

# 전구의 밝기에 대한 초등 예비교사의 가설 검증 활동

장병기

(춘천교육대학교)

## Pre-service Primary Teachers' Justification of their Hypotheses about the Brightness of Electric Bulbs

Jang, Byung-Ghi

(Chuncheon National University of Education)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the characteristics of pre-service primary teachers' justifying their hypotheses about the brightness of electric bulbs. They conducted their experiments and wrote their experimental results and ideas on their worksheets. The worksheets for generating and evaluating scientific hypothesis were analyzed. Most of them generated the consumption hypothesis and designed the experiments to confirm their hypotheses or directly measure without the change of experimental conditions. The responses for valid experimental designs were 74% of total responses. The 62% of total responses was valid prediction for experimental results. The 60% of pre-service teachers described the experimental results correctly. But other teachers described the biased results or inappropriate results. The 54% of them refuted hypotheses and the 36% confirmed their hypotheses. The theory-based responses were 51% and the evidence-based responses were 47%. The 64% of them proposed the possibility of the alternative hypothesis after testing their hypotheses. This study also discussed the implications of these findings for teaching and learning in science education.

**Key words :** justification or test of hypotheses, experimental design, brightness of electric bulbs

### I. 연구의 필요성 및 목적

실험은 과학교육에서 매우 중요한 학습 방법의 하나이지만 학교 현장에서는 실험 활동을 통한 과학 학습이 제대로 이루어지지 않고 있으며 매우 제한된 방식으로 사용되고 있다. 최근의 연구 결과들도 제시된 절차를 따라하는 그러한 요리책 형태의 실험에 대해 비판하고 있다(Roth, 1994; Wellington, 1998). 우리나라 과학교육에서도 실험 수업이 탐구와 무관하게 이루어지는 경우가 많다(양일호와 조현준, 2005). 그 결과 학생들은 과학 활동에서 실험이 이론 검증의 중요한 수단이 되지만, 실험의 그와 같은 측면을 제대로 이해하지 못하는 경우가 많다. 실험의 목적에 대한 중학생의 인식을 조사한 한 결과에서 실험이 이론 검증의 수단이라고 응답한 학생은 조사한 4 명

중에서 제일 낮은 전체의 13.5%에 불과했고, 학교 실험에 대해서는 그에 대한 언급이 거의 없었다(김희경과 송진웅, 2003). 많은 학생들은 실험이 사실을 수집하거나 편리한 것을 만들어내기 위해 행해지고 있고, 학교 실험은 교과서에서 배운 것을 이해하거나 암기하기 위한 것으로 생각하고 있다. 특히 대부분의 교과서 실험은 실험 목적과 변인 및 실험순서가 정해져 있어 자신의 생각을 학생 스스로 검증할 수 있는 방법을 고안하는 활동을 거의 할 수 없었다.

최근 들어 가설 검증 과정의 중요성이 부각되면서 그와 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다. 예를 들어, 김재우와 오원근(1998)은 교과서의 실험 수행에서 관련 변인의 인식 및 인식 목표와 도출된 결론의 관련성을 조사하였다. 박종원(2003)은 실험을 설

계하는 과정 자체를 조사하여 실험 설계의 특징을 밝히려고 하였다. 권성기 등(2004)은 힘에 대한 개념을 조사하고 그러한 개념이 실험설계에 미치는 영향을 조사하였다. 또한, 실험 설계의 전반에 대한 특성뿐만 아니라 설계 과정의 특정한 부분에 대한 심층적인 연구도 이루어졌다. 박종원(1998)은 과학적 가설과 반증 과정에서 학생들의 연역적 사고의 역할을 조사했고, 박종원 등은 빛과 그림자에 대한 증거 평가(1993), 지지 증거와 반증 증거에 대한 학생의 반응(1998), 가설 설정 과정(Park, J. & Kim, I., 2002) 등을 조사하였다. 김선자와 최병순(2005)은 변인통제 과정에서 나타나는 실험 설계 및 증거 제시의 특성을 조사하였다. 또한, 정재구 등(2005)은 대안적 가설에 반응하는 유형을 조사하였고, 정진수 등(2005)은 과학적 가설의 생성을 향상시키기 위한 모형의 효과를 조사하였다. 그리고 박순화 등(2005)은 생물학 분야에서 학생들의 가설 검증 방법의 유형을 조사하였다. 일반적으로 실험과 관련된 연구들이 주로 학습이나 훈련을 통한 실험 설계 기능의 향상을 조사하거나 개념 이해나 성취도에 주는 영향을 조사했던 것에 비해(박종원, 2003), 이와 같은 일련의 연구들은 연구적 맥락에서 학생들의 가설 검증 과정을 밝히는데 유용한 자료를 제공한다. 그러나 실제 수업 활동을 통해 이루어지는 학생들의 가설 검증 활동의 특성을 분석한 경우는 거의 없었다. 특히, 가설 검증 활동에 대한 교사들의 반응을 연구한 경우도 거의 찾기가 어렵다. 학생을 지도하는 교사의 영향을 고려할 때 그와 같은 연구의 필요성도 매우 시급한 실정이다.

이와 같은 맥락에서 본 연구는 교사가 되려는 초등 예비교사들의 가설 검증 활동의 특성을 가설의 생성과 실험 설계 및 증거 평가에 이르는 전반적인 과정을 조사하여 분석하려고 하였다. 또한 연구적 맥락에서 주로 사용되는 면담법보다는 실제 수업 상황에서 사용되는 활동지를 사용하여 실험을 하고 추론을 하도록 하였다. 따라서 본 연구의 목적은 물리학의 특정 내용, 즉 전구의 밝기에 대한 예비교사의 가설 검증 활동을 가설 생성, 실험 설계, 예상 및 관찰, 추론, 대안 가설의 인식 등의 측면에서 조사하는 것이다. 그리고 예비교사의 반응을 분석함으로써 전기 회로에 대한 학생 지도를 위한 시사점을 찾으려고 하였다.

### III. 연구 내용 및 방법

본 연구의 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 예비교사는 과학자의 실험과 학교 실험을 어떻게 생각하고 있는지 조사한다.
- 전구의 밝기에 대한 예비교사의 선개념을 조사한다.
- 전구의 직렬연결 회로에 대한 문제 상황을 제시하고, 자신의 생각을 확인하기 위한 가설 검증 활동의 특성을 분석한다.
  - 전구의 밝기에 대한 가설은 무엇이고 선개념과 관련이 있는지 조사한다.
  - 자신의 가설을 확인하기 위해 어떤 방식으로 실험을 설계하는지 조사한다.
  - 자신이 설계한 실험에 대한 예상 능력을 조사한다.
  - 실제 실험을 통해 얻은 실험 결과를 어떻게 관찰하는지 조사한다.
  - 자신의 가설과 관련하여 실험 결과의 의미를 어떻게 추론하는지 조사한다.
  - 가설 검증 활동의 결과로부터 다른 대안 가설을 얼마나 인식할 수 있는지 조사한다.

본 연구는 체계적인 실험 연구라기보다는 일종의 탐색 연구로서 수업 활동에서 일어나는 반응을 탐색하기 위한 것이므로, 엄격한 표집법을 사용하지 않고 임의적으로 연구자가 강의하는 ‘초등과학교육 2’ 과목을 수강하는 학생 세 반을 대상으로 하였다. 세 반은 각각 음악과, 미술과 그리고 여러 과가 혼성이 된 편입반 학생들이었다. 학생 수는 전체적으로 103명이었고, 여학생과 남학생은 각각 73명, 30명이었다.

가설 검증 활동은 수업 활동의 일환으로 실시되었고, 가설 검증 활동이 이루어진 전 차시에는 전구에 불켜기 활동이 끝난 후에 제공된 활동지에 20분 동안 실험에 대한 학생의 생각과 전구의 밝기에 대한 학생들의 생각을 서술하도록 하였다. 다음 차시에서는 가설 검증 활동을 실시하기 전에 두 전구의 직렬 회로에 대한 시범을 보여준 다음에 학생들이 수행해야 할 과제를 과학교육 용어 대신에 일상적인 용어로 풀이하여 설명해 주었다. 다시 말해, 전지의 (+)극 쪽에 연결된 전구가 왜 옆에 연결된 다른 전구보다 밝은지 생각해 보고 자신의 생각을 확인해 볼 수

있는 실험을 고안해 보도록 하였다. 학생들에게는 과제 수행을 위한 활동지와 실험 장치가 제공되었다. 학생들에게 제공된 가설 검증 활동지는 현상 설명(가설 제안), 실험 설계, 예상, 실험 결과, 가설 평가, 추론의 근거, 대안 가설의 제시 등과 관련된 7가지 질문으로 구성되었다. 활동지는 개별적으로 제공되었고, 실험 장치는 두 명이 한 쌍이 되어 함께 실험을 수행해 보도록 하였다. 그렇지만 짝이 없는 경우에는 세 명이 한 쌍이 되도록 하였다. 학생들은 수업 모둠별로 배치되었고, 각 모듬은 강의가 처음 시작되었을 때 학생들의 선택에 의해 미리 6~7명의 인원수로 편성되어 있었다.

실제로 실험을 시작하기 전에 학생들은 각각 개별적으로 제시된 문제에 대한 가설을 서술하고, 가설을 검사할 수 있는 실험을 고안하며, 그 결과를 예상하여 제공된 활동지에 기록하도록 하였다. 그리고 실험 설계에서 사용할 수 있는 기구들은 가능하면 제공된 실험 기구만을 사용하지만, 꼭 필요한 경우에는 실험실에 비치된 기구(전선, 전구, 스위치, 전지, 전류계, 전압계 등)를 사용할 수 있다는 것을 언급하였다. 그리고 이와 같은 활동을 모두 끝낸 쌍은 미리 준비된 실험 장치를 사용하여 실제로 자신이 고안한 실험을 서로 돌아가며 수행해 보도록 하였다. 이 과정에서 학생들은 다른 사람의 생각이나 실험 방법을 알 수 있었고, 서로 의견을 나눌 수 있었다. 준비된 실험 장치는 연구자의 시범에서 보여주었던 것과 같은 장치이었다. 따라서 학생들은 연구자가 시범에서 보여준 현상을 확인할 수 있었다. 그리고 실험이 끝난 후에는 다시 서로 의논하지 않고 각자 실험 결과에 대한 자신의 생각을 활동지에 기록하여 제출하도록 하였다. 이와 같은 가설 검증 활동은 90분 동안 수행되었다. 이와 같은 과정에서 연구자는 학생들의 활동에 직접 간섭하지 않았고, 활동지에 제시한 질문을 이해하는데 필요한 사항만 보충 설명하고 필요한 실험 기구만을 제공해 주었다.

활동을 통해 일어나는 학생들의 반응은 학생들이 제출한 활동지만을 토대로 분석되었다. 활동지에 나타난 반응은 1차적인 분석에서 가능한 한 구별될 수 있는 여러 범주로 구분하고, 그 본포와 각 범주의 특성을 파악하여 커다란 몇 개의 범주로 정리하였다. 이렇게 구성된 새로운 범주의 기준을 명확하게 한 분류틀을 작성하고, 2차적인 분석에서 학생들의 반응을 다시 정독하면서 새로운 분류틀에 의해 분류하였

다. 그리고 활동지에 제시한 각 문항별로 분류된 범주의 빈도를 조사하고, 교차 분석을 통해 유의도 .05 수준에서 반응들의 상호관련성을 분석하였다. 또한 전체적인 학생들 반응의 경향을 살펴봄으로써 가설 검증 활동과 전기회로의 지도에 필요한 시사점을 논의하였다. 표집 한계와 남녀 구성의 불균형 등으로 집단별, 남녀별 차이는 분석하지 않았다. 본 연구는 특정한 과제에 대한 특정한 집단의 반응을 분석한 결과로서 일반화에는 무리가 있으나, 하나의 사례로서 가설 검증 활동에 대한 일반 학생 및 예비교사들의 반응을 예상하고 지도하는데 도움을 줄 수 있는 의미 있는 단서를 제공할 것이라고 기대한다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 실험에 대한 예비교사의 생각

일반적으로 실험에 대한 학생들의 인식은 과학자의 실험과 학교 실험에 대해 차이가 있는 것으로 알려져 있다. 중학생을 대상으로 한 연구(김희경과 송진웅, 2003)의 결과는 대부분의 학생들이 과학자들은 사실 획득(57%)이나 사회적 유용성(42%)을 위해 실험을 한다고 생각하고 있으며, 학교 실험에 대해서는 83%의 학생들이 교과서에서 배운 것을 이해하거나 암기하기 위한 것으로 생각한다는 것을 보여 주었다. 특히, 이론의 검증에서 실험의 역할이 중요함에도 불구하고 학생들은 그에 대한 인식이 매우 저조하였다. 이와 같은 결과는 대부분 확인 실험으로 구성되어 있는 학교 과학 실험에서 초래된 결과인 것으로 추정된다. 실제로 학교에서 학생들이 하는 실험과 과학자들이 하는 실험은 차이가 있고, 학교 실험에 대한 제한적인 경험은 실험에 대한 매우 제한적인 생각을 유발한 것인지 모른다.

분류 범주의 차이로 그와 같은 연구 결과와 예비교사들의 반응을 직접 비교하기는 어렵지만, 몇 가지 공통점과 차이점을 발견할 수 있었다. 학교 및 과학자의 실험에 대한 103명의 예비교사의 생각은 표 1과 2에서 알 수 있는 것처럼 상당한 차이가 있었다. 다시 말해, 과학자의 실험에 비해 학교 실험은 좀 더 다양하게 생각하고 있었다. 이와 같은 결과는 위에서 언급한 연구 결과와 일치되지만, 그 양상은 중학생의 경우와 차이가 있었다. 그것은 예비교사로서 교육적인 측면에서 실험을 생각하였기 때문이 아닌가 생각이 된다. 중학생의 경우와는 달리 학교 실험의 경우

에 예비교사들은 수업의 도구나 실제 경험 활동으로 생각하는 경우가 전체 반응의 절반 정도가 되었고, 사실을 확인하는 도구로 생각한 경우는 25%가 되었다. 중학생의 경우 과학적인 탐구로서 실험에 대한 인식이 4% 정도로 낮은 반면에, 예비교사들은 실험을 과학적 탐구로 생각한 경우는 12%나 되었다. 또한, 과학자의 실험에 대해서도 중학생은 사실 수집이 40%, 이론 검증이 14% 정도인 것에 비해, 예비교사는 가설 검증(58%)과 사실 발견(35%)이 전체 반응의 대부분을 차지하였다. 사실 발견과 사실 수집을 동일한 것으로 간주했을 때 예비교사는 실험의 이론(가설) 검증의 역할을 훨씬 잘 인식하고 있는 것으로 추정되었다. 그러나 학교 실험에서 기타 범주에 포함된 이론 검증의 역할을 인식한 예비교사는 단지 4명뿐으로 이것은 중학생의 경우처럼 그 동안의 학교 경험의 결과를 반영하는 것으로 추정된다. 이와 같은 결과는 예비교사 교육에 있어 학교 실험의 다양한 목적과 가능성에 대해서 양일호와 조현준의 연구(2005)가 예시하는 것처럼 좀 더 체계적으로 지도할 필요가 있는 것으로 시사되었다. 이러한 의미에서 예비교사 교육에서 가설 검증 활동의 경험은, 비록 후속 연구가 필요하기는 하지만, 학교 실험에 대한 새로운 인식을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

표 1. 학교 실험에 대한 예비교사의 생각

구분	수업도구	실제 경험	사실 확인	탐구	기타	계
빈도	36	30	32	15	13	126
반응비율 (%)	29	24	25	12	10	100

표 2. 과학자의 실험에 대한 예비교사의 생각

구분	가설 검증	사실 발견	문제 해결	기타	계
빈도	65	40	4	4	113
반응비율 (%)	58	35	3.5	3.5	100

## 2. 전구의 직렬연결 회로에 대한 예비교사의 생각

그림과 같은 전기회로에서 3개 전구의 밝기를 비교하고, 그 이유를 설명하는 문항에 대한 예비교사의 반응을 예상 결과, 설명 방식 및 사용 용어의 측면에서 분석하였다. 전구의 밝기를 설명하는데 예비교사들은 평균적으로 2.4개의 과학 용어를 사용했다. 전체적으로 제일 많이 사용한 용어는 ‘전류’라는 말로 전체 예비교사의 75%가 사용하였다. ‘전압’, ‘직렬’ 또는 ‘병렬’ 연결은 절반 정도의 예비교사가 사용하였고, 40% 가량은 ‘저항’이라는 말을 사용하였다. ‘에너지’라는 말로 설명한 예비교사는 9%이었다. 103명 중에서 2명은 그와 같은 과학 용어를 전혀 사용하지 않았다. 그렇지만 그와 같은 용어의 사용에 있어 과학적 의미보다는 예를 들어, ‘흐르는 전압’, ‘전지의 양’, ‘전지의 세기’, ‘나누는 전류’, ‘양극에서 나오는 저항’ 등과 같이 전류, 전압, 저항 등을 명확하게 구분하지 못하고 전류와 비슷한 의미로 사용하는 경우가 많았다. 이와 같은 결과는 초등학교 6학년 학생의 경우(장병기, 1998)와 마찬가지로 예비교사에게 있어서도 전류라는 개념이 여전히 전지의 힘이나 세기(양), 에너지, 전압 등과 비슷한 속성을 갖는 미분화된 개념으로 남아있다는 것을 시사한다.

전구의 밝기에 대한 예비교사의 설명 방식은 크게 분배, 전지, 소모, 저항, 연결 및 기타 등 6가지로 분류하였다. 분배 개념에 의존하는 예비교사는 전류나 전압, 또는 에너지 등이 각 전구에 나누어진다는 생각을 가지고 있었다. 예를 들면 다음과 같다: “전류가 일정하지만 전압을 전구 2개가 나누어 가지기 때문에”, “전지(전류)의 양이 나누어져서”, “같은 양의 에너지가 두 전구에 나누어지므로” 등이다. 전지 개념에 의존하는 예비교사는 대개 전지의 수에 주목하고 전지에서 일정한 전류가 나온다는 생각을 가지고 있었다. 예를 들어, “직렬연결에서 전류가 흐르는 통로는 하나이고, 같은 전압의 전지를 사용한 경우 전류의 양이 일정하므로”, “전지가 직렬이면 전구 하나

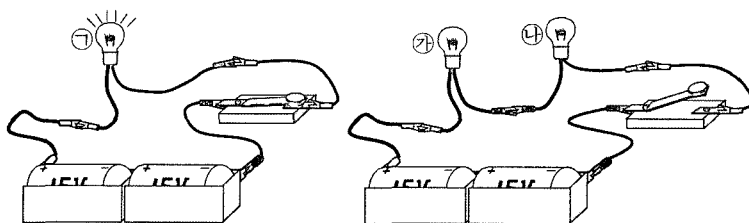


그림 1. 두 전기회로에 있는 세 전구의 비교

나 두 개나 밝기가 같고 단지 전구가 2개인 경우에는 전지가 빨리 소모될 뿐이므로” 등으로 설명하였다. 이와 같은 생각을 하는 예비교사 중에는 전구 ㉠과 ㉡를 병렬로 연결하면 일정량의 전류가 나누어지므로 ㉠보다 어두워질 것이라고 생각하는 사람도 있었다. 소모 개념은 전류가 흘러가면서 줄어든다고 설명한 예비교사들을 말한다. 예를 들어, “㉠에는 ㉡에서 저항 때문에 소모되고 남은 전류가 걸리기 때문에”, “㉡에서 ㉠로 가면 전류가 줄고 저항이 커지므로”, “두 회로에는 같은 세기의 전압이 흐르지만, 일정량의 전류가 소모되고 ㉠로 흐르기 때문에” 등이다. 저항 개념을 사용하는 예비교사는 전구의 저항을 분명하게 인식하고, 전류와 저항과의 관계를 이해하며 저항에 의해 전류가 소모된다고 생각하지 않는 학생을 말한다. 예를 들어, “전구가 2개인 경우에는 저항이 커지므로 전류의 세기가 작아지므로”, “전구가 하나인 경우에는 저항이 작고, 전구의 직렬연결에서 두 전구는 저항이 같으므로”, “전류는 저항이 클수록 적어지지만, 한 회로에 흐르는 전류의 세기는 같으므로” 등이다. 연결 개념을 사용하는 학생은 “한 선으로 흐르는 전기의 양이 같기 때문에” 등과 같이 주로 직렬이나 병렬 등의 연결 방식이나 특징만을 언급하는 학생을 말한다. 그 밖에 학생이 사용한 개념이 모호한 경우에는 기타로 분류하였다.

예비교사들은 전체적으로 전구의 밝기를 분배(32%)나 전지(25%)개념으로 설명하는 사람이 많았고, 소모(17%)나 저항(17%), 또는 연결(6%) 개념으로 설명하는 사람은 상대적으로 적었다. 이와 같은 결과는 전구의 밝기에 대한 초등학교 5학년 학생의 개념을 조사했던 정미영 등(2005)의 연구 결과와 매우 유사하다. 그 연구에 따르면 초등학교 5학년의 경우 전지와 전구의 수(61%), 연결 방법(10%), 기타(29%) 등과 관련된 개념을 지니고 있었다. 예비교사의 경우 분배 개념은 전구의 수에 해당하므로 비슷한 방식으로 다시 분류하면, 전지와 전구의 수(57%), 연결 방법(6%), 소모나 저항(34%) 등으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 전구의 밝기에 대한 예비교사의 개념이 초등학교 5학년 학생과 커다란 차이가 없다는 것을 시사한다. 특히 정미영 등의 연구는 전지와 전구의 수 개념을 일관적으로 가지고 있는 학생이 많다는 것을 보여주었는데, 본 연구의 결과는 그와 같은 개념이 대학생에 이르기까지 계속적으로 지속된다는 것을 시사하는 것으로 해석되었다.

표 3. 전구의 밝기를 설명하는데 설명 유형별로 사용한 용어 ( ) : %

설명방 식 용어	분배	전지	소모	저항	연결	기타	계
전류	24	20	13	16	3	2	78(76)
전압	16	21	4	12	0	1	54(53)
연결	9	22	4	11	5	0	50(49)
저항	6	6	10	18	0	0	40(39)
에너지	7	0	2	0	0	0	9(9)
계	33(32)	26(25)	17(17)	18(17)	6(6)	3(3)	103(100)

이와 같은 설명 방식에 따른 과학 용어의 사용을 비교한 결과는 표 3과 같다. 분배 개념에 의존하는 예비교사는 대체로 연결 방식이나 저항은 언급하지 않았고 전류나 전압을 두 전구가 나누어 갖는 것으로 설명하는 경향이 있었다. 전지의 수에 의존하는 예비교사는 직렬연결이나 전압에 의해 전류가 일정한 것을 언급하지만, 저항은 언급하지 않는 경향이 있었다. 또한, 소모 개념에 의존하는 예비교사도 전압이나 연결 방식을 언급하지 않고 저항으로 전류가 소모됨을 언급하는 경향이 있었다. 저항 개념에 의존하는 예비교사는 대체로 두 전구의 저항이 같기 때문에 전압이 나뉘어 걸리거나 흐르는 전류가 같다는 것을 언급하였다. 그리고 이들 중 절반은 옴의 법칙을 적용하여 현상을 설명하려고 하였다. 전체적으로 살펴보았을 때 예비교사는 대체로 앞에서 언급한 초등학교 5학년의 경우와 마찬가지로 전지와 전구의 수, 연결 방식에 주목하고 그것을 전류와 관련지어 설명하는 경향이 있었다.

전구의 밝기를 비교한 결과에서 50%의 예비교사들은 ㉠이 가장 밝고 ㉡와 ㉢가 밝기가 같을 것이라고 응답했다. 24%의 예비교사는 세 전구의 밝기가 모두 같다고 응답했다. 14%의 예비교사는 ㉠이 가장 밝고 그 다음에 ㉡(12명)나 ㉢(2명)가 밝다고 응답하였다. 전구 두 개만 비교한 예비교사는 9명으로 3명은 ㉠이 가장 밝다고 했고, 4명은 ㉡와 ㉢의 밝기가 같을 것이라고 응답했고, 1명은 ㉡가 ㉢보다, 다른 1명은 ㉢가 ㉡보다 밝을 것이라고 응답했다. 나머지 4명 중에서 3명은 소모 개념을 가진 학생으로 ㉠과 ㉡(2명), 또는 ㉢(1명)의 밝기는 같지만 다른 전구는 전류가 줄어들어 어두워질 것이라고 응답했다. 다른 1명은 전지에서 흐르는 전류가 같아 오히려 ㉡와 ㉢가 ㉠보다 더 밝을 것이라고 응답했다.

설명 방식에 따른 예상 결과를 비교한 결과는 표 4와 같다. 전구 수에 따른 분배 개념을 사용한 사람은 모두 전구 ㉠이 가장 밝다고 응답했다. 전지 개념을 사용한 사람은 대부분 전지에서 일정한 전류가 나오므로 세 전구가 모두 같다고 응답했다. 나머지 3명은 ㉡와 ㉢의 밝기가 같을 것이라고 응답했고, 다른 1명은 전지에서 흐르는 전류가 같아 오히려 ㉡와 ㉢이 ㉠보다 더 밝을 것이라고 응답한 사람이다. 저항 개념을 사용한 학생은 모두 ㉡와 ㉢의 밝기가 같을 것이라고 응답했다. 단지 1명만 전구 ㉠이 두 전구보다 더 밝다는 것을 언급하지 않았다. 소모 개념을 가진 사람은 직렬로 연결된 두 전구에서 한 전구가 다른 전구보다 어두울 것이라고 예상했다(16명). 단지 1명은 전류가 같으므로 세 전구가 밝기가 같지만 전선의 저항 때문에 전류가 조금 소모되어 밝기가 차이가 날지 모르겠다고 응답했다. 따라서 전체적으로 40%의 예비교사들은 전류가 언제나 동일하여 전구의 밝기가 모두 같거나, 전류가 저항으로 소모되어 밝기가 줄어든다고 생각한다는 것을 알 수 있다. 나머지 예비교사는 저항과 전류의 관계를 대체로 이해하고 전구의 밝기를 어느 정도 올바르게 예상하는 것으로 판단할 수 있었다.

표 4. 전구의 밝기 비교에 대한 예비교사의 생각 ( ) : %

설명방식 예상	분배	전지	소모	저항	연결	기타	계
㉠=㉡=㉢	22	1	0	2	0	25(24)	
㉠>㉡=㉢	27	2	0	17	2	51(50)	
㉠>	3	0	11	0	0	14(14)	
일부 비교	3	1	2	1	2	9(9)	
㉠=<	0	1	3	0	0	4(4)	
계	33(32)	26(25)	17(17)	18(18)	6(6)	3(3)	103(100)

### 3. 제시된 현상을 설명하는 가설

수업의 가설 검증 활동에서 그림과 같이 직렬로 연결된 꼬마전구 두 개를 전지에 연결했을 때 전구 ㉡가 ㉢보다 밝게 빛나는 현상에 대해 예비교사에게 설명(가설)하라고 하였다. 예비교사의 반응은 전류, 저항, 전압, 전구의 관점에서 분류되었다. 예를 들어, 회로에 흐르는 전류로 설명하는 예비교사는 “전류가 흐르면서 손실 또는 소비되어서”, “전류가 +극에서 -극으로 흐르므로 가까운 전구가 밝기 때문에” 등 전류가 흐르면서 소모되는 것으로 설명하였다. 그러

나 이들은 소모의 구체적인 이유를 언급하지는 않았다. 이와 같은 예비교사는 전체의 43%이었다. 대부분은 전류가 소모되는 것으로 설명했으나 이들 중 3명은 에너지가, 1명은 전압이 소모되는 것으로 설명했다.

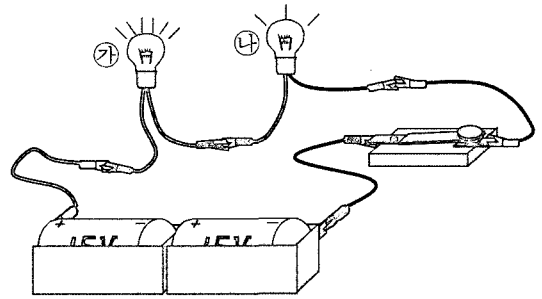


그림 2. 가설 생성을 위한 문제 상황

저항으로 설명하는 예비교사는 전체의 41%로 전구의 저항에 의해 “전류를 빼앗기거나 소모되기 때문에”, “전구 ㉡를 지나면서 저항이 더해져서”, “㉢의 저항이 커서 전류가 적게 흐르므로”, “전구에 의해 약해져서” 등으로 저항에 의해 전류, 또는 전압이나 에너지가 작아지기 때문에 ㉢전구가 어두워진다고 설명하였다. 대부분은 저항에 의해 전류가 소모되는 것으로 설명했으나 5명은 전압이, 2명은 에너지가 약해지는 것으로 설명하였다.

전압의 차이로 설명한 예비교사는 전체의 8%로 이들은 회로에 일정한 전류가 흐르는데, “㉡ 전구가 높은 전압을 받아서”, 또는 “두 전구의 전압이 다르기 때문에” 등으로 설명하였다. 이들은 전구에 걸리는 전압이 다른 구체적인 이유는 언급하지 않았다. 그러나 이들 중 3명은 전압이 다르면 전력이 달라져 전구의 밝기가 다르다는 것을 언급하여 전구의 밝기가 전류와 전압에 의해 결정된다는 것을 알고 있었다. 전구의 차이로 설명한 예비교사는 전체의 9%로 이들은 “㉢ 전구가 많아서”, “전구”나 “전구의 저항”이 다르기 때문에 밝기가 차이가 난다고 설명하였다. 전압이나 전구의 차이로 설명하는 이 두 범주의 예비교사(17%)는 어느 정도 과학적 견해에 근접해 있었다. 이와 같은 결과는 대부분의 예비교사가 두 전구를 동일한 것으로 보고 전구에 따라 차이가 있을 수 있다는 것을 인식하지 못하는 것으로 보인다. 앞에서 실시한 개념 조사에서 절반 이상의 예비교사가 직렬 회로에서 동일한 두 전구의 밝기가 같다고 올바르게

응답했지만, 이와 같은 결과는 조건이 달라진 문제 상황에서 그 조건을 분명하게 인식하지 못한다는 것을 보여준다. 대부분(84%)의 예비교사는 조건의 변화보다는 전구나 저항에 의한 “소모” 가설로 ㉔ 전구의 밝기가 어두워지는 것을 설명하였다. 이러한 결과는 특정한 문제와 관련된 가설 생성에 있어 선호하는 가설이 존재한다는 것을 시사하는 것인지 모른다. 그럴 경우 학생들의 선호 가설을 파악할 수 있다면 그에 대한 지도가 용이해질 것이다.

표 5. 선개념에 따른 예비교사의 가설 ( ): %

개념 가설	분배	전지	소모	저항	연결	기타	계
전류	14	12	11	4	2	1	44(43)
저항	16	12	3	8	2	1	42(41)
전압	1	1	1	4	0	1	8(8)
전구	2	1	2	2	2	0	9(9)
계	33(32)	26(25)	17(17)	18(17)	6(6)	3(3)	103(100)

앞에서 조사했던 개념에 따른 가설(제안 설명)을 비교한 결과는 표 5와 같다. 표에서 알 수 있는 것처럼 예비교사는 선개념과 관계없이 대부분 소모 가설을 취하는 것으로 보였다. 이것은 예비교사들의 선개념이 어떤 특정한 상황에서 일관성 있게 유지되지만, 상황이 달라지는 경우 쉽게 변할 수 있다는 것을 뜻하는 것인지 모른다. 정미영 등(2005)의 연구는 이에 대한 한 시사점을 제공한다. 그들의 연구에 의하면 선개념의 일관성 정도가 높을수록 인지갈등 점수가 높게 나타난다는 것이다. 이러한 사실을 이 결과에 적용하면 달라진 상황이 인지갈등을 유발하여 생각의 변화를 초래하게 한 것으로 해석할 수 있다.

4. 가설 검증을 위한 실험 설계의 특성

자신의 설명을 확인해 볼 수 있는 실험을 고안하는 문항에서 1명을 제외한 102명의 예비교사는 149개의 실험을 고안하여 대체로 한 사람당 1.5개 정도의 실험을 고안했다. 그러나 실험을 2개 고안한 사람은 35명이었고, 3개 고안한 사람은 6명이었다. 60% 정도의 예비교사는 1개의 실험만 제시하였다. 이와 같은 결과는 가설을 확인할 수 있는 다양한 시험명제가 존재할 수 있다는 것을 뚜렷하게 인식시킬 필요성이 있다는 것을 보여준다.

실험 설계에서 예비교사가 가설을 확인하기 위해

선택한 독립변인은 전구 개수, 전지 방향, 연결 방식, 전지 개수, 기타 및 ‘없음’ 등 6가지 범주로 분류하였다. 전구 개수는 전구의 개수를 바꾸어 확인하려는 반응으로 전체 반응의 21%가 여기에 해당한다. 전류 방향은 전지의 방향이나 전구의 위치를 바꾸어 확인하려는 반응을 말한다. 이와 같은 반응은 전체의 28%이었다. 좀 더 세분하여 살펴보면 전지의 방향은 16%, 전구의 위치는 12%로 전지의 방향을 바꾸려고 한 경우가 조금 많았다. 연결 방식은 전구의 병렬/직렬 방식을 비교하려는 반응을 말하는데 전체의 11%가 여기에 해당되었다. 전체 반응의 5%인 전지 개수는 전지의 수를 변화시키는 것으로 제시된 문제 상황과 유사한 경우로 가설을 확인하기 어려운 경우이다. 기타는 전체 반응의 10%로 스위치의 위치, 전선의 길이, 저항 등을 변인으로 선택한 경우이다. ‘없음’은 주어진 회로의 조건을 변화시키지 않고 전류나 전압 등 직접 그 원인을 측정하려고 한 경우이다. 이와 같은 반응은 전체의 29%나 되었다.

요약하면, 예비교사들은 자신의 가설을 확인하기 위해 대체로 조건을 변화시키지 않고 직접 그 원인을 측정하거나, 전류의 방향이나 전구의 개수를 바꾸려고 하였다. 예비교사의 가설에 따라 실험에서 선택한 독립변인을 비교한 결과는 표 6과 같다. 전체적으로 가설과 독립변인의 선택은 유의미한 차이는 없었지만, 전압이나 전구의 차이로 설명하는 경우 직접 전압이나 저항 등 그 원인을 측정하려는 경우가 많았다.

표 6. 가설에 따른 독립변인의 선택 ( ): %

가설 독립변인	전류	저항	전압	전구	계
전구 개수	16	15	0	1	32(21)
전류 방향	18	16	2	5	41(28)
연결 방식	6	7	1	2	16(11)
전지 개수	4	3	0	0	7(5)
기타	4	5	0	1	10(7)
없음	12	18	7	6	43(29)
계	60(40)	64(43)	10(7)	15(10)	149(100)

종속변인은 전구의 밝기, 전류, 전압 및 기타의 4가지 범주로 분류하였다. 전체 반응의 68%는 전구의 밝기를 측정하는 것이었고, 전류나 전압의 세기를 측정하는 것은 각각 15%이었다. 기타 반응은 3%로 저

향, 전력, 소리 등을 측정하는 것이었다. 그렇지만 실제 측정에서는 눈을 사용하는 것은 66%, 전류계를 사용하는 것은 17%, 전압계를 사용하는 것은 16%, 기타 방법을 언급한 경우는 1%가 되었다. 표 7은 독립변인에 따른 종속변인의 선택을 비교한 결과이다. 표에서 알 수 있는 것처럼 전체적으로 독립변인을 생각한 경우에는 전구의 밝기를 측정하였고, 독립변인을 고려하지 않은 경우에는 전류나 전압을 직접 측정하려고 하였다.

표 7. 독립변인에 따른 종속변인의 선택 ( ) : %

독립변인 종속변인	전구	전류	연결	전지	기타	없음	계
밝기	29	40	16	7	9	0	101(68)
전류	2	1	0	0	0	19	22(15)
전압	1	0	0	0	0	21	22(15)
기타	0	0	0	0	1	3	4(3)
계	32(21)	41(28)	16(11)	7(5)	10(7)	43(29)	149(100)

자신의 가설을 검증하기 위해 실험을 설계할 때 자신의 가설이 맞을 경우 일어나는 현상을 고안할 수도 있고, 자신의 가설이 틀리는 경우 일어나는 현상을 고안할 수도 있다. 논리적인 방법을 사용하는 경우에는 자신의 가설이 틀릴 것을 가정한 영가설을 도입하여 영가설을 반증하는 법을 택한다. 실험 설계에 대한 예비교사의 반응에서 반증 방식을 사용한 사람은 한 명도 없었다. 단지 2명만이 자신의 가설과 다른 가설의 존재를 언급했지만, 이들도 그 가설을 입증하는 방식으로 실험을 설계하였다. 따라서 실험 설계 방식은 확증, 측정, 복합 및 재현 등 4가지 방식으로 분류하였다. 자신의 가설을 입증하는 방식으로 실험을 설계한 예비교사는 전체의 63%이었고, 조건을 변화시키지 않고 주어진 현상에서 직접 물리량을 측정하는 방식은 전체의 28%이었다. 복합 방식인 6%는 확증과 측정을 함께 사용하였고, 4%의 재현 방식은 제시된 실험을 다시 확인해 보는 방식을 사용하였다. 이와 같은 결과는 생물학 분야에서 학생들의 가설 검증의 유형을 조사한 박순화 등(2005)의 연

구와 차이가 있었다. 그 연구에 따르면 학생들의 가설 검증 유형은 직접 관찰법(29%), 유사현상 비교법(3%), 긍정 비교법(20%), 긍정-부정 비교법(36%), 비례 비교법(9%), 기타(4%) 등으로 나타났다. 분류 범주 체계가 달라서 직접 비교하기는 어렵지만, 유사한 범주를 찾아보면 다음과 같다. 본 연구에서 확증 방식은 박순화 등의 체계에서 긍정 비교법에, 측정 방식은 직접 관찰법에, 재현 방식은 유사현상 비교법과 거의 비슷하다. 또한 처음에 언급했던 반증 방식은 부정 비교법과 유사하다. 박순화 등의 연구에서는 긍정-부정 비교법이 비교적 우세했지만, 본 연구에서는 확증 방식이 훨씬 많은 편이었다. 그렇지만 긍정-부정 비교법을 긍정 비교법과 묶어서 생각한다면, 문제 상황이 상당히 다름에도 불구하고 검증 방법의 양상이 상당히 유사하게 나타난다는 것을 시사받을 수 있다. 논리적인 관점에서는 확증 방식과 반증 방식을 함께 사용하는 것이 가설 검증에 유리하지만, 본 연구의 예비교사들은 반증 방식에 대한 인식이 전혀 없었다. 따라서 서로 다른 가설 검증 방식의 장단점과 한계에 대한 구체적인 지도가 필요한 실정이었다.

제안된 실험을 통해 자신을 가설을 확인할 수 있는 경우에는 타당한 방식으로, 확인할 수 없는 경우에는 부당한 방식으로 실험 설계에 대한 예비교사들의 반응을 분류하여 설계 방식에 따라 비교한 결과는 표 8과 같다. 전체적으로 74%의 예비교사가 타당한 방식을 사용하였다. 설계의 타당성은 설계 방식에 따라 유의미하게 차이가 났다. 표에서 알 수 있는 것처럼 확증 방식을 사용하는 예비교사는 그렇지 않은 예비교사보다 타당한 설계를 훨씬 많이 하였다.

예비교사의 선개념에 따른 설계 방식을 비교한 결과는 표 9와 같다. 선개념에 따른 설계 방식은 유의미한 차이가 있어, 표에서 알 수 있는 것처럼 전지와 소모 개념을 사용하는 사람은 확증 방식을 선호했고, 저항 개념을 사용하는 사람은 측정 방식을, 연결 개념을 사용하는 사람은 재현 방식을 선호하였다. 이와 같은 결과는 힘 개념에 따른 연도 실험 설계의 유형을 분석한 권성기 등(2004)의 결과와 차이가 있었다.

표 8. 설계 방식에 따른 타당성 ( ) : %

구분	확증 방식	측정 방식	복합 방식	재현 방식	계
빈도	64(63)	28(28)	6(6)	4(4)	102(100)
타당/부당	59(92)	5(8)	12(43)	16(57)	4(67)
			2(33)	0	4(100)
					75(74)
					27(26)



그들의 연구에 의하면 힘에 대한 개념은 실험 설계 유형과 관련이 없었다. 그들은 그러한 결과를 바탕으로 실험 설계 능력이 과학적 개념 학습과 독립적인 것으로 가정을 했지만, 실제로 실험 설계를 하기 위해서는 과학적인 지식이나 개념이 필요하다. 예를 들어, 실험 설계를 위한 변인을 설정하기 위해서는 가설과 관련된 과학적 지식이나 개념이 필요하기 때문이다. 따라서 그들의 연구에서 개념과 실험 설계 유형이 관련이 없었던 것은 조사한 힘 개념의 요소들이 제시된 문제의 상황의 내용과 직접적인 관련이 거의 없었기 때문인지도 모른다. 따라서 그에 대한 좀 더 심층적인 분석이 요구된다. 한편, 예비교사가 제안한 가설에 따른 설계 방식도 유의미한 차이가 있었다. 표 10에서 알 수 있는 것처럼 전류 소모 가설을 제시한 사람은 확증 방식을, 전압 차이 가설을

제시한 사람은 측정 방식을 선호하는 경향이 있었다. 이와 같은 결과도 개념과 실험 설계 방식이 서로 관련이 있다는 것을 시사하는 것으로 추정된다.

**5. 실험 설계에 대한 예상**

설계한 실험의 결과를 예상하고 설명하는 문항에서 독립변인에 따라 예상한 결과를 나타내면 표 11과 같다. 전체적으로 전구나 전지의 개수를 변화시키는 경우에는 ㉔ 전구가 밝을 것으로 예상을 했고, 전류의 방향을 바꾸는 경우에는 ㉓ 전구가 밝을 것으로 예상을 했다. 두 전구를 병렬로 바꾸는 경우에는 밝기가 동일하거나 전구 ㉔가 밝을 것으로 예상을 했다. 그리고 독립변인이 없이 직접 측정하려고 한 경우에는 전구 ㉔의 전류나 전압이 클 것이라고 예상을 했다. 예상의 설명에서 예비교사들은 전류, 전압, 저항 등의 용어를 사용하였고, 13%의 예비교사는 옴의 법칙에 대한 식을 자신의 설명에 사용하였다. 그리고 단지 전체 반응의 62%만이 자신의 가설에 맞추어 올바르게 예상한 반응이었다. 타당한 실험 설계 방식을 고안한 예비교사가 74%인 것에 비교해 볼 때, 예비교사의 예상 능력도 그렇게 높지 않은 것처럼 보인다.

**6. 실험 결과의 관찰**

자신의 실험 결과를 서술하는 문항에서 결과를 서술하지 않은 2명을 제외한 101명의 예비교사 중에서 60%는 자신이 설계한 실험 결과를 바르게 서술했으나, 18%는 실험 결과를 실제와 다르게 왜곡하여 서술하였다. 예를 들어, 차이를 오차로 서술하거나 오차를 차이가 있는 것으로 서술하는 경우도 있었고, 전구의 밝기의 경우에 잘못된 관찰이나 자신의 생각에 유리한 방향으로 관찰하는 것처럼 보였다. 특히,

표 9. 선개념에 따른 설계 방식 ( ) : %

선개념 설계 방식	분배	전지	소모	저항	연결	기타	계
확증 방식	22	19	12	7	4	0	64(63)
측정 방식	9	6	2	8	0	3	28(27)
복합 방식	2	1	1	2	0	0	6(6)
재현 방식			1	1	2	0	4(4)
계	33(32)	26(25)	16(16)	18(18)	6(6)	3(3)	102(100)

표 10. 가설에 따른 설계 방식 ( ) : %

가설 설계 방식	전류	저항	전압	전구	계
확증 방식	34	25	2	3	64(63)
측정 방식	8	13	5	2	28(27)
복합 방식		3	1	2	6(6)
재현 방식	1	1		2	4(4)
계	43(42)	42(41)	8(8)	9(9)	102(100)

표 11. 독립변인에 따른 실험의 예상 결과 ( ) : %

독립변인	예상 결과	전구 ㉔	전구 ㉓	동일	㉔ 전류	㉔ 전압	기타	계
전구 개수		22	2	2	3	1	2	32(21)
전류 방향		4	35	0	0	1	1	41(27)
연결 방식		5	0	9	0	0	2	16(11)
전지 개수		4	0	1	1	0	1	7(5)
기타		5	2	1	0	0	2	10(7)
없음		4	0	0	13	16	11	44(29)
계		44(29)	39(26)	13(9)	17(11)	18(12)	19(13)	150(100)

오차와 차이에 대한 개념이 없는 경우가 많아서 측정에서 얻은 차이를 자신의 생각에 유리하게 해석하는 것처럼 보였다. 따라서 이에 대한 지도가 필요한 것으로 시사되었다. 14%의 예비교사는 처음에 자신이 설계한 실험 대신에 추후에 다른 실험을 한 결과를 서술하였다. 나머지 8%의 예비교사도 다른 결과나 생각을 서술하였다. 이와 같은 결과는 두 사람이 쌍이 되어 함께 실험을 하고, 다른 쌍의 실험을 볼 수 있었던 수업 여건의 영향에 의한 것인지 모른다. 그렇지만 전반적으로 실험 결과의 관찰과 서술에서도 상당수의 예비교사가 올바르게 반응하지 못한 것은 이에 대한 지도가 필요하다는 것을 시사한다.

### 7. 가설 평가로서 실험 결과의 해석

실험 결과를 보고 자신의 가설이 맞는지 평가하는 문항에서 반응하지 않은 3명을 제외한 100명의 예비교사 중에서 가설을 확증한 경우는 36명이었고, 반증한 경우는 54명이었다. 판단하지 않고 미정으로 남겨둔 경우는 6명이었고, 4명은 판단이 없이 다른 내용을 서술하였다. 설계 방식에 따른 가설 평가를 비교한 결과는 표 12에 제시되었다. 설계 방식에 따른 가설 평가는 유의미한 차이는 없었지만, 확증 방식을 택한 경우에는 반증이 많았고, 측정 방식을 선택한 경우에는 확증이 많은 편이었다.

표 12. 설계 방식에 따른 가설 검증 ( ) : %

설계 방식 가설 평가	확증	측정	복합	재현	계
확증	16	14	4	2	36(36)
반증	39	11	1	2	53(54)
미정	2	3	1	0	6(6)
기타	4	0	0	0	4(4)
계	61(62)	28(28)	6(6)	4(4)	99(100)

가설의 진위를 판단하는데 있어 추론의 이유를 묻는 문항에서 예비교사들의 반응은 생각 의존적인 판단, 증거 의존적인 판단 및 기타 등의 3 범주로 분류하였다. 생각 의존적인 판단은 증거로서 실험 결과를 언급하지 않고 단지 자신의 생각을 서술하여 추론한 경우를 말한다. 예를 들어, “저항이 클수록 전구가 밝아지기 때문에 밝은 전구가 저항이 크므로”, “전구의 밝기는 전류의 세기나 전구가 갖는 저항의 차이에 원인이 있을 것이므로” 등으로 자신의 생각을 서

술한 경우이다. 증거 의존적인 판단은 자신이 한 실험 결과가 예상과 일치하지 않는다는 것을 분명하게 언급한 반응을 말한다. 기타의 경우는 앞의 두 범주에 속하지 않은 경우를 말한다. 설명을 제시하지 않은 7명을 제외한 96명의 예비교사 중에서 51%는 생각 의존적인 판단을 했고, 47%는 증거 의존적인 판단을 했다. 기타 반응은 2%이었다. 이와 같은 결과는 많은 예비교사가 가설의 진위를 판단하는데 있어, 실험 결과가 그 생각을 유발했는지 모르더라도 그 증거보다도 자신의 생각에 더 영향을 받기 쉽다는 것을 시사하는 것인지 모른다. 아울러 이것은 이들 예비교사가 Kuhn 등(1988)의 연구에서 주장하는 것처럼 증거와 이론을 뚜렷하게 구별하지 못하기 때문인지도 모른다. 그럴 경우 가설이 거짓일 가능성이나 판 가설의 가능성을 생각하기 어렵고, 실험 결과가 증거라기보다는 오히려 가설에 의해 설명되어야 하는 사례로서 생각될 수 있기 때문이다. 특히, 다음 절에서의 결과는 이것을 시사한다. 예를 들어, 예비교사들은 가설을 확증하는 경우에 대안 가설을 인식하기 어려웠고 주로 자신의 가설을 보호하기 위한 수정 방안을 제시하였다.

가설 평가에 따른 추론의 근거를 비교한 결과는 표 13과 같다. 가설 평가에 따른 추론의 근거는 유의미한 차이는 없었지만, 가설을 확증하는 경우에는 생각 의존적인 판단이 많은 편이고, 가설을 반증하는 경우에는 증거 의존적인 판단이 많은 편이었다. 이와 같은 결과는 자신의 생각과 증거가 일치하는 경우(확증)에는 생각에 치중하는 경향이 있고, 불일치하는 경우(반증)에는 증거를 언급하는 경향이 있다는 그림자 현상에 대한 증거 평가 결과(장병기, 1994)와 비슷했다.

표 13. 가설 평가에 따른 추론의 근거 ( ) : %

가설 평가 추론 근거	확증	반증	미정	기타	계
생각 의존	20	24	2	3	49(52)
증거 의존	15	26	2	1	44(46)
기타	1	0	1	0	2(2)
계	36(38)	50(53)	5(5)	4(4)	95(100)

### 8. 가설 평가 후 대안 가설의 제시

자신의 가설이 틀리는 경우 생각할 수 있는 대안 가설을 설명하는 문항에서 모호하더라도 대안 가설을

언급한 사람은 전체 103명의 예비교사 중에서 64%이었다. 5%는 다른 실험을 해보아야 한다고 응답했고, 나머지 31%는 응답하지 않았다. 또한 전구의 종류나 전구의 저항이 차이가 나서 제시된 실험 상황과 같은 결과가 나왔을 것이라고 언급한 사람은 단지 전체의 43%이었다. 그리고 11%는 전선의 저항을 언급하였다. 나머지 11%는 그 밖의 다른 설명을 시도하였다. 따라서 절반 이상의 예비교사는 가설 검증 활동을 통해서도 전구 변인의 역할을 분명하게 인식하지 못하는 것처럼 보였다. 이와 같은 결과는 단지 실험이나 가설 검증 활동 자체만으로 학생의 생각을 변화시키는 것이 쉬운 일이 아니라는 것을 보여준다. 따라서 실험이나 가설 검증의 각 단계에서 얻어진 결과의 의미를 토의하게 하거나 지도하는 교사의 적극적인 개입이 필요하다는 것을 시사한다.

가설 평가에 따른 대안 가설을 비교한 결과는 표 14와 같다. 가설 평가에 따른 대안 가설은 유의미한 차이가 있어 표에서 알 수 있는 것처럼, 가설을 확증하는 경우(33%)보다 반증하는 경우(94%)에 대안 가설을 제시하기 쉬웠고, 반증하는 경우에는 전구의 종류나 저항을 대안 가설로 제시하고, 확증하는 경우에는 전선의 저항을 대안 가설로 제시하는 경향이 있었다. 그리고 확증하는 경우의 대안 가설은 엄격한 의미에서 대안 가설이라기보다는 자신의 소모 가설을 보호하기 위한 일종의 수정 방안이었다. 이것은 앞절에서 언급했던 것처럼 증거와 이론의 변별 부족에서 비롯된 것처럼 보인다.

표 14. 가설 평가에 따른 대안 가설의 제시 ( ): %

가설 평가 대안 가설	확증 (n=36)	반증 (n=54)	미정 (n=6)	기타 (n=4)	계 (n=100)
전구 종류	1	18	2	0	21(30)
전구 저항	1	20	1	1	23(32)
다른 실험	0	5	0	0	5(7)
전선 저항	7	2	2	0	11(15)
기타	3	6	0	2	11(15)
계	12(33)	51(94)	5(83)	3(75)	71(71)

추론 근거에 따른 대안 가설을 비교한 결과는 표 15와 같다. 추론 근거에 따라서도 반응에 유의미한 차이가 있었는데, 표에서 알 수 있는 것처럼 생각 의존적인 판단을 하는 경우에는 전구의 저항을 생각하기 쉬웠고, 증거 의존적인 판단을 하는 경우에는 전

구의 종류가 차이가 난다는 것을 생각하기 쉬웠다. 그러나 생각(63%)이나 증거(73%) 의존에 따른 대안 가설의 제시 정도는 유의미한 차이가 없었다.

표 15. 추론 근거에 따른 대안 가설의 제시 ( ): %

추론 근거 대안 가설	생각 의존 (n=49)	증거 의존 (n=45)	기타 (n=2)	계 (n=96)
전구 종류	4	14		18(27)
전구 저항	14	7		21(32)
다른 실험	1	4		5(8)
전선 저항	5	4	2	11(17)
기타	7	4		11(17)
계	31(63)	33(73)	2(100)	66(69)

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학자의 실험과 학교 실험 및 직렬로 연결된 두 전구의 밝기에 대한 초등학교 예비교사들의 생각을 조사하고, 가설 검증 활동을 수업 활동의 일환으로 제시한 다음에 활동 과정에서 나타난 반응이 기록된 활동지를 분석함으로써 가설 검증 활동의 특성을 분석하려고 하였다. 다른 연구 결과와 마찬가지로 예비교사들도 학교 실험과 과학자 실험에 대해 다르게 생각하고 있었다. 학교 실험의 경우에 과학자 실험보다 반응이 다양했고 수업의 도구나 실제 경험 활동으로 생각하는 경우가 많았다. 그러나 사실을 확인하는 도구로서 실험을 생각한 경우가 25%나 되어 학교 실험에서 탐구나 가설 검증의 중요성에 대한 인식이 필요하다는 것을 보여주었다. 과학자의 실험에 대해서는 가설 검증(58%)과 사실 발견(35%)이 전체 반응의 대부분을 차지하였다. 이것은 과학 실험의 경우에 실험의 가설 검증 역할은 비교적 잘 인식하고 있으나, 그 밖의 다른 다양한 역할에 대한 인식이 부족하다는 것을 나타내는 것이었다. 따라서 예비교사 교육에서 실험의 다양한 역할과 학교 실험의 목적과 가능성에 대한 체계적인 지도가 필요하다.

직렬로 연결된 두 전구의 밝기에 대해서 예비교사들은 전체적으로 분배(32%)나 전지(25%)개념으로 설명하는 사람이 많았고, 소모(17%)나 저항(17%), 또는 연결(6%) 개념으로 설명하는 사람은 상대적으로 적었다. 이와 같은 결과는 전구의 밝기에 대한 초등학교 5학년 학생의 개념을 조사했던 정미영 등(2005)의

연구 결과와 매우 유사하였다. 전체적으로 살펴보았을 때 예비교사는 전지와 전구의 수, 연결 방식에 주목하고 그것을 전류와 관련지어 설명하는 경향이 있었다. '전류'라는 용어를 전체 예비교사의 75%가 사용하지만, 전류개념이 저항 및 전압과 관련지어 이해되지 않기 때문에 전지나 전구의 외형적인 특징에 주목하여 전류를 이해하는 것으로 보인다. 따라서 전구 수에 따른 분배 개념을 사용한 사람은 모두 전지의 양극에 가까운 전구가 가장 밝다고 응답했고, 전지 개념을 사용한 사람은 대부분 전지에서 일정한 전류가 나오므로 세 전구가 모두 같다고 응답했다. 전체적으로 40%의 예비교사들은 전류가 언제나 동일하여 전구의 밝기가 모두 같거나, 전류가 저항으로 소모되어 밝기가 줄어든다고 생각하였다. 이러한 결과는 저항과 전압 개념을 전기회로의 지도에서 좀 더 강조해야 할 필요성을 제기한다.

제시된 문제에 대한 가설의 제안에서 대부분(84%)의 예비교사는 조건의 변화보다는 전구나 저항에 의한 전류의 '소모' 가설을 제시함으로써 뒤에 있는 전구의 밝기가 어두워지는 것을 설명하였다. 대부분의 예비교사는 두 전구를 동일한 것으로 보고 전구에 따라 차이가 있을 수 있다는 것을 인식하지 못했다. 그리고 선개념과 관계없이 대부분 소모 가설을 취하는 경향이 있었다. 정미영 등(2005)의 연구로 미루어 볼 때 이것은 예비교사들의 선개념이 어떤 특정한 상황에서 일관성 있게 유지되지만, 상황이 달라지는 경우 쉽게 변할 수 있다는 것을 시사한다.

실험 설계에 있어 예비교사들은 자신의 가설을 확인하기 위해 대체로 조건을 변화시키지 않고 직접 그 원인을 측정하거나, 전류의 방향이나 전구의 개수를 바꾸려고 하였다. 전체적으로 가설과 독립변인의 선택은 유의미한 차이는 없었지만, 전압이나 전구의 차이로 설명하는 경우 직접 전압이나 저항 등 그 원인을 측정하려는 경우가 많았다. 이것은 가설 검증에 있어서 시험 명제와 논리의 역할이 중요하지만, 그에 대한 인식이 부족한 경우에 논리적인 검증보다는 직접적인 관찰에 의존하기 쉽기 때문인지 모른다. 설계 방식에 있어서는 자신의 가설을 검증하는 방식(63%)과 조건을 변화시키지 않고 주어진 현상에서 직접 물리량을 측정하는 방식(28%)이 대부분이었다. 이것은 반증 방식 및 서로 다른 가설 검증 방식의 필요성과 한계에 대한 구체적인 지도가 필요하다는 것을 시사한다. 설계 방식의 타당성은 74%로 설계 방식에

따라 유의미하게 차이가 났다. 검증 방식을 사용하는 예비교사는 그렇지 않은 예비교사보다 타당한 설계를 훨씬 많이 하였다. 전지와 소모 개념을 사용하는 사람은 검증 방식을 선호했고, 저항 개념을 사용하는 사람은 측정 방식을, 연결 개념을 사용하는 사람은 재현 방식을 선호하여 선개념에 따라 설계 방식에 차이가 났다. 이와 같은 결과는 힘 개념에 따른 연모 실험 설계의 유형을 분석한 권성기 등(2004)의 결과와 차이가 있었다. 또한, 예비교사가 제안한 가설에 따른 설계 방식도 유의미한 차이가 있었다. 전류 소모 가설을 제시한 사람은 검증 방식을, 전압 차이가 설을 제시한 사람은 측정 방식을 선호하는 경향이 있었다.

설계한 실험의 결과의 예상에서는 단지 전체 반응의 62%만이 자신의 가설에 맞추어 올바르게 예상하였다. 실험 결과의 서술에서는 전체 예비교사의 60%가 자신이 설계한 실험 결과를 바르게 서술했으나, 18%는 실험 결과를 실제와 다르게 왜곡하여 서술하였다. 14%의 예비교사는 처음에 자신이 설계한 실험 대신에 추후에 다른 실험을 한 결과를 서술하였다. 나머지 8%의 예비교사도 다른 결과나 생각을 서술하였다.

실험 결과를 통한 가설의 평가에서 예비교사의 36%는 자신의 가설을 검증했고, 54%는 반증을 했으며, 6%는 미정으로 남겨두었다. 설계 방식에 따른 가설 평가는 유의미한 차이는 없었지만, 검증 방식을 택한 경우에는 반증이 많았고, 측정 방식을 선택한 경우에는 검증이 많은 편이었다. 51%의 예비교사는 추론의 근거로서 생각 의존적인 판단을 했고, 47%는 증거 의존적인 판단을 했다. 가설 평가에 따른 추론의 근거는 유의미한 차이는 없었지만, 가설을 검증하는 경우에는 생각 의존적인 판단이 많은 편이고, 가설을 반증하는 경우에는 증거 의존적인 판단이 많은 편이었다. 따라서 이러한 결과는 상당수의 예비교사들이 증거와 이론을 변별하지 못하고, 실험 결과를 증거로 보기보다는 설명할 이론(가설)의 사례로서 본다는 것을 시사한다.

가설 평가 활동 후 대안 가설의 제시에서 대안 가설을 언급한 예비교사는 64%이었다. 5%는 다른 실험을 해보아야 한다고 응답했고, 나머지 31%는 응답하지 않았다. 또한 전구의 종류나 전구의 저항이 차이가 나서 제시된 실험 상황과 같은 결과가 나왔을 것이라고 언급한 사람은 단지 전체의 43%이었다. 그

리고 11%는 전선의 저항을 언급하였다. 절반 이상의 예비교사는 가설 검증 활동을 통해서도 전구 변인의 역할을 분명하게 인식하지 못하는 것처럼 보였다. 가설 평가에 따른 대안 가설은 유의미한 차이가 있어 가설을 확증하는 경우(33%)보다 반증하는 경우(94%)에 대안 가설을 제시하기 쉬웠고, 반증하는 경우에는 전구의 종류나 저항을 대안 가설로 제시하고, 확증하는 경우에는 전선의 저항을 대안 가설로 제시하는 경향이 있었다. 그리고 확증하는 경우의 대안 가설은 엄격한 의미에서 대안 가설이라기보다는 자신의 소모 가설을 보호하기 위한 일종의 수정 방안이었다.

이와 같은 연구 결과로부터 얻을 수 있었던 시사점은 다음과 같다.

- 예비교사 교육에 있어 학교 실험의 다양한 목적과 가능성에 대한 지도와 가설 검증 활동의 경험 이 필요하다.
- 가설 검증을 위한 설계 방식에서 반증 방식에 대한 인식이 전혀 없어 예비교사 교육에서 서로 다른 가설 검증 방식의 장단점과 한계에 대한 구체적인 지도가 필요하다.
- 가설 생성, 실험 고안, 예상, 관찰, 결과 해석 및 대안 가설의 제시 등 가설 검증 활동의 각 단계에서 부당하게 반응하는 예비교사가 많아 각 단계에서 얻어진 결과의 의미에 대해 토의하거나 지도하는 교사의 적극적인 개입이 필요하다.
- 특정한 문제 상황과 관련된 가설 생성에 있어 선호 가설의 존재에 대한 심도 있는 연구가 필요하다.
- 선개념과 실험 설계 능력과의 관련을 분명하게 밝힐 수 있는 좀 더 심층적인 연구가 필요하다.

### 참고문헌

권성기, 박중두(2004). 초등학생의 힘 개념에 따른 연모 실험 설계의 유형. 한국과학교육학회지, 24(3), 583-595.  
 김선자, 최병순(2005). 변인통제 문제해결 과정에서 나타난 초등학생의 실험설계 및 증거제시 특성. 한국과학교육학회지, 25(2), 111-121.  
 김재우, 오원근(1998). 중학생의 교과서 실험 수행에서 나타난 문제점: 실험목표와 관련 변인 인식 및 인식한 목

표와 도출된 결론의 관련성. 한국과학교육학회지, 18(1), 35-52.  
 김희경, 송진웅(2003). 과학 실험의 목적에 대한 중학생의 인식 조사. 한국과학교육학회지, 23(3), 254-264.  
 박순화, 고경태, 정진수, 권용주(2005). 생물학 탐구에서 학생들이 생성한 가설검증방법의 유형. 한국과학교육학회지, 25(2), 230-238.  
 박종원(1998). 과학활동에서 연역적 사고의 역할. 한국과학교육학회지, 18(1), 1-17.  
 박종원(2003). 과학적 가설 검증을 위한 학생들의 실험 설계 내용 분석. 한국과학교육학회지, 23(2), 200-213.  
 박종원, 김익균, 이무, 김명환(1998). 학생의 선개념을 지지하는 증거와 반증하는 증거에 대한 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 18(3), 283-296.  
 박종원, 장병기, 윤혜경, 박승재(1993). 중학생들의 빛과 그림자에 대한 증거 평가. 한국과학교육학회지, 13(2), 135-145.  
 양일호, 조현준(2005). 학교 과학수업에서 실험의 목적에 대한 고찰. 초등과학교육, 24(3), 268-280.  
 이해원, 양일호, 조현준(2005). 초·중학생의 관찰, 예상, 가설의 이해. 초등과학교육, 24(3), 236-241.  
 장병기(1994). 그림자 현상에 대한 학생의 생각과 제시된 증거 유형에 따른 추론 방식. 서울대학교 박사학위 논문.  
 장병기(1998). 초등학교 학생의 전기에 대한 개념. 과학교육연구, 제22집, 춘천교육대학교 과학교육연구소, 57-79.  
 정미영, 김경숙, 권재술(2005). 전구의 밝기에 대한 초등학생들의 사전개념 일관성 정도와 인지갈등 정도와의 관계. 초등과학교육, 24(3), 259-267.  
 정재구, 양일호, 정진우, 위수민, 이해경(2005). 예비교사들의 과학철학적 관점과 대안적 가설에 반응하는 유형과의 관계. 한국과학교육학회지, 25(2), 133-145.  
 정진수, 원희정, 권용주(2005). 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원귀추모형의 적용. 한국과학교육학회지, 25(5), 595-602.  
 Kuhn, D., Amsel, E. and O'Loughlin, M. (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills*. London: Academic Press.  
 Park, J. and Kim, I. (2002). Analysis of students' process of generating scientific explanatory hypotheses. Paper presented at the ASERA, Townsville, Australia.  
 Roth, W. M. (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 197-223.  
 Wellington, J. J. (1998). Practical Work in School: Time for a re-appraisal, In J. J. Wellington (Ed.), *Practical Work in School Science* (pp. 3-15). NY: Routledge.