



별과 우주 단원에 대한 중학교 과학 교사의 주제-특이적 PCK 사례연구

이기영¹, 맹승호^{1*}, 박영신², 이정아³, 오현석⁴
¹강원대학교, ²조선대학교, ³서울대학교, ⁴남대문중학교

A Case Study of Middle School Science Teachers' Topic-Specific Pedagogical Content Knowledge on the Unit of Stars and Universe

Kiyoung Lee¹, Seungho Maeng^{1*}, Young-Shin Park², Jeong-A Lee³, Hyunseok Oh⁴
¹Kangwon National University, ²Chosun University, ³Seoul National University, ⁴Namdaemoon Middle School

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 May 2014
 Received in revised form
 11 June 2014
 Accepted 23 June 2014

Keywords:

pedagogical content knowledge,
 science teacher,
 astronomy education,
 teacher knowledge,
 practices

ABSTRACT

Pedagogical Content Knowledge (PCK) is intrinsically domain/topic-specific knowledge for teachers' expertise. On the basis of this idea about PCK, we investigated in-service science teachers' topic-specific PCK on the unit of stars and universe in terms of teachers' knowledge and practices. We observed four middle school science teachers' classes for eighth graders, and took the videos of the classes. The topics of the classes covered constellation, annual parallax and the distance of stars, and the expansion of the universe. We also examined the teachers' pedagogical thinking through video stimulated recall interviews. In addition, we developed a protocol to analyze the levels of participant teachers' PCK and the characteristics revealed in their classes on each topic. Results of the study showed that the participant teachers' level of PCK varied across the topics of classes and the sub-components of PCK. We also identified teaching orientations played key roles in shaping overall characteristics of their PCK. Moreover, astronomical thinking such as spatial thinking and system thinking, was not appropriately embedded as the specific practices into the astronomical concepts in their instructions. We discussed the implications on the progressions of teachers' PCK in terms of their professional development.

1. 서론

과학 교사의 수업 전문성은 과학 교사가 갖춘 전문적 지식과, 그 교사가 나타내는 전문가적 수행 능력을 중심으로 논의되어 왔다(Oh *et al.*, 2008; So, 2003). 즉, 과학 교사가 소유한 전문적 지식은 수업 실행의 방향을 이끌고, 이 수업 실행의 경험이 축적되어 과학 교사의 전문적 지식을 발전시킬 수 있다는 것이다(Oh *et al.*, 2008). 이렇게 형성된 과학 교사의 전문적 지식으로서 과학교육계에서 연구되어 온 것이 교수학적 내용 지식(pedagogical content knowledge, 이하 PCK)이다. PCK는 교사가 수업 활동을 통해 교과 내용을 “학생들에게 가르칠 때 형성되는 내용에 관한 지식”으로서(Shulman, 1986), 다양한 능력과 관심을 가진 학생들에게 교과의 내용을 효과적으로 조직하고 적절한 방식으로 표현하여 가르치기 위한 과학 교사의 전문적인 지식을 의미한다(Van Driel *et al.*, 1998).

과학 교육자들은 효과적인 과학 교수를 위한 필수 요소로서 PCK의 역할을 강조한다. PCK는 과학 현상을 이해하기 쉽게 해주는 유용한 표상, 비유, 삽화, 예시, 설명, 시범 등을 포함하며(Shulman, 1986), 학습자의 이해를 재조직하는데 효과적인 전략에 관한 지식을 교사에게 제공한다. 또한, PCK는 교실 수업 실행에서 성공적으로 교육과정을 구현할 때 필수적이다. PCK는 교사들이 학생들이 교과 내용을 쉽게 이해할 수 있게 해 주며, 습득한 지식을 일상생활에 적용하게 도와

주는 효과적인 교수를 설계하고 수행하는데 반드시 갖추어야 할 지식이다.

과학 교사가 갖추어야 할 PCK는 “과학 내용, 교육과정, 학습, 교수 활동, 학생에 관한 지식을 통합한 이해와 능력”(National Research Council, 1996)이 있으며, 이에 따라 PCK의 하부 요소로서 과학 교수 지향, 과학 내용 및 교육과정에 대한 지식, 학습자의 이해에 대한 지식, 교수전략에 대한 지식, 학습 평가에 대한 지식을 들고 있다(Kwak, 2008; Lee, 2009; Loughran *et al.*, 2006; Magnusson *et al.*, 1999). 이러한 5개 요소들은 Figure 1과 같은 도식으로 표현될 수 있으며, 다음과 같은 근거에 의해 PCK를 구성하는 핵심적인 요소들로 간주된다.

첫째, 과학 교수 지향(orientation to teaching science)은 특정 학년에서 과학을 가르칠 때 가장 중요하게 다루는 목적과 목표에 대한 교사의 신념을 의미하는 것으로, 수업의 강조점, 즉 내용을 강조할 것인지 과정을 강조할 것인지, 또는 두 가지 모두 강조하는 탐구 기반 수업을 할 것인지 결정해준다. 따라서 과학 교수 지향은 수업 목표, 수업 내용, 수업 교재의 선택 등과 같은 문제들에 대한 수업 결정(instructional decisions)을 안내해주는 개념도와 같은 역할을 한다(Borko & Putnam, 1996). 둘째, 교육과정은 올바른 내용 지식(content knowledge)을 기반으로 교과를 가르친다는 가정 하에 설계된다. 이러한 가정은 학생들이 그 교과에 대한 인지적 지도(cognitive map)를 형성하고, 개념들 간의

* 교신저자 : 맹승호 (seunghom@gmail.com)

** 이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013S1A5A2A03045044).

http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.4.0393

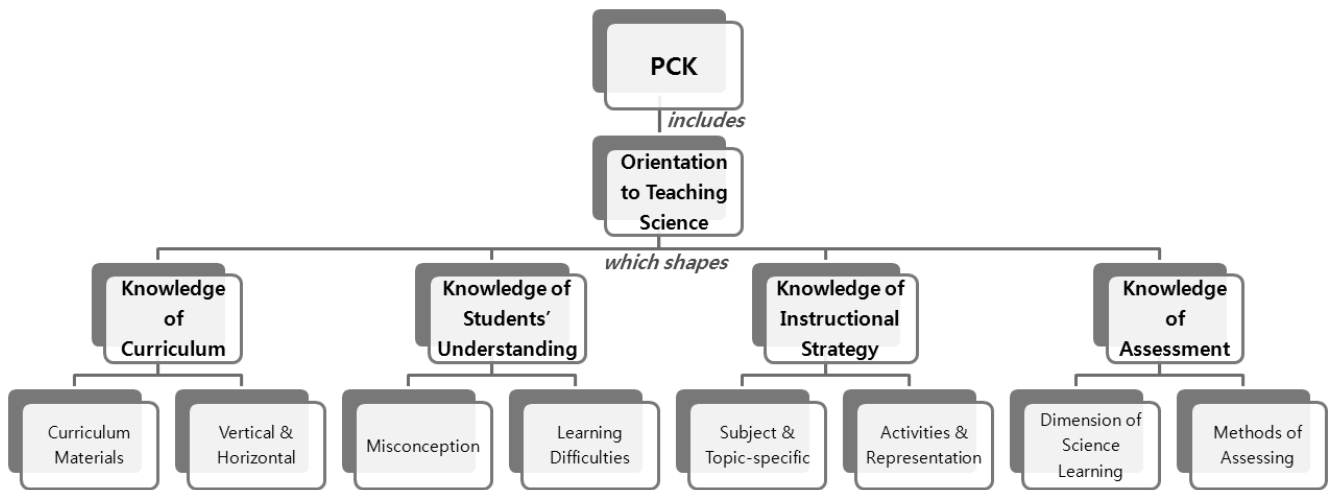


Figure 1. Five PCK components and their relationship (modified from Magnusson *et al.*, 1999; Park & Chen, 2012)

관계를 이해하며, 오개념을 교정할 수 있게 지도하려면 교사가 교과에 대한 심화된 이해를 가지고 있어야 함을 의미한다. 그러므로 교육과정 지식은 성공적인 교수와 평가를 위한 전제가 된다(Nitko, 1995; Shulman, 1986). 셋째, 학습자의 기존 지식에 대한 이해는 과학 교육과정과 수업에서 중요한 기초가 된다. 구성주의에서는 기존 지식과 새로운 지식을 연관시켜 기존 지식을 능동적으로 재구조화할 것을 강조한다. 교사는 학습하려는 주제에 대한 학생들의 선지식을 파악하고, 이를 적절한 교수 활동을 선택하는 데 이용할 수 있어야 한다(Bransford *et al.*, 1999; Grossman, 1990; Shulman, 1987). 많은 수업 경험을 가진 숙련된 교사는 초보 교사에 비해 학습자의 선지식을 더 심층적으로 파악하고 있으며, 이를 고려하여 수업을 계획하고 실행한다(Lee, 2009). 넷째, 다양한 교수 전략의 효과적 활용은 과학에 대한 학생들의 흥미를 증진시킬 수 있다. 재미없는 과학 수업은 학생들의 학습 동기를 유발할 수 없으며, 학생들의 과학 수행이나 과학에 대한 태도에 영향을 미치게 된다. 교사는 교육과정 내용, 학생 능력, 기반 시설 등에 기초하여 교수 전략을 선택함으로써 지식 제공자 이외에 교수학습 과정에서 촉진자 역할을 해야 한다(Marks, 1990; Van Driel *et al.*, 2001). 다섯째, 과학 학습 평가에 대한 지식은 학습 과정에서 학생들의 강점과 약점에 대한 지식을 제공할 수 있게 하는 다양한 평가 절차와 전략을 파악하고 실행하게 한다. 적절한 평가 전략을 통해 수집된 자료는 학생들의 성취 뿐만 아니라 교수의 효과에 대한 판단을 가능하게 해 준다(Loughran *et al.*, 2004; Magnusson *et al.*, 1999).

한편, PCK는 본질적으로 교과내용에 따라 달라지므로, 교과에 고유한 교수법(subject-specific pedagogy)이며, 주제에 따라 다양한 탐구 방법과 교수법이 요구되므로 영역 또는 주제-특이적(domain or topic-specific)이라 할 수 있다(Magnusson *et al.*, 1999). 지구과학 교과에서 천문 영역은 중등 교육과정에서 지질학과 함께 두 축을 이루는 영역으로, 지구 및 우주 시스템의 개념적 이해를 위한 다수의 핵심 개념들을 포함하고 있다. 또한, 중학교 교육과정에서 천문 영역은 핵심 개념의 올바른 이해를 위해 공간적 사고(spatial thinking)나 시스템 사고(systems thinking)와 같은 실행(practice) 능력이 함께 요구되어 학생들이 가장 어려워하는 내용 중 하나이다. 그러므로 이를 가르치는 교사들에게 천문 개념에 천문학적 사고 실행이 중첩되어(embedded) 있는 높은 수준의 PCK가 필수적으로 요구되는 영역이다. 그동안 교사

교육학 및 과학교육학계에서 과학 교사의 전문적 지식 영역을 강조하는 관점에서 과학 교사의 PCK를 분석하려는 시도가 지속적으로 이루어져 왔고, 연구자들마다 질문지, 임상적 면담, 수업 관찰, 수업 담화 분석 등 다양한 분석 방법을 이용하여 과학 교사들의 PCK 요소들과 그것의 종합적인 양상을 파악하였다(Jang & Choi, 2010; Kim *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2011; Kwak, 2009; Lee, 2009; Min *et al.*, 2010; Park & Chen, 2012; Park & Oliver, 2008). 이와 같은 접근은 연구에 참여한 집단(예비 교사 또는 현직 과학 교사)이 소유한 PCK의 요소나 PCK의 특징을 밝혀줄 수 있다는 장점이 있는 반면, 연구의 결과를 접하는 다른 교사는 물론 연구에 참여한 과학 교사들에게 특정한 주제에 대해 교사 자신의 PCK 수준에 맞는 수업 개선의 도움(instructional scaffolding)을 얻기 위한 경험적 근거(empirical evidence)를 제공하는 데 한계가 있었다.

이와 같은 필요성에 근거하여 이 연구에서는 지식과 실행의 측면에서 중학교 과학 교사들의 천문 내용에 대한 주제-특이적 PCK의 사례를 분석하였다. 이 연구의 분석 결과는 과학 교사들의 수업 개선에 도움을 주어 이후 그들의 PCK 발달과정(progression)을 규명하는데 필요한 기초 자료가 될 수 있다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 지식과 실행의 측면에서 천문 내용에 대한 중학교 과학교사들의 주제 특이적 PCK 구성요소별 특징은 무엇인가?

둘째, 연구에 참여한 중학교 과학 교사들의 천문 내용에 대한 주제 특이적 PCK의 수준은 어떤 차이가 있는가?

II. 연구 방법 및 내용

1. 연구 참여자

연구를 위해 다양한 지역에서 중학교 2학년 과학을 지도하고 있는 과학 교사 4명을 선정하였으며, 이 교사들의 주제-특이적 PCK를 분석하기 위하여 중학교 과학의 천문 영역 중 ‘별과 우주’ 단원에서 3개 주제(별자리와 별의위치, 연주시차와 별의 거리, 우주의 팽창)를 선정하였다. Table 1은 이 연구에 참여한 4명의 중학교 과학 교사들의 배경 정보를 정리한 것이다. 이 연구가 성별, 학력, 경력, 전공 변인에 따른

PCK 차이를 분석하는 것은 아니기 때문에 이들 변인을 별도로 통제하여 참여 교사를 선정한 것은 아니었다.

K교사는 대부분의 교사 경력을 사립 중학교에서 보냈으며, 8개월 전에 같은 재단 내에 있는 현재 중학교로 옮겨왔다. B교사는 2년차 공립 교사였고, 사범대학을 졸업하고 바로 교사에 임용되었다. H교사는 대부분의 교사 경력을 공립 중학교에서 보냈으며, 도시와 시골 학교를 두루 거친 경험을 가지고 있다. Y교사의 경우는 초임 몇 년 동안에 중학교에서 근무했고, 이후 고등학교에 오랫동안 주로 화학 과목을 가르치다가 1년 전에 다시 중학교로 옮겨왔다.

2. 자료 수집

가. 수업 관찰

2013년 12월, 중학교 2학년 ‘별과 우주’ 단원의 3개 주제에 대해 3주 동안 참여 교사 4명의 수업을 관찰하고 이를 녹화하였다. 3개의 주제가 교사에 따라 4~5차시 정도의 분량으로 다르게 할당되어 있어 동일한 시간을 소요하여 수업이 이루어진 것은 아니었다. 연구자의 수업 녹화에 의한 영향을 통제하기 위하여 참여 교사가 학생들에게 수업 녹화의 취지를 충분히 설명하게 하여 평소와 같이 최대한 자연스러운 상태에서 수업이 이루어지도록 하였다.

나. 참여 교사 인터뷰

수업 녹화 후에 각 수업에 대한 참여 교사의 교수학적 생각 (pedagogical thinking)을 심층적으로 파악하기 위해 인터뷰를 진행하

Table 1. Background information of the participants

Name	K	B	H	Y
Gender	Female	Female	Female	Female
Locality	Seoul	Incheon	Hongcheon	Chuncheon
Teaching careers	14	2	14	16
Education	B.S.	B.S.	B.S.	B.S.
Science background	Biology	Earth Science	Physics	Chemistry

Table 2. Analytic framework for documenting science teachers' topic-specific PCK

Components	Item (keyword)	Score	Sequence of learning contents					
			Content 1		Content 2		Content 3	
			Knowledge	Practice	Knowledge	Practice	Knowledge	Practice
Knowledge of Curriculum (KC)	KC1. core concept							
	KC2. accuracy of concept							
	KC3. expanding concept							
Knowledge of Students Understanding (KSU)	KSU1. identifying prior knowledge							
	KSU2. providing appropriate information							
	KSU3. recognizing students' thinking							
Knowledge of Instructional Strategies (KIS)	KIS1. teaching methods							
	KIS2. teaching materials							
	KIS3. motivation							
	KIS4. interaction							
Knowledge of Assessment (KA)	KA1. diagnosing students' preconception							
	KA2. on-going checking of students' understanding							
	KA3. meta-cognition							

였다. 이 연구는 참여 교사의 수업촬영을 모두 마친 후에 이루어진 것이므로 일반적인 반구조화된(semi-structured) 면담법보다는 비디오 회상 자극 면담법(video stimulated recall method)이 더 적합한 것으로 판단하였다. 비디오 회상 자극 면담은 교사의 수업 중 행동에 대한 생각과 결정 그리고 이유를 파악하는데 효과적인 기법으로(Calderhead, 1981), 교사에게 교수 에피소드(teaching episode)를 재생하고 수업 상황을 회고하게 하여 교사의 생각과 판단의 이유를 좀 더 적절하게 파악할 수 있도록 해준다(Meade & McMeniman, 1992). 이 연구에서 연구자는 면담 전에 수업을 예비 분석한 후, 심층적인 이해가 필요한 장면을 미리 선정하였다. 그 후에 비디오 회상 자극 면담은 참여교사가 녹화된 자신의 수업을 연구자와 같이 보면서 진행되었고, 연구자는 미리 선정된 특정 장면에서 수업의 상황과 교사의 의도를 심층적으로 질문하였다.

3. 자료 분석

가. 수업 분석 프로토콜 개발

녹화된 수업에서 참여 교사의 주제-특이적 PCK를 문서화하기 위해 Table 2와 같은 프로토콜(protocol)을 개발하였다. 이 프로토콜의 세로 축은 Magnusson *et al.*(1999)의 PCK 구성 요소에서 ‘과학 교수 지향’을 제외한 4개 요소로 구성하였으며, 각각의 구성 요소에 포함되는 세부 항목들은 선행 연구(Park *et al.*, 2014; Wainwright *et al.*, 2003)에서 개발된 수업 관찰 프로토콜인 RTOP(reformed teaching observation protocol, Piburn *et al.*, 2000), OTOP(Oregon teaching observation protocol), KTOP(Korean teaching observation protocol, Park *et al.*, 2014)을 토대로 구성하였다. 수업 분석 프로토콜의 가로축은 교사가 제시하는 수업 내용을 분석자가 순서대로 기록하게 하였으며, 각각의 수업 내용에 대해 지식과 실행의 두 측면에서 분석하게 되어 있다. 지식 측면은 세로축의 네 요소별 세부 항목 수준으로 분석하였는데, 지식 측면의 PCK 구성 요소로서 1) 교육과정 지식은 학생들이 과학 교과에서 배워야할 내용에 대한 지식으로, 이전 학년과 다음 학년에서 배울 것, 과학 교육과정의 목표나 목적에 대한 지식을 의미한다(Bang & Paik, 2012). 수업 분석 프로토콜에서 교육과정 지식은 교

사가 어떤 내용을 어떤 순서로 가르치는가를 파악할 수 있는 교수계열 (teaching sequence)을 분석하였으며, 가르치는 내용에 대해 어느 정도로 파악하고 있는지를 알아보기 위해 핵심 개념 포함 여부, 개념의 정확성, 개념 확장 정도를 분석하였다. 2) 학생 이해에 대한 지식은 수업에서 학습 주제와 관련된 학생의 선지식을 고려하는지, 학생들의 수준에 적절한 정보가 제공되는지, 수업 중 학생의 질문과 발표에 담긴 생각을 제대로 인지하는지를 분석하였다. 3) 교수전략 지식은 특정 주제를 가르치는데 있어 활용 가능한 전략에 대한 지식으로, 이 연구에서는 수업 방법, 수업 자료, 동기 유발, 상호작용의 관점에서 교사의 교수 전략을 분석하였다. 4) 학습 평가에 대한 지식은 학습자의 학습에 대한 정보를 수집하는 것과 관련된 것으로, 총괄평가와 형성평가 방법과 도구에 관한 교사의 지식을 포함한다(Park & Chen, 2012). 이 연구에서는 학습에 대한 평가가 아닌(assessment of learning) 학습을 위한 (assessment for learning) 평가인 형성 평가(Keeley, 2008)에 초점을 맞춰 선개념 진단, 지속적인 개념 점검, 메타인지 측면에서 참여 교사의 수업을 분석하였다. 수업 분석 프로토콜에는 포함되지 않았지만, 참여 교사들의 과학수업에 대한 지향은 PCK의 하위 구성요소별 특징과 이를 토대로 한 참여 교사와의 회상 자극 면담 과정에서 드러난 교수학적 생각을 종합하여 해당 교사의 교수 철학이나 신념을 가장 적절하게 표상할 수 있는 유형으로 명명하였다.

수업 분석 프로토콜에서 실행 측면은 천문학적 사고(astronomical thinking) 실행으로서 공간적 사고(spatial thinking)와 시스템 사고(systems thinking)로 구분하여 학습 내용에 따라 수업에서 어떻게 구현되었는지를 분석하였다. 수업 분석 프로토콜을 기록할 때 실행 측면에 해당하는 사항들은 PCK의 하위 요소별로 세분하지 않고 학습 내용별로 구현되는 양상의 차이를 파악하여 그 결과를 기록하였다. 공간적 사고는 공간 위치(spatial position)와 공간 방향(spatial orientation), 그리고 공간 전환(spatial transformation)으로 구분하였다. 공간 위치는 지구에서 보는 관점에서 관측된 천체의 위치와 우주에서 내려다보는 관점에서 표현된 우주 공간 상의 천체의 위치를 모두 의미하며, 공간 방향은 지구에서 보는 동서남북의 방향을 인식하고 이것을 우주에서 보는 방향과 연관시키는 사고능력을 의미한다. 공간 전환은 지구에서 보는 관점에서 관측된 천문학적 현상(예, 밤하늘 별의 일주운동)들을 우주에서 보는 관점의 모델(예, 천구 모형)과 연관지어 설명하는 것으로 ‘관점의 전환(perspective change)’라고도 하며, 가장 높은 공간적 사고의 수준으로 간주된다. 시스템 사고는 패턴(pattern), 상호의존성(inter-dependance), 통합적 사고(holistic thinking)로 구분하였다. 패턴은 천문학적 현상의 경향성 및 주기성을 찾아내는 것을 의미하며, 상호의존성은 천문학적 현상들이 독립적인 것이 아니라 상호 연관되어 있음을 파악하는 것을 의미한다. 통합적 사고는 천문 시스템(astronomical system)을 구성하는 부분과 전체를 구별하고 이들 간의 위계(hierarchy)를 파악하는 것을 의미한다.

나. 수업 분석 프로토콜 적용

개발된 수업 분석 프로토콜을 실제 수업 분석에 적용하여 참여 교사들의 PCK 수준을 정량적으로 구분하기 위해 PCK의 지식 측면에 대한 하위 요소별로 0(매우미흡), 1(미흡), 2(보통), 3(우수), 4(매우우수)로 평가하게 했고, 이 평가에 대한 근거를 수업 내용에 따라 지식과 실행

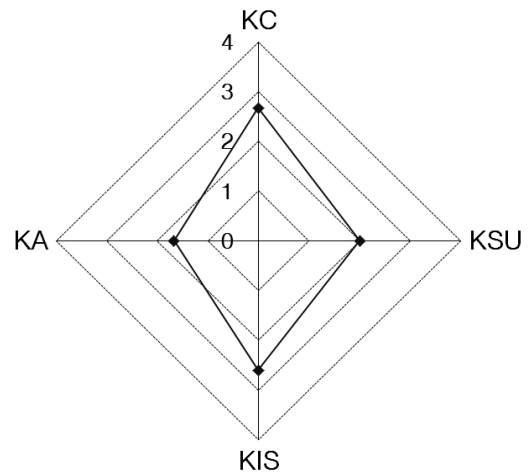


Figure 2. An illustration of PCK profile (teacher H)
 KC: Knowledge of Curriculum
 KSU: Knowledge of Students Understanding
 KIS: Knowledge of Instructional Strategies
 KA: Knowledge of Assessment

으로 구분하여 기록하였다. 수업 분석 프로토콜을 적용할 때 분석자들에 정량적 분석 기준을 통일할 필요가 있었다. 이를 위해 5명의 공동 연구자가 모여 워크숍을 진행하여 전체적으로 항목별 점수 부여에 대한 기준을 공유한 후, 1차시 분량의 수업을 함께 관찰하고 프로토콜을 적용한 후 점수를 비교하였다. 점수 차가 2점 이상인 항목에 대해서는 상호 의견 교환을 통해 조율하는 과정을 거쳤다. 이후 추가로 2차시 분량의 수업을 위와 동일한 과정을 거쳐 두 번을 반복하는 과정을 거쳤다. 본격적인 수업 분석 프로토콜의 적용은 중학교 수업 분석을 담당할 2명7)의 연구자에 의해 진행되었다. 2명의 연구자는 이전의 워크숍과 마찬가지로 1차시 분량의 수업을 분석하고 서로의 점수를 이용하여 평정자 일치도인 Cohen's Kappa를 산출하여 0.7 이상이 되도록 이 과정을 반복한 후 지역별로 4명의 참여교사 수업을 2명씩 나누어 분석하였다. 이런 과정을 거쳐 산출된 점수를 교사별 및 주제별로 PCK 수준을 비교하기 위하여 Figure 2와 같은 프로파일로 작성하였다.

III. 연구 결과

연구 결과로서 수업 분석 프로토콜의 자료와 각 교사들의 면담 내용을 종합하여 도출된 참여 과학 교사들의 과학 교수활동에 대한 지향을 먼저 기술하였다. 뒤이어 참여 교사들의 PCK가 드러나는 사례들의 특징을 지식 측면의 하위 요소(교육과정, 학생 이해, 교수 전략, 및 학습 평가)와 천문학적 사고 실행의 측면에서 기술하였다. 이 결과를 종합하여 각 교사의 천문내용에 대한 주제 특이적 PCK의 수준을 비교하였다.

1. 과학 교수활동에 대한 지향

과학 교수 지향은 과학을 가르치는 활동에 대해 교사가 가지고 있는

7) 이 연구는 초등과 중등 수업 분석을 동시에 진행하였으며, 5명 중 나머지 3명의 연구자는 초등학교 수업 분석을 담당함

신념(belief)으로, 전체적인 교수활동의 방향을 결정하는 역할을 한다 (Magnusson *et al.*, 1999). 분석 결과, 4명의 참여 교사들은 서로 다른 유형의 과학 교수 지향을 나타내었다. 또한, 수업의 주제에 따라 부분적으로 개별 교사의 교수 지향이 조금씩 달라지긴 하였으나, 전체적인 교수의 방향성은 일관된 것으로 나타났다. 하지만, 4명의 과학 교사들의 수업에서 친문 내용 교수에 특이적인 교수 지향은 발견할 수 없었다.

K교사는 구성주의적 관점에서 학생 스스로 교과서 내용을 정리하고 발표하게 함으로써 지식을 습득하는 것을 목표로 하고 있어서 *학생 주도의 교수 지향*이라고 명명하였다. K교사는 10여 년 동안 진행해 왔던 교사 주도 수업의 한계를 느끼고 그 대안으로 이와 같은 수업을 시도하였다. 하지만, 처음 시도하는 새로운 수업 방식에 대한 경험 부족으로 인해 교사의 효과적 개입이나 적절한 스캐폴딩이 미흡하였다.

R: 선생님 수업이 다른 과학 선생님들과 비교했을 때 일반적인 형태는 아닌데, 어떤 의도로 그런 형태를 계획 하셨던 건가요?

K: 초창기에는 많이 애들에게 이야기하고 보여주고 그런 수업이 좋은 수업이고 교사가 할 수 있는 최선의 노력이라고 생각했거든요. 그런데, 10년 넘기면서 제가 수업하고 나왔을 때 보람이나 만족감 보다는 나의 에너지가 몇몇 수업을 동참하지 않은 아이들에게 많이 쏠린다는 생각이 들었어요. 늘 수업 하면서 잘하는 아이들을 격려하고 칭찬하는 곳에 에너지를 쓰고 나와야 하는 생각이 들지만 막상 제 수업을 안 듣고 자고, 이런 것에 대해서 교사로서 자존심도 상하고 그게 늘 지나치지 않으니까 혼내다 보면 그 잘하는 아이들을 오히려 소외시키는 생각이 들었고요. 저는 과학적 지식을 많이 알려주는 것 보다 제가 이렇게 방방한 잡아주고 스스로 새로운 것을 배우는 과정이 되게 소중하게 생각이 들었어요. 일방적으로 듣는 수업은 집중력이 약하지만, 자기가 이야기하고 같이 쓰고 함께하는 수업이라서 아이들은 확실히 덜 자고, 덜 방해하고, 그러다 보면 잘 하는 아이들에게 칭찬할 시간도 많고, 아이들이 활동하는데 저는 그것을 보는데 에너지는 집중할 수 있기 때문에 개개인의 특성을 정말 잘 파악이 되는 것 같아요.

(K교사의 회상자극면담 중에서. R: 연구자)

B교사는 *학습 성취 지향*을 나타내었는데, 교과서를 사용하지 않고 유인물을 활용하여 문제풀이 위주의 수업을 진행함으로써 학생들이 학습내용을 효율적으로 습득하게 하는 것을 목표로 하였다. 이와 같은 지향을 갖게 된 것은 학생들의 학습 성취 수준이 낮고, 점수 향상에 대한 학교 관리자의 압력과 같은 학교 상황에 의한 영향인 것으로 분석된다.

R: 경력 2년차이신데 이와 같은 수업을 하게 된 특별한 계기가 있나요?

B: 저는 첫해에 수업 시연하듯이 주말에는 항상 짜놓고 탐구활동 할 것도 다 생각하고 했는데 애들이 어려워했어요. 수업이 욕심을 내서 이것도 넣고 이것도 넣고 싶어서 짜봤더니 애들이 그것도 버거웠던 거 같고 욕심을 부렸으면 버릴 것도 찾았어야 되는데 버려서 깔끔하게 정리하는 걸 잘못했던 거 같아요. 저희 학교 수준은 정말 단순하고 쉽게 이렇게 해야지 따라오는 느낌을 받았거든요. 다른 선생님들한테 조언을 구할 때도 무조건 단순하게 해야지 우리학교 애들 수준에서는 단순하게 활동지를 만들고 단순하게 가르쳐줘야지 이해를 한다, 웬만하면 쉽게 쉽게 가고 싶어했던 느낌이 있었어요.

----- 중략 -----

B: 중간고사를 봤는데 시험 문제를 어렵지 않다고 느꼈는데 평균이 계속 50점대 초반, 작년에도 그랬고, 올해도 그랬고 계속 50점대 초반인거예요. 시험 문제도 알려주다시피 해서 봐야 하는 상황인거예요 자꾸 이렇게 평균이 낮으면 우리 학교 불려간다, 우리 문제 있다고, 평가에서도 연락이 왔다, 하위 성적이 너무 많다, 이런 지적이 계속 들려 왔어요. 그러니까 신경이 쓰였던 거 같아요.

(B교사의 회상자극면담 중에서)

H교사는 *학생 참여 지향*을 가지고 있어서 학생들을 수업 활동에 최대한 참여시킴으로써 흥미와 관심을 유도하려고 하였다. H교사는 학습자가 직접 체험을 통해 습득한 지식이 교사에 의해 전달된 지식에 비해 장기 기억된다는 구성주의적 관점을 드러내었다.

R: 천문 내용 가르칠 때 선생님께서 지향하는 바는 무엇인가요?

H: 천문 내용에만 특별한 그런 것은 없구요. 그냥 과학을 재밌어 해주고, 만만히 생각했으면 좋겠다고 생각하고요. 재밌게.. 그리고 하나라도 얻어가는 게 있게끔.. 깊이는 없더라도.. 아 저거는 뭐구나.. 이정도.. 그런 경향이 좀..

R: 선생님 수업을 보면 전반적으로 학생들 참여가 많은 편인데요, 그렇게 하는 이유는 무엇인가요?

H: 왜 간단하게 뭐 음식 같은 것도요. 남이 해준 거 당연히 맛있지만 제가 만들면 그 과정에서 아 이거는 좀 덜 넣어야지 덜 넣어야지 이러면서 맛은 없어도 뿌듯한 느낌이 나는 것처럼.. 아이들의 기억력이라고 해야되 나... 확실히 본인들이 직접 했던 것들은 좀 장기기억화 되는 것 같아요.

(H교사의 회상자극면담 중에서)

Y교사는 전형적인 *관리 중심의 교사 주도 지향*으로, 주로 강의에 의존하여 교과서에 수록된 과학 개념의 습득을 강조한다. 하지만, Y교사의 경우는 자신이 생각하는 과학 교수의 올바른 방향과 수업의 실천이 현실적인 여건으로 인해 불일치하는 것으로 나타났다.

R: 천문 단원 가르칠 때 선생님께서 어떤 것에 중점을 두고 가르치시는지? 지도 방향이랄까요?

Y: 글썄요. 현실과는 좀 다르지만 제 생각은 그래요. 아이들에게 이런 것도 있구나 라고 경험하게 해주면 좋겠다는 생각은 하지만... 예를 들어, 별자리 부분은 빔 활용해서 동영상 같은 것이 구현이 된다면 시간대별로 활용하는 것도 남학생들은 흥미 재미 특히 과학에서 그런 걸 요구해요. 초등 때부터 실험이랑 이런 걸 많이 했기 때문에 신기한 상상 이런 걸 많이 봐왔기 때문에 과학하면 그런 활동이 동반되어야 된다고 생각을 하는데... 현실적으로 학생 수가 많으면서 어떠한 시험에 대한 부담 진도에 대한 압박감 분량이 많으니까 쫓기다 보니까 선생님이 준비할 시간이 부족하기도 하고 생각은 많이 합니다.

(Y교사의 회상자극면담 중에서)

2. 지식 측면에서 본 PCK의 구성요소별 특징

가. 교육과정 지식

참여 교사의 교육과정에 대한 지식은 국가수준의 교육과정 자체에

Table 3. Participating teachers' teaching sequence for each topic

Topic	Teacher	Teaching Sequence			
		C1	C2	C3	C4
Constellation & Star Position	K	seasonal constellation	horizontal coordinate	use of planisphere	
	B	horizontal coordinate	seasonal constellation	use of planisphere	
	H	origin of constellation	seasonal constellation	horizontal coordinate	use of planisphere
	Y	definition of constellation	horizontal coordinate	use of planisphere	seasonal constellation
Annual Parallax & Star Distance	K	parallax	annual parallax		
	B	parallax	annual parallax	star distance	
	H	parallax	annual parallax	star distance	
	Y	parallax	annual parallax	star distance	
Expanding Universe	K	balloon activity	theory of expansion	evidence of expansion	
	B	evidence of expansion	balloon activity	theory of expansion	
	H	balloon activity	theory of expansion	evidence of expansion	
	Y	evidence of expansion	theory of expansion		

대한 지식뿐만 아니라, 수업 내용의 순서와 계열, 교과서의 핵심 개념의 이해 여부, 개념 이해의 정확성과 확장 정도 등을 준거로 분석하였다. 수업의 순서와 계열에 대한 분석 결과, 교육과정에서 제시하고 있는 핵심 개념에는 차이가 없었으나, 내용의 제시 순서는 교사에 따라 차이가 있었다(Table 3). 특히 ‘별자리와 별의 위치’ 주제에서 가장 큰 차이를 보였다. 네 교사 모두 이 주제의 핵심 개념으로 계절별 별자리, 지평좌표계, 별자리판 사용을 포함하고 있었으나 교수 계열은 매우 다르게 나타났다. K교사와 H교사는 ‘현상(phenomena) → 원리(principle) → 적용(application)’이라는 체계적인 교수 계열을 갖는데 비해, B교사와 Y교사에게는 이러한 체계성을 발견할 수 없었으며, 특히 Y교사의 경우는 현상을 맨 마지막에 제시하였는데 그 이유에 대해 교과서의 배열 순서대로 진행했다고 응답하였다.

R: 별자리 수업에서 학습 내용을 순서를 이와 같이 하신 이유는 무엇인가요?

Y: 뭐 특별한 이유가 있는 것은 아니고... 그냥 교과서에 나와 있는 대로 했구요. 지평좌표계와 별자리판이 좀 많이 어렵잖아요. 그래서 그 부분 설명에 초점을 맞추었어요.

(Y교사의 회상자극면담 중에서)

한편, 참여 교사들의 3개 주제 수업에서 핵심 개념의 포함 여부와 개념의 정확성에는 별다른 차이가 나타나지 않았으나, 개념의 수준과 확장(적용)에는 상당한 차이를 나타내었다. K교사는 학생 발표 중심으로 수업을 진행하였기 때문에 교육과정 지식이 명시적으로 드러나지 않았으며, 개념의 수준은 교과서 수준을 그대로 유지하고 개념의 적용이나 확장은 발견되지 않았다. B교사의 경우, ‘별자리와 별의 위치’ 주제의 수업에서 친구 각 지점의 명칭 등과 같은 선언적(declarative) 지식을 나열하고 이것을 전달하는데 집중하였으며, 교과서 내용과 활동을 그대로 따라 함으로써 개념의 심화나 확장이 나타나지 않았다. Y교사의 경우는 지평좌표계와 별자리판, 도플러효과와 적색편이, 허블의 법칙 등과 같이 교과서 개념을 중학교 교육과정 성취수준 이상으로 심화하여 가르치고 있었으나, 이러한 개념들의 확장이나 적용을 거의 다루지 않는 것으로 나타났다. 이와는 달리, H교사는 별자리 신화, 황도 12궁과 탄생별자리, 고흐의 미술작품 중의 별자리, 스마트폰 앱 활용 등 다양한 방법으로 개념의 적용(확장)을 유도하였으며, 연주 시차에서 1초의 의미 등 개념의 수준을 심화하기 보다는 보다 구체적이고 상세한 설명을 제공하였다.

H: 이 그림을 잠깐 봐요. 이거 누구의 그림이죠?

S: 고흐의...

H: 네. 고흐의 그림이에요. 고흐가 그린 그림. 제목 뭐? 별이 빛나는 밤에. 별이 어둡어요? 별이 없나요? 어떻게 별이예요? <중략> 요것보다 선생님이 더 좋아하는 그림이 있어. 저게 아를의 별이 빛나는 밤에 라고 하는데 아를 강 위에 떠있는 별이 보이죠. 이것도 고흐 아저씨가 그렸어요. 특징이 있죠? 덧붙을 한 것.. 그리고 별을 참 좋아하시지? 그림에서 뭔가 눈에 딱 띄는 거 없니?

S: 북두칠성!!

H: 북두칠성이 보이죠. 아 그림속에서도 별자리를 볼 수 있는 이 북두칠성을 봤을 때, 북극성은 대충 어느 지점에 있다? 앞머리 부분 몇 배? 5배. 12345. 저기 쪽에 북극성이 있을 것이라는 것을 예측할 수 있구요.

(H교사의 별자리와 별의 위치 수업 중에서)

나. 학생 이해 지식

학생 이해에 대한 교사의 지식은 학습할 내용과 관련된 학생의 선지식과 선경험을 고려하여 수업하는가, 학생들의 수준에 맞는 관련 정보를 제공하는가, 수업을 진행하는 동안 학생의 발언에 의미를 정확히 파악하고 있는가를 준거로 분석하였다. 분석 결과, 학생 이해에 대한 참여 교사들의 지식 수준은 교사에 따라 많은 차이가 있었으나 주제에 따른 차이는 크지 않았다. 또한, 학생 이해 지식은 교사의 교수 지향의 영향을 많이 받는 것으로 분석되었다. 학생 발표 중심으로 수업을 이끌어 나가는 K교사의 경우는 학생들이 각자 자신의 수준에 맞게 학습 내용을 정리하여 발표하게 하고 부족한 부분(은하의 상대 운동과 적색편이 등)이 있으면 보충하여 설명하였다. 또한, 탐구활동 실시 전에 시범 또는 간략한 활동 방법을 소개함으로써 적절한 정보 제공자로서의 역할을 수행하였다. 하지만, 수업 과정에서 학생들의 질문은 거의 없었으며, 교사의 질문을 통해 풍선의 팽창과 같은 탐구활동의 의미에 대한 학생의 생각을 파악하고자 하였으나 학생들이 교사의 의도대로 반응하지 않는 모습이었다.

S: 발표를 시작할게. 맨처음에 애네가 우주야 우주.. 옛날에 우주가 살았어.. 근데.. 아주 작은 애였어.. 근데 키가 클 때가 된거야. 커졌어.. 우주 안에 있는 별들은 멀어지기 시작했어. 그런데 멀리있는 별들은 더 멀리 멀어졌어. 이걸 적색편이라고 해. 왜냐면은 애네가 모여있었잖아. 애네가 모여있는

건 크지. 떨어져봐. 애네 모여있는 정도가 커.. 작아? 작지.. 근데 크기는 커졌어 작아졌어. 커졌어.. 이거를 뭐라고 그럴려면 빅뱅이라고 해. 빅이 뭐야. 뱅이 뭐야.. 터지는 소리.. 큰 폭발이라고 한 ... 이게 우주에 대한 이야기야. 이것으로 발표를 마칠게.

- K: 혹시 이거 설명할 수 있어? 멀리 있는 별은 왜 더 빨리 멀어져?
 S: 그거는 잘..
 K: 그거는 잘 이해가 안되고..
 S: 인력이 없어서..
 K: 인력이 없어서? 인력이 없다고? 야.. 인력은 인력이 없으면 뭐가 없어야 돼?
 S: 공기. 그거..

(K교사의 우주의 팽창 수업 중에서. S: 발표하는 학생)

학업 성취 지향을 나타낸 B교사의 경우는 교사 주도로 수업이 이루어져 학생들의 선개념에 대한 고려가 미흡한 것으로 분석되었으며, 학생들의 개별 탐구활동을 실시하였지만 교사 주도로 탐구 결과가 정리되어 학생들에게 적절한 정보 제공이 이루어지지 못하였다. 또한, 수업 과정에서 학생의 질문이나 의견 제시가 거의 없었으며, 예/아니오의 단순 질문이거나 질문 후 대기시간(wait time) 없이 교사가 바로 자문자답하는 형식이어서 학생들의 생각을 파악하는 부분은 잘 드러나지 않았다.

- B: 그치. 은하 사이의 거리만 달라지는 거예요. 그러면 선생님이 왜 책에 있는 실험을 안했는지 알겠죠. 사인펜을 그리는 실험을 했다면 풍선을 불었을 때 사인펜으로 그렸던 그림의 크기는 커지겠죠. 우리가 은하의 크기는 커진다는 오개념이 생길수도 있어요. 4번. 우주에 특별한 중심이 있니, 없니?
 S: 없어요.
 B: 그런데 우주가 팽창하기 때문에 은하도 어떻게 돼? 은하가 멀어지고 있어요. 그러니깐 적색 편이 현상이 관측이 되는 거예요. 증거. 적색 편이. 이것을 많이 풀어쓴 게 바로 프린트 위에 있죠. 별빛 스펙트럼의 적색편이가 우주 팽창의 증거예요. 모든 외부은하의 파장이 원래 파장보다 길어져서 별빛의 스펙트럼이 어느색 쪽으로?
 S: 적색.
 B: 적색 쪽으로 치우쳐져 나타나는 현상을 적색 편이 현상이 관측됨이라고 적어주세요.

(B교사의 우주의 팽창 수업 중에서)

학생 참여 중심의 지향을 나타낸 H교사는 ‘별자리와 별의 위치’ 수업에서 박물관 견학 시 경험한 천상열차분야지도를 상기시키는 등 수업의 도입부터 학생들의 생각을 이끌어내려 하였고, 학생들의 관심사나 흥미를 고려하여 별자리 신화 이야기, 아이돌 스타를 예로 들어 계절별 별자리 모양을 설명하는 것과 같이 학생들의 수준에 적절한 정보를 제공하고자 하였다. 또한, 수업 중 학생들의 질문에 따라 수업의 방향을 융통성 있게 조정하는 모습이 자주 관찰되었다.

- H: 까치. 다리. 오작교 칠월칠석 사랑에 빠진 두 남녀가. 견우와 직녀. 직녀성. 영어로 베가라고 하는데 거문고 자리의 베가 우리나라 말로 직녀성. 여기는 알타이르라고 해서 견우성. 독수리자리예요. <중략> 은하수 양쪽으로

견우와 직녀가 떨어져 있겠구나. 이렇게 말을 막 만들어서 별자리를 보면 훨씬 더 보기가 쉬겠죠. 이런 식으로 사람들이 꾸며냈어요. 목동자리, 처녀자리, 뱀자리, 뱀주인자리, 안타레스는 기억나니? 화성할 때? 아레스가 영어로 전쟁의 신 화성을 의미한다. 왜 전쟁이냐 붉은 색깔 피를 나타내기 때문이다. 근데 개만큼 빨간 애가 있다. 안티는 반한다 얘기로. 나도 너만큼 빨개 라고 해서 안티 아레스라고 해서 안타레스라고 했잖아. 누구의 심장. 전갈자리.. 그래서 물음표 거꾸로 있는 거라고 얘기했었잖아요. 백만년전에 배워서 기억이 잘 안나죠? <중략> 쌍둥이가 카스토르하고 폴룩스가 어깨동무 하고 있는 모양이에요. 이 카스토르하고 폴룩스 얘기 했었는데. 누구 오빠. 누구의 쌍둥이오빠. 트로이 전쟁 일으켰던. 되게 이쁜던 여자.
 (H교사의 별자리와 별의 위치 수업 중에서)

한편, 관리 중심의 교사 주도 수업 지향을 나타낸 Y교사의 경우는 학생과의 상호작용 없이 일방적인 설명 위주의 수업을 진행하였기 때문에 학생들의 선지식에 대한 고려 부분을 발견할 수 없었으며, 대부분 출판사에서 제공되는 디지털 교과서의 내용을 토대로 수업이 진행되어 학생들의 수준에 맞는 정보가 적절하게 제공되지 못하는 것으로 분석되었다. 또한, 수업 중간에 학생들의 질문에 대해 무반응하거나 학생 반응에 관계없이 수업을 진행하는 경우가 종종 관찰되었다.

- Y: 첫 번째 꺼 봄 맞춰 봅시다. 봄 저기 써놨잖아. 3월 21일 22시 맞춰어? 뭐가 보이지?
 S: 3월이면 봄 아니에요?
 Y: 시간을 돌리면 이렇게 돌려야겠다. 자정에는 여기 있는 게 보이는 거야.
 S: 여기가 중간 아니에요?
 Y: 관측자가 지구가 자전을 하니까 이렇게 움직여 가는 거지.
 S: 여기가 지구입니까?
 Y: 지구에서 올려보는 하늘. 교실에서 올려다보는 교실 천정
 S: 이게요?
 Y: 교실에서 교실배경을 보면 가만히 있으면 배경이 똑같지만 내가 움직이면 달라지지 그치. 지구를 저 안에서 표시할 수 없잖아.
 (Y교사의 별자리와 별의 위치 수업 중에서)

다. 교수 전략 지식

참여 교사들이 별과 우주 단원의 수업에서 사용한 수업 방법과 수업 자료, 그리고 학생들의 학습 동기를 유발하기 위한 방법, 교사와 학생 간의 상호작용 정도를 준거로 교수 전략에 대한 지식을 분석하였다. Table 4와 Table 5는 참여 교사들의 주제별 수업 방법과 활용한 수업 자료를 각각 정리한 것이다.

K교사는 별자리와 별의위치, 연주시차와 별의 거리, 우주의 팽창을 다룬 수업에서 모두 같은 방식으로 수업을 진행하였기 때문에 단원에 따라 특별히 구별되는 교수 전략은 나타나지 않았다. 수업의 도입부에서 먼저 퀴즈를 내고 화이트보드에 답을 적게 함으로써 이전 차시 수업 내용을 복습하였으며, 플래시를 활용한 과학 노래를 부르고, 본 수업에서는 학생들이 교과서 내용을 읽고 정리하여 모듈별로 발표하는 형식으로 진행되었다. 본시 수업에 탐구활동이 포함된 경우 교사는 이에 대해 간단히 설명을 한 후 탐구 활동 결과와 교과서 내용을 같이 발표하게 하였다. 학생들의 발표 중간 또는 발표 후에 추가할 내용이 필요

Table 4. Participating teachers' teaching methods for each topic

	Constellation & Star Position	Annual Parallax & Star Distance	Expanding Universe
	quiz	quiz	quiz
K	hands-on activity group presentation	hands-on activity group presentation	hands-on activity group presentation
B	hands-on activity didactic	guided gesture didactic	hands-on activity didactic
H	storytelling hands-on activity demonstration didactic	guided gesture body movement analogy didactic	hands-on activity group discussion didactic
Y	hands-on activity didactic	guided gesture didactic	didactic

할 경우에 교사가 개입하여 학생들의 발표 내용을 보충하였다.

B교사 또한 K교사와 마찬가지로 세 주제에 대한 수업 방식이 동일하였다. 주로 유인물을 활용하여 강의식으로 수업을 진행하였으며, 탐구활동이 있는 경우는 확인실험 형태로 학생들이 수행하게 하고 이에 대한 결과를 유인물에 기록하게 하였다. 유인물은 완성형 문장으로 주로 구성되며, 교사의 설명에 따라 학생들이 빈칸을 채워나가는 방식으로 수업이 진행되었으며, 수업의 마지막에는 형성평가 문제를 풀게 하였다.

H교사는 ‘별자리와 별의 위치’ 수업에서 안드로메다, 카시오페이아 등 별자리 신화에 대한 해박한 지식을 바탕으로 학생들에게 이야기를 들려주었으며, 모양이 그려지지 않은 대형 계절별 별자리 지도를 나누어 주고 자신만의 별자리를 그려보게 하였다. 또한, 간이 별자리판 이외에도 스마트폰 앱이나 스텔라리움 프로그램을 이용하여 밤하늘의 별자리나 시간에 따른 별자리 변화를 보여주기도 하였다. ‘연주시차와 별의 거리’ 수업에서 시차를 설명할 때, 교사에 의해 안내된 제스처를 활용하여 학생들이 시차를 경험할 수 있게 하였으며, 연주시차를 설명할 때는 학생들에게 공전 궤도상의 지구 역할을 직접 몸으로 수행하게 하여 별 역할을 담당한 교사와 색깔 끈과 자석을 이용하여 상호작용하였다.

H: 스텔라리움이라고, 밤하늘 변화를 실시간으로 보여주는 프로그램이예요. 오 근데 지금 별이 보여요 안보여요?

S: 안보여요.

H: 별이 왜 안보이지? 태양이 떠있어서 안보여요? 태양도 별이잖아. 그치 태양빛이 너무 밝아서 여기에 사실 별이 있기 없지.

S: 있네.

H: <중략> 그럼 잠시 시간이 지나면. 애네가 일로 오겠쥬. 이번 달엔 지금 여기에 있지만, 다음 달이 되면 이 위치에 누가 있을까. 염소가 있어요. 선생님 생일 아는 사람?

S: 1월 1일?

H: 다음달 1월 1일. 어 선생님 별자리는 염소자리야. 선생님이 생일이 염소자리인데. 다음 달 내 별자리가 태양 앞에 서있네. 황도 12궁 했었쥬. 황도 12궁의 의미가 12개의 별자리가 가상의 하늘에서 태양이 가는 길목에 있는 별자리들이예요. 그래서 자기 생일이 지금 12월 19일이면 궁수자리가 보다. 맞나요? 요즘이 생일인 사람? 언제요?

S: 어제요.

H: 궁수자리니? 그래서 어제가 어제 낮 12시에 누가. 궁수자리가 햇님 앞에

Table 5. Participating teachers' teaching materials for each topic

	Constellation & Star Position	Annual Parallax & Star Distance	Expanding Universe
	flash(science song)	flash(science song)	flash(science song)
K	white board planisphere	whiteboard pen, ruler	whiteboard balloon, coins, & ruler
B	planisphere handouts	handouts	balloon, sticker, & ruler handouts
H	celestial sphere model stellarium program large-sized star chart painting skymap (smartphone app.) simple planisphere	colored strings, magnet, & compass PPT	balloon, coins, push pins, & ruler PPT
Y	planisphere digital textbook	digital textbook	videoclip digital textbook

딱 버티고 있는 거야. 그게 자신의 별자리가 되는 거야. 그럼 자신이 태어난 날 자신의 별자리를 볼 수 있다, 없다?

(H교사의 별자리와 별의 위치 수업 중에서)

Y교사는 ‘별자리와 별의 위치’ 수업에서 H교사와는 달리 별자리판을 사용법에 초점을 맞추어 상당한 시간을 할애하여 학생들이 직접 돌려보면서 별자리를 찾아볼 수 있게 하였다. 하지만, 2명당 1개의 별자리판을 나누어줌으로써 개인별로 직접 해볼 수 있는 시간이 많지 않았고 말로만 설명하다보니 대부분의 학생들이 우왕좌왕하는 모습이 었다. ‘연주시차와 별의 거리’ 수업에서 H교사와 마찬가지로 안내된 제스처를 활용하여 짧게 시차를 경험하게 하였으나, 그 이외의 수업은 모두 강의식으로 진행되었다. ‘우주의 팽창’ 수업에서 풍선 탐구활동을 하지 않고 동영상 보여준 후 나머지는 강의식으로 도플러 효과, 적색편이, 허블의 법칙 등을 설명하였다.

4명의 참여 교사들은 H교사를 제외하면 3개의 주제 모두 동기 유발로 판단할만한 에피소드가 명시적으로 나타나지 않았으며, 학생들간 또는 교사-학생간 상호작용 또한 거의 없었다. 수업 분석에서 드러난 4명 참여 교사들의 이러한 교수 전략의 유형들은 앞서 분석된 개별 과학 교수 지향의 특징과 정확히 일치하는 것으로 분석되었다. 이와 같은 분석 결과는 과학 교수 지향에 따라 수업에서 사용하는 전략이 달라진다는 Magnusson *et al.* (1999)의 주장과 수업에서 드러난 실천적 교수전략이 내면화된 과학 교사의 교수지향을 판단하는 가장 효율적인 방법이라는 Bang and Paik (2012)의 주장을 지지하는 것으로 볼 수 있다.

라. 평가 지식

학습 평가에 대한 참여 교사들의 PCK는 학생들의 선개념을 진단하는가, 수업 중에 지속적으로 학생들의 개념 이해를 점검하는가, 학생들의 메타인지 능력을 평가하는가를 준거로 분석되었다. 분석 결과, 4명의 참여 교사들은 PCK의 다른 구성요소들에 비해 상대적으로 학습 평가에 대한 지식은 많이 부족한 것으로 나타났다. 또한, 교사별로 개인차도 크지 않았으며, 단원이나 수업의 주제에 따라 학습 평가에 대한 특징이 뚜렷하게 구분되지 않았다.

K교사의 경우 3개 주제의 수업에서 모두 학생들의 사전 개념을

진단하지 않았으며, 이전 차시의 수업 내용을 퀴즈 형태로 평가하는 방식을 활용하고 있었으며, 수업 방식이 학생 주도적인 모둠별 발표여서 지속적인 개념 점검이나 메타인지에 해당될 수 있는 평가는 없었다. B교사의 수업에서도 개념 진단이라고 볼 수 있는 수업 행동은 없었으며, 수업 중간 또는 후반부에 유인물에 있는 완성형 형태의 형성평가 문제를 활용하여 학습 내용을 지속적으로 평가하였다. 그러나 이런 형성평가의 경우 학생들의 개념 이해를 직접적으로 점검할 수 없었고, 그 결과가 수업에 반영되기도 어려웠다. 형성평가에 대한 B교사의 지식은 매 시간 학습한 정도를 확인하는 '계획된 형성평가'(planned formative assessment, Cowie & Bell 1999)에 국한되어 있어서 학생들의 학습 목표 도달 수준에 따라 수업 과정을 조절하거나 적절한 피드백을 줄 수 없는 한계를 가지고 있었다. '상호작용적인 형성평가'(interactive formative assessment, Cowie & Bell, 1999)는 학생들의 반응이 없을 것을 우려하여 충분히 활용하지 못하고 있었다.

R: (수업의) 마무리는 이제 문제 풀이를 했죠? 형성평가문제 풀고 성운성단 표 채워 넣기 이렇게 했던 거죠. 선생님이 수업시간에 형성평가를 참 많이 해요, 매 시간마다 있잖아요. 그런데 그거 왜 하셨어요?

B: 시험 문제를 이것과 크게 다르지 않게 내야 한다고, 애들이 익숙한 문제에서 출제하자고 해서.

R: 근데 일반적으로 형성평가라고 하는 것은 어떻게 하는 걸까요?

B: 학습 목표에 맞게 아이들이 정말 이 학습목표에 도달했는지 확인하는 게 형성평가 아닌가요? 저는 항상 이런 식으로 배워 와서.

R: 형성평가의 기본적인 목적은 수업의 속도를 조절하는 거잖아요 중간 중간에 어느 정도 도달했는지 보고 거기에 대한 피드백을 바로바로 줄 수 있게끔 하는 그런 거잖아요. 선생님이 간단하게 학생들에게 물어보는 것도 좋을 거 같아요.

B: 그럴 때 학생들이 (자기 의견을) 드러내면 피드백을 해 줄 수 있는데 물어봤을 때 대답 안하는 애들이 대다수잖아요. 모르면 대답 안 하거든요.
(B교사의 회상자극면담 중에서)

H교사의 경우는 수업 도입에서 질문을 통해 수업 관련 내용을 언급 하였으나, 학생들의 선개념을 명시적으로 진단하는 모습이 드러나지는 않았다. 개방적 질문은 아니지만 학생들의 개념을 점검하기 위해 수업 중에 지속적으로 발문하였으며, 수업 마무리 단계에서 파워포인트 자료와 교과서 연습문제 풀이를 통해 학습 내용의 이해 정도를 확인하였다. 그러나 H 교사도 세 주제에 대하여 학생들의 메타인지 능력을 평가하는 수업 행동은 보여주지 못했다. Y교사는 수업 중에 학생의 개념 이해를 진단하거나 점검하기 위한 발문이나 활동은 거의 없었으며, 수업 후에 교과서 연습문제 풀이를 통해 학습한 내용을 복습 하였다. 일부 수업에서 학습한 내용에 대해 학생들에게 정리해보도록 발표를 시켰으나 이것을 학생들의 메타인지 능력을 평가하는 것으로 보기는 어려웠다.

3. 실행 측면에서 중학교 과학 교사 PCK의 특징

공간적 사고와 시스템 사고가 반영된 수업 실행의 양상을 중심으로 참여 교사의 수업에서 나타난 천문학적 사고 실행을 분석한 결과, 세 주제의 수업에서 교사에 따라 약간 차이는 있었지만 전반적으로 공간

적 사고와 시스템 사고의 반영이 미흡한 것으로 나타났다. 참여 교사들은 공간적 사고와 시스템 사고의 의미와 필요성에 대해 전혀 인식하지 못하고 있었으며, 천문 내용에 특이적인 실행에 대한 인식이 없는 상태에서 단지 천문학 개념만을 가르치고 있었다. K교사는 학생들이 교과서에 제시된 개념을 발표하는 형태로 수업을 진행하다 보니 천문학적 사고 실행이 반영되기 어려웠고, 실제로 교사 자신도 이 부분을 크게 고민하지 않고 있었다. Y교사는 지평 좌표계를 설명하면서 별의 위치와 방향에 대해 천구 모형만으로 설명하여 우주에서 바라보는 관점만을 제시하였고, 이것을 지구에서 보는 관점의 관측 사실과 연계시키지는 못하였다. 또한, 지구에서 관측되는 별자리를 별자리판에 적용하여 찾아보기 위해서는 공간 전환이 필요한데, 공간 전환에 대한 사고를 유도하지 못하고 별자리판만으로 설명하여 학생들은 교사가 시키는 대로 기계적으로 따라만 할 뿐 공간적 사고를 통한 개념 이해에 어려움을 겪는 모습이었다. 시스템 사고 측면에서도 이와 비슷한 양상을 나타내었다. Y교사는 시간에 따라 별자리가 어느 방향으로 어떻게 이동해가는지 별자리판을 돌려가면서 확인하도록 하였는데, 패턴을 파악하기 보다는 시간에 따라 별자리가 이동해간다는 사실에 천착하여 지도하고 있었다.

Y: 둘이 하나 받으세요. 지금 선생님이 여러분들한테 나눠준 것은 스타가이드라고 써 있었어요. 아는 사람은 조용히. 모르는 사람은 사용법부터 알아야겠죠. <중략>. 근데 시간을 한번 늦춰봅시다. 10시에 한번 맞춰볼까요. 그럼 이걸 어떻게 돌려야 돼? 뒤에 있는 동그라미 판을 어떻게 돌려야 돼? 지금 저녁 8시에 맞춰놨잖아 10시로 맞추려면 어떻게 돌려야 되니? 뒤에 있는 판을 시계방향으로 돌려야 하니 반시계방향으로 돌려야 하니?

S: ...

Y: 아무 쪽으로 돌리면 안되는 게 시간을 거꾸로 돌릴 수는 없잖아. 고정해 놓고 시간을 뒤판을 돌려보라고 뒤판을 돌려서 몇 시로 가야하니 반시계방향으로 돌아가야 하지? 10시 22시 그다음에 2시간 더 돌려 볼게요 오리온자리가 어떻게 움직이는지 봐봐. 쪽 돌려봐 오리온 자리가 어디로 갔어? 움직이죠 돌리면서 봤지? 조금 있다가 다시 볼게니까 옆에다 내려놔주세요
(Y교사의 별자리와 별의 위치 수업 중에서)

천문학 내용을 가르칠 때 공간적 관점의 변환을 고려하지 못하는 모습은 B교사의 사례에서도 유사하게 발생하였다. B교사는 공간적 사고 수행보다는 관련된 개념을 학생들에게 전달하는 것을 중심으로 생각하고 있었다.

R: 선생님이 천구에서 (각 부분의) 명칭을 알려주는 것을 했어요. 천구의 명칭을 알려주면서 천정, 천저가 있고 남점, 북점 쪽 얘기했잖아요. 천구의 명칭은 우리가 경찰 때 어디에서 본 명칭일 거 같아요?

B: 지평선에서.

R: 지구에서 지평선에서 지면위에 서 있는 관측자가 내가 느끼는 위치인 거죠. 천정이고 북쪽이고 남쪽이고 동쪽이고 북점이고 이렇게 나오는 거잖아요. 그렇게 해서 천구의 명칭을 알려준 다음에 직접 천구를 들고서 "이게 뭐야, 뭐야, 뭐야" 설명을 했었던 말이에요. 그 두 과정이 어떻게 연결될 수 있을 거 같아요?

B: 애들이 개념을 습득하고 그걸 보면서 여기가 어디인지 알아맞힐 수 있게 개념을 다시 한 번 확인해 보는, 이렇게 생각을 했거든요. 시험 문제

나오면 그림이 그런 식으로 나오니까 그림에서 여기가 어디고 여기가 어디고 물으니깐 그것을 강조했을 거 같아요.

(B교사의 별자리와 별의 위치 수업에 대한 회상자극 면담 중에서)

한편, B교사가 천문학 수업에서 공간적 사고를 반영하지 못한 배경에는 교사 자신이 천문학을 공부할 때 공간적 사고를 바탕으로 학습하지 못한 경험이 있었다. 이런 상황은 사범대학의 교과내용학 강의에서 천문학적 사고 실행을 충분히 반영해야 한다는 방증이 될 수 있다.

R: 선생님 수업을 보면 방위각은 뭐다 고도는 뭐다 하고 그 정의를 칠판에 잘 적어 주셨어요. “방위각은 북점을 기준으로 해서 시계방향으로 해서 돌린 각이고 고도는 지면에서 높이 올라간 각이다”고 얘기를 했거든요. 방위각과 고도의 의미가 공간상에서 무엇인지를 학생들이 이해할 수 있었을까하는 생각이 드는데, 선생님은 어떻게 생각해요?

B: 저도 그렇게 받아들여서 그렇게 가르친 거 같아요. 지구과학2를 안 하고 바로 대학에 가서 다들 그런 이야기를 하는데 방위각은 뭐고 고도가 뭐야 이랬거든요.

R: 대학에서 처음 배운 거였나요?

B: 대학에서 배운 것도 아니고 혼자 공부해서 방위각이 뭐지 하고 지구과학2 교과서를 보고 방위각은 이거구나 고도는 이거구나 먼저 정의를 봤어요. 그 정의에 맞게 그림에서 이게 방위고 이게 고도구나 라고 기계적으로 학습을 한 거죠. 그리고 그대로 애들한테 가르친 거 같아요.

(B교사의 별자리와 별의 위치 수업에 대한 회상자극 면담 중에서)

이와 달리, H교사의 경우는 공간적 사고와 시스템 사고에 대한 인식을 하고 있지는 못하였지만 천문학적 사고 실행이 수업 과정에서 자연스럽게 반영되고 있는 모습이 종종 관찰되었다. 예를 들어, ‘연주시차’ 수업에서 H교사는 교실 공간을 지구의 공전 궤도에, 학생을 지구 관찰자로, 교사는 별 역할을 담당하여 상호작용함으로써 학생들이 직접 관찰한 시차를 이용하여 연주시차의 개념을 설명하였으며, ‘별자리와 별의 위치’ 수업에서는 교실 공간을 천구로 활용하여 지평좌표계의 방위각과 고도를 설명하였다. 이와 같은 수업 행동은 지구에서 바라본 관점에서 관측된 현상을 우주에서 바라보는 관점과 연관짓는 관점 전환의 공간적 사고가 적용된 것으로 볼 수 있다.

H: ○○씨가요 지구라고 하는거야. ○○이가 움직이자. 저쪽 벽 앞에 서시죠. 거기서 저를 바라봐주세요. 저는 안움직일게요. 제가 어딘스 것처럼 보여요? 앞에. 손으로. 과감하게 지적질. 그러면은 선생님이 우리 그때 가상의 하늘 기억나니? 모든 천체는 해도. 달도. 별도. 천왕성도. 시리우스도 다 어딘스처럼 보인다? 하늘에 둥근 가상의 면에 있는 것처럼 보인다라고 했죠? 이제 그 얘기를 하려고 해요. 손가락질을 다시 한번 하면 제가 칠판면에 어디쯤에 있는 것처럼 보입니까?

○○: 알림판쪽에

H: <중략> 아.. 거기쯤.. 어딘스 것처럼 보여요?

△△: 시간표.. 거기 시간표 말고 칠판에 써 있는 시간표.

H: 그러면 △△가 ○○이 위치를 그리면서 이걸 좀 갖다 붙여주실래요? 칠판에다 붙여주세요. 칠판에다가.. 둘이 싸인을 하시면서. 맞아? 정확히. 선생님 머리가 있는데. 됐어요? 이번엔 ○○아 그대로. 지금 발밑에 보이는 선 보이죠? 그 선을 따라 쪽쪽 걸어주세요. 거기선 선생님이 어딘스

것처럼 보여?

○○: 맨 끝에.

(H교사의 연주시차와 별의 거리 수업 중에서)

이러한 시도는 비록 H교사가 천문학적 사고 실행에 대한 의도적인, 그리고 의식적인 반영은 아니었지만 학생활동 중심의 구성주의 수업을 지향하면서 학생들이 직접 방위각과 고도를 몸으로 체험할 수 있게 지도하였다. 그 결과 학생들이 공간적 사고를 바탕으로 천문학 내용을 학습할 수 있게 해 준 것으로 볼 수 있었다. 이것은 천문 영역에서 학습 내용 전달 위주의 방식의 수업으로는 공간적 사고의 실행을 지원할 수 없다는 연구 결과(Plummer, 2014)와 일치하는 것으로, 효과적인 천문 수업을 위해서는 천문 개념과 실행이 조합된 교수 활동이 개발되어야 함을 시사한다.

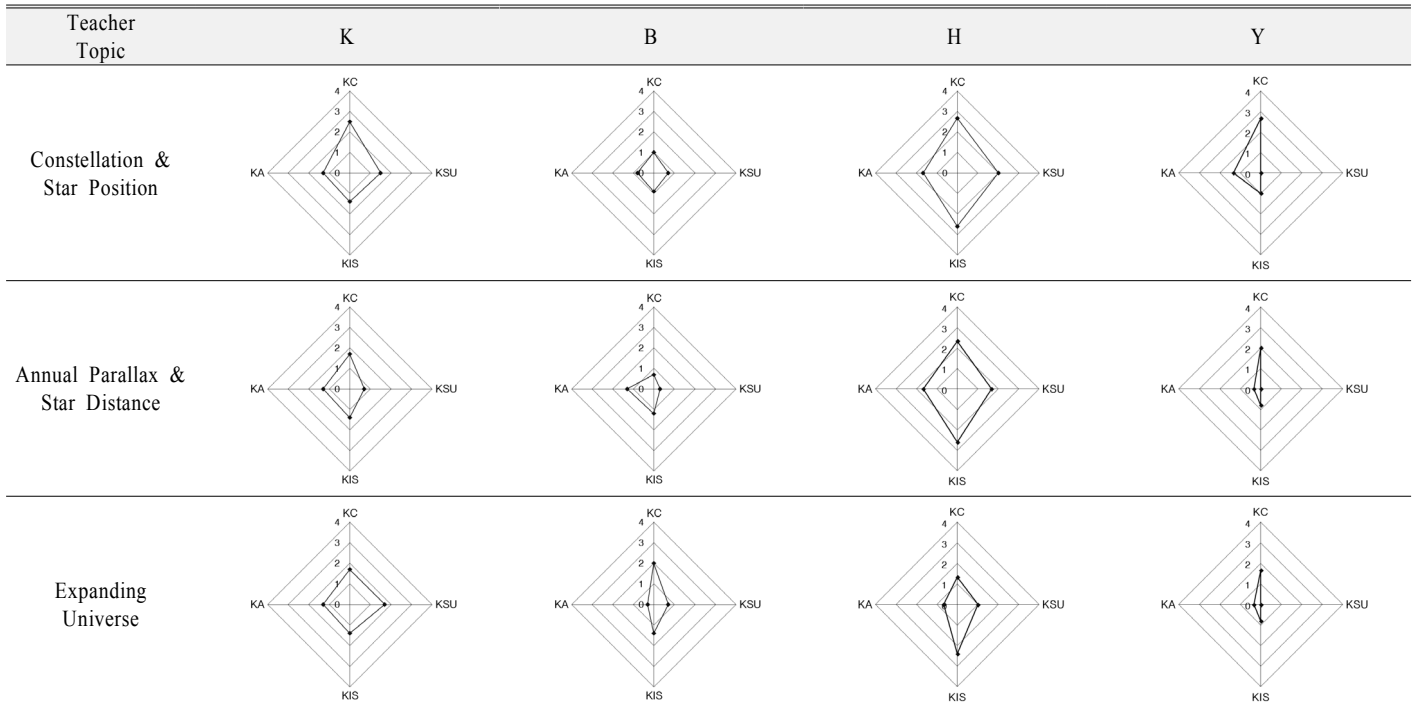
4. 천문 내용에 대한 참여 과학 교사들의 주제 특이적 PCK 수준 비교

수업 주제별 각 교사들의 PCK 수준을 양적으로 분석하여 비교하기 위해 Table 6과 같은 프로파일을 작성하였다. 프로파일 분석 결과, 4명의 참여 교사들은 주제에 따라 다른 형태의 프로파일을 나타내었으며, 동일 주제에 대해서도 서로 다른 PCK 수준을 나타내었다. PCK 구성요소별로는 교육과정(KC)과 교수전략(KIS)에 비해 학생이해(KSU)와 평가(KA)가 상대적으로 낮은 수준을 나타내었다.

K교사는 수업 진행 방식의 특성상 교수전략(KIS) 수준이 3개 주제에서 동일하였으며, 나머지 3개의 PCK 구성 요소들은 주제에 따라 조금씩 차이를 나타내었다. K교사는 학생 주도 지향을 가지고 있지만, 교육과정을 재구성하지 않고 교과서 있는 그대로 사용함으로써 수업 계열에 변화를 주거나 개념의 심화나 확장을 기대하기 어려웠다. 또한, 학생 발표를 통해 학생들의 선지식이나 학습 수준 등을 구체적으로 파악할 수 있다는 장점을 가졌음에도 불구하고, 교수전략과 적절히 연계되지 못함으로써 기대하는 교수 효과를 거두지 못한 것으로 보인다. 더구나 가르치는 내용에 천문학적 사고와 같은 실행을 조합시키기 위해서는 교사의 의도가 개입될 수밖에 없는데, 학생 발표 중심 수업의 특성상 교사의 개입 여지가 많지 않아 원천적인 한계를 가진다. 이것은 천문 내용에 특이적인 교수 지향을 갖고 있지 않기 때문인 것으로 해석된다. 예컨대, ‘별자리와 별의 위치’와 ‘연주시차와 별의 거리’ 주제는 지구에서 보는 관점의 관측 사실을 우주에서 보는 관점으로 설정한 천체 운동 시스템을 연계시키는 관점 전환의 공간적 사고와 패턴 파악이라는 시스템 사고가 요구되는데, 이에 대한 인식이 없어 교육과정의 다른 영역과 교수의 차별성이 드러나지 않았다.

B교사는 4개 PCK 구성 요소에서 전체적으로 낮은 수준을 나타내었으며, 학생이해(KSU)와 평가(KA)에서 상대적으로 더 낮은 수준을 보였다. B교사는 학업 성취 지향을 가지고 있으며, 학생 수준을 고려한 쉽고 단순한 접근이 학업 성취에 효과적이라는 생각을 가지고 있다. 이러한 지향의 영향으로 유인물과 문제풀이에 주로 의존함으로써 교육과정에 대해 제한된 지식을 가지고 있었으며, 교사 주도로 수업이 이루어짐으로써 적절한 정보 제공과 선개념을 고려하지 못하였으며, 부분적으로 수업 자료가 달라지긴 하였지만 전반적으로 주제의 특성이 고려되지 않은 동일한 교수 전략이 적용되었다. 실행 또한 전반적인 교수 방법의 영향으로 명시적으로 공간적 사고나 시스템 사고를 유발

Table 6. Participating teachers' PCK profile for each topic



하는 교수 활동이 나타나지 않았다. 세 주제에 필수적으로 포함되는 탐구 활동(별자리판 보기, 시차 측정, 풍선 모형 실험)은 모두 수행하였으나, 이를 관점 전환이나 패턴 파악과 같은 실행과 연결시키지는 못하는 모습이었다.

H교사의 경우는 나머지 3명의 교사들에 비해 전체적인 PCK 수준이 상대적으로 높았으며, 특히 교수전략(KIS) 요소에서 3개 주제 모두 높은 수준을 나타내었다. 하지만, 나머지 3개 요소는 주제에 따라 다소 차이를 보였다. H교사는 학생 참여 지향을 가지고 있어서 수업 활동에 학생들을 최대한 참여시키는 것이 흥미 유발이나 학습효과 면에서 더 효과적이라는 신념을 가지고 있었다. 따라서 이러한 교수 지향이 교육 과정, 학생 이해, 교수전략 지식에 직접적으로 반영되어 나타났으며, 이러한 교수활동에 대한 지식이 천문학적 사고실행과 유기적으로 연관되어 부분적이거나 천문학적 사고를 활용하여 개념을 이해할 수 있도록 수업을 진행하였다. 하지만, 이러한 특징이 세 수업 주제에서 공통적으로 나타난 것은 아니었으며, 주제의 특성에 따라 다소 편차가 있었다. 특히, ‘우주의 팽창’ 주제는 다른 주제에 비해 교수 지향의 반영 정도가 낮았으며, 풍선 모형 활동에만 집중함으로써 공간적 사고나 시스템 사고가 적절히 조합되지 못하였다.

Y교사는 전체적으로 PCK 수준이 낮았으며, 4개 구성 요소 중에서는 특히 학생 이해(KSU)가 3개 주제 모두에서 매우 낮은 것으로 분석되었다. Y교사는 교사 주도의 내용 전달 지향을 가지고 있어서 강의를 통한 과학 개념과 기능의 습득을 추구하였다. 천문 내용에 특이적인 교수 지향이 부재한 연유로 주제에 따른 특징적인 교수 활동이나 의도가 나타나지 않았다. 예를 들어, ‘별자리와 별의 위치’ 주제에서는 별자리판의 활용에 많은 시간을 할애하였으나 관리 중심의 강의식 진행으로 공간적 사고나 시스템 사고가 조합될 여지가 없었다. 학생들은 교사가 시키는 대로 기계적으로 별자리판의 손잡이를 돌려 시간을 맞추나 이것이 실제 밤하늘과 어떻게 연결되는지에 대한 관점 전환이나 별자리판에서 별자리 움직임의 패턴을 파악하는 사고 활동의 기회를 갖지

못하였다. K교사의 세 주제에 대한 내용 지식은 다른 교사들에 비해 오히려 높은 수준이었으나, 이것이 PCK와 적절하게 연결되지 못하였으며 ‘우주의 팽창’ 주제는 지나치게 심화된 내용을 다루는 문제점도 발견되었다.

Figure 3은 주제에 따른 참여교사들의 PCK 수준을 구성요소별로 비교한 것으로, t1, t2, t3은 각각 수업 주제인 별자리와 별의 위치, 연주시차와 별의 거리, 우주의 팽창을 의미한다. 교육과정 지식의 경우, 평균적으로 가장 높은 수준이었으나 주제에 따라 상당한 차이가 있었다. t3은 교사에 따른 차이가 크지 않은 반면 t1과 t2는 교사에 따른 차이가 크게 나타났다. 학생이해 지식과 교수전략 지식은 주제에 따른 차이가 상대적으로 크지 않았다. 특히 교수전략 지식의 경우 3개 주제 모두에서 거의 유사한 경향성을 나타내었다. 하지만 교사에 따른 차이는 3개 주제 모두에서 크게 나타났다. 평가 지식은 3개 주제 모두 낮은 수준이었으며, 교사에 따른 차이도 크지 않았다. 이와 같은 결과는 기존 연구들(Magnusson *et al.*, 1999; Park & Chen, 2012; Lee, 2009)에서 보고되었던 PCK의 주제-특이성(topic-specificity)이 확인된 것으로 볼 수 있으며, 교사에 따라 PCK 구성 요소 수준의 차이가 크다는 Kwak and Choi (2012)의 연구 결과와도 일치한다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 중학교 2학년 ‘별과 우주’ 단원의 3개 주제에 대한 중학교 과학 교사들의 PCK 수준은 어떻게 나타나는지, 지식과 실행 측면에서 천문 내용에 대한 중학교 과학교사들의 PCK 특징은 구성요소별로 어떻게 나타나는지 분석하였다.

천문 내용에 대한 주제별 및 교사별로 PCK를 양적으로 분석하여 비교하기 위해 PCK 프로파일 작성하여 분석한 결과, 동일 교사가 할 지라도 주제에 따라 다른 형태의 PCK 프로파일을 나타내었으며, 동일 주제에 대해서도 교사에 따라 서로 다른 PCK 수준을 나타내었다. 또

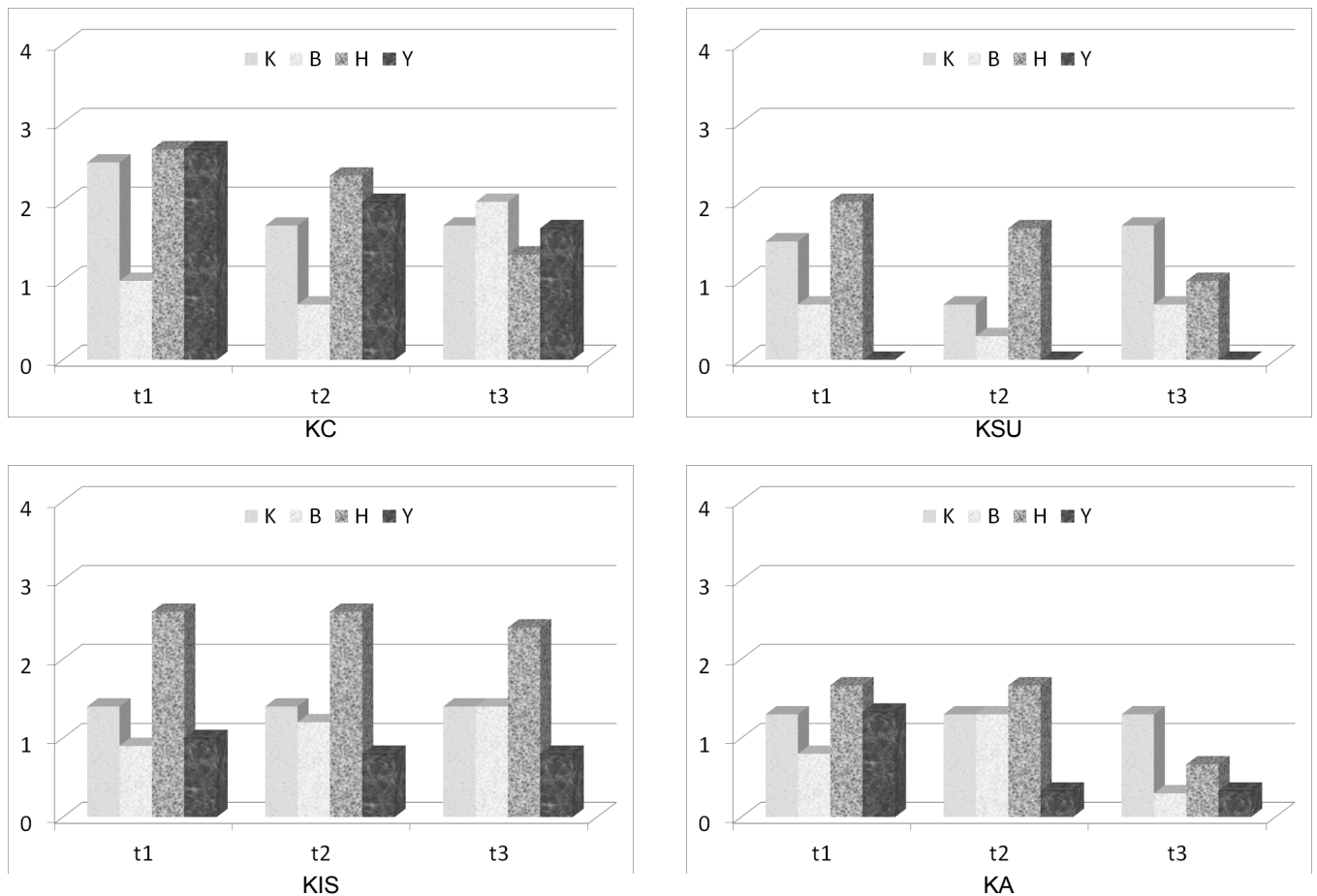


Figure 3. Participating teachers' PCK scores for each component across topic (t1: constellation & star position, t2: annual parallax & star distance, t3: expanding universe. K, B, H, and Y stand for the participant teachers.)

한, PCK 구성 요소별로도 주제 및 교사에 따라 상이한 수준을 나타내었다. 이와 같은 결과는 천문 내용에 대한 PCK의 주제-특이성을 확인해줄 뿐만 아니라 주제별로 PCK 구성 요소의 가설적 발달과정(hypothetical progression) 개발의 가능성을 시사한다. 다시 말해, 학습자의 가설적 발달 경로를 의미하는 학습발달과정(learning progression)(Maeng et al., 2013; Duschl et al., 2011)과 같이 수업 분석 결과를 토대로 구성 요소별 교사 PCK 발달과정을 하위 정착점(lower anchor), 중간 단계(intermediate steps), 상위 정착점(upper anchor) 수준으로 구분하여 설정함으로써 예비 교사나 초임교사들에게 적절한 수업 스케폴딩의 기능을 할 수 있는 경험적 근거를 제공할 수 있을 것이다.

지식 측면에서 중학교 과학 교사 PCK의 특징을 구성 요소별로 분석한 결과는 다음과 같다:

첫째, 4명 참여 교사들의 수업에서 천문 내용 교수에 특이적인 교수 지향은 나타나지 않았으며, 영역-일반적인(domain-general) 과학 교수 지향을 지니고 있는 것으로 분석되었다. 2명의 참여교사는 학생 중심의 구성주의적 교수 지향으로 분류되었으나, 구체적인 유형에는 상당한 차이가 있었다. 그 중 한 명의 교사는 학생들이 과학에 흥미와 관심을 가질 수 있도록 하기 위해 교사가 최대한 학생들의 수업 참여를 유도해야 한다는 믿음을 가지고 있었으며, 다른 한 명은 교사는 보조자로서 역할을 하고 학생들이 주도적으로 수업을 이끌어가는 것이 학습에 더 효과적이라는 생각을 가지고 있었다. 또 다른 2명의 참여 교사는 교사 중심의 전통적인 교수 지향으로 분류되었는데, 면담 결과 이 교사들이 생각하는 바람직한 교수 지향과 실제 수업에서 발견되는 교

수 지향과 불일치하였다. 이 교사들은 학생들의 낮은 수준과 같은 교사가 근무하는 학교의 상황이나 많은 학생 수, 시험에 대한 부담 등의 현실적인 제약 때문에 이러한 불일치가 생긴 것으로 답하였는데, 이것은 초임 과학 교사들의 과학 교수 의도(intention)와 실제(practice) 간에 큰 차이가 있다는 Ko et al.(2009)의 연구 결과와 같은 맥락으로 해석될 수 있다. 천문 영역의 경우는 지식 이외에도 천문학적 사고와 같은 실행 능력이 동반되어야 하므로 과학 교사가 영역-특이적인 교수 지향을 갖는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 과학 교사들이 지식과 실행이 조합된 교수 지향을 가질 수 있도록 예비교사 교육프로그램이나 현직 교사 연수 프로그램이 구성될 필요가 있다.

둘째, 교육과정 지식 분석 결과, 교육과정에서 포함하고 있는 핵심 개념과 그에 대한 이해도에는 차이가 없었으나, 핵심 개념의 확장 정도와 학습 내용의 제시 순서인 교수 계열에는 상당한 차이가 있었다. 교육과정 지식의 수준이 높은 교사는 핵심 개념에 대해 교과서 이외의 다양한 상황을 적용함으로써 개념의 확장을 시도하였으나, 그렇지 않은 교사는 교과서 이외의 상황을 도입하지 못하였으며 교과서 그대로의 내용 전달에 집중하는 경향을 나타내었다. 이것은 교과서를 통해 내용을 학습하는 교사는 교과서 수준을 넘지 못하며, 내용에 대한 심층적인 이해가 없어 탐구-지향적인(inquiry-oriented) 수업을 수행할 능력이 부족하다는 Shulman(1987)의 주장과 일맥상통하는 것으로 볼 수 있다. 또한, 특정 주제에 대한 참여 교사들의 교수 계열이 서로 다른 것으로 나타났는데, 천문 교육에서 교수 계열은 학습자의 개념 이해에 유의미한 차이를 나타내는 요인으로 작용할 수 있다(Plummer, 2014)

는 점을 감안할 때, 이와 같은 분석 결과는 교수 계열이 교사의 PCK 수준을 가늠하는 척도로 활용될 수 있음을 시사한다.

셋째, 학습자 이해 지식은 참여 교사에 따라 많은 차이가 있었으며 이는 교사의 과학 교수 지향의 영향을 많이 받는 것으로 분석되었다. 하지만, 주제에 따른 학습자 이해 지식의 차이는 크지 않았다. 학습자 이해 지식의 수준이 높은 교사는 수업의 도입부에서 학생들의 생각을 이끌어내려 하였으며, 학생 수준에 적절한 다양한 정보를 제공하였다. 또한, 수업 중 학생 질문의 요점을 순발력있게 파악하여 이에 적응적(adaptive)으로 수업을 조절하였다. 반면, 학습자 이해 지식의 수준이 낮은 교사는 학습 내용에 대한 학생들의 선개념이나 어려움에 대한 고려없이 교사 주도로 수업을 진행하였다 이 때문에 학생 수준에 적절한 정보가 시의적절하게 제공되지 못하였으며 수업 중 학생들의 반응과 관계없이 계획된 수업을 진행하였다. 이와 같은 결과는 PCK 수준이 높은 교사가 학습 내용과 관련된 학생들의 선개념과 어려움을 더 잘 파악하고 있다는 Lee(2013)의 연구 결과와 일치하는 것으로, 효과적인 수업을 위한 출발점이 학습자 이해 지식임을 다시 한번 확인시켜 준다.

넷째, 교수 전략 지식은 교사에 따라 상당한 차이가 있었으며, 주제에 따라서도 많은 차이를 나타내었다. 이와 같은 차이는 개별 교사의 교수 지향에 의한 것으로 분석되었다. 교수 전략 지식 수준이 높은 교사는 주제에 특이적인 다양한 수업 방법과 자료를 활용하였으며, 학생들의 흥미와 관심 유발을 위해 지속적으로 학생들과 상호작용하였다. 반면, 교수 전략 지식 수준이 낮은 교사는 수업 방식이 단순하고 수업 자료의 활용이 제한적이었으며, 학생들과의 상호작용 없이 교사 주도의 강의식으로 일관하였다. 이와 같은 결과는 해보기 학습 활동, 적절한 설명, 비유나 예시의 활용을 많이 하는 PCK가 풍부한 교사가 학생들의 이해를 보다 촉진시킬 수 있다는 Halim(2009)의 연구 결과와 같은 맥락에서 이해될 수 있다. 다시 말해 교사의 제한된 PCK는 Y교사의 사례처럼 출판사 등에서 제공되는 디지털 교과서나 PPT와 같은 교수 자원(teaching materials)에 전적으로 의존하게 되는 원인이 된다는 것이다.

다섯째, 평가 지식은 교사에 따른 차이가 크지 않았으며, 참여 교사들은 주제에 특이적인 평가를 수행하고 있지는 않았다. 또한, 다른 PCK 구성요소들에 비해 전반적으로 수준이 낮은 것으로 분석되었다. 참여 교사들의 수업에서는 명시적인 선개념 진단 활동이 나타나지 않았으며, 메타인지에 해당하는 수업 활동 또한 찾아보기 힘들었다. 이와 같은 결과는 참여 교사들이 형성평가를 수업 후 학습 내용의 마무리 및 복습이라는 소박하고 단순한 관점을 가지고 있으며, 수업의 전 과정에서 이루어지는 학습을 도와주는 수단으로써 형성평가를 인식하고 있지 못함을 의미한다.

실행 측면에서 중학교 과학 교사들의 PCK 특징을 분석한 결과, 참여 교사들의 천문 수업에서 공간적 사고와 시스템 사고의 반영이 매우 미흡하였으며, 천문학적 사고의 존재나 필요성에 대해 전혀 인식하지 못하고 있었다. 천문 내용의 효과적 교수를 위해서 실행 측면이 강조되어야 함에도 불구하고 4명의 교사들은 -개인차가 있긴 하지만- 핵심 개념을 이해하기 위해 필요한 지식에만 초점을 두고 있었다. 이것은 과학 수업에서 지식과 더불어 과학적 사고와 탐구능력과 같은 실행 능력이 강조되어야 함에도 불구하고 대부분의 과학 교사들이 지식 전달에만 집중하고 있다는 Lee and Hur (2013)의 연구 결과와 일치하는

것이다.

위와 같은 연구를 바탕으로 효과적인 천문 교육과 이와 관련된 교사 PCK 발달을 위한 제언을 하면 다음과 같다:

첫째, 천문 영역에서 주제별로 PCK 구성 요소의 가설적 발달과정 개발이 필요하다. 숙련된 교사들이 오랜 교수 경험을 통해 발달시킨 교수와 관련된 노하우가 체계적으로 전수되지 못하고 있으며, 수업에 바로 활용할 수 있는 PCK의 구체적인 예 또한 많지 않다(Jang & Choi, 2010). 이 연구에서는 4명 교사의 수업을 대상으로 하였지만 더 많은 교사들의 수업 분석이 이루어진다면 정교화된 교수 발달과정(teaching progression)이 개발될 수 있을 것이다. 이렇게 개발된 교수 발달과정은 예비 교사와 현직 교수의 수업 전문성 향상을 위한 스캐폴딩 자료로 활용될 수 있다.

둘째, 효과적인 천문 교육을 위해 수업에서 실행(천문학적 사고)의 중요성에 대한 인식이 필요하며, 교사 PCK에서 지식과 실행의 조합이 보다 강조되어야 할 것이다. 특히 과학 교사들이 지식과 실행이 조합된 교수 지향을 갖도록 하는 것이 중요하다. 지식 전달 위주로 이루어지는 전통적 강의식 수업으로는 이러한 실행 측면이 반영되기 어렵다. 그러므로 과학 교육과정에서 실행에 대한 강조가 선행되어야 하며, 교수 학습과 평가에서도 이에 따른 조정(coordination)이 이루어져야 할 것이다.

국문 요약

PCK는 본질적으로 영역-특이적이며 주제-특이적인 교사 전문성 지식이라는 전제 하에, 이 연구에서는 현직 중학교 과학 교사들을 대상으로 교사 지식 및 실행 측면에서 천문 내용에 대한 주제-특이적 PCK를 분석하였다. 이를 위해 4명의 중학교 과학 교사를 대상으로 8학년 '별과 우주' 단원의 3개 주제(별자리와 별의 위치, 연주시차와 별의 거리, 우주의 팽창)에 대한 수업을 관찰하고 녹화하였으며, 녹화 후 참여 교사의 교수학적 생각을 심층적으로 분석하기 위해 비디오 자극 회상 면담을 실시하였다. 수업 녹화 및 교사 면담 자료는 모두 전사하여 분석에 활용하였다. 양적 및 질적으로 통합된 수업 분석을 위한 PCK 분석 프로토콜을 개발하였으며, 이를 적용하여 PCK 수준과 구성요소별 특징을 분석하였다. 연구 결과, 참여교사들은 주제에 따라 구성요소에 따라 다양한 PCK 수준을 나타내었으며, 과학 교수 지향이 참여 교사 PCK의 특징을 형성하는데 중추적인 역할을 한다는 것을 알 수 있었다. 또한, 천문 영역에 특이적인 실행인 천문학적 사고(공간적 및 시스템 사고)가 가르치는 핵심 개념에 적절하게 조합되지 못하는 것으로 분석되었다. 이러한 연구 결과를 토대로 과학 교사 전문성 계발을 위한 PCK 발달과정 연구의 함의를 논의하였다.

주제어 : 교수학적 내용 지식, 과학 교사, 천문 교육, 교사의 지식과 실행

References

- Bang, E., & Paik, S. H. (2012). Analysis of middle school science teachers' orientations toward teaching science based instructional strategies. *Journal of the Korean Chemical Society*, 26(2), 274-289.

- Borko, H., & Putnam, R. T. (1996). Learning to Teach. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 673-708). New York, NY: Simon & Schuster Macmillan.
- Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy press.
- Calderhead, J. (1981). Stimulated recall: A method for research on teaching. *British Journal of Educational Psychology*, 51, 211-217.
- Cowie, B., & Bell, B. (1999). A model of formative assessment in science education, *Assessment in Education*, 6(1), 101-116.
- Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York, NY: Teachers College Press.
- Halim, L. (2009). Research on pedagogical content knowledge in Malaysia. In O. De Jong & L., Halim (Eds.). *Teachers' professional knowledge in science and mathematics education: Views from Malaysia and abroad* (pp.35-51). Selangor: Faculty of Education, The National University of Malaysia.
- Jang, H. S., & Choi, B. S. (2010). A case study on the development of science teachers PCK through development of content representation (CoRe): Focusing on 'molecular motion' for 7th grade class. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 30(6), 870-885.
- Keeley, P. (2008). *Science formative assessment: 75 practical strategies for linking assessment, instruction, and learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Kim, C. J., Maeng, S. H., Cha, H. J., Park, Y. S., & Oh, P. S. (2006). A case study of the interaction between a novice science teacher and an experienced teacher: Priorities about science teaching and motivational ZPD. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(3), 425-439.
- Kim, K. S., Yoon, J. H., Park, J. A., & No, T. H. (2011). The components of pedagogical content knowledge considered by secondary science pre-service teachers in planning and implementing teaching demonstrations. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(1), 99-114.
- Ko, M. R., Nam, J. H., & Lim, J. H. (2009). Two case studies of the development of beginning science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 29(1), 54-67.
- Kwak, S. W., & Choi, B. S. (2012). The level of secondary school science teachers' PCK on density and the characteristics of eight aspects of CoRe by the level of PCK. *Journal of the Korean Chemical Society*, 56(1), 128-135.
- Kwak, Y. S. (2008). Research on characteristics of teacher professionalism by the type of science pedagogical content knowledge. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(6), 592-602.
- Kwak, Y. S. (2009). Research on the effects of subject matter knowledge (SMK) on pedagogical content knowledge (PCK) of secondary beginning science teachers in classroom teaching. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 29(6), 611-625.
- Lee, K. Y. (2009). An analysis of Earth science teachers' topic-specific pedagogical content knowledge: A case of pre-service and in-service teachers. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 30(3), 330-343.
- Lee, K. Y. (2013). An analysis of the association between subject matter knowledge and pedagogical content knowledge for science teachers: The case of Earth science teachers' lesson on atmospheric pressure. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(6), 1219-1236.
- Lee, Y. M., & Hur, J. C. (2013). Characteristics of pre-service teachers' PCK in the activities of content representation of boiling point elevation. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(7), 1385-1402.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- 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, 370-391.
- Maeng, S. H., Seong, Y. S., & Jang, S. H. (2013). Present states, methodological features, and an exemplar study of the research on learning progressions. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(1), 161-180.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of PCK. In Gess-Newsome J. & Lederman N. G.(Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 95-132.
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3-11.
- Meade, P., & McMeniman, M. (1992). Stimulated recall: An effective methodology for examining successful teaching in science. *Australian Educational Researcher*, 19(3), 1-18.
- Min, H. J., Park, C. Y., & Baek, S. H. (2010). An analysis of beginning science teachers' pedagogical content knowledge through the teaching practice. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 30(4), 437-451.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nitko, A. J. (1995). Is the curriculum a reasonable basis for assessment reform? *Educational Measurement: Issues and Practice*, 14, 5-10.
- Oh, P. S., Lee, S. K., Lee, K. H., Kim, C. J., Kim, H. B., Jeon, C. H., & Oh, S. D. (2008). Methodological review of research literature on the expertise of science teachers. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(1), 47-66.
- Park, J., Park, Y-S., Kim, Y., Park, J., & Jeong, J-S. (2014). The development of the Korean teaching observation protocol (KTOP) for improving science teaching and learning. *Journal of Baltic Science Education*, 13(2), 259-275.
- Park, S., & Chen, Y-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941.
- Park, S., & Oliver, S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professional. *Research in Science Education*, 38, 261-284.
- Piburn, M., Sawada, D., Turley, J., Falconer, K., Benford, R., Bloom, I., & Juddson, E. (2000). *Reformed teaching observation protocol (RTOP) Reference manual*. ACEPT Technical Report No. IN00-3. Phoenix, AZ: Arizona Board of Regents.
- Plummer, J. D. (2014). Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression. *Studies in Science Education*, 1-45. Advance online publication. DOI: 10.1080/03057267.2013.869039
- 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.
- So, K. H. (2003). Reconceptualization of teacher professionalism: Exploration of new directions. *Curriculum Studies*, 21(4), 77-96.
- 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, 137-158.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673-695.
- Wainwright, C. L., Flick, L. B., & Morrell, P. D. (2003). Development of instruments for assessment of instructional practices in standards-based teaching. *Journal of Mathematics and Science: Collaborative Explorations*, 6(1), 21-46.