

## 무지개를 활용한 과학영재활동에 나타난 과학영재의 특징 분석

김 희 경  
강원대학교

이 봉 우  
단국대학교

본 연구는 무지개를 활용한 과학영재활동에서 과학영재들이 나타내는 특징을 분석하는 데 목적을 두었다. 이를 위해 지방 소재 대학교 부설 과학영재교육원 소속 중학생 23명을 연구 대상으로 설정하였다. 분석 결과, 첫째, 과학영재의 다양한 광학 관련 개념과 사고 유형이 나타났다. 과학영재들은 무지개 모양 그대로 빛이 그 곳에 존재할 것이라고 생각하기도 하며, 물방울에서 빛의 분산이 프리즘에서처럼 단순한 과정일 것이라고도 생각하였다. 둘째, 과학영재들은 이 활동을 통해 다양한 이론을 구성하고 다양한 과학적 상상 유형을 표현하였다. 과학영재들은 자신의 이해를 바탕으로 무지개의 모양과 색에 대한 다양한 이론을 구성해 제시했다. 새로운 무지개를 제시하는 과제에서도 기존 무지개의 모양이나 색 등이 가지는 원래 현상의 특징을 변화시키거나 생성 조건을 변화시키는 두 가지 전략을 사용해 다양한 무지개를 제안하였다. 덧붙여 무지개를 활용한 통합적 과학활동과 후속과제에 대하여 논의하였다.

주제어: 과학영재활동, 무지개, 광학 오개념

### I. 서 론

무지개는 고대에서부터 많은 과학자들이 관심을 가져온 자연현상이다. 무지개에 대해 최초로 과학적인 설명을 제시한 사람은 아리스토텔레스이다. 그 이후 뉴턴이 빛의 분산현상을 규명하면서, 오늘날 많은 사람들이 알고 있는 무지개의 과학적인 원리가 밝혀졌다(Boyer, 1959). 무지개 현상은 빛의 일반적인 광학적 성질인 반사, 굴절, 분산 등의 기하광학적 성질은 물론 편광이나 간섭과 같은 파동광학적인 성질로도 설명할 수 있다(이순덕

---

교신저자: 이봉우(peak@dankook.ac.kr)

\* 이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-327-B00600)

등, 1992; Walker, 1976). 수치해석적인 방법을 통해서 물리 개념을 이해하는데 무지개를 주요한 소재로 사용하는 연구(Amundsen et al., 2009) 등이 있으며, 중등학교의 과학 수업에서도 빛의 성질을 설명하는데 효과적인 소재로 활용될 수 있다.

일반적으로 과학에서 다루는 다른 소재에 비해 무지개가 가지는 독특한 특징 중 하나는 대부분의 사람들이 아름다움을 느끼고 관심을 보이는 대상이라는 것이다. 최근 과학에 대한 딱딱하고 차가운 이미지를 벗고자 과학에 심미적 요소를 결합하거나(김희경, 2010), 다른 영역과 결합하는 통합적 교육과정이나 교수학습 자료를 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다(손연아, 이학동, 1999; 이재봉, 김용진, 백성혜, 이기영, 2010; Coger & de Silva, 1999; Hall, 1972). 전통적으로 과학과 아름다움은 대치되는 개념처럼 인식되어 왔지만, 과학에서 심미성은 과학자들을 통해서만 자주 언급되어 왔으며, 아름다움에 대한 경이와 열정은 과학자들이 고된 과학연구를 진행해나가고 과학이 발전하는 원동력이 되어 왔다(Dirac, 1963; Flannery, 1991). 따라서 학생들도 심미적 요소를 가진 소재를 통해 학생들의 과학에 대한 태도를 긍정적으로 변화시키고자 하는 연구가 시도되고 있다(김희경, 2010; Girod & Schepige, 2003; Pugh 2002). 한편, 통합적 접근에 의하면 과학 개념은 물리, 화학, 생물, 지구과학의 특정 교과에 한정되지 않으며, 과학 그 자체가 통합적이기 때문에 과학 교수학습 과정에도 이러한 통합적 특성이 반영되어야 한다고 주장한다(Hall, 1972). 특히 최근에는 간학문적인 접근이 강조되고 있으며(Coger & de Silva, 1999), 우리나라에서도 2009 개정 과학과 교육과정에서 융합형 과학이 도입되어(교육과학기술부, 2009) 현장 적용을 위한 다양한 자료 개발에 관심이 높다. 무지개라는 소재가 가지는 심미적 요소와 함께 신화, 문학, 예술과 결합가능한 통합적 특징을 생각할 때, 무지개를 활용한 과학교수학습 자료의 활용이 이러한 과학교육의 변화에 긍정적인 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

무지개처럼 우리 주변에서 보고 관찰하는 시각과 관련된 현상들은 어린 아이부터 성인까지 생활 속에서 자주 접하면서 자신의 개념을 가지게 되는데, 이와 관련한 광학 관련 오개념 연구들이 활발히 수행되어 왔다. 이러한 연구들에 의하면, 학생들은 광원에서는 한 빛만이 특정한 방향으로 나온다고 생각하고 있으며(Goldberg & McDermott, 1986, 1987), 색은 빛 자체의 성질이 아니라 물체의 성질이기 때문에 색유리를 통과하는 빛은 그 유리에 의해 물든다고 생각하는 경우도 있다(Anderson & Smith, 1982). 많은 연구(권경필, 방소윤, 이성묵, 이경호, 2006; 오원근, 김재우, 2002; Goldberg & McDermott, 1986; Guesne, 1985; Mohapatra, 1988)에서 학생들이 반사와 굴절에 대한 개념이 잘못 되어 있다는 것을 밝혔는데, 특히 상의 형성과 관련하여 많은 오개념을 가지고 있었다. 그러나 이러한 연구들은 빛의 본성, 반사, 굴절, 상의 형성 등에 대해서 인위적으로 구성된 실험실 상황에서 진행된 연구들이었고, 실제로 무지개와 같이 자연현상을 통해서 종합적으로 광학적 개념들을 논의한 연구는 찾기 어려웠다. 무지개에 대한 탐구를 통해 학생들이 가지고 있는 광학 개념을 종합적으로 적용해 봄으로써 학생들의 광학 관련 개념을 면밀히 살펴볼 수 있을 것이다.

본 연구에서는 무지개를 이용한 통합적 과학 교수학습모형을 개발하여 과학영재에 적

용하였다. 과학영재는 평균 이상의 지적 능력과 창의성, 그리고 과제집착력을 갖고 있으며 특별한 교육을 필요로 하는 사람이다(Renzulli, 1986). 무지개를 이용한 통합적 과학 활동을 통하여 영재의 과학에 대한 종합적인 개념이해를 도울 수 있을 것으로 기대하였다. 또한 유창성, 독창성, 정교성 등의 창의성이 발현될 수 있는 구체적인 질문과 새로운 유형의 무지개를 창안하는 창의적이고 탐구적인 요소들은 박종원(2004)이 제안한 과학적 창의성 모델과도 부합하는 측면이 있다. 나아가 무지개라는 하나의 심미적 상황 속에서 일련의 활동을 수행하면서 영재의 몰입도를 높일 수 있기 때문에 과제에 대한 집착력을 신장시킬 수 있어 영재교육 프로그램으로 활용 가능할 것으로 기대한다.

요약하면, 본 연구에서는 심미적 소재의 하나인 무지개를 활용한 과학영재활동을 고안하여 영재들에게 적용한 뒤 이 활동에서 나타나는 영재들의 개념 유형의 특징을 연구의 초점으로 설정하여 분석하였다. 그리고 그 결과를 바탕으로 과학교육 및 과학영재교육에의 시사점을 논의하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 절차

연구의 대상은 지방 소재 영재교육연구원 소속 중학교 1학년 23명이며, 무지개라는 주제에 대하여 기억하기, 원리찾기, 관찰하기, 적용하기 등으로 구성된 일련의 활동에 참여하였다. 이 활동은 영재들의 통합적 과학 활동을 위해 본 연구에서 제안한 교수학습 모형으로 주제에 대한 영재들의 경험에서 관련성을 끌어내고(Recall), 목표 현상에 대한 영재들의 이론을 구성한 후(Constructing theory), 새로운 현상을 관찰하고(Observing a new phenomenon), 적용하기(Applying)로 마무리하는 모형이다. 전체적인 모형은 세 단계 순환 학습 모형의 단계에 기초를 두고 있다. 기억하기 단계는 탐색단계로 오슈벨의 학습이론(Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978)에 따라 배울 학습내용을 학생들의 인지구조에 연결시키기 위한 단계로 5E의 모형의 참여(Engage)와 관련되어 있다. 2단계인 ‘원리찾기’는 순환학습의 개념도입 단계에 해당된다. 영재들이 무지개의 기본 원리에 대해서 설명하게 한 후 이에 대하여 옳은 설명과 그른 설명에 대해 교사와 함께 논의하면서 개념학습을 한다. 3단계인 ‘관찰하기’와 4단계인 ‘적용하기’ 단계는 순환학습의 개념 적용 단계에 해당된다. 관찰하기 단계에서는 2중 무지개와 반사 무지개에 대한 사진을 제시하여 개념 도입 단계에서 학습한 원리를 이용하여 사진에 제시된 현상을 과학적으로 관찰하여 기술하는 단계이다. ‘적용하기’ 단계는 앞에서 학습한 무지개에 대한 이론 및 현상을 바탕으로 실현 가능할 수 있는 다양한 무지개를 제시하고, 그것과 관련된 과학적인 설명을 제시하도록 하였다. 본 학습모형은 렌줄리의 심화학습 3단계 모형(Renzulli, 1978)과도 밀접한 관련이 있으며, 특히 ‘적용하기’ 단계는 렌줄리의 심화학습 3단계의 ‘실제 문제 연구활동’ 단계와 관련되어 영재들이 이전 단계에서 습득한 지식과 기능을 적용하여 자기 주도적으로 새로운 문제를 해결하는 과정을 거치도록 한 것이다.

각 단계별 목표 및 활동 내용을 <표 1>에 기술하였다.

<표 1> RCOA 모형에 따른 교수·학습 단계

단계	목표	차시	교수·학습 활동
1단계 기억하기 (Recall)	주제에 대한 영재들의 경험 끌어내기	1	- 무지개에 대한 영재들의 경험에서 무지개에 대한 정보 끌어내기 - 그림과 설명으로 묘사하기
2단계 원리찾기 (Constructing theory)	목표 현상에 대한 영재의 이론을 구성하기	2	- 무지개의 모양, 색깔 등의 특징에 대한 영재 자신의 이론 구성하기
3단계 관찰하기 (Observing a new phenomenon)	변형된 사례에 과학적인 관찰사실을 기술하기	3	- 제시된 여러 가지 무지개 사진(반사 무지개와 반사된 무지개, 1차 무지개 등이 나타난 사진 자료)을 관찰하여 특징 찾아내기 - 관찰 현상을 과학적으로 설명해보기
4단계 적용하기 (Applying)	다양한 무지개를 구상하여 과학적으로 설명하기	4	- 새로운 무지개를 구상하여 기술하되 과학적 으로 가능한 이어나 방법 설명하기

수집된 자료는 영재들이 각 단계마다 참여하면서 단계별 과제에 대해 작성한 활동지 내용이며 그림과 서술형 응답 등으로 구성되어 있다. 1단계인 ‘기억하기’에서는 영재들이 보았던 무지개를 기억해보고 그 무지개에 대해 설명해보는 과제가 제시되었으며, 2단계인 ‘원리찾기’에서는 앞서 이야기했던 무지개의 모양과 발생 원리에 대해 설명하는 과제를, 3단계인 ‘관찰하기’에서는 2개의 무지개 관련 사진 자료를 관찰하고 그 특징을 설명하는 것, 마지막인 4단계 ‘적용하기’에서는 다양한 무지개를 생각해 보고 그것이 가능할 수 있는 과학적 방법을 설명하는 것이었다.

## 2. 연구 결과 분석

영재들이 수행한 과제의 결과물을 두 명의 연구자가 각각 영재들의 응답유형을 비슷한 것끼리 묶어가는 방법으로 세부 유형을 추출한 후 모든 세부 유형을 모아서 다시 상위 범주로 묶어 단계별 분석 내용요소를 완성하였다. 이후 두 명의 연구자가 공동으로 각 세부 내용요소에 대하여 영재들이 제시한 응답에서 나타난 무지개 해석의 특징을 구체적인 사례를 이용하여 분석하였다.

‘기억하기’ 단계에서는 무지개의 모양과 색에 대한 ‘무지개의 특징’, 관찰 장소, 관찰 시각, 관찰 조건 등의 ‘관찰 상황’ 등의 내용 요소로 분석하였다. ‘원리 찾기’ 단계에서는 물방울, 광원, 광원과 관찰자의 배치 등의 조건을 포함하는 ‘생성 조건’, 빛의 반사, 굴절, 분산 등으로 설명하는 ‘과학 개념의 도입’, ‘무지개의 모양 및 색의 설명’, 물방울의 내부와

외부에서의 빛의 경로, 물방울의 모양과 배치 등의 ‘그림과 작도’ 등으로 분석하였다. ‘관찰하기’ 단계에서는 무지개의 특징, 1/2차 무지개의 비교, 창의적 관찰 등을 포함하는 ‘1차와 2차 무지개’와 반사 무지개의 특징, 반사된 무지개의 특징 등의 ‘반사 무지개’ 등으로 분석하였다. 마지막으로 ‘적용하기’에서는 모양, 색, 개수의 변화 등의 내용 요소로 분석하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 무지개 ‘기억하기’ 단계에 나타난 영재들의 특징 분석

전체 응답을 관찰된 ‘무지개의 특징’과 ‘관찰 상황’에 대한 언급으로 나누어서 분석한 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 무지개 ‘기억하기’ 단계의 응답 분석 결과

분석 범주		응답자(명)	(%)	소계(명)	(%)
특징	모양	원(반원)	7	(46.7)	15 (65.2)
		타원, 아치형	3	(20.0)	
		고리	3	(20.0)	
		기타(포물선, 부채꼴)	2	(13.3)	
색	7색	10	(71.4)	14 (60.9)	
	7색 미만	4	(28.6)		
상황	비온 뒤	10	(58.8)	17 (73.9)	
	폭포, 분수	4	(23.5)		
	분무기	3	(17.6)		

첫째, 영재들이 기억한 ‘무지개의 특징’ 중 모양에 대해서는 대부분이 반원을 언급하였으나, 실제 자신의 기억을 언급하였던 영재들은 무지개의 모양이 아치형, 포물선, 반타원 등 반원과 다른 모양임을 지적하였다.

둘째, ‘무지개의 특징’ 중 색에 대해서 총 14명이 응답을 하였고, 응답한 영재들 중 많은 수(71.4%)가 7색이라고 응답하였으나 실제 관찰경험에 대해 언급한 영재들의 경우는 3색, 5색만 관찰하였음을 지적하면서 7가지 색을 관찰하기 어려웠음을 언급한 영재들도 많았다. 예를 들면 “건물 사이로 무지개가 보였다. 무지개 하면 떠오르는 것이 일곱 가지 색 같인데 확인해보려고 색의 수를 어림잡아 세어봤다. 하지만 아무리 봐도 빨, 노, 초 이외에는 아무것도 보이지 않았다.”는 영재의 응답이 이에 해당한다.

셋째, ‘관찰 상황’으로는 비온 뒤, 폭포, 분수, 바다 위, 분무기 등을 언급하여 공통적으로 물방울의 존재가 필요함을 인식하고 있었다. “분수가 있는 곳의 무지개는 오랫동안 있었으나, 하늘의 무지개는 금방 사라졌다. 이를 통해서 무지개는 물방울이 있어야만 생긴다는 것을 알게 되었다.”는 영재의 응답에서 볼 수 있듯이 영재들은 무지개의 생성 장소가 공통적으로

물방울의 존재와 관련 있음을 알고 있었으며 이는 다음 활동인 ‘원리 찾기’에서도 나타났다. 그러나 ‘관찰 상황’에 대한 언급에서 물방울의 존재에 대해서만 주로 언급하는 특징을 보여, 관찰자와 광원의 위치 관계, 광원의 조건 등에 대해서는 인식하지 못함을 알 수 있었다.

넷째, 영재들은 무지개에 대한 ‘기억하기’에서 무지개에 대한 기억과 자신의 지식을 합쳐서 작성하는 경향을 보였다. 전체 영재들 중 33%만 실제 자신의 경험을 기술하였는데 이 영재들은 앞에서 지적한 것처럼 무지개에 대한 특징을 구체적으로 묘사하였다. 즉 구체적인 경험이 없이 “무지개는 ~라고 한다.”, “~알고 있다” 등과 같이 지식이나 정보를 언급한 영재들의 경우, 무지개의 대표적인 인식인 ‘7가지 색’의 ‘반원’에만 설명의 초점을 맞추었다. 반면, 구체적인 경험을 기술한 영재들의 응답에서는 무지개의 실제 모양은 반원에 미치지 못한다는 점, 7가지 색을 구분하는 것은 문화적 영향에 가깝기 때문에 실제로는 구분하기 어렵다는 점, 무지개의 폭이 실제로는 얇다는 점 등을 인식하고 있었다. 다음 회준의 응답을 보면 이와 같은 구체적인 무지개의 특징이 기술되어 있다. 특히, 대부분의 영재들이 다음 인용문의 왼쪽 무지개처럼 무지개의 폭을 매우 두껍게 그렸는데, 이 영재는 실제로는 오른쪽 무지개처럼 두께가 매우 얇다는 것도 인식하고 있었다.

빨, 주, 노, 초, 파, 남, 보라고 하는데 사실 초록색, 남색은 본적이 없다. 주로 산 중턱에 설치 생길 때가 많은 것 같고 하늘에도 생긴다. 폭 소나기 온 뒤가 아니라라도 스프레이로 머리에 물 뿌리다가 빛을 보면 무지개를 볼 수 있다.

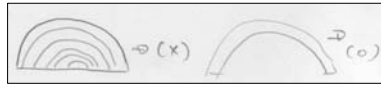
(중략)

의외로 매우 얇다.

오후나 1시에서 4시 사이에 자주 보는 것

같다. 흐릿하다.

(희준)



## 2. 무지개 ‘원리찾기’ 단계에 나타난 영재들의 특징 분석

무지개에 대한 원리를 설명한 영재들의 응답은 무지개 생성의 조건, 과학 개념의 도입, 모양과 색의 설명, 그림과 작도의 4가지 범주로 구분하여 분석하였다.

<표 3> 무지개 ‘원리찾기’ 단계의 응답 분석 결과

	분석 범주	응답자(명)	(%)	오개념(명)	(%)	미흡(명)	(%)
배경	물의 존재	21	(91.3)	3	(14.3)	-	
	햇빛	21	(91.3)	3	(14.3)	-	
	반사	11	(47.8)	4	(36.4)	-	
원리	굴절	10	(43.5)	1	(10.0)	-	
	분산	6	(26.1)	3	(50.0)	-	
	산란	1	(4.3)	1	(100.0)	-	
표현	빛의 경로	12	(52.2)	6	(50.0)	5	(41.7)
	모양	11	(47.8)	10	(90.9)	1	(9.1)
	색순서	4	(17.4)	4	(100.0)	-	

분석 결과를 보면, 첫 번째 범주인 ‘무지개의 생성 조건’에 대해서 참여한 영재들 대부분 물방울과 햇빛을 언급하고 있어 무지개의 생성 조건에 대해서는 알고 있었다. 그런데 물방울을 수증기로 언급하거나 물분자로 잘못 설명한 응답(3명)이 나타났다. 이는 아직 영재들이 물방울과 수증기를 구분하지 못하고 있으며 빛의 분산에 대해 정확히 이해하고 있지 못하다는 것을 보여준다. 또한, 무지개가 생성되기 위해서는 관찰자와 광원의 위치도 중요한데 이에 대한 언급은 한 명 밖에 없어서 영재들이 무지개 생성에서 관찰자의 위치에 대한 이해가 매우 부족한 것으로 볼 수 있었다.

두 번째, 무지개의 원리를 설명하기 위해서는 빛의 반사, 굴절, 분산 등의 개념 도입이 필요하다. 영재들의 응답을 보면, 대부분이 반사와 굴절에 대해서는 언급하였으나 빛의 분산으로 제대로 표현한 영재는 3명뿐이었으며 분산이 아니라 분해로 표현한 영재도 2명 있었다. 이것은 아직 빛의 분산이라는 용어를 학습하기 전이기 때문인 것으로 생각된다.

세 번째, 무지개가 7가지 색으로 구성된 잘려진 원의 모양을 하는 이유에 대해 적절히 설명한 영재는 거의 없었다. 즉, 단순히 빛이 갈라짐으로서 색이 나타난다고 표현하는데 그쳐서 색의 순서가 그렇게 배열되는 원리를 설명한 영재는 거의 없었다. 다음 정주의 응답은 색이 분산되는 이유에 대해 물방울의 조건이 다르기 때문이라고 설명하고 있으며, 물방울을 물분자로 잘못 알고 있는 것도 볼 수 있다.

무지개의 색이 여러 가지인 원리는 해로부터 나온 빛이 물 분자에 반사되어야 색이 보이는데, 그 반사되는 물 분자의 빛이 닿는 면적, 물 분자의 크기 등이 다르므로 무지개의 모든 부분이 같은 색을 나타낼 수 없는 것이라고 생각한다. (정주)

또한, 빛의 반사로서 무지개의 색을 설명한 영재도 3명이 있었다. 이 영재들은 물체의 색을 인식하는 것과 동일한 과정으로 무지개의 색을 설명하려고 시도하였다. 즉, 물체는 물체에 들어오는 빛 중에서 선택적으로 반사한 빛을 통해서 색을 나타내는데, 이 영재들은 무지개에서 빨간색을 나타내는 부분은 그 부분에 있는 물방울이 빨간색만 반사하기 때문에 색을 나타낸 것이라고 생각하고 있었다. 다음은 ‘창석’의 설명이다.

태양광에는 모든 색이 섞여 있는데 우리가 그 색을 알아낼 수 있는 이유는 다른 색은 흡수하고 오직 한 색만 튕겨 내기 때문이다. 그래서 무지개의 색도 똑같은 원리이다. (중략) 이 때 밖으로 튕겨낸 색깔이 그 부분의 색이 되고 우리의 눈에 보이게 된다. (창석)

한편, 무지개의 모양에 대해서는 왜 원의 일부처럼 보이는지 설명하려고 시도하였으나 대부분이 과학적 개념과 다른 개념을 가지고 있음을 보여주었는데, 무지개 실체론, 프리즘 비유형 등의 유형이 나타났다.

‘무지개 실체론’은 무지개가 원의 일부처럼 보이는 이유를 무지개를 만드는 실체가 그 모양이기 때문으로 설명하는 유형이며, 빛이 실제로 그런 모양으로 진행하기 때문인 것으

로 설명하는 유형과 물방울의 배치가 반원 모양이기 때문에 설명하는 두 가지 유형이 있었다. [그림 1]의 (a)에서 볼 수 있듯이 영재들은 빛이 공기 중 물방울에 의해 반원 모양으로 진행하기 때문에 무지개가 반원 모양으로 보인다고 설명하였다. “어느 한 물방울이 반사 또는 굴절시킨 것을 다른 물방울이 같은 방향으로 다시 굴절 반사를 하고 그 과정이 계속 반복되어 원 또는 아치의 모양이 나오는 것이라고 생각한다.”는 영재의 응답이 이에 해당한다. 이러한 설명은 물체처럼 무지개도 그곳에 그러한 모양으로 존재하는 실체처럼 생각하는 유형이라고 할 수 있다. 한편 [그림 1]의 (b)는 빛을 분산시키는 물방울들이 반원으로 배치되어 있으며 이를 통해 무지개의 모양을 설명하고 있다.



[그림 1] 무지개의 모양을 ‘무지개 실체론’으로 설명한 응답 사례

‘프리즘 비유형’은 프리즘으로 빛의 분산을 설명한 영재들의 경우 프리즘 대신 물방울을 바로 대응시키는 유추를 사용하는 유형을 말한다. [그림 2]에서 볼 수 있듯이 이 유형의 영재들은 프리즘에서 빛이 분산되는 것과 물방울에서 빛이 분산되는 과정이 동일한 것으로 유추하고 있기 때문에 빛이 물방울에 들어가 반사, 굴절되는 과정을 잘못 표현하고 있었다. 이는 빛의 분산에 대해 설명할 때 교과서 등에서 자주 언급되는 것이 프리즘이기 때문인 것으로 보이는데, 이렇게 프리즘에서의 빛의 분산을 다른 분산 현상과 일대일로 바로 대응시키는 오류를 유도할 수 있음을 주의할 필요가 있다.

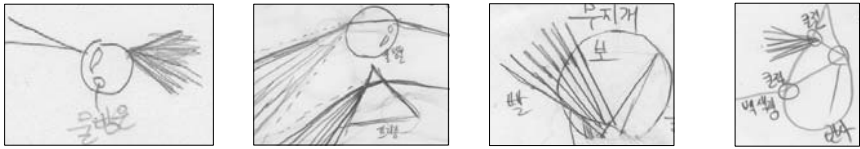


[그림 2] 무지개의 모양을 ‘프리즘 비유형’으로 설명한 응답 사례

네 번째, 무지개 원리를 설명하기 위해 그린 ‘그림과 작도’에서 빛의 경로나 물방울 모양 등 기하학적 특징이 옳게 표현되었는지에 따라 분석한 결과, 물방울의 모양은 대부분 구형으로 표현하였으나 [그림 3]의 (d)처럼 물방울을 유선형으로 표현한 경우도 있었다. 또한, 물방울의 배치는 대부분의 영재들이 공기 중에 고르게 퍼져있도록 그렸으나, 한 영



재는 물방울을 [그림 1]의 (b)처럼 반원으로 배치하였다. 빛의 경로에 대한 작도는 물방울 외부에서는 대부분 평행광선으로 표현하여 과학적으로 표현하였으나 물방울 내부에서 빛의 경로를 옹골치게 표현한 영재는 많지 않았다. 물방울 내부에서 빛의 경로는 [그림 3]과 같이 다양한 유형으로 표현되었다. 그림 (a)는 물방울 내부에서 빛의 경로를 생략하였으며, 경로를 표현하더라도 그림 (b)처럼 단순히 직선으로 잇거나, 그림 (c)처럼 굴절의 횟수를 한번 적게 그리거나, 그림 (d)처럼 굴절시 빛의 분산이 내부에서는 없고 외부에서만 분산 되도록 그리는 유형 등이 나타났다. 빛의 분산은 공기 중에서 물방울로 굴절되어 들어갈 때부터 나타나는 것임에도 불구하고 영재들은 물방울 내부에서는 빛의 반사와 굴절만 일어나고 물방울에서 공기 중으로 빛이 나갈 때에만 분산되는 것으로 그리는 경향이 있었다.



(a) 내부경로 생략 (b) 단순화된 내부경로 (c) 굴절 횟수 부족 (d) 내부 분산 없음

[그림 3] 물방울 내부에서 빛의 경로를 표현한 응답 사례

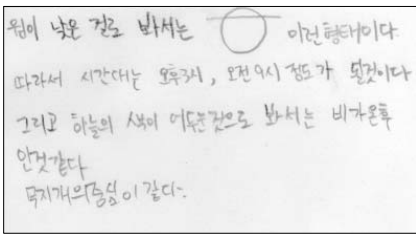
### 3. 무지개 ‘관찰하기’ 단계에 나타난 영재들의 특징 분석

무지개에 대한 관찰하기 단계에서는 2차 무지개가 보이는 사진과 반사 무지개(reflection rainbow)가 보이는 사진 두 장을 제시하고 사진 속에서 발견할 수 과학적인 사실을 찾도록 하였다. 영재들이 응답한 내용을 유형별로 범주화하여 정리한 것이 <표 4>와 같다. 괄호속의 숫자는 응답을 한 영재들의 수이다.

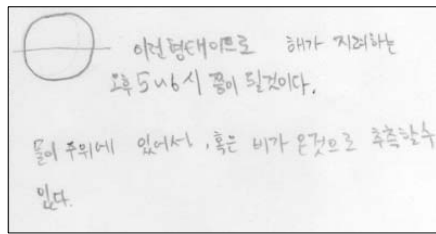
첫 번째 과제인 2차 무지개 사진 속에서 영재들이 발견한 무지개와 관련된 관찰 결과는 다음과 같다. 거의 대부분의 영재들이 그림 속에서 2차 무지개가 있음을 언급하였고, 그 중에서 15명(65.2%)의 영재들은 무지개의 중심이 지표면 아래에 있어 반원보다는 중심 각이 90°보다 작은 호를 나타냄을 지적하였다. 특이한 점은 무지개의 모양으로부터 시간대를 추리한 영재들(4명)이 있었다는 것이다. 무지개의 중심은 태양의 고도를 나타내기 때문에 이를 근거로 대략적인 시간대를 추리할 수 있는데, 이는 영재들의 독창성을 나타내는 창의성이 보이는 응답이라고 할 수 있다. 이와 관련된 한 영재의 사례를 [그림 4]에 제시하였다. 또한 무지개 기억하기에서 지적하였듯이 무지개의 색이 7개가 아니라 그보다 더 적게 보인다는 응답을 한 영재들도 11명(47.8%)이 있었다.

<표 4> 무지개 ‘관찰하기’ 단계의 응답 분석 결과

대범주	세부범주	영재 응답
2차 무지개	무지개의 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무지개의 색은 연속적으로 보이며 색을 구분하면 7개가 아니라 더 적은 개수로 보임(11)</li> <li>• 무지개의 모양은 반원이 아니며 그 중심이 지표 아래에 있음(15)</li> </ul>
	1, 2차 무지개의 비교	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1차 무지개 밖에 같은 동심원을 갖는 2차 무지개가 존재(20)</li> <li>• 2차 무지개는 1차 무지개에 비해서 흐림(9)</li> <li>• 1차 무지개와 2차 무지개의 색순서는 서로 반대로, 안에서 바깥쪽으로 빨강-주황-노랑-초록-파랑-남색-보라의 순서임(4)</li> <li>• 1차 무지개와 2차 무지개 사이는 1차 무지개 안쪽에 비해서 상당히 어두움(7)</li> </ul>
	창의적 관찰	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1차 무지개의 모양으로 사진을 찍은 시간을 추리함(4)</li> </ul>
반사 무지개	반사 무지개의 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ‘반사 무지개’가 존재함(15)</li> <li>• 반사 무지개의 모양에 대한 설명(4)</li> <li>• 반사 무지개가 1차 무지개보다 흐림(2)</li> </ul>
	반사된 무지개의 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1차 무지개가 물에 반사된 것처럼 보이는 ‘반사된 무지개’가 존재(12)</li> </ul>



(a) 첫 번째 사진에 대한 응답



(b) 두 번째 사진에 대한 응답

[그림 4] 무지개를 통해 시간대를 추리한 영재의 응답

무지개 생성시 빛은 물방울 속에서 한 번 반사한 이후에 42°이하로 되돌아오고 이 중에서 40°와 42°사이에서 1차 무지개를 형성한다. 그리고 물방울 속에서 2번 반사한 광선은 50° 이상으로 되돌아오면서 2차 무지개를 형성한다. 따라서 물방울로 들어가는 빛과 되돌아오는 빛이 이루는 각도가 42°에서 50°사이인 경우에는 반사되어 되돌아오는 빛이 없어 1차 무지개 안쪽이나 2차 무지개 바깥쪽보다 어두워 이를 ‘알렉산더의 띠(Alexander's dark band)’라고 부른다. 이 활동에서 제시한 그림에서 영재들이 발견하기를 기대했던 부분이 바로 이 ‘알렉산더의 띠’였으나 불과 7명(30.4%)의 영재만 언급하였다. 물론 ‘알렉산

더의 띠'가 왜 어두운 지를 과학적으로 설명하는 영재는 없었다.

두 번째 과제는 물 위에서 1차 무지개와 2차 무지개가 있는 상황으로 물방울에서 의해 분산되어 되돌아온 빛이 땅에 있는 물에 반사되어 나타난 '반사된 무지개(reflected rainbow)'와 빛이 땅에 있는 물에 반사된 후 그 빛이 하늘에 있는 물방울에 의해 분산되어 되돌아와서 생긴 '반사 무지개(reflection rainbow)'를 포함하고 있는 사진이다.

이 사진 자료도 첫 번째 과제와 같이 1차 무지개와 2차 무지개를 모두 포함하고 있기 때문에 많은 영재들이 첫 번째 과제에서 응답한 1차/2차 무지개에 대한 설명을 제시하였다. 그것을 제외한 다른 응답 중에서 '반사된 무지개'와 '반사 무지개'와 관련된 유형을 살펴보았다.

두 번째 사진이 첫 번째 사진과 다른 점은 바로 '반사 무지개'가 존재한다는 점이다. 많은 영재들(15명, 65.2%)이 그림에서 특이한 점을 발견하고 이를 기술하였다. 사진에서 반사 무지개가 매우 밝게 나타난 것은 아니지만, 사진을 조금만 꼼꼼하게 살펴보면 1차 무지개 바깥쪽에 무지개빛의 이상한 띠가 보인다는 것은 쉽게 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 8명의 영재들은 그림에서 보이는 '반사 무지개'를 언급도 하지 않은 것은 특이할만한 사실이다.

또한, '반사된 무지개'는 사진에서 아주 선명하게 제시되었기 때문에 이것을 영재들이 인지하지 못하는 것은 않았을 것이다. 그럼에도 불구하고 이 무지개를 언급하지 않은 것은 물체가 거울에 반사되어 나타나듯 1차 무지개가 물 표면에서 반사되어 보인다고 생각했기 때문일 것이다. 이와 같은 결과로부터 앞의 활동에서 나타난 것처럼 영재들이 무지개를 빛을 내는 실제로 인식하고 있다는 것을 알 수 있다. '반사된 무지개'는 1차 무지개에서 나온 빛이 물 표면에서 반사되어 우리 눈으로 들어온 것으로 생각하고 있다는 것이다. 그러나 1차 무지개에서 나온 빛은 우리 눈으로 바로 들어와야 한다. '반사된 무지개'는 물방울에 의해서 분산된 빛 중에서 우리 눈으로 들어오지는 못하고 물 쪽으로 들어간 빛이 우연히 물에 반사된 이후에 우리 눈에 들어온 것이다. 즉, 반사된 무지개는 1차 무지개가 물에 반사된 것이 아니라, 1차 무지개의 형성과 관련이 없는 물방울에서 분산되어 나온 빛이 물에 반사되어 우리 눈에 들어온 것이다. 따라서 1차 무지개와 '반사된 무지개'에서 빛의 색이 이루어지는 물방울은 서로 다르다.

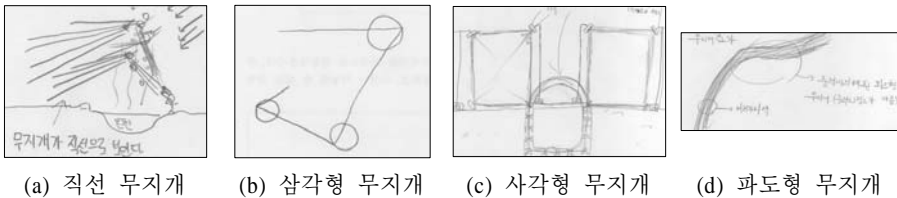
반사 무지개의 모양에 대하여 설명을 한 영재는 총 4명이었다. 그 중에서 반사 무지개의 중심이 지표면 아래쪽에 위치해 있다는 것을 언급한 영재도 있었다. 반사 무지개는 빛이 물에 반사된 후에 물방울에 들어가서 반사되어 나오면서 분산되어 나타난 현상으로 무지개의 중심은 태양의 고도와 같다. 따라서 반사 무지개는 1차 무지개에서 지표에 가려서 나타나지 않은 부분을 지표면에 대해서 대칭 이동한 모습이다. 이 과정을 모두 설명하기 위해서는 물방울과 지면의 물에서 빛이 어떻게 이동하는 지를 명확하게 설명해야 하기 때문에 연구 대상의 영재들이 설명하는 것은 쉽지 않다. 그러나 몇 명의 영재들은 반사 무지개의 중심이 지면 위쪽에 있다거나 반사 무지개와 1차 무지개가 지표면에서 일치한다는 표현을 통해서 비교적 정교하게 관찰한 사실을 설명하고 있었다.

전체적으로 보았을 때, 설명 유형 한 개당 약 8.4명의 영재들이 응답을 했다. 가장 많은 영재들이 응답한 것은 2차 무지개의 존재에 대한 설명으로 모두 20명이 응답하였고, 가장 적게 응답한 것은 2명이었다. 또한 발견된 총 18개의 설명 유형에 대해서 평균적으로 한 사람당 6.5개의 설명 유형을 제시했다. 그 중에서 가장 많이 제시한 영재는 11개의 응답을 하였고, 가장 적게 응답한 영재는 3개를 응답하였다.

#### 4. 무지개 ‘적용하기’ 단계에 나타난 영재들의 특징 분석

새로운 무지개에 대한 과학적 상상을 통해 영재들이 제시한 무지개는 기존 무지개의 어떤 측면을 변화시켰나에 따라 모양, 색, 수 등의 변화로 범주화할 수 있었다. 새로운 무지개를 창안하기 위해 영재들은 무지개의 특징 두 가지인 색과 모양을 변화시키는 전략, 그리고 무지개의 생성 조건을 다르게 하는 두 가지 전략을 사용하는 것으로 나타났다. 각 범주별 구체적인 응답은 다음과 같다.

‘모양의 변화’는 무지개의 특징인 원의 일부분의 모양에 변화를 준 유형이다. 완전한 원 모양부터, 반원이 휘어진 파도 모양, 직선 무지개, 삼각형, 사각형 무지개 등 영재들은 기본적인 다각형 모양으로 무지개를 변형시키는 방법을 사용하였으며 이에 해당하는 영재들의 그림은 [그림 5]에 제시되었다.



[그림 5] 영재들이 창안한 무지개 사례 1

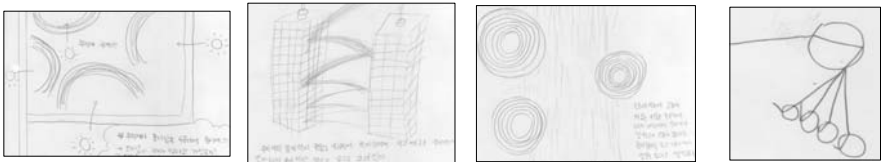
영재들은 자신이 상상한 가상의 무지개를 자신이 알고 있는 과학지식을 토대로 논리적인 설명을 만들어내려고 노력하였다. 예를 들어, 파도형 무지개의 경우에 무지개의 모양이 변하게 되는 이유로 커다란 항성에 의한 중력에 의해서 빛이 휘어지기 때문에 나타난 것이며, 무지개를 만드는 물방울의 굴절률이 지구의 물과 다르기 때문에 만들어지는 모양도 다르다는 과학적인 설명을 제시하였다.

‘색의 변화’를 통해 새로운 무지개를 제시한 유형도 있었다. 무지개의 특징으로 언급되는 일반적인 것 중 하나가 7가지 색이지만, 앞서 기억하기 활동에서 영재들이 지적한 것처럼 7가지 색을 선명하게 보는 것은 쉽지 않다. 따라서 영재들은 이 측면에 변화를 주어 7색이 선명한 무지개를 고안했으며, 한 가지 색만을 가진 무지개도 상상하였다. 한 영재의 응답을 보면, 무지개의 색이 선명해지기 위해 “만약에 입사각을 점점 크게 해서 굴절각 또한 커지면 어느 순간 굴절된 빛이 경계선과 일치되면서 반사되는 빛이 없어질 것이다.

그러므로 지금보다 더 선명한 무지개를 볼 수 있을 것이다.”라고 설명하였다.

한 가지 색을 가진 무지개를 상상한 영재들의 응답은 “빛이 분산되어 나온 후 다시 물방울로 각각 들어가 굴절과 반사가 되어 다른 방향으로 가서 한 가지 색 무지개를 만든다.” “일정한 각도의 색 하나만 굴절시켜서 눈에 들어오도록 한다.” 등으로 일단 물방울에 의해 한 번 빛이 분산된 후 한 가지 색만으로 무지개를 만들 수 있을 것이라고 상상하였다([그림 2]의 b 참조).

한편, 동시에 여러 개의 무지개를 볼 수 있다고 상상한 ‘수의 변화’ 유형도 있었다. 광원인 태양의 수가 증가한다고 가정하면 교차된 무지개가 여러 개 생길 수 있다는 응답([그림 6]의 (a)), 여러 번 물체에 반사되어 개수가 증가할 수 있다는 응답들([그림 6]의 (b))이 있었다. 또한, [그림 6]의 (c)와 (d)는 무지개가 하나나 몇 개의 물방울만으로도 만들어 질 수 있다고 생각하여 복수의 무지개가 가능하다고 상상한 유형에 속한다.



(a) 다중 무지개      (b) 물체반사 무지개      (c) 원형 무지개      (d) 단색 무지개

[그림 6] 영재들이 창안한 무지개 사례 2

이 밖에도 빛의 입사 각도에 따라 원의 중심이 이동한 무지개를 표현하거나 물에 비친 반사 무지개를 언급한 영재도 있었다. 이 경우는 실제 존재하는 무지개로 ‘관찰하기’ 단계에서 다른 내용에 해당한다.

영재들이 자신이 생각한 무지개에 대해서 자신만의 논리를 통해서 그 생성원리를 설명하려고 노력하는 모습은 상당히 의미 있는 자세라고 볼 수 있다. 영재들이 제시한 이론들 중에서 여러 개의 광원(여러 개의 태양)에 의한 다중 무지개, 다른 중력의 영향을 통한 휘어진 무지개 등과 무지개의 중심이 바뀐 경우나 반사무지개와 같이 교수학습활동 과정 중에 제시된 무지개 이외에는 대부분 과학적으로 가능하지 않은 무지개였다. 영재들이 응답한 결과를 토대로 분석한 영재들의 오개념 유형은 다음과 같다.

첫째, 많은 영재들이 무지개를 물체처럼 실제로 인식하거나 빛의 경로를 실체처럼 생각하고 있었다. 무지개를 실제로 인식하여 건물벽에 반사될 수 있다고 생각하는 경우(물체 반사 무지개와 사각형 무지개), 무지개의 생성 원리를 설명할 때 물방울들이 무지개 경로로 빛을 굴절시켜 무지개가 보인다고 설명하는 것이 이러한 사고 유형에 해당한다고 할 수 있다. 또한, 직선 무지개를 상상한 영재의 경우에도 빛의 직진하기 때문에 직선 무지개가 가능하다고 설명한 것으로써 빛의 경로가 무지개의 모양이라는 생각을 가지고 있었다.

이것은 무지개의 원리 ‘관찰하기’ 단계에서 제시된 ‘무지개 실체론’을 계속 지니고 있

기 때문에 생각할 수 있다. 영재 영재들이 무지개가 빛의 반사와 굴절, 분산으로 인해서 나타나는 광학현상이라는 것을 배우기는 했지만, 실제 눈에 보이는 것이 모두 물체를 보는 것과 같은 현상이라는 생각에서 벗어나지는 못하는 것으로 생각된다. 따라서 빛의 반사 및 굴절 등의 광학현상을 학습하기 이전에 사람이 물체(또는 상)를 보는 과정에 대한 학습이 포함될 필요가 있다.

둘째, 무지개의 생성이 물방울 하나나 몇 개만으로 가능하다는 생각을 가지고 있다. 이러한 생각을 가지고 물방울의 배치를 변화시켜 다중 무지개나 삼각형 무지개를 상상하였다. 이러한 무지개들은 무지개 생성 단위에 대한 가정 자체가 잘못 되었기 때문에 과학적으로 불가능하지만, 영재들은 원 이외의 기본 도형으로 모양을 변화시켜 보고 이를 자신의 이해수준에서 설명하고자 시도한 것으로 볼 수 있다.

대부분의 영재들이 무지개의 발생 원리에 대한 이해가 부족하여 과학적인 설명이 뒷받침되지 못한 상상의 무지개를 고안하였다. 물론 자연 상태에서는 다양한 무지개가 발견될 가능성은 크지 않다. 그러나 안개 속에서 자동차의 헤드라이트에 의해서 나타나는 안개무지개의 경우에 물방울의 크기가 매우 작기 때문에 색의 구분이 거의 없는 백색 무지개가 나타나며, 평행광이 아니라 한 점에서 퍼져나가는 빛에 의한 무지개이기 때문에 우리가 일반적으로 알고 있는 무지개와는 달리 관찰위치에 따라서 다른 모습이 나타난다. 또한 일차 무지개와 이차 무지개의 위치가 서로 바뀌어 나타나는 서치라이트에 의한 무지개(Harsch & Walker, 1975)나 바닷물의 굴절률이 물과 다르기 때문에 다른 각도에서 관찰되는 바닷가 파도에 의한 무지개와 같이 광원의 종류, 물방울의 종류, 온도 등의 무지개가 만들어지는 조건을 변화시킴에 따라 다른 형태의 무지개가 나타날 수 있다.

그러나 영재들은 무지개가 만들어지는 과정에서 조건을 변화시키려는 시도는 거의 하지 않고, 대부분 결과적으로 나타나는 모양에만 초점을 두고 있었기 때문에 무지개의 모양에 대한 설명이 제대로 이루어지지 못했다. 따라서 적용하기 단계에서는 영재들에게 실현가능한 무지개를 생각해 낼 수 있도록 무지개의 발생 원리에서 변화 가능한 다양한 방법들을 생각해보도록 지도할 필요가 있다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 무지개를 이용한 교수학습프로그램을 개발하여 영재들을 대상으로 적용하여 그 특징을 분석하였으며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 이 연구에서 적용한 교수학습 단계를 통해 영재들은 적극적으로 학습과정에 참여하였으며, 이를 통해 다양한 광학 관련 개념과 사고 유형이 나타났다. 예를 들면, 영재들은 무지개 모양 그대로 빛이 그 곳에 존재할 것이라고 생각하기도 하며, 물방울에서 빛의 분산이 프리즘에서처럼 단순한 과정일 것이라고 생각하였다. 또한, 빛의 인식에서 관찰자의 역할에 대한 인식이 특히 부족한 것으로 나타나 이에 대한 보완이 필요한 것으로 보인다.

둘째, 이 활동을 통해서 영재들의 다양한 이론 구성과 과학적 상상의 유형을 찾을 수 있었다. 영재들은 자신의 이해를 바탕으로 무지개의 모양과 색에 대한 다양한 이론을 구성해 제시했다. 마찬가지로 새로운 무지개를 제시하는 과제에 대해서도 기존의 무지개의 모양을 다른 기본 도형의 모양으로 변화시키거나 색을 변화시키는 등 원래 현상의 특징을 변화시키거나 생성 조건을 변화시키는 두 가지 전략을 사용해 다양한 무지개를 제안하였다. 영재들이 사용한 이러한 전략은 일반 학생들의 창의적 과학 활동에서도 활용 가능할 것으로 보인다.

본 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론 및 제언을 얻을 수 있었다.

첫째, ‘적용하기’ 단계에서 영재들이 수행한 과학적 상상을 통해 다양한 무지개의 변형과 영재들의 다양한 아이디어를 볼 수 있었지만, 영재들의 광학 관련 오개념이 많이 나타났다. 기존에 없던 무지개를 상상하기 위해서 영재들은 현실의 무지개에 대한 자신의 이해를 바탕으로 변화를 주었는데, 앞서 수행한 ‘기억하기’와 ‘원리찾기’에서 미처 나타나지 않았던 오개념도 ‘적용하기’ 단계에서 발견할 수 있었다. 예를 들면, 건물 사이에 무지개가 반사되는 물체반사 무지개 유형을 통해 영재들이 무지개를 반원 모양을 가진 빛의 실체로 인식하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 일반적으로 창의성을 키우기 위해 시도되는 과학적 상상하기 활동이 영재들의 개념이나 사고 방법을 분석할 수 있는 방법으로도 활용될 수 있다고 생각된다.

둘째, 목표 현상에 대해 자신이 직접 경험한 영재일수록 그 현상에 대한 구체적인 정보와 과학적 관찰을 사용하는 경향이 있었다. ‘기억하기’ 단계에서 실제 무지개를 본 경험을 적은 영재들의 경우 무지개가 일반적으로 인식되는 일곱 빛깔의 반원이라는 전형적인 표현을 벗어나서 반원보다 각이 작으며, 일곱 가지 색이 선명하지 않는 등 실제와 가깝게 기술하고 있었다. 따라서 과학 탐구에서 현상에 대한 일반적인 지식을 가지고 있어도 실제로 직접 경험하는 것이 중요한 역할을 할 수 있음을 보여준다고 하겠다.

셋째, 대부분의 영재들이 무지개에 대해 과학적 설명을 완성하지는 못했지만 자신이 알고 있는 개념을 바탕으로 일관된 이론을 구성하고 적용하는 모습을 보여주었다. 연구에 참여한 영재들 대부분은 무지개에 대해 물방울과 빛이 생성 조건이라는 점, 물방울에 의해 빛이 굴절, 반사된다는 점, 무지개가 원의 일부분이고 7가지 색으로 구성되어 있다는 점을 알고 있었다. 따라서 무지개의 모양과 색을 빛의 반사, 굴절, 분산 등으로 설명하고자 시도하였으며 반원 모양을 설명하기 위해 물방울의 크기, 분포, 위치를 고려하고 빛의 분산을 설명하기 위해 색에 따른 파장의 차이를 고려하기도 하였다. 따라서 비록 과학자들의 설명에는 미치지 못하더라도 영재 스스로 자신의 이해 수준에서 무지개에 대한 일관된 이론을 만들 수 있음을 보여주었다.

넷째, 제시된 사진 자료에 반사된 무지개가 있음에도 불구하고 이것을 관찰사실에 포함시키지 않는 영재들이 다수 있었다. 이는 관찰의 이론존성을 보여주는 측면이라고 볼 수 있는데, 있는 그대로 자료를 관찰하기 보다는 자신의 생각으로 관찰 사실을 여과시키는 과정이 있을 수 있다는 것을 나타낸다. 따라서 이러한 작용을 줄이기 위해 현상이나

자료에 대한 과학적 관찰을 연습할 수 있는 활동 기회가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로, 이 연구를 통해 무지개를 활용한 통합적 과학교수학습 활동이 영재들의 오개념을 드러내고 과학적 창의성을 자극하는데 도움이 되는 것을 알 수 있었다. 또한 이 연구를 통해 나타난 영재들의 광학 관련 오개념은 광학 개념을 지도할 때 영재와 교사에게 사전 자료로서 효율적으로 활용될 수 있을 것이다.

그러나 본 연구에서는 영재들의 인식을 조사하는데 초점을 두고 있어 영재들의 무지개에 대한 개념이해를 위한 후속 수업이 진행되어야 할 필요가 있다. 차후 연구에서는 이 연구를 통해서 발견된 영재들의 오개념을 수정할 수 있는 추가적인 실험 및 토론활동 등이 이루어질 수 있는 교수학습모형의 변화가 필요할 것이다. 또한 본 연구에서 제시된 교수학습 모형이 구체화되기 위해서는 본 모형의 학습에 미치는 효과에 대한 면밀한 연구가 후속되어야 할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 권경필, 방소윤, 이성목, 이경호 (2006). 광학분야에서 학생 개념의 상황 의존성: 시각과 거울상을 중심으로. **한국과학교육학회지**, 26(3), 406-414.
- 김희경 (2010). 고등학생들의 심미적 경험의 유형 및 과학선호도에 미친 영향. **새물리**, 60(3), 293-299.
- 박종원 (2004). 과학적 창의성 모델의 제안 - 인지적 측면을 중심으로 -. **한국과학교육학회지**, 24(2), 375-386.
- 손연아, 이학동 (1999). 통합과학교육의 방향설정을 위한 이론적 고찰. **한국과학교육학회지**, 19(1), 41-61.
- 오원근, 김재우 (2002). 시각 및 빛의 성질에 대한 중학생의 개념. **새물리**, 45(3), 163-170.
- 이순덕, 강동식, 강정우 (1992). 무지개 현상에 대한 정성적 고찰. **과학교육**, 9(1), 81-100.
- 이재봉, 김용진, 백성혜, 이기영 (2010). 과학과 교육 내용 개선을 위한 교육과정 내용 관련 쟁점 분석. **과학교육연구지**, 34(1), 140-154.
- Amundsen, D. S., Kirkemo, C. N., Nakkerud, A., Tromborg, J., & Vistnes, A. I. (2009). The rainbow as a student project involving numerical calculations. *American Journal of Physics*, 77(9), 795-798.
- Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1982). Student conceptions of light, color, and seeing: Phase 1 test results. *Paper at the annual convention of the National Association for Research in Science Teaching*, Fontana, Wisconsin.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*, (2nd ed.). NY: Holt, Rinehart and Winston.
- Boyer, C. B. (1959). *The rainbow from myth to mathematics*. NY: Yoseloff.
- Coger, R. N., & de Silva, H. (1999). An integrated approach to teaching biotechnology and



- bioengineering to an interdisciplinary audience. *International Journal of Engineering Education*, 15(4), 256-264.
- Dirac, P. A. M. (1963). The evolution of the physicist's picture of nature. *Scientific American*, 208(5), 45-53.
- Feynman, R. P. (1969). What is science? *The Physics Teacher*, 7(6), 313-320.
- Flannery, M. C. (1991). Science and aesthetics: A partnership for science education. *Science Education*, 75(5), 577-593.
- Girod, M., Rau, C., & Schepige, A. (2003). Appreciating the beauty of science ideas: Teaching for aesthetic understanding. *Science Education*, 87(4), 574-587.
- Goldberg, F. M., & McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physics Teacher*, 24(8), 472-480.
- Goldberg, F. M., & McDermott, L. C. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55(2), 108-119.
- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp.10-32). London: Open University Press.
- Hall, W. C. (1972). Integrated science: A patterns approach to science teaching. *Physics Education*, 7(1), 45-47.
- Harsch, J., & Walker, J. D. (1975). Double rainbow and dark band in searchlight beam. *American Journal of Physics*, 43(5), 453-455.
- Mohapatra, J. K. (1988). Induced in incorrect generalizations leading to misconceptions - An exploratory investigation about the law of reflection of light. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 777-784.
- Pugh, K. J. (2002). Teaching for idea-based, transformative experiences in science: An investigation of the effectiveness of two instructional elements. *Teachers College Record*, 104, 1101-1137.
- Renzulli, J. S. (1978). What makes giftedness? Re-examinaing a definition. *Phi Delta Kappan*, 60(3), 180-184.
- Renzulli, J. S. (1986). The three ring conception of giftedness: A developmental model for creative productivity. In R. J. Sternberg, & J. E. Davison (Eds.), *Conception of giftedness*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Walker, J. D. (1976). Multiple rainbows from single drops of water and other liquids. *American Journal of Physics*, 44(5), 421-433.

= Abstract =

## Analysis of Characteristics of Gifted Students in the Science Gifted Activity using Rainbow

**Hee-kyong Kim**

*Kangwon National University*

**Bong-woo Lee**

*Dankook University*

The purpose of this study was to analyze the characteristics of science gifted students who participated in science gifted activity using rainbow. For this purpose, the science gifted activity using rainbow was developed and applied to 23 seventh grade science gifted students. The results indicated that gifted students had various concepts and ideas of optics. For example, some gifted students thought that there was rainbow-shaped light at the place of rainbow, and another considered the process of dispersion of light in a waterdrop would be same as the process of the dispersion in the prism. Also, various rainbow theories and scientific imagination of gifted students were found. For devising new rainbow, gifted students used two strategies, 'changing the features' and 'changing conditions'. In addition, we discussed effective methods of applying this activity and implications to science gifted education.

**Key Words:** Science gifted activity, Rainbow, Misconception of optics

1차 원고접수: 2011년 1월 29일

수정원고접수: 2011년 3월 16일

최종게재결정: 2011년 3월 28일