

## 역동적 과학 평가를 통한 초등과학 영재들의 전기회로 개념 이해 과정 분석

홍 현 주

한국교원대학교

김 중 복

한국교원대학교

최 병 순

한국교원대학교

이 정 숙

서울대학교

이 연구의 목적은 초등 과학 영재를 교수 및 평가하는 데 있어 종래의 정적 방법이 아닌 역동적 방법을 채택하여 전기회로 개념 이해 과정을 분석해 보는 것이다. 초등 과학 영재 11명을 대상으로 과학적인 전기회로 개념으로의 이해를 의도한 역동적 과학 평가를 실시하여 스캐폴딩 양상을 중심으로 변화 과정을 알아보고, 영재학생의 개념 변화 과정에서 나타나는 특징을 분석하였다. 연구 결과 첫째, 역동적 과학 평가를 통해 초등 과학영재의 개념 이해에 유용한 스캐폴딩 투입 특성을 확인하였다. 둘째, 역동적 과학 평가 전략에 의한 개념 정립이 개별 학생의 특성에 따라 다양한 방식으로 나타났다. 셋째, 전기회로 개념 이해의 각 장면에서 효과적으로 작용했던 전략을 확인할 수 있었다.

주제어: 역동적 과학 평가, 초등과학 영재, 전기회로, 개념 이해

### I. 서 론

영재교육은, 표준화된 성취 수준의 도달을 목표로 하는 일반 교육과 달리, 특별영역의 재능을 타고난 개별 학습자의 성취 수준을 최대한으로 계발시키는 데 목표를 둔 교육이다(서혜애, 2004). 영재교육과정의 성공을 위해서는 충분히 도전적인 교육과정을 채택하여 의도적 수업 전략을 활용해야 한다. 이를 위해서 교사가 학생 개별 상황에 적합한 전략을 사용함으로써 영재학생들의 고차원적 행동을 이끌어 내야 한다(Maker, 1982). 특히 모든 학습자들이 하나의 특정 전략으로부터 혜택을 받는 것이 아니므로 개별 상황에 맞는 다차원적인 전략의 필요성을 제안하고 있다(Troxclair, 2000).

성공적인 과학영재들의 대표적인 행동 특성으로 과학적 지식의 형성이 탐구의 과정과 개념적 이론에 근거한다고 밝히고 있으며(NSTA, 1984), 특히, 영재의 경우 기본적으로 핵심적

인 개념을 먼저 다룬다면 이를 이용하여 더 많은 탐구활동을 수행할 수 있을 것으로 기대된다고 주장한다(홍준의 외, 2007). 또한 과학 영재의 핵심 요건으로 꼽는 과학 창의성의 개발에 과학 개념을 기반으로 한 과학 지식이 결정적인 요인으로 작용한다고 보고되고 있다(Sternberg & Lubart, 1993). 이처럼 과학 영재들의 개념 이해는 영재들의 더 큰 과학창의성 개발을 위해 필수적이다. 또한 개념이 변화되는 것은 사회 문화적 과정에 의해서 시발되고 활성화되고 강화된다(Vosniadou, 2002). 하지만, 학생들은 학습 전에 이미 개인의 경험을 통해 선개념을 가지게 되며, 이를 토대로 새로운 지식이나 개념을 학습하기 때문에 개념 변화 과정이 개인에 따라 다를 뿐만 아니라 잠재 가능성 또한 개별적으로 매우 다르게 나타난다. 또, 학습의 결과로 나타나는 개념 또한 과학자가 지니고 있는 과학 개념과 차이가 있을 수 있다. 그러므로 미래 과학자로서 발전 가능성을 열어주는 올바른 과학 개념으로의 변화가 이루어지기 위해서는 과학 개념을 형성하는 과정에 대한 사회문화적 규범이나 사고들을 더 잘 습득한 교사 혹은 더 유능한 동료가 개념 학습 활동에 같이 참여하여 중재하는 상황이 필요하게 된다(Magnusson, Templin, & Boyle, 1997; Tsapalis, 2009). 즉, 교사가 개념 변화가 이루어지는 상황과 무엇이 변화를 이끌어 내는지를 알아내어 영재 학생에게 올바른 과학 개념 형성을 도모할 수 있도록 적절한 도움을 제공해야 한다는 것이다.

하지만 과학영재들의 특성(Mansfield & Busse, 1981)을 잘 고려하여 개별 영재의 잠재력을 극대화시키기 위한 수업 전략에 대한 연구들은 미진한 실정이다(이정철, 강순민, 허용욱, 2009). 교사가 질문을 이용하여 세심한 사고전략을 활용하는 것은 영재를 위한 차별화된 수업을 제시하기 위한 주요요소이다. 수업 중 다양한 교육적 행위들의 과정과 결과를 확인하고 이에 따라 수업을 수정 및 보완하는 활동으로서, 교수학습 과정의 전반적인 질적 향상을 판단하기 위한 지표로서의 역할을 담당하는 것이 평가이다(McMillan, Myran, & Workman, 2002). Shavelson, Baxter와 Pine(1990)이 좋은 수업 활동은 평가로 옮겨질 수 있고, 좋은 평가는 수업 활동으로서 사용될 수 있다고 지적한 것처럼 평가는 교수학습 과정과 순환적인 구조를 이루고 있다. 과학 영재를 위한 효과적인 교수 전략 및 학습 프로그램 개발과 함께 교육 평가 방법도 동시에 이루어져야 할 것이다.

역동적 평가는 전통적인 표준화 검사에서 충분히 예측하지 못했던 잠재적 가능성을 예측하는 데 도움을 준다. 최근 여러 연구들은 다양한 잠재력을 지닌 영재들을 교육하고 평가함에 있어 역동적 평가가 유용하게 적용될 수 있음을 밝히고 있다(Stanley, Seigel, Cooper, & Marshall, 1995). 역동적 과학 평가(Dynamic Science Assessment, DSA)라 일컬어지는 상호작용적인 면접 방식은 과학과 관련된 문제 상황에서 근접발달대 내 학생들의 개념 변화를 연속적으로 관찰하는 방법이다(Magnusson et al., 1997). 이런 방식으로 성공적인 평가를 실행하기 위해서는 제공하는 도움의 양과 종류 및 적절한 시기에 적절한 방법으로 도움을 제공하는 기술에 대해 고려해야 한다. 도움의 정도는 학생의 활동을 뒷받침하는 데 요구되는 행동에 따라 달라지기 때문에 기대하는 성취와 관련되며, 도움을 제공하는 기술은 근접발달대를 형성하는 것과 관련하여 더욱 유능한 참여자 또는 교사가 학생들을 도전적인 상황에 참여하도록 하고 지속적으로 과제를 수행하도록 격려하는 능력과 관련된다. 그러므로 DSA

를 설계하는 데 과제 특성, 학생활동, 교사 활동의 세 가지 측면이 필요한데 이러한 특성들은 과학 영재를 위한 평가에 유용하다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 교사와 학생간의 사회적 상호작용을 강조한 역동적 과학 평가를 통해 초등 과학 영재의 전기회로 개념 이해 과정에서 나타난 스캐폴딩 양상을 살펴보고, 그 과정을 추적하여 분석해 보고자 다음과 같이 연구문제를 설정하였다.

1. 역동적 과학 평가를 통해 초등 과학 영재의 전기회로 개념 이해 과정에서 나타난 스캐폴딩 양상은 어떠한가?
2. 역동적 과학 평가를 통해 나타난 초등 과학 영재의 전기회로 개념 이해 과정은 어떠한가?

## II. 이론적 배경

학생들이 자연 현상에 대하여 스스로 설명해보는 방법을 도입한 많은 연구들이 이루어지고 있고 개념 변화를 위한 다양한 이론과 방법들이 논의되어 왔다(Chi & Roscoe, 2002; Havu, 2005). 그 중에서도 학생들의 개념 변화를 촉진하는 중재된 학습 상황에서 학생들의 선개념을 확인할 뿐만 아니라 개념을 변화시키는 잠재성을 결정하고 그 결과로 과학 개념으로의 변화 과정에 대한 정보를 제공하는 방법으로 역동적 과학 평가(Dynamic Science Assessment, DSA)라 일컬어지는 상호작용적인 면접 방식이 있다. 과학과 관련된 문제 상황에서 근접발달대 내 학생들의 개념 변화를 연속적으로 관찰하는 방법(Magnusson et al., 1997)으로서, 근접발달대 내에서의 교사와 학생 상호작용은 학생 선개념 파악과 학생들이 활동을 하면서 일어나는 변화들의 연속적 관찰을 가능하게 하여 개념 변화를 촉진시킨다. 더 나아가 과학 개념으로 발전하는 잠재성과 관련하여 경로를 설정하게 할 수 있게 한다. 결국, 학생들이 갖는 개념을 파악하는 평가적인 측면뿐만 아니라 개념 변화를 촉진하고 적절한 도움을 제공하는 교수적인 측면을 동시에 갖게 된다. 특히 이 방식은 언어를 매개로 이루어지는데, 개념 언어화의 능력을 가진 영재학생들에게 역동적 평가를 통한 개념 이해과정의 탐색은 적절하다고 할 수 있다(Lidz & Elliott, 2006; Stanley et al., 1995).

DSA는 전통적인 표준화 검사에서 충분히 예측하지 못했던 잠재적 가능성을 예측하는 데 도움을 준다. 교수 전과 교수 후에 독립적으로 문제를 해결할 수 있는 아동 능력의 변화를 측정함으로써 이를 학습 잠재력의 지표로 삼은 연구(Stanley et al., 1995), 피바디 그림 언어 검사를 학생에게 실시하고 검사자와의 상호작용 속에서 이루어지는 중재의 영향을 살펴 본 연구 등은 DSA를 통해 개념 변화가 가능하며 변화 과정을 관찰함으로써 중재 학습의 시사점을 얻을 수 있다고 하였다. 11세 소년 Terry의 인터뷰 내용을 그림으로 나타낸 현상에 대한 표현, 언어적 기술 및 설명, 학생의 특정 언어 사용, 표현에 대한 자신감의 전반적인 수준을 영역화하여 분석한 결과를 제시함과 동시에 DSA가 단순히 학생의 현재 이해만을 측정하는 것이 아니라 바람직한 학습을 조장하는 교수적인 수단으로 기여함을 주장하였다.

DSA는 또한 학생들에게 실제 물질 현상 혹은 가상현상을 관찰하게 한다. 실제 현상을 이

용하여 학생들은 그들의 설명을 검증하고 피드백을 받는 기회를 제공받는다. 이는 학생들에게 더 많은 동기를 부여하게 되는데, 만약 자신들의 생각을 검증하고 수정할 수 있다면, 최초의 개념의 타당성은 문제되지 않는다. 오히려 이 같은 선개념이 관찰하는 것을 설명하는데 도움이 될 수 있기 때문이다. 선택된 현상은 학생들이 인지 활동에 쉽게 접근하게 하기 위해서 익숙한 것이어야 하며, 관련된 다양한 현상을 포함하여 학생들이 여러 번 개념을 사용하고 발전시키는 기회를 갖도록 해야 한다. 교사 활동의 대부분은 학생들이 개념을 결정하는 데 필요한 질문들을 하는 것이다. 이 목적을 효과적으로 달성하기 위해서는 정확도에 관계없이, 예견하고 설명하는 특정한 이유를 알아봄으로써 학생들의 생각을 존중하고 그들에게도 그것을 분명하게 인지하도록 하는 것이 요구된다. 그리고 학생들이 어떻게 그 생각들을 이해하고 있는지를 확신할 때까지 지속적으로 분류하고 정교화하는 과정을 거치게 된다. 이런 과정에서 학생들 또한 자신들의 생각을 규명하고 교사와 교환하면서 자신의 사고를 촉진할 수 있다.

DSA는 전형적으로 학생들이 특정한 조건에서 무엇을 관찰할 것인지를 예측하고, 예측하는 이유를 마련하고, 관찰을 기술하고, 예측과 관찰을 비교하고 그들 사이의 차이점을 논의하고, 주요 원인에 초점을 맞춰, 결과를 설명하는 과정으로 전개된다. 결과적으로, 학생들의 예측과 그 이유에 상관없이, 그들은 실제로 관찰되는 것을 설명하는 진술을 하도록 노력해야 한다. 다양한 현상을 아우르는 설명을 요구하는 것은 학생들이 그들이 관찰하는 것을 넘어 주요 원인에 대한 개념 형성의 기대를 의미한다.

### III. 연구 방법 및 내용

#### 1. 연구 대상 및 절차

본 연구는 경남, 청주, 부산의 교육청 및 대학교 산하 영재교육원에서 영재교육을 받고 있는 초등학교 6학년 학생 50명 중 사전검사를 통해 최종적으로 11명의 영재학생을 대상으로 실시하였다. 사전 검사지 1을 수행한 학생들 중 다양한 개념이해를 보이는 학생들을 우선 선발하였고(shipston et al., 1988), 최종 인터뷰 대상자로는 부산의 영재교육원 학생 5명과 청주의 영재교육원 6명이 참여하였다. 서로 다른 지역 영재교육원에서 수업을 듣고 있는 학생들이지만 사전 검사지 1 수행 결과 전기회로에 관한 선행연구(Heller & Finley, 1992; Shaffer & Mcdermott, 1992; Webb, 1992; Millar & Beh, 1993)에서 지적되었던 다양한 개념이해를 가진 것으로 드러나는 학생들로 본 연구 DSA 인터뷰에 선정되었다. 부산 영재교육원은 연구자가 근무하는 학교의 교사가 영재교육원 지도교사로서 학생들 인터뷰 진행에 도움을 받았으며, 청주 영재교육원 역시 연구자의 대학원 동료 교사의 도움으로 영재교육원 학생들의 거부감 없이 인터뷰를 진행할 수 있었다.

학생들에게 상호작용적 면담에 앞서 사전 검사지 2가 투입되었고 이를 토대로 전류량과 전구의 밝기에 관한 상관관계의 이해 정도가 파악되어졌다. 교육과정의 전기회로 개념 및 학습 내용과 선행 연구들을 통한 학생들의 개념을 바탕으로 DSA를 위한 인터뷰 프로토콜의 초안을 개발하였다. 인터뷰 프로토콜은 2차에 걸쳐 수정 보완 작업이 이루어졌다. 1차 검사

에서는 전하의 개념을 도입하여 다양한 활동을 통해 전류에 관한 근원적인 이해를 바로 잡아 주고자 하였다. 2차 투입에서는 닫힌회로 개념을 중심으로 인터뷰 프로토콜을 작성하고 투입하였다.

인터뷰 프로토콜은 전기회로의 구성 요소 이해, 회로 내 전류량의 차이, 전지의 하는 일 등을 이해하여 다양한 전기회로를 해석할 수 있도록 함을 목표로 하였다. 이를 토대로 전기회로 구성에 대한 구조적이고 통합적인 이해를 이끌 수 있도록 하였다. DSA의 인터뷰는 사전검사지 1과 2가 재구성된 형태로, 크게 5가지 주제로 구성되어 이루어졌다. 각 주제별 개념학습을 도울 수 있는 스캐폴딩의 주요한 형태는 사전에 과학교육 전문가들과의 협의를 거쳐 정립하였고, 면담 상황에서 연구자가 학생에 맞는 스캐폴딩들을 융통성 있게 재구성하여 제시하도록 하였다. 각 주제 상황에 맞게 교사는 개별 영재학생의 근접발달대를 자극할 수 있는 스캐폴딩을 제공하고 이를 토대로 학생들이 바른 개념으로 언어화할 수 있도록 중재하였다. 개별적으로 실시된 면담 자료를 최종 분석틀을 이용하여 분석하고, 다시 재논의를 거쳐 2차 분석한 후 결론을 도출하였다. 분석은 연구자를 포함, 5인의 과학교육 전문가의 도움을 받아 이루어졌다.

## 2. 검사 문항 및 검사도구

### 가. 사전 검사지 1

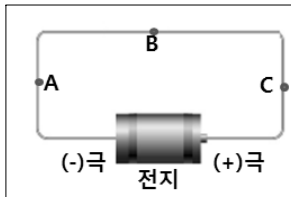
사전검사지 1은 초등학교 4, 5학년 교육과정상에 나타난 전기회로 관련 개념에 대한 이해 확인을 목표로 구성되었다. 총 15개의 문항으로, 현상의 결과를 예상하고, 그와 같이 예상한 이유를 서술하는 방식이다. 검사지의 주안점은 일정 전류모형의 이해정도, 전구와 전지의 연결에 따른 전구의 불 밝기 이해, 전기회로의 구성요소들의 특징 이해 등이다. 사전 검사지 1의 문항구성표는 <표 1>과 같고 문항 예시는 [그림 1]과 같다.

<표 1> 사전검사지 1의 문항 구성표

번호	범주	문항개요
1	전류모형의 이해	회로 각 지점에서의 전류량 알아보기 (전류모형 알아보기)
2	전구 위치에 따른 밝기	회로 각 지점에서의 전구의 밝기 알아보기
3	회로 개폐에 따른 전구 2개의 직렬연결	열린회로와 닫힌회로에서 전구 2개 불 켜기
4	전기회로	전구 소켓의 구조
5	구성요소의	전구 소켓에서 전류의 흐름 확인하기
6	구조파악하기 1	전구의 구조 1
		전구에서의 전류의 흐름 확인하기
		전구의 구조 2
		전구에서 전구에 불이 켜지는 곳 확인하기

번호	범주	문항개요
7	전구의 연결방법 구별	폐회로 개념으로 직렬연결과 병렬연결 구별하기
8	전구의 직·병렬 연결	연결에 따른 전구의 밝기
9		전구의 직렬연결회로에서 전구 소켓에서의 전류흐름 메커니즘 확인하기
10		전구의 병렬연결회로에서 전구 소켓에서의 전류흐름 메커니즘 확인하기
11	전기회로 구성요소 파악하기2 및	전지 끼우개의 구조 및 전지의 직렬연결
12	전지의 직· 병렬연결	전지 끼우개의 구조 및 전지의 병렬연결
13	복잡한 전기회로 연결	전구 직·병렬 혼합 및 구성요소
14		스위치 개폐로 인한 전류흐름 및 각 스위치의 역할
15	폐회로 개념 이해	폐회로 개념에 대한 자신의 생각 정리하기

1. 전지와 전선을 다음 그림과 같이 연결한 후 A, B, C 세 지점에서 전선을 만져보았다.



- ◎ 각 지점의 **따뜻한 정도**를 비교했을 때 어떠할까?
- 
- 
- ◎ 왜 그렇게 되었을까?
- 
- 

[그림 1] 사전검사지 1 문항예시

나. 사전 검사지 2

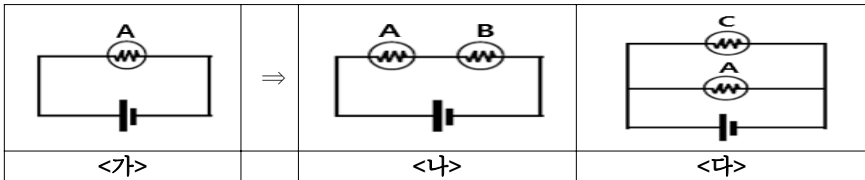
사전 검사지 2는 영재학생들의 학습의욕 고취를 위한 도전적 문항으로 구성하고자 접해 보지 못한 방식으로 전기회로를 접근해 보도록 하였다. 이는 영재학생들의 학업성취도를 향상시키기 위해서 도전적인 학습 환경의 조성이 필요하다는 연구결과들을 반영한 것이다(김정환, 박도영, 2001). DIRECT Version 1.2 검사지(Determining and Interpreting Resistive Electric circuits Concepts Test)의 문항 중 본 연구의 목적에 부합하는 문항을 재구성하였다. DIRECT는 1997년 개발된 검사문항으로 전기회로 개념 이해정도의 검사를 위한 문항으로 폭넓게 사용되고 있으며 선택형 문항으로만 구성되어 있다(Engelhardt & Beichner, 1997) 본 연구에서는 전구와 전지의 연결에 따른 불의 밝기의 비교, 전기회로의 각 지점에서의 전류

량, 전구와 전지의 연결변화에 따른 전류량의 변화 등의 이해 파악에 주안점을 두어 개발되었고 설명형과 선택에 대한 이유를 서술하도록 하였다. <표 2>는 개발된 사전 검사지 2의 문항 구성표이고, 문항 예시는 [그림 2]와 같다.

<표 2> 사전검사지 2의 문항구성표

번호	범주	문항개요
1	전구 연결에 따른 불의 밝기	전구 1개, 전구2개의 직렬, 전구 2개의 병렬연결에서의 불의 밝기 비교
2	전지 연결에 따른 불의 밝기	전지 1개, 전지 2개의 직렬, 병렬 연결에서의 불의 밝기 비교
3		전구에 전달되는 전류량
4	전기회로 내의 전류량	각 지점의 전류량
5		1초당 전달되는 전류량
6	전구 수의 변화에 따른 회로내의 전류량	직렬연결된 전구
7		병렬연결된 전구
8	전지 수의 변화에 따른 회로내의 전류량	직렬연결된 전지
9		병렬연결된 전지

3. <가>회로에서 각각 전구 B, C를 추가로 연결하여 <나><다>의 회로와 같이 구성하였다.



○ <가>에서 <나>로 변화했을 때, 전구 A에 전달되는 전류량은 어떠한가?

○ 왜 그럴까?

[그림 2] 사전검사지 2 문항예시

### 3. 인터뷰 프로토콜

Brown과 Ferrara(1985)의 정의에 의하면, 근접발달대는 아동이 어떤 문제 영역에서 성공적인 수행을 하는데 필요한 도움과, 획득한 지식 및 기능을 계속 유지하고, 점차 달라지는 문제 상황이다 그것을 전이하는 데에 필요한 도움의 반비례 함수로 정의된다. 근접발달대는 학습속도(학습의 능률성)과 전이 정도(전이의 능률성)로 정의될 수 있다. 이에 본 연구도 근접발달대와 관련한 연구들(한순미, 1997)에서와 같이 각 주제별로 획득한 개념의 학습, 유지, 전이에 따라 문항 유형을 설정하여 개발하였다. DSA 주제의 문항 유형 예시는 <표 3>과 같다.

<표 3> 인터뷰프로토콜 제 1주제 : 전류 모형의 이해

번호	문항유형	범주	내용
1	학습	전류모형의 이해	회로 각 지점에서의 전류량 알아보기 (전류모형 알아보기)
2	전이	전구 위치에 따른 밝기	회로 각 지점에서의 전구의 밝기 알아보기
3	유지	회로 개폐에 따른 전구2개의 직렬연결	열린회로와 닫힌회로에서 전구2개의 불 밝기의 변화 알아보기

### 4. 자료 수집 및 분석

사전 검사지는 개별적으로 충분한 시간이 주어지는 상황에서 스스로 문항을 해결할 수 있도록 하였다. 각 문항은 현상을 예상하고 그에 대한 이유를 추리해 보는 활동으로 구성되어 있어, 사전에 학생들이 가지고 있었던 현상의 원인에 대한 자료를 수집할 수 있다. 역동적 과학 평가의 인터뷰는 인터뷰 프로토콜에서 제시된 모든 필요한 기구와 시료 등이 갖춰진 테이블이 있는 조용한 방에서 개별적으로 이루어졌다. 인터뷰는 학생들이 이후 일정에 구애 받지 않도록 하여 편안한 상태에서 시간의 제한을 두지 않고 이루어지도록 하였다. 학생별 인터뷰 시간은 2시간 내외로 진행되었고 인터뷰의 전과정은 분석을 위하여 녹음되었으며 동영상 자료는 학생 활동 모습을 분석하기 위하여 실시되어졌다. 자료의 신뢰성을 확보하기 위해 인터뷰를 실시한 후에 연구자가 인터뷰 과정 중의 기억장면을 토대로 학생들의 설명 근거와 개념 변화과정을 필드 노트에 기록하였고, 인터뷰가 종료된 후에 학생들의 환경적 요인에 대한 조사 및 성향 분석을 위한 간단한 인터뷰를 추가하였다.

사전 검사지를 통해 나타난 학생들의 개념을 모두 나열하여 개념 수준에 따라 분류하고 점수를 부여하여 채점하였다. 이는 교사의 도움없이 영재학생 스스로 문제를 해결하는 학생의 실제적 발달 수준의 지표로 사용하기 위한 것이다. 인터뷰 자료는 모두 전사되어 문서화한 후 분석하였다. 선행연구(Bull et al., 1999)에서 이루어진 스캐폴딩 유형을 분석하여 DSA에서 나타난 스캐폴딩 유형의 초기 분석틀을 만들었다. 예비 투입을 통해 나타난 인터뷰 분



석 프로토콜을 기반으로 분석틀을 수정하였고, 과학교육 전문가와 동료 연구자들과의 논의 과정을 거쳐 최종 분석틀을 완성하였다. 분석 틀에 맞게 코딩을 완성한 후에, 비슷한 코드끼리 종합하고 분석하는 과정을 통해, 표로 나타냄으로써(<표 4>) 각 주제별 개념에 대한 이해 및 학생별 개념 이해 정도를 파악하였다. 반복되는 개념 유형 창출 과정을 거쳐 학생들의 개념 유형을 결정한 후에 학생별로 개념 변화과정을 살펴보았다.

<표 4> 역동적 과학 평가의 인터뷰 프로토콜 분석 예시

번 이 호 동	참여자(연구자)의 진술들	스캐폴딩 양상
1	전지와 전선을 다음 그림과 같이 연결한 후에 A,B,C 세 지점에서 만져보았다. 따뜻한 정도가 어떨 것 같아?	학생 예상
2	C,B,A 순이요.	
3	왜?	학생 예상
1 4	어.. 전류는요. A극에서 이렇게 돌잖아요. (-)극으로요. 그래서 전류가 나오는, 전지에서 제일 가까운, 전류가 (+)극에서 (-)극으로 가는 길에서 제일 가까운데 있는 C가 제일 밝아서 따뜻할 것 같아요.	
5	(A, B, C 의 온도가 같다)	관찰
6	온도가 같아요.	
7	왜 온도가 같을까?	학생 예상
8	(잠시 고민) 전선에 흐르는 전류의 양은 다 똑같아서요	
9	이번에는 그림과 같이 각 부분에서 전구를 연결하였어. 전구의 밝기의 순서대로 나열하면?	학생 예상
10	같아요.	
11	왜 그럴까?	학생 예상
12	전부다 똑같은 방법으로 연결했잖아요.	
13	그런데 어떻게 보면 A,B,C 점에 전구를 꽂아둔거잖아.	교사 의도적 유도질문
14	저는. (1번에서는) 한 전선에 3개의 전구를 연결했다고 생각했구요. 이진 (2번에서는) 다르잖아요. 각자각자.	
15	아. 각자 전선이라고? 어떻게?	의도적 유도
2 16	3개를 한꺼번에 연결한 것이 아니라 각자 하나씩 다 연결한 거잖아요. 그래서요. 같다고 생각을 했어요. 왜냐면, 이걸 전부다 이것은 이리로 가고, 이것은 이리로 가고..	
17	그런데 아까 성준이 말대로 하면, 가까이 있는 여기서 가장 전류량이 많고, 그 다음이 여기고.. 그러니까 애(①)이 제일 밝아야 하는 거 아냐?	오개념 (확인) 위한)유도
18	어.. 여기서요. 만약 5V가 출발했는데요. 여기서는(1번), 쓰고쓰고쓰고.. 할꺼잖아요. 여기서는(2번) 5V가 출발하면 여기까지(-극) 5V가 유지될거잖아요. 빠지는 곳 없이.	
19	여기도(1번) 빠지는 건 아냐. 내가 그냥 손으로 잡아보는 거야. 이렇게.. 전선을.	학생 예상
20	그런데 이게 맞아. 같은게. 그런데 5V가 뭐야?	
21	전류의 양을 표시하는... (pause) 단위?	
21	아.. 전류를... 어디서 들었어?	기억회상
22	들었는데... 어디서 배웠는지 모르겠어요.	

## IV. 연구 결과 및 논의

### 1. 역동적 과학 평가를 통해 전기회로 개념 이해 과정에서 나타난 스캐폴딩 양상

#### 가. 전기회로 개념에 관한 학생들의 실제적 발달수준 정도

초등과학 영재들의 전기회로 개념에 대한 현재의 이해수준을 파악하고, 이를 실제적 발달 수준으로 확인하는 것은 개념 이해를 위한 스캐폴딩에 중요한 근거 자료가 된다(Minick, 1987). <표 5>는 전기회로 개념 이해 정도에 관한 사전검사의 결과를 점수로 나타낸 것이다. 합산한 점수가 높은 학생의 순으로 A~L까지 배열하였고 이를 실제적 발달 수준으로 보았다. 사전검사지 1, 2의 두 검사지간 점수결과를 비교해 보면, A, C, D 학생의 경우에는 두 검사지의 성적이 비교적 고르게 우수하였으나, B, E, L 학생은 두 검사지 간의 성적이 30점 가량의 편차를 보여 차이가 크게 나타났다. 사전 검사지 1이 초등학교 4, 5학년 교육과정에서 나타난 내용으로 구성되어 비교적 영재 학생들에게 익숙한 문항으로 구성되었다면, 사전검사지 2는 영재 학생들에게 비교적 생소한 접근 방식으로 구성되어 있다. 합산 총점 100점에 대해 55점 이상이면 과학적 개념을 가지고 있다고 할 수 있겠으나, 과학적 개념을 가지고 있는 학생들이라도 선행연구에서 제시되었던 오개념들을 가지고 있음을(Heller & Finley, 1992; Shaffer & Mcdermott, 1992; Webb, 1992; Millar & Beh, 1993) 알 수 있었으며 이러한 개념들이 DSA 인터뷰에서 주로 다루어졌다. E 학생의 경우 인터뷰 과정 중에 어려움을 호소하여 인터뷰를 포기하기를 원했고, 이후 인터뷰 과정에서 제외되었다.

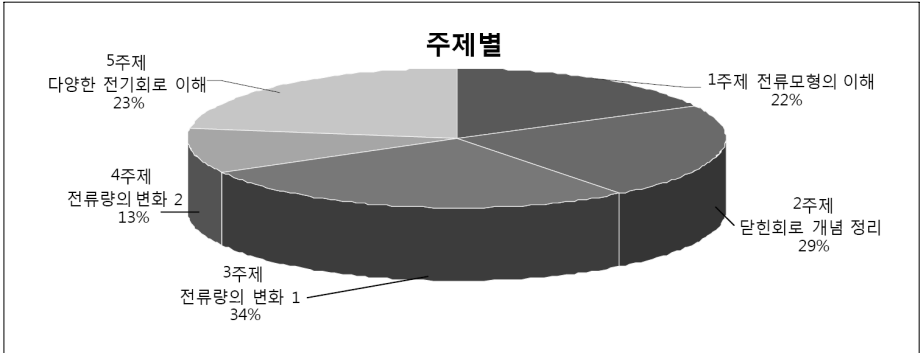
<표 5> 전기회로 개념 이해정도에 관한 사전검사 결과 점수표

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
1(56)	46	52	37	37	45	31	32	33	27	23	35
2(44)	35	21	26	23	13	23	19	14	15	17	0
점수	81	73	63	60	58	54	51	47	42	40	35

#### 나. 스캐폴딩의 유형 분석

##### 1) 주제별 스캐폴딩 비율

결과의 해석과 관련하여 본 연구에서는 스캐폴딩의 수를 양화하는 방법(Brown & Ferrara, 1985)을 채택하였다. 하지만 이는 지엽적으로 그 수치의 개별 수에 의존하기 보다는 주제 및 학생에 따른 경향성을 파악하기 위한 것으로, 수치를 통한 학생 간 우열을 가리는 것보다 전체적인 개념변화 과정의 특성을 탐색해보는 것에 목적을 두고 있는 것이라 하겠다. DSA에서 이루어지는 스캐폴딩은 교사와 학생간의 밀접한 상호작용 속에서 이루어지므로 학생의 반응에서 기인한 것이다. 이에 학생의 개념 형성 정도에 따라 밀접하게 관련 맺으며 투입된 스캐폴딩 양상을 분석함으로써 학생 개념 이해 과정을 함께 파악해 볼 수 있을 것이다.



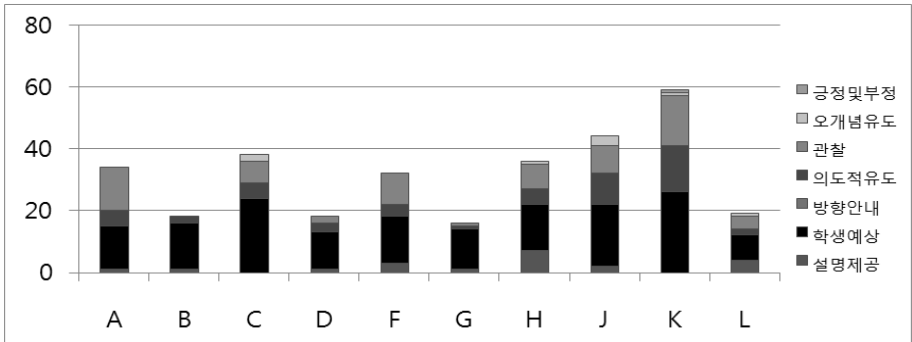
[그림 3] 역동적 과학 평가에서 나타난 주제별 스캐폴딩 비율

[그림 3]은 DSA에서 나타난 주제별 스캐폴딩의 비율을 나타낸 그래프이다. 5가지의 주제 영역 중 ‘제 3주제. 전류량의 변화’에서 스캐폴딩의 수가 많이 나타나는 것을 볼 수 있었다. 그리고 비슷한 이해를 근간으로 하는 4주제에서는 그 수가 급격히 줄어드는 것을 보였다. 접해보지 못한 개념, 기구 도입, 개념 종합적 문항에서 스캐폴딩의 수가 많이 나타나는 것으로 선행연구와 일치하는 결과를 보였다(Rogoff, 1990). 2주제 역시 상대적으로 스캐폴딩의 수가 많았고, 1, 5주제는 그 비율 면에서 유사한 모습을 보였다.

## 2) 주제에 따른 학생별 스캐폴딩의 수

### (1) 1주제 : 전류 모형의 이해

스캐폴딩 제시 형태는 ‘학생 예상 물기’에서 ‘의도적 유도 질문’의 순으로 이루어졌다. ‘실험 관찰 및 관찰’은 혼란도를 감소시키기도 하였지만, 자신의 생각과 대치되는 경우 혼란도를 증가시키기도 하였다. [그림 4]는 제 1주제의 학생별 스캐폴딩 양상을 나타낸 그래프이다.



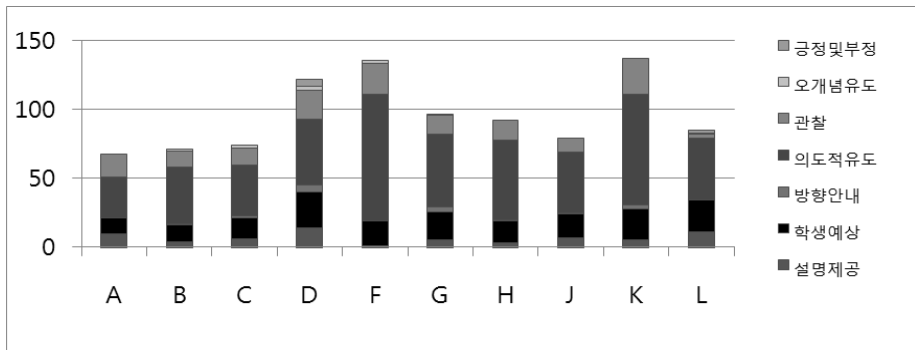
[그림 4] 제 1주제의 학생별 스캐폴딩 양상

DSA 과정상에 나타난 학생들의 개념 이해 정도에 대한 전이도는 실제적 발달 수준의 순

위에 국한하지 않고 매우 다양하게 나타났다. L 학생은 모든 문제에 성의껏 대답하였으나, 사전검사지 2에서 모든 문제를 틀렸다. 이러한 이유로 사전검사의 점수결과가 최하위권에 속하였다. 하지만 인터뷰의 과정 동안의 스캐폴딩 양상이나 인터뷰 프로토콜의 분석 결과 학습 개념의 전이 능력에 있어서 사전 검사 결과와는 다른 양상을 보였다. 일반 학생들뿐만 아니라 영재학생들의 실제적 발달 수준과 잠재적 발달 수준의 차이가 있음을 시사하고 있으며, 정적 평가에서 쉽게 드러나지 않는 부분이라고 볼 수 있을 것이다. B, C 학생의 경우 ‘학생 예상’을 묻는 질문이 많이 나타났는데 이는 교사가 영재학생 스스로의 생각을 명확화시켜주기 위해 학생 생각의 흐름을 따라가 본 것이다. 이 과정 속에서 학생이 자신의 생각을 명료화하는 것을 보였다.

**(2) 2주제 : 전류 모형의 이해**

학생들에게 친숙한 단회회로, 전구와 전지의 직렬·병렬 연결 등의 학습 활동을 활용하여 기존의 개념 정의를 정교화, 세련화(박종원, 2003)해 보는 활동을 하게 된다. 이에 전반적으로 ‘학생 예상’과 ‘의도적 유도질문’의 스캐폴딩이 많아진 것을 확인하였다. 이는 교사가 학생들의 개념 이해를 이끌기 위해 스캐폴딩을 지속적으로 제시한 것이다. 학생별 스캐폴딩 양상에서도 1주제에서와 같이 사전검사지의 순위가 상호작용의 수와 관련하지 않는 모습을 보였다. 특히 F 학생과 K 학생은 투입된 스캐폴딩의 수도 많고 ‘의도적 유도’ 질문이 눈에 띄게 많이 투입된 것을 확인하였다. F 학생과 K 학생은 개념 형성 과정 중에 자신의 개념으로 돌아가려는 경향을 많이 보이고, 많은 부분에서 혼동하는 모습을 보였다. 이에 따라 많은 상호작용이 필요하였다. 제 2주제의 학생별 스캐폴딩 양상은 [그림 5]와 같다.

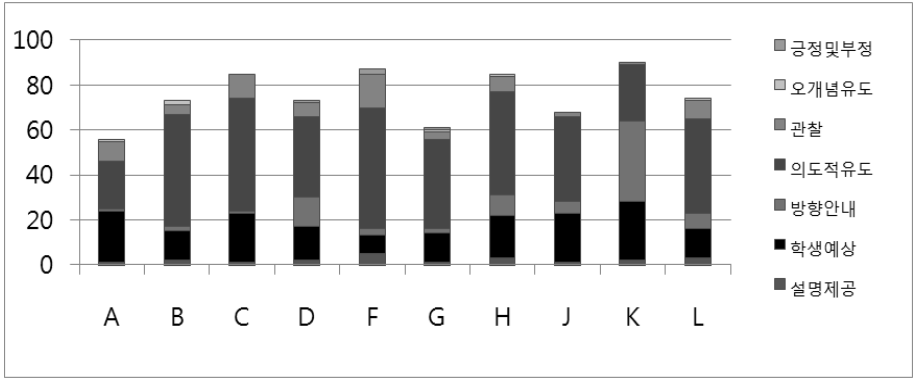


[그림 5] 제 2주제의 학생별 스캐폴딩 양상

**(3) 3주제 : 전류량의 변화 1 - 전구 연결에 따른**

전구의 연결 방법에 따른 전기회로 내부의 전류량 변화를 확인해보는 활동을 하였다. 평소 소에 생각지 않았던 내용이므로 ‘학생 예상’에 관한 스캐폴딩을 보다 많이 제공하여 학생들이 자신이 학습 과정 중에 형성하게 되는 개념을 언어화해보도록 도왔다. ‘실험 관찰’ 스캐

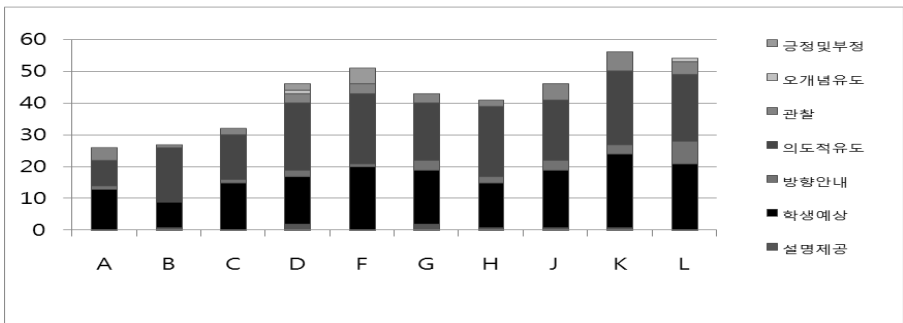
폴딩을 제시하여 학생들의 개념을 정량적 실험으로 확인해 보거나, 실험 현상으로 확인해 볼 수 있도록 하였다. [그림 6]은 제 3주제의 학생별 스캐폴딩 양상이다.



[그림 6] 제 3주제의 학생별 스캐폴딩 양상

**(4) 4주제 : 전류량의 변화 2 : 전지 연결에 따른**

학생들이 전구보다는 전지연결이 달라짐에 따라 회로 내를 지나는 전류량이 달라진다는 개념을 사전에 많이 가지고 있었다. 또한 3주제에서 유사한 개념의 흐름으로 학습한 후라 비교적 스캐폴딩의 수가 적게 나타났다. F 학생의 경우 과학개념을 이야기하는 데 시간이 많이 걸리고, 망설이는 모습이 많이 보였다. 이에 교사가 학생이 자유롭게 사고할 수 있도록 ‘긍정 및 부정(강화)’의 스캐폴딩을 활용하여 학생이 스스로 언어화할 수 있도록 기다려주고 차분하게 이끌어주었다. [그림 7]은 제 4주제의 학생별 스캐폴딩 양상이다.

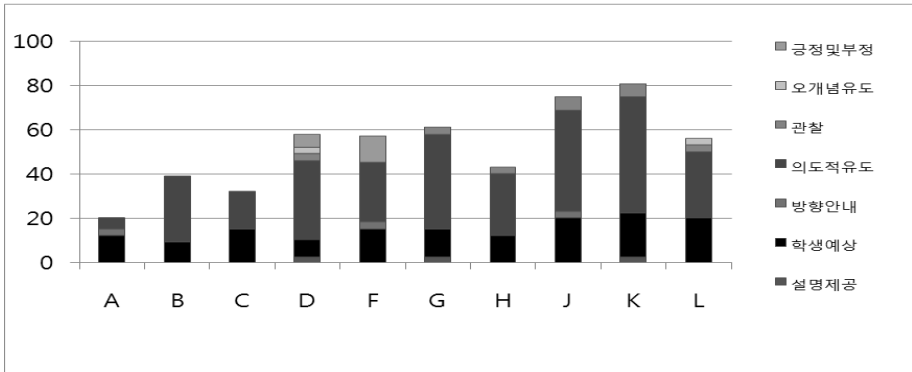


[그림 7] 제 4주제의 학생별 스캐폴딩 양상

**(5) 5주제 : 다양한 연결 방법에 따른 전기회로 이해**

5주제를 통해서는 학생들이 1~4주제에서 학습한 내용을 바탕으로 다양한 상황에 전이되는 능력을 살펴보고자 하였다. 복잡한 상황 및 실생활 장면에서의 개념의 전이 정도가 부족

한 몇몇의 학생은 ‘의도적 유도’ 질문 스캐폴딩을 사용하는 방법을 택하였다. [그림 8]은 제 5주제의 학생별 스캐폴딩 양상이다.



[그림 8] 제 5주제의 학생별 스캐폴딩 양상

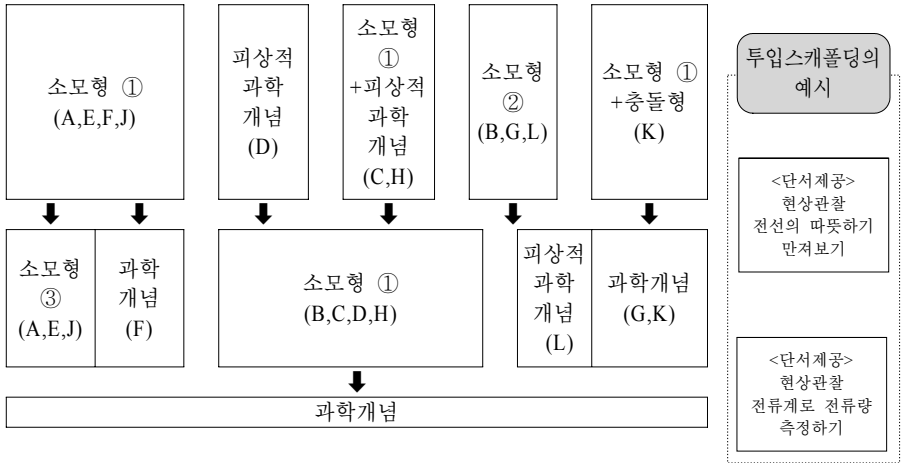
## 2. 역동적 과학 평가를 통한 전기회로 개념 이해과정 분석

### 가. 1주제 : 전류모형의 이해 과정

전류 모형의 이해에서 D를 제외한 대부분의 영재 학생들은 소모형에 관한 오개념을 가지고 있었다. 소모형 ① 「전류가 + → - 로 이동하므로 +에 가까울수록 뜨겁다.」는 생각을 가진 학생들의 수가 가장 많았다. 이 같은 학생들에게 ‘전선의 따뜻한 정도를 만져보는 활동’을 통해 과학 개념으로 사고를 유도하였다.

B, C, E, F, H의 학생의 경우 전구에 의해 전류가 소모되어 전구를 지나기 전과 후의 전선을 지나는 전류량이 달라질 것이라고 생각하는 학생들이었다. 즉, 전구의 불을 켜고 난 후 전구가 전류를 소비하여 전류량이 줄어들 것이라는 생각을 가지고 있었다. 바른 개념 이해로 이끌기 위하여 전기회로의 각 부분(전지의 +극 주변, 전구 전, 전구를 지난 후, 전지의 -극 주변)에 전류계를 꽂아 확인해 보거나 ‘의도적 질문’을 투입하였다.

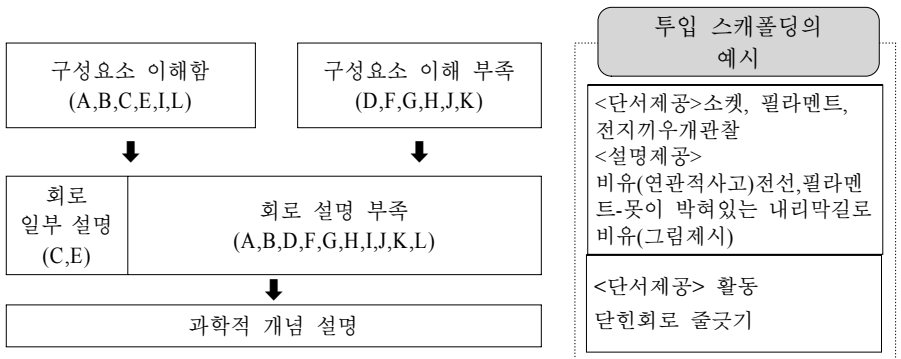
[학습] 문항의 인터뷰 과정에서 과학 개념을 보이고, 다음 단계의 문항들에서 이를 유지하는 학생이 있는가 하면, 다시 오개념으로 돌아간 모습을 보이기도 하였다. 전류모형의 이해에 대한 개념 경로를 분석하고 그 과정에 나타난 주요한 스캐폴딩을 분석해보면 [그림 9]와 같다.



[그림 9] 전류 모형의 이해 과정

나. 2주제 : 닫힌 회로 개념 정리 과정

전기회로 구성요소에 대한 이해를 하고 있었던 A, B, C, E, L는 전구의 필라멘트와 유리구, 전지 끼우개의 구조 및 전류의 흐름을 대략적으로 이해하고 있었고, D, F, G, H, J, K는 다소 부족하였다. 교사의 스캐폴딩으로 부족한 회로 설명을 보완하여 닫힌회로 개념으로 전기회로의 직·병렬연결을 설명하였다. 학생들이 전구에 불이 켜지는 것을 설명함에 있어 일상 용어가 아닌, 닫힌회로의 개념을 활용하여 개념의 세련화 및 정교화가 일어날 수 있도록 의도하였다. 더 나아가 직렬연결과 병렬연결에서 전구에 불이 켜지는 이유도 닫힌회로 개념을 활용하여 보다 명확히 정의할 수 있도록 하였다. 학생들이 전기회로의 구성 요소와 회로를 설명해 가는 과정을 살펴보면 [그림 10]과 같다.



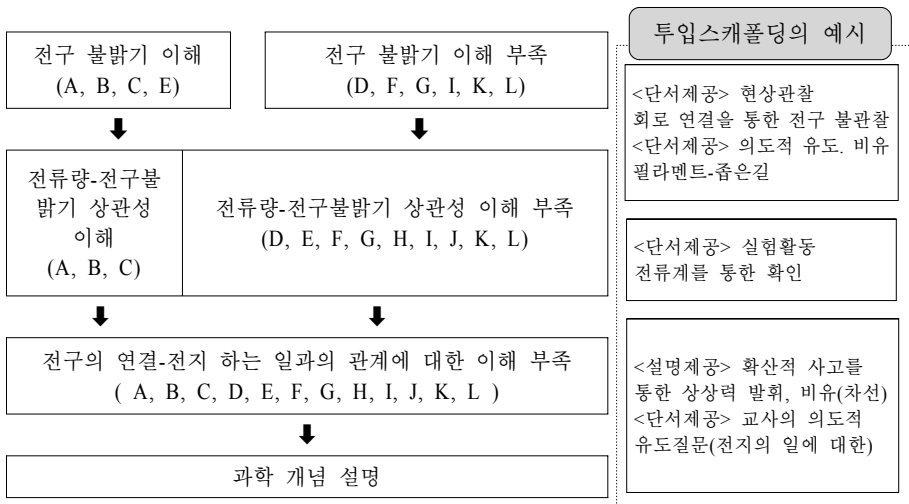
[그림 10] 닫힌 회로 개념 정리 과정

학생들이 전구, 전지의 직·병렬 연결의 정의가 피상적이거나 명확하지 않았다. 따라서 단 회로로 개념으로 설명할 수 있도록 유도하여 개념의 세련화, 정교화를 꾀하고, 후속 주제와의 관련성을 높였다. 또한 사고 추리 과정에서 개념을 명확화하기 위한 삽화나 그림 등을 제시하여 추상적인 개념들을 보다 구체적으로 명시화하여 이해할 수 있도록 하였다. 이 주제의 학습을 통하여 전구의 불 밝기에만 집중하던 학생이 불 밝기 차이의 원인을 알기 위해 회로 구성요소에 관심을 가지기 시작했다.

이정숙, 원복순, 김소연, 김중복(2009)의 연구에서 전류에 관한 다양한 학생들의 오개념을 과학적 개념으로 변화시키기 위한 교수 학습 자료를 개발하는 데 앞서 전류를 이해하는 데 기본 요소가 되는 전지, 전구, 전선에 대한 초등학생들의 인식을 조사하는 것이 필수적이며 구체적인 자료가 투입되어야 한다는 주장과 일치한다.

다. 3주제 : 전구 연결에 따른 전류량의 변화 이해 과정

전류계 등의 과학 기자재를 활용하여 수치를 확인함으로써 전구의 연결과 전류량 사이의 상관성에 대한 개념을 정리할 수 있도록 하였다. 학생들은 기본적으로 같은 전지는 전구의 연결에 상관없이 같은 양의 전류를 내보낼 것이라는 오개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 전류가 시간차를 가지고 흐른다고 생각하였고, 직렬연결에서 전구의 밝기가 더 밝다고 생각하는 학생도 있었다. 이유로는 같은 전지는 항상 같은 전류를 내보내므로 병렬연결에서는 전류가 나누어져서 더 어두워진다는 것과, 병렬연결을 돌아오는 데 시간이 많이 걸린다는 생각을 가지고 있었다. 그래서 영재학생의 선개념 명료화의 과정을 투입하고, 유도된 질문을 사용하였다. [그림 11]은 전구 연결에 따른 전류량의 변화 이해 과정을 나타낸 것이다.



[그림 11] 전구 연결에 따른 전류량의 변화 이해 과정



F 학생의 경우 전구 연결에 따른 전류량의 변화 이해 과정에서 많은 스캐폴딩을 제시하게 되었고, 다음 문항에서 전이효과가 나타났다.

연구자 : 이 상황에서 뭔가.. 전지들이 하는 일이 달라질 수 있을까? 전지가 항상 같은 일을 할까?

참여자 : 전지가 같으면 전지는 같은 일을 할 거 같아요.(연결에 따라 전지의 일이 달라진다는 생각을 하지 못함) 전류가 다른 일을 하는 지는 모르겠지만.. 전지는 항상 밀어주는 일만하고 전류만 달라질 거 같아요.

전지의 전류량이 달라짐에 따라 전구의 불의 밝기가 달라짐의 개념을 확인하는 과정에서 먼저, 실험 관찰보다는 교사 의도적 유도 질문이 많아 추상적인 개념을 언어화를 통해 학생들이 개념화할 수 있도록 하였다. 학생들은 이전의 학습 장면에서 실험 관찰을 통해 확인한 결과에 대하여 일부 오개념을 가지고 있었다. 하지만 DSA 장면에서 제시된 [단서제공] ‘의도적 유도질문’과 결합한 ‘실험관찰’을 통해서 변화를 보였다. 이는 단순한 실험 관찰보다 ‘의도적 유도질문’과 결합한 ‘실험관찰’ 스캐폴딩이 유효하게 작용한다는 것을 보여준다.

#### 라. 4주제 : 전지 연결에 따른 전류량의 변화 이해 과정

사전검사 결과에서 학생들은 전구의 연결방법에 따른 불 밝기보다 전지의 연결방법에 따른 불 밝기 결과를 더 잘 알고 있었다. 또한 학생들은 전구의 연결방법에 따른 회로 내 전류량의 변화보다, 전지의 연결 방법에 따른 전류량의 변화를 비교적 쉽게 추론하였고, 3주제와 연관성 있는 문항들이라 다소 쉽게 개념을 받아들였다. [학습]문항에서 전구의 밝기를 묻는 문제에서, 현상에 따른 원인을 묻는 질문에 현상 자체를 답하는 모습을 보였다. 이는 DSA 전반에서 나타난 형태로, 학생들이 현상의 원인을 추론해보는 활동에서 취약한 모습이었다. 학생들은 교사의 ‘의도적 유도질문’을 통해 스스로 개념을 정리해 가며 다른 문항에서도 이전의 학습 개념을 반복하도록 하였다. B 학생은 유지 문항에서 비교적 앞서 학습한 개념들이 내면화되어 ‘학생예상’을 묻는 문항만으로 개념을 정리하는 모습을 보였다.

연구자: 그래, 그럼 이번에 전지. 전구의 수는 일정해. 전구는 빼도 돼. 직렬 연결된 전지 수가 늘어나. 전지가 보태고 보태고 보태. 이렇게 되면 어떻게 돼야 돼? 이렇게 되면 여기서 흐르는 전류량은 어떻게?

참여자: 어... 전류량이 엄청 많아져요.

연구자: 많아져야 되지 그지? 근데 애는 어차피 몇 개만큼의 일을 하는 거야?

참여자: 1개만큼의 일을 해요 음...한 개가 하는 일의 전류량과 같아요.

C 학생은 학습한 주제와 1주제에서 학습했던 일정 전류 모형에 대한 생각이 분화되어 발전되지 못하는 모습을 보였다. 이에 교사의 ‘의도된 유도’ 질문에 따라 개념이 구별하여 발전될 수 있도록 하였다.

연구자 : 그럼 이번에는 회로도에서 전구는 일정해. 그런데 직렬 연결된 전지의 수가 늘어나면?  
참여자 : 다른 전지들이 일을 안한다?  
연구자 : 전지의 수가 늘어나면 전구의 밝기는..?  
참여자 : 일정? (일정 회로 모형에 대한 생각을 계속 가지고 있음)  
연구자 : 전구의 수는 같은데 직렬 연결된 전지의 수가 늘어나면?  
참여자 : 전구의 세기가 더 밝아져요.  
연구자 : 그 이유는?  
참여자 : 전류의 양이 늘어나서

H 학생은 학습한 개념을 내면화 시켜가는 과정에서 쉽게 자신의 개념으로 돌아가는 모습을 보였다. 이에 내면화시키고자 학습한 개념을 [전이], [유지] 문항을 통해 반복하게 하였다. 각 회로에서 전지들 전체가 하는 일, 전지 한 개가 하는 일 등으로 분화하여 개념을 이해할 수 있도록 하였다. 특히 H 학생은 개념 이해에 있어 신중하고 조심스러운 모습을 보였다. 따라서 교사가 학생이 자유롭게 개념화할 수 있도록 기다려주고 차분하게 이끌어주는 것이 필요했다.

#### 마. 5주제 : 다양한 연결 방법에 따른 전기회로 이해

학습한 내용을 바탕으로 한 개념 정교화의 과정으로 응용된 전기회로 상황을 해석하고 일상생활 속에서의 전기회로 상황을 접목시켜 내면화시켜보기 위한 주제로 개념의 전이도를 높일 수 있도록 하였다. 전기회로와 관련된 여러 가지 상황의 대입을 통해 개념 확장의 기회를 마련하고자 하였다. [전이] 문항을 통해 복잡한 전기회로를 해석하며 전구, 전지의 직·병렬혼합 및 열린 회로 상황에서 전류의 흐름 및 전기회로 운용과정을 설명할 수 있게 되었다.

연구자 : 자, 그러면 이번에는 (가), (나)가 있거든. 여기서 (나) 전구의 소켓을 뺐어. 그럼 어떻게 될까?  
참여자 : 안 들어오죠.  
연구자 : 왜 안 들어와?  
참여자 : 여기. 여기는 이제 안 오잖아요. 그러니까 열리는 게 되니까 안 들어오죠.  
연구자 : 열리는 경우가 돼서 안 들어온다? 자 그러면 전구 (라)의 소켓을 뺐어. 그럼 어떻게 돼?  
참여자 : (라)를 빼면 (다)는 들어오죠.  
연구자 : 왜 들어와?  
참여자 : 여기서 갈라지니까 여기도 따로 가고 여기도 따로 가니까 (다)는 들어오고 (라)는 안 들어오고

[가까운 전이] 문항에서 스위치를 포함한 혼합 연결의 전기회로 해석에서 부분적 어려움을 보이는 학생들도 있었지만 대부분의 학생들이 혼합연결에서의 전류 흐름에 대해 잘 해석하는 모습을 보였다. [먼전이] 문항에서는 대부분의 학생이 생활 장면에서의 전기회로 상황

을 해석해 가는 모습을 보여 생활 속에서의 전기회로들을 찾을 수 있었다.

## V. 결론 및 제언

초등학교 6학년 초등과학 영재학생들을 대상으로 역동적 과학 평가를 사용한 면담과정에서 전기회로 개념에서 나타난 스캐폴딩 양상을 확인하고, 구체적인 개념 이해과정을 분석하여 보았다. 주제별 스캐폴딩의 수를 볼 때 제 3주제. 전류량의 변화 1 에서 스캐폴딩의 수가 많이 나타나는 것을 확인하였다. 이는 주제에 대한 익숙함의 부족으로 인하여 보다 많은 상호작용이 이루어져야 했기 때문이었다. 학생들에 따라 개념 형성이 취약한 주제 및 문항에서는 ‘설명 제공형 스캐폴딩’과 ‘의도적 유도’ 질문이 주로 제시되었다. 그리고 추상적 사고 및 과학 창의성이 필요한 문항에서는 비유, 활동 등을 활용하여 사고의 시각화를 꾀하는 것이 유용하였다. ‘의도적 유도’ 질문과 결합한 ‘실험 및 현상관찰’에 의한 스캐폴딩이 효과적으로 작용하였으며 ‘오개념 (확인용) 유도’ 질문은 학생의 생각을 명료화하기 위한 장치로 사용하였다.

또한 영재들은 각각의 개념 형성 정도 및 성향에 따라 다른 학습 형태를 요구하였다. DSA 과정 중에 투입되는 다양한 스캐폴딩에 의해 정적 평가에서는 드러나지 않은 비과학적 개념을 발견하고 과학적 개념으로 유도할 수 있었고, 이후에는 전기회로 요소들과 관련지어 설명할 수 있게 되었다. 제시되는 여러 가지 스캐폴딩의 유형 속에서 개념 이해에 유용한 장치 및 방법들이 발견되었다. 전구를 좁은 길로, 전선은 비교적 넓은 길로 형상화한 것이나, 직·병렬연결의 특징을 서술하는 데 단회로 개념 정의를 도입하여 설명하는 것, 전구와 전지의 연결에 따라 전지가 보내주는 전류량의 관계를 짚어 본점, 일상생활과 전기회로 상황의 연결로 생활 속의 과학을 연계한 점이 그 예라 하겠다.

이상의 연구 결과와 결론을 바탕으로 역동적 과학 평가를 통한 초등 과학영재들의 전기회로 개념이해과정에 대한 연구과제로 다음을 제안하고자 한다. 첫째, 역동적 과학 평가 과정에서 개념이해에 효과적으로 작용하였던 전략의 예시들을 영재교육의 설계에 활용할 수 있다. 이는 주제와 관련된 영재교육프로그램 개발 시 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 둘째, 영재학생의 독자적 활동보다는 교사 뿐만 아니라 자신보다 우수한 동료와의 역동적 과학 평가 과정을 통하여 초등 과학 영재학생 자신의 잠재적 발달 수준을 파악하고, 사고의 흐름을 파악하여 개념 이해의 깊이를 심화시켜줄 수 있는 다양한 전략들을 스스로 찾아낼 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- 김정환, 박도영 (2001). 학습자의 지·정·의 특성과 학업성취도에 대한 구조방정식 모형. **교육학 연구**, 39(1), 147-166.
- 박종원 (2003). 학생개념의 연속적 세련화와 정교화를 통한 변화 과정-대학생반응 분석. **한**

**국과학교육학회지**, 23(3), 276-285.

- 서혜애 (2004). 과학적 창의성과 과학영재교육의 방향. **영재교육연구**, 14(1), 65-89.
- 이정숙, 원복순, 김소연, 김중복 (2009). 비전형적 상황에서의 전기 회로에 관한 초등학교생들의 인식. **새물리**, 58(2), 101-109.
- 이정철, 강순민, 허용욱 (2009). 한국과학영재학교 학생들의 과학적 태도, 학습양식, 선호하는 수업형태와 수업환경 조사를 통한 수업전략의 수립. **영재교육연구**, 19(1), 138-159.
- 한순미 (1997). 역동적 평가의 문제와 발전방안. **교육평가연구**, 10(2), 53-79.
- 홍준의, 이인호, 전영석 (2007). 초등학교 과학영재 학생의 탐구능력 수행 분석. **초등과학교육**, 26(3), 267-275.
- Baum, S. M., Renzulli, J. S., & Hebert, T. P. (1994). Reversing under achievement: Stories of success. *Educational Leadership*, 52(3), 48-53.
- Brown, A.L., & Ferrara, R. A. (1985). Diagnosing zones of proximal development: In J. V. Wertsch (Ed.), *Culture, Communication and Cognition: Vygotskian Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bull, K. S., Shuler, P., Overton, R., Kimball, S., Boykin, C., & Griffin, J. (1999). *Process for Developing Scaffolding in a Computer Mediated Learning Environment*. Conference Proceedings of the American Council on Rural Special Education(ACRES). 19, Albuquerque, New Mexico.
- Chi, M. T., & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limon, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Engelhardt, P. V., & Beichner, R. J. (1997). *Determining and interpreting resistive electric circuits concepts test ver.1.2*. North Carolina: North Carolina State University.
- Tsaparlis, G., & Papaphotis, G. (2009). High-school Students' Conceptual Difficulties and Attempts at Conceptual Change: The case of basic quantum chemical concepts. *International Journal of Science Education*, 31(7), 895-930.
- Havu, S. (2005). Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructive perspective. *International Journal of Science Education*, 27(3), 259-279.
- Heller, P., & Finley, F. N. (1992). Variable uses of alternative conceptions: A case-study in current electricity. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 259-275.
- Lidz, C. S., & Elliott, J. G. (2006). An Alternative Approach to the Identification of Gifted Culturally and Linguistically Diverse Learners: *The Contribution of Dynamic Assessment*. *Gifted education international*, 21(2), 151-161.
- Magnusson, S. J., Templin, M., & Boyle, R. A. (1997). Dynamic science assessment: A new

- approach for investigating conceptual change. *Journal of the Learning Science*, 6(1), 91-142.
- Maker, C. J. (1982). *Curriculum development for the gifted*. London: Aspen Systems Corporation.
- Mansfield, R., & Busse, J. (1981). *The Psychology of Creativity and Discovery: Scientists and their work*. Chicago: Nelson Hall.
- McMillan, J. H., Myran, S., & Workman, D. (2002). Elementary teachers' classroom assessment and grading practices. *Journal of Educational Research*, 95(4), 203-213.
- Millar, R., & Beh, K. L. (1993). Students' understanding of voltage in simple parallel electric circuits. *International Journal of Science Education*, 15(4), 351-361.
- Minick, N. (1987). Implications of Vygotsky's theories for dynamic assessment. In C. S. Lidz (Ed.), *Dynamic Assessment: An International Approach to Evaluating Learning Potential*. NY: Guilford Press.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. New York: Oxford University Press.
- Shaffer, P. S., & Mcdermott, L. C. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60, 994-1003.
- Shavelson, R. J., Baxter, G. P., & Pine, J. (1990). Performance assessment in science. *Applied Measurement in Education*, 4(4), 347-362.
- Shipstone, D. M., Rhoneck, C. V., Jung, W., Karrqvist, C., Dupin, J. J., Johsua, S., & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316.
- Stanley, N. V., Seigel, j, Cooper, L., & Marshall, K. (1995). Identification of gifted with the Dynamic Assessment Procedure. *Gifted Education International*, 10(2), 85-87.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I., (1993). Creative giftedness: A multi-variate investment approach. *Gifted Child Quarterly*, 37(1), 7-15.
- Troxclair, D. A. (2000). Differentiating instruction for gifted students in regular education social studies classes. *Roeper Review*, 22(3), 195-198.
- Vosniadou, S. (2002). On the nature of naive physics. In M. Limon & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer academic publishers.
- Webb, P. (1992). Primary science teachers' understandings of electric current. *International Journal of Science Education*, 14(4), 423-429.

= Abstract =

## Conceptual Understanding Process for Electric Circuit of Elementary Science-gifted Students using Dynamic Science Assessment

Hyun-Ju Hong

*Korea National University of Education*

Jung Bog Kim

*Korea National University of Education*

Byung-Soon Choi

*Korea National University of Education*

Jung Sook Lee

*Seoul National University*

The purpose of this study was exploring instructive methods to make each gifted child's ability develop as more by selecting the dynamic method instead of existing static method in teaching and evaluating science-gifted students in elementary school and by analyzing conceptual change of electric circuit. In this research, 11 science-gifted students in primary school were chosen, and Dynamic Science Assessment(DSA) intended to comprehension of scientific electric circuit concept was performed as focusing on scaffolding aspects in order to find the transition process. And then, the features on transition process of students' concept were analyzed in quality. The results of the study were checked that the features of useful scaffolding input with respect to comprehending concepts of science gifted-students by using DSA. The less familiar to approach the subjects, the more presented numbers of scaffolding showed. As coming toward transition and same questions, scaffoldings (interactions) were declined because their level of transition was higher than before. Various ways were used in helping the students comprehend the concept on the method of connecting electric circuit and the emitting amount of current, which acted to adapt to daily life.

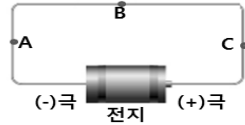
**Key Words:** Dynamic science assessment, Elementary science-gifted student, Electric circuit, Conceptual understanding

1차 원고접수: 2012년 8월 6일
수정원고접수: 2012년 9월 25일
최종게재결정: 2012년 9월 25일

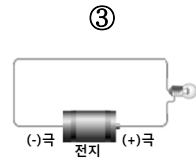
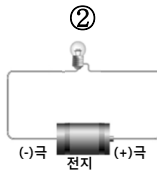
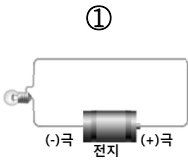
[부 록]

[1주제]

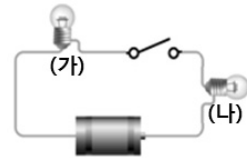
1. 전지와 전선을 다음 그림과 같이 연결한 후 A, B, C 세 지점에서 전선을 만져보았다. 각 지점의 따뜻한 정도는 어떠할까?



2. 다음 그림과 같이 각 부분에 전구를 연결하였다. 전구 밝기의 순서대로 나열하시오.

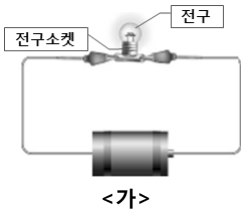


3. 다음과 같이 전기회로를 꾸며 전구의 불을 관찰하였다. 스위치를 연 상태에서 (가)와 (나)의 전구의 불은 어떻게 되었을까?  
회로에서 스위치를 닫은 상태에서 (가)와 (나)의 전구의 밝기는 어떠할까?

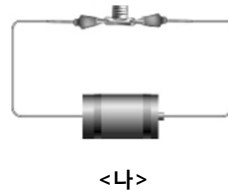


[2주제]

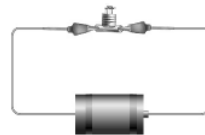
- 1-1. 그림 <가>와 같이 전구에 불이 켜진 전기회로에서 전구 소켓 속의 전구를 빼내었다. (그림 나) <나>회로에 전류가 흐를까?



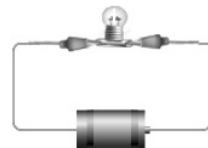
⇒



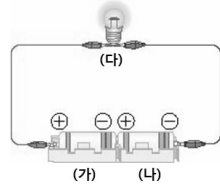
- 1-2. 그림과 같이 유리구가 없는 전구로 전기회로를 꾸며 보았다. 전구의 불은 어떻게 될까?



- 1-3. 그림과 같이 필라멘트가 끊어진 전구로 전기회로를 꾸며 보았다. 전구의 불은 어떻게 될까?



1-4. 다음 그림과 같은 전기회로에서 (가)의 건전지를 건전지끼우개에서 빼내었다. (다)의 전구는 어떻게 되겠는가?



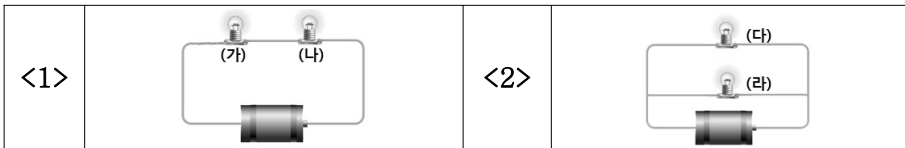
2. 불이 오는 상황을 정리해 보자.

3. 다음 중 전구의 여러 가지 연결이다. 특징에 따른 기준을 세워, 특징이 같은 것끼리 묶고, 왜 그렇게 묶었는지 설명하고, 각 회로들의 공통된 특징을 나열하여라. 직렬연결과 병렬연결을 단힌 회로 개념으로 정의해 보아라.

①		②		③	
④		⑤		⑥	
⑦		⑧		⑨	

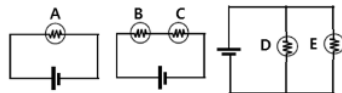
[3주제]

1-1. 다음과 같은 회로에서 전구의 밝기는 어떠할까?

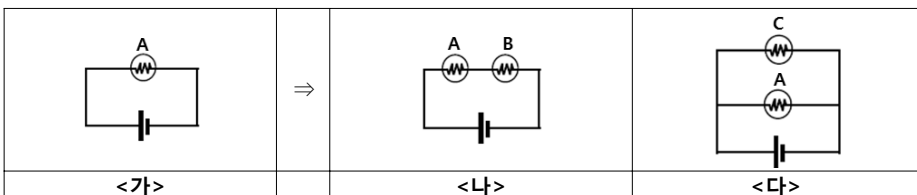


전류의 흐름은 어떻게 될까? 화살표로 표시해보자.

1-2. 전구 A, B, C, D, E의 밝기를 비교해 보아라.



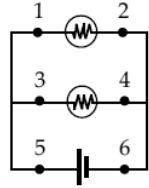
2-1. <가>회로에서 각각 전구 B, C를 추가로 연결하여 <나><다>의 회로와 같이 구성하였다.





- ◎ <가>에서 <나>로 변화했을 때, 전구 A에 전달되는 전류량은 어떠한가?
- ◎ <가>에서 <다>로 변화했을 때, 전구 A에 전달되는 전류량은 어떠한가?
- ◎ <가>,<나><다>에서 사용된 전지 중 가장 많은 일을 하고 있는 전지는 어느 것인가?

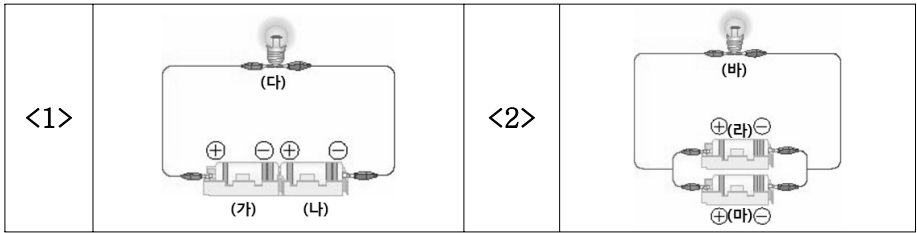
2-2. 1,2,3,4,5,6의 각 지점에서 전류량을 많은 순서대로 배열해 보아라.



- 3-1. 회로에서 전지의 수가 일정할 때 직렬연결된 전구의 수가 늘어날수록 회로를 지나는 전류의 양은 어떠한가?
- 3-2. 회로에서 전지의 수가 일정할 때 병렬연결된 전구의 수가 늘어날수록 회로를 지나는 전류의 양은 어떠한가?

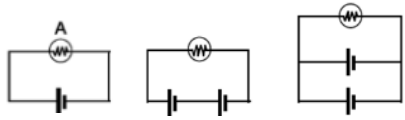
[4주제]

1-1. 다음과 같은 회로에서 전구의 밝기는 어떠한가?

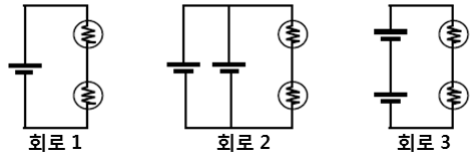


전류의 흐름은 어떻게 될까? 화살표로 표시해보자.

1-2. A와 회로 1과 회로 2의 전구의 밝기를 비교해 보아라.



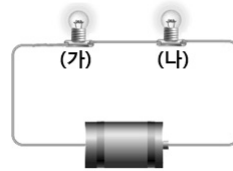
2. 어떤 회로에서 1초당 전달되는 전류량이 가장 클까?



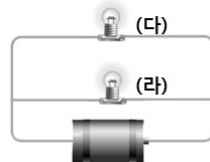
- 3-1. 회로에서 전지의 수가 일정할 때 직렬연결된 전지의 수가 늘어날수록 회로를 지나는 전류의 양은 어떠한가?
- 3-2. 회로에서 전지의 수가 일정할 때 병렬 연결된 전지의 수가 늘어날수록 회로를 지나는 전류의 양은 어떠한가?

[5주제]

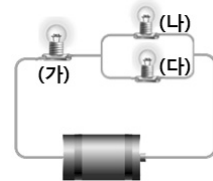
1-1 다음 그림과 같은 전기회로에서 (나)의 전구를 소켓에서 빼내었다. (가)의 전구는 어떻게 되었을까?



1-2. 다음 그림과 같은 전기회로에서 (라)의 전구를 소켓에서 빼내었다. (다)의 전구는 어떻게 되었을까?

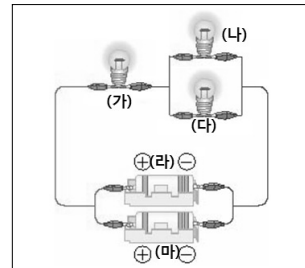


2-1 다음 그림과 같은 전기회로에서 (가)의 전구를 소켓에서 빼내었다. 전류가 흐르는 경로를 화살표로 표시하고, (나)와 (다)의 전구의 불의 변화를 예상하여라.

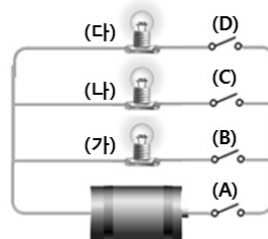


(나)의 전구를 소켓에서 빼내었다. 전류가 흐르는 경로를 화살표로 표시하고, (가)와 (다)의 전구의 불의 변화를 예상하여라.

2-2. 다음 그림과 같은 전기회로에서 (나)의 전구를 소켓에서 빼내고, (라)의 건전지를 건전지 끼우개에서 빼내었다. 전류가 흐르는 경로를 화살표로 표시하고, (가)와 (다)의 전구의 불의 변화를 예상하여라.



3. 다음 그림과 같은 전기회로에서 각각의 스위치를 단았을 때 전구의 불에 대하여 예상하고 전류의 흐름을 화살표로 표시해 보아라.



생활속 장면에서 다음 회로와 같은 상황의 예시를 들어보자. 각 스위치의 역할과 같은 스위치를 생활 장면에서 찾아보자. 우리가 전기회로 단원을 배우는 이유는 무엇일까?