

중·고등학교 학생들의 전기 회로도에 관한 표상

최관순·박양윤*·김범기
(한국교원대학교)·(부산전자공업고등학교)

Middle and High School Students' Mental Representation on Electric Circuits

Choi, Kwan-Soon · Park, Yang-Yoon* · Kim, Beom-Ki
(Korea National University of Education) · (Pusan Electronic Technical High School)*

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate how middle and high school students represent circuit diagrams with different shapes but electrically same. What prototypes of circuit which students possessed were, how students represented the connection of resistors, and what criteria used while grouping the circuit diagrams were investigated. The participants were 10 middle and 10 high school students.

The results show that they represented the circuit diagrams by the geometrical resistor configurations rather than physics principles, not considering the presence of a junction or a battery on the branch. This representation was constrained by the circuit prototypes. Middle and High school students seems to have the own way of representing circuit diagrams without considering physics principles.

Key words: mental representation, electric circuit, electricity

I. 서 론

전기 회로도는 약속된 기호를 사용하여 실제 전기회로를 그림으로 나타내는 것으로 전기학을 이해하는 의사소통의 한 방법이다. 전기학을 시작하는 초등학교에서부터 기본적인 전기회로를 구성하는 요소들을 기호를 이용하여 전기 회로도로 나타내고 있으며 전기 회로도를 통해 학습자들은 전지나 저항의 직렬 또는 병렬 개념을 학습한다. 김은숙 등(1999)은 초등학교 교과서부터 전구, 건전지, 전선, 직렬 연결, 병렬 연결, 전구의 밝기 등의 용어를 사용하여 전기 회로도를 설명하고 있으며, 중학교 교과서에는 전기 회로도를 이용하여 전기회로에서 옴의 법칙, 전압, 전류, 저항, 그리고 회로의 등가 저항, 전력, 전기회로에서 발생하는 열, 전기 에너지 등 많은 내용을 다루고 있음을 보고

하고 있다. 이와 같이 학교에서 전기 회로도는 전기와 관련된 개념을 이해하고 표현하는 중요한 수단이 되고 있다.

학습자가 전기 회로도를 정확하게 이해하는 데에는 다양한 지각기능이 요구된다. 전기의 각 성분 요소들을 표현하는 약속된 기호를 알고 있어야 하며 도선을 부드러운 곡선 대신에 직선으로 표시하는 것 등의 형식적인 표상 기호에 익숙해져야 한다. 그림이 실제 어떤 회로를 표현하는지 재인하기 위해 전체회로도를 분석할 수 있어야 하며 요소들끼리의 연결이 직렬인지, 병렬인지 인식할 수 있어야 한다(Cailot, 1984).

전기 회로도를 바르게 표상하는 것은 전기회로 문제를 해결하는데 있어 기초적인 능력이지만 많은 연구에서 학습자들이 전기회로를 인식하는 데 어려움을 겪고 있음을 밝히고 있다. 양혜정(1994)은 전기회로에 관한 정성적 문

항과 정량적 문항의 난이도 비교 연구에서 학습자에게 저항이 연결된 전기 회로도를 제시했을 때 연구자가 제시한 회로도를 그대로 인식하지 못하고 학습자가 가지고 있는 전기 회로도의 원형적인 모습을 다시 그려서 문제를 표상한다고 보고하였다. Idar과 Ganiel(1985)은 실제 전기회로를 구성할 때 전구의 직렬 연결을 기하학적으로 병렬 연결형태처럼 보이게 하면 많은 학습자들이 병렬 연결로 해석함을 관찰하였다. Caillot(1984)은 전기적으로 같지만 다르게 그려진 전기 회로도를 읽고 범주화하는데 학습자마다 다양한 특징이 있음을 밝혀냈다.

전기에 관한 연구들은 대부분 전기에 대한 학습자의 이해를 알아보기 위해 전기 회로도를 사용하여 연구해 왔지만(박학규와 이용현, 1993; 박학규와 권재술, 1994; 양혜정, 1994), 정작 학습자가 전기 회로도 자체를 어떻게 표상하는지에 대한 연구는 많지 않다. 학습자가 전기 회로도를 어떻게 인식하는지에 대해 구체적이며 정성적으로 살펴볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 전기학의 초심자라 할 수 있는 중·고등학생들이 전기적으로 동일하지만 다양하게 그려진 전기 회로도를 어떻게 표상하는지 저항의 연결을 중심으로 하여 살펴보고자 한다. 이를 위해 중·고등학생들이 가지고 있는 원형적인 회로유형을 알아보고 전기 회로도에서 저항의 연결을 표상하는데 사용하는 준거를 분류하고, 이를 비교하였다.

본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- (1) 중·고등학생이 가지고 있는 다양한 전기 회로도에 대한 회로도 원형은 어떠한가?
- (2) 전기 회로도를 보고 중·고등학생은 저항의 연결상태를 어떻게 언어적으로 기술하며 그 때 나타나는 직렬과 병렬개념은 어떠한가?
- (3) 전기 회로도를 전기적으로 같은 것끼리 분류할 때 중·고등학생이 사용하는 분류의 준거는 어떠한가?

II. 연구 내용 및 방법

중·고등학생들이 전기 회로도에서 저항의 연결상태를 어떻게 표상하는지 알아보기 위하여 중학교 3학년 학생과 고등학교 2학년 학생 각 10명을 대상으로 하여 그들이 생각하는 회로도의 원형(prototype)에 대해 그려보게 하였고, 저항이 다양하게 그려진 24장의 회로도 카드를 읽고 기술하도록 하였다. 그리고 24장의 회로도를 등가 회로도끼리 분류하게 하였다.

본 연구에 참여한 중학생은 충북 청원군 소재 중학교 3학년생이며, 고등학생은 인천광역시 소재 여고 2학년생이다. 이들은 중학교 2학년 때 과학 수업에서 전기 회로에서 전구의 직렬, 병렬 연결에 대해 학습을 하였으며, 지원자 중에서 학업성적을 고려하여 표집하였다.

본 연구에 사용한 검사도구는 24장의 전기 회로도 카드이다. 이것은 Caillot(1984)이 개발한 것으로 저항의 위치가 각각 다른 회로도로 이루어져 있다. 전체적인 24장의 회로도는 Table 1과 같다. 각 군에 속하는 전기 회로도는 등가회로이면서 저항이나 전선, 전지의 위치가 조금씩 다르게 그려져 있다.

먼저 학습자가 가지고 있는 다양한 전기 회로도에 대한 원형을 알아보기 위하여 학생들에게 각각 두 개의 저항이 직렬로 연결된 회로도(S)와 두 개의 저항이 병렬로 연결된 회로도(P), 두 개의 저항이 직렬로 연결된 것에 하나의 저항이 병렬로 연결된 회로도(PS), 두 개의 저항이 병렬로 연결된 것에 하나의 저항이 직렬로 연결된 회로도(SP)를 그려보게 하였다.

두 번째는 Caillot(1984)에 의해 개발된 24장의 전기 회로도를 학습자에게 제시하여 학습자가 회로도에 있는 저항의 연결을 어떻게 기술하는지 조사하였다. 이것으로부터 학습자가 직렬과 병렬, 혼합 연결상태를 어떻게 표상하는지 알아보고, 학습자가 생각하는 직렬과 병렬개념이 어떠한가를 살펴보았다.

마지막으로 24장의 전기 회로도를 등가 회로도끼리 분류하게 하고, 회로도 분류 시 사용한 분류기준을 조사하였다. 이것을 통해 등가 회로도를 인식할 수 있는지를 알아보고 전기 회로도 읽기가 회로도를 분류하는데 있어 어떤 관련이 있는지 알아보았다.

III. 연구 결과 및 논의

연구 결과는 먼저 학생들이 그린 회로도의 원형(prototype)을 분석하였고, 24장의 회로도 기술을 통해 나온 면담 자료를 분석하여 중·고등학생들이 생각하는 직·병렬의 유형을 이끌어 내었다. 그리고 24장의 회로도를 등가회로로 분류하는 것과 사용된 분류기준을 분석하여 중학생과 고등학생을 비교하였다.

1. 중·고등학생들의 저항연결에 대한 원형

Table 1. Circuit diagrams presented to the students.

	Diagram		Diagram		Diagram
Circuit S	(1)	Circuit PS	(9)	Circuit SP	(17)
	(2)		(10)		(18)
	(3)		(11)		(19)
Circuit P	(4)		(12)		(20)
	(5)		(13)		(21)
	(6)		(14)		(22)
	(7)		(15)		(23)
	(8)		(16)		(24)

저항의 직렬과 병렬 연결에 대한 학습자가 가지고 있는 원형은 회로도에서 저항의 연결 상태를 표상하는데 영향을 줄 것이다. 따라서 24장의 전기 회로도를 제시하기 전

에 학습자가 가지고 있는 원형을 그려보도록 하였고 그 결과는 Table 2와 같다.

학생들이 가지고 있는 회로의 원형을 보면, 두 개의 저

Table 2. Middle and high school students' prototypical circuits

Circuit S	Circuit P	Circuit PS	Circuit SP
 (S)	 (P-a)	 (PS-a)	 (SP-a)
	 (P-b)	 (PS-b)	 (SP-b)

항이 직렬로 연결된 회로의 경우에는 두 개의 저항이 위쪽에 일렬로 배열된 형태(S)로, 두 개의 저항이 병렬로 연결된 회로는 고리가 있는 형태(P-a)와 두 개의 저항이 평행한 형태(P-b)로 나타났다. 두 개의 저항이 직렬로 연결된 것에 하나의 저항이 병렬로 연결된 회로는 일렬로 배열된 두 개의 저항과 하나의 저항이 작은 고리를 이루는 형태(PS-a)와 일렬로 배열된 두 개의 저항에 다른 하나의 저항이 평행한 형태(PS-b)로 나타났으며, 두 개의 저항이 병렬로 연결된 것에 다른 하나의 저항이 직렬로 연결된 회로는 두 개의 저항이 그려진 작은 고리와 하나의 저항이 일렬로 배열된 형태(SP-a)와 평행한 두 개의 저항에 다른 하나의 저항이 나란히 그려진 형태(SP-b)로 나타났다. 그 외 다른 형태의 회로도 는 나타나지 않았는데, 이러한 경향은 양혜정(1994)이 지적한 대로 과학교과서에서 잘 제시되는 형태와 비슷하기 때문에 생각된다. 각각의 원형 회로도에 대한 빈도수는 Table 3과 같다.

각각의 회로도 원형에 대한 중·고등학생의 반응 결과를 보면 두 개의 저항이 직렬, 병렬인 경우에는 올바른 회로도를 그린 학생이 많으나, 혼합 연결인 경우에는 올바른 회로도를 그린 학생의 수가 적음을 알 수 있다. 그리고, PS 회로에서는 고등학생이, SP 회로에서는 중학생이 올바른 회로도를 그린 학생이 많았다.

각각의 원형 회로도에 대한 빈도수를 비교해보면 중학생은 병렬 회로에서 고리를 포함한 형태(P-a)가 지배적이었으며, 이것에 영향을 받아 PS, SP 회로에서도 고리를 포함하는 형태(PS-a, SP-a)로 그리는 학생이 많았고, 고등학생은 P, PS 회로에서 고리를 그리는 학생이 없었고, SP 회로에서 일부 나타났다. 즉, 직렬, 병렬 회로에 대한 원형이 혼합 연결 회로에서는 결합된 형태로 나타남을 알 수 있다.

결과적으로 S 회로에서는 저항이 일렬로 있는 형태, P 회로에서는 고리가 있는 형태와 저항이 평행한 형태, 그

리고 PS 회로와 SP 회로는 S회로도 와 P회로도의 원형이 결합된 형태로 나타났다.

일부 중학생들은 전기회로를 구성하는 실물을 기호로 나타내는 것에 익숙하지 않아서 정확한 회로도를 완성하는데 어려움을 보였으며, 저항과 전구를 혼동해서 그리거나 전구를 더 그려 넣음으로써 전체 회로도의 의미가 달라짐을 알지 못하는 경우도 있었다.

2. 저항의 연결에 대한 표상

중·고등학생들이 저항이 다양하게 연결된 회로도를 기술할 때 나타나는 직렬과 병렬, 혼합 연결에 대한 표상 방식은 다양하다. 그 결과를 제시하면 다음과 같다.

1) 전기 회로도 기술

중·고등학생들에게 24장의 전기 회로도를 제시했을 때, 저항의 연결상태를 옳게 기술한 학생 수는 Table 4와 같다.

중학생과 고등학생 모두 원형과 비슷한 회로도에 대해서는 정답률이 높은 반면, 원형과 다른 형태로 저항이 배열된 회로도에 대해서는 정답률이 낮았다. 특히 중학생보다 고등학생의 정답률이 낮은 경우가 많았는데, 이는 중학생들이 저항의 직렬, 병렬 연결을 배운지 얼마 안 되었기 때문으로 생각된다. 고등학교 1학년 과학에서 전기기구의 사용에 대해 배우기는 하지만, 교사들이 원형적인 회로를 그려 설명하므로, 원형과 다른 회로도에 대해서는 여러 가지 대안 개념을 사용하는 것으로 보인다.

학생들의 응답을 분석하여 얻은 회로도 표상 방식은 다음과 같다.

- 유형 1. 일직선상의 저항은 직렬, 평행하거나 작은 고리 위에 있는 저항은 병렬이다.
- 유형 2. 바깥쪽 큰 사각형 위의 저항은 직렬, 그 사각

Table 3. Number of middle and high school students on each prototype

Prototype	S	P		PS		SP	
		P-a	P-b	PS-a	PS-b	SP-a	SP-b
Number of students	M* (n=10)	8	8	4	7		
	H** (n=10)	9	7	1	2	2	7
			8	6	6	6	
			-	8	-	6	3
						3	3

* : M means middle school, ** : H means high school.

Table 4. Number of correct answers of reading circuit diagrams

	Circuit	N			Circuit	N			Circuit	N	
		M (n=10)	H (n=10)			M (n=10)	H (n=10)			M (n=10)	H (n=10)
Circuit S		10	10	Circuit PS		8	6	Circuit SP		9	7
		10	9			8	6			6	2
		9	9			7	7			6	1
Circuit P		10	9			7	3			5	5
		9	8			7	6			6	4
		9	9			3	4			5	3
		9	6	Circuit SP		9	9		2	1	
		8	4			7	9		7	1	

* Prototypical Circuits.

형을 가르는 선 위의 저항은 병렬이다.

각 유형별 사례를 살펴보면 다음과 같다.

1) 유형 1: 일직선상의 저항은 직렬, 평행하거나 작은 고리 위에 있는 저항은 병렬이다.

학습자들은 회로도 원형과 비슷하게 저항이 배치되어 있는 경우에는 저항의 위치나, 전지, 전선의 배치를 충분히 고려하지 못하는 경향을 보였다. 유형 1에 의해 표시한 회로도 와 학생수는 Table 5와 같다.

24번 회로도의 경우, 중학생은 정답률이 높은 반면 고등학생은 정답률이 낮았다. 오답을 말한 9명의 학생이 모두 일렬로 그려진 저항 1과 3은 직렬연결이고 나머지는 병렬연결이라고 대답했다. 이것은 일렬로 배열된 두 저항 사이에 있는 분기점을 고려하지 않고 두 저항의 기하학적 배열만을 보기 때문으로 생각된다.

9번, 18번, 20번, 21번처럼 세 개의 저항이 평행하게 그려진 회로도의 경우에는 중·고등학생 모두 전지의 위

Table 5. Circuit diagrams and Number of students represented by type 1

Basic Circuit	P	PS					SP								
Diagram number	(8)	(9)	(10)	(12)	(14)		(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	
Number of students M (n=10)	2	2	1	-	-	3	1	4	-	2	3	-	3	2	15
Number of students H (n=10)	5	-	4	3	2	9	3	4	4	2	4	2	3	9	31

치를 고려하지 않고 모두 병렬 연결이라고 읽는 경향을 보였으며, 10번, 17번, 23번 회로도처럼 고리를 포함한 회로도에서는 모두 병렬이라고 말하는 경향이 있었다. 14번, 17번의 경우, 고등학생들은 두 개의 평행한 저항은 병렬이고 다른 것은 직렬이라고 말하는 경향을 보였다.

한편 8번 회로도는 단순히 두 개의 저항이 병렬로 연결된 회로임에도 불구하고 전지와 평행한 저항은 병렬 연결이고, 그렇지 않은 것은 직렬 연결이라고 기술하는 학생이 많았다. 이러한 경향은 초등학교에서 배운 전지의 직렬, 병렬 연결과 혼동하여 저항과 전지의 기하학적인 배치만을 보고 판단하기 때문인 것으로 보인다.

병렬회로에 대한 원형은 학생들이 전기 회로도에서 저항의 연결상태를 읽는데 강하게 영향을 주어 그와 유사한 형태를 보고 병렬이라고 판단하며, 이때 전선의 모양, 전지의 위치를 충분히 고려하지 못하고 단지 기하학적인 병렬의 구조만을 기억하여 회로도를 인식하고 있음을 알 수 있다.

2) 유형 2: 바깥쪽 큰 사각형 위의 저항은 직렬, 그 사각형을 가르는 선 위의 저항은 병렬이다.

3개의 저항이 직렬과 병렬의 혼합 연결상태로 제시될 때 일부 학습자들은 전기 회로도의 바깥쪽 큰 사각형 위에 있는 저항은 직렬로 간주하고 그 사각형을 가르는 가운데 선에 있는 저항은 병렬 연결되어 있다고 기술한다. 이와 같은 방식으로 표상한 회로도와 학생수는 Table 6과 같다.

Table 6을 보면 PS 회로도보다는 SP 회로도에서 이와 같은 전략을 많이 사용하고 있음을 알 수 있다. 한편 학생에 따라 보면, 동일한 유형에 따라 기술하는 학생이 있는가하면 회로도 모양에 따라 유형 1과 2를 동시에 사용하는 학생도 많았다. 즉, 학생들은 병렬과 직렬에 대한 올바른 개념을 가지고 있지 못하며, 상황에 따라 다른 개념을 사용했다.

23번 회로도에는 전지를 포함하는 작은 고리가 있다.

이때 작은 고리 내의 저항이 평행하므로 병렬로 생각하는 학생이 있는가하면 고리 내의 저항은 직렬로 보고, 그 사각형에 덧붙여 있는 바깥 사각형 위에 있는 저항을 병렬로 생각하는 학생도 있다. 이 경우 학생들은 저항 1과 3이 병렬연결인지 직렬연결인지 혼란스러워 하는데 이것은 병렬의 원형인 고리 형태가 있으면서 동시에 전지와 저항이 하나의 폐회로를 이루기 때문인 것으로 보인다.

2) 중학생과 고등학생의 전기 회로도에 관한 표상

중학생과 고등학생들이 전기회로도를 보고 표상하는 방식을 보면 중학생과 고등학생 모두 회로도 원형과 비슷한 경우에는 저항의 연결상태를 비교적 잘 인식하였다. 그러나 저항 3개가 혼합 연결된 경우에는 원형과 전기적 위상이 동일함에도 불구하고 정확한 직렬과 병렬 개념을 사용하지 못했다. 특히 중학생과 고등학생 모두 유형 1에 따라 기술하는 경우가 많았는데, 이것은 직렬과 병렬 연결에 대한 원형이 혼합연결에 영향을 주기 때문으로 보인다.

Aalst(1984)는 직렬 연결과 병렬 연결을 구별하는 연구를 통해 학습자들이 직렬, 병렬회로보다 혼합 연결된 회로에서 문제 해결에 실패하고 있음을 밝히고, 혼합 연결의 기초가 되는 단순회로의 중요성을 강조하고, 직렬, 병렬회로를 교수하는데 기능적인 맥락에 주의를 기울여 학습자와 관련된 상황을 이용할 것을 제안하고 있다.

결과적으로 학습자들은 전기회로의 저항연결상태를 읽을 때 회로도의 기하학적인 모습에 영향을 받아 올바르게 표상하지 못함을 알 수 있다. 이것은 직렬과 병렬의 개념이 불안정한 것으로 다양한 상황에서 직렬과 병렬개념을 적용하는 예를 제시하는 것이 필요하다는 것을 암시한다.

3. 동가 회로도의 분류

다양한 전기 회로도의 연결상태를 기술하고 나서 학생들로 하여금 24장의 카드를 전기적으로 동일한 회로도끼

Table 6. Circuit diagrams and Number of students represented by type 2

Basic circuit	P	PS					SP							
		(7)	(9)	(11)	(12)	(14)	(16)	(18)	(19)	(22)	(23)	(24)		
Diagram number	(7)	(9)	(11)	(12)	(14)		(16)	(18)	(19)	(22)	(23)	(24)		
Number of students	M (n=10)	-	1	-	-	3	4	2	-	2	2	3	2	11
	H (n=10)	3	2	2	2	-	6	-	2	3	3	4	-	12

리 묶어보게 하였다.

중학생은 3명의 학생이 정확하게 전기 회로도의 위상에 따라 24장의 카드를 4개의 범주로 나누었고, 고등학생은 1명의 학생이 정확하게 분류하였다. 대체로 중학생들은 S 회로도와 P 회로도는 정확하게 분류하였지만 PS 회로도와 SP 회로도는 잘 못 분류하였고, 고등학생들은 단순한 P 회로도조차도 정확하게 분리하지 못하는 경우가 많았다.

학생들이 사용하는 분류기준을 살펴보면, 중학생들은 직렬, 병렬이라는 용어대신 회로도의 외형에 따라 구분하는 경향을 보였으며, 고등학생들은 직렬이나 병렬이라

는 용어를 사용하기는 하나 그 의미를 제대로 적용하지 못하는 것으로 나타났다. 특히 PS나 SP 회로에 속하는 회로도를 모두 직렬 또는 모두 병렬인 회로에 분류하는 학생도 있었는데, 이는 저항의 개수에 따라 회로도의 의미가 달라진다는 것을 생각하지 못하는 경우라고 볼 수 있다.

전기 회로도 위상에 따라 정확한 증거를 사용하는 학생의 수는 상당히 적고, 기하학적인 외형에 따라 분류하는 학생들이 많았는데, 그 대표적인 사례를 살펴보면 Table 7과 같이 고리형태가 있는 회로도끼리 묶거나, 가운데 전지가 포함된 선이 있는 회로도끼리 묶는 경우, 저항 3개

Table 7. Examples of grouping based on criteria of surface features.

Criterion	Circuit
A small loop	
The middle line with a battery and all are in parallel	
Battery at the left and all are in parallel	
Same position of 3 resistors	
All resistors are in outside	
The middle line with a resistor	
All are in parallel	

가 평행하게 배열되어 있는 회로도끼리 묶는 경우 등 다양하게 나타났다. 전기적 위상과는 관계없이 전지의 위치나 저항의 배열 형태가 비슷한 것끼리 묶는 경향은 회로도 기술에서 나타난 학생들의 표상 특성과 일치한다고 볼 수 있다.

이상의 결과를 바탕으로 회로도 기술과 등가 회로도 분류 시 나타난 결과를 비교하면 중학생과 고등학생 모두 직렬과 병렬연결의 원형과 비슷한 회로도에 대해서는 올바른 표상을 하지만, 그렇지 않은 회로도에 대해서는 전기적인 특징을 고려하기보다는 회로도의 표면적 특성에 따라 표상하는 것으로 보인다. 이것은 Chi 등(1981)이 역학 문제 분류 과제에서 초심자는 물리적 원리보다는 문제의 표면적 특성에 따라 문제를 표상한다고 밝힌 연구 결과와 일치하는 것이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구의 목적은 전기 회로도의 저항연결 상태를 중·고등학생들이 어떻게 표상하는지 알아보기 위한 것이었다. 먼저 학습자가 가지고 있는 저항의 직렬과 병렬, 혼합연결에 대한 원형을 질문지에 그려보게 하였고, 저항의 연결상태를 학습자들이 언어적으로 기술하도록 하여 응답 원안을 분석하였으며, 24장의 전기 회로도를 등가 회로도로 분류하게 하였다.

1. 결론

본 연구결과를 중심으로 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 중·고등학생들이 생각하는 전기회로도의 원형은 직렬은 저항이 일렬로 배열되어 있는 것이고, 병렬은 저항이 고리 형태를 이루거나 평행하게 배열되어 있는 것으로 나타났다. 그리고 혼합연결에서는 이러한 직렬, 병렬의 원형이 결합된 형태로 나타남을 알 수 있었다. 이 형태는 과학교과서에서 많이 제시되는 형태로, 그 외 다른 모양의 회로도들은 나타나지 않았다.

둘째, 저항의 연결 상태를 기술하는 동안 나타난 중·고등학생들의 직렬, 병렬 연결에 대한 표상방식은 다양했으며, 이는 과학자나 과학교사가 생각하는 것과는 차이가 있었다. 저항이 직렬 또는 병렬의 원형과 유사하게 배열된 것은 전지의 위치나 전선의 모양을 고려하지 못하고 직렬 또는 병렬로 기술하기도 하고, 저항 하나가 직렬 또

는 병렬 연결이 가능하다고 기술하기도 하였다. 또 바깥의 큰 사각형 위의 저항은 직렬이고 가운데 선 위의 저항은 병렬로 보는 것으로 나타났다. 단순히 직렬은 저항 두 개가 일렬로 연결된 것이고, 병렬은 저항 두 개가 평행하게 연결된 것으로 알고 있는 학생들은 회로도 모양을 다양하게 변형시켜 제시했을 때, 자신이 가지고 있는 원형에 의존하여 기술하려고 하므로 회로도의 연결상태를 올바르게 표상하는데 실패했다. 전기 회로도의 구성요소인 저항, 전선, 전지의 위치나 배치를 함께 인식하지 못하고 그 일부만을 보고 읽음으로써 나타난 결과라고 할 수 있다.

셋째, 중·고등학생들이 등가 회로도 분류에서 사용한 분류 준거는 전기 회로도의 전기적 위상을 고려한 것이기 보다는 회로도의 표면적 특성에 따른 것이다. 단순히 회로도를 도형으로 인식하여 그 기하학적인 특성을 분류기준으로 사용함으로써, 고리가 있는 회로도, 가운데 전지가 포함된 선이 있는 회로도, 저항 3개가 평행하게 배열된 회로도, 전지나 저항의 위치가 비슷한 회로도끼리 분류하는 것을 볼 수 있다. 이는 회로도 기술에서 실패한 학생들에게 공통적으로 나타났다. 한편, 전기 회로도의 원형은 회로도의 저항연결상태를 기술하거나, 분류하는데 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

이러한 연구의 결론을 바탕으로 하여 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다.

먼저, 중·고등학생들의 저항연결에 대한 표상방식은 과학교사가 생각하는 것과는 다르고, 전기학적으로 옳지 못하다는 것이다. 따라서 학교 현장에서 전기 회로도를 이용하여 전기학을 지도할 때에는 회로도의 저항연결에 대한 학습자들의 생각을 고려해야 할 필요가 있다.

과학교사가 학생들에게 직렬과 병렬개념을 단순히 명제적으로 제시하면 학습자들이 이러한 지식을 생산적이고 심상적인 지식으로 제대로 발전시키지 못한다는 것을 고려해야 한다. 단순히 직렬을 저항이 나란하게 일렬로 연결된 것, 병렬은 저항이 평행하게 배열된 것이라고 배운 학습자들은 이와 다른 다양한 회로도를 보았을 때 저항의 연결상태를 제대로 표상하지 못한다. 나아가 이것은 전기 회로도와 관련된 여러 문제를 해결할 때 결정적인 영향을 미치게 된다. 따라서 전기 회로도를 학습할 때 실제의 전기회로를 전기 회로도로 그리는 방법과 역으로 전기 회로도를 보고 실제 전기회로를 꾸미도록 하는 교수전략이 필요하다. 또 전기 회로도의 전기적 위상은 등

일하지만 다양한 회로도의 모양을 제시하는 과정, 그리고 전기 회로도의 전기학적인 의미 등을 고려한 학습이 필요하다고 본다.

2. 제언

이 연구는 중·고등학생들이 회로도의 저항연결을 어떻게 표상하는가에 대한 사고의 특징을 보여준다. 본 연구 대상인 중학교 3학년 학생과 고등학교 2학년 학생들은 중학교 2학년에서 저항의 연결을 학습한 학생들이다. 따라서 전기회로도에 대해 학습하기 이전의 학생들을 대상으로 조사하여 비교하는 연구도 필요하다고 본다. 또한 연구 대상자의 수를 확대하고, 피험자의 여러 변인을 고려한 상황에서 회로도의 저항연결을 어떻게 표상하는가에 대한 연구도 필요하다고 본다.

전기 회로도에 대한 표상과 수치적 문제 해결의 관련성 연구는 문제해결에서 문제의 표상이 얼마나 중요한가를 의미 있게 제시할 수 있을 것이다.

실제 전기 회로와 전기 회로도를 관련짓는 능력, 전기 회로도의 올바른 표상을 위한 교수전략의 개발 등의 연구가 필요하다고 할 것이다.

국문 요약

본 연구에서는 중·고등학생들의 전기 회로도에 관한 표상을 조사하기 위해 중학생 10명과 고등학생 10명을 대상으로 하였다. 저항 연결에 대해 중·고등학생들이 가지고 있는 전기 회로도의 원형과 저항 연결을 기술하는 유형, 등가 회로도를 분류할 때 사용하는 준거를 조사하였다.

중·고등학생들이 생각하는 전기 회로도의 원형은 직렬 연결은 저항 두 개가 일렬로 배열된 형태이며, 병렬 연결은 두 개의 저항이 고리모양을 하고 있거나 평행하게 배열된 형태였다. 세 개의 저항이 혼합 연결된 회로도는 직렬과 병렬 회로도 원형이 결합된 형태로 나타났다.

저항의 연결을 기술하는 유형은 저항 하나라도 직렬과 병렬 연결이 가능하며, 저항이 일렬로 되어 있으면 직렬, 저항이 평행하면 병렬로 기술하였다. 또한 전지와 저항을 포함하는 사각형태는 직렬로, 그 사각형을 가르는 선 위의 저항 또는 덧붙은 사각형 위에 있는 저항은 병렬로 기술하였다.

등가 회로도 분류 시 사용한 준거는 회로의 기하학적인 형태에 의존하는 경향을 보였다. 학생들은 전지나 저항의 위치, 전선의 형태를 고려하지 못했고, 전기 회로도의 원형에 영향을 받아 물리적 원리와는 관계없이 표상하였다. 따라서 다양한 등가 회로도를 제시하여 학생들이 직렬, 병렬 연결에 대해 가지고 있는 생각을 드러나게 하고 이를 교정할 필요가 있으며, 이러한 과정을 통해 전기 회로도에 관한 문제 해결 시 직렬과 병렬 연결에 대한 개념을 올바르게 적용할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- 김은숙, 심재규, 정용재, 장병기(1999). 초등학생의 전기회로 이해에 따른 자연 교과서 전기 단원에 대한 분석과 제안. *한국과학교육학회지*, 19(4), 570-584.
- 박학규, 권재술(1994). 물리 문제 해결 과정에서의 학생들의 사고과정에 관한 연구. *한국과학교육학회지*, 14(1), 85-102.
- 박학규, 이용현(1993). 물리 문제 해결 과정에서 중학생들의 사고과정의 특성 분석. *한국과학교육학회지*, 13(1), 31-47.
- 양혜정(1994). 전기회로에 관한 정성적 문항과 정량적 문항의 난이도 비교. *한국교원대학교 석사학위논문*.
- Caillot, M.(1984). Problem Representations and problem solving procedures in electricity. In Duit, R., Jung, W., & von Rheck, C. (Ed.), *Proceedings of an International Workshop on aspects of understanding electricity* (pp. 139-152). Ludwigsburg: IPN Sept 10-14.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R.(1981). Categorization and representation of physics problem by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Idar, J., & Ganiel, U.(1985). Learning difficulties in high school physics: Development of a remedial teaching methods and assessment of its impact on achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 127-140.
- Aalst, H. F. van(1984). Causal relations in electric circuits: students' concepts. In Duit, R., Jung, W., & Rheck, C. von (Ed.), *Proceedings of an International Workshop on aspects of understanding electricity* (pp. 115-128). Ludwigsburg: IPN Sept 10-14.