

과학교사 교수내용지식(PCK)의 재구성과 적용 방법

조희형* · 고영자

강원대학교

Re-conceptualization of Secondary Science Teacher's Pedagogical Content Knowledge (PCK) and Its Application

Cho, Hee-hyung* · Ko Young Ja

Kangwon National University

Abstract: Despite the rapidly growing body of research on science teachers' pedagogical content knowledge (PCK), most of the research has mainly focused on the definition of PCK and its components. The main purpose of this research was to explore the operational definition of PCK and to suggest another form by re-conceptualizing PCK, with the newly defined and conceptualized PCK capable of being used as standards and/or criteria in selecting the curricular content of and deciding the subject area of science teacher education. In this research, the science teachers' PCK was defined as the "practical knowledge and skills that are acquired through the curriculum of science education and in the course of teaching experiences, and which are used in their teaching of secondary school science." The science teachers' PCK was further defined as consisting of two integrated and/or combined dimensions: subject matter and pedagogy, each of which comprises several components. In this paper, the PCK is called science education literacy. The paper also presents the ways to apply the operational definition of PCK and re-conceptualized PCK and a few suggestions for the research on science teachers' PCK.

Key words: pedagogical content knowledge (PCK), application of PCK, teacher knowledge base, teacher knowledge, subject matter, subject matter knowledge

I. 서 론

1. 연구의 배경과 필요성

1960년대까지의 교사교육 현장과 그에 관한 연구에서는 교사가 잘 가르치기 위해서는 가르칠 내용과 그 내용을 가르치는 방법에 관한 지식을 충분히 가지고 있어야 한다(Cochran *et al.*, 1991)고 가정하였지만, 교수의 내용과 방법은 서로 독립적 영역으로 다루어졌다(이종일, 2006; Cochran *et al.*, 1993; Morine-Dersheimer & Kent, 1999). 그러나 1960년대 이후부터는 교수 내용, 즉 소위 '내용 지식(content knowledge)'과 교수 방법(method for teaching) 사이의 긴밀한 관계를 중요시하고(Tobin *et al.*, 1994), 이 두 가지 지식을 '교사 지식(teacher knowledge)'에 포함시켜 통합적으로 다루었다. 그리고 당시의 교사교육에 관한 연구에

서는 대부분 '교과 지식(subject matter knowledge)'과 '교육학 지식(pedagogical knowledge)'의 관계, 교사 지식이 학습에 미치는 영향, 교과 지식과 교육학 지식이 획득되는 출처 등을 주된 주제와 그 대상으로 다루었다(Abell, 2007).

그런 연구 과정에서 Shulman(1986)은 교사 지식으로 내용 지식과 교육학 지식 이외에 '교수내용지식(pedagogical content knowledge; PCK)'과 '교육과정 지식(curricular knowledge)'을 더하였다. 그가 제시한 교수내용지식(PCK)은 '교과(subject matter)'의 내용을 쉽게 교수할 수 있는 형태로 조직한, 즉 교과 지식과 교육학 지식이 통합된 새로운 영역의 지식으로 정의하고, 그 지식의 범주에 교수하려는 관념의 표현 방법으로써 가장 유용한 형태의 표상화(representation), 가장 효과적인 비유(analogy), 예증, 실례, 설명, 시범 등 학

*교신저자: 조희형(heehcho@kangwon.ac.kr)

**2008.06.17(접수) 2008.07.15(1심통과) 2008.07.31(2심통과) 2008.07.31(3심통과) 2008.08.01(최종통과)

***이 논문은 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2006-321-B00816)

생들이 이해하기 쉽게 내용을 표현하고 형식화하는 수단을 포함시킨다. Shulman(1987)이 일 년 후에 발표한 논문에서는 교사의 ‘교수 지식 기반(knowledge bases for teaching)’을 ㉠ 내용 지식, ㉡ 일반교육학 지식, ㉢ 교육과정 지식, ㉣ 교수내용지식(PCK), ㉤ 학습자와 학습자 특성 지식, ㉥ 교육상황 지식, ㉦ 교육의 목적, 목표, 가치와 이 세 가지의 철학적·역사적 근거에 관한 지식으로 분류하였다. ㉠, ㉡, ㉢번의 지식은 내용지식 기반이며, 나머지 네 가지 지식 기반은 교육학 지식에 해당된다. Shulman은 1987년도 논문에서도 PCK에 특별한 관심을 가지고 PCK를 내용(content)과 교수(teaching)가 변형된 통합적 지식 체계로 규정하고, PCK를 과학자가 이해하여 갖고 있는 지식과 과학교사가 획득하여 가지고 있는 지식을 구분하는 준거가 될 수도 있다고 주장한다.

Shulman(1986; 1987)이 제시한 PCK는 교사 지식에 관한 연구에 새로운 자료 수집·분석 방법, 연구의 목적과 틀 등을 제시하였으며(Gess-Newsome, 1999), 과학 등 몇몇 교과에 특유한 교수에 관한 연구에 많은 관심을 끌어들이는 계기가 되었다(Van Dijk & Kattmann, 2007). 그러나 세계의 주요 교사 양성 교육과정, 신규 교사의 면허나 자격기준 등에는 PCK가 보편적으로 적용되지 않고 있다. 이를테면 PCK가 미국의 국가과학 교육기준(NRC, 1996)에는 네 가지 교사전문성발달기준의 한 영역으로 제시되어 있지만, 전문교수기준전국위원회(National Board for Professional Teaching Standards(NBPTS)(2003)의 「Adolescence and Young Adulthood Science Standards」, 신규교사평가지원협의회(Interstate New Teacher Assessment and Support Consortium; INTASC)(2002)의 「Model Standards in Science for Beginning Teacher Licensing and Development」, 전국과학교사협회(National Science Teachers Association; NSTA)(2003)의 「Standards for Science Teacher Preparation」, 영국의 연수개발위원회(Training and Development Agency; TDA)(2008)의 「Professional Standards for Teachers」에는 Shulman의 연구 업적이나 PCK가 언급되어 있지 않다.

우리나라에서도 PCK를 적용하는 방법에 관한 연구와 PCK를 적용한 실례를 찾아보기 어렵다. 임청환(2003)은 과학 교수내용지식(1)의 본질과 발달에 관하여 연구하였다. 또한 교사들의 과학 교과교육학지식의 형성에 영향을 미치는 변인(박성혜, 2003a), 과학교사의

과학 교과교육학 지식의 측정 도구(박성혜, 2003b), 중등과학교사들이 적용하는 교수법 및 자기효능감과 태도에 따른 교과교육학지식에 관한 연구(박성혜, 2006)가 수행되었다. 그러나 이들의 연구에는 PCK의 본성과 그 적용 방법이 구체적으로 제시되어 있지 않다.

이상에서 기술한 바와 같이, 우리나라뿐만 아니라 외국에서도 “이것이 과학교사의 PCK다.”라고 말하면서 그 실례를 구체적으로 보여주는 연구와 문헌은 드물다(Loughran *et al.*, 2004). Loughran *et al.*(2006)은 PCK를 내용표상화(content representation; CoRe)와 교육학적·전문적 경험레퍼토리(pedagogical and professional-experience repertoires; PaP-eR)로 묘사하고, Hashweh(2005)는 교사의 교수용 구성물(teacher pedagogical construction; TPC)의 모습으로 보고 광합성 TPC를 일곱 가지의 구성요소로 나누어 예시하였다. Magnusson *et al.*(1992)은 “학생들이 온도와 열에너지를 구분하는 학습의 과정을 어떻게 도와줄 수 있는가?”(p. 23)를 ‘온도와 열에너지’의 PCK로 예시하고 있다. 그러나 이런 용어의 변경과 실례만으로는 PCK의 본성과 용도를 확실하게 이해하기 어렵다.

PCK를 과학교사 양성 교육과정의 개발 또는 과학교육학 영역 및 내용의 선정, 신규교사의 면허 또는 자격시험 등에 직접 적용하지 못했거나 적용하기 어려운(Magnusson *et al.*, 1999; Veal & MaKinster, 1999) 이유 가운데 하나는 PCK가 과학 교수-학습의 현장과 밀접하게 관련되어 있다는 점에 있다(Loughran *et al.*, 2004). PCK의 효과는 학생의 특성, 교과 및 주제, 상황, 교육학 지식 등(Cochran *et al.*, 1993; Hashweh, 2005; Loughran *et al.*, 2006)에 따라 달라진다. 또 하나의 이유는 PCK가 고정되어 있지 않고 그런 요인에 따라 모양이 달라지는 비정형적(amorphous) 구조(Park & Oliver, 2008)로서 불변하는 개념이 아니라 역동적 특성을 지닌 교수의 내용이자 학습의 방법이기 때문이다(Cochran *et al.*, 1993). 또 다른 이유는 PCK의 의미와 구조가 대다수의 과학교사들이 쉽게 이해하고 효과적으로 적용할 수 없을 만큼 복잡하며(Loughran *et al.*, 2001; Van Driel *et al.*, 2001), 그 속성이 구인으로서(Hashweh, 2005; Loughran *et al.*, 2006; Magnusson *et al.*, 1994; Park & Oliver, 2008) 각자의 연구에서 조작적으로 정의되었기 때문이다(Holder, 2004).

이상과 같이 지금까지 수행된 연구의 결과에 따라

1) 우리나라의 교사교육 및 PCK에 관한 교재와 학술지에 발표된 논문에서는 PCK를 대부분 ‘교과교육학지식’(이종일, 2006) 또는 ‘교과교육학 지식’(박성혜, 2003; 임청환, 2003)으로 부른다.

면, PCK는 비록 구인이지만 과학교사가 반드시 획득하여야 할 지식(Marks, 1990), 즉 과학교사의 지식 기반의 하나(NRC, 1996)이다. 과학교사의 지식 기반은 과학교사 양성 교육과정의 내용, 과학교육학의 영역 또는 그 과목, 과학교사의 자질 기준 등을 이루는 중요한 요소이다. 특별히 과학의 PCK는 과학교사와 과학자를 구분하는 기준이 되며, 과학교직이 전문성을 나타내는 바탕이 된다(Shulman, 1986; 1987). 그러므로 효과적인 과학교사 양성 교육과정을 개발하기 위해서는 PCK의 특성과 발달 과정을 충분히 이해하여야 할 필요가 있다(De Jong *et al.*, 2005). 한편 PCK는 구인이기 때문에, 분명한 의미로 그리고 조작적으로 정의하고 구체적인 요소로 기술하여야(Kerlinger, 1973) 과학교사 양성 교육과정의 내용 또는 과학교육학 영역 및 관련 과목을 설정할 때 그 준거나 출처로 적용할 수 있다.

2. 연구의 목적

이 연구는 다음과 같은 세 가지 목적을 달성하기 위해 수행하였다: ㉠ PCK의 속성과 그 구성요소에 관한 문헌을 조사·분석하고, ㉡ PCK를 조작적으로 정의한 다음, 조작적으로 정의한 PCK 구성요소를 확인하여 그 체계를 재구성하고, ㉢ PCK를 과학교사 교육에 적용하는 방법을 기술하고, PCK에 관한 연구에 던져주는 시사점을 제안한다.

3. 용어의 해석과 규정

외국의 과학교사 교육에 관한 연구와 논문에서 자주 쓰이는 영어 용어가 우리나라 연구 현장에서는 저자에 따라 서로 다른 용어로 불리거나 다양한 의미로 해석되고 있다. 이 논문에서는 그런 용어를 다음과 같이 호칭하고 해석한다.

1) teacher knowledge

‘교사 지식’으로 부르며, 교사의 전문적 지식을 가리킨다.

2) knowledge base

‘지식 기반’으로 부르며, 일반적인 의미의 knowledge보다 더 특수한 의미를 지닌다. 그와 관련된 ‘teacher knowledge base’를 ‘교사지식 기반’으로, 그리고 ‘knowledge base for(or of) teaching’을 ‘교수지식 기반’으로 일컬으며, 모두 교수에 필요한 지식을 말한다.

3) subject matter

‘교과’로 부르며, 과학과 교육과정의 물리·화학·생명과학·지구과학 등과 같은 학문적 영역 또는 분야를 의미한다. 복합어 ‘subject matter knowledge’는 ‘교과 지식’으로, ‘subject matter content’는 ‘교과 내용’으로 부른다.

4) pedagogy

『교육학용어사전』(서울대학교 교육연구소, 1994)에 기술된 그대로 ‘교육학’으로 해석하고, 그와 관련된 ‘pedagogical knowledge’는 ‘교육학 지식’으로 부른다.

5) content knowledge

‘내용 지식’으로 해석하며, 교과의 내용을 일컫는다. 즉 물리·화학·생명과학·지구과학 등의 지식 체계와 탐구 과정이 이에 해당된다.

6) pedagogical content knowledge (PCK)

‘교수내용지식’으로 해석하고, 교과 내용 또는 교과 지식이 교수의 용도로 변형되거나 교육학 지식이 함께 섞인 통합적 지식을 말한다.

II. 연구 내용과 방법

이 연구는 기본적으로 문헌 조사를 통해 PCK의 본성과 그 구성요소를 분석하여 PCK의 의미를 조작적으로 정의하고 그에 따라 PCK의 속성을 재구성하고자 수행하였다. 이 연구에서는 재개념화한 PCK를 적용하는 방법과 PCK 연구에 대한 시사점도 제안하였다. 문헌은 PCK가 포함된 교사지식 기반, PCK의 의미와 별칭, PCK의 기능과 특성, PCK의 적용 등에 관한 연구와 그에 관한 문헌을 중심으로 수집·분석하였다. 그러나 모든 문헌은 1985년도 이후에 발표된 논문과 발행된 서적에 한정하였다.

PCK의 조작적 정의는 이 연구에서 수집한 문헌에 기술된 PCK의 정의·기능·특성 등을 나열하고, 그 가운데에서 가능한 한 많은 내용을 포함하도록 구성해 기술하였다. 한편 PCK의 구성요소는 PCK의 기능과 구성요소에 관한 연구에서 가장 많이 언급된 요소와 교사교육에 관련이 있는 내용을 추출하여 결정하였다. 이 연구에서 개념화한 PCK를 적용할 방안은 사범대학 과학(생물)교육계열 학과(부)에서 교육과정 내용을 선정·조직하거나 이수 과목을 결정할 준거로 이용할 수 있게 작성하였다.

III. PCK에 대한 연구와 문헌의 분석

1. 교사지식 기반으로서의 PCK

교과 내용을 많이 알고 있는 교사가 그렇지 않은 교사보다 더 유능할까? 이 질문의 답은 ‘그렇다’일 수 있고, 그럴 경우 과학 내용을 더 많이 알고 있는 과학교사 일수록 유능하다고 말할 수 있다. 그러나 현실적으로는 과학 내용을 더 적게 알고 있는 과학교사가 더 많이 알고 있는 과학교사보다 더 유능한 경우도 많다. 이처럼 전통적으로는 교과 내용에 관한 지식과 교수 기능의 관계가 독립적인 것으로 인식되었지만, 50여 년 전부터는 교과 지식과 교수 기능이 통합된 전문적 (professional) 지식을 교사의 실제 지식으로 중요시한다(Abell, 2007). 또한 전통적으로는, 즉 1960년대 이전에는, 과학자의 지식을 학문적·전문적(technical) 과학지식으로, 과학교사가 갖고 있는 과학지식을 경험적·실제적 지식으로 보았다. 그러나 지금은 대다수의 과학교육학자들이 과학교사도 과학자처럼 전문적 기술(expertise)과 전문적 지식(professional knowledge)을 갖고 있다고 본다(Feiman-Nemser & Floden, 1986).

Shulman & Sykes(1986)는 교수지식 기반을 교사

의 교수 능력의 기반이 되는 이해와 기능, 의향과 가치, 특성과 수행의 체계로 정의한다. Shulman(1987)은 이어 교사의 지식을 전문적 지식으로 규정하고, 교과내용 지식과 교수 기능 및 그에 관한 지식이 통합된 전문적 지식을 PCK로 부른다. Clermont *et al.*(1993)도 PCK를 전문적 교사 지식의 핵심적 구성요소에 포함시킨다. 이 밖에 몇몇 연구자들이 제시한 교사지식 기반과 PCK의 관계를 요약하여 나타내면 표 1과 같다.

표 1에 제시된 바와 같이, PCK는 핵심적 교사지식 기반의 하나이다. 즉 PCK는 교과 내용 그 자체가 아니며, 일반적 이론 지식도 아니다(Hashweh, 2005). PCK는 특정 주제와 관련되어 있어서 교육학, 교육 목표, 학습자의 특성 등과 구분되는 동시에 교사가 획득해야 할 고유한 지식이다(Van Driel *et al.*, 2002). 이런 특성은 표 1에 제시된 교사지식 기반과 그 구성요소에 관한 문헌의 조사 결과를 요약한 표 2를 보면 이해할 수 있다.

표 2에는 지금까지 제시된 교수지식 기반 영역이 모두 나열되어 있지는 않다. 이를테면 Hashweh(2005), Lee(2005) 등은 표 2에 제시된 지식 이외에 시청각 기자재, 인쇄매체, 인적·물적 자원, 자연 등이 포함된 자

표 1
교사지식 기반에 대한 다양한 관점

연구자	교과내용	일반교육	교육과정	PCK	학습	교수	상황	교육목적	평가
Shulman, 1986	M		M	M					
Shulman, 1987	M	M	M	M	M		M	M	
Grossman, 1990	M	M		M			M		
Cochran <i>et al.</i> , 1993	M			P _g	Me	M	Me		
Carlsen, 1999	M	M	S	M	S	S	S		
Gess-Newsome, 1999	M			M		M	M		
Magnusson <i>et al.</i> , 1999			M	M	M	M		S	M
Morine-Dershimer & Kent, 1999	M	M	M	M	M	M	M	MS	MS
Veal & MaKinster, 1999	M		M	M	M	M	M		M
Barnett & Hodson, 2001	S		S	P _x	S		S		
Hashweh, 2005	M		M	P _c	M	M	M	M	
Abell, 2007	M	M		M	S	S	M	S	
van Dijk & Kattmann, 2007	M			M		M	M		
Park & Oliver, 2008	M	M	S	M	S	S	M	S	S

M: 지식기반의 주범주

S: 지식기반의 하위범주

MS: 동일 범주

Me: 중요성을 특별히 강조하는 범주

P_g: pedagogical content knowing(PCKg)

P_x: pedagogical context knowledge(PCxK)

P_c: teacher pedagogical constructions(TPCs)

표 2
교사지식 기반과 구성요소

교사지식 기반	교사지식 기반의 구성요소
교과 내용	학문적 지식 체계와 그 구성요소, 학문 분야에 고유한 탐구 방법
일반교육학	학급 경영과 조직, 교육과정·교육심리·교육사회 등 「교원자격검정령시행규칙」 제12조에 명시된 교직이론에 관한 과목
교육과정	과학교육의 목적, 교육과정의 내용, 체제, 개발 및 운영 등에 관한 지식
학습	학습자의 신체적·정신적 특성과 차이, 발달 과정과 단계, 학습 이론과 모형
교수	교수 이론과 모형, 교수 전략, 교수 자료, 교수 계획
상황	학급·학교·지역·국가 등 구성원 사이의 사회적 상호작용, 행·재정적 지원, 사회와 문화의 가치
교육목적	교육의 목적, 목표, 가치, 오리엔테이션
평가	평가 이론, 방법, 도구, 결과의 분석 및 각종 의사소통

원(resources)을 교수지식 기반의 하나로 분류한다. 또한 표 2의 교수지식 기반 요소의 종류와 수는 교사교육 연구자에 따라 다르다. 예를 들면, Carlsen(1999)은 일반교육학 지식에 학습자와 학습, 교실경영, 교육과정과 수업 등을 포함시키지만, 다른 연구자들은 이외에 교육목적(Abell, 2007; Magnusson *et al.*, 1999) 또는 교육목적과 평가(Park & Oliver, 2008)도 포함시킨다.

2. PCK의 정의와 발달

Shulman(1986; 1987)은 교직 및 교사의 전문성을 교과 지식과 교육학 지식이 아니라 교수내용지식으로 평가할 것을 강조하고, 교수내용지식을 교사가 획득해야 할 지식으로서 뿐만 아니라 그 교사의 전문성을 평가할 수 있는 형태로 정의하였다. 그러나 Shulman이 이처럼 정의한 PCK가 현재는 다면적 구조로 인식되며, 그에 따라 그 모습이 다양한 방법으로 그려지고 있다(Loughran *et al.*, 2004). 또한 그 특성이 표 3과 같이 여러 가지 의미로 해석되며(Holder, 2004), 그 연구 방법도 다양하게 제시되고 있다(Abell, 2007).

표 3에서 알 수 있듯이, PCK는 여러 가지 지식을 교수의 전문성을 나타낼 수 있게 변형한, 그리고 교사에게 고유한 실제적 지식이다. PCK는 특정 주제를 다양한 학습자의 흥미와 능력에 맞추어 수업할 수 있게 조직하거나 조절하는 방법에 관한 전문적 지식이기도 하다. PCK는 이러한 특성 때문에 주제(topic-specific pedagogical strategies)에 특수한 교수 지식으로 불리기도 한다(Magnusson *et al.*, 1999). PCK는 실제적(clinical) 상황에서 가장 효과적으로 형성되며, 특별히 그런 출처에서 형성된 PCK는 극히 상황의존적(contextualized) 특성을 지닌다(Marks, 1991).

Shulman(1987)이 원래 제시한 PCK는 적용하기 쉽

지 않고, 그대로 적용할 때는 종종 문제가 생긴다(Hashweh, 2005). 어떤 연구자는 그런 문제가 Shulman이 규정한 PCK의 특성에서 비롯한다고 보고 PCK를 pedagogical content knowing(PCKg)(Cochran *et al.*, 1993), context-specific pedagogical knowledge(Morine-Dershimer & Kent, 1999), pedagogical content concerns(De Jong, 2000), pedagogical context knowledge(PCxK)(Barnett & Hodson, 2001), activities that work(Appleton, 2002) 등으로 부른다. PCK의 세 번째 두 문자를 나타내는 knowledge도 conceptions, perceptions, theories, concerns, beliefs 등으로 불리고 있다(Abell, 2007). PCK는 이외에 teacher pedagogical construction(TPC)(Hashweh, 2005), content representation(CoRe)과 pedagogical and professional-experience repertoire (PaP-eR)의 복합체(Loughran *et al.*, 2006), PCK Studies(PCK-S)(Van Dijk & Kattmann, 2007) 등으로 기술되기도 한다.

Shulman(1986; 1987)이 PCK를 제시한 이후 10여 년 동안 수행되어 온 PCK에 관한 연구의 결과 및 그 과정에서 형성된 이론을 통합하고, 교수·학습의 실제에 던져주는 시사점을 정리한 한 책(Gess-Newsome & Lederman, 1999)에는 Shulman이 처음 제시한 의미가 더욱 확장되거나 개정된 결과가 반영되어 있다. 즉 PCK가 Shulman과 비슷하게 교과 지식의 표상화 또는 표현, 특정 주제에 대한 학습의 어려움 및 오개념 등으로 기술되어 있으나 그 구조는 다르게 표현되고 다른 용어로 개념화되어 있다. 그 책에서는 PCK를 그림 1과 같이 통합 모형(integrative model)과 변형 모형(transformative model)의 두 가지의 극단적 모형 또는 그것들이 변화된 모형으로 설명한다(Gess-Newsome, 1999).

표 3
PCK의 정의

정의자	정의
Shulman, 1986	내용 지식과 교육학 지식의 혼합(또는 교사의 지식 기반)
Magnusson <i>et al.</i> , 1992	학습자가 학습하기 원하는 것, 학습하기 어려워하는 내용, 학습자가 알아야 할 내용, 학습자의 학습을 도와줄 방법 등에 관한 교사의 진술
Cochran <i>et al.</i> , 1991	학생에게 특수하고 교사에게 독특한 특정 교과 개념의 교수에 관한 지식
Cochran <i>et al.</i> , 1993	교수내용알기(PCKg): 교육학, 교과 내용, 학생의 특성, 학습의 환경 상황의 네 가지 요소가 통합된 이해
Geddis <i>et al.</i> , 1993	교과 내용을 학생들이 더욱 이해하기 쉬운 형태로 변환시키는 데 이용되는 지식
NRC, 1996	과학 내용, 교육과정, 교수, 학습, 학생을 학습 상황과 학습자의 요구에 맞게 통합할 수 있는 이해와 능력
Van Driel <i>et al.</i> , 1998	학습을 촉진시킬 상황에서의 교과 지식에 대한 교사의 해석과 변형
Baxter & Lederman, 1999	교사가 알고 있는 것, 교사가 하고 있는 것, 교사의 그런 행동의 이유로 구성된 내외적 구인
Carlsen, 1999	교수가능성(teachability)에 가장 적절한 내용의 측면을 구현하는 특수한 형태의 내용 지식
Magnusson <i>et al.</i> , 1999	교과지식을 포함한 여러 가지 유형의 지식의 교수를 위한 변형
Smith, 1999	과학 내용에서 도출한 실례, 비유, 표상화로 이루어진 지식
Veal & MaKinster, 1999	학습 환경의 상황적·문화적·사회적 한계를 이해하면서 수업 및 평가의 다양한 전략과 방법을 이용하여 교과를 환원하는 능력
Loughran <i>et al.</i> , 2001	학습자가 특정 과학 내용을 이해하는 데 도움이 되는 교수 상황을 제시할 목적으로 이용하는 지식
Van Driel <i>et al.</i> , 2002	여러 가지 교수를 위한 지식의 변형; 특정 주제의 학습에 효과적인 표상화와 교수 전략에 관한 지식
De Jong <i>et al.</i> , 2005	교사의 실제적 전문지식
Lee, 2005	과학 내용을 학습 경험으로 변형하는 데 유용한 내용과 교육학 지식의 독특한 화합; 학습을 학습자 개인 또는 학습자 집단의 요구에 맞게 조정하는(tailoring) 지식
Hammerman, 2006	알고, 생각하고, 아는 방법과 관련된 일련의 교수 전략; 유능한 과학교사가 알아야 할 필요가 있는 지식과 지녀야 할 능력
van Dijk & Kattermann, 2007	교과 지식과 일반교육학 지식으로 이루어진 지식 영역
Park & Oliver, 2008	교과 지식을 교수할 수 있게 변형한 교수용 교과 지식

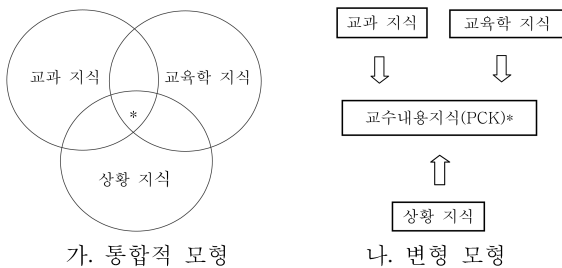


그림 1 PCK의 두 가지 모형(*: 교수에 필요한 지식)

지금까지 수행된 연구의 결과는 어느 것이나 그림 1에 제시된 두 가지의 서로 다른 모형의 하나에 가깝다. 통합 모형은 PCK가 교사 지식 영역으로 존재하지 않는 전통적 교사교육 모형에 가까우며, 변형 모형에서는 PCK가 교사 지식의 고유한 영역으로 분류된다. 한편

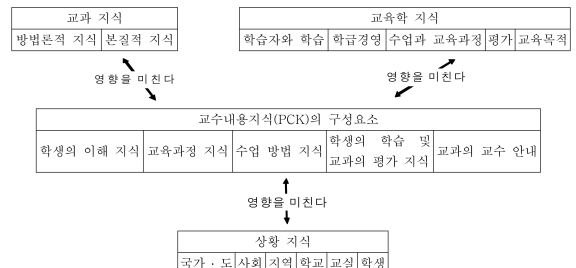


그림 2 교사지식 기반의 구성요소로서의 PCK와 PCK의 구성요소

변형 모형의 PCK는 그림 2와 같이 교사지식 기반의 구성요소이자 몇 가지 요소로 구성되어 있다(Abell, 2007; Carlsen, 1999; Magnusson *et al.*, 1999; Park & Oliver, 2008).

표 4
PCK의 정의에 쓰이는 용어와 그 대상 및 표현 방법

연구자	정의 요소	PCK의 별칭	표현 방법	PCK의 대상과 내용
Shulman, 1986; 1987	혼합, 지식 기반		변형하다	내용 지식, 교육학 지식
Marks, 1991	교과 지식의 변형		해석하다	내용
Cochran <i>et al.</i> , 1993	이해, 지식		통합하다	교육학, 학생의 특성, 교과 내용, 학습 환경 또는 상황
Geddis <i>et al.</i> , 1993	변형(된 지식)		변형하다	교과 내용
Fernandez-Balboa & Stiehl, 1995	아는 방법, 능력, 혼합		통합하다 변형하다	교과 지식
NRC, 1996	이해와 능력		맞추다 통합하다	과학 내용, 교육과정, 학습, 교수, 학생, 학습 상황, 학습자의 요구
Van Driel <i>et al.</i> , 1998	실제적(전문적) 지식		해석하다 변형하다	교과
Baxter & Lederman, 1999	구인		구성하다	교사가 알고 하는 것과 그 이유
Carlsen, 1999	개인적 지식		체현하다	내용 지식
Veal & MaKinster, 1999	능력		번역하다 (적응하다)	교과
Zemal-Saul <i>et al.</i> , 1999	지식, 지식 기반		통합하다	교과 지식, 교육학 지식, 상황 지식
Magnusson <i>et al.</i> , 1999	표상화, 전략		변형하다	교과 지식, 교육학 지식, 상황 지식
De Jong & Van Driel, 2004	지식기반		포함하다 integrate	교과 지식, 교육학 지식 등
Lee, 2005	독특한 화합		transform tailor	내용과 교육학 지식
Deng, 2007	전문적 지식		transform	교과
Van Dijk & Kattermann, 2007	지식 영역		combine	교과 지식, 교육학 지식
Park & Oliver, 2008	교수를 위한 지식		transform	교과 지식

과학교사의 PCK는 표 4와 같이 교과 지식과 교육학 지식이 “통합(integration)²⁾”되거나 교과 지식이 관련 주제의 교수에 적절하게 “변형(transformation)”된 종합적 지식을 말한다. “통합”으로 표현되는 PCK는 그림 1의 통합 모형에, “변형”으로 표현되는 PCK는 변형 모형에 포함시킬 수 있다(Magnusson *et al.*, 1999). PCK는 한 지식 기반이 다른 지식 기반에 포함되거나(included) 몇 가지의 교사지식 기반이 섞인 혼합체(mixture), 또는 통합된 종합체(synthesis)로 불린다(Cochran *et al.*, 1993; De Jong & Van Driel, 2004). 종합체로서의 PCK는 학습, 교수, 내용이 화학적으로 화합되어 있어서 기계적(mechanistic) 과정이나 기술적(technical) 용어로 서술할 수 없다(Loughran *et al.*, 2001).

표 4에서 알 수 있듯이, PCK는 교과 내용 또는 교육학 지식이 통합이나 변형 이외에 적응, 조절, 구성, 포함 등을 통해서도 이루어진다. 그렇게 형성된 PCK의 특성은 수직 관계로 표현할 수도 있다. 즉 PCK는

그 포괄성과 위계적 단계에 따라 일반(general) PCK, 영역(domain-specific) PCK, 주제(topic-specific) PCK로 나눌 수 있다. 일반 PCK는 과학·국어·수학 등 교과에 공통적이며, 교육학보다 특수한 PCK를 말한다. 영역 PCK는 일반 PCK보다 특수한 PCK로서 물리·화학·생명과학 등 과학 분야에 고유한 PCK를, 주제 PCK는 특정 주제를 가르치는 방법·전략 등을 일컫는다(Veal & MaKinster, 1999).

3. PCK의 구성요소와 출처

PCK는 표 1과 그림 1에 기술된 바와 같이 교사 지식의 한 구성요소이지만, 그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 몇 가지 구성요소로 조직되어 있다. PCK는 교사 지식 기반의 한 구성요소로 제시된 이래 교사 지식 및 PCK에 관한 연구의 발견법적 도구(heuristic devise)로 이용되었다. 과학교사가 지닌 PCK의 구성요소는 과학 교사 지식 기반과 과학 PCK에 관한 연구의 목적과 방향 그리고 내용을 제시한다(Park & Oliver, 2008). 표

2) Magnusson *et al.*(1999)은 이 용어를 썼으나 이 용어보다는 blending이 실제의 의미에 더 가깝다.

5에는 이런 기능을 하는, 서로 배타적이거나 중복되지 않는 PCK의 구성요소가 나열되어 있다.

표 5에서 알 수 있는 바와 같이, Shulman(1986; 1987)이 제시한 PCK의 의미가 점점 확장되었고, 그 구성요소도 점차 다양해졌다. 표 5의 PCK 구성요소와 표 1의 교사지식 기반 구성요소는 비슷하다. Cochran *et al.*(1993), Hashweh(2005), Morine-Dersheimer & Kent(1999), Zembal-Saul *et al.*(1999) 등은 PCK의 구성요소로 표 5에 없는 교육학 지식을 거론하며, Barnett

& Hodson(2001), Hashweh(2005), Lee(2005) 등은 교사지식 기반의 구성요소에서와 마찬가지로 실험 도구, 지역 기관, 자연 등 물적·인적 자원도 PCK의 구성요소로 포함시켜 과학교사 PCK를 적용할 수 있는 범위를 더욱 확장시켰다. 한편 표 5의 각 구성요소는 하위요소로 이루어져 있는데, 각 구성요소별 하위요소는 표 6과 같다.

표 2에 제시된 교사지식 기반과 표 6에 기술된 PCK의 구성요소의 이름과 하위요소가 비슷하다. 다만

표 5
PCK의 구성요소

저자	교과내용	교육과정	학습	교수전략	상황	교육목적	평가
Shulman, 1986	O			O			
Shulman, 1987			O	O			
Grossman, 1990		O	O	O			
Marks, 1990	O		O	O	O		
Cochran <i>et al.</i> , 1993	O		O		O		
Fernandez-Balboa & Stiehl, 1995	O		O	O	O	O	
Carlsen, 1999		O	O	O		O	
Magnusson <i>et al.</i> , 1999		O	O	O		O	O
Morine-Dersheimer & Kent, 1999				O	O		
Smith, 1999	O	O	O	O		O	
Zembal-Saul <i>et al.</i> , 1999	O				O		
Barnett & Hodson, 2001	O		O	O	O		O
Hashweh, 2005	O	O	O	O	O	O	O
Lee, 2005	O	O	O	O		O	O
Abell, 2007		O	O	O		O	O
Park & Oliver, 2008	O	O	O	O		O	O

표 6
PCK의 구성요소와 하위요소

PCK의 구성요소	하위요소와 연구자
교과 내용	교수-학습 내용(Hashweh, 2005)
교육과정	국가-지역-학교 수준의 교육과정의 목적-내용-자료, 교육 프로그램(Abell, 2007; Magnusson <i>et al.</i> , 1999; Park & Oliver, 2008); 교육과정 내용의 관계와 체계(Hashweh, 2005)
학습	학습자의 선행지식 및 오개념, 학습하기 어려운 내용, 학습 동기, 지적·신체적 발달 수준, 학습 전략, 학습자의 흥미·관심·필요성(Abell, 2007; Park & Oliver, 2008)
교수 전략	교수의 목적에 합당한 교수법, 내용 또는 주제에 특수한 교수의 표현, 활동, 방법, 전략, 교수 계획(Abell, 2007; Magnusson <i>et al.</i> , 1999; Park & Oliver, 2008); 교수에 적절한 설명·질문 등과 같은 방법, 교수-학습 과정안(Hashweh, 2005)
상황	교수의 시간, 교수에 적절한 계절 및 여건(Hashweh, 2005), 시설·기자재·도구 및 공간, 사회적·문화적·물적 자원, 관련 조직·단체·기관(Barnett & Hodson, 2001), 교과서·자료 등 매체(Marks, 1990)
교육 목적	학년에 적절한 교육의 목적, 교육 목적과 수업 목표 사이의 관계, 교수 접근법 등에 대한 지식과 신념(Abell, 2007; Magnusson <i>et al.</i> , 1999; Park & Oliver, 2008); 교수-학습 목표(Hashweh, 2005)
평가	교육 평가 및 교수-학습 평가의 대상, 방법, 도구, 원리 그리고 평가 활동(Abell, 2007; Magnusson <i>et al.</i> , 1999; Park & Oliver, 2008)

표 6의 자원의 하위요소는 상황의 하위요소에 포함되어 있다. 또한 교과 내용과 교육학 지식이 통합되어 형성된 PCK의 하위요소가 교사지식 기반의 하위요소보다 더 구체적이다. 예컨대 표 2의 PCK 하위요소가 모두 교육학 및 교육학 관련 영역임에 비해, 표 6의 PCK 하위요소는 대부분 변형된 과학 내용이거나 교과 내용과 교육학 지식이 통합된 형태의 주제이다.

표 6에 제시된 PCK는 단기간의 현직 연수(Clermont *et al.*, 1993)를 포함한 교육과정의 이수, 실제의 교수 과정, 조인 등 여러 경로를 통하여 획득된다(Van Dijk & Kattmann, 2007). PCK는 실제의 교수 경험(De Jong *et al.*, 2005; Gess-Newsome & Lederman, 1999; Van Driel *et al.*, 1998)과 교수 경험에 대한 반성(Hashweh, 2005) 등을 통해서도 획득된다. PCK는 또한 실제 교수 과정의 워크숍, 지도교수의 개인적 교수와 조인 등을 통해서도 함양된다(Van Driel & De Jong, 2001; Van Driel *et al.*, 2002).

IV. PCK의 조작적 정의와 재구성

1. PCK의 조작적 정의

표 3에서 알 수 있듯이, PCK는 표 4, 표 5, 표 6에 제시된 구성요소와 대상 그리고 표현 방식으로 정의되어 왔으며, Hashweh(2005)와 Lee(2005)는 PCK의 특성을 기술할 때 이와 더불어 인적·물적 자원도 이용한다. 이런 변화 과정을 거치면서 PCK는 한두 마디로 그 특성을 표현하기 어려울 정도로 그 의미가 넓고 복잡해졌고, 전체적 체계와 구조를 한 눈에 알아볼 수 없을 정도로 그 구성요소도 다양해지고 세분화되었다. PCK의 이런 복잡성과 다양성은 PCK를 과학교사의 양성 교육과정이나 연수 프로그램의 개발에 보편적으로 적용하지 못한 원인이 되기도 하였다(Loughran *et al.*, 2004).

PCK는 구인이다(Hashweh, 2005; Loughran *et al.*, 2006; Magnusson *et al.*, 1994; Park & Oliver, 2008). 그러므로 표 3에 기술된 PCK의 정의를 바탕으로 PCK가 형성되는 출처는 어느 정도 이해할 수 있으나 실질적으로 그리고 효과적으로 적용할 수는 없다. PCK는 적어도 다음과 같은 네 가지 질문에 관련되도록 그리고 조작적으로 정의해야 과학교사 양성 교육과정의 개발에 적용해 볼 수 있다(Magnusson *et al.*, 1999).

- 학생들이 주어진 과학 개념을 이해하도록 무엇을 어떻게 도와줄 수 있을까?

- 어떤 정보와 자료가 학생들의 학습에 도움이 될까?
- 학생들이 학습 내용과 관련하여 무엇을 알고 있으며, 어떤 지식이 학습하기 어려울까?
- 학습자가 알고 있는 것을 어떻게 평가할까?

이 연구에서는 과학교사의 PCK를 “과학교사 양성 교육과정 또는 현직 과학교사 연수 프로그램을 이수하거나 중·고등학교의 실제 과학 교수 경험을 통해서 획득하여 그의 중·고등학교 과학 교수에 그대로 적용할 수 있는 지식과 기능”으로 정의한다. 이 정의에서 과학교사 양성 교육과정 또는 현직 과학교사 연수 프로그램을 이수하여 획득되는 지식과 기능은 사범대학 과학교사 교육의 목적이 되는 지식과 기능을 뜻하며, 중·고등학교의 실제 과학 교수 경험을 통해서 획득되는 지식과 기능은 평생의 교직 과정을 통해 습득되어 분화될 수 있는 지식과 기능을 말한다. 한편 중·고등학교의 교수에 그대로 적용할 수 있는 지식과 기능은 과학교사가 사범대학 교육과정이나 현직 연수 프로그램을 이수하는 과정 또는 직접 교수하는 과정에서 획득되는 여러 가지 지식과 기능이 통합되어 언제나라도 적용할 수 있는 실용적인 지식과 기능을 말한다.

이 조작적 정의를 기술하는 ‘지식과 기능’은 과학 내용과 교육학 지식 및 기술의 상호작용을 통해 습득된 능력을 나타낸다. 이때의 지식은 어느 영역이나 주제에도 보편적이며, 기능은 영역과 주제에 고유한 특성을 지닌다(Tamir, 1988). 한편 과학 소양(science or scientific literacy)은 과학적 개념과 과정에 대한 지식 및 이해와 기능(NRC, 1996)으로서 과학의 교육과정·평가·연구·교수의 방향을 제시한다(Bybee, 1997). 이와 같은 PCK의 조작적 정의와 과학 소양의 정의 및 기능에 비추어 볼 때, 중·고등학교 과학교사가 지녀야 할 PCK는 ‘과학교육 소양(science education literacy)’으로 부를 수도 있다.

한편 과학교육 소양으로 부를 수 있는 PCK에는 기존의 여러 PCK에 함축되어 있는 의미와 구성요소가 대부분 포함되어 있다. 바꾸어 말하자면, 이 연구에서 정의한 PCK는 교과 지식을 교수에 적절하게 조절한(adapted) 실제적(practical) 지식, 교과 지식과 교육학 지식이 섞여진 혼합 지식, 여러 가지 형태의 지식을 교수에 적합하게 통합한 변형 지식일 수도 있다. 이 연구에서 정의한 PCK는 의미가 포괄적이고 그에 포함된 구성요소가 다양하기 때문에 과학교사의 양성 교육과정 및 연수 프로그램의 개발에 쉽게 적용할 수 있으며, 중·고등학교의 과학 교수에도 효과적으로 적용할 수

있을 것이다.

2. PCK의 재구성

과학교사의 PCK는 대부분 새로운 구성요소가 더해 지거나 구성요소의 하위요소의 수가 늘어나(Hashweh, 2005) 재구성되어 왔다. Shulman(1987)은 PCK를 교수를 위해 교과 지식과 교육학 지식을 혼합한 지식 기반으로 정의함으로써 교과 지식과 교육학 지식을 PCK의 구성요소로 다루었다. 그러나 Shulman 이후의 연구자들은 PCK의 구성요소로 교육과정, 학습 이론, 교수 전략, 교수 상황과 환경, 교육 목적, 평가 등을 제시하였다. Cochran *et al.*(1993), Hashweh(2005), Morine-Dersheimer & Kent(1999), Magnusson *et al.*(1999) 등은 심지어 교육학 지식도 PCK의 구성요소에 포함시켰다.

PCK와 그 구성요소는 과학교사 교육 목적 틀 또는 평가 목표 틀로 작성할 수 있는 것만이 과학교사 양성 교육과정 내용의 선정·조직, 과학교육학 과목의 설정, 신규과학교사 임용시험 등의 준거로 이용될 수 있다. 과학교육의 목적 틀과 평가목표 틀은 대개 2-3차원으로 작성된다. 영국의 ASE(1986)에서는 과학교육의 목적을 내용·과정·상황의 3차원으로 기술하며, 미국의 NAEP(NAGB, 2008)에서는 지식과 능력으로 구성된 이차원의 평가 틀을 활용한다. 이는 목적 틀과 평가 틀을 3차원 이상으로 구성하기 어렵기 때문이다.

PCK를 실용적으로 이용하기 위해서는 표 5와 표 6과 같은 2-7가지의 구성요소를 서로 배타적이고 명백하게 구분되는 2-3개의 차원으로 간소화해야 한다. 또한 PCK의 구성요소를 과학교사 교육이나 연수 과정을 통해 가능한 한 쉽게 획득할 수 있고, 중·고등학교 과학 교수에 직접 적용할 수 있는 지식과 기능으로 설정해야 한다. 과학 교수-학습 현장에서 하는 과학교사의 주된 일은 학생들에게 과학을 교수하는 것이다. 사범대학에서는 과학을 교과 내용으로, 교수를 교육학의 한 분야로 다룬다. Shulman(1987)이 제시한 일곱 가지의

교사지식 기반도 크게 교과 내용과 교육학 지식으로 나뉜다(Gess-Newsome & Lederman, 1999). 이 연구에서는 이와 같은 상황을 근거로 과학교사의 PCK를, 표 7에 기술되어 있는 바와 같이, 과학과 교육학의 이차원(two dimensional) 체제로 규정한다.

이 연구에서 조작적으로 정의하고 그 정의를 바탕으로 표 7과 같은 구조와 구성요소로 새롭게 개념화한 PCK는 여러 분야 또는 교과에 융통성이 있게 적용할 수 있는 특성을 지닌다. 표 7의 가로 차원은 과학의 영역·과목·주제 등으로 구성되는 과학 내용을, 세로 차원은 교육학 영역 또는 교직 과목으로 나타낼 수 있는 교육학 지식과 기능을 나타낸다. 특별히 표 7의 과학 차원은 고정되어 있지 않고, 그 구성요소와 하위요소를 적용할 상황·목적·범위 등에 맞게 조정할 수 있다. 가로 차원을 과학 분야 과목으로 설정하면 세로 차원과 아울러 과학교육학 과목의 내용이 될 수 있다.

두 축(차원)이 만나 생기는 낱칸(cell)은 하나 또는 몇 개의 PCK로 이루어진다. 두 차원의 구성요소가 각각 몇 개의 하위요소로 나뉘고, 각 차원의 하위요소끼리 만나면 PCK가 된다. 그러므로 낱칸의 PCK의 수는 두 가지 차원의 하위요소의 수에 따라 결정된다. 이를테면 과학적 방법이 3개의 하위요소로, 교육과정이 3개의 하위요소로 나뉘면 두 구성요소가 만나는 낱칸은 최대 9개의 PCK로 구성된다. 이와 같은 PCK는 내용 교육학(pedagogy of content) 또는 교육학 내용(content of pedagogy)으로 볼 수도 있다(Segall, 2004).

표 7의 낱칸을 이루는 PCK는 두 차원의 지식과 기능이 물리적으로 섞여진 혼합이거나 화학적으로 변형된 통합일 수 있다. 혼합으로서의 PCK가 경험주의·실증주의 등 전통적 과학철학 사상에 부합된다면, 통합으로서의 PCK는 구성주의 사상에 부합된다(Cochran *et al.*, 1993). “과학적 방법이 무엇일까?”에는 교수 전략의 질문법과 과학 측면의 과학적 방법이 혼합되어 있으며, “현미경 사용 능력을 수행평가 방법으로 평가한다.”에는 현미경 사용 능력과 수행평가 방법이 통합

표 7
과학교사 PCK의 차원과 구성요소

	과학	과학적 방법	과학지식	과학자	과학사와 과학철학
교육학					
교육과정					
학습 이론과 모형					
교수 전략					
평가					
교수-학습 환경					

표 8
과학교사 PCK의 차원과 구성요소 및 하위요소

차원	구성요소	하위요소
과학	과학적 방법	과학적 방법의 특성, 종류, 과학적 탐구 과정, 발견법(heuristic)
	과학지식	과학지식의 의미, 특성, 종류, 구성요소
	과학자와 직업	과학자가 하는 일, 과학 관련 직업, 과학윤리
	과학사와 과학철학	자연관의 발달, 과학의 발달, 현대과학의 특성, 과학의 본성
교육학	교육과정	교육철학과 교육사상, 교육 목적, 교육과정의 개발·개정·운영, 과학과 과학지식에 대한 신념, 내용의 수직적·수평적 관계, 교과서 내용, 강의요목(syllabus)
	학습 이론과 모형	학습자의 특성, 학습자 지적 배경 및 수준의 다양성, 지능발달 이론, 학습 개념·이론·모형, 오개념, 선행학습, 동기유발
	교수 전략	교수 이론·모형, 교수 계획, 교수 목표, 교수 자료와 도구, 강의·질문·토의·협동·실험·탐구·발견·조사 등 교수 전략, 선행조직자
	평가	평가 이론, 평가 방법, 평가 도구, 평가 결과 분석, 평가 결과 활용
	교수-학습 환경	학급 경영, 실험실 관리와 안전, 현장실습 계획과 안전, 과학 교수 여건, 지역 교육 체제

되어 있다.

우리나라 사범대학에서는 몇몇 교육학 과목이 대부분의 전공에 공통 과목이다. 표 7의 교육학 차원의 구성요소도 그런 과목에 해당된다. 그러므로 이 연구에서는 과학교사 PCK의 한 축이 되는 과학과 다른 한 축이 되는 교육학 차원, 그리고 각 차원의 구성요소를 표 7과 같이 설정하고, 각 구성요소별 하위요소를 표 8과 같이 제안한다.

표 8의 구성요소에는 표 5 및 표 6과 적어도 네 가지 점에서 다르다. 첫 번째, 이 연구에서는 기존 과학 PCK의 한 구성요소인 과학 내용을, 표 5와 달리 그러나 표 7과 같이, 교육학 차원과 다른 차원으로 설정하였다. 두 번째, 이 연구에서는 PCK의 교육 목적 구성요소를 교육과정에 포함시켰다. 우리나라에서는 교육 목적을 보통 교육과정에서 교육철학 및 교육사상과 함께 다루기 때문이다. 세 번째, 표 6의 교육 목적의 하위요소를 표 8에서는 교육과정과 교수 전략의 하위요소로 나누어 포함시켰다. 일반적으로 교육 목적은 교육과정에 포함되며, 목표는 교수-학습의 방법과 관련되어 있기 때문이다. 네 번째, 현행 사범대학의 교육과정은 표 8의 하위요소의 명칭과 의미보다 표 6의 것에 더 가깝다. 이 연구에서는 현행 사범대학 교육과정의 개선에도 한 목적을 두었으며, 표 8은 그 한 과정이다.

V. PCK의 적용 방법과 제언

1. PCK의 적용 방법

표 7은 공통과학 교사가 획득해야 할 PCK의 두 차원과 차원별 구성요소의 한 예이다. 과학 차원의 첫 번째

구성요소인 ‘과학적 방법’은 귀납법, 연역법, 가설-연역법 등과 같은 하위요소로, 교육학 차원의 첫 번째 구성요소인 ‘교육과정’은 교육사상, 교육 목적, 내용 등의 하위요소로 나눌 수 있다. ‘과학적 방법’의 첫 번째 하위요소 ‘귀납법’과 ‘교수 전략’ 하위요소 ‘발견’은 상호작용하여(Segall, 2004) ‘발견법에 따라 귀납법의 특성과 한계를 효과적으로 교수할 수 있다.’와 같은 PCK가 형성된다.

표 7의 PCK가 모두 모아지면, 즉 표 9의 20개 빈 낱칸을 채운 PCK가 모두 합해지면, 과학교육론 과목의 내용이 된다. 이때의 과학교육론 또는 그 과목의 영역은 과학 교육과정, 과학 교수-학습의 이론과 모형, 과학 교수-학습 전략, 과학교육 평가, 과학교육 지원 체제 등으로 나뉘며, 각 영역은 과학교육학의 세부 과목을 설정하는 근거로 이용할 수도 있다. 또한 표 9에서 알 수 있듯이, 과학 차원을 과학의 학문적 분야의 영역으로 설정하면, 각 낱칸을 이루는 PCK의 총합은 각각 그 분야의 교과교육학 과목이 된다. 이를테면 과학의 차원을 역학·전자기학·양자물리·열 및 통계물리·파동 및 광학·현대물리 등 물리학의 영역으로 설정하면 각 줄의 맨 끝은 물리 교육과정, 물리 교수-학습 이론 등과 같은 물리교육학의 세부 과목이 되며, 전체의 PCK는 물리교육학 또는 물리교육론이 된다.

표 9의 낱칸을 이루는 PCK의 수는 가로와 과학 구성요소 및 하위요소와 세로의 교육학 요소의 수에 달려 있다. 한편 낱칸을 이루는 개개의 PCK는 ‘적절한 소재를 이용하여 힘과 질량을 구분할 수 있게 교수할 수 있다.’와 같이 진술할 수 있다. 이 진술이 보여주듯이, PCK는 Loughran *et al.*(2006)이 제시한 내용표상

표 9
과학교육학 관련 과목

교육학	과학	과학적 방법	과학지식	과학자	과학사와 과학철학	과학교육학 관련 과목
교육과정						과학 교육과정
학습 이론과 모형						과학 교수-학습 이론
교수 전략						과학 교수-학습 전략
평가						과학교육 평가
교수-학습 환경						과학교육 지원 체제
과학교육학 과목						과학교육학(론)

화(CoRe)와는 물론이고 Hashweh(2005)가 말한 교사의 교수용 구성물(TPC)과도 비슷하며, 주제에 특수한 교수 전략(topic-specific pedagogical strategies)(Magnusson & Krajcik, 1993)으로 간주할 수도 있다.

PCK는 교수의 주제·상황·환경, 교수의 방법과 절차 등에 대한 반성 등의 영향을 받는 복잡한 과정을 통해 발달한다(De Jong & Van Driel, 2004). 또한 PCK의 한 구성요소의 발달은 다른 구성요소의 영향을 받을 뿐만 아니라 그 구성요소의 발달을 촉진시키며, 그런 과정이 반복적으로 일어나 전체의 PCK가 구성되거나 발달한다(Park & Oliver, 2008). 그러므로 과학교사 양성 목적으로서의 PCK는 위의 예에서와 같이 과학 구성(하위)요소와 교육학 구성(하위)요소의 관계로 설정하여 진술하는 것이 바람직하다.

2. 제언

PCK는 과학 내용과 교육학의 이수, 실제 교수 경험, 그리고 독립적인 영역으로서의 PCK의 이수의 세 가지 과정을 통해 획득될 수 있다(Marks, 1991). 한편 과학교사의 자질과 능력의 함양에는 전통적 교과중심(course-oriented) 교육과정보다 기준기반(standards-based)의 통합적 교사 양성 교육과정이 더 효과적이다(Kim *et al.*, 2004). 과학교사의 PCK는 교사교육의 기본으로서(Shulman, 1987) 과학교사의 자질 또는 능력의 기준으로 이용되고 있다(NRC, 1996). 그러므로 PCK를 과학교사 양성 현장에서 적용하기 위해서는 먼저 교육과정 내용의 선정·조직 기준 또는 평가의 준거로 세분화하여 진술할 필요가 있다.

중·고등학교 과학교사에게 필요한 PCK와 그 구성요소는 사범대학 교육과정 또는 현직 중·고등학교 과학교사를 대상으로 한 PCK 연수 프로그램을 통해 한꺼번에 획득되지 않는다(De Jong & Van Driel, 2004). 더욱이 어떤 PCK는 실제의 과학 교수 경험과 그 경험에 대한 반성을 통해 습득된다(Magnusson *et al.*, 1999).

또한 표 7이나 표 9의 과학교사 PCK도 사범대학 교육과정을 통해 습득되지 않는 것도 있을 수 있다. 그러므로 PCK를 사범대학 과학교사 양성 교육과정, 연수 프로그램, 교수 경험의 목적으로 설정하기 위해서는 그런 과정에서 획득되는 PCK를 먼저 확인할 필요가 있다.

국문 요약

과학교사의 교수내용지식(PCK)에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 대부분의 연구는 PCK의 정의와 그 구성요소에 초점을 맞추었다. 이 연구는 과학교사의 PCK를 조작적으로 정의하고, 과학교사 교육의 교육과정 내용을 선정하고 관련 과목을 결정하는 기준이나 준거로 사용될 수 있도록 재구성한 PCK를 제안할 목적으로 수행하였다. 이 연구에서는 과학교사가 획득하여 가져야 할 PCK를 “과학교사 양성 교육과정 또는 현직 과학교사 연수 프로그램을 이수하거나 중·고등학교의 실제 과학 교수 경험을 통해서 획득하여 그의 중·고등학교 과학 교수에 그대로 적용할 수 있는 있는 지식과 기능”으로 정의하였다. 이와 같이 정의된 과학교사의 PCK는 과학과 교육학의 두 영역의 하위요소들이 상호작용을 통해 통합되어 이루어지며, 이 연구에서는 그렇게 획득되는 PCK를 과학교육 소양으로 부른다. 이 논문에서는 PCK의 조작적 정의와 재구성된 PCK를 중·고등학교 과학교사의 교육에 적용하는 방법과 그에 관한 연구에 던져주는 시사점도 기술한다.

참고 문헌

박성혜 (2003a). 교사들의 과학 교과교육학지식과 예측변인. 한국과학교육학회지, 23(6), 671-683.
 박성혜 (2003b). 교사들의 과학 교과교육학 지식 측정도구 개발. 한국교육연구, 20(1), 105-134.
 박성혜 (2006). 중등과학교사들의 교수법 및 자기효

능감과 태도에 따른 교과교육학지식. 한국과학교육학회지, 26(1), 122-131.

법제처 (2008). 종합법령정보. 서울: <http://www.moleg.go.kr>. 2008년 6월 2일 접속.

서울대학교 교육연구소 (1994). 교육학용어사전. 서울: 하우.

이종일 (2006). 사회와 탐구와 교사자질. 서울: 교육과학사.

임청환 (2003). 과학 교과교육학 지식의 본질과 발달. Journal of Korean Earth Science Society, 24(4), 235-249.

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (eds.) Handbook of research on science education, (1105-1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Appleton, K. (2002). Science activities that work: Perceptions of primary school teachers. Research in Science Education, 32, 393-410.

Association for Science Education (1986). Science teacher's handbook. London: Hutchinson.

Barnett, J., & Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. Science Education, 85, 426-453.

Baxter, J. A., & Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge, (147-161). In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.) Examining pedagogical content knowledge. Boston: Kluwer Academic Publisher.

Bybee, R. W. (1997). Achieving scientific literacy: From purposes to practices. Portsmouth, NH: Heinemann.

Carlsen, W. (1999). Domain of teacher knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.) Examining pedagogical content knowledge, (133-144). Boston: Kluwer Academic Publisher.

Clermont, C. P., Krajcik, J. S., & Borko, H. (1993). The influence of an intensive in-service workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstrators. Journal of Research in Science Teaching, 30(1), 21-43.

Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation, Journal of Teacher Education, 44 (4), 263-272.

Cochran, K. F., King, R. A., & DeRuiter, J. A. (1991). Pedagogical content knowledge: A tentative model for teacher preparation. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, April, 1991.

De Jong, O. (2000). The teacher trainer as researcher:

Exploring the initial pedagogical content concerns of prospective science teachers. European Journal of Teacher Education, 23, 127-137. Cited from Abell (2007).

De Jong, O., & van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. International Journal of Science and Mathematics Education, 2, 477-491.

De Jong, O., van Driel, J. H., & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. Journal of Research in Science Teaching, 42(8), 947-964.

Deng, Z. (2007). Transforming the subject matter: Examining the intellectual roots of pedagogical content knowledge. Curriculum Inquiry, 37(3), 279-295.

Educational Testing Service (ETS) (2008). The Praxis series. <http://www.ets.org/portal/site/ets/menuitem>. Accessed on March 30.

Feiman-Nemser, S., & Floden, R. (1986). The culture of teaching. In M. C. Wittrock (eds.) Handbook of research on teaching, 3rd ed., (505-526). New York: Macmillan Publishing Company.

Fernandez-Balboa, J-M., & Stiehl, J. (1995). The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. Teaching & Teacher Education, 11(3), 293-306.

Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. Science Education, 77(6), 575-591.

Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.) Examining pedagogical content knowledge, (3-17). Boston: Kluwer Academic Publisher.

Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (eds.) (1999). Examining pedagogical content knowledge. Boston: Kluwer Academic Publisher.

Grossman, P. L. (1990). The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. New York: Teachers College Press. Cited from Hashweh (2005).

Hammerman, E. (2006). Becoming a better science teacher: 8 Steps to high quality instruction and student achievement. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. Teachers and Teaching: Theory and Practice, 11(3), 273-292.

Holder, K. C. (2004). Pedagogical content knowledge: Can a successful program of research exist without scientific-based research. Paper presented at the 2004 annual meeting of the American Educational Research Association, April 12, 2004.

Interstate New Teacher Assessment and Support Consortium (INTASC) (2002). Model standards in science for beginning teacher licensing and development: A Resource for state dialogue. Council of Chief State School Officers.

Kerlinger, F. N. (1973). Foundations of behavioral research, 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Kim, M. M., Andrews, R. L., & Carr, D. L. (2004). Traditional versus integrated preservice teacher education curriculum. *Journal of Teacher Education*, 55(4), 341-356.

Lee, E. (2005). Conceptualizing pedagogical content knowledge from the perspective of experienced secondary science teachers. Doctoral dissertation, The University of Texas at Austin.

Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge. Rotterdam: Senses Publishers.

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., Borko, H., & Krajcik, J. S. (1994). Teaching complex subject matter in science: Insight from an analysis of pedagogical content knowledge. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Anaheim, CA, March 1994.

Magnusson, S., Borko, H., Krajcik, J. S., & Layman, J. W. (1992). The relationship between teacher content and pedagogical content knowledge and student content knowledge of heat energy and temperature. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA, March 1992.

Magnusson, S., & Krajcik, J. (1993). Teacher knowledge and representation of content in instruction about heat energy and temperature. Paper presented at the 1993 annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Atlanta, GA, April 1993.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.) *Examining pedagogical content knowledge*, (95-132). Boston: Kluwer Academic Publisher.

Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3-11.

Marks, R. (1991). When should teachers learn pedagogical content knowledge? Paper presented at AERA annual conference. Chicago, April 1991.

Morine-Dershimer, G., & Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.) *Examining pedagogical content knowledge*, (21-50). Boston: Kluwer Academic Publisher.

National Assessment Governing Board (NAGB) (2008). NAEP science framework. <http://nces.ed.gov/nationsreportcard/science/whatmeasure.asp>. Accessed on June 7, 2008.

National Board for Professional Teaching Standards (NBPTS) (2003). *Adolescence and young adulthood science standards: For teachers of students ages 14-18+*, 2nd ed. The author.

National Research Council (NRC) (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

National Science Teachers Association (NSTA) (2003). *Standards for science teacher preparation*, revised 2003. The author.

Park, S., & Oliver, S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284.

Segall, A. (2004). Revisiting pedagogical content knowledge: The pedagogy of content/the content of pedagogy. *Teaching and Teacher Education*, 20, 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), 1-22.

Shulman, L. S., & Sykes, G. (1986). A national board for teaching? In search of a bold standard. A report for the task force on teaching as a profession. New York: Carnegie Corporation. Cited from P. Tamir (1998).

Smith, D. C. (1999). Changing our teaching: The role of pedagogical content knowledge in elementary science. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.) *Examining pedagogical content knowledge*, (163-197). Boston: Kluwer Academic Publisher.

Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), 99-110.

Tobin, K., Tippins, D., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (eds.) *Handbook of research on science*

teaching and learning, (45-128). New York: Macmillan Publishing Company.

Training & Development Agency for Schools (TDA) (2008). Handbook of guidance: 2006 Edition: Professional standards for teachers. The author.

Van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23, 885-897.

Van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.

Van Driel, J. H., & De Jong, O. (2001). Investigating the development of preservice teachers' pedagogical content knowledge. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research and Science Teaching, St. Louis, MO. March 25-28.

Van Driel, J. H., De Jong, O., & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86, 572-590.

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.

Veal, W. R., & MaKinster, J. G. (1999). Pedagogical content knowledge taxonomies. *Educational Journal of Science Education*, 3(4), 1-14.

Zemba-Saul, C., Starr, M. L., & Krajcik, J. S. (1999). Constructing a framework for elementary science teaching using pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.) *Examining pedagogical content knowledge*, (237-256). Boston: Kluwer Academic Publisher.