

Changes in Optics Content Described in the Middle-school Science Curriculum and Textbooks Accompanying Revision of the National Science Curriculum

Bongwoo Lee¹, Jeongwoo Son², and Gyeongpil Kwon^{3†}

¹Department of Science Education, Dankook University, Gyeonggi 16890, Korea

²Department of Physics Education, Gyeongsang National University, Gyeongnam 52828, Korea

³Department of Science Education, Gyeongin National University of Education, Incheon 21044, Korea

(Received August 15, 2017; Revised September 4, 2017; Accepted September 15, 2017)

The purpose of this study is to analyze how optics concepts and activities have changed according to the revision of the national science curriculum. For this purpose, the optics achievement standards presented in the middle-school science curriculum of the 7th curriculum, 2007 revised curriculum, 2009 revised curriculum, and 2015 revised curriculum, and the optics content presented in the textbooks developed for each curriculum, were compared and analyzed. The optics content is classified into four concepts: the process of viewing an object; light and color; reflection and refraction; and the image from a mirror and a lens. The main results are as follows: First, according to the revision of curriculum, some optics concepts have been added or removed. In particular, big changes have appeared in the concepts of “process of viewing the object”, “dispersion”, “reflection and refraction” and so on. Second, the content for ‘image formation by a mirror and a lens’ was gradually reduced, according to the revision of curriculum, and the level of activity was also adjusted. Third, attempts to present the content of textbooks in conjunction with the phenomena and tools that students can experience in everyday life have increased gradually. In addition, based on the analysis of the content of curriculum and textbooks, the implications for optics education have been discussed.

Keywords: National science curriculum, Science textbook, Optics education, Optics concept, Inquiry activity

OCIS codes: (000.2060) Education; (000.2690) General physics

교육과정 개정에 따른 중학교 과학 교육과정 및 교과서에 제시된 광학 내용의 변화

이봉우¹ · 손정우² · 권경필^{3†}

¹단국대학교 과학교육과

Ⓢ 16890 죽전캠퍼스 경기도 용인시 수지구 죽전로 152

²경상대학교 물리교육과

Ⓢ 52828 경상남도 진주시 진주대로 501

³경인교육대학교 과학교육과

Ⓢ 21044 인천광역시 계양구 계산로 62

(2017년 8월 15일 받음, 2017년 9월 4일 수정본 받음, 2017년 9월 15일 게재 확정)

본 연구는 교육과정 개정에 따라 광학 개념 및 활동이 어떻게 변화되어 왔는지 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 제7차 교육과정, 2007년 개정 교육과정, 2009 개정 교육과정, 2015 개정 교육과정의 중학교 과학 교과에 제시된 광학 성취기준과 각 교육과정에 의해 개발된 교과서에 제시된 광학 내용들을 비교 분석하였다. 광학 내용은 물체를 보는 과정, 빛과 색, 반사와 굴절, 거울과 렌즈의 상 등의 4가지 개념으로 구분하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 교육과정 개정에 따라 특정 광학 개념의 추가, 삭제, 이동 등의 변화가 나타났다. 특히 물체를 보는 과정, 분산, 반사와 굴절 등의 개념에서 변화가 나타났다. 둘째, 거울과 렌즈에 의한 상의 형성의 내용이 교육과정 개정에 따라 점차 축소되었으며, 활동의 수준도 조절되었다. 셋째, 학생들이 일상 속에서 경험할 수 있는 현상 및 도구에 연계하여 교과서의 내용이 제시되는 시도가 점차 증가하였다. 추가적으로 교육과정과 교과서의 내용을 분석한 결과를 바탕으로 광학교육에의 시사점을 논의하였다.

Keywords: 과학 교육과정, 교과서, 광학 교육, 광학 개념, 탐구 활동

OCIS codes: (000.2060) Education; (000.2690) General physics

†E-mail: gpkwon@ginue.ac.kr

Color versions of one or more of the figures in this paper are available online.

I. 서 론

국가 수준 교육과정은 초·중·고등학교에서 편성 및 운영해야 할 학교 교육과정의 공통적 기준을 제시하므로 교육의 목적과 목표를 잘 드러낸다. 그래서 각 교과와 과목들에서 학습 내용이 어떻게 배치되고, 어떤 수준에서 다루지는 지에 따라 학생들이 인식하는 학문 분야의 중요도가 달라진다. 물리학은 과학의 기초 학문으로 그 중요성이 매우 높다고 인식하고 있지만, 2017학년도 대학수학능력시험의 경우 응시자 605,988명중에서 물리 I을 선택한 학생이 60,155명, 물리 II를 선택한 학생이 3,528명으로 상당히 기피하는 과목이 되었다. 이는 선택과목에 대한 인식조사 연구^[1]에서 모든 과학 과목 중 물리학을 가장 어려워한다는 것에서도 그 이유를 찾을 수 있다. 학생들은 물리학을 어려워하는 이유로 공식과 수식, 계산이 복잡하기 때문이라는 의견을 제시하였는데^[2], 역학과 전자기학 위주의 초·중·고의 물리에서는 많은 공식과 수식이 교과서에서 제시되고 있다. 이에 비해 광학은 공식과 수식보다는 현상 위주로 제시되어 있기 때문에 물리학에 대한 거부감을 해소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 학생들이 쉽게 접하는 일상생활과 관련이 깊기 때문에 물리학에 대한 친근감을 제공할 수 있다. 따라서 물리학에서 광학을 얼마나 다루고, 어떤 수준으로 제시하는지는 학생들의 물리학에 대한 인식을 높이려는 노력과 관련지어 연구할 필요가 있다. 이러한 점에서 물리학에서 광학이 차지하는 비중이 교육과정이 개정될 때마다 어떻게 변화되었는지 알아보는 것은 중요한 의미를 가진다.

광학교육에 관한 연구는 그동안 시각과 거울상을 중심으로 학생들의 개념 변화에 관한 연구^[3]와 같이 학생들의 광학개념에 관한 연구, 초·중학교 과학 교과서의 안경과학 관련 개념들 간의 연계성 분석 연구^[4]와 같이 교과서의 광학 개념에 관한 연구, 학업성취도 평가에서 광학 문항 특성 분석 연구^[5]와 같이 광학 내용 문항에 관한 연구, 수차 지도 방안에 대한 연구^[6]와 같이 새로운 교수학습방안 개발 연구들이 진행되었다. 즉 학생들의 광학개념처럼 학생들의 교수·학습 과정에 대한 미시적 관점, 교과서와 평가문항의 광학개념 등 수업진행과 관련된 가시적 관점에 관한 연구들이 주를 이루었다. 학교 교육과정과 교육환경에 대한 거시적 관점에서의 연구는 거의 이뤄지지 않았다. 이에 광학교육과 관련된 초·중·고등학교의 교육과정의 변화에 대해 알아보는 것은 의미가 있다.

특히 초·중학교 교육과정은 의무교육 단계이며, 모든 학생들이 동일하게 배워야 하는 과학 과목이 개설되어 있다. 반면 고등학교 교육과정은 선택교육과정으로 제시되어 있기 때문에 물리학의 경우 소수의 학생들만 선택하여 학습하고 있다. 그렇기 때문에 빛의 반사와 굴절, 분산과 합성, 거울과 렌즈의 상 등 광학 내용이 다수가 포함되어 있고, 모든 학생들이 배워야 하는 중학교 교육과정을 중심으로 그 변화를 살펴보는 것은 매우 중요하다.

실제 학교 수업에서 교육은 교과서를 중심으로 이루어지고, 교과서는 교육과정을 근간으로 개발된다. 제7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지 약 20년 동안 이뤄진 과학과 교육과정의 주된 흐름은 학생들의 학습량 적정화였다. 그래서 매년 개정 때마다 과학 개념 중 일부는 사라지기도 하고, 일부는 학교급 이동이 일어나기도 하였는데 전반적으로 과학 개념이 축소되는 경향이 강하였다. 이러한 변화 속에서 물리교육연구자들은 교육과정 개정 때마다 그 교육과정과 교과서를 성취기준, 탐구활동, 삽화, 과학의 본성, 글쓰기 등 다양한 관점과 방법으로 분석하였다. 또한 교육과정 변화에 따라 창의성이 어떻게 정의되어왔는지에 대한 분석 연구^[7], 과학기술윤리교육이 어떻게 변화되었는지에 대한 분석 연구^[8] 등 거시적 관점의 연구도 진행되어왔다. 하지만 광학교육만을 집중적으로 다룬 연구는 하나도 없다. 따라서 광학교육이 물리학을 학생들에게 다가갈 수 있는 의미 있는 과목이라는 것을 주장하기 위해서는 중학교 수준에서 교육과정과 교과서에서 광학교육이 어떻게 다루어지고 있는 지, 그리고 향후 어떤 방식으로 담겨야 하는 지에 대한 고찰이 필요하다.

이상과 같이 교육과정에서의 광학교육의 중요성과 가치를 파악하기 위해 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

첫째, 교육과정의 개정에 따라 중학교 광학 내용은 어떻게 변화되었는가?

둘째, 교육과정의 개정에 따라 중학교 과학 교과서의 광학 내용 및 탐구활동은 어떻게 제시되었는가?

II. 연구 방법

2.1. 분석 대상

본 연구는 과학과 교육과정 및 교과서에 제시된 광학 내용이 교육과정 변화에 따라 어떻게 변화되었는지를 분석하는 것이다. 중학교 과정에서 광학 내용은 제3차 교육과정부터 제6차 교육과정까지는 포함되지 않았고, 1997년에 고시된 제7차 교육과정 이후에 지속적으로 포함되었다. 따라서 본 연구에서는 제7차 교육과정(1997년 고시), 2007년 개정 교육과정, 2009 개정 교육과정, 2015 개정 교육과정에 제시된 중학교 성취기준 중 광학 내용이 어떻게 변화되었는지 분석하였다. 또한 제7차 교육과정과 2007년 개정 교육과정은 교육과정 해설서가 개발되었기 때문에 교육과정의 세부 내용을 분석하기 위해 해설서를 참고하였다.

또한 각 교육과정에 따라 개발된 교과서를 분석하였다. 광학 내용은 제7차 교육과정에서 1학년 ‘빛’ 단원, 2007년 개정 교육과정에서 2학년 ‘빛과 파동’ 단원, 2009 개정 교육과정에서 2학년 ‘빛과 파동’ 단원, 2015 개정 교육과정에서 1학년 ‘빛과 파동’ 단원에 제시되었다. 2015 개정 교육과정에 의한 교과서는 연구가 진행된 현재(2017년 8월) 검정심사가 진행되고 있기 때문에 제7차 교육과정부터 2007년 개정 교육과정에 의한 교과서 3종을 분석 대상으로 하였다.

2.2. 분석 방법

본 연구에서는 크게 교육과정의 성취기준에 제시된 광학 개념의 비교, 교과서에 제시된 탐구 활동 내용 및 수준 비교, 교과서에 제시된 내용 전개 방법 및 예시 등을 분석하였다. 이를 위해서 교육과정 및 교과서의 광학 내용을 ‘물체를 보는 원리’, ‘빛과 색’, ‘반사와 굴절’, ‘거울과 렌즈에 의한 상’으로 내용을 구분하여 각 개념별로 분석하였다.

광학 개념 비교는 교육과정에 따라 추가되거나 삭제되어 내용 수준에 차이가 발생한 것이 어떤 것인지 분석하였고, 특히 교육과정 변천의 목적에 따라 개념의 수준이 어떤 식으로 변화되어 기술되는지를 집중적으로 탐색하였다. 이를 위해서 교육과정 성취 수준은 물론 교과서의 제시방법을 연계하여 분석하였다.

탐구는 과학 교과를 다른 교과와 구별 짓는 매우 중요한 활동으로 교과서에서는 탐구활동을 중심으로 내용을 전개하고 있다. 학생들은 탐구 활동을 통하여 과학적 개념을 이해하고, 과학의 본성을 이해할 수 있으며, 과학에 대한 긍정적인 자세를 갖출 수 있기 때문에 매우 중요하다⁹⁾.

따라서 교육과정별로 교과서에 제시된 탐구활동의 내용과 유형을 분석하였다. 탐구활동의 유형은 관찰, 측정, 조사, 작도 등으로 구분하였고, 짧은 시간에 수행하는 활동은 해보기로 구분하여 각 해보기를 관찰해보기, 측정해보기, 예상해보기, 추리해보기 등으로 구분하였다. 탐구의 내용과 활동방법이 광학 개념에 영향을 주기 때문에 광학 개념 비교에 탐구를 포함하여 분석하였다.

교과서에 제시된 내용 전개 방법 및 예시는 교육과정의 변화에 따라 교과서에 특징적으로 나타나는 내용들을 찾아 각 교육과정 및 교과서의 특징을 기술하는 자료로 활용하였다.

III. 연구 결과

3.1. 교육과정 개정에 따른 ‘물체를 보는 원리’의 내용 변화

광학은 빛을 이용한 학문 영역으로 ‘보는 것’과 관련이 깊다. 교육과정 개정에 따라 성취 기준을 정리한 표 1을 보면

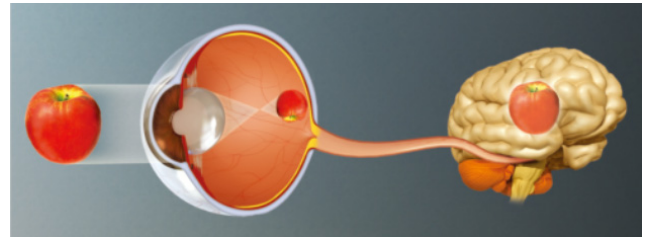


Fig. 1. Textbook image which shows eye’s recognition of object.

‘물체를 보는 원리’는 제7차 교육과정과 2007년 개정 교육과정에서는 다루지 않았고, 2009 개정 교육과정 이후에 중학교 과학에 포함되었다.

2009 개정 교육과정에서는 간단하게 “학생들이 물체를 보는 원리를 이해한다.”고 제시되었지만, 2015 개정 교육과정에서는 “광원에서 출발한 빛이 물체에 반사되어 눈에 도달하여 물체를 볼 수 있는 과정”을 학습하도록 구체적으로 제시하고 있다. 물체를 보는 원리는 물체는 물론 상을 보는 원리를 이해하는데도 필요할 뿐만 아니라 색에 대한 인식 과정에서도 필요한 부분이기 때문에 2009 개정 교육과정에서 처음으로 도입되었고, 이후 2015 개정 교육과정에도 포함되었다.

‘물체를 보는 과정’과 관련하여 교과서에 제시된 내용으로는 빛을 만들어 내는 광원, 광원으로부터 빛의 직진 현상 등을 포함하여 물체가 보이는 원리 및 물체를 보는 과정을 다루고 있다. 특히 물체를 보는 과정에서 눈에서의 빛의 인식과 뇌로의 신호 전달까지 포함하는 교과서도 있어 물리학과 생물학의 통합적인 접근을 시도하기도 하였다 (그림 1).

‘물체를 보는 과정’과 관련된 탐구활동은 크게 3가지 주제에 대해서 제시되었다(표 2). 교육과정에서는 ‘물체를 보는 원리’의 내용이 2009 개정 교육과정부터 포함되었지만, 제7차 교육과정 및 2007년 개정 교육과정에 의한 교과서에서도 광원, 직진, 물체 보는 과정 등의 내용과 이에 대한 탐구가 일부 포함되기도 하였다. 탐구 유형은 관찰이 가장 많이 있었고, 물체를 보는 원리에 대한 내용은 학생들이 토의를 통해 원리를 이해하도록 구성하였다.

Table 1. Contents of ‘principle of seeing objects’ in the several national curriculums

| Curriculum | 7th | 2007 | 2009 | 2015 |
|-----------------------|--------|--------|---|--|
| Achievement standards | (none) | (none) | Students should know the principle of seeing objects. | Students should explain the process of seeing objects that the light from a light source reflects on the object and reaches the eye. |

Table 2. Optics-related inquiry presented in the science textbooks (principle of seeing objects)

| Inquiry | Textbook | | | 2007 | | | 2009 | | |
|--|----------|---|---|------|---|---|------|---|----|
| | a | b | c | d | e | f | g | h | i |
| Various light source | | O | | | | | | | |
| Straight light | | | | | O | D | SO | | |
| Principle and process of seeing object | O | | | | | D | | S | SD |

*O (observation), D (discussion), S (simple activity-observation (SO), drawing (SD))

*a (kyohaksa), b (jihaksa), c (didimdol), d (chunjae (Lee)), e (visang), f (donga), g (mirae-n), h (visang), I (donga)

3.2. 교육과정 개정에 따른 ‘빛과 색’의 내용 변화

제 7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지의 중학교 과학에서 ‘빛과 색’과 관련된 성취기준을 정리하여 제시하면 표 3과 같다.

제7차 교육과정의 성취기준에는 “~빛의 분산을 관찰하고, ~빛을 합성한다.”와 같이 기술되어 있다. 특히 빛의 분산은 프리즘이나 분광기를 이용하여 관찰하게 하고, 합성은 환등기나 조명장치를 이용하도록 한다고 명시함으로써 분산과 합성을 이론으로만이 아니라 실험을 통해서 관찰함을 강조하고 있다. 교육과정 해설서에서 분산은 학생들이 “백색광이 여러 가지 색의 빛으로 이루어져있다는 것을 이해”, “여러 가지 빛이 모여 다시 백색광이 됨을 깨닫게~”로 제시하였는데, 이로부터 학생들은 분산과 합성을 관찰하는 것에 그치지 않고 개념 자체를 이해하는 것이 목표임을 알 수 있다.

교과서에서는 분산의 대표적인 예인 무지개를 도입 소재로 활용하고 교육과정에서 제시한 바와 같이 프리즘, 물 등에 의해 나타나는 빛의 분산을 관찰하는 탐구를 수행하고, 이 결과를 이용하여 빛의 분산의 개념을 배우도록 하고 있다. 분산에 대해서는 빨간색, 초록색, 파란색 광원을 만들고 이를 합성시키는 빛의 삼원색 합성 실험을 통해 다른 색의 빛을 합성하면 또 다른 색의 빛이 만들어지는 것을 설명하고 있다. 빛의 합성의 예로는 색팽이, 텔레비전을 소개하고 있다.

2007년 개정 교육과정의 성취기준은 “빛의 분산과 합성을 안다”와 같이 제7차 교육과정과 같이 분산과 합성에 대한 학습만 명시하고 있다. 교육과정 해설서에도 빛의 분산과 합성을 다양한 방법으로 다루고 백색광이 여러 가지 색의 빛으로 이루어져 있다는 것을 이해하도록 되어 있다. 2007년 개정

교육과정에 따른 교과서의 내용은 제7차 교육과정에 의한 교과서와 비슷하게 구성되어 있었다. 많은 교과서에서 무지개를 도입 소재로 사용하였으며, 프리즘으로 무지개를 만들거나 분광기로 무지개 색을 관찰하는 탐구가 제시되어 이를 이용하여 분산을 설명하였고, 빛의 합성 실험을 수행하고 빛의 3원색의 합성을 제시하였다.

2009 개정 교육과정에서는 ‘분산’에 대한 내용이 명시적으로 제외되고, 빛의 합성만 제시되었다. 이전 교육과정(제7차, 2007 개정)에서는 뉴턴이 밝힌 백색광의 분성¹⁰⁾인 “백색광이 여러 색의 빛으로 구성됨을 아는 것”이 학습의 목표였다면, 2009 개정 교육과정에서는 “빛의 삼원색으로 다양한 빛을 합성할 수 있음을 아는 것”으로 목표가 수정되었다. 또한 “이 원리가 영상장치에서 활용되는 것을 안다”와 같이 영상장치에 빛의 합성원리를 적용하여 빛의 삼원색으로 다양한 색의 빛을 만들어 낼 수 있다는 것 확인하도록 하고 있다. 2009 개정 교육과정에 의한 교과서 9종의 내용을 살펴보면 6종의 교과서에서 교육과정에서 포함하고 있지 않은 분산 개념을 간략하게 소개하고 있었다. 또한 영상장치에서만 아니라 실제 물체들이 다양한 색을 나타내는 원리와 조명에 따라 다른 색이 나타나는 원리를 빛의 합성을 이용하여 설명하고 있었다. 한편 2015 개정 교육과정의 성취기준은 2009 개정 교육과정과 거의 동일하게 제시되었다.

교육과정에 따라 교과서에 제시된 탐구활동을 정리하여 표 4에 제시하였다.

성취기준의 변화에 따라 빛의 분산과 관련된 탐구는 제7차 교육과정과 2007년 개정 교육과정에 의한 교과서에만 주로 제시되었다. 빛의 합성과 관련된 탐구는 모든 교육과정에 의

Table 3. Contents of ‘light and color’ in the several national curriculums

| Curriculum | 7th | 2007 | 2009 | 2015 |
|-----------------------|---|---|--|--|
| Achievement standards | Students should observe the dispersion of light by using a prism or a spectroscope, and compose a light by using an illumination device or a lighting device. | Students should know the dispersion and composition of light. | Students should know light can be composed by a composition of three primary colors, and this principle can be applied to imaging devices. | Students should observe that the color of object is composed by three primary colors, and describe the principle of color representation in imaging devices. |

Table 4. Optics-related inquiry presented in the science textbooks (light and color)

| Inquiry | Textbook | 7th | | | 2007 | | | 2009 | | |
|--|----------|-----|---|-------|------|----|---|------|---|---|
| | | a | b | c | d | e | f | g | h | i |
| Dispersion of light | | O | O | SO, H | O | SO | | | | |
| Observation of dispersion with CD | | SO | | | | | O | | | O |
| Principle of rainbow | | | | | SP | | | | | |
| Composition of light | | O | O | O | O | O | O | | | |
| Color of object according to light | | | | SP, O | O | | O | | | |
| Composition of light in imaging device | | | | SP | | | | O | O | O |
| Making color top | | O | O | | | | | | | |
| Utilization of light | | | | | | | | | | I |

*O (observation), H (hypothesis), I (investigation), S (simple activity-observation (SO), inference (SI), prediction (SP))



Fig. 2. Inquiry related to composition of light ((a) 7th, (b) 2009).



Fig. 3. Textbook images showing the of composition of light in textbooks ((a) 7th, (b) 2009).

한 교과서에서 제시되었다. 제7차 교육과정과 2007년 개정 교육과정에 의한 교과서에서는 주로 다른 색의 빛(삼원색)을 합성하는 실험만 제시되었지만, 2009 개정 교육과정에 의한 교과서에서는 다양한 영상장치(스마트폰 화면, 컴퓨터 모니터 등)에서 빛이 합성되는 원리를 이해하도록 하는 탐구가 제시되었다(그림 2). 특히 2009 개정 교육과정에는 모든 교과서에서 포함되어야 할 탐구활동으로 “컴퓨터 모니터를 이용한 빛의 삼원색과 색의 합성 원리 탐구하기”를 제시하였기 때문에 그 내용과 수준에 약간의 차이가 있지만 모든 교과서에서 비슷한 탐구를 포함하였다.

학생들이 직접 활동을 수행하는 탐구의 유형으로 가장 많은 것을 관찰이었다. 빛과 색에서는 분산, 합성 등의 현상을 관찰하고 이를 통해 규칙성(원리)를 발견하는 형태가 많이 제시되었기 때문이다.

교과서에서는 광학 개념을 설명하는 과정에서 학생들의 이해를 돕기 위해 다양한 예시자료를 소개하고 있다. 광학과 관련된 예시자료는 실생활에서 사용되는 다양한 광학기기가 소개되는데, 시대의 변화에 따라 새로운 영상장치의 개발이 이루어져 교과서에 제시된 예시에 변화가 생겼다. 제7차 교육과정에 의한 교과서가 개발되던 2000년에는 아직 음극선관(CRT)이 영상장치에서 가장 큰 비율을 차지하였고 액정표시장치(LCD)의 대형화가 시작되던 시기였다. 따라서 교과서에는 브라운관으로 만들어진 텔레비전이 대표적인 영상장치였다. 그러나 그 이후에 액정표시장치의 대형화가 이루어졌을 뿐만 아니라 유기발광다이오드(OLED) 등 다양한 영상

소자가 개발되었고, 가정의 텔레비전뿐만 아니라 거의 대부분의 학생들이 스마트폰을 소지하면서 손쉽게 영상장치를 접할 수 있게 되었다. 2007년 개정 교육과정 이후에 개발된 교과서에서는 액정표시장치는 물론 스마트폰 등을 소재로 제시하여 빛의 합성을 설명하고 있다(그림 3).

3.3. 교육과정 개정에 따른 ‘반사와 굴절’의 내용 변화

제7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지의 중학교 과학에서 ‘반사와 굴절’과 관련된 성취기준을 정리하면 표 5와 같다.

제7차 교육과정의 반사와 굴절 현상에 대한 성취기준은 ‘~ 관찰하고, ~예를 찾는다.’와 같이 현상에 대한 관찰에 초점을 맞추고 있다. 특히 반사의 법칙과 굴절의 법칙은 도입하지 않도록 교육과정 해설서에서 제한하고 있기 때문에 입사각, 반사각, 굴절각의 개념만 도입하여 이들 사이의 관계를 정성적으로 이해하도록 제시하고 있다.

빛의 반사와 굴절에 대한 성취기준은 제7차 교육과정에 제시되고, 2007년 개정 교육과정에는 상의 원리를 설명하기 위한 단계로서 반사 법칙이 사용되는 수준까지만 제시되었다. 2009 개정 교육과정 이후에는 교육과정에서 반사와 굴절은 배제되었다. 이것은 초등학교에서 다루어지는 거울과 렌즈에 대한 학습 내용과 많은 부분에서 중복되고 있기 때문이다.

교육과정에는 명시되어 있지 않지만, 대부분의 교과서에서는 반사와 굴절에 대한 내용을 조금씩 담고 있다. 그 이유는 거울과 렌즈에 의한 상 형성 과정을 설명하기 위해서는 반사

Table 5. Contents of ‘reflection and refraction’ in the several national curriculums

| Curriculum | 7th | 2007 | 2009 | 2015 |
|-----------------------|--|-----------------------------------|--------|--------|
| Achievement standards | Students observe reflections and reflections of light, and look for examples in real life. [Advanced] Observing total reflection in water | With use the law of reflection, - | (none) | (none) |

Table 6. Optics-related inquiry presented in the science textbooks (reflection and refraction)

| Inquiry | Textbook | 7th | | | 2007 | | | 2009 | | |
|--|----------|-----|---|----|------|---|---|------|---|----|
| | | a | b | c | d | e | f | g | h | i |
| Specular reflection and diffuse reflection | | | O | | O | | O | | | |
| Reflection of light in a flat mirror | M | M | M | M | M | | M | M | | |
| Refraction of light at the boundary of different materials | O | O | M | M | SO | O | | SO | | |
| Observation of coin in the water | | | O | SO | SO | | | | | SO |
| Refraction of light from convex lens and concave lens | | | O | SO | SO | | | | | |

*O (observation), M (measurement), SO (simple activity-observation)

와 굴절에 대한 기본 원리가 필요하기 때문이다. 교과서에 제시된 반사와 굴절 관련 탐구활동을 교육과정에 따라 비교하면 표 6과 같다. 반사와 굴절 내용의 탐구 활동은 제7차 교육과정에서 2009 개정 교육과정으로 갈수록 그 수가 줄어들고 있는 것을 볼 수 있었다. 정반사와 난반사를 관찰하고 비교하는 탐구활동은 2009 개정 교육과정 이후로는 제시되지 않았으며, 입사각, 반사각 및 굴절각을 측정하는 활동도 단순 관찰로 약화되거나 짧은 설명으로 대체되었다. 또한 물속에 담긴 동전을 관찰하는 활동과 볼록렌즈와 오목렌즈에서 여러 개의 광선이 굴절하는 현상도 탐구활동에서 삽화로 대체되었다. 이것은 빛의 반사와 굴절에 대한 학습내용을 줄이고 거울이나 렌즈를 통해 관찰되는 상에 대한 학습에 좀 더 강조했기 때문이다.

3.4. 교육과정 개정에 따른 ‘거울과 렌즈에 의한 상’의 내용 변화

제7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지의 중학교 과학에서 ‘거울과 렌즈에 의해 형성된 상’과 관련된 성취기준을 비교하여 표 7에 정리하였다.

제7차 교육과정에서는 거울과 렌즈에 의해 형성된 상에 대

한 성취기준이 제시되어 있지 않았으며 단지 빛에 대한 원리나 법칙의 발견 보다는 반사와 굴절 현상에 대한 관찰에 머물도록 제한하고 있다. 하지만 대부분의 교과서에서는 반사나 굴절에 의해 관찰되는 상을 보는 원리를 그림 4와 같이 제시하여 정성적인 이해를 돕고 있다.

2007개정 교육과정에서는 제시 학년을 7학년에서 8학년으로 변경함과 동시에 거울과 렌즈에 의해 형성된 상에 대한 성취기준을 추가하였다. 특히 교육과정 해설을 보면 평면거울에 의해 관찰되는 상의 크기와 위치를 학습하게 했으며, 오목 거울과 볼록 거울 또는 오목 렌즈와 볼록 렌즈에 의해 생기는 상에 대해서도 두 개 이상의 광선을 추적하여 상이 생기는 원리를 이해하도록 하고 있다. 따라서 대부분의 교과서에서는 그림 5와 같이 한 점에서 서로 다른 방향으로 반사된 2개의 광선을 추적하여 빛의 반사나 굴절 현상에 의해 관찰되는 상을 보는 원리를 제시하고 있다.

제7차 교육과정에 의한 교과서에서 제시한 것과 다른 점은 한 개의 광선을 추적해서는 상의 위치를 알 수 없기 때문에 두 개의 광선을 추적한다는 것이다. 그림은 다소 복잡해지지만 자연 현상을 좀 더 과학적으로 이해할 수 있다는 측면에서 긍정적인 변화라 할 수 있다.

Table 7. Contents of ‘image formed by mirror and lens’ in the several national curriculums

| Curriculum | 7th | 2007 | 2009 | 2015 |
|-----------------------|-----|--|---|---|
| Achievement standards | - | (A) Using the law of reflection of light, students should explain the principle that an image is seen by a plane mirror. (B) Students should qualitatively explain the principle that an image is seen by concave and convex mirror. (C) Students should qualitatively explain the principle that an image is formed by the concave and the convex lens. | Students should observe images forming by various mirrors and lenses, and understand the principle of image formation by plane mirrors and convex lens. | Students should compare the characteristics of the image depending on the distance through observing the images formed by various mirrors and lenses, and understand the principle of the image formed by the plane mirror. |

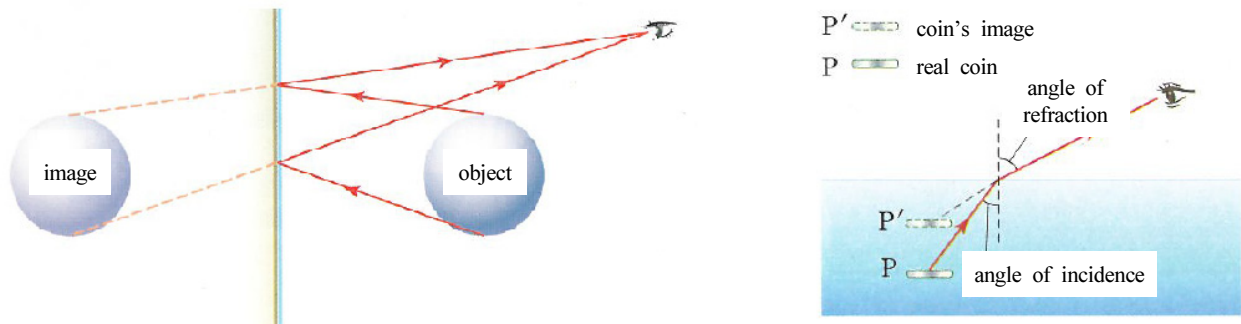


Fig. 4. Textbook images which show a principle of image formation by reflection and refraction (7th national curriculum).

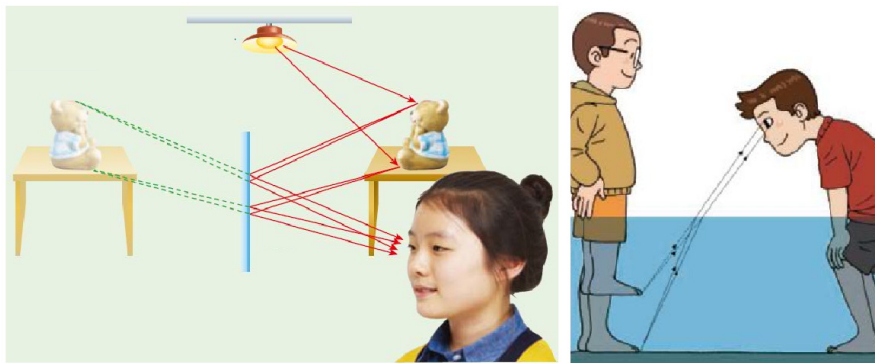


Fig. 5. Textbook images which show a principle of image formation by reflection and refraction (2009 national curriculum).

Table 8. Optics-related inquiry presented in the science textbooks (image formed by mirror and lens)

| Inquiry | Textbook | 7th | | | 2007 | | | 2009 | | |
|--|----------|-----|---|----|------|---|---|------|---|---|
| | | a | b | c | d | e | f | g | h | i |
| Drawing ray diagrams in a plane mirror | | | | | | D | D | | | D |
| Observation of image position by plane mirror | | O | | | O | | | SO | | |
| Characteristics of the image by plane mirror | | | | SO | | | | | | |
| Characteristics of the image by convex and concave mirrors | | SO | | | O | O | O | SO | | O |
| Use of various mirrors | | | | | | | | I | I | I |
| Drawing ray diagrams in a convex lens | | | | | D | D | D | | | D |
| Characteristics of the image by convex lens and concave lens | | | | | O | O | O | SO | I | |
| Use of various lens | | | | | | | | I | | I |

*O (observation), D (drawing ray diagrams), I (investigation), S (simple activity-observation (SO), suggestion (SS))

2009 개정 교육과정에서 상을 보는 원리에 대한 학습은 평면거울과 볼록렌즈로만 제한하고 있으며 다른 종류의 거울과 렌즈에 의한 상은 관찰만 하도록 하고 있다. 또한 2015 개정 교육과정에서는 상의 형성과정에 대한 학습내용이 더욱 감소되어 평면거울에서만 학습하도록 제한하고 있다. 그 이유는 많은 학생과 교사들이 상에 대한 이해에 어려움이 있기 때문이다^[11-14]. 그동안 학생들의 상 형성에 대한 연구가 많이 시행되었고, 다양한 교수학습자료가 개발되었음에도 불구하고 상에 대한 이해를 어렵다고 인식하는 것은 근본적으로 다시 연구를 수행할 필요가 있음을 시사한다. 상 형성과정에 대한 이해가 중학교 수준에 적합한 것인지에 대한 추가

연구가 필요하다.

교과서에 제시된 거울과 렌즈에 의한 상과 관련 탐구활동을 교육과정에 따라 비교하면 표 8과 같다. 광선 추적을 통해 상의 위치 및 상이 보이는 원리를 알아보는 탐구활동은 2007년 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정에 의한 교과서에서 나타났다. 렌즈의 상을 작도를 통하여 구하는 탐구는 주로 2007년 개정 교육과정에 의한 교과서에서 제시되었고, 2009 개정 교육과정에 의한 교과서에서는 일부 교과서에서만 제시되었다. 또한 여러 가지 거울과 렌즈의 이용에 대한 조사 활동은 2009 개정 교육과정에 의한 교과서에서만 나타났다.

상의 형성과정을 학습하는 것에 대한 어려움으로 작도활동

이 점차 축소되어 2015 개정 교육과정에서는 작도 활동 자체를 할 수 없도록 교육과정에 명시하였다. 대신 여러 가지 거울과 렌즈에 비친 상의 특징을 관찰하는 활동이 강조되었다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구의 목적은 교육과정 개정에 따라 중학교 과학에서 광학 내용이 어떻게 변화되어왔는지를 분석하는 것이다. 1997년에 고시된 제7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지 총 4개의 교육과정과 교육과정에 따라 개발된 교과서를 분석하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 교육과정 개정에 따라 학교에서 학습되는 광학 개념이 다르게 제시되었다. 물체를 보는 과정은 2009 개정, 2015 개정 교육과정에만 제시되었고, 분산, 반사, 굴절 현상은 제7차 교육과정과 2007년 개정 교육과정에서만 제시되었고, 2009 개정 교육과정 이후에는 교육과정에서 포함되어 있지 않고, 일부 교과서에서만 간략하게 제시되었다.

둘째, 상이 생기는 원리에서 내용 수준이 점차 축소되어 제시되었다. 거울과 렌즈에 의한 상의 형성은 2007년 개정 교육과정 이후에 도입되었는데, 2007 개정 교육과정에서는 오목 거울, 볼록 거울, 오목 렌즈, 볼록 렌즈에 대해서 상이 생기는 원리를 다루었다. 그런데 2009 개정 교육과정에서는 평면거울과 볼록 렌즈에 의한 상의 생성 원리만 다루도록 하였으며, 2015 개정 교육과정에서는 평면거울에 의한 상의 형성만 학습하도록 명시하였다. 상의 작도는 거울과 렌즈에 의한 상에 대한 이해에서 매우 중요하다. 2007년 개정 교육과정에서는 필수적으로 수행해야 하는 탐구로 볼록 렌즈에 의한 상 작도를 수행하도록 명시하였고, 2009 개정 교육과정에서는 포함되어 있지 않지만 모든 교과서에서 볼록 렌즈에 의한 상 작도 활동이 탐구활동으로 제시되어 있었다. 그러나 2015 개정 교육과정에서는 평면거울에 의한 상을 구하는 작도 활동조차 다루지 않도록 제한하여 학생들은 상을 작도하는 활동을 할 수 없게 되었다.

셋째, 광학 개념들을 학생들이 일상 속에서 경험할 수 있는 현상 및 도구에 연계하여 제시되는 시도가 점차 증가하였다. 예로 빛의 합성에서도 제7차 교육과정이나 2007년 개정 교육과정의 성취기준은 합성을 관찰하거나 합성을 아는 것을 제시하는데 그쳤다면 2009 개정 교육과정 이후에는 빛의 합성 원리를 영상 장치에 활용하는 것을 제시하였다. 이것은 학교에서 배우는 물리 개념들을 일상생활에서 사용하는 생활 속 도구에 적용함으로써 학생들의 물리에 대한 긍정적인 인식을 갖게 하려는 의도가 반영된 것으로 볼 수 있다. 많은 학생들이 물리 교과를 어려워하고 재미없다고 인식하고 있기 때문에 학교와 생활을 연계시키는 내용은 매우 긍정적이며, 최근의 융합인재교육(STEAM)의 도입과 같은 맥락으로 이해할 수 있다.

이상의 내용을 바탕으로 다음과 같이 광학교육에의 시사점을 제안하고자 한다.

첫째, 광학 개념에 대한 단계별 학습기준에 대한 연구가 필요하다. 교육과정 개정에 따라 광학 개념들이 삭제되거나 새로 추가되기도 하고, 학교급간의 이동이 이루어졌다. 전체적인 과학(또는 물리) 교과 내에서 양과 수준을 고려하여 결정되기도 하지만, 가장 큰 이유는 학생들의 학습 부담을 줄여주기 위해 내용을 감축하는 과정에서 이루어졌다. 그런데 어떤 광학 개념이 학생들의 발달 단계에 적절한 것인지에 대한 연구가 이루어지지 않았다. 광학과 관련하여 학생들의 학습 발달과정에 대한 연구를 통해 광학 개념 및 활동들의 단계별 학습기준을 마련할 필요가 있다.

둘째, 광학 개념에 대한 학생들이 겪는 어려움에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 특히 상의 형성과 관련한 연구가 지속적으로 이루어질 필요가 있다. 교육과정 개정에서 거울과 렌즈에 의한 상의 형성은 지속적으로 축소되어왔다. 감축에 대한 이유는 학생들과 교사들이 상 형성에 대해 어려워하고 있기 때문인데, 구체적으로 거울과 렌즈에 의한 상이 중학생들에게 적절치 않은 내용인지, 아니면 현재 교과서에 진술되어 있는 교수방법에 문제점이 있는 것인지 다시 살펴볼 필요가 있다.

셋째, 다양한 광학 관련 사례를 발굴하고 이를 교과서 혹은 교수학습자료로 활용할 수 있는 방안을 마련해야 한다. 광학은 물리학 중에서도 학생들이 흥미롭게 생각하는 영역으로 물리기피 현상을 해소하는데 기여할 수 있다. 학생들이 경험하는 최신의 과학 기술에도 광학과 관련된 것이 많이 있기 때문에 다양한 생활 속 사례, 첨단 기기 속 광학 사례들을 발굴할 필요가 있다.

References

1. J. Sim, H. Park, and J. Lee, "High school students' perceptions on science elective of the 2009 revised curriculum," *Jour. Sci. Educ.* **39**, 133-150 (2015).
2. H. Kim and B. Lee, "Why do secondary students perceive physics is uninteresting and difficult?," *Sae Mulli* **52**, 521-529 (2006).
3. G. Kwon, S. Bang, S. Lee, and G. Lee, "Context-dependency of students' conceptions in optics: focused on vision & mirror image," *J. Korean Assoc. Sci. Educ.* **26**, 406-414 (2006).
4. J. Koh and H. Lee, "Analysis on conceptual sequence related to optometry in Korean science textbooks," *Korean J. Vis. Sci.* **12**, 19-30 (2010).
5. B. Lee and I. Lee, "Analysis on the characteristics of National Assessment of Educational Achievement (NAEA) items for science subject: with a focus on optics," *J. Korean Assoc. Sci. Educ.* **35**, 465-475 (2015).
6. B. Lee, "Development of a method to demonstrate aberrations in a university optics class," *New Phys.: Sae Mulli* **66**, 441-447 (2016).
7. O. Hong and J. Song, "An analysis of the contents of Korean national science curriculums with a focus on creativity," *Educ. Res. Pract.* **81**, 121-140 (2015).

8. H. Rhee, "Educational shift of science and technology ethics in the national science curriculum of Korea from the 7th in 1997 to the 2015 curriculum revision," *J. Learner-Centered Curric. Instr.* **16**, 683-706 (2016).
9. F. Abd-El-Khalick, R. L. Bell, and N. G. Lederman, "The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural," *Sci. Educ.* **82**, 417-436 (1998).
10. B. Lee, "Investigation of newtonian optics as physics education perspectives," *New Phys.: Sae Mulli* **67**, 1086-1094 (2017).
11. M. Ronen and B. Eylon, "To see or not to see: The eye in geometrical optics - when and how?," *Phys. Educ.* **28**, 52-59 (1993).
12. F. Goldberg and L. McDermott, "Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror," *The Phys. Teacher* **24**, 427-480 (1986).
13. Y. Kim and S. Baik, "The cognition changes related to the teaching methods of "light" chapter for 7th grade as experienced by science teachers in abduction thinking," *J. Korean Assoc. Sci. Educ.* **28**, 507-518 (2007).
14. G. Kwon, "Elementary preservice teachers' understanding of the image observed in a diverging lens," *J. Korean Assoc. Sci. Educ.* **35**, 871-876 (2015).