



## 상호작용적 독해 과정에서 생성된 질문과 답변의 분석을 통한 교사용 지도서와 초등예비교사의 내용지식 사이의 불일치 탐색 - ‘그림자와 거울’ 단원을 중심으로 -

고아라, 이지원\*  
한국교원대학교

### An Exploration of Discrepancies between Text and Content Knowledge of Pre-service Elementary Teachers through an Analysis of Questions and Answers Created in the Interactive Reading of a Teacher's Guide: Focusing on a 'Shadow and Mirror' Unit

Arla Go, Jiwon Lee\*  
Korea National University of Education

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 1 May 2023  
Received in revised form  
11 May 2023  
Accepted 16 May 2023

##### Keywords:

cognitive discrepancy,  
pre-service teacher, teacher's  
guide, light, question, reading

#### ABSTRACT

This study explored the discrepancy between the text of a teacher's guide about straight and reflective light and the content knowledge of pre-service elementary teachers. A total of 455 questions and 543 answers generated by 279 pre-service elementary teachers after reading a 'Shadow and Mirror' unit in the teacher's guide were analyzed. The questions were classified according to the types of concepts and discrepancies, and the answers were analyzed for accuracy. The results of analyzing the concepts of questions revealed that the pre-service elementary teachers were most curious about the shadow in the straight concept, the mirror image in the reflection concept, and the light source in other concepts. The questions with a low correct answer rate due to incorrect- or non-answers, such as those concerning the superposition principle of light by reflection, the principle of experimental tools, and images by lenses, were only partially or not included in the teacher's guide. When the questions were classified according to the type of discrepancy, the frequency of questions due to knowledge deficit was higher than that due to knowledge clash. This demonstrates that the concepts that teachers need to know must be supplemented with the contents of the teacher's guide. Discrepancies due to knowledge clashes are often caused by conflicts between what is experienced in everyday life and what is presented in textbooks. Therefore, it is necessary to reduce the discrepancy between the texts of the teacher's guide and the knowledge of pre-service elementary teachers by including the differences between the actual context of everyday life and the context of the textbook in the teacher's guide.

## 1. 서론

초등교사들은 중, 고등학교 및 대학교에서 과학 수업을 수강했음에도 불구하고 종종 과학 교과서에 포함된 개념에 대한 기본적인 이해가 부족하고 스스로 과학을 가르칠 준비가 부족하다고 느낀다(Jeong *et al.*, 2016; Kim & Hong, 2014; Lee & Kim, 2012). 초등교사의 과학 교과 지식 부족이 특별히 문제가 되지 않는다고 주장하는 사람도 있지만(Zuzovsky, Tamir & Chen, 1989), 초등학교 교사가 과학 내용 지식을 알지 못하고 이해하지 못하면 수업의 질이 떨어지게 된다(Ji & Park, 2016). 예를 들어, 교사는 학생들의 오개념을 식별하지 못하고(Jang, 2009; Song & Yoon, 2023) 학생들이 갖는 어려움을 해결해주지 못한다(Smith & Neale, 1989). 반면 과학 내용에 대한 지식이 많을수록 교사는 무엇을 가르쳐야 하는지 정확히 이해하고 학생들이 잘 이해할 수 있는 교육적 표현을 사용하며 학생의 사고를

분석하는 데 더 능숙하다(Lee, 2013; Rollnick *et al.*, 2008). 즉 초등교사의 과학 교과 지식은 과학 교수 능력과 직접적인 상관이 있다. 따라서 교사가 될 준비를 하는 초등예비교사의 과학 지식수준을 탐색함으로써 과학 교과 지식 수준을 향상시킬 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다.

지식수준을 탐색하는 방법은 여러 가지가 있다. 그 중 질문하기는 학습자가 과학에 대한 호기심을 자발적으로 표현하는 방법 중 하나이다. 호기심은 정보에 대한 기본적인 욕구이며(Grossnickle, 2016), 정보 격차에 대한 반응이다. 질문하기는 의미 있는 학습과 과학적 탐구에 있어서 필수적이다. 질문하기에 대한 기존 연구(Chin & Brown, 2002; Chin & Osborne, 2008; Graesser & Olde, 2003; Miyake & Norman, 1979)에 따르면, 입력된 자극과 세계에 대한 지식 사이의 '불일치'가 질문 생성의 본질이다. 일반적으로 교실에서 과학을 학습할 때 학생들은 교과서를 비롯한 과학 텍스트 읽기를 통해 정보를

\* 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.2023.43.3.253>

연게 된다. 특정 텍스트를 교재로 사용하는 경우, 독자는 텍스트를 이해하는 과정에서 자신이 가지고 있는 지식체계와의 불일치를 경험하며 이로 인해 질문을 생성한다. 이때 텍스트와 독자의 지식체계 간의 불일치를 유발하는 요인, 즉 질문을 하는 이유는 크게 두 가지로 요약될 수 있다(Otero & Graesser, 2001). 첫 번째는 지식 충돌(knowledge clash) 가설로, 알고 있는 것이 많을 때 질문을 더 하게 된다는 주장이다. 이는 모르는 것을 알기 위해서는 많은 지식이 필요하다고 주장한 Miyake와 Norman(1979)의 주장과 유사하다. 반면, 지식 결핍(knowledge deficit) 가설은 아는 것이 적을 때 질문을 더 많이 하고, 지식이 증가함에 따라 질문 수가 감소할 것이라는 주장이다. 이 두 가지 주장은 모두 텍스트와 독자의 인지 간 불일치로 인해 질문이 촉발된다는 공통점이 있다(Otero & Graesser, 2001).

학생들이 생성한 질문을 분석하는 것, 즉 학습한 내용과 학생의 지식체계 간의 불일치를 분석하는 것의 효용성은 여러 가지가 있다. 우선 학생들이 제시된 정보를 의미 있는 방식으로 종합할 수 있는지의 여부를 평가할 수 있다. 이것은 학습한 내용에 대한 학생의 전반적인 이해도를 나타내는 지표가 된다. 그리고 학습자와 학습 내용 간 지식의 격차 또는 오해가 있는 영역을 식별할 수 있다. 이는 학생들의 이해를 돕기 위한 학습 내용의 수정 방향을 제시해줄 수 있다. 마지막으로 학생이 질문을 하는 것은 비판적 사고의 중요한 측면이기 때문에 학생들이 생성하는 질문을 분석하면 학생들의 사고 수준에 대해 이해할 수 있다. 이를 통해 학생들의 더 깊은 사고와 분석을 장려하는데 도움이 될 수 있다. 즉 학습 과정에서 학생이 생성한 질문은 과학 교수 학습을 연구하는 데 있어서 자원으로 활용될 수 있다(Chin & Osborne, 2008; Jirout & Zimmerman, 2015). 질문에 대해 답이 없으면 질문에 대해 잘 모르거나 질문 자체를 파악하기 어려워한다는 것을 보여주고, 제시된 답변은 그 내용이 과학적으로 올바른지 그렇지 않은지에 따라 학생의 내용 이해 여부를 파악할 수 있다. 즉, 학습자가 학습 내용에 대하여 한 질문이나, 질문에 대해 답한 것은 독자의 지식 수준 탐색을 위한 자원이 된다.

그런데 실제 수업 환경에서 학생들은 질문을 거의 하지 않고(Dillon, 1988; Graesser & Person, 1994), 학년이 올라갈수록 이러한 경향이 더욱 심화된다(Good *et al.*, 1987; White & Gunstone, 2014). 그런데 텍스트를 온라인상에 공유하고 독자들이 자유롭게 접속하여 주석을 달 수 있는 상호작용적 읽기 플랫폼에서 학생들은 대면 수업 환경보다 더 많은 질문과 답변을 생성하는데, 이러한 플랫폼에서는 학생들이 실제 수업 상황에서 교사에게 직접 질문하는 것보다 심리적 으로 더 편안하게 질문할 수 있기 때문이다(Lee, 2018). 따라서 과학 교과서의 상호작용적 읽기 접근 방식을 사용하면 학생들은 더 많은 질문과 답변을 하며, 이러한 질문과 답변이 실제 교실 상황에서는 휘발되는 것과 달리 모두 온라인 상에 기록되기 때문에 분석이 용이하다는 장점이 있다. 상호작용적 독해가 가능한 플랫폼을 이용하여 텍스트를 읽으면서 생성한 학생들의 질문과 답변 분석은 여러 연구를 통해 수행되었다. Miller 등(2016)은 일반물리 수업에 참여한 대학생이 생성한 질문과 답변을 양적으로 분석하였고, Lee(2018)는 중학생이 과학 교과서를 읽고 생성한 질문과 답변을 분석하였다. 이 연구들은 질문과 답변이라는 지식공유행동이 어떠한 학습효과를 보이는지 질적, 양적으로 보여주었다. 또, Lee(2021)는 초등예비교사가 교사용 지도서를 읽고 생성한 질문을 분석함으로써 초등예비교사가 어떤 개념

을 어려워하는지에 초점을 맞추었다. 하지만 이러한 연구들은 독자가 텍스트를 왜 어려워하는지, 즉 텍스트와 독자 간에 어떠한 불일치가 질문을 유발하는지에 대한 분석은 수행되지 않았다.

교사용 지도서는 교과를 가르치기 위한 교수학적 내용 지식(Pedagogical Content Knowledge)와 교육과정 내용이 포함되어 있어 교사들이 수업을 개선하기 위해 찾아볼 수 있는 매우 효과적인 자료이다(Jeon, 2006; Lee *et al.*, 2005). 특히 많은 초등학교 교사들이 수업을 준비하는 데 과학과 교사용 지도서를 활용하고 있기 때문에(Kwon & Park, 2011; Lee *et al.*, 2007; Han & Noh, 2003) 이들이 텍스트를 읽는 과정에서 어떠한 불일치를 겪는지 확인할 필요가 있다. 또한 이 연구에서는 빛의 직진과 반사를 다루는 단원인 ‘그림자와 거울’ 단원을 중심으로 분석하고자 한다. 빛의 성질에 대하여 초등학생, 예비 초등교사와 초등교사할 것 없이 오개념을 많이 가지고 있으며(Lee, 2015) 개념을 이해하는데 어려움을 느끼고 있는 분야이기 때문에(Go & Kim, 2018; Ko & Lee, 2014; Kwon, 2014; Kwon *et al.* 2006; Kim & Kim, 2011; Park *et al.*, 2014; Paik & Jung, 2009; Jeon & Shin, 2021; Lee & Kim, 2013, Lee & Kim, 2017; Lee, 2021; Lee *et al.*, 2013; Barnett & Hodson, 2001; Galili, 1996; Galili *et al.*, 1993; Galili & Hazan, 2000a; Galili & Hazan, 2000b; Kaltakci-Gurel *et al.*, 2016; Taslidere & Eryilmaz, 2015) 이 단원에서 독자가 느끼는 텍스트와의 불일치를 분석하는 것은 의미가 있다.

이에 따라 이 연구에서는 초등학교 교사용 지도서의 텍스트를 읽고 초등예비교사가 생성한 질문과 답변을 분석하여 텍스트와 초등예비교사의 내용 지식 체계 사이의 불일치를 탐색하고자 한다. 연구문제는 다음과 같다. 첫째, 초등예비교사가 교사용 지도서를 읽고 생성한 질문의 유형별 빈도와 답변의 정확성은 어떠한가를 알아보고자 한다. 주요 개념별 질문 빈도와 답변 정확성을 분석하여 초등예비교사가 어떤 개념에 대해 궁금해하는지, 그리고 그 개념에 대하여 잘 알고 있는지를 확인한다. 또, 불일치 유형별 질문 빈도와 답변 정확성을 분석하여, 내용을 잘 몰라서 한 질문 비율은 어느 정도인지, 또 자신이 아는 내용과 달라서 한 질문 비율은 어느 정도인지, 그리고 이에 대한 답변의 정확도는 어느 정도인지를 분석한다. 둘째, 교사용 지도서에 제시된 주요 개념에 대한 초등예비교사의 인지적 불일치는 어떠한가를 알아보고자 한다. 초등예비교사의 질문 내용을 분석하여 ‘그림자와 거울’ 단원에서 빛의 직진과 반사, 그 외 개념에서 나타난 인지적 불일치의 구체적 내용과 종류를 분석한다. 이를 통해 초등예비교사들이 어떤 내용 지식에 대한 이해가 더 필요하며 교사용 지도서에 어떤 지식을 더 다루어야 할지 시사점을 도출하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구참여자

이 연구에는 두 교육대학교의 학부 3학년 초등예비교사 279명이 참여하였다. 이들은 모두 초등교육을 전공하고 있으며 교육대학교에서 특정 과목을 심화과정으로 하여 학습하고 있다. 연구에 참여한 초등예비교사의 심화과정은 인문사회과학이 48.0%, 기술 및 자연과학이 43.4%, 예체능이 8.6%이다. 이들은 초등과학 교재연구라는 과목을 수강하는 수강생들로서 수업 과제의 일환으로, 초등학교 과학과

교사용 지도서를 읽고 온라인 주석 시스템에 읽은 내용에 대하여 질문을 올리거나 동료의 질문에 대하여 답을 하였다.

## 2. 텍스트의 특성

2015 개정 교육과정에 의한 국정 과학 교과서에서 빛의 직진과 반사에 관련된 단원은 4학년 ‘그림자와 거울’ 단원이다. 이 단원은 초등학교 과학에서 빛과 관련된 학습을 하는 첫 번째 단원이며 후속 학습으로 초등학교 5~6학년군의 빛과 렌즈, 중학교 1~3학년군의 빛과 파동이 있다. 이 단원에서는 빛의 직진과 그림자, 그림자의 크기, 평면거울, 빛의 반사, 거울의 쓰임새를 학습 요소로 하여 그림자의 생성 원리와 크기 변화, 거울의 성질과 생활 속 이용 사례를 다룬다. Table 1에서는 4학년 ‘그림자와 거울’ 단원의 성취기준과 학습 요소, 차시별 학습목표를 나타내었다.

## 3. 자료 수집

초등예비교사가 교사용 지도서의 빛의 직진과 반사 단원을 읽고 생성하는 질문과 그에 대한 답변을 수집하였다. 자료 수집은 온라인 주석 시스템(www.perusall.com)을 통해 이루어졌다. 온라인 주석 시스템은 교사가 미리 탑재한 자료를 읽고 학생들이 궁금하거나 의견이 있는 부분을 표시하여 주석을 작성할 수 있도록 되어 있다. 강의에 소속된 모든 학생들은 탑재된 자료를 읽고 의견을 작성하거나 또는 작성된 의견에 추가 응답을 할 수 있다. 이 연구에서는 ‘초등과학 교재연구’ 수업을 듣는 교육대학교 학생들이 매주 수업 전 ‘그림자와 거울’ 단원 교사용 지도서의 정해진 분량을 읽고 온라인 주석 시스템을 통해 질문을 생성하였다. 한 수강생이 질문을 생성하면 다른 수강생이 답변을 작성하는 방식으로 상호작용하였다. 이 과정은 해당 수업의 과제로 제시되었으며 질문이든 답변이든 상관없이 5개 이상의 주석을 작성하면 과제에 대한 보상으로 수강 강좌에서 점수를 부과하였다. 답변을 작성할 때는 자신이 가지고 있는 지식을 바탕으로 하거나, 책이나 웹 서핑 등을 활용할 수도 있도록 하였다. 이 과정을 통해 초등예비교사가 작성한 주석은 총 1616개가 수집되었다. 수집된 1616개의 주석은 질문은 719개, 답변은 897개로 나타났다. 이 연구는 교사

용 지도서의 텍스트와 초등예비교사들이 가진 빛의 직진과 반사에 대한 지식 체계 사이의 불일치를 분석하는 것이 목적이므로 주석 중 교육계획과 관련된 질문 260개와 그에 대한 답변 351개, 중복되거나 의미 없는 질문 4개와 답변 3개를 제외하고, 과학 개념에 대한 질문 455개와 543개의 답변이 최종 분석 대상이 되었다.

## 4. 자료 분석

초등예비교사들이 생성한 질문과 답변은 다음과 같은 방식으로 분석하였다. 저자 2인이 초등예비교사가 생성한 질문을 분석한 후 분류하였으며 분류한 질문을 대표하는 코드명을 붙였다. 물리교육 석사 및 물리학 박사 수료 1명, 초등과학 박사과정 1명이 질문과 답변을 개별 검토하였고, 분류자와 검토자 간에 일치하지 않는 질문과 답변은 전원 일치에 도달할 때까지 논의를 거쳤다. 각각의 분류 방법에 대하여 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

### 가. 질문 분석

질문은 과학 개념의 종류와 불일치 유형이라는 두 가지 기준에 따라 분류하였다. 개념 종류별 질문 분류는 교육과정의 학습요소에 기반하였다. ‘그림자와 거울’ 단원은 빛의 직진과 반사의 개념을 다루고 있으므로 주요 개념을 직진, 반사, 그 외의 빛에 대한 개념으로 분류하였다. 그리고 직진 개념을 빛의 진행경로, 그림자, 장애물로 나누었으며 반사 개념은 진행경로, 상, 중점으로 분류하였다. 이 분류는 한국, 미국, 일본, 중국의 초등학교 교과서를 분석하여 정리한 빛의 주요 개념 분석표(Lee & Kim, 2022)에 기초하였다. 각 주요 개념별로 질문을 분류한 후, 표현은 다르지만 비슷한 내용으로 생성된 질문이 두 건 이상 있으면 이를 묶어 내용별로 분류한 후 질문 내용을 키워드로 요약하였다. 그리고 키워드에 따라 분류된 질문의 내용이 동일한지 검토자의 확인을 거쳤다.

불일치 유형별 질문은 지식충돌에 의한 질문과 지식결핍에 의한 질문으로 나누었다. 자신의 개념을 드러내거나 암시한 후 이것이 텍스트의 표현과 다름을 언급한 경우 지식충돌로 분류하고, 텍스트에 제시된 것 이외에 추가적인 정보를 요구한 경우 지식 결핍으로 분류

Table 1. Structure of the ‘Shadow and Mirror’ unit in elementary school science textbook for 4<sup>th</sup> grades(Ministry of Education, 2019)

학습 요소	성취기준	차시	차시명
빛의 직진, 그림자	[4과15-01] 여러 가지 물체의 그림자를 관찰하여 그림자가 생기는 원리를 설명할 수 있다.	1	재미있는 동물 그림자
		2	그림자가 생기는 조건은 무엇일까요?
		3	불투명한 물체와 투명한 물체의 그림자는 어떻게 다를까요?
		4	물체 모양과 그림자 모양이 비슷한 까닭은 무엇일까요?
그림자의 크기	[4과15-02] 전등과 물체 사이의 거리에 따른 그림자의 크기 변화를 관찰하여 서술할 수 있다.	5	그림자의 크기를 변화시키려면 어떻게 해야 할까요?
평면거울, 빛의 반사, 거울의 쓰임새	[4과15-03] 물체와 평면거울에 비친 모습을 비교하여 거울의 성질을 설명할 수 있다.	6	거울에 비친 물체의 모습은 실제 물체와 어떻게 다를까요?
		7	빛이 거울에 부딪히면 어떻게 될까요?
		8	우리 생활에서 거울을 어떻게 이용할까요?
[4과15-04] 우리 생활에서 거울을 이용하는 예를 조사하고 거울의 성질과 관련지어 그 기능을 설명할 수 있다.	9	거울로 재미있는 장난감 만들기	
	10		
	11	그림자와 거울을 정리해 볼까요?	

하였다. 지식충돌 질문의 이유는 텍스트에 표현된 것과 독자의 인지 구조 간 충돌 때문이다. 지식결핍 질문의 이유는 설명 없음, 설명 불충분, 예시 요구, 변형된 현상에 대한 설명 요구, 새로운 현상에 대한 설명 요구의 다섯 가지로 나누었다. 설명 없음은 텍스트에 과학 현상만 제시되어 있고 현상의 원인에 대한 설명이 없어서 설명을 요구하는 질문을 의미한다. 그에 비해 설명 불충분은 텍스트에 현상에 대한 설명은 제시되어 있지만 독자가 이해하기에 불충분하여 추가적인 설명을 요구하는 질문이다. 예시 요구는 텍스트에 제시된 현상이나 설명에 대하여 예시를 요구하는 질문이다. 변형된 현상에 대한 설명 요구는 텍스트에 제시된 상황을 변형 또는 확장하였을 때 어떻게 될지를 질문하는 것이다. 새로운 현상에 대한 설명 요구는 텍스트에 제시되어 있지 않은 새로운 상황에서 어떠한 현상이 일어날지 질문하는 것이다. 불일치 유형에 따른 질문 분류의 구체적인 설명과 질문의 예시는 Table 2와 같다.

나. 답변 분석

답변은 무응답, 정확함, 부정확함, 기타의 네 가지 범주로 나누어 분류하였다. 정확함은 과학적으로 정확하게 설명한 것이며, 부정확함은 답변의 일부분 또는 전체를 과학적으로 틀리게 설명한 것을 분류하였다. 기타는 질문을 이해하지 못하여 질문에 대한 답이 될 수 없는 것, 질문에 대한 추가 질문, 감사, 동의, 감상 등을 분류하였다. 무응답은 질문에 대해 답을 하지 않은 경우이다. 답변의 빈도는 질문에 따른 답변의 정확성을 정확하게 계산하기 위해 하나의 질문에 응답된 답변의 수에 따라 가중치를 두었다. 만약 질문 1개에 대한 답변이 1개라면 그 답변의 빈도는 1개로 두지만, 질문 1개에 대한 답변이 3개라면 그 중 한 답변은 빈도를 1/3개로 둔다. 이러한 계산 방법으로 답변의 빈도와 비율을 도출하였다.

분류한 답변 결과는 개념별 혹은 불일치 유형별로 무응답, 정확, 부정확, 기타의 비율을 비교한다. 질문에 대한 무응답 비율을 통해 어떤 개념에서 초등예비교사가 답을 하기 어려워하는지 알 수 있다. 부정확한 답을 통해 어떤 부분에 대해 초등예비교사가 잘못된 개념을 가지고 있는지 알 수 있다.

III. 결과 및 논의

1. 초등예비교사가 과학과 교사용 지도서를 읽고 생성한 질문의 유형별 빈도와 답변의 정확성

가. 주요 개념별 질문 빈도와 분류 항목별 답변 정확성

빛의 직진과 반사 단원의 주요 개념별 질문 빈도와 답변 종류를 분류하였다(Table 3). 초등예비교사가 작성한 질문을 개념별로 분류하였을 때, 직진에 대한 질문이 48.4%, 반사가 36.1%, 그 외 질문이 15.2%의 비율로 나타났다. ‘그림자와 거울’ 단원은 직진과 반사 개념을 각각 5차시씩 다루기 때문에 내용 측면에서 절반씩이지만 직진에 대한 질문의 빈도가 반사에 비하여 약간 더 높았다. 주요 개념별로 질문 빈도를 살펴보면, 직진 개념에서는 질문빈도가 그림자(27.3%), 투명과 불투명(18.0%), 직진하는 빛의 진행경로(3.1%) 순으로 나타났다. 반사에서는 거울에 의한 물체의 상(24.2%), 반사된 빛의 진행경로(9.9%), 기타(2%) 순으로 나타났다. 그 외 개념으로는 광원의 의미와 종류(7.5%), 실험 도구의 원리(3.1%), 눈으로 보는 과정(2.4%) 등의 순으로 나타났다. 질문빈도는 초등예비교사가 교사용 지도서를 읽으면서 어떤 부분을 궁금해하는지, 어떤 부분에서 인지적 불일치를 느끼는지를 보여준다. 빈도가 높았던 순서대로 상위 5개의 질문 내용을 살펴보면, 거울에 의한 상의 생성원리(19.1%), 그림자 형태 변화와 그 원리(12.3%), 그림자의 생성원리(7.9%), 광원의 의미와 종류(7.5%), 반투명한 물체에 의한 그림자(5.1%)와 투과율이 다른 이유(5.1%)이다. 즉 초등예비교사들을 직진 개념에서는 그림자에 대해, 반사에 대해서는 상에 대해, 그리고 그 외 개념으로는 광원에 대해 가장 궁금해하는 것을 알 수 있다.

무응답률이 높은 질문은 초등예비교사가 답변할 수 없는 질문, 즉 무엇을 모르는지 혹은 답하기 곤란한지를 보여준다. 무응답률이 높은 순서대로 상위 5개의 질문을 살펴보면, 반사에 의한 빛의 중첩(50.0%), 빛이 직진하는 이유(33.3%), 반사된 빛이 나아가는 경로(23.1%), 그림자의 생성 원리(22.2%), 물체의 투과율이 다른 이유(21.7%)이다. 이 질문들은 현상에 대한 ‘원인’, ‘이유’에 대한 질문,

Table 2. Classification of questions by type of discrepancy

불일치 유형	질문의 이유	설명	질문 예시
지식충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌	텍스트의 표현과 독자가 가진 개념이 충돌하여 발생하는 질문	집에서 거울을 보고 전신이 보이지 않았을 때, 뒤로 물러나면 전신이 보이는 경우가 있어 볼 수 있는 범위가 거리가 관련이 있는 줄 알았는데, 왜 거리와 무관한 것인가요?
	현상의 원인에 대한 설명 요구	텍스트에 현상만 제시되어 있고 이에 대한 원인 설명이 없어서 설명을 요구하는 질문	왜 흰 종이와 같은 스크린을 사용하면 그림자를 잘 볼 수 있는 것일까? 흰 종이가 아닌 다른 색 스크린을 사용하면 그림자를 잘 볼 수 없을까? 그 이유는 무엇일까?
지식결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구	텍스트에 현상에 대한 원인 설명이 제시되어 있으나 이해하기에 불충분하여 추가 설명을 요구하는 질문	파장이 짧기 때문에 직진성이 강하다고 하는데 파장과 직진성에는 어떤 관련이 있나요?
	제시된 현상이나 설명의 예시 요구	텍스트에 제시된 현상 또는 설명에 대해 예시를 요구하는 질문	일반적인 개념으로 투명하다고 생각되는 유리판 등이 물리학적으로 투명하지 않은 물체라면, 물리학적으로 투명하다고 할 수 있는 물체의 예에는 무엇이 있을까요?
	변형된 현상에 대한 설명 요구	제시된 상황을 변형하였을 때 어떻게 될 것인가를 질문	만약 평면이 아니라면 법선은 어떻게 그럴까?
	관련된 새로운 현상에 대한 설명 요구	완전히 새로운 상황을 설정하고 이 경우 어떻게 될 것인가를 질문	블록거울이나 오목거울의 상은 어떻게 보이고, 원리는 무엇인가?

글이 아닌 시각적 표상으로 설명해야 하는 질문, 초등과학 교육과정 내용 수준에서 대답하기 어려운 질문 등이었다.

부정확한 답변의 비율이 높은 질문은 초등예비교사가 무엇을 잘못 알고 있는지 보여준다. 부정확한 답변 비율이 높은 순서대로 상위 5개의 질문을 나열하면, 실험 도구의 원리(50%), 본그림자와 반그림자의 원리(45.4%), 빛의 세기(33.3%), 거울에 의한 상의 모양과 수(23.1%), 반투명한 물체에 의한 그림자(19.6%)이다. 부정확한 답변 비율이 높은 질문의 특성을 살펴보면, 교사용 지도서에 제시되어 있는 내용이거나 초등과학 교육과정이 일부 포함되어 있거나 심화된 내용이였다.

부정확한 답변 비율이나 무응답률이 높아서 정확한 답변 비율이 50%가 되지 않는 질문은 반사에 의한 빛의 중첩(16.6%), 실험 도구의 원리(28.6%), 렌즈에 의한 상(33.3%), 반사된 빛이 나아가는 경로(44.2%), 본그림자와 반그림자의 원리(44.4%), 빛이 직진하는 이유(46.3%)이였다. 질문 빈도가 높은 상위 5개의 질문 중 공유된 답변의 정확도가 50%에 미치지 못하는 질문은 없었다.

나. 불일치 유형별 질문 빈도와 분류 항목별 답변 정확성

Table 4에 제시한 바와 같이 불일치 유형에 따라 질문의 빈도를 분류하였을 때, 지식충돌에 의한 질문빈도는 10.5%, 지식결핍에 의한

질문빈도는 89.5%로 나타났다. 즉 텍스트를 읽다가 내용을 잘 몰라서 한 질문이, 자신이 아는 내용과 달라서 한 질문에 비하여 훨씬 더 많았다. 질문의 주요 개념별로 분류한 후 그 종류를 분류하였을 때 지식충돌은 17.2%, 지식결핍은 82.8%로, 단순히 빈도만으로 비교했을 때보다 종류를 비교하였을 때 그 차이가 줄어든 것으로 보아 지식결핍은 같은 종류의 질문 비율이 지식충돌에 비해 좀 더 높은 것을 알 수 있다. 종합하면, 질문의 단순 빈도든 종류에 따른 빈도든 지식결핍에 의한 질문이 지식충돌에 비하여 압도적으로 많다. 즉 초등예비교사는 과학과 교사용지도서를 읽을 때 자신의 지식체계에 텍스트의 내용을 구조화하여 받아들이기 위한 질문을 지식체계와의 충돌로 인해 발생한 질문보다 훨씬 더 많이 한다. 이는 텍스트에 제시된 정보와 초등예비교사의 인지구조 간 정보의 양에 있어서 격차가 큼을 보여준다. 공유된 질문에 대한 초등예비교사의 답변을 보면, 지식충돌 질문에 대한 답변의 정답률은 63.1%이고, 지식결핍 질문에 대한 답변의 평균 정답률은 66.9%로 나타나, 답변의 정확성은 두 질문유형이 비슷하였다. 무응답 비율 또한 지식충돌이 14.1%, 지식결핍이 14.3%으로 비슷하였다.

지식결핍에 의한 질문을 세부적으로 살펴보면, 텍스트에 제시된 내용, 즉 현상이나 실험에 대한 설명이 없어서 이를 요구하는 질문(45.9%)이 가장 많았다. 그다음은 현상의 원인에 대한 설명이 있지만 불충분하여 추가 정보를 요구하는 질문(20.0%)이였다. 텍스트에 제

Table 3. Frequency of questions by key concepts and accuracy of answers by category

질문		답변						
주요 개념 (%)	질문 내용 (%)	빈도	무응답 (%)	정확 (%)	부정확 (%)	기타 (%)	빈도	
직진 (48.4)	진행경로 (3.1)	빛이 직진하는 이유 (2.0)	9	33.3	46.3	11.1	9.3	10
		빛이 직진하는 조건 (1.1)	5	0	90.0	10.0	0	7
	그림자 (27.3)	그림자의 생성 원리 (7.9)	36	22.2	71.5	0	6.3	45
		그림자 형태 변화와 원리 (12.3)	56	14.3	65.0	14.4	6.2	73
		색그림자의 정의와 원리 (3.1)	14	14.3	69.6	14.3	1.8	22
	투명과 불투명 (18.0)	본그림자와 반그림자의 원리 (4.0)	18	5.6	44.4	45.4	4.6	22
		반투명한 물체에 의한 그림자 (5.1)	23	8.7	67.2	19.6	4.5	35
		투과율이 다른 이유 (5.1)	23	21.7	65.9	0	12.3	25
		투명, 불투명, 반투명한 물체의 구분 (3.1)	14	14.3	62.5	14.3	8.9	19
반사 (36.0)	진행경로 (9.9)	반투명, 불투명한 물체의 활용과 원리 (4.8)	22	18.2	65.9	15.9	0	31
		반사된 빛이 나아가는 경로 (4.2)	19	23.1	44.2	15.4	17.3	18
		입사각과 반사각 (1.1)	5	20.0	70.0	10.0	0	5
	상 (24.2)	정반사와 난반사 (4.6)	21	0	80.2	6.3	13.5	26
		거울에 의한 상의 모양과 수 (2.9)	13	15.4	61.5	23.1	0	15
		거울에 의한 상의 생성 원리 (19.1)	87	14.9	61.9	19.3	3.9	90
기타(2)	실상과 허상의 생성 (0.9)	4	0	100	0	0	5	
	렌즈에 의한 상 (1.3)	6	16.7	33.3	16.7	33.3	5	
	반사에 의한 빛의 중첩 (1.3)	6	50.0	16.6	0	33.4	6	
	빛의 세기 (0.7)	3	0	66.6	33.3	0	3	
그 외 개념 (15.6)	빛의 성질 (0.2)	1	0	100	0	0	1	
	광원의 의미와 종류 (7.5)	34	17.6	57.4	18.1	6.9	38	
	눈으로 보는 과정 (2.4)	11	0	86.4	9.1	4.5	16	
	실험 도구의 원리 (3.1)	14	14.3	28.6	50.0	7.1	14	
	기타 (2.4)	11	18.2	56.1	18.2	7.6	12	

시되어 있지 않은 새로운 상황을 설정하고 이에 대한 설명을 요구하는 질문(15.6%), 텍스트에 제시되어 있는 상황을 변형하였을 때 어떻게 될지를 묻는 질문(5.1%), 마지막으로 텍스트에 제시된 현상이나 설명에 대한 예시를 요구하는 질문(2.9%)이 그 뒤를 이었다. 답변 정확성은 질문 유형에 따라 차이를 보였는데, 변형된 현상에 대한 설명을 요구하는 질문은 정확한 답변 비율이 80.1%인 반면, 현상의 원인에 대한 설명을 요구하는 질문은 그 비율이 56.5%로 가장 낮게 나타났다. 무응답 비율이 가장 낮은 것도 변형된 현상에 대한 설명을 요구하는 질문(4.3%)이었고, 제시된 현상이나 설명의 예시를 요구하는 질문에 대한 무응답 비율이 가장 높았다. 현상의 원인에 대한 설명 요구(45.9%) 유형은 빈도가 가장 높으면서 정확도가 가장 낮게 나타났다(56.5%). 즉, 초등예비교사는 현상의 원인에 대한 설명을 궁금해하면서도 잘 알지 못한다는 것을 알 수 있다.

**2. ‘그림자와 거울’ 단원의 교사용 지도서에 제시된 주요 개념에 대한 초등예비교사의 인지적 불일치**

**가. 빛의 직진 개념에 대한 텍스트와 독자 사이에 나타난 인지적 불일치**

빛의 직진 개념에서 다루는 빛의 진행경로, 그림자, 투명과 불투명에 대한 인지적 불일치를 각각 살펴보면 다음과 같다(Table 5). 우선 빛의 진행경로에 대한 질문에서 지식 결핍이 드러난 부분은 빛이 직진하는 이유이다. 2015 개정 교육과정의 국정 교사용 지도서에는 빛이 직진하는 이유를 ‘파장이 짧기 때문’이라고 설명하고 있지만, 파장과 직진성의 관계에 대해 설명하지 않기 때문에, 빛이 직진하는 이유와 파장과 직진성의 관계에 대한 질문이 나타났다. 다음으로, 지식 충돌에 의한 질문으로는 광원과 구멍 위치가 어긋나는 가림판이 있을 때 빛이 진짜 보이지 않는지가 있었다. 일상생활에서는 가림판의 재질, 두께, 빛의 세기, 공기의 상태 등에 의해 빛이 산란되거나, 다른 빛이 완전히 차단되지 않는 경우가 많다. 이는 빛이 직진하는 조건에 대한 교사용 지도서의 기술과 초등예비교사가 가지고 있는 선개념 및 경험과의 충돌이 일어난 것이라고 볼 수 있다.

다음으로 그림자에 대한 지식 결핍에서 기인한 질문을 살펴보면, 그림자의 생성원리, 그림자 형태 및 거리에 따른 그림자 크기 등, 교과서에 제시되어 있기 때문에 교사용 지도서에 설명이 있음에도 불구하고 초등예비교사는 이를 제대로 이해하지 못하고 있음을 보여준다. 이러한 인지적 불일치의 원인 중 하나는 광원에 대한 이해 및 광원, 물체, 그림자 간의 관계에 대한 이해의 부족이다. 점광원일 때는 그림

자가 물체의 크기보다 작을 수 없지만, 크기가 큰 광원이면 거리에 따라 물체의 크기보다 그림자 크기가 작거나 혹은 그림자를 아예 식별하지 못하게 될 수도 있다. 지도서에는 광원의 종류와 그림자의 생성 원리는 각각 설명되어 있지만, 교과서의 그림자가 점광원 상황을 가정하고 있다는 내용은 제시되어 있지 않다. 하지만 일상 생활 속 상황에서는 형광등이나 태양 등 크기가 큰 광원 상황에서 그림자를 관찰하는 일이 더 많기 때문에, 초등예비교사가 질문한 그림자의 크기 뿐 아니라 그림자의 형태, 그림자의 진하기 측면에서도 혼란이 올 수 있다. 그림자에 대한 독자의 기존 인식과 텍스트와의 지식충돌에 의해 생성된 질문을 보면 빨간색과 녹색의 광원을 이용하여 색깔 그림자를 만드는 내용에 대해, ‘빛이 도달하지 못해서 생기는 것이 그림자인데, (빨간색 빛이 닿지 않더라도) 초록색 빛이 닿으면 그 부분을 그림자로 볼 수 있는가’를 질문하였다. 이 질문을 통해 초등예비교사는 그림자를 빛이 절대 닿지 않는 곳, 즉 본그림자만이 그림자라고 인식하고 있음을 알 수 있다.

투명과 불투명에 대한 질문을 살펴보면, 지식결핍에 의한 질문은 투명과 불투명이라는 개념을 정교화하기 위한 것이다. 진동수에 따라 투과율이 다른 이유, 물리적으로 투명한 것의 예, 색 셀로판지 등은 투명한 것인지 여부 등, 빛이 통과하는 것은 투명이고 아닌 것은 불투명이라는 이분법적인 설명체계를 좀 더 정교화하기 위하여 질문을 하는 모습을 보였다. 지식 충돌에 의한 질문을 살펴보면, 교과서와 교사용 지도서에 투명한 물체는 연한 그림자가 생긴다고 기술되어 있는데 ‘투명’은 빛을 통과시킨다는 뜻이면서 왜 그림자가 생기는 것인지를 묻고 있다. 이 역시 투명이라는 개념을 정교화하기 위한 노력의 일환으로 볼 수 있다. 또, 투명한 물체의 그림자를 보여주기 위한 시각자료로서 사용된 물이 담긴 둥근 화병에 대한 지식 충돌 질문도 있었다. 교과서의 기술에 따르면 투명한 물체는 연한 그림자가 생겨야 하고 이는 일반적으로 균일한 밝기일 것으로 가정된다. 하지만 실제 사진 자료 속의 투명한 화병의 그림자는 굴절로 인해 매우 밝은 부분과 어두운 부분으로 나뉜다. 이와 같은 현상이 일어나기 때문에 밝기가 균일한 그림자를 예상하였던 초등예비교사는 지식 충돌을 느끼고 질문을 한 것이다. 빛이 투명한 물체를 통과할 때 일부 반사하고 나머지 빛이 통과하여 생기는 밝기가 균일한 연한 그림자를 보여주려고 하면, 물이 담긴 둥근 화병보다는 일반적인 유리판이 더 적절하였을 것임을 알 수 있다.

Table 4. Frequency of questions by discordance type and accuracy of answers by category

불일치 유형	질문 질문의 이유	질문		답변				
		빈도(%)	종류(%)	무응답%	정확%	부정확%	기타%	빈도
지식충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌	48 (10.5)	10 (17.2)	14.1	63.1	18.8	4.0	56
	현상의 원인에 대한 설명 요구	209 (45.9)	16 (27.6)	16.7	56.5	19.1	7.6	237
	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구	91 (20.0)	12 (20.7)	13.2	67.0	11.0	8.8	113
지식결핍	제시된 현상이나 설명의 예시 요구	13 (2.9)	3 (5.2)	23.1	63.5	3.8	9.6	20
	변형된 현상에 대한 설명 요구	23 (5.1)	7 (12.1)	4.3	80.1	14.5	1.1	30
	관련된 새로운 현상에 대한 설명 요구	71 (15.6)	10 (17.2)	14.1	67.6	14.3	4.0	87

Table 5. Cognitive discrepancies between the text and the reader about the concept of rectilinear propagation of light

주요 개념	질문 내용	질문 예시	불일치	질문의 이유
진행경로	빛이 직진하는 이유	빛이 직진하는 이유가 무엇인가요?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
		파장이 짧기 때문에 직진성이 강하다고 하는데 파장과 직진성에는 어떤 관련이 있나요?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
	빛이 직진하는 조건	진구 앞에 종이 두 장의 구멍을 어긋나게 둘 경우 빛이 보이지 않는다고 했는데 진구의 세기, 구멍의 크기와 상관없이 불빛이 보이지 않는가? 균일한 매질의 예시는 어떤 것들이 있나요? '공기 중'은 포함되는 것 같은데, '물속'도 균일한 매질인가요?	충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌
그림자	그림자의 생성 원리	손전등이 동물 모양 종이 그림자를 만드는 상황에서의 광선의 경로는 무엇인가?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구
		비록 구름이 해를 가리더라도 빛이 전혀 비치지 않는 것이 아닌데 그림자가 생기지 않는 이유는 무엇인가요?	충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌
		왜 흰 종이와 같은 스크린을 사용하면 그림자를 잘 볼 수 있는 것일까? 흰 종이가 아닌 다른 색 스크린을 사용하면 그림자를 잘 볼 수 없을까? 그 이유는 무엇일까?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구
		가시광선 말고 엑스선, 감마선 같은 방사선들도 그림자를 만들 수 있는 것인가?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구
	그림자 형태 변화와 원리	그림자가 여러 개 생기는 이유는 무엇인가요?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구
		손전등이 물체에 가까울 때는 그림자의 크기가 커지고 손전등이 물체에서 멀 때는 그림자의 크기가 작아지는 현상의 원리는 무엇인가요?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구
		그림자는 항상 원래 물체보다 크게 생기는 것인가요? 같거나 작게 생길 수는 없나요?	결핍	변형된 현상에 대한 설명 요구
	색그림자의 정의와 원리	손전등과 물체 사이의 거리에 따라 그림자의 크기 뿐만 아니라 그림자의 진하기가 달라지기도 하나요?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구
		빛이 도달하지 못해서 생기는 것이 그림자인데 초록색 또는 빨간색 빛이 닿아서 생기는 초록색/빨간색 그림자를 그림자라고 할 수 있나요?	충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌
		그림자를 만들기 위해 OHP 필름에 그림을 그리는 펜의 색깔이 검은색이어야 하는 특별한 이유가 있습니까? 만약 펜의 색깔을 달리한다면 그림자의 색깔에 변화가 있는지도 궁금합니다.	결핍	변형된 현상에 대한 설명 요구
물감으로 빨간색과 초록색을 섞으면 노란색이 아닌데 왜 빨간색 빛과 초록색 빛을 섞으면 노란색이 되는건가요?		충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌	
본그림자와 반그림자의 원리	우리가 햇빛이 있는 공간에서 보는 모든 그림자는 반그림자에 해당하는 것인가요?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구	
	벽과 가까운 곳에 물체를 놓으면 왜 본그림자만 있을까?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구	
	한 물체의 그림자가 안쪽은 흐리고 가장자리 부분은 어두운 그림자는 존재하지 않나요?	결핍	변형된 현상에 대한 설명 요구	
	왜 손전등에 반사판이 있음으로써 그림자의 윤곽이 뚜렷하게 나타나지 않는지 궁금합니다.	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구	
투명과 불투명	반투명한 물체에 의한 그림자	한 유리 꽃병 안에서도 그림자의 밝은 부분과 어두운 부분이 나누어 보이는데 왜 그럴까?	충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌
		빛이 물체를 통과하기 때문에 그 물체는 투명한 물체라고 불리는 것 아닌가요? 왜 그림자가 생기는 건가요?	충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌
	불투명한 물체와 투명한 물체의 그림자는 어떻게 다를까?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구	
투과율이 다른 이유	투과율이 다른 이유	왜 같은 빛을 비춰도 어떤 물체는 빛을 통과시키고 어떤 물체는 빛을 흡수시킬까?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
		빛의 진동수에 따라 빛이 물체를 투과하는 정도가 달라진다고 하는데, 그 이유가 무엇인가요?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
	투명, 불투명, 반투명한 물체의 구분	일반적인 개념으로 투명하다고 생각되는 유리판 등이 물리학적으로 투명하지 않은 물체라면 물리학적으로 투명하다고 할 수 있는 물체의 예에는 무엇이 있을까요? 색이 있는 유리판 또는 유리컵과 여러 색깔의 셀로판지는 투명한 것일까, 아니면 반투명한 것일까?	결핍	예시 요구
반투명, 불투명한 물체의 활용과 원리	약품이나 화장품 등 일상생활에서 제품의 변질을 막기 위해 갈색 유리병을 사용하는 것을 자주 볼 수 있는데 특별히 갈색 유리병이 많이 사용되는 이유가 있을까요?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구	
		현상의 원인에 대한 설명 요구	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구

나. 빛의 반사 개념에 대한 텍스트와 독자 사이에 나타난 인지적 불일치

빛의 반사 개념에서 다루는 빛의 진행경로, 거울에 의한 상에 대한 인지적 불일치를 각각 살펴보면 다음과 같다(Table 6). 반사된 빛의 진행경로에 대한 질문은 반사된 빛이 나아가는 경로, 입사각과 반사각, 정반사와 난반사에 대한 개념으로 구분될 수 있는데, 이는 모두 지식결핍에 의한 질문에 해당한다. 반사의 법칙, 정반사와 난반사에 대한 설명이 간단하게 지도서에 나오지만, 개념에 대한 추가적인 설명이나 변형된 상황에서 어떤 현상이 일어날지에 대한 설명을 요구하는 질문이 대부분이었다. 거울의 상에 대한 질문 중에는 지식 충돌에 의한 질문이 두 종류 있었다. 첫 번째는 ‘거울의 상이 왜 좌우가 아니

라 앞뒤가 바뀌었다고 하는가?’이다. 반사에 대하여 초등학교 때 좌우 대칭으로 학습한 이후 앞뒤가 바뀐 것이라는 개념을 학습할 기회는 없었다. 지도서에 좌표를 활용하여 간단하게 설명되어 있으나, 여전히 예전에 배웠던 좌우대칭 개념과 충돌하는 모습이 나타났다. 다음은 ‘전신을 볼 수 있는 거울의 최소 길이가 왜 거울과의 거리와 무관한가?’이다. 교사용 지도서상에 그림을 활용한 설명이 있음에도 “화장실 거울 앞에 섰을 때 일반적으로 뒤로 물러나면 허리까지 보이던 나의 모습이 허벅지까지는 보이지 않아요?”라고 질문하며 학생들의 개념을 바꾸지 못하였다. 실제로 일상적인 경험에서 거울이 기울어져 있거나 평면거울이 아닌 경우 거울에서 사람까지의 거리에 따라 보이는 범위가 달라지기도 하기 때문에 자신의 모습이 보이는 범위와 거울과의 거리가 무관하려면 평면거울이 사람이 서 있는 것과 평행하게

Table 6. Cognitive discrepancies between the text and the reader about the concept of reflection of light

주요 개념	질문 내용	질문 예시	불일치	질문의 이유
진행경로	반사된 빛이 나아가는 경로	거울에 부딪힌 빛은 모두 반사되나요?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
		오목 거울과 볼록 거울에서 반사되는 빛은 어떻게 나아가나요?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구
	입사각과 반사각	만약 평면이 아니라면 법선은 어떻게 그럴까?	결핍	변형된 현상에 대한 설명 요구
		왜 법선을 기준으로 입사각과 반사각을 재며 물체에 따라 입사각과 반사각이 다른가?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
정반사와 난반사	난반사와 정반사의 차이는 무엇인가?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구	
	왜 난반사를 하면 주변의 사물과 구별이 가능하고 색깔도 알아볼 수 있는 건가요?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구	
상	거울에 의한 상의 모양과 수	좌표축, 위에서 말하는 x축에서 방향은 알겠는데, 이를 어떻게 ‘앞뒤’가 바뀌었다고 서술할 수 있는 것인가요?	충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌
		거울을 활용한 사례는 무엇이 있을까?	결핍	예시 요구
	거울에 의한 상의 생성 원리	색거울에서는 물체의 색이 어떻게 보일까?	결핍	변형된 현상에 대한 설명 요구
		좌우가 바뀌지 않고 보이는 거울도 있는데 좌우가 바뀌지 않는 원리는 무엇인가요?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구
		거울 여러 개일 때 상이 보이는 모습과 그 원리는 무엇인가요?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구
		집에서 거울을 보고 전신이 보이지 않았을 때, 뒤로 물러나면 전신이 보이는 경우가 있어 볼 수 있는 범위가 거리가 관련이 있는 줄 알았는데, 왜 거리와 무관한 것인가요?	충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌
		볼록거울이나 오목거울의 상은 어떻게 보이고, 원리는 무엇인가?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구
		실제보다 다리길이가 길어보이는 시각적인 효과를 제공하는 전신거울이 존재한다. 이는 반사를 어떻게 이용한 것인가?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구
		거울처럼 물체를 잘 비추는 기능을 하기 위해 필요한 조건은 무엇인가?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구
		실상과 허상의 생성	평면 거울로는 실상을 만들 수 없는가?	결핍
실상과 허상을 눈으로 구분할 수는 없나요?	결핍		현상의 원인에 대한 추가 설명 요구	
기타	반사에 의한 빛의 중첩	한 물체에서 나온 빛을 어떻게 다시 한 점으로 모을 수 있을까?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
		볼록 렌즈를 통해 볼 때, 물체가 확대되어 보이는 것이 허상이라는 말이 잘 이해되지 않습니다. 무슨 말인가요?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
	빛의 세기	왜 벽면에 거울을 설치하는 것만으로도 내부가 밝아질까?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구
		달은 태양빛을 반사하여 빛을 내는 것처럼 보일 수 있는데, 왜 우리 주변의 물체는 광원을 통해 빛을 반사하더라도 빛을 내는 것처럼 보이지 않을까요?	결핍	새로운 현상에 대한 설명 요구



놓여있을 때의 조건이 필요하다. 즉 기존에 학습한 내용과 다른 내용이 제시되거나, 평소 경험과 배치되는 것처럼 여겨지는 현상에 대해서는 구체적이고 자세한 설명이 필요하다.

다. 그 외 개념에 대한 텍스트와 독자 사이에 나타난 인지적 불일치

빛의 직진과 반사를 제외한 그 외 질문의 주요 개념은 Table 7과 같이 빛의 성질, 광원의 의미와 종류, 눈으로 보는 과정, 실험 도구의 원리, 기타로 나타났다.

빛의 파동성에 대한 질문을 살펴보면, 기하광학은 초등교육과정에서 다루고 있으나 초등교사들이 어려움을 느끼는 개념인데(Yoon et al., 2021; Lee, 2015) 파동광학은 초등 교육과정에서 다루고 있지 않는 내용이기 때문에 구체적인 설명 없이는 초등예비교사들의 진정한 이해를 이끌어내기 어려운 것으로 보인다.

광원의 의미와 종류에 대한 질문을 보면, 초등예비교사가 가지고 있는 광원과 광원에서 나아가는 빛의 진행에 대한 개념이 부족함을 알 수 있다. 교사용 지도서에는 광원의 개념과 종류, 광원에서 빛의 진행과 같이 초등예비교사에게 부족한 부분을 채워줄 수 있는 필수적인 내용이 포함되지 않았다. 이러한 이유로 물체가 같아도 광원의 종류에 따라 그림자의 형태가 달라지는지 이해하지 못하는 것으로 보인다. 선행연구에서 지적하고 있는 바와 같이, 현재 초등학교 과학 교과서에 제시되어 있는 그림자에 대하여 잘 가르치기 위해서는 광원의 의미와 종류에 대한 이해가 선행되어야 한다(Lee & Kim, 2022). 교사가 ‘그림자는 왜 물체의 모습과 비슷할까요?’라는 차이를 가르치기 위해서는 레이저, 손전등, 형광등 중 어떤 광원을 선택하여야 하는지, 그리고 그 광원을 사용하여야 하는 이유는 무엇인지를 이해하여야 하는 것이다. 이는 결국 실험 도구의 원리와 연결된다고 볼 수 있다.

눈으로 보는 과정 또한 마찬가지이다. 빛이 눈에 들어와야 볼 수 있다는 기본적인 인식이 부족하면, 실제 빛이 있지만 빛이 없는 것으

로 여겨지는 어두운 상황에서 우리가 사물을 볼 수 있는 이유에 대하여 이해하지 못한다. 이러한 부분에 대한 이해가 선행되어야 빛의 직진과 반사 단위 뿐만 아니라 굴절 단위에서 물 속에 있는 물체나 볼록 렌즈를 통해 본 물체가 왜 그렇게 보이는지에 대하여 이해할 수 있다. 따라서 교사용 지도서에는 교과서에 실려있지 않지만 관련 되는 기본적인 내용을 충분히 설명할 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 초등학교 과학 빛의 직진과 반사 단원의 교사용 지도서 텍스트와 초등예비교사의 내용 지식 체계 사이의 불일치를 확인하고, 이로 인하여 발생하는 질문의 특징과 설명체계를 탐색하는데 목적이 있다. 이를 위하여 교육대학교에 재학 중인 초등예비교사 279명이 한 학기 동안 초등 과학 교재연구 수업을 수강하며 매주 수업 전 교사용 지도서의 ‘그림자와 거울’ 단원의 정해진 분량을 읽고 생성한 과학 지식에 대한 질문 455개와 답변 543개를 분석하였다. 초등예비교사들이 생성하는 질문에 동일 집단 내에서 답변을 하지 못하거나 정확도가 떨어지는 경우에 의미 있는 불일치가 일어났다고 판단할 수 있으며 그에 따라 다음 내용과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 초등예비교사가 설명이 없거나 불충분함을 느끼고 질문을 통해 추가적 설명을 요구한 부분에서 나타나듯, 초등교육과정에 내용이 ‘없더라도’, 초등학생들에게 현상을 설명하거나 교사 자신이 현상을 이해하기 위해서 알아야 하는 부분을 교사용 지도서에 추가할 필요가 있다. 예를 들어 학생들에게 가르쳐야 할 빛의 직진과 반사 개념을 온전히 이해하기 위해 반드시 점광원, 광원에서 빛의 진행과 같이 필요한 개념들은 교사용 지도서에서 필수적으로 다룰 필요가 있다. 초등예비교사들이 교사용 지도서를 읽고 질문을 했듯이 학생들도 과학 수업에서 접하는 용어나 명제를 그냥 받아들이는 것이 아니라 그 의미에 대해 궁금증을 가지고 더 심화된 질문하게 된다(Song et al., 2012). 학생들이 배우는 내용을 담은 교과서 내용과, 학생 지도를 위해 교사가 참고하는 전문서인 교사용 지도서가 지나치게 현상 중심으

Table 7. Cognitive discrepancies between the text and the reader about other concepts

질문 내용	질문 예시	불일치	질문의 이유
빛의 파동성	빛은 직진하는 성질이 있다고 하였는데 동시에 빛은 진동수를 가지므로 진동한다. 이 두 성질은 어떻게 양립하는가?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
	점광원에 대한 정확한 의미가 무엇인가? 점광원이 아닌 경우는 무엇을 말하는 건가요?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
광원의 의미와 종류	점광원인 손전등을 사용할 때에도 본그림자와 반그림자의 구분이 생기는데, 점광원과 선광원 면광원의 뚜렷한 구분 차이를 잘 모르겠다. 그 차이는 무엇일까?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
	왜 점광원인 경우에는 그림자가 선명하게 생기고 그렇지 않은 경우에는 흐린 그림자가 생기나요?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
눈으로 보는 과정	깜깜한 공간에서도 어둠에 눈이 익숙해지면 주변 물체가 보이는 것은 일상적인 환경에서 빛을 완전히 차단하는 것이 어렵기 때문일까? 암실에서 주변 물체를 인식할 수 있는 것은 왜일까?	충돌	텍스트 표현과 독자의 개념 충돌
	왜 어떤 빛은 우리 눈에 보이고 어떤 빛은 보이지 않는 것일까? 우리 눈에 보이지 않는 빛은 눈에 들어오지 않는 것일까?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
실험 도구의 원리	왜 레이저는 빛이 한 방향으로만 나아가며 우리 눈에 보일 수 있는 것일까? 레이저의 어떠한 원리 때문에 가능한 것일까?	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구
	일반 손전등에 반사판이 있는 이유는 무엇 때문일까?	결핍	현상의 원인에 대한 추가 설명 요구
기타	태양은 어떻게 스스로 빛을 내고, 달은 왜 스스로 빛을 내지 못하는지 궁금합니다.	결핍	현상의 원인에 대한 설명 요구

로 제시될 경우 학생들의 지적 욕구를 충족시키거나 새로운 욕구를 이끌어내기에 충분하지 않다.

둘째, 우리 삶의 실제 맥락과 교과서 맥락의 차이에 대한 설명이 교사용 지도서에 포함될 필요가 있다. 현실맥락과 교과서 맥락의 차이는 초등예비교사의 지식 충돌 형태로 표현된다. 이는 초등학생이 질문하게 될 부분과도 일맥상통할 것이므로 초등교사, 초등교사와 초등예비교사가 이에 대해 준비되어 있어야 한다. 예를 들어, 빛이 ‘없다고’ 생각되는 곳에서도 어둠에 익숙해지면 물체가 눈에 보이는 현상을 일상 생활 속에서 많이 경험한다. 따라서 빛이 없을 때 볼 수 없다는 것을 지식으로서 알고 있지만 실제로는 잘 받아들이지 못할 수 있다. 따라서 이들의 지식구조와 경험에 기반하여 일반적으로 경험하는 상황과 교과서나 교사용지도서에 제시된 빛이 없는 상황에 어떠한 차이가 있는지, 이로 인해 어떠한 현상이 일어나는지를 비교하여 제시할 필요가 있다.

셋째, 초등교과서에 제시된 실험 설정의 이유 및 실험 도구의 작동 원리가 교사용 지도서에 포함될 필요가 있다. 교사용 지도서에는 ‘햇빛을 프리즘에 통과시킬 때 검정색 종이에 긴 구멍을 뚫는다’, ‘프리즘을 통과한 햇빛을 관찰할 때에는 흰 종이를 댄다’와 같은 내용을 실험 방법에 제시하고 삽화에서도 그렇게 제시되어 있지만, 왜 그렇게 해야 하는지 이유가 충분히 제시되어 있지 않다. 또, 이 단원에서는 광원으로 레이저와 손전등이 사용되고 있는데 두 도구가 어떤 원리에 의해 작동되는지, 그로 인해 어떠한 차이가 발생하는지에 대해 설명되어있지 않다. 교과서에 나오는 실험을 할 때 교사가 교과서나 지도서에 제시된 상황과 완벽히 동일하게 실험을 설계하고 수행하기는 어렵다. 따라서 현장의 상황에 맞게 실험을 재구성하려 할 때 그 실험이 어떤 이유에서 그렇게 수행되어야 하는지를 명확히 알고 있어야 상황에 맞추어 수정할 수 있다. 뿐만 아니라, 교과서에 제시된 실험 결과와 실제 실험 결과가 다르게 나올 때 그 원인이 실험 도구의 작동 원리에 대한 이해의 부족에서 기인하지 않도록, 교과서에 제시된 실험도구는 최소한 실험과 관련된 작동원리에 대한 설명이 포함되어 있어야 할 것이다.

교사용 지도서는 일반적인 과학 텍스트와는 다르게 수업 내용을 이해하고 준비하기 위해 도움을 주는 자료이다. 초등예비교사에게 있어 교사용 지도서는 일종의 교과서 역할을 수행할 수 있으므로, 초등예비교사의 지적 불일치를 해소할 수 있도록 내용을 보강할 필요가 있다. 지식의 충돌 또는 결핍으로 인하여 의미 있는 불일치가 교사에게 있다면 학생을 지도하는데 어려움이 생기거나, 학생에게도 지적 불일치를 전수할 가능성이 크다. 교사용 지도서에 모든 내용을 설명할 수는 없으나, 많은 과목을 가르쳐야 하는 초등교사의 특성에 맞게 그들의 사전 지식에 관한 연구와 근거를 바탕으로 하여 사용 목적에 부합하는 자료로서 역할을 충분히 할 수 있는 교사용 지도서가 편찬되어야 할 것이다.

## 국문요약

이 연구에서는 초등학교 과학 빛의 직진과 반사 단원의 교사용 지도서 텍스트와 초등예비교사의 내용 지식 체계 사이의 불일치를 탐색하였다. 이를 위하여 교육대학교에 재학 중인 초등예비교사 279 명이 교사용 지도서의 ‘그림자와 거울’ 단원의 정해진 분량을 읽고

생성한 과학 지식에 대한 질문 455개와 답변 543개를 분석하였다. 질문은 과학 개념의 종류와 불일치 유형에 따라 분류하였고, 답변은 정확도를 분석하였다. 질문의 과학 개념을 분석한 결과, 초등예비교사들은 직진 개념에서는 그림자에 대해, 반사에서는 상에 대해, 그 외 개념에서는 광원에 대해 가장 궁금해하였다. 부정확한 답변이나 무응답률이 높아서 정답률이 낮은 질문은 반사에 의한 빛의 중첩, 실험도구의 원리, 렌즈에 의한 상 등으로 초등과학 교육과정에 일부 포함되어 있거나 심화된 내용이었다. 불일치 유형에 따라 질문은 분류하면, 지식 충돌에 의한 질문보다 지식 결핍에 의한 질문 빈도가 89.5%로 높게 나타났으며, 지식 결핍 유형 중 현상의 원인에 대한 설명 요구 유형이 45.9%로 질문도 가장 많고, 답변의 정확도도 가장 낮았다. 이를 통해 초등예비교사의 지식 결핍에 의한 인지적 불일치가 해소될 수 있도록 초등교육과정에 현상 중심으로 제시되어 다루지 않는 개념이라도 교사가 알아야 할 개념은 교사용 지도서의 내용을 보강할 필요가 있다는 것을 확인하였다. 또한 교과서에 제시된 실험을 현장의 상황에 맞게 재구성할 때 정확한 실험이 이루어질 수 있도록 실험 설정의 이유와 실험 도구의 작동 원리에 대한 추가 설명을 지도서에 포함해야 할 필요가 있다는 것을 확인하였다. 지식 충돌에 의한 불일치는 현실에서 경험하는 것과 교과용 지도서에 제시된 내용이 충돌하여 생기는 사례가 많았다. 따라서 이를 해소하기 위해 우리 삶의 실제 맥락과 교과서 맥락에 대한 차이를 교사용 지도서에 포함하여 교사용 지도서 텍스트와 초등예비교사의 지식 사이의 불일치를 줄일 필요가 있다.

**주제어 :** 인지적 불일치, 초등예비교사, 교사용 지도서, 질문, 독해, 빛

## References

- Barnett, J., & Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge. Toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426-453.
- Chin, C., & Brown, D. E. (2002). Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 521-549.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in science education*, 44(1), 1-39.
- Dillon, J. T. (1988). The remedial status of student questioning. *Journal of Curriculum studies*, 20(3), 197-210.
- Galili, I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. *International journal of science education*, 18(7), 847-868.
- Galili, I., & Hazan, A. (2000a). Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22(1), 57-88.
- Galili, I., & Hazan, A. (2000b). The influence of an historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis. *American Journal of Physics*, 68(S1), S3-S15.
- Galili, I., Bendall, S., & Goldberg, F. (1993). The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Journal of research in science teaching*, 30(3), 271-301.
- Go, A., & Kim, J. (2018). Development and Application of Tutorials on Image Formation through Convex Lens Based on an Object Image Consisted of Point Light Sources. *School Science Journal*, 12(2), 178-191.
- Good, T. L., Slavings, R. L., Harel, K. H., & Emerson, H. (1987). Student passivity: A study of question asking in K-12 classrooms. *Sociology of Education*, 181-199.
- 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.

- Graesser, A. C., & Person, N. K. (1994). Question asking during tutoring. *American educational research journal*, 31(1), 104-137.
- Grossnickle, E. M. (2016). Disentangling curiosity: Dimensionality, definitions, and distinctions from interest in educational contexts. *Educational Psychology Review*, 28(1), 23-60.
- Han, K., & Noh, S. (2003). An Analysis on the Utilization of Teacher's Guides for Science in Elementary School. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 22(1), 51-64.
- Jang, M. (2009). Elementary Teachers' Understandings and Instructional Strategies on Students' Science Misconceptions. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(4), 425-439.
- Jeon, S., & Shin, A. (2021) Proposal of the Experiments Utilizing the Light Flux Screen for Optics Learning in the Elementary Science Education. *New Phys.: Sae Mulli*, 71(1), 49-59.
- Jeon, Y. (2006). Understanding American Teachers' Use of Teachers' Manuals: Two Case Studies. *The Journal of Korean Teacher Education*, 23(3), 5-24.
- Jeong, J., Lee, J., & Kim, J. (2016). A Study on Elementary School Teachers' Understanding of, Certainty in, and Familiarity with Wave Concepts in Textbook and Teacher's Guidebook. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(4), 389-405.
- Ji, S., & Park, J. (2016). Elementary School Teachers' Difficulties to Suffer in the Science Classes from the Perspective of Content Knowledge and Teaching Method. *Journal of Science Education*, 40(2), 116-130.
- Jirout, J., & Zimmerman, C. (2015). Development of science process skills in the early childhood years. *Research in early childhood science education*, 143-165.
- Kaltakci-Gurel, D., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2016). Identifying pre-service physics teachers' misconceptions and conceptual difficulties about geometrical optics. *European Journal of Physics*, 37(4), 045705.
- Kim, D., & Hong, S. (2014). The Study on the Concept of Pre-service Elementary School Teachers Regarding Sedimentary Rock. *The Journal of Korea Elementary Education*, 25(2), 227-245.
- Kim, K., & Kim, J. (2011). Development and Application of Inquiry Modules for Instruction for the Concept of Straight propagation of Light. *Journal of Science Education*, 35(2), 173-192.
- Ko, Y., & Lee, H. (2014). Pre-service Science Teachers' Understanding of Students' Misconceptions in Physics and Perceptions on "Teacher as a Researcher" through the Research Experience. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(5), 449-457.
- 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.
- Kwon, G. (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, G., Bang, S., Lee, S., & Lee, G. (2006). Context-dependency of Students' Conceptions in Optics: Focused on Vision & Mirror Image. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(3), 406-414.
- Lee, G., & Kim, J. (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, 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. (2015). Perspectives on traveling according to light source in students, pre- and in-service teachers. Master Thesis. Korea National University of Education, Cheongju, Republic of Korea.
- Lee, J. (2021). Analysis of Elementary Pre-Service Teacher's Difficulties in Conceptual Understanding and Instructional Planning of Light Refraction. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 41(1), 11-17.
- Lee, K. (2013). An Analysis of the Association between Subject Matter Knowledge and Pedagogical Content Knowledge for Science Teachers: The Case of Earth Science Teachers' Lesson on Atmospheric Pressure. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(6), 1219-1236.
- Lee, J., & Kim, J. (2012). Conceptual Changes on Electricity of Elementary Teachers through the Tutorial Emphasizing the Motion of Charges. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(1), 84-98.
- Lee, J., & Kim, J. (2013). Development and Application of Peer Instruction Including Interactive Experiments Focused on Reflection of Light. *Journal of Science Education*, 37(1), 186-202.
- Lee, J., & Kim, J. (2022). A Comparative Study on the Concept of Light Presented in Elementary School Science Curriculum and Textbooks in Korea, the US, China, and Japan. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 41(2), 283-294.
- Lee, J., Kim, J., Kim, K., Hwang, M., & Kim, J. (2013). Developing Sequential ConcepTests for In-service Science Teachers' Training based on Peer Instruction: Focus on "Principle of Pinhole Camera". *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(2), 229-248.
- Lee, S., Jhun, Y., Hong, J., Shin, Y., Choi, J., & Lee, I. (2007). Difficulties experienced by elementary school teachers in science classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- Lee, W., Lee, S., & Lee, S. (2005). The technology teacher's recognition and utilization for subject of technology and home economics teacher's guide in the middle school. *The Korean Journal of Technology Education*, 5(1), 56-70.
- Miller, A., Fisch, A., Dodge, J., Karimi, A. H., Bordes, A., & Weston, J. (2016). Key-value memory networks for directly reading documents. *arXiv preprint arXiv:1606.03126*.
- Ministry of Education (2019). *A Guide for Science Teachers in Grades 5-6 of Elementary School*. Gyeonggi: National Book Compilation Committee.
- Miyake, N., & Norman, D. A. (1979). To ask a question, one must know enough to know what is not known. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 18(3), 357-364.
- Otero, J., & Graesser, A. C. (2001). PREG: Elements of a model of question asking. *Cognition and instruction*, 19(2), 143-175.
- Paik, S., & Jung, Y. (2009). A Case Study of Elementary School Teachers' Understanding of "Light and Image" and Change of Perception Related to Learning Contents. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(3), 245-262.
- Park, S., Park, J., & Back, N. (2014). An investigation on the conception of the Light and Shadow for the elementary students. *The Journal of Korea Elementary Education*, 25(3), 111-126.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International journal of science education*, 30(10), 1365-1387.
- Smith, D. C., & Neale, D. C. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and teacher Education*, 5(1), 1-20.
- Song, H., Lee, J., & Lee, G. (2012). Reflection on an elementary teacher's dilemma in teaching magnetic field. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(1), 95-103.
- Song, N., & Yoon, H. (2023). An Analysis of Elementary Pre-service Teachers' Pedagogical Reasoning about Students' Dissolution and Solution Conceptions. *The Journal of Korea Elementary Education*, 42(1), 64-81.
- Taslidere, E., & Eryilmaz, A. (2015). Assessment of Pre-Service Teachers' Misconceptions in Geometrical Optics via a Three-Tier Misconception/Öğretmen Adaylarının Geometrik Optik Konusundaki Kavram Yanilgilarinin Üç-Asamali Kavram Yanilgisi Testi ile Degerlendirilmesi. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 269.
- White, R., & Gunstone, R. (2014). *Probing understanding*. New York, NY: Routledge.
- Yoon, H., Lee, I., & Park, J. (2021). Pre-Service Elementary Teachers' Visual Modeling Process for Reflection of Light. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 41(1), 19-31.
- Zuzovsky, R., Tamir, P., & Chen, D. (1989). Specialized science teachers and general teachers and their impact on student outcomes. *Teaching and teacher education*, 5(3), 229-242.

## 저자정보

고아라(한국교원대학교 대학원생)  
이지원(한국교원대학교 학술연구교수)