

# ‘거울과 그림자’ 단원 수업 활동의 인지요구도와 학생의 인지수준과의 관계 분석

이도이 · 전영석<sup>†</sup>

## Analysis of Correlation between Students' Cognitive Level and Cognitive Demand of Activities in 'Mirror and Shadow' Unit

Lee, Doyi · Jhun, Youngseok<sup>†</sup>

### ABSTRACT

The purpose of this study is comparing cognitive development of elementary 4<sup>th</sup> graders and cognitive demand of activities in lesson 'The mirror and the shadow.' Also, the researchers tried to reveal how cognitive development of elementary 4<sup>th</sup> graders and cognitive demand of textbook activities affects the achievement of students. To study students' cognitive development, the researchers use GALT(Group Assessment of Logical Thinking). Piaget's scientific thinking is used to evaluate cognitive demand of textbook activities. With several experts in science education the researchers discussed which scientific thinking is contained in each activities. The results were followed as : (1) The third of activities are significantly affected by students' cognitive development. (2) The another third of activities are influenced by not only students' cognitive development but also other factors experimental instrument. (3) The environmental factors had meaningful impact on the other third of activities.

**Key words:** the mirror and the shadow, cognitive demand, cognitive development, achievement

### I. 서 론

효과적이고 유의미한 과학 수업이 이루어지기 위해서는 학생의 인지적인 학습 출발점을 파악하는 것이 필수적이다. 전문성을 갖춘 교사는 학생의 준비도를 파악하여 이에 따라 적절한 교수 방법을 선택함으로써 효과적인 과학학습이 일어나도록 촉진한다. 이러한 교사의 전문성은 교수내용지식(Pedagogical Content Knowledge, PCK)으로 나타난다. 교수내용지식을 개발하기 위해서는 학생들의 효과적인 과학 학습을 위해서는 학생들이 이해하기 어려워하거나 교사들이 지도하기 어려운 내용을 중심으로 접근해야 한다(곽영순, 2006). 이때, 학생들이 이해하기 어려워하는 내용을 학습 곤란, 교사가 가

르치기 어려워하는 내용을 교수 곤란이라 칭할 수 있는데, 과학과의 교수내용지식은 주로 교수·학습 곤란의 측면에서 연구되어 왔다. 교수내용지식의 가장 큰 특징 중 하나는 주제별로 다르다는 점이다(Van Driel, *et al.*, 2001). 정하나와 전영석(2014)은 학생의 수학 학습 수준이 '물체의 속력' 단원에서 나타나는 교수·학습 곤란에 영향을 줌을 밝혔고, 임아름과 전영석(2014)은 학생의 개념과 실험 환경이 '전기회로' 단원의 교수·학습 곤란에 영향을 준다는 점을 알아내었다. 또한 박준형과 전영석(2014)은 무게와 관련된 단원에서 학생들은 개념을 이해하는 측면이, 교사들은 실험적인 측면이 무게 단원의 교수 학습 곤란과 연관이 있다는 것을 밝혔다. 박하나와 전영석(2015)은 학생들이 가지고 있는

이 논문은 이도이의 2018년도 석사학위 논문을 재구성한 것임.

2018.7.31(접수), 2018.8.15(1심통과), 2018.8.23(2심통과), 2018.8.23(최종통과)

E-mail: jhunys@snu.ac.kr(전영석)

개념이 ‘소리의 성질’ 단원의 교수·학습 곤란에 유의한 영향을 주는 요소라는 점을 연구했으며, 박인후(2017)의 연구는 교사가 가지고 있는 개념이 ‘렌즈의 이용’에서 나타나는 교수·학습 곤란에 유의한 영향을 준다는 점을 시사했다. 2009 개정 교육과정 4학년 2학기에 제시되어 있는 ‘거울과 그림자’ 단원은 연구자의 수업 경험을 떠올려 보았을 때 교수·학습 곤란이 있었던 단원이다. ‘거울과 그림자’ 단원의 학습 내용은 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 과학 현상들과 관련이 있지만, 학생들이 경험과 과학적 개념을 관련 짓기 어려워하는 경우가 있었고, 수업이 진행되는 중에는 학생들이 과학 개념을 학습한 것처럼 보였지만, 평가를 했을 때에는 성취 수준에 도달하지 못한 경우가 있었다. 또한 교과서에 제시된 실험 활동이 학생들이 수행하기에 쉬워 보였지만, 실험에 필요한 재료와 주변 환경을 세심하게 조절해야 실험 결과가 제대로 나오기 때문에 주의를 기울여야 했다. 일부 실험 활동은 학생들이 기존에 비례 개념이라든지 보존 개념을 알고 있어야 학습할 수 있어 학생들의 이해 수준에 맞게 가르치는 것이 어려웠다. 이러한 연구자의 경험과 현장에서 가르쳐본 교사들의 의견을 종합하여 봤을 때 학생들의 인지적 수준과 교과서가 요구하는 인지적 수준 사이에 나타나는 차이가 해당 단원의 교수·학습 곤란과 관련 있을 것이라고 생각되어진다.

본 연구에서는 ‘거울과 그림자’ 단원의 교수·학습 곤란에 영향을 주는 다양한 요인 중 학생의 인지 수준과 교과서의 인지 요구도의 일치 여부에 의한 영향을 알아보는데 중점을 두었다. 학생의 인지 수준과 교과서의 인지요구도는 학생의 과학에 대한 태도에 유의한 영향을 주는데, 이미경과 김경희(2004)에 따르면 학생의 인지수준과 교육과정의 요구 인지수준 사이의 괴리는 학생들의 과학에 대한 긍정적인 태도를 감소시키는 주요한 요인 중 하나이다. 우리나라의 경우, 교과서는 교육과정을 구현하는 중요한 요소이며, 학생들의 인지수준에 비해 교과서의 내용 수준이 높기 때문에 학생들이 과학을 학습하는 데 어려움을 겪는 경우가 적지 않다(권재술 등, 1987). 이러한 관점에서 볼 때 학생의 인지수준과 교과활동의 인지요구도 측면에서 ‘거울과 그림자’ 단원의 교수·학습 곤란을 살펴보는 것은 해당 단원의 교수내용지식을 증가시켜 학생들

의 효과적인 과학 학습에 도움을 줄 것이라고 기대된다.

본 연구에서는 ‘거울과 그림자’ 단원에서 나타나는 교수·학습 곤란의 양상을 살펴보고, 학생의 인지수준과 교과 활동의 인지요구도가 교수·학습 곤란에 어떤 영향을 주는지를 살펴보았다. 본 연구를 바탕으로 ‘거울과 그림자’ 단원에 요구되는 교수내용지식을 발전시켜 교사의 전문성을 향상시켜서 교수·학습의 효과를 높이는 데 필요한 시사점을 얻고자 하였다.

## II. 연구 방법

본 연구는 크게 (1) 2009 개정 교육과정 ‘거울과 그림자’ 단원에서 나타나는 교수·학습 곤란 양상은 어떠한가, (2) 초등학교 4학년 학생의 실제 인지수준과 ‘거울과 그림자’ 단원에서 요구하는 인지수준은 어떠한가의 두 가지 관점에서 진행되었다.

### 1. 연구 대상

학습 곤란은 서울특별시 소재 3개의 초등학교의 4학년 학생 235명을 대상으로 실시되었다.

교수 곤란은 서울특별시 소재 3개의 초등학교에 재직 중인 10명의 교사를 대상으로 진행되었으며, 인지수준 검사는 학습 곤란에 참여하였던 3개의 학교 중 한 학교의 74명의 학생을 대상으로 이루어졌다.

### 2. 검사 도구

#### 1) 학습곤란 검사 도구

학습 곤란은 2009 개정 교육과정에 따라 개발된 ‘거울과 그림자’ 단원의 성취도 평가를 통하여 조사하였다. 선행연구(정하나, 2012; 임아름, 2014; 박인후, 2017)에서는 학생의 학습 곤란을 파악하기 위하여 성취도 평가와 학생의 심리적 곤란을 리커트 척도를 통해 응답하는 설문지를 동시에 진행하였다. 하지만 이 경우 학생들의 실제 성취 수준과 리커트 척도를 통해 응답한 곤란도가 일치하지 않는 차이가 존재했기 때문에 이로 인해 발생하는 혼란을 막기 위해 본 연구에서는 ‘학습 곤란’을 학습 성취를 이루지 못한 경우로 정의하였다. 이에 따라 성취도 평가 결과만을 활용하여 학생들의 학습 곤란을 조사하였다. 성취도 평가는 먼저 22명의 학생

들을 대상으로 사전 검사를 실시하고, 이 결과를 바탕으로 '거울과 그림자' 단원에 제시되어 있는 성취수준을 모두 평가할 수 있도록 성취수준과 일대일 대응으로 문항을 개발하였다. 또한 타당도를 확보하기 위해 과학교육과 교수 1명, 과학교육과 박사과정에 재학 중이며 과학영재교육 등 과학교육에 전문성을 갖고 있는 현직교사 3명, 과학교육과 석사과정에 재학 중이며 연구 중인 석사과정 현직교사 십여 명으로 구성된 과학 교육 전문가 집단과 논의하여 수정 및 보완하는 작업을 반복하였다. 연구자가 개발한 성취도 평가 초안을 기준으로 연구자가 개발한 평가 문항을 분석하였으며, '평가문항이 학생들의 성취 수준을 평가할 수 있는가', '교과서에 제시된 내용을 학습한 것만으로도 평가 문항을 해결할 수 있는가', '평가 문항이 성취기준을 잘 반영하고 있는가' 세 가지의 기준을 바탕으로 타당도를 논의하였다.

2) 교수곤란 검사 도구

교수 곤란을 조사하기 위하여 교수 곤란 설문지를 활용하였다. 리커트 5점 척도를 이용하여 교사가 '거울과 그림자' 단원을 수업하면서 느낀 어려움을 조사하였다. 또한 차시별로 각 교사가 느낀 일화를 서술하여 교수 곤란에 영향을 준 요인을 파악하고자 하였다. 1차적으로 교수 곤란을 조사한 뒤에 각 학교별로 교사 1명을 선정하여 심층 설문지를 작성하였는데, 이는 교수 곤란도와 학습 곤란도가 다르게 나타난 차시가 존재하여 이에 대한 원인을 파악하고, 교수 곤란의 요인을 심층적으로 파악하기 위함이었다.

3) 인지요구도와 인지수준 검사 도구

교과서 학습 활동의 인지요구도는 피아제가 제시한 여섯 가지 과학적 사고 - 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 조합 논리, 상관 논리 - 를 바탕으로 각 활동이 어떠한 과학적 사고를 포함하고 있는지를 바탕으로 판단하였다. 타당도를 확보하기 위하여 연구자가 교과서에 제시되어 있는 차시별 학습활동에 포함되어 있는 과학적 사고를 확인하고, 이에 대한 근거를 Table 1과 같이 제시하였다. Table 1과 같은 틀에 따라 과학적 사고가 적절하게 분류되었는지, 그렇게 분류한 근거가 적절한지를 과학교육전문가 집단과 지속적으로 논의하였다.

학생의 인지수준은 Roadranka et al. (1983)이 개발한 GALT(Group Assessment of Logical Thinking) 축소본 검사를 활용하였다. GALT 축소본 검사는 피아제가 제시한 과학적 사고 중 6가지의 과학적 사고 수준을 피험자가 가지고 있는지를 나타내는데, 두 개의 문항을 교차 분석하여 해당 과학적 사고를 형성하였는지를 평가한다.

III. 결과 및 논의

1. '거울과 그림자' 단원의 교수 · 학습 곤란 양상

1) '거울과 그림자' 단원의 교수 곤란도

설문지를 통해 살펴본 교사의 차시별 교수곤란도는 Table 2와 같다. 분석 결과, 7차시 '거울로 물

Table 1. Analysis for scientific thinking included in textbook activities

차시	성취목표	학습활동	요구 논리 수준					
			1	2	3	4	5	6
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>어둠상자 속의 물체를 관찰하고, 물체를 보기 위하여 필요한 것을 말할 수 있다.</li> <li>광원에 대하여 말할 수 있다.</li> <li>물체를 보는 과정에 대해 설명할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>어둠상자를 완전히 닫고 물체 관찰하기</li> <li>어둠상자를 절반 열고 물체 관찰하기</li> <li>어둠상자를 완전히 열고 물체 관찰하기</li> </ul>	✓			✓		✓
		<ul style="list-style-type: none"> <li>광원의 종류 이야기하기</li> <li>물체를 보는 과정 이야기하기</li> </ul>						
이유	<ul style="list-style-type: none"> <li>어둠상자를 닫았을 때 물체가 보이지 않았다가 어둠상자를 열었을 때 물체가 보이게 된 까닭은 없던 물체가 갑자기 나타난 것이 아니라, 원래 물체가 있었는데 빛이 우리 눈에 들어옴에 따라 물체가 보이게 되는 것이기 때문에 보존에 대한 개념이 필요하다.</li> <li>빛의 양을 제외한 다른 실험 조건을 동일하게 하여 실험을 진행하여야 하기 때문에 변인통제 논리가 필요하다.</li> <li>빛의 양을 조절하였을 때 물체가 보이는 정도를 살펴보는 실험을 통해 학생들은 빛의 양이 물체를 보는 것과 상관이 있다는 것을 알아야 이를 바탕으로 물체를 보는 과정을 추론할 수 있다.</li> </ul>							

Table 2. Teaching difficulties of subsections

차시	응답	매우 어려웠다	어려웠다	보통이다	어렵지 않았다	전혀 어렵지 않았다	평균	표준 편차	
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)			
		5	4	3	2	1			
	*'물체를 보기 위하여 필요한 것이 무엇인지 알아봅시다.'(2/11)	0	2 (20)	3 (30)	3 (30)	2 (20)	2.78	1.10	
	'빛이 어떻게 나아가는지 알아봅시다.'(3/11)	0	1 (10)	3 (30)	4 (40)	2 (20)	2.56	1.41	
	'빛으로 신호를 전달하여 봅시다.'(4/11)	0	2 (20)	1 (10)	5 (50)	2 (20)	2.56	1.67	
	'여러 가지 물체의 표면에 내 모습을 비추어 봅시다.'(5/11)	0	1 (10)	2 (20)	4 (40)	3 (30)	1.89	1.41	
	'거울에 비친 물체의 모습을 관찰하여 봅시다.'(6/11)	0	1 (10)	4 (40)	3 (30)	2 (20)	2.22	1.41	
	*'거울로 물체의 모습을 여러 개 만들어 봅시다.'(7/11)	0	5 (50)	2 (20)	2 (20)	1 (10)	3.44	1.67	
	*'생활에서 빛의 양을 조절하는 경우를 찾아 봅시다.'(8/11)	0	1 (10)	3 (30)	5 (50)	1 (10)	3.00	1.79	
	*'그림자가 생기는 까닭을 알아봅시다.'(9/11)	0	3 (30)	2 (20)	3 (30)	2 (20)	3.00	1.41	
	'그림자의 크기를 변화시켜 봅시다.'(10/11)	0	1 (10)	3 (30)	4 (40)	2 (20)	2.89	1.10	
							평균	2.70	1.44

체의 모습을 여러 개 만들어 봅시다' 차시에서 가장 높은 교수곤란도를 보였다. 8차시 '생활에서 빛의 양을 조절하는 까닭을 알아봅시다', 9차시 '그림자가 생기는 까닭을 알아봅시다' 순으로 평균보다 높은 교수곤란도를 보였다.

2) 학생의 학습곤란도

성취도 평가 결과를 바탕으로 산출해낸 학생의 학습곤란도는 Fig. 1과 같다. 사전적 의미로 곤란도는 '정답자 수/전체 응답자 수×100'으로 나타내지만, 본 연구에서는 직관적인 표현을 위하여 '(전체 응답자 수 - 정답자 수)/전체 응답자 수×100'으로 계산하여 나타내었다. 학생들의 학습곤란도가 가장 높았던 차시는 2차시로 '물체를 보기 위하여 필요한 것이 무엇인지 알아봅시다'이었다. 그 다음으로 4차시 '빛으로 신호를 전달하여 봅시다'와 8차시 '생활에서 빛의 양을 조절하는 경우를 찾아봅시다' 및 5차시 '여러 가지 물체의 표면에 내 모습을 비추어 봅시다' 순이었다. '거울과 그림자' 단원의

학습 곤란과 관련된 선행연구를 살펴보면 가장 학습곤란이 컸던 '물체를 보는 과정' 이해는 4학년에서 뿐만 아니라 많은 3~6학년 학생들이 어려워했다는 것을 알 수 있다(이경란 외, 2016). 이러한 선행 연구 결과와 비교하였을 때 '거울과 그림자' 단원에서의 학습 곤란 원인을 살펴보는 것은 학생들의 '빛'과 관련된 후속 연구에도 도움을 줄 수 있다는 점에서 의의가 있다.

3) 차시별 교수곤란도와 학습곤란도 비교

차시별로 교수곤란도와 학습곤란도가 어떠한 분포를 보이고 있는지를 살펴보기 위하여 X축을 교수곤란도로, Y축을 학습곤란도로 하여 산포도로 표현하였다. 표현한 그림은 Fig. 2와 같다.

정하나(2012)의 연구에서 사용하였던 것과 같이 학습곤란도의 평균과 교수곤란도의 평균을 기준으로 하여 산포도를 4개의 사분면으로 나누었다. 이때 교수곤란도와 학습곤란도 모두 높은 유형을 높은 곤란형(A), 학습곤란도는 높지만 교수곤란도는

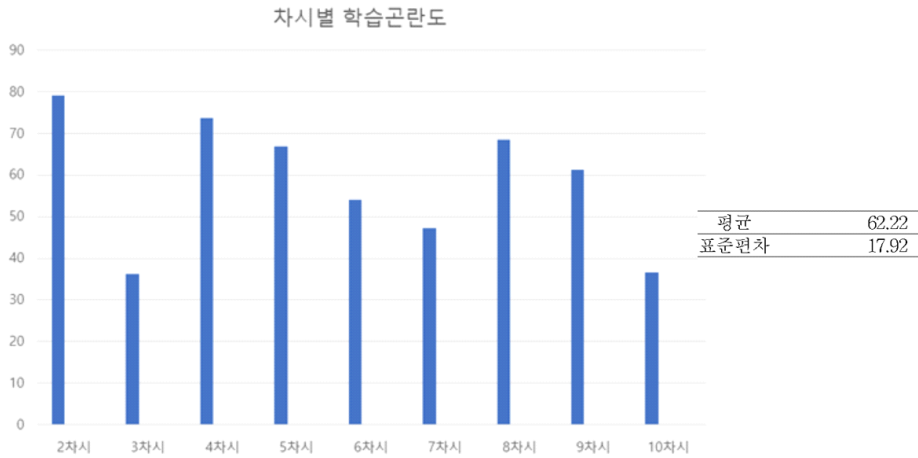


Fig. 1. Learning difficulties of subsections.

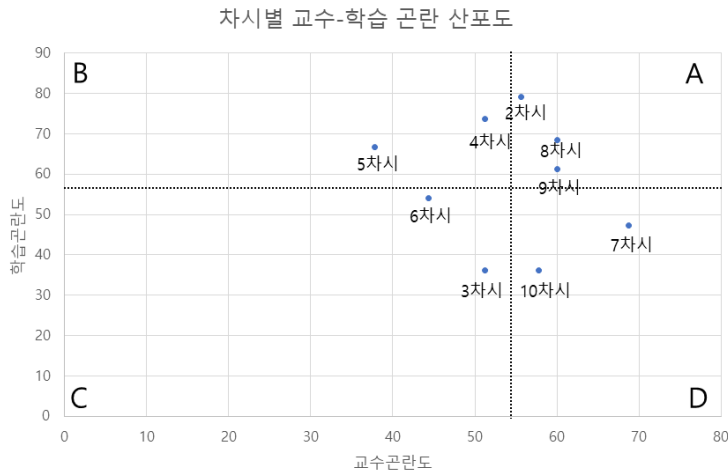


Fig. 2. Scatter plot of teaching and learning difficulties of subsections.

낮은 유형을 학습 곤란형(B), 학습곤란도와 교수곤란도가 모두 낮은 유형을 낮은 곤란형(C), 학습곤란도는 낮지만 교수곤란도는 높은 유형을 교수 곤란형(D)으로 정의하였다. 각 구간에 속하는 차시들의 공통적인 내용 요소들을 정리할 수 있다. 높은 곤란형에 속하는 2차시, 8차시, 9차시는 성취 기준을 도달하기 위해서는 여러 변인 사이의 상관을 파악하여 과학적 지식을 습득해야 했다. 또한 실험 활동을 할 때에도 여러 변인 사이의 관계를 살펴 수행해야 했다. 한 차시 안에 두 개 이상의 성취기준이 제시되어 있어 한 차시 안에 학습하기에는 교수·학습 요소가 많았다.

학습 곤란형에 속하는 4차시, 5차시는 빛의 반사와 관련된 차시였다. 4차시에 제시되어 있는 실험

은 운동장에서부터 색종이를 사용하여 교실 안까지 신호를 전달하는 활동이었고, 5차시의 활동은 알루미늄박을 편 상태로 물체의 모습을 비쳐보고 구겼다 펴서 다시 물체의 모습을 비쳐보는 활동이었다. 교수곤란 응답지를 살펴보았을 때 4차시는 실험이 오래 걸려 실제로 수행해 보지 않은 교사가 많았고, 5차시는 학생들이 알루미늄박을 구겼다 다시 펴는 것을 어려워했다는 응답이 있었다. 이러한 응답으로 미루어 보았을 때 학습 곤란형으로 분류된 차시는 학생들이 직접 수행하기에 복잡한 실험이 포함되어 있다는 것을 알 수 있다.

낮은 곤란형에 속하는 3차시, 6차시는 별도의 과학적 논리 없이 학생들이 실험 결과를 관찰하고, 바로 직관적으로 성취 기준에 해당하는 과학 현상

을 도출해낼 수 있다는 공통점이 있다. 또한 기초 탐구기능만으로 실험을 수행할 수 있었다.

마지막으로 교수 곤란형에 속하는 7차시와 10차시는 과학책에 제시된 실험결과를 얻기 위해 주위의 환경을 조절해야 한다는 공통점이 있었다. 성취 기준에 해당하는 과학 현상을 관찰하기 위해서는 주변을 충분히 어둡게 해야 하는데, 어두운 환경을 만들기가 어렵다는 응답이 있었다. 또한 성취 기준에 도달하기 위해서 여러 변인 사이의 관계를 통해 과학적 지식을 도출해야 했고, 실험을 수행할 때에도 기초탐구기능뿐만 아니라, 통합탐구기능을 사용해야 했다.

4) 교사의 교수 곤란 원인 분석

이수아 등(2007)은 교수 곤란의 원인을 전문지식, 실험실습, 수업지도 영역으로 나누어 심층적으로 분석하였다. 이에 교사들이 실제로 많이 느끼는 환경적인 요인을 추가하여 교육과정·교과서 요인, 학생요인, 교사요인, 환경 요인으로 나누어 교수 곤란 원인을 분석하였다. ‘겨울과 그림자’ 단원 수업에서 교사가 느낀 곤란에 영향을 준 요인을 학생요인, 교사요인, 교육과정·교과서 요인, 환경 요인으로 나누어 분석하였다. ‘겨울과 그림자’ 단원 전반적으로 나타난 곤란의 요인을 분류하면 Table 3과

같다.

교사곤란에 영향을 준 요인들을 분석해 보면 교육과정·교과서 요인으로는 ‘직접 활동을 하기 어려움’, ‘활동 시간이 오래 걸림’, ‘학생들의 경험과 연결되지 않는 예시가 제시되어 학생들이 이해하지 못함’ 등의 응답이 있었다. 학생 요인으로는 ‘학생들이 실험 결과를 그림으로 표현하기 어려워함’, ‘실험 내용을 이해하고 있으나, 실험 결과를 표현하기 어려워 함’, ‘수업 중에는 개념을 이해하는 것 같았으나, 수업이 끝난 후 확인해 보면 전혀 다르게 이해를 하는 학생들이 있었음’, ‘경험이 부족하여 다양한 예를 찾아내는 것이 어려움’ 등의 학생들이 각 차시의 성취 수준에 도달하지 못해 생기는 어려움 등이 있었다. 이러한 학생들의 이해도와 관련된 원인은 높은 곤란형과 교수 곤란형의 차시에서 살펴볼 수 있다. 또한 교수 곤란형에 속했던 차시들은 환경요인이 영향을 주는 것을 살펴볼 수 있다. 환경 요인으로는 ‘교실을 충분히 어둡게 만들지 못해서 실험결과를 지도서에 제시된 것처럼 확인하기 어려웠다’, ‘커튼이 없어서 학습지도에 어려움을 겪었다’ 등 주변 환경을 어둡게 만드는 것이 어려웠다는 응답들이 많았다. 교사 요인에서는 ‘활동을 학생들에게 이해시키기 어려움’, ‘수업 중 예상하지 못한 질문에 대답하기 어려움’ 등이 있었다.

Table 3. Cause of teaching and learning difficulties of “mirror and shadow” unit

상위 요인	하위 요인	응답 수	합
교육과정·교과서 요인	교과서의 설명이 충분하지 않음.		
	교과서에 제시된 실험이나 활동의 내용이 적절하지 않음.	1	
	활동시간이 너무 짧거나 오래 걸림.	5	7
	제시된 실험이 수행하기 어려움.	1	
교사 요인	보충 자료가 적절하지 않음.		
	과학적 용어를 이용하여 설명하기 어려움.	1	
	내용이 어려워 교사가 이해하기 어려움.	1	2
학생 요인	교사가 흥미나 동기를 느끼기 어려움.		
	학생들이 이해하기에 어려운 수준임.	3	
	활동이 너무 쉽거나 어려움.	1	
	수준이 너무 쉽거나 어려움.	2	6
환경 요인	학생이 흥미나 동기를 느끼기 어려운 내용임.		
	학습 자료가 부족함.	1	
	실험을 수행할 장소가 적절하지 않음.	3	4

차시별로 각 요인이 얼마만큼 영향을 주는지를 살펴보기 위해 각 요인별로 응답수를 합하여 Table 4로 나타내었다.

차시별로 교수 곤란에 영향을 미치는 요인을 살펴본 결과, 환경요인 = 학생요인 > 교육과정 · 교과서 요인 > 교사 요인 순으로 응답 수가 많았다. 또한 교사들의 응답을 살펴보면 '학생들이 차시별로 주제를 이해하는데 어려움을 겪었다', '차시의 과학적 개념을 이해하는 것처럼 보였으나, 제대로 이해하지 못하였다'라는 응답이 있었다. 이러한 응답들을 통해 학생의 이해 정도가 교수 곤란에 영향을 주는 요인이라는 것을 알 수 있다. 따라서 학생들의 이해도와 관련 있는 학생들의 인지수준과 교과서 활동의 인지수준을 살펴보는 것은 의미가 있다.

## 2. '거울과 그림자' 단원의 인지요구도와 학생의 인지수준 비교 분석

교사가 교수곤란을 느끼는데 학생요인이 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 광영순(2011)은 학생들이 가지고 있는 사고체계 범위를 벗어나는 내용을 가르치면 학생들이 과학을 학습하는 것을 어려워하고, 더 나아가서는 부정적인 감정을 가지게 된다고 지적하고 있다. 따라서 '거울과 그림자' 단원의 인지요구도와 학생의 실제 인지수준을 비교하고, 이를 학생의 이해도와 성취도와 관련하여 살펴보고자 한다.

### 1) '거울과 그림자' 단원의 인지요구도 분석

'거울과 그림자' 단원의 인지요구도를 살펴보기 위해 차시별로 활동을 세분화 하여 어떠한 과학적 사고가 어느 활동에 포함되어 있는지를 분석하였다. 차시별로 활동의 인지요구도를 분석한 까닭은 하나의 차시에 제시되어 있는 활동을 통하여 성취수준에 도달하도록 교과서가 구성되어 있고, 이러

**Table 4.** Number of mentions with the cause of teaching and learning difficulties

요인	응답 수
교육과정 · 교과서 요인	4
교사 요인	3
학생 요인	7
환경 요인	7

한 활동이 모여 '거울과 그림자' 단원의 전체 성취를 살펴볼 수 있기 때문이다. 하나의 활동에 GALT에서 측정할 수 있는 보존 논리, 비례 논리, 확률 논리, 변인통제 논리, 조합 논리, 상관 논리가 포함되어 있는지를 확인하고 포함되어 있다고 주장할 수 있는 근거를 제시하였다. 단원별로 분석한 이후에는 과학교육전문가와 과학교육에 전문성을 가지고 있는 현직교사 15명과 함께 지속적으로 논의하여 수정 및 보완하였다. 분석한 결과는 Table 5와 같다.

분석 결과, '거울과 그림자' 단원은 대부분의 차시에 실험 활동이 포함되어 있었는데, 실험 결과에서 과학적 지식을 도출해 내기 위해서는 두 개 이상의 변인 사이의 관계를 살펴보는 상관 논리를 필요로 하는 활동이 많았다. 예를 들어, 2차시에 제시되어 있는 어둠상자의 뚜껑을 여는 정도를 다르게 해 물체가 보이는 정도를 관찰하는 실험은 '어둠상자의 뚜껑이 열린 정도'와 '어둠상자 내의 물체가 보이는 정도'의 관계를 알아내야 '물체를 보기 위해 필요한 것을 알 수 있다'라는 성취기준을 달성할 수 있다. 또한, 실험을 통해 효과적으로 과학적 사실을 알아내기 위해서는 변인통제 논리가 필요한 활동들도 있었다.

### 2) 초등학교 4학년 학생들의 인지 수준 분석

초등학교 4학년 학생들의 인지 수준과 교과서 활동에서 요구되는 인지 수준을 비교하기 위하여 학습 곤란도 검사에 참여하였던 학생 중 74명의 학생

**Table 5.** Scientific thoughts(logics) demanded in "mirror and shadow" unit

차시	요구 논리 수준					
	보존 논리	비례 논리	확률 논리	변인 통제 논리	조합 논리	상관 논리
2	✓			✓		✓
3	✓					✓
4						
5				✓		✓
6						✓
7				✓		✓
8	✓					✓
9	✓			✓		✓
10		✓		✓		✓

들이 GALT 축소본 검사에 응하였다. 각 논리의 형성 정도는 Table 6로 나타낼 수 있다.

분석 결과를 살펴보면 상관 논리가 가장 많이 형성되어 있었고, 보존 논리, 변인 통제 논리 순으로 형성되어 있는 것을 살펴볼 수 있다.

**3) 교과 활동의 인지요구도와 학생의 인지수준 비교 분석**

학생의 인지수준과 학생의 성취도로 나타나는 학습곤란 사이의 관계를 연구하기 위해 ‘겨울과 그림자’ 단원에서 학생의 성취도와 학생의 인지수준 사이에 존재하는 상관관계를 분석하였다. 교과 활동 중 확률 논리와 조합 논리를 포함하는 차시는 존재하지 않았기 때문에 제외하고, 나머지 4개의 논리를 중심으로 서술하였다. 각 차시별로 유의한 상관관계에 있는 논리들을 표로 나타내면 Table 7 과 같이 나타낼 수 있다.

Table 7에서 살펴볼 수 있듯이 2차시, 3차시, 9차시는 학생들의 학습곤란과 과학적 사고의 형성 정

도가 유의한 상관관계를 맺고 있는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 2차시에 제시된 성취기준인 ‘어둠상자 속의 물체를 관찰하고, 물체를 보기 위하여 필요한 것을 설명한다’를 도달하기 위해서 학생들은 어둠상자의 뚜껑이 열린 정도와 물체가 보이는 정도 두 가지의 변인 사이의 상관을 이용하여 빛이 물체를 보는 것에 영향을 주는 것을 추론하여야 한다. 3차시의 성취기준인 ‘친구의 모습이 내 눈에 보일 때에 빛이 나아가는 모습을 추리할 수 있다’를 달성하기 위해서 학생들은 관찰 대상이 갑자기 생겨난 것이 아니라, 방해물이 빛의 경로를 막지 않았다가 막는 현상이라는 빛의 존재에 대한 보존 개념을 형성하고 있어야 한다. 마찬가지로 9차시의 성취기준을 달성하기 위해 학생들은 종속변인과 독립변인을 통제하여 실험 결과를 얻어야 하고, 물체의 투명도와 빛의 직진 사이의 상관을 통해 과학적 사실을 추론하여야 한다. 이러한 것들을 살펴보았을 때 학생들이 ‘겨울과 그림자’ 단원의 일부 차시의 성취기준을 달성하기 위해서는 과학적 사고

**Table 6.** Formation of 4<sup>th</sup> grade students' scientific logics

(N=74, (%))

형성 정도	논리 수준					
	보존 논리	비례 논리	변인 통제 논리	확률 논리	상관 논리	조합 논리
미형성	17 (22.97)	47 (63.51)	34 (45.95)	31 (41.89)	31 (41.89)	22 (29.73)
형성	31 (41.89)	15 (20.27)	21 (28.38)	12 (16.22)	35 (47.30)	20 (27.03)
과도기	26 (35.14)	12 (16.22)	19 (25.68)	31 (41.89)	8 (10.81)	32 (43.24)

**Table 7.** Correlation between students' achievement and student's cognitive level

차시	성취도	상관계수			
		보존논리	비례논리	변인통제논리	상관논리
2차시	79.15	0.02		0.14	*0.29
3차시	36.17	*0.25			0
4차시	73.62				
5차시	66.81	0.18			0.02
6차시	54.04				0.04
7차시	47.23		0.12	0	0
8차시	68.51	0.17			-0.11
9차시	61.28	0.02		*0.28	*0.32
10차시	36.71		-0.01	-0.01	0.02



를 형성하고 있어야 함을 알 수 있다. 또한 5차시, 7차시, 8차시는 학생들의 과학적 사고력 형성 정도와 학습곤란 사이에 약한 상관관계를 형성하고 있고, 다른 요소들이 영향을 주었음을 추측할 수 있다. 마지막으로 4차시는 과학적 사고력을 포함한 활동이 없었고, 6차시와 10차시는 학생들의 인지수준을 제외하고 다른 요인들이 더 유의한 영향을 주는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과를 교수·학습 곤란도와 비교하여 보았을 때 강한 곤란형으로 분석했던 2차시와 9차시는 학생들의 과학적 논리 형성 정도가 곤란도에 영향을 주었다는 것을 확인할 수 있다. 또한 강한 곤란형으로 분류됐던 차시 중 8차시 역시도 강하지는 않지만 과학적인 논리가 형성되어 있어야 학생들이 성취수준에 달성할 수 있었다. 하지만, 학습 곤란형으로 분류됐던 4차시와 5차시는 상반되는 결과를 확인할 수 있다. 4차시는 학생들의 학습 곤란도가 높았음에도 불구하고, 교과 내용에서는 학생의 인지수준을 넘어서는 과학적 논리를 요구하지 않았다. 5차시는 변인통제 논리를 형성하고 있는 학생이 많지 않은 만큼 학습 곤란도가 높게 나온 것을 확인할 수 있었다. 분석 결과로 미루어 보았을 때 '거울과 그림자' 단원에서 교사와 학생이 교수·학습 곤란을 느끼는 단원은 학생에게 과학적 사고를 요구하는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 학생의 실제 수준보다 높은 수준을 요구하는 교과서의 활동이나 내용이 교수 학습 곤란에 영향을 주었음을 추측해볼 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 학생의 인지수준과 교수 학습 곤란 사이의 관계를 알고자 하였다. 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 교사들과 학생들 모두 곤란이 있었던 2차시, 8차시, 9차시는 성취 기준에 도달하기 위해서 여러 변인들 사이의 관계를 파악하여 과학적 지식을 도출하여야 하는 상관 논리가 필요한 차시였다. 또한 한 차시 안에 두 개 이상의 성취기준이 있어서 학습량이 많았음을 알 수 있다. 교사들이 특히 어렵다고 느낀 차시들은 학생의 인지수준과 교과 내용의 인지요구도 이외에도 실험요인이 영향을 주었는데, 성취기준에 달성하기 위해서는 주변의 환경을 충분히 어렵게 해주어야 하는 어려움이 있

었다. 학생들이 곤란을 가진 차시들은 학생들이 직접 실험을 하기에 어려워 동영상으로 대체하거나 교사의 설명으로 대신했던 차시들이었다.

둘째, '거울과 그림자' 단원의 일부 주제들은 학생들이 특정한 과학적 사고를 형성하고 있어야 성취기준에 도달할 수 있었다. 상관 논리를 포함한 활동이 가장 많았으며, 변인통제 논리, 보존 논리 순이었다.

셋째, '거울과 그림자' 단원의 주제 중 교수곤란도와 학습곤란도가 모두 높았던 2차시, 9차시는 학생의 과학적 사고 형성 정도와 학생의 성취도 사이에 유의한 연관이 있었다. 교수곤란도와 학습곤란도가 모두 높았던 나머지 한 차시인 8차시는 학생의 과학적 사고 형성 정도와 학생의 성취도 사이의 관계가 2차시와 9차시만큼 높지는 않았지만, 연관이 있는 것으로 나타났다. 또한 8차시에는 학생의 인지수준 외에도 교과 활동을 하는데 실험 환경이 영향을 준 것으로 추측할 수 있다. 5차시와 7차시는 8차시와 마찬가지로 학생의 과학적 사고 형성 정도와 학생의 성취도 사이의 약한 상관관계가 있는 것으로 보아 학생의 인지수준과 환경적인 요인 모두 교수·학습 곤란에 영향을 준 것으로 생각된다. 마지막으로 4차시는 교과 활동이 학생들에게 과학적 사고를 요구하지 않았으며, 6차시와 10차시는 학생의 인지수준보다 환경적인 요인 등 다른 요인이 더 영향을 많이 준 것으로 확인할 수 있다.

이러한 결과들을 살펴봤을 때 '거울과 그림자' 단원의 성취 수준을 학생들이 달성하기 위해서는 특정한 과학적 사고를 갖추어야 하며, 동시에 환경적인 요인을 고려해야 하는 것을 알 수 있다.

본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 제언을 할 수 있다.

첫째, '거울과 그림자' 단원에서 학생들의 효과적인 학습을 위해서는 교육과정과 교과서의 내용을 구성할 때 학생들의 인지수준을 고려하여야 한다. 교과용도서 편수자료(교육부, 2017)를 살펴보면 교과용 도서를 편찬할 때에는 '학생의 발달 단계를 고려하여 내용 수준과 학습량을 적정화'하라고 하고 있다. 하지만 아직까지 교육과정은 학생의 실제적인 수행 능력과 인지 수준을 우선시하기보다는 집필자의 경험에 따라 집필자가 우선시하는 가치를 우위에 두도록 구성이 된다(Duschl et al., 2007). 과학교육의 중요성이 증대되고 있는 만큼 학생의

효과적인 과학 학습과 과학에 대한 긍정적인 태도 발달을 위해서는 학생의 인지수준을 고려하여 교육과정이 구성되어야 한다. 또한, 학교 과학 수업에서 교과서가 교사와 학생에게 매우 큰 중요성을 차지하고 있는 만큼(임채성 외, 2007), 교과서의 내용 수준을 학생들의 인지수준에 맞게 적정화하여 구성하는 것이 필요하다.

둘째, 본 연구는 학생들의 인지적 수준으로 대표되는 인지적 준비도가 학생들의 성취도뿐만 아니라, 교수학습곤란에도 영향을 준다는 것을 밝혔다. 하지만 GALT 축소본 검사지는 2개의 문항만으로 각각의 과학적 사고를 평가하여 복합체로서의 과학적 사고를 진단하지 못하고 단편적인 부분만 판단해 낸다는 한계가 있다. 또한 GALT 검사지는 과학에서 뿐만 아니라, 다양한 분야에서 사용이 되기 때문에 학생들의 과학 학습에서 강조한 인지적 수준을 분석하기에는 부족하다. 따라서 학생들에게 형성되어 있는 다양한 형태의 과학적 사고를 분석하고, 학생들이 과학교과를 학습할 때 필요한 인지적 준비도를 판단할 수 있는 도구 개발이 필요하다.

셋째, 연령에 따라 학생들이 학습할 수 있는 내용이 정해져 있다는 측면에서 피아제의 인지발달 이론은 여러 비판들에 직면해 있다. 하지만 본 연구의 결과에서 살펴보았듯이 학생들이 효과적으로 학습하기 위해서는 일정 수준의 인지적인 준비가 되어 있어야 한다. 다만, 학생들의 인지적 학습 준비도는 하나의 요소로만 구성되어 있는 것이 아니라 다양한 요소로 구성되어 있기 때문에 피아제의 과학적 사고를 여러 측면으로 세분화하여 살펴볼 필요가 있다.

넷째, 본 연구 결과를 통해 학생들의 과학학습을 돕기 위해서는 학생들의 인지수준을 고려한 학습 프로그램이 필요하다는 것을 논의할 수 있다. 교과 내용의 인지 요구 수준과 학생의 인지수준을 고려한 학습프로그램으로는 Shayer and Adey (1992a, 1992b)가 개발한 CASE(Cognitive Acceleration Programme through Science Education)가 있는데, 국내외에서 학생들에게 적용하여 유의미한 결과를 보여주고 있다(최병순 등, 2003). 학생들의 인지 수준을 효과적으로 발달시킬 수 있는 교수·학습 전략은 교수·학습 곤란도를 낮춰 학생들의 과학 성취도와 과학에 대한 긍정적인 영향을 줄 것이다.

마지막으로, 현재까지는 중등학교를 중심으로 교과 내용의 인지요구수준과 학생의 인지수준을

비교하는 연구들이 진행되어 왔다. 정은영(2017)이 초등학교 6학년의 과학교과서의 요구 인지 수준과 학생의 심리적 난이도를 비교 분석하여 2009 개정 교육과정을 바탕으로 한 초등학교 6학년 과학교과서의 내용이 형식적 조작기의 인지수준을 요구하고 있음에 비해, 초등학교 6학년 학생들은 구체적 조작기의 인지수준의 학생들이 존재하여 학생들의 심리적 난도에 영향을 미칠 수 있음을 밝혔다. 이러한 점에서 봤을 때 과학교과를 처음 접하는 초등학교 3, 4학년 학생을 대상으로 교과활동의 인지요구수준과 학생의 인지요구도를 연구하는 것은 앞으로 긍정적인 과학적 태도를 함양하는 데에 도움을 줄 것이라고 예상된다.

‘거울과 그림자’ 주제는 학생들이 생활에서 가장 빈번하게 접할 수 있는 과학 현상 중 하나이며, 빛의 굴절, 렌즈 등 후속학습에서 배울 빛과 관련된 다양한 내용의 기초가 된다. 후속학습에서의 성취기준에 도달하기 위해서는 본 단원의 학습 성취가 중요하다. 따라서 학생들의 앞으로의 학습을 위해서도 학생들의 이해수준을 발달시킬 수 있는 수업에 대한 후속 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- 곽영순(2006). 교과별 내용 교수법(PCK) 개발 연구의 이론과 실제. 열린교육실행연구, 10.
- 곽영순(2011). 초등 과학수업 실태 점검 및 개선 방안 연구. 한국지구과학학회지, 32(4), 422-434.
- 박인후(2017). 초등 과학과 ‘렌즈의 이용’ 단원에서 교사 개념 이해 유형에 따라 나타나는 교수·학습 곤란 양상. 서울교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 박준형, 전영석(2016). 무게 단원 수업에서 겪는 교사와 학생의 어려움 분석. 한국과학교육학회지, 34(3), 295-301.
- 박하나, 전영석(2015). 2009 개정교육과정 초등 과학과 “소리의 성질” 단원의 학생 성취도 및 교수·학습 곤란도 분석. 한국초등교육, 26(4), 83-97.
- 백성혜, 정연경(2009). ‘빛과 상’에 대한 초등 교사들의 이해와 학습 내용에 대한 인식 변화에 대한 사례 연구. 초등과학교육, 28(3), 245-262.
- 이경란, 박종호, 백남권(2016). 초등학교의 빛의 성질 개념에 대한 학습 발달과정의 개발. 초등과학교육, 35(3), 326-335.
- 이미경, 김경희(2004). 과학에 대한 태도와 과학 성취도의 관계. 한국과학교육학회지, 24(2), 399-407.

- 임아름, 전영석(2014). 초등학교 5학년 과학과 '전기회로' 단원 수업에 대한 교사와 학생의 교수·학습 곤란도와 곤란 원인 분석. 한국초등과학교육학회 학술대회, 67, 61.
- 임채성, 윤혜경, 장명덕, 임희준, 신동훈, 김미정, 박헌우, 이인선, 권치순, 이대형, 김남일(2007). 초등학교 3~4학년 차세대 과학 교과서 체제 개발 연구. 초등과학교육, 26(5), 580-595.
- 정은영, 장명덕(2017). 초등 6학년 과학 교과서의 요구 인지 수준과 학생의 심리적 난이도 비교 분석. 한국초등과학교육, 36(4), 356-366.
- 정하나, 전영석(2014). 초등학교 "물체의 속력" 단원 수업에서 교사와 학생이 느끼는 교수, 학습 곤란도 분석. 초등과학교육, 33(1), 172-180.
- 최병순, 한효순, 신애경, 김선자, 박종윤(2003). CASE 프로그램에 의한 초등학생들의 인지가속 효과. 초등과학교육, 22(1), 1-14.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. & Shouse, A. W. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8, Washington, DC: National Academies Press.
- Roadranka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). The construction and validation of group assessment of logical thinking. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching Dallas, Texas.
- Shayer, M. & Adey, P. (1992a). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students II: Postproject effects on science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 81-92.
- Van Driel, J. H., De Jong, O. & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86, 572-590.

---

이도이, 서울잠동초등학교 교사(Lee, Doyi; Teacher, Seoul Jamdong Elementary School).

† 전영석, 서울교육대학교 교수(Jhun, Youngseok; Professor, Seoul National University of Education).