



## 자생적 온라인 교사 공동체의 질문분석을 통한 초등교사의 과학 교수 관련 어려움 탐색 -인디스쿨의 물리 관련 질문 게시글을 중심으로-

김윤화, 유준희\*  
서울대학교

### Exploring Elementary Teachers' Difficulties on Teaching Science by Analyzing Questions in an Autonomous Online Teacher Community : Focusing on Physics Questions in Indischool

Yunhwa Kim, Junehee Yoo\*  
Seoul National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 19 December 2018

Received in revised form

21 December 2018

18 January 2019

Accepted 21 January 2019

##### Keywords:

Autonomous online teacher  
community, Indischool,  
Elementary teachers' difficulties,  
Science teaching, SMK, PCK,  
Question

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to explore elementary teachers' difficulties on teaching science by analyzing questions that have been posted for a long time in an autonomous online teacher community named Indischool. For this purpose, 409 question postings(the 2007 and 2009 revised curriculum, third to sixth grade) were analyzed using the framework for analyzing questions about elementary teachers' science teaching(modified from Alake-Tuenter *et al.*, 2013). The study revealed that there were more science-SMK questions than science-PCK questions, and most of the questions were 'about lenses' and 'in 2014 and 2015, when the curriculum was changing from the 2007 to the 2009 revised curriculum'. The long-standing difficulties in science-SMK were 'an application of facts and concepts in lenses' and 'an unexpected experimental error in electricity'. In particular, there are the principle of transparent cup-shaped objects acting as lenses, the process of image formation by convex lenses, experimental errors of 'compass movement due to current flow change' and experimental errors 'serial connection of bulbs'. The long-standing difficulties in science-PCK were 'understanding and response to context' and 'understanding and response to aims mentioned in standard document' and these are not related to physical units but to others. In particular, there are request class materials, activity ideas at the end of the semester and understanding the national curriculum guidelines. These teachers' difficulties should be reflected in the science teaching support system like a teacher's guide compilation, teacher's training curriculum development, etc.

## 1. 서론

### 1. 연구의 필요성

평생 학습의 기반이 되는 초등 과학교육의 목적을 효과적으로 달성하기 위해서는 초등교사의 과학 교수에 대한 전문성이 필요하다. 하지만 여러 가지 여건으로 인하여 초등교사들은 과학 교수에 많은 어려움을 겪고 있다(Park, 1997; Appleton & Kindt, 1999; Park, 2001; Park, 2003; Akerson *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2007; Kwak, 2011; Oh, 2011).

어려움의 원인으로 먼저 교과 내용 지식(subject matter knowledge, SMK) 측면에서는 초등교사의 과학적 오개념(Kwak, 2011), 과학 내용 지식의 부족(특히 물리학 관련 과학 내용 지식은 거의 없는 경향)(Varley, 1975; Appleton, 1995), 과학 교과에 대한 전문적 지식 향상 기회의 부족(Park, 1997) 등이 지적되고 있다. 교과 교육학 지식

(pedagogical content knowledge, PCK) 측면에서는 학생들이 이해할 수 있는 형태로 과학 지식을 전환하는 과정의 어려움, 과학 실험 수업 중 발생하는 안전사고(Oh, 2011) 등을 원인으로 분석하고 있다. 그밖에 출산과 육아, 과도한 수업과 업무로 인한 교사의 수업 준비 시간 부족 등 과학 교수 외적인 측면에서도 그 원인을 찾고 있다(Kil, 1999; Lee *et al.*, 2007; Oh, 2011). 따라서 이러한 어려움을 해결하기 위해 초등교사의 과학 교수 역량을 신장시킬 수 있는 물리적, 심리적 환경을 제공하는 것이 필요하다는 의견이 있다(Lee *et al.*, 2007). 이에 초등교사의 과학 교수 역량에 대한 재교육이 요청되며, 구체적인 방안으로 교사와 교사 교육자 간의 협력적인 노력을 꾀하는 현장개선연구(action research)(Akerson *et al.*, 2006), 지식공유를 통해 전문성을 향상하는 학습공동체(community of practice, CoP)(Wenger, 1998; Little, 2002; Howe & Stubbs, 2003; Schlarger & Fusco, 2003; Hildreth, 2004; Hodkinson & Hodkinson, 2004; Shulman & Shulman, 2004; Zaslavsky & Leikin, 2004; Bathmake & Avis, 2005; Oh, 2005),

\* 교신저자 : 유준희 (Yoo@snu.ac.kr)

\*\* 본 논문은 김윤화의 2019년도 석사 학위논문에서 발췌 정리하였음  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2019.39.1.73>

교사 연수(Choe *et al.*, 2008; Kwak, 2011) 등이 제시되고 있다. 특히 요즘에는 시간과 공간에 제한을 받지 않고 언제 어디서나 협력할 수 있다는 편리함 덕분에 네트워크를 기반으로 한 학습공동체(CoP)인 온라인 교사 공동체의 도움을 받는 교사들이 늘어가는 추세이다(Barab *et al.*, 2003; Dede, 2006; Herrington *et al.*, 2006; Kim, 2008; Seo, 2010).

온라인 교사 공동체에 대한 선행연구를 살펴보면 교사들의 전문성 개발을 위해 네트워크 기반 탐구학습포럼(inquiry learning forum)을 개발하고 운영한 결과, 단체와 개인 모두 탐구 능력이 향상됐다는 보고가 있다(Barab *et al.*, 2003). 또한, 초임교사들이 직면하는 직업적 고립감의 문제를 해결하기 위해 온라인 교사 공동체를 설계해 운영한 결과, 교사 전문성이 향상되었을 뿐만 아니라 교사로서의 소속감과 안정감을 함께 느낄 수 있었다는 연구도 있다(Herrington *et al.*, 2006). Ryu & Lee(2017)는 초등 예비교사의 테크놀로지 내용교수지식(technological pedagogical and content knowledge, TPACK) 증진을 위해 온라인 교사 공동체를 조직하고 활동한 결과, 온라인 교사 공동체 활동을 한 집단은 통제집단에 비해 PCK와 TPACK이 두드러지게 향상된 것을 알 수 있었다고 보고했다. 이처럼 온라인 교사 공동체를 통해 지식공유를 통한 집단지성의 발달과 정의적 영역의 문제해결이 가능하다는 긍정적인 측면을 강조한 연구들이 존재하는 한편, 현재 존재하고 있는 온라인 교사 공동체의 문제점을 분석한 연구도 있다. Kim *et al.*(2009)는 대표적인 국내 국가교육정보서비스로 간주되는 에듀넷이 초등학교 현장에서 활용도가 높지 않은 원인으로 자료 검색의 어려움, 양질의 콘텐츠 부족 등을 지적했다. 또한 수준별 교육자료 및 지역화 자료의 부족, 일률적인 교수·학습 과정안과 프레젠테이션 자료 제시, 서버 과부하로 인한 사용 속도 저하 등의 문제점도 지적되었다(Kang & Lee, 2005). 이렇게 온라인 교사 공동체에 대한 다양한 유형의 연구들이 급속히 증가하는 추세지만 대부분의 선행연구는 연구를 위해 의도적으로 설계·개발되었거나 교사가 아닌 집단에 의해 개발·운영 중인 온라인 교사 공동체를 대상으로 하는 점에서 제한점이 있다.

반면, CoP의 본질인 자생적 발달 속성을 반영하여 자생적으로 탄생·운영되고 있는 온라인 교사 공동체도 존재하는데, 국내의 경우 ‘인디스쿨’이나 ‘교실 밖 교사커뮤니티’가 그 대표적인 예이다(Kim, 2008). 특히 인디스쿨은 2000년에 설립된 이래로 전국 초등교사 186,684명(2018년 12월 4일 기준) 중 131,653명(2018년 12월 9일 기준)이 가입해 활동할 만큼 큰 규모를 자랑하고 있다. 실제로 많은 초등교사가 인디스쿨을 통해 교수·학습 자료를 공유하고 궁금한 것을 질문함으로써 수업에 도움을 받고 있다(Kim, 2008; Seo, 2011).

질문은 질문하는 사람의 지식과 이해를 반영하고(Dillon, 1986), 인지적 불평형화에 의해 생성된다고 할 수 있기 때문에(Otero & Graesser, 2001; Graesser & Olde, 2003), 학생들의 이해 수준을 파악하고 그들이 겪는 어려움을 조사하는 좋은 수단일 뿐만 아니라(Maskill & de Jesus, 1997), 교사의 이해 수준과 어려움도 파악할 수 있는 소재가 된다(Kim, 2011). 따라서 학생 수준을 고려한 효과적인 설명방법, 흥미를 유발할 수 있는 활동 등에 대해 고민하는 PCK 관련 질문, 과학탐구 중 발생한 돌발상황이나 탐구 결과의 오류, 지도서나 인터넷 검색으로도 해결되지 않는 과학 내용 지식 등 SMK 관련 질문이 초등교사가 과학 교수와 관련해 느끼는 어려움을 대변한다고

판단할 수 있다.

한편, 초등교사들이 과학 교수에 어려움을 느끼고 있는 문제를 해결하고자 다양한 연구가 이루어져 왔지만, 대부분의 연구는 특정 단원의 지도(teaching)에 한정된 것이었다(Song *et al.*, 2012; Wee *et al.*, 2008; Kwon, 2015). 하지만 현장에서 교사가 과학 교수를 위해 처리해야 할 일은 지도 뿐 만이 아니라 교구의 주문, 예산 처리, 과학실 정리, 탐구대회 운영, 과학캠프 운영 등 다양한 분야에 산재해 있다. 또한 선행연구는 소수의 인원을 대상으로 단기간에 이루어진 질적 연구(Wallace & Loudon, 2005; Yoon, 2008; Kim, 2009; Shin & Kim, 2010; Oh, 2011; Ji, 2015)가 대부분이어서 어려움에 대한 장기간의 맥락 또는 흐름을 파악하거나 일반화하기에 한계가 있거나, 다수의 인원을 대상으로 설문지를 통해 미리 한정된 영역에 대해 제한된 답변을 받는 양적 연구(Park & Kim, 1996; Lee *et al.*, 2007; Kim, 2008; Ko, 2010)가 대부분이어서 심층적인 의견을 수렴하기에는 한계가 있었다.

이러한 선행연구의 한계점과는 다르게 인디스쿨은 초등교사로 인증받은 교사들만 가입할 수 있도록 엄격하게 관리되기 때문에 초등학교 현장의 실제적 양상을 대변할 수 있는 특징이 있다(Lee & Jeong, 2016). 또한, 연구를 위해 의도적으로 제작된 면담, 설문지, 평가지 등의 데이터를 분석하는 것이 아니라, 교사들의 지식공유를 위해 자생적으로 발전해 온 온라인 교사 공동체에 오랜 기간 누적되어 온 데이터를 분석하는 것이기 때문에 선행연구와 비교해 데이터의 조작 및 연출 가능성이 배제되었고, 질문의 근원과 배경에 해당하는 맥락을 알 수 있다는 장점이 있다(Rodesiler, 2017; Jang, 2018). 즉, 인디스쿨은 인위적으로 생성된 학습공동체가 아니라 자생적인 특징을 지니고 있으므로, 인디스쿨의 과학 교수 관련 질문 게시글을 분석한다면 다수의 초등교사가 평소 과학 수업을 준비하며 느꼈던 어려움에 대한 장기간의 흐름을 보다 현실에 가깝게 파악할 수 있을 것으로 기대하는 바이다.

## 2. 연구 문제

본 연구에서는 약 13만 명의 회원을 확보한 인디스쿨에 축적되어 온 과학 교수 관련 질문 게시글들을 분석함으로써, 다수의 초등교사가 평소 과학 교수와 관련해 오랜 기간 겪어온 어려움을 파악하고, 과학 교수 개선을 위한 지원 체계를 구축하는데 필요한 기초 자료를 얻고자 했다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 첫째, 자생적 온라인 교사 공동체의 질문분포는 어떠한가?
- 둘째, 과학-SMK와 관련된 과학 교수의 어려움은 무엇인가?
- 셋째, 과학-PCK와 관련된 과학 교수의 어려움은 무엇인가?

## II. 자료 수집 및 분석 방법

### 1. 자료 수집

인디스쿨은 초등교사임을 인증했을 때만 회원 가입이 가능한 사이트로, 회원 인증을 마친 본 연구자는 사이트 이용 및 자료 열람이 가능했다. 인디스쿨 운영자에게 메일을 보내 자료 수집에 대한 동의를 얻었으며, 관련 내용을 엑셀에 정리하는 형태로 자료를 수집했다. 질문 게시글의 제목, 날짜, 내용을 수집했고, 개인식별정보에 해당하

는 글쓴이의 아이디어는 연구목적과 관련이 없으므로 수집하지 않았다.

분석 대상은 2007 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정의 3~6학년에 해당하는 물리 단원 및 과학 전반<sup>1)</sup>에 해당하는 과학 교수 관련 질문 게시글이었다. 인디스쿨 내의 모든 게시글은 온라인상의 별명과 함께 게시되며 인디스쿨에 가입되어있는 전국의 모든 초등교사가 게시글을 올리고 답변을 달 수 있게 되어있다. 게시판이 설립된 이래로 게시된 모든 질문은 삭제되지 않고 그대로 보존되어 있으며, 검색창을 통해 예전 질문을 검색해 원하는 자료를 취사선택 후 이용할 수 있다는 특징이 있다. 인디스쿨 '교육자료' 게시판에는 과목별 교수·학습 자료나 해당 과목을 교수하며 생긴 궁금증을 질문할 수 있는 과목별 세부 게시판이 존재한다. 이중 학년별 교육과정 적용 연도가 다른 것을 고려해 물리 단원 3~4학년에 해당하는 2010~2017년, 물리 단원 5~6학년에 해당하는 2011~2018년, 과학수업 전반에 해당하는 2010~2018년의 질문 게시글을 수집한 결과 총 409개(2018년 12월 9일 기준)의 질문이 수집되었다. 본 연구에서는 수집된 409개의 질문을 모두 분석했으며, 답변은 따로 분석하지 않았다.

## 2. 분석틀

초등교사의 탐구 기반 과학 교수 역량을 다룬 Alake-Tuenter *et*

*al.*(2013)의 틀을 기본으로 질문분석을 위한 예비 분석틀을 구성하였다. 이후 인디스쿨의 질문 게시글을 무작위로 추출하여 분석을 실시한 후 예비 분석틀을 수정 및 보완하고, 필요 시 구성요소를 추가하거나 제외하였다. 그 결과 질문분석을 위한 최종 분석틀(Table 1)의 대영역으로 과학적 사실과 개념의 의미를 알고 적용하는 데 필요한 교사의 지식(knowledge), 탐구 단계별로 필요한 기능에 대한 교사의 이해(understanding), 교수효과의 증진을 위해 학생, 맥락, 표준문서 등 다양한 변인들이 유기적으로 상호작용할 수 있도록 구성하는 교사의 교수 설계 능력을 다룬 [과학-PCK 1] 교수 설계 능력(pedagogical design capacity), 탐구 기반 과학 교수를 위해 필요한 탐구 수행 및 탐구 기반 과학 교수 설계에 대한 교사의 능력을 다룬 [과학-PCK 2] 탐구 기반 과학 교수 능력(inquiry-based science pedagogical capacity), 양적·질적 정보를 수집해 학생의 성취를 평가하는 방법과 처리에 관련된 교사의 능력을 다룬 [과학-PCK 3] 교사의 평가(evaluation)와 사정(assessment) 등을 설정하였고, 각 대영역마다 적절한 중영역 및 하위 요소를 설정하였다.

한편, 본 연구에서 분석 대상으로 하는 인디스쿨의 질문은 2007 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정의 물리 단원 및 과학수업 전반

Table 1. The framework for analyzing questions about elementary teachers' science teaching(modified from Alake-Tuenter *et al.*, 2013)

대영역	중영역	하위 요소	질문 특징	질문 예시
[과학-SMK 1] 사실(facts)과 개념(concepts)에 대한 교사의 지식(knowledge)	사실과 개념의 의미(meaning)	사실과 개념의 의미	<ul style="list-style-type: none"> <li>단순 사실, 간단한 개념을 질문</li> <li>과학적 용어, 단위의 정의를 질문</li> <li>특성, 구조, 기능, 관계, 단순 시간 순서로 이루어진 간단한 과정, 현상 등을 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>광원이 무엇일까?</li> <li>네오디뮴 자석은 N극, S극이 있을까?</li> </ul>
	사실과 개념의 적용(applying)	현상에 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>관찰 결과나 자연 현상을 과학적 개념, 원리로 상세히 설명하는 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S극으로 못을 문지르면 문지른 부분이 N극이 되는 현상은 왜 그런 것일까?</li> </ul>
		과정에 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>메커니즘, 관계 등 복잡한 과정에 대해 이론적으로 중간 과정을 상세히 설명하는 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>블록렌즈의 초점 밖에 물체가 있을 때 어떻게 보일까?</li> </ul>
		사례에 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>사실과 개념을 적용한 실생활의 예에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수중카메라에는 어떤 렌즈를 사용할까?</li> </ul>
	비교/대조에 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>둘 이상의 대상들 간의 공통점과 차이점을 비교, 대조하며 과학적 개념, 원리로 설명하는 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>간이사진기의 상이 상하좌우 바뀌는 현상과 바늘구멍사진기의 그림자가 상하좌우 바뀌는 현상이 어떻게 다른 것일까?</li> </ul>	
[과학-SMK 2] 탐구 기능(inquiry skills)에 대한 교사의 이해(understanding)	의문 생성 단계의 이해(understanding)	의문 생성 단계의 이해	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학 탐구를 통해 해결하고 싶은 문제에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학실 현미경으로 유산균 관찰이 가능할까?</li> </ul>
	탐구 계획 단계의 이해(understanding)	탐구 계획 시 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>탐구 수행에 앞서 고려할 사항에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>피복을 벗긴 전선은 감전이 일어날까?</li> </ul>
		탐구 계획의 적합성	<ul style="list-style-type: none"> <li>교과서 탐구 계획의 적합성에 의문을 품은 질문</li> <li>별인 설계의 과학적 이유에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전동기 만들기 실험에서는 왜 막대자석 대신 네오디뮴 자석을 사용할까?</li> </ul>
	탐구 수행 단계의 이해(understanding)	탐구 수행 시 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>탐구 수행 중 고려할 사항에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고무동력수레를 만드는 과정에서 철사 마감을 어떻게 해야 할까?</li> </ul>
탐구 수행 시 돌발상황		<ul style="list-style-type: none"> <li>탐구 수행 중 발생한 돌발상황에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고무동력수레가 직선으로 가지 않을 때 어떻게 해야 할까?</li> </ul>	
	결과 해석 단계의 이해(understanding)	결과 해석 단계의 이해	<ul style="list-style-type: none"> <li>수집된 자료에 대한 질문</li> <li>탐구 결과의 오류 또는 한계점에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>햇빛과 전등의 그림자 중, 교과서에 의하면 전등의 그림자가 더 커야 하는데, 실제 실험결과에서 햇빛의 그림자가 더 큰 이유는 무엇일까?</li> </ul>

1) 물리, 화학, 생물, 지구과학의 어느 한 영역에 속하지 않고 과학수업 전반에 해당하는 내용

Table 1. (Continued)

대영역	중영역	하위 요소	질문 특징	질문 예시
[과학-PCK 1] 교수 설계 능력 (pedagogical design capacity)	개별 학생(individual pupil)에 대한 이해(understanding)와 반응(response)	개별 학생에 대한 이해와 반응	<ul style="list-style-type: none"> <li>개별 학생의 수준에 대한 질문</li> <li>개별 학생을 통제하는 방법에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학실에서 학생들이 항상 잡담하는데 어떻게 대처하면 좋을까?</li> </ul>
	맥락(context)의 이해(understanding)와 반응(response)	수업자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>수업자료 자체 및 자료를 구하는 방법 등에 대한 질문</li> <li>수업자료에 관해 생긴 문제 상황에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교과서와 지도서 PDF 파일을 구할 수 있는 사이트가 있을까?</li> </ul>
		진도	<ul style="list-style-type: none"> <li>교과별 수업일수와 관련된 진도에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>올해 발령받은 신규라 진도가 느린데, 다른 학교는 진도 어디쯤 나가고 있을까?</li> </ul>
		표준 문서(standard document)의 이해(understanding)와 반응(response)	<ul style="list-style-type: none"> <li>표준 문서의 이해와 반응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교육과정 과도기에 놓인 학년을 위한 ‘보충단원’의 운영과 관련된 교육청 지침에 대한 질문</li> <li>07, 09 개정 교육과정 특색 단원 ‘과학탐구’의 운영과 관련된 교육청 지침에 대한 질문</li> </ul>
	표준 문서(standard document) 이외의 프로그램에 대한 이해(understanding)와 반응(response)	표준 문서 이외의 프로그램에 대한 이해와 반응	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학캠프, 과학탐구대회, 과학미술탐구대회 등의 목적 및 운영과 관련된 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>발명 상상화 대회와 과학 상상화 대회는 다른 것일까?</li> <li>과학캠프와 관련된 자료가 있을까?</li> </ul>
[과학-PCK 2] 탐구 기반 과학 교수 능력 (inquiry-based science pedagogical capacity)	탐구 기반 과학 교수 설계 능력	수업내용과 수준	<ul style="list-style-type: none"> <li>학습자와 학습 환경을 고려한 수업내용과 수준에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초등학생에게 오른손 법칙을 지도해도 될까?</li> </ul>
		활동구성 아이디어	<ul style="list-style-type: none"> <li>재미있고 효과적인 과학 수업을 위한 활동구성 아이디어에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공개수업을 앞두고 있는데, 전자석의 성질과 관련된 동기유발 아이디어가 있을까?</li> </ul>
		설명방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>학습자의 수준을 고려해 쉽고 재미있게 설명하는 방법에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>속력 단원에서 단위 변환을 쉽게 가르치는 방법은 무엇일까?</li> </ul>
	탐구 기반 과학 교수 수행 능력	탐구활동 도구	<ul style="list-style-type: none"> <li>구입처, 제품명 및 수량 등 탐구활동 도구 구입에 대한 질문</li> <li>탐구활동 도구 관련 노하우, 팁 등에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고무동력수레 만들기 괜찮은 키트가 있을까?</li> <li>카메라 만들기 후, 볼록렌즈를 개인물품으로 다 제공할까? 아니면 수거할까?</li> </ul>
	(inquiry-based science pedagogical performance capacity)	대체 탐구활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>학교 상황에 따른 대체 탐구활동에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>볼록렌즈를 구매하기 어려운 상황인데, 간이사진기 만들기를 대체할 탐구활동이 있을까?</li> </ul>
		안전사고	<ul style="list-style-type: none"> <li>탐구활동 중 발생하는 안전사고에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>볼록렌즈로 햇빛 모으기 실험에서 강력한 빛으로부터 학생들 눈을 보호할 방법이 있을까?</li> </ul>
[과학-PCK 3] 교사의 평가(evaluation)와 사정(assessment)	평가 방법 관련 능력(ability)	평가 방법 관련 능력	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 수준 교육과정에 의거한 과학과 평가 영역, 성취수준에 대한 질문</li> <li>교육청 출제 성취도 평가의 범위에 대한 질문</li> <li>평가 도구(평가지)에 대한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학과 평가 영역은 개념, 탐구능력, 태도일까? 아니면 생명과 지구, 물질과 에너지일까?</li> <li>교육청 학업성취도평가 범위가 어디일까?</li> <li>평가자료를 구할 수 있는 사이트가 있을까?</li> </ul>
	평가 결과 처리 능력(ability)	평가 결과 처리 능력	<ul style="list-style-type: none"> <li>오답노트 등 평가 후 지도에 대한 질문</li> <li>생활기록부, 성적표 등에 성적을 기록하기 위한 질문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>단원평가 후 오답 정리를 하는 좋은 아이디어가 있을까?</li> <li>학기 말 종합의견 자료 예시가 있을까?</li> </ul>

에 관한 내용이었는데, 각 교육과정에 해당하는 단원의 이름이 서로 달라 간단하게 통일시켜야 할 필요성이 있었다. 이에 다음과 같이 본 연구에서 사용할 단위명을 설정하였다(Tabel 2). 물리 단위에는 무게, 거울과 그림자, 자석, 소리, 전기, 열, 렌즈, 속력의 8가지 항목이 있고, 과학 전반에는 ‘과학탐구’와 ‘운영 전반’의 2가지 항목이 있다. ‘과학탐구’는 2007 개정 및 2009 개정 교육과정에서 도입된 내용으로 3~4학년 1학기에 기초탐구 과정(관찰, 분류, 측정, 추리, 예상, 의사소통), 5~6학년 1학기에 통합탐구 과정(문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화), 3~6학년 2학기에 자유탐구 과정(탐구 주제 정하기, 탐구 계획 세우기, 탐구 실행하기, 탐구 보고서 만들기, 탐구 결과 발표하기)이 각각 6차시씩 배정되어 있다. ‘운영 전반’은 물리 단위 및 과학탐구에 속하지 않은 과학수업 운영 전반에 해당하는 내용으로 ‘과학실에서 학생들이 항상 잡담하는데 어떻게 대처하면 좋을까?’, ‘2009 개정 교육과정에 따른 4학년 과학 학습 결손 내용 공문은 전국 모든 학교에 해당하는 것일까?’, ‘국가수준 교육과정에 따른 과학과 평가 영역은 무엇일까?’ 등이 있

다. 따라서 본 연구에서는 물리 단위 8개, ‘과학탐구’, ‘운영 전반’을 합해 총 10개의 내용으로 질문을 분석하였다.

### 3. 분석 방법

본 연구에서는 앞서 개발한 초등교사의 과학 교수 관련 질문 분석틀을 사용해 과학 교수와 관련된 409개의 질문을 분석하였다. 연구 문제 1번 자생적 온라인 교사 공동체의 질문분포에서는 연도별, 단위별로 질문의 분포를 정리했는데, 이때 과학-SMK와 과학-PCK 측면에서 나누어 조사하였다. 연구 문제 2번 과학-SMK와 관련된 과학 교수의 어려움에서는 분석틀을 사용해 과학-SMK의 요소별로 질문을 분석했다. 그 후, 과학-SMK 요소별로 어떤 어려움을 겪고 있는지 파악하고, 해마다 반복되어 출현하는 질문을 바탕으로 과학-SMK 측면에서 오랜 기간 지속 되어 온 어려움이 무엇인지 파악했다. 연구 문제 3번 과학-PCK와 관련된 과학 교수의 어려움 역시 연구 문제 2번과 같은 방법으로 분석했다. 연구 문제 2, 3번에서 해마다 반복되는 질문은 4년 이상 반복해

Table 2. Unit names used in this study

구분	내용 체계 및 단원명			적용연도/학년
	본 연구	2007 개정 교육과정	2009 개정 교육과정	
물리 단원	무게	무게	물체의 무게	2010~2017년 /3~4학년
	거울과 그림자	빛의 직진	거울과 그림자	
	자석	자석과 성질	자석의 이용	
	소리	-	소리의 성질	
	전기	전기회로, 자기장	전기의 작용	2011~2018년 /5~6학년
	열	열전달	온도와 열	
	렌즈	빛	렌즈의 이용	
	속력	물체의 속력	물체의 빠르기	
과학수업 전반	과학탐구	과학탐구	과학탐구	2010~2018년 /3~6학년
	운영 전반	-	-	

출현하고 있는 것으로 한정 지었는데, 그 이유는 2007 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정의 적용 기간이 각각 4년이기 때문이다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 자생적 온라인 교사 공동체의 질문분포

총 409개의 질문 중, 과학-SMK 관련 질문이 221개(54.0%), 과학-PCK 관련 질문이 188개(46.0%)로 과학-SMK 관련 질문이 33개(8.0%) 더 많은 것으로 분석되었다. 이는 초등교사들이 과학 교수와 관련한 SMK가 부족한 상황이라는 선행연구와 유사한 결과였다 (Kwak, 2011).

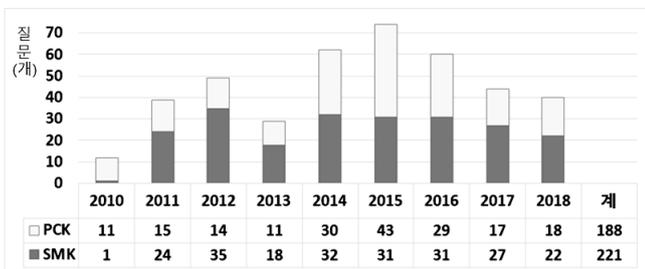


Figure 1. Science-PCK and SMK questions by year

질문을 연도별로 분석한 결과(Figure 1), 가장 많은 질문이 분포했던 시기는 2015년(n=74, 18.1%)과 2014년(n=62, 15.2%)이다. 이는 교사들이 2009 개정 교육과정을 처음 지도하게 되는 시기와 같았는데, 이를 통해 교육과정 변화의 과도기에 교사들이 과학 교수에 많은 어려움을 느끼고 있다는 것을 추측할 수 있었다.

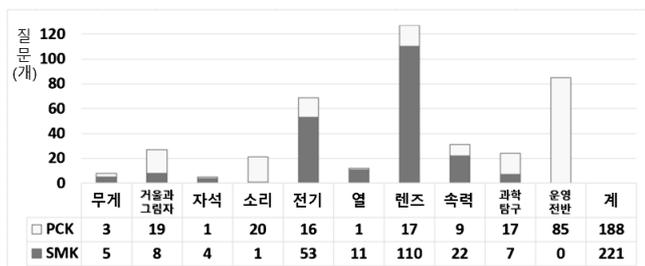


Figure 2. Science-PCK and SMK questions by unit

한편, 질문을 단원별로 분석한 결과(Figure 2), 가장 많은 질문이 분포했던 단원은 렌즈(n=127, 31.1%)였다. 또한, 과학-SMK 관련 질문의 경우 렌즈(n=110, 26.9%)가 가장 높은 비중을 차지하고 있었고, 과학-PCK 관련 질문의 경우 운영 전반(n=85, 20.8%)이 가장 높은 비중을 차지했다. 과학-SMK 관련 질문이 과학-PCK 관련 질문보다 더 많은 단원은 무게, 자석, 전기, 열, 렌즈, 속력으로 초등교사들은 대부분의 단원에서 교과 내용 지식의 어려움을 더 많이 호소하고 있었다.

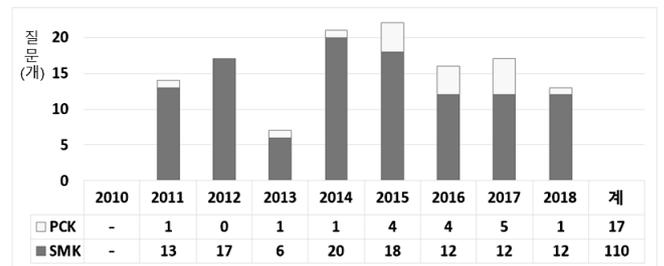


Figure 3. Questions about 'Lens' by year

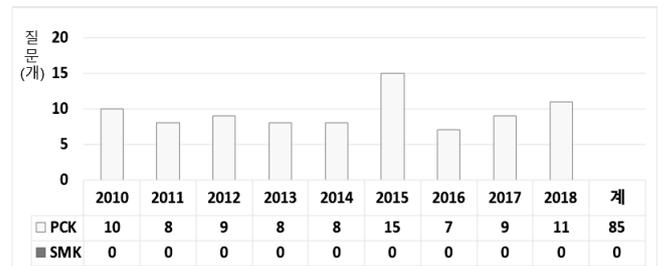


Figure 4. Questions about 'Overall operation' by year

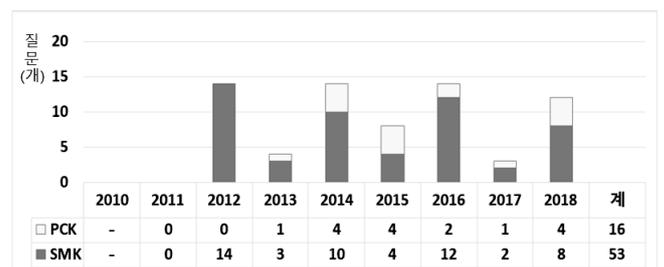


Figure 5. Questions about 'Electricity' by year

다른 단원에 비해 질문의 개수가 유난히 많았던 단원은 렌즈, 운영 전반, 전기였다. 먼저, 가장 많은 질문이 분포했던 단원인 렌즈(n=127, 31.1%)(Figure 3)는 연도에 상관없이 꾸준히 많은 질문이 출현하였다. 이는 교사들이 물리 영역 중 빛과 관련된 단원을 지도하는 것이 가장 어렵다고 밝힌 선행연구(Lee et al., 2005; Kim & Paik, 2008)와 일치하는 결과이다. 렌즈의 경우 과학-SMK 관련 질문(n=110, 86.6%)이 과학-PCK 관련 질문(n=17, 13.4%)보다 월등히 많은데, 이를 통해 초등교사들이 렌즈 단원의 내용 지식에 많은 어려움을 느끼고 있다는 것을 알 수 있었다(Lee & Kim, 2017). 두 번째로 많은 질문이 분포했던 단원은 운영 전반(n=85, 20.8%)(Figure 4)이었는데, 모두 과학-PCK와 관련된 질문이었다. 렌즈 단원과 마찬가지로 운영 전반에 속한 질문 역시 매년 꾸준히 일정 빈도수 이상 출현하였고, 교육과정의 과도기에 해당하는 2015년에 가장 많은 질문이 분포했다. 이는 교육과정 변화의 과도기에 교사들이 단원 지도 이외의 과학-PCK적 측면에서 어려움을 느끼고 있다는 것을 반영한다고 해석할 수 있다. 세 번째로 많은 질문이 분포했던 단원은 전기(n=69, 16.9%)(Figure 5)였는데, 운영 전반을 제외하면 렌즈 단원에 이어 초등교사들이 과학 교수 시 두 번째로 어려움을 많이 느끼는 단원에 해당한다. 이는 초등 과학의 모든 단원 중, 전기 단원이 교사가 꼽은 가르치기 어려운 단원 중 하나로 보고된다는 선행연구(Kim, 2009)와 유사한 결과이다. 한편 전기의 경우, 렌즈와 마찬가지로 과학-SMK 관련 질문(n=53, 13.0%)이 과학-PCK 관련 질문(n=16, 3.9%)보다 월등히 많았는데, 이 결과는 초등교사들이 전기 단원 내용 지식에 어려움을 느낀다고 해석할 수 있다.

## 2. 과학-SMK와 관련된 과학 교수의 어려움

총 221개의 과학-SMK 질문을 분석한 결과(Table 3), [과학-SMK 1] 사실과 개념에 대한 교사의 지식(n=130, 58.8%)이 [과학-SMK 2] 탐구 기능에 대한 교사의 이해(n=91, 41.2%)보다 많았다. 이러한 결과를 통해 초등교사는 과학적 사실과 개념의 의미 및 적용에 관련된 어려움을 탐구에 관련된 어려움보다 더 많이 느끼고 있다고 해석할 수 있다.

[과학-SMK 1] 관련 질문 중(Figure 6), 사실과 개념의 적용(n=118, 90.8%)에 대한 질문이 사실과 개념의 의미(n=12, 9.2%)에 대한 질문보다 약 10배 이상 많은 빈도수를 나타냈다. 즉, 초등교사들은 단순히 사실과 개념의 의미, 과학적 용어나 단위의 정의보다는 과학적 사실과 개념을 현상, 복잡한 과정, 실생활 사례 등에 적용하는 것을 더 어려워한다고 해석할 수 있다.

[과학-SMK 1]의 다섯 가지 하위 요소 중에서 상위 네 가지 하위 요소가 모두 사실과 개념을 적용하는 질문이었는데, 현상(n=39, 30.0%), 사례(n=36, 27.7%), 과정(n=27, 20.8%), 비교/대조(n=16, 12.3%)에 적용하는 질문 순으로 출현하고 있었다. 먼저, 현상에 적용하는 질문에는 ‘S극으로 못을 문지르면 문지른 부분이 N극이 되는 현상은 왜 그런 것일까?’, ‘공기와 물에서 빛이 안쪽으로 굴절하는 현상의 원인은 무엇일까?’ 등이 있었는데, 교사들이 관찰 결과나 자연 현상을 과학적 개념이나 원리로 상세히 설명하는 것에 많은 어려움을 느끼고 있다고 해석할 수 있다. 이는 교과서에 과학적 개념이 적용된 다양한 현상이 풍부하게 제공되고 있지만, 제공된 현상을 이해할 수

Table 3. Analysis of science-SMK questions

대영역	중영역	하위 요소	단원별 질문 개수											
			무게	거울과 그림자	자석	소리	전기	열	렌즈	속력	과학 탐구	운영 전반	계 (%)	
[과학-SMK 1] 사실(facts)과 개념(concepts)에 대한 교사의 지식(knowledge)	사실과 개념의 의미(meaning)	사실과 개념의 의미	3	-	-	-	2	1	3	3	-	-	12 (5.4)	130 (58.8)
	사실과 개념의 적용(applying)	현상에 적용	-	3	2	-	4	2	26	-	2	-	39 (17.6)	
		과정에 적용	-	-	-	-	8	1	14	3	1	-	27 (12.2)	
		사례에 적용	-	3	-	-	7	6	15	3	2	-	36 (16.3)	
		비교/대조에 적용	-	-	-	-	4	-	11	-	1	-	16 (7.2)	
[과학-SMK 2] 탐구 기능(inquiry skills)에 대한 교사의 이해(understanding)	의문 생성 단계의 이해(understanding)	의문 생성 단계의 이해	-	-	-	-	-	-	7	-	1	-	8 (3.6)	91 (41.2)
	탐구 계획 단계의 이해(understanding)	탐구 계획 시 고려사항	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2 (0.9)	
		탐구 계획의 적합성	-	-	-	1	6	-	5	2	-	-	14 (6.3)	
		탐구 수행 시 고려사항	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	3 (1.4)	
		탐구 수행 시 돌발상황	-	-	1	-	5	1	3	10	-	-	20 (9.0)	
결과 해석 단계의 이해(understanding)	결과 해석 단계의 이해	1	2	1	-	15	-	25	-	-	-	44 (19.9)		
계 (%)			5 (2.3)	8 (3.6)	4 (1.8)	1 (0.5)	53 (24.0)	11 (5.0)	110 (49.8)	22 (10.0)	7 (3.2)	0 (0.0)	221 (100.0)	

있는 원리에 대한 설명이 부족해 교사들이 어려움을 겪고 있다는 Kwon *et al.*(2006)의 연구와 같은 결과를 나타내고 있다. 둘째, 사례에 적용하는 질문에는 ‘수중카메라와 콘택트렌즈는 어떤 렌즈를 사용할까?’, ‘전자석을 활용한 예에 전기세탁기, 헤어드라이어, 선풍기, 스피커, 로봇청소기가 포함될까?’ 등이 있었는데, 사례에 적용하는 질문과 현상에 적용하는 질문의 개수가 미비한 차이(n=3, 2.3%)밖에 나지 않는 것으로 보아, 교사들이 사실과 개념을 실생활 사례에 적용하는 부분 역시 많이 어려워하고 있다는 것을 알 수 있었다. 셋째, 과정에 적용하는 질문에는 ‘볼록렌즈의 초점 밖에 물체가 있을 때 어떻게 보일까?’, ‘전기회로를 보고, 전동기가 작동할지 알 수 있을까?’ 등이 있었는데, 메커니즘, 관계 등 복잡한 과정에 대해 이론적으로 중간 과정을 상세히 설명하는 부분에서 느끼는 어려움이 여기에 속한다. 넷째, 비교/대조에 적용하는 질문에는 ‘간이사진기의 상이 상하좌우 바뀌는 현상과 바늘구멍사진기의 그림자가 상하좌우 바뀌는 현상이 어떻게 다른 것일까?’, ‘전기회로 1, 2, 3, 4번의 공통점과 차이점이 무엇일까?’ 등이 있었는데, 이 경우에는 비슷해 보이는 둘 이상의 대상이 가진 과학적 개념에 어떤 차이가 있는지 알지 못해 어려움을 느끼고 있다고 해석할 수 있다.

한편, [과학-SMK 2] 관련 질문 중(Figure 7), 결과 해석 단계의 이해(n=44, 48.4%)에 대한 질문이 가장 많이 출현했고, 뒤이어 탐구 수행 단계의 이해(n=23, 25.3%), 탐구 계획 단계의 이해(n=16, 17.6%), 의문 생성 단계의 이해(n=8, 8.8%)에 대한 질문 순으로 빈도가 감소했다.

[과학-SMK 2]의 여섯 가지 하위 요소 중에서는 결과 해석 단계의 이해(n=44, 48.4%)에 대한 질문이 가장 많았는데, ‘햇빛과 전등의 그림자 중, 교과서에 의하면 전등의 그림자가 더 커야 하는데, 실제 탐구 결과에서는 햇빛의 그림자가 더 큰 이유는 무엇일까?’ ‘전구의 직렬연결에서 전구 1개를 빼면 회로가 끊어져야 하는데 나머지 전구 1개에 계속 불이 들어오는 이유가 무엇일까?’ 등의 질문이 여기에 속했다. 이 경우에는 44개에 해당하는 모든 질문이 예상과 다른 탐구 결과에 대한 것이었는데, 이는 초등교사들이 과학 수업에서 가장 많은 어려움을 겪고 있는 부분은 예상치 않은 실험결과와 오류로 인해서라는 선행연구(Park & Kim, 1996)와 일치하는 결과였다. 두 번째로 비중이 높은 하위 요소는 탐구 수행 시 발생하는 돌발상황(n=20, 22.2%)에 대한 질문이었다. ‘고무동력수레가 직선으로 가지 않을 때 어떻게 해야 할까?’, ‘액체에서 열의 이동을 관찰하는 실험에서 시험관이 계속 깨지는데 어떻게 해야 할까?’ 등과 같이, 탐구 수행 중 예상치 못하게 발생한 상황에 대해 교사가 어려움을 느끼고 있다고 해석된다. 즉, 탐구 수행 및 결과에서 발생하는 예상치 못한 상황에 대해 많은 교사(n=64, 70.4%)가 어려워한다고 해석할 수 있다.

해마다 반복(4년 이상)되고 있는 과학-SMK 관련 어려움에는 7개의 질문 내용이 있었다(Figure 8). [과학-SMK 1] 사실과 개념의 적용(A, B, E, F, G), [과학-SMK 2] 탐구 결과 해석 단계의 이해(C, D)에 해당하는 질문이 반복되고 있었는데, [과학-SMK 1]에 해당하는 5개의 어려움은 모두 렌즈 단원에 대한 것이었고 [과학-SMK 2]에 해당하는 2개의 어려움은 모두 전기 단원에 대한 것이었다. 이를 통해, 초등교사들이 렌즈 단원에서 사실과 개념의 적용, 전기 단원에서 예상치 못한 탐구 결과의 오류를 오랫동안 반복해서 어려워하고 있다고 해석할 수 있다.

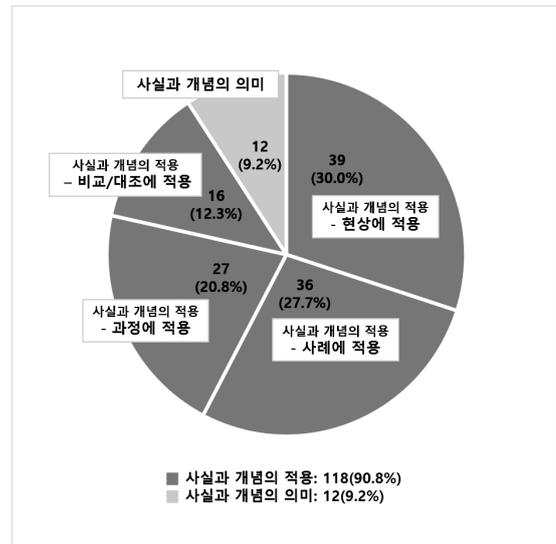


Figure 6. Analysis of [science-SMK 1] questions(n=130, 58.8%)

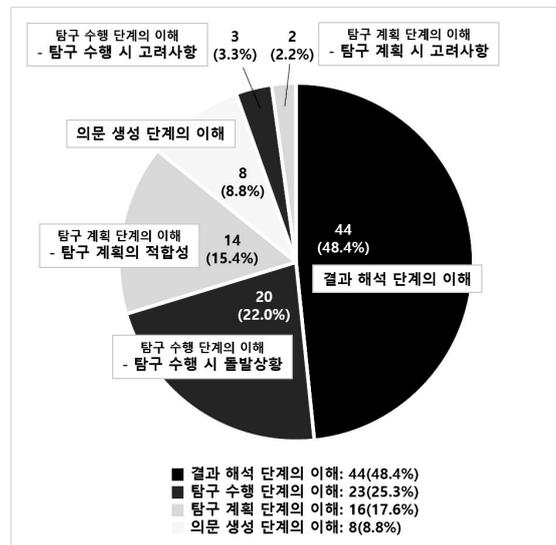


Figure 7. Analysis of [science-SMK 2] questions(n=91, 41.2%)

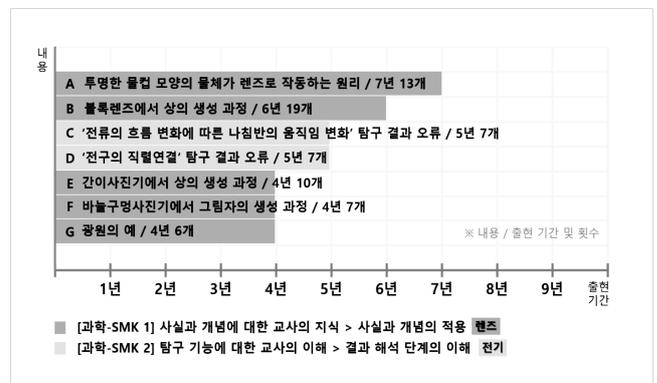


Figure 8. Repetitive Science-SMK questions

해마다 반복되는 질문의 연도별 반복 추이와 예시를 정리한 내용은 Table 4와 같다.

가장 오랜 기간(7년) 반복된 질문은 A.투명한 물컵 모양(물컵, 눈금 실린더, 물병, 아크릴봉 등)의 물체가 렌즈로 작동하는 원리였다. 이 질문은 두 해(2010년, 2013년)를 제외한 모든 연도에서 1~4개씩 꾸준히 출현하고 있었는데, 크게 두 가지로 질문의 특징을 나눌 수 있었다. 먼저 투명한 물컵 모양의 물체가 렌즈의 역할을 하는 원리를 모르겠다는 질문이 10개 존재했다. 또한, 투명한 물컵 모양의 물체에 물을 넣었을 때와 뺐을 때 다른 현상이 관찰되는데, 여기서 물의 역할이 무엇인지 모르겠다는 질문이 3개 있었다. 즉, 초등교사들은 실생활에서 렌즈의 역할을 하는 물체들이 무엇인지는 알고 있으나, 렌즈의 원리를 현상, 과정, 사례로 확장·적용하지 못해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다.

6년 동안 반복된 질문은 B.블록렌즈에서 상의 생성 과정이었는데, 이는 가장 많은 반복된 어려움(n=19)이기도 했다. 교사들은 블록렌즈에서 초점 거리와 물체의 위치에 따른 상의 생성, 상의 작도, 렌즈를 통과한 물체가 눈에 보이는 원리 등에 대한 개념에서 혼란을 느끼고 있었다. 같은 렌즈임에도 불구하고 블록렌즈에서 상의 생성 과정에 대한 질문은 6년간 19개 반복된 반면, 오목렌즈에서 상의 생성 과정에 대한 질문은 2년간 3번 반복되고 있었다. 즉, 초등교사들은 블록렌즈에서 상의 생성 과정을 제대로 이해하고 있지 않아 이와 관련된 상의 크기와 모양 변화, 상의 작도 등을 오랜 기간 어려워해 왔다고 해석할 수 있다.

5년 동안 반복된 질문은 C. ‘전류의 흐름 변화에 따른 나침반의 움직임 변화’ 탐구 결과 오류와 D. ‘전구의 직렬연결’ 탐구 결과

오류였다. 먼저 C에서는 크게 두 가지 유형의 탐구 결과 오류가 발생했는데, 전류의 흐름 변화에 따라 나침반이 움직여야 하지만 전혀 움직이지 않은 경우(n=4)와 전류의 흐름 변화에 따라 나침반이 움직여야 하지만 교과서와 반대 방향으로 움직인 경우(n=3)가 있었다. D 역시 두 가지 유형의 탐구 결과 오류가 발생했는데, 전구를 직렬연결하면 전구 2개에 모두 불이 들어오는 대신 전구의 상대적 밝기가 약해져야 하지만 전구 1개에만 불이 들어오고 나머지 1개는 아예 꺼지는 경우(n=4), 전구의 직렬연결에서 전구 1개를 빼면 회로가 끊어져야 하지만 나머지 전구 1개에 계속 불이 들어오는 경우(n=3)가 있었다. 즉, 초등교사들은 전기 단원에서 예상치 못한 탐구 결과의 오류로 인해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다.

4년 동안 반복된 질문은 E.간이사진기<sup>3)</sup>에서 상의 생성 과정, F.바늘구멍사진기<sup>4)</sup>에서 그림자의 생성 과정, G.광원의 예였다. 먼저 E는 간이사진기가 도입된 2009 개정 교육과정(2015년~2018년)에서 꾸준히 반복되고 있었다. 여기서는 블록렌즈로 인한 허상과 실상을 모두 관찰하는 기초 활동과 블록렌즈로 인해 스크린에 생기는 실상을 관찰하는 간이사진기 활동 사이에서 혼란스러워하는 교사들의 모습을 관찰할 수 있었다. 즉, 초등교사들은 스크린에 맺히는 상의 생성 원리, 실상과 허상의 구분 등 간이사진기에서 상의 생성 과정과 관련된 내용을 정확히 알지 못해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다. F는 바늘구멍사진기가 도입된 2007 개정 교육과정(2011년~2014년)에서 꾸준히 반복되고 있었다. 여기서는 바늘구멍사진기의 스크린에 맺히는 형상이 상이 아니라 그림자인 이유를 질문하거나 바늘구멍사진기의 구멍을 크게 또는 작게 할 때 그림자의 모양이 어떻게 변하는지를 질문하고 있었다. 즉, 초등교사들은 상과 그림자의

Table 4. Frequently repetitive science-SMK questions & difficulties

어려움	질문 반복 추이	질문 예시																				
A. 투명한 물컵 모양의 물체가 렌즈로 작동하는 원리	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>13</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	2	4	0	1	1	1	2	2	13	<p>“인디에 올라와 있는 자료들 너무 감사히 활용하고 있는 새내기교사입니다. 오목렌즈 지도 차시 ppt 올려주신 자료 쓰려고 하는데, 의문이 들어서 이렇게 여쭙습니다. 동기유발로 나오는 장동건이 유리잔을 들어서 눈이 작아지는 잠든건 사진이 왜 오목렌즈인지 잘 몰라서요. 유리잔이 볼록한 형태인데 왜 오목렌즈처럼 작아 보이는 역할을 하는 것인지 궁금합니다. 아시는 분 설명해주시면 감사하겠습니다.”</p> <p>2015-05-11</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	2	4	0	1	1	1	2	2	13													
B. 블록렌즈에서 상의 생성 과정	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>3</td><td>6</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>19</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	0	2	0	3	6	3	4	1	19	<p>“블록렌즈는 빛을 모으는데 초점 거리 안에서는 크게 보이는 이유가 뭔가요? 빛이 모이기 때문에 작게 보여야 할 것 같아서요.”</p> <p>2012-03-21</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	0	2	0	3	6	3	4	1	19													
C. ‘전류의 흐름 변화에 따른 나침반의 움직임 변화’ 탐구 결과 오류	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>7</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	0	1	0	2	0	1	1	2	7	<p>“전지를 1개 연결했을 때 나침반이 약 30도 정도로 움직였다면 전지를 2개 직렬로 연결했을 때 나침반이 약 15도 정도 움직였어요 지도서 262쪽에서 나침반 자침의 편향각, 전류, 자기장의 관계를 읽었는데 제가 제대로 이해했다면 전류의 크기와 나침반 바늘의 편향각 크기는 정비례하지는 않더라도 전류의 크기가 작을 때보다 클 때 (나침반 바늘이) 더 크게 움직여야 하는 건데, 제가 실험한 건 왜 그럴까요?”</p> <p>2016-10-21</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	0	1	0	2	0	1	1	2	7													

2) 전자석 차시에서 전류의 흐름 변화에 따라 자기장이 변화하는 정도를 나침반 바늘의 움직임으로 관찰하는 활동

3) 볼록렌즈가 붙어있는 원통과 기름종이 스크린이 붙어있는 원통 두 개를 서로 끼워 그 간격을 조절하며 스크린에 맺히는 상을 관찰하는 활동  
4) 작은 구멍을 통해 직진하는 빛들이 만든 물체의 그림자를 관찰하는 활동

Table 4. (Continued)

어려움	질문 반복 추이	질문 예시																				
D. ‘전구의 직렬연결’ 탐구 결과 오류	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>7</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	0	1	0	2	0	1	1	2	7	<p>“4차시 전구의 연결 방법에 따른 전구의 밝기 비교실험에서 전구 2개를 직렬로 연결한 후 1개를 빼면 나머지 전구에 불이 안 들어와야 하잖아요. 그런데 들어옵니다. TT 수업시간에 실험하는데 한 팀이 들어온다고 하더니 여기저기서 들어온다고 하네요. 분명히 길은 끊겼는데 어찌 그럴까요?”</p> <p>2018-10-12</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	0	1	0	2	0	1	1	2	7													
E. 간이사진기에서 상의 생성 과정	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>10</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	0	0	0	0	4	1	2	3	10	<p>“간이사진기 원리에 대해 질문합니다. 간이사진기에서 가까이 있는 물체와 멀리 있는 물체가 모두 거꾸로 보이는 이유가 궁금합니다. 저희 반 학생이 질문했는데 돌보기에 물체가 가까이 있을 때는 눈이나 스크린이 가까이 있거나 멀리 있어도 상이 똑바로 보여야 하는 게 아니냐는 질문을 했습니다. 제가 부족해서 설명을 어떻게 해야 할지 잘 모르겠습니다.”</p> <p>2016-06-21</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	0	0	0	0	4	1	2	3	10													
F. 바늘구멍사진기에서 그림자의 생성 과정	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>7</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	1	2	1	3	0	0	0	0	7	<p>“바늘구멍사진기의 기름종이에 보이는 물체의 모습은 물체의 ‘상’이 아닌 ‘그림자’로 설명하러 했는데 이해가 되지 않아서요. 기름종이에 비친 하늘, 나무, 운동장 모두 원래 색깔로 선명하게 보이는데 그게 그림자라면 색이 까매야 정상 아닌가요.”</p> <p>2014-03-10</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	1	2	1	3	0	0	0	0	7													
G. 광원의 예	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	1	0	1	0	3	0	0	1	0	6	<p>“지도서 173쪽 광원에 대한 설명 및 네이버 백과에는 ‘광원이란 빛을 내는 물체 또는 도구로 태양과 같이 자체적으로 빛을 생성하는 천체나 전등, 네온사인, 발광다이오드처럼 빛을 내도록 만든 기구 또는 경우에 따라서는 달처럼 태양 빛을 반사하여 빛을 내는 천체’라고 쓰여있어서 저는 달을 광원이라고 가르쳤습니다. 그런데 오늘 아이스크림) 평가 문항을 가지고 시험을 치다 보니 ‘다음 중 광원을 고르시오’라는 문제의 보기에 태양, 가로등, 거울, 달, 촛불이라고 되어있고 정답이 태양, 가로등, 촛불이었습니다. 학생들 말로는 학원에서 달은 광원이 아니라고 했다고 하네요. 차라리 빼고 가르칠 걸 후회가 됩니다. 지도서는 왜 봐서. 선생님들께서는 어떻게 가르치시나요? 너무 궁금해서 엄청 불고하고 여쭙습니다.”</p> <p>2012-03-28</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
1	0	1	0	3	0	0	1	0	6													

구분, 구멍의 크기와 그림자의 크기 사이의 관계 등 바늘구멍사진기에서 그림자의 생성 과정과 관련된 내용을 정확히 알지 못해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다. G에서는 달, 용암, 야광, 번개가 광원에 해당하는지 질문하고 있었다. 이와 관련해 2007 개정 교육과정 6학년 1학기 교사용 지도서(Ministry of Education, Science and Technology, 2011)에는 경우에 따라서 달처럼 태양 빛을 반사하여 빛을 내는 천체도 광원이 될 수 있다고 되어있지만, 2009 개정 교육과정 4학년 1학기 교사용 지도서(Ministry of Education, 2014)에는 자체적으로 빛을 생성하지 못하는 달은 광원이 아니라고 되어있어 교사들의 혼란을 가중하고 있었다. 즉, 초등교사들은 광원의 정의를 정확히 알지 못해 광원의 예에 혼란을 느끼고 있다고 해석할 수 있다.

### 3. 과학-PCK와 관련된 과학 교수의 어려움

총 188개의 과학-PCK 질문을 분석한 결과(Table 5), [과학-PCK 2] 탐구 기반 과학 교수 능력(n=93, 49.5%)이 가장 많은 비중을 차지했고, 차례로 [과학-PCK 1] 교수 설계 능력(n=83, 44.1%)과

5) 초등교사를 위한 교육지원사이트 아이스크림(i-scream)은 시공미디어와 KBS 미디어에 의해 유료로 운영되고 있으며, 수업, 평가, 창의적 체험활동, 쉬는 시간 등에 필요한 풍부한 자료를 보유하고 있음

[과학-PCK 3] 교사의 평가와 사정(n=12, 6.4%)이 그 뒤를 이었다. 이러한 결과를 통해 초등교사가 탐구 기반 과학 수업을 지도하며 가장 많은 어려움을 느끼고 있다고 해석할 수 있다.

[과학-PCK 1] 관련 질문 중(Figure 9), 맥락의 이해와 반응(n=39, 47.0%)에 대한 질문이 가장 많이 출현했고 뒤이어 표준 문서의 이해와 반응(n=35, 42.2%), 개별 학생에 대한 이해와 반응(n=5, 6.0%), 표준 문서 이외의 프로그램에 대한 이해와 반응(n=4, 4.8%)에 대한 질문의 순서로 그 빈도수가 감소했다. 여기서 1, 2위를 차지한 두 요소는 미비한 차이(n=4, 4.8%)를 보였는데, 이를 통해 초등교사들이 진도, 시간, 자료 등 맥락적 측면과 교육부 고시 국가 수준 교육과정에 의한 교육 목표 및 운영 지침의 측면에서 많은 어려움을 느낀다고 해석할 수 있다.

[과학-PCK 1]의 다섯 가지 하위 요소 중에서는 표준 문서의 이해와 반응(n=35, 42.2%)에 대한 질문이 가장 많았는데, 구체적으로 보충단원 및 과학탐구의 지도 지침(n=24), 배부 지침(n=6), 평가 지침(n=4), 국가 수준 교육과정의 성취기준(n=1)에 대한 질문으로 나뉘었다. ‘공문을 찾아봐도 없는데 교육과정의 과도기에 어떤 단원을 보충해 지도하면 될까?’, ‘교육청에서 올려놓은 보충단원 자료를 어떤 식으로 출력해 배부하면 좋을까?’, ‘보충단원의 평가 관련 사항이 공문으로 명확하게 나온 것이 있을까?’ 등의 질문이 여기에 속했다. 총 35개의

Table 5. Analysis of science-PCK questions

대영역	중영역	하위 요소	단원별 질문 개수										계 (%)	
			무게	거울과 그림자	자석	소리	전기	열	렌즈	속력	과학 탐구	운영 전반		
[과학-PCK 1] 교수 설계 능력 (pedagogical design capacity)	개별 학생(individual pupil)에 대한 이해(understanding)와 반응(response)	개별 학생에 대한 이해와 반응	-	1	-	2	-	-	-	-	-	2	5 (2.7)	83 (44.1)
	맥락(context)의 이해(understanding)와 반응(response)	수업자료	-	-	-	-	2	-	-	-	1	29 (17.0)	39 (20.7)	
		진도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 (3.7)		
	표준 문서(standard document)의 이해(understanding)와 반응(response)	표준 문서의 이해와 반응	-	13	-	13	-	-	-	-	8	1	35 (18.6)	
표준 문서(standard document) 이외의 프로그램에 대한 이해(understanding)와 반응(response)	표준 문서 이외의 프로그램에 대한 이해와 반응	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4 (2.1)		
[과학-PCK 2] 탐구 기반 과학 교수 능력 (inquiry-based science pedagogical capacity)	탐구 기반 과학 교수 설계 능력 (inquiry-based science pedagogical design capacity)	수업내용과 수준	-	3	-	-	6	1	1	1	-	2	14 (7.4)	54 (28.7)
		활동구성 아이디어	-	-	-	1	2	-	4	-	6	20	33 (17.6)	
	탐구 기반 과학 교수 수행 능력 (inquiry-based science pedagogical performance capacity)	설명방법	1	-	-	-	2	-	1	3	-	-	7 (3.7)	39 (20.7)
		탐구활동 도구	1	2	1	1	3	-	3	2	2	8	23 (12.2)	
대체 탐구활동	1	-	-	3	-	-	3	3	-	-	-	10 (5.3)		
안전사고	-	-	-	-	-	1	-	5	-	-	-	6 (3.2)		
[과학-PCK 3] 교사의 평가 (evaluation)와 사정(assessment)	평가 방법 관련 능력(ability)	평가 방법 관련 능력	-	-	-	-	-	-	-	-	9	9 (4.8)	12 (6.4)	
	평가 결과 처리 능력(ability)	평가 방법 관련 능력	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3 (1.6)		
계 (%)			3 (1.6)	19 (10.1)	1 (0.5)	20 (10.6)	16 (8.5)	1 (0.5)	17 (9.0)	9 (4.8)	17 (9.0)	85 (45.2)	188 (100.0)	

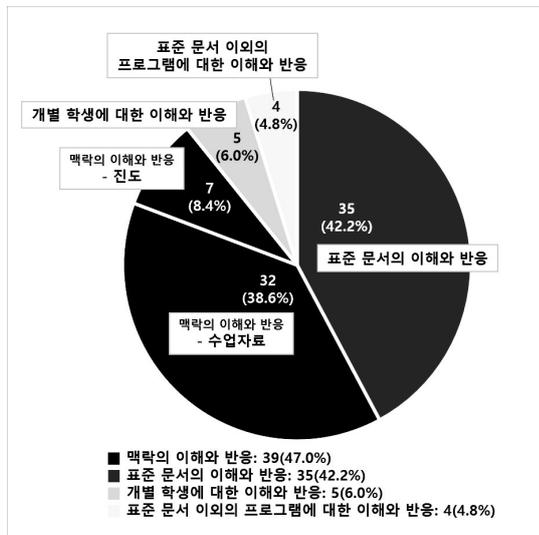


Figure 9. Analysis of [science-PCK 1] questions(n=83, 44.1%)

질문 중, 34개가 보충단원 및 과학탐구의 운영 지침에 대한 것이었는데, 교육과정 과도기에 놓인 학년을 위한 ‘보충단원’ 및 2007 개정, 2009 개정 교육과정 특색 단원 ‘과학탐구’의 운영과 관련된 교육청 지침의 이해에 어려움을 느끼고 있다고 해석할 수 있다. 두 번째로 비중이 높은 하위 요소는 수업자료(n=32, 38.6%)에 대한 질문이었다. 구체적으로 교과서 CD,<sup>6)</sup> 프레젠테이션 문제 발생(n=6), 도서 및 영상 자료를 추천 및 요청(n=6), 교과서 및 지도서 PDF 파일 요청(n=5), 참고 자료를 구할 수 있는 온라인 사이트 요청(n=5), 사전실험일지 요청(n=4), 교수·학습 지도안 요청(n=2), 기타 자료 요청(n=4)에 대한 질문으로 나뉘었는데, 총 32개의 질문 중 26개가 수업자료를 요청하는 질문이었다. 세 번째 하위 요소는 진도(n=7, 8.4%)에 대한 질문으로 ‘진도가 늦은 것 같아 걱인데, 다들 어디쯤 진도 나가고 있나?’처럼 다른 학교의 진도 상황을 점검하고 있었다. 네 번째 하위 요소는 개별 학생에 대한 이해와 반응(n=5, 6.0%)에 대한 질문으로 보충단원 지도에 앞선 학생의 선수학습지식 점검(n=3), 탐구 활동 중 학생 통제

6) 교육부에서 배부하는 자료로, 수업에 사용할 수 있는 교사용 프레젠테이션 자료 및 교과서 내용이 수록된 CD

방법(n=2)에 대해 질문하고 있었다. 마지막으로 다섯 번째 하위 요소는 표준 문서 이외의 프로그램에 대한 이해와 반응(n=4, 4.8%)에 대한 질문으로 과학탐구대회(n=3)와 과학캠프(n=1)의 목적 및 운영 아이디어 등을 질문하고 있었다.

[과학-PCK 2] 관련 질문 중(Figure 10), 탐구 기반 과학 교수 설계 능력(n=54, 58.1%)에 대한 질문이 탐구 기반 과학 교수 수행 능력(n=39, 41.9%)에 대한 질문보다 더 많이 출현했다. 즉, 초등교사들은 학생의 배경, 교육과정 목표, 수업의 유형 등 다양한 요인에 기초해 수업내용과 수준을 결정하고 학생들의 흥미를 유발하면서 효과적으로 내용을 전달할 수 있는 활동구성 아이디어 및 설명방법을 결정하는 것을 가장 어렵하다고 해석할 수 있다.

[과학-PCK 2]의 여섯 가지 하위 요소 중에서 활동구성 아이디어(n=33, 35.5%)에 대한 질문이 가장 많았는데, 구체적으로 학기 말(n=17), 과학탐구 단원(n=6), 탐구 수업(n=4), 공개수업(n=3), 특정 차시(n=3)의 활동구성 아이디어에 대한 질문으로 나뉘었다. ‘이번 학기 진도를 모두 끝냈는데, 학기 말에 학생들과 할 수 있는 재미있는 활동에 무엇이 있을까?’, ‘8차시 전자석의 성질 알기 공개수업에 적당한 동기유발 아이디어가 있을까?’ 등의 질문이 여기에 속했다. 즉, 교사들이 재미있고 효과적인 과학 수업을 위한 활동을 구성할 때 많은 어려움을 느끼고 있다고 해석할 수 있다. 두 번째로 비중이 높은 하위 요소는 탐구활동 도구(n=23, 24.7%)에 대한 질문이었는데, 구체적으로 도구 구매(n=10), 도구 배부(n=7), 과학실 도구 관리(n=6)에 대한 질문으로 나뉘었다. ‘학교에 있는 전지 끼우개끼리 접촉이 잘 안 되는데, 이런 문제를 해결할 전지 끼우개의 제품명과 회사명은 무엇일까?’, ‘자화 실험을 준비 중인데 한 반 당 일곱 모듬씩 다섯 반을 실험하는데 총 몇 통의 편이 있으면 적당할까?’, ‘과학실의 많은 도구들을 정리하고 분류하는 좋은 방법이 있을까?’ 등의 질문이 여기에 속했다. 세 번째 하위 요소는 수업내용과 수준(n=14, 15.1%)에 대한 질문이었는데, 학생의 특성을 고려한 수업내용과 수준(n=9), 공개수업에 적절한 수업내용과 수준(n=5)에 대한 질문으로 나뉘었다. ‘전기 수업할 때 학생들이 질문하는 내용을 어디까지 설명할까? 현상을 단순히 암기시키지 않고 이해시키려면 전압, 전위차, 전하의 흐름, 양이온과 음이온 등의 개념을 설명하고 넘어가야 하는데, 어느 정도 범위까지 설명해야 할까?’, ‘전기 단원에서 실험 오류가 적고 공개수업으로 적당한 차시에는 무엇이 있을까?’ 등의 질문이 여기에 속했다. 네 번째 하위 요소는 대체 탐구활동(n=10, 10.8%)에 대한 질문이었는데, 구체적으로 학교 상황(n=5), 시간 및 장소 상황(n=3), 학생 상황(n=2)에 의해 대체 탐구활동을 찾고 있었다. ‘학교에 기타도 큰북도 없는데 대체 활동이 있을까?’, ‘교과 전답이라 수업이 다 오전이어서 볼록렌즈로 햇빛 모으기 실험이 잘 안 될 것 같은데 오전에 할 수 있는 대체 활동이 있을까?’ 등의 질문이 여기에 속했다. 다섯 번째 하위 요소는 설명 방법(n=7, 7.5%)에 대한 질문, 여섯 번째 하위 요소는 안전 사고(n=6, 6.5%)에 대한 질문이 있었다. 안전 사고에 대한 질문은 비중이 가장 작은 하위 요소이긴 했지만, 렌즈 단원에만 5개의 질문이 몰려있었는데, 모두 운동장에서 볼록렌즈로 햇빛을 모으는 탐구활동에서 학생들의 눈 안전 및 화재 사고에 대해 걱정하고 있었다. 탐구 수업 중 발생하는 이러한 안전 사고는 초등교사들이 적극적으로 활동적인 과학 수업을 시도하는 것을 꺼리게 하는 원인이 될 수 있으므로(Lee et al., 2007; Oh, 2011), 사전에 철저한 준비를 통해

미리 방지하는 것이 중요할 것이다.

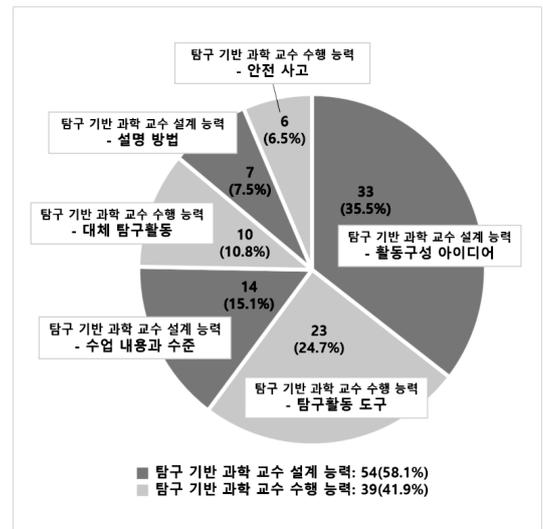


Figure 10. Analysis of [science-PCK 2] questions(n=93, 49.5%)

마지막으로 [과학-PCK 3] 관련 질문 중(Figure 11), 평가 방법 관련 능력(n=9, 75.0%)에 대한 질문이 평가 결과 처리 능력(n=3, 25.0%)보다 많았다. 평가 방법 관련 능력은 구체적으로 평가 영역(n=4), 평가 도구(n=3), 평가 범위(n=1), 성취 수준(n=1)에 대한 질문으로 나뉘었다. ‘사회과 평가 영역은 지리, 역사 등으로 되어있지 않는데, 왜 과학과의 경우 대부분 교사들이 물질과 에너지, 생명과 지구로 평가 영역을 설정하는 것일까?’, ‘너무 바빠 아직 시험문제 출제를 못 했는데, 이미 출제한 선생님 계시면 공유 부탁드립니다.’ 등의 질문이 여기에 속했는데, 전 과목을 모두 지도해야 하는 초등교사의 특성상 다른 과목과 평가 영역을 헛갈리고 있는 것이 눈에 띄었다. 평가 결과 처리 능력은 구체적으로 성적 입력(n=2), 사후 지도(n=1)에 대한 질문으로 나뉘었다. ‘학기 말 종합의견 자료 공유 부탁드립니다.’, ‘오답노트를 잘 활용할 수 있는 방법이 있을까?’ 등의 질문이 여기에 속했다.

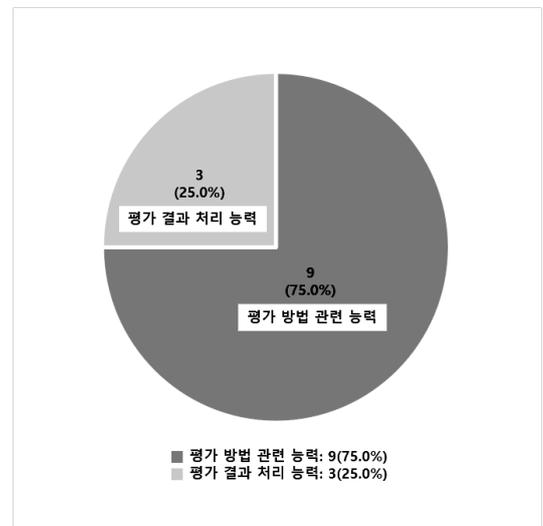


Figure 11. Analysis of [science-PCK 3] questions(n=11, 5.9%)

해마다 반복(4년 이상)되고 있는 과학-PCK 관련 어려움에는 9개의 질문 내용이 있었다(Figure 12). [과학-PCK 1] 교수 설계 능력(H, K, N), [과학-PCK 2] 탐구 기반 과학 교수 능력(I, J, L, M, O, P)에 해당하는 질문이 반복되고 있었는데, 단원에 관련된 어려움(I, L, M)보다는 단원에 속해있지 않은 운영 전반에서 어려움(H, I, K, N, O, P)을 더 많이 느끼고 있다고 해석할 수 있다.

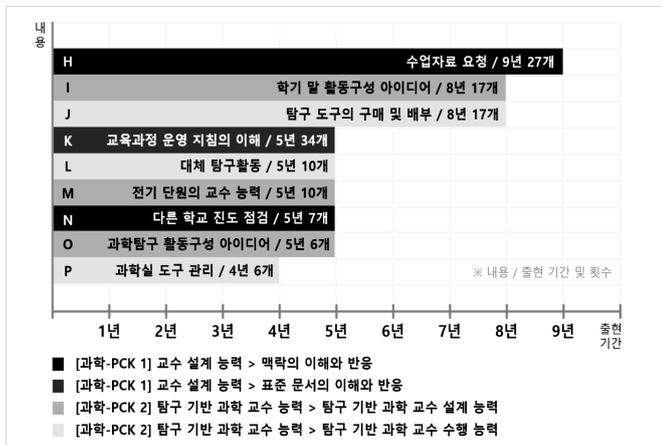


Figure 12. Repetitive Science-PCK difficulties

해마다 반복되는 과학-PCK 관련 어려움의 연도별 반복 추이와 예시를 정리한 내용은 Table 6과 같다.

가장 오랜 기간(9년) 반복된 질문은 H.수업자료 요청이었다. 이 질문은 모든 연도에서 1~5개씩 꾸준히 출현하고 있었다. 특히, 과학 수업에 도움이 될만한 도서 및 영상자료를 요청(n=6), 교과서와 지도서의 PDF 파일을 요청(n=5)하고 참고자료를 구할 수 있는 온라인 사이트를 요청(n=5)하는 내용이 많았다. 즉, 초등교사들은 과학 교수 전반에 필요한 수업자료를 구하지 못해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다.

8년 동안 반복된 질문은 I.학기 말 활동구성 아이디어, J.탐구 도구의 구매 및 배부였다. 먼저 I는 2011년을 제외한 모든 연도에 1~3개씩 꾸준히 출현하고 있었다. 교사들은 진도가 모두 끝난 학기 말 과학 수업 운영에 대해 질문하고 있었다. 즉, 초등교사들은 과학 교과서 이외의 과학 활동을 구성하는 아이디어가 부족해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다. J는 2010년을 제외한 모든 연도에 1~5개씩 꾸준히 출현하고 있었다. 특히, 탐구활동 도구 구매와 관련된 구입처, 모델명, 후기 등의 정보를 묻는 경우(n=10)가 가장 많았고, 준비된 도구를 학생들에게 배부하기 전에 고려해야 할 모듈별 개수, 크기 등의 정보를 묻는 경우(n=7)도 있었다. 즉, 초등교사들은 한 차시 수업을 여러 번 진행해 노후화가 쌓이는 중등과학교사와는 다르게 한 차시 수업을 한 번만 진행함으로써 노후화가 누적되지 않아(Lee et al., 2007), 탐구활동 도구의 구매 및 배부와 관련한 정보가 부족해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다.

5년 동안 반복된 질문은 K.교육과정 운영 지침의 이해, L.대체 탐구활동, M.전기 단원의 교수 능력, N.다른 학교 진도 점검, O.과학탐구 활동구성 아이디어의 5개가 있었다. 특히, K는 가장 많은 횟수(n=34)로 반복된 어려움이기도 했는데, 교육과정의 과도기인 2014년과 2015년에 특히 많이 분포해있었다. 교사들은 교육과정 과도기에

놓인 학년을 위한 ‘보충단원’ 및 2007, 2009 개정 교육과정 특색 단원 ‘과학탐구’의 운영과 관련된 교육청 지침의 이해에 어려움을 느꼈다. 한편, 2016년 역시 교육과정 과도기(2014년, 2015년)에 못지않게 질문 수가 많은데, 이때는 과도기에 해당하는 운영 지침이 과도기가 지난 2016년에도 계속 유지되는지 확실하게 알지 못해 혼란을 느끼고 있었다. 즉, 초등교사들은 교육과정이 바뀌었을 때 어떤 학년도의 어떤 학년에서 해당 내용을 지도해야 하는지(n=24), 교재 출력 및 배부(n=6)와 평가(n=5)는 어떻게 해야 하는지 등에 대한 충분한 안내 지침을 받지 못해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다. 다음으로 L을 원인별로 분류하면 학교 상황에 의해서(n=5), 시간 및 장소 상황에 의해서(n=3), 학생 상황에 의해서(n=2)로 나눌 수 있었고, 단원별로 분류하면 소리(n=3), 렌즈(n=3), 속력(n=3), 무게(n=1)로 나눌 수 있었다. 즉, 초등교사들은 학교, 시간 및 장소, 학생 등 여러 가지 원인으로 인해 교과서 탐구활동을 수행하지 못해 오랜 기간 어려움을 겪고 있었다. M에서 교사들은 초등학생에게 적합한 전기 단원의 수업 내용과 수준(n=6), 학생의 흥미를 자극할 수 있는 동기유발 아이디어(n=2), 전기 현상을 쉽게 이해시키는 설명방법(n=2)에 대해 질문하고 있었다. 즉, 초등교사들은 전기 단원의 내용이 학생들의 수준보다 어렵게 구성되었다고 생각해 더 쉽고 재미있게 수업을 구성하고 설명하는 방법을 고민하는 과정에서 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다. N에서 교사들은 방학 전까지 진도를 나갈 수 있을까 봐, 교육청 평가 범위까지 진도를 나갈 수 있을까 봐, 이번 학기에 다양한 행사가 많아 과학 수업을 많이 빠지는 바람에 진도가 느릴까 봐 등의 다양한 이유로 진도에 대해 걱정하고 있었다. 즉, 초등교사들은 다른 학교의 진도와 나의 진도를 비교하며 진도가 늦어지는 상황에 대해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다. O에서 교사들은 과학탐구 단원(기초탐구, 통합탐구, 자유탐구)의 운영을 위한 세부 활동이나 탐구주제 등에 대한 아이디어를 공유하고 있었다. 한편, 과학탐구 단원은 탐구활동의 중요성이 확대되며 2007, 2009 개정 교육과정에서 새롭게 등장한 것이지만, 교사들 사이에서 흔히 0단원으로 일컬어지며 다른 단원에 비해 상대적으로 덜 중요한 단원으로 인식된다는 것도 질문을 통해 엿볼 수 있었다. 또한, 자유탐구의 경우 한 학기 동안 개별 학생이 주체가 되어 탐구의 모든 과정을 수행하는 식으로 진행된다 보니 추가로 신경 써야 하는 사항이 많아 교사가 큰 부담을 느끼고 있다는 것도 알 수 있었다. 즉, 초등교사들은 다른 단원에 비해 상대적으로 장기간 프로젝트 형식으로 진행되는 과학탐구 단원에 대해 부담감을 느끼고 있었으며, 탐구주제의 설정이나 세부 활동 아이디어 선정에 대해 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다.

마지막으로 4년 동안 반복된 질문은 P.과학실 도구 관리였다. 여기서는 과학실 도구를 효과적으로 정리하는 법, 도구를 버릴 때의 처리 방법, 학교 과학실에 필수적으로 갖추고 있어야 하는 도구 등을 알지 못해 어려움을 겪는 교사들의 모습을 엿볼 수 있었다. 즉, 초등교사들은 과학실 운영 및 도구 관리법 등에 대한 정보가 없어 오랜 기간 어려움을 겪어왔다고 해석할 수 있다.

Table 6. Frequently repetitive science-PCK questions & difficulties

어려움	질문 반복 추이	질문 예시																				
H. 수업자료 요청	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>4</td><td>1</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>29</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	4	1	3	4	4	5	2	3	3	29	<p>“15 개정 과학 4학년 2학기 교과서와 지도서 구할 수 있는 사이트가 없네요. 작년 현장검토본만 따로 정리해두었는데 청소하다가 못 찾고ㅠㅠ 방학 중 수업연구를 하려는데 혹시 공유해주실 쌤들 계신가요^^”</p> <p>2018-07-30</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
4	1	3	4	4	5	2	3	3	29													
I. 학기 말 활동구성 아이디어	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>2</td><td>0</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td><td>17</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	2	0	3	2	1	2	3	3	1	17	<p>“올해 갓 발령받은 신규입니다. 방학 2주 전에 과학 진도가 끝날 것 같은데 뭘 하면 좋을까요?ㅠㅠ 한 학기 동안 배운 내용도 복습 해보고 지도서에 나와 있는 추가실험도 해보려고 계획을 세우긴 했는데 6시간 분량이 안 나오네요.”</p> <p>2015-07-01</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
2	0	3	2	1	2	3	3	1	17													
J. 탐구 도구의 구매 및 배부	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>17</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	2	1	2	2	5	1	2	2	17	<p>“1단원 어둡상자 어느 교구사, 어떤 모델로 쓰셨는지요? 저희가 주문했던 어둡상자는 조립이 힘들었고요. 새로 주문한 목재 또한 잘 안 되네요. 목재로 주문하신 것 중 교과서처럼 생긴 거로 잘되는 것 추천 부탁드립니다. 가격이랑 모델명 알려주심 감사해요.”</p> <p>2013-05-02</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	2	1	2	2	5	1	2	2	17													
K. 교육과정 운영 지침의 이해	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>0</td><td>11</td><td>9</td><td>8</td><td>0</td><td>0</td><td>34</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	3	3	0	11	9	8	0	0	34	<p>“과학전담인데, 저 공문 공람 못 받아서 오늘 멘봉왔어요 저 공문 언제 온 건가요? 제가 문서함 들어가서 찾아봐야 할 것 같은데ㅠㅠ 공문 제목이랑 온 날짜 좀 알려주세요. 내일 당장 수업인데ㅠㅠ 아, 무슨 일 있어도 실험 다 해볼 수 있도록 하고 동영상 대체수업하지 않겠다 다짐했는데 ㅠㅠ 교재 하나 없이 팔랑 공문이라니 ㅠㅠ 나쁜 시기들~ 이노무 무책임한 시기들~”</p> <p>2014-06-15</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	3	3	0	11	9	8	0	0	34													
L. 대체 탐구활동	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>10</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	0	1	0	2	4	2	1	0	10	<p>“간이사진기 만들기 대체할 활동 있을까요? 블록렌즈 학생들 구매가 어렵더라고요. 그래서 그냥 생각할까 고민이네요.”</p> <p>2015-05-11</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	0	1	0	2	4	2	1	0	10													
M. 전기 단원의 교수 능력	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td><td>10</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	0	0	0	1	2	4	1	0	2	10	<p>“전구의 연결 방법에 따라서 전구의 밝기가 차이가 나는데, 그 까닭을 설명해줘야 할까요? 까닭이 저항 개념과 관련된 것 같은데, 저항 개념은 교육과정에 없으니까 설명하기가 어려운 것 같아요. 좀 더 쉽게 설명할 방법이 있을까요?”</p> <p>2018-09-10</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
0	0	0	1	2	4	1	0	2	10													
N. 다른 학교 진도 점검	<table border="1"> <tr> <td>2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>계</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>7</td> </tr> </table>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계	1	3	1	1	0	0	0	1	0	7	<p>“이번 11월 1일 서술형 평가 시험 범위가 103쪽(3단원)까지라고 오늘 들었습니다. 지금 2단원을 마치고 있는 시점이긴 한데, 2단원까지라 생각하고 있었기에 애들 복습도 좀 해주고 할 생각이었는데 맘이 넘 급하네요. 우리 학교는 8월 말에 개학한 데다가 10월은 현장학습 학예회 행사도 너무 많고. 다른 학교는 진도 괜찮은가요? 여러 가지 정말 머리가 아파요”</p> <p>2012-10-12</p>
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계													
1	3	1	1	0	0	0	1	0	7													

Table 6. (Continued)

어려움	질문 반복 추이	질문 예시																						
<p>O.</p> <p>과학탐구 활동구성 아이디어 (기초탐구, 통합탐구, 자유탐구)</p>	<table border="1"> <tr> <td>질문(개)</td> <td>2010</td> <td>2011</td> <td>2012</td> <td>2013</td> <td>2014</td> <td>2015</td> <td>2016</td> <td>2017</td> <td>2018</td> <td>계</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>6</td> </tr> </table>	질문(개)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계		0	1	0	0	0	1	1	1	2	6	<p>“저는 주당 과학 2시간씩 수업하는 과학전담입니다. 측정 수업이 너무 어렵더라고요. 1교시 안에 활동을 다 마칠 수가 없어서, 2교시까지 해야 했어요. 다들 측정 수업은 어떠셨어요? 땅콩 길이 재는 것, 정말 측정하고 싶은 동기가 되나요? 아래 댓글을 통해 교과서가 개선되거나 선생님들의 좋은 노하우가 쌓여 내년 과학 선생님들께 도움이 되길 바랍니다. ^^”</p> <p>2018-03-19</p>
질문(개)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계														
	0	1	0	0	0	1	1	1	2	6														
<p>P.</p> <p>과학실 도구 관리</p>	<table border="1"> <tr> <td>질문(개)</td> <td>2010</td> <td>2011</td> <td>2012</td> <td>2013</td> <td>2014</td> <td>2015</td> <td>2016</td> <td>2017</td> <td>2018</td> <td>계</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>6</td> </tr> </table>	질문(개)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계		0	0	0	0	2	1	1	0	2	6	<p>“얼핏 듣기로 비커 같은 것도 버릴 때 무슨 처리 과정이 있다고 들었는데, 혹시 아시는 분 계실까요? 몇 년 전 것부터 깨진 것들이 아주 많은데, 어떻게 처리하는지 아시는 분 도와주세요. 신문에 써서 쓰레기봉투에 버리면 안 되는 거죠?? T T 이런 건 누구에게 물어봐야 하는지 모르겠어요.”</p> <p>2016-03-18</p>
질문(개)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	계														
	0	0	0	0	2	1	1	0	2	6														

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 약 13만 명의 회원을 확보한 인디스쿨에 장기간 축적되어 온 과학 교수 관련 질문 게시글들을 분석함으로써, 다수의 초등교사가 평소 과학 교수와 관련해 장기간 겪어온 어려움을 파악하고, 과학 교수 개선을 위한 지원 체계를 구축하는데 필요한 기초 자료를 얻고자 했다. 분석 대상은 2007 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정의 3~6학년 물리 영역 및 과학 전반에 대한 과학 교수 관련 질문 게시글 총 409개였다. 초등교사의 탐구 기반 과학 교수 역량을 다룬 Alake-Tuenter *et al.*(2013)의 틀을 수정·보완한 질문 분석틀을 사용해, 과학-SMK와 과학-PCK를 구성하고 있는 요소별로 어떤 질문 및 어려움이 있는지 분석하였다. 특히, 해를 거듭하며 누적된 질문 데이터를 보유하고 있는 온라인 교사 공동체의 특성을 반영해, 해마다 반복(4년 이상)되고 있는 질문을 통해 과학 교수 관련 어려움이 무엇인지 파악하고자 했다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 과학-SMK 관련 질문이 과학-PCK 관련 질문보다 더 많았다. 이는 초등교사들이 과학 교수와 관련한 SMK가 부족한 상황이라는 선행연구와 유사한 결과였다(Kwak, 2011). 질문을 연도별로 분석한 결과, 가장 많은 질문이 분포했던 시기는 2014, 2015년이었다. 이는 교사들이 2009 개정 교육과정을 처음 지도하게 되는 시기와 같았는데, 교육과정 변화의 과도기에 교사들이 과학 교수에 많은 어려움을 느끼고 있다고 추측할 수 있었다. 질문을 단위별로 분석한 결과, 가장 많은 질문이 분포했던 단원은 렌즈였다. 렌즈는 연도에 상관없이 꾸준히 많은 질문을 보유하고 있었는데, 이는 교사들이 물리 영역 중 빛과 관련된 단원을 지도하는 것이 가장 어렵다고 밝힌 선행연구(Lee *et al.*, 2005; Kim & Paik, 2008)와 일치하는 결과이다. 렌즈의 경우 과학-SMK 관련 질문이 과학-PCK 관련 질문보다 월등히 많았는데, 이를 통해 초등교사들이 렌즈 단원의 내용 지식에 많은 어려움을 느끼고 있다는 것을 알 수 있었다(Lee & Kim, 2017).

둘째, 해마다 반복되고 있는 과학-SMK 측면의 질문을 분석한 결과, 초등교사들이 렌즈 단원에서 사실과 개념의 원리를 이해하고 현상에 적용하는 것, 전기 단원에서 예상치 못한 탐구 결과의 오류에 대처하는 것을 오랫동안 어려워하고 있다는 것을 알 수 있었다. 이는

선행연구에서 초등교사가 과학 교수에서 자신의 불충분한 개념에 대처하는 것을 어려워하고(Lee *et al.*, 2007), 교과서에 과학적 개념이 적용된 다양한 현상이 풍부하게 제공되고 있지만 제공된 현상을 이해할 수 있는 원리에 대한 설명이 부족해 어려움을 겪는다(Kwon *et al.*, 2006)고 보고한 결과와 비슷한 맥락에 있었다. 또한, 초등교사들이 과학 수업에서 많은 어려움을 겪고 있는 부분은 예상치 않은 탐구 결과의 오류로 인해서라는 선행연구(Park & Kim, 1996; Lee *et al.*, 2007)와 일치하는 결과였다.

셋째, 해마다 반복되고 있는 과학-PCK 측면의 질문을 분석한 결과, 특정 단원에 속해있지 않은 과학 수업 운영 전반에서의 어려움(수업 자료 요청, 학기 말 활동구성 아이디어, 교육과정 운영 지침의 이해, 다른 학교 진도 점검, 과학탐구 단위 활동구성 아이디어, 과학실 도구 관리)이 특정 단원에 관련된 어려움(탐구 도구의 구매 및 배부, 대체 탐구활동, 전기 단원의 교수 능력)보다 더 많다는 것을 알 수 있었다. 이처럼 특정 단원에 속해있지 않은 초등교사의 과학 교수 어려움은 선행연구에서는 보기 힘든 결과였다. 하지만 인증받은 교사들만 가입할 수 있도록 엄격하게 관리되는 덕분에 초등학교 현장의 실제적 양상을 대변할 수 있는 인디스쿨(Lee, & Jeong, 2016)의 질문분석을 토대로 도출된 결과이므로, 현장교사들이 과학 교수에서 겪는 비중 있는 어려움으로 여겨진다.

본 연구 결과를 바탕으로 과학 교수의 어려움 측면과 인디스쿨의 운영 측면에서 고민할 점을 다음과 같이 제언하고자 한다.

먼저 과학 교수의 어려움 측면에 대한 제안은, 첫째, 해마다 반복되고 있는 과학-SMK 및 과학-PCK 관련 어려움을 파악하고 보완점을 마련해야 한다. 특히, 렌즈 단원을 사실과 개념에 적용하는 부분, 전기 단원의 예상치 못한 탐구 결과 오류 등과 관련된 부분에 대해 좀 더 자세한 설명이 추가될 필요가 있다. 또한 학기 말 활동구성 아이디어와 교육과정 과도기에 편성되는 ‘보충단원’, 교육과정이 바뀌며 새롭게 추가되는 ‘과학탐구’와 같은 부분의 운영 지침을 자세히 안내할 필요가 있다.

둘째, 과학-SMK와 관련된 배경지식을 보충할 수 있는 지도서가 개발되어야 한다. 과학-SMK 관련 질문에서는 지도서에 설명이 부족하거나 이해하기에 어려워 인디스쿨에 도움을 요청하는 경우가 있었

다. 한편, Lee *et al.*(2007)과 Song *et al.*(2012)의 연구에 의하면 교사용 지도서의 개선이 필요하다는 보고가 있다. 지도서는 교사가 배경 지식을 획득하는 데 도움을 주는 역할 뿐만이 아니라 학생들의 질문에 대한 답과 관련된 설명이 수록되어 있다. 하지만 이 자료에는 많은 한계점이 보이는데, 과학을 전공하지 않은 초등교사들, 특히 경력이 부족한 초임교사들이 이해하기에 너무 단편적으로 서술된 과학 내용 지식을 다루고 있으며, 학생들이 질문한 내용에 대해 답을 하고자 교사용 자료의 내용을 학생들에게 직접 제공하기에는 그 수준이 너무 높기에 해결 방안을 모색할 필요가 있다고 지적하고 있다(Song *et al.*, 2012). 따라서 수업의 아이디어를 지원할 수 있는 방향(Lee *et al.*, 2007)뿐만이 아니라 교사의 과학-SMK와 관련된 배경지식을 보충할 수 있는 방향으로 양질의 지도서가 개발되기를 기대하는 바이다.

다음으로 인디스쿨의 운영 측면에 대한 제언은, 첫째, 인디스쿨 게시판의 검색 기능을 강화할 필요가 있다. 간혹, 이전에 비슷한 질문이 올라온 적이 있는데도 불구하고, 원하는 내용이 검색되지 않아 새롭게 질문을 올린다는 질문을 찾아볼 수 있었다. 따라서 검색 기능을 강화해 교사들이 좀 더 편리하게 이전 게시글을 찾아볼 수 있도록 개선할 필요가 있다고 판단했다. 구체적으로 교과 게시판에 게시글을 올릴 때 기존에 학년만 지정해 올릴 수 있던 기능에서, 추가로 단원이나 주제(렌즈, 속력, 전기 등), 질문의 의도(자료 요청, 탐구 결과 오류, 활동구성 아이디어 등) 등을 지정해 올릴 수 있도록 하면 원하는 게시글의 검색이 훨씬 편리할 것으로 기대하는 바이다.

둘째, 인디스쿨을 초등교사의 과학 교수 전문성을 함양할 기회의 장으로 만드는 것을 제안한다. 초등교사들은 한 차시 수업을 여러 번 진행해 노하우가 쌓이는 중등과학교사와는 다르게 한 차시 수업을 한 번만 진행함으로써 노하우가 누적되지 않아 과학 교수에 어려움을 겪고 있다(Lee *et al.*, 2007), 따라서 오랫동안 인디스쿨에 누적된 초등교사들의 지식을 공유하며 전문성을 발전시켜나갈 기대하는 바이다.

한편, 본 연구에서는 인디스쿨의 과학 교수 관련 질문 게시글 중 내용만을 분석 대상으로 했지만, 이후 몇달까지 분석 대상을 확장해 연구한다면 초등교사들의 참여로 해결되는 질문 내용과 해결되지 않는 질문 내용 등을 구분해 과학 교수 개선을 위한 지원 체제를 구축하는 데 도움이 될 것으로 기대한다.

## 국문요약

본 연구에서는 자생적 온라인 교사 공동체 인디스쿨에 축적되어 온 과학 교수 관련 질문 게시글을 분석함으로써, 초등교사가 겪는 과학 교수 관련 어려움을 파악했다. 이를 위해, 3~6학년 물리 영역 및 과학 전반에 해당하는 질문 게시글 409개를 초등교사의 탐구 기반 과학 교수 역량을 다룬 Alake-Tuenter *et al.*(2013)의 틀을 수정·보완한 질문 분석틀로 분석하였고, 과학-SMK와 과학-PCK의 구성요소별 어려움을 탐색하였다. 분석 결과, 과학-SMK 질문이 과학-PCK 질문보다 더 많이 나타났으며, 연도별로는 교육과정이 변화하는 시기였던 2014년과 2015년도에, 단원별로는 렌즈 단원에 대한 질문이 가장 많았다. 과학-SMK 측면에서 4년 이상 지속적으로 나타난 어려움은 렌즈와 전기 단원에 대한 것이다. 렌즈 단원에서는 투명한 물체 모양의 물체가 렌즈로 작동하는 원리와 볼록렌즈에서 상의 생성 과정 등 과

학적 사실과 개념의 적용 등이, 전기 단원에서는 ‘전류의 흐름 변화에 따른 나침반의 움직임 변화’와 ‘전구의 직렬연결’에서 예상치 못한 탐구 결과 오류 등이 초등교사가 오랜 기간 겪어온 과학-SMK 측면의 어려움으로 나타났다. 과학-PCK 측면에서 4년 이상 지속적으로 나타난 어려움은 과학수업 운영 전반에 대한 것으로, 수업자료 및 학기말 활동구성 아이디어의 요청과 교육과정 운영 지침의 이해 등이 있다. 자생적으로 생성 및 운영되고 있는 인디스쿨의 과학 교수 관련 질문 게시글에서 오랫동안 해결되지 못한 채 반복되고 있는 초등교사들의 실제적인 어려움을 파악해 이를 해결하고 도움을 줄 수 있는 과학 교수 지원 체제를 구축하는 것이 필요할 것이다.

**주제어** : 자생적 온라인 교사 공동체, 인디스쿨, 초등교사, 과학 교수 어려움, SMK, PCK, 질문

## References

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. *Handbook of research on science education*, 1105-1149.
- Akerson, V. L., Morrison, J. A., & McDuffie, A. R. (2006). One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 194-213.
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., & Mulder, M. (2013). Inquiry-based science teaching competence of primary school teachers: A Delphi study. *Teaching and Teacher Education*, 35, 13-24.
- Appleton, K. & Kindt, I. (1999). *How Do Beginning Elementary Teachers Cope with Science: Development of Pedagogical Content Knowledge in Science*.
- Appleton, K. (1995). Student teachers' confidence to teach science: Is more science knowledge necessary to improve self-confidence?. *International Journal of Science Education*, 17(3), 357-369.
- Barab, S. A., MaKinster, J. G., & Scheckler, R. (2003). Designing system dualities: Characterizing a web-supported professional development community. *The Information Society*, 19, 237-256.
- Bathmaker, A. & Avis, J. (2005). Becoming a lecturer in further education in England: the construction of professional identity and the role of communities of practice. *Journal of Education for Teaching*, 31(1), 47-62.
- Choe, S. H., Kang, D. H., Kwak, Y. S., & Jang, K. S. (2008). A Study on Pedagogical Content Knowledge (PCK) by Subject (II) - Focused on the Instruction Consulting for Secondary Beginning Teachers. (Research Report RRI 2008-2). Seoul: KICE.
- Dede, C. (2006). The evolution of online teacher professional development. *Online professional development for teachers: Emerging models and methods*, 1-11.
- Dillon, J. T. (1986). Student questions and individual learning. *Educational theory*, 36(4), 333-341.
- Graesser, A. C. & Olde, B. A. (2003). How does one know whether a person understands a device? The quality of the questions the person asks when the device breaks down. *Journal of Educational Psychology*, 95(3), 524.
- Herrington, A., Herrington, J., Kervin, L., & Ferry, B. (2006). The design of an online community of practice for beginning teachers. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 6(1), 120-132.
- Hildreth, P. M. (2004). *Going virtual: Distributed communities of practice*. PA: IGI Global.
- Hodkinson, H. & Hodkinson, P. (2004). Rethinking the concept of community of practice in relation to school teachers' workplace learning. *International Journal of Training and Development*, 8(1), 21-31.
- Howe, A. C. & Stubbs, H. S. (2003). From science teacher to teacher leader: Leadership development as meaning making in a community of practice. *Science Teacher Education*, 87(2), 281-297.
- Jang, S. K. (2018). *Philosophy of data*. Seoul: Next wave media.
- Ji, S. M. (2015). *An Analysis on Difficulties that New Elementary Teachers Experience in Science Class From Science Content Knowledge and Teaching Method Perspectives*. Gyeongin National University of Education (Master of Education). Incheon Korea.

- Kang, E. J. & Lee, M. J. (2005). Evaluation and Improvement Strategies of "Edunet" Instructional Materials for ICT-Applied Education. *Journal of Educational Technology*, 21(1), 63-94.
- Kil, Y. S. (1999). An Analysis of the Educational Context of Teaching Methods. *The Journal of Curriculum Studies*, 17(2), 39-63.
- Kim, D. H. (2008). The Development Process of Network-Based Community of Practice for Teachers' Knowledge Sharing and Expertise Development: A Case Study of Indi-School. *Journal of Educational Technology*, 24(2), 1-30.
- Kim, H. B. (2011). Analysis of difficulties in pre-service science teacher's study on the theory of science education: Focusing on the questions posted on the Internet cafe. Daegu University (Master of Education). DaeGu Korea.
- Kim, H. N., Song, U. S., & Park, S. Y. (2009). A Study on the Actual State of Edunet Utilization by Elementary School Teachers. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 13(3), 371-382.
- Kim, J. H. (2009). Research of Teachers and Students' Recognition about Difficulties in Elementary School senior Science Classes. Korean National University of Education (Mater of Education), Chung-Buk Korea.
- Kim, S. Y. (2008). Difficulty in Science Teaching of Elementary School Science Teaching in the Material Areas. Busan National University of Education (Master of Education). Busan Korea.
- Kim, Y. S. & Paik, S. H. (2008). The Cognition Changes Related to the Teaching Methods of "Light" Chapter for 7th Grade as Experienced by Science Teachers in Abduction Thinking. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(6), 507-518.
- Ko, M. S. (2010). The degree of interest and difficulty of elementary school teachers in science classes. Seoul National University of Education (Master of Education), Seoul Korea.
- Kwak, Y. S. (2011). A Study on Actual Conditions and Ways to Improve Primary School Science Teaching. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32(4), 422-434.
- Kwon, G. P. (2015). Elementary Preservice Teachers' Understanding of the Image Observed in a Diverging Lens. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 35(5), 871-876.
- Kwon, G. P., Bang, S. Y., Lee, S. M., & Lee, G. H. (2006). Research Article : Context-dependency of Students' Conceptions in Optics: Focused on Vision & Mirror Image. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(3), 406-414.
- Lee, B. E. & Jeong, M. S. (2016). A study on on-line historical teaching materials-focused on the 5th grade social studies class. *Theory and Research in Citizenship Education*, 48(4), 145-171.
- Lee, G. H., Lee, S. M., Kwon, G. P., & Bang, S. Y. (2006). Research Article : Context-dependency of Students' Conceptions in Optics: Focused on Vision & Mirror Image. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(3), 406-414.
- Lee, G. J. & Kim, J. B. (2017). Comparison of Understandings on Light Propagation According to Shape of Light Source by Grade of Elementary School Students. *School Science Journal*, 11(2), 220-235.
- Lee, S. A., Jhun, Y. S., Hong, J. E., Shin, Y. J., Choi, J. H., & Lee, I. H. (2007). Research Articles : Difficulties Experienced by Elementary School Teachers in Science Classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- Lee, S. J. (2007). Analysis of Experiment Activities Experienced by Elementary School 3rd Grade Teachers in Their Class of Experiment. Korean National University of Education (Mater of Education), Chung-Buk Korea.
- Lee, Y. R., Park, J. K., Lee, B. W., & Han, I. O. (2005). Analysis and Evaluation of the Content Relevance in the 7th National Primary Science Curriculum. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 24(3), 214-225.
- Little, J. W. (2002). Locating learning in teachers' communities of practice: opening up problems of analysis in records of everyday work. *Teaching and Teacher Education*, 18, 917-946.
- O'Reilly, T. (2005). What is Web2.0? [Online] Available <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>
- Maskill, R. & de Jesus, H. P. (1997). Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, 19(7), 781-799.
- Ministry of Education, Science and Technology. (2011). (Elementary school teacher's guide compilation) Science, 2007 revised curriculum, 6-1. Seoul: Kumsung.
- Ministry of Education. (2014). (Elementary school) Science, teacher's guide compilation, 2009 revised curriculum, 4-1. Seoul: mirae-n.
- Oh, P. S. (2011). "Unfillable Cups": Meanings of Science Classes to Elementary School Teachers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(2), 271-294.
- Oh, W. H. (2005). Teacher expertise: Discussion of teachers as educational experts. Seoul: Kyoyookbook.
- Otero, J. & Graesser, A. C. (2001). PREG: Elements of a model of question asking. *Cognition and instruction*, 19(2), 143-175.
- Park, I. S. (1997). The Influence of Science Preference of Korean Elementary School Teachers upon the Children's Science Achievement. Korean National University of Education (Mater of Education), Chung-Buk Korea.
- Park, J. W. & Kim, S. J. (1996). The Survey of Problem Contexts Suffering by the Elementary Teachers in the Elementary Science Laboratory Instruction. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 15(2), 263-282.
- Park, S. H. (2001). A Qualitative Study on Investigation of Science-Related Background and Experience of Elementary Inservice Teachers in terms of Personal Self-Efficacy about Science Teaching. *The Journal of Korean Teach Education*, 18(1), 123-150.
- Park, S. H. (2003). Pedagogical Content Knowledge and Predictor Variables in Science Teaching of Practicing Elementary Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(6), 671-683.
- Park, S. H. (2005). Elementary Teachers' Pupil Control Ideology by the Related Variables of Science Teaching. *The Journal of Korean Teacher Education*, 22(1), 309-328.
- Rodesiler, L. (2017). Local social media policies governing teachers' professionally oriented participation online: A content analysis. *TechTrends*, 61(3), 293-300.
- Ryu, K. H. & Lee, Y. J. (2017). Effects of Online Teacher Learning Community Activities linked with Internship Course for the Improvement of Elementary Pre-service Teacher's TPACK. *The Journal of Korean Teacher Education*, 34(2), 417-437.
- Schlager, M. S. & Fusco, J. (2003). Teacher professional development, technology, and communities of practice: Are we putting the cart before the horse?. *The Information Society*, 19, 203-220.
- Seo, K. H. (2010). Teacher Community's Practical Knowledge. *The Journal of Korean Teach Education*, 27(1), 121-148.
- Shin, H. H. & Kim, H. N. (2010). Analysis of Elementary Teachers' and Students' Views about Difficulties on Open Science Inquiry Activities. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(3), 262-276.
- Shulman, L. S. & Shulman, J. H. (2004). How and what teachers learn: A shifting perspective. *Journal of curriculum studies*, 36(2), 257-271.
- Song, H. J., Lee, J. B., & Lee, G. H. (2012). Reflection on an Elementary Teacher's Dilemma in Teaching Magnetic Field. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(1), 95-103.
- Varley, P. J. (1975). Science in the primary school. Research Branch, Department of Education, Queensland.
- Wallace, J. & Loudon, W. (Eds.). (2005). *Dilemmas of science teaching: Perspectives on problems of practice*. Routledge.
- Wee, S. M., Kwak, J. S., Cho, H. J., & Kim, H. J. (2008). The Analysis of the Teachers' and Students' Views about the Difficulties within Teaching & Learning Activity on Geology Units in Elementary School Science. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(4), 420-436.
- Wenger, E. (1998). Communities of practice: Learning as a social system. *Systems thinker*, 9(5), 2-3.
- Yoon, H. G. (2008). Elementary Teachers' Dilemmas of Teaching Science Practical Work. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(2), 102-116.
- Zaslavsky, O. & Leikin, R. (2004). Professional development of mathematics teacher educators: Growth through practice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 7, 5-32.

## 저자 정보

김윤화(서울대학교 학생)

유준희(서울대학교 교수)