

중·고등학생의 전기에 대한 개념과 개념유형의 변화 분석

박진호* · 이지애** · 김영민***

목 차

I. 서론
II. 이론적 배경
III. 연구 방법

IV. 요약 및 결론
참고문헌
Abstract

I. 서론

학생의 개념형성은 학생의 물리적 환경, 사회적 환경, 교육 환경과의 상호작용의 결과로 이루어지며, 일상생활의 여러 가지 경험이 학생의 개념형성에 큰 영향을 끼친다. 구성주의 이론에 의하면 학생들은 과학 수업 이전에도 주위 환경과의 상호작용을 통해 자연 현상에 대해 나름대로의 선개념(preconception)을 가지고 있다. 이러한 학생들의 생각은 과학적 개념과 일치하기도 하지만, 많은 경우 현저한 차이를 보인다. 선개념이 형식적인 학습 이후에 올바른 개념으로 형성되어야 하지만, 그렇지 못하는 경우 학습 후에도 학생의 인지 구조 속에 잘못된 개념으로 형성되어 변하지 않는 오개념(misconception)이 자리 잡게 된다. 과학 교육의 중요한 목적 가운데 하나는 학생들이 가지고 있는 이러한 오개념을 올바른 과학적 개념으로 변화시키는 것이다. 학생들이 과학을 공부하면서 잘못된 개념을 가지고 있을 수도 있고 그렇지 않을 수도 있으므로, 과학 교육의 출발점은 학생의 개념 상태를 아는 것에서부터 시작되어야 할 것이다.

그동안 많은 연구에서 학습자의 오개념을 과학적 개념으로 변화시키기 위한 수업전략 및 개념 변화 방안이 제시되어 왔고, 최근에는 구성주의 철학을 기초로 하여 오개념에 대한 연구가 활발히

* 부산대학교 교육대학원 석사

** 부산대학교 대학원 영재교육협동과정 박사과정

*** 교신저자 : 부산대학교 물리교육과, minkiyo@pusan.ac.kr

진행되었다. 구성주의에 의하면 지식은 개인과 독립적으로 존재하는 것이 아니라 환경과의 상호작용을 통하여 개인에 의해 구성되므로, 학습자는 자신의 경험과 생각으로부터 자신의 지식과 그 지식에 대한 표상을 구성하게 된다. 예를 들어 학생들은 자연 현상과의 개인적인 상호작용 그리고 어른과 동료와의 사회적 상호작용을 통하여 그들 자신의 지식을 구성하고, 그 결과로 학습자는 과학을 학교에서 정식으로 배우기 이전에 물리 세계가 어떻게 작동하는가에 대한 불확실한 신념을 이미 지니고 있다. 구성주의적 관점에서의 지식이란 사전 경험을 바탕으로 개인이 구성하는 것이기 때문에 경험이 다른 두 사람은 똑같은 지식을 가질 수 없다.

또한 교수 활동이란 학습자의 잠재적인 학습내용을 어떻게 보는가에 달려 있으며, 학습이란 학습자가 환경과의 상호작용을 통해서 능동적으로 지식을 구성해 나가고, 기존개념을 수업에 의하여 바꾸거나 수정하는 것으로 볼 수 있다. 교수 학습활동에서 학습자의 개념이 오류나 오해라고 보는 입장에 서게 되면 학습자에게 어떻게 하면 올바른 과학개념을 가르칠 것인가에 관심을 갖고 학습자가 갖는 틀린 개념을 올바른 개념으로 바꾸어 주려는데 관심이 집중될 것이다. 그러나 학습자의 개념을 정확하게 파악하게 된다면 학습활동은 보다 학생의 입장에서 구성될 수 있을 것이다. 교육내용은 체계화, 계열화, 순서화되어 있는 것이 아니라, 일상생활과 학습의 맥락 속에 복잡하게 얽혀 있고, 일상의 모든 경험 자체가 교육 내용이고 소재이기 때문이다.

한편, 현대의 교육 환경은 급속도로 변화하고 있어 과거 많은 학생들이 가지고 있었던 오개념에도 상당한 변화가 있음을 예측할 수 있다. 그러나 오개념에 대한 연구물의 대부분이 특정 개념에 대한 학생들의 오인 유형을 분류하거나 학생들이 가장 많이 가지고 있는 오개념을 조사하는 것에 편향되어 있다. 오랜 기간에 걸쳐 오개념의 변화 추이를 살펴보는 종단적 접근을 시도한 연구가 비교적 적고, 과거의 오개념과 현대의 오개념을 비교하는 연구물 또한 매우 적다.

이에 본 연구에서는 과거와 현재를 비교할 때 많은 개념변화가 있을 것으로 예상되는 ‘전기’에 대하여 학생들의 개념을 조사해 보고, 우리나라에서 오개념에 대한 연구가 처음 시작된 1980년대 후반에서 1990년대 초반에 수행된 연구 자료를 기초 자료로 삼아 현재 중·고등학생들이 가진 ‘전기’ 개념과 비교하고 그 차이를 파악하고자 하였다. 또한 과거의 학생들과 현재 학생들의 전기에 대한 개념 유형의 변화를 분석함으로써 그에 따른 시사점을 제시하고 과거와는 다른 현장 지도방법 연구의 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 과학 오개념

오개념(misconception)이라는 말은 “오”라는 말이 가지고 있는 부정적 의미 때문에 틀린 개념, 잘못된 개념, 착각 등의 의미를 가지고 있다. 하지만 이러한 부정적 의미로만 오개념의 의미를 두기에는 잘못된 점이 많다. 왜냐하면 과학자들이 가진 개념은 반드시 옳고 학생들이 가진 개념이

오개념이라는 것이 절대적인 것이 아니기 때문에 오개념이란 잘못된 개념이 아니라 과학자들이 공인하는 개념과 다른 개념이라는 의미로 사용된다. 예를 들어, 오개념의 유형 중 대안개념(alternative conceptions)은 과학적인 개념만이 유일하게 옳은 개념이 아니라 학생들이 가지고 있는 개념도 어떤 면에서는 의미 있는 개념이라는 생각을 나타낸다. 이것은 과학의 본질적 측면에 비추어 보아도 타당한 것이다. 그것은 과학적 이론이 확정된 진리가 아니고 자연 현상을 설명하기 위한 많은 가능한 생각들 중의 하나라는 의미를 반영하고 있기 때문이다.

특히, 학생이 갖고 있는 개념은 일상 경험에서 획득하거나 이전의 수업에서 학습한 것이다. 일상적인 개념은 주로 운동, 열, 빛과 같은 현상을 감각적으로 경험한 것에서 생겨나거나 대중 매체나 일상적인 언어생활 및 대화에 의하여 생겨나기도 한다. 일상적 경험, 특히 감각 경험에서 생겨난 그러한 개념들은 대개 설명력이 커서 쉽게 포기되지 않는다. 또한, 학생들은 교사나 교과서에 의하여 제시된 정보를 그러한 자신의 생각에 바탕을 두고 해석하고 의미를 부여한다. 따라서 학생들은 과학적 지식을 학습하기 어려우며, 기껏해야 그 일부분만을 학습하거나 자신의 생각에 통합시키는 경향을 보인다. 이렇듯 학생의 과학 오개념은 여러 가지 면에서 다양한 특징을 갖고 있다. 학생들은 서로 다른 물리 영역의 현상에 따라 독특한 개념을 갖기도 하며, 보편적으로 유사한 개념을 갖기도 한다. 또한 동일한 물리 현상을 학생에 따라 서로 다르게 생각하기도 한다.

한편 과학 오개념에 대한 선행연구(Wandersee et al., 1994)에 의하면, 학생들의 과학 대안개념에 대한 연구결과들을 종합적으로 해석한 결과 구성주의적 입장에서 행하여진 대안 개념 운동(alternative conceptions movement)의 대표적인 지식 습득 과정을 다음과 같이 설명할 수 있다고 하였다.

첫째, 학습자는 자연의 사물과 사건에 대한 다양한 대안 개념들을 지닌 채 정규 과학 수업에 임한다. 둘째, 학습자가 정규 과학 수업에 임할 때 지니고 있는 대안 개념들은 나이, 능력, 성별, 문화의 경계들을 초월한다. 셋째, 대안 개념은 완고하고 저항적이어서 전통적인 교수 전략에 의해 좀처럼 소멸되지 않는다. 넷째, 대안 개념은 흔히 자연현상에 대해 이전 세대의 과학자나 철학자들이 제안하였던 설명들과 유사하다. 다섯째, 대안개념은 직접적인 관찰과 지각, 또래문화, 언어, 그리고 교사의 설명이나 교수자료 등을 포함하는 다양한 개인적 경험에서 기원한다. 여섯째, 교사도 이따금 학생과 동일한 대안 개념을 가지고 있다. 일곱째, 학습자의 사전지식은 정규수업에서 제시되는 지식과 상호작용을 이루며, 이를 통해 의도하지 않은 다양한 학습 결과가 유발된다. 여덟 번째, 개념 변화를 촉진하는 교수 접근들은 효과적인 수업 도구가 될 수 있다.

2. 전기에 대한 개념 유형

학생들이 전기에 대해 가지고 있는 생각들은 다양하다. 과학자적인 생각 외에 전기와 전류에 대해 가지는 여러 가지 다른 개념들을 조사한 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

Shipstone(1984)은 학생들이 가지고 있는 전류에 대한 생각을 몇 가지로 구분하였다. 첫째, 전지의 한쪽 극에만 전구를 연결해도 불이 켜진다는 홀극 전류생각, 둘째, 전지의 양극과 음극에서

나온 전류가 서로 충돌하여 전구에 불이 켜진다는 충돌 전류 생각, 셋째, 전지에서 나온 같은 양의 전류가 여러 전구에 고루 분배된다는 분배 전류 생각, 넷째, 전류가 한쪽 방향으로만 순차적으로 흘러 이미 지나온 방향으로의 영향을 미치지 못하고 흘러가면서 점점 줄어든다는 일방적 비보존 생각으로 분류하였다.

Light(1987)는 중등학생들이 가지는 전기에 관한 주된 오개념을 네 영역으로 분류하였다. 첫째, 전구와 저항에서 전류가 소모된다. 둘째, 전지는 항상 일정한 전류를 주며 회로를 구성하는 소자들과 무관하다. 셋째, 직렬연결과 병렬연결에서 국부적이고 순차적인 사고방식을 가지고 있다. 다시 말하면 회로의 모든 부분이 상호 관련되어 있고 서로 영향을 주고받는다 생각하지 않고, 많은 학생들이 회로 내에서의 어떤 변화는 국부적일 뿐이며, 아래로 흐르는 어떤 순시성을 가진다고 생각한다. 넷째, 전압보다는 전류개념의 사용을 더 선호하고, 전압과 전류 개념을 변별하여 사용하지 못한다.

김영민 등(1990)은 ‘예상-관찰-설명’식 검사 도구를 사용하여 중학생들의 학습 전 전류 개념을 조사하였다. 이 조사를 통해 밝혀진 학생들의 생각은 다음과 같다. 첫째, 같은 전압이라도 큰 전지에 연결한 전구가 작은 전지에 연결한 전구보다 밝다. 둘째, 저항의 크기 또는 저항의 변화에 상관없이 전류의 세기는 일정하다. 셋째, 직렬 연결된 두 전구에는 전류가 반씩 나누어 흐른다. 넷째, 전지의 +극 또는 -극에 가까이 연결된 전구일수록 밝다. 다섯째, 전류는 전구들을 지나면서 소모된다. 여섯째, 전류는 회로를 흐르면서 저항 변화의 영향을 순차적으로 받는다. 즉, 저항을 증가시키면 저항을 지나기 전의 전류는 변하지 않고, 저항을 지난 전류만 변화된다. 일곱째, 전구를 많이 연결할수록 어둡고, 그 중에서도 직렬로 연결된 전구들이 병렬로 연결된 전구들보다 밝다.

양혜정(1994)은 전기회로에서 전류나 전압에 관한 정성적 문항과 정량적 문항의 반응을 조사하였다. 그 결과 같은 개념을 묻는 짝 문항임에도 정성적 문항에 비하여 정량적 문항의 정답률이 더 높았다. 또한 그 결과는 중학생보다 고등학생이 더 심하고, 병렬보다는 직렬회로에서, 전압보다는 전류 문항에서 정답률이 더 높았다. 이는 학생들이 지니고 있는 전류와 전압에 관한 오개념 유형은 학교 급별이나 성별과 같은 학습자의 특성보다는 문항의 내용과 문제 상황에 내포되어 있는 요소에 따라서 좌우됨을 알 수 있다.

권재술과 김범기(1998)는 전류에 대한 학생들의 생각을 여섯 가지로 구분하였다. 첫째, 단일극 모형(unipolar model)이다. 전류는 도선이 전지의 한쪽 극에만 연결하더라도 흐를 수 있다고 생각하여 폐회로의 필요성을 느끼지 않는다. 둘째, 충돌모형(clashing model)이다. 전지의 양쪽 극에서 전류와 전자가 서로 반대 방향으로 운동하여 전구 내에서 충돌하여 전구에 불이 켜진다는 생각이다. 셋째, 소모성 모형(attenuation model)이다. 회로에 흐르는 전류는 전구나 도선 또는 그 밖의 여러 가지에 의해 소모된다고 생각하는 모형으로 전류와 전압, 전류와 전기에너지에 관한 개념 구별의 모호성에 의해 형성될 수 있다. 넷째, 분배 모형(sharing model)이다. 회로에 연결되어 있는 전구들은 회로 상의 연결 상태와 관계없이 전체 전류가 각 전구에 똑같이 나뉘지기 때문에 각 전구의 밝기가 항상 같다고 생각하는 모형이다. 다섯째, 순차적 흐름 모형(sequence model)이다. 회로에 흐르는 전류는 항상 +극에서 -극으로 흐르고 결코 거슬러 작용할 수 없다고 생각하는 모형

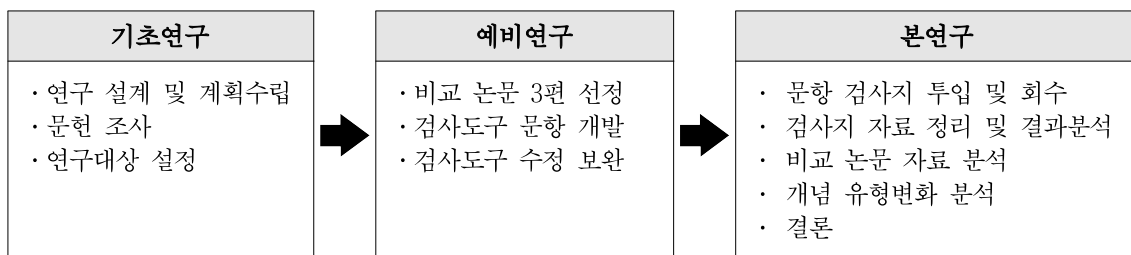
이다. 여섯째, 일정 전류 모형(constant electric model)이다. 전하량 보존에 대한 과도한 일반화와 전지를 전류 저장체로 간주함으로써 나타나는 모형으로서 회로에 흐르는 전류는 회로가 어떻게 구성되었는지 상관없이 같은 전지이면 항상 같은 양의 전류가 회로에 흐른다는 생각이다.

II. 연구 방법

1. 연구 절차

본 연구에서는 과거와 현재학생들의 전기에 대한 개념 조사를 통하여 현재 학생들이 가지고 있는 전기에 대한 개념을 파악하고 더불어 과거학생들과 현재학생들이 가지고 있는 전기에 대한 개념 유형을 비교 분석하고자 하였다. 본 연구에서의 목적 달성을 위하여 수행한 연구의 절차와 방법은 다음과 같다.

먼저, 이전(1980년대 후반, 1990년대 초반) 학생들과 현재(2011년) 학생들과의 전기 개념 유형 변화를 조사하고 비교하기 위하여 1980년대부터 1990년대에 수행된 연구물을 중심으로 문헌 조사를 실시하였다. 이 가운데 전류, 저항, 전압 전력에 대한 문항을 제시하여 학생들의 개념을 조사한 논문 3편을 선정하였다. 다음으로 전기에 대한 이전 학생들과 현재의 개념을 조사하기 위하여 검사 도구를 제작하였고, 수차례의 세미나 과정을 통해 과학교육 전문가, 박사과정과 석사과정에서 과학교육 및 물리교육을 전공하고 있는 현직 과학 교사들의 검토를 거쳤다. 검사 도구를 제작할 때에는 선정한 3개 논문과 비교하여 개념적으로 유사한 문항을 포함하였고, 이전 학생들과 현재 학생들과의 개념 비교 분석에 있어서 정성적인 분석법을 사용하였다.



<그림 1> 연구의 절차 및 내용

2. 연구 대상

본 연구에서는 부산, 울산, 경기, 서울 소재의 중학교 2, 3학년, 고등학교 2학년 학생 303명을 대상으로 검사 도구를 투입하고 그에 따른 응답 결과를 분석하였다. 연구 대상의 현황은 아래의 <표 1>에 제시하였다.

<표 1> 연구 대상 학생의 학년별 분포

($n=303$)

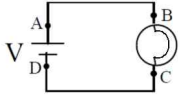
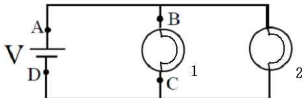
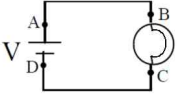
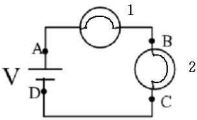
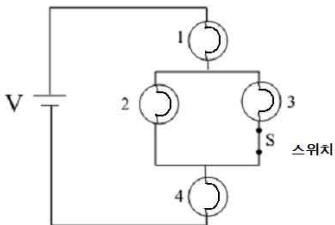
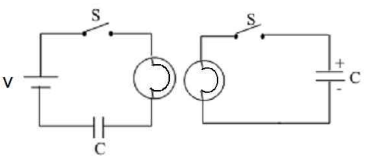
구분	인원	지역
중학교 2학년	60	부산, 울산
중학교 3학년	108	부산, 울산, 경기, 서울
고등학교 2학년	135	부산, 울산, 경기, 서울
계	303	

3. 검사 도구

현재 학생들의 전기 개념을 조사하기 위한 검사 도구는 전기회로에 대한 검사지인 ECCE (The Electric Circuits Concept Evaluation)¹⁾를 참고하여 수정 보완하였다. 이 검사지의 문항은 전기단원의 주요한 개념인 전류, 저항, 전압, 전력 위주로 구성되어 있으며, 추가로 축전지와 코일에 관한 문항을 선정하여 검사 문항에 포함하였다. 문항별 분석 방법은 문항의 내용을 기술하게 한 뒤 문항의 학년별 과학적 개념 응답률을 구하였고, 최빈 오개념과 학년별 경향을 파악하였다. 검사 도구의 문항 구성은 다음의 <표 2>와 같다.

1) The Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE) by Ron Thornton and David Sokoloff, private communication.
http://physics.dickinson.edu/~wp_web/wp_resources/wp_assessment.html

<표 2> 검사 도구의 문항 구성 및 문제 상황의 예

문항	주요개념	평가목표	문제 상황(예)
1	전류의 세기	전구를 통과하기 전, 후의 전류의 세기	 <회로 1>  <회로 2>
2	전류의 세기	전구 하나와 전구 두개가 병렬로 연결되어 있을 때 전체전류의 세기	
3	전류의 세기	전구 하나와 전구 두개가 병렬로 연결되어 있을 때 전구사이의 흐르는 전류의 세기	
4	전력	전구 하나와 전구 두개가 병렬로 연결되어 있을 때 두 전구의 밝기	
5	전압	전구 하나와 전구 두개가 병렬로 연결되어 있을 때 두 전구에 걸리는 전압	
6	전압	병렬연결 되어 있는 두 전구의 밝기	
7	전류의 세기	전구 하나와 전구 두개가 직렬로 연결되어 있을 때 전체전류의 세기	 <회로 1>  <회로 3>
8	전압	전구 하나와 전구 두개가 직렬로 연결되어 있을 때 각각의 전압	
9	전력	전구 하나와 전구 두개가 직렬로 연결되어 있을 때 두 전구의 밝기	
10	전력	전구 두개가 직렬연결 되어 있을 때 두 전구의 밝기	 <복잡한 회로>
11	전력	직렬, 병렬의 혼합연결에서 전구의 밝기	
12	전류의 세기	직렬, 병렬의 혼합연결에서 각 전구에 흐르는 전류의 세기	
13	전압	직렬, 병렬의 혼합연결에서 각 전구에 걸리는 전압	
14	전류의 세기	직렬, 병렬의 혼합연결에서 스위치가 열릴 때 전체전류의 세기	
15	전류의 세기	직렬, 병렬의 혼합연결에서 스위치가 열릴 때 전류의 세기	
16	RC회로	축전기의 충전과정	
17	RC회로	축전기의 방전과정	
18	RL회로	코일이 있는 회로에 일어나는 현상	

Ⅲ. 연구 결과

1. 현재(2011년) 학생들이 가진 전기에 대한 개념 분석

1) 전류의 세기 문제

1. 전구와 전지가 <회로 1>과 같이 연결되어 있다. 다음 중 전류에 대한 설명으로 옳은 것을 고르시오

- ① 점 A에서 전류의 세기가 가장 세다. ② 점 B에서 전류의 세기가 가장 세다.
- ③ 점 C에서 전류의 세기가 가장 세다. ④ 점 D에서 전류의 세기가 가장 세다.
- ⑤ 모든 점에서 전류의 세기가 같다.
- ⑥ A와 B사이의 전류 세기가 같고 C와 D사이의 전류 보다 약하게 흐른다.
- ⑦ A와 B사이의 전류 세기가 같고 C와 D사이의 전류 보다 세게 흐른다.

문항 1은 도선에 전류가 흐를 때 저항을 통과하기 전·후의 전류의 세기를 질문하고 있다. 이 문항에 대한 과학적 개념은 ‘⑤ 모든 점에서 전류의 세기가 같다’이다. 분석 결과, 중2 37%, 중3 77%, 고2 87%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있었다. 최빈 오개념을 보면 중2 18%, 중3 8%, 고2 9%의 학생이 전류의 세기가 소모형이라는 개념을 가지고 있는 것으로 파악되었다. 대부분의 학생들은 올바른 전기개념을 가지고 있지만 전체 연구 대상 학생의 10%가 전류의 세기가 소모형이라는 생각을 가지고 있는 것으로 나타났다.

<표 3> 문항 1에 대한 응답자의 선택 빈도 및 백분율(%)

구분	응답번호							
	1	2	3	4	5	6	7	합계
중2	4(7)	3(5)	3(5)	9(15)	22(37)	8(13)	11(18)	60(100)
중3	5(5)	3(3)	3(3)	5(5)	83(77)	2(2)	7(6)	108(100)
고2	0(0)	0(0)	0(0)	3(2)	117(87)	2(1)	12(9)	134(100)
합계	9(3)	6(2)	6(2)	17(6)	222(74)	12(4)	30(10)	302(100)

2. <회로1>에서 A점의 전류와 <회로2>에서 A점의 전류의 세기를 비교하시오.

- ① <회로2>에서 A점의 전류의 세기는 <회로1>에서 A점의 전류의 2배이다.
- ② <회로2>에서 A점의 전류의 세기는 <회로1>에서 A점의 전류와 같다.
- ③ <회로2>에서 A점의 전류의 세기는 <회로1>에서 A점의 전류의 1/2배이다.
- ④ 기타

문항 2는 전구가 하나 있을 때의 전류와 전구를 2개 병렬로 연결했을 경우 전체전류를 비교하는 문항이다. 이 문항에 대한 과학적 개념은 ‘① 회로2에서의 A점의 전류는 회로 1에서 A점의 전류의 2배이다.’이다. 분석 결과, 중2 18%, 중3 12%, 고2 42%의 학생이 과학적 개념을 가지고 있었다. 최빈 오개념은 저항을 병렬로 연결한 경우 전체 전류의 세기가 작아진다는 개념으로 중2 43%의 학생들이 이와 같이 생각하는 것으로 나타났다. 또한 중3 58%, 고2 41%의 학생들이 전류의 세기를 같게 생각하고 있었다. 중3, 고2의 많은 학생들이 저항이 하나 있을 때와 저항을 추가로 하나 더 병렬연결 했음에도 전류가 같다고 생각하고, 같은 전지에서는 똑같은 전류의 세기가 나온다는 일정전류 생각을 가지고 있었다.

<표 4> 문항 2에 대한 응답자의 선택 빈도 및 백분율(%)

구분	응답번호				
	1	2	3	4	합계
중2	11(18)	20(33)	26(43)	3(5)	60(100)
중3	13(12)	63(58)	31(29)	1(1)	108(100)
고2	57(42)	55(41)	22(16)	1(1)	135(100)
합계	81(27)	138(46)	79(26)	5(2)	303(100)

문항 3은 전구가 하나 있을 때 전구에 흐르는 전류와 전구를 2개 병렬로 연결했을 경우 전구에 흐르는 전류를 비교하는 문항이다. 이 문항의 과학적 개념은 ‘② 회로 2에서 B와 C사이를 흐르는 전류와 회로 1에서 B와 C사이를 흐르는 전류는 같다’이다. 분석 결과, 중2는 37%, 중3 20%, 고2는 40%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있었다. 최빈 오개념을 보면 중2 53%, 중3 70%, 고2 49%의 학생들이 저항을 하나 더 병렬로 연결한 경우 전류의 세기가 더 약하다고 생각하고 있었으며, 결과적으로 이 학생들은 회로에 연결되어 있는 전구들은 회로 상의 연결 상태와 상관없이 전체 전류가 각 전구에 똑같이 나뉜다는 분배전류 개념을 가지고 있었다.

2) 병렬연결에서 전구의 밝기 문제

4. <회로1>에서 B와 C사이의 전구의 밝기와 <회로2>에서 B와 C사이의 전구의 밝기를 비교하시오
- ① <회로2>의 전구의 밝기는 <회로1>의 전구의 밝기보다 더 밝다.
- ② <회로2>의 전구의 밝기는 <회로1>의 전구의 밝기와 같다.
- ③ <회로2>의 전구의 밝기는 <회로1>의 전구의 밝기보다 더 어둡다.

문항 4는 전구가 하나 있을 때와 전구를 2개 병렬로 연결했을 때 밝기의 문제이다. 이 문항의 과학적 개념은 ‘② 회로 1, 2의 B와 C사이의 전구의 밝기는 같다.’이다. 분석 결과, 중2 18%, 중3 19%, 고2 37%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있고 최빈 오개념은 ③으로 중2 72%, 중3 66%,

고2 56%의 학생들이 저항을 병렬로 연결하면 1개를 연결했을 경우보다 밝기가 어두워진다고 생각하고 있었다. 위의 3번 문항에서 저항을 병렬로 연결할 경우 전류가 약하게 흐른다는 학생들의 생각과 일맥상통하고 있다. 학생들은 밝기의 개념을 주로 전류의 개념으로 생각하기 때문에 이번 문항에서 병렬로 저항을 여러 개 연결할 경우 전류가 작게 흐르고 이에 따라 밝기도 약해진다고 생각하는 것으로 나타났다.

문항 5는 병렬연결에서 저항의 양단에 걸리는 전압을 물어보는 문제이다. 이 문항의 과학적 개념은 '② 회로 1, 2의 B와 C사이에 걸리는 전압은 같다.'이다. <표 5>의 결과를 보면 중2 17%, 중3 45%, 고2 74%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있다. 최빈 오개념은 ③으로 중2 57%, 중3 36%, 고2 21%의 학생들이 저항을 여러 개 연결한 저항에서의 전압이 작아진다고 하였고, 고학년으로 갈수록 오개념이 줄어들고 있었다. 많은 학생들은 대부분 과학적 개념을 가지고 있지만 아직도 일부분의 학생들은 병렬연결도 직렬연결처럼 저항에 걸리는 전압이 순차적으로 작아진다고 생각하는 학생들도 있다.

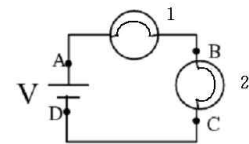
<표 5> 문항 5에 대한 응답자의 선택 빈도 및 백분율(%)

구분	응답번호				
	1	2	3	4	합계
중2	15(25)	10(17)	34(57)	1(2)	60(100)
중3	20(19)	49(45)	39(36)	0(0)	108(100)
고2	6(4)	100(74)	28(21)	1(1)	135(100)
합계	41(14)	159(52)	101(33)	2(1)	303(100)

문항 6은 병렬 연결한 두 전구의 밝기를 비교하는 문제이다. 보통 과학 수업에서 병렬연결에서의 전압은 같다는 것을 상당히 강조하고 있기 때문에 과반수 이상의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있었다. 다른 문항에 비해 과학적 개념을 가지고 있는 학생이 높은 문항이다. 최빈 오개념으로는 중2 35%, 중3 21% 고2 8%의 학생들이 '1번 전구가 2번 전구보다 밝다'고 생각하는 점이었다. 이는 학생들이 병렬연결에서도 밝기를 가까운 것이 밝고 멀수록 어둡다는 순차적 생각을 가지고 있는 것으로 파악할 수 있다.

7. <회로1>에서 A점의 전류와 <회로3>에서 A점의 전류의 세기를 비교하시오

- ① <회로3>에서 A점의 전류의 세기는 <회로1>에서 A점의 전류보다 2배이다.
- ② <회로3>에서 A점의 전류의 세기는 <회로1>에서 A점의 전류와 같다.
- ③ <회로3>에서 A점의 전류의 세기는 <회로1>에서 A점의 전류의 1/2배이다.
- ④ 기타



< 회로 3 >

문항 7은 저항이 하나 있는 경우와 저항 2개가 직렬 연결되어 있는 경우의 전체 전류를 질문하는 문제이다. <표 6>를 보면 중2 25%, 중3 24%, 고2 42%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있었다. 최빈 오개념을 보면 중2 57%, 중3 64%, 고2 49%의 학생들이 ‘두 A점에서 전류의 세기가 같다’고 답변하고 있어, 병렬연결 뿐 아니라 직렬연결에서도 같은 전지에서 같은 전류의 세기가 나온다고 생각하고 있는 것으로 나타났다. 이는 학생들이 아주 간단한 회로임에도 불구하고 전지에서는 저항에 관계없이 같은 전류가 나온다는 일정전류 생각을 가지고 있는 것으로 파악할 수 있다.

<표 6> 문항 7에 대한 응답자의 선택 빈도 및 백분율(%)

구분	응답번호				
	1	2	3	4	합계
중2	11(18)	34(57)	15(25)	0	60(100)
중3	12(11)	68(64)	26(24)	1(1)	107(100)
고2	11(8)	65(49)	55(42)	1(1)	132(100)
합계	34(11)	167(56)	96(32)	2(1)	299(100)

2) 직렬연결에서 전구의 밝기 문제

문항 8은 저항이 하나 있을 때의 전압과 저항을 두 개 직렬 연결한 경우의 저항 하나의 전압을 비교하는 문제이다. <표 7>의 결과를 보면 중2 39%, 중3 41%, 고2 69%의 학생들이 과학적 개념을 보이고 있다. 최빈 오개념은 중2 40%, 중3 31%, 고2 21%의 학생들이 ‘두 전압이 같다’라고 응답한 문항으로, 전반적으로 많은 학생들이 직렬연결에서 저항에 걸리는 전압은 전체전압이 나누어진다고 생각하지만 일부의 학생들은 저항양단에 걸리는 전압은 무조건 같다고 생각하고 있다. 특히 고등학생은 70% 정도의 학생이 올바른 전압 개념을 가지고 있지만 중학생은 60% 이상의 학생들이 전압 개념을 잘 모르고 있는 것으로 나타났다.

<표 7> 문항 8에 대한 응답자의 선택 빈도 및 백분율(%)

구분	응답번호				
	1	2	3	4	합계
중2	11(18)	24(40)	23(39)	2(3)	60(100)
중3	30(28)	33(31)	44(41)	0(0)	107(100)
고2	10(8)	29(21)	91(69)	2(2)	132(100)
합계	51(17)	86(29)	158(53)	4(1)	299(100)

9. <회로1>에서 B와 C사이의 전구의 밝기와 <회로3>에서 B와 C사이의 전구의 밝기를 비교하시오

- ① <회로3>의 전구의 밝기는 <회로1>에서 전구의 밝기보다 더 밝다.
- ② <회로3>의 전구의 밝기는 <회로1>에서 전구의 밝기와 같다.
- ③ <회로3>의 전구의 밝기는 <회로1>에서 전구의 밝기보다 더 어둡다.

문항 9는 회로 1에서의 밝기와 저항이 두 개 직렬로 연결한 경우 하나의 저항에서의 밝기를 질문하는 문제이다. 분석 결과, 중2 52%, 중3 49%, 고2 71%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있었으며, 문항 8번의 전압 문제와 유사한 정답률을 나타내고 있다. 최빈 오개념은 중2 32%, 중3 31%, 고2 24%의 학생들이 '밝기가 같다'라고 답변하고 있는 점이다. 이는 학생들은 전지에서 나오는 전류가 일정하다는 일정전류 개념을 가지고 있기 때문에 밝기도 같다고 생각하고 있는 것이라 할 수 있다.

문항 10은 직렬 연결된 두 전구의 밝기를 물어보는 문제이다. 분석 결과, 중2 39%, 중3 62%, 고2 73%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있었다. 최빈 오개념으로는 중2 34%, 중3 23%, 고2 20%의 학생들이 '1번전구가 2번 전구보다 밝다'고 한 것인데, 학생들이 전류에 대하여 전지에 가까운 전구에 전류가 많이 흐르고 전지에 멀수록 전류가 작게 흐르기 때문에 밝기도 순차적이라고 생각하고 있었다.

2) 복잡한 회로에서 전류의 세기와 전구의 밝기 문제

문항 11은 직렬과 병렬이 섞여 있는 복잡한 회로에서 밝기의 문제이다. <표 8>의 결과를 살펴보면 중2 33%, 중3 61%, 고2 66%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 최빈 오개념으로 중2 42%, 중3 16%, 고2 16%의 학생들이 순차적 밝기를 말하고 있다. 이 문제를 전압 개념으로 해석하면 저항을 병렬 연결할 경우 저항이 작아지므로 전압이 작게 걸리게 되어 불의 밝기가 어둡게 되고, 전류개념으로 해석하면 전구1을 통과한 전류가 전구 2, 3으로 전류가 반씩 나누어지므로 전구 2, 3의 밝기가 어둡게 된다.

<표 8> 문항 11에 대한 응답자의 선택 빈도 및 백분율(%)

구분	응답번호							
	1	2	3	4	5	6	7	합계
중2	4(7)	3(5)	25(42)	20(33)	6(10)	2(3)	0(0)	60(100)
중3	7(7)	2(2)	17(16)	65(61)	9(8)	5(5)	1(1)	106(100)
고2	3(2)	2(2)	21(16)	87(66)	13(10)	5(4)	0(0)	131(100)
합계	14(5)	7(2)	63(21)	172(58)	28(9)	12(4)	1(0)	297(100)

중·고등학생의 전기에 대한 개념과 개념유형의 변화 분석

문항 12는 직렬연결과 병렬연결이 섞인 복잡한 회로에서 전류의 세기를 질문하는 문제이다. 분석결과, 중2 27%, 중3 48%, 고2 71%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있으며 최빈 오개념은 중2 38%, 중3 16%, 고2 12%의 학생들이 역시 전지에 가까운 것이 전류가 세고 멀어질수록 전류가 약해진다는 순차적인 생각을 가지고 있다. 또 일부 학생들은 보기 6번처럼 ‘직렬연결에서는 전구 1번과 4번이 순차적세기를 가지고 2번과 3번은 병렬이므로 전류가 같이 흐른다는 생각을 가진 학생들도 있다. 이 문항에서 주목할 만한 사실은 11번 문항의 정답률이 거의 일치하고 있다는 사실이다. 즉, 학생들은 복잡한 회로에서 밝기의 문제를 전압의 개념보다는 전류의 개념으로 해석하고 있다고 파악할 수 있다.

<표 9> 문항 12에 대한 응답자의 선택 빈도 및 백분율(%)

구분	응답번호							
	1	2	3	4	5	6	7	합계
중2	7(12)	5(8)	23(38)	16(27)	3(5)	5(8)	1(2)	60(100)
중3	15(14)	5(8)	17(16)	50(48)	13(12)	4(4)	1(1)	105(100)
고2	2(2)	2(2)	16(12)	94(71)	9(7)	8(6)	1(1)	132(100)
합계	24(8)	12(4)	56(19)	160(54)	25(8)	17(6)	3(1)	297(100)

문항 13은 직렬연결과 병렬연결이 섞인 복잡한 회로에서 전압의 순서를 질문하는 문제이다. <표 10>을 보면 중2 12%, 중3 28%, 고2 42% 정도의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있는데, 이는 다른 문항에 비해 낮은 정답률로 학생들이 전반적으로 복잡한 회로에서 전압의 개념을 적용하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 최빈 오개념을 보면 중2 52%, 중3 22%, 고2 16%의 학생들이 보기 3의 내용처럼 순차적인 전압개념을 가지고 있고, 중3 20%, 고2 20%의 학생들은 저항을 병렬 연결한 경우가 전압이 더 크게 걸린다고 생각하는 학생들도 있었다. 위의 11, 12번의 개념 분석결과와 비교하여 볼 때 학생들은 복잡한 회로에서 밝기의 문제를 전류의 개념으로 해석하고 있고 전압의 개념은 잘 이해하지도 못하고 사용하지도 않는 것으로 보인다.

<표 10> 문항 13에 대한 응답자의 선택 빈도 및 백분율(%)

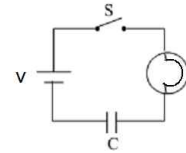
구분	응답번호							
	1	2	3	4	5	6	7	합계
중2	6(10)	5(8)	31(52)	7(12)	7(12)	4(7)	0(0)	60(100)
중3	12(11)	10(10)	23(22)	29(28)	21(20)	9(9)	1(1)	105(100)
고2	17(13)	6(5)	21(16)	56(42)	27(20)	4(3)	1(1)	132(100)
합계	35(12)	21(7)	75(25)	92(31)	55(19)	17(6)	2(1)	297(100)

문항 14는 스위치를 열었을 때, 즉 저항이 변할 때 전류의 세기를 물어보는 질문이다. 과학적 개념은 ‘③ 스위치를 열면 전구 3으로 전류가 흐르지 못하므로 저항이 증가하여 이전보다 전류의 세기가 감소하게 된다.’이다. 분석 결과 중2 22%, 중3 39%, 고2 45%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 최빈 오개념은 중2 34%, 중3 32%, 고2 41%의 학생들이 ‘전류의 변화가 없다’라고 생각하고 있었다. 학생들은 스위치를 열면 전류가 아래쪽으로 이동하므로 전구 1의 통과하는 전류의 세기는 변화가 없다고 보고, 전체저항을 생각하지 못하고 국소적인 변화만을 생각하고 있는 문제가 있었다.

3) 축전기와 코일 문제

16. 다음 회로와 같이 전지, 축전기, 전구와 스위치가 연결되어 있다. 스위치는 처음에 열려져 있으며, 축전기는 충전되어 있지 않다. 스위치를 닫았을 때 전구에 일어나는 현상을 정확하게 기술한 것은?

- ① 전구는 꺼져있고 계속 꺼져있다.
- ② 처음에는 전구가 어둡다가 점점 밝아진다.
- ③ 전구는 축전기가 없을 때와 마찬가지로 밝고 계속 밝다.
- ④ 처음에 전구가 밝다가 꺼질 때까지 점점 어두워진다.
- ⑤ 기타



문항 16은 축전지의 충전과정에 대한 문제로 과학적 개념은 ‘④ 처음 전류가 흐를 때 전구가 밝다가 점차 축전기에 충전되면서 전구가 어두워지고 완전히 충전되면 전구는 꺼진다.’이다. <표 11>의 결과를 보면 중2 34%, 중3 38%, 고2 40%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있었다. 축전지는 학생들이 과학 수업에서 배우지 않은 내용이지만 일부의 학생들이 축전지의 개념에 대해서 알고 있었는데, 배우지 못한 개념이라도 축전지가 전기를 모으는 장치라는 것을 생활 속에서 접하고 있기 때문이다. 최빈 오개념은 중2 24%, 중3 26%, 고2 32%의 학생들은 축전지를 사용하면 처음에는 전구가 어둡다가 충전되면서 점점 밝아진다고 응답하였다.

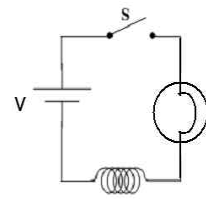
<표 11> 문항 16에 대한 응답자의 선택 빈도 및 백분율(%)

구분	응답번호					합계
	1	2	3	4	5	
중2	4(7)	14(24)	19(32)	20(34)	1(3)	59(100)
중3	9(9)	27(26)	24(23)	40(38)	4(4)	104(100)
고2	9(7)	41(32)	23(18)	52(40)	5(4)	130(100)
합계	22(8)	82(28)	66(23)	112(38)	10(3)	293(100)

문항 17은 축전지의 방전에 관한 문제이다. 이 문항에 대한 과학적 개념은 ‘④ 축전지를 방전하면 처음에 전구가 밝다가 시간이 지나면 전구가 꺼지게 된다.’이다. 분석 결과, 중2 34%, 중3 34%, 고2 54%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 최빈 오개념은 중2 22%, 중3 26%, 고2 26%의 학생들이 방전 후 계속 밝다고 생각하는 것이었다.

18. 아래 그림과 같이 전지, 코일, 전구와 스위치가 연결되어 있다. 스위치는 처음에는 열려져 있다. 스위치를 닫았을 때 전구에 일어나는 현상을 정확하게 기술한 것은?

- ① 전구는 꺼져있고 계속 꺼져있다.
- ② 처음에는 전구가 어둡다가 점점 밝아진다.
- ③ 전구는 코일이 없을 때와 마찬가지로 밝고 계속 밝다.
- ④ 처음에 전구가 밝다가 꺼질 때 까지 점점 어두워진다.
- ⑤ 기타



문항 18은 회로에 코일이 있는 RL회로에 관한 문제이다. 과학적 개념은 ‘② 스위치를 닫으면 코일이 있기 때문에 바로 전구가 밝아지지 않고 약간의 시간지연 후 전구의 밝기가 밝아진다.’이다. 분석결과, 중2 15%, 중3 22%, 고2 20%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있지만 전반적으로 코일에 대한 이해도가 낮은 편이었고, 오개념도 다양하게 나타나고 있었다. RL회로 자체는 교육과정상 물리2에 나오지만 실제 물리1에서도 코일에 대한 전자기 유도와 상호유도를 조금은 다루고 있다. 특히 전자기 유도를 가르치면서 회로에서의 코일의 역할을 설명한다면 학생들의 코일에 대한 개념 이해가 훨씬 좋아질 수 있을 것이다.

2. 이전(1980후반-1990초) 학생들의 전기에 대한 개념 조사

과거의 학생들의 오개념을 분석하기 위해 3편의 논문을 분석하였으며, 과거 학생들의 오개념 유형을 밝히면 다음과 같다.

1) 중학생들의 전기에 대한 개념 조사(박효기, 1987)

<표 12> 박효기(1987) 연구의 검사 도구 개요

연구 대상	중학교 1학년 60명, 2학년 60명, 3학년 70명	
검사 도구 (내용)	1. 전류의 방향과 변화 3. 저항의 연결문제 5. 전압문제	2. 전하량 보존 4. 건전지의 소모에 대한 문제 6. 전압문제
분석 방법	개관식- 그래프로 도식화, 주관식- 계통도작성	

박효기의 연구에서 나타난 전기에 대한 학생들의 오개념 유형을 정리하면 아래와 같다.

- 1) 전하량은 전선이나 전구에서 소모된다.
- 2) 전류의 방향은 +극, -극 양쪽에서 출발하여 전구 쪽으로 흘러가는 방향이다.
- 3) 전구의 밝기는 +극으로부터의 거리가 가까울수록 밝고, 멀수록 어둡다
- 4) 전구를 직렬로 연결할 경우가 병렬로 연결한 경우보다 밝다.
- 5) 전구의 밝기는 전구의 연결방식과 무관하며 연결된 전지의 수에만 관계한다.
- 6) 전지를 병렬 연결하다 경우가 전지가 빨리 소모된다.
- 7) 전기 소모 속도는 전선의 길이나 복잡성, 전구의 수에 연관이 있으나 전지 연결 방식에는 무관하다.

2) 중학생들의 전류에 대한 학습전 개념과 관계 현상 관찰후의 설명(김영민 외, 1990)

<표 13> 김영민 외(1990) 연구의 검사 도구 개요

연구 대상	중학생 20명
검사 도구 (내용)	1. 단회로와 열회로 2. 전지크기와 불의 밝기 3. 전구저항 크기와 불의 밝기 4. 직렬 연결한 두 전구의 밝기 5. 직렬연결에서 가변저항과 두 전구의 밝기 6. 전구의 여러 가지 연결과 불의 밝기
분석 방법	데이터 분석과 관찰 후 설명

김영민 외(1990) 논문의 전기에 대한 개념을 문항별로 응답내용을 간단히 분석해 보면 아래와 같다.

- 1) 단회로의 경우 20명 전원 전류가 흐른다. 열회로의 경우 20명중 14명이 전지에 전류가 흐르지 않고 6명은 전류가 흐른다고 응답하였다. 오개념으로 홀극전류 생각을 가진 학생이 있었다.
- 2) 전지크기와 불의 밝기 문항에서 19명이 불의 밝기가 같고, 1명 학생만이 큰 전지가 불이 밝다고 답변하였다.
- 3) 저항이 다른 두 전구를 같은 전압의 전지에 연결할 경우 불의 밝기를 예상하는 문제에서, 20명중 한 학생만이 전구의 불이 밝기가 같을 것으로 예상한 것으로 보아 불변전류생각을 가지고 있었다. 19명의 학생은 밝기가 다를 것으로 예상하였다.
- 4) 동일 전구 두 개를 직렬로 연결했을 때 두 전구의 밝기에 대한 문제이다. 학생들의 응답을 보면 20명중 3명이 +극에 가까운 전구가 밝다고 응답함으로써 순차전류생각을 가진 학생들이 있다. 나머지는 과학적 개념을 가지고 있었다.
- 5) 두 전구 사이에 가변저항을 더 연결하고 저항을 증가시킬 때 두 전구의 밝기는 어떻게 되겠는가를 예상하게 하였다. 학생들의 응답을 보면 20명중의 8명이 순차전류생각을 가지고 있

고 4명은 A, B전구 모두 변화가 없다는 전류불변 생각을 가지고 있고, A전구와 B전구가 모두 어두워진다는 생각은 4명이었다.

- 6) 전구를 직렬과 병렬 등 여러 가지로 연결해 놓고 전구들의 밝기를 비교하는 문제에서 20명 중 2명만이 밝기를 정확하게 예상했으며, 나머지 학생 중 15명이 전지에 전구 한 개만을 연결한 전구를 가장 밝다고 응답하였다.

3) 역학과 전기에 대한 중·고등학생 및 대학생과 교사의 개념조사(신만수, 1996)

<표 14> 신만수(1996) 연구의 검사 도구 개요

연구 대상	중학교 3학년 166명 , 고등학교 2학년 164명
검사 도구 (내용)	1. 부도체의 유전분극 현상 2. 전류의 방향과 세기 3. 직렬연결에서 두 전구의 밝기 문제 4. 저항을 추가로 병렬로 연결했을 때 전구의 밝기 문제 5. 전압의 개념 6. 전지와 전구가 연결되어 있을 때 각점 사이의 전압 7. 전지와 전구가 연결되어 있고 스위치가 열려 있을 때 각 점사이의 전압 8. 옴의 법칙에 대한 진술문
분석 방법	반응빈도에 따른 정성적 분석

신만수(1996) 논문에 나타난 전기에 나타난 오개념을 분석해보면 아래와 같다.

- 1) 정전기 유도 현상은 전류가 흐를 수 있는 도체에서만 가능하고 부도체는 불가능하다는 생각을 중학생 45.1%, 고등학생 55.5%가 갖고 있다.
- 2) 두 전구가 직렬 연결되었을 때에는 두 번째 전구가 첫 번째 전구보다 어둡다는 소모형 개념이 중학생 40.2%, 고등학생 28.4%가 갖고 있다.
- 3) 전구에 저항을 병렬 연결할 경우 전류의 국소적 변화만을 생각하여 전구가 밝아진다는 생각을 중학생 25.6%, 고등학생 8.6%가 갖고 있으며, 어두워진다는 생각을 중학생 61%, 고등학생 77.7%가 갖고 있다.
- 4) 전압은 전류가 흘러야만 생긴다는 오개념을 중학생 73.8%, 고등학생 69%가 갖고 있다.
- 5) 닫힌회로에서는 전류가 흐르므로 각 지점에서 전압이 같다는 오개념을 중학생이 34.5%, 고등학생 48.8%가 갖고 있다.
- 6) 열린회로에서는 전류가 흐르지 않으므로 전압도 없다는 오개념을 중학생 34.5%, 고등학생 41.4%가 갖고 있다.
- 7) 옴의 법칙에서 독립변인과 종속 변인간의 관계를 인식하지 못하고 전압의 크기가 전류의 세기에 비례한다고 생각하고, 저항이 전압에 비례하고 전류에 반비례한다는 생각을 중학생 26.2%, 고등학생 41.0%가 갖고 있다.

- 8) 저항 한 개를 전구에 직렬 연결한 경우가 병렬 연결된 전구 두 개를 전지에 연결한 것보다 밝다는 생각을 중학생 48.8%, 고등학생 55.4%가 갖고 있다.
- 9) 저항이 병렬 연결되면 무조건 전체저항이 낮아진다고 생각하여 병렬연결 된 저항이 커져도 전체저항이 낮아진다는 생각을 중학생 27.4%, 고등학생 19.3%가 하고 있다.

3. 전기에 대한 개념 유형의 변화 분석

1) 전류의 세기 문제

<표 15> 전류의 세기에 대한 문항 내용 비교

구분	문항 내용
박효기(1987)	1. 다음은 건전지로부터 전류가 흘러가는 과정을 화살표로 나타낸 그림이다. 전류가 흐르는 방향과 변화에 대해 옳다고 생각되는 것은? (가) (나) 전구 B 쪽으로 갈수록 적은 전류가 흐른다. (다) (라) 전구 C와 D에 같은 전류가 흐른다.
신만수(1996)	2. A점과 B점에서의 전류의 방향과 세기를 옳게 나타낸 것은 ? (1) 전류 A > 전류 B (2) 전류 A < 전류 B (3) 전류 A = 전류 B (4) 전류 A = 전류 B (5) 전류 A = 전류 B (6) 전류 A () 전류 B
현 재(2011)	1. 전구와 전지가 아래 그림과 같이 연결되어 있다. 다음 중 전류에 대한 설명으로 옳은 것을 고르시오. ① 점 A에서 전류의 세기가 가장 세다. ② 점 B에서 전류의 세기가 가장 세다. ③ 점 C에서 전류의 세기가 가장 세다. ④ 점 D에서 전류의 세기가 가장 세다. ⑤ 모든 점에서 전류의 세기가 같다. ⑥ A와 B사이의 전류 세기가 같고 C와 D사이의 전류 보다 약하게 흐른다. ⑦ A와 B사이의 전류 세기가 같고 C와 D사이의 전류 보다 세게 흐른다.

<표 16> 전류의 세기에 대한 응답률 변화 비교

(* 정답)

구분	번호	중1	중2	중3	고2
박효기(1987)	가	6%	0%	2%	
	나	30%	42%	14%	
	다	39%	20%	21%	
	라*	26%	38%	63%	
신만수(1996)	(1)	34%			17%
	(2)	0%			5%
	(3)	14%			3%
	(4)*	39%			64%
	(5)	4%			5%
	(6)	4%			0%
현 재(2011)	(1)		7%	5%	0%
	(2)		5%	3%	0%
	(3)		5%	3%	0%
	(4)		15%	5%	2%
	(5)*		37%	77%	87%
	(6)		13%	2%	1%
	(7)		18%	6%	9%

전류의 세기에 있어서 첫 번째 박효기 논문을 보면 과학적 개념이 중1 26%, 중2 38%, 중3 63%로 나타나고 있다. 최빈 오개념은 순차적 소모형 개념이 중1 39%, 중2 20%, 중3 21%로 나타나고, 충돌 모형 개념이 중1 30%, 중2 42, 중3 14%로 나타났다.

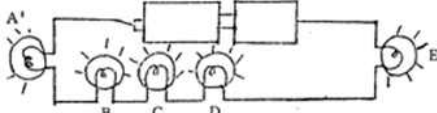
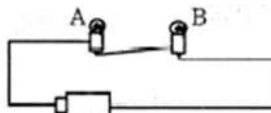
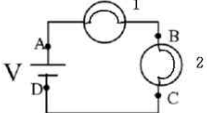
두 번째 신만수(1996) 논문의 결과는 과학적 개념이 중학생 39%, 고등학생 64%로 나타나고 최빈 오개념으로 소모형 개념이 중학생 34%, 고등학생 17%로 나타나고 있다. 또한 충돌모형은 중학생 14%, 고등학생 3%로 나타나고 있다.

현재학생들을 보면 과학적 개념이 중2 37%, 중3 77%, 고2 87%로 과거에 비해 상당히 높은 응답률을 보이고 있다. 최빈 오개념을 보면 중2는 소모형 개념이 제일 많은 18%이다. 중3은 다양하게 오개념이 나타나고 있지만 그중 제일 많은 오개념은 역시 6%정도가 소모형 개념을 가지고 있다. 또한 고2도 9%정도의 학생들이 소모형 개념을 보이고 있다.

전류의 세기 부분에 있어서 과거나 현재 모두 최빈 오개념으로 소모형 개념이 제일 많이 나타나고 있다.

2) 직렬연결에서 두 전구의 밝기 문제

<표 17> 직렬연결의 밝기에 대한 문항 내용 비교

구분	문항 내용
박효기(1987)	2. 다음 그림은 건전지에 꼬마전구를 연결한 것이다. 꼬마전구 A, B, C, D, E 에 대한 설명중 옳다고 생각되는 것은 ?  (가) A'가 제일 밝고 E가 제일 어둡다. (나) E가 제일 밝고 A'가 제일 어둡다. (다) 모두 밝기가 같다.
신만수(1996)	3. 아래 그림의 A, B는 모두 같은 전구이고, 전지도 같은 것이다. A와 B사이에는 도선으로 연결되어 있다. 전구의 밝기를 비교하시오 
현 재(2011)	10. <회로3>에서 1번, 2번 전구의 밝기를 비교하시오 ① 1번 전구가 2번 전구보다 더 밝다. ② 1번 전구와 2번 전구의 밝기가 같다. ③ 1번 전구가 2번 전구보다 더 어둡다. 

<표 18> 직렬연결의 밝기에 대한 응답률 변화 비교

(* 정답)

구분	번호	중1	중2	중3	고2
박효기(1987)	가	38%	45%	17%	
	나	6%	8%	0%	
	다*	56%	47%	83%	
신만수(1996)	A=B*	51%			68%
	A>B	40%			28%
	A<B	6%			4%
현 재(2011)	①		34%	23%	20%
	②*		39%	62%	73%
	③		27%	15%	6%

직렬연결에서 두 밝기에 관한 문제이다. 중학생은 현재의 학생들이 과거에 비해 조금 정답률이

낮게 나타나고 있지만 고등학생은 거의 유사한 정답률을 보이고 있다.

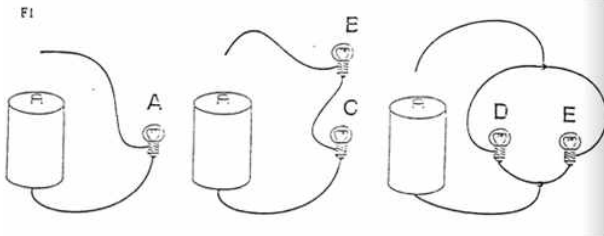
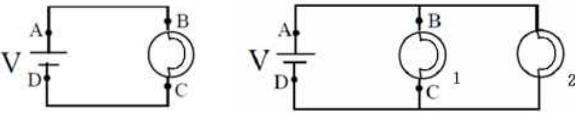
첫 번째 박효기 논문의 최빈 오개념 유형을 보면 중1 38%, 중2 45%, 중3 17%의 학생이 순차적으로 'A가 제일 밝고 E가 제일 어둡다'라고 응답했다. 학년이 올라갈수록 밝기의 순차적 개념은 많이 줄어들고 있다.

두 번째 신만수 논문의 최빈 오개념 유형을 보면 역시 'A가 B보다 밝다'라고 응답한 학생이 중학생 40%, 고등학생 28%이다.

세 번째 현재 학생들의 결과에서 최빈 오개념 유형을 보면 '1번전구가 2번전구보다 밝다'라고 응답한 학생이 중2 34%, 중3 23%, 고2 27%로 나타나고 있다. 과거와 현재학생들을 최빈 오개념을 비교해보면 모두다 '전지에 가까운 전구가 더 밝고 전지에서 멀어질수록 어둡다'라고 생각하고 있으므로 직렬연결에서 두 전구의 밝기는 빈도수의 차이는 있지만 오개념 유형의 변화는 보이지 않고 있다.

3) 전구가 하나 있는 경우와 전구 2개를 병렬로 연결했을 경우의 밝기 문제

<표 19> 병렬연결의 밝기에 대한 문항 내용 비교

구분	문항 내용
김영민 외 (1990)	F. 전구의 밝기 비교 
신만수(1996)	4. 아래 그림과 같이 전구가 연결되어 있다. 똑같은 전구를 추가로 연결하면 전구의 밝기는 어떻게 변하는가 ?  ① 그대로이다. ② 더 밝아진다. ③ 더 어두워진다.
현 재(2011)	4. <회로1>에서 B와 C사이의 전구의 밝기와 <회로2>에서 B와 C 사이의 전구의 밝기를 비교하시오  ① <회로2>의 전구의 밝기는 <회로1>의 전구의 밝기보다 더 밝다. ② <회로2>의 전구의 밝기는 <회로1>의 전구의 밝기와 같다. ③ <회로2>의 전구의 밝기는 <회로1>의 전구의 밝기보다 더 어둡다.

<표 20> 병렬연결의 밝기에 대한 응답률 변화 비교

(* 정답)

구분	번호	중1	중2	중3	고2
김영민 외(1990)	가		10%		
신만수(1996)	①*	9%			7%
	②	26%			9%
	③	61%			78%
현 재(2011)	①		10%	16%	72%
	②*		18%	19%	37%
	③		72%	66%	56%

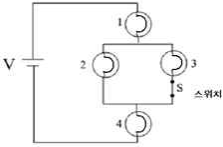
첫 번째 김영민외(1990)의 논문을 보면 과학적 개념은 10%의 학생만이 과학적 응답을 하였고 최빈 오개념으로는 75%의 학생들이 ‘A가 D나 E보다 밝다’라고 응답하고 있다.

두 번째 신만수의 논문을 보면 ‘전구의 밝기가 그대로이다’는 응답이 중학생 9%, 고등학생 7%가 응답하고 있다. 최빈 오개념으로 ‘더 어두워진다’가 중학생 61%, 고등학생 78%가 응답하고 있다.

세 번째 현재 학생들의 응답에서는 중2 18%, 중3 19%, 고2 37%의 학생들이 과학적 개념을 보이고 있고, 최빈 오개념으로 ‘회로2의 전구의 밝기가 회로1보다 어둡다’는 것이 중2 72%, 중3 66%, 고2 56%가 응답하고 있다. 오개념 유형을 분석해 보면 과거나 현재 모두 전구 한 개만 연결한 경우가 전구를 2개 병렬연결한 것 보다 밝다고 생각하고 있다. 이는 학생들이 병렬연결에서도 직렬연결처럼 전류가 순차적으로 작아진다고 생각하는 경향이 있고, 병렬에서는 회로에서 전류가 나누어진다고 생각하고 있다.

4) 저항이 변할 때 전류의 세기 문제

<표 21> 저항이 변할 때 전류의 세기 문항 내용 비교

구분	문항 내용
신만수(1996)	1. 각 전구는 모두 같은 전구이고, 3개의 저항도 모두 같은 저항들이다. 전압이 일정할 때 A, B전구의 밝기를 비교한 것으로 옳은 것은 ?   ① A가 더 밝다. ② B가 더 밝다 ③ A와 B의 밝기가 같다.
현 재(2011)	2. 만약 스위치가 열린다면 전구 1을 통과하는 전류의 세기는 어떻게 되는가? ① 증가한다. ② 같다. ③ 감소한다. ④ 정보가 충분히 주어지지 않다. 

<표 22> 병렬연결의 밝기에 대한 응답률 변화 비교

(* 정답)

구분	번호	중1	중2	중3	고2
신만수(1996)	①	49%			55%
	②*	13%			17%
	③	29%			18%
현 재(2011)	①		14%	17%	12%
	②		34%	32%	41%
	③*		22%	39%	45%
	④		31%	12%	2%

과거 신만수 논문을 보면 저항이 하나 있는 경우와 저항이 병렬로 되어 있는 경우 문항에 대한 정답률은 중학생 13%, 고등학생 17%로 상당히 낮게 나타나고 있다. 최빈 오개념 유형을 보면 ‘A가 더 밝다’는 응답이 중학생 49%, 고등학생 55%로 나타나고 있다.

현재 학생들은 중2 22%, 중3 39%, 고2 45%가 과학적 개념을 가지고 있고 최빈 오개념으로 중2 34%, 중3 32%, 고2 41%의 학생들이 ‘전류의 변화가 없다’라고 응답하고 있었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 현재 중·고등학생의 전기에 대한 개념을 알아보고, 이전(1980년 후반, 1990년) 학생들의 전기에 대한 개념과 현재(2011년) 학생들의 전기에 대한 개념을 비교 분석하고자 하였다. 먼저, 현재학생들의 전기에 대한 개념을 조사한 결과는 다음과 같다.

첫째, 전류의 세기 문항에서 중2 37%, 중3 77%, 고2 87%의 학생들이 모든 점에서 전류의 세기가 같다고 응답했고, 중2 18%, 중3 6%, 고2 9%의 학생들이 소모전류 개념을 가지고 있었다.

둘째, 전구하나가 있는 경우와 전구하나를 추가로 병렬연결한 경우, 전체전류에 대한 문항에서 중2 33%, 중3 58%, 고2 41%의 학생들이 같은 세기의 전류가 흐른다는 일정전류 개념을 가지고 있었다.

셋째, 전구하나가 있는 경우와 전구하나를 추가로 병렬연결한 경우, 전구에 흐르는 전류의 세기 문항에서 중2 53%, 중3 70%, 고2 49%의 학생이 전구하나를 추가한 전구에서 전류가 작게 흐른다고 응답하고 있었다. 또한 밝기에 있어서도 중2 72%, 중3 66%, 고2 56%의 학생이 어두워진다고 답변하고 있다.

넷째, 병렬로 연결한 두 전구의 밝기를 비교하는 문항에서 중2 52%, 중3 63%, 고2 87%의 학생들이 두 전구의 밝기가 같다고 응답했고, 중2 35%, 중3 21%, 고2 8%의 학생들은 가까운 전구가 멀리 있는 전구보다 밝다는 순차적 생각을 가지고 있다.

다섯째, 전구가 하나 있는 경우와 전구 2개를 직렬연결한 경우 전체전류, 전구사이의 전압, 두 전구의 밝기에 대한 문항에서는 중2 57%, 중3 64%, 고2 49%의 학생들이 전체전류가 같다는 일정전류 생각을 가지고 있었다. 전구하나에 걸리는 전압에 있어서는 중2 39%, 중3 41%, 고2 69%의 학생들이 전구하나만 있는 경우의 전압이 크다고 응답하고 있다. 그리고 밝기에 있어서는 중2 52%, 중3 49%, 고2 71%의 학생들이 전구하나만 있는 경우가 밝다고 응답하고 있다.

여섯째, 직렬연결한 두 전구의 밝기 문항에서 중2 39%, 중3 62%, 고2 73%의 학생들이 밝기가 같다고 응답하고 있고, 중2 34%, 중3 23%, 고2 20%의 학생들이 전지에 가까운 것이 밝다는 순차적 생각을 가지고 있다.

일곱째, 직렬과 병렬이 혼합된 복잡한 회로에서 밝기, 전류의 세기, 전압에 대한 문항이다. 먼저 밝기에 대한 응답을 보면 중2 33%, 중3 61%, 고2 66%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있고, 중2 42%, 중3 16%, 고2 16%의 학생들이 순차적 생각을 가지고 있었다. 전류의 세기 부분에 있어서는 중2 27%, 중3 48%, 고2 71%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있다. 전압에 있어서는 중2 12%, 중3 28%, 고2 42%의 학생들이 과학적 개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한, 학생들은 회로에서 코일의 역할보다는 축전기의 역할을 더 많이 알고 있었다.

다음으로 현재학생들과 이전학생들의 전기에 대한 개념 유형을 비교해 보면 다음과 같다.

첫째, 이전의 학생들은 전구나 저항에서 전류가 소모된다고 생각하고 현재의 학생들도 빈도수는 줄었지만 아직도 같은 오개념 유형을 보이고 있었다.

둘째, 이전의 학생들은 전구의 직렬연결에서 첫 번째 전구가 두 번째 전구보다 밝다는 생각을 가지고 있었다. 현재의 학생들도 역시 전구의 직렬연결에서 최빈 오개념으로 이전과 같은 오개념 유형을 나타내고 있었다.

셋째, 전구에 저항을 추가로 병렬로 연결했을 경우 이전의 학생이나 현재의 학생 모두 전류가 나누어진다고 사고하여 이전보다 전류가 작게 흐른다고 생각하는 경향을 보이고 있었다.

넷째, 직렬과 병렬이 혼합된 회로에서 이전이나 현재의 학생들은 전압의 개념보다는 전류의 개념을 많이 사용하는 경향이 있었다.

연구 결과 여전히 학생들은 과거와 유사하게 전기에 대한 과학 오개념을 가지고 있는 것으로 밝혀졌다. 이것은 많은 교사들은 학생들의 오개념을 피상적으로 생각하고 있으며, 이를 개선하기 위한 수업 전략을 수업에 적용하는 것을 어렵게 생각하고 있기 때문이라고 볼 수 있다. 이후 현장의 교사들이 좀 더 진솔하게 학생들이 가지고 있는 개념을 고려하여 개념변화를 위한 수업방법을 공유하는 장이 마련되어야 할 것이며, 추후 연구에서는 학생의 올바른 개념형성을 방해하는 원인을 수업 현장과 교과 내용 수준 측면에서 살펴보아야 할 필요가 있다.

참고문헌

- 권재술, 김범기(1998). **전기에 관한 학생들의 개념**. 한국교원대학교 물리교육과.
- 김영민, 박윤희, 박승재(1990). 중학생의 전류에 대한 학습 전 개념과 관계 현상 관찰 후의 설명. **한국과학교육학회지**, 10(1), 47-55.
- 양혜정(1994). **전기회로에 관한 정성적 문항과 정량적 문항의 난이도 비교**. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- Light, P. (1987). Conceptual and reasoning problems in introductory electricity education. In J. Novak(ED.), *Proceedings of 2nd International Seminar- Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Vol. 3. Cornell Univ.
- Sokoloff, D., The Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE) by Ron Thornton and David Sokoloff, private communication. http://physics.dickinson.edu/~wp_web/wp_resources/wp_assessment.html
- Shipstone, D. M.(1985). Electricity in simple circuit. In Driver et al.(Eds) *Children's Ideas in Science*. The Open Univ. 33-51.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J., and Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, ed. D. Gabel, New York: Simon & Schuster Macmillan, 177 -210.

Abstract

A study on analysis of conceptions of current Korean secondary students
and comparison with those of previous students about electricity

Jinho, Park · Ji-Ae, Lee** · Youngmin Kim****

The purpose of this study is to figure out the changes in the types of conceptions about electricity by comparing and analyzing the conceptions which two categories of students have got. The subjects are the previous students of late 1980 to early 1990 and the current students of 2011.

To analyze the conceptions of electricity, testing tools were developed such as main concepts of electricity from electric circuit, resistors, voltage and electric power to a capacitor and an inductor. In order to analyze the conceptions of the current students, 60 2nd graders of middle school, 108 3rd graders of middle school, and 135 2nd graders of high school were selected and given a questionnaire. As for the previous students, three master's theses were researched and analyzed.

The results of the investigation of current students' conceptions about electricity are as follows. First, some current students misconceive the same cell generates the same amount of electric current. For example, they think, if the light bulbs have same strength, only one bulb has the same electric strength as two bulbs which are connected in parallel circuit. Similarly, they also misread the amount of electric current of one bulb is same as two bulbs connected in series. Second, some current students misapprehend the parallel circuit connection may make electric current and bulb brightness weak because the current is dispersed. Third, as for mixed circuits, some current students tend to use the concept of currents more than voltage. Fourth, some current students understand the role of capacitor better than that of inductor.

The changes in types of conceptions of electricity the previous students and current students have made are as follows. First, while the previous students miscomprehend a little amount of

* Pusan National University

** Pusan National University

*** Corresponding author : Pusan National University, minkiy@pusan.ac.kr

electric current is wasted in light bulbs and electrical resistance, fewer current students still misconceive in that way. Second, the previous students think the front light bulb is brighter than the rear one in a series circuit and the current students also have the same misconception. Third, when resistors are connected to light bulbs in parallel, both the previous and current students tend to think electric current are dispersed and the current flows weakly. Fourth, as for mixed circuits, not only the previous students but also the current students tend to use the concept of currents more than voltage.

In conclusion, many of the current students still show misconceptions in the conception of electricity although fewer misconceptions generally appear compared with the previous students.

Key words : the conceptions of electricity, the misconceptions of electricity, the changes in types of conceptions of electricity