

지구과학 교사의 주제-특정적 PCK 분석: 예비 교사와 현직 교사 사례

이 기 영*

강원대학교 과학교육학부, 200-701, 강원도 춘천시 강원대학길 1

An Analysis of Earth Science Teachers' Topic-Specific Pedagogical Content Knowledge: A Case of Pre-service and In-service Teachers

Ki-Young Lee*

Division of Science Education, Kangwon National University, Gangwon 200-701, Korea

Abstract: Pedagogical content knowledge (PCK) has been regarded as an indication of science teachers' professionalism. The purpose of this study was to analyze topic-specific PCK of pre-service and in-service science teachers, comparatively. For this purpose, we developed an analytic framework for explicitly documenting science teacher' PCK and applied the framework for analyzing the difference within the same topic and with two different topics. Findings are as follows: (1) With the same topic, there was considerable difference between pre-service and in-service teachers in the components of PCK, not to mention individual difference. (2) In case of two different topics, we did not recognize a tendency of change in PCK, but remarkable differences in PCK were identified between two different topics. This study affirmed the topic-specificity of PCK, and discussed a possibility of employing PCK analytic framework and its profile as one of the tools that could be used to develop and assess teachers' professionalism.

Keywords: pedagogical content knowledge, teacher knowledge, science teacher, professionalism, topic-specific

요 약: 교과교육학지식(PCK)은 과학 교사의 전문성을 나타내는 지표로 인식되어 왔다. 이 연구에서는 예비 교사와 현직 교사의 주제-특정적 PCK를 비교 분석하였다. 이를 위해 과학 교사들의 PCK를 명시적으로 드러낼 수 있는 분석틀을 개발 및 적용하여 예비 및 현직 지구과학 교사를 대상으로 동일 주제에 대한 PCK 차이를 분석하였으며, 서로 다른 2개 주제에 대한 PCK가 어떻게 달라지는지를 각각 분석하였다. 연구 결과, 동일 주제에 대한 예비 교사와 현직 지구과학 교사의 PCK는 구성 요소에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 서로 다른 주제에 대한 PCK의 변화는 경향성을 나타내지는 않았으나, 구성 요소 및 교사에 따라 매우 큰 차이를 나타내었다. 이 연구를 통해 PCK의 주제-특정성을 확인하였으며, 과학 교사의 수업 전문성 개발 및 평가에 PCK 분석틀 및 프로파일의 활용가능성에 대해 논의하였다.

주요어: 교과교육학지식, 교사 지식, 과학 교사, 전문성, 주제-특정적

서 론

여러 학자들에 의하면, 교사의 지식(teacher knowledge)은 몇 개의 영역(domains)으로 나누어질 수 있으며, 교과교육학지식(Pedagogical Content Knowledge; PCK)를 중심으로 교과내용학 지식, 일반교육학 지식, 교육상황 지식이 서로 긴밀하게 상호작용하고 있다고 한다(Abell, 2007; Carlsen, 1999; Grossman, 1990; Magnusson et al., 1999; Park and Oliver, 2008;

Shulman, 1987). 여기서 PCK는 교육학적 지식(pedagogical knowledge)을 이용하여 교과 내용 지식(content knowledge)을 나타내는 방법과 관련된 지식 또는 학생이 특별한 교과 내용 지식을 이해하도록 하기 위한 방법에 대한 지식으로, 과학 교수를 위한 지향(orientation), 과학 교육과정에 대한 지식과 신념, 과학에 대한 학생의 이해에 대한 지식과 신념, 과학에서의 평가에 대한 지식과 신념, 과학 교수 전략에 대한 지식과 신념 등이 포함된다(Magnusson et al., 1999; Park and Oliver, 2008).

1986년부터 미국에서는 교육 활동과 교직 개혁에 관심을 기울이기 시작하였다. 이러한 관심에서 화두

*Corresponding author: leeky@kangwon.ac.kr
Tel: 82-33-250-6752
Fax: 82-33-242-9598

가 된 것은 교사 전문직화(teacher professionalism)였다. 교사 전문직화란 교사라는 직업을 보다 존경받고, 책임감이 있으며, 보상받는 직업으로 위상을 높이려는 움직임이다. Shulman(1986)은 교직을 전문직으로 개혁해야 한다고 주창하면서, 전문적인 교사가 지닌 교수(teaching)에 대한 고유한 지식 기반을 PCK라고 불렀다. 즉, Shulman(1986, 1987)은 교사들이 교과내용 지식을 알고 이해해야 할 뿐만 아니라, 특정 내용을 효과적으로 가르치는 방법도 알아야 한다고 주장하면서 PCK라는 표현을 처음 사용하였다. 우리나라에서는 1980년대 후반부터 과학 PCK에 관한 연구가 이루어지기 시작하였으며, 과학 교과에서 자질 있는 과학 교사가 갖추어야 할 핵심적이고 필수적인 요체가 되었다(임청환, 2003a).

과학 교사의 가장 중요한 임무 중 하나는 특정 과학 내용 지식에 대한 학생들의 이해를 돕는 것이다. 이러한 학생들의 이해를 촉진하기 위해서 과학 교사들은 어떤 특정한 내용을 특정한 학생들에 어떻게 가르칠 것인가에 대한 지식인 PCK를 이용한다(Shulman, 1986; Van Driel et al., 2001). 예를 들어, 다양한 상황에서 특정 과학 주제를 학생들에게 이해 시키는데 있어 가장 효과적인 형태의 표현, 유추, 은유, 설명, 예, 시범, 시뮬레이션, 실험실 조작에 관한 지식이다(박성혜, 2003). PCK는 사회의 일반 구성원들이 교사가 소유하고 있기를 기대하는 전문적 지식에 해당된다(Barnett and Hodson, 2001). 하지만 사회 일반 구성원은 대체로 PCK의 미묘함과 복잡성을 미처 인식하지 못한다. PCK는 과학 교사(science teacher)를 내용 전문가인 순수 과학자(scientist)와 구분되게 하는 가장 독특한 요소이며, 교사의 전문성을 나타내는 지표의 역할을 한다. 즉, 과학 교사들의 PCK는 다른 교과 교사들이 갖는 PCK와 구분되어야 하며, 과학자들이 갖는 지식과도 엄연히 다르다. 최근 과학 교사의 전문성 개발(professional development) 및 교사 평가 요구와 함께 PCK의 중요성에 대한 인식이 높아지고 있다. 이 연구에서는 과학 교사의 전문성을 나타내는 PCK가 교사에 따라 어떻게 다르게 표현될 수 있으며, 또한 이를 어떻게 분석할 수 있을 까라는 문제를 다루고자 한다.

일반적으로 PCK에는 주제, 절차 및 개념에 대한 상당량의 교과내용 지식 및 이들 간의 관계에 대한 이해가 포함된다. 잘 발달된 PCK를 갖춘 교사는 학생들의 잘못된 이해를 방지하면서 심층적인 이해를

촉진할 수 있는 능력을 가지고 있다. PCK는 본질적으로 교과내용에 따라 달라지므로, 교과내용에 고유한 교수법(content-specific pedagogy)이며, 특히 과학 교과는 다른 교과에 비해 주제에 따라 탐구 방법이 다양한 교수법이 요구되므로 주제 특정적(topic-specific)이라 할 수 있다(Kuhn, 1962; Magnusson et al., 1999).

특정 교과를 가르치는 것은 고도로 복잡한 인지 활동이며, 교사는 다양한 영역들로부터의 지식을 종합적으로 적용해야 한다. 학생들이 통합되고 심화된 지식을 개발하도록 돕는 수업을 설계하고 실행함에 있어서 제한적이고 분절된 지식을 가진 교사보다는 분화되고 통합된 지식을 지닌 교사가 더 유리하다(곽영순, 2006). 유능한(effective) 교사는 주어진 여건과 한계 속에서 다양한 집단으로 구성된 학생들이 교과 지식을 개발하고 교과 활동을 이해하도록 돕기 위한 학습경험을 설계하고 지도하는 가장 좋은 방법을 안다(Barnett and Hodson, 2001). 유능한 교사는 교과 내용을 학생들의 이해할 수 있는 형태로 변환시킨다. 그러기 위해 교사들은 교수법적 지식(교수학습 방법에 대한 지식)을 활용하여 구체적인 교과내용 맥락에 맞추어 교수법적 지식을 변환(transformation)함으로써 PCK를 개발하게 된다. 그러나 예비 교사는 숙련된 교사의 PCK를 직접 학습할 수 없으며(곽영순, 2008), PCK의 개발은 교실 수업 실천(practice)을 통해 가능하기 때문에 초임 교사 또는 특정 주제를 직접 가르쳐본 경험이 없는 교사는 특정 내용 영역에 대한 PCK가 아주 적거나 거의 없다(Lederman et al., 1994). 반면, 특정 내용 영역에 대한 '성공적인' 지도 경험을 가진 교사는 그 특정 영역에 대해 매우 잘 발달된(well-developed) PCK를 가지고 있다고 볼 수 있다(Loughran et al., 2006).

이와 같은 선행 연구들을 토대로 이 연구는 수업 경험이 없는 예비 교사와 수업 경험이 많은 현직 교사의 PCK는 어떤 차이가 있으며, 어떻게 하면 과학 교사들의 주제-특정적 PCK를 알아낼 수 있을 까라는 의문에서 출발하였다. 하지만, PCK는 본질적으로 명시적 지식(explicit knowledge)이 아닌 암묵적 지식(tacit knowledge)이므로 겉으로 잘 드러나지 않으며, 이것을 문서화(documenting)하는 것은 쉽지 않은 일이다(Loughran et al., 2004). 따라서 이 연구에서는 특정 주제에 관한 교사의 PCK를 명시적으로(explicitly) 밝혀낼 수 있는 분석틀을 개발하고, 이를 예비 교사

와 현직 교사를 대상으로 적용하여 PCK의 주제-특정성과 수업 실천 경험에 따른 PCK의 차이를 규명하고자 하였다. 이러한 연구 목표를 달성하기 위한 구체적인 연구 내용은 다음과 같다.

첫째, 문헌 연구를 통해 PCK를 구성하는 요소들을 추출하고, 이를 토대로 과학 교사의 PCK를 분석하기 위한 틀을 개발한다.

둘째, 개발된 분석틀을 다양한 학년과 경력의 예비 및 현직 지구과학 교사들을 대상으로 적용하여 동일 주제에 대한 PCK가 구성 요소에 따라 어떤 차이가 있는지 알아본다.

셋째, 예비 및 현직 교사의 PCK가 주제에 따라 어떻게 달라지는지 알아본다.

연구 방법

주제-특정적 PCK 분석틀 개발

일반적으로 받아들여지고 있는 합의된 PCK의 구성 요소는 없지만, 이 연구에서는 여러 문헌과 연구를 토대로(곽영순, 2008; 박철용 외, 2008; 조희형과 고영자, 2008; Cochran et al., 1993; De Jong and Van Driel, 2004; Gess-Newsome, 1999; Lederman et al., 1994; Magnusson et al., 1999; Marks, 1990; Park and Oliver, 2008)의 과학 교사의 PCK 구성 요소를 4가지로(교육과정에 대한 지식, 학습자의 이해에 대한 지식, 교수 전략에 대한 지식, 학습 평가에 대한 지식)추출하였다.

이 4가지 구성 요소와 Loughran et al.(2004)의 연구에서 사용한 CoRe(Content Representation)를 참고로 하여 과학 교사의 주제-특정적 PCK를 분석할 수 있는 틀을 Fig. 1과 같이 개발하였다. CoRe의 경우는 가로축에 해당 주제와 관련된 중요한 과학적 아이디어나 개념을 서술식으로 적게 하고, 세로축은

PCK의 구성 요소와 관련된 여러 가지 질문들을 제시하고 있다. 하지만 가로축에서 핵심 아이디어나 개념을 생각나는대로 서술하게 하는 것은 교육과정에서 제시하고 있는 개념의 계열(sequence)을 명확하게 파악하기 힘들며, 세로축에 제시하고 있는 질문들은 평가나 교육과정과 같은 PCK의 구성 요소들이 일부 누락되어 있으며 그 경계 또한 불분명한 것으로 판단된다. 따라서 이 연구에서는 Core의 틀을 수정 및 보완하여 연구의 목적에 적합한 형태로 개발하였다.

이 연구에서 개발한 분석틀은 학년별, 주제별로 구분되며, 크게 두 개의 차원(dimension)으로 구성된다. 가로축은 해당 교육과정과 관련된 차원으로 특정 학년(grade)의 특정 주제(topic)에 대한 핵심적 개념을 단어로 적도록 하였으며, 세로축은 수업과 관련된 차원으로 각각의 핵심 개념들에 대한 PCK가 구성 요소별로 서술되도록 하였다.

교육과정에 대한 지식은 교사들이 가르치는 과목에 대한 목적과 목표에 대한 지식뿐만 아니라 이들의 선후 학년에 대한 지식의 관련성을 포함한다. 본 연구에서는 교육과정을 계열과 범위로 나누었다. 계열(sequence)은 해당 주제에 포함되는 핵심개념을 가르치는 순서를 뜻하며, 범위(scope)는 해당 학년에서 어느 수준까지 각 개념들을 가르쳐야 하는지를 의미한다.

학생의 이해에 대한 지식은 학습자의 특수한 과학적 지식의 발달을 돕기 위해서 교사가 학습자에 대하여 가져야 할 지식이다.

교수 전략에 대한 지식은 개념을 이해하는데 도움을 주는 교사의 특별한 전략에 관한 지식으로 표상(예시, 예, 모형, 유추 등)과 활동(시범실험, 시뮬레이션, 탐구, 실험 등) 등이 포함된다.

학습 평가에 대한 지식은 어떤 특별한 개념을 학습한 후 학생들의 성취를 평가하는데 사용되는 방법에 대한 교사의 지식을 의미한다.

Topic: _____ Grade/Career: _____

		Core concepts to teach			
		Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4··
Curriculum	Sequence				
	Scope				
Students' understanding					
Teaching strategies					
Assessment					

Fig. 1. Analytic framework for documenting science teachers' topic-specific PCK.

주제-특정적 PCK 분석을 적용

첫 번째 연구인 동일 주제에 대한 예비 및 현직 지구과학 교사들의 주제-특정적 PCK의 차이를 분석하기 위해 12명의 예비 지구과학 교사와 12명의 고등학교 현직 지구과학 전공 교사들을 선정하였다 (Table 1). 12명의 예비 지구과학 교사들은 강원도 소재의 사범대학 과학교육학부 지구과학교육전공 2, 3, 4학년으로 학년별 4명으로 구성된다. 현직 지구과학 교사들은 고등학교에 재직 중인 교사들로 교직 경력에 따라 5년 미만, 5-10년, 11년 이상으로 각각 4명씩으로 선정하였다. 예비 교사를 학년에 따라 임의로 표집한 것은 교사 양성 기관에서 교과교육학 관련 과목의 수강여부가 PCK에 주는 영향을 알아보기 위함이며, 현직 교사를 경력에 따라 표집한 것 또한 경력에 따른 PCK의 차이를 알아보기 위함이다. 또한

지역에 따른 차이를 최대한 배제하기 위하여 서울, 강원, 경기 세 지역에서 근무하는 교사를 대상으로 하였다.

두 번째 연구인 서로 다른 주제에 대한 PCK의 차이를 알아보기 위해 14명의 예비 교사와 13명의 현직 교사를 대상으로 분석틀을 적용하였다. Table 2와 같이 각 교사에게 4개의 주제(판구조론, 행성의 운동, 대기 중의 물, 조석)를 제시하여 이 중 2개의 서로 다른 주제를 고르게 하였다. 두 번째 연구에 참여한 교사들의 일부는 첫 번째 연구의 참여자와 중복된다 (Table 1과 2에서 코딩한 숫자가 같으면 동일한 참여자임).

첫 번째와 두 번째 연구 모두 각 참여자를 대상으로 평균 20-30분 정도의 심층 면담을 수행하였다. 심층 면담은 작성된 PCK 분석틀의 4가지 구성 요소별

Table 1. Informations of pre-service and in-service teachers participated in the first study

Pre-service teachers			In-service teachers			
	Sex	Grade		Location	Sex	Career
PT1	M	2	IT1	Seoul	M	3
PT2	F	2	IT2	Seoul	M	8
PT3	F	2	IT3	Seoul	F	3
PT4	F	2	IT4	Seoul	M	15
PT5	M	3	IT5	Seoul	F	18
PT6	M	3	IT6	Gangwon	M	9
PT7	F	3	IT7	Gangwon	F	1
PT8	F	3	IT8	Gangwon	F	2
PT9	M	4	IT9	Gangwon	F	17
PT10	M	4	IT10	Gangwon	M	20
PT11	F	4	IT11	Gyeonggi	M	6
PT12	F	4	IT12	Gyeonggi	F	8

Table 2. Two topics selected by each participant in the second study

Pre-service teachers			In-service teachers		
	Topic 1	Topic 2		Topic 1	Topic 2
PT2	Plate tectonics	Tide	IT2	Plate tectonics	Water in atmosphere
PT3	Plate tectonics	Water in atmosphere	IT7	Plate tectonics	Water in atmosphere
PT4	Plate tectonics	Water in atmosphere	IT8	Plate tectonics	Water in atmosphere
PT5	Plate tectonics	Water in atmosphere	IT9	Plate tectonics	Water in atmosphere
PT8	Plate tectonics	Motion of planets	IT10	Plate tectonics	Water in atmosphere
PT10	Plate tectonics	Water in atmosphere	IT11	Plate tectonics	Motion of planets
PT11	Plate tectonics	Motion of planets	IT12	Plate tectonics	Water in atmosphere
PT12	Plate tectonics	Motion of planets	IT13	Motion of planets	Water in atmosphere
PT13	Motion of planets	Tide	IT14	Water in atmosphere	Tide
PT14	Water in atmosphere	Tide	IT15	Motion of planets	Tide
PT15	Water in atmosphere	Tide	IT16	Motion of planets	Water in atmosphere
PT16	Motion of planets	Water in atmosphere	IT17	Motion of planets	Water in atmosphere
PT17	Water in atmosphere	Tide	IT18	Motion of planets	Tide
PT18	Motion of planets	Tide			

로 탐침 질문(probing question)을 이용하여 이루어졌다. 심층 면담을 실시한 것은 각각의 주제에 대한 PCK 분석틀을 적용하여 교사의 지식과 경험을 토대로 하는 PCK의 총체적이고도 복합적인 본성을 알아볼 수 있을 것으로 생각되기 때문이다. 면담 과정은 모두 녹음하였으며, 녹음한 자료를 연구자가 전사하여 분석하였다.

분석에서 교육과정에 대한 지식의 경우, 계열은 유사한 과정끼리 묶어 그 유형을 분석하였으며, 범위는 국가 과학교육과정에서 제시하는 수준과 비교하여 분석하였다. 이 때, 핵심개념들과 범위가 해당 학년 교육과정 내에 포함되는 것인지 아닌지를 분석하였다. 학생들의 이해에 대한 지식은 예비 및 현직 교사들이 주제와 관련된 개념을 배우기 전에 학습자가 가지고 있는 생각이나 개념들, 어려움을 얼마나 많이 알고 있는지 분석하였다. 교수전략에 대한 지식은 각각의 주제를 지도할 때 예비 및 현직 교사들이 어떤 교수 전략을 사용하는지 분석하였으며, 학습 평가에 대한 지식은 각각의 주제를 어떤 평가 방법을 사용하여 학생의 성취를 평가하는지 크게 지필평가와 수행평가로 나누어서 분석하였다.

주제-특정적 PCK 평가 준거 개발

주제-특정적 PCK의 평가 준거를 마련하기 위해 포커스 그룹 토론¹⁾(focus group interview)을 실시하여 성공적인 교사의 PCK를 모호화하여 이를 해당 학년의 특정 주제에 대한 교수 표준(teaching standard)으로 삼았으며, 이 결과를 토대로 각 주제별 PCK 평가 준거를 개발하였다.

포커스 그룹은 총 6명으로 구성하였다. 토론자는 과학 고등학교 지구과학 교사 3명, 중학교 과학 교사(지구과학 전공) 1명, 교사 출신 연구원(지구과학 교육 전공) 2명이며, 토론의 진행자(moderator)로는 연구자가 직접 참여하였다. 토론은 2시간 정도 진행하였으며, 토론의 전 과정은 녹화 및 녹음하여 전사(transcription) 과정을 거쳐 분석하였다.

주제-특정적 PCK 프로파일 작성 및 유형 분석

서로 다른 주제에 대한 과학 교사의 PCK 프로파일(profile)을 작성하기 위해 평가 준거와 채점표를 이용하여 두 개의 주제에 대한 PCK를 구성 요소별로 평가하였다. 프로파일의 구성 요소는 PCK의 4개 구성요소인 교육과정에 대한 지식(curriculum), 학생의 이해에 대한 지식(student), 교수 전략에 대한 지식(strategy), 그리고 학습 평가에 대한 지식(assessment)이다. 각 요소들은 두 명의 지구과학 교육 전문가에 의해 분석적(analytic) 채점표에 의해 교차로(crossed) 평가되었으며 요소당 1-5점을 할당하였다. 또한 각 요소들은 2-3개의 하부 항목으로 구성되었으며 프로파일에는 이들 하부 항목들의 평균 점수를 기록하도록 하였다. 두 명의 평가자에 의한 항목별 점수가 2점 이상 차이나는 경우는 평가 준거 재협의 후 다시 평가하여 평가자간 점수 차이가 1점 이내가 되도록 하였다.

평가 결과를 이용하여 PCK 프로파일을 작성하고, 유형을 분류하였다. 프로파일은 4개의 꼭지점을 가진 방사형으로 표현하였으며, 두 주제의 프로파일을 하나의 그래프에 나타내어 쉽게 비교할 수 있도록 하였다. 유형 분류를 위해 다음과 같은 규칙에 따라 코딩(coding)하였다.

- 교차(Cross, C): 낮은 평균 점수를 가진 주제의 PCK 구성 요소가 높은 평균 점수를 가진 주제의 것보다 큰 값을 갖는 경우
- 내재(Nest, N): 낮은 평균 점수를 가진 주제의 PCK 구성 요소가 높은 평균 점수를 가진 주제의 것보다 작은 값을 갖는 경우
- 동등(Equal, E): 낮은 평균 점수를 가진 주제의 PCK 구성 요소가 높은 평균 점수를 가진 주제의 것과 같은 값을 갖는 경우

1) 포커스 그룹 토론(FGI)은 정성적 조사의 한 방법으로, 6-8명의 참석자들을 일면경 및 자동 녹음 시설이 갖춰진 룸에 모이도록 하여 자유스러운 분위기 속에 모더레이터(moderator)가 제시한 주제에 따라 대화를 통해 정보를 수집하는 방법이다. FGI는 조사가 신속히 진행된다는 점, 정량 조사 대비 조사 비용이 낮다는 점, 조사 문제를 심층적 또는 탐색적으로 접근하고 유연하게 풀어갈 수 있다는 점에서 이점을 가진다. 포커스그룹 연구 방법은 연구자가 특수한 목적으로 가지고 특정 집단을 구성해 토론하는 과정에서 나온 의견들을 분석하는 것으로 자연적으로 발생하는 자료를 수집하는 참여 관찰 등의 질적 연구 방법과는 뚜렷한 차이를 보인다(김성재 외, 1999).

연구 결과 및 논의

교육과정에 대한 지식의 차이(동일 주제)

예비 교사의 경우는 계열을 3가지 유형으로 분류할 수 있었는데, 유형별로 출발점이 서로 달랐다. 유형 I은 지구계의 차원에서 통합적으로 이해할 수 있도록 판 이전에 지구내부구조를 다룬 뒤, 판이 지구내부구조의 일부임을 인식하게 한 다음 판구조론의 내용을 다루는 경우이다. 하지만 이 유형은 7학년 교육과정의 핵심개념인 '지구내부구조'를 11학년에서 중복하여 다루고 있는 문제점이 있다. 유형 II는 '판구조론'이란 주제에서 가장 기본이 되는 판의 개념을 학습한 후에, 판의 경계와 운동으로 내용을 확장해 가는 경우이다. 하지만 이 유형은 10학년의 핵심개념인 '판의 개념'을 중복하여 다루고 있는 문제점이 있다. 유형 I과 II의 경우는 학년에 따른 계열화(sequencing)를 제대로 파악하고 있지 못한 경우로 해석된다. 유형 III은 '판구조론'적 현상인 화산과 지진을 먼저 설명하고, 이를 판의 경계와 운동으로 개념을 확장해 가는 경우로, 이 유형은 현행 11학년 교육과정에서 제시하고 있는 계열과 가장 잘 부합된다고 볼 수 있다. 주목할 만 한 점은 2학년은 4명 모두 유형 II로 나타난 반면, 4학년은 4명 모두가 유형 III으로 나타났다는 것이다. 이것은 2학년의 경우는 4학년과는 달리 교과교육학 관련 수업을 아직 수강하지 않았기 때문에 교육과정의 내용에 대해 전반적으로 숙지하지 못하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

현직 교사의 경우는 예비 교사에 비해 계열의 유형이 보다 다양하게 나타나 5가지 유형으로 분류할 수 있었다. 유형 I-III은 예비 교사의 유형과 거의 비슷하나, 유형 IV와 V는 완전히 다름을 알 수 있다. 유형 IV는 역사적 측면에서 출발하여 판구조론을 이끌어내고, 이를 토대로 판의 개념과 경계, 그리고 운동 등을 설명하는 순서이다. 하지만 이 유형 또한 12학년의 핵심개념인 '판구조론의 정립과정'과 중복되는 문제점을 안고 있다. 유형 V는 독특하게 판구조론의 정립과정만을 다루는 유형으로, 11학년 교육과정과 전혀 맞지 않으며, 12학년 교육과정의 일부만을 반영하고 있다. 유형 IV와 V의 경우는 학년에 따른 계열화를 제대로 파악하고 있지 못한 경우로 해석된다.

한편, 같은 유형이라 할지라도 교사에 따라 차이가 있었다. 부록 1은 같은 유형이지만 계열이 다른 경우의 심층 면담 내용 중 일부를 발췌한 것이며, 부록 2

는 같은 계열이지만 서로 다른 범위를 가진 경우이다. 예비 교사의 경우는 부록 1에서와 같이 같은 유형이라 할지라도 높은 학년이 낮은 학년에 비해 보다 구체적으로 계열을 제시하는 것으로 나타났다. 현직 교사의 경우는 교직경력에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. 하지만 부록 2에서와 같이 같은 유형이라 할지라도 현직 교사가 예비 교사에 비해 보다 실제적인 사례를 제시하고, 핵심개념에 대한 설명이 명확하고 구체적인 것으로 분석되었다.

'판구조론'과 관련한 핵심개념의 범위에서, 화산과 지진 개념은 2학년 예비 교사들은 제시하지 않았으며, 4학년이 3학년보다 심화된 수준인 '마그마의 종류와 화산의 형태'를 포함하고 있었다. 11학년 교육과정에서 제시하는 수준으로만 본다면 3학년이 4학년보다 교육과정에 더 충실하다고 볼 수 있으나, 실제 대부분의 교과서에서는 '마그마의 종류와 화산의 형태'를 다루고 있었다. 이것은 4학년 예비 교사들이 실제 7차 지구과학 I 교과서를 접해본 경험이 더 많다는 것을 말해준다. 지진의 경우도 4학년이 3학년보다 심화된 수준을 제시하였는데, '지진 발생 원리'나 '지진파의 종류와 성질'은 11학년 교육과정에 제시되어 있지 않다. 화산과 지진대는 3학년과 4학년 모두 11학년 교육과정에 잘 부합되었으나, 4학년이 수업 활동까지 구체적으로 서술함으로써 핵심 개념의 범위에 대한 이해가 더 깊은 것으로 나타났다. 2학년 예비 교사들이 유일하게 제시하고 있는 핵심 개념인 판의 경계는 학년에 따른 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 판의 운동 또한 학년에 따른 별다른 차이가 없었으나 4학년의 경우가 교육과정에서 제시하는 용어의 사용이나 설명이 3학년에 비해 명확한 것을 알 수 있었다. 대체적으로 학년에 따라 교육과정에서 제시하는 핵심 개념의 범위에 대한 이해 정도가 높아지는 것으로 분석되었다.

부록 3은 심층 면담 과정에서 나타난 동일 핵심개념에 대한 예비 교사의 학년에 따른 차이를 나타낸 것이다. 4학년이 3학년에 비해 심화된 수준을 제시하며, 맥락을 보다 구체적으로 파악하고 있음을 알 수 있다.

한편, 현직 교사의 경우는 전반적으로 예비 교사에 비해 교육과정 내 핵심 개념의 경우 그 범위에 대해 더 잘 이해하고 있는 것으로 나타났다. 현직 교사들은 예비 교사들이 제시한 화산 개념에서의 마그마의 종류와 성질, 지진 개념에서의 지진의 원리, 지진파

의 성질 등은 언급하지 않았으며, 교육과정에서 제시하고 있는 내용보다 훨씬 구체적이며 상세하게 범위를 제시하였다. 이것은 교과서를 이용한 실제 수업 경험이 예비 교사에 비해 많았기 때문인 것으로 해석된다.

학습자의 이해에 대한 지식의 차이(동일 주제)

예비 교사의 경우는 ‘판의 운동’ 개념에 대한 오개념이나 어려움을 가장 많이 제시하였으며, 단일 항목 중에서는 ‘판은 지각이다.’가 예비 교사가 생각하는 학습자의 가장 흔한 오개념인 것으로 나타났다. 현직 교사의 경우는 ‘판의 경계’ 개념에 대한 오개념이나 어려움을 가장 많이 제시하였으며, 그 다음이 ‘판의 운동’ 개념과 관련된 것이었다. 단일 항목 중에서는 예비 교사와 마찬가지로 ‘판은 지각이다.’를 학습자의 가장 흔한 오개념으로 제시하였다.

전반적으로 예비 교사에 비해 현직 교사가 ‘판구조론’과 관련된 핵심개념에 대한 학생들의 오개념이나 어려움을 더 많이 구체적으로 알고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 PCK의 발달은 교실 실천(practicing) 속에 내재되어 있으므로, 실제 교수활동 상황을 통하여 PCK를 개발할 기회를 제공해야 한다(박성혜, 2006)는 주장과 같은 맥락에서 이해될 수 있다. 특히, 학습자의 과학 이해에 대한 지식은 PCK의 구성 요소 중에서 실제 교수활동 경험에 가장 의존하는 것이다. 그러므로 수업 실천 경험이 많은 현직 교사가 예비 교사보다 학습에서의 오개념과 어려움에 대해 더 잘 알고 있는 것은 당연한 결과일 것이다.

교수 전략에 대한 지식의 차이(동일 주제)

예비 교사의 경우는 대체적으로 큰 틀에서 교수 방법을 제시한 것으로 분석되었다. 심층 면담 결과, 대부분의 학생들이 수업 상황에서의 구체적인 교수 전략보다는 이론적인 측면에서의 교수 방법을 제시하는 경향을 보였다. 학년이 높아질수록 다양한 교수 방법 또는 전략을 제시한 것으로 나타났는데, 이것은 교과교육학 관련 과목의 수강 여부가 영향을 준 것으로 판단된다. 예비 교사들은 학년에 관계없이 ‘판구조론’ 주제와 관련하여 멀티미디어²⁾나 모형과 같은 시각적 표상(visual representation)을 활용하는 교수

전략을 가장 적절한 것으로 생각하고 있었으며, 변인 통제를 통한 실험보다는 자료 해석 또는 해보기 등의 실습을 교수 전략으로 더 선호하는 것으로 나타났다. 반면, 현직 교사의 경우는 예비 교사에 비해 수업 상황에 보다 구체적인 교수 전략을 제시하였다. 심층 면담 결과, 대부분 실제 수업 경험에 의존하여 자신이 사용하였거나, 앞으로 사용할 계획을 가지고 있는 것들을 제시하는 경향을 보였다. 하지만 교직경력에 따른 차이는 일관된 경향성을 나타내지는 않았다. 현직 교사의 경우도 예비 교사와 마찬가지로 멀티미디어나 모형을 활용하는 교수 전략의 빈도가 가장 높았는데, 이것은 ‘판구조론’과 관련한 현상들이 우리가 직접 볼 수 없고, 오랜 시간에 걸쳐 일어나기 때문에 동영상이나 플래쉬를 통해 과정을 보여주거나 사진이나 모형으로 학생들의 이해를 도울 수밖에 없기 때문에 나타난 결과라고 생각된다. 다시 말해, 교수 전략에 대한 지식의 주제 특정적 측면이 잘 드러난 경우로 볼 수 있겠다.

학습 평가에 대한 지식의 차이(동일 주제)

전체적으로 예비 교사가 현직 교사에 비해 보다 다양한 평가 방법을 제시함으로써 평가 방법에 대한 지식이 더 많은 것으로 분석되었다. 평가의 경험이 더 많은 현직 교사가 예비 교사보다 평가 방법에 대한 지식이 적은 것으로 분석된 것은 현실적 문제 때문인 것으로 판단된다. 심층 면담 과정에서 사범대학 과학교육론과 관련된 과목을 수강한 예비 교사들은 이론을 토대로 다양한 평가 방법을 제시한 반면, 현직 교사의 경우는 실제 학교 현장에서 자신이 실행하고 있는 평가 방법을 그대로 제시한 것으로 나타났다. 학교 현장에서 이러한 학습 평가의 현실적인 문제는 이기영과 안희수(2005)의 연구 결과에서도 잘 드러난다.

한편, 예비 교사와 현직 교사 모두 ‘판구조론’과 관련하여 전체적으로 지필평가(수행평가를 제외한 평가 유형들을 의미함)를 통해 학생의 성취를 측정하는 것을 선호함을 알 수 있었다. 특히, 지필평가 중에서는 선다형의 빈도수가 높았는데 이것은 선다형이 다른 지필평가 유형보다 많은 사실들을 한 문항을 통해 확인할 수 있고, 채점의 객관성과 신뢰성이 용이하기 때문에 높게 나타난 것으로 해석된다. 선다형

2) 본 연구에서 멀티미디어는 동영상, 사진, 플래쉬, 그림, 지도 등을 통칭하는 용어이다.

다음으로 가장 빈도수가 높았던 것은 수행평가였는데 이것은 교수 전략과 연관되는 것으로 나타났다. 심층 면담 과정에서 다수의 예비 및 현직 교사들은 멀티 미디어나 모형과 같은 시각적 표상을 활용한 교수 전략을 적용하였으므로 평가 또한 지필평가보다는 실습, 실기 등의 수행 기반의 평가(performance-based assessment)를 사용하는 것이 적절하다고 답하였다. 하지만, 학습 평가에 대한 지식에서 학년 또는 교직 경력에 따른 경향성은 나타나지 않았다.

주제에 따른 PCK의 변화(서로 다른 주제)

예비 교사 14명과 현직 교사 13명을 대상으로 주제에 따라 PCK가 어떻게 달라지는지 알아보았다. 첫 번째 동일 주제에서와 마찬가지로 예비 교사와 현직 교사의 주제에 따른 핵심 개념의 계열과 범위는 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한, 예비 교사 간 및 현직 교사 간에도 상당한 차이가 있는 것으로 분석되었다. Table 3은 평가 결과를 정리한 것이다.

예비 교사의 경우는 전체 평균이 2.7점이었으며, 최저 1.3점에서 최대 3.6점의 분포를 나타내었다. PCK 구성 요소 중에서는 교육과정에 대한 지식이 3.1점으로 가장 높았으며, 학습 평가에 대한 지식이 2.4점으로 가장 낮게 나타났다.

현직 교사의 경우는 전체 평균이 2.6점으로 예비 교사와 차이가 거의 없었으며, 최저 1.0점에서 최대 4.3점의 분포를 나타내었다. PCK 구성 요소 중에서는 교육과정에 대한 지식, 학생의 과학 이해에 대한 지식, 교수전략에 대한 자식이 2.9점으로 동일하였으며, 학습 평가에 대한 지식이 1.7점으로 다른 요소들에 비해 상대적으로 낮게 나타났다.

전체적으로 볼 때, 현직 교사가 예비 교사에 비해 학생의 이해에 대한 지식에서는 평균 점수가 더 높은 반면, 교육과정에 대한 지식과 학습 평가에 대한 지식에서는 예비 교사보다 오히려 평균 점수가 더 낮은 것으로 나타났다. 특히 학습 평가에 대한 지식

에서 평균 점수의 편차가 0.7점으로 가장 크게 나타났다.

한편, 예비 교사의 두 주제 간의 편차는 전체 평균이 0.7점으로 나타났으며, 최저 0.1점에서 최대 1.5점의 분포를 나타내었다. PCK 구성 요소 중에서는 교육과정에 대한 지식의 편차가 1.1점으로 가장 높았으며, 교수 전략에 대한 지식과 학습 평가에 대한 지식이 0.8점으로 가장 낮게 나타났다. 구성 요소 간에는 평균 점수의 차이에 비해 편차의 차이가 상대적으로 작은 것으로 분석되었다.

현직 교사의 두 주제 간의 편차는 전체 평균이 0.6점으로 예비 교사와 차이가 거의 없었으며, 최저 0.0점에서 최대 1.4점의 분포를 나타내었다. PCK 구성 요소 중에서는 교육과정에 대한 지식의 편차가 1.1점으로 가장 높았으며, 학습 평가에 대한 지식의 편차가 0.5점으로 가장 낮게 나타났다.

PCK 프로파일 작성 및 유형 분석(서로 다른 주제)

Fig. 2는 프로파일 유형의 몇 가지 예를 나타낸 것이다. 프로파일 유형 (a)와 (b) 유형에서 ‘0C’는 주제 1의 PCK 구성 요소 중 주제 2보다 높은 값을 갖는 요소가 없음을 의미하며, ‘0E’는 주제 1과 주제 2의 PCK 구성 요소 중 같은 값을 갖는 것이 없음을 의미한다. (c) 유형의 1C-3N-0E에서 ‘1C(교차 1개)’는 낮은 평균 점수를 가진 주제 1의 구성 요소 중 교육과정에 대한 지식이 높은 평균 점수를 가진 주제 2의 것보다 큰 값을 갖는다는 뜻이며, ‘3N(내재 3개)’은 주제 1의 교육과정에 대한 지식 외에 나머지 3개의 PCK 구성 요소가 주제 2의 것보다 작은 값을 의미한다. (d) 유형의 2C-2N-0E는 주제 1의 PCK 구성 요소 중 ‘학생의 이해에 대한 지식’과 ‘교수 전략에 대한 지식’이 주제 2보다 높은 반면, ‘교육과정에 대한 지식’과 ‘학습 평가에 대한 지식’은 주제 2보다 낮음을 의미한다.

Table 4는 예비 교사와 현직 교사의 PCK 프로파

Table 3. Summary of the score distribution of teachers' PCK assessed according to components

	Pre-service teachers		In-service teachers	
	Mean (Range of score)	Deviation (Range)	Mean (Range of score)	Deviation (Range)
Curriculum	3.1 (1.0-4.7)	1.1 (0.0-2.3)	2.9 (1.0-4.7)	1.1 (0.0-3.3)
Students' understanding	2.3 (1.0-4.0)	1.0 (0.0-2.0)	2.9 (1.0-4.5)	0.9 (0.5-1.5)
Teaching strategies	2.9 (1.0-4.7)	0.8 (0.0-2.0)	2.9 (1.0-4.7)	1.0 (0.0-2.3)
Assessment	2.4 (1.0-4.5)	0.8 (0.0-2.0)	1.7 (1.0-3.5)	0.5 (0.0-2.0)
Mean (Range)	2.7 (1.3-3.6)	0.7 (0.1-1.5)	2.6 (1.0-4.3)	0.6 (0.0-1.4)

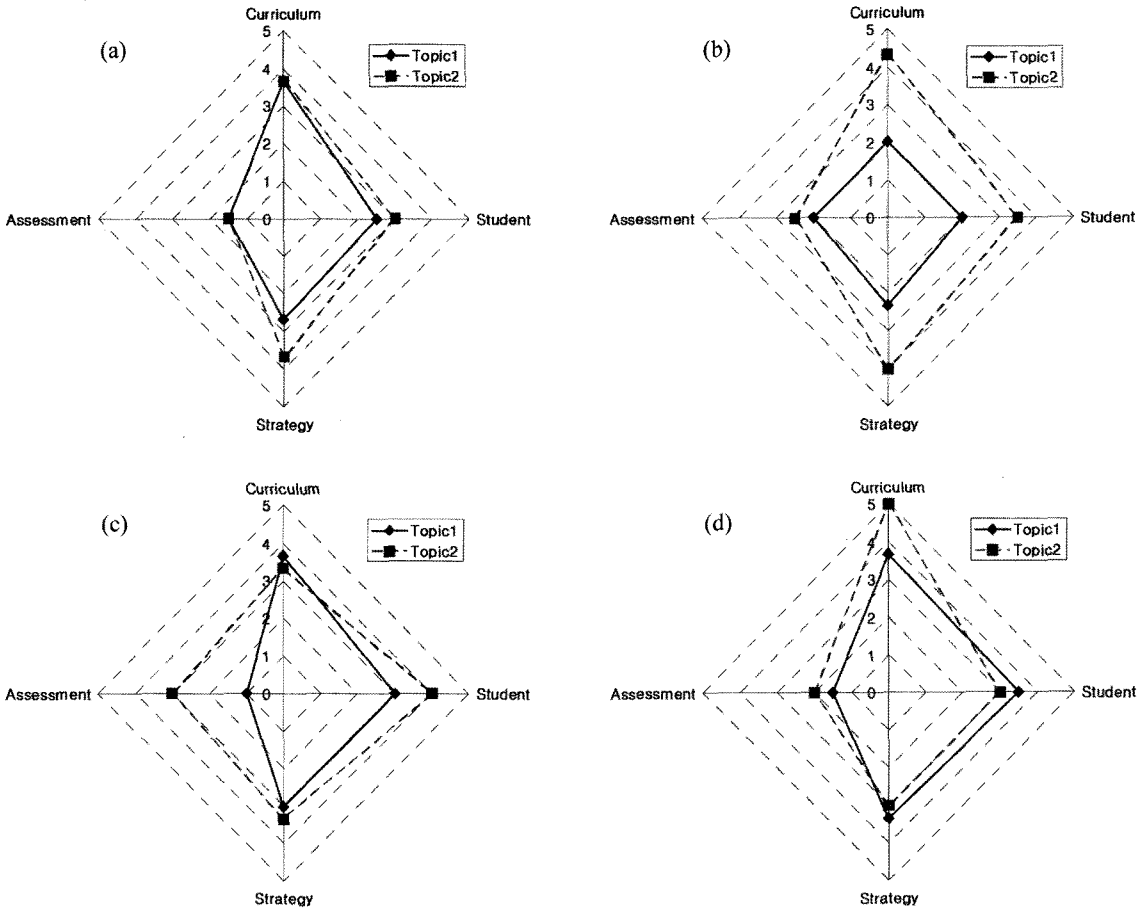


Fig. 2. Examples of PCK profile. (a) 0C-2N-2E (b) 0C-4N-0E (c) 1C-3N-0E (d) 2C-2N-0E.

일 유형 분석 결과를 나타낸 것이다.

예비 교사의 PCK 프로파일은 '1C-3N-0E' 유형이 전체의 43%(6명)로 가장 많은 것으로 나타났다. 특히, 교차가 1개인 유형이 71%(10명)를 차지하였으며, 교차 없이 내재나 동등인 경우는 29%(4명)로 상대적으로 적었다. 이것은 PCK 4개 구성 요소들이 주제에 따라 일관되게 차이가 나지 않음을 말해준다. 다시 말해, 어떤 주제에서는 특정 PCK 구성 요소에 대한 지식이 적지만, 다른 어떤 주제에서는 그에 대한 지식이 많다는 것이다.

현직 교사의 PCK 프로파일 또한 예비 교사와 마찬가지로 '1C-3N-0E' 유형이 전체의 39%(5명)로 가장 많은 것으로 나타났다. 교차가 1-2개인 유형이 62%(8명)를 차지하였으며, 교차 없이 내재나 동등인 경우는 38%(5명)로 상대적으로 적었다. 현직 교사의 경우도 예비 교사와 마찬가지로 PCK 4개 구성 요소

들이 주제에 따라 일관되게 차이가 나지 않는 것으로 나타났다.

전반적으로 예비 및 현직 교사 간에 뚜렷한 차이를 찾아볼 수 없었다. 하지만 예비 및 현직 교사 모두 교차 없이 내재나 동등인 경우보다 1-2개가 교차

Table 4. Classified types of PCK profile

Type	Frequency(%)		Sum Sum
	Pre-service	In-service	
0C-2N-2E	0(0)	2(15)	2
0C-3N-1E	2(14)	1(8)	3
0C-4N-0E	2(14)	2(15)	4
1C-1N-2E	1(7)	0(0)	1
1C-2N-1E	3(21)	2(15)	5
1C-3N-0E	6(43)	5(39)	11
2C-2N-0E	0(0)	1(8)	1
Sum	14(100)	13(100)	27

하는 경우가 더 많은 경향성을 나타내었는데, 그 중에서도 특히 'IC-3N-0E' 유형이 둘 다 가장 많은 것이 특징적이었다. 이와 같은 결과는 대부분의 예비 및 현직 교사들의 PCK가 일관되지 않고 주제에 따라 달라질 뿐만 아니라, 동일 주제 안에서 PCK 구성 요소 간에도 많은 차이가 있음을 말해준다.

결론 및 제언

과학 교사에게는 다른 어떤 교과보다도 전문성이 크게 요구된다. 하지만 과학 교사의 전문성을 명시적으로 규명할 수 있는 명확한 준거(criteria)나 방법이 아직 없는 것이 현실이다. 즉, 무엇이 과학 교사의 전문성인지에 대한 합의나, 어떻게 전문성을 규명해 낼 것인가에 대한 연구도 아직은 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 과학 교사의 전문성의 요체가 교과교육학지식(PCK)이라는 주장을 토대로 과학 교사들의 PCK를 명시적으로 드러낼 수 있는 분석틀을 개발하였으며, 이를 예비 교사와 현직 교사에 적용하여 주제-특정적 PCK의 차이를 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 이 연구에서 개발된 분석틀을 이용하여 과학 교사들의 주제-특정적 PCK를 효과적으로 분석할 수 있었으며, 프로파일을 효율적으로 작성할 수 있었다. 현재로는 교사의 수업 전문성인 PCK를 평가할 수 있는 신뢰로운 도구가 개발되어 있지 않다. 몇몇 연구에서 과학 교사의 PCK를 측정할 사례가 있긴 하였지만(박성혜, 2003, 2006; 임청환, 2003b), 리커트(Likert) 척도나 질문지를 이용한 형태였기 때문에 주제-특정적 PCK를 명확하고 구체적으로 알아낼 수 없다는 문제가 있는 것으로 판단된다. 이 연구에서 개발된 PCK 분석틀과 프로파일은 이러한 문제점을 해결해 줄 수 있는 하나의 방안이 될 수 있을 것으로 기대한다.

둘째, 현직 교사가 예비 교사에 비해 교육과정에서 제시하는 핵심 개념의 범위와 학생들의 오개념이나 어려움을 더 많이, 그리고 구체적으로 알고 있는 것으로 나타났다. 또한 수업 상황에 보다 구체적이고 세분화된 교수 전략을 사용하는 것으로 분석되었다. 이것은 특정 주제에 대한 친숙성과 교수 실천 경험이 PCK에 긍정적 영향을 준다는 주장(van Driel et al., 1998)에 부합되는 것이다. 예비 교사의 경우는 같은 유형이라할지라도 높은 학년이 낮은 학년에 비

해 보다 구체적으로 계열을 제시하며, 핵심 개념의 범위에 대한 이해 정도가 높아지는 것으로 나타났는데, 이것은 학년이 올라감에 따라 교과교육학 과목의 수강 등을 통해 교육과정에 대한 지식이 풍부해짐을 의미한다. 하지만, 현직 교사의 경우는 경력에 따른 PCK의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 예비 교사에 비해 계열의 유형이 보다 다양하게 나타났으며, 교육과정 외 개념을 더 많이 제시하였다. 이것은 현직 교사들이 국가 교육과정에 근거하여 수업하기 보다는 자신의 경험이나 주관에 의존하여 수업하는 경향이 있음을 말해준다. 즉, 현직 교사에 의한 교육과정의 실행에는 경험에 의존한 주관적인 요소가 더 많이 작용함으로써 의도된 교육과정(intended curriculum)과 실행된 교육과정(implemented curriculum) 사이에 격차가 크다는 것을 의미한다.

셋째, 학습 평가에 대한 지식에서는 예비 교사와 현직 교사 간 큰 차이가 없었으며, 대체적으로 평가 소양(assessment literacy)이 부족한 것으로 나타났다. 예비 교사의 경우는 이론적 수준에서 평가 방법을 제시하였으며, 현직 교사는 현실적인 여건과 관련 지식의 부족으로 평가에 많은 제약을 받는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 사범대학의 교육과정에서 학습 평가와 관련된 강좌가 신설 또는 증설되어야 하며, 현직 교사를 대상으로 한 학습 평가 관련 연수가 보다 더 강조되어야 함을 시사한다.

넷째, 주제에 따른 PCK는 예비 교사와 현직 교사 모두 상당한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 특히 PCK 구성 요소들이 주제에 따라 일관되게 차이가 나지 않는 것으로 드러났다. 다시 말해, 교사에 따라 특정 주제에 대하여는 전체 PCK는 낮다하더라도 PCK의 구성 요소 중 어느 요소에 대한 지식은 높을 수 있다는 것이다. 이와 같은 결과는 PCK의 주제-특정성을 여실히 보여주는 것으로, 과학 교사의 수업 전문성 계발을 위해서는 주제-특정적 PCK를 분석하고 이를 객관적으로 평가할 수 있는 준거를 마련하여 PCK 프로파일을 작성함으로써 강점과 약점을 파악하는 일이 필요하다고 하겠다. 그러므로 이 연구에서 개발된 PCK 분석틀과 프로파일 작성이 현직 교사의 연수 프로그램에 반영된다면 과학 교사들의 수업 전문성 계발에 보다 유용할 것이다.

이 연구에서 개발된 PCK 분석틀과 프로파일은 과학 교사들이 특정 주제에 대해 자신의 교수를 스스로 반성(reflection)해 볼 수 있는 진단 도구로 사용될

수 있을 것이며, 또한 장기적으로 그 효용성이 검증된다면 과학 교사의 수업 전문성을 평가할 수 있는 도구로도 활용될 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-571-B00405)

참고문헌

- 박영순, 2006, 중등 과학교사들이 말하는 교과교육학지식의 의미와 교직 전문성 제고 방안. 한국과학교육학회지, 26, 527-536.
- 박영순, 2008, 과학과 교과교육학 지식 유형별 교사 전문성의 특징 연구. 한국과학교육학회지, 28, 592-602.
- 김성재, 김후자, 이경자, 이선옥, 1999, 포커스그룹 연구 방법. 현문사, 175 p.
- 박성혜, 2003, 교사들의 과학 교과교육학지식과 예측 변인. 한국과학교육학회지, 23, 671-683.
- 박성혜, 2006, 중등과학교사들의 교수법 및 자기효능감태도에 따른 교과교육학지식. 한국과학교육학회지, 26, 122-131.
- 박철용, 민희정, 백성혜, 2008, 교육실습을 통한 예비 과학 교사의 교수내용지식 분석. 한국과학교육학회지, 28, 641-648.
- 이기영, 안희수, 2005, 중등학교 과학 수행평가의 평가 유형과 채점 방식 및 신뢰도 분석. 한국과학교육학회지, 25, 173-183.
- 임청환, 2003a, 과학 교과교육학 지식의 본질과 발달. 한국 지구과학학회지, 24, 235-249.
- 임청환, 2003, 초등교사의 과학 교과교육학 지식의 발달이 과학 교수 실제와 교수효능감에 미치는 영향. 한국지구과학학회지, 24, 258-272.
- 조희형, 고영자, 2008, 과학 교사 교수내용지식(PCK)의 재구성과 적용 방법. 한국과학교육학회지, 28, 618-632.
- Abell, S.K., 2007, Research on science teacher knowledge. In Abell, S.K. and Lederman, N.G. (eds.), Handbook of research on science education. Lawrence Erlbaum Associates Publisher, NJ, USA, 1105-1149.
- Barnett, J. and Hodson, D., 2001, Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. Science Education, 85, 426-453.
- Carlsen, W., 1999, Domain of teacher knowledge. In Gess-Newsome, J. and Lederman, N.G. (eds.), Examining pedagogical content knowledge. Kluwer Academic Publisher, Boston, USA, 133-144.
- Cochran, K.F., DeRuiter, J.A., and King, R.A., 1993, Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. Journal of Teacher Education, 44, 263-272.
- De Jong, O. and 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.
- Gess-Newsome, J., 1999, Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In Gess-Newsome, J. and Lederman, N.G. (eds.), Examining pedagogical content knowledge. Kluwer Academic Publisher, Boston, USA, 3-17.
- Grossman, P.L., 1990, The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. Teachers College Press, NY, USA, 185 p.
- Kuhn, T., 1962, The structure of scientific revolutions. University of Chicago press, Chicago, USA, 211 p.
- Lederman, N.G., Gess-Newsome, J., and Latz, M.S., 1994, The nature and development of pre-service science teachers' conceptions of subject matter and pedagogy. Journal of Research in Science Teaching, 31, 129-146.
- Loughran, J., Berry, A., and Mulhall, P., 2006, Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge. Sense Publishers, Rotterdam, Netherlands, 230 p.
- Loughran, J., Mulhall, P., and 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, 370-391.
- Magnusson, S., Krajcik, J. and Borko, H., 1999, Nature, Sources, and Development of PCK. In Gess-Newsome J. and Lederman N.G. (eds.), Examining pedagogical content knowledge. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 95-132.
- Marks, R., 1990, Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. Journal of Teacher Education, 41, 3-11.
- Park, S. and 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.
- Shulman, L.S., 1986, Those who understand; Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15, 4-14.
- Shulman, L.S., 1987, Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57, 1-22.
- Van Driel, J.H., Beijgaard, D., and Verloop, N., 2001, Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 38, 137-158.
- Van Driel, J.H., Verloop, N., and De Vos, W., 1998, Developing science teachers' pedagogical content knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 35, 673-695.

2009년 3월 18일 접수
2009년 4월 26일 수정원고 접수
2009년 6월 8일 채택

유형 II (PT2)

판구조론에서 판이 무엇인지 알아야하므로 먼저 판부터 설명하고, 판이 움직이는 이유와 판이 움직이면서 생기는 경계에 대해 설명하고 그 다음 경계에서 나타나는 지형이 무엇이고 가르친 다음, 그 지형에서 나타나는 현상을 설명하는 순으로 더 구체적으로 가르치는 것이 학생의 이해의 도움이 될 것 같습니다.

유형 II (PT4)

우선 주제가 판구조론이므로 '판'의 정의부터 가르치고, 그 다음 우리나라가 어디 판에 속하는지 설명합니다. 그 다음 판구조론이라고 불리는 이유는 판이 움직이기 때문인데, 판이 움직이는 이유인 '맨틀대류'를 설명하고, 판이 움직이면서 생기는 경계와 그 경계에서 나타나는 지각변동에 대해 마지막으로 설명합니다.

유형 II (PT8)

판이 무엇인지 알아야 판의 이동을 설명할 수 있으므로 판을 제일 먼저 가르치고, 판의 경계에서 어떤 일이 일어나는지 알아보기 위해 지진대와 화산대의 분포를 알아보고, 변동대에서 나타나는 화산활동이나 지진이 판의 경계와 비슷하게 나타나므로 경계가 어떤 것들이 있는지 알고, 판이 어떻게 이동하고, 판의 이동속도는 어떻게 되는지 마지막으로 가르칠 수 있다.

부록 1. An example of the same type, but different sequence

유형 II (PT2)

판구조론에서 판이 무엇인지 알아야하므로 먼저 판부터 설명하고, 판이 움직이는 이유와 판이 움직이면서 생기는 경계에 대해 설명하고 그 다음 경계에서 나타나는 지형이 무엇이고 가르친 다음, 그 지형에서 나타나는 현상을 설명하는 순으로 더 구체적으로 가르치는 것이 학생의 이해의 도움이 될 것 같습니다.

유형 II (IT9)

판구조론에서 판이란 무엇이나 정의를 알고 판의 구조를 설명합니다. 판 아래 연약권이 있다는 것 까지 알면 되지 않나요? 연약권의 움직임에 의해서 판이 움직인다, 그 부분까지 설명해 주고 그다음에 판의 경계 3가지의 특징, 판의 이름을 말해주고, 판의 경계를 중심으로 양쪽에 어떤 판이 있는지 그 다음에 세계 지도를 펼쳐 놓고 어느 부분에 어떤 판의 경계가 있는지 예를 들면 일본 해구나 페루, 칠레 해구처럼, 직접 짚어 가면서 설명해 줘요. 판의 이름 기본적인 몇 가지를 위우게 하고 판의 경계에서 일어나는 지각변동까지 설명해 줘요. 판의 운동에 대한 전반적인 사항을 말해 주죠. 거기까지.

부록 2. An example of the same sequence, but different scope

PT5(3학년)

질문: 화산과 화산대에는 어떤 학습목표와 성취기준은 무엇이 될 수 있을까요?
 대답: 화산이 특정한 지역에서 집중적으로 발생함을 이해시킵니다.
 질문: 지진과 지진대에서는요?
 대답: 지진발생의 원인을 보다 근본적으로 이해시킵니다.
 질문: 변동대와 판운동에서는요?
 대답: 변동대에서 나타나는 지질현상을 판의 운동과 관련지어서 설명을 하게 하는 능력을 기르게 합니다.

PT11(4학년)

질문: 화산과 화산대에는 어떤 학습목표와 성취기준은 무엇이 될 수 있을까요?
 대답: 화산은 이야기할 때 판구조론이니까 일반적인 암석에 관한 것 보다 화산이 어떻게 생성되는지와 관련하여 마그마의 종류와 그에 따른 화산의 형태, 화산대 분포를 수업 때 배워야 한다고 생각합니다.
 질문: 지진과 지진대에서는요?
 대답: 지진이 일어나는 원인, 지진의 종류, 지진파의 종류에서 주시곡선, 지진대의 분포들을 배워야 합니다.
 질문: 판의 경계 부분에서는요?
 대답: 판의 경계에서 일어날 수 있는 화산과 지진을 배웠고, 조산운동도 같이 얘기해주며, 지각이 여러 개의 판으로 이루어졌다는 것과 판의 3가지 경계와 관련하여 판이 이동하는 원리를 얘기해줍니다.

부록 3. An example of the same core concept, but different scope

부록 4. PCK 구성요소별 평가 준거

요소	준거	매우 긍정 ↔ 매우 부정
교육과정에 대한 지식	• 이 주제와 관련된 핵심 개념들이 모두 포함되었다.	⑤ ④ ③ ② ①
	• 이 주제를 가르칠 때 필요한 개념들이 효과적인 순서로 제시되었다.	⑤ ④ ③ ② ①
	• 각각의 개념에 대한 교수 수준이 해당 학년에 적절하다.	⑤ ④ ③ ② ①
학생 이해에 관한 지식	• 이 주제와 관련하여 학생들이 가지고 생각이나 오개념들을 잘 파악하고 있다.	⑤ ④ ③ ② ①
	• 각각의 개념들을 학습하는데 있어 학생들이 겪는 전형적인 어려움에 대해 구체적으로 제시하고 있다.	⑤ ④ ③ ② ①
교수 전략에 대한 지식	• 이 주제를 가르칠 때 학생들의 어려움을 극복해주기 위해 사용하는 교수 전략이 효과적이다	⑤ ④ ③ ② ①
	• 각각의 개념과 관련하여 제시되는 수업 자료가 유효하며 적절하다.	⑤ ④ ③ ② ①
	• 각각 개념들을 이해하는데 모형, 비유, 시청각 자료, 활동 등이 다양하게 사용되고 있다.	⑤ ④ ③ ② ①
학습 평가에 대한 지식	• 이 주제에 대한 학생들의 학습 성취를 평가하기 위한 방법이 적절하다.	⑤ ④ ③ ② ①
	• 각각의 개념을 학습한 후 학생들의 성취를 평가하는 데 다양한 평가 방법들이 사용되고 있다.	⑤ ④ ③ ② ①

부록 5. 예비 교사 및 현직 교사 PCK 분석틀 적용 사례(PT9, IT6)

· 주제(topic): 판 구조론 (11학년) · 학부학년: 4 · 전공과목: 지구과학

핵심 개념들				
계열(순서)	지진대	화산대와 조산대	판 경계	판 구조론
범위 (성취수준)	· 세계에서 지진이 분포하는 지역을 지도에 표시할 수 있다.	· 세계에서 화산과 산맥이 분포하는 지역을 지도에 표시할 수 있다.	· 변동대와 판의 경계가 일치함을 알 수 있다.	· 지구에서 일어나는 지질학적 현상이 판의 운동과 관계됨을 알 수 있다.
학생 선개념 (오개념 및 어려움 등)	· 학습자는 지진이 발생하는 지역이 전 세계적으로 균일하게 분포할 것이라고 생각할 수 있다.	· 학습자는 화산이 발생하는 지역이 전 세계적으로 균일하게 분포할 수 있을 것이라고 생각할 수 있다.	· 학습자는 지구가 해양지각과 대륙지각으로 이루어져 있음을 알고 있다. · 화산, 지진, 산맥은 대륙 이루어져 특정지역에 분포함을 알고 있다.	· 학습자는 판의 경계가 3가지 종류임을 알고 있다.
주제 특정적인 교수 전략	· 일주일 간 전 세계에서 일어난 지진 자료를 조사하여 세계 지도에 나타내보도록 한다.	· 전 세계의 활화산과 거대 산맥을 조사하여 지도에 나타내보도록 한다. · 해저 지형자료를 이용하여 해저 산맥을 지도에 나타내보도록 한다.	· 질문법을 이용하여 변동대와 판의 경계가 일치함을 학습자 스스로 인지하도록 한다.	· 협동학습을 이용하여 판의 3가지 경계에서 일어나는 지질학적 현상을 확인하고 판의 3가지 경계를 변동대와 관련하여 판의 3가지 경계가 위치하는 지역을 각각 찾아보도록 한다.
평가 방법 및 내용	· 지진의 발생위치를 정확하게 표시하였는지 평가한다. · 지진대가 관찰되는지 평가한다.	· 활화산과 산맥의 위치를 정확하게 표시하였는지 평가한다. · 표시자료가 대(대)로 분포하는지 평가한다.	· 변동대와 판의 경계가 일치함을 알고 있는지 평가한다. · 판의 경계를 정확히 구별하고 지구를 여러 개의 판 조각으로 이루어져 있음을 아는지 평가한다.	· 변동대를 3가지 경계로 잘 구별하였는지 평가한다.

· 주제(topic): 판구조론 (11학년) · 교육경력: 9년 · 전공과목: 지구과학

핵심 개념들(core concepts)				
계열(순서)	판구조론의 발달사	판의 의미	판의 경계	판 이동의 원동력
범위 (성취기준)	지구의 구조와 지각 운동을 설명하기 위한 연구가 어떻게 발달되어 왔는지를 설명할 수 있다.(대륙이동설→맨틀 대류설→해저확장설→판구조론의 발달사를 설명할 수 있다.)	지구 내부 구조를 통해 판이 암석권에 해당한다는 것과 지각은 크고 작은 십여 개의 판으로 구분됨을 안다.	판의 세 가지 경계(발산 경계, 수렴 경계, 보존 경계)를 구분하고, 판의 경계에서 일어나는 여러 지질 현상을 통하여 다양한 판 경계부의 모습을 이해한다.	판을 움직이는 힘에 관하여 안다.
학생 선개념 (오개념 및 어려움 등)	학생들은 베게너의 대륙이동설과 대륙이동에 대한 몇 가지 증거를 제시할 수 있다. 하지만 대륙이동설의 문제점에 대해서는 대륙을 움직이는 힘의 근원을 설명하지 못했다는 것 외에, 베게너가 제시했던 증거들에 대한 문제점은 제시하지 못하고 있다. 또한 고지자기와 자극이상에 대한 개념 이해가 충분치 못하다.	학생들은 암석권에 대한 개념을 지니고 있지만, 대륙지각과 해양지각에서의 암석권의 두께 변화에 대해 바르게 이해하고 있지 못하다.	학생들은 판의 경계 중 해령, 해구의 위치와 용어 자체에 대해서는 알고 있지만, 해령과 해구의 모습에 대해서는 제대로 표현을 하고 있지 못했다. 특히 해령에 대해서는 지상에서 볼 수 있는 산맥 정도로 이해함으로써 해령의 경사도, 해령의 규모에 대해서는 바르게 표현하고 있지 못했다. 또한 변환단층을 승곡 적용에서 생기는 주향이동 단층과 확실히 구분하지 못하고 있었다.	대부분의 학생들이 판을 움직이는 원인에 대해 맨틀 대류 때문이라고 잘못 생각하고 있었지만, 판 이동을 맨틀 대류로 설명할 때의 문제점에 대해서는 전혀 알고 있지 못했다.
주제 특정적인 교수 전략	베게너의 대륙 이동 증거와 관련하여 당시 학자들의 반대 주장을 제시→인지 갈등 유발 지자기에 대한 학생들의 이해를 돕기 위해 지자기의 특성에 대한 구체적인 설명	판의 의미를 설명하는 단계에서 지구 내부 구조의 모형과 함께 지각 광학 영상에 어머니의 모형을 함께 제시	관련 지질현상을 담은 사진 또는 동영상 등을 통해 학습 동기 유발 학생들의 인지 수준에 적합한 hands-on 활동 병행(해저확장 모델 제작) 관련 소프트웨어(EarthBrowser) 활용을 통해 해령의 규모 알아보기 판 경계의 모습을 담은 이미지를 중심으로 수업을 진행하되, 해답을 제시하기 보다는 적절한 발문을 통해 수업 진행	판의 이동에서 맨틀 대류의 역할과 그 관계를 관련 모식도를 통해 설명
평가 방법 및 내용	판구조론의 발달사를 그 증거와 함께 요약하며 설명(또는 기술)	지구 내부 구조와 함께 판을 직접 그려보도록 함	판 경계의 모식도를 그린 후 그에 따른 지질 현상을 기술 지구판동 보고서	