

# 동물학 과제에서 초등학교 예비 교사들이 생성한 과학적 가설의 구조와 유형

정진수

(한국교원대학교)

## The Structure and Type of Scientific Hypotheses on Zoological Tasks as Generated by Prospective Elementary School Teachers

Jeong, Jin-Su

(Korea National University of Education)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the structure and type of prospective elementary school teachers' scientific hypotheses generated on zoological tasks. The subjects were 18 prospective elementary school teachers. Four zoological hypothesis generation tasks were developed and administered to the subjects. After being presented with the zoological situations of the tasks, the subjects were asked to generate causal questions and scientific hypotheses. The scientific hypotheses were analyzed by the inductive approach. The results of this study showed that the hypotheses contained explicans and explicanda. The explicans were divided into two parts: 'what' and 'how'. In some cases, additional explanations were attached to the 'what' section. In addition, the hypotheses were classified into 9 types. The number of explicanda, the pattern of explicans, and the number of explicans were used as criteria for classification purposes. This study also discussed the implications of these findings for future directions in teaching and learning in science education.

**Key words** : scientific hypothesis, prospective elementary school teacher, explicans, explicanda

### I. 서 론

과학적 가설이란 자연 현상에 대해 인과적으로 설명한 명제나 명제들의 집합이다(Jeong & Kwon, 2006). 중간적 지식인 과학적 가설은 발견의 맥락(context of discovery)에서 생성되어 정당화의 맥락(context of justification)을 통해 결과적 지식으로 자리 잡게 된다(권용주 등, 2006b; Hanson, 1958; Hempel, 1966). 다시 말하면, 귀납과 귀추적 과정을 통해서 생성된 후 연역적 과정을 통해서 검증된다(양일호 등, 2006). 따라서 과학적 가설의 생성은 과학의 지식 생성 과정에서 가장 창의적이고 핵심적인 과정이라고 할 수 있다(권용주 등, 2003). 뿐만 아니라

과학 교육에서도 새로운 가설의 생성은 학생들의 과학 성취도와 논리적 사고력 및 과학적 창의력도 밀접하게 관련되어 있기 때문에 매우 중요한 학습 과정으로 여겨지고 있다(권용주 등, 2003; 정진수, 2006).

이러한 중요성에 따라서 과학 교육 분야에서는 과학적 가설의 의미에 관한 연구(권용주 등, 2006b; Jeong & Kwon, 2006), 가설 생성의 사고 과정에 관한 연구(양일호 등, 2006; 정진수, 2004; Hanson, 1958; Kwon *et al.*, 2006; Lawson, 1995), 가설 생성과 두뇌 활성화에 관한 연구(권용주 등, 2006a; Jin *et al.*, 2006a, 2006b), 학생들의 가설 생성력을 향상시키기 위한 연구(강순희와 김은숙, 2005; 정재구 등, 2005; 정진

2007.1.24(접수), 2007.2.6(최종통과)

E-mail: jinsu@hwp.or.kr(정진수)

수, 2006; 정진수 등, 2005) 등이 계속적으로 수행되고 있다. 그러나 과학적 가설에 관한 선행 연구들 중에서 가설의 구조나 유형에 관한 연구는 찾아보기 어렵다.

과학적 가설의 구조를 명확하게 파악하는 것은 과학 교육에서 매우 중요하다. 왜냐하면 정당화의 맥락에서 가설을 검증할 때, 가설의 구조에 따라서 검증 방법이 달라질 수 있기 때문이다(박순화 등, 2005). 예를 들어 단일 명제로 이루어진 가설의 경우에는 하나의 설명자에 대해서만 검증을 실시하면 되지만, 여러 개의 명제로 구성된 가설의 경우에는 각각의 명제들을 모두 검증해야 가설이 검증되었다고 할 수 있기 때문이다.

그렇다면 가설은 어떤 구조로 되어 있는가? 실제로 가설의 구조에 대해서 직접적으로 논의한 선행 연구는 거의 찾아보기 어렵다. 그러나 과학적 가설의 정의나 생성 과정에 관한 연구들을 살펴보면 가설의 구조에 관한 몇 가지 단서를 찾을 수 있다. 먼저 Fischer(2001)에 의해 재구성된 Peirce의 가설 생성 과정에 의하면 가설은 '결과(result)'에서 '원인(cause)'으로 진행되는 귀추에 의해서 생성된다. 이 과정에 의하면 가설은 '원인'과 '결과'라는 두 가지 요소로 구성되어 있음을 알 수 있다. 같은 맥락에서 Hanson(1958)의 주장에 의하면 가설은 '설명자(explicans)'와 '설명 대상(explicanda)'으로, Lawson(1995)에 의하면 '원인(cause)'과 '현상(phenomenon)'으로, 권용주 등(2003)에 의하면 '가설적 설명자(hypothetical explicans)'와 '의문 상황(questioning situation)'으로 구분된다고 할 수 있다. 이들의 주장에 나타난 가설의 구조는 사용한 용어가 서로 다를 뿐 모두 '설명하는 것'과 '설명의 대상이 되는 현상'으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

또한 정진수(2004)의 삼원 귀추 모형(TAM : triple abduction model)에 의하면 과학적 가설에서 설명 대상이 되는 '의문 상황(questioning situation)'은 여러 개의 '의문 현상(questioning phenomena)'으로 구분될 수 있고, 이때 각각의 의문 현상들은 서로 다른 '설명자들(explicans)'에 의해서 인과적으로 설명된다. 실제로 Mayr(1991)는 생물 종의 다양성을 설명하는 가설인 자연 선택설도 몇 개의 하위 설명들이 마치 하나의 꾸러미처럼 묶여져 있는 구조로 되어 있다고 주장하였다. 즉, 생식에 의해서 개체의 수가 언제나 과잉된 상태로 지속된다는 설명, 생식

의 과정에서 유전적 변이들이 끊임없이 만들어진다는 설명, 개체들마다 유전적으로 서로 다르다는 설명, 생식적으로 보다 뛰어난 개체들이 선택된다는 설명 등을 비롯하여 여러 가지 설명들이 자연선택설이라는 가설을 구성한다고 주장하였다.

이상의 과학적 가설의 정의나 생성 과정에 관한 연구들을 종합해볼 때, Hanson(1958)의 용어를 사용한다면, 과학적 가설은 '설명자(explicans)'와 '설명 대상(explicanda)'으로 구분될 수 있고, 각각은 다시 여러 개의 하위 요소들로 구분될 수 있음을 알 수 있다. 그러나 설명자와 설명 대상의 관계, 하위 요소들 간의 관계, 이러한 구조적 차이에 의한 가설의 유형 분류에 관한 연구가 충분하다고 할 수 없다. 따라서 이 연구는 초등학교 예비 교사들에게 '세포', '조직', '개체군', '군집' 등의 수준에서 동물학의 현상들을 제시하고 가설을 생성하게 한 후, 생성된 생물학 가설들의 구조를 분석하고 유형화하고자 했다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 훈련 방법

이 연구의 목적은 동물학 영역의 생명 현상들을 제시했을 때 초등학교 예비 교사들이 생성한 가설의 구조를 분석하고 유형화하는 것이었다. 이를 위해서 가설의 의미를 정확하게 알고 있고, 생명 현상이 주어졌을 때 인과적 의문을 쉽게 생성할 수 있으며, 생성한 인과적 의문을 설명할 수 있는 가설을 자세하게 기술할 수 있을 것으로 기대되는 초등학교와 대학생 18명을 연구 대상으로 표집하였다.

연구자는 연구 대상 예비 교사 18명을 세 개의 연습 과제를 통해서 가설 생성 방법을 훈련하였다. 연구자는 훈련 과제를 통해서 연구 대상 예비 교사들이 과학적 가설이란 현상의 원인을 설명하는 것임을 충분히 이해할 수 있도록 하였고, 또한 생성한 자신의 가설을 가능하면 자세하게 기술할 수 있도록 훈련하였다.

### 2. 과제 및 분석 방법

연구 대상 예비 교사들에게 제시한 동물학 영역의 가설 생성 과제는 '카탈라아제', '통각신경', '개구리', '뿔도마뱀' 등의 과제였다. 카탈라아제 과제

는 세포 수준의 현상을 제시하는 과제였다. 즉, 연구자가 생간이 과산화수소수와 만나면 거품이 발생하는 현상을 제시하고, 예비 교사들이 인과적 의문을 떠올린 후 그 원인을 설명하는 가설을 생성하게 하는 과제였다. 통각 신경 과제는 책상과 같이 딱딱한 물체의 모서리에 다리와 같은 신체의 일부가 부딪혔을 때 반사적으로 부딪힌 부분을 손으로 문지르는 행동을 통해서 통각을 완화하는 현상을 주지시키고, 통각이 실제로 완화되는 이유를 설명하게 하는 과제였다. 이 과제는 조직 수준에서 생명 현상을 제시한 것이었다. 개구리 과제는 개체군 수준의 과제로서, 산란기에 나무 위에 개구리들이 모여 있는 사진을 보여주고 이유를 설명하게 한 과제였다. 마지막으로 빨도마뱀 과제는 다른 생물로부터 생명의 위협을 느낀 빨도마뱀이 눈에서 핏빛의 액체를 내뿜는 현상을 보여주고, 어떻게 그렇게 할 수 있는지를 설명하게 한 과제였다. 이 과제는 군집 수준의 생명 현상을 제시하는 데 목적이 있었다.

연구자는 18명의 연구 대상 예비 교사들이 네 과제를 수행하면서 생성한 106개의 가설들을 분석하기 위해서 귀납적인 방법을 사용하였다. 즉, 연구 대상 예비 교사들이 기술한 가설들에서 공통성을 찾아내고, 찾아낸 공통성을 개념화 하여 과학적 가설의 구조도를 제시하였으며, 이 구조도를 근거로 가설들을 분류하였다. 이 과정에서 연구자의 분석 신뢰도를 확보하기 위해서 생물교육 전문가 3명과 고등학교 생물교사 3명을 참여시켰다. 이들은 연구자가 개발한 분석 기준에 따라 제시된 12개의 가설을 독립적으로 분석하였다. 분석 결과, 12개의 가설에서 2명의 교사들이 1개씩의 가설을 연구자와 다른 형태로 분석하였다. 그러나 연구자와의 협의 후 연구자의 분석 결과에 100% 동의를 얻을 수 있었다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 가설의 구조

초등학교 예비 교사 18명은 카탈라아제 과제에서 21개, 통각신경 과제에서 31개, 개구리 과제에서 32개, 빨도마뱀 과제에서 22개의 가설을 생성하였다. 다음은 예비 교사들이 생성한 가설을 과제별로 예시한 것이다.

#### (카탈라아제 과제)

- 예시 1. 과산화수소와 간이 반응하여 산소 기체가 발생하여 거품이 발생했다.
- 예시 2. 산소가 발생되어 거품이 일어났다.
- 예시 3. 간 속의 어떤 성분과 과산화수소가 반응하여 산소가 발생했다.

#### (통각신경 과제)

- 예시 4. 손의 체온과 촉감이 부딪힌 부분에 전달되면 아픔의 전달이 둔화되어 고통이 줄어든다.
- 예시 5. 통증 부위 통증의 감각을 무디게 만들고, 문지를 때 발생하는 마찰열이 통증을 줄여줄 것이고, 문지르는 행위에 생각이 집중되어서 통증 인식이 감소되어 통증이 완화될 것이다.
- 예시 6. 사람의 뇌는 무의식적인 것보다 의식적인 것에 반응하기 쉽다. 통증은 무의식적인 측면이 강하고, 문지르는 것은 의식적인 것이므로 뇌는 문지르는 것에 집중하기 때문에 고통이 완화된다.

#### (개구리 과제)

- 예시 7. 배설물로 교신했다.
- 예시 8. 나무 아래 연못이 있는데, 암컷 개구리가 나뭇가지에 매달려 특유의 냄새가 나는 분비물을 뿜어내자 다소의 수컷 개구리들이 모여들었다.
- 예시 9. 나뭇가지에서 개구리를 유인하는 물질이 분비되어 개구리들이 모였고, 갑작스런 외부 물질의 자극으로 인해 개구리들이 분비물을 흘리면서 거품이 만들어졌다.

#### (빨도마뱀 과제)

- 예시 10. 외부 위협 때문에 빨도마뱀이 몸을 움츠리게 되고, 이에 따라 체내 혈압이 높아지면서 몸에서 가장 약한 혈관 구조를 가진 눈 주변의 혈관이 터지면서 혈액이 뿜어져 나왔다.
- 예시 11. 빨도마뱀의 머리 위의 빨에는 비상시 자신을 보호하기 위한 비상샘이 있어서 생명을 위협하는 상황이 벌어지면 체내 혈압이 높아져서 비상샘에 저장되어 있던 붉은 분비물이 눈을 통해 분출될 것이다.
- 예시 12. 빨도마뱀의 안구 주위에는 다량의

피를 저장할 수 있는 주머니가 있다. 이 주머니에는 평소에는 피가 원활하게 잘 흐르지만 약간씩 흥분 상태가 되면 한쪽 혈관이 막히면서 피가 모이게 된다. 이 주머니 안쪽에는 풍선처럼 순식간에 부풀는 공기 주머니가 있다. 흥분 상태에 도달하게 되면 공기 주머니에 갑자기 공기를 집어넣어 풍선처럼 부풀게 되면 그 압력으로 인해 피가 나가는 것이다.

먼저, 카탈라아제 과제에서 생성된 예시 1의 “과산화수소와 간이 반응하여 산소 기체가 발생하여 거품이 발생했다.”는 가설은 Hanson(1958)의 주장과 같이 ‘설명자’와 ‘설명 대상’으로 구분될 수 있음을 알 수 있다. 즉, ‘과산화수소와 간이 반응하여 산소 기체가 발생하여’는 설명자에 해당되고, ‘거품이 발생’은 설명 대상이라고 볼 수 있다. 더 나아가 설명자는 ‘과산화수소와 간이 반응하여’와 ‘산소 기체가 발생하여’로 다시 구분될 수 있다. 여기에서 문맥상으로 볼 때, 산소 기체가 발생한 것이 거품 발생의 근접한 원인이고, 과산화수소와 간이 반응한 것은 산소 기체가 발생한 것의 원인임을 알 수 있다. 이러한 구조에서 설명 대상에 근접한 순서에 따라서 설명자의 순서를 정하면 ‘산소 기체가 발생하여’를 1차 설명자, ‘과산화수소와 간이 반응하여’를 2차 설명자라고 할 수 있을 것이다. 즉, 예시 1의 가설에서 1차 설명자는 관찰된 현상의 가장 근접한 원인이고, 2차 설명자는 1차 설명자의 원인이다.

또한, 각각의 설명자들을 분석해 보면 설명자는 ‘무엇이(what)’와 ‘어떻게(how)’가 합쳐진 구조로 되어 있음을 알 수 있다. 2차 설명자에서 ‘과산화수소와 간’은 ‘무엇이’에 해당하고, ‘반응하여’는 ‘어떻게’에 해당한다. 같은 방식으로 1차 설명자는 ‘산소 기체’와 ‘발생하여’로 구분될 수 있다.

이상의 방법에 따라 예시 1의 가설을 분석하여 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 그림에서 □는 설

명자의 ‘무엇이’를, ○는 설명자의 ‘어떻게’를, ○는 설명 대상을 나타낸 것이다. 또한 →는 화살표 왼쪽에 있는 것이 오른쪽에 있는 것의 원인이 된다는 것을 나타내준다.

위와 같은 방법으로 위에 제시된 12개의 예시들을 각각 구조도로 나타내면 그림 2와 같다.

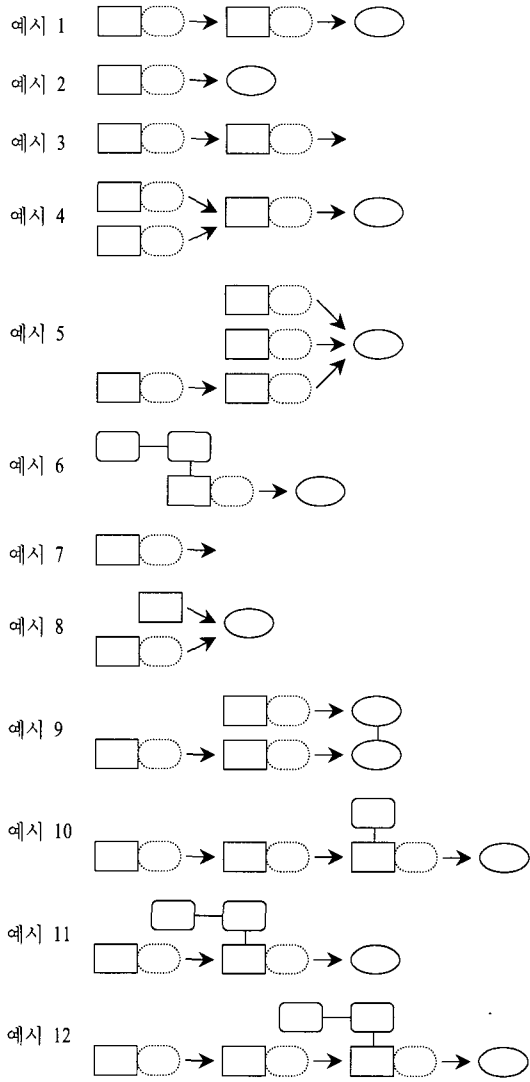


그림 2. 예시된 가설의 구조도

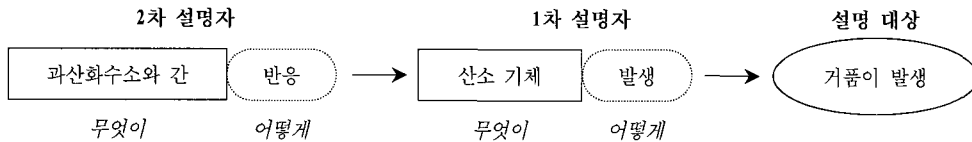


그림 1. 예시 1 가설의 구조도

그림 2에 제시된 구조도들의 특징을 논의해 보면, 먼저, 예시 3과 7에는 설명자만 있을 뿐 설명 대상이 가설에 나타나 있지 않다. 예시 3의 경우에 거품이 발생한 현상이 설명 대상인데, 가설에 그 현상이 기술되어 있지 않고, 예시 7의 경우에도 설명 대상인 개구리들이 모여 있는 현상이 가설에 나타나 있지 않다.

한편, 예시 4, 5, 8에서는 한 개의 설명 대상을 두 개 이상의 설명자가 병렬 구조로 설명하고 있다. 예시 4에서는 ‘손의 체온’과 ‘손의 촉감’이라는 설명자가 고통이 둔화된 현상의 원인을 병렬적으로 설명하고 있고, 예시 5의 가설에서는 통증이 완화된 이유가 감각의 무더짐, 마찰열, 생각의 분산 등임을 기술하고 있다. 마찬가지로 예시 8에서는 나무 아래 연못이 있다는 것과 암컷이 냄새를 분비하는 것 때문에 개구리들이 모여들었다고 설명하였다.

그리고 예시 6, 10, 11, 12 등은 설명자의 ‘무엇이’에 해당하는 것에 보조 설명(additional explanation, □)이 붙어있는 형태를 보여주고 있다. 예시 6의 경우에는 뇌에 대해서 무의식적인 것보다 의식적인 것에 반응하기 쉽다는 설명을 부가적으로 달고 있고, 예시 10의 경우에는 눈 주변의 혈관 구조에 대해서 가장 약한 구조로 되어 있다고 부연 설명하고 있다. 또한 예시 11에서는 붉은 분비물이 빨속의 비상 샘 속에 들어있다고 기술하고 있고, 예시 12에서는 피가 안구 주위의 주머니 속에 있다고 설명하고 있다.

더 나아가, 예시 9는 설명 대상이 2개인 경우를 보여주고 있다. 즉, 개구리들이 모여 있는 원인을 설명하는 것과 개구리 주변에 거품이 만들어져 있는 현상을 설명하는 설명자들이 독립적으로 기술되어 있는 구조를 보이고 있다.

이상의 분석 결과에 의하면, 가설은 크게 ‘설명

자(explicans)’와 ‘설명 대상(explicanda)’으로 구분될 수 있고, 설명자는 경우에 따라서 여러 개의 ‘하위 설명자(sub-explicans)’로 나눌 수 있다. 그리고 설명자는 ‘무엇이(what)’에 해당하는 부분과 ‘어떻게(how)’에 해당하는 부분으로 다시 구분될 수 있으며, ‘무엇이’부분은 ‘보조 설명(additional explanation)’이 따라 붙을 수도 있다. 또한 설명 대상도 경우에 따라서는 여러 개의 ‘하위 설명 대상(sub-explicanda)’으로 나눌 수 있다.

## 2. 가설의 유형

위 절에서 논의한 가설의 구조에 의하면 가설은 설명 대상의 수, 설명자의 수, 설명자의 배열 형태에 따라서 분류될 수 있을 것이다. 이러한 분류 기준들을 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

그림 3에 의하면 가설은 먼저 설명 대상의 수에 따라서는 설명 대상이 없는 것, 한 개인 것, 두 개 이상인 것 등으로 분류될 수 있다. 그리고 설명자의 수에 따라서는 한 개인 것과 두 개 이상인 것으로 분류될 수 있다. 또한, 설명자의 형태에 따라서는 직선형과 병렬형으로 구분될 수 있다. 이러한 분류 기준에서 설명 대상에 따른 종류를 세로 방향으로, 설명자의 수에 따른 종류를 가로 방향으로 배열함으로써 2차원의 평면 위에 나타낼 수 있고, 설명자가 복수인 것을 다시 직선과 병렬로 세분하여 나타낼 수 있다. 이것을 가설의 분류틀로 제시하면 표 1과 같다.

과학적 가설은 표 1과 같이 설명 대상에 따라서 3가지로 분류될 수 있고, 설명자에 따라서도 3가지로 분류될 수 있다. 따라서 가설은 구조에 따라서 모두 9가지 종류(가~자)로 구분될 수 있다. 표 1에서 ‘가’형은 예시 7과 같이 설명 대상이 기술되어 있지 않고 한 개의 설명자만으로 기술된 유형이다.

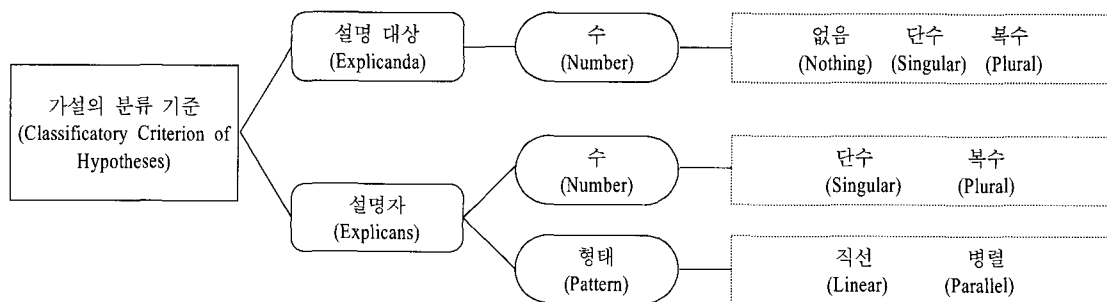


그림 3. 구조에 따른 과학적 가설의 분류 기준

표 1. 구조에 따른 과학적 가설 분류들

분류 기준	설명자		
	단수	복수	
		직선	병렬
없음	가	나	다
설명 대상 단수	라	마	바
복수	사	아	자

‘나’형은 예시 3과 같이 두 개 이상의 설명자가 기술되어 있고 설명 대상은 기술되어 있지 않은 유형이다. ‘다’형은 설명 대상의 기술 없이 설명자들을 병렬적으로 기술한 유형으로 예시 5나 8에서 설명 대상을 제외한 형태이다.

‘라’, ‘마’, ‘바’형은 ‘가’, ‘나’, ‘다’형의 가설에 각각 설명 대상이 더해진 형태이다. ‘라’형은 예시 2와 6의 유형이고, ‘마’형은 예시 1, 10, 11, 12 등과 같은 유형이다. 여기에서, 예시 10, 11, 12 등에 붙어 있는 결과지들은 모두 설명자의 구조를 상세히 기술한 보조 설명들이기 때문에 ‘마’형으로 분류한다. 또한, ‘바’형은 예시 4, 5, 8 등과 같은 유형이다.

이상의 ‘라~바’까지의 가설들은 모두 설명 대상이 한 개인 가설 유형이다. 다시 말하면 한 개의 현상(phenomenon)으로 된 인과적 의문(causal question)을 설명하기 위한 가설이라고 할 수 있다(권용주 등, 2003). 반면에 ‘사’, ‘아’, ‘자’형은 설명 대상이 두 개 이상인 가설 유형이다. 이 유형은 여러 개의 현상을 포함하는 의문 상황(questioning situation)을 설명하기 위한 가설이라고 할 수 있다(정진수, 2004). 그림 2에 예시된 가설 중 9번의 가설만이 유일하게 이 유형에 속한다. 특히 예시 9번은 각 설명 대상에 대해서 설명자들이 모두 직선적으로 배열되어 있기 때문에 ‘아’형으로 분류된다. 만약에 각각의 설명 대상에 대해서 한 개씩의 설명자만 있다면 ‘사’형으로 분류되어야 할 것이고, 둘 중 한 개 이상의 설명 대상에 대해서 설명자들이 병렬적으로 배열된다면 ‘자’형으로 분류되어야 할 것이다.

이러한 방법에 따라 초등학교 예비 교사들이 ‘카탈라아제’, ‘통각신경’, ‘개구리’, ‘빨도마뱀’ 등의 4가지 과제에서 생성한 가설들을 분류하여 나타내면 표 2와 같다.

초등학교 예비 교사 18명은 4개의 과제에서 모두 106개의 가설을 생성하였다. 즉, 카탈라아제에서 21개, 통각신경 과제에서 31개, 개구리 과제에서

표 2. 초등학교 예비 교사들의 생물학 가설 분류 결과

과제	분류 기준	설명자			계
		단수	복수		
			직선	병렬	
카탈라아제	없음	·	5	·	5
	설명 대상 단수	8	8	·	16
	복수	·	·	·	·
통각신경	없음	·	1	·	1
	설명 대상 단수	16	9	5	30
	복수	·	·	·	·
개구리	없음	2	2	·	4
	설명 대상 단수	12	11	·	23
	복수	·	5	·	5
빨도마뱀	없음	·	1	·	1
	설명 대상 단수	1	20	·	21
	복수	·	·	·	·
계	없음	2	9	·	11
	설명 대상 단수	37	48	5	90
	복수	·	5	·	5

32개, 빨도마뱀 과제에서 22개의 가설을 생성하였다. 이 중 11개를 제외한 나머지 95개의 가설은 모두 설명 대상을 포함하고 있었다. 11개의 가설에 설명 대상이 포함되지 않은 이유는 연구 대상 예비 교사들이 설명 대상이 현상을 반복 진술하는 것을 피하고자 한 것에서 비롯된 것으로 생각된다. 다시 말하면 가설 생성 단계 이전에 인과적 의문을 기술하는 과정이 있었고, 그 인과적 의문에는 설명해야 하는 현상이 포함되어 있었기 때문에 이미 기술된 현상을 다시 기술하는 것을 피하고자 했을 것으로 생각된다. 실제로 11개의 가설은 오직 3명의 연구 대상 예비 교사들에게서만 생성된 것들이다.

또한, 설명 대상이 포함된 95개의 가설 중 90개의 가설은 하나의 설명 대상을 설명하는 구조로 되어 있었다. 이것은 연구 대상 예비 교사들이 제시된 생물학 상황에서 특정한 현상에만 주목했기 때문에 나타난 결과라고 생각된다. 즉, 카탈라아제 과제에서는 발생하는 거품에, 통각신경 과제에서는 통증에, 개구리 과제에서는 개구리들이 모여 있는 현상에, 빨도마뱀 과제에서는 눈에서 붉은 색의 액체가 나오는 것에만 주목하여 의문을 생성하고 그 의문에 대한 가설을 생성한 결과라고 생각할 수 있다. 이것은 예비 교사들의 응답을 분석한 결과, 두 명을 제외한 모든 예비 교사들의 의문이 같았다는 결

과를 통해서도 뒷받침된다.

그러나 개구리 과제에서는 설명 대상이 두 개인 가설이 다섯 개 생성되었다. 이것은 개구리 과제의 특성에서 비롯된 것으로 생각된다. 이 과제에는 두 개의 현상이 의문을 갖게 할 만큼 두드러지게 나타난다. 즉, ‘개구리들이 집단으로 모여 있다’는 현상과 ‘개구리 주위에 거품이 있다’는 현상이 그것이다. 표 2의 설명 대상이 복수인 가설 모두가 이 두 가지 현상을 설명하는 가설이었다.

사실 다른 과제들도 의문 상황을 자세히 분석하면 여러 개의 의문 현상, 즉 보다 구체적인 설명 대상으로 구분할 수 있다. 예를 들어 카탈라아제 과제의 경우, 발생하던 거품이 일정 시간이 지나면 더 이상 발생하지 않는다. 따라서 의문 상황은 ‘거품이 발생하는 것’과 ‘거품의 발생이 중단된 것’과 같은 구체적인 현상으로 세분될 수 있다. 이와 같이 연구 대상 예비 교사들이 주어진 의문 상황들을 자세하게 분석할 수 있었다면 보다 정교한 가설을 생성할 수 있었을 것이다. 이것은 의문 상황을 분석할 수 있는 능력이 보다 정교한 가설을 만들 수 있는 능력에 직접적으로 관련 있다는 선행 연구(정진수, 2004)의 주장과 맥을 같이 한다고 할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

초등학교 예비 교사 18명이 동물 현상에 관한 4개의 가설 생성 과제에서 생성한 106개의 가설을 분석한 결과에 의하면, 가설은 크게 ‘설명자’와 ‘설명 대상’으로 구분될 수 있고, 설명자는 여러 개의 ‘하위 설명자’로 다시 나뉠 수 있다. 그리고 각각의 하위 설명자는 ‘무엇이’에 해당하는 부분과 ‘어떻게’에 해당하는 부분으로 세분될 수 있고, ‘무엇이’ 부분은 ‘보조 설명’이 따라 붙을 수도 있다. 또한 설명 대상도 경우에 따라서는 여러 개의 ‘하위 설명 대상’으로 나뉠 수 있다.

그리고 생물학의 가설은 설명 대상의 수, 설명자의 수, 설명자의 배열 형태에 따라서 분류될 수 있다. 먼저 설명 대상의 수에 따라서는 설명 대상이 없는 것, 한 개인 것, 두 개 이상인 것 등으로 분류될 수 있으며, 설명자의 수에 따라서는 한 개인 것과 두 개 이상인 것으로 분류될 수 있다. 또한 설명자의 배열 형태에 따라서는 직선형과 병렬형으로 구분될 수 있다. 이러한 분류 기준에 따라 설명 대

상을 세로 방향으로, 설명자를 가로 방향으로 2차원의 평면 위에 나타내면 가설은 9가지 유형으로 구분될 수 있다. 그리고 이 과학적 가설 분류들에 따라 예비 교사들의 가설을 분류해 본 결과, 제시한 과제의 특성에 따라서 가설의 유형 분포가 달라짐을 확인할 수 있었다.

이 연구를 통해서 밝혀진 가설의 구조에 관한 결과는 예비 교사들이나 학생들이 생성한 과학적 가설을 평가하는데 적용될 수 있을 것으로 기대된다. 예를 들어서 설명자나 설명 대상의 수가 많을수록 가설의 정교성, 즉 설명도가 높다고 할 수 있다. 왜냐하면 설명 대상의 수가 많다는 것은 의문 상황을 보다 분석적으로 관찰하여 세분했다는 것을 의미하고, 설명자가 많다는 것은 현상의 원인에 대해서 자세하게 기술했다는 것을 의미하기 때문이다. 더 나아가 가설의 구조에 관한 결과는 가설을 검증하는 실험을 설계하는 수업에도 적용될 수 있을 것으로 생각된다. 즉, 교사는 학생들로 하여금 가설의 구조도를 스스로 작성하게 함으로써 학생들이 검증해야 할 변인들이 무엇인지 보다 명확하게 이해할 수 있도록 도울 수 있을 것이다.

또한, 이 연구에서 개발한 과학적 가설의 분류들은 서로 다른 학교급의 학생들이나 인지적 특성이 상이한 학생들의 가설 생성 결과를 비교할 때 유용할 것으로 기대된다. 예를 들어서 같은 과학적 의문 현상에 대해서 초등학생들과 중등학생들이 생성한 가설을 비교할 때 각 학교급에서 특징적으로 나타나는 가설의 유형이 무엇인지, 또 학교급에 따라 어떻게 다른지를 비교할 때 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

- 강순희, 김은숙(2005). 창의성의 기저가 되는 가설 연역적 사고력 신장을 고려한 과학 교수인 STS 수업 전략의 효과-화학 I의 물 단원. 한국과학교육학회지, 25(3), 327-335.
- 권용주, 박지영, 신동훈, 정진수, 박국태(2006a). 가설 생성 학습 후에 나타난 초등학생의 두뇌 활성 변화. 한국생물교육학회지, 34(1), 72-80.
- 권용주, 정진수, 강민정, 김영신(2003). 과학적 가설 지식의 생성 과정에 대한 바탕이론. 한국과학교육학회지, 23(5), 458-469.
- 권용주, 정진수, 이준기(2006b). 생명 현상에 대한 과학

- 교사들의 감정적 설명의 유형. 한국생물교육학회지, 34(2), 297-305.
- 박순화, 고경태, 정진수, 권용주(2005). 생물학 탐구에서 학생들이 생성한 가설검증방법의 유형. 한국과학교육학회지, 25(2), 230-238.
- 정재구, 양일호, 정진우, 위수민, 이혜정(2005). 예비 교사들의 과학철학적 관점과 대안적 가설에 반응하는 유형과의 관계. 한국과학교육학회지, 25 (2), 133-145.
- 정진수(2004). 과학적 가설 생성에 대한 삼원 귀추 모형의 개발과 적용. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 정진수(2006). 초·중등 학생들의 과학적 가설 생성력 측정 도구 개발과 활용. 한국생물교육학회지, 34(3), 388-404.
- 정진수, 원희정, 권용주(2005). 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원귀추모형의 적용. 한국과학교육학회지, 25(5), 595-602.
- 양일호, 정진수, 권용주, 정진우, 허명, 오창호(2006). 과학자의 과학지식 생성 과정에 대한 심층 면담 연구. 한국과학교육학회지, 26(1), 88-98.
- Fischer, H. R. (2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. *Foundations of Science*, 6, 361- 383.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery: an inquiry into conceptual foundations of science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hempel, C. C. (1966). *Philosophy of natural science*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Jeong, J., & Kwon, Y. (2006). Definition of scientific hypothesis: a generalization or a causal explanation? *Journal of Korea Association for Research in Science Education*, 26(5), 637-645.
- Jin, S., Kwon, Y., Jeong, J., Kwon, S., & Shin, D. (2006a). Differences in brain information transmission between gifted and normal children during scientific hypothesis generation. *Brain and Cognition*, 62, 191-197.
- Jin, S., Kwon, Y., Jeong, J., Kwon, S., & Shin, D. (2006b). Increased information transmission during scientific hypothesis generation: mutual information analysis of multichannel EEG. *International Journal of Psychophysiology*, 62, 337-344.
- Kwon, Y., Jeong, J., & Park, Y. (2006). Roles of abductive reasoning and prior belief in children's generation of hypotheses about pendulum motion. *Science & Education*, 15, 643-656.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Mayr, E. (1991). *One long argument: Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought*. Cambridge, MA: Harvard University Press.