

초등과학 영재의 물체 인식 개념 변화를 위한 튜토리얼의 개발과 적용

이지원 · 김중복
(한국교육원대학교)

Development and Application of Tutorial for Conceptual Change on Object Recognition of Scientific Gifted in Elementary School

Lee, Ji-Won · Kim, Jung-Bok

(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze effects of teaching materials for elementary science gifted conception about object recognition. Elementary science gifted have misconceptions that they can see in lightness. They can not explain how a shadow is made. This paper reports in-depth investigation on elementary science gifted's understanding of object recognition focusing on process of light. A program is developed to elementary science gifted in the subject matter. The tutorial emphasizing the process of light consists of pre-test, worksheet, and post-test. The Tutorial has 4 steps; darkness and light, light on things, light reached eyes, structure of the eyes. Each steps has 2~4 experiments. Through the tutorial, we expect their misconceptions can be changed into scientific conceptions. For the research and analysis, a questionnaire is posed to 39 elementary science gifted at M Elementary School in D Metropolitan City. The first method of product analysis makes a comparative study of pre-test, post-test score, and hake gain each test. As a result, total score of all student was raised. And hake gain of pre-test(Ⅱ) is 0.6, hake gain of post-test is 0.68. It is Medium gain. Also, elementary science gifted could understand how we see through the tutorial emphasizing process of light. And their misconceptions can be changed into scientific conceptions.

Key words : conceptual change, tutorial, object recognition, scientific gifted

I. 서 론

초등과학영재가 잠재력을 최대한 발휘할 수 있게 하기 위해서는 구조화된 영재교육 프로그램이 필요하다. 이러한 영재교육 프로그램을 개발하기 위해서는 초등과학영재가 가지고 있는 선개념을 파악하고, 그에 맞는 프로그램이 개발되어야 한다. 초등과학영재와 일반학생의 물리 오개념을 비교한 권성기와 김지은(2007)의 연구에 의하면 초등과학영재도 일반학생과 마찬가지로 물리 오개념을 가지고 있고, 일반학생에 비해 오개념의 비율은 낮지만 유형은 비슷한 것으로 나타났다. 이 연구에서는 열,

전자기, 힘, 빛의 4가지 개념에 대한 이해 정도를 비교하였는데, 과학영재학생과 일반학생 모두 전자기 개념, 열 개념, 힘 개념, 빛 개념 순으로 이해 정도가 낮아져서 두 그룹 모두 빛 개념에 대한 이해도가 가장 낮았음을 제시하였다. 즉, 초등과학영재는 초등 교과서에 나오는 여러 물리 개념 중 특히 빛에 대한 개념 이해에 어려움이 있고, 오개념 또한 가지고 있음을 알 수 있다. 따라서 초등과학영재의 빛에 대한 개념 이해를 돕고, 오개념을 수정할 수 있는 교수·학습 프로그램이 필요하다.

초등과학영재 교수·학습 프로그램을 개발하기 위해서는 초등과학 교과서를 충분히 검토하여야

한다. 교육과정을 살펴보면 학생들은 빛에 대한 개념을 초, 중, 고 교육과정에 걸쳐 반복적으로 배운다. 7차 교육과정의 경우 초등학교 3학년 때 빛의 직진에 대해 배우고, 5학년 때 빛의 반사와 굴절에 대해 배운다. 하지만 교육과정을 다 이수하고 난 이후에도 학생들은 여전히 빛의 진행 과정에 대해서 오개념을 많이 가진다(권경필 등, 2006; 권성기와 김지은, 2007; 오세일, 1994). 또한 빛 단원은 가장 재미있게 학습할 수 있는 소재임에도 불구하고, 초등학교 과학 60개 단원 중 가장 어렵고 흥미도 떨어지는 단원으로 인식되고 있다(이양락 등, 2004).

이러한 일이 일어나는 원인으로 초등교육과정 구성을 들 수 있다. 7차 교육과정에서 3~6학년은 현상 중심, 7~10학년은 개념 중심으로 기술되어 있다(현동희, 2001). 현상 탐구에만 집중하고 개념을 설명하지 않을 경우, 학생들은 현상이 일어나는 원인을 잘 설명하지 못하고 오개념을 가질 확률이 높다(이재봉 등, 2004). 따라서 현상을 보는데서 그치지 않고 기본 개념을 먼저 익힌다면 현상을 더욱 잘 이해할 수 있다. 또한 영재는 개념을 이해하면 더 심화된 수준의 탐구 활동을 수행할 수 있을 것으로 기대된다(이인호 등, 2007). 2007 개정 교육과정에서는 초등학교에서도 개념을 도입하였으나, 이 연구의 대상이 되는 초등학교 6학년 과학영재는 7차 교육과정을 적용받았기 때문에 현상 중심의 빛 수업을 받았음을 알 수 있다. 따라서 개념 이해를 위한 교수·학습 프로그램이 필요하다.

개념 이해를 위한 교수 학습 프로그램 중 효과성을 검증받아 널리 쓰이는 것으로 튜토리얼이 있다. 튜토리얼은 학생들의 과학적 개념의 정립과 추론 능력의 발전을 목표로 Washington 대학의 물리교육 연구팀에 의해 개발된 교수·학습 자료이다(McDermott & Shaffer, 2002). 튜토리얼은 신중하게 순서가 나열된 과제와 질문으로 구성되어 있어, 학생들이 그 단계를 따라가다 보면 자신이 모르는 것과 아는 것, 어렵듯이 아는 것과 확실히 아는 것을 스스로 깨닫게 된다. 튜토리얼의 개발과 적용에 관련된 국내외 연구 결과들은 튜토리얼이 학생들의 물리 개념 이해에 매우 효용이 있음을 드러내고 있다. Heidi & Hingley(2005)는 콜로라도 공군사관학교 학생들을 대상으로 기초전자기학을 튜토리얼로 학습한 후 일반 교육과정 학생, 영재 프로그램의 학생들과 비교하여 효과를 분석하였다. 그 결과, 튜토리얼 수

업을 받은 학생들은 통제 그룹보다 우수한 성취 수준을 보였음을 보고하였다. Scherr *et al.*(2002)은 McDermott과 물리교육연구팀이 개발한 튜토리얼을 확장하여 동시성의 상대성 개념에 대한 교수학습 자료를 개발하여 전통적 수업 집단보다 성취 수준에 유의미한 차이가 있다고 하였다. Cochran & Heron(2006)은 대학생을 대상으로 열역학 제 2법칙에 대한 두 종류의 튜토리얼을 개발하여 투입하였더니, 튜토리얼 수업을 받지 않은 학생보다 성취 수준이 두 배 정도 높음을 보고하였다. 국내에서는 이정숙(2010)이 초등교사를 대상으로 전기 개념의 변화를 위한 튜토리얼을 개발하여 그 효과성을 검증한 것을 비롯하여, 홍명수 등(2009)이 중학생의 정전기 개념 정립을 위한 튜토리얼을 개발하였다. 이외에도 중, 고등학생, 초등교사를 위한 튜토리얼이 다수 개발되어 있으며 이들은 튜토리얼이 개념 이해에 매우 효과적인 교수학습 자료임을 지적하고 있다. 이렇듯 튜토리얼이 개념 이해에 효과적인 이유는, 정량적인 문제풀이나 내용의 암기가 아니라 개념 변화에 중점을 두기 때문이다. 박종원(2002)이 지적한 바와 같이 개념 변화는 혁명적 과정이라기보다는 연속적인 세련화와 정교화를 통한 과정이라 보았을 때, 튜토리얼은 사고의 과정을 학생 수준에 맞게 단계적으로 밟아 앞에 이르도록 돕기 때문에 개념 변화에 효과적이다. 따라서 이 연구에서는 초등과학영재의 빛에 대한 개념 이해를 돕고, 오개념을 수정할 수 있는 개념 중심 교수·학습 프로그램으로 튜토리얼을 개발, 투입하여 초등과학 영재의 빛에 대한 개념 변화를 살펴보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 D 광역시 남부교육지원청 영재교육원 소속 6학년 영재반 2개 학급 학생 39명을 대상으로 하였다. 이들은 지역교육청 소속 학교에 재학 중이며, 3단계의 선발고사를 거쳐 수업 대상자가 되었다. 튜토리얼의 내용에서 수직적 교육과정 조직에서 상급학년이 배우는 내용은 다루지 않았고, 초등학교 6학년의 학년성에 맞는 내용을 심화하여 다루었기 때문에 초등과학영재에게 적용하기에 적합하다고 판단하였다.

2. 연구 절차

이 연구는 다음과 같은 절차로 이루어졌다. 우선 문헌 및 선행 연구를 조사하여 이론적 탐색을 하였다. 그 후 연구 대상과 동질 집단인 초등과학영재 20명을 대상으로 빛의 진행 과정에 대한 오개념을 조사하여, 그 결과를 바탕으로 튜토리얼을 개발하였다. 3차에 걸친 예비 투입과 교육 전문가, 물리학 전문가의 검증을 거쳐 튜토리얼을 수정 후 완성하였다. 완성된 튜토리얼을 초등과학영재 39명에게 투입하였고, 수업은 녹화하여 전사하였다. 사전 검사와 워크시트, 사후 검사의 총점과 Hake gain을 분석하여 학생들의 개념 변화 정도를 정량적으로 알아보고, 수업 전사본을 통해 학생들의 개념 변화를 정성적으로 분석하였다.

3. 자료 수집 및 분석 방법

빛의 진행 과정을 강조한 튜토리얼을 투입한 결과로서 학생들의 개념이 어떻게 변화하였는지 알아보기 위해 두 가지 분석 방법을 사용하였다. 첫째, 사전 검사와 워크시트, 사후 검사를 통해 학생들의 개념 변화를 파악하였다. 둘째, 수업의 전 과정을 비디오로 촬영한 후 전사하여 튜토리얼 과제 해결 중 학생들의 반응에 대해서 분석하여 개념 변화 과정을 추적하였다.

사전 검사와 워크시트, 사후 검사를 통한 개념 변화 파악의 과정은 다음과 같다. 사전 검사와 사후 검사는 내용과 수준이 다르기 때문에 개념 변화 분석을 위해 사전 검사를 워크시트 적용 후에 한 번 더 투입하여 사전 검사, 워크시트, 사후 검사, 사전 검사 제실시의 순서로 진행하였다. 사전 검사를 두 번에 걸쳐 시행하였으므로 혼동을 피하기 위해 사후 검사 후에 적용한 사전 검사를 사전 검사(II)로 명명하기로 한다.

우선 전체 학생을 대상으로 사전 검사, 사후 검사, 사전 검사(II)의 총점을 비교하였다. 이것으로 연구 대상 전체가 워크시트를 적용한 후에는 사전 검사보다 사후 검사와 사전 검사(II)의 점수가 어느 정도 향상되었는지 그 오름 정도를 알아보았다. 또 단순히 점수의 오름 정도 비교만으로는 개념 변화 정도를 확인하기 어렵기 때문에 전체 학생의 Hake gain을 구하여 튜토리얼 수업의 효과를 검증하였다. Hake gain을 구하는 방법은 다음과 같다(Hake, 1998).

$$\text{Hake gain } \langle g \rangle = \frac{\text{사후 점수} - \text{사전 점수}}{100 - \text{사전 점수}}$$

다음으로 각 문항별로 학생들이 얻은 점수를 비교하였다. 각 문항별 사전 검사, 사후 검사, 사전 검사(II)의 총점을 비교하여 문항별로는 점수 상승폭이 어느 정도인지를 알아보았다. 또 문항별로도 Hake gain을 구하여 수업이 단계적으로 진행됨에 따라 학생들의 개념 변화는 어느 정도인지 파악하였다.

학생 반응을 분석하여 개념 변화를 파악하기 위한 과정은 다음과 같다. 학습 주제별로 튜토리얼을 적용한 수업의 전사본을 이용하여 학생들의 질문, 상호 의견 교환, 워크시트 발표 등의 내용을 파악하고 분석하였다. 이를 통해 학생들의 개념이 어떤 과정을 거쳐 변화하는지, 변화의 정도는 어떠한지, 튜토리얼이 의도하는 단계에 학생들의 사고가 따라오는지 등을 살펴보았다. 또, 학생들이 워크시트에 답한 내용을 분석하였다. 학생들은 예상하기 단계에서 문제 상황에 대한 자신들의 예상과 그 까닭을 발표한다. 그 후 실험을 해보고, 실험을 통해 생각이 바뀌었다면 그 까닭도 말한다. 이 과정을 분석하였다.

4. 튜토리얼의 개발

1) 시각을 이용한 물체 인식에 관한 초등과학영재의 오개념

연구 대상과 동일한 조건의 6학년 초등과학영재 20명에게 빛의 진행 과정에 관해 질문한 사전 조사에 의해 나타난 오개념은 표 1과 같다.

표 1. 초등과학영재의 물체 인식에 관한 오개념

범주	오개념
빛과 어둠	빛이 없어도 희미하게 물체를 볼 수 있다.
광원	광원에서 나온 빛은 사람이나 물체가 있는 쪽으로 간다. 빛은 광원과의 거리에 관계없이 같은 밝기이다.
그림자	빛이 매우 강하면 그림자가 생기지 않는다. 그림자는 물체의 뒤쪽이나 바닥에만 생긴다.
반사	물체의 빛이 닿지 않는 부분도 볼 수 있다. 물체에서 반사된 빛은 사람이나 물체가 있는 쪽으로 간다.
눈	빛이 눈에 들어오지 않아도 보인다.

초등과학영재들의 75%가 빛이 전혀 없는 상황에서도 물체를 희미하게 볼 수 있을 것이라고 생각하였다. 빛이 완전히 없는 상황을 경험하지 못한 학생이 대부분이라서 어두워져도 눈이 적응하면 물체를 인식할 수 있다고 생각하는 경우가 많았다. 또, 광원에서 나온 빛은 사람이나 물체가 있는 쪽으로 간다고 생각하였다. 광원에서 멀어져도 같은 밝기로 보인다고 생각하는 학생이 13%로 나타났다. 일단 한번 나온 빛은 끝까지 같은 에너지를 가지고 있기 때문이라고 생각하였다. 그림자가 생기는 이유에 대해 빛과 연관지어 잘 설명하지 못했고, 11%의 학생이 빛이 매우 강하면 그림자가 생기지 않는다고 생각하였다. 또 그림자의 위치를 광원과 관계없이 바닥이나 뒤쪽에 그리는 경우가 많았다. 이는 일상생활에서 이런 경우를 많이 접하기 때문이다.

물체에서 빛이 닿지 않은 부분도 희미하게나마 볼 수 있을 것이라는 학생들이 32%로 나타났다. 이는 그림자의 경우와 마찬가지로 일상생활에서 광원이 여러 개인 경우와 벽이나 천장, 바닥 등에 반사되어 오는 빛이 물체에 반사되어 물체가 보이는 경우를 훨씬 많이 접하기 때문이다. 빛이 눈에 들어오지 않아도 보인다는 오개념을 가진 학생도 전체 학생 중 14%로 나타났다. 일상생활에서는 광원이 하나 뿐인 경우가 거의 없다. 따라서 주된 광원을 가리더라도 다른 광원, 또는 반사체가 많으므로 이로 인해 물체가 보이는 경험을 하는 경우가 많기 때문이다.

2) 튜토리얼 내용

연구 대상이 초등과학영재 6학년 학생들이므로 빛의 진행 과정과 우리가 시각으로 물체를 인식하는 과정 중에서 초등학교 교육과정에서 다루어진 부분을 중점적으로 구성하였다. 또한 단계를 나누는 수준도 학생들의 인지 발달 정도를 고려하였다.

영재는 복잡한 인지적 과제, 고차원적 사고가 요구되는 학습 활동을 해야 하므로(Davis & Rimm, 2004) 지금까지 빛에 대해 배운 내용을 바탕으로 하여 스스로 개념을 변화시키도록 도울 수 있게 튜토리얼을 구성하였다. 보는 과정에 대해 통합적으로 가르칠 필요성(장미영 등, 2007)에 따라 ‘우리는 어떻게 보는가?’라는 질문에 대해 학생들이 최종적으로 답할 수 있도록 튜토리얼을 구성하였다. 이에 따라 광원으로부터 시작하여 눈이 빛을 인식하기



그림 1. 물체 인식 과정에 따른 학습 주제

까지의 과정을 그림 1과 같이 단계화하여 한 단계씩 학생들이 과정을 이해할 수 있도록 하였다. 이 단계에 따라 학습 주제를 그림 1과 같이 4단계로 설정하였다.

그림 1과 같이 정해진 학습 주제를 세분화하여 단계적으로 각각 2~4개의 문항 내용을 구성하였다. 워크시트에서는 각 문항 내용에 따라 실험과 활동이 구성되었다. 튜토리얼의 학습 주제에 따른 문항 내용은 표 2와 같다.

3) 튜토리얼 워크시트의 개발 원칙

빛의 진행 과정을 강조한 튜토리얼은 물체 인식에 관한 초등과학영재의 오개념을 올바른 과학적 개념으로 바꾸는 것을 원칙으로 제작하였다. 튜토리얼 워크시트의 구성은 POE 학습 모형을 기본 틀로 하였다. 워크시트의 실험 및 활동을 개발함에 있어서는 학습자에게 익숙하지 않은 비전형적 상황을 제시함을 원칙으로 하였다.

튜토리얼의 워크시트는 주제별로 내용을 선정하였는데, 각 학습 내용별로 실험이나 활동이 포함되어 있다. 먼저 예상하기를 하고 그렇게 예상한 까닭을 쓰게 하였다. 그 후 실험이나 활동을 해보고, 그런 결과가 나타난 원인을 생각하여 모둠원과 토의하여 발표하게 한다. 그런 과정 속에서 생각이 바뀌면 근거를 들어 그것을 설명한다. POE 학습 모형에 따른 워크시트 개발 틀은 표 3과 같다.

학생들의 오개념을 바른 물리적 개념으로 전환하기 위해서는 문제 상황이 학생들의 경험과 일치하지 않거나 설명할 수 없는 등 인지적 갈등을 불러일으켜야 한다(권재술, 1992; 권재술 등, 2003). 책이나 경험 등을 통해 자주 접할 수 있는 전형적 상황이 아니라 비전형적 상황이 문제로 주어졌을 때 학생들은 인지 갈등을 느끼고 자신의 개념이 올바른지를 생각해 보게 되어 오개념의 원천을 알 수 있

표 2. 튜토리얼의 학습 주제에 따른 문항 내용

단계	학습 주제	문항 내용
사전 검사	어둠과 빛	1. 암실에서 물체가 보이는가?
	물체에 도달한 빛	2. 그림자는 어떻게 생기는가?
	눈에 들어오는 빛	3. 방에 있는 모든 사람이 빛을 볼 수 있는가? 4. 꼬마전구에서 나온 빛을 볼 수 없는 사람은 누구인가?
	눈의 구조	5. 막 앞에서 물체에 빛을 비추면 막에 상이 맺히는가?
워크시트	어둠과 빛	1. 암실에서 물체가 보이는가? 2. 꼬마전구에서 나온 빛이 나아가는 모습은 어떠한가? 3. 꼬마전구와의 거리에 따라 글자판의 보이는 정도는 어떻게 다른가?
	물체에 도달한 빛	1. 그림자는 어떻게 생기는가? 2. 물체에서 빛이 닿는 부분은 어디인가? 3. 빛이 닿는 부분은 어떤 일이 일어나는가?
	눈에 들어오는 빛	1. 물체로 광원을 가리면 어떻게 되는가? 2. 물체에서 반사된 빛이 보이려면 어떻게 되어야 하는가?
	눈의 구조	1. 막 앞에서 물체에 빛을 비추면 막에 상이 맺히는가? 2. 볼록렌즈로 빛을 모아주면 어떻게 되는가? 3. 명확한 상이 맺히기 위해서는 막의 형태가 어떠한가? 4. 우리 눈은 왜 둥근가?
사후 검사	어둠과 빛	1. 꼬마전구와의 거리에 따라 방 안의 물체 보이는 정도는 어떻게 다른가?
	물체에 도달한 빛	2. 빛이 매우 강할 경우 물체에서 빛이 닿아 보이는 부분은 어디인가?
	눈에 들어오는 빛	3. 삼각형 모양의 구멍이 뚫린 붉은색 카드 뒤에 생기는 그림자의 형태와 색깔은 어떠한가? 4. 전구, 물체, 볼록렌즈와 막이 일직선상에 있다면 막에 어떤 모습이 보일까?
	눈의 구조	5. 우리 눈에 수정체가 없다면?

표 3. POE 학습 모형에 따른 워크시트 개발 틀

문항 번호	문항 형식
1	(상황의 조건 설명) 어떻게 될지 예상하여 보시오.
2	그렇게 생각한 이유를 자세히 쓰시오.
3	실험하여 보시오. 그 결과를 쓰시오.
4	왜 위와 같은 결과가 나타나는지 모둠원과 논의하고 그 이유를 쓰시오.
5	위 실험 결과로 알 수 있는 사실은 무엇입니까?

다(이정숙 등, 2009). 따라서 초등과학영재가 가진 오개념을 바탕으로 비전형적 상황을 만들어 튜토리얼의 내용을 구성하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 사전 검사, 사후 검사, 사전 검사(II) 분석 결과

1) 학생별 총점 비교

사전 검사와 사후 검사는 각각 5개의 문항으로 구성되어 있고, 각 문항당 점수는 20점으로 동일하게 배점하였고 만점은 100점이다. 그림 2에서 보이는 바와 같이, 사전 검사와 사전 검사(II)의 학생별 총점을 비교해 보면 사전 검사의 총점은 점수가 낮은 쪽에 많이 분포해있는 반면 사전 검사(II)는 점수가 높은 쪽에 많이 분포해 있음을 알 수 있다. 사전 검사와 사후 검사의 총점을 비교해 보면 사전 검사(II)와 마찬가지로 사후 검사의 총점이 많이 높아

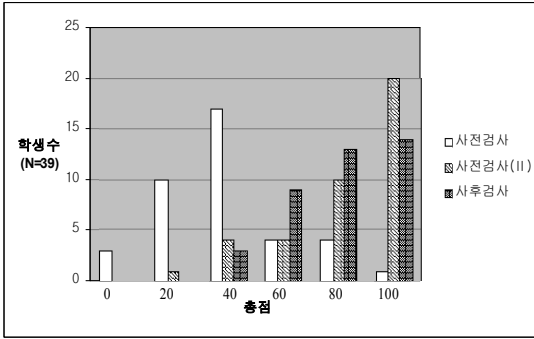


그림 2. 사전 검사, 사전 검사(II), 사후 검사의 총점 분포

졌음을 알 수 있다. 세 검사의 총점을 모두 비교해 보면 사전 검사(II)와 사후 검사 모두 사전 검사보다 총점이 높아졌다. 사전 검사와 같은 문항을 튜토리얼 투입 후에 실시한 사전 검사(II)의 경우는 사후 검사보다 만점자의 비율이 높게 나타났다.

이 결과가 의미하는 바는 다음과 같다. 우선, 사전 검사(II)의 점수가 사전 검사보다 높은 것은 학생들이 워크시트를 통해서 학습한 내용을 잘 이해했음을 의미한다. 사전 검사 후에 정답을 알려주지 않았음에도 워크시트가 끝난 후 같은 문항에 대해 정답률이 올라갔기 때문이다. 다음으로 사후 검사의 총점이 사전 검사보다 높은 것은 배운 내용에 대한 응용력이 생겼음을 의미한다. 사후 검사는 워크시트에서 배운 내용을 응용하여 풀어야 하고, 사전 검사보다 난이도가 높은 내용을 다루기 때문이다.

2) 학생별 Hake Gain 비교

사전 검사보다 사후 검사, 사전 검사(II)의 총점의 상승한 것으로 개념 변화가 긍정적으로 일어난 것은 알 수 있지만, 어느 정도 수준으로 일어났는지는 알기 어렵다. 이에 따라 Hake gain을 조사하여 학생들의 개념 변화가 어느 정도로 일어났는지를 분석하였다. 그림 3은 사전 검사(II)의 학생별 Hake gain이며, 그 평균값은 0.6이다. Hake의 분류에 따르면 Medium-gain에 속한다. 그림 4는 사후 검사의 학생별 Hake gain이다. 사후 검사의 평균값은 0.68로 사전 검사(II)보다 높게 나타났다. 이 역시 Hake의 분류에 따르면 Medium-gain 강의에 속한다. 즉, 사전 검사가 0점이었다가 사후 검사가 100점이 되는 경우를 1로 봤을 때, 사전 검사(II)는 학생의 성취가 0.6이고, 사후 검사는 0.68의 성취를 보인 것이다. 이는 튜토리얼이 학생들의 개념을 변화시키는 정도

가 중상 수준이라는 것을 의미한다.

3) 문항별 정답자 수 비교

사전 검사와 사후 검사 각각 5개의 문항에 대해 정답자 수를 비교하였다. 사전 검사 후 정답은 알려주지 않았다. 사전 검사, 사전 검사(II), 사후 검사를 모두 비교하면 그림 5와 같다. 사전 검사에 비해 워크시트를 투입한 후에 실시한 사전 검사(II), 사후 검사는 전 문항 모두 점수가 크게 올랐음을 알 수 있다. 같은 문항을 워크시트 적용 후에 다시 투입한 사전 검사(II)의 점수뿐만 아니라, 좀 더 어려운 개념을 묻는 사후 검사의 점수가 높아진 것을 통해 학생들의 개념 이해 정도가 높아진 것을 알 수 있다. 암실에서 물체가 보이는가를 묻는 사전 검사 1번 문항은 워크시트 투입 전에는 오개념을 가진 학생

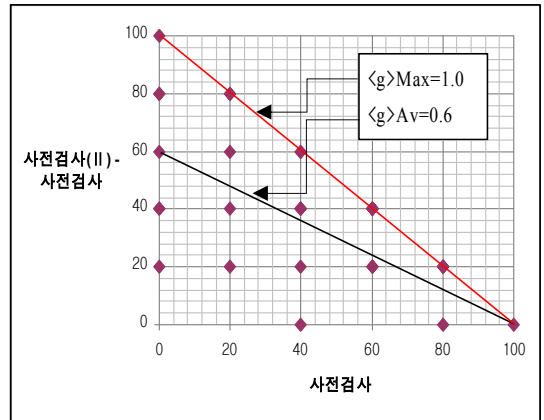


그림 3. 사전 검사(II)의 학생별 Hake gain

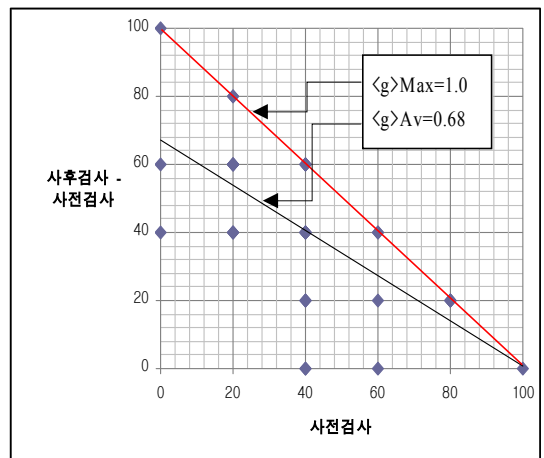


그림 4. 사후 검사의 학생별 Hake gain

이 다른 문항과 비교해 가장 많았으나, 실제 실험으로 경험을 하고 난 이후 정답률이 매우 높아진 것을 볼 수 있다. 그림자가 생기는 원리를 묻는 2번 문항은 3학년 때 그림자 단원을 통해 빛의 직진을 배웠음에도 불구하고 많은 수의 학생이 오개념을 가지고 있었으나, 워크시트 투입 후에 정답률이 올라갔다. ‘눈에 들어오는 빛’에 관련된 3, 4번 문항은 사전 오답률은 많은 차이를 보이나, 워크시트 투입 후에는 비슷한 수준의 정답률을 보였다. 눈이 물체를 보기 위해 필요한 렌즈의 역할을 묻는 5번 문제도 초기에는 많은 수의 학생들이 렌즈가 없어도 스크린에 상이 생긴다고 대답하였으나, 워크시트 투입 후에는 정답률이 올라간 것을 볼 수 있다.

4) 문항별 Hake Gain 비교

그림 6은 사전 검사(II)의 문항 평균 Hake gain으로, 1번 문항에서 점수 변화 폭이 컸기 때문에 Hake gain의 평균값도 높아진 것을 알 수 있다. 정답자 수 변화폭이 비교적 적어 사후 검사의 문항 평균 Hake gain은 사전 검사보다 다소 낮아졌다. 워크시트 전후에

에 같은 문제를 다룬 사전 검사의 경우에는 학생들이 워크시트를 하면서 그 문제의 해답을 스스로 생각해 보았기 때문에 답을 가르쳐 주지 않았음에도 사전 검사(II)의 Hake gain이 높아진 것으로 판단할 수 있다. 또한 그림 7에서 보는 바와 같이 사후 검사의 경우, 워크시트의 상황보다 좀 더 어려운 응용 문제를 제시하였는데, Hake gain이 Medium-gain의 수준인 것은 학생들이 튜토리얼에서 다룬 빛 개념을 충분히 이해하고 응용 가능한 수준에 이르렀다는 것을 의미한다.

표 4에서 보여지는 각 문항별 Hake gain을 살펴보면, 사전 검사(II)의 경우는 1번 문항이 gain이 매우 높은 것을 알 수 있는데, 초기의 오답률이 매우 높았다가 워크시트 후에 개념 변화가 매우 많이 일어났음을 알 수 있다. 2번에서 5번까지는 대체로 비슷한 gain을 가지고 있다. 사후 검사의 Hake gain을 살펴보면, 3번 문항의 gain이 가장 낮은 것을 볼 수 있는데, 이는 학생들이 3학년에서 배운 빛과 그림자의 개념을 아직 빛의 직진과 연결하여 이해하는데 어려움을 겪고 있는 것을 보여준다. 오히려 5학년

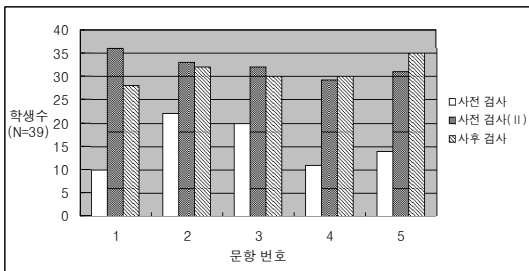


그림 5. 사전 검사, 사전 검사(II), 사후 검사의 각 문항별 정답자 수 비교

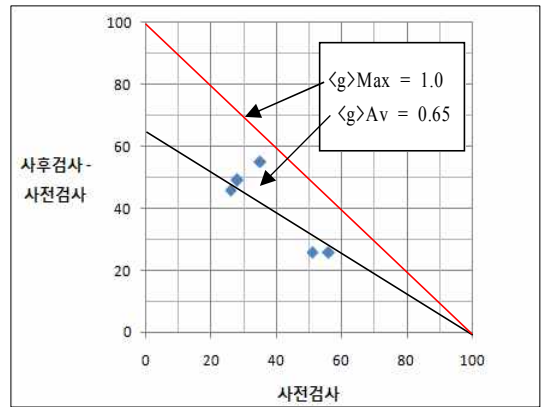


그림 7. 사후 검사의 문항 평균 Hake gain

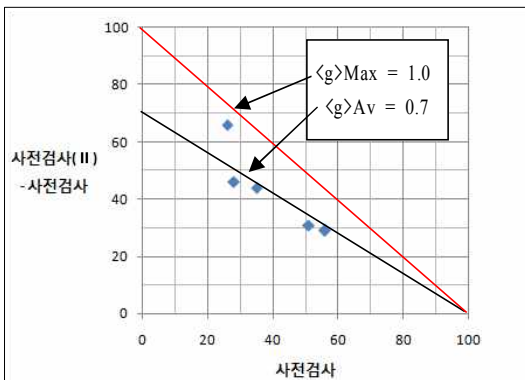


그림 6. 사전 검사(II)의 문항 평균 Hake gain

표 4. 사전 검사(II)와 사후 검사의 문항별 Hake gain

문항 번호	사전 검사(II)의 Hake gain	사후 검사의 Hake gain
1	0.89	0.62
2	0.65	0.59
3	0.63	0.53
4	0.63	0.68
5	0.67	0.84

때 배운 렌즈에 의한 굴절 개념이 들어간 5번 문항의 gain이 높은 것을 알 수 있는데, 이는 예전에 배운 개념이 아직 정착되지 못했고, 최근에 배운 개념은 기억에 남아 있는 것으로 판단되어진다.

2. 워크시트 문항에 대한 학생 반응 분석 결과

1) 어둠과 빛

4개의 학습 주제는 로마자로 번호 표기하였고 각 학습 주제에 대한 문항 번호를 순서대로 매겼다. 빛이 완전히 차단된 암실에서 볼 수 있을까라는 I-1번 문항에 대하여 학생들은 표 5와 같이 응답하였다.

표 5의 응답 결과를 살펴보면 암실 상황에서 처음에는 잘 안보이다가 한참 지나면 조금씩 보인다는 응답이 66%로 가장 많았다. 빛이 전혀 들어오지 않는 암실 상황이라는 것을 주지시켰음에도 오답률이 74%로 매우 높게 나타난 것을 알 수 있다. 학생들은 잠자기 전 불을 끄는 때 시간이 흐르면 눈이 어둠에 적응하는 경험을 바탕으로 빛이 없어도 어둠에 눈이 적응되면 볼 수 있을 것이라 생각하였다. 이 생각을 뒷받침하기 위해 책을 통해 얻은 암순응 현상에 대한 지식을 자신의 경험과 결합시켜 더욱 견고한 오개념을 가지는 경우도 있었다.

직접 실험실의 불을 끄고 암실 상황을 경험하자, 자신의 예상이 틀렸다는 것을 확인하고 자신의 개념이 변화된 이유를 설명하였다.

- T: 예상이랑 생각이 바뀐 사람?
 S: 저요.
 T: 그럼 어떻게 바뀐 지 이야기해 보자.
 S: 보일 거라고 생각했는데...
 T: 왜 보일 거라고 생각했죠?
 S: 잘 때. 눈을 감았을 때.
 T: 그럼 그 상황하고 지금 실험하고 차이가 뭐가요?

- S: 네, 빛이 그때는 빛이 조금씩 들어왔는데, 지금은 하나도 안 들어옵니다. 잠 잘려고 할 때는 깜깜하다고 생각했는데 빛이 있었어요.
 T: 그럼 빛을 완전히 차단하게 되면 어떤 현상이 일어나니까?
 S: 아예 하나도 안보입니다.

암실에서 꼬마전구를 켜는 때 꼬마전구의 빛이 어떤 식으로 보일까라는 I-2번 질문에 대해 학생들은 빛이 나아가는 모습을 다양하게 그리고 응답하였다. 빛이 퍼져 나가는 모습을 화살표로 표시한 학생이 대부분이었고, 동심원으로 표현한 학생, 뿌연 안개처럼 표현한 학생 등 다양하게 응답하였다. 또 관찰한 모습에 대해 묘사해 보라는 질문에 아래와 같이 대답하였다.

- T: 그러면 관찰했는 거 특징에 대해서 발표해 볼 수 있는 사람?
 S: 일단 암실 안에 모든 것이 보였고, 꼬마전구에 가까이 있는 빛이 마치 꽃처럼 퍼지는 것을 보았습니다.
 T: 꽃 모양이었습니까?
 S: 민들레 모양처럼... 이렇게.
 T: 아 뻗어나가는 모양이 보였어요? 민들레 씨앗?
 S: 네, 민들레 씨앗..
 T: 아 ok 좋습니다.
 S: 저는 켜자마자 바로 어떻게 이게 켜자마자 빛이 닿는 곳까지 환해지는 가 봤습니다.
 T: 아 그렇죠 켜자마자. 천천히 나가는 게 아니고 켜는 순간, 모두 가 다 밝아졌죠. 또? 나는 이런 걸 관찰했다?
 S: 저는 꼬마전구 가까이 있는 곳에는 밝게 비쳤지만 멀리 있는 데는 조금 흐릿하게 비쳤습니다.
 T: 아하 좋습니다. 이거 왜 이러는지 혹시 아는 사람?
 S: 빛이 퍼져가면서 점점 힘이 약해져서 에너지가 약해져서 그런 것 같습니다.
 S: 공기 중에는 먼지나 수분 같은 게 있기 때문에 그런 게 빛을 흡수하거나 반사하여서 빛이 멀어질수록 약해지는 것 같습니다.
 S: 사람도 달릴수록 지치는 것 같이 빛도 나아갈수록 에너지가 떨어지는 것 같습니다.

표 5. I-1번 각 보기별 응답 결과

	보기	응답 비율 (%)
정답	처음부터 끝까지 하나도 안보인다.	26
	처음에는 잘 안보이다가 한참 지나면 조금씩 보인다.	66
오답	처음부터 약간 희미하게나마 보인다.	8
	그 외의 다른 상황	0

빛이 퍼져 나가는 모습을 관찰한 후 학생들의 궁금증은 자연스럽게, 거리에 따른 빛의 세기에 대한 질문인 I-3번 문항과 연결되었다. 꼬마전구를 벽에 있는 글자판에 가까이 했을 때와 눈 쪽으로 가까이 했을 때 어떻게 보일지 예상해 보라는 I-3번 문항에 대해 학생들은 다음과 같이 응답하였다.

표 6. I-3번 각 보기별 응답 결과

보기		응답 비율 (%)
정답	꼬마전구가 글자판 쪽으로 가까이 가면 잘 보이고 눈 쪽으로 가까이 가면 잘 보이지 않는다.	87
	꼬마전구의 위치와 관계없이 글자판이 잘 보인다.	13
오답	꼬마전구가 눈 쪽으로 가까이 가면 잘 보이고 글자판 쪽으로 가까이 가면 잘 보이지 않는다.	0
	꼬마전구의 위치와 관계없이 글자판이 안 보인다.	0
	그 외의 다른 상황	0

I-3번 문항은 정답률이 87%로 높았다. I-2번 문항에 대해 대화를 나눌 때 학생들이 광원으로부터의 거리가 멀어질수록 빛의 세기가 약해진다는 것을 스스로 찾아내었기 때문에 정답률이 높은 것이라 생각된다. 또 평소에 광원 근처에서 멀어지면 잘 보이지 않는 경험을 많이 해 보았기 때문에 정답률이 높았던 것으로 생각된다. 오답을 제시한 학생들도 실제로 실험을 해보자 광원에서부터 멀리 떨어진 곳에 있는 물체는 잘 보이지 않는다는 것을 알게 되었다.

2) 물체에 도달한 빛

사전 검사에서 그림자의 개념을 아는지 묻기 위해 점광원과 물체가 주어진 상황에서 물체의 그림자를 그리는 문항에 대해 학생들은 다양하게 응답하였다. 평소에 주로 바닥에 생기는 그림자를 많이 보아왔기 때문에 광원의 위치나 물체와 광원의 거리관계를 고려하지 못하는 학생이 많았다. 그림자 만들기는 초등학교 3학년 교육과정에서도 다루고 그 이외에도 일상생활에서 매우 많이 접하나 오개념을 가진 학생이 많이 있는 것으로 나타났다. 이는 초등학생의 빛과 그림자에 대한 개념 이해 수준에 관한 허은영 등(2005)의 선행 연구 결과와도 일치한다. 이 연구는 빛의 직진에 대한 개념이 정착되지 못하는 이유를 현상만 배우고 원리를 가르치지 않았기 때문이라고 하였다. 튜토리얼을 통해 그림자가 생기는 원리를 학습하고 나서, 학생들은 광원의 위치나 광원과 물체의 거리를 달리 하는 등의 다양한 상황에 대해서도 원리에 따라 올바른 예측을 할 수 있게 되었다.

II-1번 문제의 예상하기에서는 사전 검사 문항보

다 간단한 문제였기 때문에, 오답률은 낮았으나 역시 학생들이 가진 잘못된 개념이 드러났다. 우선 그림자의 크기에 대해서는 물체보다 반드시 크다는 개념을 가진 학생, 또는 물체와 같은 크기라는 생각을 가진 학생 등 크기에 관계되는 오개념이 있었다. 또, 그림자의 색에 관계되는 오개념으로는 그림자의 색은 무조건 검은색이라는 생각을 가진 학생이 거의 대부분이었다. II-1번 문항에서는 그림자의 색에 대해서는 다루고 있지 않지만, 검은색으로 표시된 문항지에 흰색 펜을 주고 뺏어나가는 빛을 표시하고 그림자를 나타내라고 하면 대부분의 학생이 검은색으로 그림자를 색칠하였다. 흰색 펜으로 그림자 부분만 색칠하는 학생도 있었다. 구의 그림자를 관찰하여 빛이 나아가는 길을 그려보게 하자, 그림자의 크기에 대한 오개념이 올바르게 교정되는 것이 보였다. 흰색 펜을 이용해서 빛이 나아가는 길을 그리자 물체에 막혀 빛이 도달하지 않는 부분이 생겼다. 이를 이용하여 그림자는 ‘무조건 검은 부분’이라는 생각에서 ‘빛이 닿지 않는 부분’이라는 생각을 가질 수 있게 되었다.

꼬마전구와 마주 보게 정육면체 상자를 놓았을 때 정육면체의 어느 면이 보일까 하는 II-2번 문제에서 학생들은 표 7과 같이 응답하였다.

2, 3, 5번 면도 보일 것이라는 오개념이 60%였다. 빛이 직진한다는 개념은 모두 잘 알고 있으나, 이런 상황에 적용하면 평소의 경험을 떠올려 답을 하는 경우가 많았다. 오답이 많았던 이유도 평소 완전한 암실 상황을 잘 경험하지 못하여 벽이나 바닥 등에 반사된 빛을 통해 물체의 옆면을 보는 경우를 더 많이 경험하기 때문이다.

- T: 상자는 옮기지 마세요.
- S: 야 상자가 주인공이다.
- S: 1번 면 밖에 안 보인다.
- S: 여기 오니까 면이 하나 딱 서 있는 것 같다.
- S: 1번 면만 보인다.
- T: 왜 그런지, 그려 보세요.

표 7. II-2번 각 보기별 응답 결과

보기		응답 비율 (%)
정답	1번면(꼬마전구와 마주보는 면)만 보인다.	40
오답	1번면은 잘 보이고 2, 3, 5번면(측면)은 흐릿하게 보인다.	60

S: 좀 더 강한 빛이면 보일 것 같은데..
 T: 강하면 보일 것 같아요?
 S: 해 볼까?

학생들은 2, 3, 5번 면이 보이지 않고 꼬마전구와 마주한 1번 면만 보이는 것에 대해 매우 신기해 하였다. 또, 개념을 전환하지 못하고 빛의 강도에 따라 보이는 면이 달라질 것이라는 생각을 갖는 학생들도 있었다. 이런 학생들은 빛의 세기를 강하게 하여 스스로 추가 실험을 해보고 광원과 마주보는 면만 보인다는 사실을 납득하였다.

II-3번 문항에서는 물체는 점파원의 집합이라는 개념을 묻는다. 물체에서 반사된 빛이 사방으로 퍼져나가 관찰자에게도 도달하는지를 묻는 질문에 대해 학생들은 거의 대부분 정답을 찾아내었다. 이 문제를 해결하면서 물체의 한 점에서 반사된 빛이 사방으로 뻗어나가는 것을 직접 그려봄으로써 광원뿐만 아니라 우리 눈에 보이는 모든 물체에도 반사된 빛이 사방으로 뻗어나간다는 것을 알게 되었다. 즉, 광선을 직접 그려봄으로써 광원에서 빛이 나와 물체에 반사되기까지의 과정을 쉽게 이해할 수 있었는데, 이는 빛에 대한 학습에서 광선 작도가 유용함을 보여주는 선행 연구 결과와도 일치한다(백성혜와 정원경, 2009; 이재봉 등, 2004). 보통 물체의 한 점에서 눈으로 들어오는 빛만 생각하고, 물체가 사방으로 빛을 반사시키는 것에 대한 개념이 없었으나, 이 문제를 통해 물체의 한 점도 점파원이라는 개념을 갖게 되었다. 문항에 대한 학생들의 대답에서도 학생들이 물체에 반사된 빛이 사방으로 퍼져나간다는 것은 잘 이해한 것으로 생각된다. 하지만 물체를 이루는 모든 점이 그러하다는 것을 설명하는 학생은 없었다.

3) 눈에 들어오는 빛

얼굴 크기보다 큰 검은색 상자를 들어 꼬마전구를 가렸을 때 어떻게 될 것인가 하는 III-1번 질문에 대해 학생들은 표 8과 같이 응답하였다.

II-1번 문항에서 그림자는 빛이 물체에 가려져 닿지 않는 부분에 생긴다는 것을 배웠다. 상자로 빛을 가린다면 얼굴은 그림자의 영역에 들어가기 때문에 아무 것도 보이지 않아야 한다. 74%의 학생이 아무 것도 보이지 않는다고 답하였으나, 나머지 학생들은 II-2번 문항에서 보였던 오개념, 즉 광원에서 나온 빛이 닿지 않는 면까지 보일 것이라는 오개

표 8. III-1번 각 보기별 응답 결과

보기	응답 비율 (%)
정답 아무 것도 보이지 않는다.	74
검은 상자의 얼굴과 마주보는 면은 보이지 않고 나머지 부분은 보인다.	21
오답 검은 상자의 얼굴과 마주보는 면도 보이고 나머지 부분도 보인다.	5
그 외의 다른 상황	0

념을 여전히 가지고 있기 때문인 것으로 생각된다. 예상한 내용을 모둠원과 이야기하는 동안 74%에 해당되는 학생들이 나머지 학생들에게 아무 것도 보이지 않음을 설득하는 모습을 보였다.

T: 안 보여요? 자 왜 그런지 의논하고 발표합시다.
 S: 이게 상자에 딱 부딪혀가지고. 빛이 오잖아. 텅디딩 하면 이렇게.
 S: 상자를 못 통과하니까 그러는 거잖아.
 S: 그래 내말이.
 S: 준영이. 그러니까 결국은 빛이 이렇게 가야 되는 거잖아. 그러면 빛이 없는 거랑 똑같은 거잖아. 그러니까 안 보이는 거지. 앞에서 빛이 없으면 안 보인다고 했잖아. 그러니까 빛이 없으니까 안 보이는 거 아니야?

예상 후 학생들끼리 서로의 생각을 토론하는 과정에서 오답을 선택한 학생들이 바른 개념으로 생각을 많이 바꾸었고, 암실에서 직접 상자를 들고 꼬마전구를 가리는 실험을 한 후 빛이 나아가는 길을 그리자, 빛이 눈으로 들어오지 못함을 이해하게 되었다.

III-1번은 광원에서 출발한 빛이 눈에 들어오지 않으면 보이지 않는다는 개념을 알기 위한 문항이었고, III-2번 문항은 반사된 빛이 눈에 들어와야 보인다는 개념을 알기 위한 것이다.

그림 8의 관찰자 1과 2에게 몇 번 면이 보일까라

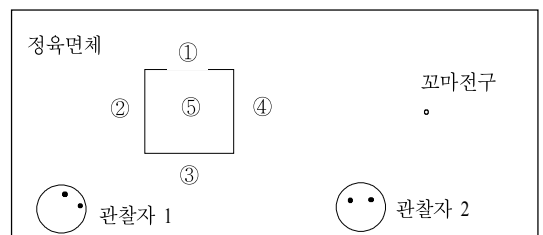


그림 8. III-2번 문항에 제시된 상황

는 질문에 대해 학생들은 표 9와 같이 대답하였다. 관찰자 1에게 아무 것도 보이지 않는 것은 III-1번 문항의 확장이라 볼 수 있고, 관찰자 2에게 4번 면만 보이는 것은 II-2번과 동일한 내용이다. 정답을 말한 비율이 87%로 높은 것은 중요한 개념은 반복적으로 제시하는 튜토리얼의 특성으로 오답률이 낮아지고, 오개념이 조금씩 개선되어짐을 의미한다고 볼 수 있다.

4) 눈의 구조

IV-1번 문항은 사전 검사에서 정답률이 36%였다. 하지만 워크시트를 통해 단계적으로 빛의 진행 과정을 배우고 난 후 같은 질문에 대해 예상하기를 하였더니 예상하기의 정답률이 74%로 올랐고, 워크시트를 끝낸 후 다시 사전 검사와 같은 문항으로 사전 검사(II)를 시행하였을 때에는 정답률이 79%로 올랐다. 이는 워크시트를 통해 학생들이 빛의 진행 과정을 단계적으로 이해하게 되었다는 것을 나타낸다.

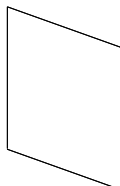
정답을 쓴 학생은 ‘빛은 직진하는데 종이가 있는 방향에는 빛 밖에 없기 때문에’, ‘그림자는 전구와 손의 일직선 뒤에 생긴다.’ 등의 이유를 들었고, 오답을 쓴 학생은 ‘빛이 물체에 비치면 반사되기 때문에 상이 맺힐 것 같다.’ 등의 이유를 들었다. IV-1번 문항의 예상하기에서 정답이나 오답에 대한 설명 모두 앞의 과정에서 배운 것을 근거로 두고 있음을 알 수 있다.

표 9. III-2번 응답 결과

	보기	응답 비율 (%)
정답	관찰자 1은 아무것도 보이지 않고, 관찰자 2는 4번면만 보인다.	87
오답	관찰자 1은 2, 3번 면이 보이고, 관찰자 2는 4번 면이 보인다.	8
	관찰자 1, 2 모두 4번 면이 보인다.	5



그림 9. IV-1번 문항에 제시된 상황



사이에 볼록렌즈를 설치하고 종이에 어떤 모습이 보일지 묻는 IV-2번 예상하기 문항에서는 65%의 학생이 오답을 썼다. 5학년 때 간이 사진기를 통해 볼록렌즈가 빛을 모아주어 기름종이에 상이 맺히게 하는 실험을 교과서에서 배웠음에도 불구하고, 이 상황과 잘 연결시키지 못하였다. 오답과 오답에 대한 이유는 표 10과 같다.

예상하기와 그 까닭 말하기를 한 후 실험하기를 통해 막에 비친 손의 모습을 보자 학생들은 매우 놀라며 재미있어 하였다. 상이 뒤집혀 보이는 것과 자신이 생각했던 것보다 상이 또렷하게 보이는 것, 그리고 무엇보다 색깔도 그대로 막에 맺혀 보이는 것을 가장 신기해 하였고, 실험 후에는 상이 보이는 원리를 잘 설명하였다.

- T: 돋보기. 볼록렌즈만 생겼어요. 볼록렌즈를 놓으면 흰 종이에 어떤 모양이 보일까? 보일까, 안보일까? 보인다면 뭐가 보일까?
- S: 손이! 손이 보여요. 아니다 돋보기 그림자가 생기는 거 아니에요?
- S: 우와 대박이다. 제대로 보인다. 우와. 우와.
- S: 상이 맺히는데요?
- S: 우와 신기하다! 거꾸로 보인다.
- S: 대박이다 컬러다!
- T: 자 그러면 어떻게 되었습니까를 써보세요. 그리고 왜 이렇게 되는지 의논해 보세요. 1모듬?
- S: 저의 생각으로는 일단 처음에는 볼록렌즈가 없었을 때는 빛이 퍼졌기 때문에 상을 맺을 수 없었지만, 볼록렌즈로 빛을 모았기 때문에 상이 보인 거라고 생각합니다.
- S: 제 생각에는 그냥 비추었을 때 퍼졌던 빛을 돋보기가 약하고 퍼졌던 빛을 돋보기가 모아서 상이 맺힐 정도로 빛이 나오게 하고, 그리고 볼록렌즈의 특징인 빛을 모아주는 효과가 나서 거꾸로 보인 것 같습니다.

이 문항에 대해 좀 더 심화하여 사후 검사 5번 문

표 10. IV-2번 문항의 오답과 오답에 대한 응답 이유

오답	응답 이유
돋보기만 보인다	손에 비친 빛이 돋보기 손잡이와 틀은 통과하지 못해서 빛은 사방으로 퍼지는데 손 그림자는 안보이고, 돋보기 그림자만 보여서 돋보기의 그림자도 생길 수 있어서
아무 것도 안보인다	전에도 보이지 않았으니까 볼록렌즈를 대도 상 안보인다 관이 없는 것 같다

항으로 제시된 ‘그림자의 상’ 문항은 난이도가 높음에도 불구하고 90%의 정답률을 보였다. 이를 통해 학생들이 자신이 전혀 예상하지 못했던 실험 결과나 신기한 결과가 나오면 매우 높은 집중도와 흥미를 보이고 내용을 더 잘 이해할 수 있다는 것을 알 수 있다.

IV-3번 문항은 튜토리얼을 만들기 위해 예비 검사를 할 때 학생들이 ‘우리가 실험한 막은 편평한데 왜 눈의 막은 동그란가’, ‘그렇다면 눈에는 동그렇게 굽은 상이 맺히는가’라는 질문을 하였기 때문에 넣은 문항이다. 초등학생에게 이론적으로는 어려운 내용이기 때문에 실험을 통해 현상적으로 접근하였다. IV-4번 문항은 지금까지 배운 것을 종합하여 광원에서 나온 빛이 물체에 반사되어 수정체를 통해 모이고, 그것이 망막에 맺혀서 보이게 된다는 것을 정리하기 위한 문항이다. 이 문항을 통해서 실험에 쓴 볼록렌즈가 수정체이고 벽에 붙여둔 막이 망막으로 그것이 하나의 커다란 눈과 같은 것임을 깨닫는다.

IV. 결론 및 제언

초등과학영재의 물체 인식에 관한 개념적 이해를 위해 빛의 진행 과정을 강조한 튜토리얼을 개발하고, 초등과학영재의 개념 변화를 분석한 결과 다음과 같은 연구 결론을 얻었다.

첫째, 초등과학영재의 물체 인식에 관한 개념적 이해를 위해 빛의 진행 과정을 강조한 튜토리얼은 다음과 같이 개발되었다. 빛의 진행 과정을 강조한 튜토리얼은 사전 검사, 워크시트, 사후 검사로 구성되었다. 빛이 진행하여 눈이 그 빛을 인식하기까지의 과정을 단계화하여 어둠과 빛, 물체에 도달한 빛, 눈에 들어오는 빛, 눈의 구조 등 크게 4개의 내용 체계로 분류하여 워크시트를 구성하였다. 각 내용 체계에는 2~4개의 활동을 두어 단계적으로 활동하고 내용을 정리할 수 있도록 하였다. 이를 통해 광원에서부터 시작해 물체에 반사되고 그 빛이 우리 눈에 들어와 망막에 상이 맺히기까지의 과정과 개념을 종합적으로 이해할 수 있을 것으로 기대하였다.

둘째, 빛의 진행 과정을 강조한 튜토리얼을 통한 초등과학영재의 물체 인식 개념이 다음과 같이 변화되었다. 학생별 총점 및 문항별 정답자 수는 워크시트 적용 후 모두 상승하였다. 사전 검사(Ⅱ)의 학생별 Hake gain은 0.6, 문항별 평균 Hake gain은 0.7

이었고, 사후 검사의 학생별 Hake gain은 0.68, 문항별 평균 Hake gain은 0.65였다. 이는 Medium 또는 High-gain이다. 이는 튜토리얼을 통한 수업이 초등과학영재의 물체 인식 개념을 변화시키는데 높은 성취를 보임을 의미한다. 워크시트를 통해 학생들은 광원에서부터 빛이 나와 물체에 반사되고 그 빛이 볼록렌즈를 통해 모여서 막에 상이 맺혀 보이게 되는 과정을 단계적으로 이해하게 되었다. 또한 중요한 개념은 반복적으로 제시하는 튜토리얼의 특성으로 오답률이 낮아지고, 오개념이 조금씩 개선되어짐을 알 수 있었다.

셋째, 학생들의 개념을 정성적으로 분석한 결과, 교수학습 자료로서 튜토리얼의 효과는 다음과 같이 나타났다. 학생들이 예상하기 단계에서 자신이 원래 가지고 있던 오개념을 드러내었다. 그리고 그것을 모둠원에게 설명하는 과정에서 의견이 다른 학생과 대화하며 인지 갈등을 느꼈다. 실험을 하여 확인한 후에는 과학적 개념으로 자신의 생각을 바꾸었고, 그 과정을 말로써 설명할 수 있었다. 튜토리얼의 내용적 측면에서 살펴보자면, 빛이 없어도 볼 수 있거나 그림자는 바닥에 생긴다는 일상 경험에서 온 직관적 생각이 튜토리얼을 통해서 개선되었고, 보는 과정을 단계적으로 배워 나가도록 튜토리얼이 구성되어 있기 때문에 이 전에 배운 내용을 이용하여 다음 단계의 문제를 설명하는 모습을 볼 수 있었다. 튜토리얼의 과정을 다 학습한 후에는 광원으로부터 시작한 빛이 물체에 반사되어 내 눈에 들어오기까지의 과정을 설명할 수 있게 되었다.

이상의 연구 결과와 결론을 바탕으로 몇 가지 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 초등과학영재교육의 커리큘럼의 개선을 제안하는 한 가지 방법으로, 이 연구 결과가 시사점이 있을 것이라 생각된다. 현재 초등과학영재교육은 커리큘럼보다 개별적 내용을 전달하는 프로그램 위주로 구성되어 있다. 튜토리얼의 경우 이미 학습한 내용에 대한 오개념을 올바른 과학적 개념으로 변화시킬 수 있고, 교육과정에서 심화된 내용을 단계적으로 학습하기 용이하므로 초등과학영재교육 프로그램을 튜토리얼 식으로 구성하는데 튜토리얼의 유용성을 밝힌 이 연구 결과물이 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

둘째, 초등과학영재교육의 한 프로그램으로서 이 연구 결과물인 튜토리얼이 사용될 수 있을 것이다.

빛의 진행 과정을 강조한 튜토리얼은 초등과학영재가 가지는 빛에 관한 오개념에 기초를 두고 개발되었다. 또한 이 오개념을 바로잡기 위한 구체적인 내용이 튜토리얼에서 다루어졌으며, 실제 튜토리얼에 참여한 초등과학영재들의 개념 변화를 확인할 수 있었으므로 초등과학영재교육의 프로그램으로서 적극 활용될 수 있을 것이라 기대할 수 있다.

참고문헌

권경필, 방소운, 이성목, 이경호(2006). 광학분야에서의 학생 개념의 상황의존성. 한국과학교육학회지, 26(3), 406-414.

권성기, 김지은(2007). 초등학교 과학영재와 일반학생의 물리 오개념 비교. 초등과학교육, 25(5), 476-484.

권재술(1992). 과학 개념 학습을 위한 수업 절차와 전략. 한국과학교육학회지, 12(2), 19-29.

권재술, 이경호, 김연수(2003). 인지갈등과 개념 변화의 필요조건과 충분조건. 한국과학교육학회지, 23(5), 574-591.

박종원(2002). 학생개념체계의 연속적 세련화와 정교화를 통한 개념 변화 분석-이론적 논의를 중심으로-. 한국과학교육학회지, 22(2), 357-377.

백성혜, 정원경(2009). “빛과 상”에 대한 초등 교사들의 이해와 학습 내용에 대한 인식 변화에 대한 사례 연구. 초등과학교육, 28(3), 245-262.

오세일(1994). 아동의 빛 개념 변화에 미치는 오개념 교정 수업의 효과. 초등과학교육, 13(1), 51-79.

이양락, 박재근, 이봉우(2004). 과학과 교육내용 적정성 분석 및 평가. 한국교육과정평가원 연구보고, 2004-1-6.

이인호, 홍준의, 전영석(2007). 렌즈를 지나는 빛의 경로 학습에서 기본 개념을 강화한 초등 과학 영재 수업의 효과. 초등과학교육, 25(5), 548-555.

이재봉, 남경운, 손정우, 이성목(2004). 광선추적과 스펙트럼에 대한 교사와 중학생의 개념 유형 분석. 한국과학교육학회지, 24(6), 1189-1205.

이정숙, 원복순, 김소연, 김중복(2009). 비전형적 상황에서 전기 회로에 관한 초등학생들의 인식. 새물리, 58(2), 101-109.

이정숙(2010). 전하 이동을 강조한 튜토리얼을 통한 초등 교사의 전기 개념 변화. 한국교원대학교 박사학위 논문.

장미영, 차희영, 홍준의(2007). 빛의 성질과 눈의 구조와 기능에 대한 통합모듈의 개발과 적용. 한국생물교육학회지, 35(4), 582-600.

현동희(2001). 제 7차 교육과정의 초등과학 교수/학습/평가 -과학과 수준별 교육과정의 효율적 방안-. 강원과학교육연구회지, 6(2), 23-36.

허은영, 사현주, 유병길(2005). 초등학생의 빛과 그림자에 대한 개념 이해 수준 조사. 과학교육연구, 30, 151-172.

홍명수, 이정숙, 김소연, 김중복(2009). 중학생의 정전기 개념 정립을 위한 튜토리얼 개발. 현장과학교육, 3(1), 13-29.

Cochran, M. J. & Heron, R. L. (2006). Development and assessment of research-based tutorials on heat engines and the second law of thermodynamics. *American Journal of Physics*, 74(8), 734-741.

Davis, A. G. & Rimm, S. B. (2004). *Education of the gifted and talented*, 5/E. Pearson Education.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys*, 66, 64-74.

Heidi, V. M. & Hingley, D. (2005). Student understanding of induced current : Using tutorials in introductory physics to teach electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 73(12), 1164-1171.

McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (2002). *Tutorial in Introductory Physics*, 1/E. Prentice Hall.

Scherr, R. E., Shaffer, P. S. & Vokos, S. (2002). The challenge of changing deeply held students beliefs about the relativity of simultaneity. *American Journal of Physics*, 70(12), 1238-1248.