

'빛과 상'에 대한 초등 교사들의 이해와 학습 내용에 대한 인식 변화에 대한 사례 연구

백성혜 · 정연경
(한국교원대학교)

A Case Study of Elementary School Teachers' Understanding of 'Light and Image' and Change of Perception Related to Learning Contents

Paik, Seoung-Hey · Jung, Youn-Kyoung
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

This research was to examine the understandings of elementary school teachers on the phenomena related to light and image, and to survey their perception change related to learning contents of optics. The subjects were selected from the elementary teachers who were enrolled in a graduate course, 'Science education seminar' at an education college located in Chungchungbuk-Do, South Korea. Among the five students who exposed their perceptions clearly in the class, the three of them were selected who agreed to the proposal of the case study. To achieve the purpose of this study, semi-structured interviews following the conception test with the 3 elementary teachers were conducted. During the analysis of the data, additional interviews by phone, e-mail, and internet messenger were conducted if necessary. According to the results, all of the elementary school teachers lacked the scientific conceptions of the phenomena related to light and image. Unfortunately, their learning experiences did not help them to understand the scientific concepts. During the interviews, the teachers recognized the importance of the viewpoints of seeing, image, cognition of light, point light source to understand the phenomena related to light and image.

Key words : elementary school science, teachers' understanding of light and image, learning content of optics, case study

I. 연구의 목적 및 내용

빛과 관련된 학생들의 개념 연구는 Piaget로부터 출발하여 이후 여러 나라에서 많은 연구자들에 의해 진행되어 왔다. 그 중 많은 연구들(김진희, 2004; 김인찬, 2002; 박종원 등, 1993; 박현주, 1987; 배호정, 2003; 이재봉 등, 2004; Buty & Mortimer, 2008; Galili, 1996; Galili, 2000; Goldberg & McDermott, 1986; Guesne, 1985; Stead & Osborn, 1980; Wyrembeck & Elmer, 2006)은 학생들의 빛과 상에 관련된 현상에

대한 이해가 충분하지 않음을 지적하여 왔다. 또한, 현재 과학 교과서에서 제시하고 있는 방식의 문제점이나, 내용 구성과 연계의 문제를 지적한 연구(이봉우 등, 2005)도 있다. 이봉우 등(2005)은 제7차 교육과정 물리 내용에 대한 적정성 분석을 통해 5학년의 '거울과 렌즈'와 7학년의 '빛'에서 다루는 빛의 반사와 굴절에 대한 내용 구성이나 연계가 잘못되었음을 지적하였다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 시도를 하거나 제언을 한 논문들(김인찬, 2002; 김효남, 1990; 오원

근과 김재우, 2002; 이재봉, 2004; 방소윤 등, 2006; Buty & Mortimer, 2008; Wyrembeck & Elmer, 2006)도 다수 제시되었다. 그러나 아직까지도 빛 단원은 학생들이 가장 어려워하는 단원 중 하나이다(이양락 등, 2006). 그 이유는 여러 가지가 있을 수 있으나, 그 중 하나는 교사로부터 찾을 수 있을 것이다. 교사들이 가진 빛에 관련된 사고 또한 학생들이 가진 사고와 마찬가지로 다양한 오개념을 포함한다는 연구들(고광병, 1997; 김진희, 2004; 이건호, 1999; 김영심과 백성혜, 2008)에서 알 수 있듯이, 빛 관련 단원의 교수 학습에서 발생하는 어려움은 이를 지도하는 교사들로부터 발생할 가능성이 있다. 많은 교사들이 빛에 대한 체계적인 개념을 가지지 못하여 학생들의 선개념을 올바른 과학적 개념으로 변화시키기에 어려움을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한, 빛에 대한 체계적인 교육을 받지 못한 교사들의 경우에는 학생들을 교수하는데 많은 어려움을 나타내었다(이재봉 등, 2004). 선행 연구에서는 교사가 학생들을 지도하는 과정에서 드러나는 지도의 어려움에 대해서는 지적하였으나, 아직까지 초등학교에 도입되는 빛 관련 개념을 학생들에게 전달하기 위해서는 교사들이 가져야 하는 이해가 무엇인지 구체적으로 밝힌 연구는 부족하다. 이에 본 연구에서는 빛과 상에 관련하여 초등 교사들이 어떤 개념의 이해가 필요한 지에 대해 구체적으로 알아보하고자 한다. 또한, 이를 통해 초등 교사들이 빛에 관련된 단원을 지도할 때 어떤 변화가 요구되는지에 대한 생각도 조사하였다. 이 연구의 문제를 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

첫째, 빛과 상에 대해 초등 교사들은 어떻게 이해하고 있는가?

- ‘본다는 것’에 대해 초등 교사들은 어떻게 이해하고 있는가?
- 빛의 직진에 대해 초등 교사들은 어떻게 이해하고 있는가?
- 상에 대해 초등 교사들은 어떻게 이해하고 있는가?
- 점광원에 대해 초등 교사들은 어떻게 이해하고 있는가?

둘째, 초등 교사들은 본 연구 과정을 경험하면서 빛과 상에 대한 학습내용이 어떻게 변화되어야 한다고 인식하는가?

이 연구에서 다루는 상, 점광원에 대한 정의는 다음과 같다. 보편적으로 상은 ‘물체의 각 점에서 반사된 빛이 한 점에 모이는 점 혹은 점들의 집합체’로 정의하고 있지만, 허상까지 포함한 상을 정의하기 위해서는 우리 눈에 들어오는 빛을 우리가 감지하여 인식하는 과정에 대한 관점을 상의 설명에 포함할 필요가 있다(이재봉 등, 2004). 또한, 우리가 상을 뚜렷하게 관찰할 수 있으려면 물체를 점광원의 집합체로 보고 이 점광원들이 우리의 망막에서 다시 한 점에 맺혀야 한다는 사실도 인식할 필요가 있다.

이러한 관점에서 연구 문제를 통해 빛과 상에 관련된 초등 교사들의 사고의 특성에 대해 살펴보고, 초등학생들에게 관련 내용을 지도할 때 어떤 내용이 필요하다고 생각하는지에 대한 인식의 변화를 살펴봄으로써 앞으로 초등교육과정에서 관련 단원의 내용 구성과 지도 방식의 변화에 대한 시사점을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

연구 대상자를 선정하기 위하여, 충청북도에 소재하는 한 대학교의 교육대학원 석사과정에서 2007년도 2학기 ‘과학교육세미나’ 강좌를 수강하는 초등과학교육 전공 교사들을 관찰하였다. 이 강좌에서는 초등학교와 중학교에서 다루는 빛의 직진에 관련된 현상, 거울과 렌즈를 통한 반사와 굴절에 따른 현상 등의 내용을 다루는 시기가 있었으며, 이때 수업은 빛과 상의 인식에 대해 연구자가 개발한 활동지를 중심으로 조별 토론식으로 진행하였다. 수업의 과정을 모두 녹화하고, 녹화된 수업 자료의 분석을 통해 수업 활동 중에서 자신의 관점이 명확한 5명의 초등 교사를 연구의 대상자로 선정하였다. 이들에게 연구의 취지를 알리고, 그 중에서 연구에 참여하기를 허락한 3명의 대상자를 최종적으로 선정하였다. 연구 대상으로 선정한 초등교사들의 특성은 표 1과 같다.

이들은 모두 고등학교에서 이과를 선택하였고, 이공계 대학을 다닌 경험 등 때문에 광학에 대한 학습 경험이 상대적으로 다른 초등 교사들보다 많은 편에 속하였다. 따라서 이들은 빛과 상에 관련된 내

표 1. 연구 대상자의 특성

교사	성별	고등학교	대학	대학원	교직 경력	현 근무지	초등심화
A	여	이과	이공계 대학 및 교대 편입	초등과학	4.5년	초등(경기)	과학
B	남	이과	이공계 대학 졸업 후 교대 입학	초등과학	9년	초등(서울)	과학
C	여	이과	교대	초등과학	4.5년	초등(경기)	과학

용에서 보편적인 초등 교사들보다 과학적 개념을 가지고 있을 가능성이 높다. 이들이 대학원 강좌에서 빛과 상의 인식에 대한 자신의 관점을 다른 초등 교사들에 비해 비교적 명확하게 드러내었다는 점도 이러한 가정을 지지한다고 할 수 있다. 인터뷰를 통해 얻은, 빛과 상에 관련된 3명의 교사들의 학습 경험에 대한 보다 자세한 내용은 다음과 같다.

교사 A는 경력 5년차의 초등교사로, 4년제 대학교의 생물학과에서 초등교육으로 편입하였다. 고등학교 때 이과를 선택하였고 물리 II 교과목까지 배웠지만, 빛에 대해 배웠던 기억은 잘 나지 않는다고 하였다. 대학 1, 2학년 때 생물학과를 다니면서 일반 물리 강의를 들었지만, 광학에 대해 더 이상 배우지 않았다. 초등교육으로 편입한 후 심화 과정으로 과학을 선택하였지만 역시 따로 광학을 배운 경험은 없었다. 초등학교 3학년의 빛의 나이감 단원은 1회 지도한 경험이 있으며, 5학년 거울과 렌즈 단원을 가르친 경험은 없었다. 따라서 이 단원을 구체적으로 어떻게 가르칠지 생각해 보지 않았지만, 만약 가르친다면 교사용 지도서에 따라 실생활 소재 중심의 현상과 실험 중심의 관찰 위주의 수업을 하였을 것이라고 하였다.

교사 B는 고등학교에서 이과였으며, 물리 교과를 선택하여 배우면서 볼록렌즈, 볼록거울, 오목렌즈, 오목거울의 상을 작도법으로 학습하였다고 기억하였다. 또한, 이를 배우면서 빛에 대해서 작도로 상을 구하거나 공식을 배우는 것이 쉽다고 생각하였다. 4년제 대학교를 다니면서 일반물리를 들었지만 광학에 대한 학습의 기억은 나지 않는다고 하였으며, 교대를 다시 입학하여 과학을 심화 과정으로 선택하였을 때에도 광학에 대해 배운 기억은 나지 않는다고 하였다. 그러나 교사 B는 이 연구에 참여할 때에 기본적인 작도의 규칙은 알고 있었다. 교사가 된 이후, 초등학교 5학년 거울과 렌즈 단원을 가르친 경험은 2번 있었으며, 주로 실험과 관찰 위주의 수업을 하였다고 한다. 스스로 작도가 쉽다고 생각

을 했기 때문에 작도를 통해 원리를 가르치면 좋겠지만, 초등학교 수준에서는 학생들이 많이 어려워하고, 수업 진도상의 문제로 작도는 가르치지 않았으며, 앞으로도 가르칠 생각은 없다고 하였다.

교사 C는 고등학교에서 이과를 선택하였으며, 교대를 다니면서 과학 과목을 심화로 선택한 후에 초등 교사가 되었다. 중·고등학교 시절에 작도로 상을 그렸던 것을 기억하고 있었으며, 작도가 어렵다는 생각은 하지 않았고, 오히려 거울이나 렌즈에 의한 상의 모습을 무조건적으로 외우는 것보다는 작도의 규칙을 통해 상을 그리는 게 더 쉽다고 생각하였다. 따라서 지도서에서는 작도를 가르치지 말라고 되어 있었지만, 학생들을 가르칠 때에 상의 모습에 대한 이해를 높이기 위해서 작도를 가르쳤다. 그러나 학생들의 인지 수준을 고려하여 작도의 규칙을 외우도록 강요하지는 않고 단순히 우리 일상생활에서 거울과 렌즈를 통해서 보이는 상의 모습들을 설명하는 원리로써 작도를 보여주는 수준으로 제시하였다. 그러나 왜 그런 식으로 작도를 하는지에 대해선 고민해 본 적이 없다고 하였다.

2. 개념 검사지 및 면담 과정

초등 교사들의 빛과 상의 인식에 대한 관점을 알아보기 위하여 실시한 개념 검사지를 바탕으로 반구조화된 면담(semi-structured interview)을 실시하였으며, 면담 시간은 1~2시간 정도 소요되었다. 면담한 내용은 모두 녹음하였으며, 녹음된 자료를 전사하여 이를 문서화하였다. 문서화된 자료를 분석하면서 의문 나는 점이나 부족한 자료에 대해서는 전화, 메일, 인터넷 메시지를 통하여 추가 자료를 두 달 가까이 수집하였다.

이 연구에서 사용한 개념 검사지는 연구 대상자들의 이해를 알아보기 위하여 작성한 것이므로, 구체적인 면담 과정에서 교사들의 사고를 도출할 수 있는 자료로 충족할 수 있는 수준의 내용을 선정하였다. 중등 교사들을 대상으로 한 선행 연구(김영심

과 백성혜, 2008)에서 제시한 토론 수업 내용 중 교사들의 인식 변화에 영향을 미친 것으로 나타난 ‘물체를 보는 방법’, ‘빛의 인식에 대한 인간의 인식 과정’, ‘렌즈에서 관찰되는 상에 대한 인식 과정’, ‘점광원에 대한 인식 과정’ 등의 사고를 가지고 있는지 알아볼 수 있는 문항들을 연구자들이 개발하였다. 개념 검사지 문항은 본다는 것에 대한 관점을 묻는 문항이 3문항, 빛의 인식에 대한 관점을 묻는 문항이 2문항, 상에 대한 관점을 묻는 문항이 3문항, 그리고 점광원에 대한 관점을 묻는 문항이 2문항으로 총 10문항이었다. 검사지는 물리전공 교사 2명과 과학교육전공자 1인으로부터 타당도를 검증받았으며, 문항 내용은 표 2와 같다.

각 관점에서 면담의 내용과 이에 관련된 과학적 사고는 표 3에 제시하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 본다는 것에 대한 관점

1) 반사된 빛이 눈에 들어와야 볼 수 있다는 사고가 불안정한 경우

개념 검사지에 응답한 자료를 토대로 면담을 통해 교사들의 사고를 구체적으로 알아보았다. 여러 가지 문항의 응답 결과를 토대로 판단하였을 때, 초등교사 A는 ‘본다는 것’에 대한 사고가 안정적이지 못함을 확인할 수 있었다. 면담 내용 중 일부를 발췌하면 다음과 같다.

표 3. 면담의 내용과 과학적 사고

관점	면담의 내용	과학적 사고
본다는 것	· 우리는 빛을 볼 수 있는가? · 우리는 물체를 어떻게 볼 수 있는가?	· 빛 또는 그 빛이 지나가는 경로를 볼 수 없으며, 눈으로 들어온 빛만을 볼 수 있다. · 광원에서 나온 빛이 물체에 부딪혀서 반사되면, 그 반사된 빛이 눈에 들어와서 볼 수 있다.
빛의 인식	· 빛의 직진에 의한 상 인식 과정을 이해하는가?	· 눈으로는 빛의 반사나 굴절되는 경로를 볼 수 없고, 눈에 최종적으로 들어오는 빛의 경로를 직진으로 인식하여 이 빛의 연장선에서 상의 위치를 인식하는 것이다.
상	· 실상과 허상에 대한 관점은 올바른가? · 문제 상황에서 상에 대한 이해는 어떠한가?	· 실상: 물체에서 나온 빛들이 실제로 모여서 형성된 상. · 허상: 물체에서 나온 빛들이 실제로는 모이지 않으나, 이 빛이 관찰자의 눈에 들어왔을 때 빛의 연장선에 의해 마치 빛이 모인 것처럼 인식되어 형성된 상.
점광원	· 관찰자의 위치와 상의 관계를 점광원에 대한 관점으로 올바르게 이해하는가?	· 물체의 한 점 한 점에서 빛이 사방으로 퍼져 나간다 사실을 이해하고 있다. · 상도 물체처럼 점광원으로 인식한다는 사실을 이해한다.

표 2. 개념 검사지의 문항 내용

관점	문항	문항 내용
본다는 것	1	손전등을 밤하늘을 비출 때와 땅을 비출 때의 밝기 차이
	2	먼지 없는 복도에서 레이저 포인터의 빛이 지나가는 경로를 보는 것
	3	볼록렌즈에서 관찰자의 위치에 따른 촛불의 상의 변화
빛의 인식	4	관찰자의 위치에 따라 물 컵 속 동전의 위치가 변하는 이유
	5	오목렌즈에 의해 형성된 촛불의 상의 모습과 빛의 이동 경로
상	6	촛불의 위치를 변화시켰을 때, 볼록렌즈에 의한 상의 변화
	7	볼록거울에서 관찰되는 상을 통해 빛의 이동 경로
	8	오목렌즈에 의한 촛불의 허상이 스크린에 맺히지 않는 이유
점광원	9	전등이 켜져 있는 교실에서 책상 위의 한 점에서 나오는 빛
	10	평면거울에서 관찰자의 위치에 따른 상의 위치 변화

연구자: 깜깜한 밤하늘과 땅에 각각 손전등을 비출 때, 여기(땅)는 밝게 보이고, 여기(밤하늘)는 어둡게 보이는 이유가 뭐라고 생각하세요?

초등교사 A: 네, 그러니까 여기(밤하늘)는 빛이 장애물이 없잖아요. 그러니까 나가지만 우리가 못 보는 거잖아요, 빛이 우리 눈에 보이지 않는다고 한다면. 그런데 여기(땅)는 땅에 부딪히니까

땅에 부딪힌 빛이 다시 들어와야 되잖아요. 그래서 우리 눈에 들어오기 때문인 것 같아요.

연구자: 그럼 먼지 없는 복도에서 레이저 포인터를 비추는 경우에는 그 빛이 지나가는 것을 볼 수 있나요?

초등교사 A: 이것도 마찬가지로 이거는 먼지가 없으면 안 보이고, 있으면 레이저가 가는 길이 보이게 되는데요, 먼지에 이렇게 부딪혀 가지고 빛의 경로가 이렇게 보이는 거예요.

연구자: 그러면 반사될 수 있는 물질이 있으면 지나가는 길을 볼 수 있다는 건가요?

초등교사 A: 네. 네. 그래서 그런 얘기도 하잖아요. 레이저 쇼 할 때, 그 뭘 뿌리잖아요. 연기 같은 거 뿌려야지 뭘 볼 수 있잖아요.

연구자: 그러면 반사된 물질이 있으면 어떻게 볼 수 있는 거죠?

초등교사 A: 물질에 레이저 포인터가 부딪쳐서 우리 눈에 상이 맺히는 거죠.

연구자: 우리 눈에 들어와서?

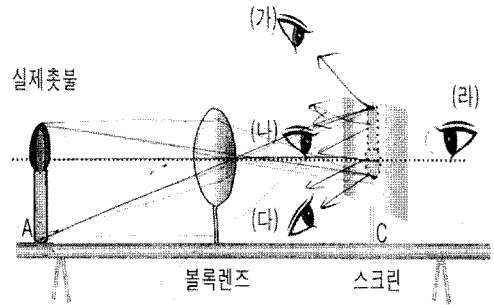
초등교사 A: 네. 네.

면담 결과, 초등교사 A는 빛이 물체에 반사되어 눈에 들어와야 볼 수 있다는 생각을 가지고 있는 것으로 나타났다. 그러나 개념 검사지 문항에 대한 응답 중에서 볼록 렌즈에 의해 촛불의 실상이 형성된 상황에 대한 내용을 중심으로 면담을 하였을 때, 관찰자의 눈으로 빛이 들어와야 볼 수 있다는 사고가 안정적이지 않음을 확인할 수 있었다.

이 문항은 서로 다른 위치의 관찰자 (가), (나), (다), (라)가 있을 때, 스크린이 있는 경우에 관찰되는 것과, 스크린을 제거하였을 때 관찰되는 것의 차이를 알아본 것이다. 스크린이 있는 경우에 (가), (나), (다)는 스크린에 맺힌 실상의 모습을 볼 수 있고, (라)는 상을 볼 수가 없지만, 스크린을 제거하면 (가), (나), (다)는 상을 보지 못하고 (라)는 실상을 보게 된다. 스크린이 있을 때 (가), (나), (다)가 상을 볼 수 있는 이유는 볼록 렌즈를 통과한 빛이 스크린에 반사되어 관찰자 (가), (나), (다)쪽으로 빛이 들어가기 때문이고, 스크린을 제거하였을 때 (가), (나), (다)가 상을 볼 수 없는 이유는, (가), (나), (다)쪽으로 반사되는 빛이 없기 때문이다. 이에 대한 초등교사 A의 응답은 그림 1과 같다.

그림 1의 응답을 보면 초등교사 A는 스크린이 제거되었을 때 (가), (나), (다) 쪽의 관찰자들이 상을 볼 수 없는 이유에 대해서 언급하지 않았음을 알 수

3. 촛불을 A위치에 놓고 C 위치에 스크린을 놓으면 아래 그림같이 스크린에 촛불의 모습이 보인다.



1) 스크린에 나타나는 촛불은 (가), (나), (다)에 있는 사람은 보이고 (라)에 있는 사람은 보이지 않습니다. 그러나 스크린을 치우면 (라)에 있는 사람은 보이고 (가), (나), (다)에 있는 사람은 보이지 않습니다. (스크린은 빛을 통과하지 않는다) 그 이유를 설명하세요.

스크린이 있을 때는 스크린에 맺힌 상을 보지만, 스크린을 치우면 (가), (나), (다)에 있는 사람은 보이고 (라)에 있는 사람은 보이지 않습니다. 스크린은 빛을 통과하지 않습니다. 그 이유를 설명하세요.

두꺼비 (라)만 볼 수 있음

그림 1. 볼록렌즈에서 관찰자의 위치에 따른 촛불의 상의 변화에 대한 초등교사 A의 응답

있다. 이에 대한 교사의 생각을 알아보기 위하여 개념 검사 결과를 토대로 추가 면담을 하였다. 그 중 일부의 내용을 발췌하면 다음과 같다.

연구자: 그림 이 사람들(그림의 (가), (나), (다) 관찰자)은 왜 못 보죠?

초등교사 A: 이 사람들은 (...고민 중...) 상이 안 맺히니까.

연구자: 상이 안 맺히니까? 내 눈에?

초등교사 A: 근데 이것도 볼 수 있을 것 같아요. 하하... (중략)...

연구자: 상이 여기에 맺혔는데, (라)는 보고, (가), (나), (다)는 못 보는 이유가 뭐죠?

초등교사 A: 스크린을 치우면, 이 사람 (가), (나), (다)는 볼록 렌즈에 의한 상을 보는 거고, 이쪽 사람 (라)는 볼록 렌즈에 의해서 만들어진 상을 보는 게 아닌가요?

연구자: 만들어진 상이요?

교사 A: 네.

면담 내용을 보면, 교사 A는 (가), (나), (다)의 경우 스크린이 없으면 스크린에 의해 빛이 반사되지 못하므로 관찰자의 눈으로 들어오는 빛이 없어 상을 볼 수 없다는 사실을 명확하게 인식하지 못하고 있음을 알 수 있다. 밤하늘에 전등을 비출 때 어두워 보이는 이유나 먼지가 없는 복도에 레이저 포인터의 빛이 보이지 않는 이유는 빛의 반사로 설명하

는데 성공적이었으나 볼록렌즈의 상이 관찰되는 상황에서는 이러한 사고가 안정적으로 적용되지 못하였다. 이는 볼록렌즈와 같이 빛이 굴절되는 상황에서는 관찰되는 ‘상’에 대한 인식이, ‘본다는 것’에 대한 인식과 자연스럽게 연결되는 것이 어렵기 때문이라고 여겨진다. 박현주(1987)의 연구에서도 상을 보는 시각 현상에서 볼체에서 나온 빛이 눈에 들어오는 과정을 이해하는 것이 어려움을 지적하였다.

고등학교에서 이과를 선택하고 대학교에서 일반 물리 과정까지 이수한 교사 A의 학문적 배경을 고려할 때, 렌즈에 의한 빛의 굴절 상황에서 스크린에 의한 빛의 반사와 상을 보는 것에 대한 인식이 자연스럽게 연결되지 못하였다는 사실은 대부분의 초등교사들이 이와 같은 어려움을 가지고 있을 가능성이 매우 높음을 의미한다. 자연 현상에 대한 교사의 인식이 제대로 형성되지 못할 때 학생들에게 효과적인 교육이 어려울 것이라는 점은 자명하다. 많은 선행 연구에서 학생들이 빛에 관련된 현상의 과학적 이해를 획득하지 못하고 있다고 지적하였으며, 고평병(1997), 이건호(1999) 등은 교사들의 빛에 대한 개념이 학생들의 오개념과 크게 다르지 않다는 점을 지적하였기 때문이다. 또한, 교사들과 학생들이 상이 생기는 원리를 제대로 이해하지 못하고 물체에서 난반사되는 빛에 대한 개념과 눈의 역할에 대한 이해가 부족하다는 연구(이재봉 등, 2004; 김진희, 2004) 결과도 이 연구의 결과와 일치한다. 그러나 이 연구에서는 중고등학교와 대학교에서 충분히 관련된 교육을 받았다고 판단되는 배경을 가진 교사에게서도 이해의 어려움이 존재한다는 점이 보다 분명하게 드러났다.

2) 반사된 빛이 눈에 들어와야 볼 수 있다는 사고가 안정적인 경우

초등교사 B는 밤하늘을 향해 손전등을 비추는 경우가 땅 바닥을 향해 손전등을 비출 때보다 더 어둡게 보이는 이유를 다음과 같이 설명하였다.

초등교사 B: 밤하늘을 비추면, 그러니까 빛이 반사가 되는 거데, 밤하늘에는 반사되는 물질이 없으니까, 반사되어서 그것이 내 눈에 들어와야 되는데, 빛이 반사되는 게 없으니까 안 보이는 거고. 땅은 각각의 점이라고 하면 점들에서 전체 방향으로 빛이 반사가 되니까, 그 반사된 것 중에 일부가 내 눈에 들어왔기 때문에 보이는 거죠.

이를 통해 초등교사 B는 빛이 반사되어 눈에 들어와야 볼 수 있다는 관점을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 초등교사 B는 볼록렌즈에 의해 형성되는 ‘상’의 인식이 ‘본다는 것’과 안정적으로 연결되어 있음을 면담을 통해 확인할 수 있었다.

연구자: 우리가 물체를 볼 때요, 실제 물체는 따로 있는데 물체가 다르게 보이는 이유는 뭐죠?

교사 B: 다르게 보이는 이유요? 이걸 뭐라고 해야 하나? 우리 눈에 들어오는 빛을 보는 거니까, 실제 물체를 보는 게 아니라, 물체에서 나온 빛을 보는 거데, 빛은 내가 봤을 때, 그걸 뭐라고 해야 하나? 아 참, 이거 어려워요. 빛은 이렇게 들어오잖아요? 내 눈에 들어오는 것은 이렇게 이기 때문에 우리 눈이 이 꺾어진 빛은 알 수가 없죠.

연구자: 내 눈이?

교사 B: 네. 꺾어진 건 알 수가 없죠.

연구자: 그냥 직진해서 오는 것만 느끼기 때문에 다르게 보인다는 말씀인가요?

교사 B: 네. 그렇게 보이는 것은 그렇게 보이기 때문이죠.

면담 내용을 보면, 초등교사 B는 ‘상’이 실제 물체와 다르게 ‘보이는’ 이유를 표현하고 있음을 알 수 있다. 즉, 우리 눈이 빛의 꺾임을 인식하지 못하기 때문에 ‘보이는 것’과 실제 물체의 차이가 생김을 알고 있었다. 초등교사 A와 비교하였을 때, 반사된 빛이 눈에 들어와야 볼 수 있다는 사고가 상대적으로 안정적인 초등교사 B의 경우에 이러한 사고의 특징을 관찰할 수 있었다.

관찰자의 위치와 스크린의 유무에 따라 볼록렌즈에 의해 형성된 상이 어떻게 관찰되는지 알아본 개념 검사 문항에 대한 초등교사 C의 응답 결과는 그림 2와 같다.

그림 2의 응답을 통해 초등교사 C는 관찰자에게 반사된 빛이 와야 볼 수 있다는 사고가 명확하게 형성되어 있음을 알 수 있다. 면담 자료를 통해서도 이를 확인할 수 있었다.

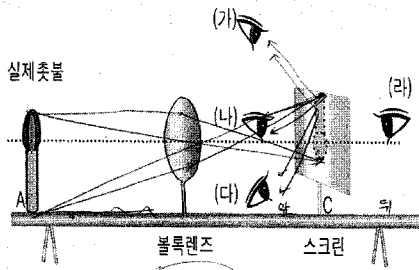
연구자: 이게(스크린에 맺힌 상) 사방으로 다 반사되니까요? 그럼 (스크린을) 치워버리면 (가), (나), (다)는 상을 볼 수가 없겠네요?

교사 C: 그렇죠.

연구자: 볼 수 없는 이유는 뭐죠?

교사 C: 볼 수 없는 이유는 여기(실제 촛불)에서 나온 빛이 애네들((가), (나), (다))한테 직접 가지

3. 촛불을 A 위치에 놓고 C 위치에 스크린을 놓으면 아래 그림같이 스크린에 촛불의 모습이 보인다.



1) 스크린에 나타나는 촛불은 (가), (나), (다)에 있는 사람은 보이고 (라)에 있는 사람은 보이지 않습니다. 그러나 스크린을 지우면 (라)에 있는 사람은 보이고 (가), (나), (다)에 있는 사람은 보이지 않습니다. (스크린은 빛은 통과하지 않는다) 그 이유를 설명하십시오.

C의 볼록렌즈 옆의 촛불의 상의 생김새 때문에
 스크린 옆에 있는 (가), (나), (다) 사람은 이 상을 볼 수 있으나
 스크린 뒤에 있는 (라)는 이것을 볼 수 없다. (이 스크린에 의해 빛이 반사되어
 옆쪽에 있는 (가), (나)와는 빛
 있으나 (라)는 볼 수
 없다.)
 그러나 스크린을 지우면
 옆으로 쏠려온 빛이 (라)에 생기기에는
 가능하다. 인식이 가능하다.
 결국에 걸쳐 있는 (라)에게는 인식이 가능
 (라)은 화살 볼 수 있다.
 스크린은 빛을 통과
 시키지 못하므로..

그림 2. 볼록렌즈에서 관찰자의 위치에 따른 촛불의 상의 변화에 대한 초등교사 C의 응답

않기 때문이죠. 여기서 이렇게 가면, (라)쪽으로 빛이 가고 있지 (가), (나), (다) 쪽으로는 빛이 안 가잖아요. 반사된 빛이 없어서.

연구자: 그러니까 빛이 (가), (나), (다)를 향해서 가는데 아니라서 볼 수 없다 말씀이죠?

교사 C: 네.

연구자: 그러면 (라)는 볼 수 있는 이유가 뭐죠?

교사 C: 빛이 (라)를 향해서 가고 있으니까.

따라서 초등교사 C의 경우에도 초등교사 B의 경우와 마찬가지로 반사된 빛이 눈에 들어와야 볼 수 있다는 관점을 형성하고 있었으며, 볼록렌즈에 의해 형성된 상의 관찰에 대한 문항에서도 이러한 사고가 안정적임을 확인할 수 있었다.

교사 A와 달리 교사 B와 교사 C는 5학년 거울과 렌즈 단원을 지도한 경험을 가지고 있었으며, 중등학교에서 다른 작도법을 기억하고 있었다. 비록 교사 B는 학생들에게 작도법을 가르치는 것이 적절하지 않다고 판단하여 지도하지 않았고, 교사 C는 학생들의 이해를 돕기 위해 작도로 상을 그리고 관찰 결과를 이해시키는 교수법을 사용하였다는 차이점이 있지만, 이들은 모두 작도법으로 관찰되는 상을 이해하는 것이 쉽다고 생각하고 있었다. 즉, 학습자에

대한 이해에 있어서는 차이가 있었으나, 교사 본인은 작도를 통해 빛의 굴절과 상의 형성을 이해하는 방식이 쉽다고 생각하는 공통점을 가지고 있었다. 따라서 이러한 특징이 '반사된 빛이 눈에 들어와야 볼 수 있다는 사고'를 안정적으로 가질 수 있게 하였을 것이라고 추론할 수 있다.

2. 빛의 직진에 대한 관점

물체에서 나온 빛이 거울과 렌즈에 의해서 반사하거나 굴절하기 때문에 관찰되는 상은 물체와 다른 크기나 위치에 있는 것처럼 인식된다. 이러한 현상을 이해하기 위해서는 눈에 들어온 빛이 직진하였다고 인식하는 사고의 특성에 대한 이해가 선행되어야 한다. 이러한 특성을 교과서의 삽화 등에서는 점선으로 표현하여, 실제 빛의 경로를 나타내는 실선과 구분하고 있다. 즉, 실선으로 나타내는 빛의 경로는 물체로부터 나온 빛이 거울이나 렌즈를 통해 굴절하거나 반사되지만, 눈으로 들어오는 빛의 연장선상에 표현되는 점선은 빛이 꺾이지 않는 것처럼 되어 있으며, 그 점선의 특정 위치에 상이 표현되는 것이다. 이러한 빛에 대한 인식의 특성을 초등 교사들이 이해하고 있는지 알아보았다.

1) 빛을 인식하는 과정에 대한 사고가 불안정한 경우

거울이나 렌즈에 의해 물체로부터 나온 빛이 어떻게 진행되며, 왜 그렇게 진행한다고 생각하는지에 대한 초등 교사들의 사고를 알아본 결과, 초등교사 A와 B는 빛을 인식하는 과정에 대한 사고가 불안정함을 확인할 수 있었다. 그림 3의 개념 검사지 문항은 물이 들어있는 컵 속의 동전을 바라보는 관찰자의 위치가 다를 때, 관찰자에게 보이는 동전의 상의 위치가 어떻게 변화한다고 생각하는지 알아본 것으로, 교사 A와 B의 경우에는 위에서 똑바로 보았을 때 점선과 직선의 표현이 정확하지 못함을 알 수 있다. 옆에서 보았을 때 나타난 그림은 대부분의 교과서에서 표현되어 있는 것이므로, 위에서 똑바로 보았을 때의 표현을 통해 교사의 인식을 명확하게 확인할 수 있었다.

또한, 면담을 통해 초등교사 A는 눈으로 들어오는 빛을 직진한다고 인식하는 과정에서 상의 위치가 결정된다는 것을 인식하지 못하고, 단순히 빛의 경로를 학습한 방식을 기억해서 그린 것이었음을

확인할 수 있었다. 이는 오목렌즈를 통과하는 빛의 이동 경로를 묻는 문제에 대한 사고를 알아보기 위하여 실시한 면담 과정에서 확인할 수 있었다.

연구자: 이렇게 퍼질 수도 있고, 다르게 퍼질 수도 있는데, 왜 굳이 이 선을 그릴 이유는?

초등교사 A: 이 선을 그릴 이유는 이 상 때문이죠.

연구자: 상이 이렇게 보이니까?

초등교사 A: 그렇죠. 그것을 연장을 하면, 그러니까 만약에 내가 이렇게 그렸으면, 이걸 직선이 안 되잖아요. 이 상이 있으니까 내가 직선을 연장했을 때 상이랑 만나야 되니까 이렇게 그릴 것 같아요. 이만큼 퍼지게.

연구자: 이렇게 점선으로 그리고, 이걸 직선으로 그리기 위해서 이렇게 그렸다는 말씀인가요?

교사 A: 네, 네.

연구자: 직선이여야 하는 이유는 뭐죠?

교사 A: 직진한다고 배웠으니까요.

초등교사 B의 경우도 이와 유사한 사고가 면담을 통해 확인되었다. 초등교사 A와 B는 모두 4년제 이공계 대학교에서 일반물리 과목 수준까지 학습하였음에도 불구하고, 빛을 인식하는 과정에 대한 사고가 안정적이지 못하였다는 특징을 나타내었다. 초등교사 A는 중고등학교와 대학과정에서 빛에 대한 내용을 학습한 것에 대해 명확하게 기억하지 못하였고, 초등학교 5학년 거울과 렌즈 단원을 지도한 경험이 없으며, 초등교사 B는 중고등학교와 대학과

5. 촛불을 A에 놓고 오목렌즈를 통해 관찰하면 C에 그림 같은 촛불이 보인다. 촛불에 표시된 화살표 방향으로 레이저 포인터를 쏘면 렌즈를 통과한 후 빛의 이동 경로를 그리고 그 이유를 설명하세요.

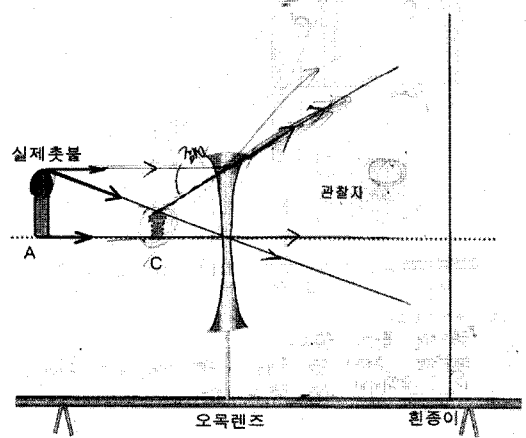
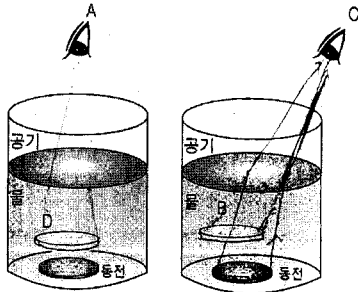


그림 4. 오목렌즈에 의해 형성된 촛불의 상의 모습과 빛의 이동 경로에 대한 초등교사 A의 응답

정에서 빛에 대해 학습한 것을 기억하고 있고, 초등학교 5학년을 지도한 경험이 있다는 점에서는 차이점이 있다. 그러나 초등교사 B는 학습자의 수준을 고려할 때 작도법을 가르치는 것은 어려운 일이라고 생각하고 있었다. 이는 빛의 굴절과 반사 등의 현상을 통해 관찰되는 상을 빛의 이동 경로와 연결지어 이해하는 과정이 어렵다고 생각함을 의미한다. Stead와 Osborn(1980)의 연구에서도 빛의 이동 경로와 상의 관계를 이해하는 것은 어려운 일임을

III. 빛의 굴절

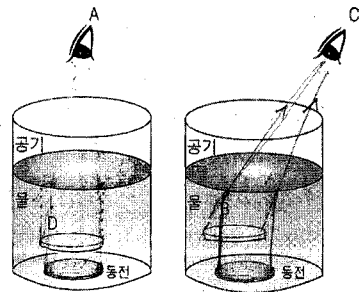
1. 관찰자의 위치를 A에서 C로 바꾸면 동전이 보이는 위치가 아래 그림처럼 변합니다. 이유를 설명하세요.



수직 삼각에서 볼 때는 등진에서 나온 빛이 큰 굴절각이 없지만 C와 같이 보는 굴절각이 바뀌면 빛의 굴절각이 달라지기 때문이다.

III. 빛의 굴절

1. 관찰자의 위치를 A에서 C로 바꾸면 동전이 보이는 위치가 아래 그림처럼 변합니다. 이유를 설명하세요.



동전에서 반사된 빛이 굴절되어 들어오면 동전 위쪽에 위치해서 보이기 쉬워진다. 동전 위쪽에 위치해서 보이기 쉬워진다. 동전 위쪽에 위치해서 보이기 쉬워진다. 동전 위쪽에 위치해서 보이기 쉬워진다.

그림 3. 관찰자의 위치에 따라 물 컵 속 동전의 위치가 변하는 이유에 대한 교사 A와 교사 B의 사고

지적하였다. 따라서 초등 교사 중에 빛의 이동 경로와 관찰되는 상과의 관련성을 제대로 이해하지 못하거나 이를 어렵게 생각하는 경우에는 빛을 인식하는 과정에 대한 사고가 불안정함을 알 수 있다.

2) 빛을 인식하는 과정에 대한 사고가 안정한 경우

초등교사 C의 경우에는 빛에 대한 인식이 초등교사 A와 B에 비해 안정적임을 확인할 수 있었다. 컵 속에 든 동전의 상에 대한 인식을 알아본 면담 내용 중 일부를 발췌하면 다음과 같다.

연구자: 제가 보네요. 이렇게 실선을 그리고, 연장 직선 상에서 점선을 그리셨잖아요?

초등교사 C: 예. 점선을 그린 이유는 애는 실제 빛이 아니니깐, 실선을 그린 이유는 실제로 빛이 나오는 건데, 점선은 내가 눈이 인식하는 빛이지 실제 빛이 아니니깐.

연구자: 네. 여기서 꺾이고, 여기를 연장해서 이렇게 그리셨잖아요?

초등교사 C: 네. 음, 그렇게 그려야죠, 당연히. 왜냐면, 애(실선)는 실제로 나가는 빛이고, 애(점선)는 내가 인식하는 빛이잖아요.

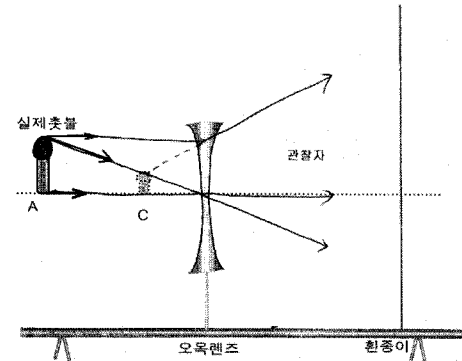
연구자: 네.

초등교사 C: 그대 일단 공기 중에 나온 빛은 내 눈에 들어온 거니까 있는 거잖아요. 근데 굴절된 것만 내가 인식하지 못하고 있는 빛이니깐, 여기 빛을, 이 빛을 내가 내 눈에서 봤을 때, 여기에서 나온 빛을 내 눈에서 봤는데, 애는 실제로는 꺾였지만, 내 눈에서는 꺾이지 않은 경로 인식을 해야 되는 거니까.

또한, 오목렌즈를 통과한 빛의 이동 경로를 그리는데 문항에서도 빛이 실제로 지나가는 실선과 빛을 인식하는 과정을 나타내는 점선의 구분을 명확히 하였다.

따라서 초등교사 C의 경우에는 눈을 통해 관찰되는 상을 인식하는 과정(점선)과 실제 빛의 경로(실선)를 구분하여 추리할 수 있음을 확인할 수 있었다. 초등교사 C가 초등교사 A와 B와는 다른 특징은 직접 초등학교 5학년 학생들에게 작도법을 지도하였다는 점이다. 이 교사는 작도법으로 빛의 경로를 표시하면서 상의 위치와 모습을 설명하는 것이 쉽다고 생각하고 있었고, 이를 학생들에게 지도하는 것이 필요하다고 생각하고 있었다. 이와 같은 사고의 특징을 가지는 경우에 빛을 인식하는 과정에

5. 촛불을 A에 놓고 오목렌즈를 통해 관찰한 C에 그릴 줄은 촛불이 보인다. 촛불에 표시된 화살표 방향으로 레이저 포인터를 쏘면 렌즈를 통과한 후 빛의 이동 경로를 그리고 그 이유를 설명하세요.



그렇게 생각한 이유는
 C: 오목렌즈 상이 나타날 수 없고, 빛의 경로를 추적하여
~~실제~~ 그려 보면 제마 같이 나타날 수 있다.
 • 점선만 그려야지 렌즈는 빛을 굴절시켜 돌아서간다.
 표시하는 것이 아니라 실제를 빛이
 걸린처럼 다시 돌아오는 않는다.
 이 것만 여러 눈이 인식하는 빛의 경로를 그려
 (실제와 빛의 경로가 다름)

그림 5. 오목렌즈에 의해 형성된 촛불의 상의 모습과 빛의 이동 경로에 대한 초등교사 C의 응답

대한 사고가 안정적임을 확인할 수 있었다. Galili (2000), Goldberg와 McDermott(1986) 등의 연구에서도 기하광학을 학습한 경우와 그렇지 않은 경우 렌즈에 의한 상의 형성을 이해하는 결과에 차이를 유발하였다고 보고하였으며, 김진희(2004)는 교사들의 개념 이해 조사를 통해 학생들에게 빛을 가르칠 때에는 시간이 걸리더라도 직접 광선을 그려보고, 스스로 발견하게 하는 등 근본 원리를 중심으로 한 학습이 중요하다고 지적하였다. 이러한 연구 결과들은 초등교사 C의 빛을 인식하는 과정에 대한 사고가 안정적인 이유와 관련된다고 할 수 있다.

3. 상에 대한 관점

실상은 볼록렌즈 등을 통해 빛이 모일 때 관찰된다. 그러나 허상은 빛이 실제 모이지 않지만 눈에 들어온 빛이 직진하였다고 인식하는 사고의 특성 때문에 관찰되는 것이다. 초등학교 교사들이 볼록렌즈를 통과한 빛의 경로를 통해 실상과 허상을 구분할 수 있는지 알아보았다.

1) 허상에 대한 사고가 없는 경우

볼록렌즈 앞으로 물체를 이동하였을 때, 실상이

허상으로 변하여 관찰되는 과정을 이해하는지 알아 보는 문항에서, 초등교사 A는 실제 물체와는 상관 없이 내 눈에 보이는 것이 상이라고 생각하고 있었다. 즉, 초등교사 A는 상 자체를 이해함에 있어서 관찰자의 인식이 중요하다는 것을 알고 있었다. 다음은 초등교사 A의 상에 대한 생각을 알아본 면담 내용이다.

- 연구자: 빛이 있고 물체가 있는 상태에서 내가 물체를 인식하는 것이 상이라고 대답해 주셨는데요. 좀 더 자세하게 말씀해주시겠어요?
- 교사 A: 예. 상이, 그러니까 실제 물체랑 상이 같을 수도 있지만, 실제 물체가 내가 보는 상이랑 다를 수도 있지 않아요?
- 연구자: 그렇죠.
- 교사 A: 그러니까 똑같은 때는 그냥 물체라고 인식을 할 수도 있겠고, 내가 안경을 쓰면 실제 물체는 안경으로 보는 것과는 다르지만, 나에게만 안경을 쓰고 봤을 때는 안경을 쓰고 보는 그게 실제라고 생각을 하잖아요. 그러니까 내 눈에 보이는 게 상인 것 같아요. 내가 인식할 수 있는 것.
- 연구자: 실제(로 존재)하던 안하던 상관없어요?
- 교사 A: 그렇잖아요. 만약에 물 쟁에 동전이 있어요. 그러던 쟁여 보이잖아요. 근데 실제로는 바닥에 있지만, 내 눈에는 떠 보이잖아요. 그 떠 보이는 자체가 상이겠죠.

그러나 그림 6의 개념 검사지 문항에서 볼록렌즈를 통해 스크린에 맺힌 실상이 물체를 이동시키면 어

2) A에 촛불을 놓으면 스크린 D에 거꾸로 선 촛불이 보인다. A에서 B로 옮기면 어떤 모양의 촛불이 어디에서 보일지 아래 그림에 그려보시오.

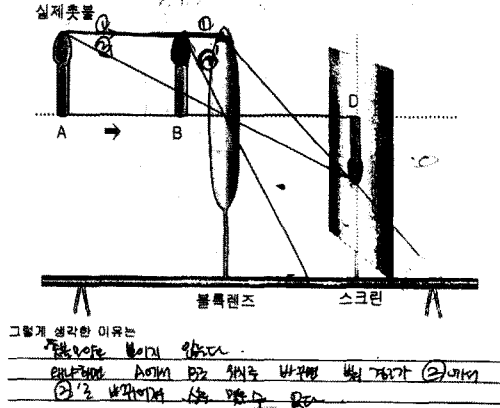


그림 6. 촛불의 위치를 변화시켰을 때, 볼록렌즈에 의한 상의 변화에 대한 초등교사 A의 응답

떻게 되는지 알아본 결과, 초등교사 A는 상을 관찰할 수 없다고 응답하였다. 이를 통해 초등교사 A는 허상에 대한 사고가 없는 것을 확인할 수 있었다.

또한 이 문항에 대한 교사 A의 면담 내용은 다음과 같다.

- 연구자: 촛불이 B의 위치로 렌즈에 근접했을 때 상은 어떻게 될까요?
- 교사 A: 이제 똑같죠. 1번은 똑같고, 2번도 같은 규칙에 의해서. 그러니까 이게 뭐 나중에 그려보면 알겠지만, 규칙이 렌즈의 중심에서는 직진한다. 이런 규칙이 바뀌게 된 것도 있고, 앞에 그렸던 경험에 의해서 빛이 중심에서 직진을 짝 해 버리면 여기서 만나지가 않으니까 상이 안 생긴다. 상을 맺을 수 없을 것 같아요.
- 연구자: 상을 맺을 수 없다. 그러면 상을 볼 수 없나요?
- 교사 A: 음, 이 상태에서는요?
- 연구자: 네.
- 교사 A: 눈은 어디에 있는 거죠?
- 연구자: 눈은 여기(그림의 오른쪽, 스크린이 있는 쪽)에 있고요.
- 교사 A: 눈이 여기에 있다면, ... (고민 중) ... 이 그림 상에서는 못 볼 거 같네요.
- 연구자: 우리는 돋보기, 볼록 렌즈가 일종의 돋보기잖아요. 그럼 우리가 돋보기로 보면, 뭔가가 보이진 않나요?
- 교사 A: 음, 뚜렷하게 안보이지 않을까요? 초점을 안 맞추면?
- 연구자: 무슨 말씀이신지?
- 교사 A: 그러니까 빛이 안 모인다는 건, 우리가 실상을 뚜렷하게 볼 수 없다는 거잖아요?
- 연구자: 빛이 모이지 않기 때문에 상을 맺을 수가 없다는 말씀이신가요? 그래서 상을 볼 수 없다는?
- 교사 A: 네, 네.

이를 통해 초등교사 A는 작도법에 의존하여 상과 물체 사이에 빛의 경로를 그렸으나, 물체와 렌즈와의 초점 거리가 짧을 때 볼록 렌즈에 의해서 나타나는 허상의 작도에 대해서는 인식하지 못하고 있음을 알 수 있었다.

초등교사 A는 반사된 빛이 눈에 들어와야 볼 수 있다는 사고도 불안정하였으며, 빛을 인식하는 과정에 대한 사고도 불안정하였다. 따라서 빛의 경로에 대한 인식이 제대로 형성되지 못한 경우에는 관찰된 상에 대한 이해가 제대로 이루어지지 못함을 확인할 수 있다. 보편적으로 상을 정의할 때, ‘물체

의 각 점에서 반사된 빛이 한 점에 모이는 점 혹은 점들의 집합체'라고 한다. 그러나 이러한 정의는 우리가 관찰할 수 있는 허상을 설명하기 어렵다. 오목 렌즈와 볼록거울은 빛이 모이지 않으며 빛을 퍼트리는 성질이 있지만, 이를 통해서도 우리가 상을 관찰할 수 있기 때문이다. 이러한 허상을 제대로 이해하기 위해서는 우리 눈에 들어오는 빛을 우리가 감지하여 인식하는 과정에 대한 관점이 상의 설명에는 포함될 필요가 있다(이재봉 등, 2004). 초등교사 A는 이러한 관점이 없었기 때문에 허상에 대한 사고가 형성되지 못하였다고 할 수 있다.

2) 허상에 대한 사고가 불안정한 경우

초등교사 B는 실제 물체, 혹은 실제 존재하고 만질 수 있는 것이나 스크린에 맺힌 것을 실상으로 생각하였으며, 볼록렌즈를 통과해서 보이는 것과 같이 실체가 아닌 것을 허상으로 생각하였다. 다음은 실상과 허상의 개념에 대한 교사 B의 생각이 드러난 면담 내용이다. 면담 내용과 관련된 문제는 촛불에서 나온 빛이 볼록 렌즈에 의해서 한 점에 모여서 도립 실상을 만든 상황이다. 스크린은 제시되어 있지 않았다.

- 연구자: 이거는 실상인가요 허상인가요?
 교사 B: 이거요? 허상이죠. 스크린에 맺힌 것을 우리는 실상이라고 하고, 실제 상이 맺힌 것을 실상이라고 하고, 실제 상이 아닌 것을 허상이라고 하죠. 그러니까 볼록렌즈를 통과한 건 허상이겠죠.
 연구자: 허상이요? 그럼 선생님이 생각하는 실상과 허상을 생각하는 기준은, 실제로 맺혔으면 실상이고, 맺히지 않으면 허상이라는 건가요?
 교사 B: 네.
 연구자: 그럼 맺힌다는 건, 스크린에 맺힌다는 걸 의미하는 건가요?
 교사 B: 보통은 상은 스크린에 맺히든지, 뭐 하여튼, 글썽 스크린에 맺히는 것도 실상이지만, 실제 물체도 실상이 되겠죠.
 연구자: 아.
 교사 B: 이것(실제 촛불)도 실상이고, 이것이 화면에 맺혀졌다면 그것도 실상이구요.
 연구자: 다른 질문일 수도 있는데요. 이렇게 물체가 있고 거기에 거울을 가져다 놓으면 이렇게 상이 보이잖아요. 그거는 뭐가요?
 교사 B: 허상이죠.
 연구자: 허상인가요? 그거 왜 허상인가요?
 교사 B: 뭐 개는 실제로는 거기에 상이 없는 거니까요. 실

제는 없는 건데 있는 것처럼 보이니까, 그건 허상이죠.

- 연구자: 그럼 이거(그림 1에 제시된 문제의 상) 뭐죠?
 교사 B: 이거 이제 여기에서 스크린을 치어버리면 (라)에서는 렌즈를 통해서 보는 상이 보이는 거니까 실제로 렌즈가 없으면 이거 실상인데, 렌즈를 통과해서 보이는 거니까 허상이죠.

이를 통해 초등교사 B는 실물과 실상을 혼동하여 쓰고 있는 것처럼 보였으며, 우리가 일반적으로 물체에서 나온 빛이 거울이나 렌즈를 통해 상을 형성하게 될 때 흔히 생각하는 모든 상을 허상이라고 여기고 있음을 알 수 있다.

다음은 상의 이해에 대한 교사 B와의 면담 내용 중의 일부이다. 문제 상황은 볼록 거울에 의해 허상이 형성된 상황이다. 면담 내용에서 나오는 C는 볼록 거울에 의해 허상이 형성된 위치이다.

- 연구자: 네, 퍼져버렸는데, 우리는 C 위치에 상을 보게 되잖아요?
 교사 B: 실제로 C라는 상은 못 본다니까요.
 연구자: 네?
 교사 B: C는 우리가 작도를 한 것이죠. C라는 상을 우리 지금 옆에서 보고 있잖아요. C처럼 상이 작게 보인다는 거죠. 실제로 C라는 상은 못 보죠. 무슨 얘기냐면, 눈의 위치에 따라 상은 달라지거든요. 근데 대표적인 걸 하나 작도를 한 거죠. 이런 식으로 나타낸다고 보여주는 것이죠.
 연구자: 음, 그러니까 작도의 규칙에 의해서 C를 그릴 수는 있죠. 근데 실제로 이렇게 되면, C부분에 상이 안 보인다는 말씀이신가요?
 교사 B: 실제 눈이, 만약에 눈이 오기 있다면...

3. 촛불을 A에 놓고 볼록거울을 통해 보인 C위치에 그림 같은 촛불이 보인다. 촛불에 표시된 화살표 방향으로 레이저포인터를 쏘면 빛의 이동 경로를 그리고 설명하세요.

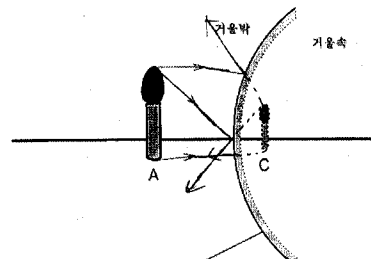


그림 7. 볼록거울에서 관찰되는 상을 통해 추리한 빛의 이동 경로에 대한 초등교사 B의 응답

연구자: C를 볼 수 없다는 건가요?
 교사 B: 아뇨, C는 보겠죠. 상이 여기 있으니까 C는 보는데, 상을 보는 모양이 달라진다는 거죠. 여기 C는 지금 옆에서 본 거잖아요? 정상적인 상을 본 거고, 우리가 거울에 상이 있어도, 실제로 나의 상을 저 거울에 의해서 저쪽에 있으면 볼 수 있지만, 지금 저는 안보이잖아요. 저한테는 상이 없는 거잖아요?
 연구자: 보는 각도가 달라져 버리니까, 그 말씀이신가요?
 교사 B: 네. 이 상은 그냥 대표되는 각도에 의한 상인 거죠.

이 면담 내용을 통해 초등교사 B는 작도에 의한 상과 실제 우리가 눈으로 보는 상이 다르다고 생각하고 있음을 알 수 있었다. 작도에 의한 상은 작도의 규칙으로 표현한 임의의 대표적인 경우이며, 따라서 작도에 의해 나타난 상에 특별한 의미를 부여하지 않고 있었다. 이를 통해 초등교사 B는 상에 대한 과학적 개념이 불안정 하다고 판단할 수 있었다.

초등교사 B는 실상과 허상을 명확하게 구분하지 못하고 있었고, 작도로 빛의 경로와 상의 관계를 표현하는 것에 대한 이해가 제대로 형성되지 못하였다. 이는 작도로 상을 표현하는 과정을 학습자에게 지도하는 것은 어렵다는 생각과 같은 맥락이라고 할 수 있다. 또한, 초등교사 B가 빛을 인식하는 과정에 대한 사고가 불안정하였다는 것과 허상에 대한 사고가 안정적이지 못한 것은 관련이 있다고 할 수 있다. Wyrembeck과 Elmer(2006)의 연구에서도 전통적으로 가르치는 광학에서는 허상을 지도하지 않으나, 광학을 보다 깊이 있는 이해를 위해서는 허상부터 먼저 가르쳐야 함을 주장하였다.

3) 허상에 대한 사고가 안정한 경우

실상과 허상에 대한 명확한 구분을 초등교사 C는 하고 있는 것으로 나타났다. 다음은 이와 관련된 면담 내용 중 일부를 발췌한 것이다.

연구자: 그럼 실상과 허상은 어떻게 다르죠?
 교사 C: 허상은 직접 빛이 나가서 만들어진 상이 아니고요. 실상은 직접 빛이 나가서 만든 상이고, 허상은 직접 만든 상이 아니고, 내 눈이 인식하고 있는 것.
 연구자: 어, 그러니까 허상은 원래는 없는 건데 내 눈이 인식하는 거라는 건가요? 그럼 실상은요?

교사 C: 빛이 나가서 만든 상이요.
 연구자: 빛이 나가서 만든다는 게 정확히 무슨 의미죠?
 교사 C: 그러니까 허상은 빛이 직접 거기서 모이는 게 아녜요. 모이지 않지만 내 눈이 거기에 있다고 인식하는 것이고, 실상은 빛이 직접 거기에 모이는 거고.

또한 오목 렌즈에 의해 허상이 형성되는 경우 상의 위치에 스크린을 대면 촛불이 보이지 않는 이유를 알아본 문항(그림 8)에서 오목렌즈의 상은 실상이 아니므로 스크린에 나타나지 않는다고 진술하였다. 이에 대한 면담 내용은 다음과 같다.

연구자: C 위치에 이제 허상이 생기는 거잖아요? 근데 그 위치에 종이 스크린을 가져다 되면, C가 안 보이는데요. 그 이유가 뭐라고 생각하십니까?
 교사 C: 빛이 직접 가지 않으니까. 내 눈이 인식한 상이지 실제로 빛이 여기에 모여가지고 만들어진 상이 아니니까요.
 연구자: 실제로 여기에는 빛이 없으니까요?
 교사 C: 그렇죠.

한편, 허상에 대한 개념이 없었던 초등교사 A와 불완전한 개념을 가지고 있었던 초등교사 B는 이 문항에서 스크린에 촛불이 보이지 않는 이유를 ‘스크린이 촛불의 빛을 막기 때문’이라고 응답하여 허상이기 때문이라는 점을 인식하지 못하였다. 따라서 초등교사 C는 실상과 허상에 대한 과학적 관점을 가지고 있었으며, 실제 문제 상황에서도 각각의 경우에 형성된 상이 실상인지 허상인지를 명확하게 잘 이해하고 있었다.

초등교사 C가 빛을 인식하는 과정에 대한 사고도 안정적이었던 것과 허상에 대한 사고가 안정

6. 실제 촛불을 A에 놓고 관찰하였다니 관찰자는 그림처럼 C에 작고 비로 선 촛불이 보인다. 그러나 C위치에 스크린을 놓으면 스크린에 촛불의 모습이 보이지 않는다.

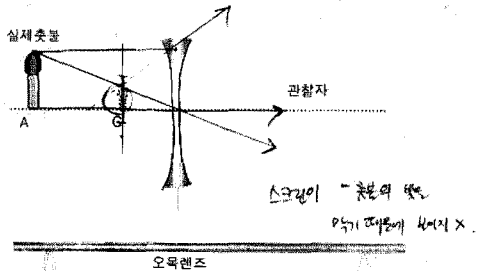


그림 8. 오목렌즈에 의한 촛불의 허상이 스크린에 맺히지 않는 이유에 대한 문항

적이었다는 점은 관련이 있다고 할 수 있다. 초등학교 사 B와 같이 본다는 것에 대한 관점은 명확하지만 빛을 인식하는 과정에 대한 사고가 불안정하였을 경우 허상에 대한 사고가 불안정하게 나타났기 때문이다. 이 교사가 빛의 경로를 선으로 표현한 작도법의 의미를 쉽게 받아들이고 이를 학생들에게 직접 지도하는 것이 필요하다고 인식하고 있었던 점을 통해서도, 빛의 경로를 인식하는 과정에 대한 사고가 매우 안정적이며, 이는 관찰되는 상을 이해하는데 매우 중요한 영향을 미침을 알 수 있다.

초등학교 사 C는 초등학교 사 A나 B와는 달리 이공계 대학을 진학하여 일반물리 과목을 수강한 경험을 가지고 있지는 않았으나, 중등학교에서 빛의 경로를 작도하는 과정을 배운 것에 대해 기억하고 있으며, 상의 모습을 무조건 외우는 것보다 이러한 규칙을 통해 상을 이해하는 과정이 쉽다고 인식하는 점이 뚜렷한 차이점이라고 할 수 있다. 즉, 대학교 교육보다도 중등학교에서 어떻게 학습하였는가 교사의 이해에 큰 영향을 미침을 확인할 수 있다. 이러한 연구 결과는 빛에 대한 교사들의 이해 수준이 낮은 이유가 그들의 중·고등학교 시절의 교육 때문이라는 김진희(2004)의 연구 결과와도 관련이 있다.

4. 점광원에 대한 관점

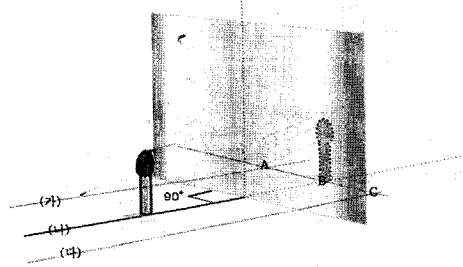
점광원에 대한 관점을 형성하는 경우에는 물체에서 나온 빛이 거울과 렌즈에 의해서 반사하거나 굴절하기 때문에 관찰되는 상이 관찰자의 관찰 각도에 따라 변화하지 않음을 인식할 수 있다. 그러나 점광원에 대한 관점이 형성되지 못하는 경우에는 물체를 이동시키지 않고 관찰자의 위치만 변화시켜도 상의 위치가 변할 것이라고 생각하게 된다.

그림 9는 평면거울 앞에 있는 촛불을 관찰하는 사람의 위치를 변화시킬 때 관찰되는 상의 위치가 변한다고 생각하는지 알아본 문항이다. 이 문항에서 초등학교 사 A, B, C가 모두 (가)의 위치에서 관찰자가 있으면 C의 위치에 상이 나타나고, (나)의 위치에 관찰자가 있으면 A의 위치에 상이 나타난다고 생각함으로써 사고가 불안정함을 드러내었다.

그림 9를 보면, (나)의 위치에서 관찰되는 상이 (가)의 위치에서도 그대로 관찰되지 않고 이를 점선으로 연장하여 C 위치로 상이 이동한다고 생각하고 있음을 알 수 있다. 이는 상을 다시 점광원으로 인식하는 과정에 대한 사고의 부족 때문이라고 할 수

IV. 빛의 반사

1. 거울 앞에 촛불이 있고 거울 안에 촛불의 모습이 보입니다. 관찰자가 거울 밖 (나)에 서서 촛불을 바라보면 거울 속 B에서 촛불이 보인다. 관찰자가 (가), (다)에 서서 거울을 바라본다면 거울 속 A, B, C중 어디에 촛불이 있는지 쓰세요.



- 1) 관찰자가 (가)에 있는 경우 (C
- 2) 관찰자가 (다)에 있는 경우 (A

그렇게 생각한 이유는?

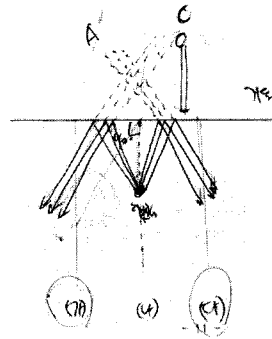


그림 9. 평면거울에서 관찰자의 위치에 따른 상의 위치 변화에 대한 초등학교 사 A의 응답

있다.

초등학교 사 B의 경우에도 면담을 통해 작도법으로 그림을 그렸지만, 명확하게 개념을 형성하지 못하고 있음을 확인할 수 있었다.

연구자: 네. 그 다음에, 여기에서 선생님이 경로를 3개를 그리셨잖아요? 촛불에서 출발하는 빛의 경로를 3개 그리셨는데, 어떻게 그리셨는지?

교사 B: 어떻게 그렸냐고요?

연구자: 네. 그러니까 왜 이렇게 그리셨는지 궁금하게 드요.

교사 B: 기존의 볼록렌즈에 대한 어떤 상식으로 그렸죠.

연구자: 상식? 그러니까 그 작도법 말씀하시는 건가요?

교사 B: 그렇죠. 작도법.

연구자: 중심을 통과하면 직진하고, 평행하게 들어오면 초점을 지나고, 이런 식으로요? 그럼 그 그림에 선 초점이 없잖아요? 초점을 가르쳐 주지 않았잖아요?

교사 B: 그렇죠. 초점을 알려주시지는 않았죠.
 연구자: 그러면 그 평행하게 들어가는 그 빛이 저쪽 상에 있는 촛불 쪽으로 갔는데, 왜 그렇게 그리셨는지?
 교사 B: 그건 상이 이렇게 있어서 그렇게 그랬죠. 만약에 상이 여기에 있지 않고 다른 곳에 있었다면, 다르게 그랬겠죠. 하여튼 상에 맞춰서 그린 거죠.
 연구자: 그럼 상에 맞춰서 그린 건가요?
 교사 B: 어, 가운데데 상에 맞춘 건 아니고, 오건 상에 맞춘 것이고. 가운데 것은 직진하고, 물론 직진하는 상의 상이 아니었으면, 상은 참 애매하죠. 이 상 자체가 잘못된 것이라고 생각을 하니까. 일단 하여튼 이 빛은 가운데 통과한건 직선으로 그린 거예요. 근데 여기서 만나기 때문에 여기 까지만 그린 거죠. 실제로 빛이라는 게 더 그릴 수도 있겠죠. 계속 이렇게 나아가는 것으로 진행방향을 이야기하는 거지, 빛이 멈춘 건 아니니까. 그것을 그린 것이고, 오것은 이제 초점이 없으니까 상에 맞춰서 그린 거죠.

초등교사 B는 거울 안으로 선을 이어가면서 그 선은 점선이기 때문에 빛의 실제 이동 경로가 아님을 인식하지 못하고 빛이 멈춘 것이 아니므로 계속 나가도록 그리다 보니 A나 C의 위치까지 빛을 연장하여 상을 그리게 되었다고 설명하였다.

그러나 초등교사 C는 면담을 통해 관찰자의 위치 변화에 따라 상의 위치가 변할 것이라고 응답한 것이 잘못되었음을 깨닫게 되었다.

연구자: 그럼 왜 관찰자가 움직이면 상의 위치가 달라질 것이라고 착각을 하게 되는 거라고 생각을 하세요?
 교사 C: 이게, 이곳(평면거울에 의해 형성된 상)에서부터, 점광원에서부터 여러 가지 빛이 사방으로 나온다는 것을 순간 생각을 못한 거죠. 그걸 생각을 못하고, 빛이 직진한다는 것에 무조건 꽂혀서 그것만 생각을 해서 (가)에서 직진이면 C 위치고, (다)에서 직진이면 A 위치가 아닐까라고 그냥 단순히 생각하는 거죠. 좀 더 깊이 생각을 했을 경우에는 애(거울에 비친 상)가 빛이 사방으로 나오니까 위치가 안 변한다는 걸 알 수 있었을 텐데, 그게 아니고 직진에 대해서만 너무 생각을 하다 보니까 그렇게 된 것 같아요.

이러한 면담 결과를 통해 본다는 것에 대한 인식, 빛의 직진에 대한 인식, 그리고 상에 대한 관점이

형성된 경우에도 점광원에 대한 인식이 있어야 상을 관찰하는 것에 대한 명확한 이해를 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

5. 지도 방식에 대한 초등 교사들의 인식 변화

빛과 상에 관련된 현상에 대한 초등 교사들의 관점을 본다는 것, 빛의 직진, 상, 점광원이라는 4가지 측면으로 구분하여 정리해 보면 표 4와 같다.

면담에 응한 초등 교사들은 모두 고등학교에서 이과를 선택하였고, 대학교에서 과학을 심화로 배웠으며, 특히 초등 교사 A와 B는 교대를 나오기 전에 4년제 대학교에서 일반 물리 수준까지 학습하였음에도 불구하고, 빛과 상에 관련된 현상에 대한 관점에서 불안정한 부분이 있는 것으로 분석되었다. 따라서 이러한 배경을 가지지 못한 대부분의 초등 교사들은 이보다 훨씬 더 불안정한 관점을 가지고 있을 것이라고 추측할 수 있다.

이 연구를 통해 빛과 상에 관련된 현상에 대한 자신의 관점을 되돌아볼 수 있었던 세 교사들에게 앞으로 빛에 관련된 내용을 초등학생들에게 가르칠 때 어떤 점에 초점을 두어야 한다고 생각하는지 물어보았다. 상에 대한 관점이 가장 부족하였던 초등 교사 A는 상의 개념을 가르치는 것이 가장 중요하다고 인식하였다.

교사 A: 제가 이걸 하면서 느낀 게, 애들한테 상을 꼭 가르쳐 줘야겠다. 근데 보통은 상을 안주장해요.

연구자: 그렇죠. 그냥 안주고...

교사 A: 작도를 해 봐라.

연구자: 그건 그냥 작도의 규칙을 안다는 전제하에서 작도해서 상을 그려라, 이거죠.

교사 A: 실제로 우리가 작도의 규칙을 물체와 상의 대응에 의해서 배운 게 아니라, 선생님이 작도의 규칙이 첫 번째는 어땠고, 두 번째는 어땠고 그렇게

표 4. 빛과 상에 관련된 현상에 대한 초등 교사들의 관점 분석

관점	교사 A	교사 B	교사 C
본다는 것	불안정	안정	안정
빛의 인식	불안정	불안정	안정
허상	없음	불안정	안정
점광원	불안정	불안정	불안정

게 말해주고서 그려봐라 이거잖아요. 그래서 이걸 하면서 애들하고 할 때도 내가 이렇게 상을 그려줘야겠다. 그런 생각을 했었어요. 그래서 그 작도의 법칙이나, 빛의 경로를 유추할 수 있게 해야겠다.

연구자: 네.

위 면담 내용을 보면, 초등 교사 A는 기존의 교육 방식처럼 작도의 규칙을 먼저 가르친 다음에 그 규칙에 따라 빛의 경로를 그리도록 제시하는 것보다, 학생들에게 물체와 상의 대응관계에 대해 살펴보고, 이를 통해 빛의 경로를 학생들이 유추할 수 있도록 지도하면서 작도의 법칙을 제시하는 것이 필요하다고 생각하였다. 이는 초등 교사 A의 관점이 불안정한 것으로 분석된 빛의 인식에 관련된 내용으로, 빛을 인식하는 과정에 대한 이해 없이 작도법을 배우는 것이 무의미함을 이 연구 과정을 통해 깨달았음을 알 수 있다.

교사 A: 렌즈나 거울에서 작도를 하잖아요. 작도를 하는 것도, 그냥 작도의 법칙이라면서 3가지 가르쳐 주고, 작도를 하라고 하고 답을 구하는 식이었던 것 같아요. 그러니까 왜 내가 작도를 하고 있는지 모르는 거죠.

연구자: 작도를 하기는 하는데 왜 작도를 이렇게 하는지 모르고, 그냥 이렇게 규칙이 정해져 있으니까 한다는 말씀이세요?

교사 A: 그렇죠. 근데 이번 기회를 통해서 느낀 것은, 아~ 작도를 왜 하는지를 알게 되었다는 거? 그걸 느꼈었고, 애들한테 가르칠 때 작도부터 가르치면 안 되겠구나. 특히나 초등학교는 더 그래요.

또한 초등 교사 A는 빛의 굴절과 반사와 같은 현상을 레이저포인터로 직접 학생들에게 보여주고 나서 거울과 렌즈와 같은 실생활 소재를 이용한 현상을 제시하는 것이 필요하다고 생각하였다. 그러한 과정 없이 여러 가지 실생활 소재를 제시하는 것은 학생들을 오히려 혼란스럽게 할 것이라고 생각하였다.

교사 A: 아이들에게 원리를 모르는 상태에서 그냥 이런 실생활 소재를 늘어놓으면, 애들이 더 혼란스럽다. 책에서는 애들한테 직접 와 닿는 게 실생활 소재니까 그렇게 해놓은 거 같은데. 일단은 기본 성질 있잖아요? 뭐 빛을 퍼뜨리고 모으고,

그거를 먼저 보여줘야 된다고 생각했어요. 그래서 레이저포인터를 이용해서 먼저 빛의 성질을 보여주는 게 먼저구나. 그리고 그것보다 더 먼저는 이거죠. 3학년 때 보면, 빛이 도입이 되는데 아이들에게 우리가 왜 볼 수 있냐? 이렇게 물으면, 의외로 대답을 잘 못하더라고요. 그냥, 눈이 있어서 보인다. 그리고 또 뭐가 보이냐? 계속 그러면, 또 이제 그때서야 빛이 있고 눈이 있고, 이렇게 내 머릿속에 들어와서 보이는 거다, 그 물건이. 그걸 이렇게 안하고 넘어가면 그 아이들도 나중에 왜 우리가 이걸 배워야 되냐? 이렇게 될 것 같은데. (이 연구에서) 그걸 물어보니까 (내가)오개념이 너무 많다는 생각을 했거든요. 그런 생각이 들었어요.

초등 교사 A는 이 연구를 통해 자신의 오개념을 깨닫게 되면서, 본다는 것에 대한 관점이 없이 지도하게 되면 학습의 의미를 학생들이 깨닫지 못하게 된다는 점도 인식하게 되었다. 초등 교사 A는 면담 대상자 중에서 유일하게 본다는 것에 대한 관점도 불안정하였다. 따라서 상에 대한 인식과 함께 본다는 것에 대한 인식의 필요성을 가장 크게 느끼고 있음을 알 수 있었다. 초등 교사 A는 이 연구에서 부족한 것으로 나타난 관점들에 대해 스스로 인식하고, 이를 통해 학생들을 가르칠 때 어떤 부분을 강조할 필요가 있는지에 대한 생각도 가지게 되었다.

본다는 것에 대한 관점은 형성되어 있지만, 다른 관점들이 불안정한 것으로 나타난 초등 교사 B는 빛을 인식하는 관점과 상의 관점을 형성하는 것이 중요하다는 생각을 하게 되었음을 면담을 통해 확인할 수 있었다.

교사 B: 옛날에는 빛에 대해서 별로 중점을 두지 않았었는데, 이 수업을 듣고 빛을 인식하는 게 중요하다고 생각하고, 그래 가지고 교과서를 다시 봤는데, 그 때 빛을 인식하는 것에 중점을 두고 빛이란 무엇이고, 그 부분을 먼저 지도하게 되었죠.

연구자: 그렇구나. 전반적으로 이 연구의 과정에서 선생님께서는 느끼신 점이나, 혹은 제일 크게 변화되었다거나 그런 건 있으신가요?

교사 B: 글썄요. 초등학교 수업에서는 렌즈나 거울에 수업 내용이 집중되어 있는 거 같은데, 그것보다는 상이 어떻게 우리 눈에 보이느냐, 거기에 집중해야 한다는 거. 사실은 이게 어렵거든요. 초등학교에서 가르치기에는 어려운 내용이에요.

연구자: 네.
 교사 B: 근데 그게 그 수업의 가장 중심, 핵심적인 내용이라는 것이죠.
 연구자: 아.
 교사 B: 상이나 빛을 인식하는 것이 빛을 가르칠 때 지식의 구조라고 볼 수 있거든요.
 연구자: 네.
 교사 B: 그래서 그 쪽으로 많이 수업을 할 때 신경을 쓰게 되죠.

초등 교사 C는 본다는 것, 빛의 인식, 상의 인식 등이 모두 안정적이었으나, 초등 교사 A나 B와 마찬가지로 본다는 것에 대한 관점, 빛의 인식과 상에 대한 관점 등을 가르치는 것이 중요하다고 생각하였다. 특히 상에 대한 관점은 현 초등교육과정에서 다루지 않지만, 관찰을 통해서 학생들이 결과를 암기하지 않으려면 이를 지도할 필요가 있다고 생각하였다. 그러나 현 교육과정에서 제시하는 방식으로 빛의 직진에 대해 가르치는 것은 학생들에게 큰 의미가 없다고 생각하였다.

연구자: 그럼 선생님은 빛이라는 걸 아이들에게 가르칠 때 제일 중요하게 생각하는 건 뭐가요?
 교사 C: 빛이 직진한다고 해서 빛은 직진하는 거다 이렇게만 아는 거지, 별로 호응한다거나, 신기해 한 다거나 그러지 않아요. 뭐 관련된 실험을 보여 준다거나, 렌즈 가지고 상이 맺히는 걸 준다거나 하면 '이게 맺히는 게 이게 왜 이럴까?' 이렇게 동기유발을 하던, 애들이 '아, 신기하다.'라고 생각을 할지 몰라도, 우리가 사물을 볼 때 우리가 인식하는 게 뭔지에 대해서 알려주는 게 더 좋을 것 같아요.
 ... (중략) ...
 교사 C: 대부분 초등학교 내용에서 다루어지는 것은, 허상이나 실상이다 이런 이야기 어렵기 때문에 안 하더라도, 거꾸로 보인다, 바로 보인다, 크게 보인다, 작게 보인다, 이걸 위주로 가르쳐요. 시험 문제도 그렇게 나오니까, 애들이 아무래도 내용을 이해를 못하면서 그냥 외우면 된다고 생각하는 거 같아요.
 연구자: 네. 그럼 선생님이 가장 중요하게 생각하는 건 뭐가요?
 교사 C: 일단 상이 나와 있으면 상을 위주로 생각을 하죠.
 ... (중략) ...
 연구자: 지금의 초등교육과정의 내용을 보면, 관찰과 현상 위주로 가고 있잖아요?
 교사 C: 그것은 잘못된 것 같아요. 왜냐하면 애들도 관찰

을 한다고 해서 그 원리를 아는 건 아니거든요.

초등 교사 C는 관찰과 현상 위주로 제시되어 있는 현 초등교육과정의 내용 구성이 적절하지 않으며, 그 이유는 학생들은 관찰을 통해 그 원리를 아는 것이 아니기 때문이라고 생각하였다. 따라서 앞으로 학생들을 지도할 때 현상보다는 원리를 이해시키는 방향으로 지도하려고 생각하고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 사고의 변화도 초등 교사 A나 B의 경우와 유사하였다.

연구자: 그럼 이제 마지막 질문인데요. 이 수업을 듣고 제일 많이 선생님이 변화되었다거나, 원래는 이렇게 했었는데 달라진 점은 없나요?
 교사 C: 솔직히 말씀드리면, 처음에는 '아, 그런가보다.' 하고 생각했는데, 나중에 나도 렌즈 단원을 가르칠 때, 작도를 가르쳐어도 원리를 가르치지 않았으니까, 이렇게 원리를 가르쳐야겠다는 생각을 했었어요.
 연구자: 그 방금 말한 원리라는 것이, 상과 물체를 인식하는 그 원리를 말씀하시는 건가요?
 교사 C: 네. 그 원리죠.

면담 대상 교사들은 최소한 4년 이상의 교육 경험을 가지고 있었으므로, 초등학생들에 대한 이해 수준에 대해 모르고 있다고 보기 어렵다. 따라서 이들이 현 교육과정의 문제점으로 관찰과 현상 위주의 수업을 지적하고, 본다는 것에 대한 관점, 빛의 인식과 상에 대한 관점 등을 지도하는 것의 필요성을 공통적으로 인식하고 있다는 것은 초등교육에 주는 시사점이 크다고 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 빛과 상에 관련된 현상에 대한 초등 교사들의 관점을 조사하고, 현 초등과학교육과정의 내용 구성에 대한 문제점과 지도 방식의 변화에 대한 필요성 등에 대한 교사들의 인식을 알아보았다. 비록 3명의 교사들을 대상으로 한 사례 연구이므로 일반화에는 어려움이 따를 수 있으나, 이들이 고등학교에서 이과를 선택하였고, 교대에서 과학을 심화로 선택하였으며, 이들 중 2명은 이공계 대학에 진학하여 일반물리를 수강한 경력도 가지고 있었으므로 광학에 관련된 지식을 학습한 면에서는

보편적인 초등 교사들보다 나왔을 것이라고 판단할 수 있다. 또한, 이들은 연구 대상자들을 선정하는 과정에서 이루어진 조별 토론식 수업에서 빛과 상에 관련된 현상에 대한 관점이 다른 초등 교사들에 비해 뚜렷하였으므로, 이 연구의 결과는 빛과 상에 관련된 교육에 주는 시사점이 분명할 것이라고 할 수 있다.

연구 결과, 면담에 응한 초등 교사들은 고등학교에서 이과를 선택하고 대학에서도 과학을 심화로 학습하였음에도 불구하고 빛과 상에 관련된 현상에 대한 이해가 매우 부족하였다. 이들은 현 교육과정과 같이 관찰과 현상 중심의 내용 전개보다는 원리를 제시하여야 하며, 이를 학생들에게 지도하는 것이 필요하다고 인식하고 있었다.

교육현장에서 교사는 많은 역할을 수행해야 하지만 그 중에서도 가장 중요한 교사의 역할은 수업을 통해 학생들이 지식을 의미 있게 구성해 나가도록 도움을 주는 것이다. 그러기 위해서는 다양한 교수법을 익히기 전에 먼저 관련된 현상의 기본이 되는 개념들에 대한 이해가 선행될 필요가 있다. 비록 초등학교에서는 관찰과 현상 중심의 내용 전달이 중심이 된다고 해도, 관찰한 결과를 암기하지 않고 이해하도록 전달하기 위해서는 교사가 먼저 본다는 것에 대한 관점, 빛의 인식에 대한 관점, 관찰한 상과 물체를 대응하는 과정으로 작도법을 이해하는 것, 점광원에 대한 인식 등이 선행될 필요가 있다. 초등학교 수업을 지도하면서 학생들이 이해할 수 있도록 다양한 방법을 모색하기 위해서는 관련 개념에 대한 기본적인 이해가 선행되어야 하기 때문이다. 이 연구에 참여한 세 명의 교사들도 연구를 통해 이러한 점을 인식하게 되었다.

초등 교사들이 빛과 상에 관련된 현상을 제대로 이해하고 수업하기 위해서는 이와 관련된 교사 교육이 선행되어야 한다. 그러나 연구에 참여한 교사들이 모두 교대에서 과학을 심화로 전공하였음에도 불구하고, 이를 배운 기억을 가지고 있지 못하였다. 이들의 개념 이해에 가장 큰 영향을 미친 교육은 중등학교 때 배운 내용이었다. 중등학교에서 배운 내용을 쉽게 이해하고 기억하는 교사 C만이 반사된 빛이 눈에 들어와야 볼 수 있다는 관점, 빛을 인식하는 과정에 대한 사고, 허상에 대한 사고 등이 안정적이었다. 그러나 이 교사의 경우에도 점광원에 대한 관점이 부족하여 관찰되는 상이 관찰자의 관

찰 각도에 따라 변화하지 않음을 인식하지 못하였다. 하지만 교사 C는 면담과정에서 바로 이러한 사고의 잘못을 깨닫고 점광원에 대한 관점도 형성하였다. 이는 빛과 상에 관련된 교사 C의 사고가 매우 안정적이었기 때문에 가능한 일이었다고 본다.

이러한 연구 결과를 통해 고등학교에서 문과를 선택하거나 빛과 상에 관한 깊이 있는 학습을 할 경험을 가지지 못한 초등 교사들을 위해 지속적으로 심도 있는 교육의 기회를 제공함으로써 초등 교사들이 학생들을 효과적으로 지도할 수 있도록 도움을 줄 필요가 있다. 또한, 예비 교사 양성 과정에서도 현재보다 심도 있는 교육의 기회를 통해 교사로서의 지도 능력을 길러주는 일이 필요하다. 현재 이루어지고 있는 교육 방식으로는 예비 교사들이 효과적인 지도 능력 획득이 어려울 수 있기 때문이다. 이와 함께 초등학생들에게 이러한 내용을 보다 효과적으로 지도할 수 있는 방식에 대한 연구도 이루어질 필요가 있다. 또한, 앞으로 개정될 과학 교육과정에서는 현 과학교육과정에서 이루어지는 빛에 관련된 내용 구성의 문제점을 검토하고 개선함으로써 이를 반영한 과학 교과서의 개선도 함께 이루어지도록 노력을 기울일 필요가 있다. 교육과정과 이를 근거로 개발되는 과학 교과서의 내용 구성이 크게 변화하지 않는 한, 교사에 의하여 교수 학습의 문제점이 개선될 부분은 크지 못하기 때문이다.

참고문헌

- 고광병(1997). 빛 개념에 대한 초등학교 교사와 학생의 수업 전후의 개념조사. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 권경필, 방소윤, 이성목, 이경호(2006). 광학분야에서 학생 개념의 상황 의존성. 한국과학교육학회지, 26(3), 406-414.
- 김영심, 백성혜(2008). 귀추적 사고를 경험한 과학 교사들의 중학교 1학년 빛 단원 지도 방식에 대한 인식의 변화. 한국과학교육학회지, 28(6), 507-518.
- 김인찬(2002). 중학생들의 광원, 시각 및 반사에 대한 개념 변화. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김진희(2004). 7학년 빛 단원에서의 광선추적과 빛의 합성에 대한 교사들의 개념 이해도 조사. 서울대학교 석사학위논문.
- 김효남(1990). 초등학교 아동의 과학개념에 대한 실태조사 및 교정을 위한 방법 연구. 한국과학교육학회지, 10(2), 11-24.
- 박종원, 장병기, 윤혜경, 박승재(1993). 중학생들의 빛과

- 그림자에 대한 증거평가. 한국과학교육학회지, 13(2), 135-145.
- 박현주(1987). 고등학교 학생들의 빛의 직진, 반사 및 굴절에 관한 개념조사. 서울대학교 석사학위논문.
- 방소윤, 권경필, 강영창, 이성목, 유준희 (2006). 광학현상에서의 학생의 시각 개념. 하계학술대회 및 전국과학교사 현장연구 워크숍, 50, 164-165.
- 배호정(2003). 중학생들의 빛의 굴절에 관한 개념조사. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 오원근, 김재우(2002). 시각 및 빛의 성질에 대한 중학생의 개념. 새물리, 45(3), 163-170.
- 이건호(1999). 빛에 대한 초등학교 교사들의 개념. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이봉우, 이양락(2005) 제7차 과학과 교육과정 물리 내용의 적정성 분석 및 평가. 새물리, 50(6), 383-393.
- 이양락, 박재근, 이봉우(2006). 제7차 중등학교 과학과 교육과정 내용의 적정성 분석. 한국과학교육학회지, 26(7), 775-789.
- 이재봉, 남경운, 손정우, 이성목(2004). 광선추적과 스펙트럼에 대한 교사와 중학생의 개념 유형분석. 한국과학교육학회지, 24(6), 1189-1205.
- Buty, C. & Mortimer, E. F. (2008). Dialogic/authoritative discourse and modelling in a high school teaching sequence on optics. *International Journal of Science Education*, 30(12), 1635-1660.
- Galili, I. & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: Interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22(1), 57-88.
- Galili, I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, 18(7), 847-868.
- Goldberg, F. M. & McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physical Teacher*, 24(8), 472-480.
- Guesne, E. (1985). Light. In Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A.(Eds.), *Children's ideas in science*. Philadelphia, Open University Press, 10-33.
- Stead, B. F. & Osborne, R. J. (1980). Exploring science students concepts of light. *Australian Science Teachers Journal*, 26(3), 84-90.
- Wyrembeck, E. P. & Elmer, J. S. (2006). Investigating an aerial image first. *Science Teacher*, 73(2), 51-55.