

전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 오개념 유형과 그 일관성

현동걸·신애경*
제주대학교

Types of Misconceptions and their Consistencies of the Elementary School Teachers 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 types of misconceptions and their consistencies of the elementary school teachers about the characteristics of currents according to the connection methods of batteries in simple electric circuits were investigated. The misconceptions of the elementary school teachers about them could be divided into three types. Among the respondents of the 96 elementary school teachers for this study, the 2 elementary school teachers consistently understood the characteristics of currents on the basis of the misconception type of focusing only the number of batteries connected regardless of the connection methods of batteries, the 8 elementary school teachers did on the basis of the misconception type of confusing the series connection and the parallel connection of batteries, and the 4 elementary school teachers did on the basis of the misconception type of confusing the series and parallel connection of batteries with those of resistors. Also, they consistently applied these misconception types to not only the situations to use the learned concepts but the situations to use the differentiated concepts about the connection methods of batteries.

keywords : misconception type, consistency, characteristics of currents, connection methods of batteries, elementary school teacher.

I. 서론

전지는 일상생활의 많은 분야에서 다양한 형태로 전기회로의 전력원으로 사용되고 있어, 전지에 대한 개념은 일반적으로 학교 과학과 교육과정이 시작되기 이전부터 습득하게 된다. 그러나 전지에 대한 학생 또는 교사들의 인식이나 개념에 대해서는 전기관련(Osborne, 1983), 전기회로 관련(Psillos et al., 1987; Shipstone, 1984), 그리고 전기화학 관련(Naiz, 2002; Sanger & Greenbowe, 1997) 등의 연구에서 부분적으로 언급되고 있을 뿐, 전지

또는 전지의 연결에 대하여서만 다룬 연구는 매우 드문 편이다(최은정 등, 2006; Lee, 2007). 학생이나 교사들의 전지 개념에 대한 연구들은 전지의 구조와 구성, 전지의 기능과 전기에너지의 이용, 전지의 전력과 사용 가능시간, 그리고 전지의 안전한 사용 및 관리 방법과 전지에 관련된 환경문제 등을 주된 내용으로 다루어 왔으며, 교사들도 전기나 전기회로에 대해서 뿐만 아니라 전지의 연결에 따른 전류의 특성에 대하여서도 학생들이 지니는 오개념과 비슷한 오개념들을 지니고 있는 것으로 보고되고 있다(Lee, 2007).

*교신저자 : 신애경(akshin@jejunu.ac.kr)

**2014년 6월 13일 접수, 2014년 7월 30일 수정원고 접수, 2014년 8월 4일 채택

학습자들은 어떤 물리현상을 보았을 때, 과학과 교육과정에서 의도하는 대로 지각하지 않는다. 또한 물리현상을 보고 그것이 자기의 예상과 다를 때 자신의 생각을 바꾸는 경우가 있으나, 다른 유형의 오개념으로 바꾸어 설명하는 경우도 있다(김영민 등, 1990). 이러한 경향은 초등교사들에게도 나타난다는 보고도 있다(김찬호, 1993). 또한 개념의 일관성이란 학습자가 직면한 문제 상황에서 자신의 개념을 바탕으로 문제를 논리적으로 설명하고 해결하려는 경향을 의미한다. 학습자가 어떤 개념에 일관성을 갖는다는 것은 학습자의 경험, 학습, 적용이나 응용 등에 의하여 보다 체계적이고 특정한 형태를 갖춘 인지구조를 이루고 있다고 할 수 있다. 비록 불충분한 비과학적인 개념일지라도 학습자는 개념의 일관성을 가질 수 있다는 것이다(Vosniadou, 2002).

현동걸, 신애경(2014)은 초등교사들을 대상으로 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 이해도를 조사하였다. 현동걸, 신애경(2014)의 연구에서 사용된 검사지는 저항의 인식영역, 학습개념 영역과 분화개념 영역으로 구성되어 있는데, 학습개념이란 부하저항이 전지의 내부저항 보다 큰 영역에서의 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 개념으로 이는 과학과 교육과정에서 학습되어지는 개념과 같다. 그러나 분화개념이란 부하저항이 전지의 내부저항 보다 작은 영역에서의 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 개념으로 이는 학습개념과는 상반된 것이다. 초등학교 현장에서 교사들이 전류의 자기작용과 관련된 단위 실험시 발생하는 문제들을 제대로 이해하고 해결해 나가기 위해서는 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 학습개념과 분화개념의 이해가 전제되어야 한다. 그러나 현동걸, 신애경(2014)의 연구 결과는 학습개념에 대한 초등교사들의 이해도는 높았으나, 전지의 내부저항이나 부하저항과 같은 저항에 대한 인식이 부족할 뿐만 아니라 분화개념에 대한 이해도는 매우 낮은 것으로 나타났다. 이것은 초등교사들이 전자기 관련 실험시 발생하는 문제 해결에 어려움을 겪을 수 있음을 시사한다(현동걸과 박상우, 2014; 박상우와 현동걸, 2014).

개념의 일관성이란 고정된 사고 패턴(fixed thought pattern)을 의미한다. 또한 오개념의 일관성이란 주어진 문제 상황이 자신이 지니고 있는 개념을 적용하는 것이 적절하지 않을 경우에도 습관적으로 지니고 있는 개념을 적용하는 비과학적인 고정된 사고 패턴을 말한다. 교사들의 오개념의 일관성은 학생들의 오개념을 유발시키는 원인이 될 수 있다는 관점에서 매우 심각한 문제라고 할 수 있다. 오개념의 일관성을 교정하기 위해서는 비과학적인 고정된 사고 패턴을 유발시키는 기제(mechanism)를 찾는 것이 우선적이다. 이러한 견지에서 전지의 연결에 대한 학습개념과 상반되는 전지의 연결에 대한 분화개념에 대한 초등교사의 이해 정도의 조사는 그들이 지니는 오개념과 그 일관성을 명확히 드러나게 할 수 있다.

이 연구는 현동걸, 신애경(2014)의 후속 연구로서, 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성 중 학습개념에 대한 초등교사들의 이해도는 높았으나, 학습개념에서 올바르지 않은 응답을 한 초등교사들을 대상으로 오개념 유형을 분석하고, 각 오개념 유형이 문제 상황에 따라 어떠한 일관성을 보이는지 알아보는 것이다. 이 연구를 통해 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 비과학적 사고를 좀 더 심도 있게 이해할 수 있게 될 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

현동걸, 신애경(2014)은 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 이해도를 조사하기 위해 96명의 초등교사를 대상으로 하였다. 이 연구는 전류의 특성에 대한 초등교사들의 오개념과 그 일관성을 알아보는 것이므로, 현동걸, 신애경의 연구대상자들 중 학습개념에서 올바르지 않은 응답 즉 문항 3번과 5번에서 오답을 한 14명의 초등교사를 연구대상으로 하였다. 표 1에서 살펴보면, 3

번과 5번 문항의 내용은 모두 ‘부하저항이 전지의 내부저항 보다 큰 영역’에 해당하는 것이다. 3번 문항은 단일전지의 전기회로와 전지 2개를 직렬연결한 전기회로에서 전류의 크기를 비교하는 문항이고, 5번 문항은 단일전지의 전기회로와 전지 2개를 병렬연결한 전기회로에서 전류의 크기를 비교하는 문항이다. 3번과 5번 문항은 학습개념 5개 문항 중 가장 기본이 되는 문항으로, 이 문항에서의 응답 유형이 나머지 학습개념과 분화개념의 응답 유형에 영향을 주기 때문에, 이 두 문항에 대한 오답자의 응답 유형이 다른 문항에서 어떠한 일관성을 보이는지에 대한 분석이 가능하다.

2. 검사 도구

1) 개발

현동걸, 신애경(2014)의 연구에서 사용한 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성 검사지는 전지들을 직렬 또는 병렬로 연결한 전기회로에 흐르는 전류는 전지의 연결방법이나 연결하는 전지의 수뿐만 아니라 전지 내부저항의 크기와 부하저항의 크기, 그리고 그들의 상대적 크기에 의하여 결정된다는 현동걸(2010)의 연구 결과에 이론적 근거를 두고 개발되었다. 현동걸(2010)의 연구를 요약하면 (a) 전지의 직렬연결이나 병렬연결된 전기회로에 흐를 수 있는 한계전류가 존재한다. (b) 전기회로의 부하저항(R)이 전지의 내부저항(r)보다 클 경우($R > r$), 직렬연결에서는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지면서 한계전류에 수렴하며, 병렬연결에서는 전지의 수가 증가함에 따라 한계전류에 빠르게 수렴하여 거의 일정해진다. (c) 부하저항(R)이 전지의 내부저항(r)보다 작을 경우($R < r$), 전지의 직렬연결 전기회로에서는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지면서 한계전류에 빠르게 수렴하여 거의 일정해지며, 전지의 병렬연결 전기회로에서는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지는데, 같은 수의 전지를 직렬연결 한 것보다 더 큰 전류의 크기에 수렴한다. 그리고 (d) 부하저항(R)과 내부저항(r)이 같을 경우($R = r$)에는 같은 수의 전지를 직렬연결한 전기회

로의 전류의 크기와 병렬연결한 전기회로의 전류의 크기가 같다는 것이다(강민석 등, 2012). 이는 지금까지 과학과 교육과정에서 언급되어진 ‘전지의 직렬연결 전기회로에서 연결하는 전지의 수가 증가할수록 부하저항에 흐르는 전류가 증가하며, 전지의 병렬연결 전기회로에서는 부하저항에 흐르는 전류는 연결하는 전지의 수에 관계없이 거의 일정하다’는 개념(교육인적자원부, 2001; 이광만 등, 2002; 장준성 등, 2003; 채광표 등, 2003)과 다른 것이다. 부하저항(R)이 전지의 내부저항(r)보다 큰 경우($R > r$)는 과학과 교육과정에서 학습되어야 할 전지의 연결에 대한 과학적 개념과 같지만, 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 경우($R < r$)에는 ‘전지의 직렬연결 전기회로에서 연결하는 전지의 수가 증가하여도 부하저항에 흐르는 전류는 거의 일정하고, 전지의 병렬연결 전기회로에서는 연결하는 전지의 수가 증가할수록 부하저항에 흐르는 전류가 증가하며, 그 전류의 크기는 전지를 직렬연결 하였을 때 부하저항에 흐르는 전류의 크기보다 훨씬 크다’는 것으로 지금까지 과학과 교육과정에서 학습되어야 할 전지의 연결에 대한 과학적 개념들과는 상반된 것이다(박상우와 현동걸, 2014; 현동걸과 박상우, 2014).

이러한 이론적 근거를 바탕으로 현동걸, 신애경(2014)은 표 1에서 보여주는 것처럼 전지의 내부저항, 부하저항, 전지의 직렬연결 또는 병렬연결에서의 전류의 세기에 관련된 검사도구를 개발하였고, 총 12개의 문항으로 구성하였다. 이 검사도구의 문항에서 제시한 전지, 전구, 스위치, 연결전선 등은 규격이 같은 것으로 가정하였다. 개발된 검사도구의 내용타당도는 물리교육 전문가 3인과 과학 교육 전문가 4인, 현직 초등교사 4인 등 총 11명에게 검증되었으며, 이들의 의견을 반영하여 문항들을 수정하고 보완하였다. 초등 예비교사 80명을 대상으로 예비검사를 실시하고, 예비검사 결과를 바탕으로 검사도구의 신뢰도와 문항의 기술방법을 고려하여 문항을 다시 수정 보완한 후 본 검사를 실시하여 합계점수, 문항별 응답결과, 문항별 내용에 대한 이해도를 분석하였다(현동걸과 신애경, 2014).

2) 내용

전지의 연결방법에 따른 전류의 특성 검사지는 표 1에서 보여지는 것과 같이 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 경우($R > r$)에 해당하는 ‘학습개념’ 영역과 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 경우($R < r$)에 해당하는 ‘분화개념’ 영역, 그리고 전기회로 구성 부품들의 저항에 대한 인식에 해당하는 ‘저항에 대한 인식’ 영역으로 구성되었다(현동걸과 신애경, 2014). 구성된 문항들 중 학습개념으로 해결할 수 있는 문항은 ‘저항에 대한 인식’ 영역과 ‘부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역’에 해당하는 7개의 문항이다. 그리고 분화개념으로 해결할 수 있는 문항은 ‘부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역’에 해당하는 5개의 문항이다. 이 검사도구의 신뢰도는 학습개념 관련 문항들의 경우 Cronbach α 가 0.68이었고, 분화개념 관련 문항들의 경우 Cronbach α 가 0.77이었다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 오개념 유형

문항 3번은 단일전지의 전기회로와 두 개의 전지를 직렬연결한 전기회로에 연결된 전구들의 밝기를 비교하는 문항이고, 문항 5번은 단일전지의 전기회로와 두 개의 전지를 병렬연결한 전기회로에 연결된 전구들의 밝기를 비교하는 문항이다. 이 내용은 초등학교 과학과 교육과정에서부터 중학교 과학과 교육과정까지 반복적으로 심화하면서 다루어지고 있다(현동걸, 2010). 이러한 과학과 교육과정에서 의도하는 것은 전지의 직렬연결과 병렬연결 전기회로에서의 전류의 특성을 학습자들이 보다 정확하게 이해하도록 하는 것이다. 어떤 개념을 이해한다는 것은 그 개념에 관련된 사실들을 충분히 파악하고 있을 뿐만 아니라, 그 개념에 관련된 문제 상황에 적용하여 논리적으로 설명할 수 있어야 한

표 1. 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 이해도 검사지의 구성(현동걸, 신애경, 2014)

영역	문항 내용	전지 연결	문항 번호	문항 유형	비고
저항 인식영역	전지의 내부저항에 대한 인식		1	서술형	저항
	전선을 부하저항으로 인식		2	선택형	저항
부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역	단일전지와 전지 2개의 직렬연결에서의 전류의 크기 비교	직렬	3	선택형	학습개념
	단일전지와 전지 2개의 병렬연결에서의 전류의 크기 비교	병렬	5	선택형	학습개념
	전지 3개 이상의 직렬연결에서 전류의 크기	직렬	7	선택형	학습개념
	전지 3개 이상의 병렬연결에서 전류의 크기	병렬	9	선택형	학습개념
	직렬연결과 병렬연결의 전류의 크기 비교	직렬/병렬	11	선택형	학습개념
부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역	단일전지와 전지 2개의 직렬연결에서 전류의 크기 비교	직렬	4	선택형	분화개념
	단일전지와 전지 2개의 병렬연결에서 전류의 크기 비교	병렬	6	선택형	분화개념
	전지 3개 이상 직렬연결에서 전류의 크기	직렬	8	선택형	분화개념
	전지 3개 이상 병렬연결에서 전류의 크기	병렬	10	선택형	분화개념
	직렬연결과 병렬연결에서 전류의 크기 비교	직렬/병렬	12	선택형	분화개념

표 2. 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 오개념 유형별 분포

오개념 유형	교사	빈도(명)
M1: 전지들의 직렬연결과 병렬연결시 전류의 특성을 연결하는 전지의 수에 초점을 맞추어 설명한다.	T13, T14	2
M2: 전지의 직렬연결에 대한 개념과 병렬연결에 대한 개념을 혼동한다.	T09, T31, T32, T70, T78, T79, T80, T88	8
M3: 전지의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념을 저항의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념으로 혼동한다.	T22, T30, T51, T91	4
계		14

*: 오개념(Misconception)

다는 것이다.

부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역인 문항 3번과 5번에서 올바르게 못한 응답을 선택한 초등교사들은 14명으로 현동걸, 신애경(2014)의 96명의 연구대상자 중 14.6%에 해당한다. 이들은 과학과 교육과정에서 학습되어지는 전지의 연결에 따른 전류의 특성에 대한 학습개념을 이해하지 못하는 초등교사들이라고 할 수 있다. 따라서 문항 3번과 5번에서 올바르게 못한 응답을 선택한 14명의 초등교사들이 응답을 선택하는 경향을 고찰하여 오개념 유형과 그 일관성의 정도를 파악하였으며, 그 결과는 표 2와 같았다. 표 2에서 보여주는 것과 같이, 14명의 초등교사들이 지니는 오개념은 M1, M2, M3의 세 가지 유형으로 범주화시킬 수 있었다. M1은 ‘전지들의 직렬연결과 병렬연결시 전류의 특성을 연결하는 전지의 수에 초점’을 두고 이를 바탕으로 생각하는 유형으로, 이 유형에 속하는 초등교사들은 전지의 수가 증가하면 무조건 전류의 세기가 증가한다고 생각하는 경향이 있다. M2는 ‘전지의 직렬연결에 대한 개념과 병렬연결에 대한 개념을 혼동’하여 적용하는 유형으로, 이 유형에 속하는 초등교사들은 전지를 직렬연결하더라도 그 전류의 세기는 일정하나, 전지를 병렬연결하면 그 전류의 세기는 점차 증가한다고 생각하는 경향이 있다. 그리고 M3 유형은 ‘전지의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념을 저항의 직렬연결과 병렬연결에

대한 개념으로 혼동’하여 적용하는 유형이다. 이 유형에 속하는 초등교사들은 전지를 직렬연결하면 전류의 세기는 줄어드나, 전지를 병렬연결하면 전류의 세기는 일정하다고 생각하는 경향이 있는 것으로, 전기회로에서 저항을 직렬연결하면 전류의 세기가 줄고, 저항을 병렬연결하면 전체 전류의 세기는 커지나, 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 일정하다는 저항의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념과 혼동한다는 것이다.

표 2를 살펴보면, M1 유형에는 2명의 초등교사, M2 유형에는 8명의 초등교사, 그리고 M3 유형에는 4명의 초등교사가 분포해 있고, 오개념을 가진 대부분의 초등교사들이 전지의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념을 혼동하는 M2 유형에 속해있음을 알 수 있다. 그리고 오개념을 가진 14명의 초등교사들 중에서 T13 초등교사 1명만이 전지의 내부저항(문항 1번)을 인식하며, T30, T78, T91 초등교사 3명만이 전지의 저항(문항 2번)을 인식하는데 그 중 T30 초등교사는 그 크기까지도 인식하였다.

2. 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 오개념 유형별 분석

- 1) 전지들의 직렬연결과 병렬연결시 전류의 특성을 연결하는 전지의 수에 초점을 맞춘 오개념 ‘전지들의 직렬연결과 병렬연결시 전류의 특성을

연결하는 전지의 수에 초점'을 두어 전지의 수가 증가할수록 전류가 커진다고 생각하는 M1 유형의 오개념을 지닌 초등교사들은, 표 2에서 보여주는 것과 같이, T13과 T14로 2명이었다. 표 3에서 보여주는 것과 같이, 이들 초등교사 2명은 전지들이 직렬로 연결되든 또는 병렬로 연결되든 전지의 연결방법에 관계없이 전지의 수가 많은 전기회로에서 보다 큰 전류가 흐른다는 응답들을 선택하는 일관성을 보였다. 표 3에서 ●은 오개념 유형에 해당하

는 응답이며, ○는 그렇지 않은 응답을 나타낸다.

M1 유형의 오개념은 그 특성상 전지의 직렬연결의 전기회로에 관련된 3번과 7번 문항에서는 올바른 응답을 선택한 것으로 오인할 수 있으나, 전지의 병렬연결 전기회로에 관련된 5번과 9번 문항에서 그들의 사고의 특징이 뚜렷하게 나타난다. 그러나 같은 수의 전지 2개의 직렬연결과 병렬연결 전기회로에서 전류들의 크기를 비교하는 11번 문항에서는 이들 모두가 '전지 2개의 직렬연결 전기회

표 3. 전지들의 직렬연결과 병렬연결의 전류 특성을 연결하는 전지의 수에 초점을 두는 오개념과 일관성

개념	문항 번호	문항 내용	보기 내용	응답		빈도 (명)
				T13	T14	
학 습 개 념	3	단일전지와 전지 2개의 직렬연결의 전류 비교	3-a) 단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 직렬연결 전기회로의 전류보다 크다			0
			3-b) 단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 직렬연결 전기회로의 전류보다 작다*	●	●	2
			3-c) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비슷하다			0
			3-d) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비교할 수 없다			0
	5	단일전지와 전지 2개의 병렬연결의 전류 비교	5-a) 단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개 병렬연결 전기회로의 전류보다 크다			0
			5-b) 단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개 병렬연결 전기회로의 전류보다 작다	●	●	2
			5-c) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비슷하다*			0
			5-d) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비교할 수 없다			0
	7	단일전지와 3개 이상 전지의 직렬연결의 전류 비교	7-a) 직렬연결하는 전지의 수에 비례하여 전류가 커진다			0
			7-b) 직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류는 비례하지는 않지만 커진다	●		1
			7-c) 직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지면서 한계전류에 수렴한다*		●	1
			7-d) 직렬연결하는 전지의 수가 증가하여도 한 개의 전지일 때의 전류와 비슷하다			0
9	단일전지와 3개 이상 전지의 병렬연결의 전류 비교	9-a) 병렬연결하는 전지의 수에 비례하여 전류가 커진다			0	
		9-b) 병렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류는 비례하지는 않지만 커진다			0	
		9-c) 병렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지면서 한계전류에 수렴한다	●	●	2	
		9-d) 병렬연결하는 전지의 수가 증가하여도 한 개의 전지일 때의 전류와 비슷하다*			0	
11	전지 2개의 직렬연결과 병렬연결의 전류 비교	11-a) 전지의 직렬연결 전기회로의 전류가 전지의 병렬연결 전기회로의 전류보다 크다*	○	○	2	
		11-b) 전지의 직렬연결 전기회로의 전류가 전지의 병렬연결 전기회로의 전류보다 작다			0	
		11-c) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비슷하다			0	
		11-d) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비교할 수 없다			0	

4	단일전지와 전지 2개의 직렬연결의 전류 비교	4-a) 단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 직렬연결 전기회로의 전류보다 크다		0
		4-b) 단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 직렬연결 전기회로의 전류보다 작다	●	1
		4-c) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비슷하다*	○	1
		4-d) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비교할 수 없다		0
6	단일전지와 전지 2개의 병렬연결의 전류 비교	6-a) 단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 병렬연결 전기회로의 전류보다 크다		0
		6-b) 단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 병렬연결 전기회로의 전류보다 작다*	●	1
		6-c) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비슷하다	○	1
		6-d) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비교할 수 없다		0
8	단일전지와 3개 이상 전지의 직렬연결의 전류 비교	8-a) 직렬연결하는 전지의 수에 비례하여 전류가 커진다		0
		8-b) 직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류는 비례하지는 않지만 커진다		0
		8-c) 직렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지면서 한계전류에 수렴한다	●	1
		8-d) 직렬연결하는 전지의 수가 증가하여도 한 개의 전지일 때의 전류와 비슷하다*	○	1
10	단일전지와 3개 이상 전지의 병렬연결의 전류 비교	10-a) 병렬연결하는 전지의 수에 비례하여 커진다		0
		10-b) 병렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 비례하지는 않지만 커진다		0
		10-c) 병렬연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 커지다가 한계전류에 수렴한다*	●	1
		10-d) 병렬연결하는 전지의 수가 증가하여도 한 개의 전지일 때의 전류와 비슷하다	○	1
12	전지 2개의 직렬연결과 병렬연결의 전류 비교	12-a) 전지의 직렬연결 전기회로의 전류가 전지의 병렬연결 전기회로의 전류보다 크다	○	1
		12-b) 전지의 직렬연결 전기회로의 전류가 전지의 병렬연결 전기회로의 전류보다 작다*		0
		12-c) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비슷하다	●	1
		12-d) 두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비교할 수 없다		0

* : 올바른 응답

로의 전류가 전지 2개의 병렬연결 전기회로의 전류보다 크다'는 올바른 응답을 선택하고 있다.

분화개념이 적용되는 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역에서도 M1 유형의 오개념을 지닌 2명의 초등교사들 중 T14 초등교사는 계속적으로 전지의 연결방법에 관계없이 전지의 수가 많은 전기회로에서가 더 큰 전류가 흐른다는 오개념을 가지고 응답들을 선택하는 일관성을 보이고 있다. 그러나 T13 초등교사는 분화개념이 적용되는 모든 문항에 대하여 전지의 연결방법이나 전지의 수에 관계없이 일정한 전류가 흐른다는 생각을 가지고 응답을 선택하고 있으며, 같은 수의 전지 2개의 직

렬연결과 병렬연결 전기회로에서 전류들의 크기를 비교하는 12번 문항에서도 '두 전기회로의 전류들의 크기는 비슷하다'는 응답을 선택하고 있음을 알 수 있다. T13 초등교사는 전지의 내부저항은 인식하나 전선의 저항을 인식하지 못하는 교사이다.

2) 전지들의 직렬연결에 대한 개념과 병렬연결에 대한 개념을 혼동하는 오개념

'전지들의 직렬연결에 대한 개념과 병렬연결에 대한 개념을 혼동'하는 M2 유형의 오개념을 가진 초등교사들은, 표 2에서 보여주는 것과 같이, T09, T31, T32, T70, T78, T79, T80, T88 로 모두 8

분 화 개 념	4	단일전지와 전지 2개의 직렬연결의 전류 비교	4-a) 단일 > 2개								0	
			4-b) 단일 < 2개								0	
			4-c) 단일 ≈ 2개*	●	●	●	●	●	●	●	●	8
			4-d) 비교 불가									0
	6	단일전지와 전지 2개의 병렬연결의 전류 비교	6-a) 단일 > 2개								0	
			6-b) 단일 < 2개*			●	●		●	●	●	5
			6-c) 단일 ≈ 2개	○	○				○			3
			6-d) 비교 불가									0
	8	단일전지와 3개 이상 전지의 직렬연결의 전류 비교	8-a) 비례 증가								0	
			8-b) 증가								0	
			8-c) 증가 수렴									0
			8-d) 비슷함*	●	●	●	●	●	●	●	●	8
	10	단일전지와 3개 이상 전지의 병렬연결의 전류 비교	10-a) 비례 증가				●		●	●	●	4
			10-b) 증가			●	●					2
			10-c) 증가 수렴*									0
			10-d) 일정함	○					○			2
12	전지 2개의 직렬연결과 병렬연결의 전류 비교	12-a) 직렬 > 병렬		○							1	
		12-b) 직렬 < 병렬*			●	●		●	●	●	5	
		12-c) 직렬 ≈ 병렬	○					○			2	
		12-d) 비교 불가									0	

* : 올바른 응답

상황에서 전지의 직렬연결에 대한 개념을 혼동하여 적용하는 일관성 있는 경향을 보인다.

분화개념이 적용되는 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역에서 M2 유형의 오개념을 지닌 8명의 초등교사들이 응답을 선택하는 경향을 살펴보면, 이들은 전지의 내부저항이나 부하저항인 전선 저항의 크기 등 저항에 대한 인식이 전혀 없이 학습개념을 계속 적용하여 응답을 선택하는 경향을 보여주었다. 그러나 분화개념이 그 표현에서 학습개념과 상반되는 면이 있는 관계로 ‘전지의 직렬연결에 대한 개념과 병렬연결에 대한 개념을 혼동’하는 유형의 오개념을 지닌 초등교사들이 4, 6, 8번 문항에서 오개념으로 인하여 선택한 응답들을 올바른 선택으로 간주하여 분화개념을 이해하고 있다고 오인할 수 있다는 것이다.

3) 전지들의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념을 저항의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념으로 혼동하는 오개념

‘전지들의 직렬연결과 병렬연결을 저항의 직렬연결과 병렬연결로 혼동’하는 M3 유형의 오개념을 지닌 초등교사들은, 표 2에서 보여주는 것과 같이, T22, T30, T51, T91 초등교사로 모두 4명이었다. 우선 학습개념이 적용되는 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역에서 M3 유형의 오개념을 지닌 초등교사들이 응답하는 경향을 살펴보면 표 5에서 보여주는 것과 같다. 4명의 초등교사들 모두가 단일전지와 전지 2개의 직렬연결 전기회로에서 전류의 크기를 비교하는 3번 문항에서 ‘단일전지 전기회로의 전류가 전지 2개의 직렬연결 전기회로의 전류보다 크다’는 한 개의 저항을 연결한 전기회로에서의 전류와 그 크기가 같은 2개의 저항을 직렬연결한 전기회로에서의 전류를 비교하는 경우의 응답

을 선택하였다. 그리고 단일전지와 전지 2개의 병렬연결 전기회로에서 전류의 크기를 비교하는 5번 문항에서는 ‘두 전기회로에 흐르는 전류들의 크기는 비슷하다’는 한 개의 저항을 연결한 전기회로에서의 전류와 그 크기가 같은 2개의 저항을 병렬연결한 전기회로에서의 전류를 비교하는 경우의 응답을 선택하였다. 그러나 5번 문항에서는 응답의 표현이 전지의 병렬연결 전기회로의 전류의 특성을 나타내는 표현과 같아 이들 4명 초등교사들의 선택이 오개념에 의한 선택이 아닌 올바른 선택을 한 것으로 오인할 수 있다.

단일전지의 전기회로의 전류와 3개 이상의 전지를 직렬연결하는 전기회로에서 전류의 크기를 비교하는 7번 문항에서, M3 유형의 오개념을 지닌 초등교사들이 선택할 것으로 예상되는 응답은 ‘직렬

연결하는 전지의 수가 증가할수록 전류가 작아진다’이나 이를 확인할 수 있도록 보기가 구성되지 않은 관계로 일관성이 없는 응답을 선택하고 있음을 알 수 있다. 그리고 단일전지의 전기회로의 전류와 3개 이상의 전지를 병렬연결하는 전기회로에서 전류의 크기를 비교하는 9번 문항에서도 5번 문항에서와 같은 상황이 일어난다. 2개의 전지를 직렬연결과 병렬연결한 전기회로들에서 전류의 크기를 비교하는 11번 문항에서는 이들 초등교사들 중 T30 초등교사 1명만이 ‘전지들을 병렬연결한 전기회로에서 전류가 크다’는 전지들의 직렬연결과 병렬연결을 ‘저항의 직렬연결과 병렬연결로 혼동’하여 적용하고 있고, 그 나머지는 ‘전지의 직렬연결 전기회로의 전류가 전지의 병렬연결 전기회로의 전류보다 크다’는 올바른 응답을 선택하고 있다. 이러

표 5. 전지들의 직렬연결과 병렬연결을 저항의 직렬연결과 병렬연결로 혼동하는 오개념과 일관성

개념	문항 번호	문항 내용	보기 내용	응답				빈도 (명)
				T22	T30	T51	T91	
학 습 개 념	3	단일전지와 전지 2개의 직렬연결의 전류 비교	3-a) 단일 > 2개	●	●	●	●	4
			3-b) 단일 < 2개*					0
			3-c) 단일 ≈ 2개					0
			3-d) 비교 불가					0
	5	단일전지와 전지 2개의 병렬연결의 전류 비교	5-a) 단일 > 2개					0
			5-b) 단일 < 2개					0
			5-c) 단일 ≈ 2개*	●	●	●	●	4
			5-d) 비교 불가					0
	7	단일전지와 3개 이상 전지의 직렬연결의 전류 비교	7-a) 비례 증가	○			○	2
			7-b) 증가					0
			7-c) 증가 수렴*			○		1
			7-d) 비슷함		○			1
	9	단일전지와 3개 이상 전지의 병렬연결의 전류 비교	9-a) 비례 증가					0
			9-b) 증가					0
			9-c) 증가 수렴					0
			9-d) 일정함*	●	●	●	●	4
11	전지 2개의 직렬연결과 병렬연결의 전류 비교	11-a) 직렬 > 병렬*	○		○	○	3	
		11-b) 직렬 < 병렬		●			1	
		11-c) 직렬 ≈ 병렬					0	
		11-d) 비교 불가					0	

분 화 개 념	4	단일전지와 전지 2개의 직렬연결의 전류 비교	4-a)	단일 > 2개	●	●	●	3	
			4-b)	단일 < 2개		○	1		
			4-c)	단일 ≈ 2개*			0		
			4-d)	비교 불가			0		
	6	단일전지와 전지 2개의 병렬연결의 전류 비교	6-a)	단일 > 2개				0	
			6-b)	단일 < 2개*				0	
			6-c)	단일 ≈ 2개	●	●	●	●	4
			6-d)	비교 불가				0	
	8	단일전지와 3개 이상 전지의 직렬연결의 전류 비교	8-a)	비례 증가	○		○	○	3
			8-b)	증가					0
			8-c)	증가 수렴					0
			8-d)	비슷함*		○			1
	10	단일전지와 3개 이상 전지의 병렬연결의 전류 비교	10-a)	비례 증가					0
			10-b)	증가					0
			10-c)	증가 수렴*					0
			10-d)	일정함	●	●	●	●	4
12	전지 2개의 직렬연결과 병렬연결의 전류 비교	12-a)	직렬 > 병렬	○		○	○	3	
		12-b)	직렬 < 병렬*					0	
		12-c)	직렬 ≈ 병렬		○			1	
		12-d)	비교 불가					0	

* : 올바른 응답

한 선택에 대하여 최은정 등(2006)은 많은 초등교사들이 2개의 전지를 직렬연결한 전기회로에서의 전구의 밝기가 단일전지나 2개의 전지를 병렬연결한 전기회로에서의 전구의 밝기보다 무조건 더 밝다고 생각한다고 보고한 바가 있다.

분화개념이 적용되는 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역에서 M3 유형의 오개념을 지닌 4명의 초등교사들은 전지의 내부저항이나 부하저항인 전선 저항의 크기 등 저항에 대한 인식이 전혀 없이 학습개념을 계속 적용하여 응답을 선택하는 경향을 보여주었다.

IV. 결론

이 연구에서는 전지의 연결방법에 따른 전류의

특성에 대해 초등교사들이 지닌 오개념 유형을 분석하고, 각 오개념 유형이 문제 상황에 따라 어떠한 일관성을 보이는지 알아보고자 하였다. 초등교사들이 지닌 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 오개념은 3 가지 유형으로 나타났다. 첫째는 전지들의 직렬연결과 병렬연결시 전류의 특성을 연결하는 전지의 수에만 초점을 맞추는 유형이고, 둘째는 전지의 직렬연결에 대한 개념과 병렬연결에 대한 개념을 혼동하는 유형이며, 셋째는 전지의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념을 저항의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념으로 혼동하는 유형으로 나타났다.

오개념 유형별 초등교사들의 응답 일관성을 살펴보면, 첫 번째 유형인 전지들의 직렬연결과 병렬연결시 전류의 특성을 연결하는 전지의 수에만 초점을 맞추는 초등교사들은 2명으로 부하저항이 전지의 내부저항보다 큰 영역인 학습개념이 적용되는

문항에서 뿐만 아니라 부하저항이 전지의 내부저항보다 작은 영역인 분화개념이 적용되는 문항에서도 전지의 연결방법에 관계없이 전지의 수가 많은 전기회로에서가 단일전지의 전기회로에서보다 더 큰 전류가 흐른다는 응답들을 선택하는 일관성을 보였다. 그러나 일부 문항에서는 이러한 오개념 유형을 지닌 초등교사들이 선택한 응답들이 올바른 것으로 오인할 수 있음을 보여주었다.

두 번째 유형인 전지의 직렬연결에 대한 개념과 병렬연결에 대한 개념을 혼동하는 초등교사들은 8명으로 가장 많은 분포를 보였다. 이들의 응답을 살펴보면, 학습개념 뿐만 아니라 분화개념이 적용되는 문항에서도 전지의 직렬연결에 대한 개념을 적용할 상황에서 전지의 병렬연결에 대한 개념을 적용하거나 전지의 병렬연결에 대한 개념을 적용할 상황에서 전지의 직렬연결에 대한 개념을 적용하는 응답들을 선택하는 일관성을 보였다. 그리고 분화개념이 학습개념과 상반되는 측면이 있는 관계로, 분화개념이 적용되는 문항에서 이 유형의 교사들이 선택한 응답들이 올바른 것으로 오인할 수 있음을 보여주었다.

세 번째 유형인 전지의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념을 저항의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념으로 혼동하는 초등교사들은 4명이었다. 이들의 응답을 살펴보면, 학습개념 뿐만 아니라 분화개념이 적용되는 문항에서도 전지의 직렬연결에 대한 개념을 적용할 상황에서 저항의 직렬연결에 대한 개념을 적용하거나 전지의 병렬연결에 대한 개념을 적용할 상황에서 저항의 병렬연결에 대한 개념을 적용하여 응답들을 선택하는 일관성을 보였다. 그러나 이러한 유형의 오개념을 지닌 초등교사들이 예상하는 응답이 보기로 구성되지 않은 문항에서는 일관성 없는 응답을 선택하고 있음을 알 수 있었다. 또한 응답의 표현이 올바른 과학적 개념과 같은 문항에서는 이 유형의 교사들이 선택한 응답들이 올바른 것으로 오인할 수 있음을 보여주었다.

이 연구에서 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대해 초등교사들이 지닌 오개념 유형과 그 일관성을 분석한 결과가 전기에 대한 초등교사들의 비과학적 사고의 특징을 이해하는데 도움이 될 것

이라고 생각된다. 또한 이 연구의 결과가 예비교사 교육 또는 교사 연수 프로그램 개발 및 적용에 기초 자료가 될 수 있다고 여겨진다.

참 고 문 헌

- 강민석, 신애경, 김석주, 현동걸 (2012). 전지의 연결에서 학습개념과 분화개념의 특성의 확인. 한국과학교육학회 제62차 하계학술대회 자료집, 171.
- 교육인적자원부 (2001). 초등학교 과학 4-1. 서울: 대한교과서주식회사.
- 김영민, 박승재, 박윤희 (1990). 중학생의 전류에 대한 학습전 개념과 관계 현상 관찰후의 설명. 한국과학교육학회지, 10(1), 47-55.
- 김찬호 (1993). 국민학교 교사의 전류 개념 조사. 한국교원대학교 과학교육연구소 과학교육논문집, 3(1), 384.
- 박상우, 현동걸 (2014). 전류의 자기작용 관련 초등학교 실험수업에서 발생하는 문제들에 대한 이론적 접근. 새물리, 64(4), 405-416.
- 이광만, 허동, 이경운, 정문호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상운, 복완근, 정익현, 박병훈, 박정일, 정수도, 김경수, 박지극, 송양호, 이천기 (2002). 중학교 과학2, 202-231. 서울: (주)지학사.
- 장준성, 이성목, 이경운, 전영석, 손정우 (2003). 고등학교 물리Ⅱ, 129-171. 서울: (주)지학사.
- 채광표, 송용감, 김진만, 김성진, 정대영, 장동호 (2003). 고등학교 물리Ⅱ, 136-181. 서울: (주)금성출판사.
- 최은정, 홍석인, 이강영 (2006). 초등교사들의 전지 이해도 및 오개념 분석. 새물리, 53(3), 263-281.
- 현동걸 (2010). 전지의 연결방법에 따른 전지의 내부저항과 부하저항의 상대적 크기와 전류의 관계에 대한 이론적 접근. 새물리, 60(10), 1125-1133.

- 현동걸, 박상우 (2014). 전류가 흐르는 전선 부근의 나침반 자침 편향의 모형화 및 이론적 고찰. *현장과학교육*, 8(1), 62-73.
- 현동걸, 신애경 (2014). 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 이해도. *초등과학교육*, 33(2), 335-351.
- Lee, S. (2007). Exploring students' understand concerning batteries-theories and practices. *International Journal of Science Education*, 29(4), 497-516.
- Naiz, M. (2002). Facilitating conceptual change in students' understanding of electrochemistry. *International Journal of Science Education*, 24(4), 425-439.
- Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technological Education*, 1(1), 73-83.
- Psillos, D., Koumaras, P., & Valassiades, O. (1987). Pupils's representations of electric current before, during, and after instruction on DC circuits. *Research in Science and Technological Education*, 5(2), 185-199.
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 377-398.
- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's

understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*, 6(2), 185-198.

- Vosniadou, S. (2002). On the nature of native physics. In M. Limon and L. Mason(Eds.) *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*, p. 61-76. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

국 문 요 약

전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 초등교사들의 오개념 유형과 그 일관성에 대하여 조사되었다. 초등교사들의 전지의 연결방법에 따른 전류의 특성에 대한 오개념은 3가지 유형으로 나타났다. 14명의 초등교사들을 대상으로 한 이 연구에서, 전지들의 직렬연결과 병렬연결시 전류의 특성을 연결하는 전지의 수에 초점을 맞추는 유형에는 2명의 초등교사가, 전지의 직렬연결에 대한 개념과 병렬연결에 대한 개념을 혼동하는 유형에는 8명의 초등교사가, 그리고 전지의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념을 저항의 직렬연결과 병렬연결에 대한 개념으로 혼동하는 유형에는 4명의 초등교사가 분포하였다. 초등교사들은 전지의 연결에 대한 학습 개념이 적용되는 상황에서 뿐만 아니라 분화개념이 적용되어야 하는 상황에서도 그들의 오개념 유형을 일관성 있게 적용하고 있었다.

주요어: 오개념의 유형, 일관성, 전류의 특성, 전지의 연결방법, 초등교사