용, 융복합지식과 콘텐츠, 디지털 등에 이르는 영역이 강조되는 것을 볼 수 있다. 즉 미래사회 교육환경 변화에 따라 과학교사에게 인공지능과 그로 인해 파생되는 지식과 콘텐츠, 교수학습 환경변화에 부응할 수 있는 전문성이 요청된다고 전문가들은 응답하였다.

두 번째 군집으로는, 미래사회로 갈수록 지역사회 네트워크 구축과 인적자원 활용과 관계 형성, 공동체와의 소통 등이 중시되는 것을 알 수 있다. 중등학교와 지역 대학의 연계, 로컬과 글로벌의 연계는 물론 학부모를 포함한 지역공동체와의 협업과 참여를 통한 사회문제 해결 등이 강화되는 것을 알 수 있다.

세 번째 군집은 기술과 탐구를 중심으로 기술, 가상

현실, 연구, 실행을 넘어 인공지능으로 다시 연결되는 네트워크이다. 미래사회로 갈수록 탐구와 가상현실 기술에 기반한 인공지능 콘텐츠와 온라인플랫폼 등이 활성화될 것(정재영, 2017; 2021)이라고 전문가들은 예측하였음을 알 수 있다.

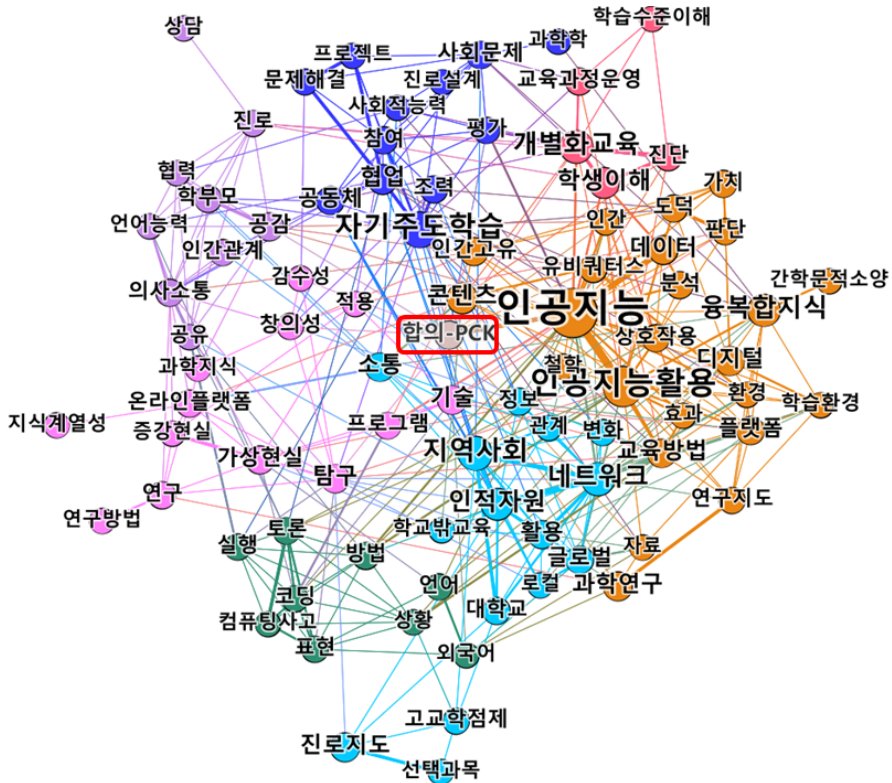
네 번째 군집은 자기주도학습을 중심으로 한 협업, 공동체, 협업, 프로젝트, 문제해결 등으로 연결되는 네트워크로, 미래사회로 갈수록 학생들의 자기주도학습에 기반한 프로젝트와 문제해결 학습을 통해 사회문제를 해결하고 협업과 공동체 참여 등과 같은 역량 함양이 강조될 것이라고 전문가들은 전망하였다.

끝으로 미래학교 과학지식과 관련된 방법, 토론, 실행, 컴퓨팅 사고 등으로 연결되는 네트워크이다. 전문가들은 미래학교에서는 과학지식 생산의 방법으로서 컴퓨팅 사고와 토론, 탐구와 실행 등이 강조될 것으로 전망하였음을 알 수 있다.

## IV. 논의 및 결론

본 연구는 학령인구의 급격한 감소, 2025년부터 전면 시행되는 고교학점제에 따른 학생의 과목 선택권 확대 등과 같은 미래 교육환경 변화에 따라 과학과 교사교육과 교사전문성에 제기되는 핵심 이슈를 점검하고, 이를 토대로 미래사회 교육환경 변화와 과학교육 전문성 변화에 따라 기존의 과학교사 전문성, 즉 합의-PCK에 어떠한 변화가 요구되고 있는지를 ‘가족유사성-PCK’의 형태로 탐구하고자 한다. 즉, 가족유사성-PCK의 형태로 기존 합의-PCK라는 과학교사 전문성이 어떤 잠재적 영역으로 확대·심화하는지를 탐색하는 것을 목적으로 하였다. 이는 비트겐슈타인이 말한 가족유사성 접근을 통해 미래 교육환경 변화에 대처하기 위해 요구되는 과학 PCK의 잠재성 영역, 즉 ‘가족유사성 과학 PCK’를 포착하는 것을 목적으로 한다.

주요 연구결과를 살펴보면, 먼저 과학 교과내용과 과학과 교육과정과 관련된 PCK 측면에서는 미래학교 과학교사에게는 계열성 없이 너무 많은 지식에 노출되는 미래사회에서, 학생들에게 과학지식을 계열화, 구조화하여 제공하는 역량이 요구될 것이며, 과학교사로서 과학 교과 자체의 정체성과 본성에 해당하는 과학



키워드	빈도	키워드	빈도
인공지능	30.00	인공지능활용	20.00
자기주도학습	15.00	지역사회	13.00
개별화교육, 네트워크	12.00	융복합지식	11.00
인적자원	10.00	학생이해; 콘텐츠	9.00
디지털	8.00	협업	8.00
기술, 탐구, 과학연구 등	7.00	가상현실, 공간, 공동체 등	6.00

Fig. 1. Semantic network analysis results for Family Resemblance-PCK

학은 물론 과학철학에 대한 전문성이 요청되고, 융합형 교육과정 편성·운영 전문성과 함께, 기존 과학과 합의-PCK와는 달리, 가족유사성-PCK로는 새롭게 학생의 개성을 존중하는 유연한 교육과정 운영 역량이 요구될 것이라고 전문가들은 전망하였다.

과학수업 실천과 관련하여, 미래학교 과학교사에게는 학생의 학습발달 단계별로 교육과정을 구성하고 구현할 수 있는 교육과정과 수업에 대한 전문성이 요구될 것이며, 인공지능(AI) 교사와 차별화하여 인간교사는 공동체 의식과 관계형성 역량을 길러주도록 요청되고, 문제해결 프로젝트 학습이나 메이커교육을 통한 관계주의 학습을 구현하도록 요청되고, 과학교사의 과

학탐구 역량 측면에서 인공지능을 활용한 과학탐구 실행과 관련된 전문성이 새롭게 요구되고, 교수학습의 디지털화에 따라 과학교사의 기술적 내용교수지식(TPACK)에 대한 요구가 강화될 것으로 보인다.

학생이해와 학생평가 측면에서 미래학교 과학교사에게 요구되는 전문성으로는 AI를 이용한 학습자에 대한 이해와 교육요구 파악이 강조될 것이며, 교육내용과 교육방법 선택은 물론 지식생산 측면 등에서 학습자의 행위주체성을 강화하는 교사전문성에 대한 요구가 강화될 것으로 전망된다. 교사 전문성 개발 측면에서는 학생의 행위주체성에 선행하여 교사가 행위주체성을 갖추어야 한다고 주장하였다. 또한, 교사의 정

서적 공감과 소통 역량이 강화되고, 미래학교에서 교사의 전문성 발휘 영역이 확장되면서 교사의 연구역량이 강조되고, 전공별 진로담임으로서 과학교사의 진로지도 전문성에 대한 요구가 강화되며, 지역사회 교육자원 활용을 위한 학습생태계 및 네트워크 구축 역량이 더 많이 요구될 것이라고 전문가들은 전망하였다.

연구결과를 토대로 미래학교 과학교사 전문성의 변화 동향과 대처방안을 결론으로 제안하면 다음과 같다. 먼저, 과학교사에게 요구되는 기존의 전문성, 즉 함의-PCK를 토대로 가족유사성-PCK라는 형태로 과학교사에게 요구되는 전문성의 외연과 수준이 확대되고 심화되는 것을 알 수 있다. 무엇보다도 인공지능과 공존하는 미래학교 과학교사는 인공지능 자체에 대한 지식·이해에서부터 인공지능을 활용한 과학탐구 및 기술적 PCK (TPACK)에 이르기까지 디지털 소양과 인공지능 이해와 활용 역량을 갖추어야 할 것이다. 지식전달을 담당하는 인공지능(AI) 보조교사와 인간교사의 역할 분담에서부터 인공지능으로 인한 지식과 콘텐츠, 교수학습 환경변화에 부응하려면 교사의 디지털 소양 및 인공지능의 교육적 활용(AI in Education)을 위한 교사 전문성이 요청될 것이다.

과학교사의 미래학교 가족유사성-PCK에서 과학과 교육내용 및 교육과정과 관련하여 융복합과 소통이 강조되는 미래교육에서 과학학이나 과학철학에 대한 전문성을 갖추고 STEM(과학, 기술, 공학 및 수학)에 초점을 둔 과학교육 전문성을 발휘하도록 요청될 것이다. 융합교육으로 대변되는 과학과 STEM 혹은 STEAM 교육이란 다른 사고의 형태와 기꺼이 결합하려는 교육으로, 인공지능시대 과학교육을 통해 미래학교 과학교사는 학생의 융합적, 창의적 사고력 향상에 기여할 수 있는 가족유사성-PCK를 발휘할 필요가 있을 것이다.

끝으로 인공지능시대 과학교사의 가족유사성-PCK로는 인공지능 보조교사나 기계와 차별화되는 인간고유의 전문성을 개발하도록 요청된다. AI를 이용한 학습자 이해, 인공지능기반 학습생태계 구축 등을 통해 학생의 행위주체성을 길러주고, 인공지능(AI) 보조교사가 제공할 수 없는 감정과 동기, 자기성찰, 도덕적 가치 판단 등과 같은 뭔가 다른 경험을 제공할 수 있는 교사의 전문역량이 요청될 것으로 전망된다. 무엇보다도 학생의 행위주체성과 AI 교사의 지식교육과

병행하여, 미래형 과학과 맞춤형 융·복합적 교육과정 편성·운영, 인공지능 기술을 활용한 미래 교수법 활용 등과 같은 가족유사성-PCK 구현을 위한 인간교사의 행위주체성이 요청될 것이다.

## 국문요약

학령인구의 급격한 감소, 학생의 교육과정 선택권 확대 등과 같은 미래 교육환경 변화에 따라 과학교사의 전문성인 PCK에도 변화가 요청된다. 즉, 기존 함의-PCK를 구성하는 범주 및 과학 PCK의 특성은 고정된 것이 아니어서 새로운 범주와 특성이 추가될 수 있다. 본 연구의 목적은 비트겐슈타인의 가족유사성 접근을 통해 미래 교육환경 변화에 대처하기 위해 요구되는 과학 PCK의 잠재성의 영역을 ‘가족유사성 과학 PCK’의 형태로 탐구하려는 것이다. 이를 위해 3개의 초점 집단을 대상으로 심층면담을 진행하였다. 초점집단 심층면담에서는 미래사회와 교육환경 변화로 인해 2030년-2045년의 가까운 미래 학교의 과학교사에게 요구되는 과학 PCK가 어떻게 달라질 것인지를 논의하였다. 심층면담을 토대로 질적 분석을 실시함과 동시에 기존 함의-PCK와 차별화되는 가족유사성-PCK의 특성을 분석하기 위해 심층면담 텍스트에 대한 언어네트워크(semantic network) 분석을 시행하였다. 연구결과에서 미래사회 교사의 역할기대가 변함에 따라 새롭게 요청되는 과학교사의 가족유사성-PCK의 특징을 PCK 구성 영역별로 살펴보았다. 미래학교 과학교사에게 요구되는 가족유사성-PCK에 대한 언어 네트워크 분석결과를 살펴보면, 가족유사성-PCK는 출발점에 해당하는 기존 함의-PCK로부터 그 외연이 확장되면서 새로운 PCK요소가 추가되는 것으로 나타났다. 가족유사성-PCK의 양태를 살펴보면, [인공지능-융복합지식-콘텐츠-디지털], [지역사회-네트워크-인적자원-관계], [기술-탐구-가상현실-연구], [자기주도학습-협업-공동체] 등이 뚜렷한 네트워크 군집을 형성하면서 미래학교의 과학교사의 전문성을 형성, 강화되고 있는 것으로 나타났다. 연구결과를 토대로 미래학교 과학교사 전문성의 변화 동향과 대처 방안을 결론으로 제안하였다.

주제어: 과학 PCK, 합의-PCK, 가족유사성 접근, 인공지능시대, 인간고유의 전문성

## References

- 김홍식(2013). 바둑은 스포츠인가: 신체, 언어, 권력. 움직임을 철학: 한국체육철학회지, 21(4), 35-49.
- 박영숙, 양승실, 황은희, 허은정, 김갑성, 김이경, 전제상, 정바울, 황지원(2017). 교직환경 변화에 따른 교원 정책 혁신 과제(I): 교원 양성 및 채용 정책의 혁신 과제 (연구보고 RR2017-06). 진천: 한국교육개발원.
- 정제영(2016). 지능정보사회에 대비한 학교교육 시스템 재설계 연구. 교육행정학연구, 34(4), 49-71.
- 정제영(2017). 4차 산업혁명 시대의 학교제도 개선 방안: 개인별 학습 시스템 구축을 중심으로. 교육정치학연구, 24(3), 53-72.
- 최상덕, 서영인, 이상은, 김기현, 이옥화, 최영섭(2014). 미래 인재 양성을 위한 핵심역량 교육 및 혁신적 학습 생태계 구축(II) (연구보고 RR 2014-16). 한국교육개발원.
- 최석민, 김병주, 김도기, 박수정, 정성수, 김정삼, 유미라, 구성우(2015). 신규교사 임용시험 제도개선 정책연구 (2015-242, 초등교육과-5). 대구: 전국 시도교육감 협의회, 대구광역시교육청.
- 한국교육과정평가원(2008). 교과별 내용교수지식(PCK) 연구(II) - 중등 초임교사 수업컨설팅을 중심으로. 서울: 한국교육과정평가원.
- 한국교육과정평가원(2009). 수업전문성 제고를 위한 멘토링 체제 연구. 서울: 한국교육과정평가원.
- 한국교육과정평가원(2016). 미래사회 변화 및 학령기 인구 감소 대비 학교교육 진단과 교육방향 탐색 (연구보고 RRO 2016-4). 서울: 한국교육과정평가원.
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., ... Wilson, C. D. (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* (pp. 77-94). Singapore: Springer.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 14-27). New York: Routledge.
- Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1021). Dordrecht: Springer.
- Kwak, Y., & Choe, S. (2007). Research on science pedagogical content knowledge (PCK) with the curriculum revision. Seoul: KICE.
- 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.
- OECD. (2006). *Schooling for tomorrow: Think scenarios, re-think education*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD.
- OECD. (2019). *OECD Future of education and skills 2030 conceptual learning framework: A series of concept notes*. Paris: OECD.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Wittgenstein, L. (2006). 철학적 탐구 [Philosophical investigations]. (이영철 역). 책세상. (원본발간일 1953).