

## 렌즈를 지나는 빛의 경로 학습에서 기본 개념을 강화한 초등 과학 영재 수업의 효과

이인호 · 홍준익<sup>†</sup> · 전영석<sup>‡</sup>

(서울대학교) · (한성과학고등학교)<sup>†</sup> · (서울교육대학교)<sup>‡</sup>

### Effects of the Classes on the Path of the Light through the Lens Focused on Substantial Concepts for the Elementary School Gifted in Science

Lee, Inho · Hong, Jun-Euy<sup>†</sup> · Jhun Youngseok<sup>‡</sup>

(Seoul National University) · (Hansung Science High School)<sup>†</sup> · (Seoul National University of Education)<sup>‡</sup>

#### ABSTRACT

In this paper, we suggested that those elementary school students who are gifted in science should be taught basic and fundamental concepts to solve applied problems. We developed a teaching model based on a lesson regarding the path that light takes when passing through a lens on the base of refraction of light. We applied the teaching model to scientifically-gifted elementary school students and analyzed the results. The teaching model is based on the circulation learning model appropriate for learning such concepts. The problems were designed and applied in order to determine the students' level of concept skills held and also to develop new teaching tools to help their understanding of concepts. As a result, we confirmed that the students, who were unable to describe the path of the light before the course of instruction was given, were able to draw and explain the path of light passing through lens by using the law of refraction following the instruction.

**Key words** : gifted in science, circulation learning model, refraction, lens

#### I. 서 론

21세기 지식 기반 사회에 대비한 국가 경쟁력 강화와 미래의 창조적 과학 능력 배양을 위해서는 과학 분야에 무한한 잠재력을 지닌 과학 영재의 적절한 발굴과 체계적인 교육이 필수적이다(김영채, 1999). 과학 영재 교육이 국가 생존력을 결정짓는 중요한 과제임을 인식하여 과학기술부에서 지원하는 대학 부설 과학영재교육원 및 각급 교육청에서 지원하는 과학영재교육원에서도 수학, 과학 및 정보 분야의 영재 교육이 실시되고 있다. 이들 과학 영재교육원에서는 독자적으로 영재 교육 프로그램

을 개발하여 운영함으로써 과학 영재 교육에 대한 국민적 관심과 과학 영재의 조기 발굴, 질 높은 교육 실시 등 가시적 성과를 얻고 있다고 보인다(강호감 외, 2002). 과학 영재 대상 학습의 효과를 극대화하기 위해서는 적절한 교수·학습 전략을 도입하여 실시하는 것이 중요한데, 과학 영재를 대상으로 한 교수·학습 전략으로 속진 학습, 심화 학습, 간학문적 접근, 사사 학습 혹은 개별 교수 등을 다양하게 들 수 있다(임채성, 2005).

초등학생을 대상으로 하는 과학 영재 교수·학습을 계획하여 실시할 때는 학교에서의 학습 내용에 대해 우선적으로 분석할 필요가 있다. 우리나라

의 7차 교육 과정 구성을 보면 3~6학년의 경우에는 현상 중심으로 기술되어 있으며 7~10학년의 경우에는 개념 중심으로 기술되어 있다(김범기 외, 1997). 그러나 초등학교에서도 현상 중심으로 탐구만 하다 보면 개념에 대한 이해가 명확하지 않아 현상에 대한 정확한 과학적 개념을 갖지 못하는 사례를 종종 찾을 수 있다. 빛의 진행과 관련한 학습 내용의 예를 들어 보면, 7차 교육 과정에서는 5학년에 거울과 렌즈 단원을 두어 현상을 먼저 학습하고 7학년에 빛 단원을 두어 관련 개념을 학습하도록 구성되었다. 그러나 이러한 구성이 학생들의 학습에 도움이 되지 않고 오히려 혼란과 어려움만 가중시키는 결과를 가져오게 되었다. ‘거울과 렌즈’는 물리학의 학습 내용 중에서 쉽고 재미있게 학습할 수 있는 소재임에도 불구하고 초등학교 과학 60개 단원 중 가장 어렵고 흥미도 떨어지는 단원으로 인식되고 있다(이양락 외, 2004). 이러한 문제점의 원인 중 하나로 개념 설명 없이 현상만을 다루는 현행 교육 과정의 구성을 들 수 있다. 교과서와 지도서에서는 현상 중심으로 두루뭉술하게 설명하고 있어서 거울 및 렌즈의 작용을 정확히 이해하지 못하고 혼동을 일으키게 된다는 것이다. 오원근과 김재우(2002)의 연구에서도 빛의 굴절 현상에 대해 정확한 개념을 가진 중학생의 비율이 8.4%에 불과하다는 결과를 얻었다.

빛의 전파와 관련된 내용을 학습할 때는 거울과 렌즈 등 광학기기의 작용을 공부하기에 앞서서 빛의 반사와 굴절과 같은 기초 개념을 먼저 익히는 것이 필요하다(이재봉 외, 2004). 학생들이 기본 개념을 익힌다면 이를 토대로 빛과 관련된 다양한 현상을 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 특히 영재 학생의 경우, 기본적이고 핵심적인 개념을 먼저 다룬다면 이를 이용하여 더 많은 탐구 활동을 수행할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 초등학교에서 강조되어 있는 탐구 활동을 통한 과학 개념의 습득을 동시에 할 수 있는 교수 학습 모형의 적용이 필요하다. 여러 과학 교수·학습 모델 중에서 순환 학습 모델은 학생 중심의 활동을 강조되어 있어 과학 개념의 습득과 탐구 능력의 향상에 도움을 주는 학습 모형이다. 특히, 단순한 관찰만으로는 받아들이기가 어렵고, 추상적인 사고를 필요로 하는 개념들 즉, 밀도, 상태 변화, 삼투 등의 개념에서는 탐구 활동과 개념이 도입되어 있는 순환 학습을 적용했

을 때 긍정적인 개념 변화가 나타난 것으로 보고되었다(최병순과 김충호, 1992; 최재승, 2004; 홍준의와 정완호, 1998).

본 연구에서는 기본 개념을 강조한 빛의 굴절 단원의 수업 방법을 개발하였다. 새로운 수업 방법은 개념 학습 지도에 적합한 순환 학습 모형에 바탕을 두었으며, 이를 위해 새로운 수업 보조 기구를 함께 개발하였다. 개발된 수업 방법은 대학 부설 과학 영재 교육원에서 교육을 받고 있는 초등 과학 영재를 대상으로 적용하여 그 수업 효과 및 적용에의 시사점을 알고자 하였다. 수업 효과는 학습을 통해 개념 변화가 얼마나 이루어졌는지와 함께 학습 과정에 학생들이 어떻게 참여하는지를 통해 판단하고자 하였다.

## II. 연구 대상 및 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구에서는 서울시 소재 대학 부설 과학영재 교육원에서 교육받는 초등학교 5, 6학년 학생 15명을 대상으로 개발된 수업 모형을 적용하였으며, 학생들의 개념 변화를 비교하기 위해 서울 시내 소재 2개 중학교의 2학년 학생 54명을 대상으로 빛의 굴절에 관한 개념 조사를 실시하였다. 중학생들은 전통적인 수업 방식을 통해 이미 빛의 굴절에 대해 배운 학생들이었다. 초등 과학 영재 학생들의 학습 성취 정도는 또래 집단과 비교하기는 어렵고, 오히려 지적 능력이나 학습 이력 측면에서 2~3년 정도 상급의 학생들에 견줄 수 있다고 보고, 초등 과학 영재 학생들의 수업 전후 개념을 중학생들의 개념과 비교함으로써 수업의 효과를 알아보하고자 하였다.

### 2. 연구 방법

연구의 진행 과정을 간략히 나타내면 표 1과 같다. 먼저 굴절 및 렌즈를 지나는 빛의 경로에 관한 개념을 묻는 5개의 문항을 준비하였다. 이 문항을 이용하여 학습 전과 학습 후 초등 과학 영재들의 개념 변화를 중학생들의 개념과 비교하였다.

개념 조사 문항은 표 2와 같이 구성하였다. [문항 1]은 물과 공기의 경계면에서 빛의 굴절 방향을 묻는 기본적인 문항이고, [문항 2]~[문항 5]는 렌즈에서의 굴절을 묻는 문항으로 [문항 2]와 [문항 3]은 볼록렌즈, [문항 4]와 [문항 5]는 오목렌즈에 대한

표 1. 연구 방법

초등과학 영재학생	X <sub>1</sub>	0	X <sub>2</sub>
중학생	X <sub>1</sub>	-	X <sub>2</sub>

X<sub>1</sub> : 사전 개념 조사

X<sub>2</sub> : 사후 개념 조사

0 : 기본 개념을 강화한 수업 처치

문항이다. 그리고 [문항 2]와 [문항 4]는 공기 중에 있는 유리 렌즈로 친숙한 상황이며, [문항 3]과 [문항 5]는 물속에 있는 공기 렌즈로 친숙하지 않은 상황이다.

중학생을 대상으로 한 조사에서는 [문항 1]~[문항 5]를 한꺼번에 해결하도록 하였다. 초등 과학 영재의 경우에는 수업 전 탐색 단계에서 [문항 1]~[문항 3]을 해결하도록 하여 사전 개념을 조사하는데 활용하였고, [문항 4]와 [문항 5]는 응용 단계에 제시하여 수업 후 개념 변화를 알아보았다.

### III. 연구 결과

수업을 진행하면서 학생들의 활동 내용을 관찰하였으며, 또한 학생들이 학습 과정에서 작성한 학습지를 분석하였는데, 이를 순환 학습의 단계에 따

라 나타내면 다음과 같다.

#### 1. 선개념 확인

순환학습의 첫 단계인 탐색 단계에서 3개의 문항을 이용하여 초등 과학 영재반 학생들이 빛의 굴절과 렌즈를 지나는 빛의 경로에 대해 어떤 개념을 갖고 있는지 알아보고, 중학생 대상으로 조사한 결과와 비교하였다.

표 3은 [문항 1]에 대한 응답 결과를 나타낸 것인데, 초등과학 영재의 13%, 중학생의 37%가 공기에서 물을 통해 다시 공기로 진행하는 빛의 경로를 제대로 나타내었다. 그러나 학생들의 응답 유형을 자세히 살펴보면 빛이 수조의 바닥 면에서 반사하는 것으로 나타내거나 공기에서 물로 진행되는 과정만 그렸지만 공기와 물의 경계면에서 굴절의 원리를 옳게 적용하였다는 것을 알 수 있다(그림 1).

이 결과만을 보면 굴절의 원리에 대한 개념이 형성되지 않은 학생은 초등 과학 영재의 33%(5명), 중학생의 44%(24명)에 해당한다는 것을 알 수 있다. 본 연구의 대상인 초등 과학 영재 학생들은 이미 '거울과 렌즈'단원의 학습을 학교에서 배운 학생들이었다. 또한 사전 설문 조사 대상이었던 중학생들도 중학교 1학년 과정에서 빛의 직진, 반사, 굴

표 2. 개념 검사 문항의 내용

문항 번호	문항의 소개	관련 개념 및 상황
1	어항의 위쪽에서 입사한 빛이 공기 → 물 → 공기로 전파하는 동안 진행하는 모습 그리기	직선 경계면에서의 굴절, 친숙한 상황
2	공기 중에 유리로 이루어진 볼록렌즈가 있을 때, 평행하게 입사한 빛이 나아가는 경로 그리기	곡면(볼록 렌즈)에서의 굴절, 친숙한 상황
3	물속에 공기로 이루어진 볼록렌즈가 있을 때, 평행하게 입사한 빛이 나아가는 경로 그리기	곡면(볼록 렌즈)에서의 굴절, 친숙하지 않은 상황
4	공기 중에 유리로 이루어진 오목렌즈가 있을 때, 평행하게 입사한 빛이 나아가는 경로 그리기	곡면(오목 렌즈)에서의 굴절, 친숙한 상황
5	물속에 공기로 이루어진 오목렌즈가 있을 때, 평행하게 입사한 빛이 나아가는 경로 그리기	곡면(오목 렌즈)에서의 굴절, 친숙하지 않은 상황

표 3. [문항 1]에 대한 초등과학 영재학생 및 중학생의 응답 유형

구분	응답 유형	초등 영재(N=15)	중학생(N=54)
정답	빛이 공기 → 물 → 공기로 전파하는 모습을 바르게 그린 경우(①)	2(13%)	20(37%)
	수조의 바닥에서 반사하는 것으로 그린 경우(②)	6(40%)	2(4%)
오답	공기에서 물로 진행되는 모습만 그린 경우(③)	2(13%)	8(15%)
	빛이 굴절하는 방향을 잘못 표현한 경우(④)	5(33%)	24(44%)

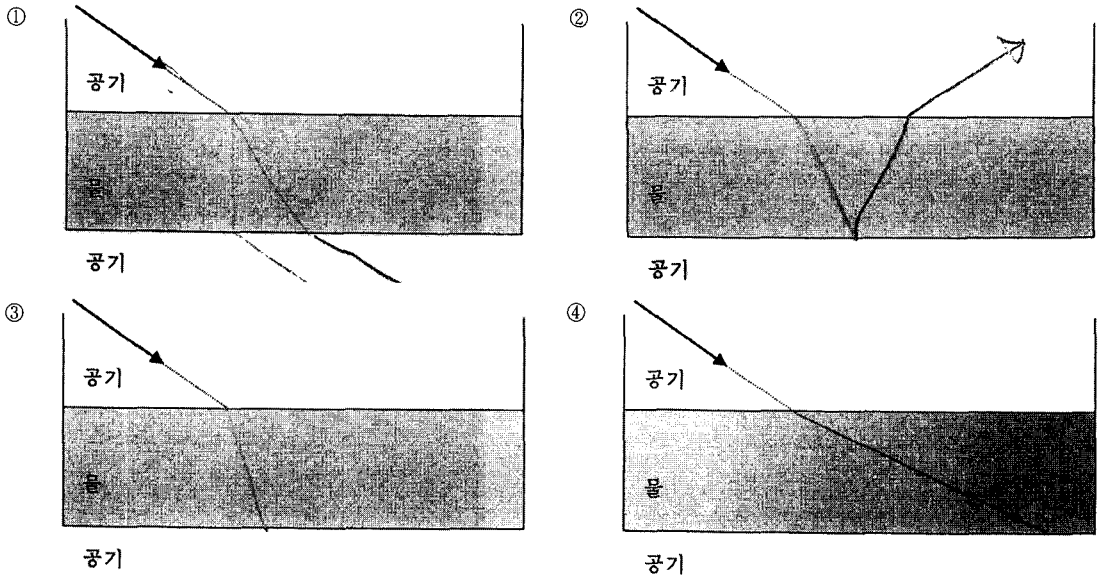


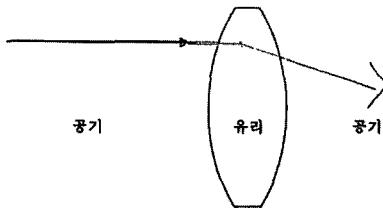
그림 1. [문항 1]에 대한 초등과학 영재학생 및 중학생의 응답 유형

질을 집중적으로 학습한 2학년 학생들이었다. 굴절의 원리에 대한 개념이 형성되었거나 형성되어 있다고 간주할 수 있는 학생의 비율(초등 과학 영재 학생: 67%, 중학생: 56%)만 보면 학교에서의 학습이 대체로 잘 이루어진 것처럼 보인다. 그러나 [문항 2]와 [문항 3]에 대한 응답으로부터 학생들이 갖고 있는 빛의 굴절에 대한 개념이 불완전하다는 것을 알 수 있었다. [문항 2]에 대한 응답을 보면 대부분의 학생들이 볼록렌즈가 빛을 모아주는 모습을

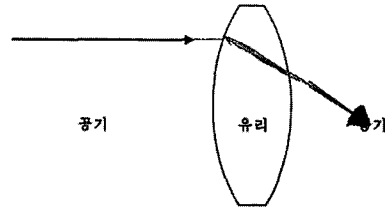
본 경험에만 의존하고 있음을 확인할 수 있다(그림 2). 즉, 빛이 렌즈를 통과할 때 일어나는 굴절에 대한 개념이 제대로 형성되어 있지 않았다.

[문항 2]에 오답을 표현한 14명의 학생들 중 9명은 빛의 공기 중에서 물속으로 들어갈 때 일어나는 굴절을 제대로 나타낸 학생들이다(그림 3). 이것은 학생들이 경험으로부터 얻은 개념이 매우 취약하여 새로운 상황에 적용하거나 발전시키지 못하는 것을 의미한다. 중학생의 경우도 볼록렌즈를 지

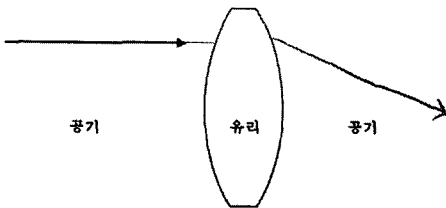
① 빛이 렌즈의 중간에서 굴절(3명)



② 렌즈의 첫 번째 면에서만 굴절(4명)



③ 렌즈 속에서 어떻게 되는지 모름(5명)



④ 렌즈의 첫 번째 굴절면에서 퍼짐(2명)

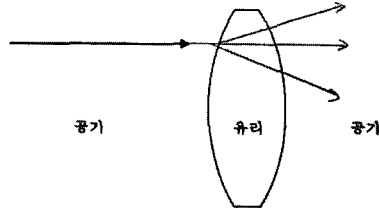
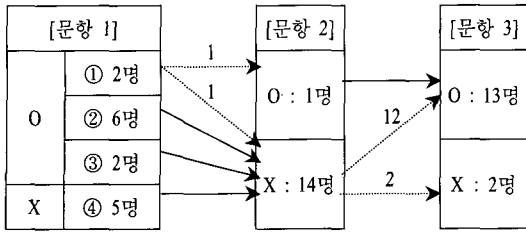


그림 2. [문항 2]에 대한 초등과학 영재학생 오답 분석



**그림 3.** 초등과학 영재학생들의 개념 변화  
 O : 올바른 개념을 갖고 있는 경우  
 X : 올바른 개념을 갖고 있지 않은 경우

나는 빛의 진행을 옳게 그린 학생이 30%에 불과하므로 사정이 크게 다르지 않다는 것을 알 수 있다 (표 4).

물속에 블록한 모양의 공기렌즈를 놓은 경우에 대한 [문항 3]에서 12명의 학생들이 공기렌즈를 지난 빛이 광축 쪽으로 향한다고 표현하였다. 이 학생들은 렌즈의 모양만이 빛의 진행 방향에 영향을 준다고 생각하고 있으며, 빛이 지나 매질과는 관계가 없다는 개념을 갖고 있다고 할 수 있다. 즉, 굴절이 일어나는 원리에 대한 개념을 알지 못하거나 또는 알더라도 적용하지 못하고 렌즈의 모양이 빛의 굴절 방향을 결정한다는 오개념을 갖고 있는 것이다. 중학생의 경우도 빛의 경로를 제대로 나타낸 학생이 17%에 불과하며 83%의 학생이 굴절의 원리를 제대로 적용하지 못하였다(표 4).

이상의 분석으로부터 학생들이 갖고 있는 빛의 굴절에 대한 개념은 경험했던 현상에 크게 의존하고 있고, 불완전한 개념이라고 할 수 있다. 따라서 렌즈를 지나는 빛의 경로를 제대로 이해하기 위해서는 빛의 굴절에 대한 기본적인 개념부터 체계적으로 학습해야 한다.

본 연구에서는 렌즈의 모양만이 빛의 경로에 영향을 준다는 생각에 인지적 갈등 상태를 유발하기 위하여 매질의 순서를 바꾸었을 때의 빛의 경로를 눈으로 관찰할 수 있는 실험 장치를 사용하였다. 이

**표 4.** [문항 2]와 [문항 3]에 대한 초등과학 영재 학생 및 중학생의 응답 분석

문항	구분	초등영재(N=15)	중학생(N=54)
2	정답	1( 7%)	16(30%)
	오답	14( 93%)	38(70%)
3	정답	-	9(17%)
	오답	15(100%)	42(83%)

실험 장치는 아크릴을 이용하여 만든 속이 빈 블록 렌즈 모양의 통으로 물속에 놓아 ‘물-공기-물’의 순서로 빛이 통과하도록 만든 것이다. 이 실험 장치를 이용하여 학생들이 자유롭게 실험을 수행하도록 한 결과, 모든 학생들이 예상과 다른 빛의 진행 경로에 대해 놀라워 하였으며 그 이유를 알고 싶어 하는 학습 욕구를 적극적으로 표현하였다.

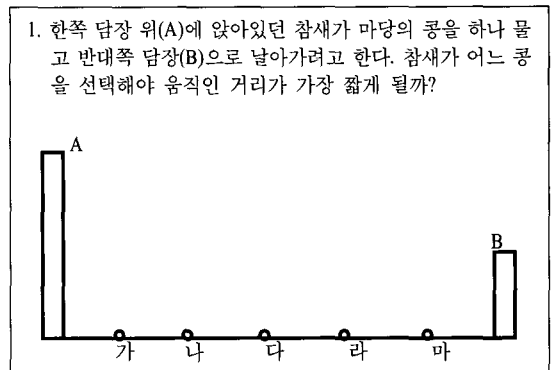
이 활동을 통해 학생들이 렌즈를 지나는 빛의 진행 방향은 렌즈의 모양만이 아니라 그 주변의 상황과도 관련이 있음을 알 수 있었다. 그러나 렌즈의 역할은 관찰이나 실험 결과를 토대로 한 귀납적인 방법으로는 이해하기가 쉽지 않다. 이를 위해서는 기본 개념에 대한 이해를 도와줄 수 있는 외부의 지원이 필요하다. 실제로 본 연구의 수업 처치 과정에서 많은 학생이 서로 논의하면서 나름대로 가능한 답을 찾으려는 모습을 보였으나, 그럴듯한 이유를 대는 학생은 거의 없었다. 단지 “공기와 물이 반대로 되니까 렌즈도 반대로 되요.”라는 등 상황을 진술하는 수준이었다.

## 2. 기본 개념을 강화한 수업

수업에서는 매질에 따라 빛의 속력이 다르다는 것과 빛은 ‘최소 시간 경로의 법칙’에 따라 진행한다는 것을 세 가지 활동을 통해 익히도록 구성하였다.

첫 번째 활동에서는 한쪽 담장 위(A)에서 출발하여 마당을 지나 반대쪽 담장(B)까지 가는 가장 빠른 길을 찾으라는 문제를 제시하였다. 이것은 어렵지 않은 수학적 지식을 응용하여 해결하는 것으로 빛의 속력이 항상 일정한 경우와 관련된 것이다(그림 4).

두 번째 활동에서는 A 지점에 있던 사람이 양동



**그림 4.** 수업의 첫 번째 활동

이를 들고 강에 간 다음, 물을 떠서 다시 B 지점으로 가려고 할 때, 어느 곳에서 물을 떠야 가장 빨리 갈 수 있을지를 묻는 질문을 제시하였다(그림 5). 양동이에 물을 담으면 사람의 속력이 줄어든다는 사실로부터 최소의 시간으로 이동하는 경로가 첫 번째 활동의 경우와 달라진다는 것을 이해시키기 위한 것이다. 이 활동을 통해 빛에 대한 ‘최소시간 경로의 법칙’을 이해하기 위한 기초를 다질 수 있었다.

마지막 세 번째 활동에서는 A 지점에 있는 인명구조원이 B 지점에서 구조를 요청하는 사람을 발견했을 때, 이 사람에게 가장 빨리 가는 길을 그려 보는 문제를 제시하였다(그림 6). 이것은 빛이 공기 중에서 물속으로 비스듬하게 입사하여 굴절하는 경우에 해당한다. 여기에서 ‘페르마의 법칙’이라고도 하는 ‘최소 시간 경로의 법칙’이라는 용어를 도입하였다.

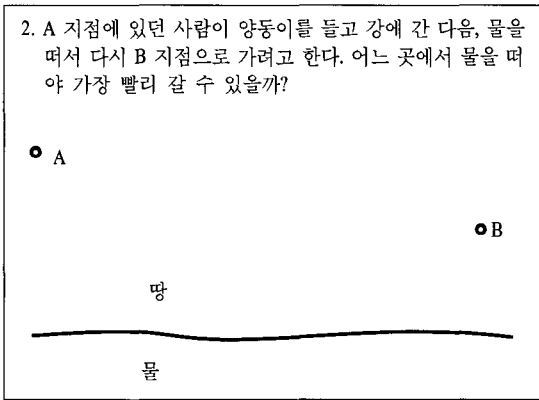


그림 5. 개념 도입 단계의 두 번째 활동

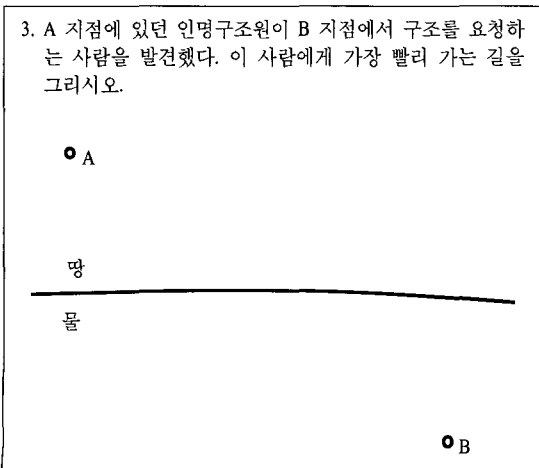


그림 6. 개념 도입 단계의 세 번째 활동

학생들은 빛이 통과하는 물질에 따라 빛의 속력이 달라진다는 사실은 쉽게 받아들였다. 이로부터 학생들은 ‘최소 시간 경로의 법칙’을 이용하여 빛의 속력이 다른 두 매질 사이에서 빛이 굴절하는 방향을 찾는 방법을 터득할 수 있었다.

세 가지 활동이 끝난 후에는 빛이 렌즈의 곡면과 만나는 점에서 굴절하는 방향을 찾을 수 있도록 접선과 법선을 활용하는 방법을 안내하였다. 그 결과 대부분의 학생들이 렌즈를 지나는 광선의 경로를 성공적으로 찾아내었다.

### 3. 수업 후 개념 비교

본 연구에서 중점을 둔 기본 개념을 강화한 수업의 효과로 수업 전과 후에 학생들의 개념 변화를 [문항 4]와 [문항 5]에 대한 응답에서 확실하게 확인할 수 있었다. 초등 과학 영재 학생들의 경우, 빛이 ‘공기-유리 오목 렌즈-공기’로 진행되는 상황에 대해서는 87%의 학생들이, ‘물-공기 오목 렌즈-물’로 진행되는 상황에 대해서는 80%의 학생들이 빛의 경로를 올바르게 찾았다(표 5). 이것은 중학생을 대상으로 한 조사에서 각각 26%와 9%의 학생들만이 올바른 경로를 찾은 것과 비교하면 수업을 통해 초등 과학 영재 학생들의 개념이 크게 향상된 것이다(표 5).

특히 수업 전에는 거의 모든 학생들이 렌즈의 모양이 빛의 진행 방향을 결정한다고 생각했었는데, 수업 후에는 공기, 물, 유리 속에서의 빛의 속력 관계에 따라 빛이 굴절하는 방향이 달라진다는 사실을 인지하였다. 렌즈에서 빛의 진행 방향을 찾을 때 접선과 수직선을 활용하는 방법을 터득한 점도 수업의 효과 중의 하나였다.

수업의 마지막에는 굴절 개념의 응용으로 지구 내부에서 지진파가 전파하는 모습을 보고 지진파의 속력이 어떻게 달라지는지 예측할 수 있다는 점과, 낮과 밤에 소리가 전파되는 모습이 달라진다는

표 5. [문항 4]와 [문항 5]에 대한 초등과학 영재학생 및 중학생의 응답 분석

문항	구분	초등영재(N=15)	중학생(N=54)
4	정답	13(87%)	14(26%)
	오답	2(13%)	40(74%)
5	정답	12(80%)	5(9%)
	오답	3(20%)	49(91%)

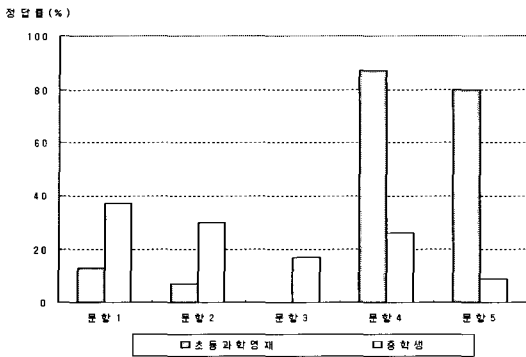


그림 7. 초등과학 영재와 중학생의 문항별 정답률 비교

것, 또한 해안을 향해 다가오는 파도의 굴절 현상을 통해 지형에 따른 침식 및 퇴적 작용을 설명할 수 있다는 점을 안내하였다. 이를 통해 학생들이 굴절의 기본 원리가 매우 유용하다는 점을 깨닫게 되기를 기대하였는데, 어느 학생이 다음과 같은 말을 하여 그 효과를 일부 확인할 수 있었다. “꼬리에 꼬리를 무는 영어처럼 계속 내용이 이어지니까 재미있어요.”

## V. 결론 및 제언

본 연구에서는 굴절의 법칙에 대해 이해하고 이를 적용할 수 있도록 돕기 위하여 기본 개념을 강화한 수업을 순환 학습 모형에 기초하여 고안하였고, 초등 과학 영재 학생들에게 적용하였다. 학생들은 쉽게 해결할 수 있는 간단하고 쉬운 상황에서 시작하여 단계적으로 난이도를 높여나가는 수업 진행에 대해 상당히 재미있어 하였으며, 학습한 내용을 다른 상황에도 다양하게 적용할 수 있다는 유용성을 인식하였다. 수업 결과, 학생들은 빛의 속력이 물질에 따라 다르다는 사실을 이용하여 빛이 한 매질에서 다른 매질로 들어갈 때 꺾이는 방향을 찾을 수 있게 되었다. 특히 수업의 마지막 단계에서 제시한 문항들에서는 대다수 학생들이 접선과 수직선을 그려 빛의 경로를 찾았다. 따라서 어떤 다른 상황을 제시하더라도 빛의 경로를 올바르게 찾을 수 있을 정도로 개념이 향상되었다고 할 수 있다. 수업 전에는 렌즈를 지나가는 빛의 경로를 제대로 그리는 학생이 10% 미만이었으나 수업 후에는 80% 이상의 학생이 빛의 경로를 정확하게 그릴 수 있게 되었으며, 소리가 물결과 및 지진파가 전파하는 것

도 굴절의 원리를 적용하여 설명할 수 있게 되었다.

본 연구를 통해 확인한 사실 중의 하나는 가능한 한 학생들이 의문을 갖고 쉽게 받아들이는 현상에서 출발하는 개념 수업이 효과적이라는 것이다. 렌즈에서의 빛의 진행 경로를 알기 위해서는 굴절의 법칙을 알아야 한다. 우리는 학생들이 굴절의 법칙만 알면 렌즈에서의 빛의 진행 경로를 알 수 있리라 예상한다. 그러나 [문항 1]~[문항 3]에서 알 수 있듯이 학생들은 굴절의 법칙에 대해 경험적인 현상을 중심으로 배웠기 때문에, 굴절의 법칙조차 받아들이지 못하고 이에 대해 의문을 가지기 때문에 새로운 상황에 적용하지 못하였다. 그러나 굴절의 법칙을 이해하기 위한 기본적인 개념인 ‘빛의 속력이 매질마다 다르다.’라는 사실은 학생들이 거의 의문을 갖지 않고 받아들였다. 학생들은 기본개념에 대한 학습 이후에 굴절의 법칙을 신뢰하게 되었고 그 결과 [문항 4]와 [문항 5]에 제시한 새로운 상황에도 성공적으로 적용할 수 있었다. 과학은 ‘왜?’라는 질문에 대답하기 보다는 ‘어떻게?’라는 질문에 대답하는 학문이다. 그러나 과학을 배우는 학생들은 자연 현상에 대하여 충분히 기본적인 원리를 익혀 의문을 갖지 않고 받아들일도록 하는 것이 중요하다.

연구 결과를 바탕으로 초등 과학 영재 교육을 위한 몇 가지 제언을 하면 다음과 같다. 먼저 본 연구와 같이 초등 과학 영재 학생들을 대상으로 하는 교육에서는 기초적이고 핵심적인 원리를 익히도록 유도하는 것이 필요하다. 만약 학습해야 할 원리가 여러 가지 사례를 관찰하거나 또는 실험을 통해 귀납적으로 찾을 수 있는 것이라면 발견 학습 모형 등을 적용할 수 있을 것이다. 반면에 학생의 노력으로 찾기에 다소 벽찬 원리라면 본 연구에서 적용한 순환 학습 모형 등을 적용할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 각 과학 영재 교육 기관에서 체계적이고 연속적인 영재 교육 과정을 개발하여 적용할 필요가 있다. 이 영재 교육 과정은 기존 학교의 교육과정을 충실히 검토한 다음, 이를 바탕으로 연계성을 살리면서 범위와 수준을 확장해야 한다.

## 참고문헌

강호감, 김명환, 이상천(2002). 과학 영재 교육체제 구축 방안에 관한 연구. 영재 교육연구, 12(1), 61-76.

- 고한중, 구이주, 강석진(2005). 초등학교 과학수업에서 실패에 대한 인내 수준에 따른 순환학습 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 25(2).
- 김영채(1999). 창의적 문제해결. 서울: 교육과학사.
- 김철영, 조희형(1995). 초등학교 환경단원 수업에서 순환 학습의 효과. 과학과 수학교육논문집, 16.
- 김충호, 최병순(1992). 밀도개념과 밀도개념에 관련된 INRC 군 변환 능력의 형성에 미치는 순환학습의 효과. 한국과학교육학회지, 12(2).
- 오원근, 김재우(2002). 시각 및 빛의 성질에 대한 중학생의 개념. 새물리, 45(3).
- 이양락, 박재근, 이봉우(2004). 과학과 교육내용 적정성 분석 및 평가. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2004-1-6.
- 이재봉, 남경운, 손정우, 이성목(2004). 광선추적과 스펙트럼에 대한 교사와 중학생의 개념유형 분석. 한국과학교육학회지, 24(6), 1189-1205.
- 임채성(2005). 초등 과학 영재를 위한 생명 영역의 심화형 교수학습 자료 개발. 초등과학교육, 24(4), 465-475.
- 최애란(1993). 고등학교 화학 내용에 대한 탐구 지향적 학습 지도안 개발 및 적용. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 홍준의, 정완호(1998). 학생의 인지 수준과 순환학습이 '삼투'개념의 이해에 미치는 효과, 한국생물교육학회지, 26(1).
- Karplus, R. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(2), 169-175.
- Lawson, A. E. & Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the Learning Cycle to teach science concepts and thinking skills. NARST Monograph (number One).
- Saunders, W. L. & Shepardson, D. (1987). A comparison of concrete and formal science instruction upon science achievement and reasoning ability of sixth-grade students. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(1), 39-51.