

한 초등 경력교사의 과학수업에서 나타나는 과학 교수지향과 PCK 요소들 사이의 관련성 탐색 -물체의 운동과 빛과 렌즈 단원을 중심으로-

신채연, 송진웅*
서울대학교

A Study on Science Teaching Orientation and PCK Components as They Appeared in
Science Lessons by an Experienced Elementary Teacher:
Focusing on 'Motion of Objects' and 'Light and Lens'

Chaeyeon Shin, Jinwoong Song*
Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 April 2021

Received in revised form

27 April 2021

13 May 2021

Accepted 13 May 2021

Keywords:

PCK, elementary school teacher,
motion of objects, light and lens,
science teaching orientation

ABSTRACT

This study aims at exploring the features of science teaching orientation (STO) and its relationships with other PCK (pedagogical content knowledge) components. To do this, based on the definition of STO by Friedrichsen, Driel, & Abell(2011) and PCK model by Magnusson, Krajcik, & Borko(1999), we observed one experienced elementary teacher's science lessons for 21 lesson hours (10 hours of 'Motion of Objects' and 11 hours of 'Light and Lens') and carried out qualitative analyses of the data obtained from lessons observation, teacher interviews, and CoRe (content representation) responses. We analyzed the teacher's three aspects of STO (i.e. beliefs about the goals and purpose of science teaching, beliefs about the nature of science, and beliefs about science teaching and learning) which can converge into an overall STO of 'inquiry'. And these aspects of STO appear to interact differently with four PCK components (i.e. curriculum knowledge, learner knowledge, instructional knowledge, and assessment knowledge) depending on the topic of the lesson. It is hoped that this in-depth understanding of the features of STO and its relationship with other PCK components would provide useful information on how to monitor and improve STO and PCK of elementary teachers.

1. 서론

사회의 변화와 가르침의 복잡한 특성은 교사에게 가르치기 위한 더 많은 준비와 교육학적 전문성을 요구하고 있다(Garritz, 2013). 교사는 학생들의 성취에 영향을 미치는 가장 중요한 요인 중 하나이므로 교사의 전문성을 포착하고 발전시키고자 하는 노력은 그 무엇보다 중요하다. 과학 내용 전문가와 구별되는 교사가 갖는 지식인 PCK¹⁾ (pedagogical content knowledge) (Shulman, 1986)는 지난 30년 동안 과학 교사의 전문성을 판단하고 발달시키기 위한 유용한 틀이 되어 왔다. Shulman(1986)이 제안한 PCK는 어떤 비유, 예시, 은유, 실험이 특정 배경을 가진 학생들에게 특정 주제를 이해시키는 데 가장 효과적인 방법인지를 결정하도록 돕는 지식에 해당한다. 이후 그는 PCK를 '교사의 지식 기반(the knowledge base for teaching)' 중 하나로 포함시켰다(Shulman, 1987). 이는 경험이 많은 교사는 가르치기 위해 자신이 가진 지식을 구조화하고 학생의 특정 과학 개념 이해를 돕기 위해 이를 사용한다는 것을 뜻한다(Cochran, DeRuiter, & King, 1993).

Shulman(1986)이 PCK를 도입한 이후 PCK와 그 요소에 대한 많은 연구가 있었다. 이에 PCK에 대한 의미 규정은 Shulman의 정의를 따르면서도 하위 요소나 그 특징은 연구자마다 차이가 있다(Kwak, 2008). 그렇지만 대부분의 연구자들은 Shulman(1986)의 PCK 모델에서 두 가지 요소를 추가하였는데, 정서적 요소를 제외하고, 교육과정 에 관한 지식(Grossman, 1990)과 평가에 관한 지식(Tamir, 1988)이 그것이다. 특히 과학 교사를 대상으로 하는 PCK 연구는 대부분 PCK의 구성요소와 특성을 탐색하였다(Abell, 2008). 이를 통해 교사가 교수를 계획하고 실천하는 과정에서 요소 간 상호작용이 중요한 역할을 한다는 것이 알려져왔다(Abell, 2008; Grossman, 1990; Kaya, 2009; Van Driel, Verloop, & De Vos, 1998). 하지만 각 PCK 요소의 지식들만으로는 효과적인 교수가 이루어지기 힘들며, 높은 수준의 PCK를 가지고 있는 교사들은 PCK 요소 간 상호작용이 복잡하게 나타난다는 보고가 있다(Aydin *et al.*, 2015; Henze, Van Driel, & Verloop, 2008; Park & Oliver, 2008).

Grossman(1990)은 Shulman(1987)이 제안한 '교사의 지식 기반'을 종합하고 재배열하여 교사 지식 모델을 제안하였는데, 이는 PCK를

* 교신저자 : 송진웅 (jwsong@snu.ac.kr)

1) pedagogical content knowledge는 국내에서 내용교수지식, 교수내용지식, 교과내용 교수지식, 교수학적 내용지식, 교과교육학 지식 등으로 다양하게 번역되어 사용되나 본 논문에서는 영문 약자인 PCK로 사용하고자 한다.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2021.41.2.155>

비롯하여 내용 지식, 일반 교육학 지식, 상황 맥락 지식으로 구성된다. 그의 교사 지식 모델에서 PCK는 중앙에 위치하며 다른 세 영역에 영향을 줌과 동시에 영향을 받는 영역으로 그려지고 있다. 또한 그는 PCK를 구성하는 요소들 중 ‘교과목 지도를 위한 목적 개념 (conceptions of purposes for teaching subject matter)’은 가르치는 것과 관련된 의사 결정을 이끄는 역할을 하여 학생 이해에 관한 지식, 교육과정 지식, 교수 전략 지식 등 다른 요소에 영향을 미치는 것으로 보았다. 이후, Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)는 Grossman(1990)의 ‘교과목 지도를 위한 목적 개념’을 ‘지향(orientation)’으로 바꾸어 부르고 이를 ‘특정 학년에게 과학을 가르치는 목적과 목표에 대한 교사의 지식과 신념’으로 정의하였다. Grossman(1990)의 모델과 마찬가지로, 그들의 PCK 모델에서도 과학 교수지향은 핵심적인 위치에 있으며, 다른 PCK 요소들에 영향을 미침과 동시에 다른 요소들의 영향을 받는 것으로 설명된다(Friedrichsen & Dana, 2005). Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)의 PCK 모델에서 ‘지향’이 갖는 이러한 중심적 역할과 이들의 모델이 과학 교사의 PCK와 관련하여 가장 영향력 있는 모델 중 하나라는 점에서(Campbell, Melville, & Goodwin, 2017), 교사의 실제적인 과학 수업을 통해 과학 교수지향이 어떻게 전개되는가를 면밀히 탐색하는 것은 과학 교사의 전문성을 이해하는데 있어 중요할 것이다.

교사의 지식과 교수 학습에 대한 신념이 수업에 영향을 미친다는 점은 신념이 한 개인의 생애에 걸쳐 내리게 되는 중요한 의사결정을 이해하는 데 가장 좋은 지표가 될 수 있다는 사실과 관련된다(Pajares, 1992; Rokeach, 1968). Nespore(1987)는 행동의 강한 예측 인자로 지식보다 신념의 영향이 더 크다는 결론을 내리기도 했다. 하지만, Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)는 지향과 다른 PCK 요소들이 서로 관련될 수 있다는 가능성에 대해 주장하고 교수 전략과 연관되는 9가지 지향을 제시하였을 뿐, 지향과 나머지 요소들 사이의 구체적인 관계를 밝히지는 않았다. 또한 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)가 제시한 9가지 지향의 기반인 되었던 논문들 사이에서도 지향의 정의와 의미가 일치하지 않으며, 연구 대상이 소수이거나, 일부 초등 교사를 대상으로 한 연구 결과를 중등 교사의 사례까지 포함시켜 적용하기에 무리가 있고, 교사의 지향과 관련된 실천적, 경험적 연구가 부족하다는 등의 지적들이 제기되었다(Friedrichsen, 2002). Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)은 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)의 모델을 인용한 63개의 문헌들 중 약 60%가 Magnusson, Krajcik, & Borko의 논문을 참조만 하였을 뿐 이들의 PCK 모델에 대한 언급조차 없었음을 밝히면서 지향에 대한 새로운 정의가 필요하다고 주장하였다. PCK 연구에 대한 문헌 분석과 실제적인 연구 결과에 기반하여, Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)은 지향을 서로 연관된 신념의 집합체로 보고 그것의 다차원적 정의를 제안하였는데, ‘과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념(beliefs about the goals and purpose of science teaching)’, ‘과학의 본성에 관한 신념(beliefs about the nature of science)’, ‘과학 교수학습에 관한 신념(beliefs about science teaching and learning)’이 그것이다.

이에 본 연구에서는 초등교사의 과학 PCK 전반에 대해 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)의 모델을 적용하여 이해하고, PCK 요소 중 특히 지향과 관련해서는 3가지 측면의 신념을 포함하는 Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)의 정의를 이용하고자 한다. 이중 ‘과학 교수의

목적과 목표에 관한 신념’은 ‘나는 왜 과학을 가르치는가’와 같은 질문과 관련된 것이다. ‘과학의 본성에 관한 신념’은 과학의 인식론 또는 과학 지식의 발달에 내재된 가치와 믿음과 관련된다(Lederman, 1992). ‘과학 교수 학습에 관한 신념’은 과학 학습에서의 교사와 학생의 역할, 학생들은 어떻게 과학을 배우는지에 관한 신념을 포함한다. 이러한 Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)의 모델은 교사 신념에는 서로 다른 측면들이 존재하며, 이러한 측면들이 교사의 수업 실천에 어떤 영향을 미치는지를 보여줄 수 있는 장점을 갖는다(Demirdögen, 2016).

하지만 Abell(2008), Kind(2009)가 지적한 것과 같이 지금까지의 PCK 관련 연구들은 예비교사 또는 신입교사에 집중한 반면, 경험이 풍부한 교사들이 지닌 PCK에 대한 분석적 이해는 여전히 부족하다. 또한 중등 과학 교사를 대상으로 가르치는 영역과 주제에 따른 PCK의 특징을 비교, 탐색한 연구는 있지만(e.g. Aydin *et al.*, 2014; Mavhunga & Rollnick, 2011; Park, Suh, & Seo, 2018) 초등 경력교사를 대상으로 특정 주제에 대한 PCK를 탐색하거나, PCK를 구성하는 각 요소들이 어떻게 상호작용하는지에 대해 탐색한 연구는 드물다. 따라서 초등교사가 과학을 가르칠 때 그의 PCK 요소들이 어떻게 상호 관련을 맺는지 살펴보는 일은 중등 과학교사와는 다른 초등교사의 과학 PCK의 본성을 밝히는 데 많은 도움이 될 것이다.

이 연구에서는 선행연구에서 보고된 것처럼 학생이 학습하기 어려워하는 동시에 교사 역시 가르치는 데 많은 어려움을 겪는 주제(e.g. Jung & Jhun, 2014; Kim & Yoo, 2019)이면서, 물리 영역 내에서 개념적 연결이 약하고, 이를 가르치는 교사의 높은 수준의 PCK를 필요로 하는 것으로 알려진 ‘물체의 운동’과 ‘빛과 렌즈’ 수업을 관찰하였다. 이를 통해 본 연구는 동일한 초등 경력교사가 두 주제를 가르칠 때, 그의 과학 교수지향과 다른 PCK 요소들 간에 어떤 관계가 있는지를 분석하여, 과학 교수지향과 PCK 요소들 사이의 관련성을 사례 연구를 통해 경험적으로 탐색하고자 한다.

이 연구의 질문은 다음과 같다.

- 첫째, 초등 경력 교사의 과학 교수지향은 어떠한 특징을 갖는가?
- 둘째, 초등 경력 교사의 과학 교수지향은 PCK 요소들과 어떤 관련을 맺고 있는가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자 및 연구 맥락

이 연구는 초등 경력교사의 과학 교수지향과 PCK요소와의 관련성을 탐색하기 위한 사례 연구로서 과학 수업 경력이 많고 교육과정 재구성을 통한 프로젝트 수업을 활발히 실천하고 있는 한 명의 초등 교사를 연구 사례로 선정하였다. 연구에 참여한 A교사는 서울 소재 S초등학교에서 6학년 과학을 가르치고 있으며 지난해 5학년 과학 교과전담에 이어 2년째 과학 교과전담을 맡고 있다. 그는 학부 과정에서 초등 과학을 심화 전공하였고 같은 전공의 석사학위를 가지고 있는 경력 21년의 교사이며, 학생 중심 과학 수업을 실천하는 초등 과학 전문가로 동료들과 소속 교육청 관내에 잘 알려진 인물이다. 연구 참여 교사에 대한 정보는 다음과 같다.

Table 1. Background information of the participant

Participant	Gender	Teaching experience	Undergraduate major	Master major
A	F	21 years	Elementary Science Education	Elementary Science Education

A교사의 이러한 배경 정보와 함께, 연구자가 2019년부터 그의 과학 수업 21차시를 관찰하고 면담하는 과정을 거치면서, 그는 수업 주제와 관련된 충분한 과학 내용 지식과 과학 지도에 대한 자신감이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 과학 수업에 대한 이러한 그의 자신감은 고등학교, 대학, 대학원으로 이어진 과학에 대한 지식적 관심과 과학 교수학습을 위한 개인적 노력, 과학 부장 업무 경험 등에서 비롯된 것이었다. 또한 그는 과학 수업에 대한 교사의 자신감이 학생의 과학 학습에도 영향을 미친다는 생각을 가지고 있었다. 이러한 점에서 초등교사들이 과학 수업을 꺼려하며 그 주요 이유는 불충분한 과학 배경 지식과 과학 수업에 대한 자신감 부족 때문이라는 일반적인 인식(Appleton & Kindt, 1999)과 A교사는 다소 상반된 사례라 할 수 있겠다. 더군다나 초등학교에서 A교사와 같이 2년 연속 과학 교과 전담을 맡는 사례는 흔하지 않다. 따라서 연구 참여자로서 A교사의 선정은 대표성인 아닌 그의 고유성에 기초한다고 할 수 있겠다(McMillan & Schumacher, 2001).

한편, A교사는 2019년부터 프로젝트 학습을 적용한 과학 수업을 실천하였다. 2019년에는 한 학기 또는 한 단원을 단위로 프로젝트 기반 과학 수업을 하였는데, 그 경험을 바탕으로 2020년에는 ‘과학 개념을 적용한 교육 게임(즉, 보드게임, 체험놀이, 온라인 게임 등) 만들기’를 주제로 일 년 동안의 과학 프로젝트 수업을 계획하였다. 하지만 본 연구의 설계 및 A교사의 과학 수업 계획 단계에서 예상하지 못했던 코로나19 사태가 발생하였으며, 이로 인해 거의 모든 수업이 온라인으로 전환될 수밖에 없었다. 그는 계획했던 프로젝트 수업을 실천하되, 온라인에서도 탐구 활동을 경험할 수 있도록 교과서 내용을 재구성하여 수업을 설계하고, 교사와 학생의 상호작용, 학생과 학생 간의 상호작용을 위한 다양한 온라인 협력 도구들을 수업에 활용하였다. 이에, 물체의 운동 수업은 교실에서, 빛과 렌즈 수업은 온라인에서 이루어졌다.

2. 자료 수집

이 연구는 사례에 대한 심층적 정보를 얻기 위하여 질적 자료에 의존하였다. 수업 관찰과 반구조화된 (사전 및 사후) 면담, CoRe 응답지 등이 주된 자료원이었다.

Loughran *et al.*(2001)이 개발한 CoRe(Content Representation)는 특정 과학 주제를 가르치는 경력 교사의 PCK를 표 형식을 사용하여 전체적으로 묘사할 수 있는 도구이다. CoRe는 교사에게 특정 학년의 특정 주제를 가르치는 것과 관련된 핵심 개념(Big idea)이 무엇인지 교사의 경험과 사전 지식을 바탕으로 작성하도록 요구한다([부록] 참조). 핵심 개념이란 교사가 판단하기에 학생이 특정한 주제를 이해하는 데 있어 핵심에 있다고 보는 개념을 의미하므로(Smith & Girod, 2003), CoRe를 작성하는 것은 특정 과학 주제를 가르치는 것과 관련된 교사의 PCK를 보다 구체적으로 보여줄 수 있다(Hume & Berry,

2010). 따라서 연구자는 A교사의 다른 PCK 요소들과 그의 과학 교수 지향이 어떤 관련을 맺고 있는지를 보여주기 위해서 이를 이용하였다.

교사 면담은 사전 및 사후로 진행되었다. 사전 면담은 주제 별로, 해당 주제의 수업 시작을 일주일 정도 앞두고 진행되었다. 연구자는 교사가 사전에 작성하여 모바일 메시지로 전달해 준 CoRe 응답지를 검토하고, PCK 요소와 관련된 각 질문에서 눈에 띄는 단어들(예를 들어, 생활 속, 경험 등)을 체크하고, 응답 내용과 관련하여 궁금한 내용을 메모하였다. 이를 바탕으로 사전 면담에서는 CoRe의 각 질문에 대한 A교사의 생각, 주제와 관련된 A교사의 수업 계획을 물었다. CoRe 응답지와 관련한 사전 면담은 약 60분정도 진행되었다. A교사의 과학 교수지향을 묻는 면담은 ‘물체의 운동’ 주제 수업 전에 한번 진행되었다. 이 면담에서는 Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)이 제안한 과학 교수지향을 구성하는 세가지 신념에 대해 묻는, 반구조화된 인터뷰를 진행하였다. 면담 질문은 초등학교생들에게 과학을 가르치는 목적과 목표, ‘과학은 객관적’이라는 말에 대한 교사의 생각, 효과적인 과학 수업을 위한 교사와 학생의 역할은 무엇인지 등이었다. 이 면담은 30분 정도 진행되었다. 사후 면담은 각 주제의 수업이 모두 끝나고 각각 1번씩, 관찰된 학생 활동의 특징과 이와 관련한 교사의 의도, 발문의 내용과 방법적 특징, 내용 설명을 위한 예시, 비유의 사용, 사전에 작성한 CoRe 응답지의 내용과 비교하였을 때 변경된 점과 그 이유 등에 대해 물었다. 사후 면담은 60분 정도 진행되었다. 면담은 면담자의 동의를 받고 녹음, 전사, 분석되었다.

관찰한 수업은 5학년 2학기 ‘4. 물체의 운동’ 10차시와 6학년 1학기 ‘5. 빛과 렌즈’ 11차시, 총 21차시였다. 각 단원의 학습내용은 Table 2와 같다. 5학년 ‘물체의 운동’ 수업에서 A교사에 의해 탐구 수업으로 재구성된 차시는 6차시부터 10차시였다. 교과서에 제시된 ‘속력과 관련된 안전장치와 안전 수칙에는 무엇이 있을까요?’와 ‘스마트 기기를 이용해 우리 학교 안내 지도 만들기’ 대신 ‘우리 학교에서 속력과 관련된 문제를 조사하고 이를 해결할 수 있는 방안 제시하기’로 바뀌어 수업하였다. 한편, 6학년 ‘빛과 렌즈’에서 A교사가 계획한 프로젝트 과제는 ‘렌즈를 이용한 체험놀이 만들기’였다. 그는 이 프로젝트를 ‘S초등학교 벤처 창업 대회’라 이름 붙이고 학생들이 제작한 렌즈를 이용한 체험놀이 중 창업 대회에 참가하기를 원하는 팀 또는 학생을 온라인으로 공모하였다. 7차시부터 11차시에 걸친 수업에서 학생들은 집에서 체험놀이를 만들고, 이를 사진 또는 동영상으로 촬영하여 ‘과학 교실 사이트’에 올리고 온라인 상에서 이를 친구들과 공유하는 시간을 가졌다.

물체의 운동 수업은 교실 앞과 뒤에 설치한 비디오카메라로 녹화하였으며 교사에게는 추가로 보이스코디어를 장착하였다. 연구자는 교실 뒤편에서 관찰하며 수업 관찰 기록지를 작성하였다. 수업 영상은 전사, 분석되었다. 빛과 렌즈 수업은 초등학교 온라인 수업 플랫폼인 e학습터에 올라온 수업 영상을 반복하여 시청하며 전사, 분석하였다. 또한 온라인 수업에서 하기 힘든 학생들과의 소통을 보완하고 관련 수업 자료를 업로드 하기 위해서 A교사가 만든 ‘과학 교실 사이트’와 그가 활용한 온라인 플랫폼을 함께 살펴보았다.

3. 자료 분석

교사 면담, CoRe 응답지, 수업 관찰을 통해 얻은 자료는 귀납적 분석과 연역적 분석으로 나뉘어 진행되었다(Patton, 2015). 먼저

Table 2. Description of lessons

단원	5-2-4. 물체의 운동	6-1-5. 빛과 렌즈
차시	학습 내용	
1	물체의 운동 나타내기 - 걸린 시간과 이동거리를 이용하여	햇빛이 프리즘을 통과하면 어떻게 될까요? - 간이 분광기 만들어 관찰하기
2	여러 가지 물체의 운동 비교하기 - 여러 물체의 빠르기 비교 - 빠르기 변하는 운동과 빠르기가 일정한 운동	빛은 공기와 물의 경계에서 어떻게 나아갈까요? - 투명한 컵을 이용한 빛의 굴절 실험
3	일정한 거리를 이동하는 물체의 빠르기를 물체가 이동하는 데 걸린 시간으로 비교하기 - 50m 달리기	볼록 렌즈에는 어떤 특징이 있을까요? - 주변에서 볼록 렌즈의 구실을 하는 물건을 찾아 관찰하기
4	일정한 시간 동안 이동한 물체의 빠르기를 이동한 거리로 비교하기 - 모형 자동차 경주	볼록 렌즈를 통과한 햇빛은 어떻게 될까요? - 볼록 렌즈를 통과한 빛과 평면 유리를 통과한 빛 비교하기
5	물체의 속력 나타내기 - 속력을 이동 거리를 걸린 시간으로 나눠서 나타내기 - 우리 생활에서 속력을 사용한 사례 찾기	간이 사진기로 물체를 보면 어떻게 보일까요? - 간이 사진기로 물체 관찰하기
6	속력과 관련된 안전장치와 안전수칙 조사 활동 안내 - 우리 학교에서 속력과 관련된 문제점 찾기 - 관찰을 통해서 학교 내에서 문제점 찾기 (재미있는 나의 탐구와 연계하여 과제 제시)	우리 생활에서 볼록 렌즈는 어디에 이용될까요? - 생활 속 볼록 렌즈를 찾아 온라인 학습방에 올리기 - 친구의 게시물에 댓글 달기
7	속력과 관련된 우리 학교의 문제점 발표 및 해결 방안 찾기 - 모둠 토의	과학 프로젝트 1 - 빛과 렌즈를 이용한 과학 체험 놀이 기획하기 - 과학 체험 놀이 기획서 작성 및 학습방에 업로드
8	속력과 관련된 우리 학교의 문제를 해결할 수 있는 방안에 대한 발표 준비 - 탐구 보고서 작성	과학 프로젝트 2 - 친구들의 과학 체험 놀이 아이디어에 피드백 주기
9	속력과 관련된 우리 학교의 문제해결 방안 발표 - 탐구 결과 발표	과학 프로젝트 3 - 친구들이 제작한 과학 체험 놀이 작품에 댓글 달기 - 작품 제작을 위한 사이언스 코인 모으기 및 과학 체험 놀이감 공모전 설명
10	4단원 정리	과학 프로젝트 4 - 과학 체험 놀이감 공모전에 참가한 친구들 작품에 편딩 하는 방법 설명
11	-	과학 프로젝트 5 - 공모전에 참가한 친구들의 작품 소개 및 편딩 방법

CoRe 응답지를 바탕으로 진행된 사전 면담과 교사의 과학 교수지향을 Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)의 과학 교수지향 정의에 따라 직접적으로 물었던 사전 면담 자료를 종합하여 A교사의 과학 교수지향을 귀납적으로 분석하였다. 전사한 면담 내용을 반복해서 읽으면서 Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)이 제안한 과학 교수지향의 세 측면의 정의와 관련하여 이에 답할 수 있고, 이를 드러낸다고 해줄 수 있는 부분을 추출하고, 이를 표시하였다. 그리고 이와 관련하여 A교사의 과학 교수지향을 가장 잘 표현할 수 있는 어구를 찾았다. 이러한 어구는 다시 상위 범주로 분류하고, 이에 이름을 붙이는 범주화 작업을 하였다(Yoo *et al.*, 2018). 예를 들어, 사전 면담에서 A교사가 프로젝트 수업을 계획한 이유로 “정말 종합적으로 실생활에서 다루어지고 있는 이런 과학을 보여주기 위해서는 단편적인 교과서 중심, 차시 중심의 수업은 의미가 없다는 생각이 먼저, 그게 있었기 때문에 프로젝트를 선택한 거죠”라고 말한 것을 ‘나는 왜 과학을 가르치는가?’라는 질문(과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념)에 대한 답이라 생각하여 이를 ‘실생활의 문제를 해결할 수 있는 과학, 과학은 실생활과 관련되어야 함’이라 코딩하였다. 이러한 과정을 반복함으로써 해당 어구들은 A교사의 과학 교수의 목적과 목표에 대한 신념을 나타내는 ‘과학과 일상생활과의 관계’로 범주화되었다. 또 하나의 예를 들면, 물체의 운동에 대해 A교사가 “이 단원은 정보를 요구하는 단원이 아니라 애들이 몸으로 느껴야 되잖아요”라고 설명한 것을 ‘학생들은

어떻게 과학을 배워야 하는가?’라는 질문(과학 교수학습에 관한 신념)에 대한 답이라 생각하여 이를 ‘학생들이 직접 체험하는 과학 수업’으로 코딩하고, 이러한 과정을 반복하면서 마지막에 참여 교사의 과학 교수학습에 관한 신념을 나타내는 ‘학생 중심 수업’으로 범주화하였다. 이렇게 파악한 교사의 과학 교수지향은 과학교육 전문가와 함께 논의하며 범주화의 타당성을 검토받았다.

과학 교수지향을 제외한 다른 PCK 요소들의 특징은 CoRe 응답지와 수업 관찰 자료를 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)의 PCK 모델에 따라 연역적으로 분석하였다(Table 3 참조). 이후 연구자는 반복적 비교 분석법(Glaser, Strauss, & Strutzel, 1968)을 통해 A교사의 과학 교수지향이 그의 수업 실천에서 다른 PCK요소들을 어떻게 지원하는지, 이들 사이에 어떤 관련이 있는지를 분석하였다. 그리고 이들의 관계를 드러낼 수 있는 도식을 과학 교수지향을 중심으로 구성하였다. 이렇게 구성된 도식을 이메일로 공유하고 이에 대한 연구 참여자의 의견을 우선으로 수렴하여 이를 자료 분석에 추가로 반영하였다.

한편, 이 연구에서 교실 또는 온라인이라는 상황은 A교사의 과학 교수지향과 다른 PCK 요소들 사이의 관련성에 영향을 미치는 변수로 특별히 고려하지는 않았다. 상황 지식(knowledge of context, KoC)은 학교, 학생, 지역, 공동체 등에 관해 교사가 갖는 지식으로서 (Grossman, 1990), 이는 과학을 가르치는 교사에게만 한정된 지식이

Table 3. Components of pedagogical content knowledge for science teaching (Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999)

PCK component	Detailed contents
Knowledge of Science Curriculum	This refers to teachers' knowledge about curriculum materials available for teaching particular subject matter as well as about both the horizontal and vertical curricula for a subject. This knowledge enables teachers to identify core concepts, modify activities, and eliminate aspects judged to be peripheral to the targeted conceptual understandings.
Knowledge of Students' Understanding of Science	To employ PCK effectively, teachers must have knowledge about what students know about a topic and areas of likely difficulty. This component includes knowledge of students' conceptions of particular topics, learning difficulties, motivation, and diversity in ability, learning style, interest, development level, and need.
Knowledge of Instructional Strategies	This component consists of two categories: subject-specific strategies and topic-specific strategies. Subject-specific strategies are general approaches to instruction that are consistent with the goal of science teaching in teachers' minds such as learning cycles, conceptual change strategies, and inquiry-oriented instruction. Topic-specific strategies refer to specific strategies that apply to teaching particular topic within a domain of science.
Knowledge of Assessment in Science	This component is comprised of knowledge of the dimensions of science learning important to assess, and knowledge of the methods by which that learning can be assessed. This includes knowledge of specific instruments, a domain of science.

아니다. 또한 교사의 PCK를 기반으로 하는 수업의 설계와 실천에는 가르칠 학년, 주제, 장소와 상황 변화에 대한 고려가 이미 반영되었다고 볼 수 있기 때문에(Abell, 2007), 교실 또는 온라인이라는 상황은 참여 교사의 과학 교수지향과 PCK 요소의 관련성을 드러낼 때 참酌적으로 고려하고자 하였다.

연구의 타당도를 높이기 위해 Lincoln & Guba(1990)의 사례연구 방법을 참조하였다. 먼저 연구자료의 분석과 해석은 삼각검증을 적용하였다. A교사의 면담 자료, 수업 관찰 자료와 CoRe 응답지를 지속적으로 교차하여 비교하고 검토하였으며, 교사 면담을 통해 과학 교수지향과 수업에 대한 교사의 의도와 생각을 확인하여 관찰한 자료를 이해하는 데 활용하였다. 연구자의 수업 관찰 일지, 교사가 학생들과 상호작용을 위해 이용한 온라인 사이트에 기록된 자료, 학생의 활동 결과물도 관찰 내용을 검증하는 데 이용하였다. 이에 더하여, 연구자의 분석과 해석의 결과, 그리고 연구자가 구성한 참여 교사의 과학 교수지향과 관련된 도식(diagram)을 연구 참여자에게 공유하여 연구 결과에 대한 신빙성을 검토 받았다. 또한, 과학교육 전문가와 과학교육 전공 박사과정 동료 1인과 연구의 분석과 관련해 지속적으로 논의하였으며 분석자료와 연구결과에 대한 검토를 진행하였다.

III. 연구 결과

여기서 연구결과는 A교사의 과학 수업에서 나타난 과학 교수지향 그리고 그의 과학 교수지향과 다른 PCK요소들과 관련성을 살펴보는 순서로 제시한다.

1. 과학 교수지향의 세 측면

사전 및 사후로 진행된 교사 면담을 주 자료원으로 하여 A교사의 과학 교수지향의 세 측면(과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념, 과학의 본성에 관한 신념, 과학 교수학습에 관한 신념)을 확인하고, 이어서 이를 아우르는 A교사의 핵심적인 과학 교수지향을 도출하였다. 이 과정에서 CoRe 응답지, 수업 관찰 자료와의 반복적 비교 분석을 실행하였으며, 이렇게 도출된 과학 교수지향이 A교사의 실제 수업에 어떻게 적용되는지를 확인하였다.

그 결과, 과학 교수지향의 세 측면과 관련하여 그는 각각 '과학과

일상생활과의 관계와 과학 개념의 습득', '앞에 이르는 방법으로서의 과학', '학생 중심 수업' 신념을 가지고 있었다. 그의 과학 교수지향은 이러한 측면들이 다중적이고 복합적으로 얽혀 있었지만, 그럼에도 불구하고 A교사의 과학 수업에 일관성을 부여하는 '탐구'라는 하나의 과학 교수지향으로 수렴됨을 확인할 수 있었다.

먼저, 과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념에 대해서 A교사는 '과학은 우리의 삶과 매우 밀접한 관련이 있으므로, 우리가 과학과 함께 살아간다는 것을 알고, 세상을 바라보는 관점을 과학을 통해 넓힐 수 있도록 가르칠 수 있어야 한다'라고 하였다.

자연을 대상으로 하는 탐구를 통해, 자연현상의 원리를 찾아가는 과정의 경험을 통해, 논리적으로 사고하는 힘을 키울 수 있죠. 과학은 우리 주변에 있는 것이기 때문에 일상에서부터 소재를 찾고, 배운 것을 적용해 보고, 이것이 정말 나의 생활을 변화시키는지를 보는 것. 아이들에게 세상을 보는 시야를 넓혀 주는 것이 과학을 가르치는 목적이자 목표예요. (중략) 과학적 소양을 갖춘 사람을 키운다는 초등 과학의 목표에 동의하는 거죠. (사전 면담)

그의 '과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념'인 '과학과 일상생활과의 관계'는 A교사의 과학 교수지향 중 가장 핵심적이고 중심적이라 할 수 있다. A교사는 '과학은 우리 주변에 있기 때문에' 학생들에게 친숙한 것, 학생의 경험, 실생활 소재, 학생의 주변과 관련된 예시, 비유, 사례 등을 적극적으로 수업에 활용했다. 또한 교과서 재구성을 통한 일상생활의 문제를 과학 지식을 적용하여 해결하는 프로젝트 학습을 실천함으로써 '배운 과학 지식을 적용' 할 수 있는 기회를 주고자 노력하였다.

과학이 정말 실생활과 관련이 있다는 것을 깨닫게 하기 위해서는 교과서 중심, 차시 중심 수업은 의미가 없다라는 생각이 들었죠. 그렇기 때문에 프로젝트 수업을 선택한거고요. 이 때 수업의 목표를 어디에 두느냐에 따라 방향이 달라지는 거죠. 탐구 보고서를 잘 작성하게 할 것이냐, 아니면 탐구라는 과정을 경험해 보게 할 것이냐. 과학적, 논리적으로 미흡한 해결방안이라도 제시하려고 노력했다는 것, 자신의 문제를 과학적으로 해결하는 과정을 경험해 보는 것, 그 경험 자체가 초등에서는 필요하다고 생각해요. (사후 면담)

학생이 배운 내용을 실생활에 적용하고 실천해 봄으로써 과학과

생활과의 관계를 깨닫는 ‘과학과 일상생활과의 관계’는 그의 과학수업과 관련된 의사결정 즉, 다른 PCK요소에도 많은 영향을 주었는데, 이에 대해서는 뒤에서 과학 교수지향과 PCK 요소 사이의 관련성을 살펴보며 다시 설명하겠다.

A교사의 또 다른 ‘과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념’은 ‘과학 개념의 습득’이다. 과학 교수학습의 기본적인 목표인 ‘개념 습득’은 A교사에게도 중요한 신념 중 하나였는데, 그는 이와 관련하여 추가로 고려하고 있는 것이 있었다. 이는 자신이 근무하는 학교의 지역과 학생의 특징 등에 대한 고려였다. A교사는 평소 수업에서 학생들에게 교과서를 꺼내지 않게 했는데, 교육과 학습에 관심이 특별히 높은 지역의 특성상 선행학습을 한 학생들이 많기 때문이었다.

‘그냥 나는 알아라고 생각하는 것이 선행학습을 하는 학생들의 특징이예요. 등속이 어땠고, 초속이 어땠고 하지만 그게 정말 알고 이야기하는 것이 아니라 외워서 말하는 거예요. 그래서 교과서를 펴지 못하게 해요. 그러면서 이 수업에서 도대체 뭘 짚어줘야 아이들이 ‘이건 내가 아는 거야하고 넘어가지 않을지’를 고민하는 거죠. (사후 면담)

A교사는 선행학습을 하는 학생들을 보며 책이나 암기를 통한 지식의 습득보다 직접 경험을 통한 지식의 습득이 더 중요하다고 생각한 것이다. 하지만 이러한 그도 단원 마무리에서는 교과서를 보며 내용과 개념, 용어를 정리해주었는데, 이는 높은 학구열을 가진 학부모의 요구와 교과서를 배우지 않으면 공부를 하지 않았다고 생각하는 학생들 때문이라고 했다. 그리고 이렇게 교과서로 개념을 다시 정리함으로써 오개념 형성을 방지하는 목적도 있다고 하였다. Friedrichsen & Dana(2005)는 교사가 근무하고 있는 학교의 상황이 그의 과학 교수지향에 주요한 영향을 미치는 요인이라고 하였는데, 사례 교사 역시 자신이 근무하고 있는 학교와 학생의 상황을 반영한 신념을 가지고 있었다.

A교사의 ‘과학의 본성에 관한 신념’은 ‘과학은 앞에 이르는 한 방법’(Lederman, 1992)이다. 이는 그가 지지하는 구성주의 학습관과도 관련이 있다. 그는 학생들이 배워야할 과학 지식(교과서 내용)은 존재하지만 초등에서는 학습 과정에서 발생하는 개인차를 존중하고, 학습의 과정 중에 생기는 과학적 오개념에 허용적이어야 한다고 생각했다.

과학 지식은 객관적이지만 지식을 구성해 나가는 과정은 주관적이라고 생각해요. 과학을 배우면서 경험하는 것은 각각 다르겠지만 결국 도달해야 하는 지식은 정해져 있는 거니까요. 하지만 학습 과정은 개인마다 다를 수 있고, 이를 교사가 존중해줘야 해요. 학생 나름의 방법으로 학습했을 때 그 과정에서 오개념이 생길 수도 있죠. 오개념이 있다고 이를 계속 되짚어 준다면 과학에 흥미를 잃을 수도 있어요. 오개념은 나중에 더 많은 지식이 쌓이고 다른 경험을 하게 된다면 성장하면서 수정될 수 있다고 생각해요. (사후 면담)

하지만 이러한 A교사의 ‘과학의 본성에 관한 신념’은 과학 개념 그리고 과학 용어와 관련된 오개념 형성의 방지를 위해 단원을 마무리할 때는 교과서의 중요한 내용을 짚어준다든 A교사의 ‘과학 개념의 습득’ 신념과는 상충된다고 할 수 있다. 이와 관련하여 두 신념이 상충하는 상황에서 그가 어떤 의사결정을 하는지는 뒤에서 논의할 PCK요소와 관련지어 이해할 필요가 있다.

마지막으로 A교사의 ‘과학 교수학습에 관한 신념’은 ‘학생 중심 수업’이다. A교사는 이를 “수업의 주도권을 학생에게 주는 것”이라고 하였다.

경력 10년 이후부터는 수업의 주도권을 조금씩 아이들에게 주게 되었어요. 아이들에 대한 믿음이 생기기 시작하더라고요. 이제는 대부분을 주려고 노력하죠. 대신 중간 중간 오류가 생기지 않도록 교사가 봐 줘야죠. (사전 면담)

‘과학 교수학습에 관한 신념’은 또한 학생들을 흥미롭게 하고, 과학을 이해할 수 있도록 만드는 방법을 포함한다(Friedrichsen *et al.*, 2011). A교사는 “아이들이 즐기는 수업, 재미있다고 느낄 때 수업에서 배운 것이 남는다. 즐기는 수업이라는 건 뭔가를 해보는 수업이고, 이를 통해 ‘이게 그거구나’라고 깨닫는 수업이 된다”고 말하였다. 그는 학생들이 직접 해보는 수업을 강조하였는데, 이는 그의 ‘과학 교수 학습에 관한 신념’의 반영이라 할 수 있다.

효과적인 과학수업은 하나의 현상을 보고, 그 현상을 과학적으로 탐구하는 것이죠. 과학의 과정을 간단한 놀이, 실험을 통해서 경험해 볼 수 있다면 그게 좋은 과학수업이라고 생각해요. (사후 면담)

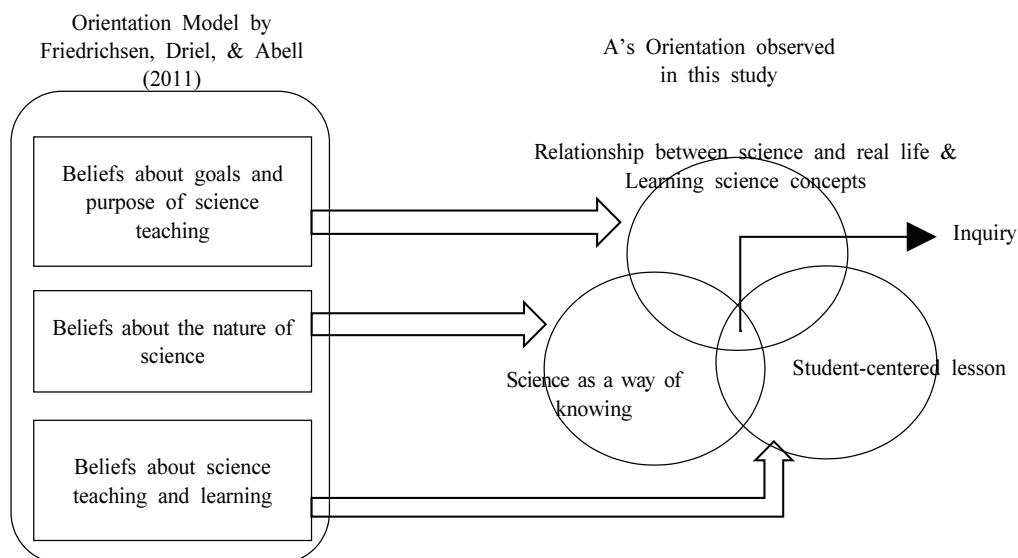


Figure 1. Representation of A's science teaching orientation

A교사의 과학 교수지향을 정리하면 Figure 1과 같다. 왼쪽은 Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)이 제시한 과학 교수지향의 모델을 나타내고, 오른쪽은 A교사로부터 관찰된 과학 교수지향의 구체적 내용을 나타낸다. A교사는 학생들의 경험과 학습 과정을 존중하여 과학 할 수 있는 기회를 제공하되, 학생들이 주체가 되어 경험하고 참여할 수 있는 과학수업을 추구하고 있었다. 이를 위해 그는 교과서를 재구성하여 문제해결학습, 프로젝트 수업을 계획했다.

이처럼 A교사의 과학 교수지향의 세 측면은 결국 ‘탐구’로 수렴하고 있는 모습을 보여주었다. Campbell, Melville, & Goodwin(2017)은 과학 교수지향과 관련하여 연구자들이 교사가 하나 이상의 지향을 가질 수 있다는 것을 고려하지 않았다는 점을 비판했다. 그리고 교사의 과학 교수지향이 주제나 내용에 상관없이 수업 전체에 걸쳐 일관될 수 있다고 생각하는 것은 비현실적이라고 했다. 하지만 A교사의 경우 과학 교수지향의 세 측면이 수렴되어 ‘탐구를 통한 과학 수업’이라는 일관된 지향을 추구하고 있다는 것을 확인할 수 있었다. Roehrig & Luft(2004)는 과학 탐구 수업을 효과적으로 운영하는 교사들은 탐구 수업의 가치와 필요성과 관련된 강한 교수지향을 갖는다고 하였다. A교사는 ‘과학 탐구’를 통한 과학수업에 많은 가치를 부여하고 있었으며 이는 그의 과학 교수지향이 추구하고 있는 바라는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 그의 과학 교수지향이 가르치는 주제나 내용에 상관없이 일관되게 수업에 적용되는지 알아보기 위해서는 과학 교수지향이 다른 PCK요소와 어떤 관련을 맺고 있는지를 살펴볼 필요가 있다. 이는 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)가 그들의 PCK 모델에서 과학 교수지향은 핵심적인 위치에 있고, 다른 PCK 요소들에 영향을 미침과 동시에 다른 요소들의 영향을 받는다고 설명한 것을 경험적, 실천적으로 확인하는 일이기도 하다(Friedrichsen & Dana, 2005).

2. 과학 교수지향과 다른 PCK 요소들 간의 관련성

앞에서 언급한 바와 같이, Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)는 과학 교수지향과 함께 과학 PCK의 요소로서 교육과정 지식, 학생에 관한 지식, 교수전략에 관한 지식, 평가에 관한 지식 4가지를 제안하였다. 여기서는 A교사의 과학 교수지향과 다른 PCK요소들과의 관련성에 대해 살펴보려고 한다. 교수 목적에 맞는 교육과정의 구성, 교수 전략과 평가 전략의 선택 등은 과학 교수지향을 반영하는 핵심적 요소(Friedrichsen & Dana, 2005)라고 할 수 있기 때문이다.

과학 교수지향과 교육과정 지식 ‘과학탐구’를 통한 과학수업을 지향하는 A교사는 교과서 내용을 재구성함으로써 자신이 추구하는 과학수업의 모습과 교육과정의 성취기준 달성을 위한 수업을 계획하고 실천하였다. 물체의 운동에서 6차시부터 9차시를 ‘우리 학교에서 빠르기와 관련된 문제 해결하기’로 재구성한 것, 빛과 렌즈에서 ‘렌즈의 성질을 이용한 과학 놀이 만들기’ 프로젝트를 적용 한 것이 그 예에 해당된다.

구체적으로 물체의 운동 수업의 재구성은 그의 ‘과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념’이 반영된 것이라 할 수 있다. 그의 학교에서는 안전을 이유로 점심시간에 운동장에서 공놀이가 금지되어 있었지만 학생들은 공놀이하기를 지속적으로 요구하고 있었다. 그는 이러한 상황이 교과서에 제시된 활동보다 더 학생들에게 와 닿을 수 있다고

생각하고, 학교 내에서 빠르기로 인해 문제가 발생할 수 있는 곳의 실태를 조사하고, 그 결과를 정리하여 해결방안을 제시하도록 하였다. 이를 통해 과학은 우리 생활과 밀접한 관련을 맺고 있으며, 배운 과학 지식은 생활 속 문제를 해결하는 데 적용될 수 있음을 가르치고자 하였다.

지금 중간놀이 시간과 점심 시간에 뛰는 사람 수를 조사 한 거죠? 선생님 이 궁금한 건 중간놀이 시간하고 점심 시간하고 어느 때 더 많이 뛰었나요? (중략) 중간놀이 시간과 점심 시간은 둘 다 놀이 시간이라는 공통점이 있는데, 중간놀이 시간은 짧아서 더 많이 놀기 위해 뛰어 나가는 사람들이 많다. 그래서 우리의 해결방안은 중간놀이 시간을 늘리고 싶다는 거죠? (중략) 중간놀이 시간을 늘리는 게 좋겠다는 제안은 선생님은 괜찮다고 생각해요. 그렇다면 이거를 여기에서 이야기하고 끝내는 게 아니라 여러분이 조사한 결과를 가지고 학교에 건의할 수 있겠죠. (물체의 운동 10차시 수업)

한편, 빛과 렌즈에서의 프로젝트 주제는 그의 ‘과학 교수학습에 관한 신념’ 즉, ‘학생 중심 수업’과 밀접한 관련을 가지고 있다. 코로나 19로 인해 온라인 과학수업을 해야 하는 상황에서도 학생이 주체적으로 참여할 수 있도록, 주변에 있는 재료를 활용하여 학생이 스스로 해볼 수 있는 실험과 활동을 제안하기 위해 노력하는 모습이었다. 또한 그는 학교 실험실에서 수행해야 하는 실험들을 온라인 수업 시 영상 자료로 대체하면서 확보된 시간을 학생들이 렌즈를 이용한 놀이감을 설계, 제작, 공유할 수 있는 시간으로 바꾸어 구성하였다.

이번 시간에 해야 할 것은 ‘빛과 렌즈 과학 체험 놀이 기획하기입니다. 과학 미술, 과학 놀이감 등 기존의 체험 놀이를 따라해도 좋습니다. 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 활용해보세요. 체험 놀이 기획서는 e학습터 게시판에서 다운로드 받을 수 있습니다. 작성한 기획서는 우리 반 갤러리에 올려주세요. (빛과 렌즈 7차시 수업)

과학 교수지향과 학생에 관한 지식 Park & Oliver(2008)는 PCK의 효과적 활용을 위해서 교사는 학생들이 어떤 주제에 대해서 무엇을 알고 있고 무엇을 어려워하는지에 대한 지식을 반드시 가지고 있어야 된다고 주장하였다. 예컨대, 물체의 속력과 관련된 선행 연구에서 Shin(2015)은 초등학교 5, 6학년의 속력과 속력의 단위 개념과 관련한 학생들의 어려움을 조사하였다. 학생들은 속력과 속도 용어에 대한 일상 경험 사례가 적고, 단위가 누락될 경우 속력을 비교할 수 없다는 사실에 대해 인지하지 못하고 단위를 제외한 숫자만을 보고 속력을 비교하는 것으로 나타났다. 선행 연구들에서 밝힌 학생의 선지식과 어려움을 A교사도 인지하고 있다는 것을 CoRe 응답지를 통해 확인할 수 있었다. 그는 물체의 빠르기와 관련한 학생의 선지식과 어려움을 ‘물체의 운동에 대한 경험의 부족, 기준이 달라지면 빠르기를 비교하는 표현 방법이 달라진다는 것을 모름, 숫자가 클수록 빠르다는 생각, 물체가 일정한 빠르기로만 운동한다는 생각’ 등으로 지적하였다. 다음은 도로에서 볼 수 있는 속도 제한 표지판을 이용하여 속력에 대해 가르치는 수업의 한 장면이다.

(칠판에 30, 60, 100 숫자를 쓰고 각 숫자에 동그라미를 그림) 이런 것들 어디에서 봤어요? 무슨 뜻이에요? 30km 이하로 달리라고요? 30km 이하로 달리라는 의미가 무엇인지 알아요? 천천히 달리라는 거예요? 1초에 30km? 그럼 이걸 1분에 60km? 이거는 1시간에 100km? km가 붙은 것을 보니 거리네요. 거리가 다른데 너희들이 빠르기를 비교할 수 있네요.

이건 시간이 통일되어 있다는 거네요. (물체의 운동 4차시 수업)

위 사례는 ‘과학은 우리 주변에 있으므로 실생활 소재, 학생과 친숙한 것’으로부터 과학 교육이 시작되어야 한다는 A교사의 ‘과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념’이 반영된 것이다. 이에 그는 수업 중 학생이 이해하지 못했다고 판단될 경우 학생과 친숙한 상황으로 설명하려 노력하였다.

1시간 동안 30km를 움직인다? 얼마나 빠르다는 건지 느낌이 와요? 그럼 단위를 바꿔서 생각해볼게요. 만약 60분 동안 60km를 간다면, 1분 동안 얼마를 가는 거예요? 1km. 1km는 저기 한강대교 있죠, 거기에서 우리 학교까지라고 보면 돼요. 시속 60km의 빠르기라는 건 한강대교부터 우리 학교까지 1분 동안 오는 거예요. 그럼 시속 30km는 그것의 절반이죠? 그럼 1분 동안 500m를 간다는 거예요. 500m면 저기 A커피 전문점부터 우리 학교까지 1분 걸리는 빠르기로 달린다는 뜻이에요. 이제 감이 오나요? (물체의 운동 4차시 수업)

빛과 렌즈 CoRe 응답지에서 그는 프리즘에 의해 생기는 빛의 분산 현상을 보고 학생들이 그들의 배경지식이나 예상에 영향을 받아 때로는 관찰 결과와는 다르게 관찰한 현상을 일곱 가지 무지개 색으로 단정 짓는다는 것을 우려하였다. 하지만 이러한 상황에서 빛과 렌즈 단원은 온라인 수업으로 진행되었기 때문에 프리즘을 이용한 빛의 분산 실험을 교사가 함께 할 수 없는 상황이었다. 그는 가정에서도 빛의 분산을 실험할 수 있는 간이 분광기와 학생의 왜곡된 관찰을 막기 위해 관찰 결과와 예상을 능동적으로 비교하는 활동을 제시하였다.

학교에서는 프리즘으로 빛을 통과시켜 빛의 성질을 공부할 수 있지만 집에는 없죠? 그래서 선생님이 프리즘의 성질을 가진 물체를 이용해서 집에서 비슷한 실험을 할 수 있도록 안내하겠습니다. (중략) 필요한 것은 과자 상자, 직육면체 과자 상자를 준비해주세요. (중략) 집에 혹시 CD가 있다면 버려도 되는 CD를 하나 선택해 주세요. (중략) 이번에는 집에 있는 LED 등을 관찰해 볼까요? LED 등은 어떻게 보일까요? (빛과 렌즈 1차시 온라인 수업)

초등 교사와 학생 모두에게 렌즈는 실험하기 어렵고 이해하기 어려운 개념과 원리를 포함하는 주제이다. 이러한 어려움 때문에 교사와 학생 모두에게 외우는 수업을 진행하는 경우가 많다(Maeng & Kim, 2009). 또한 온라인 수업에서 교사들은 직접 학생의 탐구활동을 지도할 수 없어서 학업 성취 격차를 줄일 수 있는 과학 개념 이해를 위한 학습 환경 제공을 매우 중요하게 생각한다(Kim & Choi, 2020). A교사는 온라인 과학 수업의 약점을 극복하고 빛의 스펙트럼과 관련된 학생들의 선지식을 고려한 과학 수업을 위해 간이 분광기 실험과 햇빛과 LED의 스펙트럼을 비교 관찰하게 한 것이다. 이는 온라인 수업 환경 속에서도 가정에서 학생이 혼자서 할 수 있는 대체 실험을 제공함으로써 ‘학생 중심 수업’을 하려는 교사의 ‘과학 교수학습에 관한 신념’이 반영된 것이다.

학생의 학습을 방해하는 요소에 대한 교사의 사전 지식은 자신이 가르치는 학생들에게 맞는 방법과 내용으로 과학 수업을 실천할 수 있게 하는 필수적인 주제특이적 PCK 요소이다(Bell & Cowie, 2002). A교사의 사례는 PCK가 (특정 학생에게, 특정 이유로, 특정 주제를, 특정 방식으로 가르치는) 교사의 지식과 실천이 함께 고려된 교사의

개인적 속성이라는 것(Gess-Newsome & Carlson, 2013)과 이것에 영향을 미치는 요소가 교사의 과학 교수지향임을 잘 보여준다.

과학 교수지향과 교수전략에 관한 지식 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)는 과학 교수전략에 관한 지식의 하위 범주로 주제특이적 표상(representation)과 활동(action)을 들었다. 주제특이적 표상은 교사가 주제에 대한 학생의 이해를 돕기 위해서 사용하는 예시, 비유, 모형을 어떻게 고안하고 이용하는가에 관한 지식이며, 활동은 특정 과학 지식을 구성하고 그들 사이의 관계를 이해하도록 돕는 시뮬레이션, 시연, 실험 등을 포함한다.

CoRe 응답지에 나타난 A교사의 과학 교수전략에 관한 지식과 관련하여 눈에 띄는 점은 ‘학생의 경험’과 ‘실생활’을 강조하고 있다는 것이다. ‘학생의 경험과 실생활’이라는 키워드는 그의 ‘과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념’에서 강조하는 것이다. CoRe 응답지에서 그는 ‘일상생활에서 경험할 수 있는 다양한 물체의 운동을 예로 제시한다’, ‘학생의 경험 속에서 빠르기 비교를 위해 이동 거리와 걸린 시간이 필요함을 찾아내도록 한다’, ‘빛의 분산을 관찰할 수 있는 다양한 실험을 안내하여 삶 속에서 빛의 분산 현상을 경험할 수 있는 기회를 준다’, ‘실생활 속에서 빛의 굴절 사례를 찾게 한다’ 등과 같이 배울 내용과 실생활을 연결시키는 교수 전략을 제시하였다.

다음은 A교사가 학생의 경험, 주변의 현상, 친숙한 장소와 물건, 학생들의 직접 참여를 통해 물체의 다양한 운동 모습을 설명하는 물체의 운동 수업 장면이다.

우리 학교 6학년 중에 수영을 제일 잘하는 친구가 있어요. 이 친구가 수영 대표 선수인데 수영 대회에 나가면 50m 레인에서 경기를 하는데. (중략) 50m를 가는 데 24초보다 더 걸리면 상을 받을 수 없어요. 세영(가명)이는 수영이라는 방법을 이용해서 이동을 했지. 몇 미터를 이동했어요? 50m. 몇 초 동안 이동했어요? 그럼 세영이의 운동에 대해 어떻게 설명할 수 있어요? 세영이는 50m 레인을 24초 동안 수영해서 도착했어요. (중략) 물체의 운동을 나타내는 표현에는 뭐와 뭐를 사용한다? 거리와 시간을 사용하는데, 거리는 어떤 거리? 이동한 거리. 시간은? 이동한 시간. (물체의 운동 1차시 수업)

지원자 세 분만. (아이들을 데리고 옆에 있는 자료실로 감. 잠시 후 나와서 지원자들에게) 저 의자 앞까지만 가는 거예요. 한 명씩 출발할게요. 잘 관찰해야 돼요. 1번 선수, 출발(가볍게 뛰며 일정하게 움직임). 2번 선수, 출발(천천히 가다가 빨라 짐). 3번 선수, 출발(빨리 가다가 천천히 감). 잘 보셨나요? 이 친구들을 두 팀으로 나눌 거예요. 둘은 공통점이 있고 하나는 공통점이 없어요. (아이들이 대답을 하자) 그렇게 나는 기준이 뭐예요? 빠르기가 달라지는 친구와 빠르기가 일정한 친구. 혹시 다른 기준은? (물체의 운동 2차시 수업)

위 사례는 A교사가 CoRe 응답지에서 언급했던 ‘물체의 운동에 관한 학생들의 경험과 관심이 크지 않아 물체의 운동을 피상적인 설명과 비교로만 나타내야 한다’는 어려움을 극복하고, 학생들이 가지고 있는 ‘물체는 등속 운동을 한다’는 선지식을 바로잡기 위한 수업 전략 지식이 반영된 것이다. 동시에 ‘학생의 직접 경험과 탐구’를 강조한 수업의 모습이기도 하다.

빛과 렌즈 단원은 교과서에 제시된 실험을 통해 개념을 이해하는 활동이 다수 포함되어 있다. 집에서는 실험을 할 수 없다는 이유로 과학 교과 온라인 수업의 활성화에 부정적인 의견을 갖고 있는 일부

교사들도 있으나(Kim & Choi, 2020), A교사는 집에서 학생 혼자서 할 수 있는 실험들을 소개하였고 그 결과를 온라인 플랫폼에 공유하는 적극적인 전략을 사용하였다. 이와 같은 교수 전략 지식의 활용에는 다음과 같은 그의 생각이 있었기 때문이다.

온라인 수업이라서 영상 실험으로 많이 대체를 하는데 그것보다 집에서 할 수 있는 실험을 제안하는 거죠. 아이들은 탐구, 실험은 늘 과학실에서만, 실생활과의 연계는 별개라고 생각해요. 생활에서 구할 수 있는 재료를 이용해서 탐구를 할 수 있다는 생각 자체를 안 하죠. 그런데 이번 온라인 수업이 그걸 가능하게 열어줬다고 생각해요. 생활 속의 도구를 이용해서 실험을 하는 것이 유치하고, 아무것도 아닌 게 아니라, 그게 진짜 탐구인 거죠. (빛과 렌즈 수업 후 교사면담)

이러한 그의 생각은 빛의 굴절을 이용한 간단한 실험(과학 마술쇼)을 학생이 직접 설계, 수행하여 온라인 플랫폼에 공유하게 하는 수업으로 구체화되었다.

온라인과 대면 수업 병행 운영에서 초등교사가 겪는 과학수업의 어려움을 조사한 Jung & Shin(2020)은 교사들이 실험 및 직접 관찰을 못하기 때문에 온라인 수업에서 운동과 에너지 영역의 수업 설계를 어렵다고 보고하였다. A교사가 실험을 통한 개념 이해가 많이 필요한 빛과 렌즈 단원에서 온라인 수업을 걸림돌로 여기지 않은 이유는 ‘탐구를 통한 과학 학습’이라는 과학 교수지향을 바탕으로 상황에 맞는 교수 전략 지식을 적용하였기 때문이다. 이는 ‘어떤 비유, 예시, 실험이 주제에 대한 적절한 이해를, 특정 배경을 가진 학생들에게 전달하는 가장 효과적인 방법인가?’(Shulman, 1986)라는 질문에 교사가 답할 수 있는 교사 고유의 지식이 PCK라는 것을 확인할 수 있는 사례에 해당한다.

과학 교수지향과 평가에 관한 지식 과학 학습 평가에 관한 지식은 두 가지 하위 요소를 포함하는데, 평가 영역과 내용에 관한 지식과 평가 방법에 관한 지식이다(Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999). 이는 가르치는 과학 개념과 관련하여 무엇을, 어떻게 평가할 것인가에 해당한다. A교사는 CoRe 응답지에서 평가와 관련하여 ‘생활 속에서 경험한 물체의 운동을 빠르기가 변하는 운동과 그렇지 않은 운동으로 분류하기, 모뎀에서 가장 빠른 친구를 찾기, 빛의 분산 현상을 발견할 수 있는 실험 설계, 빛의 굴절 현상을 이용한 과학 마술쇼 설계하기, 우리 생활 속 볼록렌즈 찾아 발표하기’ 등으로 제시하였다. 평가 내용으로는 학생들이 학습하기를 원하는 핵심 개념을, 평가 방법으로는 분류하기, 찾아오기, 비교하기, 설계하기, 발표하기 등 학생들이 직접 해보는 활동 기반(performance-based) 평가를 하고자 한다는 것을 알 수 있었다.

물체의 운동 수업은 교실에서 진행되었으므로 A교사는 수업 중 질문을 통해 학생의 개념 이해 정도를 평가, 파악하고 반응에 대한 즉각적인 피드백을 하였다. 다음은 빠르기가 일정한 운동과 빠르기가 변하는 운동과 관련된 수업 중 일부분이다.

물체의 운동에서 빠르기가 늘 일정한 것을 우리 교실에서 찾아보세요. (학생 : 전기불이요) 전기? (학생 : 스위치를 켜면 몇 초 걸린 다음에 꺼지잖아요) 전기가 운동한다는 건 우리에게 조금 어려운 개념 같고, 우리 눈으로 움직임이 보이는 것 가지고 해볼까요? (중략) (학생 : 우리 학교 종소리. 시간마다 딱 딱 울리잖아요.) 음... 종소리가 나는 주기. 우리는 주기 말고 빠르기. 그럼 우리 공간 이동을 해볼까? ○○역(학교 근처 지하철 역). ○○

역 3번 출구로 들어가서 개찰구 있지? 머리 속에 그려져? 그 앞에서 우리가 ○○역을 관찰하고 있어요. 거기에서 빠르기가 일정하게 운동하는 거, 뭐가 있을까요? (물체의 운동 2차시 수업)

A교사는 일정한 빠르기의 운동을 생활 속 물체의 움직임을 통해 이해시키고자 교실에서 그 예를 찾게 하였다. 하지만 학생들의 대답은 교사가 예상했던 내용이 아니었다. 이에 교사는 학교 근처의 지하철역에서 속도가 일정하다고 인식할 만한 물체(예를 들어 에스컬레이터, 무빙워크, 엘리베이터 등) 찾고 운동의 특징을 생각해 보게 하였다. 이 수업에서 평가의 내용은 ‘생활 속에서 경험한 물체의 운동’이며, 평가 방법은 ‘빠르기가 변하는 운동과 그렇지 않은 운동을 분류하는 것’이기 때문이다. 수업 과정 중 평가는 학생과의 상호작용을 기반으로 하므로 대답 내용을 예측하기 어렵고 이에 대한 교사의 대응은 즉흥적이기 쉽다. 그럼에도 A교사는 지식의 실제적 활용을 중요시하는 그의 과학 교수지향을 바탕으로 핵심 내용의 이해 정도를 평가하고 이를 이해시키고자 하는 노력을 이어 갔다.

온라인 수업으로 진행된 빛과 렌즈 주제에서는 학생이 가정에서 수행한 실험 결과와 탐구의 결과물로 핵심 개념 이해를 평가하고자 하였다. 이는 학생의 학습 과정을 관찰하기 어렵고, 즉각적인 상호작용이 이루어지 못하는 온라인 수업 상황을 고려한 것이다.

이곳은 e학습터 과학교실 사이트인데요. 오늘은 6학년 8번으로 가보겠습니다. 어, 새로운 갤러리가 등장했네요. 갤러리 오른쪽 아래 플러스 버튼을 누르면 글을 작성할 수가 있어요. (중략) 내가 찾은 볼록 렌즈 어디에서 찾았는지 적어주시면 돼요. 그리고 그 볼록 렌즈의 특징을 설명해 주시면 되겠죠? (중략) 아래 댓글을 추가할 수가 있어요. 친구들이 찾은 것에 질문 이라든지, 하고 싶은 이야기가 있으면 써주세요. (빛과 렌즈 6차시 온라인 수업)

이번 시간에는 빛과 렌즈를 이용한 과학 체험 놀이 기획서를 작성하겠습니다. 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 활용하여 과학 미술, 과학 놀이감 등을 만든다고 생각하시면 됩니다. (중략) 기획서는 e학습터 게시판에서 다운로드 받을 수 있고요, 작성한 기획서는 우리 반 갤러리에 올려주세요. (빛과 렌즈 7차시 온라인 수업)

이처럼 배운 내용을 바탕으로 학생이 직접 수행한 실험과 탐구의 결과물을 온라인 플랫폼을 통해 제출하게 하는 것은 A교사가 가지고 있는 과학 교수지향이 반영된 평가 방법이라고 할 수 있다. 온라인 과학 수업에서 학생의 활동 기반 평가나 포트폴리오 평가와 같이 학생의 학습 과정을 평가하는 사례가 매우 드문 상황에서(Kim & Choi, 2020), A교사는 학생 중심의 활동과 수업을 통해 학습의 과정과 결과를 온라인에서 평가하고자 했던 것이다.

과학 교수지향과 PCK 요소들 간의 관련성 앞에서 논의한 A교사의 과학 교수지향의 세 측면과 4가지 PCK 요소들 간의 관련성을 종합하여 정리하면 Table 4와 같다.

물체의 운동 수업에서 A교사의 PCK 요소들과 가장 긴밀한 관련을 맺고 있는 신념은 ‘실생활과의 관련성’이며, 빛과 렌즈에서는 ‘학생 중심 수업’이다. 물체의 운동 단원에서는 학생들의 경험, 실생활 사례를 강조한 그의 신념이 다른 PCK 요소들에도 영향을 미쳤음을 확인할 수 있었다. 또한 온라인 수업으로 진행된 빛과 렌즈 단원에서는 콘텐츠 활용 수업이 갖는 단방향의 한계를 극복 하기 위해 ‘학생 중심

Table 4. Interaction between science teaching orientation and PCK components

Topic	The aspects of orientation by Friedrichsen <i>et al.</i> (2011)	A's science teaching orientation observed in this study	PCK components by Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)			
			Curriculum knowledge	Learner knowledge	Instructional knowledge	Assessment knowledge
Motion of Objects	Beliefs about the goals and purpose of science teaching	Relationship between science and real life	○	○	○	○
		Learning science concepts	○	○	○	
	Beliefs about the nature of science	Science as a way of knowing				○
		Student-centered lesson			○	○
Light and Lens	Beliefs about the goals and purpose of science teaching	Relationship between science and real life			○	
		Learning science concepts	○	○	○	○
	Beliefs about the nature of science	Science as a way of knowing				○
		Student-centered lesson	○	○	○	○

수업' 신념이 다른 PCK 요소들과 강하게 상호작용 했다는 것을 알 수 있었다. 그리고 물체의 운동과 빛과 렌즈 단원에서 가르치고자 하는 목표 개념의 교수를 위해 4가지 PCK요소들이 실제 수업에 적용됨으로써 '과학 개념의 습득' 역시 PCK 요소들과 긴밀한 관련을 맺고 있었다.

하지만 A교사의 '과학의 본성에 관한 신념'은 PCK요소들과 명시적으로 관련을 맺지 않는 것으로 드러났다. 예비교사를 대상으로 그들의 과학 교수지향과 PCK요소들 간의 상호작용을 연구한 Demirdögen (2016)는 교사의 '과학의 본성에 관한 신념'은 과학을 가르치는 목적과 관련을 맺지 않는 이상 교사의 PCK와 직접적으로 상호작용하지 않는다고 보고하였다. 이 연구에서의 A교사의 사례 역시 유사한 연구 결과를 보여준다. 하지만 Demirdögen(2016)의 연구와 다른 점은 A교사가 물체의 운동에 대한 학생들의 문제해결학습의 결과물 즉, '탐구'의 결과물을 '평가'하는 데 있어서는 '과학 개념의 습득'보다 '앞에 이르는 한 방법으로서의 과학'을 더 중요시 한다는 것을 관찰할 수 있었다는 것이다.

애들이 일단 탐구활동을 경험해보고, 그 다음에 다른 선생님을 만나서 탐구를 또 해본다면, 애네가 중학교, 고등학교 갔을 때 '우리가 그때 이렇게 했는데 이게 틀렸구나'를 나중에라도 깨달을 수 있는 거고, 그렇게 된다면 굉장히 훌륭한 피드백이 될 수 있겠죠. (중략) 아이들에게 그 경험 자체가 필요하다고 생각해요. (사후 면담)

이와 유사한 사례를 빛과 렌즈 단원의 평가에서도 관찰할 수 있었다. 그는 빛과 렌즈 프로젝트 수업과 관련한 학생들의 학습 결과에 대한 평가 방법으로 논술형 평가를 제시하였으며, 평가 내용은 '프로젝트 활동에서 가장 기억에 남는 활동과 그 까닭을 쓰세요'였다.

6학년 1학기 평가에 대해서 안내하겠습니다. 평가는 6월 4주부터 7월 1주 사이에 실시할 예정인데, 반마다 조금씩 다를 거예요. 평가는 서술형 평가와 논술형 평가를 볼거예요. (중략) 논술형 문제는 예를 들어 '프로젝트 활동에서 가장 기억에 남는 활동과 그 까닭을 쓰세요'와 같이 프로젝트 활동과 관련이 있는 문제를 낼 예정입니다. 논술형 실형을 잘 보려면 우리

프로젝트 웹 페이지에서 지금까지 활동 내용을 되돌아보며 정리하면 됩니다. 만약 내가 직접 작성한 글이 없거나 제출한 과제가 없다면 친구들의 활동을 보면서 프로젝트 활동을 정리하면 됩니다. (빛과 렌즈 10차시 온라인 수업)

A교사는 이 문제를 통해 프로젝트에 참여한 학생들의 '자기 주도성'과 '과학 지식을 실제로 적용해 보는 과정의 경험에서 무엇을 느끼고 깨달았는지'를 확인하고 싶었다고 하였다.

기억에 남는다는 것은, 만약 자기 주도적인 활동이 이루어졌다면 가장 인상적인 활동으로 남는 거잖아요. 활동에 얼마나 적극적으로 참여했는지, 얼마나 주도성을 가지고 했는지를 일단 보려고 했던 거죠. (중략) 체험 놀이를 만든다는 건 과학 개념을 이해하고 이를 적용, 응용해서 무엇인가를 만든다는 거예요. 그냥 교과서에 나오는 이론으로 끝나는 것이 아니라 생활 속에 직접 응용하는 그 과정에서, 탐구를 하는 과정에서 논리적으로 생각할 수밖에 없고.. 그 과정을 학생이 어떻게 설명하는지를 보기 위해서.. (사후 면담)

과학의 본성에 대한 이해는 과학지식을 올바르게 이해하기 위해서도 필수적이지만(Lederman & O'Malley, 1990), 일상생활 속에서 과학지식을 실제로 적용하고 그 영향력을 평가하는 데에도 필수적(Griffiths & Barry, 1993)이라는 견해가 있다. A교사는 학생들이 프로젝트라는 탐구 과정에 대해 스스로 평가하는 문제를 제시함으로써 탐구의 전 과정을 돌아보고, 활동을 반성하고, 자신이 한 활동을 배운 내용과 관련하여 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가하고자 했다.

이러한 사례는 결국 물체의 운동과 빛과 렌즈 단원에서 교과서를 재구성한 활동을 평가하는 데 있어서, '과학의 본성에 관한 신념'이 주요하게 영향을 미쳤음을 보여 주는 것이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 초등 과학교과 전담을 맡고 있는 한 경력 교사의 사례를 통하여 교사의 과학 교수지향의 특징은 무엇이며, 이것이 PCK의 다

른 요소들과 어떤 관련을 맺고 있는지를 Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)의 과학 교수지향 정의와 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)의 PCK 모델을 이용하여 탐색하였다. 이를 위해 초등학교 물리 영역 두 주제(물체의 운동, 빛과 렌즈)에 대한 교사의 CoRe 응답지, 수업 관찰, 교사 사진, 사후 면담 자료 등을 분석하였다.

연구 결과, 초등 경력교사 A는 ‘과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념’, ‘과학의 본성에 관한 신념’, ‘과학 교수학습에 관한 신념’에 있어서 각각 ‘과학과 일상생활과의 관계와 과학 개념의 습득’, ‘앞에 이르는 방법으로서의 과학’, ‘학생 중심 수업’ 신념을 가지고 있다는 것이 밝혀졌다. 그의 과학 교수지향은 이러한 측면들이 다중적이고 복합적으로 얽혀 있었지만, 그럼에도 불구하고 A교사의 과학 수업에 일관성을 부여하는 ‘탐구’라는 하나의 과학 교수지향으로 수렴되는 것을 확인할 수 있었다. 과학 탐구 수업에 대해 그가 가지고 있는 가치와 의미 부여는 결국 그의 과학 교수지향에서 기인한 것이었다. 그가 교과서를 재구성하여 문제해결학습, 프로젝트 학습을 계획하고 실천한 것 역시 그의 과학 교수지향을 통해서 이해할 수 있었다. 이러한 과학 교수지향은 PCK의 다른 요소들과 관련성을 맺고 있었는데, 주제와 상황에 따라 그 양상이 달라지기도 하였으나, 과학수업과 관련된 교사의 의사결정 즉, PCK 요소의 선정과 조직에 과학 교수지향이 많은 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

위와 같은 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 두 가지의 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 교사의 단일한 과학 교수지향도 이를 구성하는 세 측면의 복합적, 다중적 조합을 통해 이해할 필요가 있다. Friedrichsen (2002)은 교사의 과학 교수지향을 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)가 제시한 9가지 중에서 선택적으로 골라 몇 가지로 규정하는 것은 교사의 과학 수업을 모두 설명할 수 없다고 주장하였다. 이 연구에서는 Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)이 정의한 과학 교수지향을 구성하는 세 측면을 살펴봄으로써 교사가 가지고 있는 하나의 과학 교수지향도 복합적, 다중적으로 이해할 수 있다는 것을 보여주었다. 또한 이를 통해 단일한 과학 교수지향이라도 교사가 가지고 있는 과학 교수지향이 과학 수업 실천과 수업과 관련된 그의 의사결정 즉, 다른 PCK 요소들과 어떠한 관련을 맺고 있는지를 더욱 깊이 있게 이해할 수 있었다.

둘째, 교사의 과학 교수지향을 구성하는 세 측면 중 과학 수업과 관련된 의사결정 즉, 다른 PCK 요소의 선정과 조직에 더 중요하게 영향을 미치는 신념이 있다. Putnam & Borko(1997)는 교사의 지식과 신념은 교사가 어떻게 가르칠 것인가를 결정하는 중요한 요소라고 하였다. 연구 참여 교사는 ‘과학 탐구 수업’과 관련한 단일하지만 일관된 과학 교수지향을 가지고 있었으며 이러한 지향은 그가 탐구 수업을 실천하기 위한 다른 PCK 요소들의 선정과 조직에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 하지만 ‘과학의 본성에 관한 신념’은 과학 수업 내에서는 PCK 요소들과 명시적으로 관련을 맺지 않는 것으로 드러났으나 교사가 학생의 탐구의 결과물을 어떤 관점에서 평가할 것인가와 관련해서는 ‘과학 개념의 습득’보다 ‘앞에 이르는 한 방법으로서의 과학’을 더 중요시 한다는 것을 관찰할 수 있었다. 이를 통해 교사의 과학 교수지향을 구성하는 세 가지 측면 중 특정 PCK 요소와 관련하여서는 더 강하게 영향을 미치는 신념이 있음을 확인할 수 있었다.

이 연구의 결과는 초등 경력 교사의 과학 교수지향의 특징은 무엇

이며 과학 교수지향이 PCK요소들과 어떤 관련을 맺고 있는지를 보여주었다. 또한 경력 교사의 단일한 과학 교수지향이라도 이를 구성하는 세 측면의 신념을 살펴봄으로써, 교사가 가지고 있는 확고한 과학 교수지향의 본성을 이해할 수 있는 경험적, 실천적 연구라는 점에서 의미가 있다. 또한 교사의 과학 교수지향이 다른 PCK요소들에 상당한 영향을 미치며 이들과 긴밀한 관련을 맺고 있음을 보여주었다.

이 연구는 특정 지역에 근무하는 한 초등 경력교사의 과학 수업을 단일 사례로 한 연구임으로 연구의 결과를 일반화하는 데 한계가 있다. 이에 연구 대상을 확대하여 교사의 과학 교수지향을 중심으로 그의 과학 수업을 이해하고자 하는 노력이 계속되어야 하며, 과학 교수지향과 다른 PCK 요소가 수업에서 어떠한 관계를 맺는지를 다양한 사례를 통해 살펴볼 필요가 있다. 특히 이 연구는 초등교사의 과학 수업을 물리 영역에 한정하여 관찰하였으므로, 생물, 화학, 지구과학 처럼 다른 영역의 주제를 가르칠 때 교사의 과학 교수지향과 PCK 요소들 간에 어떤 관련성을 맺는지에 대한 연구가 추가적으로 진행되어야 중등교사와는 다른 초등교사의 과학 PCK를 보다 심층적으로 이해하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다.

국문요약

이 연구는 초등 과학교과 전담을 맡고 있는 한 경력 교사의 과학 교수지향(science teaching orientation)의 특징과 과학 교수지향이 다른 PCK 요소들과 어떤 관련이 맺고 있는지를 탐색한 사례연구이다. 이를 위해 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)의 PCK 모델을 적용하였으며, 특히 과학 교수지향과 관련하여 Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)의 정의를 이용하였다. 과학수업에 전문성이 있다고 인정받는 한 명의 초등교사를 연구 참여자로 선정하고 그의 과학수업 21차시를 관찰하였다(물체의 운동 단원 10차시, 빛과 렌즈 단원 11차시). 교사 면담과 참여 교사의 PCK를 명시적으로 파악할 수 있는 CoRe(content representation) 응답지를 수집하여 함께 분석하였다. 먼저 사전 면담 자료를 통해 참여 교사의 과학 교수지향을 귀납적으로 분석하였다. Friedrichsen, Driel, & Abell(2011)이 제안한 과학 교수지향의 세 측면(과학 교수의 목적과 목표에 관한 신념, 과학의 본성에 관한 신념, 과학 교수학습에 관한 신념)을 가장 잘 표현할 수 있는 어구를 찾고, 이를 상위 범주로 분류하여 이에 이름을 붙이는 범주화 작업을 하였다. 과학 교수지향을 제외한 다른 PCK 요소들의 특징은 CoRe 응답지와 수업 관찰 자료를 Magnusson, Krajcik, & Borko(1999)의 PCK 모델에 따라 연역적으로 분석하였다. 연구 결과, 과학 교수지향의 세 측면과 관련하여 그는 각각 ‘과학과 일상생활과의 관계와 과학 개념의 습득’, ‘앞에 이르는 방법으로서의 과학’, ‘학생 중심 수업’ 신념을 가지고 있었다. 이러한 세 측면은 다중적이고 복합적으로 얽혀 있었으나 ‘과학 탐구’라는 하나의 과학 교수지향으로 수렴됨을 확인할 수 있었다. 또한 교사가 다른 PCK 요소의 선정과 조직에 관련하여 의사결정을 내릴 때 더 주요하게 영향을 미치는 신념이 있음을 관찰할 수 있었다. 과학수업 전문성을 가지고 있다고 인정받는 초등교사의 과학 교수지향의 특징, 과학 교수지향과 다른 PCK 요소들과의 관련성을 탐색한 이 연구의 결과는 초등교사의 과학수업 실천을 이해하는데 있어 과학 교수지향의 역할과 의미에 시사점을 줄 수 있을 것이다.

주제어 : 과학 교수지향, PCK, 초등교사, 물체의 운동, 빛과 렌즈

References

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*, (pp. 1105-1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Abell, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Appleton, K., & Kindt, I. (1999). *How Do Beginning Elementary Teachers Cope with Science: Development of Pedagogical Content Knowledge in Science*.
- Aydin, S., Friedrichsen, P. M., Boz, Y., & Hanuscin, D. L. (2014). Examination of the topic-specific nature of pedagogical content knowledge in teaching electrochemical cells and nuclear reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 658-674.
- Bell, B., & Cowie, B. (2002). *A case study of formative assessment. Formative assessment and science education*, (pp. 25-61). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Campbell, T., Melville, W., & Goodwin, D. (2017). Science teacher orientations and PCK across science topics in grade 9 earth science. *International Journal of Science Education*, 39(10), 1263-1281.
- 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.
- Demirdöğen, B. (2016). Interaction between science teaching orientation and pedagogical content knowledge components. *Journal of Science Teacher Education*, 27(5), 495-532.
- Friedrichsen, P., Driel, J. H. V., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358-376.
- Friedrichsen, P. J. (2002). *A substantive-level theory of highly regarded secondary biology teachers' science teaching orientations*. Doctoral Dissertation, Pennsylvania State University, USA.
- Friedrichsen, P. M., & Dana, T. M. (2005). Substantive-level theory of highly regarded secondary biology teachers' science teaching orientations. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 218-244.
- Garritz, A. (2013). PCK for dummies. *Educacion Quimica*, 24(EXTRAORD. 2), 462-465. doi:10.1016/S0187-893X(13)72512-6
- Gess-Newsome, J., & Carlson, J. (2013). The PCK summit consensus model and definition of pedagogical content knowledge. Paper presented at the Reports from the Pedagogical Content Knowledge (PCK) Summit, ESERA Conference.
- Glaser, B. G., Strauss, A. L., & Strutzel, E. (1968). The discovery of grounded theory; strategies for qualitative research. *Nursing research*, 17(4), 364.
- Griffiths, A. K. & Barry, M. (1993). High School Students' Views about the Nature of Science. *School Science and Mathematics*, 93(1), 35-37.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press, Columbia University.
- Henze, I., Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2008). Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342.
- Hume, A., & Berry, A. (2010). Constructing CoRes-a strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41(3), 341-355.
- Jung, H. N., & Jhun, Y. S. (2014). Analysis on the Degree of Difficulty in Teaching and Learning the 'Speed of Objects' Chapter. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(1), 172-180.
- Jung, S. J., & Shin, Y. J. (2020). Analysis of the difficulties experienced by elementary school teachers due to the combination of online and offline classes in COVID-19. *The Journal of Education*, 40(3), 93-112.
- Kaya, O. N. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of preservice science teachers: 'Ozone layer depletion' as an example. *International Journal of Science Education*, 31(7), 961-988.
- Kim, H. R., & Choi, S. Y. (2020). Survey on Teachers' Perception and Operational State for Elementary Science Online Remote Classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 39(4), 522-532.
- Kim, Y. H., & Yoo, J. H. (2019). Exploring Elementary Teachers' Difficulties on Teaching Science by Analyzing Questions in an Autonomous Online Teacher Community: Focusing on Physics Questions in Indischool. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 39(1), 73-88.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.
- Kwak, Y. S. (2008). Research on Characteristics of Teacher Professionalism by the Type of Science Pedagogical Content Knowledge. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 28(6), 592-602.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lederman, N. G. & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74(2), 225-239.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1990). Judging the quality of case study reports. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, 3(1), 53-59.
- 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.
- Maeng, S. H., & Kim, C. J. (2009). Student-Centeredness of the Modality of Science Teaching Based on Discourse Language Code. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(1), 116-136.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education*, (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mavhunga, E., & Rollnic, M. (2011). The development and validation of a tool for measuring topic specific PCK in chemical equilibrium. In *Proc. ESERA Conf.*
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2001). *Research in education: A conceptual introduction* (5th ed.). New York: Longman.
- Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19(4), 317-328.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Park, S., Suh, J., & Seo, K. (2018). Development and validation of measures of secondary science teachers' PCK for teaching photosynthesis. *Research in Science Education*, 48(3), 549-573.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods : integrating theory and practice* (4th ed. ed.). Thousand Oaks, California: SAGE Publications, Inc.
- Putnam, R. T., & Borko, H. (1997). *Teacher learning: Implications of new views of cognition*. Dordrecht: Springer.
- Roehrig, G. H., & Luft, J. A. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24.
- Rokeach, M. (1968). *Beliefs, attitudes and values: A theory of organization and change*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Shin, J. Y. (2015). *A Student's Understanding and Difficulties on the Concept of Speed and Unit of Speed in the Elementary School*. Masters Dissertation, Chonju National University of Education, Chungbuk, Korea.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23.
- Smith III, J. P., & Girod, M. (2003). John Dewey & psychologizing the subject-matter: big ideas, ambitious teaching, and teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 19(3), 295-307.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), 99-110.
- 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.
- Yoo, K. W., Jung, J. W., Kim, Y. S., & Kim, H. B. (2018). *Understanding Qualitative Research Methods*. Seoul: ParkYoungStory.

저자정보

신채연(서울대학교 학생)

송진웅(서울대학교 교수)

부록 1. A교사의 ‘물체와 운동’ CoRe 응답지

	주요 과학 아이디어/개념		
	Big idea A	Big idea B	Big idea C
1. 이 개념과 관련하여 학생들이 무엇을 학습하기를 바라십니까?	[6과07-01]일상생활에서 물체의 운동을 관찰하여 속력을 정성적으로 비교할 수 있다. 물체의 다양한 운동 모습	[6과07-02]물체의 이동 거리와 걸린 시간을 조사하여 속력을 구할 수 있다. 물체의 운동을 관찰하고 빠르기를 비교하는 방법 찾기	속력의 뜻과 속력을 나타내는 방법 설명하기
2. 학생들이 이것을 아는 것은 왜 중요합니까?	생활 속에서 경험할 수 있는 물체의 다양한 운동 모습을 통해 물체의 운동이 빠르기와 관련되어 있음을 이해할 수 있음	물체의 운동 모습을 비교하기 위해서는 기준이 필요함을 이해하기 위해서	이동 거리와 걸린 시간이 모두 다른 물체의 빠르기를 비교하기 위한 표현을 이해하기 위해
3. 이 개념에 대해 선생님이 더 알고 있어야만 하는 것은 무엇입니까? (학생들이 알아야 하는 것은 아니지만)	운동의 종류 등속운동, 가속운동, 등가속운동, 감속운동	물체의 빠르기를 나타내는 단위에는 속도와 속력이 있고, 본 단원에서 가르치는 물체의 빠르기는 단위시간당 이동한 거리를 나타내는 속력임	속력=이동 거리/걸린 시간 속력의 단위 도로별 속도 제한의 의미 충격량
4. 이 개념을 가르치는 것과 관련한 어려운 점/한계점은 무엇입니까?	학생들의 경험에 의해 물체의 운동을 감각적으로 비교해야 하지만 물체의 운동에 대한 경험과 관심이 크지 않아 피상적인 설명에 의존한 비교만 가능함	비교 기준이 달라지면 빠르기를 비교하는 표현 방법이 달라진다는 것을 직관적으로 이해하도록 해야 한다는 점	‘속력=단위 시간당 이동한 거리’라는 공식으로 속력 값을 계산하는 것으로 학습이 마무리되는 경우가 있음
5. 이 개념을 가르치는 데 영향을 주는 학생들의 생각은 무엇이라고 생각하십니까?	운동하는 물체의 빠르기는 대부분 일정하다는 생각. 대부분의 물체는 가속도 운동을 하고 있지만, 학생들은 등속도 운동으로 생각하고 있음. 변화가 크지 않는 경우는 대부분 같은 빠르기라고 생각함	빠르기를 나타내는 숫자가 클수록 빠르기가 빠르다고 학생들이 생각한다는 점	스쿨존이나 주변 교통표지판의 속도 제한 표지판 등 일상생활에서 속력이라는 표현보다 속도라는 표현을 자주 듣고 있음. 속력과 속도의 개념에 혼란이 생김
6. 이 개념을 가르치는 데 영향을 주는 다른 요인들은 무엇입니까?	물체의 운동과 관련된 학생들의 경험 여부 -> 놀이공원에서 놀이기구를 타는 활동과 연계해 본 단원을 학습하면 보다 효과적인 것임	빠른 것이 더 좋다는 생각	시속, 분속, 초속 등 생활에서 많이 사용되는 속력의 크기를 단위를 고려하지 않고 단순히 나타낸 수의 크기모만 비교하려는 경향이 있음 (예) 10m/s < 30km/h
7. 교수 절차(방법) (이 개념과 관련하여 이러한 절차(방법)을 사용한 특별한 이유는 무엇입니까?)	학생들의 일상생활에서 경험할 수 있는 다양한 물체의 운동을 예로 제시하고, 빠르기가 변하는 운동과 그렇지 않은 운동 등 기준을 세워 분류하는 활동을 통해 물체는 다양한 형태의 운동을 하고 있음을 이해하도록 함	모둠에서 가장 빨리 달리는 친구 찾아오기 활동 이동 거리, 걸린 시간이라는 표현을 제시하지 않고 학생들이 빨리 달리는 친구를 찾는 방법을 설계하여 문제를 해결하도록 함으로써 학생들이 경험 속에서 빠르기를 비교하기 위해서 이동 거리와 걸린 시간의 개념이 필요함을 찾아내도록 함	우리 반에서 가장 빠른 친구의 속력을 m/s로 나타내기 -> 우리 학교 스쿨존 제한 속도 알아보기 30km/h -> 단위가 속력의 크기를 비교하는 방법 이야기하기 -> 우리 생활에서 사용되는 속력의 다양한 사례 조사하기 직접 경험할 수 있는 속력의 크기를 기준으로 단위가 다른 속력을 비교하는 활동을 함으로써 속력의 크기를 감각적으로 느낄 수 있도록 구성함
8. 이 개념과 관련한 학생들의 이해 또는 혼동을 알아내는 특별한 방법은 무엇인가요?	생활 속에서 경험한 물체의 운동을 예로 제시하고, 빠르기가 변하는 운동과 그렇지 않은 운동 등 기준을 세워 물체의 운동 분류하기	모둠에서 가장 빨리 달리는 친구 찾아오기 활동	우리 생활에서 사용되는 속력의 다양한 사례 조사하고, 우리 반에서 가장 빠른 친구의 속력과 비교하는 활동

부록 2. A교사의 '빛과 렌즈' CoRe 응답지

	주요 과학 아이디어/개념			
	Big idea A	Big idea B	Big idea C	Big idea D
1. 이 개념과 관련하여 학생들이 무엇을 학습하기를 바라십니까?	[6과11-01]햇빛이 프리즘에서 다양한 색으로 나타나는 현상을 관찰하여, 햇빛이 여러 가지 색의 빛으로 되어 있음을 설명할 수 있다. 빛은 여러 가지 색으로 구성되어 있다(빛의 분산).	[6과11-02] 빛이 유리나 물, 볼록 렌즈를 통과하면서 굴절되는 현상을 관찰하고 관찰한 내용을 그림으로 표현할 수 있다. 빛은 비스듬히 나아갈 때 서로 다른 물질의 경계에서 꺾여 나아간다(빛의 굴절).	볼록 렌즈로 물체를 보면 실제 물체의 모습과 다르게 보인다.	볼록 렌즈는 빛을 한 곳으로 모을 수 있다.
2. 학생들이 이것을 아는 것은 왜 중요합니까?	우리가 보는 빛은 한 가지 색이 아닌 다양한 색으로 이루어져있음을 학생들은 이미 경험으로 알고 있다. 하지만, 수업을 통해 학생들은 빛이 여러 가지 색으로 나뉘어 관찰되는 현상(빛의 분산)을 통해 빛은 여러 가지 색으로 구성되어 있다는 사실을 과학 개념으로 인식할 수 있음. 그리고 이를 통해 학생들은 빛으로 인한 다양한 (자연)현상을 과학적으로 이해할 수 있는 기초 개념을 구성할 수 있음.	볼록 렌즈의 성질을 이해하기 위해서는 빛의 굴절 개념을 먼저 알아야 하기 때문이다.	우리 생활에서 많이 사용되고 있는 광학 기구를 만들 때 이용되는 볼록 렌즈의 성질을 이해하기 위해서	빛을 굴절시켜 빛을 한 곳으로 모으는 볼록 렌즈의 가장 중요한 특징을 이해하기 위해서
3. 이 개념에 대해 선생님이 더 알고 있어야만 하는 것은 무엇입니까? (학생들이 알아야 하는 것은 아니지만)	빛은 파동이고, 햇빛이나 전등과 같은 빛은 모든 파장의 빛을 포함하고 있어서 우리 눈에 빛같이 없는 것처럼 보인다. 햇빛의 스펙트럼은 연속적이지만 전등의 스펙트럼은 불연속적이다. 프리즘의 역할을 할 수 있는 다양한 물체(물방울, 유리 또는 투명 플라스틱 조각 등)	빛의 또 다른 성질인 반사, 직진을 알고 있어야 한다. 빛은 서로 다른 물질의 경계에서 굴절만 하는 것이 아니라 반사도 하기 때문이다. 빛이 굴절하는 까닭은 통과하는 매질에 따라 빛의 속도가 달라지기 때문이라는 사실	볼록 렌즈의 모양은 양면 볼록, 평면 볼록, 오목 볼록 렌즈와 같이 다양한 형태가 있음 볼록 렌즈에 의해 상이 맺히는 원리(초점 거리와 물체와의 위치에 따라 맺히는 상의 모습이 달라짐)	볼록 렌즈에 의해 상이 맺히는 원리(초점 거리와 물체와의 위치에 따라 맺히는 상의 모습이 달라짐)
4. 이 개념을 가르치는 것과 관련한 어려운 점/한계점은 무엇입니까?	빛이 여러 가지 색깔로 이루어져 있음을 분산현상으로 이해해야 하는데, 학생들이 빛이 여러 가지 색깔로 이루어져 있는 현상의 예로 회절현상의 예를 이야기할 때 회절과 분산을 구분해 주는 것이 어려움	입사각과 굴절각을 설명할 수 없기 때문에 빛의 굴절 모습을 관찰 결과로 기억하게 할 수 밖에 없음. 빛이 꺾이는 모습을 굴절이라고 설명할 수 있지만, 꺾어진 모습(각도)에 대한 설명에는 한계가 있음	볼록 렌즈의 초점 거리에 따라 물체의 상이 달라 보인다는 점, 다시 말하면 물체와 렌즈와의 거리가 같아도 사용하는 볼록 렌즈의 종류에 따라 보이는 모습이 다른 이유에 대해 설명이 어려움	햇빛은 빛과 열을 가지고 있다는 사실을 먼저 이해해야 함. 볼록 렌즈로 빛이 모이면 발기와 온도가 모두 높아진다는 사실을 이해할 수 있음.
5. 이 개념을 가르치는 데 영향을 주는 학생들의 생각은 무엇이라고 생각하십니까?	빛은 더 다양한 색으로 이루어져 있음에도 불구하고, 이 개념의 대표적인 예가 무지개인데, 무지개는 빨주노초파남보라는 7가지 색으로만 이루어져 있다는 고정관념!	빛의 굴절 현상은 서로 다른 물질의 경계에서 일어나는 현상이기 때문에 물과 공기는 서로 다른 물질이고, 따라서 이들의 경계면에서 굴절현상이 일어난다는 개념을 정립할 수 있음	볼록한 모양을 가진 물체를 모두 볼록 렌즈로 인식하는 점 ->볼록 렌즈와 볼록 거울을 같은 것으로 인식	볼록 렌즈로 빛을 모으는 활동은 학생들에게 볼록 렌즈는 빛을 모으기만 할 수 있다는 생각을 갖게 함. 삼점 거리가 지나면 빛이 다시 퍼져나간다는 생각을 하지 않음
6. 이 개념을 가르치는 데 영향을 주는 다른 요인들은 무엇입니까?	미술시간에 사용되는 색상환표와 프리즘으로만 빛의 분산을 볼 수 있다는 생각	빛의 반사도 빛이 꺾이는 현상이라고 생각하는 경우가 있음.	'볼록 렌즈=돋보기'라는 생각이 볼록 렌즈는 늘 물체를 크게 보이게 한다라는 고정관념이 있음. 볼록 렌즈와 물체의 거리에 따라 물체의 상이 뒤집히는 결과에 대해서도 상하좌우의 뒤집힘에 대해 관심을 보이지 않고 상하 또는 좌우의 뒤집힘에만 관심을 둬	볼록 렌즈로 빛이 모아지는 현상을 빛의 굴절현상 때문이라고 생각하기보다 빛이 모아지는 현상에만 관심을 갖고, 종이를 태우는 것에만 관심을 보이는 점

	주요 과학 아이디어/개념			
	Big idea A	Big idea B	Big idea C	Big idea D
7. 교수 절차(방법) (이 개념과 관련하여 이러한 절차(방법)을 사용한 특별한 이유는 무엇입니까?)	<p>프리즘을 이용한 빛의 분산 현상을 설명한 다음, 주변에서 쉽게 구할 수 있는 물체를 이용해 빛의 분산현상을 관찰할 수 있는 실험 방법 안내하고, 다양한 방법으로 빛의 분산현상을 관찰하여 그 결과를 기록하도록 함</p> <p>자신의 삶 속에서 빛의 분산 현상을 경험할 수 있는 기회를 제공함으로써 개념을 일반화시킬 수 있도록 하기 위해서</p>	<p>빛의 직진, 빛의 반사에 대한 실생활의 예를 설명하거나 학생들의 경험을 나누는 활동을 통해 빛의 직진과 반사에 대한 이해 정도 파악 -> 빛의 굴절 현상을 관찰할 수 있는 실험 진행 -> 관찰 결과 기록 -> 관찰 결과를 빛의 반사와 직진으로 설명하게 함 -> 실험을 통해 관찰한 현상은 빛의 반사도 직진도 아닌 빛의 또 다른 성질인 ‘굴절’임을 설명함 -> 실생활에서 찾을 수 있는 빛의 굴절 사례 찾기 -> 빛의 굴절현상을 이용한 과학 마술쇼 설계하기</p> <p>빛의 굴절을 반사, 직진과 비교하며 이해하고, 굴절 현상을 이용한 과학 마술을 기획하게 함으로써 그냥 지나치기 쉬운 생활 속 굴절 현상에 대해 관심을 갖게 하기 위해서</p>	<p>볼록 렌즈 생김새(볼록한 부분이 있고, 투명한) 관찰 -> 볼록 렌즈와 물체의 거리를 달리하며 볼록 렌즈를 통해 보이는 물체의 모습을 관찰하고 그 결과를 기록 -> 볼록 렌즈의 특징 정리 -> 우리 생활에서 볼록 렌즈 구실을 할 수 있는 물체 찾기</p> <p>투명하고 볼록한 물체는 볼록 렌즈의 성질을 갖고 있음을 알게 함으로써 볼록 렌즈의 특징을 직관적으로 이해하게 함</p>	<p>레이저 포인터를 이용해 볼록 렌즈를 통과하는 빛의 모습을 관찰(굴절 모습) -> 볼록 렌즈(돋보기)를 이용해 햇빛을 모아 그림을 그려보는 활동</p> <p>볼록 렌즈가 빛을 굴절시키는 모습을 레이저 포인터를 이용한 실험으로 확인하고, 빛을 모을 수 있는 거리를 찾아 그림을 그려보는 활동을 함으로써 빛을 한 곳에 모을 수 있음을 경험을 통해 이해할 수 있도록 함</p>
8. 이 개념과 관련한 학생들의 이해 또는 혼동을 알아내는 특별한 방법은 무엇인가요?	<p>빛의 분산현상을 자신의 경험과 관련지어 설명하는 과학 글쓰기 활동 또는 빛의 분산 현상을 발견할 수 있는 실험 계획하기</p>	<p>빛의 굴절현상을 이용한 과학 마술쇼 설계하기</p>	<p>우리 생활에서 볼록 렌즈 구실을 할 수 있는 물체 찾아 발표하기</p>	<p>볼록 렌즈(돋보기)를 이용해 햇빛을 모아 그림을 그려보는 활동</p>