

## 과학적 가설의 설정과 검증 과정에서 나타나는 학생들의 반응 유형 분류

김 지 영(이화여자대학교 박사)

강 순 희(이화여자대학교 교수)

---

### 《 요 약 》

---

본 연구에서는 중학교 학생들의 가설 생성 과정과 검증 과정을 분석하여 그 특징에 따라 유형별로 분류해 보았다. 중학교 2학년 3학급 중 총 6모둠을 선정하여 가설 연역적 실험 수행 과정을 분석하였다. 학생들의 가설 생성 과정을 분석한 결과 학생들의 가설은 가설을 제안하게 된 근거에 따라 실험 탐색 가설과 배경지식 탐색 가설로 분류되었다. 실험 탐색 가설은 실험 상황의 관찰로부터 가설이 도출된 경우이며, 배경지식 탐색 가설은 관련된 배경지식의 탐색으로부터 가설이 도출된 경우이다. 이때 떠올린 배경지식이 관찰한 현상과 원인적인 면에서 유사성을 가지고 있는 경우의 가설을 본질적 유사 가설로, 현상과 겉으로 드러나는 외적인 면에서 유사성을 가지고 있는 경우의 가설을 표면적 유사 가설로 분류하였다. 본질적 유사 가설은 다른 가설보다 과학적인 설명 가설에 더 가까웠다. 학생들의 가설 검증 과정을 분석하고 예측 결과와 실험 결과가 일치하지 않을 경우 학생들의 반응 유형을 예측 확신형, 실험 확신형, 합리적 수용형, 권위 의존형으로 분류되었다. 예측 확신형은 실제 실험의 결과보다 자신의 예측 결과를 더 신뢰하는 유형의 반응이며, 실험 확신형은 예측 결과보다 실험 결과를 더 신뢰하는 유형의 반응이다. 합리적 수용형은 예측 결과나 실험 결과가 틀릴 가능성을 모두 고려하여 가설의 수용과 기각을 결정하는 반응이며 권위 의존형은 교사의 의견이나 교과서의 내용에 의존하여 가설의 수용과 기각을 결정하려고 하는 유형의 반응이다. 예측한 결과와 실험의 결과가 일치할 경우 학생들의 반응 유형은 가설의 무조건적 수용 유형과 가설의 조건적인 수용 유형으로 분류되었다. 가설의 무조건적 수용의 유형은 예측된 결과와 실험의 결과가 일치하는 한 번의 실험으로 바로 가설을 수용하는 형태의 반응이다. 반면 가설의 조건적인 수용의 유형은 예측된 결과와 실험 결과가 일치할 경우 반복적인 실험이나 다른 조와의 실험 결과의 비교를 통해 가설의 수용이나 기각을 결정하는 반응이다. 반응 유형 중에서 예측 확신형과 무조건적 가설 수용형이 다른 유형보다 많이 나타났으며 이러한 결과로부터 학생들은 자신이 설정한 가설을 수용하려는 경향이 크다는 것을 알 수 있다.

주제어 : 가설 생성, 가설 검증, 예측 결과, 실험 결과, 가설 수용, 가설 기각

---

## I . 서론

과학적 문제를 해결하는 데 있어서 첫 단계는 현상을 관찰하고 현상이 일어난 원인을 설명할 수 있는 가설을 생성하는 것이다. 가설의 생성이 어떻게 이루어지며 어떠한 특징을 가지는지에 대하여 많은 인지 심리학자들이나 과학 교육학자들이 관심을 가져 왔으나 이에 대하여 합의된 견해가 존재하지 않는다.

그러나 최근에는 가설의 생성이 귀추적인 추론(abductive reasoning)의 과정에 의해 생성된다는 견해가 지배적이다(Hanson, 1958, 1995; Lawson, 1995; Magnani, 2004; 권용주 · 정진수 · 강민정 외, 2003; 김영민, 2006; 김성도, 1998; 박은미 · 강순희, 2007; 정진수, 2004). 귀추란 설명력 있는 가설을 형성해 가면서 새로운 생각을 도입해 내는 논리 작용이며 지각 가능한 대상과 상황으로부터 지각되지 않은 대상이나 사건의 추론을 가능케 하는 귀납이나 연역과는 전혀 다른 추론 형식이다(Fisher, 2001; 박준호, 2005; Peirce Edition Project, 1998). 구체적으로 귀추의 과정에 대하여 정의한 Lawson(1995)은 귀추란 이전의 어떤 상황에서 성공적이었던 설명을 새로운 상황에 빌려와 적용한 임시적인 가설을 생성하는 정신적 과정이라고 정의하였다. 가설의 생성 과정에 관심을 가지고 어떠한 과정으로 가설의 생성이 이루어지며, 가설 생성 과정의 특징은 어떠한지에 대한 연구가 일부 수행되어 왔다. 인지 심리학적 연구를 통해 보다 상세히 가설 창안 과정을 제시한 연구 결과는 가설의 창안이 인과적 의문 생성, 의문 상황 분석, 경험 상황 동정, 원인적 설명자 동정, 가설적 설명자 생성의 단계를 거쳐 이루어진다고 하였다(권용주 · 정진수 · 박윤복 외, 2003). 학생들이 가진 선행 개념과 불일치하는 과학 현상을 관찰하고 가설을 제안하는 과정의 특징을 조사한 결과에 의하면 가설을 제안하게 된 근거에 따라 학생들이 설정한 가설에 차이가 있음이 나타났다(박종원, 2001).

가설 연역적인 과학 탐구를 수행함에 있어서 가설을 설정하는 일로 탐구는 완료되지 않으며 가설을 검증하는 일이 남게 된다. 가설을 검증하기 위해서는 가설을 생성한 후에 실험을 설계하고, 그 가설로부터 나올 수 있는 결과들을 연역법에 기초해 도출해 내고, 실험 결과인 증거에 기초하여 가설의 수용과 기각을 결정하게 된다. 가설이 옳다고 가정하였을 때 실험에서 얻어질 것이라고 예측되는 결과와 실험 결과를 비교하여 두 결과가 일치할 경우 가설이 수용되는데, 이때에 가설이 잠정적으로 수용된 것이지 증명된 것은 아니다(Lawson, 2000). 왜냐하면 진술되지 않은 대안적 가설이 같은 실험 조건하에서 같은 예측을 불러일으킬 수 있기 때문이다. 반면 두 결과가 일치하지 않을 경우 궁극적으로 가설의 오류를 입증한 것이라고 할 수 없는데 그 이유는 가설에 오류가 있을 수도 있고, 실험에 오류가 있을 수도 있으며, 혹은 둘 다에 오류가 있을 수도 있기 때문이다. 그러므로 가설을 반박하는 한 번의 실험 결과가 관찰되었다고 해서 가설을 기각하기보다는, 여러 번의 반복적인 실험을 통해 같

은 실험 결과가 얻어졌을 때 가설을 기각하는 과정을 거쳐야 한다(Lawson, 2005). 과학적 현상에는 다양한 요인이 작용할 수 있으므로 기대되는 결과가 얻어지지 않았다고 해서 그 가설이 틀렸다고 단정지을 수는 없으므로 가설에 반하는 예측 결과가 관찰되었을 경우에도 가설이 거짓이라고 결론을 내리기 전에 다른 요인들의 영향에 대하여 고려해 보아야 할 것이다. 가설의 검증 과정에서 나타날 수 있는 이와 같은 오류들에 대하여 연구한 결과에 의하면 자신이 가지고 있는 기존의 이론에 기초하여 설정한 가설이 실험이나 관찰에서 얻은 증거에 기초하여 검증될 때 학생들은 실제로 많은 오류를 범하고 있음이 나타났다(Kuhn, Amsel, & O'Loughoin, 1988; Norman, 1997; Park et al., 2001).

가설의 설정 과정과 검증 과정을 분석한 일부 연구 결과들은 가설의 설정과 검증 과정의 단계, 학생들이 주로 나타내는 반응이나 오류의 유형, 탐구 수행 시의 어려움 등에 대한 정보를 제공해준다(Norman, 1997; Park et al., 2001; 권용주·정진수·박윤복 외, 2003; 박종원, 2001). 그러므로 학생들의 과학적 문제 해결 과정을 관찰하고 분석하는 것은 학생들이 과학 지식을 얻는 과정과 관련되어 여러 가지 정보를 얻을 수 있다. 이러한 자료들은 학생들의 지식 생성 과정에 대한 정보를 제공해 줄 뿐 아니라 과학 교육이 효과적으로 이루어지도록 구성하는 데 있어서 고려해야 할 점들을 시사해 줄 것으로 판단된다. 이에 학생들이 가설을 설정하는 과정과 검증하는 과정에서 드러나는 공통적인 반응의 유형에는 어떠한 것들이 있는지 이러한 반응 유형들의 특징은 어떠한지 알아보는 과정이 필요할 것으로 사료된다. 그러나 가설 생성 과정이나 가설 검증 과정의 특징을 알아본 연구들은 주로 대학생들이나 일부 고등학생들을 대상으로 이루어진 연구가 대부분이며, 모두 개인별 가설 설정 과정과 검증과정을 분석하였다. 대학생이나 고등학교 학생들에 비하여 인지 수준이 낮은 중학교 학생들의 가설 설정 과정과 검증 과정에서 나타나는 특징을 조사한 연구들은 거의 없는 실정이다. 그리하여 본 연구에서는 가설 연역적 방법론에 기초한 탐구 실험을 수행하는 과정에서 모둠별로 학생들이 가설을 생성하는 과정을 분석하고 학생들의 반응을 유형별로 분류하였으며 각 유형별 특징을 살펴보았다.

## Ⅱ. 연구 내용과 방법

### 1. 연구 대상

이 연구는 서울시에 소재한 중학교 2학년 3학급의 6모둠을 대상으로 이루어졌다. 각 학급은 총 9모둠으로 구성되어 있는데 질적인 분석을 위하여 각 학급당 2모둠을 선정하였다. 모둠의 선정을 위해 먼저 각 학급의 처음 2차시 수업을 관찰하고 토론이 활발히 이루어지는 2

모둠을 선정하였다. 남학생 2명과 여학생 2명이 한 모둠을 이루도록 구성하였으며, 인지 수준에 있어서도 형식적 조작기 학생 1명, 과도기 학생 2명, 구체적 조작기 학생 1명이 포함되도록 하였다. 학생들은 2차에 연이어서 진행되는 7가지 가설 연역적 탐구 실험을 모둠별로 수행하였으며 모둠별 토론 및 발표의 과정을 거쳐 문제를 해결하였다.

## 2. 가설 연역적 탐구 실험 수업 과정

본 연구에서는 중학교 현장에서 활용 가능하도록 구성된 김지영과 강순희(2007)가 개발한 가설 연역적 탐구 실험 수업안을 사용하였다. 이 탐구 실험은 중학교 2학년 과학 교과에 포함된 과학 내용으로 구성되어 있으며 가설이 생성되는 단계로 ‘의문 현상의 관찰’, ‘인과적 의문 느끼기’, ‘관련 경험 찾기’, ‘가설 설정하기’ 과정으로 구성되어 있다. 가설이 검증되는 과정은 ‘실험 설계하기’, ‘예측하기’, ‘실험하기’, ‘가설의 수용과 기각 결정하기’ 순서로 구성되어 있다. 우리나라의 과학 교육과정에서는 통합탐구 과정으로 ‘문제 인식’, ‘가설 설정’, ‘변인 통제’, ‘자료 변화’, ‘자료 해석’, ‘결론 도출’, ‘일반화’ 같은 탐구 요소를 활용하여 수업을 하도록 하고 있다. 저학년에서 고학년으로 갈수록 통합탐구 과정 요소의 활용 빈도를 높이도록 하고 있으며, 중학교 2학년 이후로 이러한 통합탐구 과정의 활용을 많이 하도록 하고 있다. 본 연구에서 사용한 가설 연역적 탐구 실험 수업안은 문제 인식에서부터 가설 설정하기, 실험 설계 과정에서 변인 통제하기, 실험 결과 해석하기, 결론 도출하기 등이 포함되어 있어 과학 교육과정에 제시된 다양한 탐구 과정 요소들이 활용될 수 있다.

본 연구에서 실시한 탐구 실험의 제목과 관련 교과 내용은 <표 1>과 같다.

<표 1> 가설 연역적 탐구 실험 제목과 관련 교과내용

실험 번호	실험의 주제	교과내용
1	왜 그러한 일이 발생했는가?	가설의 정의, 실험의 설계
2	왜 수레의 속력이 다른 것일까?	물체의 속력
3	왜 진자의 왕복 횟수가 다른 것일까?	진자의 운동
4	왜 액체 속에 가라앉아 있던 식용유가 떠오르는 것일까?	밀도
5	왜 사이다에서 발생하는 기포의 양이 다른 것일까?	기체의 용해도
6	왜 시험관 안 물의 양이 줄어드는 것일까?	증산작용
7	왜 달걀의 크기가 커진 것일까?	삼투현상

실험 1은 학생들이 인과적 질문, 가설, 실험 설계, 변인 통제의 정의를 알 수 있도록 구성하였다. 실험 2는 수레가 빗면에서 다른 속력으로 내려온 이유에 대해, 실험 3은 조별로 만든 동전 진자의 왕복 횟수가 다른 이유에 대해 가설을 세우고 검증해보도록 구성하였다. 그리고 실험 4는 에탄올 속에 가라앉아 있던 식용유에 미지의 액체를 부었을 때 식용유가 떠오른 이유에 대해, 실험 5는 냉장고와 햇빛 창가에 놓아둔 사이다의 병을 뺐을 때 발생하는 기포의 양이 다른 이유에 대해 가설을 세우고 검증해보도록 구성하였다. 또한 실험 6은 잎사귀가 달린 가지를 물이 담긴 시험관에 넣어놓았을 때, 며칠 동안 계속 시험관의 물이 줄어든 이유에 대해, 실험 7은 식초에 담가 놓아 껍데기가 벗겨진 달걀을 물이 담긴 비커에 옮겨 놓았을 때 달걀이 커진 이유에 대해 가설을 세우고 검증해보도록 구성하였다.

각각의 실험이 실시된 시기를 살펴보면, 실험 2는 속력의 개념을 배운 후에 실시하였으며, 실험 3은 속력과 방향이 모두 변하는 진자의 운동을 배우기 전에 실시하였다. 실험 4와 실험 7은 밀도와 삼투현상의 개념을 이용하여 해결해야 하므로 각각의 개념을 학습한 후 3주에서 4주 정도의 기간 후에 실시하였다. 실험 5는 고체의 용해도를 배운 후에 실시하였고, 실험 6은 잎의 구조인 기공을 학습하고 증산작용은 학습하지 않은 상태에서 실시하였다.

### 3. 자료의 수집 및 분석

학생들이 인과적 문제를 접하고 가설을 설정하고 검증하는 과정에서 어떠한 특징을 나타내는지 알아보기 위하여 질적 분석을 실시하였다. 질적 연구는 결과보다는 과정에 초점을 두고 현상을 보다 깊게 이해하기 위한 연구 방법으로 명백한 해답을 찾기보다는 새로운 기초적인 정보나 문제점을 찾아내는 데 목적이 있다. 질적 분석의 신뢰도를 높이기 위하여 다양한 자료의 원천을 통해 자료를 수집하였다. 먼저 학생들이 모둠별 토론을 통해 실험을 수행하는 과정에서 작성한 활동지를 수합하여 분석하였다. 학생들의 활동 과정을 정확하고 구체적으로 알아보기 위하여 각 소집단 활동 과정을 모두 음성 녹음기를 이용하여 녹음하였다. 이 자료는 수집될 때마다 듣고 전사하는 과정을 거쳤다. 또한 연구자가 수업 진행자로서 학생들의 소집단 활동을 직접 관찰하고 필요한 요소들은 현장 관찰일지에 기록하였다. 학생들이 작성한 활동지나 녹음을 통해 전사한 내용 중에서 이해하기 어렵거나 특이한 현상은 면담을 통하여 더 심층적으로 이해하였다. 분석의 과정에서의 결정은 과학 교육 전문가 2인과 함께 논의를 통하여 이루어졌다.

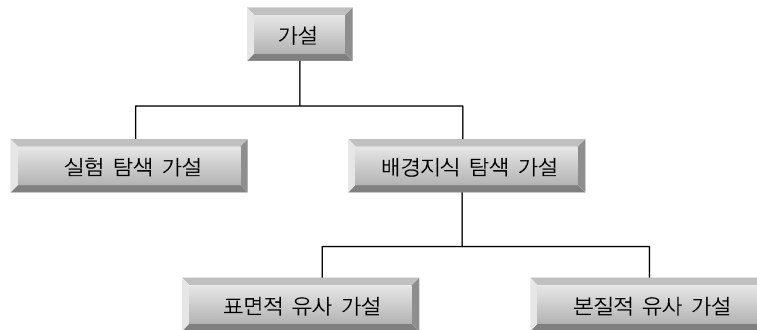
### Ⅲ. 연구 결과와 논의

#### 1. 가설 설정 과정의 분석

학생들이 생성한 가설의 수를 조사한 결과, 가설의 정의를 알고 가설을 설정하여 검증할 수 있도록 안내한 첫 번째 실험을 제외한 총 6개의 실험에서 6모둠의 학생들이 세운 가설의 개수는 총 74개였다. 평균 하나의 실험당 2.06개의 가설을 설정한 것으로 나타났다. 본 연구에서는 학생들이 가설이라고 제안한 것이 과학적 가설로 적합하지 않더라도 모두 분석대상에 포함하여 분석하였다.

학생들이 가설을 설정하는 과정을 전사하여 분석하는 과정에서 학생들의 가설은 가설을 제안하게 된 근거에 따라 크게 실험 탐색 가설과 배경지식 탐색 가설로 나눌 수 있었다. 이러한 구분은 Klahr, Dunbar(1988)와 박종원(2001)의 연구 결과를 바탕으로 하였다. Klahr와 Dunbar는 가설의 생성이 ‘가설 공간의 탐색’과 ‘실험 공간의 탐색’이라는 이원적 탐색 과정에 의해 이루어진다고 하였으며 이러한 과정이 사전 지식과 이전의 실험 결과에 의해 안내된다고 하였다. 박종원은 대학생들을 대상으로 가설을 제안하는 과정의 특징을 분석한 결과 가설을 제안하게 된 근거에 있어서 실험 상황 자체로부터 가설을 생성한 학생과 배경지식으로부터 가설을 생성한 학생으로 나누어진다고 하였다(박종원, 2001). 가설의 분류 과정에서 배경지식 탐색 가설은 또다시 표면적 유사 가설과 본질적 유사 가설로 구분될 수 있었다. 표면적 유사 가설은 학생들이 떠올린 배경지식이 관찰한 의문 현상과 표면적인 유사성을 가지고 있는 경우의 가설이며, 본질적 유사 가설은 학생들이 떠올린 배경지식이 관찰한 의문 현상과 원인적인 면에서 유사성을 가진 경우의 가설이다. 본 연구에서는 가설을 제안하게 된 근거에 따라 [그림 1]과 같이 가설을 유형별로 분류하도록 최종적인 기준을 설정하였다.

대체적으로 학생들이 설정한 가설은 분류 기준에 따라 분류가 되었으나, 기준에 따라 분류하기 어려운 일부 가설의 경우에는 면담을 실시하여 학생들의 응답의 결과에 기초하여 분류하였다. 면담의 과정에서 학생들은 가설이 그냥 떠올랐다고 응답하기도 하였는데, 이러한 경우에는 가설을 떠올리게 된 이유에 대하여 계속 생각해보도록 한 후 학생들이 진술한 내용을 토대로 가설을 분석하였다. 학생들이 진술한 내용이 애매할 경우 실험 상황과 배경지식 중에서 더 많이 언급한 내용을 기준으로 가설을 분류하였다.



(그림 1) 학생들이 설정한 가설의 유형

### 가. 실험 탐색 가설

학생들은 의문 현상을 관찰하고 쉽게 관찰할 수 있는 변인이나, 원인 현상이 일어나기 전과 후에 차이가 나는 변인을 가설로 제안하였으며, 이러한 가설은 실험 탐색 가설로 분류되었다.

〈사례 1〉

상미 : 왜 달걀의 크기가 커졌을까?

영준<sup>\*1)</sup> : 달걀의 단단한 껍데기가 없어진 것이 영향을 미치는 것 같아

수철<sup>†</sup> : 아 맞아. 식초에 녹았잖아.

영준 : 달걀 껍데기가 있으면 커지지 않는데 껍데기가 없어져서 커진 거야.

수철 : 우와! 그럴듯한데.

영준 : 그거야. 단단한 껍데기가 없어져서 커진 거야.

사례 1은 식초 속에 넣어 껍데기가 벗겨진 달걀을 물에 넣었을 때 달걀이 커진 이유에 대하여 가설을 설정하는 토론 과정을 나타낸 것이다. 이 경우 과학적 가설로 제안될 수 있는 내용은 ‘달걀의 농도가 물의 농도보다 더 진해서 물이 달걀 속으로 들어왔기 때문에(혹은 삼투현상으로) 달걀의 부피가 커진 것이다’이다. 〈사례 1〉의 학생들은 달걀이 커진 이유에 대하여 ‘달걀의 껍데기가 없어졌기 때문에 달걀이 커졌다’라고 가설을 설정하였다. 즉, 원인 현상이 일어나기 전과 후에 달걀 껍데기의 유무에 대한 차이를 인식하여 가설을 설정한 것을 알 수 있다. 달걀의 껍데기 유무 차이를 처음으로 인식한 학생은 영준이로 인지 수준이 높은 형식적 조작기 단계에 해당하였다.

1) 학생들의 인지 수준을 나타낸 표시이다. \*는 형식적 조작 수준을, †는 구체적 조작 수준을, 아무런 표시가 없는 경우에는 과도기 수준을 나타낸다.

〈사례 2〉

현진 : 왜 발생하는 기포의 양이 다를까?

성연\* : 그러니까 (사이다를 놓아둔 곳) 햇빛 창가랑 냉장고니까. 아 온도, 온도가 틀려서.

희진 : 첫 번째 가설은 사이다를 놓아둔 곳의 온도가 다르니까 온도로 하자.

〈사례 2〉는 사이다에서 발생하는 기포가 다른 이유에 대해 가설을 설정하는 토론과정이다. 이 경우 중학교 수준의 교과 수준에 기초하여 과학적 가설로 제안될 수 있는 것은 ‘온도가 높을수록 기체의 용해도가 낮아지기 때문에 발생하는 기포의 양이 많다’, 혹은 ‘사이다의 양이 많은 경우 용매의 양이 많으므로 기체가 많이 용해되어 있으므로 발생하는 기포의 양이 많다’, ‘압력이 큰 병 속에 있던 사이다일수록 기체가 많이 용해되어 있으므로 뚜껑을 열면 발생하는 기포의 양이 많다’이다. 학생들의 대화 내용에서 볼 수 있듯이 사이다를 놓아둔 곳의 온도가 다르므로 온도에 대한 변인을 인식하여 가설을 설정한 것을 알 수 있다. 그러나 단지 온도라는 변인만을 찾아내었을 뿐 온도가 어떠한 영향을 미치는지에 대해 구체적으로 설명하지 못하였다. 〈사례 1〉과 같이 〈사례 2〉에서도 인지 수준이 형식적 조작기인 학생이 온도 변인을 찾아낸 것을 볼 수 있다. 분석 결과에 의하면 대체적으로 많은 모둠에서 인지 수준이 높은 학생들이 관찰을 통해 가설에 영향을 미치는 변인을 찾아내는 경우가 많았으며, 과도기의 학생과 구체적 조작기 학생의 차이는 크게 나타나지 않았다.

대체적으로 실험 탐색 가설은 여러 개의 가설을 설정하는 경우 배경지식 탐색 가설보다 먼저 제안되는 경우가 많고 과학적인 인과적 설명을 포함하지 않는 가설이 대부분이었다. 그러나 실험 상황을 관찰하여 설정한 실험 탐색 가설은 계속적인 토론을 거쳐 배경지식 탐색 가설로 변화되기도 하였다.

〈사례 3〉

지희\* : 야. 판자의 종류가 다르잖아.

지수\* : 그런데?

지희 : 그러니까 판자의 종류가 달라서 속력이 다른 거지.

성욱 : 그래. 그것도 가설이 되겠다.

지수 : 오! 적어, 적어. 가설이야.

영호, 성욱 : 그래.

(생략)

성욱 : 근데 판자의 종류가 다르면 왜 속력이 다르지?

지희 : 판자의 종류가 다르면 바퀴하고 닿는 부분이 다르잖아. 그러니까 속력이 다르지.

성욱 : 그렇지.

영호 : 야. 사포 같은걸 만지면 까칠거리잖아. 그리고 우리는 매끄럽고.

성욱 : 그러니까 판자의 종류가 다르면 매끄러운 정도가 틀리니까.



지희 : 그거 마찰력.  
 성욱 : 마찰력이 다르니까 속력이 다른 거야.

〈사례 3〉에서 판자에서 내려오는 수레의 속력이 다른 이유에 대한 가설로 제안될 수 있는 것은 여러 가지가 있는데 판자의 기울기 차이, 수레의 무게 차이, 공기의 저항 차이, 마찰력의 차이 등과 관련지어 서술한 가설을 들 수 있다. 〈사례 3〉의 학생들은 수레의 속력이 다른 이유에 대해 처음에는 판자의 종류가 다른 것만 인식하고 실험 탐색 가설을 제안한 것을 볼 수 있다. 이러한 실험 탐색 가설은 판자의 종류가 다르면 왜 속력이 다른가에 대해 의문을 불러 일으켰고, 이 의문을 해결하기 위해 학생들은 계속적으로 토론을 하였다. 토론의 과정에서 학생들은 마찰력을 떠올려 마찰력이 다르므로 수레의 속력이 다르다는 배경지식 탐색 가설을 제안하였다. 학생들은 배경지식 탐색 가설을 제안하기 전에 관찰하기 쉬운 변인을 찾아 실험 탐색 가설을 먼저 제안하기도 하는 것을 알 수 있다. 처음에 판자의 종류가 다른 것을 인식한 학생은 형식적 조작기의 지희였고, 이 학생에게 판자의 종류가 다르면 왜 속력이 다른지 질문한 학생은 과도기의 학생 성욱이었다. 성욱이의 질문은 모든 인지수준의 학생들이 마찰력을 떠올릴 수 있는 비계를 제공해 준 것으로 보인다.

## 나. 배경지식 탐색 가설

학생들이 설정한 가설이 자신이 기존에 알고 있던 배경지식에 기초하여 세워진 경우 배경지식 탐색 가설로 분류되었다. 배경지식 탐색 가설 중 표면적 유사 가설은 의문 현상을 관찰한 후 관련된 유사 경험으로부터 제안된 가설로 관찰 현상과 떠올린 경험 사이에 현상적인 유사성에 기초하여 제안되었다.

〈사례 4〉

재현<sup>\*</sup> : 어떤 액체를 넣었잖아.  
 정욱<sup>\*</sup> : 뭐지?  
 재현 : 음, 액체 중에서 뭐가 있냐?  
 진희 : 석회수 같아. 아까 뿌렇게 변했잖아. 그러니까 석회수야.  
 정욱 : 비눗물도 되지 않을까?  
 진희 : 그래, 그것도 되겠다.  
 희철 : 아, 식용유가 떠오른 이유는 ‘석회수를 넣었기 때문이다’로 한다.

〈사례 4〉는 에탄올에 가라앉은 식용유에 어떤 액체를 부으면 식용유가 떠오르는 이유에 대해 가설을 설정하는 토론 과정이다. 이 경우 과학적 가설은 ‘알코올에 넣은 액체의 밀도가 알코올보다 커서 두 액체가 섞이면 식용유보다 밀도가 커지게 되어 식용유가 떠오른다’이다. 〈사례 4〉의 학생들은 에탄올에 가라앉은 식용유에 어떤 액체를 넣는 순간 액체가 뿌렇게 흐

러지는 것을 관찰하게 되는데, ‘뿌열다’라는 현상에 기초하여 석회수와 비눗물을 넣었기 때문에 식용유가 떠오른다는 가설을 설정한 것을 볼 수 있다. 과도기 수준에 해당하는 진희는 관찰한 현상과 유사한 과거의 경험인 석회수를 떠올렸으며, 구체적 수준에 해당하는 정욱이는 비눗물을 떠올려 가설을 설정하였다.

〈사례 5〉

현진 : 달걀이 왜 커졌을까?

성연<sup>\*</sup> : 불어서.

재석<sup>†</sup> : 불었다구? 왜 붓는 거지?

성연 : 탄 것도 부푸니까.

희진 : 또 어떤 게 부푸는 게 있지?

성연 : 라면, 쌀 있잖아. 라면 물속에 오래 있으면 불잖아.

현진 : 그래. 라면 끓여서 오래 두면 불어서 맛이 없잖아.

성연 : 쌀이나 라면이 부푸는 것도 물속에 있어서 그렇잖아.

현진 : 아! 수분을 먹어서.

〈사례 5〉에서 껍데기가 제거된 달걀을 물속에 넣었을 때 달걀이 부풀 이유에 대해 가설을 설정하는 경우에 부풀 것과 현상적으로 유사한 라면이나 쌀이 부푸는 것을 떠올려 가설을 세운 것을 볼 수 있다. 이러한 아이디어를 떠올린 학생은 형식적 조작기에 해당하는 학생이었다.

전체 가설 중에서 표면적 유사 가설에 해당하는 수가 많지 않았으며, 아이디어를 떠올린 학생은 여러 인지 수준의 학생이 포함되어 있어 어떠한 인지 수준의 학생이 이러한 가설을 제안했다고 말하기는 어렵다.

현상적인 유사 가설과 다르게 본질적인 유사 가설은 관찰한 의문 현상과 배경지식의 원인적인 유사성에 기초하여 제안되었다.

〈사례 6〉

상미 : 식용유가 떠오른 이유에 대해 가설을 세워 봐.

수철 : 왜 떠오르냐구?

영준<sup>\*</sup> : 떠오른다. 그러니까 그게 밀도가 높아서…….

수철<sup>†</sup> : 식용유가 떠오른 이유 말이야.

상미 : 뭐가 밀도가 높다는 거야?

영준 : (식용유가 담긴 액체 속에) 부은 거가 크다는 거지.

지선 : 뭐보다 밀도가 크다는 거야?

영준 : 식용유보다.

(생략)

교사 : 왜? 식용유랑 알코올보다도 밀도가 큰 액체를 넣어야 된다고 생각했니?

영준 : 제가 알고 있기로는 밀도가 크면, 아니 밀도가 작은 게 밀도가 큰 거랑 있으면 떠오르니까.

〈사례 6〉의 경우 식용유가 떠오르는 이유에 대해 토론하는 과정에서 형식적 조작기 단계에 해당하는 영준이는, 물질이 뜨고 가라앉는 현상을 관찰하고 물질이 물에 뜨고 가라앉는 것이 밀도라는 개념과 관련이 있다는 것을 떠올려 ‘부은 액체의 밀도가 크기 때문에 식용유가 떠오른다’는 가설을 설정하였다.

〈사례 7〉

수진<sup>\*</sup> : 진자의 왕복 속도가 다른 이유가 또 뭐 있지?

예립<sup>\*</sup> : 글썄.

신균 : 야, 중력도 영향이 있지 않을까?

예립 : 왜?

신균 : 그러니까 달은 지구보다 중력이 작으니까 물건이 빨리 떨어지지잖아.

호성 : 그래, 중력의 크기가 달라지면 당기는 힘이 다르니까 그렇잖아.

〈사례 7〉의 경우 진자의 왕복 속도가 다른 이유에 대해 과학적 가설로 제안될 수 있는 것은 진자의 진폭 차이, 진자의 무게 차이, 중력 차이, 진자의 길이 차이 등을 들 수 있다. 모둠별로 서로 다른 동전을 이용하여 만든 진자의 운동을 관찰하도록 한 후 진자의 왕복 속도가 다른 이유에 대하여 가설을 설정하도록 하였을 때 학생들의 동전의 종류나 진자의 진폭이 다르기 때문이라는 실험 탐색 가설이 주로 먼저 제안되었다. 그러나 계속적인 토론을 거친 후 공기의 저항이나, 중력 같은 것들을 생각해내어 가설을 설정하는 것을 관찰할 수 있었다. 실제로 〈사례 7〉의 학생들도 처음에는 동전의 무게가 다르기 때문에 왕복 속도가 다르다는 가설을 제안하였다. 그러나 계속적인 토론을 거친 후에 중력과 같은 과학적 개념을 떠올리게 되었다. 중력의 개념을 떠올린 학생은 과도기에 해당하는 학생이었다.

의문 현상을 관찰하고 관련 과학 개념이나 경험을 떠올려 배경지식 탐색 가설을 설정한 학생들의 인지 수준은 대체적으로 형식적 조작기의 학생과 과도기의 학생에 해당하였으나 그 차이는 크지 않았다. 그러나 구체적 조작기에 해당하는 학생들의 경우 거의 배경지식 탐색 가설을 제안하지 못하였다.

가설 연역적 탐구 실험을 수행하는 가운데 학생들이 설정한 총 74개의 가설 중에서 실험 탐색 가설의 개수는 37개였으며, 배경지식 탐색 가설은 30개였고, 처음에 실험 탐색 가설을 설정하였으나 배경지식 탐색 가설로 변경된 경우는 7개였다. 〈표 2〉는 실험 주제별 가설의 유형을 분류한 것이다.

〈표 2〉 실험 주제별 가설의 유형 분류

실험 번호	실험 탐색 가설	표면적 유사 가설	본질적 유사 가설	실험 탐색 가설이 본질적 유사 가설로 변경된 경우
2	10		2	1
3	12		5	1
4	2	2	4	1
5	4		7	1
6	6		4	2
7	3	2	4	1

실험의 특성에 따라 학생들이 세운 가설의 종류가 다른 것을 볼 수 있다. 실험 2와 실험 3의 경우는 다른 실험에 비해 실험 탐색 가설의 유형이 많이 나타난 것을 볼 수 있다. 실험 2는 판자 위에서 내려오는 수레의 속력이 다른 이유에 대해 가설을 세우는 실험이고, 실험 3은 진자의 왕복 속도가 다른 이유에 대해 가설을 세우는 실험이다. 두 실험은 관찰을 통해 실험 결과에 영향을 미치는 변인을 찾기 쉬운 실험이므로 실험 탐색 가설을 많이 제안한 것으로 보인다. 실험 4는 에탄올 속에 가라앉아 있던 식용유에 어떤 액체를 부었을 때 식용유가 떠오르는 이유에 대하여 가설을 세우는 실험이고, 실험 7은 식초 속에 담가두어 껍데기가 없어지고 세포막이 노출된 달걀을 물속에 넣어 놓은 결과, 달걀이 커진 이유에 대하여 가설을 세우는 실험이다. 실험 4와 실험 7은 학생들에게 생소한 실험인데 이러한 실험의 경우는 다른 실험과 달리 표면적 유사 가설을 제안한 것을 볼 수 있다. 이 두 실험은 다른 실험에 비해 가설 설정에 오랜 시간이 소요되었는데, 생소한 실험인 경우 학생들은 가설 설정에 어려움을 느꼈으며, 실험에서 관찰한 현상과 유사한 현상을 떠올려 가설을 세우는 것을 볼 수 있다. 실험 4, 실험 5, 실험 6, 실험 7의 경우에는 각각 밀도, 기체의 용해도, 증산작용, 삼투현상 같은 과학 개념을 떠올려야 하는데 실험 5의 경우가 다른 실험에 비해 이러한 과학 개념을 좀 더 잘 떠올렸다. 그러나 대체적으로 이 네 개의 실험의 경우 관련된 경험 및 과학개념을 떠올려 본질적 유사 가설을 설정한 학생들의 빈도는 비슷하였다.

학생들이 가설을 제대로 설정하지 못할 경우 교사는 계속적으로 토론을 유도하였고, 비계를 제공해 주거나 의문 현상 관찰 단계를 자세히 살펴보라고 하였다. 예를 들어, 사이다에서 발생하는 기포가 다른 이유에 대해 가설을 설정하는 실험에서는 학생들이 사이다를 맛있게 먹기 위한 방법이나 사이다에서 톡 쏘는 맛을 내는 기체의 종류 및 기체의 양 등에 대해 생각해보도록 하였다. 또한 수레의 속력에 대한 실험의 경우 자동차를 타고 갈 때 어떠한 길에서 자동차의 속력이 잘 나지 않는지, 자동차가 달릴 때 속력을 줄여야 하는 곳은 어떤 곳인지, 자동차의 속력을 줄여도 계속 미끄러지는 길은 어떤 길인지 등에 대해 생각해보도록

질문하였다. 식용유가 떠오른 이유에 대해 가설을 세우는 실험의 경우에는 생활 주변에서 여러 가지 물질이 뜨고 가라앉는 것의 예를 찾아서 각 물질들을 비교해 생각해보도록 하였다. 식물의 가지를 쪼개 놓은 시험관 안의 물이 줄어드는 이유에 대해 가설을 세우는 경우, 식물에서 물의 이동 경로에 대해서, 시험관 안의 물이 계속적으로 줄어들 수 있는 이유에 대해서, 물이 담긴 컵에서 물이 계속 줄어드는 이유에 대해서 생각해보도록 하였다.

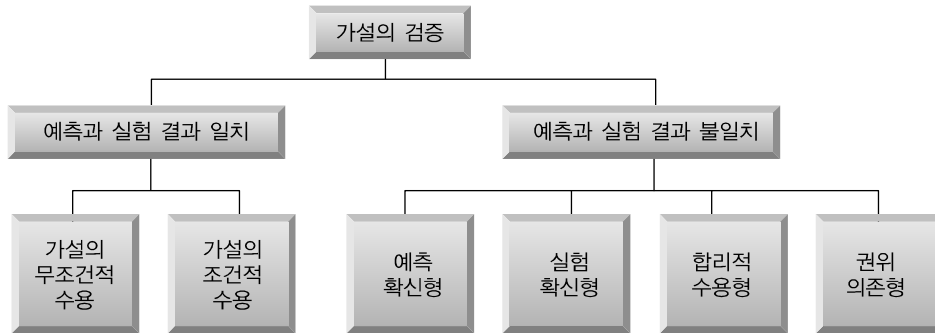
## 2. 가설 검증 과정의 분석

학생들은 가설을 검증하는 과정에서 실제 실험의 결과와 예측한 실험의 결과를 비교하여 가설의 수용과 기각을 결정하게 된다. 이 과정은 크게 예측한 결과와 실험 결과가 일치할 경우와 일치하지 않을 경우로 나뉘는데 각 경우에 나타나는 학생들의 반응의 특징을 관찰하고 유형별로 분류하였다. 가설에 기초하여 예측한 실험의 결과와 실험의 결과가 일치하지 않을 경우 학생들의 반응은 크게 예측 확신형, 실험 확신형, 합리적 수용형, 권위 의존형의 네 가지로 구분되었다. 가설의 수용과 기각을 결정할 때 실험 결과보다는 예측에 의존하는 유형의 반응을 ‘예측 확신형’으로 예측 결과보다는 실험 결과에 의존하는 유형의 반응을 ‘실험 확신형’으로 나눌 수 있었다. 이러한 분류는 Kuhn(1989)이 이론과 증거가 일치하지 않을 때, 일반적으로 학생들이 ‘이론 의존(theory-bound)’이나 ‘자료 의존(date-bound)’의 접근을 취하게 된다고 하는 견해에 비추어 볼 때, 이론 의존은 ‘예측 확신형’과 유사하고 자료 의존은 ‘실험 확신형’과 유사하다. 실험 결과와 예측 결과가 다를 경우 예측이나 실험이 틀릴 가능성을 모두 고려하고 수정하여 가설의 수용과 기각을 결정하는 유형의 반응을 ‘합리적 수용형’으로, 가설의 수용과 기각에 대해 결정하지 못하고 책이나 교사에게 의존하여 결정하려는 반응의 유형을 ‘권위 의존형’으로 구분하였다.

예측한 결과 실험 결과가 일치할 경우 학생들의 반응은 가설의 무조건적 수용 유형과 가설의 조건적 수용 유형으로 구분되었다. 실험 결과와 자신이 예측한 결과가 일치할 경우 한번의 실험에 기초하여 가설을 수용하는 유형의 반응을 가설의 무조건적 수용 유형으로 분류하였다. 여러 번의 실험 결과에 기초하여 가설의 수용과 기각 여부를 결정하거나, 다른 모둠과의 실험 결과의 비교를 통해 가설의 수용과 기각 여부를 결정하는 유형의 반응을 가설의 조건적 수용 유형으로 구분하였다.

Park 등(2001)의 연구에서 학생들을 대상으로 가설을 지지하는 실험과 반증하는 실험을 직접 관찰하도록 하면서 가설의 수용과 기각에 관련된 연구를 실시한 결과 학생들은 대체적으로 가설을 지지하는 한 번의 실험으로 가설이 옳다고 결론 내리는 후진 긍정의 오류를 범하는 경우가 많았다고 하였다. Park 등의 연구 결과와 같이 본 연구에서도 실험의 결과와 예측 결과가 일치할 경우 학생들은 대부분이 가설의 무조건적인 수용 유형의 반응이 많이 나타났다.

본 연구에서는 가설의 검증 과정에서 나타나는 반응의 유형을 (그림 2)와 같이 분류하였다.



(그림 2) 가설 검증과정에서 나타나는 반응의 유형

### 가. 예측과 실험 결과가 일치하지 않을 경우

예측과 실험 결과가 일치하지 않을 경우 나타나는 반응의 유형을 특징을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 먼저 예측 확산형의 경우 예측과 실험이 일치하지 않은 경우 인지 갈등을 느끼나 가설에 기초한 예측 결과를 실험 결과보다 더 신뢰하는 반응을 나타내었다. 수용될 가설을 세웠을 경우뿐 아니라 기각될 가설을 세웠을 경우에도 학생들은 자신의 가설에 기초해 예측한 대로 가설을 해석하여 수용하였다. 이러한 반응을 나타내는 학생들은 자신이 예상한 결과대로 현상을 관찰하려는 경향이 크게 나타나 왜곡된 관찰이 이루어지기도 하였다. <사례 1>에서 볼 수 있듯이 이러한 학생들은 실험을 수행하고 얻은 실험의 결과를 자신의 가설에 맞추어 관찰하고 해석하려는 경향을 나타냈으며, 원하는 결과가 얻어지지 않을 때 실험이 잘못 수행되었거나 실험 기구에 오류가 있을 것이라는 반응을 나타내었다. 학생들은 원하는 실험 결과를 얻을 때까지 실험을 반복적으로 수행하기도 하였다. 이러한 유형의 학생들은 대체적으로 가설을 수용하려는 반응을 나타내었다.

#### <사례 1>

— ‘무거운 수레가 더 빨리 내려올 것이다’라고 예측한 경우 —

정욱<sup>†</sup> : 무거운 수레가 더 빨라야 되는데 이상하다.

재현<sup>\*</sup> : 두 수레가 동시에 내려오는데.

희철 : 야, 네가 수레를 같이 놓아야 하는데 같이 안 놓은거야.

재현 : 아냐, 난 동시에 놓았다구.

희철 : 그런데 우리 예측하구 틀리잖아.

정욱 : 이 수레가 좀 이상한 것 같기도 해.

희철 : 수레를 바꿔봐.

예측 확신형의 반응은 자신의 이론과 일치하지 않는 증거에 대하여 무시하거나 왜곡하고 선택적으로 받아들이는 경향이 있었다는 연구 결과(Kuhn, 1988)와 같다. 또한 초기 이론에 대한 확신이 강하여 자신의 이론과 다른 실험 결과를 인정하지 않는 ‘거부’의 반응 유형(노태희 등, 2001)과 비슷한 유형으로 볼 수 있다.

실험 확신형은 실험의 결과가 예측한 결과와 다를 경우에도 인지 갈등을 느끼기보다는 실험에서 얻어진 결과를 예측보다 더 신뢰하여 가설을 기각하는 유형의 반응을 나타내는 경우이다. 이 경우에 학생들은 수용될 가설을 설정하였음에도 불구하고 실험에 기초하여 가설을 기각하는 반응을 나타내기도 하였다.

〈사례 2〉

— ‘식용유가 가라앉아 있는 액체 속에 물을 넣으면 떠오를 것이다’라고 예측한 경우 —

경근 : 물을 넣어봐.

지원 : 그래 얼마만큼 넣지?

경근 : 아까 적당량 넣는다고 했잖아.

형근<sup>\*</sup> : 그러니까 네가 넣고 싶은 만큼 넣어.

보라<sup>\*</sup> : 야, 그럼 넣는다.

(물을 넣은 후)

지원 : 야, 안 떠오르잖아. 이상하네.

형근 : 물을 넣으면 안 되나?

지원 : 야, 우리 가설 틀린 건가봐.

〈사례 2〉는 식용유가 가라앉아 있는 액체에 물을 넣으면 식용유가 떠오를 것이라는 예측을 하고 직접 실험을 하였으나, 예측과 실험 결과가 일치하지 않아 가설을 기각한 경우이다. 이 실험에서 학생들은 액체에 물을 부어도 왜 식용유가 떠오르지 않는지에 대하여 다시 생각해 보거나 실험을 다시 수행하지 않고 실험 결과에 기초하여 가설을 기각한 것을 볼 수 있다.

합리적 수용형은 실험 결과와 예상이 다른 이유에 대해 생각해보면서 가설의 수용과 기각에 대해 신중하게 고려하는 반응을 나타내었다. 이러한 경우 학생들은 예측이 틀릴 가능성과 실험 결과가 틀릴 가능성을 모두 고려하게 되고, 실험의 수행이 가설을 검증하기에 타당한지 실험의 변인이 제대로 통제되었는지를 확인한 후, 그렇지 않을 경우 실험을 다시 실시하고 이때 얻은 결과를 토대로 가설을 수용하거나 기각한다. 가설 확신형의 경우는 자신의 예측 결과와 다른 실험 결과가 나왔을 경우 실험 과정에 대한 개선이나 변화 없이 실험을 반복적으로 실시하였다. 그러나 합리적 수용형의 경우는 〈사례 3〉에서 볼 수 있듯이 실험을 반복적으로 실시할 때 실험 과정을 일부 개선하는 반응이 나타났다. 수레의 표면적의 크기를 다르게 하기 위해 수레에 우드락을 붙이고 실험하는 과정에서 예측한 결과가 얻어지지 않자 학생들은 무게라는 변인을 통제하고, 수레에 우드락을 더 붙여 표면적의 차이를 크게 한 후 실험을 다시 한 것을 볼 수 있다.

〈사례 3〉

－ ‘표면적이 큰 경우가 수레의 속력이 느릴 것이다’라고 예측한 경우 －

호성 : 근데, 우리 가설이 공기의 저항을 많이 받을수록 느리게 내려온다지?

예림\* : 그래.

신균 : 그럼 가설이 틀린 거야? 실험이 틀린 거야?

수진\* : 우리 가설을 확인해 보려면 저항의 차이를 크게 해보자.

신균 : 야, 그리구 공기의 저항에 대한 실험을 하니까 무게를 같게 해야 되잖아.  
근데 이거 무게가 달랐네.

호성 : 맞아. 무게 맞춰.

신균 : 그리고, 아직 (표면적의) 차이를 모르겠다.

(공기의 저항을 더 주려고 표면적이 넓은 우드락을 수레에) 몇 개 더 붙여보자.

예림 : 그래, 더 많이 붙이자.

권위 의존형은 실험 결과와 자신의 예측이 다를 경우 관찰하고 ‘왜 그럴까?’에 대하여 의문을 가지나 둘 다 포기하지 못하여 가설의 수용과 기각을 결정하지 못하고 교사의 의견이나 교과서의 내용에 의존하여 결정하려고 하는 유형의 반응이다. 스스로 실험 과정이나 예측 결과의 타당성에 대해 고려하는 과정을 거치기보다는 권위에 의존하여 확인하려고 하는 반응을 나타낸다. 이러한 유형의 학생들은 책이나 교사에게서 정보를 얻을 수 없을 경우 결국 가설을 기각하는 반응을 나타내었다.

〈사례 4〉

－ ‘물을 넣으면 에탄올에 가라앉아 있던 식용유가 떠오를 것이다’라는 예측을 한 경우 －

지희\* : 물을 넣었는데 왜 안 떠?

지수\* : 글썄.

성욱 : 안 뜨는 거 아니야?

지희 : 아냐, 물에 식용유 넣으면 뜨잖아.

영호 : 그럼 어떻게 하지?

지수 : 우리 가설이 틀렸나?

지희 : 아닌 것 같은데, 그런가?

지수 : 야 책 봐봐.

성욱 : (책을 찾은 후) 책에 밀도가 크면 가라앉는다는데.

영호 : 그럼 식용유 밀도가 큰가봐.

성욱 : 근데 물이 더 크지 않나?

지수 : 선생님한테 물어봐. 선생님!

## 나. 예측과 실험 결과가 일치할 경우

예측 결과와 실험 결과가 일치할 경우 나타나는 두 가지 반응 유형의 특징을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.



가설의 무조건적 수용 유형은 한 번의 실험 결과에 의존하여 가설을 수용하는 유형의 반응이다. 가설의 검증 과정이 비교적 간단할 경우 여러 번의 반복적인 실험의 수행 과정을 통하여 가설의 수용과 기각을 결정할 수 있으나, 대부분의 학생들은 주로 한 번의 실험 결과로 가설을 수용하는 반응을 나타내었다.

〈사례 5〉

– ‘사이다를 담은 시험관을 뜨거운 물에 넣은 경우가 찬물에 넣은 경우보다 기포가 많이 발생할 것이다’라는 예측을 한 경우 –

상미 : 역시 뜨거운 물에 넣은 사이다의 기포가 훨씬 많아.

영준\* : 찬물하고 차이가 확실히 난다.

상미 : 우리 예상대로네.

영준 : 더 볼 것도 없다. 가설 수용.

또한 가설의 검증 과정에 시간이 오래 소요되어 반복적인 실험이 어려울 경우 다른 모둠의 실험 결과와 비교하여 가설의 수용과 기각을 결정할 수 있으나 학생들은 그러한 과정 없이 가설의 수용과 기각을 결정하였다.

가설의 조건적인 수용의 유형은 예측된 결과와 실험 결과가 일치할 경우 반복적인 실험이나 다른 조와의 실험 결과의 비교를 통해 가설의 수용이나 기각을 결정하는 반응이다. 반복적인 실험의 결과가 일관되게 나올 경우나 자신의 조와 다른 모둠의 실험 결과가 일치할 때 학생들은 실험 결과에 기초하여 가설을 수용하는 반응을 나타내었다.

〈사례 6〉

– ‘진자의 폭이 크거나 작거나 왕복 속도는 같을 것이다’라고 예측한 경우 –

지희\* : 진자의 길이는 42cm, 폭은 90도야.

성욱 : 내가 개수를 셀게.

영호 : 시작.

성욱 : (개수를 센 후) 12번이야.

지희 : 똑같이 42cm, 폭을 60도로 해보자.

영호 : 준비해. 자, 시작.

성욱 : (개수를 센 후) 12번.

지수\* : 모두, 12번이라고 적는다.

지희 : 그래. 한번 더 하자.

영호 : 좋아.

성욱 : 이번에는 44cm로 해보자. 폭은 60도.

영호 : 시작.

성욱 : (개수를 센 후) 11번. 다음은 90도로 해봐.

영호 : 시작.

성욱 : (개수를 센 후) 11번.

지희 : 길이를 달리해도 폭에 관계없이 똑같다.

진자 실험에서 자신이 설정한 가설을 검증함에 있어서 예측 결과와 실험 결과가 같이 나왔으나 한 번의 실험으로 가설을 수용하는 것이 아니라 다시 실험을 수행하여 실험 결과를 얻는 과정을 나타낸 것이다. 이 모둠의 학생들은 두 번째 실험의 수행에서 통제 변인인 진자의 길이를 첫 번째 실험에서와 다르게 한 후 실험을 하였다. 두 번의 실험 모두에서 진폭과 관계없이 진자의 왕복 속도가 같다는 결과를 얻었고, 이 결과에 기초하여 가설을 수용하였다. 가설의 조건적 수용 유형의 반응에서는 같은 실험을 반복하여 진행하기도 하였지만 변인의 값을 바꾸었을 경우에도 같은 실험 결과가 나오는지 알아보는 실험을 수행하여 가설의 수용과 기각을 결정하기도 하였다.

학생들이 설계하고 수행한 실험의 수는 총 47개였으며, 이 실험에서 예측 결과와 실험 결과가 일치하지 않는 경우의 실험은 13개에 해당하였다. 이 중 예측 확신행은 6개, 실험 확신행은 3개, 합리적 수용형과 권위 의존형은 각각 2개의 실험에 해당하였다. 예측 결과와 실험 결과가 일치할 경우의 실험은 34개에 해당하였으며, 이 중 30개의 실험이 가설의 무조건적 수용 유형의 반응에 해당하였고 단 4개의 실험만이 가설의 조건적 수용 유형의 반응에 해당하였다. 예측 결과와 실험 결과가 일치하지 않는 각 유형에 해당하는 반응이 많지 않았으며, 예측 결과와 실험 결과가 일치하는 경우에도 가설의 조건적 수용 유형에 해당하는 반응이 많지 않아 어떠한 인지 수준의 학생들이 특정한 반응 유형을 많이 나타내었다고 단정짓기 어려웠다.

〈표 3〉은 실험 주제별 가설 검증의 유형을 분류한 것이다. 실험 주제에 따라 각 유형의 수가 조금씩 다르게 나타났으나 각 유형에 해당하는 수가 작아 주제별로 일반화하기 어려웠다.

〈표 3〉 실험 주제별 가설 검증 유형

실험 번호	예측 확신행	실험 확신행	합리적 수용형	권위 의존형	가설의 무조건적 수용	가설의 조건적 수용
2	2	1	1		4	1
3	2				7	2
4	1	1	1	1	3	
5	1	1			6	
6					5	1
7				1	5	

## IV. 결론과 제언

학생들이 가설을 설정하는 과정과 검증하는 과정에서 나타나는 반응의 유형을 살펴본 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 학생들이 설정한 가설은 가설을 설정하게 된 근거에 따라 실험 탐색 가설, 배경지식 탐색 가설, 배경지식 탐색 가설은 또 다시 표면적 유사 가설과 본질적 유사 가설로 분류되었다. 실험 탐색 가설은 가설 연역적 탐구 실험의 첫 단계에서 제시되는 의문 현상의 관찰에 기초하여 관찰 사실로부터 제안된 가설로 과학적인 인과적 설명을 포함하지 않았다. 다음으로 배경지식 탐색 가설은 가설을 제안하는 과정에서 자신의 과거 경험이나 관련된 과학적 이론으로부터 제안된 가설이다. 이때 떠올린 배경지식이 관찰한 현상과 표면적인 면에서 유사성을 가지고 있는 경우의 가설을 표면적 유사 가설로, 관찰한 현상과 원인적인 면에서 유사성을 가지고 있는 경우의 가설을 본질적 유사 가설로 분류하였다. 표면적 유사 가설은 인과적 설명을 포함하지 않는 가설들이 대부분이나 이론적 유사 가설은 원인 변인과 결과 변인 간의 과학적인 인과적 설명을 포함한 가설이 대부분이었다.

학생들은 의문 현상의 관찰에서 의문 현상이 일어난 원인이라고 생각되는 변인을 찾아내어 가설로 제시하였으나, 그러한 변인이 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 생각하지 않고 제시되는 경우가 대부분이었다. 그러나 관찰을 통해 설정된 가설은 계속적인 토론이나 사고 과정을 본질적 유사 가설로 변화되었다. 이러한 연구 결과에서 가설을 바로 세울 수 없는 경우의 학생들은 관찰에 기초하여 원인 변인을 찾아낸 후 이 원인 변인이 의문 현상에 어떠한 영향을 미치는지 추론해내는 과정을 통해 가설을 설정하는 것을 볼 수 있다. 그러므로 관찰은 가설을 세우는 데 중요한 단계로 의문 현상의 구체적인 관찰이 가설의 설정 전에 이루어져야 하겠다.

그러나 의문 현상을 관찰하는 것은 가설을 세우는 과정에서 기초적인 정보를 얻는 데 있어서 중요하나 현상의 관찰만으로 과학적인 설명 가설을 제안하는 데에는 한계가 있다. 관찰은 가설을 세우기 위해서 중요한 단계이나 관찰이 이루어진 후 관련된 유사 경험을 떠올릴 수 있어야 하며, 관련된 유사 경험에서 의문 현상의 원인이라고 생각되어지는 원인을 추론해 내는 과정이 효과적으로 이루어져야 한다. 본 연구에서는 학생들에게 유사 경험을 떠올릴 수 있도록 질문들을 제공하였는데, 이러한 질문에 기초하여 유사 경험을 떠올려 가설을 설정하는 경우도 있었으나, 이러한 경험을 회상하였음에도 불구하고 가설을 세우지 못하는 경우도 많이 있었다. 또한 교사가 제시하지 않은 다양한 경험을 떠올려 가설을 세우는 학생들도 있었다. 이러한 연구에 기초하여 볼 때 가설 설정 과정이 효과적으로 진행되기 위해서는 학생들이 다양한 경험을 떠올릴 수 있도록 학생들의 사고를 자극하는 것이 중요하나

떠올린 경험과 의문 현상의 공통적인 원인을 추론해 낼 수 있는 효과적인 전략이 필요함을 시사한다.

둘째, 학생들이 가설을 검증하는 과정에서 실제 실험 결과와 예측한 결과가 일치하지 않을 경우 학생들의 반응은 예측 확신형, 실험 확신형, 합리적 수용형, 권위 의존형으로, 실험 결과와 예측한 결과가 일치할 경우 가설의 무조건적 수용, 가설의 조건적 수용으로 분류되었다. 실험 결과와 예측 결과가 일치할 경우 가장 많은 반응 유형을 나타낸 예측 확신형은 실제 실험의 결과보다 자신의 가설에 기초하여 예측한 결과를 더 신뢰하는 유형의 반응으로 자신이 예측한 결과가 나올 때까지 실험을 반복하여 실시하는 경향을 나타내었다. 이러한 반응을 나타내는 학생들은 자신이 예상한 결과대로 현상을 관찰하려는 경향이 커서 왜곡된 관찰을 하기도 하였다. 이러한 학생들의 반응 유형이 많이 나타난 것에서 학생들은 자신이 가지고 있는 이론을 포기하지 않고 유지하려는 경향이 강하다는 것을 알 수 있다. 다음으로 실험 확신형은 실험의 결과가 예측한 결과와 다르더라도 실험에서 얻어진 결과를 신뢰하는 유형의 반응으로 단 한 번의 실험 수행에서 얻어진 결과에 기초하여 가설을 기각하는 경향을 나타내었다. 합리적 수용형은 예측 결과나 실험 결과가 틀릴 가능성을 모두 고려하는 유형의 반응으로 예측이 제대로 이루어졌는지 사고하는 과정을 거치고 실험의 수행이 가설을 검증하기에 타당한지 실험의 변인이 제대로 통제 되었는지를 확인하는 과정을 거친다. 이러한 사고 과정을 거친 후 타당하지 않다고 생각되는 실험의 과정이나 예측을 수정하고 난 후 실험을 다시 실시하여 가설의 수용과 기각을 결정하였다. 마지막으로 권위 의존형은 실험 결과와 자신의 예측이 다름을 관찰하고 왜 그러한 결과가 나왔는지에 대하여 의문을 가지나 예측 결과와 실험 결과를 모두 포기하지 못하고 교사의 의견이나 교과서의 내용에 의존하여 가설의 수용과 기각을 결정하려고 하는 유형의 반응이다. 이 학생들은 책이나 교사에게서 정보를 얻을 수 없을 경우 결국 가설을 기각하는 반응을 나타내었다. 가설의 검증 과정에서 실험 결과나 자신의 가설 중 하나에 의존하여 가설의 수용과 기각을 결정하지 않도록 지도하는 과정이 필요하겠다.

예측 결과와 실험 결과가 일치할 경우 학생들의 반응 유형을 가설의 무조건적 수용 유형과 가설의 조건적인 수용 유형으로 분류하였다. 가설의 무조건적 수용 유형은 예측 결과와 실험 결과가 일치할 경우 바로 가설을 수용하는 형태의 반응이며, 가설의 조건적인 수용 유형은 예측된 결과와 실험 결과가 일치할 경우 반복적인 실험이나 다른 조와의 실험 결과의 비교를 통해 가설의 수용이나 기각을 결정하는 반응이다. 이러한 유형의 학생들은 반복적인 실험의 결과가 일관되게 나올 경우나 자신의 조와 다른 모둠의 실험 결과가 일치할 때 실험의 결과에 기초하여 가설을 수용하는 반응을 나타내었다. 가설에서 예측한 실험의 결과와 실제 실험의 결과가 같을 경우 대부분의 학생들은 무조건적으로 가설을 수용하는 반응을 나타내었다.

가설의 검증 과정을 분석한 결과 학생들은 여러 가지 반응 유형 중에서 예측 확신형과 가

설의 무조건적 수용 유형이 다른 유형보다 많이 나타났다. 예측 확신형은 자신이 예측한 결과와 실험 결과가 다르더라도 자신의 가설을 수용하려는 유형의 반응이며, 가설의 무조건적 수용 유형은 단 한 번의 실험 결과에 기초해 가설을 수용하는 반응 유형이다. 이러한 반응 유형이 많이 나타난 것은 학생들은 자신의 이론에 기초하여 설정한 가설을 기각하기보다는 수용하려는 경향이 크기 때문이라고 할 수 있겠다. 학생들이 가설을 검증하는 과정에서 합리적 수용형과 가설의 조건적 수용의 유형이 적게 나타났는데, 가설의 수용과 기각의 과정이 제대로 이루어지기 위해서는 이러한 유형의 반응이 많아질 수 있도록 지도하는 과정이 필요하겠다. 즉, 가설의 수용과 기각을 결정할 때 예측 결과나 실험 결과 중 어느 하나에 의존하여 결정하기보다는 두 가지 모두 오류가 있을 수 있음을 인식하고 오류의 수정을 통해 합리적으로 가설의 수용과 기각을 결정할 수 있도록 지도하여야 하겠다. 또한 예측 결과와 실험 결과가 일치할 경우 한 번의 실험 결과에 기초하여 가설을 수용하는 경우에 나타날 수 있는 오류에 대한 교육이 이루어져야 하겠다.

본 연구를 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 중학교 학생들의 가설 설정과 검증 과정을 분석한 결과 중학교 현장에서 학생들을 대상으로 가설 연역적 실험을 수행하는 것은 가능하며, 이러한 수업을 수행하기 위한 다양한 수업 전략에 대한 연구가 계속 이루어져야 하겠다. 가설 연역적 실험을 수행하기에 적합한 주제의 선정과 그러한 주제들에 대한 다양한 수업 전략이 개발되어 제공될 필요가 있겠다.

둘째, 가설 연역적 탐구 실험에 있어서 탐구의 과정과 배경지식을 떠올리는 과정을 연관 지어 학생들이 가설을 잘 세울 수 있도록 하는 연구가 이루어져야 하겠다. 즉, 탐구의 과정에서 의문 현상의 결과에 영향을 미칠 수 있는 원인 변인을 찾아보는 과정을 포함하고, 이 변인이 과학적인 과정이나 현상을 통해 의문 현상의 결과에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 서술하는 과정을 포함하였을 때 학생들의 가설 설정 과정에 대해 연구가 이루어질 필요가 있다고 판단된다.

셋째, 모둠별 토론과 논의를 통해 가설이 제안되고 수정되어 나가는 과정에서 가설의 타당화에 작동하는 권위 유형에 대한 분석이 필요한 것으로 판단된다. 실제로 모둠별로 권위적인 학생들이 가설의 설정을 주도하는지 협력적으로 가설을 설정하는지에 대해 질적 분석이 필요하며 어떤 경우에 더 가설 설정이 효율적으로 이루어지는지에 대해 구체적인 분석이 필요하다고 판단된다.

넷째, 본 연구에서 가설을 설정하는 과정과 검증하는 과정에서 나타나는 특징을 분석한 것은 모둠별 토론에 기초하여 분석한 것으로 개인별 특징이라고 하기 어렵다. 이에 학생 개개인이 가설 연역적 탐구 실험 수업을 수행하는 과정에서 나타내는 특징을 조사해 볼 필요가 있으며, 이러한 연구는 학생들의 수준에 맞춰 수업 전략을 구성하는 데 기초 자료를 제공해 줄 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- 권용주, 정진수, 강민정, 김영신 (2003). 과학적 가설 지식의 생성과정에 대한 바탕이론. **한국 과학교육학회지**, 23(5), 458-469.
- 권용주, 정진수, 박운복, 강민정 (2003). 선언적 과학 지식의 생성과정에 대한 과학철학적 연구: 귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로. **한국과학교육학회지**, 23(3), 215-228.
- 김성도 (1998). **현대 기호학 강의**. 서울: 민음사.
- 김영민 (2006). Kepler의 망막상 이론 형성과정에서의 과학적 문제발견과 귀추적 사고. **한국 과학교육학회지**, 26(7), 835-842.
- 김지영, 강순희 (2007). 가설 연역적 탐구실험 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에 미치는 영향. **한국과학교육학회지**, 27(3).
- 박은미, 강순희 (2007). 유사경험의 제공이 귀추에 의한 가설설정 에 미치는 효과. **한국과학 교육학회지**, 26(3), 356-366.
- 박종원 (2001). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석: 대학생의 반응분석을 중심으로. **한국과학교육학회지**, 21(3), 209-621.
- 박준호 (2005). 퍼스의 귀추와 가설의 방법. **범한철학**, 37, 65-85.
- 정진수 (2004). **과학적 가설 생성에 대한 삼원귀추 모형의 개발과 적용**. 박사학위논문, 한국 교원대학교.
- Fisher, H. R. (2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. *Foundations of Science*, 6, 361-383.
- Hanson, N. R. (1995). **과학적 발견의 패턴: 과학의 개념적 기초에 관한 탐구** [Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science]. (송진웅, 조숙경 역). 서울: 민음사. (원저 1958 출판)
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughoin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Orlando, FL: Academic Press.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA; Wadworth Publishing Company.
- Lawson, A. E. (2000). How do humans acquire knowledge? And what does that imply about the nature of knowledge? *Science and Education*, 9, 577-598.

- Lawson, A. E. (2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry? *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 716-740.
- Magnani, L. (2004). Model-based and manipulative abduction in science. *Foundation of Science*, 9, 219-247.
- Norman, O. (1997). Investigating the nature of formal reasoning in chemistry: Testing Lawson's multiple hypothesis theory. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1067-1081.
- Park, J., Kim, I., Kim, M., & Lee, M. (2001). Analysis of students' processes of confirmation and falsification of their prior ideas about electrostatics. *International Journal of Science Education*, 23(12), 1219-1236.
- Peirce Edition Project (Ed.). (1998). *The essential Peirce: Selected philosophical writing* (vol. 2). Indianapolis, ID: Indiana University Press.

• 논문 접수 : 2007년 8월 28일 / 수정본 접수 : 2007년 10월 1일 / 게재 승인 : 2007년 10월 16일

## ABSTRACT

### The Classification of the Reaction Type of Student in the Process of Generating and Evaluating Scientific Hypotheses

Jiyoung Kim(Ph.D, Ewha Womans University)  
Soonhee Kang(Professor, Ewha Womans University)

The purpose of this study was to analyze the characteristics of student' reaction in the process of generating and evaluating scientific hypotheses. As the result of analyzing the process of generating scientific hypothesis, the type of student' responses was classified into the type of hypothesis exploring experimental context and hypothesis exploring background knowledge according to ground of generating hypothesis. Also, the hypothesis exploring background knowledge was classified as superficially similar hypothesis and essentially similar hypothesis. The essentially similar hypothesis was closer to scientifically explanatory hypothesis than other hypotheses. According to the results of analyzing the process of hypothesis evaluation, when a predicted result didn't coincide with a experimental result, the type of student's responses was classified into the type of confidence in predict, confidence in experiment, rational acceptance and dependance on authority. When a predicted result coincided with a experimental result, the type of responses was classified into the type of as unconditional acceptance of hypothesis and conditional acceptance of hypothesis. Among all the types of response, the type of confidence in predict and the type of unconditional acceptance of hypothesis were found more than other type of responses in evaluating hypothesis. And this result seems to mean that the students had a tendency to accept their hypotheses.

Key Words : generating hypothesis, experimental context, background knowledge, hypothesis evaluation, predicted result, experimental result