

# 양초 연소 탐구 과제 상황에서 초등 예비교사가 생성한 관찰 및 가설의 오류 특성 - 학습자의 선행 지식의 활용을 중심으로 -

오창호 · 양일호  
(한국교원대학교)

## The Features of the Observation and the Hypothetical Faults Generated by Pre-service Elementary Teachers on Candlelight Inquiry Tasks - Focusing on Usage of the Participants' Prior Knowledge -

Oh, Changho · Yang, Ilho  
(Korea National University of Education)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to explore the relationship between pre-service elementary teacher's prior knowledge and processes of observations and hypotheses generation via analysis of descriptive fault patterns during observation, problem generation and hypotheses generation processes. For the purpose of this study, thirty-four undergraduate students were participated and descriptions of participants' responds were analyzed. As the result, four patterns of descriptive fault on the process of generating hypothesis were classified; 1) descriptive fault from the causalities, 2) descriptive fault from repetition of observational facts, 3) descriptive fault from the priority of prior knowledge, and 4) descriptive fault from negation of the observational facts. From the result, the researcher was able to explore the faults caused by pre-service elementary students' prior knowledge through the observational descriptive analysis with hypothetical descriptive analysis.

**Key words** : prior knowledge, observation, hypothesis generating

### I. 서 론

과학 지식은 과학적 현상의 인과적 설명 탐색 혹은 가설 생성과 같은 인지적 조작 과정(cognitive minds-on process)을 기반으로 한 직접 조작 활동(hands-on activities)을 통해 형성되어야 한다(Neber & Anton, 2008). 다시 말해서, 탐구 활동을 통한 과학 지식의 습득은 학습자의 직접 조작 활동 중 기능적 조작 능력이 필요한 실험 중심 활동과 더불어 탐구 과정을 학습자 스스로 구성하고 문제를 해결해 나

가는 인지적 조작 활동이 병행되어야 한다. Hofstein과 Lunetta(2004)는 초기의 탐구 활동이 주로 과학 탐구 과정 기술을 중시하며 과정 지식의 획득을 목표로 했지만, 최근에는 영역 특수적인 개념 지식과 과정 지식의 획득을 모두 강조하는 경향이 있다고 하였다. Lederman(2004)은 개념 지식의 획득에는 직접 조작 활동이 효과적임을 강조하였고, Tobin(1990)은 실험실 활동이 문제 상황에서 나오는 과제로 시작되어야 하며, 문제 해결 과정의 완전한 과정을 거쳐야 한다고 주장했다. 우리나라의 과학교육 연

구 방향은 이러한 관점과 어느 정도 일치하지만, 교실 혹은 실험실 상황에서의 탐구 활동은 학습자의 인지적 능력 향상을 중시하기보다 교사에 의해 잘 구성된 학습 환경을 통해 실험 활동을 수행하는데 목표를 두고 있다. 더불어, 이러한 과학 실험과 탐구 활동 목표에도 불구하고 실험 활동을 통해서서는 매우 제한적인 과정 기술, 개념 지식, 실험 활동에 대한 참여 동기만이 획득된다는 보고가 있다(Hodson, 1990, 1996).

Lunetta(1998)는 탐구 중심의 실험실 활동을 계획과 설계 상태, 수행 상태, 분석과 해석 상태, 그리고 적용 상태의 4가지 상태로 구분하였다. 계획과 설계 상태는 문제 탐색, 연구 문제 구성, 가설 형성, 예상 결과 도출 및 실험 활동 설계가 이루어지며, 수행 상태는 계획된 실험을 수행하고 자료 관찰과 수집이 이루어지고, 분석과 해석 상태는 자료 해석과 결론 구성, 향후 연구 문제의 도출로 구성된다. 마지막으로 적용 상태는 획득된 개념적, 과정적 지식이 새로운 연구 문제의 해결책을 찾는 데 사용되는 단계이다. 첫 번째 상태는 실험 전 단계(pre-experimental), 두 번째 상태는 실험 단계(experimental), 마지막 분석과 해석 상태와 적용 상태는 실험 후 단계(post-experimental)로 나눌 수 있다(Doran *et al.*, 1994). Doran 등(1994)은 인지적 조작 활동은 탐구 과정 전반에 걸쳐 나타나지만, 실험 전 단계와 실험 후 단계에서 인지적 조작 과정이 중요한 역할을 한다고 강조하였으며, 이 중 실험 전 단계는 다른 단계에 비해 실험실 상황에서 상대적으로 경시되는 경향이 있다(Tobin & Capie, 1982).

탐구 중심의 실험실 활동의 실험 전 단계를 학생들이 스스로 수행하는 것은 학생들이 자신의 탐구를 계획하고 수행하는 기술이 부적절하다는 것을 깨닫게 하는데 도움이 된다. Carey 등(1989)은 11세 아동들의 실험 계획과 수행에서 명확한 연구 문제를 만들어내는 실험적 과제를 잘 수행하지 못한다고 보고하였고, Schauble 등(1991)은 대학생을 대상으로 한 실험 학습에서 피험자들이 개념 지식 획득에 초점을 둔 연구문제를 구성하지 못하였다고 보고하였다. 우리나라에서는 류시경과 박종석(2006)의 연구에서 낮게 구조화된(ill-structured) 문제 상황에서의 문제 발견 과정을 탐색하였는데, 학생들의 문제 발견 활동은 선행 지식이나 직간접 경험에 크게 의존하는 것으로 보고되었다.

의미 있는 학습 활동으로 실험 전 단계가 수행되기 위한 선결 조건으로, 학습자는 연구 문제에 대한 예상 결과의 검증 가능한 가설을 생성하는 과정에서 기존에 갖고 있는 지식을 활성화시켜야 한다. Prior knowledge로 번역되는 선행 지식 혹은 선지식은 학습에 영향을 미치고, 학습자는 선행 지식으로부터 개념을 구성한다고 알려져 있다(Glaserfeld, 1984). 즉, 선행 지식은 개인의 학습과 경험으로부터 생성되고(Strike & Posner, 1985), 학습을 통한 과학적 개념을 구성하기 전 단계의 지식이라고 볼 수 있다. 일반적으로 탐구 학습을 통해 개인의 선행 지식으로부터 개념을 구성하거나(김범기와 권재술, 1995; Zohar & Aharon-Kravetsky, 2005), 개인의 선 개념을 변화시킬 수 있다(Niaz, 1995; Pearsall *et al.*, 2003). 선행 지식을 재구성하고 정교화하기 위해서는 흩어져 있는 개별 지식을 통합적으로 재구성할 필요가 있고(Neber & Anton, 2008), 학습자가 실험 단계에서 조작 활동을 하기 전에 연구 문제 구성에 그들의 선행 지식을 우선적으로 활용하는 경우 학습의 효과가 극대화될 수 있다(Klahr, 2000). Klahr(2000)는 실험 전 단계에서 선행 지식을 활용하는 학습자는 적절한 원인 법칙을 효과적으로 찾아내었고, 이와 반대로 연구 문제의 탐색이나 가설 생성보다 실험을 우선적으로 수행하는 학습자의 경우는 그들의 선행 지식으로부터 나온 연구 문제를 조절하여 실험 활동을 하는데 어려움을 겪었다고 보고하였다. 이는 실험 활동만을 중시하는 탐구 학습 환경이 효과적인 탐구의 접근법이 되지 못한다는 것을 시사한다. 이처럼 실험 전 단계 활동을 학습자가 직접 수행하면서 인지적 조작 활동을 하는 것은 탐구 활동을 통해 새로운 개념 지식을 획득하는 과정에서 필수적인 활동이고, 학습자 스스로 선행 지식의 활용에 대한 필요성을 인식하게 하는 주요 전략으로 활용이 가능하다.

그렇다면 탐구 활동에 지식을 활용하고 지식을 구성해 나가는 활동이 어떤 조건 하에서 효과적으로 이루어질 수 있는가? 앞서 제시한 실험 전 단계에서 학습자의 인지 활동은 문제의 인식과 의문 도출, 그리고 가설 생성 등의 과정에서 선행 지식과의 연계를 구성한다. 특히 의문 형성과 의문 해결을 위한 가설 생성 단계에서는 학습자의 내용 지식뿐만 아니라 과정 지식의 효과적 획득 및 활용도 필요하다. 하지만 과학적 근거가 있어야 하고, 실험적으로 검

증 가능해야 하며, 반증 가능성이 높아야 한다(Aicken, 1984; Auty, 1997)는 과학적 가설의 요건을 실험실 상황에 그대로 적용하기는 어렵다. 과학적 근거는 학습자의 지식 혹은 경험 상황에 따라 적절성 여부를 판단하기 어려우며, 실험적으로 검증 가능해야 한다는 조건 역시 실험이 가지는 이론 의존성을 배제할 수 없다(박종원, 2001; Yip, 2007). 탐구 활동에서 학습자의 선행 지식의 활용은 앞서 언급한 탐구 과정들 간의 개연성을 탐색하는데 활용할 수 있지만, 선행 지식에 의해 발생하는 오류가 학습자의 반성적 사고까지 연결되기는 어렵다. 왜냐하면 선행 지식에 의해 형성되는 오류들은 실제 탐구 실험실 환경에서 쉽게 관찰되지만 교사에 의해 수정되는 경우는 매우 드물기 때문이다(Yip, 2007). 박종원(2001)과 Yip(2007)의 연구는 공통적으로 탐구 활동의 인지적 활동 수준이 학습자의 선행 지식에 따라 어떻게 변화할 수 있는가에 대한 논의와 이를 탐구 활동에 어떻게 적용할 것인지에 대한 방법적 논의를 요구한다.

이상의 연구를 살펴볼 때, 실험 전 단계에서의 인지적 활동에서는 학습자의 선행 지식이 과학적 개념을 구성하는데 중요한 역할을 하지만, 지식의 적용이나 차용 단계에서 발생할 수 있는 오류의 가능성이 존재하고, 탐구 활동에서 이러한 오류를 판단하고 수정할 수 있는 전략의 필요성이 제기된다. 이러한 필요성에 근거해서, 이 연구에서는 예비초등교사의 현상 관찰과 가설 생성 과정을 분석함으로써 실험 전 단계에서 나타나는 관찰의 과정 특성과 가설 생성 과정에서의 오류 유형을 살펴보고, 이를 바탕으로 발전된 관찰과 가설 오류 수정 전략 고안을 위한 기초이론으로 활용하고자 연구를 수행하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 자료 수집 방법

본 연구는 조직화된 실험 연구가 아닌, 탐구 수업 활동에서 나타나는 학습자의 반응을 탐색하기 위한 조사 연구로써, 엄밀하게 구조적인 표집과 대상 선정을 하는 대신 과학교육방법론을 수강하고 있는 초등교육 전공 2학년 1개 반 34명을 임의 대상으로 선정하였다. 이들은 모두 과학 교과 교육 관련 강좌를 3학점 이상 이수하였으며, 탐구 학습에 대한 기본 소양을 학습하였다.

자료 수집을 위한 과제는 양초 연소 실험을 선택하였다. 양초의 연소 실험은 학습자의 선행 지식에 따라 연소의 개념을 어떻게 형성해 나가는가를 확인하기 적절한 활동이며(BouJaoude, 1991), 짧은 시간 동안 관찰을 통해 다양한 현상을 관찰할 수 있는 탐구 소재로 적합하다고 판단하여 이 과제를 선택하였다.

자료 수집을 위한 활동은 2단계에 걸쳐 수행하였다. 실험 전 단계에서 관찰과 가설 생성 과정을 탐색하기 위해 참여자들로 하여금 컵 속 촛불 연소 현상에 대한 실험 전 단계, 즉 관찰과 의문 생성, 가설 생성 과제를 수행하게 하였다. 1차 과제에서는 컵, 양초, 물과 페트리 접시 등을 제공하고 촛불이 연소되는 과정에서 볼 수 있는 모든 것을 관찰하고 기록하도록 하였다. 과제를 수행하는 동안 참여자들은 양초의 개수, 컵의 크기, 물의 양 등을 임의대로 조절하는 등 자유롭게 관찰 환경을 조작하며 수행하였고, 현상 관찰의 횟수에는 제한을 두지 않았다. 참여자는 주어진 실험 도구를 활용하여 다양한 연소 현상에 대한 관찰 결과를 기록하였다. 2차 과제에서는 참여자가 관찰 사실을 바탕으로 인과적 의문을 만든 후 의문에 대한 설명 가설을 만들었다. 1차 과제와 2차 과제를 수행하기 전 연구자는 활동에 대한 간단한 안내만 제시하였고, 참여자의 활동에 개입하지 않았다.

### 2. 자료 분석 방법

활동을 통해 수집한 자료는 참여자들이 제출한 활동지를 활용하였다. 생성된 관찰의 종류는 박종원과 김익균(1999)이 분류한 유형으로 구분하였는데, 연구 목적에 따라 관찰 과정에서의 오류를 분석하기 보다는 관찰의 유형과 참여자의 선행 지식과의 관계에 대해 논의하기 위한 자료로 활용하였다. 가설의 특징 분석은 기존의 연구들(권용주 등, 2003, 2000; 박종원, 2003, 2001, 2000; 정용재와 송진웅, 2006; 정진수, 2007)에서 연구된 가설의 유형을 바탕으로 1차 유형들을 개발한 후 수집된 자료를 범주화하였다. 유형들의 검토와 수정은 과학교육 박사 수료자 1명과 공동으로 수행하였으며, 1차 유형들을 사용하여 가설의 특징을 분석한 결과 분석자 간 일치도가 .75로 나타났다. 1차 유형들의 범주에 해당하지 않거나 유형의 속성이 사례를 정확히 구분하지 못하는 경우에는 새로운 유형을 생성하거나

통합하는 과정을 거쳐 2차 유형들을 개발했다. 2차 유형들을 사용하여 가설의 특징을 재분석한 후, 분석 자료와 일치하지 않는 유형 분류가 발생한 경우는 논의를 통해 분석들을 수정하거나 재유형화하였다. 가설의 특징 분석들 채점에서 분석자 2인의 일치도가 .95 이상임을 확인한 후, 분석자 1인이 가설의 특징 유형을 분석하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 관찰 과정에서의 특징

참여자의 관찰 결과, 기술 특징을 분석하기 위해 참여자들에게 양초 연소 관찰 과제를 제시하고 관찰 사실을 기록하게 하였다. 과제 1의 활동 결과로 참여자가 관찰한 현상은 총 46개였으며, 이 과정에서 박종원과 김익균(1999)이 제시한 4가지 관찰 유형인 초보적 관찰, 해석적 관찰, 조작적 관찰, 간접적 관찰이 모두 나타났다. 이 중 초보적 관찰 유형 사례는 32개, 조작적 관찰은 12개, 해석적 관찰은 1개, 간접적 관찰은 1개가 나타났다. 대표적인 관찰 유형과 사례를 표 1에 제시하였다.

표 1에서 볼 수 있듯이, 과제 1의 관찰 기술 유형은 대부분 초보적 관찰(69.5%)과 조작적 관찰(26.1%)이었다. 양초 연소에 대한 관찰 초기 과정에 참여자들은 연소 시 나타나는 현상을 중심으로 초보적 관찰을 수행하였으나, 초보적 관찰 상황 이후에 인과적 의문 혹은 방법적 의문이 발생한 상황에서 추가적인 활동을 하면서 조작적 관찰 상황이 나타났다.

조작적 관찰이 일어나는 상황이 초보적 관찰의 결과 발생한 의문을 규명하고자 하는 활동이라고 본다면 이는 명시적이지 않은 가설 생성과 가설 검증을 위한 실험 설계 과정이 암묵적으로 포함될 수 있으므로 실험 단계로 분류할 수도 있다. 하지만 이 연구에서는 박종원과 김익균(1999)의 조작적 관찰의 정의<sup>1)</sup>를 수용하여 변인을 조절하면서 개략적인 실험 상황을 추가적으로 수행한 경우를 조작적 관찰로 구분하였다. 표 1에서 볼 수 있듯이, ‘지름이 작은 컵을 사용하면 촛불이 금방 꺼진다’는 관찰을 하기 위해서는 초기 관찰 상황에서 지름이 큰 컵과 지름이 작은 컵에서 촛불이 꺼지는 시간을 측정·비교해야 하며, ‘컵의 크기와 연소 시간과는 관계가 있을 것이다’는 정교화되지 않은 설명 가설이 포함되어야 함을 추론할 수 있다. 이 연구에서 초등 예비교사들이 관찰한 결과 중 조작적 관찰은 모두 실험 상황에 가까운 관찰이었고, 초보적 관찰에 해당하는 조작적 관찰은 나타나지 않았다.

과제 1에서 기술된 관찰 유형 중 해석적 관찰과 간접적 관찰은 거의 나타나지 않았다. 이는 박종원과 김익균(1999)의 연구에서 유사한 과제를 대학생에게 투입했을 때 해석적 관찰이 16% 정도 나타난 것에 비해 매우 낮은 빈도로 발생한 것을 볼 수 있다. 해석적 관찰과 간접적 관찰이 관찰자의 선행 지식에 의해 영향을 받는다(박종원과 김익균, 1999)는 관점에서 볼 때, 촛불 관찰 과제는 과제의 특성 상 다양한 지식과 경험에 의해 관찰에 대한 해석 상황이 나올 수 있음에도 불구하고 과제 1의 관찰 기술 상황에서는 해석적 혹은 간접적 관찰 상황이 거의

표 1. 과제 1에서 나타난 예비교사의 관찰 유형과 사례

관찰 유형	관찰 사례	빈도(%)
초보적 관찰	연기가 위로 올라가다가 아래로 내려가면서 퍼진다. 불꽃의 크기가 작아지면서 서서히 꺼진다. 촛불의 색이 안쪽은 붉은색, 바깥쪽은 파란색이다.	32(69.6)
조작적 관찰	지름이 작은 컵을 사용하면 촛불이 금방 꺼진다. 양초를 긴 것과 짧은 것을 동시에 넣었을 때 긴 것이 먼저 꺼진다. 컵을 빨리 덮으면 물이 더 많이 올라온다.	12(26.1)
해석적 관찰	촛불이 굴절 현상에 의해 크게 보인다.	1( 2.2)
간접적 관찰	온도가 낮은 붉은 겉불꽃이 먼저 사라지고 온도가 높은 파란 속불꽃이 나중에 없어진다.	1( 2.2)

1) 박종원과 김익균(1999)는 조작적 관찰을 ‘물리적인 작용을 통해 일어나는 변화를 관찰하는 것으로, 정교성과 계획성 여부에 따라 조작적 관찰이 초보적 관찰에서 실험까지의 연장선상에 있다’는 관점을 취하고 있다.

발생하지 않았다. 다만 관찰 기술 상황에서 해석적·간접적 관찰 기술이 낮은 빈도로 발생했다고 해서 선행 지식이 관찰에 영향을 미치지 못했다고 보기는 어려운데, 관찰 기술에는 드러나지 않은 선행 지식의 영향이 가설 생성 기술 과정에서 드러나기 때문이다. 이 점에 대해서는 과제 2의 가설 생성 과정 분석에서 관련성을 파악할 수 있다.

과제 1의 관찰 결과 중 간접적 관찰 사례는 곱불꽃과 속불꽃이 꺼지는 순서를 관찰하는 과정에서 나타났는데, 불꽃의 색과 온도에 대한 참여자의 선행 지식이 관찰 사실과 다름에도 불구하고 관찰 사실을 선행 지식에 맞춰 관찰 사실을 왜곡하는 사례로 볼 수 있다. 해석적 관찰은 간접적 관찰과 마찬가지로 참여자의 선행 지식이 관찰 사실에 영향을 주지만, 위의 사례에서 볼 수 있듯이 관찰 사실에 대한 해석적 정보를 이미 가지고 있었기 때문에 일련의 해석을 포함한 관찰 결과를 기술하는 것으로 사례를 분류하였다. 하지만 이처럼 해석적 관찰 상황이나 간접적 관찰 상황이 명확하게 드러나지 않는 과학적 관찰 사례를 분석할 때, 관찰의 이론 의존성(Hanson, 1961; Martin, 1972; Millar, 1989)에 의해 영향을 받거나 왜곡된 상황을 찾아내는 것은 관찰 기술 상황만의 판단만으로는 어려움이 있다. 하지만 관찰 상황을 사용하여 의문 상황을 유도한 뒤, 이를 바탕으로 가설을 생성하는 활동을 한 경우, 역으로 가설로부터 관찰 기술의 원인을 탐색해 보면 관찰 결과의 기술이 어디에 근거한 것인지를 유추하는데 도움이 된다. 이에 대한 연구 결과는 다음의 가설 생성 단계에서의 기술 특성의 분석에서 보다 자세하게 논의하도록 하겠다.

## 2. 가설 생성 단계에서의 기술 특징

과제 2에서는 과제 1에서 수행한 관찰 결과와 의문을 바탕으로 가설을 생성하는 활동을 수행했다. 참여자들은 과제 1에서 기록한 관찰 사실을 인과적 의문으로 변환한 뒤, 각각의 의문에 대해 가설을 생성하였다. 이 과정에서 연구자가 의도적으로 모든 관찰 사실을 의문으로 변환시키도록 지시하였는데, 그 이유는 의문과 가설 기술 결과를 분석함으로써 관찰의 기록이 개인의 어떠한 사고에 기반하고 있는지 역으로 추적하기 위해서였다.

과제 2에서 참여자가 생성한 가설은 의문에 따라 매우 다양한 형태로 나타나는데, 46개의 인과적

의문에 대한 가설은 137개가 생성되었으며, 이 중 모르겠다고 기술한 2개의 사례를 제외한 135개의 가설을 분석하였다. 135개의 인과적 가설 중 연구자가 오류 사례로 분류한 것은 87개로, 전체 가설 중 64.4%에 해당되었다. 참여자에 의해 생성된 87개의 가설 오류를 인과적 의문의 설명 여부, 선행 지식의 활용 여부, 기술의 특성 등을 중심으로 분석하였다. 참여자가 기술한 인과적 의문 형성 과정에서 관찰 사실과 인과적 의문과의 관계를 분석함으로써 인과적 의문이 선행 지식에 의해 어떻게 형성되었는지 분석하였고, 가설 기술에서 나타난 오류가 어떤 요인에 근거한 것인지를 분석하였다. 예를 들어, ‘컵을 완전히 덮지 않아도 불이 꺼진다’는 관찰 사실에 대한 가설을 ‘연소가 되기 위해서는 산소가 필요한데, 바깥보다 산소의 양이 적기 때문에 불이 꺼진다’고 기술했을 경우, 개인의 선행 지식(연소가 되기 위해서는 산소가 필요하다)을 바탕으로 현상에 대한 인과 관계를 설명하고 있지만(산소의 양 차이), 산소가 공급되고 있는 상황임에도 불구하고 연소가 계속되지 않는 것을 설명하지 못한 채 관찰 사실(불이 꺼진다)만을 재기술하는 것으로 분류하였다. 이와 같은 과정으로 참여자의 가설 기술의 오류 유형을 분류한 결과, 인과적 관계 기술 오류, 관찰 사실의 재기술 오류, 선행 지식 우선에 의한 기술 오류, 관찰 사실의 부인 기술 오류 등의 유형을 분류할 수 있었다. 과제 2에서 예비 초등교사가 생성한 가설의 오류 유형과 사례를 표 2에 제시하였다.

가설은 의문에 대한 임시적인 해답이며, 특히 인과적 의문에 대한 가설은 현상에 대한 원인을 임시적으로 설명하거나 예상하는 형식(박종원, 2000; Lawson, 1995)으로 기술된다. 또한, 가설은 실험 전 단계의 마지막 인지 활동으로써 이후의 탐구 과정을 결정하는 중요한 역할을 한다(권용주 등, 2000, 2003; Klahr & Dunbar, 1988). 그렇기 때문에 가설을 정확하게 기술하는 것은 의문에 대한 인과 관계를 명확하게 할 뿐만 아니라 실험 상황을 적합하게 설계할 수 있는 논리적 근거가 된다.

과제 2의 가설 생성 단계에서의 기술적 특성을 살펴보면 ‘~때문에 ~이(하)다’의 형식으로 종결되는 사례가 다수 발견되었는데, 일반적인 가설의 기술 형태인 ‘~ 때문에 ~일 것이다’는 예상형 종결 어미와는 다른 형태를 보인다. 그 이유는 관찰을 수

표 2. 과제 2에서 생성한 가설의 오류 유형과 사례

오류 유형	조작적 정의와 가설 사례	빈도(%)
인과적 관계 기술 오류	<p>조작적 정의: 현상의 원인을 부분적으로만 설명할 수 있는 개념을 사용하거나, 구체적 설명 없이 추측으로 가설을 대신하는 오류</p> <p>[의문 상황] 왜 그냥 실을 태울때 보다 초에 있는 심지가 더 오래 탈까? [가설] 촛농이 불의 확산을 막기 때문이다.</p>	49(56.3)
관찰 사실의 재기술 오류	<p>조작적 정의: 의문에 대한 원인을 찾기 보다는 관찰 사실을 재기술함으로써 관찰 현상을 다시 설명하는 오류</p> <p>[의문 상황] 왜 물 위에 연기가 가득 차 있었을까? [가설] 연소 후 생성된 연기는 물에 쉽게 가라앉지 않고 컵 안에서 떠돈다.</p>	23(26.4)
선행 지식 우선에 의한 기술 오류	<p>조작적 정의: 관찰 사실을 왜곡하거나 선행 개념을 왜곡하여 가설을 기술하는 오류</p> <p>[의문 상황] 왜 길불꽃이 먼저 사라지고, 속불꽃이 나중에 사라질까? [가설] 길불꽃은 완전 연소가 일어나기 때문에 산소 공급이 끊어지면서 바로 사라지고, 파란 속불꽃은 불완전 연소가 일어나면서 길불꽃 다음으로 꺼진다.</p>	8( 9.2)
관찰 사실의 부인 기술 오류	<p>조작적 정의: 관찰 사실을 인정하지 않고 가설 생성 단계에서 기존 관찰 상황으로 회귀하는 오류</p> <p>[의문 상황] 컵 속 먼지가 있는 곳에서는 왜 김이 서리지 않을까? [가설] 먼지가 응결핵 작용을 해서 수분과 더 잘 엉겨서 김이 서려야 하는데, 그렇지 않았다.</p>	7( 8.0)

행하고 난 뒤 현상에 대한 인과적 의문의 후속 과정으로 가설 생성 단계를 수행한, 이미 일어난 상황에 대해 설명적 가설(박종원, 2000)을 기술하는 과제였기 때문이다. 관찰 단계를 생략하고 의문에서 시작되는 가설 생성의 경우에는 가설의 어미가 ‘~이(하)다’로 종결되면 정용재와 송진웅(2006)이 제시한 ‘결과 예측형’ 가설 진술 오류로 판단될 수 있지만, 관찰이 선행된 경우는 현상에 대한 인과적 설명을 위해 가설을 생성하므로 이미 일어난 현상을 설명하기 위한 ‘설명적 가설(박종원, 2000)’의 종결어미 형태를 취하는 것이 타당할 것이다. 그렇기 때문에, 이 연구에서는 단정형 종결 어미를 사용한 가설 기술의 오류를 오류로 판정하지 않았다. 과제 1의 가설 생성 단계에서의 기술 오류 유형을 살펴보면 다음과 같은 특징이 있다.

1) 인과적 관계 기술 오류

인과적 관계 기술 오류 유형은 기술한 가설이 현상의 원인을 부분적으로만 설명할 수 있는 개념을 사용하거나 구체적 설명 없이 추측으로 가설을 대신하기 때문에 가설과 인과적 의문과의 관계를 적절하게 설명하지 못하는 사례이다. 과제 2의 가설 생성 과정에서 총 135개의 가설 중 49개의 인과적 관계 기술 오류 유형이 발견되었다. 이러한 유형의 사례는 다음과 같다.

사례 1. 참여자 A의 가설 기술  
[현상 관찰] 연소 후 컵 안에서 자극적인 냄새가 났다.  
[의문] 왜 자극적인 냄새가 났을까?  
[가설] 메탄 가스가 발생했기 때문에 냄새가 난다.

사례 2. 참여자 B의 가설 기술  
[현상 관찰] 불이 꺼지는 순간 물이 갑자기 올라온다.  
[의문] 왜 물이 계속 올라오지 않고, 불이 꺼질 때 갑자기 올라올까?  
[가설] 불이 꺼지는 순간 산소를 갑자기 많이 소모하기 때문이다.

사례 1의 경우, 참여자 A는 자극적인 냄새의 원인을 ‘메탄 가스의 발생’ 때문이라고 가설을 세웠다. 이 경우 관찰 현상에 대해 ‘메탄 가스의 발생’이라고 가설을 세웠지만 그 이유에 대해서는 기술하지 못하였다. 즉, 관찰 결과로부터 의문을 형성하고 가설을 생성하는 것이 아니라 자극적인 냄새는 메탄 가스의 냄새라는 추측으로 설명하려는 가설을 생성하였다. 사례 2의 경우는 불이 꺼지는 순간 갑자기 물이 올라오는 원인을 ‘불이 꺼질 때 갑자기 산소를 많이 소모하기 때문’이라고 가설을 세웠는데, 이 경우 현상의 비교를 수행한 조작 관찰에서

인과 관계를 밝히기 보다는 단순한 추측으로 대신 함으로써 인과적 의문과의 관계를 적절히 설명하지 못한다. 이러한 유형의 가설은 관찰 현상에 대한 원인을 조작적으로 규명하기보다는 가설 기술 과정에서 개인의 선행 지식을 단순 대입하거나 추측 상황을 제시함으로써 현상의 원인을 임의로 규정하는 것을 볼 수 있다. 이러한 사례의 가설들은 정용재와 송진웅(2006)이 제시한 가설 유형 중 ‘설명 가장형’과 유사한 형태를 보이는데, 정용재와 송진웅은 유의미한 인과적 관계를 설명하기 위한 조건을 갖추고 있지 못하기 때문에 실험 전 단계를 적절히 구성하지 못하는 결과를 가져오게 되고, 실험을 설계하더라도 인과관계를 명확하게 밝힐 수 없다고 하였다. 또한, 권용주 등(2000)의 연구에서는 가설의 속성을 현상을 일으키는 원인이 관찰 가능하며 구체적 조작이 가능한 변인으로 설명하는 조작적 가설(manipulative hypothesis)과 구체적 조작이 불가능한 변인으로 설명하는 이론적 가설(theoretical hypothesis)로 구분하여 제시하였는데, 이 유형은 구체적 조작을 통해 검증하기 어렵다는 측면에서 이론적 가설 유형에 가깝다고 볼 수 있다. 정용재와 송진웅(2006)은 관찰자의 선행 지식으로 의문을 해결할 수 있는 경우에는 분석 설명형 혹은 확장 설명형 가설을 제시한다고 하였는데, 이 연구에서 분류된 인과적 관계 기술 오류 유형의 경우는 선행 지식 혹은 이론을 설명의 근거로 제시하고 있으며, 이를 증명하기 위한 조작적 실험이 요구되지 않는 이론적 가설을 생성하는 것으로 분석되었다. 인과적 관계 기술 오류 유형의 가설은 개인의 선행 지식에 의한 추측으로 인과관계를 단정 짓기 때문에 가설 검증을 위한 실험 설계가 어렵고, 가설 규명을 위해 이론과 관련된 조작 가능한 독립 변인을 제시하여 검증해야 하기 때문에(권용주 등, 2000) 실험실 상황에서는 검증이 어려운 가설 생성 활동으로 종료될 가능성이 있다. 인과적 관계 기술 오류 유형을 정교화하기 위해서는 이러한 유형의 가설을 검증하는 실험 설계 과정을 분석할 필요가 있다.

## 2) 관찰 사실의 재기술 오류

둘째로, 관찰 사실의 재기술 오류 유형이 분류되었다. 관찰 사실의 재기술 오류 유형은 가설을 생성하는 것처럼 기술하고 있지만, 의문에 대한 원인을 찾기 보다는 관찰 사실을 재기술함으로써 관찰 현

상을 다시 설명하는 형태로 나타난다. 과제 2의 가설 생성 과정에서 총 135개의 가설 중 23개의 관찰 사실의 재기술 오류 유형이 발견되었다. 다음 사례를 예로 볼 수 있다.

### 사례 3. 참여자 C의 가설 기술

[현상 관찰] 파란색 리트머스 종이를 컵 안에 대면 붉은 색으로 변한다.

[의문] 왜 파란색 리트머스 종이의 색이 변할까?

[가설] 초가 탄 후 컵 윗부분이 산성을 띠기 때문이다.

### 사례 4. 참여자 D의 가설 기술

[현상 관찰] 온도가 낮은 붉은 겉불꽃이 먼저 사라지고 온도가 높은 파란 속불꽃이 나중에 없어진다.

[의문] 왜 겉불꽃이 먼저 사라지고, 속불꽃이 나중에 사라질까?

[가설] 붉은 부분이 바깥쪽이기 때문에 먼저 꺼지고, 속의 파란색 부분은 마지막으로 꺼진다.

사례 3의 경우는 현상 관찰 사실을 가설에서 재기술하는 가설 기술 유형이다. 참여자 C는 컵 안쪽이 산성이 되는 의문에 대하여 이를 해결할 수 있는 원인을 탐색하는 가설을 형성해야 함에도 불구하고, 가설을 관찰 현상에 대한 해설로 제시하였다. 다시 말해서, 가설이 의문 상황에 대한 잠정적 결론이라고 할 때, 이 경우는 의문에 대한 잠정적 결론이 아닌 관찰 현상에 대해 선행 지식을 활용한 해석적 기술을 한 사례라고 볼 수 있다. 왜냐하면 파란색 리트머스 종이의 색이 변하는 현상은 산과 접촉했을 때 나타나는 현상이며, 컵 윗부분이 산성이라는 가설은 의문이 발생한 관찰 현상에 대한 원인적 설명을 한 것으로 보기 어렵기 때문이다. 이 사례에서 볼 수 있듯이 선행 지식을 활용하여 가설을 기술하는 경우 의문에 대한 원인 조건을 이론적으로 제시하는 것처럼 보이지만 관찰 기술 내용을 역으로 추적했을 때는 관찰의 해석적 재기술 오류가 나타나는 경우가 있었다. 사례 4에서도 마찬가지로 가설 기술 과정에서 겉불꽃을 바깥쪽 불꽃이라는 용어로 대신 사용하면서 관찰 사실에 대한 원인을 찾는 것이 아닌 현상을 재기술하는 것을 볼 수 있다. 이처

럼 가설 기술 내용을 관찰 기술이나 의문 기술과 연계하여 볼 때 가설이 갖춰야 할 유의미하고 유용한 설명이 충족되지 않은 가설 기술이 나타날 수 있으며, 이는 의문 상황에 대한 충분한 분석이 되지 않은 경우(정진수, 2004)에 발생할 수 있다. 또한, 해석적 관찰 상황이나 간접적 관찰 상황이 명확하게 드러나지 않는 과학적 관찰 사례를 분석할 때, 가설 기술로부터 관찰 기술의 원인을 탐색함으로써 관찰 기술이 학습자의 선행 지식이 어떻게 반영된 것인지 유추하는데 도움이 된다.

### 3) 선행 지식 우선에 의한 기술 오류

선행 지식 우선에 의한 기술 오류는 관찰자의 선행 지식과 관찰 사실의 불일치 상황이 발생했을 때, 관찰 사실을 왜곡하거나 선행 지식을 왜곡하여 가설을 기술하는 유형이다. 관찰 사실은 감각을 사용하여 현상을 기술한 것이기 때문에 감각기관의 제한으로 인해 그 정확성과 객관성이 보장되지 않고, 오류를 가진 관찰 결과에 기인한 가설의 생성은 선행 지식과의 혼동을 유발할 수 있다. 과제 2의 가설 생성 과정에서 총 135개의 가설 중 8개의 선행 지식 우선에 의한 기술 오류 유형이 발견되었다. 다음의 예를 보면 관찰 오류에 의한 선행 지식의 혼동을 관찰할 수 있다.

#### 사례 5. 참여자 E의 가설 기술

[현상 관찰] 촛불의 색이 바깥쪽은 붉은색, 안쪽은 파란색이다.

[의문] 촛불에서 볼 수 있는 불꽃의 색은 왜 다를까?

[가설] 속불꽃은 산소가 부족해서 불완전 연소가 되기 때문에 파랗고, 겉불꽃은 산소가 충분히 제공되어서 완전 연소를 하므로 붉은색이다.

참여자 E는 촛불에서 볼 수 있는 불꽃의 색이 다름에 대한 원인으로 산소 공급 여부에 따른 완전 연소와 불완전 연소의 결과로 가설을 생성하였다. 가설의 기술 형태로 보았을 때는 과학적 설명 가설, 혹은 분석 설명형 가설에 해당할 수 있지만, 이 사례에서는 관찰 사실이 개념과 다르기 때문에 가설에서 설명하는 원인이 선행 지식과 혼동되어 오류를 범하고 있음을 볼 수 있다. 이는 관찰의 유형 중

간접적 관찰 유형에서 두드러지게 나타나는 가설의 기술 오류 유형이며, 앞서 논의한 선행 지식 혹은 경험 상황이 관찰 사실에 영향을 주고, 이로 인해 왜곡된 관찰 사실에 의해 개념이 혼동되어 잘못된 가설을 생성하는 사례로 볼 수 있다. 이러한 경우는 참여자의 다른 가설 기술을 보면 보다 명확하게 판단이 가능한데, 참여자 E의 추가적인 관찰 사례와 관련된 가설을 다음에 제시하였다.

#### 사례 6. 참여자 E의 가설 기술

[현상 관찰] 온도가 낮은 붉은 겉불꽃이 먼저 사라지고 온도가 높은 파란 속불꽃이 나중에 없어진다.

[의문] 왜 겉불꽃이 먼저 사라지고, 속불꽃이 나중에 사라질까?

[가설] 겉불꽃은 완전 연소가 일어나기 때문에 산소 공급이 끊어지면서 바로 사라지고, 파란 속불꽃은 불완전 연소가 일어나면서 겉불꽃 다음으로 꺼진다.

참여자 E는 촛불의 불꽃 색 관찰에서 겉불꽃과 속불꽃의 개념을 혼동하고 있었는데, 사례 5와 마찬가지로 사례 6에서도 선행 지식 우선의 양상을 보인다. 사례 6에서 볼 수 있듯이 현상 관찰 기술에 참여자 E의 촛불 색과 온도와의 관계에 대한 선행 지식이 사례 5에 비해 구체적으로 기술되어 있다. 관찰 기술에 참여자 E가 갖고 있는 선행 지식이 올바른 개념과 반대로 형성되어 있는 것을 볼 수 있는데, 사례 6의 가설 생성 과정에서는 이 왜곡된 개념을 정당화시키려 시도하는 것을 관찰할 수 있었다. 이처럼 가설 생성 과정에서 선행 지식을 정당화시키는 양상은 Lakatos의 보조 가설을 강화함으로써 핵을 보호하고 보호대를 수정하는 부정적 발견법으로 설명이 가능하지만, 참여자 E의 사례 분석 결과로 볼 때 불일치 자료를 발견하여 핵심 개념을 변화시키는 관찰 사실이 발견되기 전까지는 왜곡된 관찰 결과를 사실로 받아들이는 것을 볼 수 있었으며, 사전 지식과 위배되는 사례를 받아들이지 못하고 거부 혹은 배제하는 사례를 보였다. 이는 BouJaude (1991)의 연구에서 제시된 것과 같이 학생들은 연소 과정에서 일어나는 현상을 자신의 경험에 의해 정의하는 경향이 강하다는 것과 일치하는 결과이다. 선행 지식 우선에 의한 기술 오류는 관찰의 이



론의존성 혹은 해석적 관찰, 간접적 관찰에서 볼 수 있는 사례들을 뒷받침해준다. 이처럼 선행 지식 우선에 의한 가설 기술의 오류 유형은 가설이 생성되는 과정에서의 사고 유형을 분류한 권용주 등(2003)의 연구와 비교해 보았을 때, 지식 탐색 과정과 설명자 탐색 과정에서 관찰 사실과 상충되는 결과에 대해 선행 지식을 강화하는 설명자 탐색의 오류라고 볼 수 있다.

#### 4) 관찰 사실의 부인 기술 오류

관찰 사실의 부인 기술 오류 유형은 관찰 사실을 인정하지 않고 가설 생성 단계에서 기존 관찰 상황으로 회귀하는 기술적 오류를 의미한다. 본 연구에서는 관찰 사실의 부인 기술 유형을 개념의 혼동이 일어나지 않은 상태에서 관찰 사실과 다른 개념을 도입하거나 현상의 원인을 다른 곳에서 찾으므로써 관찰에 오류가 있었음을 지적하는 사례로 분류하였다. 과제 2의 가설 생성 과정에서 총 135개의 가설 중 7개의 관찰 사실의 부인 기술 오류 유형이 발견되었다. 다음 사례를 예로 볼 수 있다.

##### 사례 7. 참여자 F의 가설 기술

[현상 관찰] 파란색 리트머스 종이를 컵 안에 대면 붉은색으로 변한다.

[의문] 컵 안쪽이 왜 산성일까?

[가설] 컵 안에 물이 생긴 것은 염화코발트 종이를 사용해서 검증해야 하는데, 리트머스 종이를 사용한 것은 잘못이다. 실험하기 전 컵을 깨끗하게 세척하지 않아서 이전 실험에서 묻어있던 산에 리트머스 종이 반응한 것이다.

##### 사례 8. 참여자 G의 가설 기술

[현상 관찰] 촛불의 색이 바깥쪽은 붉은색, 안쪽은 파란색이다.

[의문] 촛불의 색은 왜 다를까?

[가설] 곁불꽃이 파란색이고 속불꽃은 붉은색이다. 관찰을 잘못했다.

사례 7을 보면, 참여자 F는 의문 상황인 컵 안쪽이 산성을 띄는 이유에 대해 원인을 규명하는 가설을 생성하기 보다는 두 가지의 해석을 하고 있는 것을 볼 수 있다. 첫째, 리트머스 색변화 관찰 전에 컵

안쪽에 물이 맺힌 현상을 확인하기 위한 염화코발트 색 변화 관찰을 제안하고, 둘째, 리트머스 색 변화의 원인을 관찰 상황과 관련이 없는 다른 곳에서 찾는 것을 볼 수 있다. 이는 의문 상황과 관련이 없는 다른 관찰 사실에 대한 의문이 해결되지 않은 상태에서 새로운 관찰 사실에 대한 가설을 생성하는 것이 타당하지 않다고 여겨 관찰 사실을 부인하고 선행 지식에 대한 규명을 우선시하는 것으로 보인다. 이 경우, 후속 관찰(리트머스의 색 변화)에 대한 가설은 관찰 상황과 관련이 없는 상황에서 차용하는 것을 볼 수 있다. 사례 8의 경우에는 선행 지식과 관찰 사실이 상반되는 것을 확인한 후, 관찰 사실을 부인하고 선행 지식을 관찰 결과로 인식하는 사례이다. 관찰 사실의 부인 기술 유형은 개념 혼동에 의한 기술 유형과 비교했을 때, 개념이나 관찰 사실의 왜곡이 일어나는 대신 관찰 사실을 부인한다는 측면에서 차이가 있다. 관찰 사실의 부인 기술 유형의 경우는 인과적 의문 상황과 관계가 없는 가설 진술이라는 측면에서 가설 형성의 기술적 오류로 판단하기 보다는 관찰 상황의 번복이라는 해석이 가능하지만, 본 연구에서는 참여자들에게 가설을 기술하라는 요청상황에서 발생한 사례이므로 가설 기술 과정에서의 오류로 분류하였다.

이상의 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 양초 연소 실험의 관찰 사실과 인과적 의문 형성 과제에서는 초보적 관찰과 조작적 관찰 유형이 대부분을 차지하였고, 해석적 관찰과 간접적 관찰 유형은 거의 나타나지 않았는데, 이는 과제 특성에 따라 학습자의 지식이 재생 혹은 재현에 활용하기 때문인 것으로 판단되었다. 간접적 관찰 사례는 일부 관찰 사실과 지식간의 불일치 상황에서 볼 수 있었다. 참여자의 관찰 사실을 기반으로 한 가설 생성 단계에서의 4가지 오류 유형을 분류하였는데, 인과적 관계 기술 오류에서는 현상의 원인을 부분적으로만 설명할 수 있는 개념을 사용하거나 구체적 설명 없이 추측으로 가설을 대신하기 때문에 가설과 인과적 의문과의 관계를 적절하게 설명하지 못하는 것을 볼 수 있었으며, 관찰 사실의 재기술 오류에서는 의문에 대한 원인을 찾기 보다는 관찰 사실을 재기술함으로써 관찰 현상을 다시 설명하는 사례를 볼 수 있었다. 선행 지식 우선에 의한 기술 오류에서는 선행 개념과 관찰 사실의 불일치 상황이 발생했을 때, 관찰 사실을 왜곡하거나 선행 개념을 왜곡하여 가설

을 기술하는 사례를 볼 수 있었으며, 관찰 사실의 부인 기술 오류에서는 관찰 사실을 인정하지 않고 가설 생성 단계에서 기존 관찰 상황으로 회귀하는 사례를 볼 수 있었다. 이처럼 참여자의 선행 지식은 가설을 생성하는 과정에서 관찰 사실을 왜곡·부정하거나 인과적 관계의 인식에 따른 표현에도 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

이 연구에서는 참여자의 선행 지식이 가설 생성에 미치는 영향을 관찰 사실의 기술뿐만 아니라 이와 연관된 가설 기술을 함께 분석함으로써 관찰 기술 분석만으로 알기 어려웠던 학습자의 선행 지식에 의한 오류를 탐색할 수 있었다. 앞서 기술하였듯이, 해석적 관찰 상황이나 간접적 관찰 상황이 명확하게 드러나지 않는 과학적 관찰 사례를 분석할 때, 가설 기술로부터 관찰 기술의 원인을 탐색함으로써 관찰 기술이 학습자의 선행 지식이 어떻게 반영된 것인지 유추하는데 추가적인 분석 자료로 활용될 수 있을 것이다.

#### IV. 결론 및 교육적 적용

이 연구는 탐구 활동의 실험 전 활동 중 관찰과 의문 생성, 가설 생성에 대한 예비 초등교사의 반응을 조사하고, 가설 생성 활동에서의 오류 유형 분석을 통해 사전 지식이 관찰과 가설 생성 과정에 어떠한 영향을 미치는지 탐색하기 위해 수행되었다. 연구의 결과에서, 관찰 과정에서는 관찰의 기술 상황만으로는 해석적 관찰 혹은 간접적 관찰 상황이 명확하게 드러나지 않았기 때문에, 관찰 기술상의 오류 분석을 하기보다는 가설 생성 단계에서의 오류 분석을 통한 관찰과 가설 생성 과정 사이의 개연성을 탐색하는데 초점을 두었다. 이 연구에서 밝힌 관찰과 가설 기술의 오류 유형 분석 결과를 통해 초등 예비교사의 실험 전 단계 수행 능력에 대한 몇 가지 추가 연구 문제를 도출할 수 있었다.

첫째로, 가설 생성 과정에서 학습자의 선행 개념과 관찰 사실이 학습자 스스로 생성하는 의문 상황과 교사의 안내에 의해 의문을 생성하는 상황에 따라 다르게 적용되는 점을 고려한 교수-학습 전략에 대한 논의가 요구된다. Anderson과 Roth (1989)는 학습자가 기존에 갖고 있는 지식을 탐구활동에 활용하기에 제약이 있다고 주장하면서, 학습자는 자신의 사실 지식을 요구에 따라 재생 혹은 재현에만 활

용하고, 새로운 현상을 발견, 설명, 탐색하거나 문제 해결에는 활용하지 못한다고 하였으며, Glaessere 등(2005)의 연구 역시 대학생의 경우에도 마찬가지로 깊은 수준의 인과적 의문을 지속적으로 만들어 내지 못한다고 하였다. 학생들이 만든 의문은 향후의 실험 활동을 계획하거나 조절하는데 유용하지 않은 경우가 많다(Anton et al., 2006)는 연구 결과들은 교수자가 학습자의 선행 지식을 판단하여 탐구 활동 설계 시 고려해야 한다는 시사점을 준다. 실험 전 단계에서 학생들이 생성한 의문과 가설의 질은 과학적 개념 획득에 중요한 역할을 하며, 심도 깊은 추론은 인과적 지식 획득에 필요한 높은 수준의 문제 상황을 표상하기 때문에 탐구 활동은 학습자가 갖고 있는 기존의 사실 지식의 전이에 도움이 되어야 한다(Graesser et al., 2005). 이 연구에서는 관찰 사실에 대한 인과적 의문을 형성하고 이에 대한 가설을 생성하는 것으로 제한하였지만, 가설의 특성상 인과적 의문 상황에서의 원인 탐색에 대한 참여자의 가설이 갖는 4가지 오류 유형이 다른 의문 상황에서도 동일하게 발생하지는 않을 것이라고 판단된다. 학교에서 이루어지는 실험실 활동이 이미 학습한 이론이나 법칙에 대한 확인 실험 비중이 높다는 점을 고려할 때(양일호 등, 2007), 학습자 스스로 생성한 문제 상황이 연역적 활동으로 타당하게 검증되기 위해서는 교사가 제시하는 이론이나 법칙이 학습자의 의문 상황과 개연성을 갖도록 조직화하는 전략이 필요할 것이다.

둘째, 이 연구에서 인과적 관계 기술 오류와 관찰 사실 재기술 오류 유형에서 볼 수 있듯이, 의문 기술만으로 가설 기술의 오류 여부를 판단하는 것보다 관찰 사실 가설 기술을 비교해서 판단할 때 인과적 관계가 더욱 명확하게 드러나는 것을 볼 수 있었다. 이러한 관점을 확장해서 교수자가 가설의 질을 판단할 때 가설 기술 자체만을 보고, 혹은 의문 상황에 기인하는 가설 기술만으로 가설의 질적 수준을 판단하기 보다는 관찰 상황과 의문, 가설 상황을 종합적으로 고려하여 가설의 수준과 오류를 판단할 수 있어야 하며, 실험실 상황에서의 실험 전 단계 즉, 현상 관찰부터 실험 설계 활동까지 과정에서 학습자가 수행하는 활동에 대한 면밀한 분석을 통해 가설 생성에 대한 교수 전략을 수립하는 것이 요구된다.

이 연구의 수행 과정에서 참여자로 하여금 인과

적 의문을 강제로 기술하게 한 것은 자신이 느낀 의문 상황이 아니기 때문에 가설과 의문의 관계에 대한 관계를 밝히지 못한다는 제한점이 있다. 정용재와 송진웅(2006)의 연구에서는 자신이 진정으로 느끼는 의문 상황이 아닌 경우, 선행 지식에서 연역적으로 도출된 설명, 즉 박종원(2000)의 ‘과학적 설명 가설’로 충분히 해결할 수 있는 형식적 가설 기술로 그칠 가능성이 높다고 지적하였으나, 이 연구에서는 지식의 확장을 가져오는 가설을 생성하는 사례는 찾기 어려웠고, 가설 기술의 대부분은 선행 지식의 적용을 통해 가설을 생성하는 것을 볼 수 있었다. 이는 과제가 제시되는 실험실의 상황적 특성에 기인한 것으로 볼 수 있는데, 주어진 문제 상황에 대해 원인을 탐색하는 제한적 환경에서의 가설 생성의 과정이 새로운 지식으로의 확장을 유도하는 가설을 생성하기에 적합하지 않을 수 있기 때문이다. 정용재와 송진웅(2006)의 사례에서 나타난 확장 설명형 가설은 주어진 문제 상황이 실험실의 관찰 상황이 아닌 일상에서의 문제 상황에서 드러난 가설 기술이었으며, 비약적인 과정을 포함하고 있다는 측면에서 쉽게 관찰되기 어려운 사례임을 볼 수 있었다. 위의 연구에서는 비형식적 상황에서 확장 설명형 가설이 28.4% 형성되었다고 보고되었으나, 본 연구에서는 이러한 사례가 거의 발생하지 않았음을 비교해 볼 때, 과제의 속성과 실험실 상황이라는 제한된 교수 학습 환경에서는 이러한 가설 생성 체계를 적용하기 어려움을 알 수 있다.

이 연구에 사용된 자료는 예비 초등 교사들이 실험실 상황에서 제한된 탐구 활동을 수행하는 과정에서의 관찰 결과와 의문, 가설이기 때문에 초·중등학교의 탐구 실험 상황에서 볼 수 있는 결과와는 다소 차이가 있음에도 불구하고, 하나의 사례로서 학습자의 관찰과 가설 생성 활동에서의 반응을 예상하고 지도하는데 의미 있는 정보를 제공할 것이라고 기대한다. 특히 실험 전 활동에서 나타날 수 있는 기술 특성들을 교수자가 판단하고 교수 전략을 세우는 근거 자료로 활용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

권용주, 양일호, 정원우(2000). 예비 과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. *한국과학교육학회지*, 20(1), 29-42.

권용주, 정진수, 강민정, 김영신(2003). 과학적 가설 지식의 생성 과정에 대한 바탕이론. *한국과학교육학회지*, 23(5), 458-469.

김범기, 권재술(1995). 과학개념과 인지적 갈등의 유형이 학생들의 개념변화에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 15(4), 472-486.

류시경, 박종석(2006). 낮게 구조화된 과학적 문제 상황에서 고등학생들의 문제발견 활동 분석. *한국과학교육학회지*, 26(6), 765-774.

박종원(2000). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석. *한국과학교육학회지*, 20(4), 667-679.

박종원(2001). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석: 대학생의 반응 분석을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 21(3), 609-621.

박종원(2003). 과학적 가설 검증을 위한 학생들의 실험 설계 내용 분석. *한국과학교육학회지*, 23(2), 200-213.

박종원, 김익균(1999). 과학적 관찰의 의미와 탐구과정에서 학생들의 관찰 행동 분석. *한국과학교육학회지*, 19(3), 487-500.

양일호, 김석민, 조현준(2007). 초·중등학교 과학 실험수업의 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 27(3), 235-241.

정용재, 송진웅(2006). Peirce의 귀추법 양식을 이용한 교육 대학생들이 생성한 가설의 특징 분석. *초등과학교육*, 25(2), 126-140.

정진수(2004). 과학적 가설 생성에 대한 삼원 귀추 모형의 개발과 적용. *한국교원대학교 박사학위 논문*.

정진수(2007). 동물학 과제에서 초등학교 예비 교사들이 생성한 과학적 가설의 구조와 유형. *초등과학교육*, 26(2), 201-208.

Aicken, F. (1984). *The nature of science*. London: Heinemann.

Anderson, C., & Roth, K. (1989). Teaching for meaningful self-regulated learning of science. In J. Brophy (Ed.), *Advances in research on teaching*. Vol. 1 (pp. 265-305). Greenwich, CT: JAI Press.

Anton, M., Hergeth, T., & Neber, H. (2006). Experimenting in chemistry: The role of question asking. *Research paper, Department of Chemistry, University of Munich Germany*.

Auty, G. (1997). Practical assessment for advanced level. *School Science Review*, 78(284), 65-72.

BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689-704.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jan, E., & Unger, C. (1989). An experiment is when you try it and see if it works: A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514-519.

Doran, R., Lawrenz, F., & Helgeson, S. (1994). Research on

- assessment in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research in science teaching and learning* (pp. 388-442). New York: Macmillan.
- Glaserfeld, E. (1984). An introduction of radical constructivism. In P. Watlawick (Ed.), *The invented reality*. New York: W. W. Norton.
- Graesser, A., McNamaara, D., VanLehn, K. (2005). Scaffolding deep comprehension strategies through Point & Query, AutoTutor, and iSTART. *Educational Psychologist*, 40, 225-234.
- Hanson, N. (1961). *Patterns of discovery*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Hodson, D. (1990). A Critical look at practical work in school science. *The School Science Review*, 70(356), 65-78.
- Hodson, D. (1996). Practical work in school science: Exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), 755-760.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Klahr, D. (2000). *Exploring science. The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Lawson, A. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- Lederman, N. (2004). Scientific inquiry, and science education reform in the US. *Science Education*, 88, 402-404.
- Lunetta, V. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and context for contemporary teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*. Vol. 1 (pp. 249-262). New York: Macmillan.
- Martin, M. (1972). *Philosophy of scientific method*. New York: Hafner.
- Millar, R. (1989). What is scientific method and can it be taught? In J. Wellington (Ed.), *Skills and process in science education: A critical analysis* (pp. 47-62). London: Routledge.
- Neber, H., & Anton, M. (2008). Promoting pre-experimental activities in high-school chemistry: Focusing on the role of students' epistemic questions. *International Journal of Science Education*, 30, 1801-1821.
- Niaz, M. (1995). Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problem: A dialectic constructivist perceptive. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(9), 959-970.
- Pearsall, R., Skipper, E., & Mintzes, J. (1997). Knowledge restructuring in the life sciences: A longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education*, 81(2), 193-215.
- Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K., & Reiner, M. (1991). Causal models and experimentation strategies in scientific studies. *Review of Educational Research*, 66, 181-221.
- Strike, K., & Posner, G. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. West and A. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press.
- Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-417.
- Tobin, K., & Capie, W. (1982). Relationships between formal reasoning ability, locus of control, academic engagement, and integrated process skill development. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 113-121.
- Yip, D. Y. (2007). Biology students' understanding of the concept of hypothesis. *Teaching Science*, 53(4), 23-27.
- Zohar, A., & Aharon-KKravetsky, S. (2005). Exploring the effects of cognitive conflict and direct teaching for students of different academic levels. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 829-855.