

특별호

한국, 미국, 중국, 일본의 초등학교 과학 교육과정과 교과서에 제시된 빛 관련 개념에 관한 비교 연구

이지원 · 김중복[†]

A Comparative Study on the Concept of Light Presented in Elementary School Science Curriculum and Textbooks in Korea, the US, China, and Japan

Lee, Jiwon · Kim, Jung Bog[†]

국문 초록

초등학교 과학 교육과정에서 빛 개념은 중요하게 다루어지나 학생과 교사가 이해에 어려움을 갖는다는 보고가 많다. 내용 자체의 난이도 때문인지, 제시방법, 구성, 표현 등이 어려움을 유발하는 것인지 분석할 필요가 있다. 2015 초등 과학과 교육과정과 미국, 중국, 일본의 초등 교육과정과 교과서에서 나타난 빛 관련 주요개념, 빛 단원 내용구성, 사용한 소재와 광원, 광학기구를 비교하였다. 분석 결과, 네 나라의 교육과정에서 빛에 대한 주요개념의 포함 여부와 다루는 시점은 나라마다 차이가 있었다. 특히 우리나라 교육과정은 광원, 시각 개념을 도입하지 않은데 비해 볼록 렌즈에 의한 굴절 개념은 다룬다는 점에서 차이가 나타났다. 내용구성과 흐름에서도 나라별로 차이가 있었다. 한국 교육과정은 핵심 아이디어나 관점을 따라 내용이 구성되기보다 개념별로 분절적으로 제시되어 있고 개념 간 연계성이 불분명하였다. 주요개념을 설명하기 위한 소재와 광원, 광학기구에서도 국가별 차이점이 나타났는데, 빛의 이용이라는 주제에 대해 미국 교육과정은 목적을 제공하고 빛을 이용하여 이를 달성하는 방식, 중국과 한국은 개념이해를 심화하기 위한 소재를 사용하는 방식으로 나뉘었다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 한 우리나라의 초등학교 과학 교육과정 빛 영역에 관한 시사점은 다음과 같이 도출하였다. 첫째, 개념을 순차적이고 단계적으로 도입하고, 개념 간 연계성이 잘 드러나도록 구성할 필요가 있다. 둘째, 광원에 관한 내용을 주요개념으로 포함하고, 개념 설명을 위해 사용하는 광원을 다루는 개념의 종류와 수준을 고려하여 선정할 필요가 있다. 셋째, 물체를 보는 원리를 포함할 필요가 있다. 넷째, 빛과 렌즈 단원에 포함된 굴절 개념의 소재와 내용 수준을 조정할 필요가 있다. 다섯째, 빛은 초등학교 과학 교육과정에서 포함하고 있는 여러 개념과 깊은 관련성을 가지기 때문에 통합적 접근이 필요하다.

주제어: 빛, 교육과정, 교과서, 초등과학, 미국, 중국, 일본

ABSTRACT

Although the concept of light is important in the elementary school curriculum, substantial research suggests that students and teachers have difficulties in understanding it. Therefore, it is necessary to analyze the reasons for these difficulties—whether it is due to the content or due to the presentation method of contents, structure, and expression. The national curriculum and textbooks of Korea, the US, China, and Japan were comparatively analyzed from the following perspectives: 1) key concepts of light, 2) structure of light units in the textbook, 3) materials, light sources, and optics used in light units. Consequently, there were differences between countries

2022.04.25(접수), 2022.05.09(1심통과), 2022.05.15(2심통과), 2022.05.16(최종통과)

E-mail: jbkim@knue.ac.kr(김중복)

in their inclusion of the concept of light in the curriculum. In particular, the Korean curriculum studies the concept of refraction by a convex lens, whereas the concept of light, light source, and vision is not introduced. Furthermore, countries also differed in their structuring of units. The Korean curriculum was presented segmentally by concept rather than structured according to core ideas or perspectives, and the connection between concepts was unclear. In addition, there were differences between the countries in materials, light sources, and optical instruments to explain key concepts. On using light, the US curriculum provides a purpose and uses light to achieve it, and China and Korea understand the concept. It was divided into the method of using the material to deepen. Based on the results of this analysis, the implications for the elementary science curriculum in Korea were derived as follows. First, it is necessary to introduce concepts sequentially and organize them so that the connection between concepts is well expressed. Second, it is necessary to introduce light and light sources as the predominant concepts. Third, it is necessary to include the principle of seeing objects. Fourth, it is necessary to adjust the material and content level of the refraction concept included in the light and lens unit. Fifth, an integrated approach is required because light has a deep connection with various concepts included in the elementary science curriculum.

Key words: light, curriculum, textbook, elementary science, US, China, Japan

I. 서 론

교육과정은 달성하고자 하는 교육의 목표, 목적, 가르치고자 하는 내용, 수준에 따른 학습순서, 학습 시간 배당, 평가 방향 등을 포함하기 때문에, 그 교육과정에 의한 교육을 받는 학생들이 내용을 어떻게 이해하여야 하는지에 대한 틀을 제공한다. 교육과정이 구조적으로 잘 구성되어 있지 않으면 학생들이 배운 지식을 연결하고 조직화하지 못한다. 또 다루는 내용 수준 측면에서 학습자의 수준에 맞는 것을 제공하지 않고 너무 쉬우면 흥미가 떨어지고 너무 어려우면 이해가 떨어질 수 있다. 즉 교육과정의 구조와 내용조직이 학습자의 이해에 영향을 미친다. 특히 과학은 단계적이고 점진적인 지식의 누적이 중요한 학문 영역이기 때문에, 내용의 선정과 조직화가 매우 중요하다.

지금까지 여러 나라의 초등학교 과학 교육과정을 비교하여 국내 교육과정 개정에 시사점을 제공하고자 하는 연구는 여러 방면에서 수행되었다. 2009 개정 초등학교 과학 교육과정과 핀란드 초등학교 과학 교육과정을 비교 분석한 이소영과 노석구(2014)의 연구를 비롯하여 7차 초등 과학과 교육과정과 일본의 이과 신교육과정을 비교한 서상오 등(2001)의 연구는 초등학교 과학 교육과정 전반을 다른 나라의 교육과정과 비교한 것이다. 3~4학년군 지구와 우주 영역을 중심으로 2009 개정 교육과정과 미국 교육과정을 비교한 연구(김윤경 등, 2016), 지구영역에 대한 한국과 미국의 초등학교 과

학 교육과정을 비교 분석한 서예원(2008)의 연구와 같이 특정 영역을 중심으로 한 국제 비교도 다양하게 수행되었다. 하지만 초등학교 과학 교육과정 수준에서 빛 관련 개념이 어떻게 다루어지고 있는지에 대한 국제 비교 연구는 찾아보기 어렵다. 빛 관련 개념은 학생과 예비교사, 초등교사가 모두 어려움을 호소하는 분야이기 때문에 다른 국가의 교육과정과 교과서 구성을 분석함으로써 우리나라 교육과정의 내용 선정과 구성에 참고 자료로 삼을 필요가 있다.

빛 관련 개념에 대해서는 이를 배우는 초등학교 학생 뿐 아니라 초등 예비교사를 비롯하여 초등교사에 이르기까지 다양한 오개념과 이해의 어려움을 가지고 있다(Galili & Hazan, 2000). 빛 관련 개념 전반에 걸쳐 초등학교 학생들의 개념이해 수준을 다룬 연구(박강은과 박중호, 2012; 이경란 등, 2016; 정진규와 김영민, 2018)뿐 아니라, 광원에 관한 인식(이경진과 김중복, 2017), 빛과 그림자에 관한 개념(박소연 등, 2014; 허은영 등, 2005) 빛의 이동 경로에 관한 인식(권경필, 2011), 빛의 굴절에 관한 개념(박중호, 2017) 등 개념별로 초등학교 학생의 이해수준을 분석한 연구 등, 초등학교 학생의 빛 관련 개념과 관련된 이해 수준에 대해서는 다양한 측면에서 연구가 이루어졌다. 초등 예비교사(권경필, 2014; 윤혜경 등, 2021; 이지원, 2021) 및 초등교사(김윤화와 유준희, 2019; 이지원 등, 2013; 이지원 등, 2014) 또한 여러 문헌에서 빛 관련 개념의 이해뿐 아니라 교육을 하거나 교육을 계획하는 데 있어서도 어려움이 있다는 점

이 밝혀졌다. 교육과정의 내용 체계나 구성, 제시방법 등에 개념이해의 어려움이나 교수, 교수계획의 어려움을 유발하는 요인이 있을 수 있다.

이에 따라 이 연구에서는 각국의 초등학교 과학 교육과정과 교과서에 나타난 빛 관련 단원에서 다루는 개념과 내용구성, 소재 등을 살펴보고 학생 및 교사의 이해에 도움을 줄 수 있는 방향으로의 교육과정 개정에 대한 시사점을 얻고자 한다. 이에 따른 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 한국, 미국, 중국, 일본의 초등학교 과학 교육과정과 교과서에서 다루는 빛에 관련된 주요개념은 무엇인가?

둘째, 각국의 초등학교 과학 교과서에 나타난 빛 단원 내용구성과 흐름은 어떠한가?

셋째, 각국의 초등학교 과학 교과서에서 빛에 관한 주요개념을 설명하기 위한 소재, 광원 및 광학 기구는 무엇인가?

II. 연구 방법

1. 분석 대상

빛 관련 개념을 어떻게 다루고 있는지 비교하기 위해서 미국, 중국, 일본의 초등학교 과학 교육과정과 교과서를 분석하였다. 미국은 우리나라와 관련성이 깊고 국제사회에 미치는 영향력이 크며, 일본과 중국은 PISA 2018에서 우리나라보다 과학 성취도의 순위가 높기 때문에 분석 대상으로 삼았다(한국교육과정평가원, 2019). 각 나라별 분석 대상은 Table 1과 같다.

우리나라 교육과정의 분석은 2015 개정 과학과

교육과정(교육부, 2015)을 대상으로 하였다. 분석 대상이 된 교과서는 2015 개정 교육과정이 적용되고 빛에 관한 내용을 포함하고 있는 3~4학년군 과학 교과서(교육부, 2018)와 5~6학년군 과학 교과서(교육부, 2019)이다. 미국의 과학 교육과정은 Next Generation Science Standard(이하 NGSS) (NGSS Lead States, 2013)를 분석 대상으로 하였고, 교과서는 McGraw Hill 출판사에서 NGSS를 기반으로 작성한 Inspire science Grade 1(McGraw Hill, 2019)과 Grade 4 (McGraw Hill, 2020)를 분석하였다. 일본의 초등학교 과학 교육과정은 소학교학습지도요령 해설(文部科学省, 2017)을 분석 대상으로 하였고, 교과서는 6종의 초등 검인정 교과서 중 신주교육출판사의 楽しい理科(즐거운 과학)의 3학년 교과서(信州教育出版社, 2020)를 분석하였다. 중국의 초등학교 과학 교육과정은 소학교과학과정표준(中华人民共和国教育部, 2017)을 분석하였고, 교과서는 검인정 교과서 중 교육과학출판사의 과학 5년급(상권) (教育科学出版社, 2019)과 3년급(하권)(教育科学出版社, 2019)을 분석하였다.

한국은 국정 교과서를 분석 대상으로 삼았으나, 미국, 일본, 중국의 교과서는 검인정이므로 국가별로 1종만 분석 대상으로 선정하였기 때문에, 국정 교과서만큼의 대표성을 가질 수는 없다는 한계가 있다.

2. 분석 방법

각국의 교육과정과 교과서에서 빛에 관한 어떤 개념을 포함하고 있는지 분석하기 위하여 빛에 관련된 주요개념과 하위개념을 선정하였다. 주요개념의 선정 기준은 분석 대상인 나라의 교육과정에서

Table 1. Analyzed national science curriculum and textbooks

국가	교육과정	출처	교과서
한국	2015 개정 교육과정	http://ncic.kice.re.kr/	2015 개정 교육과정 국정 교과서 4학년 그림자와 거울 (2018) 6학년 빛과 렌즈 (2019)
미국	Next Generation Science Standard (2013)	http://nextgenscience.org	Mcgraw-hill Inspire Science Grade 1 (2019) Inspire Science Grade 4 (2020)
일본	小学校学習指導要領 (2017)	https://www.mext.go.jp	信州教育出版社 楽しい理科 3年 (2020)
중국	小学科学课程标准 (2017)	http://www.moe.gov.cn	教育科学出版社 五年级 上册 (2019) 三年级 下册 (2019)

제시한 핵심개념과 초등학생들의 빛 관련 개념에 관한 선행연구(박강은과 박중호, 2016; 백남권, 2016)를 참고하였다. 선정된 주요개념은 빛의 정의와 광원, 시각, 직진, 반사, 굴절이다. 하향식으로 선정된 주요개념과 달리, 주요개념에 포함된 하위개념은 각국의 교육과정에 포함된 내용을 모두 포괄할 수 있도록 교과서와 교육과정 내용을 분석하면서 하나씩 추가하는 상향식으로 선정하였다. 최종적으로 선정된 주요개념과 하위개념은 Table 2에 제시하였다. 각국의 초등학교 과학 교과서 및 교육과정에 나타난 빛 단원 내용구성의 흐름을 분석하기 위하여 각 교과서에서 단원명, 단원의 소주제 혹은 차시별 주제명, 단원에서 다루는 주요개념을 추출하여 정리하였다. 또한, 각국의 초등학교 과학 교과서에 빛에 관한 주요 개념을 설명하기 위한 소재, 광원 및 광학기구를 분석하기 위하여 각 단원에 제시된 탐구활동, 개념설명, 설명을 위한 도안 등을 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 각국의 초등학교 과학 교육과정과 교과서에서 다루는 빛에 관련된 주요개념

빛에 관한 주요개념 중 한국, 미국, 중국, 일본의 초등 교육과정과 교과서에서는 각각 어떤 것을 다루고 있는지 분석하였다. 교과서는 기본적으로 교육과정에 제시된 내용을 구현하지만, 교육과정에 포함되지 않은 내용을 포함하는 경우도 있기 때문에 교육과정과 교과서에 모두 포함된 개념과 교과서에만 포함된 개념을 구분하여 Table 2에 제시하였다.

1) 빛의 정의와 광원

빛에 관한 주요개념 중 빛의 정의와 광원에 대하여 각국의 초등학교 과학 교육과정에서 다루고 있는지 알아보았다. 미국의 Grade 1 교육과정에서는 어둠 속에 있는 물체는 빛이 있을 때만 볼 수 있다고 제시한다. 또 빛은 햇빛, 전등 등에서 올 수 있다는 것을 보여 준다. 또 Grade 1 교과서에서는 빛을 ‘에너지의 일종’으로 정의한다. 중국의 교육과정은 5년급에서 태양과 같이 일상생활에서 찾을 수 있는 광원의 예를 제시하고, 어두운 환경과 광원이 존재하는 환경을 비교하여 빛이 눈에 들어와야 우리가

볼 수 있다는 것을 설명한다. 즉 미국과 중국의 교육과정에서는 학년의 차이는 있으나 우리가 물체를 보는데 있어 빛이 어떤 역할을 하는지, 그리고 광원은 어떤 역할을 하며 어떤 종류가 있는지를 제시하고 있다는 공통점이 있다. 반면, 일본의 교육과정에서는 빛을 시각에 관한 개념보다 에너지 관점에서 접근하기 때문에 빛과 광원에 관한 내용은 포함하고 있지 않다. 한국의 초등 교육과정에서도 역시 마찬가지로 빛과 광원에 관한 내용을 포함하고 있지 않다.

2) 시각

우리가 물체를 어떻게 보는지에 대하여 미국 초등 교육과정에서는 Grade 4에서 물체에서 반사되어 눈에 들어오는 빛이 물체를 볼 수 있게 한다는 점을 설명하고 있다. 이때 세포나 망막 등의 메커니즘에 관한 내용은 다루지 않는다. 중국 교육과정에서는 빛과 광원의 내용과 마찬가지로 5년급에서 인간의 눈이 물체에서 반사한 빛을 봄으로써 물체를 볼 수 있다는 내용을 포함한다. 하지만 일본과 한국의 초등 교육과정에서는 시각에 대하여 다루지 않고, 중학교 교육과정에서 물체를 보는 과정을 빛의 경로를 이용하여 표현하는 내용을 다룬다.

3) 직진

빛의 직진 개념은 한국, 미국, 중국, 일본의 초등 교육과정에서 모두 다루고 있다. 그리고 미국의 Grade 1, 중국의 5년급에서는 빛이 직진하는 경로에 놓인 물체의 특성에 따라 빛이 통과하기도 하고 통과하지 못하기도 한다는 개념, 즉 투명, 반투명, 불투명을 도입하고 있다. 단, 한국의 4학년 교과서에서는 투명과 불투명만 소개하고 있고, 미국의 교육과정에서는 빛이 직진하는 경로에 거울을 포함하여 빛이 통과하기도 하고 반사하기도 한다는 점을 추가로 설명하고 있다는 차이가 있다. 그림자의 개념 역시 한국, 미국, 일본, 중국의 초등 교육과정에서 모두 다루고 있다. 여기에는 그림자의 크기(혹은 길이), 방향, 그림자가 생기는 조건이 포함되어 있다.

4) 반사

반사 개념 역시 한국, 미국, 중국, 일본의 초등 교육과정에서 모두 다루고 있다. 다만, 평면거울에

Table 2. Key concepts related to light in elementary science curricula and textbooks in Korea, the United States, China, and Japan

주요개념	한국	미국	일본	중국
빛의 정의	에너지	△		
광원	의미 또는 종류	○		○
	빛 유무	○		○
시각	물체에 반사된 빛	○		○
	눈에 들어오는 빛	○		○
직진	경로	○	○	○
	장애물	○	○	
	그림자	○	○	○
반사	경로	○	○	○
	상	○		
	중첩			○
굴절	경로	○	△	△
	볼록 렌즈에 의한 상	○		
	집광	△		○
	분산	○		○

○: 교육과정과 교과서에 모두 포함됨.

△: 교과서에만 포함됨.

서 빛이 반사하는 경로에 관한 내용은 모두 다루고 있으나, 거울에 의한 상의 특성에 관한 내용은 한국의 교육과정에만 포함되어 있다. 또, 평면거울을 이용하여 반사된 빛을 겹칠 수 있다는 내용은 일본의 교육과정에만 포함되어 있다.

5) 굴절

굴절하는 빛의 경로에 관한 개념은 한국 교육과정에서 다루고 있다. 미국과 중국의 교과서에서도 굴절하는 빛의 경로를 다루나 교육과정에 제시되어 있지는 않다. 중국의 5년급 교과서는 공기와 물의 경계에서 일어나는 빛의 굴절만 다루고, 미국

Grade 4 교과서는 눈이 물체를 보는 경로를 설명하기 위하여 빛의 굴절을 도입한다. 반면 한국의 6학년 교육과정과 교과서는 물과 공기, 유리와 공기, 그리고 볼록 렌즈에 의한 빛의 굴절과 그 경로를 모두 다룬다. 굴절에 의한 상 개념에 관해 한국 교육과정은 볼록 렌즈를 이용하여 물체를 관찰하면 물체가 ‘다르게’ 보이는 것에 대해서 언급한다. 하지만 다른 나라의 교육과정에서는 상에 관해 다루지 않는다. 또, 일본 교육과정에서는 볼록 렌즈를 통과시킨 햇빛의 밝기와 온도를 측정하는 활동을 포함한다. 이 활동은 한국의 교육과정에는 포함되어 있지 않지만, 국정 교과서에서는 그 내용을 다루고 있다. 하지만 중국과 미국 교육과정과 교과서는 이 내용을 포함하고 있지 않다. 프리즘에 의한 빛의 분산은 한국과 중국 교육과정에서 다루고 있다. 두 나라의 교육과정 모두 햇빛이 여러 가지 색깔의 빛으로 이루어져 있음을 이해하도록 하는 것을 목적으로 한다.

2. 각국의 초등학교 과학 교과서에 나타난 빛 단원 내용구성

1) 미국

NGSS의 초등학교 과학 교육과정에서 빛을 다루는 학년은 Grade 1와 4이다. 빛에 관련하여 Grade 1에서 다루는 핵심 아이디어를 살펴보면, ‘어둠 속에 있는 물체는 빛이 있을 때만 볼 수 있다(1-PS4-2)’, ‘빛이 모두 통과할 수 있는 물질, 일부 빛만 통과하는 물질, 모든 빛을 차단하는 물질이 있고, 빛이 차단되어 도달할 수 없는 곳에는 그림자가 만들어진다. 거울을 사용하여 빛의 진행 방향을 바꿀 수 있다(1-PS4-3)’, 그리고 ‘원거리 통신에서 빛이나 소리를 사용하는 장치가 사용된다(1-PS4-4)’이다.

교과서에서는 이러한 핵심 아이디어를 구현하기 위하여 ‘빛과 그림자’라는 단원을 설정하였는데, 주

Table 3. Contents of the ‘Light and shadows’ unit of the United States’ textbook for Grade 1

주제	빛		빛과 물질		빛의 이용		
개념	빛 (정의)	시각 (빛 유무)	광원 (종류)	직진 (물질 특성)	직진 (그림자)	반사 (경로)	이용
내용	빛은 일종의 에너지이다.	우리는 빛이 있어야 볼 수 있다.	어두운 곳을 비추는 것은 햇빛, 불빛 등이 있다.	빛이 통과, 막힘, 반만 통과할 때 투명, 불투명, 반투명이라 한다.	빛이 불투명한 물질을 통과하지 못하여 생기는 어두운 형태를 그림자라 한다.	빛이 표면에서 부딪쳐 진행 방향이 바뀌는 것을 반사라 한다. 거울은 빛을 반사시킨다.	빛을 이용하여 신호를 보내는 것으로 등대, 신호등, 반사된 빛을 이용하는 예로 망원경이 있다.

빛의 전파 방향이 바뀌는 안다. 넷째, 햇빛이 프리즘을 통과한 후 벽에 투사된 색 스펙트럼을 관찰하고 햇빛이 다양한 색상의 빛으로 구성되어 있음을 이해한다.

3년급의 ‘태양, 지구와 달’ 단원의 교과서 구성을 살펴보면(Table 5), 단원의 일부 내용에 빛과 그림자에 관한 내용을 포함한다. 내용의 흐름은 태양을 광원으로 하였을 때 그림자의 형성, 태양의 위치에 따른 그림자의 위치 변화, 그림자의 형태 변화 순으로 진행된다.

5년급의 ‘빛’ 단원의 교과서 구성을 살펴보면(Table 6), 이 단원은 빛에 관한 내용으로만 구성되어 있다. 교과서가 구성된 흐름을 살펴보면, ‘빛에 관한 생각’에서는 햇빛과 같은 광원에서 나가는 빛과 물체에 반사된 빛을 소개하고 이 빛이 눈에 들어가므로 광원이나 물체를 볼 수 있다는 것을 다룬다. 다음으로 ‘빛이 어떻게 퍼지는가’에서는 빛이 직진한다는 점, ‘빛의 전파에 장애가 있을까’에서는 직진하던 빛이 물질의 종류에 따라 통과하거나 일부 통과하거나 통과하지 못하는 것을 통해 물질을 투명, 반투명, 불투명으로 구분한다. ‘빛의 전파 방향이 바뀔까’에서는 투명한 물질에서 진행하던 빛

의 전파경로가 바뀌는 것을 물에 담긴 물체를 관찰하면서 이해한다. ‘프리즘 인식’에서는 햇빛을 프리즘에 통과시켜 색 스펙트럼을 관찰하고 햇빛에 다양한 색의 빛이 포함되어 있음을 소개한다. 후속 활동으로 색 팽이를 돌려 색깔이 백색광으로 섞일 수 있는지에 대해 탐색한다. 다음으로 ‘빛의 반사 현상’에서는 진행하던 빛이 거울면 또는 물체를 만나면 반사된다는 것을 이해한다. 빛의 반사에 관한 이해를 바탕으로 ‘잠망경 만들기’를 수행한다.

3) 일본

일본의 초등학교 과학 교육과정의 빛과 소리 단원에서는 에너지에 관한 기본적인 개념을 기반으로 에너지의 파악 방법을 다루고 있다. 구체적인 학습 내용을 살펴보면 첫째, 햇빛은 직진하는 특성을 가지고 있고, 햇빛을 모으거나 반사시킬 수 있다는 것, 둘째, 햇빛을 물체에 비추면 물체의 밝기와 온도가 바뀐다는 것이다. 이 내용은 3학년을 대상으로 하고 있고, 교과서 종별로 내용 구성에 차이가 있으나 분석 대상인 교과서에서는 ‘태양과 그림자를 조사하자’, ‘양달과 음달을 비교하자’, 그리고 ‘빛의 성질’이라는 세 개의 단원으로 구성되어

Table 6. Contents of the ‘Light’ unit of Chinese textbook for Grade 5

주제	빛에 관한 생각		빛이 어떻게 퍼지는가	빛의 전파에 장애가 있을까	빛의 전파 방향이 바뀔까	프리즘 인식	빛의 반사 현상	잠망경 만들기
개념	광원	시각	직진 (경로)	직진 (물질 특성)	굴절 (경로)	굴절 (분광)	반사 (경로)	반사 (경로)
내용	광원에서의 빛과 반사된 빛을 구분한다.	빛이 눈에 들어가므로 광원이나 물체를 볼 수 있다.	빛은 직진한다.	진행하던 빛이 물질의 종류에 따라 통과하거나 일부 통과하거나 통과하지 못한다.	공기와 물의 경계에서 빛의 전파 방향이 바뀐다.	햇빛에는 다양한 색의 빛이 포함되어 있다.	진행하는 빛이 물체를 만나면 반사된다.	두 개의 거울 이용하여 잠망경 만들기.

Table 7. Contents of the light units of Japanese textbook for Grade 3

주제	태양과 그림자		양달과 음달		빛의 성질		
개념	직진(그림자)	직진(경로)	빛이 도달한 곳의 밝기	빛이 도달한 곳의 온도	반사(경로)	반사(중첩)	굴절(집광)
내용	그림자는 태양 빛이 물체에 가려지면 생긴다.	그림자의 위치는 태양의 반대편에 생긴다. 태양의 위치가 바뀌면 그림자 위치가 바뀐다.	양달의 지면은 밝고 말라있지만 음달의 지면은 어둡고 젖어있다.	양달의 지면이 음달보다 온도가 높다.	거울면에 햇빛이 닿으면 빛이 반사하여 나아간다	반사된 빛이 달은 부분은 밝고 따뜻하다. 반사된 빛이 중첩된 곳은 더 밝고 따뜻하다.	돋보기를 사용하여 햇빛을 모으면 더 밝고 온도가 높다.

Table 8. Contents of the ‘Shadow and mirror’ unit of Korean textbook for Grade 4

주제	그림자가 생기는 조건	불투명한 물체와 투명한 물체의 그림자	그림자의 모양	그림자의 크기	거울에 비친 물체의 모습	거울에 부딪친 빛	생활에서 거울의 이용
개념	직진 (그림자)	직진 (물질 특성)	직진 (그림자)	직진 (그림자)	반사 (상)	반사 (경로)	이용
내용	빛이 물체를 비추면 그림자가 물체 뒤쪽에 생긴다.	불투명한 물체는 빛이 물체를 통과하지 못해 진한 그림자, 투명한 물체는 연한 그림자가 생긴다.	빛이 직진하기 때문에 물체 모양과 그림자 모양이 비슷하다.	물체와 스크린을 그대로 두었을 때 손전등을 물체에 가까이 하면 그림자 크기는 커진다.	거울에 비친 물체의 색깔은 실제와 같고 상하는 바뀌지 않고 좌우만 바뀐다.	빛이 거울에 부딪히면 방향이 바뀐다.	세면대 거울, 옷가게 거울, 자동차 거울 등.

Table 9. Contents of the ‘Light and lens’ unit of Chinese textbook for Grade 6

주제	프리즘을 통과한 햇빛	공기와 물의 경계에서 빛의 나아감	물속에 있는 물체	볼록 렌즈의 특징	볼록 렌즈를 통과한 햇빛	간이 사진기	볼록 렌즈의 이용
개념	굴절 (분산)	굴절 (경로)	굴절 (상)	굴절 (렌즈)	굴절 (경로)	이용	이용
내용	햇빛은 여러 가지 색의 빛으로 이루어져 있다.	빛은 공기와 유리, 공기와 물 등 다른 물질이 만나는 경계에서 굴절한다.	물속에 있는 물체는 빛이 굴절하기 때문에 실제와 다른 위치에 있는 것처럼 보인다.	볼록 렌즈로 물체를 보면 실제와 다르게 보인다.	볼록 렌즈를 통과한 햇빛은 굴절되어 한 곳으로 모인다. 볼록 렌즈로 햇빛을 모으면 다른 곳에 비해 더 밝고 온도가 높다.	볼록 렌즈로 물체에서 반사된 빛을 모아 물체의 모습을 본다.	현미경, 망원경, 사진기 등.

있다. 각 단원의 내용을 살펴보면, 태양과 그림자의 조사에서는 그림자의 생성원리와 그림자와 태양의 위치 관계에 따른 그림자의 위치와 길이 변화를 다룬다. 양달과 음달의 비교에서는 양달과 음달의 밝기와 온도를 비교하고, 빛의 성질에서는 거울과 돋보기를 이용하여 빛을 모으고 빛이 모인 부분의 밝기와 온도를 그렇지 않은 부분과 비교하도록 구성되어 있다.

4) 한국

한국 교육과정에서는 4학년과 6학년에서 빛의 성질을 다룬다. 4학년에서 학습하는 빛 관련 내용은 ‘그림자와 거울’을 소재로 그림자가 생기는 원리, 그림자의 크기 변화, 평면거울에 비친 모습, 거울의 이용 예 등 빛의 직진과 반사를 다룬다. 4학년에서 다루는 빛의 직진과 반사에 대하여 Table 8과 같은 순서로 교과서에 제시되어 있다.

6학년에서는 빛의 굴절을 다루는데, 프리즘을 이용하여 햇빛이 여러 가지 색의 빛으로 되어 있음을 이해하도록 하고, 빛이 공기 중에서 진행하다가 물

이나 유리, 볼록 렌즈를 만나면 굴절함을 이해하도록 한다. 또 볼록 렌즈를 통해 물체가 확대되거나 상하좌우가 바뀌어 보임을 관찰하도록 한다. 하지만 볼록 렌즈와 물체의 위치 관계나 상이 생기는 원리에 관해 구체적으로 다루지 않는다. 교육과정에 제시되어 있지는 않지만 교과서에서는 ‘물속에 있는 물체’, ‘볼록 렌즈를 통과한 햇빛이 다다른 곳의 밝기와 온도’를 추가적으로 다루고 있다.

3. 각국의 초등학교 과학 교과서에서 빛에 관한 주요개념을 설명하기 위한 소재, 광원 및 광학기구

각국의 초등학교 과학 교과서 및 교육과정에서 포함하고 있는 빛에 관한 주요개념을 설명하기 위하여 사용한 소재와 광원, 광학기구를 분석하였다. 직진과 그림자를 설명하기 위하여 사용한 광원은 일본은 태양이고, 중국은 태양과 손전등, 한국과 미국은 손전등이다. 태양을 광원으로 사용한 교육과정에서는 막대를 이용하여 그림자의 위치를 측정하는 내용을 포함하였다. 손전등을 이용한 교육과

Table 10. Light sources and optical tools used to explain key concepts in elementary science textbooks in Korea, the United States, Japan, and China

주요개념	한국	미국	일본	중국
직진	광원	손전등	손전등	태양, 손전등
	그림자	투명, 불투명	투명, 반투명, 불투명	막대, 투명, 반투명, 불투명
반사	광원	손전등	손전등	태양
	광학기구	평면거울	평면거울	평면거울
굴절	광원	손전등, 레이저, 태양	평행광	태양
	광학기구	물, 유리, 볼록 렌즈	평면, 오목, 볼록 렌즈	돋보기
분산	광원	태양	.	태양
	광학기구	프리즘	.	프리즘
이용	직진	.	등대, 신호등	.
	반사	세면대 거울, 자동차 거울 등	망원경	.
	굴절	쌍안경, 망원경, 카메라 등	.	잠망경

정에서는 물질의 특성에 따라 빛이 통과하는지의 여부를 확인하는 활동을 수행하였는데, 미국과 중국 교육과정에서는 투명, 반투명, 불투명을 다루었고, 한국 교육과정에서는 반투명을 다루지 않고 투명과 불투명으로 이분하여 다루었다. 반사의 경우, 네 국가 교육과정 모두 반사 개념의 설명을 위하여 평면거울을 이용하였다. 일본과 중국 교육과정에서는 광원으로 태양을 사용하였고 미국과 한국 교육과정은 손전등을 사용하였다. 반사는 이렇듯 사용한 광원 및 광학기구에서 큰 차이가 나타나지 않았다.

굴절 개념은 국가 간 주요개념의 포함 여부가 다르기 때문에 사용한 광원과 광학기구에서 차이가 나타났다. 한국 교육과정은 굴절에 대하여 물이나 유리를 지나는 빛의 경로, 볼록 렌즈를 지나는 빛의 경로, 볼록 렌즈로 물체를 보았을 때 등 다양한 내용을 다루고 있다. 교육과정에는 없지만 국정 교과서에서는 추가적으로 볼록 렌즈에 햇빛을 통과시켰을 때 빛의 밝기와 온도, 빛의 굴절에 의해 물에 잠긴 물체가 어떻게 보이는지에 대해 다루고 있다. 이에 따라 손전등, 레이저, 태양빛 등 여러 가지 광원이 사용되었다. 미국 교육과정에서는 굴절 개념이 눈의 역할을 설명하는 데 사용되기 때문에, 광원을 이용하여 실험이나 탐구활동을 하는 것이 아니라 평면, 오목, 볼록 렌즈를 지나는 평행광이 광선으로 표현되고 있다. 일본 교육과정에서는 굴절 개념을 구체적으로 다루지 않는다. 따라서 볼록 렌즈라는 용어도 도입하지 않고 돋보기(虫めがね)

라는 표현을 사용한다. 굴절된 빛의 경로에 관한 내용은 다루지 않고, 햇빛이 돋보기를 통과하여 집 광되었을 때의 밝기와 온도를 측정하는 활동을 수행하는 정도로 다루고 있다. 중국은 공기와 물의 경계에서 일어나는 굴절만 포함하고 있는데 빛의 경로는 제시하지 않고, 빛의 굴절에 의해 물에 잠긴 물체가 어떻게 보이는지를 중점적으로 다룬다.

빛의 성질을 우리 삶에서 어떻게 이용하는지에 대해서도 각국의 교육과정 및 교과서에서 제시하는 예시에 조금씩 차이가 있었다. 한국 교과서에서는 직진의 이용에 관한 예시는 없고 반사에서는 각종 거울의 쓰임새, 굴절에 대해서는 볼록 렌즈의 쓰임새를 주로 다루었다. 미국 교육과정에서는 빛과 소리를 정보의 전달 수단으로서 다루고 있기 때문에 교과서에서 빛의 직진을 이용한 사례로 등대, 신호등의 예시를 보여 주었고, 반사된 빛을 보는 예시로 망원경을 소개하였다. 일본 교과서에서는 빛을 우리 생활에 이용한 사례를 다루지 않고, 중국 교과서에서는 반사의 개념을 소개할 때 잠망경을 다루고 있다.

IV. 논 의

이 연구는 교육과정 개정 시기에 우리나라 초등학교 과학 교육과정에서 빛 관련 내용의 주요개념과 내용구성, 소재 선정에 관한 시사점을 도출하기 위하여 우리나라에서 현재 사용 중인 2015 개정 교

육과정과 그 교과서를 비롯하여 미국, 중국, 일본의 교육과정과 교과서를 분석하였다. 이를 통해 각국에서 빛에 대하여 어떤 주요개념을 가르치고 있고, 주요개념을 가르치기 위하여 그 내용을 어떻게 배치하고 구성하였는지, 그리고 그 내용을 가르치기 위하여 어떠한 소재와 광원, 광학기구를 사용하였는지를 구체적으로 파악하였고, 국가 간 어떠한 차이가 있는지 살펴보았다. 그 결과 다음과 같은 점을 알 수 있었다.

우선, 교육과정에서 빛과 관련된 주요개념의 포함 여부와 다루는 시점은 나라마다 차이가 있었다. 빛과 광원, 물체를 보는 원리에 대해 중국과 미국의 교육과정은 그 내용을 포함하고 있으나, 일본과 한국의 교육과정은 빛이 무엇인지, 빛이 있을 때와 없을 때 어떤 차이가 있는지, 빛을 내는 것이 무엇인지에 대한 도입 없이 바로 그림자부터 도입한다. 또, 볼록 렌즈에 의한 굴절과 상에 대하여 한국 교육과정은 탐구활동을 통해 구체적으로 도입하나 ‘볼록 렌즈로 물체를 보면 다르게 보인다’ 수준으로만 다루어 내용 수준이 깊지 않고 중학교 교육과정에서 제시하는 내용과 중복된다. 미국, 중국, 일본 교육과정에서는 볼록 렌즈의 상에 대해서는 다루지 않는다.

다음으로 내용구성과 흐름에서도 나라별로 차이가 있었다. 핵심 아이디어를 중심으로 구성된 미국 교육과정은 정보의 파악과 전달 관점에서 내용이 선정되고 배치되고 있고, 일본 교육과정은 빛과 소리 단원을 ‘에너지’ 관점에서 접근하기 때문에 밝기와 온도 측정을 주요하게 다룬다. 중국 교육과정도 에너지 관점에서 접근하지만, 빛의 성질을 순차적으로 제시하는 것에 중점을 둘 뿐 에너지 관점을 구체적으로 드러내지는 않는다. 한국 교육과정은 핵심 아이디어나 관점을 따라 내용이 구성되기보다 내용의 구성과 흐름이 개념별로 분절적으로 제시되어 있다.

그리고 미국, 중국, 일본 교육과정은 빛을 주요하게 다루는 하나의 단원과 다른 개념과 통합하여 빛을 다루는 또 하나의 단원으로 나누어진다. 예를 들어 중국과 일본 교육과정은 그림자의 위치와 길이와 태양의 위치 관계를 통합적으로 다루고, 미국 교육과정은 생물의 정보처리 과정 중 동물의 눈의 역할을 소개할 때 빛의 성질을 다룬다. 교육과정 상에도 이 부분이 빛에 관한 개념을 다룬다는 것을

명시하고 있다. 반면 한국 교육과정은 빛 관련 개념만 중점으로 다루는 2개의 단원으로 구성되어 있다. 우리나라도 태양의 위치와 그림자, 눈의 기능에 대해 다루지만, 이 내용이 빛의 직진과 그림자, 혹은 우리가 물체를 보는 원리와 관련된다라는 점이 교육과정에 명시되지 않고 지구과학, 생물, 물리 영역으로서 분절적으로 제시되어 있다.

또, 미국과 중국의 교육과정은 어둠 속에 있는 물체는 빛이 있을 때에만 볼 수 있다는 점에서 출발하여 빛의 발생, 빛의 나아감, 그리고 나아가던 빛이 장애물에 부딪혔을 때 그 물질의 특성에 따라 통과하거나 통과하지 못하거나 혹은 진행 방향이 바뀌고, 빛이 통과하지 못하면 그림자가 생성된다는 흐름으로 구성되어 있다. 즉 빛의 존재에서부터 빛의 진행 경로까지 개념의 흐름이 순차적으로 구성되어 있다는 점이 잘 드러난다. 하지만 한국의 교육과정은 사과의 흐름이 잘 드러나지 않고 직진, 반사, 굴절 개념이 분절적으로 소개되어 있다. 그림자를 소재로 직진 개념을 다룬 후 거울을 이용하여 반사 개념을 다루는데, 그림자와 거울이라는 소재 간의 연결고리가 없어 두 개념 간의 연결이 매끄럽지 않다. 또한 단원 내에서의 내용구성 측면에서도 흐름이 자연스럽게 않은 부분이 포함되어 있다. 빛과 렌즈 단원에서 굴절의 정의가 제시되기 전에 프리즘을 다룸으로써 햇빛이 프리즘에서 굴절하기 때문에 여러 가지 색깔이 보인다는 설명을 하기 어렵도록 구성되어 있다. 반면, 우리나라처럼 프리즘을 소재로 포함하고 있는 중국 교육과정에서는 빛의 진행 방향이 바뀐다는 굴절 개념을 먼저 소개한 후 프리즘을 도입하고 있다.

마지막으로 빛에 관한 주요개념을 설명하기 위한 소재와 광원, 광학기구의 국가별 공통점과 차이점을 살펴보았을 때, 국가별로 사용한 광원은 태양과 손전등으로 대체로 유사하였으나 한국 교과서에서만 굴절 단원에서 레이저 포인터가 추가적으로 도입되었다는 차이가 있었다. 반사의 법칙이나 굴절을 계산 등의 정량적 접근을 하지 않기 때문에, 레이저 포인터의 사용은 직진, 반사, 굴절하는 광선을 학생들에게 명확히 보여 주기 위한 편의적인 선택이었다고 추측된다.

또 빛의 성질을 이용한 도구가 일상생활에서 어떻게 사용되고 있는지를 소개하기 위한 소재의 선택에서도 국가 간 차이가 나타났다. 미국 교과서는

원거리 통신이라는 특정 목적을 달성하기 위하여 빛의 성질을 어떻게 사용할 것인지를 관점에서 접근하기 때문에 빛의 직진과 반사를 이용하여 정보를 전달하는 등대와 신호등을 소개하고, 반사광을 이용하여 어떻게 정보를 전달할 것인지를 학생들이 궁리하도록 한다. 반면 중국과 한국 교과서는 학습한 빛의 성질을 적용해 보고 개념을 이해하는 수단으로 잠망경, 간이 사진기를 제시하고 학습한 빛의 경로에 관한 이해를 심화하도록 돕는다.

V. 결론 및 제언

이러한 분석 결과에 기반하여, 한국의 초등학교 과학 교육과정에서 빛 부분에서의 시사점을 도출하였다.

첫째, 개념을 순차적이고 단계적으로 도입하고, 개념 간 연계성이 잘 드러나도록 구성할 필요가 있다. 예를 들어 그림자를 소재로 빛의 직진을 도입한 후 평면거울을 소재로 빛의 반사를 도입하는 현재의 구성에서는 개념 간 연계성을 발견하기가 쉽지 않다. 하지만 미국이나 중국 교육과정과 교과서에서 제시하듯이 빛이 진행하다가 물체에 부딪혔을 때, 물체의 특성에 따라 빛을 통과시키거나, 통과시키지 않거나, 혹은 반사시킨다는 점을 배운 후, 빛을 통과시키지 않으면 그림자가 생기고, 반사시키는 물체라면 빛이 부딪쳐 진행 방향이 바뀐다는 것을 순차적으로 제시하면 각각의 개념이 실제로 자연현상에서 어떻게 작동하는지 이해하는데 도움이 될 것이다. 또, 새로운 개념을 소개할 때 개념의 정의 이후 이 개념이 적용된 예를 제시하는 순서로 구성되어야 한다. 빛의 굴절 개념과 공기와 유리의 경계에서 빛이 굴절함을 제시한 후 프리즘이 도입되는 것이 이해의 순서상 자연스럽다.

둘째, 광원에 관한 내용을 주요개념으로 포함할 필요가 있다. 또한 교육과정과 교과서에서 다루고자 하는 개념의 종류와 수준을 고려하여 광원을 선정할 필요가 있다. 현재 우리나라 초등학교 과학 교육과정에는 광원에 관한 설명이 존재하지 않지만, 미국과 중국의 교육과정은 광원에 관한 내용을 포함하고 있다. 광원에 관한 이해가 없으면 그림자, 물체를 보는 원리, 거울에 의한 상, 물속에 있는 물체의 상, 렌즈의 상 등 후속 개념을 이해하는 데 어려움을 겪을 수밖에 없다. 또 우리나라 교과서는

빛 관련 개념을 설명하기 위하여 사용하는 광원의 종류가 태양, 손전등, 레이저 포인터 등 다양한데, 광원 개념에 관한 설명이 없기 때문에 광원의 종류 차이에서 오는 현상의 차이를 학생들이 이해하기 어렵다.

셋째, 물체를 보는 원리를 포함할 필요가 있다. 물체를 보는 원리에 관한 이해가 없으면 상 개념의 이해가 어렵다. 물체를 보는 원리를 학습하기 위하여 반드시 눈에 관한 해부학적 이해가 전제되어야 하는 것은 아니다. 실제로 미국 교육과정의 Grade 4와 중국 교육과정 5년급에서는 물체를 보는 원리를 학생 수준에 맞게 ‘광원에서 나온 빛이나 물체에서 반사된 빛이 우리 눈에 들어오면 광원이나 물체를 볼 수 있다’는 내용을 제시하고 있다. 따라서 현재 중학교 1학년 교육과정에 포함된 ‘눈이 물체를 보는 원리’를 초등 빛 단원에 배치할 필요가 있다.

넷째, 빛과 렌즈 단원에 포함된 굴절 개념의 소재와 내용 수준을 조정할 필요가 있다. 미국, 중국, 일본의 초등학교 과학 교육과정에서는 볼록 렌즈의 굴절을 우리나라처럼 구체적으로 다루지 않는다. 또, 우리나라의 중학교 교육과정에서 볼록 렌즈에 대해 다시 한번 다루는데, 내용 수준이 초등학교에서 학습한 것과 크게 다르지 않다. 초등학교에서 볼록 렌즈로 물체를 보면 물체가 그냥 보는 것과 비교하여 ‘다르게’ 보인다는 정도에서 기술하였다면 중학교에서는 거리에 따른 차이를 구체적으로 언급하는 정도에 불과하다. 볼록 렌즈에 의한 상이 왜 그렇게 보이는지에 관한 광선작도를 통한 이해는 고등학교 과정에서 배운다. 즉 중학교 교육과정에서도 현상 이상의 원리를 다루지 않는데 굳이 초등학교와 중학교 교육과정에서 두 번 다룰 필요가 없다.

다섯째, 빛은 초등학교 과학 교육과정에서 포함하고 있는 여러 개념과 깊은 관련성을 가지기 때문에 통합적 접근이 필요하다. 중국과 일본 교육과정에서 그림자의 위치와 길이와 태양의 위치 관계를 통합적으로 다루고, 미국 교육과정에서 생물의 정보처리 과정 중 동물의 눈의 역할을 소개할 때 빛의 성질을 다루듯, 우리나라 교육과정에서도 지구 과학이나 생물 등 다른 분야의 주요개념을 다룰 때 빛이 중요한 역할을 한다면 이에 관한 통합적 접근으로 학생의 이해를 높이도록 할 필요가 있다.

참고문헌

- 교육부(2015). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호.
- 교육부(2018). 초등학교 3-4학년군 과학. 교육부.
- 교육부(2019). 초등학교 5-6학년군 과학. 교육부.
- 권경필(2011). 초. 중학교 학생의 빛의 이동경로에 대한 개념 및 일관성 비교. 새물리, 61(7), 643-650.
- 권경필(2014). 빨대의 굴절상 삽화에 대한 초등 예비 교사들의 이해 분석. 교사교육연구, 53(4), 815-824.
- 김윤경, 김종영, 신명경(2016). 한국 2009 개정 초등 과학 과 교육과정과 미국 초등 과학과 교육과정 비교분석: 3~4학년군 지구와 우주영역을 중심으로. 초등과학교육, 35(3), 362-376.
- 김윤화, 유준희(2019). 자생적 온라인 교사 공동체의 질 문분석을 통한 초등교사의 과학 교수 관련 어려움 탐색: 인디스쿨의 물리 관련 질문 게시글을 중심으로. 한국과학교육학회지, 39(1), 73-88.
- 박강은, 박종호(2012). 초등학생들의 빛에 대한 개념조사. 새물리, 62(7), 677-683.
- 박소연, 박종호, 백남권(2014). 초등학생들의 빛과 그림자에 대한 개념 조사. 한국초등교육, 25(3), 111-126.
- 박종호(2017). 초등학생들의 평면 입사경계면에서 빛의 굴절에 대한 개념. 수산해양교육연구, 29(5), 1575-1583.
- 백남권(2016). 초등학생의 빛의 성질 개념에 대한 학습 발달과정의 개발. 초등과학교육, 35(3), 326-335.
- 서상오, 고평병, 정귀향, 이성호, 박현주(2001). 한국의 제7차 과학과 교육과정과 일본의 이과 신교육과정 비교: 초등학교 교육과정을 중심으로. 초등과학교육, 20(1), 17-30.
- 서예원(2008). 한국과 미국의 초등학교 과학 교육과정 지구영역의 학년 간 내용 연계성 분석 연구. 초등과학교육, 27(4), 356-370.
- 이경진, 김중복(2017). 광원 모양에 따른 빛의 직진에 대한 초등학생의 학년별 이해 비교. 현장과학교육, 11(2), 220-235.
- 이경란, 박종호, 백남권(2016). 초등학생의 빛의 성질 개념에 대한 학습 발달과정의 개발. 초등과학교육, 35(3), 326-335.
- 이소영, 노석구(2014). 우리나라 2009 개정 초등 과학교육과정과 핀란드 초등 과학교육과정 비교분석. 초등과학교육, 33(3), 491-509.
- 이지원(2021). 빛의 굴절에 대한 초등예비교사의 개념 이해와 지도계획의 어려움 분석. 한국과학교육학회지, 41(1), 11-17.
- 이지원, 김다영, 김중복(2014). 광선작도 활동을 포함한 동료교수법 교사연수 프로그램의 개발 및 적용: 빛의 굴절 개념을 중심으로. 과학교육연구지, 38(1), 182-195.
- 이지원, 김종원, 김규환, 황명수, 김중복(2013). 동료 교수법 기반의 과학교사 연수를 위한 단계형 개념검사 문항 개발: 바늘구멍 사진기의 원리 학습을 중심으로. 한국과학교육학회지, 33(2), 229-248.
- 윤혜경, 이인선, 박정우(2021). 빛의 반사 현상에 대한 초등 예비교사의 시각적 모델링 과정. 한국과학교육학회지, 41(1), 19-31.
- 정진규, 김영민(2018). 초등학생들의 빛에 대한 이미지 스키마 분석을 통한 개념적 은유 구조 연구. 한국과학교육학회지, 38(6), 813-823.
- 한국교육과정평가원(2019). OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2018 결과 보고서. 연구보고 RRE 2019.
- 허은영, 사현주, 유병길(2005). 초등학생의 빛과 그림자에 대한 개념 이해 수준 조사. 과학교육연구, 30, 151-172.
- 文部科学省(2017). 小学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説. 文部科学省. Available at <https://www.mext.go.jp/>
- 信州教育出版社(2020). 楽しい理科 3年. 信州教育出版社.
- 中华人民共和国教育部(2017). 小学科学课程标准. 教育科学出版社(2019). 科学五年级上册. 教育科学出版社. 教育科学出版社(2019). 科学三年级下册. 教育科学出版社.
- Galili, I., & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: Interpretation, structure and analysis. International Journal of Science Education, 22(1), 57-88.
- McGraw Hill (2019). Inspire Science Grade 1. McGraw Hill.
- McGraw Hill (2020). Inspire Science Grade 4. McGraw Hill.
- NGSS Lead States (2013). Next generation science standards: For states, by states, Washington, DC: The National Academies Press. Available at <http://www.nextgenscience.org/>

이지원, 한국교원대학교 학술연구교수(Lee, Jiwon; Research Professor, Korea National University of Education).

† 김중복, 한국교원대학교 교수(Kim, Jung Bog; Professor, Korea National University of Education).