

# 예비 과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석

권용주 · 양일호<sup>1</sup> · 정원우<sup>2</sup>

(포항공과대학교) · <sup>1</sup>(한국교원대학교) · <sup>2</sup>(경북대학교)

## An Explorative Analysis of Hypothesis-Generation by Pre-service Science Teachers

Kwon, Yong-Ju · Yang, Il-Ho<sup>1</sup> · Chung, Won-Woo

(Pohang University of Science and Technology) ·

<sup>1</sup>(Korea National University of Education) · <sup>2</sup>(Kyungbuk National University)

### ABSTRACT

Abstract. Hypothesis is defined as a single proposition proposed as a possible explanation for the occurrence of some observed phenomena. The purpose of this study was to analyze and categorize hypotheses generated by students on the cause of difference between the structures of muscles of the fishes and the terrestrial animals. A hypothesis-generating test was administered to 23 three college students who were majoring in science education. The study showed that college students generated manipulative and theoretical hypotheses as proposed explanations for the structural difference between muscles of the fishes and the terrestrial animals. Furthermore, students generated several hypotheses which were categorized by the quality of abductive process based on the degree of likeness between experienced knowledge and current phenomena. This study also discusses the implications of these findings for teaching and research in science education.

**Key words** : process of hypothesis-generating, abduction, manipulative hypotheses, theoretical hypotheses, quality of hypothesis.

### I. 서론

가설의 창안과 검정은 과학적 탐구의 과정에서 가장 핵심적인 과정의 하나로 여겨져 왔다(Alcock, 1989; Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn et al., 1988; Kwon, 1997; Lawson, 1995). 또한 가설의 창안 또는 검증 기능의 발달은 학생들의 과학적 성취도 향상, 논리적 사고의 발달, 그리고 창의적 사고의

발달에 매우 밀접하게 관련되어 있음이 다수의 연구들에 의해서 논의되어 왔다(Adsit & London, 1997; Lawson, 1985; Lawson, et al., 1989).

일반적으로, 가설이란 어떤 특정 집단의 현상들이 일어나는 원인으로 설명되어지는 제안된 명제나 명제들의 집합으로 정의된다(Barnhart, 1953). 그러면 이러한 가설은 어떻게 창안되는가? 가설의 창안 과정은 외전(外傳, abduction)이라는 과정으로 설명될 수 있

\* 1999년 7월 7일 받음.

\*\*이 논문은 1998년도 경북대학교 Post-Doc. 연수지원에 의하여 연구되었음.

다고 제시하였다(Hanson, 1958). 즉, 외전이란 미지의 현 상황을 이미 알고 있는 다른 상황과의 유사성에 바탕을 두고, 이를 차용하여 설명하는 추론의 한 과정으로 설명될 수 있다(Hanson, 1958; Lawson, 1995). 이러한 Hanson과 Lawson의 설명에 기초한다면, 우리가 창안하는 가설은 관찰을 단순·일반화하여 얻어지는 귀납의 과정이나 또는 가설로부터 다음 단계에서 일어날 것으로 예측되는 현상을 연역하는 과정으로부터 얻어진다고 볼 수는 없다. 즉, 가설은 이러한 귀납이나 연역의 과정이 아닌, 미지의 관찰된 현상을 우리가 이미 알고 있는 사전지식과 비교하여 어떻게 유사한가에 대해서 분석할 수 있는 형태의 논리적 이해 과정과 이러한 유사성을 미지의 현 상황을 위한 가설원으로서 차용할 수 있는 형태의 사고 과정이 동시에 수행하는 인지적 활동에 의해 창안된다고 할 수 있겠다.

가설의 창안은 관찰된 현상에서 발상되는 의문이나 문제의 해결을 위한 과학적 설명으로 접근할 수 있는 관문이기 때문에 많은 연구자들은 가설의 창안이 과학적 탐구에서 가장 중요한 사고 기능의 하나라고 주장해 왔다(Adsit & London, 1997; Klahr & Dunbar, 1988; Lawson, 1995; Peter, 1992; Wenham, 1993). 더 나아가, 과학적 탐구 사고력 향상이 교수·학습의 가장 중요한 목표의 하나이자 교수·학습 활동의 가장 중요한 요소의 하나로 되어 있는 과학교육의 특성을 감안하면, 가설 창안 활동은 과학 교수·학습 활동의 가장 중심적인 활동의 하나로 다루어져야 함은 물론이고, 그에 앞서 가설 창안의 과정에 대한 보다 진보된 설명이 제공되어야 할 것이다.

그러나, 이러한 가설의 창안 기능에 대한 중요성에도 불구하고 학생들의 가설 창안 과정에 대한 체계적인 연구는 제대로 이루어지지 못하고 있다. 비록 극히 일부 연구가 학생들이 제시한 가설에 대해서 분석을 하였지만, 이들 연구들은 학생들의 가설에 대한 특성을 파악하는 데 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 첫째, 비록 이들 연구가 가설의 특성 분석을 위한 분석틀을 제시하였지만, 이는 가설 자체에 관한 본질적인 정의와 상이한 관점을 지니고 있다. 예를 들면,

구수정과 박승재(1995), Germann 등(1996)의 연구에서는 가설과 예측의 구분이 모호하고 고안된 검증 과정을 과정적 가설이라고 분류하는 등 가설의 본질적 정의를 평가하는 체계로 활용하기에는 중요한 제한점이 있다. 둘째, Germann 등(1996), Quinn과 Goerge(1975), Wenham(1993)의 연구에서는, 가설 창안에 대한 평가기준이 현상의 원인으로 제시된 가능성 있는 설명체계의 분석을 위해 고안된 것이 아니라 가설의 지지와 기각을 판단하는 데 기준이 되는 증거로 사용되는 예측의 제시를 평가하도록 설정되어 있는 제한점이 있다. 즉, 가설이 아니라 예측을 분석하기 위해서 고안했다는 것이다. 따라서 보다 체계적으로 학생들의 가설창안능력을 조사하고, 더 나아가 가설창안능력을 향상시키기 위한 과학 교수·학습 과정을 구성하기 위해서는 먼저, 이러한 연구에 앞서 학생들이 창안하는 가설의 특성을 본질적인 정의에 충실하여 분석한 기술적인 정보의 제공이 요구된다.

이러한 논의에 근거해서 본 연구는 먼저 다른 학교 급보다 진보된 가설을 창안할 것으로 예상되는 과학 교육 전공 대학생들이 과학활동에서 창안한 가설을 체계적으로 분석하고 분류하며, 그 결과를 보다 발전된 가설창안기능의 분류체계 고안을 위한 기초이론으로 활용하고자 연구를 수행하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구절차

본 연구에서는 먼저 어류의 근육이 육상동물의 근육보다 잘 부서지고 부드러운 조직을 갖게 된 원인이 되는 가설을 창안하는 기능을 평가하는 도구를 개발하였다. 그런 다음, 이 검사도구를 과학교육전공 대학생들에게 투입하여 이들이 창안한 가설을 수집하였다. 이렇게 수집한 학생들의 가설을 내용과 창안과정 측면에서 분석하여 분류되어진 범주별로 구분하여 제시하였다.

### 2. 피험자

본 연구에 참여한 피험자는 우리 나라 중부소재 교원양성대학교에 재학하고 있는 과학교육전공 학생 23명이다. 피험자의 전공별 분포를 보면 물리교육전공 5명, 화학교육전공 12명, 지구과학교육전공 2명, 그리고 환경교육전공 4명이었다. 그리고 피험자들의 학년별 분포는 2학년이 1명, 3학년이 17명, 그리고 4학년이 5명이었다.

### 3. 평가 도구

본 연구에서 사용된 가설검증기능 평가 도구는 생물학에 관련된 내용에 대한 현상과 그 현상에 대한 의문을 제시하고, 그 의문에 대해서 학생들이 가설을 창안하여 기술하도록 요구하는 가설창안기능 평가 도구이다(부록참고). 이 평가 도구에 제시된 과학적 상황은 생선의 근육이 육상동물의 근육에 비해 연하고 잘 찢어지는 조직을 갖게 된 상황을 제시하였고, 이어서 학생들에게 이러한 상황에 대한 원인적 설명을 제안하여 진술하도록 요구하였다.

## Ⅲ. 연구 결과 및 논의

### 1. 가설의 내용적 속성

왜 생선의 살코기는 육상동물의 살코기보다 익혔을 때 부드럽고 잘 부서지고 또 씹을 때 잘 쪼개지는가에 대해서 예비 과학교사들이 반응한 가설의 수와 내용적 속성에 대해서 조사한 결과, 창안한 가설의 수는 최대 6개에서 최소 1개의 가설을 창안하였고, 23명이 모두 52개의 가설을 창안하여 전체적으로 1인당 평균 2.26개의 가설을 창안하였다.

창안한 가설을 내용면에서 살펴보면 학생들은 Table 1과 같이 모두 16가지 내용에 관련된 가설을 창안하였다. 특히 이들 16가지 내용면 범주 가운데 예비 과학교사들은 운동의 양(물고기는 적은 운동, 육상동물은 많은 운동)과 운동의 방법(수영은 온몸, 육상동물은 부분운동)에 관한 가설을 가장 많이 제시하였다. 그 외에 먹이의 특성에서 연유된 차이(육상은 질긴 것, 수중은 연한 것)나 물고기가 물과 접하고 있

으므로 근육에 물이 스며들거나 녹아서 그렇다는 대답도 상대적으로 많이 제시하였다. 이외에도 Table 1에 나타난 것과 같이 본 연구에 참여한 예비 과학교사들은 다양한 내용으로 이루어진 가설을 창안하여 제시하였다.

### 2 가설의 조작적 속성

가설은 내용적 속성에 따라서 Table 1과 같은 다양한 범주로 분류될 수 있다. 그러나 가설은 이러한 내용적 속성뿐만 아니라 또 다른 관점의 속성에 의해서도 그 특성을 정성적으로 묘사할 수 있다. 가설을 정성적으로 묘사하는 또 다른 속성을 분석해 내기 위해서 먼저 생선과 육상동물의 삶은 근육의 차이에 대해서 예비 과학교사들이 창안한 가설을 살펴보고, 이들의 가설을 내용이외의 정성적 속성에서 보다 체계적으로 분석해 보고자 하였다. 예비 과학교사들이 창안된 가설 몇 가지를 제시해 보면 다음과 같다.

예비 과학교사 A의 한 가설:

운동량의 차이 때문에 어류가 어류보다 질긴 것이다. 어류는 물의 흐름에 따라 몸을 유연하게 움직이기 때문에 운동량이 적다. 반면 육류는 장애물도 있고 서있는 것 자체가 운동이기 때문에 운동량이 많다고 볼 수 있다. 이러한 운동량의 차이가 근육의 발달차이를 가져와 특성의 차이를 보이게 했을 것이다.

예비 과학교사 B의 한 가설:

먹이가 다르므로 근육조직의 발달정도가 다를 것이다. 즉, 육상동물은 물이 상대적으로 적게 함유된 질긴 음식을 먹고 이것은 다시 근육이 질기게 만들고, 또 어류는 물이 상대적으로 많이 함유된 부드러운 먹이를 먹기 때문에 이것은 근육을 부드럽게 만들 것이다.

예비 과학교사 C의 한 가설

물에 사는 어류는 (근육 속의) 단백질의 일부가 물에 부분적으로 녹아서 물고기의 근육은 부드럽

**Table 1.** Content categories of hypotheses

Content categories	Frequency
1. The difference between the amount and/or method of exercise of the fish and the terrestrial animals caused the uniqueness of their muscle structures.	17
2. The muscle of the fish is softer and more fragile than the terrestrial animal's because the fish eats softer and tenderer prey than terrestrial animals do.	6
3. The muscle of the fish is softer and more fragile than the terrestrial animal's because the muscle and its protein of the fish are submerged in water whereas those of the terrestrial animals are not.	5
4. The unique difference between skeletal structures of the fish and the terrestrial animal caused the distinction between their muscle structures.	3
5. The environmental differences between water and the land caused the unique development of the muscle of the fish and the terrestrial animal.	3
6. The texture of muscles of the fish is softer, tenderer, and more fragile than the terrestrial animal's.	3
7. The streamlined shape in the fish, which has presumably been developed to minimize the resistance of hydraulic pressure, caused the need of soft, tender, and in turn fragile muscle structure.	3
8. The difference of the buoyancy and the gravity between water and the land caused the unique development of the muscle of the fish and the terrestrial animal.	3
9. The prey of the fish lives in water whereas the terrestrial animal's does not, which in turn caused the distinctive difference between the muscle structure of the fish and the terrestrial animal's.	2
10. The difference of oxidization between muscles of the fish and the terrestrial animal caused the distinction of their boiled muscle structures.	1
11. Terrestrial environment which is harsher than aquatic environment caused the phenomena that the muscle of the terrestrial animal is more hard and tough than the fish's.	1
12. The difference in density between muscles of the fish and the terrestrial animal caused the distinction of their muscle structures.	1
13. The difference in the amount of breathing-oxygen between the fish and the terrestrial animal caused the distinction of their muscle structures.	1
14. Genetic difference between the fish and the terrestrial animal caused the distinction of their muscle structures.	1
15. The difference in the method of oxygen-taking between the fish and the terrestrial animal caused the distinction of their muscle structures.	1
16. Because the fish has a fishy smell whereas the terrestrial animal does not, the muscle of the fish is softer and more fragile than the terrestrial animal's.	1

고 잘 쪼개진다.

#### 예비 과학교사 D의 한 가설

육상동물과 어류의 생활환경의 차이에서 오는 것이다. 즉, 육상동물은 자신의 무거운 몸을 중력에 반하여 지탱하는 뼈의 근육이 강해야만 움직일 수 있고, 또 그래야만 살아갈 수 있으므로 그렇게 발달되어 왔다. 반면, 어류는 물에서 살기 때문에 자체의 부력으로도 얼마든지 물에서 떠다닐 수 있기 때문에, 그리고 육상동물보다는 대체로 무게가 적으며 단지 헤엄만 칠 수 있으면 되기 때문에 근육이 그렇게 질기고 단단하게 발달할 필요가 없다.

#### 예비 과학교사 E의 한 가설

육상에서는 중력이 작용하므로 육상동물은 그 중력을 이기며 활동할 수 있도록 근육이 튼튼하게 진화되어 왔다. 그러나 어류의 경우를 보면, 어류가 사는 물은 물의 부력에 의해 중력이 육상만큼 직접적으로 작용하게 않는다. 따라서 어류는 물의 부력 덕분에 중력에 반하여 자신의 몸을 지탱하는데 필요한 튼튼한 근육이 발달될 필요가 없으므로 근육이 발달되지 않는 방향으로 진화되어 왔다.

생선과 육상동물을 삼았을 때, 생선이 육상동물보다 부드럽고 잘 부서지고 또 씹을 때 잘 쪼개지는가 라는 의문에 대해서 위의 다섯 예비 과학교사들이 제시한 가설을 비교해 보면 각각의 가설사이에서 유사점과 차이점을 발견할 수 있다. 먼저 A, B, C의 가설의 공통적 속성은 어류나 육상동물의 각 개체의 개인적인 행동 속성에 의해 근육의 차이가 결정되었다는 원인을 제시한 것이다. 또한 이들 가설들의 공통점은 우리가 그 가설을 바로 직접적으로 조작할 수 있고 또 그 원인이 바로 우리의 가까이에 존재하는 속성을 원인으로 제시했다는 것이다. 즉, A, B, C가 제시한 가설의 공통적인 특성은 개체 자신의 행동, 생리, 구조에 대한 설명을 원인으로 제시하고 있다. 이들 가설들은 구체적이며 직접 조작되어 질 수 있고 관찰되어질 수 있으며, 우리 주변에 존재하는 원인이라는 것이다. 이러한 가설을 Nesse와 Williams(1994),

Alcock(1989)는 근접적 가설 (proximate hypotheses)이라고 표현했으며, Lawson 등(in press)은 관찰 가능한 속성(seen entities)으로 된 가설이라고 표현했다.

그러나 이들 가설에서 나타난 속성을 살펴보면 근접적 특성 및 관찰 가능성뿐만 아니라 더 나아가 직접 조작되어질 수 있는 속성도 가지고 있다. 따라서, 조작적 속성의 의미가 근접적 및 관찰가능성의 의미를 포괄적으로 표현할 수 있는 용어이므로, 이들 가설을 '조작적 가설(manipulative hypotheses)'로 표현하는 것이 가설의 특징을 보다 바람직하게 표현하는 것으로 생각된다. 그러므로 본 연구에서 예비 과학교사들이 창안한 가설의 속성에 대한 정성적 분석의 중요한 결과중의 하나는 바로 예비 과학교사들이 창안한 가설의 일부는 공통적으로 조작적인 속성을 함축하고 있다는 것이다.

D나 E의 가설들은 개체의 개인적인 행동, 생리, 구조적 속성을 넘어서 주어진 자연환경에 잘 적응한 개체들이 살아남아서 그것이 어류나 육상동물의 전체적인 속성으로 자리 매김 되어진 것이라는 이론적인 설명을 원인으로 제공하고 있다. 즉, 이들의 설명은 진화적인 원인을 설명하고 있으며, 또 직접 관찰되거나 조작되어질 수 없는 이론적 설명을 원인으로 제시하고 있는 것이다. 따라서 이들 가설을 검증하기 위해서는 가설 자체를 하나의 독립변인으로 조작하기보다는 가설과 관련된 조작이 가능한 다른 독립변인을 제시하여 검증을 실시하는 조작 불가능한 가설의 연역적 검증과정이 고안되어야 한다. 조작적 가설에서는 가설과 검증에 사용되는 독립변인이 동일한 것과는 달리, 여기서는 가설과 가설을 검증할 때 조작하는 독립변인이 서로 다르다는 것이다. 이것은 본질적으로 이들 가설이 바로 구체적으로 조작이 어려운 이론적 또는 진화적 속성을 포함하기에 그러한 것이다. 이러한 가설에 대해서 Lawson 등(in press)과 Darian(1995) 등은 이론적 가설(theoretical hypotheses)이라고 표현하였고, Nesse와 Williams(1994), Alcock(1989)은 진화적 가설(evolutionary hypotheses)로 표현했다. 그러나 이론적 가설이 진화적 가설뿐만 아니라 가설이 직접 독립

변인으로 조작되어지지 않는 설명을 제시한 가설도 포함하고 있기 때문에, 이들 가설은 '이론적 가설 (theoretical hypothesis)'로 표현하는 것이 이들 가설의 속성을 보다 포괄적으로 나타내는 것으로 판단된다. 그러므로 본 연구에서 예비 과학교사들이 창안한 가설의 속성에 대한 정성적 분석의 중요한 결과 중의 다른 하나는 공통적으로 창안한 가설에서 이론적 속성을 함축하고 있다는 것이다.

본 연구에서는 예비 과학교사들이 창안한 총 가설의 수는 모두 52개인데, 이론적 가설은 모두 7개 (13.5%)였고, 나머지 45개(86.5%)는 모두 조작적 가설에 해당되었다.

### 3. 가설 창안 과정의 속성

창안된 가설은 내용적 속성뿐만 아니라 또 다른 관점의 속성에 의해서도 그 특성을 정성적으로 묘사할 수 있는데, 조작적 속성을 지닌 가설과 비조작적(이론적) 속성을 지닌 가설로 분류될 수 있었다. 그러나 이렇게 가설을 정성적으로 묘사하여 그 속성을 내용과 조작성에서 묘사하였지만, 여전히 우리에게 남아 있는 한 가지 본질적인 의문은 "이러한 가설이 어떤 과정을 통해서 창안되어졌는가"이다. 즉, "왜 생선과 육상동물의 고기를 익혀서 씹어보았을 때 생선이 육상동물의 고기보다 훨씬 부드럽고 잘 부서지고 또 씹을 때 잘 쪼개지는가?"라는 의문에 대해서 예비 과학교사들은 어떤 과정을 거쳐 가설을 창안하였는가?

이러한 의문에 대한 설명을 얻기 위한 한 가지 방안으로 본 연구에서는 예비 과학교사들이 자신의 가설을 창안한 이유를 진술하게 한 다음, 이들이 진술한 이유에서 나타난 가설창안의 기원을 정성적으로 분석하고자 하였다. 그러나 이러한 분석이 학생들이 제시한 진술을 기초로 해서 이들의 가설이 어느 정도의 유사성에 근거해서 창안되었는가를 설명하고자 하기 때문에 본질적으로 학생들의 가설창안의 구체적인 과정을 밝히기에는 제한이 있다는 것을 밝혀둔다. 이러한 연구를 위하여 정성적으로 분석되어진 몇몇 예비 과학교사들의 가설은 다음과 같다.

예비 과학교사 G의 한 가설:

근육 조직의 구성단백질이 다를 것이다. 이것이 생선과 육류의 근육이 차이가 나게 하는 원인일 것이다.

예비 과학교사 H의 한 가설:

생선의 근육조직의 조직차이가 잘 부서지고 부드러운 살코기를 만들 것이다.

예비 과학교사 F의 한 가설:

물고기는 비린내가 나지만, 쇠고기나 닭고기는 비린내가 나지 않는다.

예비 과학교사 B의 한 가설:

먹이가 다르므로 근육조직의 발달정도가 다를 것이다. 즉, 육상동물은 물이 상대적으로 적게 함유된 질긴 음식을 먹고 이것은 다시 근육이 질기게 만들고, 또 어류는 물이 상대적으로 많이 함유된 부드러운 먹이를 먹기 때문에 이것은 근육을 부드럽게 만들 것이다.

예비 과학교사 K의 한 가설:

물이 많으면 부드럽기 때문에 물고기의 근육에는 육상동물의 근육보다 물이 월등하게 많아서 근육이 부드러울 것이다. (왜냐하면 물은 항상 먹는데 소변보는 것을 한번도 못 봤으니까).

예비 과학교사 L의 한 가설

육상동물이 어류보다 격렬한 운동을 하여 그렇게 발달되어 왔다. 반면, 어류는 물에서 살기 때문에 자체의 부력으로도 얼마든지 물에서 떠다닐 수 있기 때문에, 그리고 육상동물보다는 대체로 무게가 적으며 단지 해엄만 칠 수 있게 운동이 격렬하지 않기 때문에 근육이 그렇게 질기고 단단하게 발달할 필요가 없다.

예비 과학교사 D의 한 가설:

육상동물과 어류의 생활환경의 차이에서 오는 것이다. 즉, 육상동물은 자신의 무거운 몸을 중력에

반하여 지탱하는 뼈의 근육이 강해야만 움직일 수 있고, 또 그래야만 살아갈 수 있으므로 그렇게 발달되어 왔다. 반면, 어류는 물에서 살기 때문에 자체의 부력으로도 얼마든지 물에서 떠다닐 수 있기 때문에, 그리고 육상동물보다는 대체로 무게가 적으며 단지 해엄만 칠 수 있으면 되기 때문에 근육이 그렇게 질기고 단단하게 발달할 필요가 없다.

#### 예비 과학교사 E의 한 가설

육상에서는 중력이 작용하므로 육상동물은 그 중력을 이기며 활동할 수 있도록 근육이 튼튼하게 진화되어 왔다. 그러나 어류의 경우를 보면, 어류가 사는 물은 물의 부력에 의해 중력이 육상만큼 직접적으로 작용하게 않는다. 따라서 어류는 물의 부력 덕분에 중력에 반하여 자신의 몸을 지탱하는데 필요한 질기고 튼튼한 근육이 발달될 필요가 없으므로 근육이 부드러운 방향으로 진화되어 왔다.

#### 예비 과학교사 I의 한 가설:

호흡방법이 다르므로 차이가 있을 것이다.

#### 예비 과학교사 J의 한 가설:

이들이 먹는 먹이가 다르므로 이들은 근육도 차이가 날 것이다.

본 연구에서 예비 과학교사들이 가설을 창안하는 다양한 과정에 대해서 보다 정성적인 분석으로 살펴보면 다음과 같다.

G와 H의 가설은 문제에서 진술되어 있는 현상의 제시내용이나 의문의 내용을 다시 재 진술 한 경우이다. 즉, 현상제시나 의문에서 어류의 근육조직이 육상동물의 근육조직에 비해 연하고 잘 쪼개지는 조직이라는 진술이 있음에도 불구하고 이러한 현상이 나타나는 원인의 역할을 하는 가설로서 다시 진술하였던 것이다. 따라서 이들은 제시된 상황과의 유사성에 기초하여 자신이 이미 알고 있는 유사한 상황의 이론이나 지식 등을 차용하여 의문에 대해서 설명하였다기 보다는 주어진 문제에서 제시된 현상의 재인용으로 해석되어질 수 있다.

F의 응답은 비록 응답자가 하나의 가설이라고 제시하는 하였지만, 이 가설은 의문과는 다소 거리가 먼 응답이다. 이 응답자는 근육 조직의 차이를 일으키는 원인을 논리적으로 추론할 때, 주어진 의문에 대한 원인을 추론하기보다는 유사한 자신의 선지식을 차용하여 이미 알고 있는 설명자(예를 들면, 부패 또는 구성성분의 차이 등)에 의해 일어난 설명대상(예를 들면, 냄새)과 또 다른 설명대상(조직의 와해와 그에 수반되는 조직의 잘 쪼개짐)을 설명하는 설명자로 제시하는 논리를 전개시킨 것이다. 따라서 이 응답은 연구자가 제시한 설명대상에 대한 또 다른 하나의 관찰 결과이며, 이러한 응답의 과정은 인과적 의문 현상에 대하여 자신의 기존 이론이나 지식과의 유사성에 기초하여 차용한 설명체계를 이끌어내는 일련의 논리적 추론(즉, 외전적 추론) 과정은 아니다. 단지, 설명자의 의해 일어난 관찰 현상(비록, 여기서 냄새의 경우는 기지의 관찰 현상이지만)의 또 다른 예(냄새)를 진술한 결과라고 볼 수 있다.

그러나, B와 K의 가설은 딱딱한 것이 물을 흡수하여 부드럽게 되었던 과거의 경험적 지식에 의거한 의견에 의해서 이러한 가설을 추론했다고 볼 수 있겠다. B와 K는 설명자인 '물의 함유'로 인해서 설명대상(a)인 '어떤 사물이 부드러워 진다'는 자신의 기지의 경험적 지식을 새로운 설명 대상(b)인 근육의 부드러움 정도에 차용하여 설명자를 고안하는 추론을 하고자 하였다. 그러나 차용하고자 하는 기지의 설명대상(a)과 새로이 설명자를 고안해야 하는 미지의 설명대상(b)에 대한 유사성의 정도를 추론하는 과정에서 유사성의 추론이 적어도 부분적으로는 논리적이 아니었음을 보여주고 있다. 예를 들어, B의 경우는 기지의 경험적 지식(예를 들면, 곡식 같은 딱딱한 음식을 먹으면 새나 닭의 근육과 언제나 물이 많이 함유된 죽을 먹으면 돼지 근육의 비교 결과와 같은 예)과 새로이 인과적 설명을 제시해야 할 미지의 설명대상(즉, 어류의 근육과 육상동물의 근육의 차이) 사이의 유사성 정도에 대한 추론이 논리적으로 전개되지 못하였음을 보여주었다.

비록 B의 경우와는 추론에서 약간의 상이점이 있기는 하지만 K의 경우에도 이러한 유사성 정도의 추론

에서 논리적인 전개가 부족함을 보여주고 있다. 구체적으로, 비록 K는 어류가 물은 많이 먹는데 소변보는 것을 보지 못해서 어류의 근육이 물을 많이 함유한다고 추론했으나 K는 육안으로 뚜렷한 차이를 구별할 수 없는 어류와 육상동물 근육의 수분함유 차이의 현상을 기지의 경험적 지식인 육안으로 판별할 때, 물을 많이 함유한 어떤 사물(예를 들면, 죽)과 적게 함유한 어떤 사물(예를 들면, 물을 적게 넣고 한 밥) 사이에서 나타나는 차이의 결과와 유사성 정도를 논리적으로 추론하지 못함으로 유사성에 기초한 차용에서 일정한 논리적 형태를 전개한 것이라고 보기에는 부족함을 보여주지 못하였다.

L의 가설 또한 유사성 정도에 기초한 논리적 추론을 전개하는 과정이 부분적으로 부족한 모습을 보여주었다. 이 가설의 경우 과거의 경험, 즉 운동을 많이 하면 근육이 발달하는 과거의 경험적 지식에 의거해서 외전을 했다고 볼 수 있다. 이 가설이 기지의 경험적 지식을 차용해서 추론했지만, B나 K의 가설과 마찬가지로 유사성의 정도를 논리적으로 추론하지 못함을 보였다. 즉, 설명대상(a)인 근육의 발달의 차이와 또 다른 설명대상(b)인 어류와 육상동물의 근육의 차이의 유사성 정도에 기초하여 설명자를 논리적으로 고안한 추론이라고 보기 어렵다. 그러나 D와 E의 가설을 살펴보면, 유사성의 정도에 기초해서 설명자를 차용하는 추론이 앞에서 논의한 가설보다 논리적으로 전개됨을 보여주고 있다.

우리는 이들 가설이 위에서 소개한 가설들 가운데 과학적이고 논리적인 정보와 외전과정의 사용에서 가장 충분한 가설임을 파악할 수 있다. 예를 들어 D의 가설을 보면, 생활환경의 차이가 근육조직의 차이를 나타나게 하였을 것이라고 대답했다. 이러한 설명은 다른 상황에 적용된 지식(즉, 중력에 반하여 지탱하려면 단단하고 질긴 것이 요구됨과 부력이 있으면 몸의 지탱에 요구되는 힘이 적게 됨)을 보다 과학적이고 논리적으로 본 연구의 의문에 외전하여 육상동물의 근육조직이 어류의 그것보다 질기고 단단함을 설명하였다. E의 가설 또한 이러한 외전과정을 통해서 창안되었음을 알 수 있다.

하지만, I와 J는 비록 의문에 대한 가설을 진술해 놓

았지만, 질문지에서 왜 그것이 의문에 대한 가설로 생각하였는지에 대해서 진술하도록 요구하였음에도 불구하고 그 이유에 대한 진술을 제시하지 않았다. 본 연구의 세 번째 분석 과정은 이들이 가설을 창안한 과정, 가설의 외전적 과정에 대한 정성적 분석이 연구의 목적이므로 I 또는 J와 같이 그런 가설을 생각한 과정에 대한 진술이 없는 응답은 분석 대상에 제외하였다. 본 연구에서 이러한 형태의 응답을 제시한 가설형태는 총 52개의 가설 중 16개의 가설이 이러한 형태에 해당하였다.

이상의 10개 가설들 가운데 가설의 창안과정에 대한 분석이 가능한 8개 가설을 분석한 결과에 따라서 그 속성을 분류해 보면 다음과 같은 몇 가지의 영역으로 제시될 수 있다. 첫 번째 영역은 현상제시나 의문제시에서 진술된 문장을 다시 진술하는 경우인데, G나 H의 경우가 이러한 범주에 해당된다. 두 번째 영역은 비록 응답자가 가설이라고 제시하였지만, 이것은 주어진 미지의 설명대상에 대한 설명자를 고안했다기 보다는 주어진 미지의 설명대상과 관련된 또 다른 설명대상의 관찰결과 또는 경험된 지식을 제시한 것이라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 F의 경우가 이러한 범주에 해당된다. 이들 두 가지 영역의 응답은 가설이 어떤 특정 현상에 대한 잠정적 원인이 될 수 있는 설명체계(Barnhart, 1953)라는 정의에 의거했을 때, 가설로 분류되기가 어렵다고도 할 수 있겠다.

그러나 B, K, 그리고 L의 가설은 F와 비교하였을 때 설명대상에 대한 설명자를 고안하는 추론을 전개하였다고 볼 수 있다. 그러나 비록 이들의 가설이 현상의 설명대상에 대한 설명자를 고안하기는 했지만 설명자를 고안하는 기초가 되는 기지의 경험적 지식과 미지의 설명대상 사이의 유사성 정도를 논리적으로 추론하는 것이 적어도 부분적으로 부족함을 보여주었다. 따라서 이러한 형태의 가설을 보다 논리적인 추론에 의해 고안된 가설에 비해 보다 하위 단계의 가설로서 설명되어질 수 있겠다. 마지막으로 설명대상에 대한 설명자를 고안하였으며, 또 설명자를 고안하는 과정에서 기지의 경험적 지식과 미지의 설명대상에 대한 유사성 정도를 보다 논리적으로 추론한 가설을 동정하였다. 이러한 범주의 가설에는 D와 E의



가설이 여기에 해당될 수 있다.

이상 본 연구에서 예비 과학교사들이 제시한 가설을 창안과정의 추론에서 설명자와 설명대상의 구분, 설명자의 고안에서 기지의 지식과 미지의 설명대상 사이의 유사성 정도에 기초한 논리적 추론 과정의 전개에 의거해서 이들이 제시한 36개 가설의 가설창안 과정을 분류한 결과 Table 2와 같은 가설창안의 몇 가지 형태를 분석, 분류하였다.

**Table 2.** Hypotheses categorized by quality of abductive process

Quality of hypothesis	Frequency (%)
Restatement of phenomena or question.	2 (5.6)
Other experienced-knowledge of the phenomena.	1 (2.8)
Primitive hypothesis generated by the abductive inference based on an inappropriate degree of likeness.	27(75.0)
Advanced hypothesis generated by the abductive inference based on an appropriate degree of likeness.	6(16.6)

본 연구에 참여한 예비 과학교사들이 창안한 52개의 가설 중 창안과정에 대하여 정성적으로 분석이 가능한 36개의 가설들을 Table 2에서 제시한 4가지 범주로 분류한 결과, 대부분의 가설(75%)은 현상의 설명대상 대한 설명자를 고안하기는 했지만, 설명자를 고안하는 기초가 되는 기지의 경험적 지식과 미지의 설명대상 사이의 유사성 정도를 논리적으로 추론하는 것이 부분적으로 부족함을 보여주고 있다. 더 나아가, 이들 예비 과학교사들은 현상이나 의문의 재진술 또는 미지의 설명대상에 관련된 또 다른 기지의 설명대상 즉, 관찰된 현상을 가설로 제시한 경우도 있었다. 그리고 이들이 창안한 가설 중 설명대상 대한 설명자를 고안하고, 설명자를 고안하는 과정에서 기지의 경험적 지식과 미지의 설명대상 대한 유사성 정도를 보다 논리적으로 추론한 가설의 경우는 6개로 전체 36개의 가설 중 16.6%에 불과하였다.

## IV. 결론 및 교육적 적용

### 1. 결 론

본 연구는 대학생들이 창안한 가설을 기술적으로 분석하여, 이들이 창안한 가설에서 나타나는 경향성을 파악하고자 하였다. 학생들이 창안한 가설들을 먼저 내용적 속성에서 분석해보면 가설들은 '조작적 가설'과 '이론적 가설'로 분류되었다. 조작적 가설은 현상을 일으키는 원인을 관찰 가능하며 구체적 조작이 가능한 변인으로 설명하는 가설이다. 그러나 이론적 가설은 현상을 일으키는 원인을 관찰되어질 수 없는 속성을 지닌 상징적인 변인으로 설명하는 가설이다.

본 연구에서는 또한 예비 과학교사들의 가설을 '정성적 유사성 정도'에 의거해서 분석한 결과, 피험자들의 가설은 이들의 경험적 정보와 새로운 미지의 현상 사이에 존재하는 정성적 유사성 정도에 따라서 4가지 범주로 분류되었다(Table 2 참조). 분석된 가설 창안과정의 첫 번째 범주는 현상이나 의문을 재진술하는 형태이다. 두 번째 범주는 미지의 설명해야 할 대상에 관련된 또 다른 설명해야 할 대상을 가설로 제시한 형태이다. 즉, Hanson(1958)의 관점에서 볼 때 이 범주는 설명자(explican)를 제시해야함에도 불구하고 설명대상(explicanda)을 다시 제시하는 형태이다. 세 번째 범주는 현상의 설명대상 대한 설명자를 고안하기는 했지만, 설명자를 고안하는 기초가 되는 기지의 경험적 지식과 미지의 설명대상 사이의 '유사성 정도'를 논리적으로 추론하는 것이 부분적으로 부족한 형태이다. 이때 '유사성의 논리적 추론'이라는 의미는 유사성의 정도를 평가할 때 확실적인 유사성이 상대적으로 높아야 한다는 것이다. 그리고 이때의 확률은 '정량적 확률'이라기 보다는 '정성적 확률'을 의미한다(Moore & Robin, 1994). 마지막 범주는 설명대상 대한 설명자를 고안하고, 설명자를 고안하는 과정에서 기지의 경험적 지식과 미지의 설명대상 대한 확실적인 유사성 정도가 상대적으로 매우 높은 가설을 제시한 형태이다.

한편, 본 연구에서는 피험자의 가설 창안 과정도 분석하여, 여기서 나타나는 과정을 단계적인 '가설 창

안 과정 모형'으로 제시하고자 하였다(Fig. 1). 위의 모형을 보다 구체적으로 살펴보기 위해서는 가설창안 과정으로 들어가기 전의인지구조에 대한 한가지 전제를 이해해야 한다. 그 전제는 바로 우리의 인지구조가 자신의 과거 경험상황을 설명하는 다양한 '설명자 가설'을 가지고 있다는 것인데, 각각의 경험상황은 또한 다수의 정성적 하위 특성들로 구성된다라는 것이다.

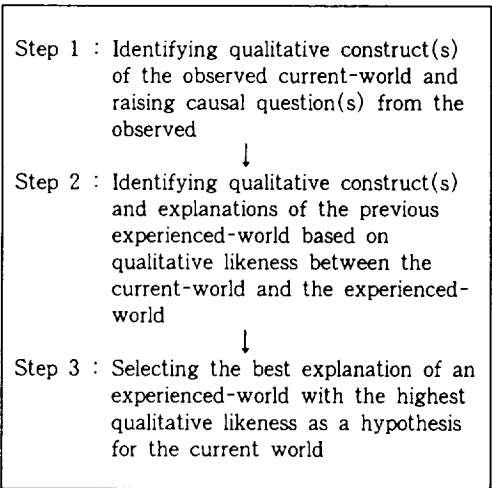


Fig 1. Hypothesis-generating model based on the degree of qualitative likeness

이러한 사전 인지구조를 바탕으로 가설창안과정이 진행되는데, 먼저 본 연구의 상황을 살펴보면 본 연구에서는 문제의 상황으로 육상동물과 어류의 근육에 관련된 내용이 주어졌다. 여기서 학생들은 현재의 주어진 실제상황인 '육상동물과 어류의 근육'과 관련된 다양한 '정성적 하위 특성'을 주어진 정보에 의거해서 동정하였다. 예를 들면 두 유기체간의 근육특성의 경도 차이와 이에 대한 의문이 학생들의 인지활동을 통해서 동정된 것이다. 이러한 것을 종합하여 볼 때, 가설 창안 과정의 첫 번째 단계는 현재의 실제상황을 구성하는 정성적 하위 특성들을 동정하고, 그 실제상황에 존재하는 의문을 발상하는 단계라고 할 수 있다. (물론, 본 연구에 적용된 상황에서는 육상동물과 어류의 근육이라는 실제상황에 대한 의문은 학생들이

생각해 낸 것이 아니라 주어졌다). 사실 이 과정은 일반적인 탐구과정의 '관찰 및 의문 발상'과 유사하다고 할 수 있다.

그런 다음, 학생들은 이러한 의문상황과 '유사성 정도(the degree of likeness)'의 확률이 높은 과거의 경험상황과 그 경험상황의 '정성적 하위 상황'을 동정한다. 본 연구의 경우에는 육상동물과 어류의 근육을 우리가 익혀서 먹을 때 육상동물의 근육이어류에 비해 훨씬 질긴 상황과 관련하여 유사성 정도의 '정성적 확률'이 높다고 판단되는 과거의 경험상황을 동정하였던 것이다. 예를 들면 어떤 사람(e.g., 운동을 상대적으로 많이 한 사람)의 근육은 단단하고 또 어떤 사람(e.g., 운동을 상대적으로 적게 한 사람)은 그렇지 못한 상황을 동정하였던 것이다. 그와 동시에 이들 두 사람의 근육특성의 차이를 설명하는 '원인적 설명자'로서 '운동량의 많고 적음'을 동정한 것이다. 이 외에도 학생들은 '찰흙이 건조한 경우와 물과 반죽한 과거의 경험상황'을 동정하고, 이러한 정성적 특성의 차이를 설명하는 '원인적 설명자'로서 '물의 함유량'을 동정하였다. 또한 '대부분의 육상식물과 해조류의 외형상의 경험상황'을 동정하고, 이러한 정성적 특성의 차이를 설명하는 '원인적 설명자'로서 '물이 제공하는 부력이 해조류는 조직을 지탱하는 힘이 거의 필요 없도록 진화를 유도하고 반대로 육상식물은 조직을 지탱하는 힘이 필요하도록 진화를 유도함'이라는 것을 동정하였다. 즉, 이 단계에서는 과거의 경험상황을 '정성적 확률'을 바탕으로 한 '유사성 정도'에 의거해서 현재의 실제상황과 비교한 후, 유사성 정도가 높다고 판단되는 과거의 다양한 경험상황을 동정하고, 아울러 이 경험상황을 설명해주는 기지(既知)의 '원인적 설명자'를 함께 동정해 내는 단계이다.

세 번째 단계에서는 현재의 의문상황을 가장 효과적으로 설명한다고 판단되는 '가설적 설명자'를 선택하는 단계이다. 본 연구의 경우에서 살펴보면, 창안자는 '근육의 단단함 정도', '찰흙의 단단함 정도', 그리고 '육상식물과 해조류의 조직상 차이' 등의 경험상황과 이들 경험상황을 설명하는 '설명자'를 동정한 다음, 현재의 의문상황과 비교하여 정성적 확률에 의

한 유사성 정도가 가장 높다고 판단되는 하나의 과거 경험상황과 그 '설명자'를 동정하고자 하였다. 그러나 이때의 확률적 적용은 '정량적 판단'에 의거하기 보다는 주로 창안자의 인지구조에 의한 '정성적 판단'에 의해서 진행된다고 할 수 있겠다. 즉, 이 단계에서 창안자는 정성적 확률을 기준으로 그 정성적 특성들을 동정한 다양한 과거의 경험상황 중에서 '유사성 정도'가 가장 높은 것으로 판단되는 과거의 경험상황의 '원인적 설명자'를 현재의 의문상황을 가장 적절하게 설명하는 '가설적 설명자'로 선택한다. 이러한 분석 결과에 기초해서 고안한 '가설 창안 과정 모형'의 단계적 과정은 Fig. 1과 같다.

## 2 교육적 적용

본 연구에 참여한 예비 과학교사들이 창안한 가설은 조작적 가설에 편중되어 있다. 따라서 학생들에게 조작적 가설의 창안뿐만 아니라 이론적 가설의 창안에 대한 경험을 체계적으로 제공하는 교수·학습 과정이 고안되어야 할 것이다. 비록 이론적 가설 창안에 중점을 두었다기 보다는 단지 가설을 창안하는 교수·학습 전략을 강조한 권용주(1999)의 '과학적 추론 과정을 적용한 교수·학습의 단계적 과정'은 가설 창안에 대한 경험을 제공하는 하나의 수업전략으로 활용될 수 있을 것이다.

더 나아가, 과학교육에 많이 적용되는 Piaget나 Ausubel의 연구들이 이론적 가설의 형태에서 과학교육의 다양한 관련연구를 촉진시킨 점을 고려한다면, 과학교육연구에서도 과학교육 현상에 대한 보다 본질적이고 폭넓은 설명을 가능케 하는 이론적인 가설의 창안과 검증에 관심을 두어야 할 것이다. 예를 들면, 다수의 연구들이 실험수업을 통해서 과학수업을 진행하면 학생들의 탐구기능 뿐만 아니라 개념이해도 촉진된다는 결과들을 제시했지만(Kwon & Lawson, 1999), 왜 실험수업이 그러한 효과를 가져오는지에 대한 설명은 상대적으로 미흡했다. 이러한 원인에 대해 Kwon과 Lawson은 신경학적 연구결과를 도입해서 이러한 현상에 대한 이론적 설명을 시도하였다. 그러나 이러한 연구는 구체적이고 직접 조작되어 질

수 있는 조작적 변인에 대한 연구나 조사결과와 기술에 그치는 연구에 비해 그 수가 상대적으로 소수이다. 자연현상은 물론이고, 과학교육현상 역시 구체적이고 조작적인 변인으로 설명하지 못하는 수많은 현상이 존재함을 고려할 때, 과학교육에 대한 보다 이론적인 설명을 제시할 수 있는 이론적 가설의 창안과 검증 연구가 수행되어야 하겠다.

다음으로, 본 연구에 참여한 과학 예비교사들은 가설의 종류면에서는 비교적 다양한 가설을 제시하였지만, 창안에서 사용된 과정이 유사성 정도에 근거한 일정 형태의 논리적인 추론과 다소 거리가 있음을 보여주었다. 따라서, 과학교육에서 가설의 논리적 창안 능력의 향상 방안에 대한 관심이 있어야 할 것이다. 예를 들어, 본 연구에서는 분석되어진 대학생들의 가설 창안 과정을 종합하여 제시된 Fig. 1과 같은 '가설 창안의 단계적 과정 모형'이 과학교육에 활용되어 질 수 있다. 사실, 현행의 탐구과정은 과학적 가설의 검증 과정과 과학적 관찰의 과정에는 상당히 체계적이고 유용한 단계를 상세한 설명과 함께 제시해 놓았지만, 상대적으로 가설의 창안 과정에서는 단지 '가설을 창안하라'라는 단편적인 진술 외에는 체계적인 안내과정이 거의 없다. 그러므로 본 연구에서 제안한 Fig. 1의 가설의 창안과정 모형은 이러한 과학적 탐구과정과 탐구학습에서 그 동안 체계적인 안내가 부족했던 가설의 창안영역에 대한 하나의 유용한 학습 모형으로 활용될 수 있을 것이다.

## 적 요

본 연구에서는 먼저 생물학 관련 내용인 생선같은 어류와 소고기나 돼지고기같은 육상동물 근육의 조직이 서로 차이가 나는 현상에 대한 원인적 가설을 창안하는 기능을 검사하는 도구를 개발하여, 예비 과학교사 23명에게 투입하였다. 그런 다음, 피험자들이 창안한 가설을 정성적 분석 방법으로 분석하여 공통점과 차이점을 분석한 뒤, 가설 및 가설창안과정에서 발견되어지는 경향성(들)을 분석하고자 하였다. 피험자들이 창안한 가설은 모두 총 52개였는데, 본 연구에서 이들을 내용적 속성 측면에서 분석해 본 결과

이들 가설은 크게 조작적 가설 또는 이론적 가설로 분류되었다. 이들이 창안한 52개의 가설 가운데 조작적 가설은 45개였고, 나머지 7개는 이론적 가설에 해당되었다. 또한 학생들의 가설창안 과정을 분석해 본 결과, 가설을 창안과정에 사용된 경험적 지식과 새로운 미지의 상황 사이의 유사성 정도에 근거한 외전의 논리적 추론을 중심으로 분석했을 때 4 단계로 분류되었다. 특히 피험자들의 가설창안과정의 분석 결과는 약 80% 이상이 가설을 창안할 때 기지의 경험적 지식과 미지의 현재 상황과의 유사성 정도를 논리적으로 추론하는 것이 부적절한 모습을 나타내었다.

## 참 고 문 헌

- 구수정, 박승재 (1995). 자연보호답사대회 보고서에 기술된 국민학생의 가설능력의 분석. 한국과학교육학회지, 15(1), 116-125.
- 권용주 (1999). 과학 예비교사 및 교사를 위한 과학적 사고력 증진 프로그램의 개발. 경북대학교 박사 후 연수 지원과제 연구보고서. 경북대학교.
- Adsit, D.J., & London, M. (1997). Effects of hypothesis generation on hypothesis testing in rule discovery tasks. *Journal of General Psychology*, 124(1), 19-35.
- Alcock, J. (1989). *Animal Behavior: An Evolutionary Approach(4th ed.)*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
- Barnhart, C.L. (1953). *The American College Dictionary*. New York: Harper & Brothers.
- Germann, P.J., Odam, A.L., Atam, R., & Burke, G. (1996). Student performance on asking questions, identifying variables, and formulating hypotheses. *School Science and Mathematics*, 96(4), 192-201.
- Hanson, N.R. (1958). *Patterns of Discovery*. (송진웅 · 조숙경 역, 1995). Cambridge: Cambridge University Press.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills*. San Diego, CA: Academic Press.
- Kwon, Y. (1997). *Linking Prefrontal Lobe Functions with Reasoning and Conceptual Change*. Unpublished Doctoral Dissertation. Tempe, AZ: Arizona State University.
- Kwon, Y., & Lawson, A.E. (1999). Why do most science educator encourage to teach school science through lab-based instruction?: A neurological explanation. *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 19(1), 29-40.
- Lawson, A.E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 569-618.
- Lawson, A.E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A.E., Abraham, M.R., & Renner, J.W. (1989). *A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills*. Cincinnati, OH: National Association for Research in Science Teaching.
- Lawson, A.E., Drake, N., Johnson, J., Kwon, Y., & Scarpone, C. (in press). How good are students at testing alternative explanations involving unseen entities? *The American Biology Teacher*.
- Moore, E.C., & Robin, R.S. (1994). *From time and chance to consciousness*. Oxford, UK: Berg Publishers, Ltd.
- Nesse, R.M., & Williams, G.C. (1994). *Why we get sick?: The new science of Darwinian medicine*. New York: Vintage Books.
- Quinn, M.E., & George, K.D. (1975). Teaching

- hypothesis formation. *Science Education*, 59(3), 289-298.
- Peter, S. (1992). Children's language and assessing their skill in formulating testable hypotheses. *British Educational Research Journal*, 18(1), 73-86.
- Wenham, M. (1993). The nature and the role of hypothesis in school science investigations. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231-240.

## 부 록

### 가설창안가능 평가도구 - 어류와 육류의 근육조직의 차이

---

#### 1. 현상 및 의문 제시

우리의 식탁에서 동물성 단백질의 거의 대부분은 아마도 육상 동물의 근육과 물에 사는 어류의 근육에서 제공된다고 할 수 있을 것입니다. 육상 동물 중에서는 쇠고기, 돼지고기, 닭고기 등이 많이 이용되고, 물에 사는 어류는 쫄면, 멸치, 고등어, 참치 같은 생선이 많이 이용됩니다. 그런데, 관찰력이 뛰어난 사람이 이들 동물의 근육인 살코기를 자세히 살펴보면 이들에게서 매우 중요한 차이점을 발견할 수 있을 겁니다. 바로 이들의 익힌 근육을 씹으면 어류의 근육은 육상 동물의 근육보다 상당히 연하고 쉽게 쪼개집니다. 즉, 물에 사는 어류의 근육조직은 육상 가축의 근육조직보다 훨씬 연하고 잘 부서진다는 것입니다.

의 문 : 여기서 우리에게 한 가지 의문이 생각할 수 있습니다. 그것은 바로, 왜 이렇게 어류의 근육은 육상동물의 것보다 연하고 잘 부서지는 것일까요 라는 의문입니다.

#### 2. 의문에 대한 잠정적인 설명인 가설 창안

위의 의문에 대한 올바른 원인이 될 가능성이 높은 설명인 가설이라고 생각되는 것을 생각나는 대로 모두 창안하시오. 단 가능성이 높은 가설부터 먼저 제시하시오. 그리고 제시한 가설에 대해서는 그 가설이 의문에 대한 원인이라고 생각하는 타당한 이유를 반드시 함께 진술해야 합니다.

---