

# 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 이해도

현동걸 · 신애경

(제주대학교)

## The Elementary School Teachers' Understandings about the Characteristics of Currents according to the Connection Methods of Batteries in Simple Electric Circuits

Hyun, Dong-Geul · Shin, Ae-Kyung

(Jeju National University)

### ABSTRACT

The 96 elementary school teachers' the degrees of understandings about the characteristics of the currents according to the connection methods of batteries in simple electric circuits were investigated. In this study, the concepts on the characteristics of currents according to the connection methods of batteries were divided 'the learned concepts' and 'the differentiated concepts'. The characteristics of the currents in the region of the larger resistance of load than the internal resistance of a battery were called the learned concepts, they are taught in the science curriculum. While the characteristics of the currents in the region of the smaller resistance of load than the internal resistance of a battery were called the differentiated concepts, they are not exposed clearly in the science curriculum. The results obtained in this study are as follows: The average score related to the learned concepts was relatively high, while the degree of the teachers' cognitions of the internal resistance of a battery and the resistance of wires were low. Also the average score related to the differentiated concepts was very low because it seems so new to the elementary school teachers. It strongly suggests that the elementary school teachers did not understand meaningfully the characteristics of the currents related to the connections of batteries on the ground of the cognitions of the internal resistances of batteries and the resistances of loads in simple electric circuits. Hence, they might experience difficulties due to the problems occurred in relation to the connections of batteries in the elementary school science lessons.

**Key words :** elementary school teachers, learned concepts, differentiated concepts, current, battery, connection method of batteries, internal resistance of a battery, resistance of load

### I. 서 론

초등학교 과학과 교육과정에서는 과학의 기초적인 현상들과 기본적인 개념들만을 다루지만, 초등교사들은 이들을 복합적인 개념체계와 관련지을 수 있을 정도로 과학지식을 깊이 있게 갖추어야 한다(Jeong & Hong, 2004). 일반적으로 과학교사가 과

학지식이 부족할 때 과학교육학 지식의 발달에 상당한 저해가 될 뿐만 아니라(Cho *et al.*, 2008; Lim, 2003), 학생들이 과학지식의 습득에도 도움이 될 수 없다(Lim & Choi, 1999; Tobin & Garnett, 1988). 특히 초등교사들이 과학과 실험수업에서 겪는 가장 주된 어려움은 관련 과학 내용에 대한 지식이 불충분하다는 것이다(Cho *et al.*, 2008; Choi & Noh, 2008;

이 논문은 2014학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음.

2014.4.9(접수), 2014.5.12(1심통과), 2014.5.16(최종통과)

E-mail: akshin@jeju.ac.kr(신애경)

Harlen, 1997; Harlen & Holroyd, 1997; Jeong, 2005; Kang *et al.*, 2009; Kim, 2007; Kruger & Summers, 1988; Lee *et al.*, 2007; Lim *et al.*, 2010; McDermott, 1976; Yoon, 2008).

초등교사들이 과학 실험수업에서 겪는 많은 어려움들 중에서 전기와 관련하여 발생하는 문제들이 큰 비중을 차지한다. 초등교사들이 전기 관련 실험수업에서 겪는 어려움의 문제들로서는 전지의 연결에 관련된 실험에서 실험 결과가 ‘예상과는 다르게’, ‘명확하지 않게’, ‘이론과 다르게’ 등으로 나타나는 현상이 발생한다는 것이며(Back *et al.*, 2005; Kang, 2004; Park & Hyun, 2014; Park & Kim, 1996), 이러한 문제들이 발생하는 경우 초등교사들이 관련 과학지식의 부족으로 인하여 적절히 대처하지 못한다는 것이다(Lee *et al.*, 2007; Yoon, 2008).

우리나라의 과학과 교육과정에서 전지가 전기회로에 에너지를 공급하는 중요한 전기회로의 구성 요소임에도 불구하고, 적절하게 다루어지지 않음으로서 많은 문제를 발생하게 한다는 지적이 있다(Kim, 2009). 전기나 자기 관련 실험수업에서 발생하는 여러 문제들은 전기회로에 전력원으로 사용하는 전지의 내부저항과 부하저항을 제대로 인식하지 못하거나, 전지의 내부저항을 간과함으로써 인하여 발생하고 있으며, 또한 이는 초등교사들이나 학생들에게 오개념을 갖게 하는 원인이 되고 있다(Choi & Hong, 2006; Kim, 1997).

최근 전력원으로 전지들을 직렬 또는 병렬로 연결한 전기회로에 흐르는 전류는 전지의 연결방식이거나 연결하는 전지의 수뿐만 아니라, 전지 내부저항의 크기와 부하저항의 크기, 그리고 그들의 상대적 크기에 의하여 결정된다는 Hyun(2010)의 연구결과가 있다. 이것은 고등학교 과학과 교육과정에서 다루어지는 전지들의 직렬연결과 병렬연결 전기회로의 전류 관계식을 전지의 내부저항과 부하저항의 상대적인 크기에 연관하여 설명한 전지의 연결에 대한 개념의 체계화이고, 상세화이며, 일반화인 것으로 다음과 같이 네 가지로 요약할 수 있다. (a) 전지의 직렬연결이나 병렬연결 전기회로에 최대를 흐를 수 있는 한계전류(limit current)가 존재한다. 즉, 전지의 직렬연결 전기회로에서는 전지의 내부저항( $r[\Omega]$ )에 대한 전지의 기전력( $E[V]$ )의 비율로 나타내는 크기의 한계전류( $I_{LS} = E/r[A]$ )가 존재하며, 전지의 병렬연결 전기회로에서는 부하저

항( $R[\Omega]$ )에 대한 전지의 기전력( $E[V]$ )의 비율로 나타내는 크기의 한계전류( $I_{LP} = E/R[A]$ )가 존재한다. (b) 전기회로를 구성하는 부하저항의 크기가 전지의 내부저항의 크기보다 큰 경우( $R > r$ ), 전지의 직렬연결 전기회로에서는 직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전기회로에 흐르는 전류의 크기가 증가하면서 전지의 직렬연결 전기회로의 한계전류의 크기( $I_{LS} = E/r[A]$ )에 느리게 수렴하며, 병렬연결에서는 전지의 수가 증가할수록 전류의 크기가 증가하면서 전지의 병렬연결 전기회로의 한계전류의 크기( $I_{LP} = E/R[A]$ )에 빠르게 수렴하여 거의 일정해진다는 것이다. 그러나 (c) 부하저항의 크기가 전지의 내부저항의 크기보다 작은 경우( $R < r$ ), 전지의 직렬연결 전기회로에서는 직렬로 연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류의 크기가 증가하며, 전지의 직렬연결 전기회로의 한계전류의 크기( $I_{LS} = E/r[A]$ )에 빠르게 수렴하여 거의 일정해지며, 전지의 병렬연결 전기회로에서는 병렬연결하는 전지의 수가 증가할수록, 같은 수의 전지를 직렬연결한 전기회로의 전류의 크기보다 더 큰 전류의 크기인 전지의 병렬연결 전기회로의 한계전류의 크기( $I_{LP} = E/R[A]$ )에 수렴한다는 것이다. 그리고 (d) 부하저항의 크기가 전지의 내부저항의 크기와 같을 경우( $R = r$ )에는 같은 수의 전지를 직렬연결한 전기회로의 전류의 크기와 전지의 병렬연결 전기회로의 전류의 크기가 서로 같다는 것이다.

이러한 Hyun(2010)의 연구결과는 지금까지 과학과 교육과정에서 학습되어야 할 전지의 연결에 대한 과학적 개념들(Chae *et al.*, 2003; Jang *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2002; Minister of Education and Human Resources Development, 2001), 즉 ‘전지의 직렬연결 전기회로에서 연결하는 전지의 수가 증가할수록 부하저항에 흐르는 전류가 증가하며, 전지의 병렬연결 전기회로에서는 부하저항에 흐르는 전류는 연결하는 전지의 수에 관계없이 거의 일정하다’는 것과 다른 면이 있다. 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 경우( $R > r$ )는 지금까지 과학과 교육과정에서 학습되어야 할 전지의 연결에 대한 과학적 개념들과 같지만, 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 경우( $R < r$ )에는 ‘전지의 직렬연결 전기회로에서 연결하는 전지의 수가 증가하여도 부하저항에 흐르는 전류는 거의 일정하다. 그리고 전지의 병렬연결 전기회로에서는 연결하는 전지의 수가 증가

할수록 부하저항에 흐르는 전류가 증가하며, 그 전류의 크기는 전지를 직렬연결하였을 때 부하저항에 흐르는 전류의 크기보다 훨씬 크다'는 것으로, 부하저항의 크기가 전지의 내부저항의 크기보다 작은 영역에서는 지금까지 과학과 교육과정에서 학습되어야 할 전지의 연결에 대한 과학적 개념들과는 상반된 것이다(Hyun & Park, 2014; Park & Hyun, 2014).

이 연구의 효율적인 전개를 위하여 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역에서의 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 개념들은 과학과 교육과정에서 학습되어지는 개념들과 같으므로, 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 '학습개념(learned concept)'이라고 정의할 것이며, 부하저항이 전지의 내부저항보다 작을 경우, 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성들은 과학과 교육과정에서 학습되어지는 개념과는 상반되므로 이들에 대한 개념은 '분화개념(differentiated concept: Cho, 2007)'라고 정의할 것이다. 실제 초등학교 과학과 교육과정의 전류의 자기작용 관련 단원에서 발생하는 문제들은 학습개념과 분화개념에 대한 지식을 바탕으로 이해하고 해결할 수 있다(Hyun, 2010; Hyun & Park, 2014; Park & Hyun, 2014). 그리고 이 연구에서는 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 학습개념과 분화개념을 포함하는 개념을 '확장개념(extended concept)'이라고 정의할 것이다.

전기회로에서 전류의 특성을 이해하기 위해서는 전기회로를 구성하는 전기부품들의 저항에 대한 인식이 전제되어야 한다. 특히 전지를 전력원으로 사용하는 전기회로에서 전류의 특성을 보다 정확히 이해하기 위해서는 부하저항의 크기는 물론, 전지의 내부저항의 크기까지 고려해야 한다는 것이다(Hyun, 2010; Park & Hyun, 2014). 이러한 견지에서 우선 저항에 대한 초등교사들의 인식을 조사하고, 이를 근거로 전지들을 직렬연결 또는 병렬연결하여 전력원으로 사용하는 전기회로에서의 전류의 특성에 대한 이해 정도를 조사하는 것이 이 연구의 목적이라 할 수 있다. 보다 자세하게는 부하저항으로서 전구 또는 전선, 전력원으로서 여러 개의 전지들을 직렬연결 또는 병렬연결하여 구성된 단순 전기회로에서, 초등교사들이 부하저항과 전지의 내부저항에 대한 인식 정도를 조사하고 분석하는 것이다. 그리고 이를 바탕으로 부하저항이 전지의 내

부저항보다 큰 경우의 전기회로의 전류의 특성에 대한 초등교사들의 이해도, 즉 전지의 연결에 대한 학습개념의 이해도를 조사하여 분석하는 것이다. 또 한편으로는 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 경우의 전기회로의 전류의 특성에 대한 초등교사들의 이해도를 조사하고 분석하여, 앞으로의 전기와 자기 관련 과학교육의 수업 전문성 향상을 위한 교사교육용 프로그램 개발과 새로운 과학 교과서 개발 등에 시사점을 제공하는 것이다.

## II. 연구방법 및 절차

### 1. 연구대상

전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 이해도를 조사하기 위해 K교육대학원 초등교사 73명과 J시에 소재한 H초등학교 초등교사 23명 총 96명에게 이 연구에서 개발한 검사도구를 투입하였다. 연구대상인 96명의 초등교사들 중 남자는 43명으로 45%이며, 여자는 53명으로 55%이었다.

### 2. 검사도구

#### 1) 개발 및 분석

전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 이해도를 조사하기 위하여 전지의 연결방법에 따른 내부저항과 부하저항의 상대적 크기와 전류의 특성에 대한 Hyun(2010)의 연구결과를 분석하였다. 그리고 Kang *et al.*(2012)은 이 연구를 위한 기초 연구로서 초등학교 과학과 교과서에 제시된 전지, 전구, 집게전선, 에나멜선 등을 사용하여 전기회로를 구성하여 실험적으로 Hyun(2010)의 연구결과가 타당함을 검증하였다. 그리고 이를 바탕으로 Table 1에서 보여주는 전지의 내부저항, 부하저항, 전지의 직렬연결 또는 병렬연결 전류에 관련된 검사도구를 개발하였고, 총 12개의 문항으로 구성하였다.

개발된 검사도구에 대하여 물리교육 전문가 3인과 과학교육 전문가 4인 등 총 7명이 내용 타당도를 검증하였으며, 이를 통해 문항들을 수정하고 보완하였다. 그리고 예비검사로써 J시 소재 교육대학 예비교사 80명을 대상으로 검사도구를 투입하고, 검사 후 검사도구의 신뢰도, 기초자료 작성 내용,

문항의 기술방법을 고려하여 문항을 수정하고 보완하였다. 본검사 실시 후 점수, 문항별 응답결과, 문항별 내용에 대한 이해도를 분석하였다.

2) 내용

전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 확장개념에 대한 초등교사들의 이해도를 조사하기 위한 검사도구는 Table 1에서와 같이 ‘저항에 대한 인식 영역’과 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 이해도와 관련하여 ‘부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역’과 ‘부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역’ 이상 3가지 영역으로 구성되었다. 저항에 대한 인식 영역은 ‘전지의 내부저항 인

식’ 그리고 ‘전선의 저항 인식’을 묻는 두 개의 문항으로 구성하였다. ‘부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역’과 ‘부하저항이 내부저항보다 작은 영역’에서는 전지의 직렬연결과 병렬연결시 전류의 크기를 비교하는 문항들로 구성하였다. 구성된 문항들 중 현행 과학과 교육과정에서 다루어지는 학습개념으로 해결할 수 있는 문항은 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11번 문항으로 7개의 문항이며, 이 문항들은 Table 1의 저항에 대한 인식과 학습개념에 해당한다. 분화개념으로 해결해야 하는 문항은 4, 6, 8, 10, 12번 문항으로 5개의 문항이다.

이 연구에서 개발된 검사도구는 과학과 교육과정에서 다루는 개념으로 해결할 수 있는 ‘저항에

**Table 1.** The composition of the questionnaire for the concepts of the characteristics of the currents according to the connection methods of batteries in simple electric circuits

Content of question	Connection method	No	Type of question	Note
<b>The region of resistance cognition</b>				
The cognition of the internal resistance of a battery		1	Descriptive	Resistance
The cognition of the resistance of electric wire		2	Multiple-choice	Resistance
<b>The region of the larger resistance of load than the internal resistance of a battery</b>				
The comparison of the magnitudes of the currents in the electric circuit with one battery and the electric circuit with two batteries in series connections	Series	3	Multiple-choice	Learned concept
The comparison of the magnitudes of the currents in the electric circuit with one battery and the electric circuit with two batteries in parallel connection	Parallel	5	Multiple choice	Learned concept
The magnitudes of the currents of the electric circuits with more than three batteries in series connection	Series	7	Multiple-choice	Learned concept
The magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in parallel connection	Parallel	9	Multiple-choice	Learned concept
The comparison of the magnitudes in the currents of the electric circuit with two batteries in series connection and the electric circuit with two batteries in parallel connection	Series/Parallel	11	Multiple-choice	Learned concept
<b>The region of the smaller resistance of load than the internal resistance of a battery</b>				
The comparison of the magnitudes of the currents of the electric circuit with two batteries in series connection and the electric circuit with two batteries in parallel connection	Series	4	Multiple-choice	Differentiated concept
The comparison of the magnitudes of the currents of the electric circuit with one battery and the electric circuit with two batteries in parallel connection	Parallel	6	Multiple-choice	Differentiated concept
The magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in series connection	Series	8	Multiple-choice	Differentiated concept
The magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in parallel connection	Parallel	10	Multiple-choice	Differentiated concept
The comparison of the magnitudes of the currents in the electric circuit with two batteries in series connection and the electric circuit with two batteries in parallel connection	Series/Parallel	12	Multiple-choice	Differentiated concept

대한 인식과 학습개념에 대한 이해도'와 '분화개념에 대한 이해도'를 검사하는 것이 목적이므로 전체 문항들에 대한 신뢰도를 구하는 것은 의미가 없다고 판단하였다. 그래서 전체 문항을 '저항에 대한 인식과 학습개념'에 해당하는 문항들과 '분화개념'에 해당하는 문항들로 구분하여 신뢰도를 분석하였다. 저항에 대한 인식과 학습개념에 해당하는 문항들의 신뢰도는 Cronbach  $\alpha$ 가 0.68이었고, 분화개념에 해당하는 문항들의 신뢰도는 Cronbach  $\alpha$ 가 0.77이었다. 또한 1번 문항은 같은 전기소자로 구성된 전기회로에서 전구 밝기의 차이에 대한 원인으로 전지의 내부저항을 인식하는지를 알아보기 위한 서술형 문항이었으므로 신뢰도 분석과 점수합계에서는 제외하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 이해도 분석

전지의 연결방법에 따른 전류의 특성 검사에서 초등교사들이 얻은 점수들에 대한 빈도를 분석한 결과는 Table 2와 같았다. 11점의 만점 중 4점을 맞은 교사는 53명(55.2%)으로 가장 많았고, 5점을 맞은 교사는 27명(28.1%)으로 두 번째로 많았다.

교사들의 평균점수가 4.5점으로 그리 높지 않다. Table 1의 학습개념인 2번과 7번 문항을 제외한 3, 5, 9, 11번 문항들에 대한 정답률은 아주 높은 반면, 분화개념을 사용하여 해결할 수 있는 4, 6, 8, 10, 12

**Table 2.** The frequency of the scores of the elementary school teachers' understandings about the concepts of the characteristics of currents according to the connection methods of batteries in simple electric circuits

Score*	Frequency	Percent(%)
11~10	0	0.0
9~8	0	0.0
7~6	12	12.5
5~4	80	83.3
3 and under	4	4.2
Sum	96	100.0
Average score	4.5	

\* Full marks: 11

번 문항들에 대한 정답률은 매우 낮았다. 이것은 학습개념에 대해서 초등교사들은 대체로 잘 이해하고 있으나, 분화개념에 대해서는 잘 이해하지 못하고 있다는 것을 의미한다. 이와 관련된 자세한 내용은 이후의 문항별 분석에서 살펴보겠다.

#### 2. 저항에 대한 인식 영역의 이해도

##### 1) 전지의 내부저항에 대한 인식

Table 3은 전지의 내부저항에 대한 초등교사들의 인식을 조사한 것으로, 규격이 같은 전지, 전구, 스위치, 그리고 연결전선으로 구성된 두 전기회로에서 스위치를 닫아 전류가 흐르는 상태에서 두 전구들의 밝기가 차이가 날 때, 그 이유에 대한 응답내용을 분석한 결과이다. 이 문항에 대한 응답은 복수응답을 허용하였다. 응답내용은 전지에 관련하여 응답하는 유형, 전구에 관련하여 응답하는 유형, 전류에 관련하여 응답하는 유형, 전선에 관련하여 응답하는 유형, 스위치에 관련하여 응답하는 유형, 불을 켜는 장소에 관련하여 응답하는 유형 등으로 분류하고 범주화 하였다.

두 전구들의 밝기가 차이가 나는 이유에 대하여 전지 관련 유형으로 응답한 빈도는 전체 빈도 119개 중 73개(61.3%)로 가장 많았고, 이들 중 '전지 수명의 차이'를 언급한 빈도(62개)가 가장 많았다. 전구 관련 유형으로 응답한 빈도수는 33개(27.7%)였고, 이 중 '전구의 수명의 차이'를 언급한 빈도(26개)가 가장 많았다.

같은 규격의 전기소자들로 구성된 두 전기회로에서 전구들의 밝기가 차이가 나는 이유에 대한 응답 빈도의 비율이 가장 높은 것은 전지 관련 유형이다. 이 유형에서 '전지의 수명의 차이'와 '전지의 내부저항의 차이'를 언급한다는 것은 전구들의 밝기 차이의 원인을 일차적으로 전지의 문제로 인식한다는 것으로 볼 수 있다(Jung, 2005; Kang, 2004; Kim, 2002; Park & Kim, 1996).

전지의 기전력인 경우, 개방회로인 상태에서 전지의 전압을 측정하는 것으로 전지의 사용시간에 관계없이 거의 일정하게 측정되므로, 사용할 수 있는 전지의 용량이나 전지에서 전기회로로 흐를 수 있는 전류의 크기 등을 결정하지는 못한다(Hyperphysics, 2012). 또한 전지의 수명은 전지의 용량, 전지의 방전 특성, 전지 내의 전해질의 종류, 전지를 사용하거나 보관

하는 환경의 온도 등에 의존하는 것으로 포괄적인 의미를 갖는다(Electropaedia, 2012). 그러나 전지의 내부저항이 전기회로에 흐를 수 있는 전류의 크기를 결정하는 요소로서, 전구의 밝기에 직접적인 영향을 준다는 관점에서 ‘전지의 내부저항’의 의미를 ‘전지의 수명’의 의미와는 다르게 해석해야 한다. 따라서 전기회로에 흐르는 전류와 관련하여 전지를 하나의 저항으로 즉, 전지의 내부저항을 인식하는 응답 빈도는 전체 응답 빈도 119개 중 5개로서 그 비율이 4.2%에 불과하다. 이것은 연구대상 초등교사의 대부분이 전지의 내부저항을 인식하지 못하고 있다는 것이다. 초등교사들이 전지의 내부저항을 인식하지 못한다는 것은 초등학교 과학과 교육과정에서 다루어지는 전기회로에서 전지의 내부저항을 고려하지 않음으로서 발생하는 문제들을 중심으로 초등교사들의 전지에 대한 이해도와 오개념을 분석한 Choi and Hong(2006)의 연구에서도 지적한 바가 있다.

2) 전선의 저항에 대한 인식

Table 4는 동일한 전기 소자로 구성된 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전구를, 그리고 다른 전기회로에는 전구 대신 2m 길이인 전선을 부가적으로 연결하고 스위치를 닫았을 때, 두 전기회로에 흐르는 전류의 크기를 비교하는 것이다. 부가적으로 연결된 전선(additional electric wire)을 부하저항으로 인식하는지와 전선을 부하저항으로 인식한다면 전구의 저항의 크기에 비하여 어느 정도의 크기로 인식하고 있는지에 대한 초등교사들의 응답내용을 분석한 결과이다.

Table 4의 전선의 저항 인식에 대한 응답 결과를 살펴보면, 두 전기회로의 전류들의 크기가 ‘비슷하다’라는 응답을 선택한 초등교사들은 39명(40.6%)으로 가장 많았고, ‘전구를 연결한 전기회로에서의 전류가 전선을 연결한 전기회로에서의 전류보다 더 작다’는 응답을 선택한 초등교사는 17명(17.7%)

**Table 3.** The types and contents of the responses to the question 1 about the difference in the brightness of two electric light bulbs

Type of response	Frequency	Percent(%)	Content of response	Frequency	Percent(%)
The type related to battery	73	61.3	The difference in the life times of batteries	62	52.1
			The difference in the electromotive forces of batteries	1	0.8
			The difference in the voltages of batteries	5	4.2
			The difference in the internal resistances of batteries*	5	4.2
The type related to electric light bulbs	33	27.7	The difference in the life times of electric light bulbs	26	21.8
			The difference in the resistances of filaments in electric light bulbs	7	5.9
The type related to current	6	5.0	The difference in the currents	6	5.0
The type related to electric wire	4	3.4	The difference in the resistances of electric wires	4	3.4
The type related to switch	2	1.7	The difference in the resistances of switches	2	1.7
The type related to place	1	0.8	The difference in the places to turn on the lights	1	0.8
Sum	119	100.0		119	100.0

\* : Correct response

**Table 4.** The results of the responses to the question 2 about the cognition of the resistance of electric wire

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitude of the current in the electric circuit composed of electric light bulb is larger than that in the electric circuit composed of additional electric wire.	14	14.6
The magnitude of the current in the electric circuit composed of electric light bulb is smaller than that in the electric circuit composed of additional electric wire.*	17	17.7
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are about the same.	39	40.6
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are not comparable.	26	27.1
Sum	96	100.0

\* : Correct response

이었다.

가장 응답 빈도가 높은 ‘전구를 연결한 전기회로에서와 전선을 연결한 전기회로에서 전류들이 크기는 비슷하다’는 응답을 선택한 초등교사들은 전선뿐만 아니라, 전구의 저항도 인식하지 못하고 있으며, 전지에서 항상 일정한 전류가 흘러나온다는 비과학적인 개념을 지니고 있다고 할 수 있다(Chu & Lee, 2005; Cohen *et al.*, 1983; Heller & Fineley, 1992; Kim *et al.*, 1990; Küçüközer & Demirci, 2008; Moon & Kwon, 1991; Pardhan & Bano, 2001).

### 3. 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역의 이해도

#### 1) 단일전지와 전지 2개의 직렬연결 전기회로에서 전류의 크기 비교

Table 5는 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역으로, 전구를 부하저항으로 사용하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 1개를, 그리고 다른 전기회로에는 전지 2개를 직렬연결하고 스위치를 닫았을 때, 두 전기회로에서 흐르는 전류들의 특성에 대한 초등교사들의 응답내용을 분석한 결과이다.

과학과 교육과정에서 요구하는 ‘2개의 전지가 직렬연결된 전기회로의 전구에 흐르는 전류가 단일 전지의 전기회로의 전구에 흐르는 전류보다 크다’, 즉 ‘단일전지 전기회로에서 흐르는 전류가 전지 2개의 직렬연결 전기회로에서 흐르는 전류보다 작다’는 응답을 선택한 빈도는 연구대상자 96명 중 대부분인 82명이며, 그 비율은 85.4%로 높다. 이 응답의 선택 빈도가 높은 이유는 3번 문항의 단일전

지 전기회로나 전지 2개 직렬연결 전기회로에 연결한 전구가 부하저항으로 그 크기가 전지의 내부저항보다 훨씬 크므로 전지의 내부저항이나 부하저항인 전구의 저항에 대한 인식이 없이도 ‘전지를 직렬연결한 전지의 수가 많아질수록 전류가 커진다’는 전지의 직렬연결에 따른 전류의 특성에 대한 학습개념으로 해결할 수 있기 때문이다.

‘단일전지 전기회로에 흐르는 전류가 전지 2개를 직렬연결한 전기회로에서의 전류보다 크다’는 응답을 선택한 비율이 4.2%인 4명의 초등교사들은 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 개념을 저항의 직렬연결에 따른 전류의 특성에 대한 개념으로 잘못 적용하고 있다. 또한 ‘단일전지 전기회로에 흐르는 전류와 전지 2개를 직렬연결한 전기회로에 흐르는 전류는 비슷하다’는 응답을 선택한 비율이 10.4%인 10명의 초등교사들은 전지의 직렬연결에 따른 전류의 특성에 대한 개념과 전지의 병렬연결에 따른 전류의 특성에 대한 개념을 서로 바꾸어 적용하는 혼동을 하고 있다.

#### 2) 단일전지와 전지 2개의 병렬연결 전기회로에서 전류의 크기 비교

Table 6은 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역으로, 전구를 부하저항으로 사용하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 1개를, 그리고 다른 전기회로에는 전지 2개를 병렬연결하고 스위치를 닫았을 때, 두 전기회로에서 흐르는 전류들의 특성에 대한 초등교사들의 응답내용을 분석한 결과이다.

‘단일전지 전기회로에 흐르는 전류와 전지 2개의 병렬연결 전기회로에 흐르는 전류가 비슷하다’는

**Table 5.** The results of the responses to the question 3 about the comparison of the magnitudes of the currents in the electric circuits with one battery and with two batteries in series connection in the region of the larger resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitude of the current in the electric circuit with one battery is larger than that in the electric circuit with two batteries in series connection.	4	4.2
The magnitude of the current in the electric circuit with one battery is smaller than that in the electric circuit with two batteries in series connection.*	82	85.4
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are about the same.	10	10.4
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are not comparable.	0	0.0
Sum	96	100.0

\* : Correct response

**Table 6.** The results of the responses to the question 5 about the comparison of the magnitudes of the currents in the electric circuits with one battery and with two batteries in parallel connection in the region of the larger resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitude of the current in the electric circuit with one battery is larger than that in the electric circuit with two batteries in parallel connection.	0	0.0
The magnitude of the current in the electric circuit with one battery is smaller than that in the electric circuit with two batteries in parallel connection.	7	7.3
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are about the same.*	89	92.7
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are not comparable.	0	0.0
Sum	96	100.0

\* : Correct response

응답을 선택한 초등교사들은 89명(92.7%)으로 빈도가 가장 높았다. 이것은 우리나라의 초등학교 과학과 교육과정에서 ‘전지 2개를 병렬로 연결하여 불을 켜올 때 전구의 밝기는 전지 한 개로 불을 켜올 때 전구의 밝기와 같다’라고 전구의 밝기를 통하여 전지의 병렬연결에 따른 전류의 특성에 대한 개념을 학습하도록 하는 것을 감안할 때, 과학과 교육과정에서의 과학적 개념이라고 할 수 있으며, 초등교사들의 전지의 병렬연결에 대한 이해도 역시 높다고 할 수 있다.

### 3) 3개 이상의 전지를 직렬연결하는 전기회로에서 전류의 크기

Table 7은 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역으로, 전구를 부하저항으로 사용하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 1개를, 그리고 다른 한 전기회로에는 3개 이상의 전지들을 하나씩 직렬로 추가 연결하여 스위치를 닫았을 때, 단일전지의 전기회로에 흐르는 전류와 직렬연결하

는 전지의 수에 따라 전기회로에 흐르는 전류에 대한 초등교사들의 응답내용을 분석한 결과이다.

전기회로에 흐르는 전류는 ‘직렬연결하는 전지의 수에 비례하여 커진다’라는 응답을 선택한 초등교사의 빈도가 41명(42.7%)으로 가장 높았다. 그리고 ‘직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 비례하지는 않지만 커진다’는 응답의 빈도는 12명(12.5%)였으며, ‘직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지면서 한계전류에 수렴한다’라는 응답의 빈도는 34명(35.4%)으로, 연구대상 중 90% 이상인 87명의 초등교사들이 전지를 직렬로 연결할수록 전류가 커지는 것으로 이해하고 있다. 그러나 87명 중 약 55%인 53명의 초등교사들은 전지를 직렬로 연결할수록 전지의 수에 비례하여 전류가 커지거나 비례하지는 않지만 커지는 것으로 이해하고 있다.

‘직렬연결하는 전지의 수에 비례하여 전류가 커진다’는 응답을 선택한 초등교사들의 경우, 전지의 내부저항이나 부하저항에 관계없이 전지에서 일정한 전류가 흘러나온다는 생각을 하고 있다(Chu & Lee,

**Table 7.** The results of the responses to the question 7 about the magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in series connection in the region of the larger resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase in proportion to the number of batteries in series connection.	41	42.7
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase, but do not increase in proportion to the number of batteries in series connection.	12	12.5
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase along with the number of batteries in series connection, and approach the magnitude of a limit current.*	34	35.4
The magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in series connection is about the same as that in the electric circuit with one battery.	9	9.4
Sum	96	100.0

\* : Correct response

2005; Cohen *et al.*, 1983; Heller & Fineley, 1992; Kim *et al.*, 1990; Küçüközer & Demirci, 2008; Moon & Kwon, 1991; Pardhan & Bano, 2001). 초등교사들의 이러한 이해의 배경에는 전지의 직렬연결과 관련하여 모호하게 기술된 과학과 교육과정이 있다. 초등학교 과학과 교육과정에서는 단일전지 전기회로의 전구의 밝기와 두 개의 전지만을 사용하여 구성된 직렬연결 전기회로의 전구의 밝기를 비교하여 ‘두 개의 전지를 직렬로 연결하여 전구에 불을 켜었을 때가 전지 한 개로 불을 켜었을 때보다 밝다’라고 현상론적이고 단편적으로 전지의 직렬연결에 대하여 서술하고 있다(Ministry of Education, 1986a, 1986b, 1995a, 1995b; Ministry of Education and Human Resources Development, 2002a, 2002b; Ministry of Education and Science Technology, 2007a, 2007b). 중학교 과학과 교육과정에서는 3개 이상의 전지들을 직렬연결하며, 이와 관련하여 ‘직렬로 연결하는 전지의 수에 따라 전류가 증가하며, 전구의 밝기는 전구에 흐르는 전류의 크기가 커질수록 증가한다’라고 서술하고 있으며, 전지의 수와 전구에 흐르는 전류가 비례관계를 실험적인 결과를 통해서 보여준다(Kang *et al.*, 2000a, 2000b; Lee *et al.*, 2002, 2007, 2009a, 2009b). 그러나 실제 그렇지 않다. 전구를 부하저항으로 사용하는 경우, 전구의 저항은 인가하는 전압에 따라 그 저항이 비선형적으로 증가함에 의하여 직렬로 연결하는 전지의 수를 증가시켜도 전류가 아주 느리게 비선형적으로 증가하며, 한계전류에 수렴한다는 것을 실험적으로나 이론적으로 확인할 수 있다(Hyun & Park, 2012).

고등학교 과학과 교육과정에서는 전지의 연결에 따른 전류의 특성을 전지의 내부저항과 부하저항에 관련하여 나타낸다. 전지를 직렬연결하면 전지의 수에 비례하는 기전력을 얻을 수 있지만, 전지들의 합성 내부저항도 전지의 수에 비례하여 커진다고 서술하고 있다(Chae *et al.*, 2010; Jang *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2010). 그러나 Hyun(2010)의 연구결과에 의하면 전지의 직렬연결 전기회로에 흐르는 전류는 직렬연결하는 전지의 수에 따라 무한히 증가하는 것이 아니라, 흐를 수 있는 한계전류가 존재한다는 것이다. 전지의 직렬연결에서 한계전류(the limited current in a series connection of batteries)는 전지의 내부저항의 크기에 대한 전지의 기전력의 크기의 비율로 결정되는 것으로, 동일한 내부저

항을 갖는 전지를 직렬연결한 전기회로에서는 부하저항의 크기에 관계없이 일정하다. 그리고 직렬연결하는 전지의 수가 증가함에 따라 이 한계전류에 수렴하며, 전지의 내부저항의 크기에 대한 부하저항의 크기의 비가 작을수록 한계전류에 빨리 수렴한다는 것이다(Hyun, 2010). 이것 또한 실험적으로 쉽게 확인할 수 있다.

‘직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지면서 한계전류에 수렴한다’라는 올바른 응답을 선택한 초등교사들은 96명 중 34명으로, 그 비율은 35.4%이다. 이 문항에서 정답을 선택한 34명의 초등교사 중 단일전지와 전지 2개의 직렬연결 전기회로에서 전류의 크기를 비교하는 문항 3번의 정답자는 32명이다. 따라서 이 문항의 정답자 중 거의 대부분은 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역에서 전지의 직렬연결시 전류의 특성에 대한 이해를 올바르게 하고 있음을 알 수 있다.

#### 4) 3개 이상의 전지를 병렬연결하는 전기회로에서 전류의 크기

Table 8은 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역으로, 전구를 부하저항으로 사용하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 1개를, 그리고 다른 한 전기회로에는 3개 이상의 전지들을 하나씩 병렬로 추가 연결하며 스위치를 닫았을 때, 단일전지의 전기회로에 흐르는 전류와 병렬연결하는 전지의 수에 따라 전기회로에 흐르는 전류에 대한 초등교사들의 응답내용을 분석한 결과이다.

과학과 교육과정에서 명시하는 전지의 병렬연결 전기회로에서 전류에 대한 개념을 설명하는 ‘병렬연결하는 전지의 수가 증가하여도 한 개의 전지일 때의 전류와 비슷하다’는 응답을 선택한 초등교사들은 85명(88.5%)으로 가장 많았다. 이들 모두는 단일전지와 전지 2개의 병렬연결 전기회로에서 전류의 크기를 비교하는 문항 5에서 정답을 선택했다. 따라서 이 문항의 정답자 전원은 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역에서 전지의 병렬연결시 전류의 특성에 대한 이해를 올바르게 하고 있음을 알 수 있다.

#### 5) 전지의 직렬연결과 병렬연결 전기회로에서 전류의 크기 비교

Table 9는 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰

**Table 8.** The results of the responses to the question 9 about the magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in parallel connection in the region of the larger resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase in proportion to the number of batteries in parallel connection.	4	4.2
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase, but do not increase in proportion to the number of batteries in parallel connection.	4	4.2
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase along with the number of batteries in parallel connection, and approach the magnitude of a limit current.	3	3.1
The magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in parallel connection is about the same as that in the electric circuit with one battery.*	85	88.5
Sum	96	100.0

\* : Correct response

**Table 9.** The results of the responses to the question 11 about the magnitudes of the currents in the electric circuits with two batteries in series connection and two batteries in parallel connection in the region of the larger resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitude of the current in the electric circuits with two batteries in series connection is larger than that in the electric circuits with two batteries in parallel connection.*	88	91.7
The magnitude of the current in the electric circuits with two batteries in series connection is smaller than that in the electric circuits with two batteries in parallel connection.	5	5.2
The magnitudes of the currents in the electric circuits with two batteries in series connection and two batteries in parallel connection are about the same.	3	3.1
The magnitudes of the currents in the electric circuits with two batteries in series connection and two batteries in parallel connection are not comparable.	0	0.0
Sum	96	100.0

\* : Correct response

영역으로, 전구를 부하저항으로 사용하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 2개를 직렬연결하고, 그리고 다른 전기회로에는 전지 2개를 병렬연결하여 스위치를 닫았을 때, 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기에 대한 초등교사들의 응답 내용을 분석한 결과이다.

‘전지의 직렬연결 전기회로의 전류가 전지의 병렬연결 전기회로의 전류보다 크다’는 응답을 선택한 초등교사의 빈도가 88명(91.7%)으로 가장 높았다. 이와 같은 응답은 과학과 교육과정에서 요구하는 응답으로, 이 응답을 선택한 초등교사들은 전지의 직렬연결 전기회로와 전지의 병렬연결 전기회로에서의 전류의 특성을 잘 이해한다고 할 수 있겠으나, 이는 초등학교 과학과 교육과정에 한정된다. 초등학교 과학과 교육과정에서 전지 두 개의 직렬연결과 병렬연결에서 전류의 크기 비교 실험을 할

때, 두 전기회로의 부하저항으로 전지의 내부저항보다 훨씬 큰 저항인 전구를 사용하고 있으며, 전류의 크기를 비교하는 기준을 전구 밝기에 두고 있기 때문이다. 왜냐하면, 초등교사들은 전지를 직렬연결한 전기회로에 흐르는 전류가 무조건적으로 전지를 병렬연결한 전기회로에 흐르는 전류보다 크다(Choi & Hong, 2006)는 제한된 지식을 가지고 있기 때문이다.

#### 4. 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역의 이해도

##### 1) 단일전지와 전지 2개의 직렬연결 전기회로에서 전류의 크기 비교

Table 10은 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역으로, 2m 길이의 전선을 부하저항으로 사용

**Table 10.** The results of the responses to the question 4 about the comparison of the magnitudes of the currents in the electric circuits with one battery and with two batteries in series connection in the region of the smaller resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitude of the current in the electric circuit with one battery is larger than that in the electric circuit with two batteries in series connection.	3	3.1
The magnitude of the current in the electric circuit with one battery is smaller than that in the electric circuit with two batteries in series connection.	80	83.3
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are about the same.*	10	10.4
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are not comparable.	3	3.1
Sum	96	100.0

\* : Correct response

하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 1개를, 그리고 다른 전기회로에는 전지 2개를 직렬연결하고 스위치를 닫았을 때, 두 전기회로에 흐르는 전류들의 특성에 대한 초등교사들의 응답 내용을 분석한 결과이다.

‘단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 직렬연결 전기회로의 전류보다 작다’는 응답을 선택한 초등교사들이 80명(83.3%)으로 가장 많았다. 그리고 ‘두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비슷하다’는 응답을 선택한 빈도는 10명(10.4%)이었다.

전지의 내부저항보다 작은 부하저항을 사용할 때, 전지의 직렬연결에 대한 학습개념을 나타내는 ‘단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 직렬연결 전기회로의 전류보다 작다’는 응답을 선택한 교사 80명 모두는 전지의 내부저항보다 큰 전구를 부하저항으로 사용한 경우의 전류의 특성을 묻는 문항 3에서도 ‘전지 2개의 직렬연결 전기회로에서의 전류가 단일전지 전기회로에서의 전류보다 크다’는 응답을 선택하였다. 이것은 이들 80명의 초등교사들은 전지의 내부저항이나 부하저항에 대한 인식

이 없으며, 직렬연결하는 전지의 수에만 초점을 맞추어 전지의 직렬연결의 개념을 이해하고 있다는 것이다.

## 2) 단일전지와 전지 2개의 병렬연결 전기회로에서 전류의 크기 비교

Table 11은 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역으로, 2m 길이의 전선을 부하저항으로 사용하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 1개를, 그리고 다른 전기회로에는 전지 2개를 병렬연결하고 스위치를 닫았을 때, 두 전기회로에 흐르는 전류들의 특성에 대한 초등교사들의 응답 내용을 분석한 결과이다.

‘두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비슷하다’는 응답을 선택한 빈도가 88명(91.7%)으로 가장 높았다. ‘단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 병렬연결 전기회로의 전류보다 작다’는 응답을 선택한 빈도는 7명(7.3%)이었다.

이 문항에서 ‘비슷하다’로 응답한 88명 중 87명은 전지의 내부저항보다 부하저항이 큰 문항 5에서

**Table 11.** The results of the responses to the question 6 about the comparison of the magnitudes of the currents in the electric circuits with one battery and with two batteries in parallel connection in the region of the smaller resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitude of the current in the electric circuit with one battery is larger than that in the electric circuit with two batteries in parallel connection.	0	0
The magnitude of the current in the electric circuit with one battery is smaller than that in the electric circuit with two batteries in parallel connection.*	7	7.3
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are about the same.	88	91.7
The magnitudes of the currents in the two electric circuits are not comparable.	1	1.0
Sum	96	100.0

\* : Correct response

도 ‘비슷하다’는 응답을 선택했다. 이것은 연구대상자들 중에서 대부분 초등교사들은 전지의 내부저항이나 부하저항에 대한 인식이 없이, 전지를 연결하는 방법에만 초점을 맞추어 전지의 병렬연결시 전류의 특성에 대한 개념을 이해하고 있다는 것을 알 수 있다.

### 3) 3개 이상 전지를 직렬연결하는 전기회로에서 전류의 크기 비교

Table 12는 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역으로, 2m 길이의 전선을 부하저항으로 사용하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 1개를, 그리고 다른 한 전기회로에는 3개 이상의 전지들을 하나씩 직렬로 추가 연결하며 스위치를 닫았을 때, 단일전지의 전기회로에 흐르는 전류와 직렬연결하는 전지의 수에 따라 전기회로에 흐르는 전류에 대한 초등교사들의 응답내용을 분석한 결과이다.

‘직렬연결하는 전지의 수에 비례하여 전류가 커진다’는 응답을 선택한 초등교사들의 수는 40명(41.7%)으로 가장 많았다. 그리고 ‘직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지면서 한계전류에 수렴한다’와 ‘직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류는 비례하지는 않지만 커진다’는 응답을 선택한 초등교사들의 수가 각각 29명과 11명으로, 96명의 초등교사들 중에서 83.3%인 80명의 초등교사들이 전지의 내부저항보다 부하저항이 작은 전기회로에서 직렬로 연결하는 전지의 수에 많아짐에 따라 전류가 커진다고 생각하고 있다.

‘직렬연결하는 전지의 수가 증가하여도 한 개의

전지일 때의 전류와 같다’는 응답을 선택한 초등교사는 16명(16.7%)이었다. 이들 16명의 초등교사들의 전선의 저항에 대한 인식 정도와 전지의 연결에 대한 학습개념의 이해도를 선행문항의 응답 결과를 통하여 살펴보면, 전선의 저항에 대한 인식이 없고 전지의 연결에 대한 오개념을 지닌 초등교사들이 7명, 전선의 저항의 크기는 인식하지 못하나 전선을 하나의 저항이라고 인식하고 있는 초등교사들이 3명이었다. 그리고 전구의 저항에 대하여 상대적으로 전선의 저항 크기를 인식하는 초등교사들이 6명이었으나, 이 중 1명은 전지의 연결에 대한 개념을 저항의 연결에 대한 개념으로 간주하는 오개념을 지닌 교사였다. 따라서 올바른 응답을 선택한 초등교사는 5명으로 초등교사 96명의 5.2%의 비율에 해당한다. 이들 5명의 초등교사들은 전지의 연결에 대한 학습개념이 적용되는 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역인 문항 7에서도 ‘직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지면서 한계전류에 수렴한다’라는 올바른 응답을 선택하였다.

### 4) 3개 이상 전지를 병렬연결하는 전기회로에서 전류의 크기

Table 13은 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역으로, 2m 길이의 전선을 부하저항으로 사용하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 1개를, 그리고 다른 한 전기회로에는 3개 이상의 전지들을 하나씩 병렬로 추가 연결하며 스위치를 닫았을 때, 단일전지의 전기회로에 흐르는 전류와 병렬 연결하는 전지의 수에 따라 전기회로에 흐르는 전류

**Table 12.** The results of the responses to the question 8 about the magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in series connection in the region of the smaller resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase in proportion to the number of batteries in series connection.	40	41.7
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase, but do not increase in proportion to the number of batteries in series connection.	11	11.5
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase along with the number of batteries in series connection, and approach the magnitude of a limit current.	29	30.1
The magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in series connection is about the same as that in the electric circuit with one battery.*	16	16.7
Sum	96	100.0

\* : Correct response

**Table 13.** The results of the responses to the question 10 about the magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in parallel connection in the region of the smaller resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase in proportion to the number of batteries in parallel connection.	4	4.2
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase, but do not increase in proportion to the number of batteries in parallel connection.	5	5.2
The magnitudes of the currents in the electric circuits increase along with the number of batteries in parallel connection, and approach the magnitude of a limit current.*	2	2.1
The magnitudes of the currents in the electric circuits with more than three batteries in parallel connection is about the same as that in the electric circuit with one battery.	85	88.5
Sum	96	100.0

\* : Correct response

에 대한 초등교사들의 응답내용을 분석한 결과이다.

‘병렬연결하는 전지의 수가 증가하여도 한 개의 전지일 때의 전류와 비슷하다’는 응답을 선택한 초등교사들의 수가 85명(88.5%)으로 가장 많았다. 그리고 ‘병렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지다가 한계전류에 수렴한다’는 올바른 응답을 선택한 초등교사들이 2명이었다.

전지의 내부저항보다 부하저항이 작은 전기회로에서 ‘비슷하다’는 응답을 선택한 85명의 초등교사들 중에서 81명이 전지의 내부저항보다 부하저항이 큰 문항 9의 응답에서도 같은 응답을 하였는데, 이들은 전지의 연결방법에만 의존하여 응답을 택하고 있음을 알 수 있다.

### 5) 전지의 직렬연결과 병렬연결 전기회로에서 전류의 크기 비교

Table 14는 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역으로, 2m 길이의 전선을 부하저항으로 사용하는 동일한 두 전기회로에서, 한 전기회로에는 전지 2개를 직렬연결하고, 그리고 다른 전기회로에는 전지 2개를 병렬연결하여 스위치를 닫았을 때, 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기에 대한 초등교사들의 응답내용을 분석한 결과이다.

‘전지의 직렬연결 전기회로의 전류가 전지의 병렬연결 전기회로의 전류보다 크다’는 응답을 선택한 초등교사들이 80명(83.3%)으로 가장 많았다. ‘전지의 직렬연결 전기회로에 흐르는 전류가 전지의 병렬연결 전기회로에 흐르는 전류보다 작다’는 응답을 한 초등교사는 6명(6.3%)이었다.

대부분의 초등교사들이 응답한 ‘전지의 직렬연결 전기회로의 전류가 전지의 병렬연결 전기회로의 전류보다 크다’는 과학과 교육과정에서 부하저

**Table 14.** The results of the responses to the question 12 about the magnitudes of the currents in the electric circuits with two batteries in series connection and two batteries in parallel connection in the region of the smaller resistance of load than the internal resistance of a battery

Magnitude of current	Frequency	Percent(%)
The magnitude of the current in the electric circuits with two batteries in series connection is larger than that in the electric circuits with two batteries in parallel connection.	80	83.3
The magnitude of the current in the electric circuits with two batteries in series connection is smaller than that in the electric circuits with two batteries in parallel connection.*	6	6.3
The magnitudes of the currents in the electric circuits with two batteries in series connection and two batteries in parallel connection are about the same.	6	6.3
The magnitudes of the currents in the electric circuits with two batteries in series connection and two batteries in parallel connection are not comparable.	4	4.2
Sum	96	100.0

\* : Correct response

항이 전지의 내부저항보다 상대적으로 매우 큰 전구를 사용하였을 때 요구하는 응답이다. 이 응답을 선택한 초등교사들은 전지의 내부저항이나 부하저항 등의 전기소자의 특성을 고려하지 않고, 전지의 직렬연결 전기회로와 전지의 병렬연결 전기회로에서의 전류의 특성을 이해하려 하고 있다는 것이다. Choi and Hong(2006)은 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 가상적인 상황에서 거의 모든 초등교사들이 두 전지를 직렬연결한 전기회로에서의 전류가 단일전지나 두 전지의 병렬연결 전기회로에서의 전류보다 무조건 더 크다고 생각한다고 하였으며, 이러한 사고를 전지의 연결에 관련한 초등교사들의 오개념의 한 유형으로 분류하였다.

‘전지의 직렬연결 전기회로에 흐르는 전류가 전지의 병렬연결 전기회로에 흐르는 전류보다 작다’는 올바른 응답을 선택한 6명의 초등교사들 중 5명의 초등교사들은 전지의 내부저항과 전선의 저항에 대한 인식이 없으며, 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역인 문항 11에서 비과학적인 응답을 선택하였다. 결국 문항 12의 올바른 응답을 선택한 6명의 초등교사 중들에서 1명만이 전지의 내부저항과 전선의 저항에 대한 인식을 바탕으로 올바른 응답을 선택을 하였다고 할 수 있다.

#### IV. 결 론

이 연구는 전지의 연결에 관련하여 초등학교의 과학과 실험수업에서 발생하는 문제들의 근본적인 원인은 물론, 이로 인한 초등교사들의 어려움에 대한 근본적인 이유를 파악하는데 그 목적을 둔 것으로, ‘초등교사들이 과학과 교육과정에서 다루어지는 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 개념들을 어느 정도 이해하고 있는가?’ 그리고 ‘과학과 교육과정에서 다루어지는 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 개념들이 전지의 연결에 관련된 실험수업에서 발생하는 문제들을 해결하는데 어느 정도 기여할 수 있는가?’ 라는 두 가지 관점에 초점을 두고 있다.

이 연구의 결과에 의하면 초등교사들은 과학과 교육과정에서 다루어지는 학습개념 즉 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역에서 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 개념들에 대해서는 잘 이해하고 있다고 할 수 있다. 그러나 초등교사

들의 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 개념들에 대한 이해는 일반적으로 전기회로를 구성하는 전지의 내부저항이나 부하저항 등에 대한 인식 부족으로 인하여 이들을 전혀 고려하지 않고 이루지고 있으며, 전지의 연결방법이나 연결하는 전지의 수에만 근거하는 경향이 있다. 또한 전지의 직렬연결과 병렬연결의 개념을 혼동하여 적용하거나, 전지의 연결에 대한 개념들을 저항의 연결 방식으로 이해하는 소수의 초등교사들도 있었다.

반면, 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역인 분화개념에 대한 초등교사들의 이해도는 매우 낮았다. 거의 대부분의 초등교사들이 분화개념을 이해하지 못하고 있으며, 전지의 내부저항이나 부하로 사용한 전선의 저항에 대한 인식이 전혀 없이 학습개념을 적용하여 응답을 선택하였다. 96명의 초등교사들 중에서 유일하게 1명의 초등교사가 분화개념을 충분히 이해하고 있었는데, 이는 전지의 내부저항과 전선의 저항에 대한 인식뿐만 아니라, 그 크기까지도 인식하고 있었다. 이것은 앞으로의 분화개념에 대한 교육의 확산을 고려할 때 매우 희망적이라고 할 수 있다.

전지의 연결에 따른 전류에 특성에 대한 분화개념은 초등학교 과학과 교육과정의 전류와 자기장 관련 실험수업에서 발생하는 문제들을 이해하고 해결하기 위해서, 그리고 이 실험의 목표를 효과적으로 이루기 위해서는 매우 필요하고 중요한 개념이다. 뿐만 아니라, 지금까지 과학과 교육과정에서 학습되어진 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 학습개념이 지니는 한계성을 극복하고 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 개념 확장으로서의 그 의미가 매우 크다.

이 연구의 결과들은 후속되는 전기와 자기 관련 과학교육의 수업 전문성 향상을 위한 교사교육용 프로그램 개발과 새로운 과학 교과서 개발 등에 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- Back, N. G., Park, J. H. & Jung, S. H. (2005). Issues encountered by the elementary teachers in science laboratory instruction in respect of energy domain. *Science Education Study, Jinju National University of Education*, 28, 169-191.
- Chae, K., Song, Y., Kim, J., Kim, S., Jeong, D. & Jang,

- D. (2003). High school physics II [고등학교 물리 II]. Seoul: Kumsung Publishing Co.
- Chae, K., Song, Y., Kim, J., Kim, S., Jeong, D. & Jang, D. (2010). High school physics II [고등학교 물리 II] (pp. 136-181). Seoul: Kumsung Publishing Co.
- Cho, H. H. (2007). An introduction to science education [과학교육론] (pp 49-63). Seoul: Kyoyookbook.
- Cho, H. J., Han, I. K., Kim, H. N. & Yang, I. H. (2008). Analysis of elementary teachers' views on barriers in implementing inquiry-based instructions. *Journal of the Korea Association for Research in Science Education*, 28(8), 901-921.
- Choi, E. J. & Hong, S. I. (2006). Surveying elementary school teachers' understanding and misconceptions about a battery. *New Physics: Sae Mulli*, 53(3), 263-281.
- Choi, S. Y. & Noh, S. G. (2008). Survey on teachers' perception for the consulting in elementary science teaching. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(1), 23-30.
- Chu, H. & Lee, M. N. (2005). Pre-service teachers' conceptions about brightness of bulbs in simple electrical circuits: Focusing on simple series circuit and parallel circuits. *New Physics: Sae Mulli*, 51(5), 448-457.
- Cohen, R., Eylon, B. & Ganiel, U. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51(5), 407-412.
- Electropaedia (2012). Battery and energy technologies, battery performance characteristics. Retrieved May 16, 2012, from <http://www.mpoweruk.com/performance.htm>
- Harlen, W. & Holroyd, C. (1997). Primary teachers' understand of concepts of science: Impact on confidence and teaching. *International Journal of Science Education*, 19(1), 93-105.
- Harlen, W. (1997). Primary teachers' understanding in science and impact in the classroom. *Research in Science Education*, 27(3), 323-337.
- Heller, P. M. & Finley, F. N. (1992). Variable uses of alternative conceptions: A case study in current electricity. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 259-275.
- Hyperphysics (2012). Battery with internal resistance. Retrieved May 16, 2012, from <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/dcx6.html>
- Hyun, D. G. & Park, S. W. (2012). A study on the problems of a light bulb appearing in physics education (I): Resistance of a light bulb. *New Physics: Sae Mulli*, 62(4), 352-363.
- Hyun, D. G. & Park, S. W. (2014). A modeling of the deflection of compass needle near by wire carrying an electric current and its theoretical study. *School Science Journal*, 8(1), 62-73.
- Hyun, D. G. (2010). A theoretical approach to the relation of the relative magnitude of a load resistance to the internal resistance of a battery and the current in the electric circuit with a series/parallel combination of batteries. *New Physics: Sae Mulli*, 60(10), 1125-1133.
- Jang, J., Lee, S., Lee, K., Jeon, Y. & Son, J. (2003). High school physics II [고등학교 물리 II]. Seoul: Jihacksa Co.
- Jang, J., Lee, S., Lee, K., Jeon, Y. & Son, J. (2010). High school physics II [고등학교 물리 II] (pp 129-171). Seoul: Jihacksa Co.
- Jeong, E. Y. & Hong, M. Y. (2004). An analysis of the experiment and observation in elementary science instruction. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 23(4), 287-296.
- Jeong, Y. M. (2005). A study on the elementary teaching practice by pedagogical content knowledge in science teaching. Master's thesis, Korea National University of Education.
- Jung, S. H. (2005). Issues encountered by the elementary teachers in science. Master's thesis, Graduate School of Education, Jinju National University of Education.
- Kang, G. (2004). Research about experimental instruction in electronic chapter at science elementary school. Master's thesis, Graduate School of Education, Korea National University of Education.
- Kang, H. S., Park, J. K. & Noh, S. G. (2009). A Study on the basic scientific knowledge of in-service and pre-service elementary school teachers. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(1), 67-78.
- Kang, M. S., Shin, A. K., Kim, S. J. & Hyun, D. G. (2012). The confirmations of the characteristics about the learned concepts and the differentiated concepts according to the connection methods of batteries [전지의 연결에서 학습개념과 분화개념의 특성의 확인]. The 62th Summer Conference Proceeding of Korean Association for Research in Science Education.
- Kang, Y., Cho, W., Kwon, S., Na, I., So, H., Cho, H., Lee, M., Yoon, K., Ha, H., Seo, P., Kim, J., Lee, Y. & Mock, C. (2000a). Middle school science 2 [중학 과학 2](pp 223-290). Seoul: Doo San.
- Kang, Y., Cho, W., Kwon, S., Na, I., So, H., Cho, H., Lee, M., Yoon, K., Ha, H., Seo, P., Kim, J., Lee, Y. & Mock, C. (2000b). The teacher's manual for middle

- school science 2 [중학 과학 2 교사용 지도서](pp 227-290). Seoul: Doo San.
- Kim, J. B. (2009). Reconsideration of curriculum related to current. *School Science Journal*, 3(2), 85-95.
- Kim, S. Y. (2007). Difficulty in science teaching of elementary school science teaching in the material areas. Master's thesis, Graduate School of Education, Busan National University of Education.
- Kim, Y. (1997). Problems of teaching connection about 'internal resistance of battery' concept. *Physics Education*, 15(1), 8-18.
- Kim, Y. K. (2002). Research on the recognition and actual conditions of teachers in the experimental instruction courses for science in the elementary school. Master's thesis, Graduate School of Education, Korea National University of Education.
- Kim, Y., Park Y. & Park, S. J. (1990). Middle school students' conceptions related to electric current and their explanation after observation of related phenomena before school instruction. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 10(1), 47-55.
- Kruger, C. & Summers, M. (1988). Primary school teachers' understand of science concepts. *Journal of Education for Teaching*, 14(3), 259-265.
- Küçüközer, H. & Demirci, N. (2008). Pre-service and in-service physics teacher' ideas about simple electric circuits. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(4), 303-311.
- Lee, K., Heo, D., Jeong, M., Bang, T., Lee, K., An, T., Jeong, S., Bock, W., Jeong, I., Park, B., Park, J., Jeong, S., Kim, K., Song, Y. & Lee, C. (2002). Middle school science 2 [중학교 과학 2] (pp 202-231). Seoul: Gihacksa Co.
- Lee, K., Heo, D., Lee, K., Jeong, M., Bang, T., Lee, K., An, T., Jeong, S., Bock, W., Jeong, I., Park, B., Park, J., Jeong, S., Kim, K., Park, J., Song, Y. & Lee, C. (2007). The teacher's manual for middle school science 2 [중학교 과학 2 교사용 지도서] (pp 251-285). Seoul: Gihacksa Co.
- Lee, S. A., Jhun, Y., Hong, J. E., Shin, Y. J., Choi, J. & Lee, I. (2007). Difficulties experienced by elementary school teachers in science classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- Lee, S., Chai, K., Kim, K., Lee, M., Kwon, S., Son, Y., Noh, T., Jeong, J., Seo, I., Kim, Y., Kim, Y. & Lee, S. (2002). Middle school science 2 [중학교 과학 2]. Seoul: Kumsung Publishing Co.
- Lee, S., Chai, K., Kim, K., Lee, M., Kwon, S., Son, Y., Noh, T., Jeong, J., Seo, I., Kim, Y., Kim, Y. & Lee, S. (2009a). Middle school science 2 [중학교 과학 2] (pp. 220-251). Seoul: Kumsung Publishing Co.
- Lee, S., Chai, K., Kim, K., Lee, M., Kwon, S., Son, Y., Noh, T., Jeong, J., Seo, I., Kim, Y., Kim, Y. & Lee, S. (2009b). The teacher's manual for middle school science 2 [중학교 과학 2 교사용 지도서] (pp 288-319). Seoul: Kumsung Publishing Co.
- Lim, C. H. & Choi, J. S. (1999). The influence of elementary school teachers' science achievement and attitudes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 18(1), 87-94.
- Lim, C. H. (2003). Science teaching practice and science teaching efficacy beliefs by development of elementary school teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Korean Earth Science Society*, 24(4), 258-272.
- Lim, J. K., Lee, S. R., Yang, I. H. & Lee, Y. K. (2010). Investing elementary school teachers' internal factors on science experiment activity. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(1), 93-101.
- McDermott, L. C. (1976). Teacher education and the implementation of elementary science curricula. *American Journal of Physics*, 44(5), 434-441.
- Ministry of Education (1986a). Elementary school science 4-2 [국민학교 자연 4-2]. Seoul: Government Designated Textbook Co.
- Ministry of Education (1986b). The teacher's manual for elementary school science 4-2 [국민학교 자연 4-2 교사용 지도서]. Seoul: Government Designated Textbook Co.
- Ministry of Education (1995a). Elementary school science 3-2 [국민학교 자연 3-2]. Seoul: Government Designated Textbook Co.
- Ministry of Education (1995b). The teacher's manual for elementary school science 3-2 [국민학교 자연 3-2 교사용 지도서]. Seoul: Government Designated Textbook Co.
- Ministry of Education and Human Resources Development (2001). Elementary school science 4-1 [초등학교 자연 4-1]. Seoul: Daehan Textbook Co.
- Ministry of Education and Human Resources Development (2002a). Elementary school science 4-1 [초등학교 자연 4-1]. Seoul: Daehan Textbook Co.
- Ministry of Education and Human Resources Development (2002b). The teacher's manual for elementary school science 4-1 [초등학교 자연 4-1 교사용 지도서]. Seoul: Daehan Textbook Co.
- Ministry of Education and Science Technology (2007a).

- The 2007 revised elementary school science 5-1 [2007 개정 초등 과학 5-1]. Seoul: Kumsung Publishing Co. Ministry of Education and Science Technology (2007b). The teacher's manual for the 2007 revised elementary school science 5-1 [2007개정 초등 과학 5-1 교사용 지도서]. Seoul: Kumsung Publishing Co.
- Moon, C. S. & Kwon, J. S. (1991). A longitudinal study on students' misconception patterns of electric current. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 11(1), 1-14.
- Pardhan, H. & Bano, Y. (2001). Science teachers' alternative conceptions about direct-current. *International Journal of Science Education*, 23(3), 301-318.
- Park, J. W. & Kim, S. J. (1996). The survey of problem contexts suffering by the elementary teachers in the elementary science laboratory instruction. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 15(2), 263-282.
- Park, S. W. & Hyun, D. G. (2014). Theoretical approach to problems related to magnetic interactions of electric currents in elementary-school science classes. *New Physics: Sae Mulli*, 64(4), 405-416.
- Park, S., Lee, T., Kim, S., Shin, K., Park, Y., Lee, S. & Cho, B. (2010). High school physics II [고등학교 물리 II] (pp 136-180). Seoul: Mirae-n Culture Group Co.
- Tobin, K. & Garnett, P. (1988). Exemplary practice in science classrooms. *Science Education*, 72(2), 197-208.
- Yoon, H. G. (2008). Elementary teachers' dilemmas of teaching science practical work. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(2), 102-116.