

# 연구 참여 경험을 통한 과학 교사의 전문성 발달 과정 탐색

백인영 · 김희백\*

서울대학교

## Exploring Professional Development of Science Teachers through the Research Experience for Teachers Program

Baik, Inyoung · Kim, Heui-Baik\*

Seoul National University

**Abstract:** This case study focused on three science teachers who participated in the Research Experience for Teachers (RET) program conducted by the Center for Bridging Advanced Science and Education (CBASE). The RET program provides opportunities for participants to experience experimentations in a science laboratory for six months, enabling teachers develop teaching materials based on their experience from the RET program. The purpose of this study was to explore how the teachers had developed their professionalism through participation in the program and which factors promoted the professional development of science teachers. In this research, we defined pedagogical content knowledge (PCK) as the required knowledge for teachers to develop for their professional development. As a result of the RET program, all three participants showed integration of PCK elements: orientation to teaching science, knowledge of science, knowledge of students, knowledge of teaching, and knowledge of sources. The PCK elements which had been developed by the RET program were applied in school context and the teachers' belief became clear and strong. The teachers were able to understand the process of authentic science as they learned it from 'legitimate peripheral participation' in the authentic research context. They also showed dynamic integration between newly established elements of PCK by reflecting on the school context while developing the teaching materials. The professional development of each teacher was different depending on the purpose and PCK, which participants had already possess. This study will provide meaningful implication for the development of professional development program for science teachers based on research experience.

**Key words:** Research Experience for Teachers (RET) program, professional development, Pedagogical Content Knowledge (PCK), Teacher education, Situated learning

### I. 서론

오늘날의 사회는 지식의 생성 및 소멸 속도가 빠르고 혁신적인 기술이 등장하는 고도의 문명사회이다. 학생들이 지식과 기술이 급변하는 사회에서 살아가기 위해서는 첨단 과학에 대한 이해와 이를 활용하는 능력을 갖추는 일이 필수적이라 할 수 있다. 학생들의 이러한 지식과 기능 학습을 돕기 위해서는 교과서를 비롯한 각종 교수 학습 자료의 개발이 이루어져야 하지만, 무엇보다도 과학교사의 전문성 향상이 가장 필수적이라 할 수 있다. 최근에는 국가적으로도 과학 교사의 전문성 신장을 위한 연수 프로그램 개발에 많은

관심과 노력을 기울이고 있지만, 대부분의 연수 프로그램이 빠르게 발전하고 있는 현대 과학을 충분히 반영하지 못하고 있다. 더욱이 현재의 과학교사 교육이 실제 과학자들의 수행을 제대로 반영하지 못하는 실정이라서, 현 사회에서 진행되고 있는 과학적 탐구의 특성 및 본질, 과학 지식의 산출 과정 등에 대해 충분히 이해시키는 데 한계가 있다(이인선 등, 2009). '탐구로서의 과학'을 배우지 못한 교사들은 탐구에 기반한 수업을 실행할 수 없게 되고, 이러한 자신을 과학교과에 정통한 전문가로 확신하지 못하게 된다(심재호, 2006). 최근에는 이와 같은 문제들을 해결하기 위해 참 탐구에 기반한 활동을 통한 과학 교사들의 전문

\*교신저자: 김희백(hbkim56@snu.ac.kr)

\*\*2011.01.20(접수) 2011.02.22(1심통과) 2011.05.16(2심통과) 2011.06.16(최종통과)

성 발달에 대해 연구가 진행되고 있다(Schwarz *et al.*, 2004).

해당 분야의 전문성 확보를 위한 교사들의 노력을 ‘교사 학습(teacher learning)’ 이라고 할 수 있으며, 그 과정에서 교사들은 교수 실행과 관련된 지식과 기술을 배우게 된다. 과거에는 ‘인지주의적 접근’ 방식에 따라 ‘교사 학습’을 개인이 지식을 획득하는 과정으로 보았는데, 이 접근 방식은 교사 개인의 지식 획득에 초점을 두므로써 교사들이 일하는 사회문화적 맥락을 고려하지 못하게 된다. 최근에는 이러한 인지주의 접근을 탈피하여 ‘교사 학습’을 사회적이고 상황적인 것으로 보는 ‘사회문화적 접근’ 방식이 받아들여지고 있다(소경희, 2009). 이 관점에서 교사의 전문성은 해당 전문 영역의 사회적 실체에 성공적으로 참여할 수 있게 되는 것, 즉 ‘합법적 주변 참여’를 의미한다(Lave & Wenger, 1991). 교사들은 이러한 ‘교사 학습’을 통해서 교사로서의 전문성을 발달시킬 수 있다고 보는 것이다. 과학교육에서 그 중요성이 강조되어 온 탐구학습에 대한 과학 교사들의 전문성 발달도와 같은 관점에서 추구될 필요가 있다. 즉, 교사들로 하여금 자신이 실행하려고 준비하고 있는 탐구 수업에 대한 유의미하고 지지적인 맥락에서 새로운 교수 전략과 아이디어를 학습할 기회를 갖도록 해야 한다(신명경, 2004; Magnusson *et al.*, 1999). 이는 교사의 전문성 개발 프로그램이 학습 공동체에 대한 이해를 기반으로 설계되어야 한다는 주장(김희경, 2007)을 반영한다.

학습이 사회 문화적 맥락에 의존적임을 전제로 하는 상황인지이론에 기반을 둔 교사연수 프로그램 중의 하나가 RET(Research Experience for Teachers) 프로그램이다(Kardash, 2000). 교사들은 RET 프로그램을 통해 과학 탐구가 이루어지는 실행 공동체에 주변적 참여를 함으로써 과학자와 함께 일하는데 필요한 지식과 기능을 습득하게 된다. 이때 교사는 학습과정에서 인지적 도제를 통해 과학 실행과 관련되는 기능과 지식을 습득하며, 더 나아가 이러한 학습 내용을 자신의 학생들 교육에 사용할 수 있도록 변환하는 방법을 찾게 된다. 교사들은 연구에 참여함으로써 내재적 동기 유발, 비판적 사고, 탐구를 통한 능동적 지식 구성, 협동적 학습을 위한 사회 분위기 등을 경험하게 되며, 이러한 경험은 교사가 자신의 지식을 학교 현장에서 탐구를 실행하는데 요구되는 실

천적 지식으로 변환하는데 기여한다(Pop *et al.*, 2010). 중·고등학생, 대학생, 예비 교사와 현직 교사들을 대상으로 하여 연구 도제형의 성과를 조사한 논문들을 리뷰한 Sadler *et al.*(2010)의 연구에 의하면, 과학 학습자들은 연구를 경험함으로써 과학자로서의 진로에 대한 열망이 생겼으며, 과학의 본성에 관한 생각을 하게 되고, 과학 내용에 대한 이해와 과학을 하는 것에 대한 자신감이 생겼으며 인지적 발달이 가능했다고 하였다. 그런데 이 연구에서 분석 대상으로 삼은 총 53편의 연구 문헌 중 7편만이 현직 교사를 대상으로 한 연구라는 점을 보면, 교사를 대상으로 한 연구가 상당히 제한적임을 알 수 있다. 이 외에 Blanchard *et al.*(2009)은 RET를 경험한 교사들이 교실로 돌아가서 실행한 탐구수업을 조사하였다. 그 결과, RET 프로그램에 참여하기 이전에 교수 학습에 대한 이론적 이해를 잘 하고 있는 교사들이 탐구를 모범적 교수 학습으로 이해하는 경향을 보였고, 실제 교실 수업도 탐구 지향적으로 나타났다. 국내에서는 예비 과학 교사들이 핵물리 관련 연구 참여(Undergraduate Research Participation, URP)를 통해 관련 지식과 실험 기술을 습득하였고, 과학 이론이 생성되기까지의 과정에서 드러나는 특성들을 인식하게 되었으며, 그 경험이 미래 물리 교사로서 자신감을 형성하는데 도움이 되었다고 하였다(이인선 등, 2009). 이들 선행 연구들은 RET 프로그램이 교사와 예비교사들의 전문성 발달에 기여하는 것으로 보고하고 있으나, 국내에서 현직 교사의 RET 프로그램 참여 기회가 거의 주어지지 않아 이에 대한 연구 결과가 없다.

이에 본 연구에서는 RET 프로그램에 참여했던 세 명의 과학교사들에 대한 사례를 통해서, RET 프로그램에서의 연구 참여 경험이 그들의 전문성 발달에 어떤 영향을 미쳤는지를 탐색해보았다. 이때 참여 교사들 자신이 의미를 부여하고 인식하는 전문성의 변화를 중심으로 분석하기 위해서 주된 분석 자료로 회상적 면담을 이용하였다는 제한점이 있다. 교사 전문성의 주 영역을 PCK(Pedagogical Content Knowledge, 교수법적 내용지식)로 간주하고(이연숙, 2006; 임청환, 2003; Grossman, 1990; Magnusson *et al.*, 1999; Schulman, 1986; Schulman, 1987; Van Driel *et al.*, 1998) 교사들에게서 나타난 전문성 변화의 속성을 분석하였다. 본 연구는 앞으로 과학 교사들에게 실제 연구 경험을 제공하는 연수 프로그램의 개발에 중

요한 함의를 제공할 수 있을 것이다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, RET 프로그램을 통해서 과학교사의 전문성은 어떻게 발달하는가?

둘째, RET 프로그램을 경험한 과학교사의 전문성 발달에 영향을 미치는 요인은 무엇인가?

## II. 연구 방법

본 연구에서는 특정 프로그램을 경험한 개인에 초점을 두고 다양한 방법으로 자료를 수집하여 그 사례에 대해 종합적이고 깊이 있게 이해할 수 있는 사례 연구 방법을 사용하였다 (Merriam, 1998).

### 1. 연구 상황

#### 1) RET 프로그램의 개요

RET 프로그램은 서울 지역의 대학교에 설치된 첨단과학 교사연수센터(CBASE)에서 2009년 5월 1일부터 10월 31일까지 6개월 동안 실시되었다. RET 프로그램에는 신청서를 제출한 교사들 중에서 선택된 10명의 현직교사, 과학 연구 경험을 제공할 과학자 5명 및 과학교육학적 지원을 제공할 과학 교육자 5명이 참여하였다. RET 프로그램은 과학교사에게 연구실의 과학 연구를 경험하게 하고 이를 기반으로 한 교수 학습 자료를 개발하도록 함으로써 교사전문성을 발달시키고 학교 현장에서 첨단과학에 대한 교육이

이루어지게 한다는데 그 목적이 있다(그림 1).

#### 2) 연구 참여자

RET 프로그램에 참여한 교사들 중에서 프로그램 동안의 경험과 거기에 자신이 부여한 의미를 잘 설명할 수 있는 반성적 회고능력이 있는 교사들을 의도적으로 선정하였다. 접근성을 감안하여 서울과 경기권의 교사들 중에서 6명을 선정하였으며, 면담을 한 후에 연구 목적에 가장 부합하며 지속적인 참여 의사를 밝힌 3명을 최종적인 연구 참여 교사로 선정하였다. 그들은 경력이나 전공 등에서 다양한 배경을 가지고 있었다(표 1).

표 1 연구 참여 교사들의 배경

교사	과목	경력	학위	재직학교
A	생물	2년	석사	인문계고
B	물리	10년	학사	인문계고
C	생물	10년	박사수료	중학교

A 교사는 경기도의 인문계 고등학교의 2학년 담임 교사로서 생물 I 을 담당하고 있었다. 대학에서 미생물공학을 전공한 후 교육대학원에서 석사학위를 취득하였으며, 임용된 지 2년째 되는 신규 교사이다. A 교사는 좋은 과학 교사란 과학 내용 지식을 잘 알아야 하며, 학생들이 이해하기 쉽고 재미있게 잘 가르쳐야 한다고 생각하고 있었다. 따라서 ‘찾아가는 테마연수’와 같은 연수를 받고 거기에서 배웠던 과학을 재미있게 가르치는 다양한 방법을 학생들에게 바로 적용



그림 1 RET 프로그램의 개요

해보곤 했다.

B 교사는 서울의 인문계 고등학교의 3학년 담임교사로 물리 I, 물리 II를 가르치고 있었다. 대학 졸업 후 2년 동안 시간강사로 있었으며(학원 강사 겸임), 이후 교사로 임용된 지 8년차인 경력교사이다. B 교사는 "내 수업시간에 다 깨어있는 재미있는 수업으로 만들어보겠다"라는 생각으로, 학생들이 자신의 교수를 어떻게 받아들일지를 생각하며 끊임없이 반성하고 개선하고 있었다. '플래시를 활용한 특수교육용 자료 제작' 과 '알기 쉬운 역학 직무연수'와 같이 학생들이 쉽게 이해할 수 있는 자료를 만들거나 교수법을 가르치는 연수는 아무리 바빠도 시간을 내서 참여했다. 또한 B 교사는 첨단과학 분야에 대해 학생들에게 자신 있게 가르칠 수 있도록 '첨단과학 직무연수: 나노 분야' 에도 참여하였다.

C 교사는 서울의 중학교에서 근무하고 있으며 교육청 영재원의 운영자이다. 대학 졸업 후 방송국에서 1년, 출판사에서 2년, 그리고 잠깐 동안 학원 강사를 하는 등 교직 이전에 다양한 경력을 가지고 있으며, 교사로 임용이 되면서 동시에 대학원을 다녀, 연구 당시 박사과정을 수료한 교직 경력 10년차 교사이다. C 교사는 교사로서 "즐거움 속에서 애들이 생활 속에서 풀어나갈 수 있는 뭔가를 찾았으면..." 하는 마음으로, 학생들의 다양한 수준에 맞춰 같은 개념이라도 다르게 가르쳐야 한다는 신념을 가지고 있었다. 대학원 과정에서 풍부한 자료개발 경험을 가졌으며, 이후 과학중심학교에서 과학 관련 방과 후 프로그램, 영재원에서 영재원 수업자료 등을 개발하기도 했다. 이 외에도 C 교사는 '과학축전' 과 '과학 사이언스 대회' 에 학생들과 참여했으며, '실험연수', '심화연수', 그리고 '미국과학교사 전람회' 에도 참석하였다. 또한 C 교사는 교사 대상의 연수에서 강사를 한 경험이 있다.

### 3) RET 프로그램 수행

RET 프로그램에 참여한 교사들은 6개월 동안 첨단 과학 교사 연수센터가 설치된 대학교의 연구실에서 집중적인 실험 및 연구를 수행하고, 이를 기반으로 학교 현장에서 사용할 수 있는 교수 자료를 개발하였다. 개발한 자료는 자신의 학생들에게 실제로 적용해보고 평가한 후에 개선하는 과정을 거쳤으며, 최종 보고회에서 일반 교사들을 포함한 교육 관계자들을 대상으로 전 과정에 대해 발표하는 시간을 가졌다.

A 교사는 '신경 생물학' 연구실에서 멘토 과학자의 도움을 받아 다양한 분자생물학 실험 기법과 동물 행동 실험 기법들을 경험하였다. A 교사는 학기 중에는 주 1회 정도 실험실로 가서 하루 3~4시간 정도 실험에 참여하고, 방학 중에는 주 1~2회 정도 실험실을 방문하여 하루에 6~8시간 정도 실험에 참여하였다. 또한 논문을 통해 첨단 연구 분야의 동향에 대해 살펴 보았다. 10월 한 달 동안은 그동안 접하였던 실험들을 바탕으로 학교 수업에서 적용할 수 있는 프로그램을 개발하기 위해 인지능력 테스트들에 대하여 조사하였고, 인터넷을 통해 외국의 수업 자료들을 검색하였다. 이러한 자료를 바탕으로 고등학교 2학년에 적용할 수 있도록 '기억' 을 소재로 한 수업 자료를 개발하였다.

B 교사는 '물리 전자 소자' 연구실에서 멘토 과학자의 도움을 받아 양자점을 제작하였고, 원자력 현미경(Atomic Force Microscope, AFM)을 사용하여 양자점의 크기를 측정하였으며, 그리고 분광분석기를 이용하여 양자점에서 방출되는 발광스펙트럼을 조사하였다. B 교사는 학기 중에는 한 달에 두 번 정도 실험실을 방문하여 3~4시간 정도 실험실의 기기 사용법을 배우고 방학 중에는 주 3~4회 정도 실험실을 방문하여 3~6시간 정도 자신의 연구를 수행하였다. 이때 자신이 연구하는 주제와 관련된 논문을 찾는 법도 배울 수 있었다. 그 후에는 자신이 경험했던 나노 과학 기술들을 소개하는 자료를 개발하여 실제로 자신의 학생들을 지도하는 데 사용하였다.

마지막으로 C 교사는 '수의산과학 및 생물공학' 연구실에서 RET 프로그램을 수행하였는데 이 연구실은 대략 오후 6시까지만 연구를 진행하였다. 따라서 C 교사는 학기 중에는 한 달에 한 번 정도 연구실을 방문하여 주로 연구실에서 이루어지는 연구들을 관찰하였으며, 복제 동물이 만들어지는 과정 중에서 난자의 채취 및 성숙, 정자의 관찰, 그리고 인공 수정 정도의 실험에 참여할 수 있었다. 방학 중에는 영재원 및 학교 업무 때문에 연구실에서 이루어지는 실험에는 참여하지 못했다. 대신에 학생들과 함께 연구실을 견학하거나 연구실의 과학자를 자신의 수업에 강사로 초빙하는 등 연구실의 자원들을 교재로 개발하는 것에 지속적으로 관심을 가졌으며, 결과적으로 다양한 교수 자료들을 개발하였다.

연구에 참여한 교사들이 개발한 교수자료는 <표 2>

에 자세하게 제시되어 있다.

**표 2**  
교사들이 개발한 교수 자료

교사	개발 주제
A	유전자 도입을 통한 유전자와 학습간의 상호작용 연구 -내가 기억하는 것은?
B	양자점의 크기와 발광스펙트럼의 상관관계 분석 -양자점 소개 자료
C	세포복제기술을 통한 첨단 학습모델의 개발 및 바이오 활용기술 이해 -복제동물이 만들어지기까지1 -복제동물이 만들어지기까지2 -논술자료 1 -논술자료 2 -생명, 물질과 정보 주제의 통합 과학 구성

## 2. 자료 수집

본 연구는 과학 교사들의 RET 프로그램 참여에서 나타난 전문성의 변화를 탐색하는 데에 초점을 맞추고 있으므로, 이를 위해 참여 교사들과의 심층 면담에서 주된 자료를 수집하였다. 참여 교사의 신념 및 RET 프로그램을 수행하는 동안의 교사의 생각들, 그리고 RET 프로그램 이후의 교수실행의 변화 및 적용 등에 관한 자료를 반구조화된 심층 면담을 통해서 수집하였다. 1차면담은 RET 프로그램이 종료된 직후인 2009년 12월에 실시하였다. 1차면담의 프로토콜은 참여자의 배경 정보, 과학교사의 전문성에 대한 생각, RET 프로그램에 참여한 이유, RET 프로그램 참여에서 갖게 된 경험이나 생각들, 그리고 RET 참여 후에 갖게 된 생각에 관한 질문으로 구성되었다. 2차면담은 RET 프로그램이 종료된 후 1학기가 지난 2010년 7월에 실시하였다. 2차면담의 프로토콜은 1차면담 결과를 바탕으로 하여 참여교사의 신념(과학·과학교수 목표·학습자·효과적인 교수 방법에 대한 신념), RET 프로그램에서 겪은 중요한 경험들을 구체화하기 위한 재질문, 그리고 RET 프로그램에서 학습한 것의 학교 수업 적용 실태 등에 관한 질문으로 구성되었다. 3차면담은 수업관찰 이후에 이루어졌으며, 연구자의 분석 과정에서 명확하지 않았던 내용이나 이전의 면담에서 파악하지 못한 점들을 질문하는 비구조화된 면담을 실시하였다. 1회 면담 시간은 1시간 ~ 1시간 30분 정도로 실시하였으며, 모든 면담은 녹음하고 전

사하여 연구의 주된 자료로 사용하였다. 연구 분석 과정에서 추가적인 질문이 생긴 경우에는 이메일을 사용하기도 하였다.

이와 함께 심층 면담에서 나타난 교사의 수업에 대한 지향이나 학생에 대한 이해를 추가적으로 파악하기 위해 교사들의 실제 수업을 관찰하고 모두 녹화하였다. 왜냐하면 교사들은 가르치는 일에 관하여 매우 개인적인 관념을 지니고 있어서 그것을 연구자에게 명확히 전달하기 어렵고, 교사의 전문적인 지식은 교수-학습이 진행되는 특정한 맥락이나 그때 다루어지는 내용과 밀접한 관계에 있기 때문이다(오피석 등, 2008; Baxter & Lederman, 1999). A 교사와 B 교사의 수업은 자신이 RET 프로그램에서 개발한 교수 자료를 활용한 것이었고, C 교사의 경우는 RET 프로그램에서 개발한 자료 내용이 당시 지도하는 학생의 교육과정에 맞지 않아서 C 교사가 진행한 다른 내용의 수업을 관찰하였다. 수업 관찰과 함께 그들이 제출한 신청서, 최종 보고서, 개발한 교수학습 자료, 최종 보고회 동영상 자료, 연구실에서 사용하던 연구 노트 등의 풍부한 자료들을 보조 자료로 사용하여 연구 결과의 타당도를 확보할 수 있었다.

## 3. 자료 분석

### 1) 분석 과정

자료 분석은 자료를 수집하는 기간 내내 이루어졌으며, 새로운 자료가 수집될 때마다 분석을 정교화하였다(그림 2). 교사들의 참여 신청서, 최종보고회 동영상, 개발한 교수 자료를 분석하고, 그 결과를 토대로 1차면담의 프로토콜을 개발한 후 1차면담을 실시하였다. 또한 1차면담 내용을 분석한 후 2차면담을 실시하였다. 2차면담 결과를 토대로 교사전문성의 변화에 대해 집중적으로 분석한 후, 참여 교사들의 실제 수업 관찰 및 3차면담을 실시하고 최종적으로 교사들의 전문성의 변화를 분석하였다.

이때 신뢰도와 타당도를 높이기 위해 1차면담 프로토콜과 2차면담 프로토콜은 10명의 과학교육전문가들의 검토를 받았으며, 최종 분석 결과는 과학교육 전문가 1인의 검토를 받았다. 이때 연구자와 과학교육 전문가와의 의견이 일치하지 않을 경우에는 함께 수집된 자료를 보면서 의견이 일치될 때까지 논의한 후, 최종 분석 결과를 도출하였다. 또한 참여 교사들에게

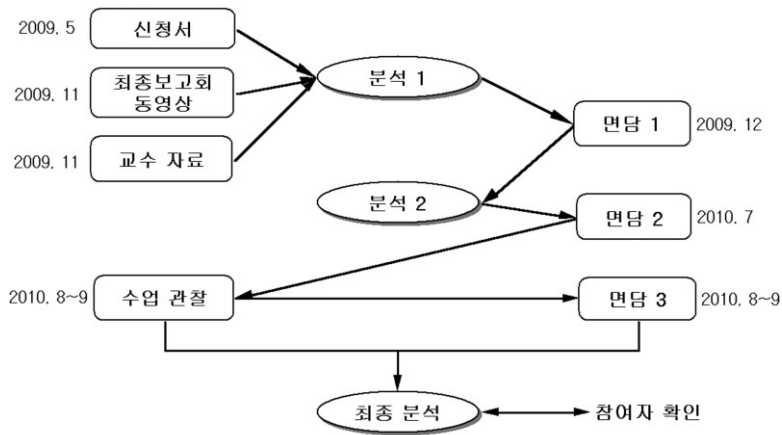


그림 2 자료의 수집 및 분석 과정

최종 분석 결과를 이메일을 통해서 전달하고, 연구자의 해석을 검토하고 정확하지 않은 점에 대해서는 피드백을 받아 수정하였다.

2) 분석틀

RET 프로그램을 경험한 과학 교사의 전문성 변화를 탐색하기 위해서, Shulman(1986, 1987)이 처음으로 도입한 이후 교사의 전문성을 나타내는 지표로 대두(Van Driel et al., 1998; Segall, 2004)되고 있는 교수법적 내용 지식(Pedagogical Content Knowledge, PCK)을 정의하고 PCK를 구성하는 요소들을 규정할 필요가 있다. 이에 국내·외의 참고문헌 분석을 통해 현재까지 과학교육에서 합의된 PCK의 정의와 PCK의 구성 요소들을 고찰하였다.

과학 교육자들은 PCK를 각자 다양하게 정의하고

있었으며, PCK를 구성하는 요소들에서도 조금씩 차이가 있었다(이연숙, 2006; 임청환, 2003; Grossman, 1990; Lee & Luft, 2008; Magnusson et al., 1999). 문헌 고찰을 바탕으로 과학 교사의 PCK를 구성하는 요소들을 <표 3>과 같이 정리하였으며, 효과적인 교수에서 이 구성 요소들이 통합되어 나타나는 교사의 전문적 특성을 PCK로 정의하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 과학자 연구실 경험을 통한 과학교사의 전문성 발달

과학자의 연구실은 첨단과학 연구와 관련된 풍부한 실험설비가 갖춰져 있는 곳으로, 이곳에서 연구하는

표 3 분석틀: PCK의 구성 요소

PCK 구성 요소	내용
과학 교수 지향	과학 교수 목표 및 목적에 관한 지식 및 신념
과학에 대한 지식	과학의 내용, 과학의 본성, 과학적 수행, 과학적 과정, 다양한 과학 분야들 간의 관계
학생 지식	수준 차이, 흥미, 요구, 선행지식, 능력, 학습의 어려움, 선행 오개념, 배우기 어려워하는 부분이나 취약점
교육 과정 조직 지식	과학적인 개념, 주제, 다른 과목들 간의 관계를 맺는 지식
평가 지식	학생들의 과학에 대한 이해를 위한 다양한 평가 방법과 절차
교수 지식	다양한 교수법, 동기유발 활동 사용, 효과적인 활동 선택
자원 지식	자원과 재료들(학교 안과 밖의)에 관한 지식

지도 교수를 비롯한 여러 명의 과학자들은 함께 연구를 실행하는 공동체라 할 수 있다. 교사들은 RET 프로그램에 신청서를 제출하고 참여자로 선정되면서, 과학자의 연구실에 ‘합법적인 주변적 참여’<sup>1)</sup>를 통해서 학습할 수 있는 기회를 가질 수 있었다(Lave & Wenger, 1991). 이러한 참여를 통해 발달한 교사의 전문성은 다음과 같이 나타났다.

### 1) 실험 경험으로 인한 자신감의 향상

연구 참여 교사들은 2~10년의 과학 교수 경력을 가졌지만, 과학자의 연구실에서는 첨단 실험 설비를 사용할 줄 모르고 실험 기술도 모르는 신참일 뿐이었다. 그들은 연구실의 신참 구성원으로 참여하면서 연구실의 도구 사용법을 포함하여 기본적인 기술들을 배웠다. 그들은 연구실의 첨단 기자재 사용법을 알게 되면서 연구실 공동체의 언어를 이해할 수 있게 되었고, 따라서 연구실 공동체에 한발 더 깊이 참여할 수 있게 되었다. 첨단 기자재를 사용할 수 있게 되고 첨단 기술을 익힌 교사는 자신이 첨단과학을 실제로 해보았고 또 안다는 데에 강한 자부심을 가지고 있었으며, 수업 시간에 학생들에게 자신이 경험했던 첨단 과학을 자주 언급하고 있었다.

제가 아이들에게 그 단원을 가르치면서 선생님도 이걸 해봤어, 해봤더니 정말 이러더라, 뭐 아니면 해봤는데 꼭 이렇게만 되는 것은 아니야. 제한효소를 사용한다고 내가 원하는 대로 꼭 한 번에 잘라지는 건 아닌 거 같아. 실패도 있고 너무 양을 조금 넣다 보니 뭐 잘못 될 수도 있어, 뭐 이런 것들을 말할 줄 수 있는 게... (A 교사, 2차면담)

제가 실제로 AFM을 써 봄으로 해서 실제로 그런 표현 물리를 연구하는 하나의 방법적인 것을 학습한 거죠. 연수를 통해서... 그것과 관계되는 것들을 학생들에게 제가 조금 더 자신 있게 설명할 수 있는 것이고... 물론 학생들에게 전달되는 내용은 원리라던가 그런 게 전반적으로 전달되지는 않겠지만... 앞으로 어떤 걸 하기위해서는 이러한 기초 장비들을 활용할 수밖에 없고, 그런 강의적인 내용을 전달할 수 있는 것에 있어서 자신감이 생긴 거죠. 사실 그

표현은 몇 초도 안되겠지만... 몇 개월의 노력이 몇 초로 전달되겠지만... 전 거기에 대해서 굉장히 자신 있게 얘기할 수 있다는 게... (B 교사, 1차면담)

일부 과학 교육자들(Grossman, 1990; Shulman, 1987)이 과학 내용 지식과 PCK를 분리하고 있음에도 불구하고 현장에서 과학을 가르치는 교사들은 과학 내용 지식을 자신의 전문성의 중요한 부분으로 여기고 있다. 특히 최근 대두되고 있는 첨단 과학은 현직 교사들이 잘 알지 못하기 때문에 전문가로서 스스로에 대해 반성이 많이 일어나는 부분이다. 교사들이 교과 내용 지식의 이해가 부족할 때 과학 PCK의 발달에 상당한 저해가 된다(임청환, 2003)는 점에서 봤을 때 첨단 과학을 안다는 것은 과학 교사들의 자신감 향상에 크게 기여할 수 있는 것이다.

### 2) 과학 탐구 과정에 대한 이해

교사들은 연구실의 과학자들로부터 언제든지 필요한 도움을 받을 수 있었다. 과학자들은 교사들이 새로운 실험 기술이나 도구 사용법을 익힐 때까지 인내심을 가지고 기다리며, 다음 단계로 갈 준비가 되었을 때 한 단계씩 더 진행하는 등 교사들을 돕기 위해 최선을 다하였다. 이러한 과학자들의 지원 하에서도 단순 실험 경험을 한 수준으로 RET를 마친 교사도 있었지만, B 교사처럼 자신의 연구 주제를 가지고 집중 연구를 수행한 경우도 있었다. B 교사는 처음에는 멘토 과학자로부터 도구 사용법이나 간단한 실험 기술을 배웠지만, 점차 자신이 직접 실험해보고 결과를 보고 또 반복하면서 더욱 깊은 참여를 하게 되었다. 그 결과 자신이 무엇을 배워야하는지, 무엇을 배우고 싶은지, 결국에는 무엇을 알게 되었는지를 교사 스스로 알게 된 것이다. 집중적인 연구 경험을 하면서 과학 이론이 형성되기까지의 과정, 즉 과학 탐구 과정을 알게 된 것이다. 이렇게 알게 된 과학 탐구 과정은 실제 교수로 옮겨지고 있었다.

처음에 계획을 세우고, 그 다음에 방법에 대한 논의를 하고, 이론도 찾아보고, 물론 실험보고서 쓰는 형태가 되지만... 답이 없기 때문에 자기 이론을 세워가는 과정 하고, 찾아가는 과정을 하는 데 있어서 학

1) 교사들이 전문적인 과학 연구가 이루어지는 연구실의 구성원으로 참여해서, 연구 공동체의 다른 구성원들과 사회적인 의미 협상을 통해 전문적인 실천을 공유할 수 있게 되었다는 의미이다.

생들이 지나치게 벗어나었을 때는 “이쪽 부분의 것도 생각해 볼 수도 있지 않을까?” 라고 하는 자료 제시를 해보고, 그렇게 저도 모르게 거기서 했던 그런 시스템을 하고... (B 교사, 2차면담)

집중적인 연구 경험이 아닌 단순한 실험을 경험한 교사들도 연구실의 다른 과학자들을 관찰함으로써 과학이 이루어지는 과정을 볼 수 있었다. 과학 교사들은 연구가 이루어지는 실험실에서 실험 도구들, 시약들, 그리고 실험을 하는 데는 오랜 시간과 인내가 필요하다는 것 등을 볼 수 있었으며, 이로써 자신이 과학 지식이 생성되는 과정을 모른다는 자격지심에서 벗어날 수 있게 되었다.

실험실에서는 유전자를 뽑아낼 때도 기계적으로, 딱 나와 있는 방법대로 회사에서 나온 것을 사용해서 이거 이렇게 한 다음에 이거, 두 번째 이 용액 뭐, B 용액 넣고 세 번째 C 용액 넣고... 이렇게 하거든요. 그러한 것들을 그렇게 하는구나. 책에서처럼 진짜 용액을 사다가 녹이고 이런 게 아니라... 그런 것들도 알게 되고 (A 교사, 1차면담)

과학의 연구 과정에서는 비슷한 부분들이 있잖아요. 문제 인식, 가설 설정... 그 부분들을 그대로 따라가 볼 수도 있는데다가, 저희가 잘 못해보고 있는 것 중에 하나가 실험을 설계하고 실험을 수행하는 부분이 얼마나 어려운가를 잘 모르는 것 같아요. 사실 그 연구소 쪽에서는 실험 수행 부분이 굉장히 길고, 고되고 그런 거잖아요. (C 교사, 1차면담)

### 3) 탐구 지도 능력의 확보

RET 프로그램을 마친 후 세 교사들은 학교에서 실제로 소그룹의 학생들을 대상으로 탐구를 지도하고 있었다. A 교사는 과학 동아리를 지도할 때 자신이 연구실에서 배웠던 구체적인 방법들을 학생들에게 전달하고 있었다. B 교사는 물리탐구대회를 지도하면서 학생들에게 자신이 연구실에서 배웠던 시스템을 적용하고 있었다. 다시 말하면 학생들이 잘못된 방향으로 가고 있는 경우에, 학생들의 틀린 답을 정정하는 대신에 다른 방법을 생각할 수 있도록 대안을 제시하는 것과 같은 과학자의 지도 방식을 학생들에게 사용하고

있었다. C 교사는 RET 프로그램 이전에도 탐구를 지도하고는 있었지만 RET 프로그램 이후 탐구 지도가 더욱 편안하고 자연스럽게 된 것이 기쁘다고 했다.

저는 동아리 아이들한테 모눈종이처럼 된 양식을 주면서 “실험할 때 직접 써라. 그래서 보고서랑 같이 첨부해라. 그러면 이걸 누가 봐도 네가 한 실험이 되는 거고 진짜 실험실에서 실험을 할 때에는 워드로 바로 컴퓨터로 칠 수 없지 않느냐 이렇게 옆에 노트를 하면서 한다.” 이제 그런 식으로 지도를 하고 있거든요. (A 교사, 2차면담)

작년에 물리토너먼트대회에서 어떤 주제를 가지고 실험계획을 학생들 나름대로 세우게 하고, 거기에 맞춰서 실험을 진행시키는 과정을 하는데 있어서 제가 RET에서 한 것처럼 그 과정대로 한번 해 봤어요. (종략) 교수님의 시스템을 제가 배운 거죠. 그러니까 그런 부분을 저도 모르게 그걸 쓴 거죠. (B 교사, 2차면담)

애들이 [탐구를]<sup>2)</sup> 한다고 하면 주제는 이렇게 잡는 거고 이때 이리이러한 실험은 할 수 있고, 실험 설계 과정이나 이런 거를 애들한테 이렇게 이끌어 나갈 때 작년과 올해가 조금 다른 것 같아요. 그래서 성과도 보면 아주 최고의 성과가 나지는 않더라도 조금 더 결과들이 깊어지고, 좀 더 좋아지고, 그 과정을 제가 좀 더 즐길 수 있고, 좀 더 기다려줄 수 있고, 이런 식으로... (C 교사, 2차면담)

대부분의 과학 교사들이 과학 수업에서 탐구를 도입하는 비율이 낮은 편이며, 탐구를 학교에 도입하는 것에 대해 큰 어려움을 느끼고 있다는 보고가 있다(김영신, 2003). 그러나 연구 참여 교사들은 탐구 지도를 비교적 쉽게 실행하고 있었다. 그 이유는 그들이 진정한 과학 탐구가 이루어지는 연구실에서 과학자와 함께 연구를 수행함으로써 자연스럽게 지식 생성 과정으로서의 탐구를 습득할 수 있었으며, 자신이 탐구를 습득한 방식대로 학생들을 지도할 수 있었던 것으로 분석된다. 그렇지만 참여교사들의 탐구 지도는 정규 수업에서가 아니라 소규모 그룹의 학생들을 대상으로 한 것이라는 한계를 가지고 있었다.

2) [ ] 표시는 연구 참여자가 실제로 말하지는 않았으나, 문맥의 정확한 이해를 위하여 연구자가 첨가한 내용임.



#### 4) 학생에 대한 이해

교사들은 과학자의 연구실에서 실험 기구와 실험 방법들을 배우고 연구를 수행하는 동안 학습자의 입장을 경험하게 되었다. 교사가 학습자의 입장을 경험함으로써 학생들이 무엇을 어려워하는지, 학생들은 어떤 도움을 필요로 하는지, 그리고 학생들이 과학을 어떻게 배워야 할지와 같은 것을 더 잘 이해할 수 있게 되었다.

그냥 실패하더라도 왜 실패했는지 찾아봐라. 이렇게 하면서 진짜 실험하듯이 연구자처럼 하는 실험을 애들한테도 경험하게 해주고 싶었거든요. 그래서 그런 점에 있어서는 제가 RET를 경험했기 때문에 그런 생각을 하지 않았을까, 그렇게 운영해야겠다는 생각을 하지 않았을까 라는 생각이 들어요.

(A 교사, 2차면담)

애들의 입장을 잘 경험을 했다는 생각이 들어요. 애들이 어디에서 헤매는구나.. 여기서 이런 말을 해줬으면 참 좋았는데 이런 말을 내가 못해준 것도 있고 아 그분들이 이걸 못해주셨구나 하는 게 애들한테 제가 갈 수 있는 뭔가가 된다는 거죠.

(C 교사, 2차면담)

#### 5) 교수 자원의 확보

연구실 상황과 교사에 따라 약간의 차이는 있었지만 참여 교사들이 수행했던 실험들은 그 연구실의 가장 기초적이며 이미 결과를 아는 실험들이었다. 엄밀히 말하면 교사의 연구 결과가 나쁘게 나오거나 때로는 실패한다고 하더라도 그 연구실 전체의 연구 수행에는 크게 지장이 없는 실험들이었다. 교사들도 물론 이것을 알고 있었다.

저는 결과가 어떤 결과가 나와야지 좋은지 그런 목적이 없이 그 실험기술을 배우는 거였는데요. 대학원생에게는 [중요하겠지만] 저는 이게 어떤 결과가 나와도 상관이 없는 거잖아요? (A 교사, 2차면담)

연구실에 계신 분들은 아무래도 자기 전공이고 하니 까 저보다 더 집중해서 하는 그런 상황이 되겠죠. 그런데 저는 조금 실수를 하더라도 거기에 대해서 큰 부담감을 가지지 않을 수도 있고, 이 실험이 실패하

는 것에 대한 두려움이 일단 없었던 것 같고, 결과가 좀... 전혀 다르다고 하더라도 뭐 망설일게 없고... 그냥 심적인 부담감은 상당히 적은 거죠

(B 교사, 2차면담)

따라서 교사들은 실험 경험을 하면서 여유를 가지고 실제 과학자의 삶과 연구실의 문화에도 관심을 가질 수 있었다. 과학자들은 어떤 실험을 하고 있는지, 과학자들의 삶은 어떠한지, 과학자들은 여가 시간을 어떻게 보내는지와 같은 연구 공동체 구성원이 아니면 알기 어려운 과학자들의 문화에 접근할 수 있었다. 교사들은 합법적인 주변적 참여를 통해서 알게 된 과학자의 삶에 대한 생생한 지식을 학생들의 진로지도에 적절히 사용하고 있었다.

실험실 사람들에 대해서도... 진짜 연구에 대한 열정이 대단한 것 같았어요. 거의 대부분의 많은 사람들이 아침 일찍부터 밤늦게까지 또는 날 새서 실험하는 분들도 있고, 과학을 좋아하는 사람들은 저만큼 좋아하는구나. 내 시간 하나도 없이 연구를 하다가도 밥도 연구에 맞춰서 먹는 거고, 이 실험이 몇 시에 끝나야 밥을 먹고, 실험실 계획에 따라서 내 스케줄을 잡는 거고, 실험이 자기 삶의 아예 1번이 되는 거니까... 사람들이 저렇게 살기도 하는구나.

(A 교사, 1차면담)

연구자의 심성을 본 것 같아요. (중략) 당연히 [실험이 잘] 될 거라고 생각을 하는데 안 되기도 하고... 이런 곳에서 십 몇 년 있으셔서 그런 건지도 모르지만 크게 분노하지 않으시고 “이리로 오세요. 이런 거는 해드릴 수 있고요. 이거는 제가 시간이 안 되지만... 그럼 이렇게 해볼까요?” 그러니까 한 번도 “못해요.” 라는 소리를 하진 않으시고, “그럼 이렇게 할까요?” 그러니까 항상 해보려고 노력하는 모습이 보였고, 시행착오를 힘들어하지 않으시는 것 같았어요. 여유롭게 즐겁게 받아들이시고...

(C 교사, 2차면담)

아울러 연구 공동체의 일원으로 참여했던 교사들은 연구 공동체를 다양한 교수 자원으로 쉽게 활용하고 있었다. C 교사의 경우에는 자신이 연구했던 연구실을 학생들의 탐방 장소로 활용하거나 멘토 과학자를

자신의 수업에 초빙하여 자신뿐만 아니라 학생들에게도 연구 공동체를 경험할 수 있는 기회를 제공하였다. C 교사는 자신이 과학자들과의 교류를 통해 알게 된 자원들을 학생들의 지도에 바로 이용하였다.

사실 그 연구소 쪽에서는 실험 수행 부분이 굉장히 길고 고되고 그런 거잖아요. 그리고 거기에 필요한 각종 도구들이 얼마나 다양하게 많고... 애들이 견학을 가서 그걸 보면... “이건 학교에서 못 하나요?”, “너희는 이런 기계가 없잖아, 이것도 필요하고 이것도 필요하잖아”, “이것을 하려면 어느 정도 걸려요?”, “일주일... 계속 봐야 되고, 이러한 과정에 대해서 되게 구체적으로 인식하면서, 자기를 구체적으로 접목시키는 것 같아요. (C 교사, 1차면담)

## 6) 과학교수 신념의 변화

B 교사는 RET 프로그램 이전에는 학생들에게 정답을 잘 전달하는 ‘지식의 전달자’로서의 신념을 가지고 있었으나, 이후에는 학생들이 스스로 답을 찾아갈 수 있도록 도와주는 ‘지식 구성의 조력자’로서의 신념을 갖게 된 것으로 나타났다. 이러한 과학 교수·학습에 관한 신념 변화는 과학교수 지향의 발달을 나타낸다고 할 수 있다. 이는 B 교사가 과학자의 연구실에서 멘토 과학자의 도움을 받으며 주어진 문제를 최대한 자신의 힘으로 해결하려고 했었고 결국엔 해내었던 경험 때문으로 분석된다.

제안을 해줌으로써, 그 학생의 결과가 옳을 수도 있고 잘못 될 수도 있는데 내가 알고 있는 기존의 결과와 달랐었다면 “넌 그래서 틀렸어” 라고 말해 주는 게 아니라 “이런 부분이 왜 이렇게 나왔는지 앞에서부터 한번 다시 보자. 생각해볼까?” 해주면 자기가 또 할 수 있다는 거죠.. 기존에는 제가 지식의 전달자 이 정도 생각했던 것은 틀렸으면 뭐가 틀렸고 맞았으면 뭐가 틀렸고 이걸 구분해주는 역할인줄 알았던 거죠. 그런데 이제 교육경력이 들어가면서 생기는 그냥 자연스러운 수순일수도 있겠지만, RET 이후에는 제가 그런 게 급속하게 많이 변했던 것 같아요. (B 교사, 2차면담)

교사의 신념은 수업 실행의 변화에 있어서 중요한 요소이고 잘 변하지 않기 때문에 교사들이 새로운 방

식으로 사고하고 가르치도록 돕기 위해서는 그들이 이미 가지고 있는 신념에 도전하도록 도와야 한다는 연구 결과가 있다(Borko & Putnam, 1996). RET 프로그램은 교사에게 스스로 문제를 해결하는 경험을 제공함으로써 교사의 신념 변화를 이끌어냈다는 점에서 교사 교육의 방향에 시사점을 제공한다.

## 7) 수업 실행의 변화

인상적이었던 것은 세 명의 교사들 모두 RET 프로그램을 통해서 알게 된 것을 설명하는 데 비유를 쓰거나 “저도 모르게” 라는 용어를 사용했다는 것이다. 그들이 얻은 지식이 과학자들로부터 명확히 전달받은 것이 아니라 참여를 통해서 터득한 것이기 때문에 비유를 사용함으로써 자신들의 전문성 변화를 가장 잘 설명할 수 있었던 것으로 해석할 수 있다.

저거랑 똑같은 거예요. 줄넘기하잖아요. 줄넘기 하면 한번 뛰어서 두 번을 넘는다고 하자고요. 처음에는 탁 뛰어서 하는데 안 되지만 열 번 스무 번 하다보면 언젠간 되잖아요. 그 경험인 것 같아요. 어떤 요령으로 하면 되더라 라고 하는... 그런 것은 경험에서밖에 나올 수 없는 거니까..

(B 교사, 2차면담)

주사를 맞는 것과 주사 맞는 사람을 보는 입장인거죠. 아프다는 거는 알겠는데 내게 들어오는 거랑 그 옆에서 눈물을 흘리는 것을 보는 거랑은 분명히 틀리구요. (C 교사, 2차면담)

참여를 통해서 발달한 전문성의 속성이 암묵적이어서 교사들이 명확하게 표현은 못했지만 세 교사들은 모두 RET 프로그램에서 알게 된 것들을 실제 교수로 실행하고 있었다. 동기유발을 하기 위한 한 마디 말이나 소그룹을 대상으로 한 탐구를 통해서 자신의 경험을 학생들에게 전하고 있었으며, 교사들은 시간이 지날수록 과학 교사로서 자신이 무엇을 해야 하는지가 점점 더 분명해진다고 하였다.

작년 딱 끝나고 났을 때는 그때 말씀드린 것처럼 내가 애들한테 이렇게 해서 지도하면 되겠다 [라고 생각했어요]. 그런데 지금 생각해볼니까... 시간이 좀 더 지나니까 거기서 더 파급되어 가지고, 흐려진 게

아니고 흐려졌다는 게 아니라 좀 더 넓어지고.. 방향성이 더 분명해져간다는 생각이 많이 들고...

(B 교사, 2차면담)

과학자의 연구실 경험을 통해서 발달된 과학교사의 전문성의 속성을 앞에서 제시한 PCK의 구성 요소와 연결하여 제시하면 다음과 같다. 과학 교사들은 과학자의 연구실에서 연구를 경험하면서 첨단 과학 지식에 대한 자신감을 가지게 되며, 과학의 탐구 과정을 알게 되고, 학습자에 대한 이해가 깊어지며, 이를 바탕으로 학생들에게 탐구를 지도할 수 있는 능력이 확보된다. 그 결과로 과학교사로서 교수 전략을 확장시킴과 아울러, 이 모든 것들을 교수 자원으로 활용할 수 있었다. 그리고 무엇보다 과학 교사의 교수 신념을 변화시킬 수 있는 계기가 될 수 있었다. 즉, 교사들의 과학자 연구실 경험은 참여 교사의 과학 교수 지향, 과학에 대한 지식, 학생 지식, 교수 지식, 그리고 교수 자원 지식과 같은 PCK 구성 요소를 발달시켰으며, 각 구성 요소는 다른 요소들과 통합되어 발달하는 것으로 나타났다.

## 2. 교수 자료 개발을 통한 과학교사의 전문성 발달

RET 프로그램은 참여한 교사들이 과학자의 연구실에서 첨단 과학 관련 실험을 경험한 후에 그 경험을 기반으로 학교에서 사용할 수 있는 교수 자료를 개발하는 과정을 포함하고 있었다. 과학 교사들은 자신이 경험했던 첨단 과학을 교수 자료로 변형하기 위해서 자신들이 참여했던 연구실의 모든 것을 교사의 시각으로 다시 보게 되었다. 이때 교사들이 가진 질문은 다음과 같다. 첫째, 연구실에서 경험한 것 중에서 무엇을 교수 자료로 개발할까? 둘째, 그것은 학교 교육 과정에 적합한가? 셋째, 학교에서 필요한 교수 자원을 확보할 수 있는가? 넷째, 학생들에게 도움이 되는가? 참여 교사들은 학교 교육과정보다 심화된 첨단 과학 지식과 연구 참여 경험을 교수 자료로 개발하는 과정에서 자신이 이미 가지고 있던 PCK와 RET 프로그램을 통해 변화된 PCK를 다시 검토하고 통합하는 경험을 하였다.

A 교사는 연구실에서 자신이 경험했던 분자생물학 실험기법을 이용해서 교수 자료를 개발하려고 하였다. 하지만 그것은 고등학교 2학년 학생들의 교육 과

정에 적합하지 않고, 학교에서 실험에 필요한 기구와 재료를 구하기 어렵다고 생각하였다. 그래서 A 교사는 자신의 주된 연구 경험을 활용하기보다는 멘토 과학자의 연구실에서 진행 중인 '기억'이라는 연구 주제를 이용해서 교수자료를 개발하였다. 이 자료를 사용함으로써 학생들이 교육과정 중의 '뇌'에 관한 내용을 흥미 있게 배울 수 있고, 교사 자신이 경험한 첨단 과학 연구를 소개할 수 있다고 생각하였기 때문이다.

고등학교 2학년 학생들에게 PCR이나 Cloning을 소개하기에는 무리가 있다고 판단하여... (중략)... 연구를 진행하면서 수업 설계의 주제를 바꾸어 '기억'에 관한 연구를 생물의 '자극과 반응' 단원의 중추 신경계에서 '뇌'에 관한 내용을 지도할 때에 활용할 수 있는 수업을 설계하였다.

(교사 A, 최종보고서)

B 교사는 자신이 연구실에서 경험했던 AFM 사용법이나 양자점의 발광스펙트럼 실험이 학생들의 교육 과정보다 너무 어렵고 또 학교에서는 실험에 필요한 기구와 재료를 구하기 어렵다고 생각하였다. 그리하여 학생들이 양자점과 관련된 수업을 끝낸 다음에 활용할 수 있는 첨단 과학을 소개하는 수업 자료로 개발하였다. 이 수업을 통해서 학생들이 자신의 진로 결정에 도움이 되기를 희망하였다.

인문계 고등학교에서는 그런 고가의 장비를 구입할 예산도 일단 부족하고 없구요. (중략) 그런데 일단 볼 수가 없으니까 그게 제일 큰 한계점인 것 같고, 없는 것을 학교 현장에다 맞추려고 하니까 이게 어디에 쓰이고, 이런 장비를 왜 우리가 봐야 되느냐? 볼 필요가 왜 있느냐? 그쪽에다 이제 포커스를 두게 되는 거죠. 원래 연구한 분야가 제가 강의하는 분야 하고는 포커스가 서로 달라지게 되는 거죠. 그래서 저도 이번에 하면서 애들한테 심어줬던 것은 나노 과학기술 분야가 있다는 거하고, 그런 것을 연구하기 위해서 확인하기 위한 장비가 필요하...

(B 교사, 1차면담)

그리고 C 교사의 경우에는 자신이 참여했던 연구실의 많은 요소들을 이용하여 다양한 형태의 교수학습 자료들을 개발하였다. 예를 들면 실험했던 배아복제

과정을 교육 과정에 맞는 내용들로 변형하여 탐구 자료 및 논술 자료로 개발하였으며, 함께 했던 과학자는 강연자로 섭외하였고, 그리고 참여했던 연구소를 견학장으로 한 견학 프로그램을 개발하였다. 개발한 프로그램들은 영재원의 학생인 경우와 일반 중학생인 경우를 구분하여 대상에 따라 다르게 적용하였다.

지금까지 분석한 결과를 이용하여 RET 프로그램을 통한 연구 참여 교사들의 전문성 발달을 요약하면 <그림 3>과 같다. RET 프로그램에 참여한 교사들은 첨단 과학 지식과 풍부한 실험 설비가 갖춰진 과학자의 연구실에 ‘합법적인 주변적 참여’를 통해 진정한 맥락에서의 과학 연구 경험을 할 수 있었다. 이 과정에서 과학 교사들은 과학 교수 지향, 과학에 대한 지식, 학생 지식, 교수 지식, 그리고 교수 자원 지식과 같은 PCK 요소들을 발달시킬 수 있었다. 그리고 이렇게 연구실 경험을 통해 발달된 PCK 요소들은 교수 자료를 개발하는 과정에서 과학 교사가 이미 가지고 있는 학생 지식, 교육과정 조직 지식, 교수 지식, 그리고 자원 지식과 같은 PCK 요소들과 통합하는 과정을 거치게 된다. 이와 같이 RET 프로그램을 통해서 연구실 경험을 하고 교수 자료를 개발하면서 과학 교사들의 PCK는 발달하게 되고 통합의 과정을 거쳐 더욱 발달하게 되는 것이다.

### 3. 교사 요인에 따른 과학교사의 전문성 발달

세 명의 교사들은 서로 다른 목적을 가지고 RET 프

로그램에 참여하였고, 원래 가지고 있던 PCK가 달랐다. 이러한 차이는 교사들의 전문성 발달에서 그 요소와 깊이에 차이를 나타내었다.

#### 1) A 교사의 사례

첨단과학을 배우는 데 참여 목적이 있었던 A 교사는 실제 연구실 공동체에 참여하는 과정에서도 자연과학 분야의 연구자라기보다는 자연과학을 전달받는 학습자로서 멘토 과학자가 가르쳐주는 실험 방법들을 배우는 데 중점을 두었다. 멘토 과학자가 가르쳐주는 실험들을 열심히 익히고 자신의 것으로 받아들였다.

제가 교사로서 그 자리에 갔지만 제가 거기서의 역할은 조교에게 실험을 배우는 사람의 입장? 그러니까 그냥 그야말로 연수죠. 하하

(A 교사, 2차면담)

A 교사는 비록 학습자로서 RET에 참여했지만, 진정한 맥락의 과학 연구과정에 참여한 결과로 과학의 탐구과정을 알게 되었다. A 교사는 이곳에서 새롭게 알게 된 과학의 탐구 과정을 활용하여 실제로 학생들에게 지도를 하였으며, 탐구를 지도하는 과정에서는 자신이 연구실에서 경험했던 것들을 학생들에게 그대로 전달하고 있었다.

실험을 하면 그 결과들을 어떻게 정리해야 될 지 이런 것들을 전혀 몰랐었거든요. 그런데 그때 RET하면서 그 실험조교가 매번 실험할 때는 연구노트를

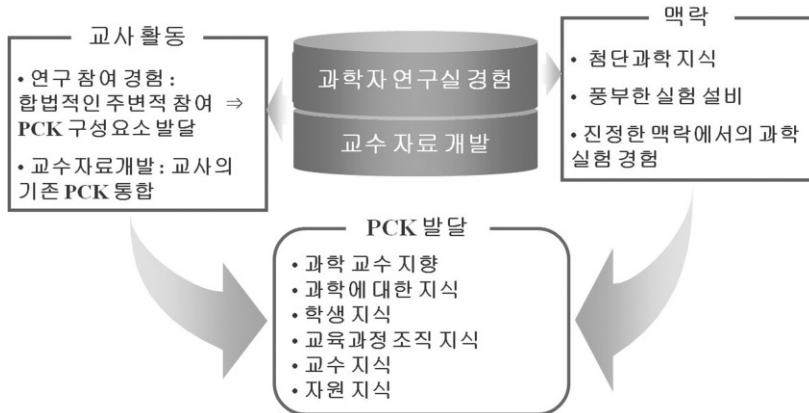


그림 3 RET 프로그램을 통한 과학교사의 전문성 발달

옆에다가 두고 계속 모든 결과나 과정을 다 적고, 실험 전에도 적고 실험 후에도 적고 이런 연구노트를 만들었던 경험이 있어요. (중략) 그 양식이 0.5cm 정도 칸으로 된 모눈종이 같은 것으로 되어 있는 실험 연구노트인데요. (중략) 그래서 저는 동아리 아이들한테 그 모눈종이처럼 된 양식을 주면서 “실험할 때 직접 써라. 그래서 보고서랑 같이 첨부해라.” (중략) 그런 식으로 지도를 하고 있거든요.

(A 교사, 2차면담)

그렇지만 A 교사의 ‘과학 교사는 지식을 잘 전달해야 한다’는 교수 신념에는 변화가 없었으며, 과학의 본성은 대학에서 연구를 하는 교수들이 이해해야 하는 개념이므로 자신과는 관련이 없는 것으로 인식하고 있었다.

과학교사로서의 전문성은 그런 것 같아요. 그니까 똑같은 내용이라도 아이들이 쉽게 잘 가르칠 수 있는 게 딱 과학교사만의 전문성인 것 같아요.

(A 교사, 1차면담)

제가 임용고시 공부할 때는 과학의 본성에 관한 이런 것들을 과학교육론을 공부하면서 했는데 학교 수업에서는 처음 도입할 때 탐구 방법? 이런 거 외에는 본성에 관해서 깊이... 막 과학교육론을 공부할 때처럼 절대론이 어떻게 뭐 이런 걸 가지고 쓰지는 않는 것 같거든요. 그거는 과학 교수가 가져야 할 전문성인 것 같고, 그냥 일선 교사로서 학교 수업할 때 여기서 필요한 과학에 관한 지식은 내용 지식이란 분야별 간의 관계? 이 정도가... 제 생각에는 교사로서 중요한 거는 거기까지 같아요...

(A 교사, 1차면담)

## 2) B 교사의 사례

B 교사는 평소 “학생들에게 뭔가를 가르치려면 그것에 관해서 자신이 먼저 잘 알아야 한다”는 신념을 가지고 있었다. 특히 B 교사는 과학의 판도가 많이 변했음을 느끼고 나노 과학을 가르쳐야 할 필요를 느꼈지만 정작 자신이 나노 과학에 대해서 알고 있는 것이 없다는 것을 반성하게 되었다. 교사인 자신이 먼저 해보았을 때 학생에게 어떤 방식으로든 도움이 될 수 있

을 것이라고 생각하며, 이 두 가지 문제를 다 해소하기 위해서 RET 프로그램에 참여했다.

거기에 대해서 제가 알고 있는 거는 대학교 때 접할 수 있었던 정도 수준 밖에 안 되거든요. 그런데 이제 그건 이제 10년이 넘었고 그렇게 되면 아 이걸 좀 제가 부족한 과거의 지식을 가지고서 학생들에게 전달하는 것 밖에 안 되잖아요. 내가 아무리 찾아도 한계가 있다는 생각이 들어서 한 번 해보고 싶었어요. 참여해보고 싶었고, 첫 째는 그거가 있었고 또 하나는 실제로 해볼 수가 있다는 거죠. (중략) 제가 해보아지 그 부분에 대해서 이야기 할 것이 있고 그걸 계기로 해서 나노 과학 분야를 내가 조금 더 자세히 찾아보면 수업시간에 애들한테 진로 선택하는 데도 도움이 될 수 있게 이야기 할 수 있지는 않을까...

(B 교사, 1차면담)

B 교사는 과학자의 연구실에서 멘토 과학자의 도움을 받아 AFM 사용법과 분광분석기 사용법을 배우고 나서, 정답이 없는 과제를 해결하기 위해 집중적인 반복 실험을 하였다. B 교사는 비록 짧은 기간 동안이었지만 스스로 답을 찾는 연구 경험을 할 수 있었다.

실험을 하기 위한 일반적인 연수, 장비를 어떻게 쓰는 것이며, 그 다음에 실험은 어떤 것... 샘플은 어떻게 만들고, 그 다음에 샘플을 측정하기 위해서 또 시료를 어떻게 제작하고, 그런 과정에 대해 한 번 연수를 다 받는 거죠. 그게 학기 중에 이루어졌고요, 그 다음에 방학하고 나서는 복습이라고 해야 되나? 그런 복습 같은 걸 한번하고, 그 다음에 연구계획[을 세웠고], 어떻게 해왔고 하는 거 중간보고 하고, 세미나 한번 한 다음에 저희는 실험만 계속하게 되는 거죠. 처음에 주셨던 주제를 저희가 확인<sup>3)</sup>해가는 과정이니까... 그래서 계속 실험을 반복하는 거죠. 실험을 반복해서 결과를 뽑아내는 거죠.

(B 교사, 3차면담)

B 교사는 과학자의 연구실에서 스스로 결과를 찾아가는 과정에서 경험한 과정이 학생들이 탐구를 하는 과정과도 같다는 것을 인식하게 되었다. B 교사는 진

3) B 교사가 언급한 ‘확인’은 멘토 과학자가 제시한 과제에 대해 반복적 실험을 통해 답을 찾았다는 것을 의미한다.

정한 맥락에서 경험을 했었기 때문에 학생들에게 탐구를 지도할 때 더 쉽게 지도할 수 있게 되었다.

학생들한테 얘기하는 것과 제가 했던 부분은 똑같은 과정인데 이것보다 조금 더 계단수가 높은 곳에 있는 똑같은 과정인 것 같고, 좀 계단은 높진 않지만 그래도 학생수준에 맞는 계단에서 짝 펼쳐놓은 똑같은 과정인 것 같아요. 이 시스템이라는 게... 그런데 내가 여기서 더 높은 곳에서 해봤으니까 더 낮은 곳에도 적용하는 것은 조금 더 쉬울 수가 있죠. 꼭 필요한 것 같아요. (B 교사, 2차면담)

B 교사는 과학자의 연구실에서 주어진 과제에 대한 결과를 찾아가는 동안에 스스로 깨닫게 된 것을 통해서 지식의 전달자로서의 과학교사를 넘어설 수 있었다. 그는 학생들로 하여금 새로운 지식을 구성해 가도록 돕는 조력자로서의 과학교사라는 자신의 가능성을 인식하고 확신하게 되었다.

저는 이제 제가 할 수 있을 것 같아요. 실험을 하진 못하더라도 거기까지 가는 방법을 애들한테 안내해 줄 수 있을 거라는 생각이 많이 들어요. 그런 부분이 있어서... 어떤 식으로 길을 찾아가자. “아~ 그래 그러면 이런 걸 이런 식으로 찾아볼까?” 그래서 같이 논의할 수 있는 방향에 대해서 제가 저희 애들에게 그런 조력자로서의 역할을 할 수 있지는 않을까? 그런 부분에 굉장히 보람을 느껴요. 제 스스로에 있어서도 굉장히 크게 성장된 부분일 수도 있는 거고요. (B 교사, 1차면담)

### 3) C 교사의 사례

RET 프로그램에 참여하기 전에 이미 수업자료 개발에 대한 경험이 많았던 C 교사는 ‘생식과 발생’ 단원에서는 수업 자료로 사용할 만한 것이 거의 없다는 것을 발견하고, RET 프로그램을 통해서 관련 자료를 개발하고 싶어 했다. 이와 함께 자신이 학생들에게 탐구를 지도하고는 있지만 과학자의 삶이나 과학적인 연구방법을 직접 경험해본 적이 없다는 것에 콤플렉스를 가지고 있었다. C 교사는 RET 프로그램에 참여함으로써 이러한 한계들을 극복하고 싶어 했다.

생식과 발생 쪽에서는 굉장히 최근에 발달이 아주

급격했기 때문에 제가 그 발달 속도를 교과서를 통해서 따라가지 못하고 있다는 인식이 있었고, 우선은 대학원 수업 같은 것을 하면서 얻은 지식은 제가 애들한테 풀어낼 수 있는 지식이 아니기 때문에, 풀어낼 수 있는 지식을 하기 위해서 좀 찾아봐야겠다는 생각이 들었어요. ‘어디에서 찾지?’ 라는 생각이 있을 때 딱 [신청자를 모집한다는 공고가] 났는데... (중략) ‘이 연구실에서는 내가 필요한 부분을 풀어주실 수 있겠다’는 생각이 들었고요. ‘여기에서 도움을 받으면 내가 수업 자료를 개발할 수도 있겠다’는 생각이 들었고, ‘내가 개발을 못하면 이쪽에 도움을 요청할 수도 있겠다’는 생각이 들었던 거예요.

(C 교사, 1차면담)

실제 과학탐구수업 보고서를 쓰게 하거나 탐구토론회를 준비시키거나 올림피아드 이런 거를 할 때 보면 과학적 지식이 아니라 그 과학 자체를 겪었던 그 경험이 너무나 필요한데.. 그게 연이 없는 거예요..

(C 교사, 2차면담)

하지만 C 교사는 RET 프로그램을 수행하는 동안 학교 업무로 인해 연구 경험을 충분히 할 수 없었으며 스스로도 그 점을 아쉬워했다.

연구를 했어야 해요. 뭔가 연구 모델을 제대로 세워서 진짜로 그... 거기 그 랩에서 농장 견학하고, 소 잡고 돼지 잡고 하는 과정을 보는 사람이 아니라... 같이 했어야 한다는 생각이 많이 들어요. 개인 연구자로서 좀 더 집중해서 들어갈 수 있었어야 했는데...

(C 교사, 1차면담)

C 교사는 RET 프로그램을 통해서 합법적으로 참여할 수 있게 된 연구실에서 자연과학의 연구자라기보다는 교수 자료로 사용할 수 있는 것들을 찾아내는 교수내용 지식의 변형자로서 참여하였다. 결국 다양한 주제를 가진 여러 유형의 교수 자료를 개발할 수 있었으며, 참여를 통한 과학자들과의 네트워크 형성으로 연수 종료 후에도 필요한 자료를 얻을 수 있는 인적, 물적 자원을 확보하였다.

연구자: 선생님은 정확히 거기서 뭘 하셨어요?

교사 C: 과정들을 옆에서 지켜보았죠..

연구자: 보실 때 어떤 마음이셨어요?

교사 C: 저거를 어떻게 수업자료로 써야 되는가? 이런 마음으로... 그러니까 과학교육자로서의 입장을 버리지 못하고... 계속 옆에서 관찰하면서 이걸로 내가 새롭게 뭔가를 갖다가 [교재로 만들어야지]

(C 교사, 2차면담)

C 교사는 연구 경험이 충분하지는 못했지만 그럼에도 불구하고 RET 프로그램 후 학생들에게 전보다 더 많이 탐구를 지도하게 되었고 탐구 지도에 대해 여유로운 마음을 가지고 즐기고 있었다.

#### IV. 결론 및 제언

과학 교사의 전문성은 과학 교육의 성패를 좌우하는 핵심 요인으로, 국가적으로도 과학 교사의 전문성 신장을 위한 연수 프로그램 개발에 많은 관심과 노력을 기울이고 있다. 최근에는 학습에 관한 사회·문화적 관점을 받아들여 과학 교사들에게 실제 세계의 과학 경험을 제공하려는 시도를 하고 있다. 첨단과학 교사연수센터에서 실시한 ‘교사연구경험(RET) 프로그램’은 그러한 시도의 한 예이다. 본 연구에서는 교사가 전문성을 갖추기 위해 가져야 할 지식을 PCK로 규정하고, 이번 RET 프로그램을 경험한 후에 나타난 교사들의 전문성의 변화에 대해 탐색하였다.

연구 결과 RET 프로그램을 통한 교사들의 전문성 발달에서 몇 가지 특징을 찾을 수 있었다. 첫째, 과학 교사들은 연구실에서의 참여 경험으로 인해 과학 지식, 교수 지식, 학생 지식, 자원 지식, 그리고 과학교수 지향과 같은 다양한 PCK 요소가 발달하였으며, 한 구성 요소는 다른 요소들과 통합적으로 발달하였다. 이는 과학자의 연구실에 ‘합법적인 주변적 참여’를 할 수 있었기 때문이다. 다시 말하면 과학교사는 과학자의 연구실에 참여를 하면서 과학의 탐구 과정을 알게 되고, 학습자에 대한 이해가 깊어지며, 이를 바탕으로 학생들에게 탐구를 지도하는 능력을 확보하게 되고, 따라서 과학 교사로서 교수 전략의 확장이 일어날 수 있었다. 무엇보다 B 교사의 경우에는 ‘지식의 전달자’로서의 과학 교사라는 교수 신념에서 ‘과학 지식 구성의 조력자’라는 신념으로의 변화가 일어났다. 둘째, 참여 교사들은 학교 교육 과정보다 심화된 첨단 과학지식과 연구 경험을 토대로 교수 자료를 개

발하였는데, 이 과정에서 연구실 경험을 통해 변화된 PCK에 대한 검토와 아울러 학교 현장과 학생에 관한 선형적 지식을 여기에 통합하는 경험을 하게 된다. 이러한 과정을 거쳐 학교 현장에서 활용이 가능한 학습 자료가 개발되었으며, 교사들의 PCK는 또다시 역동적으로 발달하게 되었다. PCK가 구성 요소들의 단순한 합 그 이상의 통합된 형태라고 했을 때(Abell, 2008), RET 프로그램은 PCK의 통합적인 발달을 제공할 수 있는 연수 형태라는 것을 알 수 있다. 셋째, 세 명의 교사들은 교사들마다 전문성 발달 요소와 깊이 차이가 생기는 것으로 분석되었다. 그것은 참여 교사들마다 RET 프로그램에 참여한 목적이 달랐으며, 처음부터 가지고 있었던 PCK가 달랐기 때문이었다. 넷째, 세 교사들 모두 자신이 RET 프로그램을 통해서 알게 된 부분을 실제 교수 실행으로 옮기고 있다는 것이다. 수업을 하면서 학생들의 동기 유발을 위한 말의 형태로, 소그룹을 대상으로 한 탐구 지도의 형태로 학생들의 교육에 활용하고 있었다. 더구나 시간이 지날수록 과학 교사로서 자신이 무엇을 해야 하는지를 분명하게 인식하는 것으로 나타났다. 결론적으로 참여교사들은 RET 프로그램을 통해서 PCK의 다양한 요소들이 통합적으로 발달하였으며, 자신이 알게 된 것을 쉽게 실행으로 옮길 수 있었으며, 그리고 시간이 지나면서 자신의 교수 방향이 더욱 분명해질 수 있었다.

본 연구 결과를 바탕으로 해서 좀더 효과적인 교사 연구 경험 프로그램을 다음과 같이 제안하고자 한다. 첫째, 과학 교사들이 과학자의 연구실에 좀 더 깊게 참여할 수 있는 시간을 확보할 필요가 있다. RET 프로그램은 과학 교사가 연구실 공동체에 깊이 참여할수록 더 많이 학습한다는 것이다. 실제 과학 맥락에 깊이 참여하게 하려는 RET 프로그램의 원래 취지를 생각한다면 이 프로그램은 학교 업무를 중단하고 완전히 연구실의 일원이 되었을 때 더 큰 효과를 가질 수 있을 것이라고 기대할 수 있다. 참여 교사들이 가장 많이 아쉬워했던 부분이기도 하다. 둘째, 과학 교육자의 공동체에도 참여할 시간을 가질 수 있어야 한다. 교사들이 과학자의 연구실에서 경험했던 것을 교육이라는 맥락에 적용하기 위해서는 과학 교육자들과의 참여를 통한 학습이 함께 병행되어야 할 것이다. 이번 RET 프로그램에서 과학교사들은 과학자의 연구실에 참여하기에도 시간이 부족했으며 따라서 과학교

육자의 연구실에 참여할 시간이 거의 없었다. 교사들이 알게 된 것을 학교에 잘 적용했을 때 학생들의 학습의 질이 높아지고 우리 교육의 목표가 실현될 수 있을 것이다. 이런 점에서 과학 교육자 공동체에 참여할 시간도 필요함을 지적할 수 있다. 마지막으로 RET에 참여한 교사들 사이의 의사소통을 위한 기회가 필요하다. RET 프로그램을 통해서 얻은 지식들은 참여를 통해서 얻은 지식이므로 명확하지 않으며(줄넘기 비유, 주사 비유), 교사들의 참여 목적이나 이미 가지고 있던 PCK에 따라 다양한 참여 형태를 나타낸다. 의사소통을 위한 워크샵에서 참여 교사들은 자신이 했던 일들을 말하면서 그 의미를 더욱 명확하게 인식할 수 있고, 다른 교사들이 어떻게 참여하고 있는지를 보면서 자신의 참여 방식에 대해서 반성하고, 후에 자신의 참여 방식에도 변화를 줄 수가 있을 것이다. 워크숍은 개인적 참여를 기반으로 타인의 참여에 대해 성찰하는 기회를 제공하므로 참여자 자신의 지평을 더 넓게 확산시킬 수 있는 기회가 될 수 있을 것이다.

## 국문 요약

본 연구는 첨단과학 교사연수센터에서 실시한 교사 연구경험(Research Experience for Teachers, RET) 프로그램에 참여한 세 명의 과학 교사들을 대상으로 한 사례 연구이다. 교사들은 RET 프로그램이 진행되는 6개월 동안 과학자의 연구실에서 실험 수행 경험을 하였으며, 이 경험을 토대로 학교에서 적용할 수 있는 교수 자료를 개발하였다. 교수법적 내용 지식(Pedagogical Content Knowledge, PCK)을 교사가 전문성을 갖추기 위해 가져야 할 지식으로 규정하고, RET 프로그램을 경험한 후에 나타난 교사들의 전문성의 변화와 그들의 전문성 발달에 영향을 미치는 요인을 탐색하였다. 3명의 참여 교사들은 RET 프로그램에 참여함으로써 과학 교수 지향, 과학 지식, 학생 지식, 교수 지식, 그리고 자원 지식과 같은 PCK 요소들의 통합된 발달을 보였다. RET 프로그램을 통해서 발달한 PCK 요소들은 학교에서의 교수 실행에 반영되었으며, 시간이 지날수록 교사들이 자신의 PCK 발달을 더욱 명확히 인식하는 것으로 나타났다. 이는 참여 교사들이 RET 프로그램을 통해서 진정한 맥락인 과학자의 연구실에서 ‘합법적인 주변 참여’를 통해서 학습했기 때문에 실제 과학의 과정을 알 수 있었으

며, 교수 자료를 개발하는 동안에 새롭게 발달한 PCK 요소들과 교사가 이미 가지고 있던 PCK의 통합으로 그들의 PCK가 학교 현장의 실행으로 이어지도록 발달하였기 때문이다. 한편 참여 교사들에 따라서 전문성 발달 요소와 양상에 차이가 있었는데, 이는 RET 프로그램에 참여할 때 교사들이 가진 목적이나 그들이 가지고 이미 가지고 있던 PCK의 차이에 기인한 것으로 파악되었다. 본 연구는 연구 경험 제공을 통한 과학 교사들의 전문성 발달 프로그램 개발에 의미 있는 시사점을 제공할 수 있을 것으로 보인다.

## 참고 문헌

- 김영신 (2003). 예비 과학 교사가 탐구 점수표에 따라 분석한 현장 과학 수업. 한국과학교육학회지, 23(5), 561-573.
- 김희경 (2007). 과학 교사의 전문성 개발 프로그램의 조건과 모형. 초등과학교육, 26(3), 295-308.
- 소경희 (2009). 교사학습(teacher learning) 이 해를 위한 이론적 기초 탐색. 교육과정연구, 27(3), 107-126.
- 신명경 (2004). 교사전문성 개발 프로그램 과정을 통한 과학교사의 변화. 교과교육연구, 25(1), 259-272.
- 심재호 (2006). 과학교사 전문성과 실험 연수에 대한 중등 과학 교사의 인식. 한국생물교육학회지, 34(1), 27-37
- 오필석, 이선경, 이경호, 김찬중, 김희백, 전찬희, 오세덕 (2008). 과학 교사 전문성 연구의 방법론적 고찰. 한국과학교육학회지, 28(1), 47-66.
- 이연숙 (2006). 교수학적 내용지식(PCK) 및 그 표상(PCKr)의 개념적 정의와 분석도구 개발: 예비 과학 교사의 ‘힘과 에너지’ 수업 사례를 중심으로. 서울대학교 석사 학위 논문.
- 이인선, 최경희, 한인식, 김선화, 이현주 (2009). 핵물리 연구 참여 경험이 예비 과학교사의 과학 탐구 과정의 본성에 대한 인식과 진로탐색에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 29(5), 541-551.
- 임정환 (2003). 과학 교과교육학 지식의 본질과 발달. Korean Earth Science Society, 24(4), 235-249.
- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later : Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? International Journal of Science



Education, 30(10), 1405–1416.

Baxter, J. A., & Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *PCK and science education*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., & Granger, E. M. (2009). No silver bullet for inquiry: Making sense of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. *Science Education*, 93(2), 322–360.

Borko, H., & Putnam, R. T. (1996). Learning to teach. *Handbook of Educational Psychology*, 2, 654–64.

Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York, Teachers College Press.

Kardash, C. M. (2000). Evaluation of an undergraduate research experience: Perceptions of undergraduate interns and their faculty mentors. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 191–201.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. UK: Cambridge University Press.

Lee, E., & Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343–1363.

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. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Merriam, S. B. (1988). *Case study research in education. A qualitative approach*. San Francisco: Jossey-Bass Inc.

Pop, M. M., Dixon, P., & Grove, C. M. (2010). Research experiences for teachers (RET): Motivation, expectations, and changes to teaching practices due to professional program involvement. *Journal of Science Teacher Education*, 21, 127–147.

Sadler, T. D., Burgin, S., McKinney, L., & Ponjuan, L. (2010). Learning science through research apprenticeships: A critical review of the literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 235–256.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610–645.

Segall, A. (2004). Revisiting pedagogical content knowledge: The pedagogy of content/the content of pedagogy. *Teaching and Teacher Education*, 20(5), 489–504.

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, 1–22.

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.