

빛 단원에서 반사와 굴절을 나타내는 화살표에 대한 중학생들의 개념 조사

송영욱¹ · 김범기^{2*} · 백성혜² · 김용진³ · 한재영⁴ · 정정인¹
¹청주교육대학교 · ²한국교육대학교 · ³경상대학교 · ⁴충북대학교

The Analysis of Middle Students' Conceptions on the Arrows Representing Reflection and Refraction in the Light Unit of Science Textbooks

Yong-Wook Song¹ · Beom-Ki Kim^{2*} · Seoung-Hey Paik² · Yong-Jin Kim³
Jaeyoung Han⁴ · Jung-In Chung¹

¹Cheongju National University of Education · ²Korea National University of Education
³Gyeongsang National University · ⁴Chungbuk National University

Abstract: This study aims to analyze the types of arrows used on the inscriptions in the light unit of 7th grade science textbooks, and to investigate middle students' conceptions on the meaning of the arrows. The types of arrows in 9 science textbooks were analyzed. Based on this analysis, the instrument was developed to access how 7th graders perceive the meaning of arrows. In addition, we interviewed 7th graders, 2 students in high level, 2 in the middle, and 2 in low level by their achievement level, to investigate their perceptions on the meaning of the arrows. We analyzed 4 types of arrow by the process in which the reflected light from the object come into one's eyes. Students tend to perceive the meaning of the solid line and the dotted line of arrows differently according to their achievement level. When the light pathway is represented in which the reflected or refracted light enter into our eyes, it is necessary to describe and teach clearly both the meaning of solid line as the light from the object and the meaning of dotted line as the perception of the existence of the object.

Key words: arrow, reflection, refraction, light rays, dotted lines, lines

I. 서 론

교과서는 본문의 문장과 시각자료로 구성된다. 시각자료는 교과서의 내용을 쉽고 명백하게 제시해 주는 표현 수단으로 글로써 서술되는 것 못지않게 학생들에게 미치는 영향이 크다(우종욱 등, 1992). 일반적으로 학생들은 시각적인 정보에 의존하는 경향이 크므로 설명문이나 수식보다 시각자료를 먼저 보게 된다. 따라서 시각자료는 학습 주제를 보다 명확하게 시각화하여 설명하는 수단이며, 학습에서 흥미를 유발하고 이해를 증진시키는데 유용한 시각적인 언어이다(양일호 등, 2007). 과학 교과서에서도 학생들의 이해를 돕기 위한 다양한 형태의 시각자료가 제시되고 있다. 과학 교과서에 사용되는 시각자료는 장식적이거나 보조적인 기능뿐만 아니라 교과서의 중심적인 내용을 예시하고 설명하는 역할을 한다(Pozzer &

Roth, 2003). 이러한 시각적 이미지는 단순히 텍스트를 나타내는 하나의 표상을 넘어, 서로의 이해를 공유하는 데 구체적 대상으로 그 역할을 한다(최재혁, 2007).

시각자료의 중요성에 대한 인식에 따라 과학 교과서의 시각자료에 대한 분석 연구들이 주로 초등학교 과학 교과서를 대상으로 진행되었다(최영란, 이형철, 1998). 백남권 등(2002)은 6차와 7차 교육과정의 초등학교 과학 교과서의 삽화를 비교·분석하였고, 노태희 등(2004)은 초등학교 과학 교과서의 삽화에 나타난 성역할 고정관념을 분석하였다. 정정인 등(2007)은 시각자료 중에서 많은 비중과 주요한 표현 자료로 사용되고 있는 보조적 시각자료에 대하여 기능별로 유형을 분류하는 틀을 개발하여, 초등학교 과학 교과서에 제시된 현황을 분석하였다. 강훈식 등(2008)은 과학 교과서에 제시된 외적 표상들의 활용

*교신저자: 김범기(kimbk@knu.ac.kr)
**2010년 05월 04일 접수, 2010년 06월 18일 수정원고 접수, 2010년 06월 19일 채택

실태를 다중 표상 학습과 관련지어 분석하였다. 국내 교과서와 외국교과서의 비교 연구도 이루어졌는데 주로 일본의 과학 교과서와 비교한 연구(이형철, 안정희, 2005), 미국 교과서와 비교한 연구(여상인 등, 2007; 정충덕 등, 2007)들이 진행 되었다. 최근에는 시각자료를 기호학의 관점에서 해석하려는 연구들(이정아 등, 2007; 한재영, 2006; Bowen & Roth, 2002; Han & Roth, 2006; Pozzer & Roth, 2003)도 이루어져 시각자료의 연구에 대한 중요성이 높아지고 있음을 반영하고 있다.

과학을 가르칠 때 시각자료를 활용하는 것이 매우 효과적이지만, 이는 학생들이 시각자료를 정확히 해석할 수 있을 때에 가능한 것이다(Amettler & Pintó, 2002). 학생들이 과학 교과서 안에 담긴 시각자료의 의미를 잘못 해석하면 오히려 다른 형태로 왜곡된 개념을 갖게 될 수 있다(신동훈, 2007; 오원근 등, 2005). 또한, 부정확한 교과서의 내용 설명이나 혼동을 유발하는 시각자료는 효과적인 개념학습 지도에 장애가 될 뿐만 아니라, 학생들에게 오개념을 갖게 하는 원인이 된다(Stylianidou *et al.*, 2002).

과학 교과서의 시각자료는 그것의 이해를 돕기 위해 여러 가지 기호를 사용하고 있다. 특히 화살표는 시각자료 안에 관습적인 기호로 자주 등장하는 대표적인 기호이다. 화살표는 다양한 기능으로 사용되며, 동일한 과학 교과서 내에서도 항상 같은 의미로 사용되고 있는 것은 아니다(송영욱 등, 2010; 한재영, 2006). 과학 교과서 시각자료에 사용된 화살표를 전체적으로 분류하였을 뿐(송영욱 등 2010), 특정 과학 개념에 관련된 화살표에 대한 학생들의 개념 연구는 없었다. 중학교 과학 교과서의 빛 단원에서는 거울면

에서 물체가 보이는 과정이나 물속에 있는 물체가 보이는 과정을 화살표를 사용하여 개념을 설명하고 있다. 화살표의 특징적인 의미가 바르게 이해되지 않으면 학습자는 화살표의 의미를 혼동하기 쉬우며, 시각적 인식에 대하여 올바른 학습을 하지 못할 가능성이 있다. 따라서 중학교 과학 교과서 빛 단원에서 사용된 화살표의 개념을 학생들이 어떻게 인식하는지 심층적으로 연구할 필요가 있다.

이 연구에서는 첫째, 중학교 7학년 과학 교과서의 빛 단원에서 반사와 굴절을 나타내는 화살표의 유형을 분석한다. 둘째, 물체에서 나온 빛이 평면 거울면에 반사하거나 공기와 물의 경계면에서 굴절하여 눈에 들어오는 화살표에 대한 중학생들의 개념을 알아본다.

II. 연구 방법

1. 빛 단원에 사용된 화살표의 유형 분석 방법

중학교 과학 교과서의 빛 단원에 사용된 화살표 유형을 분석하기 위해서 제 7차 교육과정에서 7학년에 사용되고 있는 9종의 '과학 1' 교과서를 분석 대상으로 하였다(Table 1). 교사용 지도서는 학생들이 직접적으로 학습에 활용하는 자료가 아니므로 분석 대상에 포함하지 않았다. 7학년 과학 교과서의 빛 단원에 사용된 화살표는 물체가 거울면에 보이는 과정이나 물속에 있는 물체가 보이는 과정에서 빛의 직진, 반사, 굴절의 경로를 설명하고 있다. 물체가 보이는 과정을 화살표로 나타내고 있으며, 물체의 한 점 또는 두 점에서 나온 빛이 눈에 들어오는 과정을 화살표의 실선과 점선으로 나타내고 있다.

Table 1 The list of 7th grade science textbooks

Symbol	Publisher	Author
A	Gyohak	Kang, Minsik <i>et al.</i> (2007)
B	Gyohak	Chung, Wanho <i>et al.</i> (2007)
C	Kumsung	Lee, Sungmuk <i>et al.</i> (2007)
D	Daeil	Choi, Donhyung <i>et al.</i> (2007)
E	Dongwha	Park, Bongsang <i>et al.</i> (2007)
F	Doosan	So, Hyunsu <i>et al.</i> (2007)
G	Didim	Kim, Chanjong <i>et al.</i> (2007)
H	Blackbox	Kim, Jeongyul <i>et al.</i> (2007)
I	Jihak	Lee, Kwangman <i>et al.</i> (2007)

먼저, 연구를 위하여 1인 연구자가 중학교 과학교과서의 빛 단원에 사용된 화살표의 유형을 통일성 있게 조사하였다. 이후 과학교육 전공 박사와 교수 6인으로 이루어진 연구자들의 반복적인 논의와 검토 과정을 통해 Table 2와 같이 화살표 유형을 분류하였다. 화살표의 유형을 크게 두 가지 관점으로 분류하였다. 즉, 물체에서 나온 빛이 한 점에서 나오는 경우와 두 점에서 나오는 경우, 눈에 들어오는 빛이 한 점인 경우와 두 점인 경우로 조합하여 모두 4가지 유형으로 나누어 분석하였다.

2. 연구 대상 및 방법

중학교 과학교과서의 빛 단원에 사용된 화살표의

개념을 알아보기 위하여 충청북도 도시 지역에 위치한 중학교에서 7학년 중간고사 과학 성적이 상위 30%, 중위 30%~70%, 하위 70%이상에 해당하는 학생을 각 2명씩 선정하였다. Table 2의 화살표 유형을 대표하는 형태의 그림을 과학 교과서에서 선별하여 검사지를 개발하였다. 연구 대상에게 먼저 검사지의 문제를 풀도록 한 후에, 개별적인 면담을 통해서 화살표에 대한 개념을 조사하였다. 면담 내용은 녹음을 한 후 분석 시에 활용하였다. 검사지의 문제를 해결하는 시간은 20분 정도였고, 개별 면담시간은 30분 정도 진행하였다. 면담은 반구조화된 형식으로 진행하였으며, 설문 문항의 응답에 대한 이유를 조사하였다. 분석방법은 학생들이 거울면에 있는 상과 물속에 있는 물체의 상이 어떤 과정에 의해서 보이는지, 빛의

Table 2 Types of arrows used in the light unit of science textbooks

Point Sources (Object)	Intercepting Point (Eye)	Types	The Samples of Arrows
One	One	I (OO)	<p>(F, p31)</p>
Two	Two	II (OT)	<p>(I, p29)</p>
Two	One	III (TO)	<p>(H, p33)</p>
Two	Two	IV (TT)	<p>(G, p36)</p>

경로를 나타내는 화살표의 실선과 점선은 무엇을 의미하는지, 빛이 물체의 한 점 또는 두 점에서 반사하여 나오는 경우에 어떤 것이 개념 이해에 도움이 되는지 등에 대하여 검사지와 면담을 통해서 분석하였다.

3. 검사도구

빛 단원에 사용된 화살표에 대한 개념을 알아보기 위해서 검사지를 개발하였다. 검사지는 7학년 교과서의 빛 단원에 사용된 화살표의 유형(Table 2)에 기초하여 Table 3과 같이 거울면의 반사와 물과 공기의 경계면에 굴절하는 경우와 물체의 한 점 또는 두 점에서 빛이 나오는 경우로 나누어 문항들을 개발하였다. 검사 문항에는 빛 단원 화살표의 4가지 유형이 포함되도록 하였고, 물체에서 나온 빛이 거울면에 반사하여 눈에 들어오는 과정, 물과 공기 경계면에서 빛이 굴절하여 눈에 들어오는 과정을 설명하는 것을 포함하였다. 이를 통해 화살표의 유형에 따른 화살표의 실선과 점선의 의미 그리고 실제 물체와 물체가 있는 것처럼 보이는 상의 의미를 이해하는지를 조사하였다.

검사도구의 타당도를 높이기 위해서 연구자가 먼저 예비문항을 개발하고, 초·중등 과학의 각 영역별 교수와 박사 5인으로 구성된 연구자들이 반복 검토하여 문항을 개발하였다. 신뢰도를 높이기 위해서 과학 성적이 상, 중, 하 학생을 각 2명씩 선정하여 예비 투입을 하였고, 예비 투입하여 얻은 결과를 검사문항에 반영하여 완성하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 빛 단원에 사용된 화살표의 유형 분석

중학교 과학교과서의 빛 단원에 사용된 화살표의 유형을 반사와 굴절 현상으로 나누어 분석하였다. 빛 단원에 사용된 화살표의 유형은 물체에서 나온 빛이 눈에 들어오는 과정을 고려하여 Table 2와 같이 4가지로 유형으로 분류하였다. 유형 I(OO)은 물체의 한 점에서 나온 빛이 눈의 한 점으로 모이는 경우, 유형 II(OT)는 물체의 한 점에서 나온 빛이 눈의 두 점으로 모이는 경우, 유형 III(TO)은 물체의 두 점에서 나온 빛이 눈의 한 점으로 모이는 경우, 유형 IV(TT)는 물체의 두 점에서 나온 빛이 눈의 두 점으로 모이는 경우이다. 9종 '과학 1' 교과서 빛 단원에 사용된 화살표의 유형 분석 결과는 Table 4와 같다.

Table 5에 있는 유형 예를 보면, 유형 I은 물체의 한 점에서 나온 빛이 거울면에 반사하거나, 물과 공기의 경계면에서 굴절하여 눈의 한 점에서 모이는 유형이다. 이 유형은 빛의 반사나 굴절 경로를 하나의 화살표로 나타내고 있다. 반사인 경우에는 5종의 과학 교과서에서 사용되었고, 굴절인 경우에는 3종의 과학 교과서에서 사용되었다. 이 유형은 4가지 유형 중 가장 간단한 유형이며 교과서에서 가장 많이 사용되는 유형이라 할 수 있다. 유형 II는 물체의 한 점에서 나온 빛이 거울면에 반사하거나, 물과 공기의 경계면에서 굴절하여 눈의 두 점에서 모이는 유형이다. 반사의 경우에는 1종의 교과서에서만 사용되었고, 굴절인 경우에는 사용된 교과서가 없었다. 이 유형은 물체의 한 점에서 두 선의 화살표가 나와 거울면에 반사하여 눈에 들어오는 유형으로, 눈에 상이 맺히는 원리를 과학적으로 설명할 수 있는 유형이라 할 수 있지만, 과학 교과서에 거의 사용되지 않았다. 유형 III은 물체의 두 점에서 나온 빛이 거울면에 반사하거나, 물과 공기의 경계면에서 굴절하여 눈의 한 점에 모이는 유형으로 두

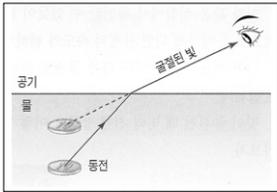
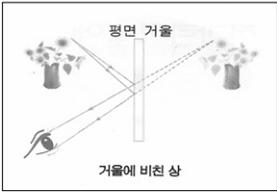
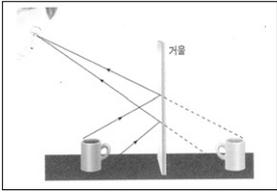
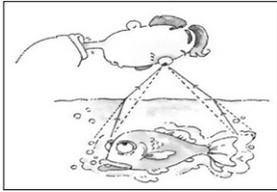
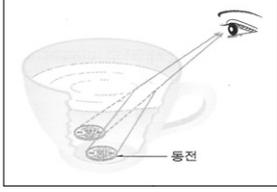
Table 3 Items of the questionnaire for students' conceptions on the light rays

Division	Point Sources	Object/Image	Lines	Types	Item numbers
Reflection (Plane Mirror)	one	object	solid	II (OT)	1
		image	dotted		
	two	object	solid	III (TO)	2
		image	dotted		
Refraction (Water)	one	object	solid	I (OO)	3
		image	dotted		
	two	object	solid	IV (TT)	4
		image	dotted		

Table 4 The types of arrows used in the light unit

Division	Point Sources	Intercepting Point	Types	Publisher									Total
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Reflection	one	one	I	1	-	1	1	-	1	1	-	-	5
		two	II	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	two	one	III	1	1	-	-	-	-	-	1	-	3
		two	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refraction	one	one	I	-	-	1	-	-	2	-	-	1	4
		two	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	two	one	III	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
		two	IV	-	1	-	-	-	-	1	1	-	3

Table 5 The samples of the 4 arrow types

Types	Samples	
	Reflection	Refraction
I (OO)	 <p>(G, p33)</p>	 <p>(F, p31)</p>
II (OT)	 <p>(I, p29)</p>	-
III (TO)	 <p>(H, p33)</p>	 <p>(H, p33)</p>
IV (TT)	-	 <p>(G, p36)</p>

번째로 많이 사용된 유형이다. 이 유형은 반사인 경우에는 3종의 교과서에서 사용되었고, 굴절인 경우에는 1종의 교과서에서 사용되었다. 유형 IV은 물체의 두 점에서 나온 빛이 거울면에 반사하거나, 물과 공기의 경계면에서 굴절하여 눈의 두 점에서 모이는 유형이다. 이 유형은 굴절인 경우에는 3종의 교과서에서 사용되었고, 반사인 경우에는 사용된 교과서가 없었다.

교과서에서 가장 많이 사용된 유형 I은 빛의 반사와 굴절 현상을 단순하게 화살표로 나타내어 학생들이 쉽게 개념을 이해할 수 있다는 장점도 있지만, 물체에서 나온 빛 중 한 선만 눈으로 들어온다는 잘못된 개념을 가지게 될 수 있다. 교과서에서 이에 대한 부가적인 설명이 없기 때문에 학생들은 그림을 제대로 이해하지 못할 수 있다. 중학교 과학교과서의 빛 단원에 나타난 화살표의 유형 빈도(Table 4)를 살펴보면 빛의 경로를 그림이나 삽화를 이용하여 제시하지 않은 교과서가 종종 있고, 동일한 교과서 내에서도 다른 유형이 동시에 사용되고 있음을 알 수 있다. 중학교 과학 교과서의 빛 단원에서 나타난 화살표는 다양한 시각자료와 함께 사용되며, 점선과 실선의 형태로 물체와 허상을 설명하고 있다. 하지만 본문에 서로 다른 화살표 표기에 대한 명확한 설명이 있는 교과서는 없었다. 과학 교과서에 자세한 설명이 없으면 학생들은 점선과 실선에 관련된 개념을 이해하기 어려울 수 있

다. 따라서 이후 교과서 집필에는 빛의 경로를 일관된 형태의 시각자료와 화살표로 제시하는 것을 고려할 필요가 있다.

2. 빛의 경로를 나타내는 화살표의 개념에 대한 이해

중학교 과학 교과서의 빛 단원에서는 거울면에 물체가 보이는 과정 또는 물속에 물체가 떠 보이는 현상을 화살표의 실선과 점선으로 설명하고 있다. 물체에서 나온 빛이 거울면에 반사하거나 물속에 있는 물체에서 나온 빛이 공기와 물의 경계면에 굴절하여 눈에 들어오는 빛의 경로는 화살표의 실선으로 나타내고 있으며, 거울면 안쪽에 생기는 물체의 허상이나 물속에 물체가 실제 보다 떠 있어 보이는 물체의 허상은 화살표의 점선으로 나타내고 있다. 중학생들의 과학 성적에 따라, 빛의 경로를 나타내는 화살표의 실선과 점선 그리고 물체와 상에 대한 이해 정도를 Table 6에 나타냈다.

과학 성적 상인 H₁과 H₂는 거울면이나 공기와 물의 경계면에 그려진 화살표의 실선과 점선을 구분하고, 물체와 허상의 의미를 올바르게 이해하는 것으로 나타났다. 과학 성적 중인 M₁은 거울면의 실선과 점선 그리고 상의 의미를 이해하고 있었지만 공기와 물의 경계면의 점선과 허상의 의미를 이해하지 못하는 것

Table 6 Students' conceptions on the light rays by science achievement level

Achievement level	Subjects	Point Sources	Reflection(Plane mirror)				Refraction(Water)			
			Object	Images	Lines		Object	Images	Lines	
					solid	dotted			solid	dotted
High	H ₁	One	○	○	○	○	○	○	○	○
		Two	○	○	○	○	○	○	○	○
	H ₂	One	○	○	○	○	○	○	○	○
		Two	○	○	○	○	○	○	○	○
Middle	M ₁	One	○	○	○	○	○	×	○	×
		Two	○	○	○	○	○	×	○	×
	M ₂	One	○	×	○	×	○	×	○	×
		Two	○	×	○	×	×	×	×	×
Low	L ₁	One	○	×	○	×	○	×	×	×
		Two	○	×	○	×	○	×	×	×
	L ₂	One	×	×	×	×	×	×	×	×
		Two	×	×	×	×	×	×	×	×

○: correct, ×: incorrect

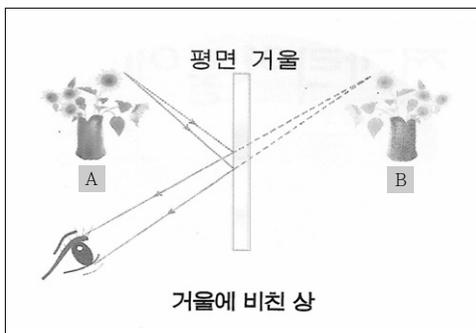
으로 나타났다. M_2 는 거울면과 공기와 물의 경계면의 실선과 상의 의미를 이해하지만 점선과 허상의 의미를 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 과학 성적 하인 $L1$ 은 거울면의 실선과 공기와 물의 경계면 상의 의미를 이해하고 있었지만, 거울면의 점선과 허상, 공기와 물의 경계면의 실선과 점선 그리고 허상의 의미를 이해하지 못하는 것으로 나타났다. L_2 는 거울면과 공기와 물의 경계면의 실선과 점선 그리고 물체와 허상의 의미를 반대로 이해하는 것으로 나타났다. 또한 반사보다 굴절에서 학생들이 화살표 점선의 의미를 이해하는 것을 더 어려워하였다.

과학성적에 따라 학생들은 중학교 과학 교과서의 빛 단원에 사용된 화살표의 실선과 점선 그리고 상의 의미를 이해하는 정도가 다르다는 것을 알 수 있다. 과학성적에 따라 학생들은 빛의 경로를 나타내는 화살표의 실선과 점선의 의미를 다르게 이해할 수 있기 때문에 교사는 빛의 경로를 가르칠 때 화살표의 실선과 점선의 의미에 대하여 명확히 설명할 필요가 있다. 교사는 학생들이 실제 빛의 경로와 인식을 나타내는 화살표의 실선과 점선의 의미를 이해하기 어려워하며 다르게 이해할 수 있다는 것을 인지해야 한다.

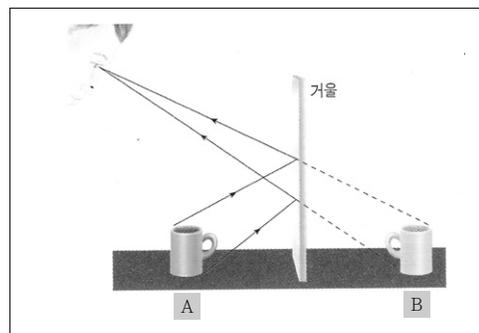
거울면과 공기와 물의 경계면으로 나누어 화살표의 실선과 점선에 대한 학생들의 응답 이유를 분석하였다. 또한 물체의 한 점 또는 두 점에서 나온 빛이 눈에 모이는 경우 어떤 것이 개념이해에 도움이 되는지도 알아보았다.

1) 거울면

Fig. 1과 같이 물체의 한 점과 두 점에서 나온 빛이



a. From one point source



b. From two points source

Fig. 1 The solid lines and the dotted lines of arrows with the light reflected on the mirror

거울면에 반사하여 우리 눈에 들어오는 경우 물체와 허상의 차이점과 화살표의 실선과 점선에 대한 학생들의 응답 이유를 분석하였다. 과학성적 상인 학생들은 물체의 한 점 또는 두 점에서 나온 화살표의 실선과 점선 그리고 물체와 허상의 의미를 올바르게 이해하고 있었다.

H_1 : A는 실제 꽃병의 위치이고요. B는 우리가 느끼는 꽃병의 위치에요. A 꽃병에서부터 시작된 실선은 물체에서 나온 빛이 우리 눈에 들어오는 과정이고요. B 꽃병에서부터 시작된 점선은 우리 눈이 물체가 있다고 느끼는 곳을 가리키는 것이에요. 두 점에서 나오는 빛도 마찬가지로 A는 머그컵의 실제 위치이고요. B는 우리 눈이 머그컵이 있다고 느끼는 곳에 그린 거예요. 여기에 있는 화살표의 실선은 실제 머그컵이 반사되어 보이기까지 빛의 반사 과정이고요. 화살표의 점선은 거울을 볼 때 머그컵이 거울면 뒤쪽에 있다고 느끼는 곳에 그린 그림이에요.

H_2 : A는 실제 꽃병이 있는 위치를 의미하고 B는 우리 눈이 꽃병이 있다고 느끼는 위치예요. A 꽃병에서 시작된 화살표의 실선은 실제 물체에서 나온 빛이 우리 눈에 들어오는 과정이고, B 꽃병에서 시작된 화살표의 점선은 우리 눈이 물체가 있다고 느끼는 곳에 위치한 곳이에요. 두 점에서 나오는 머그컵의 A와 B의 화살표의 실선과 점선도 같은 의미예요.

과학 성적이 중인 M_1 은 물체와 허상 그리고 화살표

의 실선과 점선에 대한 개념을 이해했지만, M₂는 허상과 화살표의 점선에 대한 개념을 이해하지 못하는 것으로 나타났다.

M₁: A는 실제 물체이고요. B는 거울에 비친 물체예요. A는 거울면에서 빛의 반사를 통해 우리 눈에 들어오는 것이고요. 물체 B는 거울 뒤 쪽에 있는 것처럼 보이는 거예요. 여기서 실선은 물체가 우리 눈에 보이는 과정을 나타내는 것이고, 점선은 우리 눈에 보이는 물체의 위치예요. 빛이 두 점에서 나오는 경우도 마찬가지로 머그컵 A는 우리가 빛의 반사를 통해 보는 물체이고요, B는 거울 뒤쪽에 있는 것처럼 보이는 것이예요. 실선은 빛의 반사되는 과정을 나타낸 것이고, 점선은 반사되는 과정에서 거울 뒤쪽으로 멀리 있는 것처럼 보이는 거예요.

M₂: A와 B는 같은 물체인데 하지만 B는 그대로 반사되어서 보이는 거울 속에 있는 형태의 모습이에요. 실선은 빛이 거울 속으로 반사한 빛이고, 점선은 다시 반사되어 나온 빛이예요. 빛이 두 점에서 나오는 경우에 머그컵 A는 실제 물체의 형상이고, B는 A의 형상을 그대로 반사되어서 보이는 거울 속에서 반사하는 거울 속에 있는 형태의 모습이에요. 실선은 물체의 형상 빛이 거울로 입사하는 빛의 선이고, 점선은 물체의 빛이 거울로 반사되어 보이는 거예요.

과학성적 하인 L₁은 물체에서 나온 빛이 거울면에 반사하여 우리 눈으로 들어오는 과정에서 실상과 점선에 대한 의미를 알고 있었지만 허상과 점선에 대한 과학적 개념을 설명하지 못했고, L₂는 상과 선에 대해 이해하지 못하는 것으로 나타났다.

L₁: 거울 앞에 있는 꽃병 A는 원래 있는 상이고요, 거울면 뒤에 있는 꽃병 B는 눈에 보이는 상이예요. 머그컵도 마찬가지예요. 거울면 앞에 있는 실선은 실제 빛이 지나가는 선이고요. 점선은……. 모르겠어요.

L₂: 거울면 앞에 있는 꽃병이나 머그컵 A는 실제 물체에서 반사하는 것이고요. B는……. 거울 뒤에 있는

거는 우리가 보는 거예요. 실선은 빛이 오는 방향이고, 점선은 물체에 반사하여 오는 방향이예요.

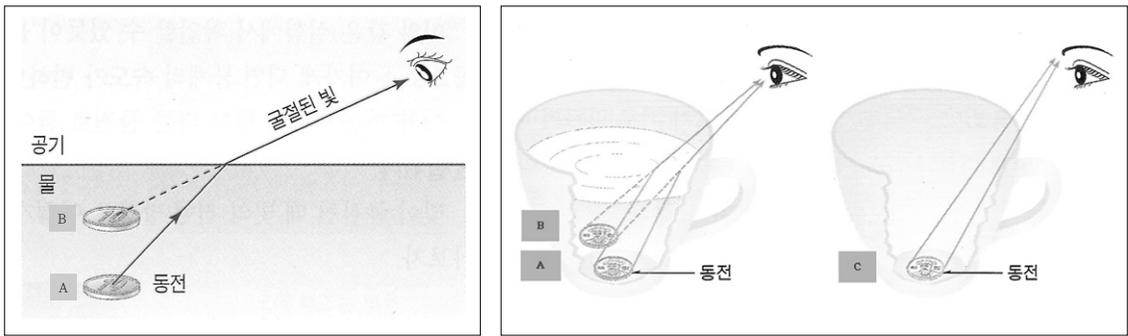
과학성적 중과 하인 학생들은 거울면 뒤에 나타나는 허상에 대한 의미를 올바르게 알지 못했다. 화살표의 실선과 점선의 의미를 올바르게 이해하지 못하고 거울면 뒤에 나타나는 허상을 물체에서 나온 빛으로 잘못 인식하는 것으로 나타났다. 이는 거울면에서 반사하여 나온 화살표의 점선의 의미를 물체가 있다고 인식하지 못하고 빛이 실제적으로 거울면에서 나오는 것으로 알고 있었다.

물체의 한 점 또는 두 점에서 나온 화살표에 대한 개념 이해에 대해서는 물체 한 점에서 나와 거울면에 반사하여 눈으로 보이는 화살표는 “물체 두 점에서 반사하여 나오는 화살표 보다 간단하고 이해하기 쉽다.”라고 생각하지만, “물체의 한 점에서 빛이 여러 방향으로 나온다는 것을 설명 못한다.”라고 생각하고 있었다. 그리고 물체의 두 점에서 나와 거울면에 반사하여 눈으로 들어오는 화살표는 “물체는 점이 아니라 입체이므로 물체의 한 점에서 반사하여 나온 빛 보다는 물체의 두 점에서 반사하여 나오는 화살표가 더 이해가 쉽다.”라고 생각하는 것으로 나타났다.

2) 공기와 물의 경계면

Fig. 2와 같이 빛이 물체의 한 점과 두 점에서 나와 공기와 물의 경계면에서 굴절하여 우리 눈에 들어오는 경우로 나누어 화살표의 실선과 점선 그리고 물체와 허상에 대한 학생들의 응답을 분석하였다. 과학 성적이 상인 학생들은 물체의 한 점 또는 두 점에서 나온 화살표의 점선과 실선 그리고 물체와 허상에 대한 의미를 올바르게 이해하는 것으로 나타났다.

H₁: 빛이 한 점에서 나온 경우 A는 실제 동전의 위치이고요. B는 우리 눈이 인식하는 동전의 위치예요. 두 점에서 나온 경우에서도 A는 실제 동전의 빛이 굴절하여 우리가 보는 것이고, B는 실제 동전의 빛이 아닌 우리가 느끼는 동전의 위치예요. 물을 붓기 전의 C는 실제 동전의 빛이 직진하여 우리 눈에 들어오지 못하는 거예요. 여기서 실선은 실제 빛의 경로이고, 점선은 우리가 굴절되었지만 직진처럼 느끼는 빛의 경로를 나타내는 선이예요.



a. From one point source

b. From two points source

Fig. 2 The solid lines and the dotted lines of arrows with the light refracted on the water

M₂: 빛이 한 점에서 나온 경우 A는 실제 동전의 위치이고요. B는 우리가 동전이 있다고 느끼는 위치예요, 실선은 동전에서 빛이 나와 우리 눈으로 도달하는 빛의 경로이고요. 점선은 우리 눈이 빛의 굴절을 느끼지 못하여 동전이 있다고 느끼는 곳을 연결한 선이에요. 빛이 굴절을 하면 동전의 실제 위치는 바뀌지 않지만 우리 눈은 차이가 있다고 느끼게 되요.

래에 있는 동전의 위치이고, B는 실제 동전의 위치에요. 컵에 있는 동전의 경우 A는 물을 담았을 때 빛이 굴절되지 않아 눈에 보이지 않는 동전이고요. B는 빛이 굴절하여 우리 눈에 보이는 동전이에요. C는 물이 안 담겨 눈에 보이지 않는 동전이에요. 실선은 우리가 빛의 굴절로 인해 보이게 되는 선이고, 점선은 실제 동전의 위치에서 굴절되어 우리 눈에 보이는 선이에요.

과학성적 중과 하인 학생들은 공기와 물의 경계면에서 굴절하는 상과 화살표의 점선에 대한 개념을 올바르게 이해하지 못했다. 과학 성적이 중인 M₂는 물체의 한 점에서 나오는 A와 화살표의 실선에 대한 개념을 이해하지만, 물체의 두 점에서 나오는 A와 화살표의 점선과 허상에 대한 개념을 이해하지 못했다. 과학 성적이 하인 L₂는 실선과 점선의 개념을 반대로 이해하는 경향을 나타냈다.

거울면에서와 같이 과학성적에 따라 물체에 반사한 빛이 공기와 물의 경계면에서 굴절하여 우리 눈으로 들어오는 화살표의 개념에 대한 이해정도가 달랐다. 과학 성적 상인 학생들은 상의 의미와 화살표의 실선과 점선을 이해하고 있었으며, 중과 하인 학생들은 공기와 물의 경계면에서 빛이 굴절하여 생긴 허상에 대하여 바르게 이해하지 못하고 있었다. 화살표의 실선은 빛이 반사한 선이고 점선은 굴절한 선이라고 응답하는 경우도 있었고, 실선과 점선의 의미를 반대로 이해하는 경우도 있는 것으로 나타났다. 이는 굴절에 대한 개념 이해가 부족하고, 과학 교과서에 진술된 설명과 시각자료만으로는 이해하기 어려운 부분이라고 할 수 있다.

M₂: A는 원래 동전의 위치이고요. B는 동전 A에서 나온 빛이 굴절하여 보이는 것예요. 실선은 동전이 굴절되는 빛의 선이고, 점선은 빛이 굴절되어 올라온 것처럼 보이는 동전의 빛이 굴절한 선이에요. 두 점에서 나오는 경우 A는 물을 부어 빛의 굴절이 일어나지 않았을 때의 동전의 모습, B는 물을 붓고 굴절이 일어나 보이는 동전의 모습, C는 물을 붓기 전 동전의 원래 위치에요. 실선은 원래 동전에서 나온 선이고, 점선은 물을 붓고 난 뒤에 동전이 보이는 선이에요.

물체의 한 점 또는 두 점에서 나온 화살표에 대한 개념 이해에 대해서는 물체 한 점에서 나와 공기와 물의 경계면에서 굴절하여 눈으로 들어오는 화살표는 “두 선보다는 한 선으로 표현하는 것이 이해하기 쉽고, 개념을 간단하게 이해할 수 있다.”라고 생각하고, “두 점에서 나오는 선은 개념을 이해하는데 더 어렵다.”라고 생각하고 있었다. 면담 응답에서 한 선 보다는 두 선의 화살표가 상과 선에 대한 개념을 이해하는데 어려워하는 것으로 나타났다. 하지만 두 선의 화살표의 경우에

L₂: 한 점에서 나온 화살표인 경우 A는 실물보다 아

는 “동전의 크기 비교까지 가능하고, 동전이 떠 있어 보임을 예측하기 용이하며 물체의 상이 눈에 맺혀 전체적인 모양을 볼 수 있다.”라고 생각하였다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 7학년 과학 교과서 빛 단원에 사용된 화살표의 유형을 분석하여, 물체에서 나온 빛이 평면 거울면에 반사하거나 공기와 물의 경계면에서 굴절하여 눈에 들어오는 화살표에 대한 중학생들의 개념을 알아보았다. 물체에서 나온 빛이 눈에 도달하는 과정에 따라 중학교 과학 교과서의 빛 단원에 나타난 화살표의 유형을 4가지로 나누었다. 유형 I(OO)은 물체의 한 점에서 나온 빛이 눈의 한 점으로 도달하는 경우, 유형 II(OT)는 물체의 한 점에서 나온 빛이 눈의 두 점으로 도달하는 경우, 유형 III(TO)은 물체의 두 점에서 나온 빛이 눈의 한 점으로 도달하는 경우, 유형 IV(TT)는 물체의 두 점에서 나온 빛이 눈의 두 점으로 도달하는 경우로 나누었다. 중학교 과학 교과서의 빛 단원에서 사용된 화살표의 유형은 유형 I의 형태가 대부분이었고, 반사의 유형 IV와 굴절의 유형 II는 과학 교과서에서 사용되지 않았다.

중학교 과학 교과서의 빛 단원에서는 평면 거울면에 물체가 보이는 과정 또는 물속에 물체가 떠 보이는 현상을 화살표의 실선과 점선으로 설명하고 있다. 실제 물체에서 나온 빛이 거울면에 반사되거나 물속에 있는 물체에서 나온 빛이 공기와 물의 경계면에서 굴절되어 우리 눈에 들어오는 빛의 경로는 화살표의 실선으로 나타내고 있다. 거울면에 생기는 물체의 허상이나 물속에 물체가 실제보다 떠 있어 보이는 것은 화살표의 점선으로 나타내고 있다. 과학성적 중과 하인 학생들은 평면 거울면에 나타나는 상에 대한 의미를 올바르게 이해하고 있지 못했다. 화살표의 실선과 점선의 의미를 바르게 이해하지 못하고 평면 거울면에 나타나는 허상을 물체에서 나온 빛으로 잘못 인식하는 것으로 나타났다. 이는 평면 거울면에서 나오는 화살표 점선의 의미를 물체가 있다고 인식하는 것으로 생각하지 못하고, 빛이 실제적으로 나오는 것으로 인식하고 있음을 의미한다. 물의 경계면에서 빛이 굴절되어 생긴 허상에 대해서도 바르게 이해하지 못하고 있었으며, 화살표의 실선과 점선의 의미를 반대로 이해하는 경우도 나타났다. 이는 빛의 반사와 굴절에 대

한 개념 이해가 부족하고, 과학 교과서에 진술된 설명과 시각자료가 불충분하기 때문이다.

중학교 과학 교과서 빛 단원에 사용된 화살표의 분석을 통해서 얻은 결론은 다음과 같다. 첫째, 중학교 과학 교과서 빛 단원에서 빛의 반사와 굴절을 설명할 때 그림이나 삽화를 이용하여 나타내거나 일관성 있는 방식의 제시가 필요하다. 둘째, 학생들은 빛 단원에 있는 글과 시각자료만을 통해서 점선 및 실선에 대한 화살표의 개념을 이해하기 어려우므로 과학 교과서에서 화살표의 점선과 실선의 의미에 대한 보충적 설명이 필요하다. 셋째, 빛이 평면 거울면에 반사되거나 공기와 물의 경계면에서 굴절하여 우리 눈에 들어오는 빛의 경로를 화살표를 나타낼 때, 실제 물체에서 나온 화살표의 실선과 물체가 위치하고 있다고 인식하는 화살표의 점선을 구분하여 가르치는 것이 필요하다.

이 연구에서는 과학성적에 따른 중학생들의 화살표의 실선과 점선 그리고 실상과 허상을 조사했으므로, 추후 연구에서는 과학교사들을 대상으로 화살표의 실선과 점선에 대하여 어떻게 이해하고 있으며, 과학수업에서는 어떻게 설명하고 있는지에 대하여 연구하는 것도 의미 있는 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 강민식, 정창희, 이원식, 한인섭, 박은호, 이창진, 김일회, 장병기, 정병훈, 윤용, 이태욱, 한천욱(2007). 중학교 과학 1. 서울: 교학사.
- 강훈식, 윤지현, 이대형(2008). 제 7차 초등학교 3 6학년 과학 교과서에서 제시된 외적 표상들의 활용 실태 분석. 초등과학교육, 27(2), 158-169.
- 김정률, 고현덕, 김재현, 김남일, 임용우, 동효관, 김선주, 남철주, 김영순, 이준용(2007). 중학교 과학 1. 서울: 블랙박스.
- 김찬중, 김희백, 박시진, 오차환, 양재철, 장홍식, 정진문, 조현수, 최후남, 한송희, 현종우, 홍경희(2007). 중학교 과학 1. 서울: 도서출판 디딤돌.
- 노태희, 차정호, 왕혜남(2004). 7차 초등학교 과학 교과서의 삽화에 나타난 영역할 고정관념 분석. 초등과학교육, 23(1), 85-91.
- 박복상, 김윤우, 홍달식, 박문수, 정대영, 심국석, 심중섭, 최진복, 장정찬, 최병수, 진만식(2007). 중학교 과학 1. 서울: 동화사.

- 백남권, 서승조, 조태호, 김성규, 박강은, 이정화 (2002). 제 6차와 제 7차 초등학교 3, 4학년 과학 교과서의 내용과 삽화의 비교·분석. *초등과학교육*, 21(1), 61-70.
- 소현수, 안태인, 최승언, 박건식, 이영만, 목창수, 김종권, 김득호, 구수길, 박완규, 김완섭, 김영산 (2007). *중학교 과학 1*. 서울: 두산.
- 송영욱, 김범기, 백성혜, 김용진, 한재영, 정정인 (2010). 중학교 교과서 물리 단원에 사용된 화살표의 유형 및 문제점 분석. *교과교육학연구*, 14(1), 1-17.
- 신동훈(2007). 8학년 과학 교과서와 교사, 학생들의 인식에서 나타난 인간의 시지각 오개념 분석. *한국생물교육학회지*, 35(2), 291-301.
- 양일호, 이정은, 임성만(2007). 초등학생들은 과학 교과서에 나오는 삽화를 어떻게 이해하고 있을까? *초등과학교육*, 26(5), 475-488.
- 여상인, 박창식, 임희준(2007). 한국과 미국 BSCS 초등 과학 교과서의 삽화 비교. *초등과학교육*, 26(4), 459-467.
- 오원근, 강지영, 박은정(2005). 열의 전도 및 상태 변화에 대한 중등학생들의 선개념이 교과서의 삽화 이해에 미치는 영향. *새물리*, 50(6), 363-374.
- 우종욱, 정완호, 권재술, 최병순, 정진우, 허명(1992). 초등학교 '자연' 교과서 개발 체제 분석 및 평가 연구. *한국과학교육학회지*, 12(2), 109-128.
- 이광만, 허동, 이경운, 정문호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상운, 복완근, 정익현, 박병훈, 박정일, 정수도, 김경수, 박지극, 송양호, 이천기(2007). *중학교 과학 1*. 서울: 지학사.
- 이성목, 채광표, 김기대, 노태희, 정지오, 서인호, 김영수, 김윤택, 이세영, 이문원, 권석민, 손영운 (2007). *중학교 과학 1*. 서울: 금성출판사.
- 이정아, 맹승호, 김찬중(2007). 초등 과학 교과서 시각 이미지의 사회-기호학적 분석: '날씨', '일기예보'를 중심으로. *한국지구과학학회지*, 28(3), 277-288.
- 이형철, 안정희(2005). 한·일 초등학교 과학 교과서 삽화 비교 연구. *초등과학교육*, 24(2), 138-144.
- 정완호, 우종욱, 권재술, 김범기, 최병순, 정진우, 김성하, 백성혜, 이석형, 이봉호(2007). *중학교 과학 1*. 서울: 교학사.
- 정정인, 한재영, 김용진, 백성혜, 송영욱(2007). 초등 학교 과학 교과서에서 사용된 보조적 시각 자료의 분류 및 분석. *초등과학교육*, 26(5), 525-534.
- 정충덕, 오홍식, 최진석, 강경희(2007). 한국과 미국 초등학교 과학 교과서 삽화 비교 연구: 3 6학년 생명영역을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 27(7), 639-644.
- 최돈형, 김동영, 김봉래, 김재영, 노석구, 신영준, 이기영, 이대형, 이면우, 이명제, 이상인, 전영석 (2007). *중학교 과학 1*. 서울: 도서출판 대일도서.
- 최영란, 이형철(1998). 초등학교 자연 교과서의 삽화 분석. *한국초등과학교육학회지*, 17(2), 45-53.
- 최재혁(2007). 현대 물리 개념 설명과 이해과정에서 시각 이미지의 역할. *새물리*, 54(1), 16-20.
- 한재영(2006). 과학 교과서에 사용된 화살표의 의미. *초등과학교육*, 25(3), 244-256.
- Ametller, J., & Pintó, R. (2002). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, 24(3), 285-312.
- Bowen, G. M., & Roth, W. (2002). Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. *Research in Science Education*, 32(3), 303-327.
- Han, J., & Roth, W. (2006). Chemical inscription in Korean textbooks: Semiotics of macro- and microworld. *Science Education*, 90(2), 173-201.
- Pozzer, L. L., & Roth, W. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbook. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1089-1114.
- Stylianidou, F., Ormerod, F., & Ogborn, J. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24(3), 257-283.

국문 요약

이 연구의 목적은 7학년 과학 교과서의 빛 단원에 사용된 화살표의 유형을 분석하고, 화살표의 의미에 대한 중학생들의 개념을 알아보는 데 있다. 중학교 과학 교과서 9종의 빛 단원에 사용된 화살표의 유형을 분류하고, 이를 바탕으로 검사도구를 개발하였다. 7학년 학생의 과학 성적에 따라 상, 중, 하 각 2명씩을 대상으로 하여 화살표의 개념을 어떻게 인식하고 있는지 면담법으로 조사하였다. 중학교 과학 교과서의 빛 단원에 사용된 화살표의 유형은 물체에서 나온 빛

이 눈에 도달하는 과정에 따라 4가지로 나눌 수 있었다. 화살표의 점선과 실선에 대한 개념 이해는 과학 성적에 따라 서로 다르게 나타나는 경향을 보였다. 빛이 평면 거울면에 반사하거나 공기와 물의 경계면에서 굴절하여 우리 눈에 들어오는 빛의 경로를 표현할 때, 물체에서 나온 화살표의 실선과 물체가 위치하고 있다고 인식하는 화살표의 점선의 의미를 명확히 제시하여 가르치는 것이 필요하다.

주요어: 과학 교과서, 화살표, 반사, 굴절, 빛, 점선, 실선