

Peirce의 귀추법 양식을 이용한 교육 대학생들이 생성한 가설의 특징 분석

정용재 · 송진웅[†]

(서울탑동초등학교) · (서울대학교)[†]

The Features of the Hypotheses Generated by Pre-service Elementary Teachers Using the Form of Peirce's Abduction

Joung, Yong Jae · Song, Jinwoong[†]

(Seoul Top-Dong Elementary School) · (Seoul National University)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to design a 'Form of Abduction' which is the 'guide form used in generating hypothesis through abduction', and to analyze the features of the hypotheses generated with the 'Form of Abduction' compared with those generated without any special guide form. Through a review of Peirce's literature regarding the meaning and frame of abduction, a 'Form of Abduction' was designed as a three step format as follows: (i) writing down what is doubted, (ii) writing tentative explanations which replace what is doubted with what is believed, (iii) writing the tentative explanations as hypotheses. The thirty four pre-service elementary teachers were asked to generate hypotheses without a 'Form of Abduction' at first, and then were asked to do so again using the form. The results of analysing the features of the hypotheses were as follows: in the case of using a 'Form of Abduction', firstly, the types of misunderstanding or mis-adapting the meaning of hypothesis were found to be rare, and secondly, the types of 'giving explanation about the cause of problematic situations through analogical inferencing from the existing knowledge' were found to be double the rate of when no special guide form was used. In conclusion, the hypotheses generated with the 'Form of Abduction' had the features of satisfying the original meaning of hypothesis, i.e. 'explaining the cause of phenomenon and leading to knowledge expansion'. These results also showed that using a 'Form of Abduction', although its form was simple, could be a way of helping students generate hypothesis properly in science classes.

Key words : abduction, hypothesis generating, form of abduction

I. 서 론

과학 지식은 다른 분야의 지식에 비해 매우 빠르게 성장하여 왔다. 이러한 과학 지식의 빠른 성장에 대한 관심은 16, 17세기 과학 혁명기를 거치면서 과학에서 사용되는 독특한 방법론, 즉 과학적 탐구에 대한 관심으로 이어져왔다(Lamprecht, 1955). 그리고 20세기 중반 이후로 과학적 탐구는 과학 교

육의 중요한 목적으로 자리매김해 왔다(교육부, 1997; 조희형, 1992; Bybee & DeBoer, 1994; DeBoer, 1991; AAAS, 1990).

과학적 탐구에 대한 명확한 정의나 공인된 구체적인 특징의 제시는 쉽지 않다. 조희형(1992)은 과학적 탐구에 관한 기존의 방대한 연구들을 정리하면서, 과학적 탐구를 '자연에 대한 과학 지식 및 진리를 획득 검증하는 방법, 절차와 과정, 규정 또는 규

칙, 기능과 기술, 그리고 그 활동 등(조희형, 1992, p. 63)'으로 포괄적인 정의를 내린 바 있다. 이러한 포괄적인 정의를 내리는 과정에서 그는 과학적 탐구가 지식의 출처, 과학적 방법, 과정 또는 절차, 기능과 기술 등의 분야로 나뉘어져 논의되고 있으며, 학자나 학파들의 접근 방식과 대상, 또는 관심 영역에 따라 다양하게 논의되고 있음을 지적한 바 있다. 이는 과학의 본성에 대한 과학 철학적 관점이 합의되지 않은 다양한 모습을 가지고 있음(조희형, 1998; 송진웅 등, 1997)에도 기인한다.

그러나 과학적 탐구에 관한 다양한 시각들에도 불구하고, 가설 생성이 과학적 탐구에서 중요한 역할을 담당한다는 데 대해서는 많은 과학 교육 학자들이 동의하고 있다. 가설은 과학적 탐구에서 가장 핵심적인 중간 지식(권용주 등, 2003a; 권용주 등, 2000; Lawson, 1995; Klahr & Dunbar, 1988)으로서 과학적 탐구 과정의 관문의 역할(권용주 등, 2003a; Lawson, 1995; Wenham, 1993; Klahr & Dunbar, 1988)을 함과 동시에 문제가 되고 있는 현상의 원인에 대한 설명 혹은 임시적 해를 제공하는 역할(박종원, 2000; Lawson, 1995; Millar, 1989)을 하고, 나아가 유용하고 관련 있는 정보를 선택적으로 수집하게 하여 과학적 탐구의 방향을 결정짓는 역할(Hempel, 1966)도 하기 때문이다. 따라서 과학 교육에서 과학적 탐구를 중시하는 한 학생들이 바람직한 형태의 가설을 생성하는 능력은 제고되어야 할 주요한 능력 중 하나로 볼 수 있다.

그런데 이러한 가설이 생성되는 과정을 귀추법(abduction)¹⁾의 과정으로 설명하려는 시도들이 있어 왔다(권용주 등, 2003a; 권용주 등, 2000; Aliseda, 2004; Lawson, 1995; Hanson, 1958). 물론 과학적 가설의 생성 과정에 대한 논의가 이미 합의되어 종결된 것은 아니다(박종원, 2000). 하지만, 가설은 관찰된 현상의 원인을 설명하고 있어야 하며(Lawson, 1995; Wenham, 1993), 가설의 수용에 의해 생성된

과학 지식은 기존의 지식보다 확장된 지식이어야 한다(Lawson, 1995)는 점에서, 기존의 연역법이나 귀납법만으로는 설명하기 어려운 부분이 있다(권용주 등, 2003a; Lawson, 1995; Hanson, 1958). 이에 반해 귀추법은 '어떤 한 상황에서 성공적인 기존의 설명을 새로운 상황에서의 임시적 설명으로 차용하고 적용하는 가설 창안의 정신적 과정(Lawson, 1995, p.19)'으로서, 확장적인 추리를 통해 특정한 현상이 일어나는 원인에 관한 설명을 제공할 수 있게 하는 논법(오필석, 김찬중, 2005; Magnani, 2001; Lawson, 1995; Thagard, 1988; Hanson, 1958)이기 때문에 가설의 생성 과정을 설명하는 데 적합한 논법으로 논의되고 있다.

따라서 학생들이 바람직한 형태의 가설을 생성하도록 돕는 방안에 대한 연구는 과학적 탐구를 중시하는 과학 수업 현장에서 필요한 연구 중 하나일 것이며, 이는 아마도 귀추법에 따르는 사고를 유도하는 방안과 관련이 있을 것이다. 하지만 국내 과학교육계에서는 그러한 구체적인 방안에 대한 연구가 거의 이뤄지지 않고 있음이 지적되어 왔다(정진수 등, 2005; 권용주 등 2003a). 물론 귀추법에 관한 과학 교육 관련 연구는 국외뿐만 아니라(예를 들어, Fischer, 2001; Lawson, 1995), 국내에서도 근래 들어 많은 연구가 이뤄지고 있다(예를 들어, 오필석, 김찬중, 2005; 권용주 등, 2004; 권용주 등 2003a, b; 권용주 등, 2000; 박종원, 2000). 하지만 이들 연구들은 대부분 과학적 탐구와 지식, 가설의 생성 등에서 귀추법의 역할이나 그 의미를 논하거나(예를 들어, 오필석, 김찬중, 2005; 권용주 등, 2003b; 박종원, 2000), 귀추법과 관련지어 가설 생성 과정을 분석하는 것(예를 들어, 권용주 등 2003a; 권용주 등, 2000)에 초점을 두고 있다. 김영학(2004)의 연구나 정진수 등(2005)의 연구 정도가 귀추법을 가설 생성력 제고와 관련지어 구체적인 방안을 제시했을 뿐, 이들 외에 과학 교육 현장에

1) abduction의 번역어로 과학 철학 관련 논문들에서는 가설상정(想定)법이나 상정(想定)논법 등의 다른 용어들이 사용되는 경우도 있다(예를 들어, 이초식, 2000; 임병갑, 2000; 연희원, 1998). 상정이라는 단어는 '어떤 정황을 가정적으로 생각하여 단정함 또는 그런 단정(국립국어연구원, 1999)'의 뜻을 가지고 있는데, 이 역시 Peirce가 의미하고 있는 바를 반영하고 있기 때문이다(이초식, 2000). 하지만 많은 국내 과학교육 논문들은 '귀추(歸推)'라는 용어를 사용하고 있다(예를 들어, 오필석, 김찬중, 2005; 권용주 등, 2003b; 박종원, 2000). '상정'이라는 용어가 일반인에게도 그 의미가 좀 더 쉽게 전달될 수 있는 장점이 있어 보이기는 하나, 이미 abduction의 번역어로 '귀추'가 과학교육계에서 상용되고 있다는 점을 감안하여, 본 연구에서도 '귀추'라는 용어를 사용하였다. 다만, 혹시라도 그 이름의 부분적인 공통점 때문에 귀추의 형식이 귀납의 형식과 동일한 것으로 여겨지는 일은 없도록 유의해야 할 것으로 생각된다.

서 직접 사용할 수 있는 방안에 관한 연구는 찾아보기 어렵다. 이 두 연구는 모두 가설 생성의 중간 과정을 경험할 수 있는 특정한 프로그램을 개발하여 적용한 연구로서, 단순히 ‘가설을 생성하라’라는 요구보다는 개발된 특정한 프로그램을 수행하게 했을 경우에 가설 생성력이 향상되었음을 보고하고 있다. 이런 점에서 구체적인 안내 없이 가설 생성 활동이 요구되어 오던 과학 수업 현장에 의미 있는 시사점을 주고 있는 연구라 할 것이다. 하지만 정규 과학 수업 시간에 수차례에 걸쳐 특정한 프로그램을 적용하는 것이 쉽지 않음을 감안할 때, 실제로 현장의 과학 수업에 활용되기에는 다소 간의 어려움이 있을 것으로 예상된다. 따라서 학생들의 가설 생성을 도울 수 있는 좀 더 구체적이면서 용이한 방안의 모색이 필요하다.

이에 본 연구에서는 가설 생성 과정에서 귀추법 사용을 유도하는 비교적 간단한 양식을 고안하고, 그 양식을 사용하여 생성한 가설의 특징 양식을 사용하지 않고 생성한 가설의 특징과 비교하여 분석함으로써, 과학 수업 현장에서 학생이 바람직한 형태의 가설을 생성할 수 있도록 돕는 용이한 방안을 탐색하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 연구는 크게 두 부분으로 이루어졌다. 첫 번째는 ‘가설 생성 과정에서 귀추법 사용을 유도하는 양식’(이하, ‘귀추법 양식’)을 고안하는 것이고, 두 번째는 고안된 양식을 사용하여 실제로 교육대학생들에 의해 생성된 가설의 특징을 분석하는 것이다.

2. ‘귀추법 양식’의 고안 방법

‘귀추법 양식’은 주로 기존의 문헌에서 언급되고 있는 귀추법의 형식을 고찰하고 이에 기초하여 고안하였다. 귀추법은 미국의 철학자인 C. S. Peirce

(1839~1914)에 의해 정립되었다(Hanson, 1958). 하지만 국내 과학 교육 연구자들에서는 Peirce의 원전이 직접 인용되기 보다는 2차적 문헌(예를 들어, Fischer, 2001; Magnani, 2001; Lawson, 1995; Curd, 1980; Thagard, 1988; Hanson, 1958)에서 대부분이 인용되고 있다. 물론 이들 2차적 문헌들은 기존의 Peirce가 정립한 귀추법의 핵심을 잘 정리하고 있으며, 일부 문헌들(예를 들어, Fischer, 2001; Lawson, 1995)은 과학 교육적 의미를 보완함으로써 의미 있는 이론적 배경을 제공해주고 있다. 그러나 재인용이 갖는 한계를 감안할 때 의도하지 않은 오해나 누락의 가능성을 완전히 배제할 수는 없다. 이에 본 연구에서는 가능한 한 Peirce의 원전을 바탕으로 하여 귀추법의 형식을 고찰 한 후, Peirce가 제시한 귀추법 형식을 반영하여 ‘귀추법 양식’을 고안하였다.

이렇게 1차 고안된 ‘귀추법 양식’은 과학 교육 전공 대학원생 2인에게 직접 사용하게 한 후, 연구자의 의미 전달 여부와 난해한 정도를 협의하고, 그 형식과 문장 등을 수정 보완하는 과정을 거쳤다.

3. ‘귀추법 양식’을 사용하여 생성된 가설의 특징 분석 방법

‘귀추법 양식’을 사용하여 생성된 가설의 특징 분석은 교육대학교에 재학 중이며 심화 과정으로 과학 교육을 선택한 2학년 1개 반 학생 34명(남 8, 여 26)을 대상으로 이루어졌다. 학생들의 바람직한 가설 생성력 향상을 추구한다는 점에서 초등학교이나 중, 고등학생을 대상으로 하는 것이 좀 더 직접적인 시사점을 얻을 수 있는 방법으로 생각되었지만, 가설 생성의 어려움이나 나아가 가설이란 용어 자체에 익숙하지 않을 수 있다는 한계를 감안하여, 이미 고등학교까지의 과학 수업을 통해 가설의 의미와 생성 방법에 관해 교육을 받았고, 대학 1학년 교양 과정에서 이미 자연과학개론을 수강한 2학년 학생들을 대상으로 하였다.

연구 대상들에게 ‘직접 겪은 일상 생활에서 과학적 문제 상황²⁾으로 여겨지는 것을 기술하고, 그 문제 상황과 관련된 가설을 생성’하도록 요구하였다.

2) 본 연구에서 학생들이 과학적 문제 상황을 기술하면서 사용한 용어를 보면, 전문적인 과학 용어라기보다는 일상 용어로 볼 수 있는 경우도 많았다. 또, 명시적으로 과학 개념이나 원리가 적용되는 상황이라기보다는 암묵적이고 간접적으로 관련되어 있는 상황도 많았다. 이러한 점들은 학생들이 가지고 있는 과학적 문제 상황에 대한 관점과 그 판단 기준의 폭을 엿볼 수 있게 해준다. 하지만 과학적 문제 상황을 바라보는 학생들의 관점이나 판단 기준은 본 연구의 내용을 벗어난 것으로, 적절한 방법의 추후 연구를 통해 명확하게 밝혀져야 할 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 일단 학생들이

귀추법 양식을 사용해서 생성된 가설의 특징을, 특정한 틀의 제공 없이 생성된 가설의 특징과 비교하여 분석하기 위해, 한 번은 (a) 특별한 형식이 제공되지 않은 상태에서 가설을 생성하도록 요구하였고, 또 한 번은 (b) 본 연구에서 고안된 ‘귀추법 양식’에 따라 가설을 생성하도록 요구하였다. 가능한 두 경우의 조건을 통제하기 위해서, 동일한 학생이 동일한 장소에서 동일한 제한 시간(각각 15분)을 두고, (a)의 경우를 먼저 한 후 곧 이어서 (b)의 경우를 하게 하였다. (a)의 경우에는 ‘어제(반드시 어제) 일어난 상황 중에서 과학적 문제 상황으로 여겨지는 것’으로 한정하고, (b)의 경우에는 ‘그제(반드시 그제) 일어난 상황 중에서 과학적 문제 상황으로 여겨지는 것’으로 한정하여, 수행 순서에 의한 잡음 효과를 줄이기 위해 노력하였다. 또, 특정한 양식이 먼저 제공되었을 경우에 그 양식에 대한 경험이 두 번째 가설 생성에도 ‘연습에 의한 효과’를 가져 올 수 있을 것으로 판단되어, 특정한 양식을 사용하여 가설을 생성하게 한 (b)의 경우를 후에 하도록 하였다. 하지만, 이러한 순서로 진행된 경우에도 연습에 의한 효과를 완전히 배제할 수는 없을 것이다. 즉, 일단 (a)에서 가설을 생성한 경험으로 인하여 발생한 연습에 의한 효과가 작으나마 본 연구의 결과에 영향을 미쳤을 수도 있음은 본 연구가 가진 한계 중의 하나라고 하겠다.

생성된 가설의 특징 분석은 기존의 관련 연구들(권용주 등, 2003a; 박종원, 2001; 권용주 등, 2000; 박종원 2000)에서 거론된 가설 생성의 과정이나 유형을 참고하여 1차 유형화를 한 후, 이를 다시 검토하여 수정하는 과정을 거쳐 수행되었다. 1차 유형화는 바람직한 과학적 가설이 가져야 하는 조건들, 즉 원인에 대한 설명 여부, 기존 지식의 확장 시도 여부에 주안점을 두어 수행하였다. 그리고 이외에도 진술문의 형태 등과 같이 공통적인 특징을 보이는 경우에도 하나의 유형으로 분류하였다. 유형화

의 검토와 수정은 과학 교육 전공 대학원생 2인과 과학교육 박사학위 소지자 1인에게 연구 대상 학생들의 응답 원 자료를 제시한 후 분류된 유형이 타당한가를 표시하고 수정하게 한 후, 일치하지 않는 응답의 경우는 논의를 거쳐 재 유형화하는 과정을 거쳐 수행되었다.

III. 연구 결과 및 논의

1. ‘귀추법 양식’의 고안

귀추법을 체계적으로 정립한 Peirce는 인간의 모든 행위에 추리적 요소가 있다고 보고 추리를 귀납과 연역 그리고 가설로 분류하였다. 이 중 가설에 관한 탐구 과정에서 정립된 귀추법은 Peirce의 사상 전반을 반영하고 있는 것으로서 특히 그의 탐구 이론에서 중요한 위치를 차지하고 있다(김동식, 2002; 연희원, 1998).

Peirce는 귀추법을 ‘설명 가설(explanatory hypothesis)을 형성하는 과정(CP 5.171³⁾)’으로서 ‘과학의 모든 아이디어들이 생성되는 데 작용하는 방법(CP 5.145)’으로 보았다. 연역법이나 귀납법과 비교해 볼 때, ‘새로운 진리는 연역법이나 귀납법으로부터 나올 수 없으며 오직 귀추법으로부터 나온다(CP 7.219).’는 것이다.

... 귀추법은 설명가설(explanatory hypothesis)을 형성하는 과정이다. 그것은 새로운 아이디어를 이끌어내는 유일한 논리적 조작(logical operation)이다; 왜냐하면, 귀납법은 값어치를 매기는 것 이상의 어떤 것도 아니며, 연역법은 단지 순수가설(pure hypothesis)로부터 필연적으로 귀결되는 결과를 전개하는 것뿐이기 때문이다.

연역법은 어떤 것이 필연적으로 그러함(must be)을 증명하는 것이다; 귀납법은 어떤 것이 지금 현재로는 그러함(actually is operative)을 보여주는 것이다;

의 폭넓은 판단을 수용하여 학생들의 응답을 ‘학생들이 과학적 문제 상황이라고 인식하는 상황’으로 의미 짓고, 학생들이 이 응답한 과학적 문제 상황 자체가 어떤 점에서 과학적 문제 상황인가에 대한 논의보다는, 상황과 관련하여 생성된 가설들의 특징을 분석하는 데 연구의 초점을 두었다.

3) CP 5.171에서 CP는 1931년부터 1958년에 걸쳐 편찬된 Peirce 선집 즉, 「Peirce, C. S. Collected Papers of Charles Sanders Peirce [ab. CP], 8 vols. C. Hartshorne and P. Weiss (1931-1958) (Eds.) vols. 1-6; A. W. Burks (1931-1958) (Ed.) vols. 7-8, Cambridge, MA: Harvard University Press.」의 약자이다. 총 8권으로 이뤄진 이 선집에서는 한 문단 혹은 몇 개의 문단마다 고유한 번호가 매겨져 있다. CP 5.171에서 5.171은 Peirce 선집 5권의 171번으로 매겨진 문단을 말한다. 대부분의 Peirce 관련 논문에서 Peirce 선집을 인용한 경우에는 이러한 인용방법을 사용하고 있으며, 페이지 수를 표시하는 것보다 인용된 부분을 나타내기가 쉽고 명확한 점이 있어 본 논문에서도 동일한 인용 방법을 사용하였다.

그리고 귀추법은 단지 어떤 것이 개연적으로 그러함(may be)을 제안하는 것이다(CP 5.171).

즉, 연역법은 대전제로 주어진 가설로부터 결과가 필연적으로 귀결됨을 보여주는 것이기 때문에, 대전제 안에 이미 결과가 포함되어 있는 경우에만 참이 되므로 새로운 아이디어를 이끌어낼 수 없다는 것이다. 또, 귀납법은 가설이 예측하고 있는 바가 실제로 일어나는 지를 보여주는 것이기 때문에, 현재 그러한 것이 일어나고 있다는 사실을 보여주는 것일 뿐, 어떤 것이 필연적인 지식임을 보장해 준다거나 혹은 그 어떤 것이 일어나는 원인을 설명해주는 역할을 할 수 없다는 것이다. 반면에 귀추법은 '사실에 대한 검토와 그것들을 설명하는 이론의 고안으로 구성(CP 5.145)'되어 있고, '사실을 관찰한 다음 어떤 관념이 그 사실을 일으킨 것인지에 관해 주장하는 것을 가능(CP 5.603)'하게 해준다. 왜냐하면 귀추법은 관찰된 사실이 왜 일어나는가를 설명하기 위해서 '현재 상황과는 다른 상황에서 이미 통용되는 전제를 출발점으로 하고 유사성(resemblance)에 근거하여 전개(CP 7.218)'되는 개연적 추리이기 때문이다. 그렇기 때문에 귀추법은 전제로부터 필연적으로 귀결되는 결과 이상의 것을 제안할 수 있고, '실제로 그러함을 기술할 수 있는지'가 아니라 '어째서 그러한지를 설명할 수 있는지'에 의해서 목적 달성 여부가 판단된다.

이러한 귀추법의 특징을 Lawson(1995, pp. 6-7)은 초록색 사과에 관한 가설 생성의 예를 들어 설명하고 있다. 초록색 사과에 맛이 쓰다는 것을 발견한 사람이 두 번째, 세 번째, 네 번째 초록색 사과도 역시 맛이 쓰자, "모든 초록색 사과는 맛이 쓰다"라고 했다면, 이 진술을 가설이라고 할 수 있을까? 그렇지 않다. 그는 한정된 경험을 바탕으로 실제로 그러함을 일반화하여 기술하고 있을 뿐이다. 이는 귀납법의 한 예이다. 이번에는 "다음에 맞붙이 초록색 사과에 맛은 쓰다"라고 했다면, 이 진술을 가설이라고 할 수 있을까? 이 역시 아니다. 그는 "모든 초록색 사과는 쓰다. 이것은 초록색 사과이다. 따라서 이 사과에 맛은 쓰다"라는 연역법에 따라 필연적으로 귀결되는 예측을 하고 있을 뿐이다. 그렇다면 귀추법으로 가설을 생성하는 경우는 어떤 경우일까? 초록색 사과에 맛이 왜 쓴지를 설명하고자 생각 끝에 그는 설탕 분자가 사탕이나 과자의 맛을 달게 한다는 기존 지식을 기억해 낸다. 그

지식은 초록색 사과에 관한 것은 아니었지만, '맛이 달다'라는 점에서 현재 문제가 되고 있는 현상과 유사한 면을 가지고 있다. 이로부터 그는 '맛이 쓰다'라는 현상을 설탕 분자의 결핍과 관련짓게 되고, 결국 "초록색 사과가 맛이 쓴 이유는 설탕 분자가 결핍되었기 때문이다"라고 진술하게 된다. 바로 이 경우가 귀추법의 과정을 거쳐 가설이 생성된 경우이다. 초록색 사과에 맛이 쓴 이유에 대한 설명을 하고 있으며, 유사성에 바탕을 두고 지식의 확장을 유도하는 개연적인 추리 과정이 포함되어 있기 때문이다.

그렇다면 Peirce가 제안하고 있는 귀추법의 추리 과정은 어떤 형식일까? Peirce는 귀추법을 탐구의 논리로 보았다(김동식, 2002). 그런데 Peirce에게 있어서 탐구는 '의심(doubt)의 자극에 의해 야기된 것으로서 믿음(belief)의 상태를 획득하려는 투쟁(struggle)(CP 5.374)'이다. 귀추법의 추리 과정 역시 의심의 상태를 벗어나 믿음에 이르는 과정으로서 다음과 같은 형식으로 제시되어 있다.

어떤 놀라운 사실 C가 관찰된다;

그런데 만약 A가 참이라면, C는 당연한 것이 된다,

따라서 A가 참이라고 여길만한 이유가 있다.

(The surprising fact, C, is observed;

But if A were true, C would be a matter of course,

Hence, there is reason to suspect that A is true)(CP 5.189).

어떤 놀라운 사실 C가 관찰되는 순간, 관찰자는 의심의 상태에 빠지게 된다. 그런데 만약 어떤 명제 A가 참이라고 한다면, 그 이상한 사실 C가 전혀 이상하지 않은 사실이 되어 버린다고 해보자. 즉, 그것이 참이라면, 의심의 상태를 벗어나 믿음의 상태로 복귀하게 만드는 그런 어떤 명제 A가 있다면, 우리는 그 명제 A를 참이라고 생각할 만하고 이 명제가 가설로 생성된다는 것이다. 이러한 투쟁에 대해 Peirce는 다음과 같이 말하고 있다.

... 의심의 자극은 믿음을 획득하고자 투쟁하게 되는 유일한 직접적인 동기이다. 우리의 믿음들이 우리의 행동들을 안내해서 우리의 욕구(desires)들을 만족시킬 수 있게 해 준다면 그것은 우리에게 확실히 최선이다; 그리고 이러한 점에 대한 반성적 숙고

는 이런 최선의 결과를 보장해 주지 않는 것처럼 보이는 어떠한 믿음도 거부하게 할 것이다. 그것은 오히려 그 믿음 대신에 의심을 만들어 대체함으로써 그렇게 할 것이다. 그러므로 의심과 더불어 투쟁이 시작되고, 의심의 해소와 더불어 투쟁은 끝이 난다. 따라서 탐구의 유일한 목적은 의견의 정착(settlement of opinion)이다. ... (CP 5.375).

귀추법 형식에 따른 가설 생성의 예로 Peirce는 다음과 같은 예를 들고 있다.

나는 터기 지방의 항구에 내린 적이 있다. 내가 방문하기로 되어 있던 집에 걸어가고 있을 때, 나는 머리 위에 덮개를 쓰고 네 명의 기수에 둘러싸여 말 위에 올라 타 앉아있는 남자를 만났다. 내가 생각하기에 이 지역의 통치자만이 그러한 대단한 영예를 누릴 수 있는 사람이라고 생각했기 때문에, 바로 이 사람이 이 지역의 통치자라고 추리했다. 이것은 하나의 가설이다.

화석이 발견된다; 물고기 화석들인데, 그 지역은 내륙 깊숙한 지방이다. 이 현상을 설명하기 위해서, 우리는 언제가 바닷물이 이 지방을 휩쓸고 지나간 적이 있었다고 가정한다. 이것은 또 하나의 가설이다(CP 2.625).

위의 두 예에서도 역시 의심의 상태(너무나 대단한 영예를 누리는 어떤 사람을 봤다, 내륙 깊숙한 지방에서 물고기 화석이 발견되었다)로부터 믿음의 상태로 가는 과정에서 가설이 생성되고 있다. 이상한 복장을 한 채로 말에 타고 있는 ‘그 사람’이 그 지역의 통치자인지는 아직 분명하지 않다. 그러나 당장에는 참이라고 할 수 없을지라도 통치자라고 상정함으로써 의심이 믿음으로 이행될 수 있다면, ‘그 사람은 그 지역의 통치자이다.’라는 진술은 참이라고 여겨질 만한 이유가 있고, 그것이 가설로 생성된다는 것이다.

이상의 논의들은 ‘귀추법 양식’이 적어도 두 가지 조건을 만족해야 함을 시사하고 있다. 첫째, 새로운 지식이 구성될 수 있는 조건을 감안할 때, ‘귀추법 양식’은 어떤 현상을 설명하기 위한 개연적인 추리 과정이 유발될 수 있도록 구성되어야 한다. 둘째, 새로운 지식이 구성되는 과정을 감안할 때, ‘귀추법 양식’은 의심의 상태에서 믿음으로 가는 과정이 유발될 수 있도록 구성되어야 한다. 그런데 Peirce의 관점에서 보면 첫 번째 조건은 두 번째 조

건이 만족되는 과정에서 자연스럽게 만족되게 된다. 의심의 상태를 해소하고 믿음의 상태에 이르기 위해서는 의심의 상태를 유발한 ‘이상한 현상’을 설명해야 하며, 이 설명은 기존에 이미 알고 있는 지식으로부터 새로운 현상을 설명하기 위해 개연적으로 추리되어 확장된 지식을 구성할 것이기 때문이다. 왜냐하면, 만약 기존에 이미 알고 있는 지식으로부터 필연적으로 도출된 것이라면 이는 진정한 의심의 상태가 아니었을 것이며, 기존에 관찰된 여러 사실에서 공통적인 요소를 지적함으로써 구성된 것이라면 이는 그 현상의 원인에 대한 설명이 아니라 단지 ‘그러함’을 기술하는 것에 지나지 않을 것이기 때문이다.

이러한 시사점에 기초하여 그림 1과 같이 ‘귀추법 양식’을 개발하였다. ‘귀추법 양식’은 Peirce가 귀추법의 과정으로 CP 5.189에서 제시한 형식에 따라 구성되었는데, 크게 세 가지 단계로 구성되어 있다. 첫째 단계는 문제 상황을 분석해서 자신이 어떤 점 때문에 ‘의심의 상태’에 있는지 명시적으로 기술하게 하는 단계이다. 둘째 단계는 ‘어떤 설명’을 제안해야 의심의 상태가 매우 당연한 ‘믿음의 상태’로 될 수 있는지 숙고하게 하고, 그 ‘어떤 설명’을 명시적으로 기술하게 하는 단계이다. 그리고 셋째 단계는 그 ‘어떤 설명’을 가설로서 명시적으로 기술하게 하는 단계이다. 핵심적인 단어(예를 들면, ‘이상한’, ‘참’, ‘믿음’ 등)는 Peirce의 진술문에서 그대로 가져왔으며, 전체적인 형식을 파괴하지 않는 선에서 예비 교사들이 이해하기 쉽도록 용어와 진술 방법을 수정하였다. 1차로 완성된 틀은 과학 교육 전공 대학원생 2인에게 직접 사용하게 한 후, 연구자의 의미 전달 여부와 난해한 정도를 협의하고, 그 형식과 문장 등을 수정 보완하는 과정을 거쳤다. 그림 1은 이러한 과정을 거쳐 개발된 ‘귀추법 양식’에서 도입부와 예시를 제외한 주요 부분이다.

2. ‘귀추법 양식’을 사용하여 생성된 가설의 특징

34명의 교육대학생들에게 한 차례는 문제 상황을 기술하고 특정한 틀의 제공 없이 곧장 가설을 생성하게 하고, 또 한 차례는 본 연구에서 개발된 ‘귀추법 양식’을 사용하게 하여 가설을 생성하게 한 결과, 모두 187개의 가설이 생성되었다. 특정한 틀이 제공되지 않은 경우는 109개(1인당 약 3.2개),

[문제 상황] 다음과 같은 상황(혹은 사실)이 있었다.

그런데 여기에서, C, 즉,

C:

는 이상하다(혹은 믿기 어렵다, 있을 수 없다).

[추리] 그런데, 만약 A, 즉,

A:

가 참이라면, C(위에서 기술한 C)는 이상하지 않다(혹은 믿을 수 있다, 있을 수 있다).

[가설] 따라서, A, 즉,

A(위의 A와 동일):

가 참이라고 여길만한 이유가 있다(혹은 참이라고 주장할 만하다).

그림 1. 가설 생성과정에서 귀추법 사용을 유도하는 틀(‘귀추법 양식’).

‘귀추법 양식’이 제공된 경우는 78개(1인당 약 2.3개)가 생성되어, 동일한 15분 동안 후자의 경우보다 전자의 경우에 약 1.4배 더 많은 가설이 생성되었다.

생성된 가설을 원인에 대한 설명 여부, 기존 지식의 확장 시도 여부, 진술문의 형태 등에 주안점을 두어 분류한 결과, 결과 예측형, 의문 제시형, 해결 방안 제시형, 설명 가장형, 분석 설명형, 확장 설명형 등의 6가지 유형으로 분류될 수 있었다. 특정한 틀이 제공되지 않은 경우와 ‘귀추법 양식’이 제공된 경우의 각 유형별 빈도수와 그 예는 각각 표 1, 표 2와 같다.

1) 결과 예측형

결과 예측형은 ‘문제 상황이 가져올 결과를 예측하여 진술하는 유형’을 말한다. 예를 들어 다음과 같은 경우이다.

은주⁴⁾: [문제 상황] 감기에 걸렸다. 찬 음식을 많이 먹어서 그런 것 같다. 그러면 북극에 사는 사람들은 365일 감기에 걸릴까?

[가설] 더운 지방에 사는 사람보다 추운 지방에서는 사람들이 더 잘 감기에 걸릴 것이다.

은주는 감기에 걸린 원인을 찬 음식 때문이라고 진단한 후 북극 지방에 사는 사람들의 경우를 자문하고 있다. 그리고 이어서 추운 지방에 사는 사람들은 더운 지방에 사는 사람들보다 찬 음식을 많이 먹을 것이기 때문에 감기에도 더 잘 걸릴 것이라고 예측하고 있다. 즉 은주가 생성한 가설은 어떤 현상의 원인을 설명하고 있기보다는, 가정하고 있는 이론이 어떤 결과를 가져올 지를 예측하고 있는 것이다. 이는 대체로 연역법적인 과정에 가깝다고 볼 수 있다. 박종원(2000)은 가설의 정의에 관한 논의에서 과학적 예측과 과학적 예측 가설을 구분 지은 바 있는데, 그에 따르면 이러한 유형은 ‘예측’에 가까운 것으로서 가설이라고 보기 어려운 유형이다. 이후에 어떠한 결과가 초래할 것인지를 예측하고 있을 뿐 어떠한 설명도 제공하고 있지 않기 때문이다. 학생들이 가설과 단순한 예측을 혼동하고 있음을 보여주는 유형이다.

특정한 틀이 주어지지 않은 상태에서 생성된 총

4) 본 논문에 등장하는 대상 학생들의 이름은 모두 가명이다.

표 1. 특정한 형식이 제공되지 않은 상태에서 생성된 학생의 가설 유형별 빈도수와 예

유형	빈도수(%)	예
결과 예측형	3(2.8%)	은주: [문제 상황] 감기에 걸렸다. 찬 음식을 많이 먹어서 그런 것 같다. 그러면 북극에 사는 사람들은 365일 감기에 걸릴까? [가설] 더운 지방에 사는 사람보다 추운 지방에 사는 사람들이 더 잘 감기에 걸릴 것이다.
		영수: [문제 상황] 야구공에 있는 빨간색 실밥의 역할이 궁금했다. [가설] - 실밥이 있어서 여러 가지 투구가 나올 것이다. - 공의 속력이 더 빨라질 것이다.
의문 제시형	11(10.1%)	현재: [문제 상황] 차가 막혔다. [가설] - 도로와 차의 비례가 어떨 때 교통체증이 완화될까? - 신호등의 주기 및 개수와 관련이 있을까?
		성준: [문제 상황] 아침에 날씨가 무척 좋아서 테니스를 쳤다. 모자도 쓰고 썬 크림도 발랐는데 얼굴이 많이 뻘뻘했다. 어떻게 하면 적게 탈 수 있을까? [가설] - 모자의 장이 크기가 얼마나 커야 햇빛을 잘 가릴 수 있을까? - 썬 크림은 어떻게 얼마나 발라야 하나? 그리고 얼마나 자주 새로 발라줘야 할까? - 운동을 끝내고 나서는 어떤 관리를 해야 할까?
해결 방안 제시형	20(18.3%)	현주: [문제 상황] 저녁 6시쯤에 밥을 먹고, 10시쯤에 또 피자 와 치킨을 시켜 먹었다. 아침에 일어나니까 속이 좋지 않았다. 많이 먹고도 소화를 빨리시키려면 어떻게 해야 할까? [가설] - 소화제를 먹고 잔다. - 소화가 잘 되도록 많이 씹어서 삼킨다. - 먹은 후에는 활동을 한다(먹고 바로 자지 않고, 조금 운동하다 잔다).
		경아: [문제 상황] 강아지가 시끄럽게 짖어댄다. 아파트라서 다른 집에 피해가 갈까봐 걱정이 되는데, 되도록 다른 집에 들리는 강아지 소리를 줄이려면 어떻게 해야 하나? [가설] - 강아지 집 주위에 방음벽을 설치한다(달걀판 같은 걸로). - 밤에는 특히 소리가 더 크게 들리기 때문에 밤에는 강아지를 흥분시키지 않는다(맛있는 거 우리끼리 먹지 않는다던가).
설명 가장형	20(18.3%)	효진: [문제 상황] 아이크림을 바르면 눈가의 주름이 사라질까? [가설] 아이크림 내의 특수 화학 성분이 주름을 펴게 해준다.
		혜선: [문제 상황] 지하철을 타기 위해 교통카드를 단말기에 갖다대었더니 '삐'소리가 나면서 요금이 빠져나갔다. 교통카드의 원리는 무엇일까? [가설] 교통카드 안에 프로그램이 내장된 칩을 넣어놓았을 것이다.
분석 설명형	24(22.0%)	혜수: [문제 상황] 어제 고수터미널에 쇼핑을 갔다. 쇼핑한 물건을 많이 들고 다녀서 팔과 다리가 아프고 힘이 들었다. 물건을 들고 수평으로 걷는 것은 일이 아니라는데 왜 힘이 드는가? [가설] 우리가 일상생활에서 일을 한다는 것의 의미와 과학적으로 설명되는 일은 다르다. 그리고 힘이 작용한다고 해서 무조건 일을 한다는 것은 아니다.
		효성: [문제 상황] 왜 스텝퍼를 하면 땀과 열이 날까? [가설] 체내의 에너지를 연소시키면 열과 이산화탄소가 생성되어 열을 체내로 방출해야 되기 때문에 땀이 난다.
확장 설명형	31(28.4%)	대진: [문제 상황] 똑같이 테니스 연습을 했는데 성준 형의 얼굴과 내 얼굴의 탄 정도가 달랐다. [가설] 색깔에 따라 햇빛을 받아들이는 정도가 다를 것이다.
		경은: [문제 상황] 어제는 야구장에 갔었는데, 신기한 것이 있었다. 어제 LG팀에서는 약 10개의 안타가 나왔는데 60~70%의 안타가 5회 말에 집중되어 있었다. [가설] 주자가 나가 있을 경우 타자는 긴장하게 되고, 그 긴장감은 타율 상승에 긍정적인 영향을 준다(동기).
계	109(100%)	

109개의 가설 중 3개(2.8%)가 결과 예측형 가설로 분류되었다. 반면에 ‘귀추법 양식’이 주어진 상태에서 생성된 총 78개의 가설 중에는 이 유형에 해당되는 것이 발견되지 않았다. 연구 대상 집단의 크기가 충분하지 않아 일반화하는 데에는 한계가 있지만, 이러한 결과는 ‘귀추법 양식’이 제공된 경우에 단순한 결과 예측과 가설을 혼동하는 경향이 다

소 줄어들음을 보여주고 있다.

2) 의문 제시형

의문 제시형은 ‘진술의 형태가 의문문의 형태를 띠고 있는 유형’을 말한다. 문제 상황과 관련하여 궁금한 사항이나 알고싶은 사항을 의문문의 형태로 진술한 경우 등이 이 유형으로 분류되었다.

표 2. '귀추법 양식'이 제공된 상태에서 생성된 학생의 가설 유형별 빈도수와 예

유형	빈도수(%)	예
결과 예측형	0(0.0%)	
의문 제시형	1(1.3%)	진호: [문제 상황] 배가 아파다. [이상한 점] 누워있을 때보다 엎드려 있을 때 배가 덜 아파다. [가설] 원가와 접촉하고 있을 때, 또는 따뜻할수록 덜 아픈가?(전기장판이었으므로)
해결 방안 제시형	0(0.0%)	
설명 가정형	9(11.5%)	지현: [문제 상황] 수채색연필은 평소에는 딱딱한 봉인데 물에 닿으면 물렁해지면서 녹았다. [이상한 점] 그냥 색연필은 물에 닿아도 변화가 없는데 수채 색연필이 녹는 것 [가설] 수채 색연필에 물에 녹는 특정한 성분이 있다. 민영: [문제 상황] 남방을 손빨래를 하고 있었다. 소매가 시커먼 것을 빨래비누로 문지르고, 옷감끼리 부벼서 빨았더니 하얗게 되었다. [이상한 점] 빨래비누로 문질렀더니 옷감의 때가 없어진 것 [가설] 비누 안에는 먼지 혹은 사람 몸에서 나온 물질(때)을 분해하는 성분이 존재한다.
분석 설명형	12(15.4%)	주연: [문제 상황] 어떤 아이가 미끄럼틀을 탄다. [이상한 점] 안 미끄러진다. [가설] 미끄럼틀이 경사가 낮고 마찰이 심하고 아이가 무겁다. 희정: [문제 상황] 날씨가 추워서 집 유리창을 닫으려고 힘을 썼다. 잘 닫히지 않아 큰 힘을 주자 움직였다. [이상한 점] 움직이기 시작하자 그 보다 힘을 주지 않아도 쉽게 열렸다. [가설] 움직이기 시작한 물체에는 멈춰있는 물체보다 마찰력이 더 작게 작용한다.
확장 설명형	56(71.8%)	우진: [문제 상황] 파파이스에 가서 4명이 햄버거 각자 시키고 콜라를 1개만 시켰더니, 아저씨가 콜라 리필은 한번밖에 안된다고 거둬 강조하였다. [이상한 점] 우리는 리필 안 하고도 충분한데 아저씨가 그렇게 말하는 것 [가설] 아저씨가 4명에서 콜라 한 개를 먹는 사람을 한번도 보지 못했다. 지수: [문제 상황] 의정부에 있는 버스정류장의 공기는 숨이 막힐 정도로 탁했다. [이상한 점] 같은 서울지역인데 유독 공기가 안 좋아서 참을 수 없는 것 [가설] 그 근처에 공장 지대가 있다.
계	78(100%)	

예를 들어 다음과 같은 경우이다.

현재 : [문제 상황] 차가 막혔다.
[가설] - 도로와 차의 비례가 어떠한 때 교통 체증이 완화될까?
- 신호등의 주기 및 개수와 관련이 있을까?

현재는 차가 막힌 상황과 관련된 새로운 질문을 던지고 있을 뿐, 그 원인을 설명하고 있지 않다. 암묵적으로는 도로와 차의 비례, 신호등의 주기 및 개수가 교통 체증의 원인일 것으로 생각하고 있는 것으로 보이지만, 그러나 막상 생성된 가설을 세워 설명을 하고 있기보다는 가설 생성의 전 단계로서 떠오르는 의문을 제시하고 있다. 물론, 의문의 유형 역시 단순한 추측인지, 방법에 관한 의문인지, 적용에 관한 의문인지 등에 따라 다양할 수 있으며(이혜정 등, 2004), 좋은 과학적 의문은 과학 연구의 핵

심적 과정이며 과학 학습에서도 중요한 역할을 할 것이다(Roychoudhury & Roth, 1996). 하지만 이러한 유형은 어떠한 임시적 해도 제공하고 있지 않다는 점에서 가설이고 보기 어려운 유형이다(박종원, 2000; Lawson, 1995; Millar, 1989). 즉, 학생들이 가설과 의문을 혼동하고 있음을 보여주는 유형이다. 단, 의문문의 형태이더라도 설명에 대한 동의를 구하는 의미인 것은 이 유형으로 분류하지 않았다.

의문 제시형은 특정한 틀이 제공되지 않은 경우에 11개(10.1%), '귀추법 양식'이 제공된 경우에 1개(1.3%)가 있었다(표 2). 이러한 결과는 동일한 학생이라도 '귀추법 양식'이 제공된 경우에 단순한 의문과 가설을 혼동하는 경향이 다소 줄어들음을 보여주고 있다.

3) 해결 방안 제시형

해결 방안 제시형은 ‘문제 상황에서 야기되는 곤란한 점을 해결할 수 있는 방안을 제시하는 유형’을 말한다. 예를 들어 다음과 같은 경우이다.

현주 : [문제 상황] 저녁 6시쯤에 밥을 먹고, 10시쯤에 또 피자와 치킨을 시켜 먹었다. 아침에 일어나니까 속이 좋지 않았다. 많이 먹고도 소화를 빨리 시키려면 어떻게 해야 할까?
[가설] - 소화제를 먹고 잔다.
- 소화가 잘 되도록 많이 씹어서 삼킨다.
- 먹은 후에는 활동을 한다(먹고 바로 자지 않고, 조금 운동하다 잔다).

현주는 많이 먹고 잤을 경우에 소화 불량에 왜 생기는가에 관한 설명을 제안하고 있기보다는, 소화불량이라는 곤란한 점을 해결하기 위한 해결 방안을 제시하고 있다. 물론 이러한 해결 방안은 소화불량의 원인을 무엇으로 생각하고 있는냐에 따라 달라진다. 예를 들어서 ‘먹은 후에 활동을 한다.’라는 해결 방안은 먹은 후에 활동하지 않은 것이 소화 불량의 원인이 된다는 암묵적인 전제를 깔고 있다. 하지만, 이 암묵적인 전제는 이미 사실로서 간주되어 해결 방안 제시의 자료로서 사용되었을 뿐, 그 전제에 대한 설명을 포함하고 있지 않다. ‘왜’라는 질문에 대한 임시적 해라기보다는 ‘어떻게’라는 질문에 대한 임시적 해로서 가설을 기술한 경우이다. 가설의 역할이 현상의 원인에 대한 설명을 제공함으로써 지식의 확장을 유도하는 데 있음을 감안할 때(Lawson, 1995), 이 역시 가설이라고 보기는 어려운 유형이다. 즉, 학생들이 가설과 문제 해결 방법을 혼동하고 있음을 보여주는 유형이다.

해결 방안 제시형은 특정한 틀이 제공되지 않은 경우에 모두 20개(18.3%)가 발견되어 비교적 그 양이 많았다. 반면 ‘귀추법 양식’이 제공된 경우에 하나도 발견되지 않았다. 이러한 결과는 동일한 학생이라도 ‘귀추법 양식’이 주어진 경우에, 해결 방안과 가설을 혼동하는 경향이 줄어들음을 보여주고 있다.

4) 설명 가장형

설명 가장형은 ‘문제 상황의 원인에 관해 설명을 시도하는 듯 보이지만, 실제로는 원인에 관련된 유용한 정보를 제공하고 있지 않은 유형’을 말한다. 나름대로의 설명을 시도하긴 하지만, 진술 자체가

문제 상황을 동어 반복적으로 풀어 쓴 경우나, 사용된 용어 자체가 유용한 정보를 제공할 수 없는 경우 등이 이 유형으로 분류되었다. 말 그대로 설명을 가장(假裝)하고 있지만 유용하지 않은 진술을 말한다. 예를 들어 다음과 같은 경우이다.

효진 : [문제 상황] 아이크림을 바르면 눈가의 주름이 사라질까?
[가설] 아이크림 내의 특수 화학 성분이 주름을 펴게 해준다.

효진은 아이크림이 눈가의 주름을 사라지게 할 수 있는 원인에 관해 나름대로의 설명을 제시하고 있는 것처럼 보인다. 하지만, 그 원인을 ‘특수 화학 성분’이라는 용어로 설명함으로써 아무런 유용한 정보도 제공하고 있지 않다. ‘특수’라는 용어는 ‘바르면 눈가의 주름을 사라지게 하는’이라는 뜻을 동어 반복적으로 표현하는 것 이상이 아니기 때문이다. 표 1과 표 2의 다른 예에서와 같이 ‘프로그램이 내장된 칩’, ‘물에 녹는 특정한 성분’ 등으로 그 원인을 설명하는 경우에도 설명 가장형으로 분류되었다. 이러한 유형의 가설은 학생들이 유의미하고 유용한 설명이 갖추어야 할 최소한의 조건을 알지 못하고 동어 반복적인 설명에 그치는 경우가 있음을 보여준다.

설명 가장형은 특정한 틀이 제공되지 않은 경우에 20개(18.3%), ‘귀추법 양식’이 제공된 경우에도 9개(11.5%)가 발견되었다. 이러한 결과는 ‘설명을 가장한 무의미한 진술로 가설을 생성하는 경향’은 가설에 관한 불명확한 이해와 더불어 설명 자체가 개인적 만족도에 영향을 받을 수 있음을 보여주는 것이기도 하다. 즉, Peirce가 언급한 바와 같이 믿음의 상태에 이르도록 하는 것이 가설의 역할임을 고려할 때(CP 5.189), 스스로 더 이상의 설명을 필요로 하지 않는다고 판단이 된다면, 그것이 ‘특수 화학 성분’과 같은 유용하지 않은 정보를 포함하고 있더라도 그 선에서 가설 생성을 멈추기 때문에 나타나는 유형으로 볼 수 있다.

5) 분석 설명형

분석 설명형이란 ‘동일한 현상이나 상황에 관한 기존 지식으로 문제 상황의 원인에 관해 설명하는 유형’을 말한다. 제공된 설명이 이미 가지고 있는 지식으로부터 분석적으로 전개되는 경우로서, 지식

의 확장을 유도하는 확장적인 추리를 하기보다는 불명확해 보이는 원인을 보다 명료하고 상세하게 풀어서 설명하는 경우이다. 예를 들어 다음과 같은 경우이다.

혜수 : [문제 상황] 어제 고속 터미널에 쇼핑을 갔다. 쇼핑한 물건을 많이 들고 다녀서 팔과 다리가 아프고 힘이 들었다. 물건을 들고 수평으로 걷는 것은 일이 아니라는데 왜 힘이 드는가?

[가설] 우리가 일상 생활에서 일을 한다는 것의 의미와 과학적으로 설명되는 일은 다르다. 그리고 힘이 작용한다고 해서 무조건 일을 한다는 것은 아니다.

혜수는 물건을 들고 수평을 걷는 경우에 일이 아닌데도 왜 힘이 드는지에 대한 설명을 가설로서 제시하고 있다. 그런데 혜수는 문제 상황과 동일한 상황에 관련된 기존 지식, 즉 일과 힘의 개념에 관한 기존 지식만으로 그 이유를 설명하고 있다. 다시 말해서 가설이 참이라고 밝혀지더라도 기존 지식의 또 다른 예를 확인하는 것일 뿐 지식의 확장이 일어나지는 않는 경우이다. 박종원(2000)의 분류에 따르면, 설명은 하고 있으나 설명가설이라기 보다는 '과학적 설명'에 가까운 유형이다. 물론 학생들이 어떠한 기존 지식을 가지고 있으며, 이것을 현재 문제 상황과 어떻게 관련짓는가 하는 것은 가설 생성과정에서도 중요한 역할을 한다(박종원, 2001). 다만, 본 연구에서 분석 설명형의 경우는 그 설명이 문제 상황에 한정되어 진행된 경우로서 가설의 조건을 만족하고 있다고 보기는 어렵다. 즉, 가설이 생성되는 과정에서 드러나는 사고 유형을 '지식 탐색', '의문 상황과 경험 상황 비교', '설명자 차용', '설명자 조합', '설명자 선택', '설명자 확인' 등으로 분류한 기존의 연구(권용주 등, 2003a)와 비교해 봤을 때, 분석 설명형은 의문 상황과 경험 상황을 비교하여 유사한 다른 상황에서 설명자를 차용함으로써 지식의 확장을 유도하는 과정이 생략되어 있다. 이는 지식의 확장을 기대하기 어렵다는 점에서 가설의 조건이 만족되었다고 보기 어렵다(오필석, 김찬중, 2005; Magnani, 2001; Lawson, 1995). 이러한 유형의 가설은 학생들이 현상의 원인을 기존 지식으로부터 풀어나가 단순히 설명하는 것과 가설을 제안하는 것을 혼동하고 있음을 보여준다.

특정한 틀이 제공되지 않은 경우에 24개(22.0%), '귀추법 양식'이 제공된 경우에 12개(15.4%)가 분석 설명형에 속하였다. 이러한 결과는 상당수의 학생들이 가설 생성을 단순한 설명을 제안하는 것으로 혼동하고 있음을 보여준다. 크지 않은 차이지만, '귀추법 양식'이 제공된 경우에 그러한 혼동이 다소 줄어든 것은 '귀추법 양식'에서 '이상한 점'을 명시적으로 기술하게 하고 그 점을 이상하지 않게 하는 설명 또한 명시적으로 기술하게 함으로써, 학생들이 기존의 지식으로는 설명하기 어려운 점에 관한 설명을 시도하게 하는 과정에서 단순한 설명 이상의 것을 필요로 하기 때문으로 보여진다. 이러한 경향은 다음의 확장설명형에서 더욱 두드러지게 나타난다.

6) 확장 설명형

확장 설명형은 '부분적으로 유사성을 지닌 다른 현상이나 상황에 관한 기존 지식으로부터 유추하여 문제 상황의 원인에 관해 설명하는 유형'을 말한다. 다분히 비약적인 과정을 포함하고 있기는 하나, 기존 지식에 바탕하면서도 그 지식에 포함된 것 이상을 유추적으로 설명하고 있어 지식의 확장을 가져올 것으로 기대되는 경우이다. 예를 들어 다음과 같은 경우이다.

우진 : [문제 상황] 파파이스에 가서 4명이 햄버거를 각자 시키고 콜라를 1개만 시켰더니, 아저씨가 콜라 리필은 한번밖에 안된다고 거둬 강조하였다.

[이상한 점] 우리는 리필 안 하고도 충분한데 아저씨가 그렇게 말하는 것.

[가설] 아저씨가 4명에서 콜라 한 개를 먹는 사람을 한 번도 보지 못했다.

우진은 아저씨가 콜라 리필은 한번밖에 안된다고 거둬 강조한 것에 대해 이상하다고 느꼈다. 보통은 그러한 얘기를 한번 하기 때문이다. 그렇다면 어떻게 설명해야 이 상황이 당연한 현상으로 될 것인가? 우진은 '대부분의 사람은 자신이 한 번도 경험하지 못한 것에 대해 의심을 품으면 재차 확인하게 된다.'는 좀 더 일반적인 사실-좀 더 엄밀하게는 일반적인 사실이라는 믿음-에서 해결의 실마리를 찾고 있다. 이러한 사실은 위와 동일한 상황에서만 적용되는 것이라기보다는 유사한 다른 상황에 걸

쳐서 적용되는 것이다. 우진은 주어진 상황과 유사한 상황에서 적용되는 기존의 지식으로부터 유추하여 주어진 상황이나 현상의 원인을 설명하고 있는 것이다. 이 유형은 기존 연구(권용주 등, 2003)에서 나타난 '지식 탐색', '의문 상황과 경험 상황 비교', '설명자 차용'의 과정이 함축되어 있는 것으로 볼 수 있으며, 다른 유형들에 비해 '과학적 설명가설'(박종원, 2000)에 가깝고, Peirce의 관점에서 볼 때 '원인에 관한 설명 제안'과 '지식의 확장 초래'라는 가설의 조건을 대체로 만족하고 있는 유형으로 볼 수 있다.

특정한 틀이 제공되지 않은 경우에 31개(28.4%), '귀추법 양식'이 제공된 경우에 56개(71.8%)가 확장 설명형에 속하여서, '귀추법 양식'이 주어진 경우에서 그 비율이 약 2.5배 정도 많았다. 이를 1인당 생성한 가설 수로 환산하여 보면 각각 1인당 약 0.9개와 1.6개를 생성한 셈이어서, '귀추법 양식'이 제공된 경우에 전체적인 가설 수가 적었음을 감안하지 않더라도 그 양이 약 1.8배 정도 증가한 것이다. 이러한 결과는 동일한 학생들이라도 '귀추법 양식'이 주어진 경우에 확장적인 추리를 하는 경향이 늘어남을 보여주고 있다. 이 역시 앞서 언급한 바와 같이 '귀추법 양식'이 이상한 점과 이를 당연하게 하는 설명을 명시적으로 기술하게 함으로써, 유사한 상황에서 이미 통용되고 있으며 이상하게 여겨지지 않는 지식이나 이론을 동원하여 설명하는 과정에 기인한 것으로 보인다.

이상의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 모두 187개의 가설이 생성되었는데, 특정한 틀이 제공되지 않은 경우는 109개(1인당 약 3.2개), '귀추법 양식'이 제공된 경우는 78개(1인당 약 2.3개)가 생성되었다. 둘째, 생성된 가설들은 결과 예측형, 의문 제시형, 해결 방안 제시형, 설명 가장형, 분석 설명형, 확장 설명형 등의 6가지 유형으로 분류될 수 있었다. 셋째, '귀추법 양식'이 제공된 경우에는 가설의 의미를 혼동하거나 충실히 반영하지 못한 경우로 볼 수 있는 유형들, 즉 결과 예측형, 의문 제시형, 해결 방안 제시형, 설명 가장형, 분석 설명형 등 5가지 유형이 상대적으로 적게 발견되었으며, 특히 결과 예측형과 해결 방안 제시형은 전혀 발견되지 않았다. 넷째, 두 가지 경우 모두에 있어서 가장 높은 비율을 차지한 것은 확장 설명형이었는데, 특정한 틀을 제공하지 않은 경우에는 전체의 28.4%에 불과

했지만, '귀추법 양식'이 제공된 경우에는 전체의 71.8%에 이르러 약 2.5배 정도 높은 비율을 보였다.

IV. 결론 및 시사점

1. 결론

본 연구에서는 초등 예비 교사들을 대상으로 하여 가설 생성 과정에서 귀추법 사용을 유도하는 비교적 간단한 틀을 고안하고, 그 틀을 사용하여 생성한 가설의 특징을 틀이 제공되지 않은 상태에서 생성한 가설의 특징과 비교하여 분석함으로써, 과학 수업 현장에서 바람직한 형태의 가설을 생성할 수 있도록 돕는 용이한 방안을 탐색하고자 하였다.

'가설 생성 과정에서 귀추법 사용을 유도하는 틀', 즉 '귀추법 양식'은 Peirce가 제시한 귀추법의 의미와 형식에 관한 고찰을 통해 다음과 같은 세 단계의 틀로 고안되었다. 첫째 단계는 문제 상황을 분석해서 자신이 어떤 점 때문에 '의심의 상태'에 있는지 명시적으로 기술하게 하는 단계이다. 둘째 단계는 '어떤 설명'을 제안해야 의심의 상태가 매우 당연한 '믿음의 상태'로 될 수 있는지 숙고하게 하고, 그 '어떤 설명'을 명시적으로 기술하게 하는 단계이다. 그리고 셋째 단계는 그 '어떤 설명'을 가설로서 명시적으로 기술하게 하는 단계이다.

고안된 '귀추법 양식'을 34명의 초등 예비 교사들에게 사용하게 한 후 그 특징을 분석하였는데, 한 차례는 특정한 틀의 제공 없이, 또 한 차례는 '귀추법 양식'을 사용하여 동일한 시간 동안 가설을 생성하게 한 후, 두 경우에 생성된 가설의 특징을 유형화를 통해 비교 분석하는 방법으로 수행되었다. 그 결과, '귀추법 양식'을 사용하여 가설을 생성한 경우에는, 첫째, 결과 예측형, 의문 제시형, 해결 방안 제시형, 설명 가장형, 분석 설명형 등 가설의 본래 의미를 혼동하거나 충실히 반영하지 못한 경우로 볼 수 있는 유형들이 전혀 발견되지 않거나 상대적으로 적었고, 둘째, '부분적으로 유사성을 지닌 다른 현상이나 상황에 관한 기존 지식으로부터 유추하여 문제 상황의 원인에 관해 설명하는 유형'인 확장 설명형이 전체의 70%를 넘어서서 특정한 틀을 제공하지 않은 경우에 비해 그 비율이 두 배 이상 높았다.

결국, '귀추법 양식'을 사용하여 생성된 가설은 그렇지 않은 경우보다 상대적으로 '현상의 원인에

관한 설명과 지식의 확장 초래'라는 가설의 본래적 의미에 좀 더 충실한 특징을 가지고 있었다. 이는 '귀추법 양식'이, 그 형태가 비교적 간단함에도 불구하고, 과학 수업 현장에서 바람직한 형태의 가설이 생성되도록 돕는 하나의 방안이 될 수 있음을 보여주는 것이기도 하다.

2. 연구의 한계 및 시사점

본 연구의 결과들은 가설 생성, 특히 현상의 원인에 관한 설명을 제안하고 기존 지식의 확장을 유발하고자 하는 가설의 생성과 관련하여 다음과 같은 시사점을 주고 있다.

첫째, '귀추법 양식'을 사용한 경우 설명형의 가설이 많았고, 그중에서도 분석 설명형보다는 확장 설명형이 훨씬 많았다는 결과는 '이상하다는 느낌'에 충실하게 하는 것이 가설 생성에 있어서 중요할 것임을 시사하고 있다. 본 연구에서 고안된 '귀추법 양식'의 첫 번째 단계는 문제 상황을 분석해서 자신이 어떤 점 때문에 '의심의 상태'에 있는지 명시적으로 기술하게 하는 단계이다. 이 단계는 학생들로 하여금 자신이 의심스러워하는 점을 의도적으로 탐색하게 함으로서 자칫 그냥 지나치기 쉬운 '이상하다는 느낌'에 주목하고 충실하게 밝히도록 시도한 것이다. 어떤 상황이 주어졌을 때, 그 안에서 이상한 점을 느꼈지만 이내 잊어버리거나 무시하는 경향은 탐구와 가설 생성의 필요성 자체를 느끼지 못하게 할 것이다. 무엇을 설명하고자 하는 욕구 자체가 생기지 않을 것이기 때문이다. 또, 자신이 이상하다고 느끼는 것이 무엇인지 혼동하거나 억지로 만들어 내는 경향은 기존 지식의 확장을 초래하는 가설의 생성을 방해할 것이다. 자신이 진정으로 느끼는 의심이 아니라면, 그것은 기존의 지식에서 연역적으로 도출된 설명에 의해 충분히 해결될 것이기 때문이다. 즉, 본 연구에서 분류된 '분석 설명형'과 같이 이미 기존 지식으로 충분히 설명할 수 있는 문제에서 단지 형식적으로 가설을 기술하는 데 그칠 가능성이 높다. 이러한 점에서, 본 연구의 결과는 학생들의 가설 생성 과정에 있어서 '이상하다는 느낌'에 충실하게 하려는 노력이 가설 생성력 향상에 긍정적인 역할을 할 수 있음을 시사하고 있는 것이다.

둘째, '귀추법 양식'의 사용이 '현상의 원인에 관한 설명과 지식의 확장 초래'라는 본래적 의미에

좀 더 충실한 가설을 생성하게 하였다는 결과는, 초등학교와 같은 어린 학생들도 가설 설정 활동을 할 수 있다는 시사점을 주고 있다. 가설이라는 용어 자체를 초등학생이 이해하기를 기대하는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 우리나라 7차 교육과정에서도 가설에 대한 명시적인 설명은 10학년의 '탐구' 단위 정도에서나 이뤄지고 있다(교육인적자원부, 1997). 하지만 본 연구에서 사용된 '귀추법 양식'은 가설 자체에 관한 특별한 설명을 필요로 하지 않도록 구성되어 있다. 즉, 의심의 대상을 명기하는 단계, 의심을 대상을 믿음의 대상이 되게 하는 설명을 명기하는 단계, 그리고 그 설명을 가설로 명기하는 단계를 거치면서 자연스럽게 가설을 생성하도록 구성되어 있다. 앞서 논의했듯이 Peirce는 탐구를 의심의 상태를 벗어나 믿음에 이르고자 하는 투쟁으로 보았고, 이러한 투쟁의 출발선에서 믿음의 상태를 가져올 것으로 기대되는 임시적 설명을 가설로 보았다. 즉, 가설의 생성은 의심의 상태에서부터 믿음의 상태로 가는 과정에서 자연스럽게 일어난다는 것이다(CP 5.375). 그리고 본 연구의 결과는 별다른 추가 설명 없이도 학생들이 가설을 생성하는 데에 '귀추법 양식'이 긍정적인 영향을 미쳤음을 보여주고 있다. 이는 '귀추법 양식'과 같은 방안을 활용한다면, 간단한 수정 과정을 거쳐 초등 학생들에게도 가설 설정 활동을 용이하게 경험시킬 수 있음을 시사하고 있는 것이다.

이러한 시사점들은 추후 연구들에 의해 좀 더 수정 보완될 수 있을 것이다. 예를 들어, 첫 번째 시사점과 관련해서는 귀추법 과정에 수반되는 감성적인 요인들에 관한 추후 연구들을 통해 수정 보완될 수 있을 것이다. 물론 기존에도 권용주 등(2004)에 의해 귀추법을 감성적 요인과 관련 지은 연구가 수행된 바 있었다. 이들의 연구는 귀추적 지식의 생성 과정을 '인과적 의문 생성'과 '가설 생성'으로 보고, 각각의 과정을 수행케 한 후 그 활동 과정에서 나타난 감성을 프로토콜 분석한 것으로, '귀추적 사고가 흥미의 감성을 유발하는 데 긍정적이다'는 결론은 내리고 있다. 이를 좀 더 발전시켜, 어떤 감성 요인이 귀추적 사고를 유발하고, 어떤 감성 요인이 어떤 과정을 거쳐 변화해서 결국 어떤 유형의 감성으로 안착되는가 등에 초점을 둔 연구가 추후에 이뤄진다면, 가설 생성에 있어서 '이상하다는 느낌'에 충실하게 하는 것에 관한 논의가 진전될 수 있

을 것이며, 나아가 좀 더 효과적인 방안의 제시도 가능할 것이다. 두 번째 시사점과 관련해서는 실제 초등학생들을 대상으로 ‘귀추법 양식’을 사용하여 가설을 생성하게 하는 연구들이 수행된다면, 이 역시 좀 더 진전된 논의가 이뤄질 수 있을 것이다.

본 연구는 오랜 기간 동안 여러 번의 반복적인 처치가 이뤄지지 않았다는 점에서 가설 생성 능력 향상을 직접 언급하기 어려운 한계를 가지고 있다. 또, ‘귀추법 양식’이 안내된 단계를 좇아 기술하는 방식이므로, 마치 ‘요리 법칙 과학’이 갖는 한계와 유사하게 학생들의 주도적이고 실제적인 가설 생성 능력의 성장에 긍정적인 영향을 주지 않을 수 있다는 논란이 있을 수 있다. 실제로 이러한 한계는 추후 연구를 통해 극복되어야 할 점으로 생각된다. 다만 본 연구자가 보기에, 첫째, 기존의 과학 수업 현장에서는 별다른 안내 없이 학생들에게 문제 상황만을 제시한 후 ‘가설을 세워라’는 식의 요구를 해 오고 있어, 구체적인 방안의 제시가 필요하다는 점이 제안되어 왔고(정진수 등, 2005; 권용주 등 2003a), 둘째, 가설의 정의와 특징을 올바르게 이해하는 것과 더불어, 실제로 올바른 의미의 가설을 생성하는 행위가 습관화되는 것 역시 과학 학습을 통해 추구되어야 할 것이라면, 우선적으로 그러한 행위를 유도할 수 있으면서도 비교적 용이한 방안의 고안과 그 영향을 알아보는 것이 필요하다는 점에서 본 연구의 결과는 의미를 가질 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 본 연구의 설계가 갖는 한계 역시 결과를 해석하는 데 있어서 감안되어야 할 점이다. 앞서 연구의 방법에서 언급한 바와 같이, 동일한 학생들에게 가설 생성의 활동을 연이어 시킴으로서 올 수 있는 ‘연습에 의한 효과’가 그 한 가지 한계이다. 다만, 이의 해소를 위해 오히려 양식이 제공된 경우를 두 번째에 처치함으로써 그 잡음을 줄이고자 노력하였음을 역시 감안해야 할 것으로 생각된다. 다른 한 가지 한계는 한 차례는 안내된 단계에 따라 기술하도록 되어 있는 ‘귀추법 양식’을 제공하였고, 한 차례는 문제 상황을 기술하게 한 후 별다른 안내 없이 그 문제 상황과 관련된 가설을 생성하도록 한 점에서, 가설의 의미에 대한 안내의 제공 여부라는 기준에서 볼 때 불공평한 처치가 이뤄졌다는 논란이 있을 수 있다는 점이다. 다만, 본 연구의 대상이 교육대학교 2학년 학생들로서 중, 고등학교와 대학교 1학년 때 이미 가설의 정의와 특

성에 관한 교육이 제공된 바 있다는 점 역시 감안되어야 할 것으로 생각된다. 더불어, 원인에 관한 설명과 확장성이라는 두 가지 측면에 초점을 두어 분석하였기 때문에, 바람직한 가설이 충족해야 할 다른 조건들, 즉 변인의 명시적 언급이나 검증 가능성 등에 관한 논의가 이뤄지지 않았다는 한계를 가지고 있다.

하지만 이러한 한계 속에서도, 첫째, 본 연구가 ‘바람직한’ 가설의 모든 조건이 고려된 것은 아니지만, 가설 생성에 있어서 적어도 Peirce 이래로 주요한 조건으로 인식되어 오고 있는 ‘원인 설명과 지식의 확장’이라는 두 가지 조건을 충족시키도록 학생들을 장려할 수 있는 하나의 방안을 제시하고 있으며, 둘째, 본 연구에서 고안된 ‘귀추법 양식’은 비교적 단순한 형태를 띠고 있어, 용어의 수준을 조정하는 정도의 수정을 거쳐 기존의 연구들에서 충분히 이뤄지지 않았던 초, 중등학생들에게 용이하게 적용할 수 있는 방안 제안의 가능성을 보여주고 있다는 점에서, 후속 연구들의 수행과 함께, 본 연구의 결과가 과학 수업의 구체적인 장면들에서 의미 있는 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다.

V. 국문 요약

본 연구는 ‘가설 생성 과정에서 귀추법 사용을 유도하는 틀’, 즉 ‘귀추법 양식’을 고안하고, 그 틀을 사용하여 생성한 가설의 특징을 틀을 사용하지 않고 생성한 가설의 특징과 비교하여 분석하는 것을 목적으로 하였다. ‘귀추법 양식’은 Peirce가 제시한 귀추법의 의미와 형식에 관한 고찰을 통해 (i) 의심의 대상을 명기하는 단계, (ii) 의심의 대상을 믿음의 대상이 되게 하는 설명을 명기하는 단계, 그리고 (iii) 그 설명을 가설로 명기하는 단계로 구성되었다. 예비 교사 34명을 대상으로 하여 동일한 대상에게 두 가지 방법을 모두 사용하게 한 결과, 고안된 ‘귀추법 양식’을 사용하여 가설을 생성한 경우는, 첫째, 가설의 의미를 혼동하거나 충실히 반영하지 못한 경우로 볼 수 있는 유형들이 전혀 발견되지 않거나 상대적으로 적었고, 둘째, ‘부분적으로 유사성을 지닌 다른 현상이나 상황에 관한 기존 지식으로부터 유추하여 문제 상황의 원인에 관해 설명하는 유형’의 비율이 특정한 틀을 제공하지 않은 경우에 비해 두 배 이상 높았다. 결국, ‘귀추법 양

식'을 사용하여 생성된 가설은 그렇지 않은 경우보다 상대적으로 '현상의 원인에 관한 설명과 지식의 확장 초래'라는 가설의 본래적 의미에 좀 더 충실한 특징을 가지고 있었다. 이는 '귀추법 양식'이, 그 형태가 비교적 간단함에도 불구하고, 과학 수업 현장에서 바람직한 형태의 가설이 생성되도록 돕는 하나의 방안이 될 수 있음을 보여주는 것이기도 하다.

참고문헌

교육인적자원부(1997). 제7차 과학과 교육 과정(교육부 고시 제 1997-15호). 서울: 대한 교과서 주식회사.

국립국어연구원(1999). 표준국어대사전. 서울: 두산동아.

권용주, 이해정, 신동훈, 정진수(2004). 귀추적 과학지식의 생성에서 나타나는 감성의 유형. 한국생물교육학회지, 32(3).

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

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

권용주, 정진수, 박윤복, 강민정(2003b). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구. 한국과학교육학회지, 23(3), 21-228.

김동식(2002). 프레그머티즐. 서울: 아카넷.

김영학(2004). 중학생을 위한 과학적 지식 생성 학습 프로그램의 개발. 한국교원대학교 석사학위 논문.

박종원(2000). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석: 과학적 가설의 정의와 특성을 중심으로. 한국과학교육학회지, 20(4), 667-679.

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

송진웅, 정병훈, 권성기, 박종원(1997). 현대 과학철학자들의 저술에 나타난 과학교육의 이미지. 한국과학교육학회지, 17(2), 209-224.

연희원(1998). 퍼스의 귀추법에 관한 연구. 철학연구, 21권, 177-213.

오필석, 김찬중(2005). 지구과학의 한 탐구 방법으로서 귀추법에 대한 이론적 고찰. 한국과학교육학회지, 25(5), 610-623.

이초식(2000). 귀납논리와 20세기 한국의 논리교육. 한국 분석철학회 편, 21세기와 분석철학. 서울: 철학과 현실사, 11-45.

이해정, 정진수, 박국태, 권용주(2004). 초등학생들과 초등예비교사들이 관찰활동에서 생성한 과학적 의문의 유형. 한국과학교육학회지, 24(5), 1018-1027.

임병갑(2000). 탐구 패턴으로서의 가설상정법: 타가드의 전산적 과학철학에 의한 해석. 이초식 외 13인 공저,

귀납논리와 과학철학. 서울: 철학과 현실사, 477-494.

정진수, 원희정, 권용주(2005). 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원귀추모형의 적용. 한국과학교육학회지, 25(5), 595-602.

조희형(1992). 과학적 탐구의 본질에 대한 분석 및 탐구력 신장을 위한 학습지도 방법에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 12(1), 61-73.

조희형(1998). 과학교육의 이론적 배경과 그 시사점. 한국과학교육학회지, 18(2), 183-200.

Aliseda, A.(2004). Logics in scientific discovery. *Foundations of Science*, 9, 339-363.

American Association for the Advanced of Science [AAAS] (1990). *Science for all Americans*, New York: Oxford University of Press.

Bybee, R. W. & DeBoer, G. E.(1994). Research on goals for the science curriculum. In Gabel, D. L. (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 357-387. New York: Macmillan Publishing Company.

Curd, M. V.(1980). The logic of discovery: an analysis of three approaches. In B. A. Brody & R. E. Grandy(1989) (Eds.) *Readings in the Philosophy of Science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 417-430.

DeBoer, G. E.(1991). *A History of Ideas in Science Education; Implication for practices*. New York: Teachers College Press.

Fischer, H. R.(2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. *Foundation of Science*, 6, 361-383.

Gott, R., & Duggan, S.(1995). *Investigative Work in the Science Curriculum*. Buckingham: Open University Press.

Hanson, N. R.(1958). *Patterns of Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hempel, C. G.(1966). *Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Lamprecht, S. P.(1955). *Our Philosophical Traditions: A Brief of History of Philosophy in Western Civilization* (김태길, 윤명로, 최명관 (역) (1963). 서양철학사. 서울: 을유문화사).

Lawson, A. E.(1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.

Magnani, L.(2001). *Abduction, Reason, and Science: Process of Discovery and Explanation*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publisher.

Millar, R.(1989). What is scientific method and can it be taught? In Wellington (Ed.) *Skills and Processes in Science Education: A Critical Analysis*. London: Routledge, 47-62.

Peirce, C. S. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce* [ab. CP], 8 vols. C. Hartshorne and P. Weiss (1931-1958) (Eds.) vols. 1-6; A. W. Burks (1931- 1958) (Ed.) vols. 7-8, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Roychoudhury, A., & Roth, W.-M.(1996). Interaction in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 18(4), 423-445.