

## 초등학교 과학과 ‘전기회로’ 단원 수업에서 겪는 교사와 학생의 어려움 분석

임아름 · 전영석  
(서울교육대학교)

### An Analysis of Teachers and Students' Difficulties in the Classes on 'Electric Circuit' Unit of Elementary School Science Curriculum

Lim, Ahreum · Jhun, Youngseok  
(Seoul National University of Education)

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to survey and analyze difficulties in teaching and learning elementary school science on the chapter titled ‘electric circuit’. 28 elementary school teachers who teach 5th grade science and 73 5th grade students in elementary school were taken part in this survey. The pilot questionnaire was distributed to find out both the degree and the reason of difficulties in teaching and learning. The answers are analyzed with four areas to extract elements which make class difficult; Learner factors (L), Instruction factors (I), Curriculum & textbooks factors (C), and Environment factors (E). The results are as follows. (1) It can be seen that both students and teachers feel the highest difficulty in 7th lesson ‘the direction of current’, while they felt little difficulty in lesson 3 ‘conductor and nonconductor’ and lesson 8 ‘the safety of electricity’. (2) The most mentioned reason of difficulties in teaching and learning was Learner factors (L). (3) Teachers felt many difficulties in experimental environment. On the other hands, students didn't think experimental failures as serious trouble. (4) Students felt many difficulties in new terms and hazy concepts or expressions. (5) Teachers felt a lot of difficulties in those from Curriculum & textbooks factors.

**Key words** : electric circuit, teaching difficulty, learning difficulty

#### I. 서 론

내실 있는 교실 수업의 열쇠는 교사의 수업 전문성이며, 교육의 질적 변화와 혁신은 유능하고 우수한 교사를 기반으로 이루어진다(Sergiovanni & Starratt, 1983). 우수한 과학 교사에 대한 관점은 매우 다양하다. 미국과학교사협회(NSTA, 1998)에 따르면 좋은 과학 교사는 교사 자신이 능동적인 학습자로서 학생과 함께 학습 환경을 조성하며, 과학을 가르치기 위한 이론적이고 실제적인 지식을 지속적으로 넓혀 나가야 한다고 규정하고 있으며, 전문성을 갖

춘 교사는 전문적인 지식과 더불어 변화하는 상황에 적절하게 대처하는 능력을 지녀야 한다(Korea Institute for Curriculum and Evaluation, 2007).

일상의 교수학습 활동에서 발생하는 수많은 문제 상황에 잘 대처하려면 교사는 학교와 과학수업의 실제 문제에 도움이 되는 실용적인 전문성을 갖추어야 하는데, 교수활동에 필요한 부문별 지식이 결합되어 나타나는 교사의 종합적인 실천 지식을 PCK(Pedagogical Content Knowledge)라 한다(Shulman, 1986). PCK는 각 교과와 주제별로 차별화 되어 구체적인 구성 요소나 변인에 따라 달라지는 특수성

을 지닌다(Loughran *et al.*, 2004). 또한 PCK는 학생의 교육 목표 달성을 지원하기 위한 교사의 전문적인 노력의 집합체로 각 수업 주제별로 교수-학습 상황에서 발생하는 실질적인 교사의 교수 곤란과 학생의 학습 곤란을 파악하고, 이를 해결해 나가는 과정에서 얻은 지식이 교수전문성에 큰 영향을 끼칠 것이다.

이러한 중요성에 따라 과학 수업의 곤란과 관련된 연구가 활발히 진행되어왔다. 그 중 Kim(2009)와 Jung(2003)의 연구는 전체적인 단원의 어려움을 통계적으로 비교하였을 뿐, 실제적인 수업 개선의 시사점을 찾기 힘들다는 아쉬움이 있고, Lee *et al.* (2007)와 Kwak(2009)의 연구는 교수 곤란의 원인을 좀 더 자세히 서술하였다는 점에서 의미가 있으나, 곤란한 점을 서술한 대상이 과학 과목 전체 또는 지질 영역 등 광범위하여 수업 주제에 적합한 PCK를 수집하는 데에는 한계가 있다.

이에 본 연구자는 초등학교 5학년 ‘전기회로’ 단원을 중심으로 교수·학습 곤란에 관한 연구를 진행하고자 한다. Jung(2011)의 곤란도 연구에서 5학년 과학 교과 단원 중 ‘전기회로’는 ‘물체의 속력’을 제외하고, 교수 곤란도와 학습 곤란도가 모두 가장 높은 단원이었고, Jung(2003)와 Kim(2009)의 연구에서도 ‘전기회로’ 단원은 가르치기 어려운 단원에 속했다. 이렇게 교수 곤란이 높은 단원인 동시에 학생들이 갖고 있는 개념상의 문제도 살펴볼 수 있었다. 전류에 대한 개념은 초등학교 때부터 배우는 기초 개념이지만, 보이는 현상이거나 구체물이 아니므로 학생들에게 비과학적 개념이 형성될 가능성이 높다는 특성을 지니고 있다(Kim & Kwon, 1995; Cosgrove & Osborne, 1985). 이는 최근 초등학교 학생들의 전기회로에 대한 개념을 조사한 Park(2012)의 연구에서도 드러났는데, 3~6학년 학생들의 문항 답변 분석 결과, 많은 학생들이 전류의 흐름을 충돌 모형으로 생각하였고, 학년에 상관없이 전지나 전구의 병렬연결에 경우, 전류의 방향과 흐름을 이해하지 못하고 있었다. 이 밖의 연구에서도 초등학교뿐 아니라, 중등학생들 또한 물리를 어려워하며, 특히 그 중 전기 관련 단원을 가장 어려워했다(Kim & Lee, 2006). Ryu(2009)는 에너지 영역 중 전기개념과 전기회로 개념이 매우 어렵고 추상적인 개념이기 때문에, 대다수의 학생들이 전기를 학습한 후에도 그 내용을 이해하지 못할 뿐만 아니라, 학생들

의 전기 개념에 대한 오개념이 견고하여 잘 변하지 않음을 밝히고 있다. 이렇듯 기존 연구들을 종합하면 전기회로에 대한 개념은 후속 학습인 6학년의 ‘전자석’ 학습에 기초가 되는 내용이며, 전기 분야의 토대가 되는 학습이므로(Kim *et al.*, 1999), 교사는 교수 부담을 줄이고, 학생들에게 오개념이 생기지 않도록 실질적인 전기회로 단원의 PCK를 쌓는 것이 중요하다. 이를 위해 전기회로 단원의 매 차시 수업 후 교사와 학생의 교수·학습 곤란도와 곤란 원인을 알아보고, 영역별로 분석하여 차시별로 수업을 곤란하게 하는 요소를 추출하고자 한다. 이러한 연구 과정과 결과는 ‘전기회로’ 단원의 수업이 효율적으로 잘 이루어질 수 있는 방안을 강구하는 것에 도움을 줄 것이며, 각 차시 특성마다 곤란 원인을 알아보게 되므로, 과학 수업을 어렵게 만드는 요인이 무엇인지에 대한 좀 더 실질적이고 구체적인 연구의 일부가 될 수 있을 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 5학년 과학과목을 가르치는 서울특별시와 경기도 소재 교사 28명과 3개 학교 5학년 중한 학급씩 선정하여 A, B, C 세 학급 학생 총 73명을 대상으로 하였다. 교사들의 협조를 받아 ‘전기회로’ 단원을 가르치기 전에 설문지와 문항지를 모두 배부하여 매 차시가 끝날 때마다 답변을 작성하게 하였으며, 교사측면과 학생측면으로 이원화하여 조사를 실시하였다.

### 2. 자료 수집 및 분석

#### 1) 교수학습 곤란도와 곤란 원인 조사

교사와 학생의 수업 곤란을 묻는 설문지는 두 가지 목적이 있다. 첫 번째는 각 차시별로 교사와 학생이 느낀 곤란의 정도를 묻는 곤란도 검사이며, 두 번째는 곤란의 원인을 묻는 교수·학습 곤란 원인 조사이다. 교수 곤란도와 학습 곤란도를 체크하는 설문은 리커트 식 5단계 척도로 되어 있으며, ‘① 매우 어려웠다, ② 어려웠다, ③ 보통이다, ④ 어렵지 않았다, ⑤ 전혀 어렵지 않았다’ 중 한 가지를 선택하는 선택형 문항으로 되어 있다. 곤란 지수에 따라 ‘전혀 어렵지 않았다’(1점)에서 ‘매우 어렵다’(5

점)까지 점수를 부여하여 연구 대상자들이 체크한 곤란도의 평균을 내어 변인별, 각 차시별로 비교하였다.

이와 다르게 곤란의 원인을 묻는 질문지는 자율적으로 서술하는 형식을 띄고 있으며, ‘전기회로’ 단원 수업 중 곤란을 느낀 사례를 적는 ‘일화 기록법’의 질문지로 구성했다. 설문지는 ‘전기회로’ 단원을 수업하기 전 미리 배부하여 교사와 학생들이 매 차시 수업이 끝날 때마다 그 차시에 해당하는 문항에 답변하여 수업 경험을 최대한 재인하도록 하였다. 또한 별도로 학생들에게 수업이 끝난 후 매 차시 학생 성취도를 검사하여 학생들의 학습 곤란 분석을 위한 참고 자료로 삼고, 특히 학생들의 답변을 통해 개념을 어떻게 이해하고 있는 지 파악하였다.

## 2) 자료 분석

본 연구에서 차시별 곤란도와 곤란 요인별 비율 비교 등 양적인 자료는 통계 프로그램을 이용하여 분석하였고, 질적 자료인 차시별 곤란 원인의 내용과 특징은 PCK의 기본요소와 Kim(2006)의 초등 교사들이 생각하는 좋은 과학 수업의 요소와 함께 과학 수업 곤란에 관한 선행 연구(Jung, 2003; Ham, 2006; Jung, 2011)를 분석하여 곤란 원인 분석틀을

**Table 1.** Analysis framework for the reason of difficulties in teaching and learning

Categories	Contents
Learner factors (L)	L1 Lack of ability in scientific expression
	L2 Lack of ability to understand the information
	L3 Lack of ability in experiment and inquiry
	L4 Lack of interest and motivation
Instruction factors (I)	I1 Lack of scientific knowledge
	I2 Mismatch of teaching to students' level
	I3 Non-effectiveness of the teaching method
	I4 Lack of teaching & feedback skill
Curriculum & textbooks factors (C)	C1 Overload of learning amount
	C2 Excess of learning level
	C3 Improper experiments in textbook
	C4 Inadequate supplement materials
Environment factors (E)	E1 Leaning materials including experimental instruments
	E2 Lack of time allotment and labs
	E3 Teaching preparation including pre-experiments

제작하였다. 항목의 세부 내용에 ‘전기회로’ 단원의 특성을 반영하여 과학교육 전공 대학원생 5인, 박사과정 1인의 토의를 거쳐 완성되었으며, 분석표는 Table 1과 같다.

이밖에도 자율적으로 서술된 내용의 정확한 분석을 위해 필요한 경우, 답변의 의미가 불명확한 학생과 교사를 상대로 곤란 사례를 구체적으로 묻는 개별 인터뷰를 실시하여 정확한 곤란 요소를 추출하였다. 또한 교사에게는 수업 중 곤란을 해결하기 위해 어떤 노력을 하였는지, 추가적으로 조사하여 곤란 요인을 좀 더 세밀하게 분석했다.

## III. 연구 결과

### 1. 전기회로 단원의 차시별 교수 곤란도와 학습 곤란도

교사와 학생이 전기회로 단원을 가르치거나 배우면서 차시별로 어느 정도의 곤란을 느끼는지 알아보았다. 동기유발 차시인 1차시를 제외한 각 차시별 주제를 Table 2에 정리하였고, 이에 따른 교수·학습 곤란도 결과는 Fig. 1과 같은 결과로 나타났다. 수치가 높을수록 곤란도가 더 크다는 점을 의미한다.

Fig. 1을 보면 교수 곤란도와 학습 곤란도 모두 7차시 ‘전류가 흐르는 방향’이 가장 높았으며, 3차시 ‘도체와 부도체’, 8차시 ‘전기의 안전한 사용’은 곤란도가 비교적 낮은 차시에 해당된다. 또한 대체적으로 교사의 교수 곤란도가 학생의 학습 곤란도보다 높는데, 이를 통해 수업상황에서 겪는 곤란은 학

**Table 2.** The important content of each class

Lesson categories	Main subject
Lesson 2	The conditions of turning on the light
Lesson 3	Conductor and nonconductor
Lesson 4	Compare the brightness of the bulb according to the connection method of the batteries (connect batteries in parallel vs in series)
	Compare the brightness of the bulb according to the connection method of the bulbs (connect bulbs in parallel vs in series)
Lesson 5	Drawing electrical network diagram
Lesson 6	The current-flow direction
Lesson 7	Safe use of electricity
Lesson 8	

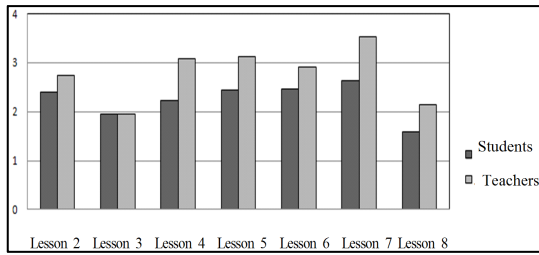


Fig. 1. A graph of the degree of difficulty in teaching and learning

생보다 교사가 더 크게 받아들임을 알 수 있다. 한편, 교수 곤란도와 학습 곤란도의 상관관계를 살펴보면 Table 3과 같으며, 비교적 높은 연관성을 갖고 있음을 알 수 있다.

Table 3. Correlation between teaching difficulty degree with learning difficulty degree

Lesson	2	3	4	5	6	7	8	Average	Correlation
Degree of teacher's difficulty	2.73	1.96	3.08	3.12	2.92	3.53	2.15	2.78	0.85
Degree of student's difficulty	2.40	1.96	2.23	2.44	2.47	2.64	1.58	2.25	

Table 4. Teaching difficulty case analysis in 'Electric Circuit' classes

Categories	Contents	Teacher's thought (N=137)	Answer rate (%)
Learner factors (L)	L1 Lack of ability in scientific expression	17	12.4
	L2 Lack of ability to understand the information	17	12.4
	L3 Lack of ability in experiment and inquiry	7	5.1
	L4 Lack of interest and motivation	3	2.2
	Total	44	32.1
Instruction factors (I)	I1 Lack of scientific knowledge	2	1.5
	I2 Mismatch of teaching to students' level	8	5.8
	I3 Non-effectiveness of the teaching method	11	8.0
	I4 Lack of teaching & feedback skill	2	1.5
	Total	23	16.8
Curriculum & textbooks factors (C)	C1 Overload of learning amount	0	0.0
	C2 Excess of learning level	12	8.8
	C3 Improper experiments in textbook	19	13.9
	C4 Inadequate supplement materials	2	1.5
	Total	33	24.1
Environment factors (E)	E1 Leaning materials including experimental instruments	31	22.6
	E2 Lack of time allotment and labs	3	2.2
	E3 Teaching preparation including pre-experiments	3	2.2
	Total	37	27.0

교사가 가르치기 어려운 차시는 학생들도 배우면서 어렵다고 느꼈으며, 상대적으로 가르치기에 쉽게 여겨진 차시는 학생들도 쉽다고 느끼는 경향이 있다. 수업 상황에서 교사의 교수 곤란 해결이 선행된다면 배우는 학생의 학습 곤란 감소에도 도움을 줄 것이다.

## 2. 전기회로 단원의 차시별 교수 곤란과 학습 곤란의 원인

### 1) 교사의 교수 곤란 원인

Table 4는 교사의 교수 곤란 원인을 분석한 표이다. 전체 응답 수(N=137)에 대한 각 요인별 사례 수가 차지하는 비율을 살펴보면 그 크기가 큰 순서대

로 학생(32.2%) > 환경(27%) > 교과서·교육과정(24%) > 교사(17%) 요인으로 나타난다. 학생의 내 용이해 능력 부족과 과학적 표현에 대한 미숙이 가장 큰 교수 곤란으로 작용했고, 단원 특성상 실험 활동이 많기 때문에 교사의 실험 환경에 대한 부담 또한 큰 것으로 분석됐다. 가장 낮은 비율을 차지한 것은 교사 자신으로 인한 곤란이었다.

## 2) 학생의 학습 곤란 원인

학생들의 학습 곤란 원인을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 전체 응답 수(N=261)에 대한 각 요인별 사례 수가 차지하는 비율은 그 크기가 큰 순서대로 학생(73%) > 교과서·교육과정(12%) > 교사(8%) > 환경(7%) 요인으로 나타난다. 학생들은 다른 요인에 비해 학생 자신의 이해 및 실험 능력의 부족을 수업 곤란의 원인으로 보는 경우가 월등히 많았다. 특히 실험 상황이 많음에도 불구하고, '환경 요인'은 가장 낮은 비율을 차지하였는데, 그 까닭은 교사는 실험이 실패 시 잘못된 개념 습득에 대한 곤란을 느끼지만, 학생은 실험 성공 여부보다는 내용에 대한 이해와 과학적 표현을 익히는 것을 중시하는

것으로 분석된다.

## 3) 차시별 교수학습 곤란 원인의 내용과 특징

교사와 학생이 수업 후 기록한 교수 곤란 사례와 학습 곤란 사례를 바탕으로 전기회로 단원의 각 차시별 교수·학습 곤란의 원인을 분석하였다.

Table 6은 차시별 교수 곤란 사례 분포표이다. 내용 구성의 특성에 따라 곤란 요인의 분포가 다를 수 있다. 교사들이 가장 어렵다고 느낀 7차시의 경우, 교과서·교육과정 요인의 비중이 가장 크다. 교과서에 제시된 내용 또는 활동 구성이 수업 목표 달성에 효과적이지 않을 경우, 교사들은 가장 큰 곤란을 느낀다는 것으로 볼 수 있다.

Table 7은 차시별 학습 곤란 사례 분포표이다. 대부분의 곤란 사례는 학생요인(L)에 분포하고 있다. 학생들은 스스로 내용을 이해하지 못하거나, 과학 용어 및 개념을 적절히 표현하지 못하는 경우를 학습곤란의 주요인으로 보고 있음을 알 수 있다. 가장 큰 곤란을 느낀 7차시의 경우, 교과서·교육과정 요인의 비중이 가장 크다. 실제 많은 학생들의 학습 곤란 진

**Table 5.** Learning difficulty case analysis in 'Electric Circuit' classes

Categories	Contents	Student's thought (N=137)	Answer rate (%)
Learner factors (L)	L1 Lack of ability in scientific expression	69	26.2
	L2 Lack of ability to understand the information	87	32.5
	L3 Lack of ability in experiment and inquiry	32	12.3
	L4 Lack of interest and motivation	2	1.0
	Total	190	73.0
Instruction factors (I)	I1 Lack of scientific knowledge	0	0.0
	I2 Mismatch of teaching to students' level	21	8.0
	I3 Non-effectiveness of the teaching method	0	0.0
	I4 Lack of teaching & feedback skill	0	0.0
	Total	21	8.0
Curriculum & textbooks factors (C)	C1 Overload of learning amount	2	1.0
	C2 Excess of learning level	6	2.6
	C3 Improper experiments in textbook	15	5.3
	C4 Inadequate supplement materials	8	3.1
	Total	31	12.0
Environment factors (E)	E1 Leaning materials including experimental instruments	16	6.6
	E2 Lack of time allotment and labs	3	1.4
	E3 Teaching preparation including pre-experiments	0	0.0
	Total	19	7.0

**Table 6.** Teaching difficulty case distribution table of each class

Reason	Lesson	2	3	4	5	6	7	8	Total
	Learner factors (L)	L1	2	0	0	0	14	0	1
L2		1	0	5	6	2	3	0	17
L3		4	0	2	1	0	0	0	7
L4		0	0	0	0	2	0	1	3
Total		7	0	7	7	18	3	2	44
Instruction factors (I)	I1	0	0	1	0	0	1	0	2
	I2	2	0	2	3	0	1	0	8
	I3	0	0	2	3	5	1	0	11
	I4	0	0	2	0	0	0	0	2
	Total	2	0	7	6	5	3	0	23
Curriculum & textbooks factors (C)	C1	0	0	0	0	0	0	0	0
	C2	1	0	2	0	2	6	0	11
	C3	3	0	3	6	0	8	0	20
	C4	0	0	0	0	1	1	0	2
	Total	4	0	5	6	3	15	0	33
Environment factors (E)	E1	5	8	10	7	0	1	0	31
	E2	0	0	1	0	0	0	2	3
	E3	1	0	1	1	0	0	0	3
	Total	6	8	12	8	0	1	2	37
Total	19	8	31	27	26	22	4	137	

술 분석 결과, 이 실험을 왜 하는지, 발광 다이오드를 왜 쓰는지 알지 못했다.

차시별 교수·학습 곤란의 주요 내용과 특징을 살펴보면 다음과 같다.

2차시 ‘전구에 불이 켜지는 조건’에서의 교수 곤란은 주로 실험과 관련된 것이었다. 학생들이 교과서에 제시된 대로 실험을 잘 하지 못하는 경우가 많았고, 전구의 상태나 전선에 의해 실험 결과가 제대로 나오지 않아 곤란을 느꼈다. 반면, 학습 곤란은 실험과 관련되기 보다는 ‘전기회로’, ‘전류’, ‘전지의 양극’ 등 생소한 용어와 새로운 개념의 의미 이해를 어려워 했다. 전구의 구조가 복잡하고 헛갈린다고 표현한 학생들이 많았고, 특히 중요한 개념인 ‘전류’는 교과서 상에서도 간단히 진술되어 있어, 교사의 설명 또한 자세하지 못했다. 따라서 형성평가에서도 전구에 불이 켜지는 까닭과 전류의 흐름을 연관 짓지 못하는 학생들이 다수였다. 이렇듯 일상생활에서 늘 접하는 전기와 학생들이 학습하며 배우게 되는 과학적 용어와 개념은 다르

**Table 7.** Learning difficulty case distribution table of each class

Reason	Lesson	2	3	4	5	6	7	8	Total
	Learner factors (L)	L1	21	1	1	1	34	11	0
L2		12	2	18	30	6	19	0	87
L3		2	12	9	6	1	2	0	32
L4		1	0	0	0	1	0	0	2
Total		36	15	28	37	42	32	0	190
Instruction factors (I)	I1	0	0	0	0	0	0	0	0
	I2	10	1	0	2	0	8	0	21
	I3	0	0	0	0	0	0	0	0
	I4	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	10	1	0	2	0	8	0	21
Curriculum & textbooks factors (C)	C1	0	0	0	0	0	0	2	2
	C2	0	0	0	0	1	5	0	6
	C3	1	0	0	2	0	12	0	15
	C4	0	0	1	5	0	2	0	8
	Total	1	0	1	7	1	19	2	31
Environment factors (E)	E1	0	5	1	5	1	4	0	16
	E2	0	0	2	1	0	0	0	3
	E3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	5	3	6	1	4	0	19
Total	47	21	32	52	44	63	2	261	

기 때문에, 학생들에게 오개념을 심어주지 않기 위해서는 좀 더 세심한 설명이 필요할 것이다.

3차시 ‘도체와 부도체’의 교수 곤란도는 낮은 편이었다. 실험 기구가 잘 작동하지 않는 경우를 제외하고는 교수 과정에서 어렵지 않은 차시이다. 학습 곤란에서는 학생들이 교과서 전기회로를 꾸미는 것을 일부 어려워 했다. 전기회로를 구성하는 여러 부품을 처음 접하고, 그 용도를 잘 알지 못하여 어려움을 겪었다. 새로 접하는 전기 부품에 대한 간략한 설명이 있으면 좋겠다는 의견도 있었다.

4차시 ‘전지의 연결 방법에 따른 전구의 밝기 비교’는 교수 곤란도는 높은 편이나, 학습 곤란도는 높지 않은 편에 속한다. 주요 교수 곤란 내용은 밝기의 차이가 크지 않거나, 전구의 불이 제대로 들어오지 않는 등 실험 과정 중의 곤란이었다. 그 중 실험 환경 곤란 요인으로 일부 부품의 오작동, 내부저항 증가로 밝기의 구분이 명확하지 않아 교사들은 수업의 어려움을 느꼈다. 또한 비교군과 대조군이 제시되지 않아 ‘더 밝은 것’, ‘덜 밝은 것’을

분류시키기 어렵다는 것도 지적하였다. 6개의 회로를 동시에 구성하기에 현실적인 어려움이 있기 때문이다. 이를 해결하기 위해 일부 교사들은 전지 한 개와 전구 한 개로 구성된 기본회로를 동시에 켜놓고 밝기를 비교해 실험활동을 진행했다고 하였다. 이와 다르게 교수 내용 측면에서도 곤란이 있었다. 교과서 내용에서는 단순히 실험 결과를 아는 것에 그치지만, 많은 교사들이 수업을 진행하며 직렬 연결과 병렬 연결시의 밝기 차이에 대한 원리를 설명해 주려 할 때 설명할 수준과 방법을 정하는 것이 어렵다고 하였다. 반면, 교수 곤란도에 비해 학습 곤란도의 상대적 크기가 낮은 차시인데, 실험 환경적 요소나 과정에 대한 곤란은 교사에 비해 현저히 적었다. ‘직렬’과 ‘병렬’ 연결이 매우 헛갈린다고 하였고, 밝기의 차이에 따른 이유나 원리를 궁금해 하는 학생이 많지 않았다.

5차시 ‘전구의 연결 방법에 따른 전구의 밝기 비교’는 바로 전 4차시와 비교하여 전지에서 전구로 그 대상이 바뀌었을 뿐 내용 구성이 비슷하다. 따라서 교수 곤란은 큰 차이가 없으나, 일부 교사들은 전지의 경우보다 전구가 대상일 경우, 직렬과 병렬 연결을 더 헛갈려 한다고 지목하였다. 또한 결과만을 외우게 되는 교과서 구성에 지도의 어려움을 느끼고, 문제점을 지적한 교사들도 있었다. 이를 극복하기 위해 ‘전구송’ 등을 도입하여 결과를 정확히 외우도록 도움을 주거나, 물의 흐름과 비유하여 전류의 흐름을 설명해 주었다고 하였다. 반면, 학습 곤란도는 이전 차시에 비해 높았는데, 그 이유는 많은 학생들이 전지의 직렬·병렬 연결과 상반된 결과로 인해 헛갈려 하며, 왜 그런지에 대한 원리를 궁금해 했다. 또한 연결 방식의 구분을 어려워하는 학생들이 많고, 이와 관련된 문제에 대한 오답률도 높아 직렬 연결과 병렬 연결에 대해 자세히 설명하고, 다양한 예를 제시해 주는 것이 필요하다는 교사들의 의견이 많았다.

6차시 ‘전기회로도 그리기’는 전기부품의 기호를 익혀 전기회로도 직접 그려보고, 회로도 상의 연결 방법을 분석해 보는 것이 주요 활동이다. 교수 곤란에서는 학생들이 실물과 전기회로의 차이점을 인식하도록 설명하는 것이 어렵다는 의견이 많았고 이는 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 발달하는 단계적 특성을 반영한 것이라 볼 수 있다. 또한 직접 회로도를 그리는 과정에서 전지의 양 극이

나 스위치 방향 등 학생들이 자주 보이는 실수가 있어 수업이 곤란하다고 하였다. 이에 일부 교사들은 전기회로도 다양하게 그릴 수 있도록 별도의 학습지를 배부하거나, 미리 헛갈리는 것을 강조하며, 교수 곤란을 해결했다고 하였으며, 몇몇은 전기회로도 직접 그리지 말고, 읽고 해석하는 정도에서 그쳤으면 좋겠다는 의견을 냈다. 이 차시는 교수 곤란도보다 학습 곤란도가 상대적으로 높은 편에 분포하는 차시인데, 학생들은 다양한 전기 부품의 기호들을 모두 익히는 것이 어렵고, 직접 그린다 보면 전지의 극이나 전구 모양, 전선 연결 지점 등 사소한 부분들이 헛갈린다고 하였다.

7차시 ‘전류가 흐르는 방향’은 교수 곤란도와 학습 곤란도가 모두 가장 높은 차시이다. 특히 곤란 원인을 살펴보면 다른 차시들에 비해 교과서·교육과정 요소로 인한 곤란이 많다는 특징을 지닌다. 교수 곤란사례에서 가장 많은 비중을 차지한 것은 교과서 상의 실험 활동과 ‘전류는 +극에서 -극으로 흐른다’는 실험 결과의 연결이 자연스럽게 되지 않는다는 것이었다. 실험 제시 방식에서도 곤란이 드러났는데, 예를 들면 서두에 ‘발광 다이오드의 긴 발에서 짧은 발로 전류가 흐를 때 불이 켜집니다’는 설명 후 제시된 그림에 긴 다리에 (+), 짧은 다리에 (-)가 이미 표시되어 있어서 실험의 의미를 없음을 지적하였다. 또한 ‘전류가 흐르는 방향은 눈에 보이지 않아 설명하기 힘들다.’, ‘발광다이오드의 길이 차이가 교과서보다 불분명하다.’는 교수 내용과 실험 환경에 관한 교사들의 곤란도 있었다. 7차시의 교수 곤란도는 높지만, 교사들은 교수 곤란 원인을 잘 설명하지 못하고, 교수 곤란 해결 방법 또한 다른 차시에 비해 적은 특성을 지니고 있어, 교과서 내용 구성의 재검토가 필요하다는 의견을 뒷받침해준다. 이와 함께 학생들의 학습곤란을 살펴보면 ‘발광 다이오드를 왜 쓰는지 모르겠다’와 ‘실험이 무엇을 뜻하는지 잘 모른다’ 등 실험 설계의 원리와 과정을 잘 알지 못하는 곤란 사례가 상당수였다. 전구 이외의 새로운 소재의 도입은 흥미를 끌기에 충분했으나, 실험에 대한 이해가 선행될 수 있도록 하는 교사의 지도와 교과서 구성이 필요할 것이다. 또한 학습 내용 측면에서 살펴보면 ‘전구와 발광 다이오드는 전류 흐름 방향이 반대이다, 발광 다이오드를 연결하면 갑자기 전류가 한 방향으로 흐른다’ 등 잘못된 개념을 가진 경우가 많았다. 전

류에 대한 오개념을 갖지 않도록 주의해야 할 것이다. 학생들이 기록한 7차시의 학습곤란을 살펴보면, 전체적으로 특정 요소가 아닌 ‘잘 모르겠다, 헷갈린다’는 표현이 많다. 이러한 내용 이해의 곤란 해결과 과학적 개념 습득을 위해 교사들의 세심한 주의가 필요하다.

8차시 ‘전기의 안전한 사용’은 별도의 수업 곤란 사례가 없었고, 다양한 자료를 통해 실생활의 전기 사용에 대해 알게 되어 흥미로웠다는 학생들의 의견이 많았다. 일부 교사들은 뉴스 및 관련 자료를 학생 스스로 찾고 의견을 나누도록 하고 싶는데, 환경적 제약이 있어 아쉬웠다고 하였다.

## IV. 결론 및 제언

### 1. 결론

본 연구는 초등학교 5학년 ‘전기회로’ 단원의 각 차시별 수업에서 교사와 학생이 겪는 교수·학습 곤란에 대한 조사를 통해, 이 단원의 성공적인 수업을 위한 실제적이고 유용한 PCK를 수집하는 데에 목적이 있다. 교수·학습 곤란도와 곤란 원인을 분석한 후, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 교수 곤란도와 학습 곤란도는 높은 상관관계를 가지고 있다. 교수 곤란도와 학습 곤란도의 상관관계 계수는 0.852로 비교적 높은 상관관계를 지니고 있었으며, 교사가 곤란을 크게 느낀 차시는 학생들 또한 곤란을 느끼고 있음을 알 수 있다. 하지만 교수 곤란과 학습 곤란의 원인이 서로 같지는 않았다. 이는 교사가 수업을 하며 곤란을 느끼게 되면, 동일 요인은 아닐지라도 학생들의 학습에 영향을 미칠 가능성이 크다는 것으로 분석된다. 따라서 과학 수업에서 교사들의 곤란 해결이 선행되어 교수 효능감이 높아진다면 학생들이 학습 목표를 더욱 성공적으로 달성할 수 있을 것이다.

둘째, 교사와 학생이 겪는 교수·학습 곤란의 가장 큰 원인은 학생 요인이었다. 교사와 학생 모두 수업 중 곤란을 느끼는 요인으로 가장 많이 꼽은 것은 학생 요인이며, 그중 ‘학생의 과학적 표현 미숙’과 ‘내용 이해 능력의 부족’이 학생 요인의 대부분을 차지했다. 학생이 주어진 내용을 이해하거나 활동을 수행하는 데에 부족함이 나타났다면 사실 학생 개인의 내적 능력 부족이기 보다는 외부 요인이 복합된 결과일 가능성이 더 크다. 이와 같은 결

과를 수업곤란의 주요인이 학생 책임에 있다고 해석하기 보다는, 교사와 학생 모두 수업의 실패와 성공 요인을 판단할 때 주요 변수를 학생에 둔다는 것으로 해석할 수 있다. 또한 교사의 교수 곤란 원인은 요인 간에 큰 차이를 보이지 않으나, 학생들은 학습 내용에 대한 이해를 중시하여 학습 곤란 원인의 대부분을 학생 스스로에 의한 것으로 귀인한다는 것을 알 수 있다.

셋째, ‘전기회로’ 단원의 수업 곤란 원인 중 교사와 학생이 가장 큰 차이를 보인 것은 실험 환경 요인이었다. 실험 활동이 많은 단원 특성상 학생 요인을 제외하고, 교사들은 실험에 대한 교수 곤란을 크게 느끼고 있었다. 기구가 제대로 작동하지 않거나, 실험 결과가 예상과 같지 않을 경우에 대한 심적 부담이 컸으며, 특히 사전 실험을 했어도 전기 부품의 내부 저항 증가 등으로 인해 갑자기 되지 않는 경우가 많다고 하였다. 하지만 학생들은 이러한 요인을 큰 곤란으로 여기지 않아, 학습 곤란 사례 중 실험 환경과 관련된 요인은 가장 낮은 비율을 차지하고 있었다. 학생들은 실험을 직접 해보는 것만으로도 수업 흥미도가 높아졌으며, 실패했다라도 다른 모둠이나 동영상 등을 통해 성공적인 결과를 보거나, 내용 정리가 잘 될 경우 실험에서의 실패를 잘 기억하지 않았다.

넷째, ‘전기회로’ 단원에서 학생들은 새로운 용어, 헷갈리는 개념이나 표현에 큰 학습 곤란을 느낀다.

차시 간의 교수 곤란도와 학습 곤란도를 비교했을 때 교수 곤란도는 높지 않으나, 학습 곤란도는 높은 편에 속하는 차시는 2차시 ‘전구에 불이 켜지는 조건’과 5차시 ‘전구의 연결 방법에 따른 전구의 밝기 비교’, 6차시 ‘전기회로도 그리기’이다. 곤란 원인을 통해 그 특징을 살펴보면 2차시에는 처음 접하는 전기 개념과 용어들의 사용에 ‘어렵다’, ‘헷갈린다’ 등의 표현을 많이 했고, 5차시에는 ‘직렬’과 ‘병렬’의 뜻과 전구의 연결 구분에 곤란을 느끼며, 많은 학생들이 이전 차시인 ‘전지의 연결’ 결과와 헷갈려 했다. 6차시 ‘전기회로도 그리기’에서는 전기 부품의 기호들의 세세한 부분에 대해(전지의 극, 스위치의 방향 등) 정확하게 그리는 것을 부담스러워 했다. 하지만 학생들의 이러한 곤란 요인들은 학생 수준에서 가장 기본적으로 해결되어야 함에도 불구하고, 차시 목표 내용에는 드러나지 않기



때문에 교사들이 잘 인식하지 못했다.

다섯째, 교사들이 가장 큰 곤란을 느낄 때에는 그 원인이 교과서·교육과정 요인에 있을 때였다. 7차시 ‘전류가 흐르는 방향’은 교수 곤란도가 가장 높았으며, 다른 차시에 비해 교과서·교육과정 요인으로 인한 곤란의 비율이 월등히 높다는 특성을 지니고 있다. 교사들은 과제의 전환과 실험 활동의 구성이 적절하지 않은 경우, 수업 목표 달성에 곤란을 느꼈으며, 다른 요인에 비해 곤란을 해결하기 위한 노력 사례 수 또한 적었다.

## 2. 제언

‘전기회로’ 단원의 학습내용과 각 차시 수업에서 교사와 학생이 겪는 교수·학습 곤란도와 곤란원인 분석을 통해 다음을 제언할 수 있다.

첫째, 학생들이 새롭게 접하는 과학 용어와 과학적 표현들에 대한 언어적 설명이 필요함을 교사가 인식해야 한다. ‘전기’는 일상에서 늘 접하는 소재이지만, 교과서에 나오는 용어들은 처음 접하게 되는 것이 많다. 학생들의 수준에서 이러한 용어의 의미를 몰라 곤란을 느끼거나 헷갈려 했고, 성취도 검사의 서술형 문항에서도 용어를 잘못 쓰는 경우가 많았다. 과학과에서 쓰이는 용어는 일상용어가 아닌 경우가 많기 때문에, 그 의미(한자로 이루어진 경우 한자의 뜻)와 표현을 설명해 주며, 학생들의 개념 이해를 돕고, 모르는 단어에서 오는 학습 부담을 줄이는 것이 좋을 것이다.

둘째, 개념의 이해를 더해줄 수 있는 학생 수준의 자료 구안이 필요하다. 전구에 불이 켜지는 이유, 전구의 연결 방법에 따른 불의 밝기 비교, 전류가 흐르는 방향 등 비유적인 표현으로 교사가 가르치다 보면 한계가 있고, 오개념이 심어질 수 있다. 교사는 설명하는 수준과 방법을 결정하는 것에 곤란을 느끼고, 학생들은 결과만을 외우는 것에 곤란을 느끼게 되며, 후속되는 관련 개념들 또한 헷갈리게 된다. 학생 수준에서 전기개념을 과학적으로 습득할 수 있는 삽화나 동영상 자료가 마련되어야 할 것이다.

셋째, 실험 활동의 개선을 위한 후속 연구가 필요하다. 실험 환경 요소로는 전기 부품의 오작동에 대비하여 더 좋은 실험 도구는 없는지, 지도서에 언급된 대로 전류계를 이용하여 사전에 미리 측정해 보는 것이 교수 곤란을 줄일 수 있는지 등에 대

한 연구가 필요하다. 또한 실험 후 결과를 일반화하여 개념을 도입하는 순환학습 모형의 실험활동을 벗어나 다른 과학교육 모형으로 재구성해 보거나, 수업목표 달성에 더욱 효과적인 실험 활동에 대한 연구를 통해 실험에 대한 불안 요소를 줄이도록 해야 할 것이다.

넷째, ‘전기회로’ 단원의 수업 곤란을 해결하기 위한 교사의 노력에 대해 체계적으로 조사할 필요가 있다. 이러한 조사는 일반적으로 교사가 어떤 분야를 더욱 의식하여 노력을 하게 되는지를 알고, 과학 교수에서 지원이 필요한 부분을 알아내기 위함이다. 더불어 PCK의 특징 중 하나가 수업 경험에 의해 계속적으로 축적되고 수정되어 해당 주제에 적합한 교수 지식을 쌓는 것인데, ‘전기회로’ 단원을 잘 가르치기 위해 현장에서 적용되는 교사들의 실제적 노력과 교수 방법이 무엇인지를 알게 된다면 교사간의 교수 격차를 줄이고, 앞으로의 전기관련 단원 수업에 유의미한 PCK를 확장할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Crosgrave, M. & Osborne, R (1985). A teaching sequence on electric current. In R. Osborne and P. Freyberg (Eds). *Learning in science*. London: Heinemann.
- Education Science Technology Department (2011). A guide for teaching and learning of elementary science text book 5-1 [초등학교 교사용 지도서 과학 5-1], Seoul: KumSeongchulpansa.
- Ham, J. (2006). Difficulty in science teaching of primary school teachers in the material areas and their factors. Master's Thesis of Graduate School of Education in Dae-gu National University of Education.
- Jung, H. (2003). A study on the degree of difficulty in the elementary school science teaching and learning. Master's Thesis of Graduate School of Education in Seoul National University of Education.
- Jung, H. (2011). An analysis on the teaching and learning difficulties in elementary school science class on the chapter titled "Speed of Objects". Master's Thesis of Graduate School of Education in Seoul National University of Education.
- Kim, B. & Kwon, J. (1995). The influence of types of scientific concepts and the patterns of cognitive conflict on the change of students conceptions. *Journal of Korean Association for Science Education*, 15(4), 472-

486.

- Kim, E., Sim, J., Jeong, B. & Jeong, Y. (1999). Analysis and suggestions for elementary textbooks based on the elementary students' understanding of electric circuit. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 19(4), 570-584.
- Kim, H. & Lee, B. (2006). Why do secondary students perceive physics is uninteresting and difficult? *Journal of Sae Mulli in The Korean Physical Society*, 52(6), 521-529.
- Kim, J. (2009). Research of teachers and students' recognition about difficulties in elementary school senior science classes. Master's Thesis of Graduate School of Education in Korean National University of Education.
- Kim, O. (2006). Characteristics of good science class from elementary school teacher's points of view. Master's Thesis of Graduate School of Education in Korean National University of Education.
- Kwak, J. (2009). The analysis of the teachers' and students' views about the difficulties on geology units in elementary school science. Master's Thesis of Graduate School of Education in Korean National University of Education.
- Kwak, Y. & Chio, S. (2007). The research on pedagogical content knowledge in science teaching. Seoul: Korea Institute of Curriculum & Evaluation. PRI 2007 3-3.
- Lee, S., Hong, J., Shin Y., Choi, J. & Lee, I. (2007). Difficulties experienced by elementary school teachers in science classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Park, J. (2012). A survey of elementary-students' concepts about electric circuits. *Journal of Sae Mulli in The Korean Physical Society*, 62(8), 848-855.
- Ryu, S. (2009). The solidity of elementary school student's concept of electricity. Master's Thesis of Graduate School of Education in Kongju National University of Education.
- Sergiovani, T. J. & Starratt, R. J. (1983). *Supervision: A redefinition*(6th ed). Boston: Mc Graw Hill.
- Shipstone, D. M., Jung, W., Karrqvist, C. & Johsua, S. (1998). A study of student's understandings of electric circuits. *International Journal of Science Education*, 19(3), 303-316.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.