

## 빛의 굴절에 대한 초등예비교사의 개념이해와 지도계획의 어려움 분석

이지원\*

한국교원대학교

### Analysis of Elementary Pre-Service Teacher's Difficulties in Conceptual Understanding and Instructional Planning of Light Refraction

Jiwon Lee\*

Korea National University of Education

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 24 November 2020

Received in revised form

28 December 2020

8 January 2021

Accepted 2 February 2021

##### Keywords:

lens, elementary pre-service teacher, teacher's guide, difficulty, light

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the questions generated by elementary school pre-service teachers when reading the teacher's guide for the refraction of light, and to analyze the difficulties in understanding the concept and in making instructional plans. A total of 592 meaningful questions were generated by 283 elementary school pre-service teachers after reading the teacher's guide of 'light and lens' unit in the 6th grade of the 2015 revised curriculum. Of these, 306 questions are for understanding the concept of physics and 286 are pedagogical questions. As a result of the analysis, in terms of understanding the concept of physics, the elementary school pre-service teachers encounter difficulties in understanding the concept of the 'cause' of the phenomenon suggested in the textbook, such as the cause of refraction, the reason for scattering light, and the cause of the image change depending on the focal length of the convex lens. In terms of instructional planning, it was followed by questions about how to explain concepts, questions about not being able to explain concepts to elementary school students and having to teach only phenomena, specific explanation methods for specific concepts, and experimental methods. Although the teacher's guide contains various explanations and supplementary materials to help teachers understand the concept, it can be seen that there are many elementary pre-service teachers who cannot answer questions about some concepts even after reading the guide. For concepts with a high frequency of questions, it is necessary to prepare a tutorial that is more understandable. In the instructional plan, there were many questions about teaching methods and experimental methods, so it is necessary to provide more examples and specific experimental methods for explaining concepts in the teacher's guide.

## 1. 서론

초등교사들은 과학 수업에 대하여 교수 효능감이 부족하고 어려움을 느낀다(Akerson *et al.*, 2006; Appleton & Kindt, 1999; Park, 2001; Park, 2003; Kwak, 2011; Oh, 2011). 이에 따라 과학 과목을 기피하는 경향도 발생한다(Czemiak & Chiarellott, 1990). 초등교사들은 많은 과목을 가르치기 때문에, 초등 교육과정의 전학년, 전교과에서 다루는 내용에 대한 깊이 있는 이해를 갖추고 있기 어렵다(Jeon, 2006). 특히 초등과학은 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 각각의 분과가 다루는 내용이 알지만 방대하게 펼쳐질 뿐 아니라, 학생들이 가장 먼저 과학을 접하는 시기이기 때문에 교사들이 특히 어려움을 크게 느끼는 교과 중 하나이다. 이들이 현장에 나가서 부딪치는 지도의 어려움을 최소화하기 위해서는 초등 예비교사교육에 더욱 관심을 기울이고 이들에게 적절한 내용과 수준의 교육을 제공하여야 한다.

초등예비교사를 위한 과학교육을 효과적으로 수행하기 위해서는 이들이 무엇을 이해하기 어려워 하는지를 파악하는 것이 선행되어야 한다. 이 연구에서는 초등과학에서 다루는 8개 물리 단위 중 빛의 굴절에 대하여 초등예비교사가 가지는 어려움 파악하려 한다. 빛의

굴절 단원을 분석하는 이유는 초등교사와 예비교사들이 특히 광학 영역에서 어려움을 가지는 것으로 보고되고 있기 때문이다. 인디스쿨의 물리 관련 질문 게시글을 분석한 Kim & Yoo (2019)의 연구에 의하면, 렌즈 단원은 전기 단위와 더불어 가장 초등교사들의 질문이 많은 단위 중 하나이다. 초등예비교사들의 빨대 굴절상에 대한 이해를 분석한 선행연구(Kwon, 2014)에 의하면, 초등예비교사들은 이 내용이 교과서와 교사용 지도서에 제시되어 있지만 실제 빨대와 빨대의 상을 구별하지 못하였다. 또, Lee (2015)에 의하면 빛의 성질과 광원 개념에 대한 초등학생과 초등예비교사, 초등교사의 개념 수준 또한 큰 차이가 없었다. 이렇듯 물리 개념의 이해 측면에서 어려움을 느끼고 실제 이해 수준 또한 낮을 경우, 초등교사와 초등예비교사들은 지도계획을 세우는데 있어서도 어려움을 겪을 확률이 높다. 따라서 이들의 지도역량을 기르기 위해서는 개념이해에 대한 어려움 뿐 아니라 지도계획을 세우는데 있어서의 어려움 모두를 파악할 필요가 있다.

학습자로서 예비교사들이 가지는 어려움을 파악할 수 있는 방법 중 하나로, 이들이 가르쳐야 하는 학습내용에 대한 텍스트를 읽은 후 그들이 생성한 질문을 분석하는 방법이 있다. 질문은 텍스트에 제시된 것과 자신의 인지구조와 갈등이 있을 때, 혹은 텍스트를 이해

\* 교신저자 : 이지원 (jiwonlee@knue.ac.kr)

\*\* 이 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2020S1A5B5A16083941)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2021.41.1.11>

하기 위하여 필요한 지식이 없을 때 이를 구하기 위하여 하는 것이기 때문에, 질문을 분석하면 이들이 무엇을 모르고 있는지, 혹은 이들이 무엇을 잘못 알고 있는지 파악할 수 있다(Graesser & Olde, 2003; Otero & Graesser, 2001). 자신들이 가르쳐야 하는 과학적 내용과 어떻게 가르쳐야 하는지에 대한 교육학적 내용을 읽었을 때 무슨 질문을 하는지 질문의 내용과 종류별 질문의 빈도를 분석하면 이들이 텍스트에서 다루는 내용 중 무엇에 대하여 잘 모르는지, 혹은 이해에 어려움을 느끼는지를 알 수 있다.

이 연구에서는 초등예비교사가 가르쳐야 할 과학적 개념과 지도상의 유의점 등을 파악한 후 이에 대하여 질문을 할 텍스트로 교사용 지도서를 사용하고자 한다. 교사용 지도서는 교육과정을 안내하고, 교과서의 내용과 체계의 이해를 도울 뿐 아니라 교수학습 정보를 제공(이경화, 최민영, 2013)하는 등 교사가 가르쳐야 하는 교육내용과 이에 대한 해설을 다루고 있는 가장 기본적인 자료이다. 또한 교사가 교과 내용 지식을 습득하도록 돕고 지도 방법에 대한 지침을 제공한다(Ball & Cohen, 1996). 교사들이 지도하여야 하는 내용의 이해에 어려움을 느낄 때, 또 지도에 어려움을 느낄 때 가장 먼저 참고하는 것이 교사용 지도서이다. 지금까지 교사용 지도서의 역할, 지도서의 사용 실태, 내용 분석 등에 대한 연구는 있었지만(Jang *et al.*, 2011; Kim & Song, 2020; Kim & Lee, 2016; Kwon *et al.*, 2001; Kwon & Park, 2016), 초등교사나 초등예비교사가 교사용 지도서를 읽었지만 여전히 해결되지 않는 어려움에 대한 분석은 없었다.

이에 따라 이 연구에서는 초등예비교사가 2015 개정 과학과 교사용 지도서를 읽으면서 빛의 굴절을 이해할 때 갖는 어려움은 무엇인지, 그리고 빛의 굴절의 지도를 계획할 때 갖는 어려움은 무엇인지를 이들이 교사용 지도서를 읽으면서 작성한 질문을 분석함으로써 알아

보고자 한다. 이 연구를 통하여 교수내용지식이 부족한 초등예비교사들이 내용이해와 지도계획에 대해서 어떤 어려움 갖는지 파악하면, 이를 중점적으로 교육함으로써 교사교육의 질을 향상시킬 수 있다. 또 교사용 지도서의 개선 측면에서 활용될 수 있다. 교사용 지도서가 초등예비교사가 잘 이해할 수 있는 수준으로 작성되면 교사 전문성이나 경력, 전공 혹은 담당과목 등에 관계 없이 폭넓게 활용될 수 있을 것으로 기대할 수 있기 때문이다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

이 연구에는 2개의 교육대학교 학부 3학년인 초등예비교사 283명이 참여하였다. 교육대학교의 경우 초등 교육과정에서 학습하는 전 교과목을 가르치나 특정 과목에 대한 심화과정을 두어 필수과목 이외에 좀 더 심화된 내용을 가르치고 있다. 이 연구에 참여한 초등예비교사의 심화과정에 따라 구분하였을 때 인문사회가 47.0%, 기술 및 자연과학이 44.5%, 예체능이 8.5%이다(Table 1).

### 2. 2015 개정 교육과정에서 빛의 굴절 단원의 구성

이 연구에서 분석 대상이 된 단원은 초등 과학에서 다루는 빛의 굴절 단원이다. 2015 개정 교육과정에서 빛의 굴절 단원은 6학년 1학기 ‘빛과 렌즈’이다. 이는 초등학교 4학년의 ‘그림자와 거울’, 중학교 1학년의 ‘빛과 파동’과 연계된다. 이 단원에서는 주로 매질의 경계면

Table 1. Major of participants

인문사회과학		기술, 자연과학		예체능	
국어	29 (10.25)	실과	58 (20.49)	체육	24 (8.48)
사회	30 (10.60)	수학	36 (12.72)		
윤리	36 (12.72)	과학	32 (11.31)		
교육	15 (3.18)				
영어	23 (2.12)				
TOTAL	133 (47.0)	TOTAL	126 (44.5)	TOTAL	24 (8.5)

Table 2. Structure of the ‘light and lens’ unit

차시	차시명	성취기준	학습요소
1	빛과 렌즈로 놀이하기		
2	햇빛이 프리즘을 통과하면 어떻게 될까요?	햇빛이 프리즘에서 다양한 색으로 나타나는 현상을 관찰하여, 햇빛이 여러 가지 색의 빛으로 되어있음을 설명할 수 있다.	프리즘
3	빛은 공기와 물의 경계에서 어떻게 나아갈까요?		
4	물 속에 있는 물체는 어떻게 보일까요?		
5	볼록 렌즈에는 어떤 특징이 있을까요?	빛이 유리나 물, 볼록 렌즈를 통과하면서 굴절된 현상을 관찰하고 관찰한 내용을 그림으로 표현할 수 있다.	빛의 굴절, 볼록 렌즈
6	볼록 렌즈를 통과한 햇빛은 어떻게 될까요?		
7	간이 사진기로 물체를 보면 어떻게 보일까요?		
8	우리 생활에서 볼록 렌즈는 어디에 이용될까요?		
9	우리가 찾은 볼록 렌즈로 세상 보기	볼록 렌즈를 이용하여 물체의 모습을 관찰하고 볼록 렌즈의 쓰임새를 조사할 수 있다.	볼록 렌즈의 쓰임새
10			
11	빛과 렌즈를 정리해볼까요?		

에서 일어나는 빛의 굴절과 볼록렌즈에 대해서 다룬다. 프리즘에 의하여 일어나는 빛의 분산은 햇빛이 여러 가지 색깔로 이루어져 있음을 아는 정도로만 다룬다. Table 2에는 6학년 1학기 빛과 렌즈 단원의 차시별 성취기준과 학습목표를 제시하였다.

### 3. 자료 수집

초등예비교사가 광학을 이해할 때와 지도계획을 세울 때 가지는 개념적, 교육학적 어려움을 파악하기 위하여 이들이 교사용 지도서를 읽고 생성한 질문을 분석하였다. 연구에 참여한 초등예비교사들은 교육대학교의 전공필수인 초등과학교육과 관련된 수업에서 수업 전 읽기 활동으로서 교사용 지도서 해당 단원을 읽고, 사용자간에 서로의 독해 활동을 공유할 수 있는 온라인 주석 시스템(www.perusall.com)을 활용하여 내용에 대한 질문을 하였고 또 다른 학습자가 작성한 질문에 대한 답변을 작성하는 상호작용적 독해(Lee, 2018)를 하였다(Figure 1). 초등예비교사가 교사용 지도서를 읽고 질문과 답변을 할 수 있는 시간은 수업 전 일주일이 주어졌고 주석은 종류에 관계없이 다섯 개 이상 작성하였을 때 과제 점수로 보상이었다. 질문과 답변은 교수자의 관여 없이 초등예비교사들끼리만 작성하였다. 이러한 과정을 거쳐 '빛과 렌즈' 단원의 교사용 지도서 내용에 대한 초등예비교사의 질문은 총 600개가 수집되었다.

### 4. 자료 분석

총 600개의 질문을 크게 빛의 굴절을 이해하는데 필요한 질문과 교육계획을 세우는데 필요한 질문으로 나누었다. 개념이해를 위한 질문은 306개, 교육계획을 위한 질문은 286개, 의미 없는 질문이

때문에 분석에서 제외시킨 질문은 8개로 분류되었다. 개념이해 질문과 지도계획을 위한 질문의 분석 방법은 다음과 같다.

#### 가. 초등예비교사가 빛의 굴절을 이해하기 위한 질문의 분석 방법

어떤 종류의 개념이해 질문의 빈도가 가장 높은지를 파악하여 예비교사가 빛의 굴절 관련 교과 내용 중 어떤 부분의 이해에 어려움을 겪는지 분석하고자 하였다. 이를 위하여 개념이해를 위한 질문으로 분류된 306개의 질문에 사용된 주요단어를 추출하여 개별 질문에서 함께 나온 주요단어 간의 조합의 빈도가 높은 것이 무엇인지를 분석하였다. 주요단어 빈도를 분석함으로써 교사용 지도서에서 다루는 내용 중 어떤 특정 개념에 대한 질문이 가장 많은지를 알 수 있다. 이 때 주요단어 간의 조합 빈도를 함께 분석함으로써 어떤 개념에 대한 질문을 많이 하는지 좀 더 구체적으로 파악할 수 있다.

주요단어로서 '프리즘', '굴절', '볼록렌즈'와 같이 초등학생들에게 가르쳐야 하는 학습요소와 성취기준에서 사용된 단어 전체와, '산란', '스펙트럼', '분산' 등 교사용 지도서에서 학습요소에 대하여 심화된 설명을 위하여 사용한 단어 중 빛의 굴절 개념을 설명하는데 주로 사용되는 단어를 우선 선정하였다. 그 후 질문에서 주요단어를 추출하기 위하여 전처리 작업을 다음과 같이 수행하였다. 질문에서 조사와 접속사를 제거하고, 띄어쓰기로 분리되어 있지만 한 단어로서 의미를 갖는 것, 예를 들어 '볼록 렌즈'는 '볼록렌즈' 등을 복합명사 처리하여 의미 없이 분리되는 것을 방지하였다. 그 후 같은 의미의 단어인데 다른 종류로 분류되지 않도록 하기 위하여 유사한 의미의 단어는 하나로 통일하였다. 이 과정에서 '상하좌우'와 같이 질문에 높은 빈도로 나타나는 단어는 주요단어 목록에 추가하기도 하였다. 질문의 문장에서 주요단어를 추출할 때 한 질문에서 최소 1개부터

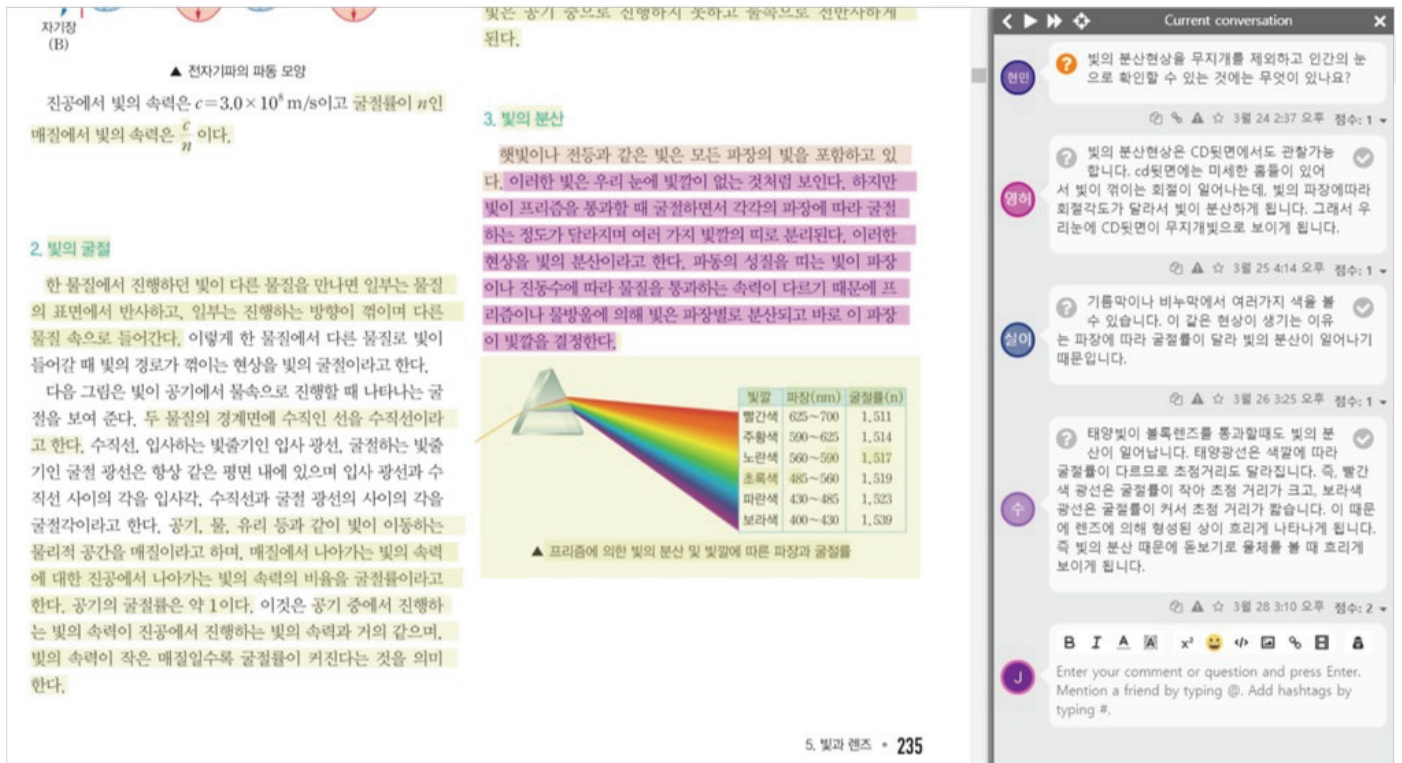


Figure 1. Interactive reading by exchanging questions and answers among users on the contents of a teacher's guide in an online annotation system

최대 3개까지 추출하였다. 이렇게 개념이해 질문 전체에서 각 주요단어가 얼마나 등장하였는지 그 빈도를 분석하여 상위 10개를 추출하였고, ‘블록렌즈-반사’와 같이 하나의 질문 문장에서 추출된 주요단어 간의 조합이 어떠한 빈도로 나타나는지도 분석하였다.

나. 초등예비교사의 빛의 굴절 지도계획을 위한 질문 분류 방법

빛의 굴절 지도에 대한 질문의 분석을 위하여 Park(2003)가 개발한 PCK 평가도구의 평가항목을 참고하여, 교수법, 표현, 평가, 학생, 교육과정, 환경상황에 관한 지식 등 6가지 분류체계를 추출하였다. 평가 도구에 포함되어 있던 ‘내용’은 개념이해 질문에서 다루고 있기 때문에 생략하였다. 또, ‘환경상황’은 내적 환경이 아니라 처해진 교육환경에 대한 질문으로 분류하였다.

교수법 질문은 과학의 특정 내용을 가르칠 때 교수 학습 방법에 대한 질문을 의미한다. 교수법의 질문 항목은 설명방법, 실험방법, 교수학습모형에 대한 내용을 포함한다. 표현 질문은 지도서가 과학의 특정 내용에 대해 독자들의 이해를 돕기 위해 사용하는 표현 방식이나 초등학생을 위하여 특정 표현을 사용하라거나 하지 말라고 명시해 놓은 내용에 대한 질문이다. 표현 질문은 용어 및 그림 사용, 예시에 대한 내용을 포함한다. 평가 질문은 지도서가 학생들의 이해도에 대한 평가 지침을 어떻게 주고 있는지, 또 교과서에서 다루는 내용의 이해도에 대한 평가에 있어서 교사가 궁금한 사항에 대한 질문이다. 학생 질문은 교사가 가르칠 학생들의 능력, 학습스타일, 발달수준, 태도, 동기, 단일 선지식 수준 등에 대한 질문을 의미한다. 교육과정 질문은 이 단원의 교육과정 구성, 교육과정 자료, 학습설계, 교육과정 실행과 결과, 교육과정 연계성에 대한 질문이다. 환경 질문은 과학 교수 학습에 영향을 주는 환경요소에 대한 질문이다.

III. 결과 및 논의

1. 초등예비교사가 교사용 지도서를 읽고 생성한 질문에서 드러난 빛의 굴절을 이해할 때 갖는 어려움 분석

표 3에 제시한 바와 같이 초등예비교사의 질문에서 추출한 주요단어의 빈도를 분석하여 보면 블록렌즈(14.4%)가 가장 높은 비율로 언급되었고, 그 다음이 굴절(14.2%)이다. 그 뒤를 이어 프리즘, 반사, 상하좌우, 사진기, 산란, 스펙트럼, 상, 분산 등의 단어가 비슷한 빈도로 등장하였다. 프리즘과 스펙트럼의 경우 한 차시에서만 다루고 있음에도 불구하고 질문에서 등장하는 비율이 높았다. 사진기, 상, 상하좌우 등 블록렌즈를 이용한 도구와 상에 대한 질문의 빈도도 높았는

데, 이와 관련하여 간이사진기 활동을 할 때 블록렌즈와 사진기의 특성에 관련되는 질문, 블록렌즈에 의한 물체의 상의 특성에 대한 질문이 자주 나타났다(Table 3).

주요단어 조합 중 가장 조합 빈도가 높은 것은 굴절-반사 조합(20회)이고, 그 다음으로 굴절-블록렌즈(19회), 블록렌즈-상(17회), 경로-산란(15회), 블록렌즈-상하좌우(14회), 블록렌즈-가운데(11회), 무지개-분산(10회), 블록렌즈-사진기(9회), 굴절-수직(8회) 순서로 나타났다(Table 4).

질문의 내용을 살펴보면, 굴절-반사 조합에서 주로 나타난 질문은 굴절률이 다른 물질의 경계에서 굴절만 일어나는 것이 아니라 반사도 일어나는 것에 대하여 그 원인을 묻는 것이다. 굴절-블록렌즈 조합의 주요 질문은 빛이 블록렌즈에서 두 번 굴절한다는 것이 무슨 의미인지, 어디서 어떻게 굴절한다는 것인지를 묻는 질문이다. 블록렌즈-가운데 조합은 블록렌즈의 가운데 부분은 빛이 굴절하지 않는 이유가 무엇인지에 대한 질문이 주를 이룬다. 유사한 맥락에서 굴절-수직 조합은 왜 매질의 경계면에 수직으로 입사한 빛은 굴절하지 않는지 그 이유를 묻는 질문이 가장 많았다.

블록렌즈-상 조합에서 주로 나온 질문은 물체와 블록렌즈, 스크린 혹은 관찰자 간의 거리에 따라 상이 어떻게 바뀌는지에 대한 것이다. 블록렌즈-상하좌우 조합은 블록렌즈-상 조합과 유사한 질문이지만 상하좌우가 바뀌는 경우, 즉 독립실상을 특정하여 그렇게 보이는 이유가 무엇인지를 질문하였다. 블록렌즈-사진기 조합의 질문은 교과서에서 소재로 사용되는 간이사진기에 대한 질문과 일반적인 사진기에 대한 질문 모두가 다 있었다. 간이사진기에 대해서는 주로 상이 왜 뒤집혀 보이는지에 대한 질문이 많았고, 일반 사진기에 대한 질문은 간이사진기와는 차이점을 묻는 질문이 많았다.

경로-산란 조합의 질문은 빛의 굴절 경로를 알기 위하여 물에는 우유를 섞고 공기 중에서는 향을 피우거나 분무를 하는데 이러한 행동이 왜 경로를 더 잘 보이게 하는지 그 이유를 묻는 것이 주를 이루었다. 무지개-분산 조합은 백색광은 왜 여러 색을 포함하고 있는데 그렇게 보이지 않는지, 또 왜 빨간색부터 보라색까지의 순서가 정해지는지에 대한 질문이 많았다.

종합해보면, 초등예비교사가 빛의 굴절 단원을 이해할 때 어려움을 겪는 부분은 교과서에 제시된 현상의 ‘원인’에 대한 것이었다. 왜 매질의 경계면에서 일부가 굴절하고 일부는 반사하는지, 왜 빛의 경로를 관찰할 때는 향 연기나 우유처럼 다른 조치를 취하는지 등 ‘왜’라는 질문을 통해 교과서에서 다루고 있는 현상의 원인이나 이유를 묻는 질문이 많았다. 내용적인 측면에서 보면 질문의 수준이 빛의 굴절에 대해 중학교나 고등학교 교육과정에서 다루는 수준이었다. 예를 들어 블록렌즈의 상이 물체와 렌즈와의 거리에 따라 어떻게 보이는지

Table 3. Top 10 in the frequency of keywords presented in the concept questions

순위	단어	빈도 출현수	비율(%)	순위	단어	빈도 출현수	비율(%)
1	블록렌즈	103	14.4	6	사진기	22	3.1
2	굴절	101	14.2	7	산란	21	2.9
3	프리즘	26	3.6	8	스펙트럼	21	2.9
4	반사	23	3.2	9	상	19	2.7
5	상하좌우	22	3.1	10	분산	18	2.5

는 중학교에서, 왜 그렇게 생기는지 등에 대한 질문은 고등학교 교육 과정에 포함된다.

한편, 교사용 지도서에서 그 내용에 대하여 설명을 하고 있음에도 불구하고 초등예비교사가 이해하지 못하고 질문을 한 것도 있었고 이에 반해 교과서에서 다루고 있는 내용이지만 교사용 지도서에 충분한 설명이 없어서 질문을 한 것도 있었다. 전자에 해당하는 것은 볼록 렌즈에 의한 물체의 상, 빛의 분산 등이 있고, 후자에 해당하는 것은 산란 개념 등이 있다.

**2. 초등예비교사가 굴절 단원의 지도 계획을 세울 때 갖는 어려움 분석**

초등예비교사가 교사용 지도서를 읽고 생성한 질문 중 지도계획과 관련된 교육학적 질문을 분석한 결과, 실험 방법(36.7%)에 대한 질문

이 가장 많고 설명방법(34.6%)에 대한 질문이 그 뒤를 이었다. 이 두 가지는 교수법 질문에 해당하는데 교수법 질문이 전체의 72%로 큰 비율을 차지하고 있다. 용어/그림의 표현에 대한 질문(9.1%)과 예시에 대한 질문(6.6%)을 포함하는 표현 질문이 전체의 15.7%를 차지하였다. 다음으로 교육과정(8.4%)에 대한 질문이 그 뒤를 이었다. 그에 비해 초등예비교사는 수업환경(2.4%), 평가(0.7%), 학생(0.7%) 등에 대한 질문은 적게 하였다(Table 5).

각 유형의 질문들을 자세히 살펴보면 우선 교수법 중 설명방법에 대한 질문은 크게 세 가지 유형으로 나누어졌다. 첫 번째는 개념 설명 없이 현상만으로 어떻게 학생들을 이해시켜야 하는지에 대한 질문이다. ‘단순히 실험결과를 통해서 경험적으로 개념을 형성하는데 그치는 건가요?’, ‘굴절률과 같은 단어를 사용하지 않고 빛이 색깔별로 나뉘는 현상을 학생들에게 어떻게 설명해야 할까요?’와 같이, 현상을

**Table 4. Main questions with a high frequency of keywords combination**

조합	빈도	질문 예시
굴절-반사	20	한 물질에서 진행하던 빛이 다른 물질을 만났을 때 일부는 물질의 표면에서 반사하고 일부는 진행하는 방향이 꺾이며 다른 물질 속으로 들어간다고 하는데 왜 모두 반사하거나 꺾여 들어가지 않고 어떤 경우에는 반사하고 어떤 경우에는 꺾여 들어가나요?
굴절-볼록렌즈	19	왜 실제 레이저 지시기의 빛이 볼록 렌즈를 통과할 때에는 두 번 꺾이나요? 그렇다면 볼록렌즈의 어디 어디에서 꺾이는 건지 궁금합니다.
볼록렌즈-상	17	관찰자는 물체를 관찰할 때 그림에서 오른쪽 초점거리 밖에서 바라봐야 그림과 같은 상의 모습을 볼 수 있는 건가요? 렌즈와 오른쪽 초점거리 사이에서 바라보면 물체의 상은 어떻게 보이나요?
경로-산란	15	빛의 경로가 잘 보이게 물을 뿌리는 건가요? 물속에서 빛의 경로가 잘 보이는 것과 같은 원리인가요? 물속에서 보이는 거랑 빈 공간에 물을 분사해서 보이게 하는 거랑은 차이가 있을 것 같은데 어떤 원리에 의해 그런 것인지 알고 싶습니다.
볼록렌즈-상하좌우	14	볼록렌즈로 물체를 바라보면 커보이다 어느 순간 상하좌우가 바뀝니다. 어느 시점부터 이런 일이 발생하며 그 원인은 무엇인가요?
볼록렌즈-가운데	11	왜 렌즈의 가운데 부분만 직진하고, 가장자리 부분에서는 빛이 굴절하는 것인가요?
무지개-분산	10	햇빛이나 전등처럼 모든 파장의 빛을 포함하고 있는 빛은 왜 우리 눈에 무지개 색깔이 없는 것처럼 보이는지, 그 원리가 무엇인가요?
볼록렌즈-사진기	9	사진기도 간이사진기처럼 볼록렌즈를 이용하는데, 왜 간이사진기는 실제의 상하좌우가 바뀌어 보이고 사진기는 실제 그대로 보이나요?
굴절-수직	8	수직으로 입사한 빛이 굴절하지 않는 이유는 무엇일까요?

**Table 5. Frequency and examples of questions about pedagogical content knowledge in the light refraction unit**

교수내용지식 질문 항목	개수 (%)	질문 예시	
교수법	설명방법	99 (34.6)	프리즘을 통과한 햇빛 광선이 프리즘을 통과할 때 여러 가지 색깔로 바뀌는 현상을 굴절률 차이를 이용해 설명하지 않고 어떻게 이해시킬 수 있을까요?
	실험방법	105 (36.7)	향 연기의 채워야 하는 정도가 정확히 제시되어 있지 않은 것 같다. 향 연기는 어느 정도로 채워야 한다고 설명하는 것이 좋을까?
	교수학습모형	2 (0.7)	발견학습 모형 말고 다른 모형을 사용한다면 어떤 게 또 가능할까요?
표현	용어/그림 사용	26 (9.1)	초등학교에서는 투명, 불투명 물체만 다룬다고 했는데 교과서에는 왜 플라스틱판을 투명 플라스틱판으로 안 적어놓고 반투명 플라스틱판으로 표기하였나요?
	예시	19 (6.6)	빛이 굴절하는 까닭에 대해 제시된 비유말고, 초등 수준에서 더 쉽게 이해할 수 있을 예시나 설명방법이 있을까요?
평가	2 (0.7)	형성평가를 할 때, 색연필을 사용하여 직접 그려보는 방법은 색연필의 색이 한정되어 있으므로 결국 햇빛은 7가지 무지개의 색으로 이루어져 있다는 오개념을 형성하기 쉬울 것 같습니다. 이러한 오개념을 방지하기 위한 다른 형성평가 방법으로는 어떤 것이 좋을까요?	
학생	2 (0.7)	아이들은 사진기라면 당연히 모든 것을 찍을 수 있다고 생각할 것 같은데, 어두울 때 사진을 찍을 수 있는 원리를 밝을 때와 구별하여 생각할까? 당연한 일이라고 생각하지 않을까?	
교육과정	24 (8.4)	초등과정에서 볼록렌즈는 다루지만 오목렌즈는 다루지 않는 이유는 무엇일까요?	
수업환경	7 (2.4)	어쩔 수 없이 햇빛이 없는 날 수업을 강행해야 한다면, 어떤 방법을 활용할 수 있을까?	
합계	286 (100)		

개념 도입 없이 설명하는 방법에 대한 어려움을 드러내었다. 두 번째는 특정 현상이나 개념에 대하여 어떻게 설명하여야 하는지를 묻는 질문이다. 예를 들어 파동은 초등예비교사 스스로도 어려워했던 부분이기 때문에 이를 학생들에게 가르치는 것에 대한 어려움을 토로하고 어떻게 하여야 하는지 질문하는 등 영역 범주에서의 질문부터, 프리즘의 분광에서 색깔이 연속적으로 나타나는 것을 어떻게 가르쳐야 할지에 대한 질문처럼 개별 현상의 설명 방법에 이르기까지 다양하게 나타났다. 세 번째는 학생들의 오개념이 발생할 것에 대한 우려를 드러내는 질문이다. 예를 들어 교육과정 상에 프리즘을 이용하여 햇빛이 다양한 색깔로 이루어져 있음을 알 수 있다라는 내용을 지도하도록 되어 있기 때문에 교과서에는 프리즘만을 이용하여 무지개색을 관찰하도록 구성되어 있다. 이에 대하여 한 초등예비교사는 프리즘이라는 도구만이 빛을 여러 색으로 보여주는 도구라고 학생들이 생각할 것이니 이를 방지하기 위한 보충자료는 어떤 것이 있을지를 질문하였다.

교수법 중 실험방법에 대한 질문을 살펴보면, 이는 크게 네 가지 범주로 나눌 수 있었다. 첫 번째는 실험 방법에 대한 추가 정보를 요청하는 질문이다. 예를 들어 공기와 물의 경계면에서 레이저 빛이 굴절하는 것을 관찰하기 위하여 공기에는 향을 피우고 물에는 우유방울을 섞는데, 이에 대하여 향을 어느 정도로 피워야 하는지, 우유를 얼마나 넣어야 하는지에 대하여 질문하는 식이다. 두 번째는 실험실 안전지도 방법이다. 이 단원에서는 굴절된 빛으로 과녁을 맞추는 단원도입활동을 포함하여 공기와 물의 경계에서 일어나는 굴절과 볼록렌즈에서 일어나는 굴절을 관찰하는 차시에서 레이저를 사용한다. 레이저 사용에 대한 안전지도 방법이나 장난을 막는 방법에 대한 질문이 이에 해당한다. 세 번째는 대체실험 설계 또는 대체도구 사용가능 여부를 묻는 질문이다. 프리즘을 대체할 수 있는 도구에 대하여 물어보거나, 프리즘에 햇빛 대신 레이저 빛을 통과시켜도 되는지 등의 질문이 있었다. 네 번째는 실험도구의 용도를 묻는 질문이다. 예를 들어 프리즘을 통과한 햇빛이 분광된 결과를 확인하기 위하여 흰 도화지를 사용하는데, 이에 대하여 흰 도화지를 쓰는 이유는 무지개색을 뚜렷하게 관찰하기 위함인지 혹은 그 외에 다른 용도가 있는지를 묻는 등의 질문이다.

교수법 중 교수학습모형에 대한 질문은 차시에 소개된 교수학습모형, 예를 들어 발견학습모형 등에 대하여 다른 모형을 사용한다면 어떤 방식으로 수업이 가능할지, 혹은 차시별로 가장 효과적인 교수학습모형은 무엇일지를 묻는 질문이 있었다. 다음으로 표현 중 용어 및 그림 사용에 대한 질문을 살펴보면, 투명과 불투명의 표현에 대한 질문이 주를 이루었다. 초등 과학 교과서에서는 반투명을 소개하지 않고 투명과 불투명으로만 나눈다. 따라서 반투명한 것의 표기에 대한 질문, 예를 들어 ‘초등학교에서는 투명, 불투명 물체만 다룬다고 했는데 교과서에는 왜 플라스틱판을 투명 플라스틱판으로 안 적어놓고 반투명 플라스틱판으로 표기하였나요?’와 같은 질문이 많았다. 표현 중 예시에 대한 질문은, 빛의 굴절 이유에 대해서 자동차 바퀴의 비유 대신 어떤 비유를 사용할 수 있는지 등이 있었다.

평가에 대한 질문은 평가문제가 유발할 수 있는 오개념에 대한 지적이나 중복되는 문제에 대한 지적 등이 있었다. 학생에 대한 질문은 주로 학생들의 수준과 관련된 질문이었는데, 학생들의 수준에서 특정 개념이나 현상을 이해할 수 있을지에 대한 질문이 이에 해당한다. 교육과정에 대한 질문은 주로 현행 교육과정에서 오목렌즈를 다

루지 않는 이유에 대한 질문이었다. 또, 볼록렌즈 위치 관계에 따른 상의 차이도 볼록렌즈의 특징으로서 교육과정에 포함되어야 할 것 같은데 왜 구체적으로 다루지 않는지에 대한 질문도 있었다. 환경에 대한 질문은 주로 비오는 날, 햇빛이 없는 날, 혹은 실내에서 햇빛을 프리즘에 통과시키는 실험을 해야할 때 어떻게 하여야 할지에 대한 것이었다.

설명방법과 실험방법 등 교수법 질문이 가장 높은 비율로 나타나고 교사용 지도서의 표현에 대한 질문이 두 번째로 높은 비율로 나타난 것으로 보아, 초등예비교사는 어떻게 가르쳐야 하는지, 어떻게 실험 하여야 하는지에 대해 지도서의 기술만으로는 해결할 수 없는 어려움을 느끼고 있음을 알 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

초등예비교사가 교사용 지도서를 읽은 후 작성한 질문을 분석함으로써 이들이 내용의 이해와 지도계획을 세우는데 어떠한 어려움을 가졌는지를 알아보았다. 분석 결과, 초등예비교사들은 교과서에 제시되어 학생들에게 가르쳐야 하는 여러 가지 굴절 현상의 원인에 대해 잘 이해하지 못하고 있었다. 따라서 각 현상이 일어나는 이유에 대한 내용까지 교사용 지도서에서 다루어질 필요가 있다. 초등학교 과학 교과서는 과학적 원리나 개념보다는 주로 현상을 다루기 때문에 초등교사들이 교과서에 제시된 현상의 과학적 원리를 가르치지 않는 데도 불구하고 알아야 하는가에 대한 의문이 생길 수 있다. 하지만 초등예비교사들이 교사용 지도서를 읽고 질문을 생성한 것처럼 어떤 현상을 알게 되면 자연스럽게 ‘왜’ 질문이 생기게 된다. 따라서 초등학생들에게도 이러한 질문을 충분히 받을 수 있고, 교사들은 이에 대처할 수 있어야 한다. 또 원리를 이해하지 못한 상태에서 현상을 배우면 어떤 현상이 일어날지를 원리에 기반하여 예측할 수 없기 때문에 현상 그 자체를 암기하여야 하는 문제가 발생한다. 예를 들어 물체와 볼록렌즈 간의 거리에 따라 상이 생기는 원리를 알지 못하면, ‘멀리 있는 물체는 뒤집혀 보이고 가까이 있는 물체는 바로 보인다’를 암기하여야 한다. 원리를 가르치지 않는다 하더라도 현상을 제대로 가르치려면 그 원리를 이해하고 있어야 하므로 교사용 지도서에는 교과서에 제시된 현상과 관련된 개념과 원리를 충분히 설명하여야 한다. 이 중 교사용 지도서에 제시되어 있음에도 불구하고 초등예비교사가 이해에 어려움을 가졌던 일부 개념과 원리는 이들이 이해하기에 설명이 부족하였기 때문으로 생각되므로 설명을 추가할 필요가 있다.

다음으로 초등예비교사는 지도계획을 세우는데 있어서 학생들에게 개념 설명 없이 현상만 어떤 방식으로 지도해야 할지, 또 실험을 어떻게 하여야 할지에 대하여 어려움을 가졌다. 초등 수준에서 가르치지 말 것, 혹은 사용하지 말아야 하는 특정 용어의 사용을 배제하고 어떻게 설명할 것인지에 대한 구체적인 예시나 안내가 교사용 지도서에 있을 필요가 있다. 예를 들어 빛의 굴절 단원의 첫 번째 탐구활동에서는 학생들이 굴절에 대하여 배우지 않은 상태이지만 굴절이라는 용어 도입 없이 프리즘에 의한 빛의 분산을 가르쳐야 한다. 교사용 지도서에는 ‘빛이 색깔에 따라 꺾이는 정도가 다르다’는 수준에서 다루도록 하고 있는데 빛이 꺾인다는 개념을 도입하기 전에 색깔에 따라 꺾이는 정도가 다름을 어떻게 가르칠지에 대하여 교수 장면 등으로 예시를 보여줄 필요가 있다. 또 과학 개념과 연결하여 실험방법

을 안내할 필요가 있다. 초등교사나 예비교사가 개념 자체에 대해 잘 이해하고 있으면 이들이 질문한 실험방법이나 설명방법에 대한 몇 가지 어려움은 해결이 가능하다. 예를 들어 빛의 굴절 경로를 보기 위해서 물에 우유는 몇 방울 넣는 것이 적당한지에 대한 질문이 있었는데, 만약 교사가 우유를 사용하는 목적과 실험 내용을 제대로 이해하고 있다면 우유의 용도가 레이저 빛을 산란시킴으로서 관찰자가 그 광선을 볼 수 있도록 하는 것이므로 산란이 일어나지만 광선이 안보이지는 않는 적정 수준으로 각 교실에 있는 수조의 크기나 물의 양에 맞게 조절하여 우유의 양을 스스로 결정하여 넣을 수 있을 것이다. 또한 교사용 지도서에 탐구실험에 대한 좀 더 자세한 설명과 대체실험, 안전지도, 도구의 용도 등 다양한 자료를 포함할 필요가 있다. 예비교사교육에서도 매 차시별로 모든 실험을 다 해보기는 어렵기 때문에 이러한 내용에 대하여 교사용 지도서에서 세세히 제시할 필요가 있다.

이 연구를 통해 교사용 지도서가 교과서의 해설에만 그치는 것이 아니라 예비교사 및 교사가 가르쳐야 할 내용을 충분히 이해하고 이를 바탕으로 교육 계획을 세울 수 있는 전문서로서의 역할을 수행하고, 이들의 전문성 향상에 기여할 수 있도록 교과교육학적 지식을 충분히 포함하는 방향으로 개선될 필요가 있음을 알 수 있었다. 이 연구에서는 빛의 굴절 단원을 읽고 초등예비교사가 느끼는 어려움을 분석함으로써 교사용 지도서 개선의 방향성을 제시하였다는 측면에서 의의를 가진다. 교사들의 교육경험 수준에 따라 질문의 내용이 평가, 학생수준 등으로 옮겨갈 수 있으므로 그 부분에 대한 후속 연구가 필요하다. 또한 앞으로 다른 단원들도 이러한 분석이 수행되어 교사용 지도서 질적 개선의 자원으로 활용되기를 제안한다.

## 국문요약

이 연구는 초등예비교사가 빛의 굴절 단원의 교사용 지도서를 읽을 때 생성한 질문을 분석함으로써 개념이해에 있어서의 어려움과 지도 계획을 세울 때의 어려움에 어떤 것이 있는지를 분석하는 것을 목적으로 한다. 2015 개정 교육과정 6학년 1학기 ‘빛과 렌즈’ 단원의 지도서를 읽고 초등예비교사 283명이 생성한 의미있는 질문은 총 592개였고 이 중 물리 개념이해를 위한 질문은 총 306개, 교육학적 질문은 총 286개였다. 분석 결과, 초등예비교사는 물리 개념이해 측면에서 굴절이 일어나는 원인, 빛을 산란시켜야 하는 이유, 볼록렌즈의 초점 거리에 따른 상의 변화 원인 등 교과서에 제시된 현상이 일어난 ‘원인’의 개념 이해에 어려움을 가지고 있었다. 지도계획 측면에서는 개념의 설명방법에 대한 질문, 즉 초등학교생에게 개념에 대한 설명을 하지 못하고 현상만을 지도하여야 하는 것에 대한 질문, 특정 개념에 대한 구체적인 설명방법, 실험 방법 등에 대한 질문 그 뒤를 이었다. 교사용 지도서에는 교사들의 개념이해를 돕기 위한 여러 가지 설명들과 보충 자료가 포함되어 있음에도 불구하고 일부 개념에 대해서는 지도서를 읽고서도 의문이 해결되지 않는 초등예비교사가 많이 있다는 것을 알 수 있다. 질문의 빈도가 높은 개념에 대해서는 좀 더 알기 쉽게 지도서를 작성할 필요가 있다. 지도계획에 있어서는 교수법과 실험방법에 대한 질문이 많았기 때문에 교사용 지도서에서 개념의 설명방법에 대한 예시와 구체적 실험방법을 좀 더 제공할 필요가 있다.

**주제어:** 렌즈, 초등예비교사, 교사용 지도서, 어려움, 빛

## References

- 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.
- Appleton, K. & Kindt, I. (1999). How Do Beginning Elementary Teachers Cope with Science: Development of Pedagogical Content Knowledge in Science.
- Ball, D. L., & Cohen, D. K. (1996). Reform by the book: What is-or might be-the role of curriculum materials in teacher learning and instructional reform?. *Educational Researcher*, 25(9), 6-14.
- Czeraniak, C., & Chiarelott, L. (1990). Teacher education for effective science instruction-A social cognitive perspective. *Journal of Teacher Education*, 41(1), 49-58.
- 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.
- Jang, M., Joung, Y. & Kim, H. (2011). The elementary school teachers' conceptions and utilization on the general remarks in the science teacher's guide. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(4), 535-552.
- Jeon, Y-M. (2006). Understanding American teachers' use of teachers' manuals: Two case studies. *The Korean Society for The Study of Teacher Education*, 23(3), 5-24.
- Kim, G. & Lee, H. (2016). The analysis on question's patterns in elementary school science teacher's guidebooksof 5, 6th grade under the 2009 revised curriculum. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(1), 1-12.
- Kim, H. & Song, J. (2020). Analysis of Reference Data in Science Guidebooks for Elementary Teachers Developed for 2015 Revised Curriculum -Focusing on Physics Section for the Third-Sixth Grade-. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 39(2), 155-167.
- Kim, Y. & Yoo, J. (2019). Exploring elementary teachers' difficulties on teaching science by analyzing questions in an autonomous online teacher community: Focusing on physics questions in indschool. *Journal of Korean Association of Science Education*, 39(1), 73-88.
- 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. (2014). An Analysis of Elementary Pre-service Teachers' Understanding of the Illustration of the Straw Reflection Image. *Teacher Education Research*, 53(4), 815-824.
- Kwon, J., Jung, W. & Kim, Y. (2001). Teachers' perception and improvement on the elementary science teacher's guide. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 20(1), 75-89.
- Kwon, C., Park, B. (2011). The teacher's recognition and utilization for subject of new science teacher's guide in the elementary school. *The Journal of Korea Elementary Education*, 21(2), 247-260.
- Lee, J. (2018). Collaborative reading comprehension of science textbook via students' knowledge sharing in an online annotation system. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(5), 667-680.
- Lee, J. E. (2015). Perspectives on traveling according to light source in students, pre- and in-service teachers. *Korea National University of Education Master thesis*.
- Lee, K. H. & Choi, M. Y. (2013). Critical examination of 2009 revised teacher's guide book by an aspect of Pedagogical Content. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 13(6), 667-689.
- 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.
- Otero, J. & Graesser, A. C. (2001). PREG: Elements of a model of question asking. *Cognition and Instruction*, 19(2), 143-175.
- 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.

## 저자정보

이지원(한국교원대학교 학술연구교수)

