

과학적 가설 지식의 생성 과정에 대한 바탕이론

권용주 · 정진수 · 강민정 · 김영신
(한국교원대학교)

A Grounded Theory on the Process of Generating Hypothesis-Knowledge about Scientific Episodes

Kwon, Yong-Ju · Jeong, Jin-Su · Kang, Min-Jeong · Kim, Young-Shin
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

Hypothesis is defined as a proposition intended as a possible explanation for an observed phenomenon. The purpose of this study was to generate a grounded theory on the process of undergraduate students' generating hypothesis-knowledge about scientific episodes. Three hypothesis-generating tasks were administered to four college students majored in science education. The present study showed that college students represented five types of intermediate knowledge in the process of hypothesis generation, such as question situation, hypothetical explicans, experienced situation, causal explicans, and final hypothetical knowledge. Furthermore, students used six types of thinking methods, such as searching knowledges, comparing a question situation and an experienced situation, borrowing explicans, combining explicans, selecting an explican, and confirming explicans. In addition, hypothesis-generating process involves inductive and deductive reasoning as well as abductive reasoning. This study also discusses the implications of these findings for teaching and evaluating in science education.

Key words: scientific thinking, knowledge generation, process of hypothesis generation, types of thinking method, abductive reasoning

I. 서론

지식을 생성한다는 것은 제기된 문제 현상을 설명하기 위해 필요한 지식을 고안하는 것을 의미한다(Anderson & Biddle, 1991). 따라서, 과학적 지식을 생성한다는 것은 자연 현상을 설명하기 위해 필요한 지식을 고안하는 것을 의미한다. 한편, 과학적 지식에는 과학적 사실, 법칙, 이론처럼 자연 현상의 탐구 결과로 생성되는 결과적 지식(terminal knowledge)뿐만 아니라, 자연 현상에서 발상되는 의문, 의문의 임시적인 설명인 가설, 가설 평가를 위

해 고안된 검증 방법 등과 같이 자연 현상을 탐구하는 과정에서 생성되는 중간적 지식(intermediate knowledge)도 포함된다고 할 수 있다(권용주 등, 2003). 그러므로, 과학적 지식을 생성한다는 것은 결과적 지식을 고안하는 것뿐만 아니라 탐구의 과정에서 생성되는 중간적 지식을 고안하는 것도 포함한다고 할 수 있다.

사실, 과학 탐구에서 중간적 지식의 중요성이 결과적 지식의 중요성에 비해 결코 덜하다고 할 수 없다. 예를 들어, Darwin의 진화론이 "왜 다양한 생물들이 존재할까?"라는 결정적인 의문에서 시작된 것처럼, 대부분의 과학적

연구의 방향과 가치는 이러한 '의문 지식'에 의해 매우 큰 영향을 받는다. 그리고 '검증방법 지식'의 대표적인 예인 실험 방법에 관한 지식 또한 과학적 연구에서 매우 중요한 중간적 지식이다. 따라서 과학적 탐구 과정에서 생성되는 중간적 지식이 결과적 지식보다 중요하지 않다고 하기는 어렵다.

탐구의 과정에서 생성되는 중간적 지식들 중 특히, 관찰된 현상들의 원인에 대한 임시적인 설명으로 고안된 명제나 명제들의 집합으로 정의되는 '가설 지식' (Barnhart, 1953; Lawson, 1995)의 중요성은 아무리 강조되어도 지나치지 않다. 가설 지식은 자연 현상에서 발상 되는 의문에서 과학적인 설명으로 진입할 수 있는 관문의 역할 (Klahr & Dunbar, 1988; Peter, 1992; Wenham, 1993; Lawson, 1995)을 하기 때문에 과학적 탐구에서 가장 핵심적인 중간적 지식이라고 여겨져 왔다(Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn *et al.*, 1988; Lawson, 1995; 권용주 등, 2000). 이러한 가설 지식의 중요성은 과학사의 여러 곳에서 찾아볼 수 있다. 특히 Kekulé의 벤젠 구조에 관한 가설 지식의 고안은 이러한 사례의 대표적인 예가 될 것이다. Kekulé는 꿈에서 본 뱀들의 원형 배열에서 아이디어를 얻어 벤젠 구조에 관한 가설 지식을 고안했다. 그는 이 임시적인 벤젠 구조 모형을 통해 지금까지 설명하지 못했던 벤젠의 성질들을 설명할 수 있었고, 이 모형을 확인하기 위한 실험들의 결과를 예상할 수 있었다. 이 일화는 풀리지 않는 의문과 과학적인 설명을 연결하는 관문으로서 가설 지식이 얼마나 중요한 역할을 하는 가를 보여주는 좋은 예가 된다.

그러면, 가설은 어떻게 생성되는가? 가설 지식의 생성에 관한 견해들은 다양하지만 아직 만족할 만한 설명을 찾아보기 어렵다. 먼저, Popper(1968)나 Millar(1989) 등과 같은 학자들은 가설이 논리나 절차에 의해 생성되는 것이 아니라 갑작스런 사고의 도약이나 상상에 의해 생성된다고 본다. 그러나 이러한 견해는 최근의 가설 생성 과정에 관한 연구들(Lawson, 1995, 2000, 2002; 권용주 등, 2000; Jeong & Kwon, 2001)에 의해 지지를 잃어가고 있다. 또, 현재 많은 과학 교과서의 저자들은 귀납적 추론의 결과로 얻어진 공통성이나 경향성 지식이 결국 관찰한 개개의 사실들을 원인으로 설명할 수 있다고 주장한다(Lawson, 1995). 그러나 이러한 주장 또한 귀납적 지식 생성과 현상의 원인을 설명하는 지식 생성의 차이에 대한 이해가 깊어짐에 따라 점점 의미를 잃어가고 있다. 또한,

가설의 생성 과정을 가설-연역 체계 안에서 설명하기도 한다. 그러나 가설-연역적 체계로 설명하는 것은 체계 안에 이미 가설이 있다는 것을 전제로 시작하는 것이기 때문에 가설의 생성 과정 자체를 설명하지는 못한다(Hanson, 1958). 마지막으로, 귀추적 추론(abductive reasoning)에 의해 가설이 생성된다고 설명하는 연구들이 있다(Hanson, 1958; Lawson, 1995; Peirce, 1998; 권용주 등, 2000; Jeong & Kwon, 2001). 여기에서 귀추적 추론이란 미지의 현 상황을 이미 알고 있는 다른 상황과의 유사성에 바탕을 두고, 이를 차용하여 설명하는 추론 유형을 말한다(권용주 등, 2000; Jeong & Kwon, 2001).

귀추적 추론으로 가설 지식 생성 과정을 설명하는 견해들은 가설 지식 생성에 관해 새로운 방향을 제시해 준다. 그러나 이들의 연구 역시 가설의 생성에 관한 기술적인 자료를 바탕으로 한 설명 체계를 구성하는 데는 한계를 보인다. 먼저, Peirce의 견해(Fishcer, 2001)와 Hanson(1958)의 연구는 귀추가 귀납이나 연역과는 전혀 다른 추론 형식이며 귀추를 통해 가설이 생성된다는 것을 논리적으로 설명한다. 하지만, 귀추적 추론의 하위 사고 과정에 대해서는 더 이상 말해주지 못한다. 그리고 Lawson(1995, 2000, 2002)의 연구는 귀추 과정을 현 상황과 이전 경험의 유추적 과정으로 설명한다. 그러나 유추적 과정이 무엇이며, 어떠한 종류의 사고 과정인지에 대한 설명이 부족하다. 또한, 권용주 등(2000)의 연구는 귀추적 가설 생성 과정의 하위 과정을 비교적 자세하게 기술하고 있지만, 각 과정에 대한 실험적 근거가 충분하다고 하기는 어렵다. 또, 정량적 연구와 정성적 연구를 병행한 연구(Jeong & Kwon, 2001)또한 귀추 과정의 존재를 지지하지만 하위 과정을 확인해주지는 못한다. 따라서, 가설 지식의 생성 과정에 대한 정확한 이해를 위해서는 추가적인 기술적 연구가 절실히 요구된다.

한편, 가설 지식 생성 과정에 대한 기술적 연구의 필요성은 과학 교육의 실제에서 더욱 절실하다. 과학 교육에서 과학적 탐구력 향상은 가장 중요한 교육 목표 중의 하나이다. 그리고 과학적 탐구에서 가설 생성의 중요성은 이미 논의한 것처럼 매우 크다. 또한, 학습자의 가설 생성 기능의 발달은 과학적 성취도 향상, 논리적 사고의 발달, 그리고 창의적 사고의 발달에 매우 밀접하게 관련되어 있다(Lawson, 1995). 그러므로, 과학 교수-학습 상황에서 가설을 생성하는 활동은 중심적인 활동으로 다루어져야 한다. 또, 이러한 활동을 위해서 가설 생성 능력을 신장시

키기 위한 구체적인 교수-학습 방법과 전략이 마련되어야 한다. 하지만, 현재의 과학 교수-학습 전략이나 프로그램들을 살펴보면 관찰, 실험 설계 방법 고안, 가설 평가 및 결론 진술 등의 과정에 대해서는 비교적 상세하게 교수 방법들을 제시하고 있다. 그러나 가설 생성 과정에서는 단지 '가설을 창안하라'라는 단편적인 지시문 이외에 더 이상의 전략을 찾아보기 어렵다. 이러한 교육 현상은 가설 생성 과정의 중요성에 대한 인식 부족에서 왔을 수도 있다. 그러나 이러한 현상의 원인은 구체적인 전략 개발에 필요한 아이디어 부족에서 비롯된 것으로 생각되며, 결국 아이디어의 부족은 가설 생성 과정에 대한 체계적이고 기술적인 연구가 부족한 것에 근본적인 원인이 있다고 할 수 있다. 따라서 학생들의 가설 생성 능력 향상을 위한 교수-학습의 실제에서 가설 생성 과정에 대한 보다 체계적이고 기술적인 연구의 필요성은 매우 절실하다고 할 수 있다.

이상의 필요성에 따라, 이 연구는 과학적 가설 지식의 생성 과정에 대한 귀납적 기술과 분석을 통하여 하나의 바탕이론을 제시하는데 그 목적을 두었다. 이를 위해 먼저, 다른 학교 급의 학생들보다 과학적 지식 생성 능력과 자신의 사고 과정을 진술할 수 있는 언어적 능력이 비교적 잘 발달되었을 것으로 생각되는 대학생들을 피험자로 선정했다. 그리고, 이들에게 과학적 가설을 생성하는 과제를 제시한 후 과제 해결 과정의 사고 내용을 발성 사고법을 통해 프로토크로 생성하게 했다. 또, 과제 해결 후 심층 면담을 실시하여 프로토크의 내용을 보완했다. 이렇게 완성된 프로토크를 피험자가 표상한 지식과 사고 유형에 따라 분류했고, 가설 생성 과정을 귀납적으로 기술하고 분석하여 과학적 가설 지식의 생성 과정을 설명해 줄 수 있는 하나의 바탕이론을 제시하였다.

II. 연구 방법

이 연구는 피험자에게 과학적 현상의 원인을 설명하는 과제를 제시하고, 이것을 해결하는 과정에서 표상한 지식과 사고 유형을 사고 발성법(think aloud method)과 심층 면담을 통해 프로토크로 생성하게 한 후, 이것에서 규칙성을 찾아 귀납적으로 기술하는 연구 방법을 사용했다.

1. 피험자 선정 및 훈련 방법

이 연구는 먼저 과학적 지식을 효과적으로 생성할 수 있는 사고력과 언어적 표현력이 비교적 뛰어난 8명의 대학생들을 면담을 통해 예비 피험자로 선정했다. 그리고 3개의 훈련 과제를 사용하여 예비 피험자들이 반성적 사고와 발성 사고에 익숙해질 수 있도록 연습시켰다. 그리고 연습 과제 수행 과정에서 본 연구에 가장 적절한 4명의 피험자를 최종 선정했다.

3개의 훈련 과제 중 처음 제시된 '준비나' 과제는 아동의 논리적 사고력을 길러주기 위해 학습용으로 개발된 컴퓨터 애니메이션 게임 프로그램이다. 피험자들은 이 과제의 1단계와 2단계를 수행하면서 머리에 떠오르는 생각들을 발성하는 방법을 연습했다. 두 번째 과제인 '종이 불기'는 A4 종이의 아래쪽 양끝을 두 손으로 잡고, 흰 종이의 윗면에 입을 가까이 하여 불 때 나타나는 현상을 보여주고, 현상의 원인을 설명하게 하는 과제다. 마지막, '근압 현상' 과제는 초본류 식물의 줄기를 잘랐을 때, 남은 줄기의 위쪽에서 물이 흘러 넘치는 현상을 사진으로 보여주고 현상의 원인을 설명하게 하는 과제다. 두 번째와 세 번째 과제를 해결하는 과정에서 피험자들은 반성적 사고와 발성 사고에 익숙해졌고, 과학적 가설의 의미도 정확하게 숙지하게 되었다. 또한 이들 훈련 과제 수행 기간을 통해 연구자와 피험자가 친숙해졌으며, 피험자들이 본 과제 수행 시 흔히 갖게 되는 연구 상황에 대한 심리적 부담이 많이 완화되었다. 또한, 훈련기간을 통해 자신의 사고 과정을 비교적 잘 표현하는 남학생 2명과 여학생 2명이 본 피험자로 최종 선정되었다.

2. 프로토크 생성 및 분석 방법

이 연구는 화학, 생물, 물리 영역에서 프로토크 생성을 위한 실험 과제들을 각각 한 과제씩 개발하였다. 먼저, '식초 속의 달걀' 과제는 식초에 달걀을 넣었을 때 달걀 표면에서 기포들이 생성되는 현상을 보여주고, 현상의 원인을 설명하게 하는 과제다. 그리고, '일액 현상' 과제는 아침에 딸기 잎의 가장자리에 작은 물방울들이 맺혀있는 현상을 사진으로 보여주고, 현상의 원인을 설명하게 하는 과제다. 마지막으로, '깔때기로 탁구공 불기' 과제는 깔때기 안에 탁구공을 넣고 약 45도의 각도로 기울인 후 깔때기의 뾰족한 부분을 입으로 물고 바람을 불어넣을 때 탁구공이 날아가지 않고 깔때기 안에 남아 있는 현상을 보여주고, 현상의 원인을 설명하게 하는 과제다. 각 과제에

서 연구자는 과학적 상황만을 제시했고, 피험자가 현상을 관찰함으로써 의문을 발상 했다. 연구자는 피험자의 인과적 의문을 확인한 후 과학적 가설을 생성하도록 요구했다. 또, 과제 해결 시 머리에 떠오르는 생각들을 모두 말로 표현하도록 요구했고, 중요한 내용들은 간단하게 기록으로 남기도록 했다. 과제 수행의 완료는 피험자가 자신의 가설이 완성되었다고 말하는 시점으로 했다.

그리고, 과제 수행이 완료되면 곧이어 심층 면담을 실시했다. 이것은 피험자가 과제를 수행 할 때 말로 표현한 사고 내용을 다시 확인하고, 또 피험자가 말로 표현하지 못한 사고 내용을 프로토콜에 추가하기 위해서 실시했다. 면담은 과제 수행 시 캡코더로 녹화한 내용을 재생시켜놓고 연구자와 피험자가 함께 내용을 살피면서 연구자가 질문하고 피험자가 답하는 형식으로 진행했다. 실험 과제 수행과 면담을 위해 4명의 피험자들은 연구자와 각각 2회씩 만나야 했다. 또, 과제 수행을 위해 소요된 시간은 개인별로 약 40분 ~ 60분 정도이며, 면담을 위해서는 약 60분 ~ 80분 정도 사용되었다.

이렇게 피험자가 발상 사고를 통해 말로 표현한 내용, 과제 해결 중 종이에 기록한 내용, 그리고, 과제 해결 후 면담을 통해 새롭게 말한 내용 등을 종합하여 프로토콜이 작성되었다. 그리고, 이 프로토콜은 가설 지식 창안 과정이 비교적 자세하게 제시된 권용주 등(2000)의 모형을 참고해서 귀납적으로 분석되었다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 생성 지식 및 사고 유형

피험자들이 생성한 프로토콜에는 다양한 종류의 중간적 지식과 사고 유형이 나타났다. 다음은 '식초 속의 달걀' 과제 수행 과정에서 피험자C가 생성한 프로토콜을 기술한 것이다.

- 지금 과제의 현상과 비슷한 현상을 찾기 위해 기포가 생기는 종류를 생활 경험에서 찾아보아야겠다.
- 컵에 차가운 물을 담았을 때 공기가 냉각되어서 물방울이 생겼다.
- 실험 상황은 물이 아니라 식초라는 산이다. 단순히 공기 냉각에 의한 물방울이 생기는 것과는 다르다.

- 식초는 산이고 녹이는 작용도 한다.
- 소화 작용 상황, 위산이 생각났다.
- 위산에 의한 음식물의 소화 작용으로 소화된 물질이 만들어진다.
- 달걀을 영양분이라고 생각할 수 있고 위산이 음식물을 소화시키듯이 산이 달걀을 녹이는 작용을 해서 공기 방울이 발생했다.
- 공기 방울을 생각했다.
- 탄산음료의 이산화탄소가 발생하는 생각을 했다
- 음료 속에 이산화탄소가 들어 있기 때문이라고 생각했다.
- 음료 속에 이산화탄소가 들어있었듯이 식초 속에 들어있던 수소가 기포가 되었다.
- 공기 방울이 많이 올라가는 생각을 했다. 수소가 가볍고 식초의 반응 활발하다는 생각을 했다.
- 바닥의 껌 제거 상황 생각을 했다.
- 땅콩으로 만든 비누로 제거하는 생각을 했다.
- 땅콩이 껌을 녹인다.
- 땅콩이 껌을 녹인다. 비슷한 반응 현상으로 식초가 껌질을 녹일 때 기포가 만들어진다.
- 금속을 식초에 넣었을 때 공기방울이 발생하는 실험이 생각났다.
- 식초가 금속을 녹이는 중화 반응이 일어난다.
- 식초가 산이다.
- 이 현상도 중화 반응일 것 같다.
- 식초가 달걀껍질에 작용해서 중화시키면서 달걀껍질을 녹이고 공기방울이 생성된다는 가설을 선택했다.

이 연구는 피험자들의 프로토콜에 나타난 지식의 유형을 5가지로 분류했다. 첫 번째, '실험 상황은 물이 아니라 식초……', '공기방울을 생각했다.' 등과 같이 의문을 갖게 한 상황을 나타낸 프로토콜을 의문상황(questioning situation)으로 분류했다. 이러한 '의문상황'은 의문을 생성하게 만든 배경 상황에 관한 것이기에 다수의 상황이 생성 될 수 있다. 또한 이 '의문상황'은 권용주 등(2000)의 연구에서 언급한 현재의 현재상황(current world)과 유사한 개념이다. 그러나 '현재상황'은 상황의 현재성을 강

조한 것이고, '의문상황'은 의문을 갖게 한 상황의 특성에 의미를 두어 용어를 도입했다는 점에 차이가 있다.

두 번째, '산이 달걀을 녹이는 작용을 해서', '식초 속에 들어있던 수소가 기포가 되어서' 등과 같이 의문상황의 원인을 설명하는 내용을 가설적 설명자(hypothetical explicans)로 분류했다. 이것은 Hanson(1958)이 귀추적 추론 과정을 설명할 때 사용한 '설명자'라는 용어와 권용주 등(2000)의 가설적 설명자(hypothetical explanations) 개념에 포함된 용어와 의미를 차용한 것이다. 여기에서 가설적 설명자는 가설과는 구별된다. 가설은 명제나 명제들의 집합의 형태로 표현되며 설명자와 설명 대상을 모두 포함한다. 그러나, 가설적 설명자는 설명자만을 포함한다. 예를 들어 '산이 달걀을 녹이는 작용을 해서 공기 방울이 발생했다'라는 명제에서 명제 전체는 가설이고, 이 내용 중 '산이 달걀을 녹이는 작용'은 공기 방울이 생긴 이유를 설명하는 설명자이기 때문에 가설적 설명자이다.

세 번째, '컵에 차가운 물을 담았을 때 물방울이 생겼다.' '금속을 식초에 넣었을 때 공기방울이 발생하는 실험이 생각났다.' 등과 같이 의문 상황과 관련된 경험이나 지식이 표현된 내용을 경험상황(experienced situation)으로 분류했다.

네 번째, '공기가 냉각되어서……', '음료 속에 이산화탄소가 들어 있기 때문……' 등과 같이 경험상황의 원인을 설명하는 내용을 원인적 설명자(causal explicans)라고 분류했다. 원인적 설명자는 설명자로서의 기능과 구조가 가설적 설명자와 동일하지만 설명하는 대상에는 차이가 있다. 즉, 가설적 설명자는 의문상황을 설명하고, 원인적 설명자는 경험상황을 설명한다.

마지막으로, 피험자가 과제 해결의 결과로 제시한 가설을 최종가설(final hypothesis)로 분류했다.

한편, 이 연구는 가설 지식 생성 과정에서 지식을 찾거나 표상된 지식을 조작하는 사고를 6가지 유형으로 분류했다. 첫 번째, '기포가 생기는 종류를 생활 경험에서 찾아보자'와 같이 의도적으로 지식을 생각해내려는 사고 유형을 지식 탐색(searching knowledges)이라고 구분했다.

두 번째, '탁구공이 흔들리면서 약간의 소리가 났다는 것과 호루라기 속의 물체가 움직이면서 소리가 나는 것이 비슷하다'와 같이 의문상황과 경험 상황의 유사성과 차이점을 비교했음을 확인할 수 있는 프로토콜 유형을 의문상황과 경험상황 비교(comparing a question situation and an experienced situation)라고 분류했다. 이것은 권용주

등(2000)이 제시한 가설 생성 과정의 두 번째 과정에 포함된 '경험 상황과 현재의 실제 상황과의 유사성 비교' 개념과 비슷하다.

세 번째, '위산이 음식을 소화시키듯이 산이 달걀을 녹이는 작용을 해서 공기 방울이 발생했다'는 가설을 살펴보면, '음식물 소화 상황(경험상황)'을 설명하는 원인적 설명자인 '산의 녹이는 작용'이 의문상황의 설명자로 차용되었음을 알 수 있다. 이렇게 원인적 설명자를 차용하여 가설적 설명자에 적용하는 사고 유형을 설명자 차용(borrowing explicans)이라고 분류했다. 이것은 Lawson(1995)이 귀추 개념을 정의하면서 한 상황의 설명이 다른 새로운 상황으로 차용되고 적용되는 과정이 귀추 과정에 포함됨을 언급했는데 이것과 비슷하며, 권용주 등(2000)의 가설 생성 과정 중 세 번째 과정의 설명자 차용과 동일한 개념이다.

네 번째, '식초가 달걀껍질에 작용해서 중화시키면서 달걀껍질을 녹이고 공기방울이 생성된다'는 가설을 표현한 프로토콜을 살펴보면, 이미 표상 되었던 가설적 설명자 1, 2, 4의 설명자들이 부분적으로 포함되어 있음을 알 수 있다. 이처럼 의문상황의 일부분들을 각각 설명하는 가설적 설명자들을 조합해서 의문상황 전체를 설명할 수 있는 가설을 생성하는 사고 유형을 설명자 조합(combining explicans)이라고 분류했다.

다섯 번째, 여러 개의 서로 다른 가설적 설명자가 생성되었을 때 그 중 하나를 선택하는 사고 유형을 설명자 선택(selecting an explican)으로 분류했다.

마지막으로, '공기 방울이 많이 올라가는 생각을 했다. 수소가 가볍고 식초의 반응이 활발하다는 생각을 했다'라는 것과 같이, 가설 생성 이후 의문상황을 다시 생각하는 유형이 프로토콜에 나타난다. 이것은 피험자가 자신이 생성한 가설을 확인하기 위해서 목적을 가지고 의문상황을 다시 생각한 것이다. 이처럼 가설 생성 과정에서 생성된 설명이나 최종적인 가설을 검증하기 위해 의문상황이나 경험상황에서 증거를 찾는 사고 유형을 설명자 확인(confirming an explican)으로 분류했다.

이상의 분류 방법에 따라 위에 예시한 프로토콜의 첫 번째 단락을 분석하여 기술하면 다음과 같다. 여기에서 '()'안의 내용은 지식의 종류를 나타낸 것이며, '< >'안의 내용은 사고의 유형을 나타낸 것이다.

• 지금 과제의 현상과 비슷한 현상을 찾기 위해 기포가

생기는 종류를 생활 경험에서 찾아보아야겠다.〈탐색〉

- 컵에 차가운 물을 담았을 때 공기가 냉각되어서 물방울이 생겼다.〈경험상황〉(원인적 설명자)1
- 실험 상황은 물이 아니라 식초라는 산이다. 단순히 공기 냉각에 의한 물방울이 생기는 것과는 다르다.〈비교〉(의문상황)~(경험상황)

위의 단락에서 첫 번째 문장인 “지금 과제의 현상과 비슷한 현상을 찾기 위해 기포가 생기는 종류를 생활 경험에서 찾아보아야겠다.”는 피험자가 의도를 가지고 특정한 경험이나 지식을 생각해내려는 것이 때문에 ‘지식탐색’ 사고로 분류될 수 있다. 그리고 “컵에 차가운 물을 담았을 때 공기가 냉각되어서 물방울이 생겼다.”라는 프로토콜은 ‘컵에 물을 담았을 때 물방울이 생겼다.’라는 ‘경험상황’과 이러한 상황이 발생한 원인인 ‘공기가 냉각되었기 때문’이라는 ‘원인적 설명자’로 분석될 수 있다. 또한, “실험 상황은 물이 아니라 식초라는 산이다. 단순히 공기 냉각에 의한 물방울이 생기는 것과는 다르다.”라는 프로토콜에서, 프로토콜 자체의 내용만을 분석한다면 의문상황, 경험상황, 그리고 원인적 설명자가 프로토콜에 포함되어 있다고 할 수 있다. 그러나 ‘실험 상황은 물이 아니라 식초...’라고 기술한, 이 과제의 의문을 생성하게 만든 바탕이 되는 상황의 하나인 의문상황은 상황에 대한 관찰 이후 계속 유지되어온 것이다. 따라서 ‘단순히 공기 냉각에 의한 물방울이 생기는...’이라고 기술된 경험상황과 원인적 설명자는 바로 이전의 프로토콜에 나타난 내용이므로 피험자가 이 문장을 진술할 때 새롭게 표상한 것이라고 보기 어렵다. 그런데 프로토콜의 전체 내용을 요약해서 살펴보면 “의문상황과 경험경험이 다르다.”라고 진술되어 있음을 알 수 있다. 이것은 곧 의문상황과 경험상황을 비교해서 서로 다르다는 것을 발견하는 사고가 있었음을 나타내 준다. 즉, 이미 인지구조에 표상된 의문상황과 경험상황을 비교하는 사고 유형이 나타난 것이라고 할 수 있다.

한편, 두 번째 단락을 분석하여 기술하면 다음과 같다.

- 식초는 산이고 녹이는 작용도 한다.〈경험상황〉
- 소화 작용 상황, 위산이 생각났다.〈경험상황〉
- 위산에 의한 음식물의 소화 작용으로 소화된 물질이 만들어진다.〈원인적 설명자〉2
- 달걀을 영양분이라고 생각할 수 있고 위산이 음식물

을 소화시키듯이 산이 달걀을 녹이는 작용을 해서 공기 방울이 발생했다.〈가설적 설명자〉1-〈비교〉(의문상황)~(경험상황),〈차용〉(원인적 설명자)2-〈가설적 설명자〉1)

위에서 “식초는 산이고 녹이는 작용도 한다.”는 식초의 작용에 관한 경험이나 지식이 표현된 내용이므로 ‘경험상황’으로 분류할 수 있다. 또, “소화 작용 상황, 위산이 생각났다”는 프로토콜도 소화작용에 관한 ‘경험상황’을 떠올린 것이라고 볼 수 있다. 그리고 “위산에 의한 음식물의 소화 작용으로 소화된 물질이 만들어진다.”는 것에는 경험상황 즉, 위에서의 소화 작용과 이것을 위산에 의한 소화 작용으로 설명하는 ‘원인적 설명자’가 포함되어 있다. 그런데 여기에서 위에서의 소화 상황은 이미 바로 전 프로토콜에 나타난 내용이므로 새롭게 표상했다고 보기는 어렵다. 따라서 이 문장에 새로 나타난 지식은 원인적 설명자뿐이라고 할 수 있다. 마지막으로 “달걀을 영양분이라고 생각할 수 있고 위산이 음식물을 소화시키듯이 산이 달걀을 녹이는 작용을 해서 공기 방울이 발생했다”라는 프로토콜을 보면 먼저 달걀에 공기방울이 생기는 ‘의문상황’과 음식물이 소화되는 ‘경험상황’이 ‘비교’되고 있음을 알 수 있다. 또한 음식물 소화의 ‘원인적 설명자’인 위산의 소화 작용을 달걀의 공기방울 발생을 설명하기 위한 ‘가설적 설명자’로 차용하여 의문상황을 설명하였음을 알 수 있다.

이러한 방식으로 나머지 프로토콜을 지식과 사고 유형별로 분류하면 다음과 같다.

- 공기 방울을 생각했다.〈의문상황〉
- 탄산음료의 이산화탄소가 발생하는 생각을 했다.〈경험상황〉
- 음료 속에 이산화탄소가 들어 있기 때문이라고 생각했다.〈원인적 설명자〉3
- 음료 속에 이산화탄소가 들어있었듯이 식초 속에 들어있던 수소가 기포가 되었다.〈가설적 설명자〉2-〈비교〉(의문상황)~(경험상황),〈차용〉(원인적 설명자)3-〈가설적 설명자〉2
- 공기 방울이 많이 올라가는 생각을 했다. 수소가 가볍고 식초의 반응 활발하다는 생각을 했다.〈확인〉(의문상황)

- 바다의 껌 제거 상황 생각을 했다.(경험상황)
- 땅콩으로 만든 비누로 제거하는 생각을 했다.(경험상황)
- 땅콩이 껌을 녹인다.(원인적 설명자)4
- 땅콩이 껌을 녹인다. 비슷한 반응 현상으로 식초가 껌질을 녹일 때 기포가 만들어진다.(가설적 설명자)3-〈비교〉(경험상황~의문상황),〈차용〉(원인적 설명자)4-〈가설적 설명자〉3)
- 금속을 식초에 넣었을 때 공기방울이 발생하는 실험이 생각났다.(경험상황)
- 식초가 금속을 녹이는 중화 반응이 일어난다.(원인적 설명자)5
- 식초가 산이다.(경험상황)
- 이 현상도 중화 반응일 것 같다.(가설적 설명자)4-〈비교〉(의문상황~경험상황),〈차용〉(원인적 설명자)5-〈가설적 설명자〉4)
- 식초가 달걀껍질에 작용해서 중화시키면서 달걀껍질을 녹이고 공기방울이 생성된다는 가설을 선택했다.(최종가설지식)-〈선택〉(조합)(가설적 설명자)1+(가설적 설명자)3+(가설적 설명자)4)-(가설적 설

명자)2)

이상의 분석 방법에 따라 피험자 4명이 가설 지식 생성 과제 3개를 해결하는 과정에서 생성한 프로토콜을 분석한 결과를 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1에 의하면 4명의 피험자들은 3개의 가설 지식을 생성 과정에서 전체 232개의 지식과, 82개의 사고 내용을 표상 했다. 과제별 지식의 수는 각각 71개, 80개, 81개로 큰 차이가 없고, 과제별 사고의 수도 30개, 28개, 24개로 큰 차이가 없다. Table 1에 나타난 지식과 사고의 수는 피험자들의 프로토콜에 나타난 수이기 때문에 실제로 가설 지식을 생성하는 과정에서 표상한 지식과 사고의 수는 이보다 많을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 수많은 지식 표상과 복잡한 사고 과정을 거쳐 가설 지식이 생성되는 것임을 말해준다고 할 수 있다. 따라서, 이것은 가설이 일회적 사건이나 갑작스런 사고의 도약에 의해 생성된다는 견해(Popper, 1968; Millar, 1989)와 많은 차이가 있다고 할 수 있다.

2. 가설적 설명자 생성 과정

위 절에 예시된 피험자C의 프로토콜은 사고 흐름의 구

Table 1. Types of knowledge and thinking generated by subjects in scientific episodes

Types of knowledge and thinking	Task Subject	Sinking egg in vinegar					Guttation					Blowing ping-pong ball					Total
		A	B	C	D	sum	A	B	C	D	sum	A	B	C	D	sum	
Types of knowledge -dge	Questioning situation	5	1	6	4	16	7	5	1	6	19	6	7	7	4	24	59
	Hypothetical explicans	2	2	4	2	10	6	9	2	7	24	10	3	7	5	25	59
	Experienced situation	8	7	8	6	29	4	5	10	6	25	7	4	4	5	20	74
	Causal explicans	3	2	5	2	12	1	0	4	3	8	1	2	3	2	8	28
	Final hypothesis	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	12
	Sum	19	13	24	15	71	19	20	18	23	80	25	17	22	17	81	232
Types of thinking	Searching	5	0	1	1	7	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	9
	Comparing	2	0	5	1	8	0	1	0	3	4	2	1	0	0	3	15
	Borrowing	1	2	4	1	8	2	1	2	4	9	1	1	1	2	5	22
	Combining	1	0	1	0	2	1	2	0	1	4	2	1	2	1	6	12
	Selecting	0	1	1	1	3	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	11
	Confirming	1	0	1	0	2	5	1	0	1	7	2	0	1	1	4	13
	Sum	10	3	13	4	30	9	6	3	10	28	9	5	5	5	24	82
Total		29	16	37	19	101	28	26	21	33	108	34	22	27	22	105	314

체적인 내용에 따라 몇 가지 단락으로 구분될 수 있다. 가설 지식 생성 과정에서 피험자C의 생각은 컵에 차가운 물이 담긴 상황, 소화에 관한 상황, 탄산 음료 상황, 바닥의 검 상황, 금속과 식초 상황 등으로 옮겨갔다. 이러한 생각의 단락을 구분하여 기술하면 다음과 같다.

1. 〈탐색〉 → (경험상황)(원인적 설명자)1 → 〈비교〉((의문상황)~(경험상황))
2. (경험상황) → (경험상황) → (원인적 설명자)2 → (가설적 설명자)1-〈비교〉((의문상황)~(경험상황)),〈차용〉((원인적 설명자)2 → 가설적 설명자1))
3. (의문상황) → (경험상황) → (원인적 설명자)3 → (가설적 설명자)2-〈비교〉((의문상황)~(경험상황)),〈차용〉((원인적 설명자)3 → (가설적 설명자)2 → 〈확인〉(의문상황))
4. (경험상황) → (경험상황) → (원인적 설명자)4 → (가설적 설명자)3-〈비교〉((경험상황)~(의문상황)),〈차용〉((원인적 설명자)4 → 가설적 설명자3)
5. (경험상황) → (원인적 설명자)5 → (경험상황) → (가설적 설명자)4-〈비교〉((의문상황)~(경험상황)),〈차용〉((원인적 설명자)5 → (가설적 설명자)4)
6. (최종가설지식)-〈선택〉(〈조합〉(가설적 설명자)1+(가설적 설명자)3+(가설적 설명자)4)-(가설적 설명자)2)

위의 예시와 같은 방법으로 4명의 피험자가 3개의 과제

해결 과정에서 생성한 전체 프로토콜을 단락으로 분류하면 68개로 구분된다. 이 중 51개는 가설적 설명자로 단락이 마무리되었거나 가설적 설명자 생성 후 가설적 설명자를 확인하는 내용으로 단락이 마무리되었다. 또, 나머지 단락들도 가설적 설명자 생성 이전에서 종결되었다. 이렇게, 가설 생성 과정은 크게 가설적 설명자를 생성하는 과정과 생성된 가설적 설명자를 가설로 구성해 가는 과정으로 크게 구분할 수 있다. 이 절에서는 먼저 가설적 설명자 생성 과정만을 분석했다. 그리고 가설적 설명자 생성 이후의 사고 과정은 이어지는 절에서 분석한다.

먼저, 위 예시에서 2 ~ 5번의 단락들은 가설적 설명자로 마무리 된 것들이다. 이 중 2번과 4번 단락의 경우 의문상황 표상 없이 경험상황을 표상 하는 것이 논리적으로 불가능하다. 또, 5번의 경우는 원인적 설명자 앞뒤의 경험상황이 동일한 것이다. 따라서, 위 예시의 2~5번의 단락들은 모두 '의문상황 → 경험상황 → 원인적 설명자 → 〈비교〉,〈차용〉가설적 설명자' 유형으로 분류할 수 있다.

이와 같은 방식으로 4명의 피험자가 3개의 과제에서 생성한 프로토콜 중 가설적 설명자로 마무리 된 단락들을 구분하여 정리하면 Table 2와 같다.

Table 2에서 유형 I은 피험자가 의문 상황을 생각한 이후에 의문에 대한 가설적 설명자를 곧바로 생각한 것이라고 해석할 수도 있다. 그러나 한편으로는 이 과정에서, 피험자의 실제 사고 내용은 유형IV와 같았지만 중간에 생각한 것들을 피험자가 말로 표현하지 못했거나, 중간적 사고 과정이 거의 무의식 수준에서 진행되었다고 볼 수 있다. 실제로 이 연구에서 모든 피험자들은 유형IV와 같은 과정을 통해서 한 개 이상의 가설적 설명자를 생성했다. 예를 들어 Table 1에 나타난 것처럼 피험자 A의 경우에

Table 2. The process of hypothetical-explican generation

Type	The process of hypothetical-explican generation	Task			
		egg	gutta-tion	ball	total
I	questioning situation → hypothetical explicans	1	12	13	26
II	questioning situation → experienced situation → hypothetical explicans	2	3	3	8
III	questioning situation → experienced situation → causal explicans → 〈borrowing〉hypothetical explicans	2	4	4	10
IV	questioning situation → experienced situation → causal explicans → 〈comparing〉〈borrowing〉hypothetical explicans	5	2	0	7
Total		10	21	20	51

'갈때기로 탁구공 불기' 과제에서 10개의 가설적 설명자를 생성하기 위해 단 1개의 '원인적 설명자'만을 생성한 것으로 나타났다. 즉 이 피험자의 프로토콜에는 9개의 가설적 설명자를 생성하는 과정에서는 원인적 설명자가 전혀 드러나지 않은 것이다. 그러나 '식초 속의 달걀' 과제에서는 2개의 가설적 설명자를 생성하기 위해서 3개의 원인적 설명자를 생성했으며 이중 2개는 가설적 설명자를 생성하기 위해 차용했다. 또한 피험자 C의 경우도 '일액 현상' 과제에서는 9개의 가설적 설명자를 생성하기 위해 5개의 경험상황만을 생성했는데 '식초 속의 달걀' 과제에서는 2개의 가설적 설명자를 생성하기 위해 7개의 경험상황을 생성했고, 이중 2개는 실제 가설적 설명자를 생성하기 위해 사용했다. 이러한 결과들은 유형 I이 실제 사고에서 경험상황과 원인적 설명자가 피험자의 프로토콜생성 과정에서 생략된 것임을 뒷받침한다고 할 수 있다. 또한, 유형 II와 III도 같은 논리로 유형IV에 환원시켜 해석할 수 있다. 결론적으로, 가설적 설명자는 '의문상황 → 경험상황 → 원인적 설명자 → <비교>(차용)가설적 설명자'의 과정을 통해 생성된다고 할 수 있다.

3. 최종가설 생성 과정

위 절의 예시에 제시된 프로토콜의 6번 단락에 나타난 최종가설 생성 과정을 분석하면 다음과 같다.

• 식초가 달걀껍질에 작용해서 중화시키면서 달걀껍질을 녹이고 공기방울이 생성된다는 가설을 선택했다.(최종가설지식)-<선택>(<조합>)((가설적 설명자)1+(가설적 설명자)3+(가설적 설명자)4)-(가설적 설명자)2)

위의 프로토콜 분석 내용을 자세히 설명하면, 먼저 식초가 달걀껍질을 녹인다는 가설적 설명자1과 3, 그리고 식초와 달걀껍질의 중화반응이라는 가설적 설명자4가 조합된 것임을 알 수 있다. 그리고 이렇게 조합된 가설적 설명자와 '식초 속에 들어 있던 수소 기체가 나오는 것'이라는 가설적 설명자2가 비교되어서 결국 조합된 가설적 설명자가 최종적으로 선택되어 가설로 진술되었음을 알 수 있다. 이 과정을 요약하면 '설명자 조합 → 설명자 선택 → 최종가설지식'으로 기술할 수 있다. 같은 방법으로 피험자들이 최종가설을 생성하는 과정의 모든 프로토콜을 정리하여 기술한 내용은 Table 3와 같다.

Table 3을 보면 가설적 설명자들이 생성된 이후에 최종가설이 생성되는 과정의 사고 유형은 '조합', '선택', '조합-선택', '조합-확인', '조합-선택-확인' 등이 있음을 알 수 있다. 이러한 사고 과정의 유형들은 생성된 가설적 설명자에 따라 조건적으로 나타나는 것으로 생각된다. 즉, 생성된 가설적 설명자들 중 하나가 전체 의문상황을 설명할 수 있을 경우 설명자 선택만으로 최종가설지식은 생성

Table 3. The process of final-hypothesis generation

Task	Subject	The process of final-hypothesis generation	Type
Sinking egg in vinegar	A	combining explicans → hypothesis → confirming an explican	combining -confirming
	B	selecting an explican → hypothesis	-selecting
	C	combining explicans → selecting an explican → hypothesis	combining -selecting
	D	selecting an explican → hypothesis	-selecting
Guttation	A	combining explicans → selecting an explican → hypothesis → confirming an explican	combining -selecting -confirming
	B	combining explicans → selecting an explican → hypothesis	combining -selecting
	C	selecting an explican → hypothesis	-selecting
	D	combining explicans → selecting an explican → hypothesis	combining -selecting
Blowing ping-pong ball	A	combining explicans → selecting an explican → hypothesis	combining -selecting
	B	combining explicans → hypothesis	combining
	C	combining explicans → selecting an explican → hypothesis	combining -selecting
	D	selecting an explican → hypothesis	-selecting

될 수 있을 것이다. 그러나, 한 개로 만족스러운 설명을 얻지 못할 경우 설명자들을 조합하는 사고가 필요할 것이다. 또, 이 때 '설명자 조합'에 사용되지 않은 가설적 설명자가 있을 경우 이것과 조합된 설명자가 비교되고 보다 적절한 가설적 설명자가 선택되어 최종적인 가설 지식이 될 것이다. 한편, 최종적인 가설 지식이 완성된 이후 피험자에 따라 설명자들을 확인하는 사고 과정이 이어질 수 있다. 따라서 최종가설 지식 생성 과정은 '설명자 조합 → 설명자 선택 → 설명자 확인'이라고 할 수 있으며, 또한 이 과정은 조건에 따라 일부가 생략된 형태로 나타난다고 할 수 있다.

IV. 결 론

이 연구는 대학생들이 가설 지식 생성 과정에서 만들어 낸 프로토콜에 나타난 중간적 지식과 사고 유형을 분석하여 가설 지식 생성 과정을 귀납적으로 기술하고 분석하여 하나의 바탕이론을 제시하고자 하였다.

이 연구는 가설 지식 생성 과정에서 표상된 중간적 지식을 의문상황(question situation), 가설적 설명자(hypothetical explicans), 경험상황(experienced situation), 원인적 설명자(causal explicans), 최종가설(final hypothesis) 등 5가지 유형으로 분류하였다. 그리고, 사고 유형은 지식 탐색(searching knowledges), 의문상황과 경험상황 비교(comparing a question situation and a experienced situation), 설명자 차용(borrowing explicans), 설명자 조합(combining explicans), 설명자 선택(selecting an explican), 설명자 확인(confirming an explican) 등 6가지 유형으로 구분하였다.

그리고, 가설 생성 과정에서 피험자들은 '의문상황 → 경험상황 → 원인적 설명자 → 가설적 설명자 → 최종가설'의 순서로 지식을 표상하였다. 이 과정에서, 의문상황

은 초기 의문 발상 이후에 현재 상황에 대한 피험자의 지각이나, 지각을 통해 얻은 지식을 탐색한 결과로 표상되는 것으로 생각된다. 그리고, 경험상황은 의문상황과 유사한 경험이나 지식을 탐색한 결과로 표상되는 것이기 때문에 이 과정에서 탐색 사고는 물론 의문상황과 경험상황을 비교하는 사고가 관여하는 것으로 보여진다. 또, 원인적 설명자는 경험상황을 설명할 수 있는 지식을 탐색한 결과로 표상된다고 할 수 있다. 또한, 가설적 설명자는 의문상황과 경험상황의 유사성을 비교한 결과 유사성이 높을 때 원인적 설명자에서 차용되는 것으로 생각된다. 마지막으로, 가설은 이미 표상된 가설적 설명자들을 조합하고, 인과적 의문을 가장 잘 설명할 수 있는 설명을 선택하는 과정에서 생성되며, 이것의 설명성은 필요에 따라 경험상황의 탐색을 통해 확인되는 것으로 생각된다. 이상의 가설 지식 생성 과정을 정리하면 Table 4와 같다.

Table 4의 가설 지식 생성 과정에서 단계 1 ~ 4는 귀추적 추론 과정이라고 할 수 있다. 왜냐하면, 단계 1 ~ 4의 과정은 귀추적 추론의 정의, 즉 귀추적 추론이란 나타난 현상(설명 대상)을 설명하기 위해 적절한 설명자를 도입하는 것(Hanson, 1958; Peirce Edition Project, 1998)이라는 정의와 잘 부합된다. 또한, 이들 단계는 귀추적 추론 과정을 설명하는 견해, 즉 귀추적 추론은 미지의 현 상황을 이미 알고 있는 다른 상황과의 유사성에 바탕을 두고 이를 차용하는 과정(Lawson, 1995; 권용주 등, 2000; Jeong & Kwon, 2001)이라는 견해와도 일치하기 때문이다.

그러나, 단계 5는 귀추적 추론으로는 설명할 수 없는 사고 유형들을 담고 있다. 왜냐하면 이 단계는 설명자 선택 사고 이외에도 귀납적 추론을 포함할 수 있는 설명자 조합이나, 연역적 추론을 포함할 수 있는 설명자 확인 등의 사고 과정이 포함되어 있기 때문이다. 좀더 설명하면, 설명자 조합 사고는 네 번째 단계까지 생성된 설명자들의

Table 4. The process of hypothesis-knowledge generation

Stage	Type of knowledge	Type of thinking
stage 1	questioning situation	perception, searching
stage 2	experienced situation	searching, comparing
stage 3	causal explicans	searching
stage 4	hypothetical explicans	comparing, borrowing
stage 5	hypothesis	combining, selecting, confirming

공통점과 차이점을 분석하여 이들을 의문상황 전체를 설명할 수 있는 하나의 통합된 설명자로 조합하는 사고이기 때문에 귀납적 추론(Klauser *et al.*, 2002)을 포함한다고 할 수 있다. 예를 들어 위에 예시된 “식초가 달걀껍질에 작용해서 증화시키면서 달걀껍질을 녹이고 공기방울이 생성된다는 가설을 선택했다.”에서 ‘식초가 달걀껍질에 작용해서 달걀껍질을 녹인다’는 가설적 설명자는 가설적 설명자 1과 가설적 설명자3의 공통점에서 온 것이다. 그리고 ‘증화시키면서 달걀껍질을 녹인다’라는 가설적 설명자는 가설적 설명자4에서 온 것이다. 피험자는 이 가설 지식을 만드는 과정에서 가설적 설명자1과 3에서 공통점을 찾았던 것이며, 이들 가설적 설명자와 가설적 설명자4 사이에 차이점이 있다는 것을 인식했던 것이다. 이처럼 최종가설을 생성하는 과정에서 피험자들은 가설적 설명자들 사이의 공통점이나 차이점을 찾는 귀납적 추론 방식을 이용했다고 할 수 있다. 또한, 가설 생성 과정에서 나타난 설명자 확인 사고는 이미 생성된 설명자를 전제로 하여 현상을 예상하고 의문 상황이나 경험 상황에서 이것을 확인하는 연역적 사고 과정이다. 예를 들어 피험자 A는 ‘일액 현상’ 과제에서 “낮은 부분으로 물이 물리면서 물방울이 맺혔다.”는 생각을 확인하기 위해 의문상황을 다시 떠올려서 “전체 잎의 평면에 비교해서 각각의 작은 잎들은 조금씩 기울어져 있다.”는 것을 확인했다. 따라서, 단계 5가 귀납적 추론과 연역적 추론을 포함할 수 있기 때문에 가설 생성 과정에 관한 이 연구의 결과는 가설 지식의 생성 과정을 귀추적 추론 과정으로만 설명했던 기존의 견해들(Hanson, 1958; Lawson, 1995; Peirce Edition Project, 1998; 권용주 등, 2000; Jeong & Kwon, 2001)과 차이를 보인다.

V. 교육적 적용

이 연구의 결과는 가설 지식이 절차적 과정을 통해 생성됨을 보여준다. 이것은 과학 교육의 실제에서 과학적 가설 생성 능력 향상을 위한 교수-학습 전략 수립과 가설 생성 능력 평가의 측면에서 많은 시사점을 준다.

먼저, 교수-학습 측면에서 가설 지식 생성 능력 향상을 위해 학습자에게 적절한 비계(scaffolding)를 놓아주는 전략을 수립할 때 이 연구 결과는 적용될 수 있다. Vygotsky의 ZPD 이론에 의하면 학습자의 수준에 적절한 비계를 놓아줄 때 학습자의 인지 발달이 촉진된다(한순미, 1999).

이 연구의 결과로 제시된 가설 지식 생성 과정은 학습자가 교수-학습 상황에서 가설 지식을 생성할 때 거쳐야 하는 사고 과정과도 동일하다. 따라서, 이 연구 결과를 적용하면 교사가 학습자에게 가설 지식 생성 과제를 제시한 후 단순히 ‘가설을 창안하라’고 요구하는 것에서 그치는 것이 아니라 학습자의 수준에 따라 ‘지금의 의문 상황을 자세히 관찰하라’, ‘유사한 과거 경험 상황을 생각해보자’ 등의 비계를 제공해 줄 수 있다.

두 번째, 이 연구 결과는 가설 지식 생성 능력 평가에도 적용될 수 있다. 이 연구 결과를 활용하여 평가 방법을 고안한다면 학습자들이 가설 지식을 생성하지 못했을 때 어떤 단계에서 가설 지식 생성 과정이 멈추었는지를 평가할 수 있다. 이러한 평가 결과는 학습자가 가설 지식을 생성하지 못한 이유를 원인으로 분석할 수 있게 함으로써 평가의 본질적인 목적인 피드백 자료로서의 가치를 높여 줄 수 있을 것이다.

국 문 요 약

이 연구는 과학적 가설 지식의 생성 과정을 귀납적으로 기술하고 분석하여 하나의 바탕이론을 제시하고자 하였다. 이것을 위해 과학적 현상의 원인을 설명하는 과제를 피험자들에게 제시하고, 피험자들이 과제를 해결하는 과정에서 표상한 지식과 사고 유형을 발생 사고법과 심층 면접을 통해 프로토콜로 생성하게 한 후, 이것에서 규칙성을 찾아 귀납적으로 기술하는 연구 방법을 이용하였다. 이 연구의 결과는 가설 지식 생성 과정에서 의문상황, 가설적 설명자, 경험상황, 원인적 설명자, 최종가설지식 등 5가지의 중간적 지식들이 생성됨을 보여주었다. 또, 지식 탐색, 의문상황과 경험상황 비교, 설명자 차용, 설명자 조합, 설명자 선택, 설명자 확인 등 6가지 유형의 사고가 가설 지식 생성에 관여한다는 것도 보여주었다. 또한 과학적 가설 지식은 ‘의문상황 → 경험상황 → 원인적 설명자 → 가설적 설명자 → 가설’ 순으로 중간적 지식들이 표상되는 과정을 통해 생성되며, 이러한 과정은 귀추적 추론 뿐만 아니라 귀납과 연역 추론도 함께 관여하는 복잡한 사고 과정임을 보여주었다.

참 고 문 헌

권용주, 양일호, 정원우(2000). 예비 과학교사들의 가설

- 창안 과정에 대한 탐색적 분석. 한국과학교육학회지, 20(1), 29-42.
- 권용주, 정진수, 박윤복, 강민정(2003). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구-귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로. 한국과학교육학회지, 20(3), 214-229.
- 한순미(1999). 비고츠키와 교육. 서울: 교육과학사.
- Anderson, D., & Biddle, B. (Eds.)(1991). *Knowledge for policy: Improving education through research*. London: Falmer.
- Barnhart, C. L.(1953). *The American College Dictionary*. New York: Harper & Brothers.
- Fischer, H. R.(2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. *Foundations of Science*, 6, 361-383.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery*. (송진웅 · 조숙경 역, 1995). Cambridge: Cambridge University Press.
- Jeong, J. & Kwon, Y.(2001). *Roles of abductive reasoning and prior knowledge in high school students' generating biological hypotheses*. 2001 NABT National Convention, Montreal, CA, November 10.
- Klahr, D., & Dunbar, K.(1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Klauer, K. J., Willmes, K., & Phye, G. D.(2002). Inducing inductive reasoning: Does it transfer to fluid intelligence, *Contemporary Educational Psychology*, 27(1), 1-25.
- Kourany, J. A.(1998). *Scientific knowledge: Basic issues in the philosophy of science, 2nd ed.* Wadsworth Publishing Company.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M.(1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego, CA: Academic Press.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E.(2000). How do humans acquire knowledge? and What does that imply about the nature of knowledge?. *Science & Education*, 9, 577-598.
- Lawson, A. E.(2002). What does Galileo's discovery of Jupiter's moons tell us about the process of scientific discovery?. *Science & Education*, 11, 1-24.
- Millar, R.(1989). What is scientific method and can it be taught? in J. Wellington(Ed.), *Skills and Processes in Science Education: A Critical Analysis*. London: Routledge 44.
- Peirce Edition Project (Ed.)(1998). *The essential Peirce: Selected philosophical writings, vol. 2*. Indianapolis, ID: Indiana University Press.
- Peter, S.(1992). Children's language and assessing their skill in formulating testable hypotheses. *British Educational Research Journal*, 18(1), 73-86.
- Popper, K.(1968). *The logic of scientific discovery*. New York: Harper & Row, Publishers.
- Wenham, M.(1993). The nature and the role of hypothesis in school science investigations. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231-240.