

과학자의 과학적 탐구과정에서 나타나는 귀추적 추론 분석틀 개발

조현준¹ · 정선희² · 양일호^{2,*}

¹한국교원대학교 지구과학교육과, 363-791, 충북 청원군 강내면 다락리 산 7

²한국교원대학교 초등과학교육, 363-791, 충북 청원군 강내면 다락리 산 7

The Development of the Analytic Coding Frames on the Abductive Reasoning in Scientific Inquiry

Hyunjun Cho¹, Sun-Hee Jeong², and Il-Ho Yang^{2,*}

¹Department of Earth Science Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

²Department of Elementary Science Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

Abstract: The purpose of this study was to identify the scientists' abductive reasoning in three stages of hypothetical-deductive inquiry process; generating hypothesis, designing, and interpreting data and to suggest new analytic coding frames on abductive reasoning in each of the stages. For this purpose, the interview protocols collected through in-depth interviews with eight scientists were analyzed by the early frame with sub-elements derived from the literature reviews. The need of a new frame of analysis beyond the previously established elements arose from the result of this analysis because the processes of abductive reasoning were found in all three stages. Based on scientists' interview data, this study then designed a new frame of analytic coding frames on the abductive reasoning in each of the stages. The content validity index from four experts was 0.90, and these frames showed a good fit to analyze the scientists' real process of abduction in three stages of hypothetical-deductive inquiry process.

Keywords: abduction, abductive reasoning, scientist, hypothetical-deductive inquiry process

요약: 본 연구의 목적은 과학자의 가설-연역적 탐구과정에서 가설설정단계, 실험설계단계, 결과해석단계에서 귀추적 추론이 나타나는지를 확인하고, 각각의 단계에서의 귀추적 추론과정을 분석하기 위한 분석틀을 제안하는 데 목적이 있다. 이를 위해, 8명의 과학자들과의 심층면담을 통해 얻은 프로토콜을, 기존 문헌에서 추출한 귀추적 추론과정의 하위요소로 분석해 보았다. 그 결과, 과학자의 귀추적 추론이 세 단계 모두에서 나타나고 있어 기존요소에 의한 분석틀을 벗어난 새로운 분석틀이 요구되었다. 그 결과 과학자들과의 심층면담을 통해 탐구의 각 단계에서 나타나는 귀추적 추론 분석틀을 새롭게 개발하였다. 이 틀을 과학교육전문가로부터 타당성 확인 결과, 내용타당도 지수 0.90을 얻어 타당한 것으로 인정되었으며, 실제로 과학자의 탐구과정에서 나타나는 귀추적 추론과정을 분석한 결과 매우 적절한 것으로 확인되었다.

주요어: 귀추, 귀추적 추론, 과학자, 가설-연역적 탐구과정

서론

과학적 사고력의 향상은 이미 1980년대부터 Kuhn 외(1988)가 과학교육의 핵심적 목표로 다뤄질 것을 주장한 이래 지금까지 많은 과학교육자들에 의해서

과학적 탐구능력과 함께 과학교육의 핵심 목표로 인식되고 있으며(NRC, 2000), 과학적 추론은 사고의 가장 이상적 모델로 여겨져 많은 연구자들에 의해 꾸준히 연구되어 왔다(Deloach et al., 1998).

과학철학사를 살펴보면, 과학적 추론에 대한 논의는 연역적 추론과 귀납적 추론을 중심으로 논의되어 왔지만, Peirce(CP, 1931-1958)가 귀추적 추론(abductive reasoning)이 과학적 탐구의 첫 단계를 구성하는, 즉

*Corresponding author: yih118@knuc.ac.kr

Tel: 82-43-230-3717

Fax: 82-43-232-7176

최선의 설명을 제안하는 논리적 형식을 갖춘 추론임을 제안한 이후, 귀추적 추론은 다양한 영역의 많은 학자들에 의해 주목받아왔다(권용주 외, 2000, 2003a,b; 김정섭과 박수홍, 2002; 오필석, 2006; Leake, 1995; Shank and Cunningham, 1996).

특히, 과학교육에서 창의성이 주요 목표로 제안되면서(McCormack and Yager, 1989), 최근에는 과학영재교육 뿐만 아니라 일반 학생들을 위한 과학교육에서 과학적 설명에 대한 창의적 추론의 형태인 귀추가 주목받고 있다(김영민, 2006, 박은미와 강순희, 2007; Eco, 1983, Kim and Conningham, 2003; Kruijff, 2005). 이러한 중요성을 바탕으로 과학교육에 귀추적 사고과정을 반영한 교육프로그램 개발에 관한 연구들이 시도된 바 있다(박은미와 강순희, 2007; 윤은호, 2006).

그러나 이러한 프로그램은 모두 귀추가 가설 생성과정에서 작용한다는 근거를 바탕으로 마련된 것이다. 하지만, 귀추적 추론이 연구자들마다 다르게 사용되기도 하며 또한 그들마다 내린 정의도 매우 다양하다.

Peirce(CP, 1931-1958)는 Popper(1959)가 과학적 발견의 원리로 가설-연역적 방법을 제안하며 가설을 생성하기 위해서는 논리적 사고보다는 통찰이나 직관과 같은 심리·경험적 사고를 이용해야 한다고 주장한 것과는 다르게, 귀추라고 하는 논리적 사고를 통해 가설이 생성되며, 연역적 추론을 바탕으로 생성된 가설(전제)에 의해 결과를 예측할 수 있으며 귀납적 추론에 의해 가설(전제)이 확인될 수 있어야 한다고 하였다(CP 5.171).* 다시 말하면, Peirce(CP, 1931-1958)는 과학적 탐구가 귀추로 가설을 설정하면서 시작되고, 설정된 가설에서 다시 현상을 연역하면서 특정 결과를 예측하며, 확인된 결과를 통해 귀납에 의해 가설을 검증하는 과정을 통해 과학적 탐구가 진행된다(CP 5.171)고 본 것이다. 즉, Peirce에게 귀추는 과학적 탐구를 위한 첫 단계이자 특정 단계에서 해석과정의 첫 단계이기도 한 것이다.**

최근에는 Peirce의 주장 이후, 몇몇 학자들은

Peirce의 귀추에 대한 설명을 ‘발견의 논리’ 보다는 ‘정당화의 논리’의 맥락에서 이해하려고 하였다. 그 대표적인 사람이 Harman(1965)으로, 그는 귀추적 추론을 주어진 현상에 대한 최선의 설명 가설을 찾기 위한 추론(inference to the best explanation; IBE)으로 해석하였으며, Harman의 IBE는 다른 어떠한 가설보다도, 주어진(선택된) 가설인 전제는 과학적 증거에 의해 ‘더 나은’ 설명을 제공할 수 있어야 하며, 그 결론이 참이어야 한다는 것에 이르는 추론이어야 한다는 의미이다. 그 이후 여러 학자들(Horwich, 1982; Josephson and Josephson, 1994)이 귀추에 대한 의미를 최선의 설명을 위한 추론으로 해석하려고 하였다.

특히, Peirce에게 있어서 가설의 의미는 Hanson(1961)과 같이 어떤 현상에 대한 임시적 설명 뿐만 아니라, 이를 위한 문제 해결책과 이론 등을 포함하는 의미이며, 이것은 Peirce가 정의한 귀추의 정의에서 가능하며, 최근 Magnani(2001)는 Peirce의 가설을 과학자 사회에서 최종적으로 승인한 것이 아니라 현상에 대한 임시적 설명명에 주목하고, 과학자들이 그럴듯한 다양한 규칙들을 검토하고 그 중 가장 설득력 있는 설명을 찾는 과정을 거치는 것을 밝히고, 귀추를 ‘특정한 사실이나 법칙 가설을 추론하여 어떤 현상이나 관찰한 사실을 설명하거나 발견하는 과정’으로 정의하면서 설명적(임시)가설의 생성만이 아닌 가설의 검증과정까지 포괄하여야 하는 선택적 귀추(selective abduction)의 관점을 제시하였다.***

Magnani(2001)의 선택적 귀추 관점에 따르면, 놀라운 현상을 설명해 줄 수 있는 법칙이나 규칙은 하나가 아니며, 비슷한 유형의 다양한 규칙들 즉, 여러 가지 대안적 가설들을 제안할 좋은 이유가 있으며, 이들을 탐구의 대상으로 삼아 검증 과정을 거치면서 최종적으로 가장 정당화될 수 있는 가설을 찾아가는데, 주어진 현상을 설명해 줄 수 있으리라 여겨지는 원인적 설명자를 선택하고 구성된 가설을 확인해 가는 과정에서 다른 설명자들과 비교하여 평가하는 속

*Harvard 대학교 출판부는 1931년부터 1958년 사이에 Peirce의 글을 수집해, 전체 vol. 8로 출판하였다. Vol. 1-2는 『Principles of Philosophy and Elements of Logic』이라는 부제를 붙였으며, 이 책들을 인용할 때는 다른 책들과는 달리 각 절마다 번호를 붙여 기재하는데, CP 5.171은 Peirce의 전집 중 vol. 5의 171번째 절이라는 의미이다.

**Peirce는 귀추적 추론을 “first stage of scientific inquiries and of any interpretive processes”로 정의하였다(CP 6.469).

***Magnani(2008)는 자신의 글을 통해, 과학적 발견과정의 통일된 인식론적 모델을 제안하기 위해, 문제 해결과정을 묘사하기 위해, abduction의 의미를 creative, selective, to the best explanation, visual의 네 가지 의미로 사용하였다. 특히 selective abduction은 불확실성을 내포하고 있으며 Clancey(1985)가 제안한 발견적 분류문제해결 모델(the heuristic classification problem-solving model)에 포함한다고 하였다.

Table 1. Participating scientists' major

major	code	major	code
Physics (electromagnetism)	S1	Biology (ethology)	S5
Biology (ethology)	S2	Biology (ethology)	S6
Biology (genetics)	S3	Chemistry (organic chemistry)	S7
Earth Science (meteorology)	S4	Biology (molecular biology)	S8

성까지 포함하게 된다. 그 과정에서 최선의 원인적 설명자를 찾는 IBE가 일어나게 되며, 이때의 IBE는 ‘가설생성 과정’에서의 귀추가 아닌 다른 차원의 의미는 가지게 되는 것이다(Minnameier, 2004).

즉, 제안된/선택된 과학적 가설을 입증하기 위해, 과학자가 속한 커뮤니티 내에서 현재의 패러다임으로 수용되고 있는 여러 실험적 방법들 중 과학자가 처한 상황과 연구의 맥락 속에서 적절한 방법을 찾게 되며, 또한 제안된/선택된 가설에 의해 예상된 결과와 실제 실험을 통해 얻은 결과를 비교하고, 다른 유사한 실험들과의 비교하여 제안된/선택된 가설을 채택하는 과정까지 적용될 수 있다는 해석이 가능하다. 이러한 가설은 과학자의 탐구과정에 대한 실제적 모델(Yang et al., 2007)을 통해서도 가능하다. 이러한 맥락은 Hanson(1958)의 모든 과학적 아이디어는 귀추로부터 나온다는 주장으로부터도 지지되는데, 그는 Popper의 가설-연역적 방법 자체를 부정한 것이 아니라, 귀추적 추론에 의해서 제안된 가설들은 가설-연역적 방법과 실험적 방법에 의해서 더욱 진지하게 탐구됨으로써 과학적 법칙으로 발전될 수 있다고 하였다.

이러한 점을 근거로, 연구자는 귀추의 해석 범위를 기존 연구자들의 관점인 ‘가설의 생성’에서 벗어나 과학적 탐구의 과정, 구체적으로 가설 입증에 위한 실험 방법의 고안 및 설계과정과 실험 결과의 해석 단계에까지 확대 해석하고자 한다. 연구자의 가정을 입증하기 위해, 과학적 탐구에서의 과학적 사고의 이상적 모델은 과학자의 사고이므로, Yang et al.(2007)이 제안한 과학자의 과학적 탐구과정 모형을 바탕으로 과학자의 과학적 탐구 과정 중 과학적 가설설정 단계와 실험방법설계, 결과해석단계에서 귀추적 추론이 나타날 것이라는 가설을 수립하였다.

본 연구는 이러한 가설을 확인하기 위한 연구로서, 8명의 과학자들과의 심층면담 내용을 바탕으로 과학자의 연구과정에서 가설설정단계 및 실험방법 설계, 결과 해석단계에서 귀추적 추론을 분석하기 위한 분석틀을 만드는 데 그 목적이 있다.

연구 방법

연구 참여자

연구 가설과 관련하여 유능한 과학자의 과학적 사고를 분석하기 위해, SCI급 저널의 논문을 분석하려 하였다. 본 연구의 목적에 동의하고 참여한 과학자는 SCI급 저널에 실적이 있는 과학자 8명이며 분석을 위한 코드와 관련 영역은 Table 1과 같다.

연구 절차 및 분석 방법

먼저, 연구에 참여한 과학자의 귀추적 추론과정의 심층적 분석을 위해, 과학자의 최근 SCI급 저널의 대표논문과 연구노트를 분석하였다. 이를 바탕으로 과학자의 연구과정에 대한 인터뷰 내용을 추출한 후 개별적으로 심층면담을 진행하였다.

그 이후, 수집된 면담자료는 과학자의 언어적, 비언어적 표현을 모두 전사하였다.

전사된 내용을 분석하기 위해, 문헌을 통해 분석틀을 고안하였으며, 문헌 연구를 통해 고안된 분석틀을 전사된 내용에 적용하였다. 전사 자료를 시간과 사고 순서에 따라 재배열한 프로토콜에서 귀추적 추론 단계가 나타나는 문단을 찾아 하위 추론 요소들을 코딩하였다. 코딩 후 나타나는 문제점을 수정하여 다시 분석틀을 고안하고, 작성된 분석틀에 따라 프로토콜을 분석하였다.

수정된 분석틀에서 제시된 하위 추론 요소에 대한 정의 및 위계에 대한 타당성을 확보하기 위해 귀추적 추론으로 과학교육관련 학회지에 실적을 가지고 있는 과학교육 전문가 4인에게 내용타당도를 의뢰하였다. 내용타당도의 분석은 5단계 Likert 척도(전혀그렇지 않다-1점부터 매우 그렇다-5점)를 통해 확인하였다. 타당도를 확보한 20개의 귀추적 추론의 하위 추론 요소들을 이 기준으로 전사된 전체 프로토콜에서 이 용어들의 의미를 포함하고 있는 프로토콜을 선정하였으며, 이를 통해 과학자의 과학적 탐구 과정에서 나타나는 귀추적 추론을 분석하기 위한 분석틀을 완성하였다.

연구 결과 및 논의

문헌 고찰에 의한 잠정적 분석틀 고안 및 과학자의 귀추적 추론 과정 분석

권용주 외(2003b)의 연구, 양일호 외(2006)의 연구, 정진수 외(2005)의 연구를 바탕으로 분석을 위한 구체적인 하위 요소를 추출하였다.

가설생성 과정에서 귀추적 추론의 시작은 관찰된 사실로부터 생성된 인과적 의문을 인식함에서 비롯된다. 따라서 사실지각(perceiving facts)을 1) 의문상황인식(recognizing the question- situation)으로 대체하였다. 이는 의문을 갖게 한 상황을 의문상황으로 분류한 권용주 외(2003b)의 연구결과에서 차용하여 수정한 것이다. 의문상황이 인식되면 관찰이나 탐색을 통해 의문 상황을 분석하는 과정을 거치게 되는데 정진수 외(2005)의 2) 의문상황관찰(observing)이 여기에 해당되나 관찰은 사고 요소가 아닌 행동 요소로 분리되기에 관찰과 더불어 일어나는 사고를 의문상황분석(analyzing)으로 명명하였다. 원인적 설명자를 찾는 과정에서 과거의 유사 경험 상황을 표상하거나 관련 설명자를 표상하게 되므로 3) 경험상황표상(representing experienced- situation), 4) 설명자표상(representing causal explicans)의 단계를 거치게 된다. 이는 정진수 외(2005)의 설명자 분석 단계에서 경험상황표상(representing experienced situation)을, 권용주 외(2003b)의 원인적 설명자 표상을 수정하여 사용한 것이다. 이후 유사성을 근거로 과거의 경험 상황과 현 의문 상황을 비교하는 사고가 일어난다(권용주 외, 2003b). 이를 5) 유추(analogy)로 표현하고자 한다(Lawson, 1995). 현 상황과의 비교해서 적합한 설명이 될 수 있는 6) 설명자를 선택(selecting explicans), 7) 설명자차용(borrowing explicans)한다. 이는 양일호 외(2006)의 설명자 탐색 단계 중 원인적 설명자 확인(identifying causal explicans)과 원인적 설명자 차용(borrowing causal explicans)에 해당된다. 가설적 설명자들을 조합하여 8) 가설구성(constructing)하고, 형성된 가설을 다른 원인적 설명자들과 비교하면서 타당성을 확인(Magnani, 2001; Josephson and Josephson, 1994)하기 위한 9) 가설 확인(confirming hypothesis)의 과정을 거친다. 즉 탐색이나 관찰을 통해 다른 설명자들과 비교하여 가설을 확인하고 그 가설을 10) 수락할지 11) 기각할지의 여부를 결정하는 과정을 거칠 것이다.

이러한 문헌 고찰 결과, 추출된 귀추적 추론의 하위 추론 요소를 제시하면 다음의 11가지로 나타난다.

- 의문상황인식: 여러 사례와 다르거나 특이한 사례를 관찰하고 그 관찰된 현상의 원인에 관한 인과적 의문을 확인하고 인식하는 것과 관련된 요소
- 의문상황분석: 그 현상의 특징 및 상황 조건을 관찰하고 분석하면서 설명할 수 있는 원인적 설명자를 탐색하는 것과 관련된 요소
- 경험상황표상: 과거에 가지고 있던 유사한 경험 상황이나 현 상황 조건에 적합한 관련 경험을 떠올리는 것과 관련된 요소
- 설명자 표상: 현 상황 조건과 유사한 관련 지식 즉 개념이나 원리, 이론을 떠올리는 것과 관련된 요소
- 유추: 과거의 경험 상황이나 경험적 지식, 관련 지식에서 형태적 기능적 구조적 유사점과 차이점을 비교하여 추론하는 것과 관련된 요소
- 설명자 선택: 현상을 최대한 잘 설명해 줄 수 있는 최선의 원인적 설명자를 선택하는 것과 관련된 요소
- 설명자 차용: 선택된 원인적 설명자를 가설에 적용하기 위해 연결 차용하는 것과 관련된 요소
- 가설 구성: 원인적 설명자를 연결 차용하여 그 현상에 대한 잠정적인 해답인 가설을 구성하는 것과 관련된 요소
- 가설 확인: 생성된 가설이 타당한지 여부를 탐색이나 관찰을 통해 다른 원인적 설명자들과 비교하여 확인하는 것과 관련된 요소
- 가설 수락: 확인 과정을 통해 생성된 가설의 설명 정도를 판단하고 받아들여지게 되는 것과 관련된 요소
- 가설 기각: 확인 과정을 통해 생성된 가설의 설명 정도를 판단하여 기각하게 되는 것과 관련된 요소

이와 같이 11개의 하위 요소를 권용주 외(2000)가 제안한 의문상황확인, 경험상황동정, 원인적 설명자동정, 가설적 설명자 선택의 네 단계를 바탕으로 잠정적 분석틀을 Table 2와 같이 고안하였다. 이틀을 바탕으로 과학자의 인터뷰 내용을 분석하였다.

과학자들의 이름을 가나다순에 따라 부호화(코딩)하였으며 면담자의 질문과 관련된 내용은 생략하였다. 인터뷰 질문에 대답한 내용을 특별히 구분하여 표현하지 않았으며 제시된 프로토콜 중 ...는 침묵이나 질문과 관련없는 내용이 생략되었음을 의미한다. 이에 따른 과학자의 프로토콜 가운데 대표적인 S4와

Table 2. Analytic coding frame from literature review

stages	element of abductive reasoning	sub-element	code
stage1	Recognizing the causal question generated	Recognizing the question-situation	Rq
stage2	Searching the causal explicans	Analyzing the question-situation	Aq
		Representing experienced situation	Rs
		Representing a causal explican	Re
		Analogy to causal explican	Ac
stage3	Constructing and Confirming the Hypothesis	Selecting the causal explican	Se
		Borrowing causal explicans to the hypothesis	Be
		Constructing the hypothesis by combining causal explicans	Ce
		Confirming the hypothesis	Ch
stage4	Probability of Accepting the hypothesis	Being Probability to Accept the hypothesis	Ah
		Rejecting the hypothesis	Rh

S8의 프로토콜 사례이며, S4는 2003-2004년 한국의 대기중에서 관측된 황사에 관한 연구이다.

S4: 상당히 늦은 봄까지 습윤했고 강수량이 많았기 때문에 황사 발생 횟수가 적었어요. 발원지 지역에서... 의문상황인식

S4: 2003년도가 황사 발생이 적었어요. 그 이유 중 하나가 사막 지역에 아주 늦은 봄까지 눈이 덮여 있었기 때문에 먼지들이 불어 올려지질 못했겠죠. 바람이 아무리 세다 하더라도... 의문상황인식, 설명자표상?

S4: 왜 적었느냐 하는 것을 살펴보면 발원지 지역이 다른 해에 비해서 늦은 봄까지... 늦은 초여름까지 눈으로 덮여 있었고, 강수량이 많았기 때문에 지표면이 습윤한 형태를 취하고 있어서 모래 먼지가 불어 올려지질 않았겠죠. 그래서 2003년도에는 황사 발생 횟수가 적었다 하는 것이 결론이예요. 가설확인, ?, 가설수락

S4: 확실한 거는 몽골쪽 데이터를 얻어서 분석을 해 보니 과거에 비해서 확실히 강수량이 많아서...아 그렇구나! 강수량을 비교해 볼까 생각해서 확인해 보니 알게 된 거죠. 말 그대로 발생지뿐만 아니라 풍하지역에서도 강수량이 많았다는 거죠...여기와 여기 사이에 강수량이 많았기 때문에 공기 중에 띄워져 있던 먼지들이 대기 중에서 제거가 됐겠죠. 따라서 당연히 황사가 발생해서 이동해 오는 중에서도 어떻게 발생된 황사라도 당연히 우리나라 같은 경우 강수량이 많으면 씻겨지는 량이 많아서 황사가 없다고 관측을 하겠죠. ?, 가설확인, 경험상황표상? (과학자 S4의 프로토콜)

프로토콜을 문헌 분석들의 하위 추론 요소에 따라 부호화해 본 결과, S8의 프로토콜 분석에서의 ?처럼 부호화하기 어려운 몇 가지 문제점이 발견되었으며, 그 이유는 다음과 같았다.

첫째, 분석들의 추론 요소에 해당되는 용어의 혼동

이 있어 부호화하기 애매하거나 무리가 있는 것들이 나타났고, 둘째, 분석들에 제시되지 않는 요소들이 있어 부호화되지 못한 것들이 나타났다. 셋째, 탐구과정 전체적으로 보았을 때 실험방법을 떠올리기 위한 귀추적 추론을 부호화하기에 추론 요소들이 적합하지 않았다.

따라서 프로토콜 분석 결과 나타난 문제점을 고려하여 하위 추론 요소 몇 가지의 용어를 변경하거나 새로운 요소를 추가하였다. 그리고 전체 탐구 단계에서 나타나는 귀추적 추론을 찾아 각 단계에 맞는 하위 추론 요소로 용어를 변경하는 등 문헌 분석들을 새롭게 수정하였다.

첫 번째 문제점으로 발견되었던 부호화하기 애매한 하위 추론 요소 중 '경험상황표상'은 과거의 유사한 경험 상황만을 떠올린다고보다 현 상황 조건과 관련된 경험지식을 떠올리는 것과도 관계가 있다고 여겨져 '경험지식표상'으로 용어를 수정하고 개념을 확장하였다. 예를 들면, 첫 번째 프로토콜의 '기존에 연화 원인과 관련된 엔자임이라든지 특성 같은 게 증상만 나타날 뿐 원인이 밝혀지지 않았고'라고 언급한 부분에서 과거 문헌을 통해 알게 된 지식이므로, 경험지식이라고 표현하는 것이 더 적절할 것이며, 경험지식은 경험상황에 대한 지식도 포괄할 수 있을 것으로 여겨져 '경험상황표상'을 '경험지식표상'으로 용어를 수정하였다. 경험지식은 과거 경험 상황에서 이미 유추되어 자신의 배경지식 속에 잘 저장된 지식이기 때문에 다시 추론하지 않고도 표상될 수 있다.

두 번째 문제점으로 지적된 것처럼 분석들에 제시되지 않았지만 코딩되어야 할 요소들이 나타났다. 문

현 분석틀에서는 ‘의문상황분석’이라는 추론 요소에 행동 요소를 삽입할 수 없어 관찰을 추론 요소에서 배제하였으나 탐구 과정에서 사고 활동과 더불어 실험이나 관찰이 끊임없이 진행되고 있었기 때문에, 관찰이나 실험에 대한 용어 정의가 필요하였다. 따라서 현상을 분석하기 위한 관찰 요소는 귀납적 추론과 관련이 있기에 이에 해당되는 부분은 귀납(I: induction)이라고 표현하였다. 또한 변인이나 설명자의 적절성이나 유사성 차이점 비교를 통해 판단하기 위한 연역적 추론이 함께 일어나기 때문에 연역적 추론이나 예측적 사고에 관한 것을 연역(D: deduction)이라고 표현하였다.

반대로 ‘가설구성’이나 ‘설명자선택’의 경우, 분석틀에 제시되었지만 하위요소로 거의 나타나지 않았다. 원인적 설명자를 선택하여 차용하는 과정이 끝나면 실제 설명자들을 조합하여 가설을 구성하는 과정이 분명히 있을 수밖에 없지만, 과학자들의 경우 당연하게 여겨서인지 ‘가설구성’이나 ‘설명자선택’, ‘설명자차용’과 관련된 하위 추론 요소는 나타나지 않는 것으로 판단된다. 하지만 논리상 가설이 구성되지 않은 상황에서 그 가설의 타당성을 확인하는 ‘가설확인’ 요소만 존재할 수는 없기에 분석틀에서 삭제하지 않았다.

세 번째 문제는 전체 탐구 과정에서 귀추적 추론이 언제 어떻게 일어나는가와 관련된 것이다. 예를 들면, S8의 여덟 번째와 아홉 번째 프로토콜은 실험설계를 위한 방법을 고안하는 것과 관련된다. 따라서 ‘설명자표상’으로 부호화하기에 무리가 있어 ‘방법표상’으로 용어를 수정하였다.

위에서 살펴본 바와 같이, 가설생성뿐만 아니라 실험방법을 고안하고 결과를 해석(S8의 마지막 프로토콜)하는데 있어서도 과거의 경험지식을 표상하거나 유추하여 새로운 아이디어를 생성하는 귀추적 추론이 일어났다. 이를 통해, 잠정적 분석틀로서는 분석이 되지 않는, 실험 설계 단계와 결과 해석 단계의 귀추적 추론과정이 발견되었고 자연스럽게 연구자의 연구가설이 입증됨과 동시에 설계 단계와 결과 해석 단계에서 나타나는 귀추적 추론과정 분석을 위한 수정된 분석틀의 제안이 요구되었다.

따라서 가설생성, 실험설계, 결과해석 부분에 적합하도록 탐구 단계를 구분하였으며, 각각의 단계에서 발견되는 하위 추론 요소를 추출하고 이들 용어들을 수정·정의하였다. 즉 가설생성에서는 원인적 설명자

를 찾는 추론임에 비해, 가설을 검증하기 위한 실험설계에서는 원인적 설명자가 아닌 방법을 찾게 된다. 생성된 가설을 확인할 수 있는 방법이 무엇인가에 따른 방법적 의문을 인식하는 ‘방법의문인식’의 과정이 나타난다.

가설을 검증하는 방법을 조희경과 박승재(1995)는 관찰에 의한 검증, 실험에 의한 검증, 이론에 의한 검증 3가지로 분류하였는데, 관찰에 의한 검증, 실험에 의한 검증은 Hempel(1966)의 실험적 방법이고, 나머지 이론에 의한 검증은 비실험적 방법에 의한 검증에 해당된다. 여기서 비실험적 방법에 의해 가설을 인식하고 확인할 수 있는 변인을 찾아 변인의 속성을 탐색하고 분석하는 것은 ‘변인속성탐색’으로, 즉 실험설계단계에서는 ‘의문상황분석’보다는 실험 방법을 구성하기 위해 현 상황 조건에서 찾을 수 있는 변인을 찾고 변인의 속성을 탐색하게 되리라 여겨져 ‘변인속성탐색’으로 용어를 수정하였다. 실험 방법을 구성하기 위한 ‘경험지식표상’, ‘방법표상’, ‘방법선택’, ‘방법차용’, ‘방법구성’, ‘방법확인’, ‘방법기각’으로 실험설계 단계에서 나타나는 귀추적 추론 분석을 위해 하위 추론 요소의 용어를 수정하였다.

이후 설계된 방법대로 실험을 수행하고 나온 데이터를 해석하는 부분에서 예상치 못한 결과들을 관찰하게 되면 가설생성과 같은 귀추적 추론을 하게 된다. 따라서 결과해석 단계에서 일어나는 귀추적 추론은 가설생성의 귀추적 추론 하위 요소들을 그대로 사용하였다.

이러한 일부 프로토콜 부호화 결과, 추출된 귀추적 추론의 하위 추론 요소를 제시하면 다음의 20가지로 나타날 수 있다: 1) 의문상황인식, 2) 방법의문인식, 3) 의문상황분석, 4) 변인속성탐색 5) 경험지식표상, 6) 설명자표상, 7) 방법표상, 8) 유추, 9) 설명자선택, 10) 방법선택, 11) 설명자차용, 12) 방법차용, 13) 가설구성, 14) 방법구성, 15) 가설확인, 16) 방법확인, 17) 가설수락, 18) 방법수락, 19) 가설기각, 20) 방법기각으로 모두 20개이다.

이 20개의 귀추적 추론의 하위 추론 요소기준들을 바탕으로 전사된 전체 프로토콜에서 이 용어들의 의미를 포함하고 있는 프로토콜을 선정하여, 참여자들이 표현한 시간 순서대로 나열하였다.

다음은 S4의 프로토콜 중, 새롭게 추가된 가설구성, 경험지식표상, 방법확인이 분석된 사례이다.

S4: 상당히 늦은 봄까지 습윤했고 강수량이 많았기 때문에 황사 발생 횟수가 적었어요. 발원지 지역에서... 의문상황인식

S4: 2003년도에 황사 발생이 적었어요. 그 이유 중 하나가 사막 지역에 아주 늦은 봄까지 눈이 덮여 있었기 때문에 먼지들이 불어 올려지질 못했겠죠. 바람이 아무리 세다 허더라도... 의문상황인식, 가설구성*

S4: 왜 적었느냐 하는 것을 살펴보면 발원지 지역이 다른 해에 비해서 늦은 봄까지... 늦은 초여름까지 눈으로 덮여 있었고, 강수량이 많았기 때문에 지표면이 습윤한 형태를 취하고 있어서 모래 먼지가 불어 올려지질 않았겠죠. 그래서 2003년도에는 황사 발생 횟수가 적었다 하는 것이 결론이네요. 가설확인, 경험지식표상*, 가설수락

S4: 확실한 거는 몽골쪽 데이터를 얻어서 분석을 해 보니까 과거에 비해서 확실히 강수량이 많아서..아 그렇구나! 강수량을 비교해 볼까 생각해봐서 확인해 보니 알게 된 거죠. 말 그대로 발생지뿐만 아니라 풍하지역에서도 강수량이 많았다는 거죠...여기와 여기 사이에 강수량이 많았기 때문에 공기 중에 띄워져 있던 먼지들이 대기 중에서 제거가 됐겠죠. 따라서 당연히 황사가 발생해서 이동해 오는 중에서도 라도 어떻게 발생된 황사라도 당연히 우리나라 같은 경우

강수량이 많으면 씻겨지는 량이 많아서 황사가 없다고 관측을 하겠죠. 방법확인*, 가설확인, 경험지식표상* (새로 추가된 하위 요소를 활용한 과학자 S4의 프로토콜)

이 요소들을 시간의 순서대로 나열하여, 가설생성(if), 실험설계(and), 결과해석(therefore)의 세 단계에서의 귀추적 추론들을 분석 제시하였다.

과학자의 귀추적 추론 과정을 위한 새로운 분석틀 제안

Lawson(1995)이 제안한 가설-연역적 탐구과정 모형에서 실제 실험 수행을 제외한 가설생성(if), 실험설계(and), 결과해석(therefore)의 세 단계에 맞추어 앞서 제시한 하위 추론 요소들을 Table 3, 4, 5와 같이 완성하였다. 이 분석틀에 대한 과학교육전문가 4명의 타당도 의뢰결과, 평균 CVI=0.90으로 나타났다. 완성된 분석틀로 과학자의 추론과정을 분석한 결과는 다음과 같다.

Table 3. Analytic coding frame in generating hypothesis

stages	element of abductive reasoning	sub-element	code
stage 1	Recognizing the causal question generated	Recognizing the question-situation	Rq
stage 2	Searching for the causal explicans	Analyzing the question-situation	Aq
		Representing experienced knowledges about situation	Rk
		Representing a causal explican	Re
		Analogy to causal explican	Ac
stage 3	Constructing and Confirming the Hypothesis	Selecting the causal explican	Se
		Borrowing causal explicans to the hypothesis	Be
		Constructing the hypothesis by combining causal explicans	Ch
		Confirming the hypothesis by observing and comparing	Cc
stage 4	Probability of the Accepting the hypothesis	Being Probability to Accept the hypothesis	Ah
		Rejecting the hypothesis	Rjh

Table 4. Analytic coding frame in designing

stages	element of abductive reasoning	sub-element	code
stage 1	Recognizing the methodical question	Recognizing the methodical question	Rmq
stage 2	Searching for the Characteristics of variables corresponding to the methodical explican	Searching for the characteristics of variables	Sc
		Representing experienced knowledges related to the method	Rk
		Representing a method	Rm
		Analogy to the method	Am
stage 3	Constructing and Confirming the Hypothesis	Selecting the method	Sm
		Borrowing the method	Bm
		Constructing the method	Cm
		Confirming the method by observing and comparing	Cmc
stage 4	Probability of the Accepting the hypothesis	Being Probability to Accept the method	Apm
		Rejecting the method	Rjm

Table 5. Analytic coding frame in interpreting data

stages	element of abductive reasoning	sub-element	code
stage 1	Recognizing the causal question generated	Recognizing the question-situation	Rq
stage 2	Searching for the causal explicans	Analyzing the question-situation	Aq
		Representing experienced knowledges about situation	Rk
		Representing a causal explican	Re
		Analogy to causal explican	Ae
stage 3	Constructing and Confirming the Hypothesis	Selecting the causal explican	Se
		Borrowing causal explicans to the hypothesis	Be
		Constructing the hypothesis by combining causal explicans	Ch
		Confirming the hypothesis by observing and comparing	Cc
stage 4	Probability of the Accepting the Hypothesis	Being Probability to Accept the new hypothesis	Ah
		Rejecting the hypothesis	Rjh

가설생성단계에서의 추론과정

Fig. 1을 보면, 과학자 S6의 가설생성단계에서의 추론과정이 제시되어 있다. Fig. 1의 가로축은 귀추적 추론과정의 하위요소와 연역적 추론(D), 귀납적 추론(I)이 함께 나타내었다. Fig. 1의 가로축은 연구의 시간적 진행과정을 의미한다.

제안된 분석틀(Table 3, 4, 5)에서는, 본 연구의 목적이 귀추적 추론에 한정되어 있으므로, 연역적 추론과 귀납적 추론이 제시되어 있지 않았으나, 실제로 Fig. 1과 같이 연역적 추론과 귀납적 추론이 발견되었다. 이것은 이미 서론에서 살펴본 바와 같이, Peirce가 이미 귀추적 추론은 연역적 추론, 귀납적 추론과 함께 나타난다고 주장한 바와 같이, 실제 과학자들은 귀추적 추론과 연역적 추론, 귀납적 추론을 함께 사용한 것으로 확인되는 부분이다.

Fig. 1을 살펴보면, 과학자의 가설생성단계에서의 추론에서 연역적 추론과 귀납적 추론과정 사이에 귀추적 추론과정이 작동하고 있음이 확인되었다.

· 과학자 S6의 가설생성단계에서의 추론과정과 프로토콜

• <경험지식표상> → I → <의문상황분석> → <의문상황인식> → <의문상황분석> → <의문상황인식> → <경험지식표상> → <설명자표상> → <경험지식표상> → <설명자표상> → <변인속성탐색> → <의문상황분석> → <유추> → <경험지식표상> → <경험지식표상> → <변인속성탐색> → <설명자표상> → <변인속성탐색> → D → <경험지식표상> → <설명자표상> → <설명자차용> → <가설구성> → <변인속성탐색> → <가설확인>

하우스 핀치라든지 song sparrow 같은 경우, 14~15종류의 송 타입에서 적으면 7~8개까지 송 타입이 존재해요. 그런데 사바나 참새는 단하나의 송 타입만 나타났어요.

경험지식표상, I, 의문상황분석
왜 그랬을까? 송 타입 하나라도 뭉가의 역할을 했다는 거예요. 그렇다면 어느 부분이 그런 역할을 했는지 궁금했던 거죠. 단 하나의 송 타입으로 어떻게 male의 quality를 제시할 수 있을까?

의문상황인식, 의문상황분석, 의문상황인식
새들이 송을 한다는 것은 암컷을 끌어들이거나 자기 영역을 방어하기 위한 것인데... 경험지식표상, 설명자표상
공작의 꼬리가 처음부터 길지 않았을 텐데...암컷이 긴 꼬리를 좋아하고, male은 암컷에 의해 선택되고 긴 꼬리가 선택되다 보니까 자식도 긴 꼬리를 가지고... 암컷이 긴 꼬리를 선택해서 또 긴 꼬리가 태어나게 되는... 런어웨이 sexual selection...

경험지식표상, 설명자표상
female이 한 가지의 송 타입만 들고 누가 더 quality 높은 수컷인지 모르잖아요. 모르니까 뭉가 규가 있을 것이다 생각을 했죠.

변인속성탐색, 의문상황분석
노래 레퍼토리가 많은 사람을 선호하듯이... 유추
일반적으로 수컷은 암컷을 유인하기 위해 매우 다양한 레퍼토리를 가지고 있고... 많은 레퍼토리를 가지고 있는 새들을 좋아하다 보면 진화적으로 봤을 때 그런 새들을 증가시키려고 노력할 꺼 아니예요.

경험지식표상
한 지역의 population만 좋고 3년 동안 집중적으로 봤는데... 다다다... 츠츠 트릴 part라고 하는, 트릴 부분의 길이에 따라 다양성이 적은 하나의 송 타입을 보였어요.

경험지식표상, 변인속성탐색
사바나 참새의 트릴 부분이 암컷을 끄는데 중요한 역할을 한다고 하면, 그것은 분명히 다른 지역적인 개체들도 그 치안 부분이 공통적으로 더 발달하지 않았을까...

설명자표상, 변인속성탐색, D
흰 왕관 참새, corn bunting, redwing 등 작은 레퍼토리를 가진 좋은 지리적 차이가 있다...방언이 존재할 가능성이 있다...

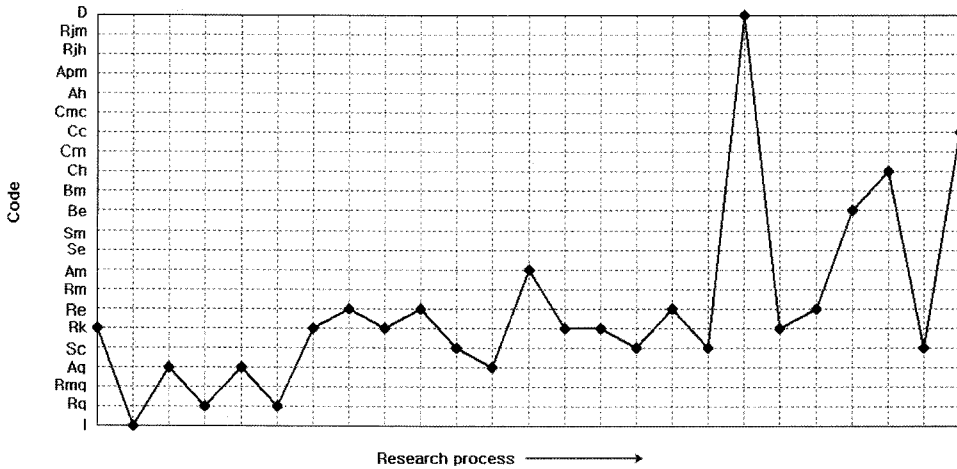


Fig. 1. S6' reasoning process in generating hypothesis (See the table 3 and appendix 1 for the definition of the codes).

는 문헌연구가 있었죠. 경험지식표상, 설명자표상 단 하나의 송 타입이라면 분명히 다IRECT가 있어야 하는데 ... 그럼 지리적인 변이가 있을 것이라는 생각이 들었죠.

설명자차용, 가설구성 단 하나의 송 타입으로도 수컷에게 quality를 제시할 수 있다면 송 타입 내 수컷을 인할 수 있도록 발달된 특정 부분에 대해 지리적 차이가 날 것... 변인속성탐색, 가설확인

그러나 Lawson (1995)이 제시한 가설-연역적 탐구 과정(if and then, therefor)의 논리적 단계와는 다르게 매우 특이한 상황이 S6의 가설생성단계에서 발견되었다. Fig. 1 과 추론과정의 요소를 살펴보면, Table 6 에서 볼 수 있는 실험설계 단계의 <변인속성탐색(Sc)> 의 귀추적 추론 요소가 세 차례나 발견되었다. 이것은 가설생성단계에 이미 적절한 실험방법을 고안하기 위한 준비 작업을 진행하고 있음을 암시한다.

이러한 경우는 S1과 S3, S8에서도 발견되었는데, 이들은 모두 전공이 상이한 과학자들이었고 본 논문에서 제한한 논리적 단계로 구분한 분석틀이 적절하지 못한 것이 아니라 과학자의 자신의 연구스타일에서 오는 차이인 것으로 추정된다.

한편, 아래의 S2의 가설생성단계에서의 추론과정에는 연역적 추론과 귀납적 추론이 함께 나타나지는 않지만, 연역적 추론이 귀추적 추론과정 사이에 나타나고 있음이 확인되었으며, S3의 경우에는 연역적 추론은 관찰되지 않았고 귀납적 추론이 관찰되는 등 과학자들마다 약간씩 차이가 있었다.

· 과학자 S2의 가설생성단계에서의 추론과정과 프로토클

• <경험지식표상> → I → <의문상황인식> → <경험지식표상> → <의문상황분석> → <경험지식표상> → <경험지식표상> → I → <경험지식표상> → <유추> → <경험지식표상> → <경험지식표상> → <설명자표상> → <설명자차용> → <가설구성> → <가설확인>

엄마거미를 수컷이 몇 초 사이에 다 뜯어 먹는...이상은 거미 (Amaurobius ferox)들이라고 생각을 했는데, 역시나 이 괴물들이...엄마가 죽었는데도 새끼들이 모여서 사는 거예요.

경험지식표상, I 왜 새끼 거미들이 모여서 사는 것일까? 다른 종들은 엄마가 죽으면 흩어지거나, 나이가 되면 엄마가 있어도 흩어지는데...

의문상황인식, 경험지식표상, 의문상황분석 제가 관찰한 종들에서는 어미가 죽어도 새끼들이 먹지 않았어요 ...어미가 새끼들과 일정기간 있다가 떠나는 버리는 경우도 있고, 아예 새끼들이 깨어나기 전에 떠나는 것도 있고

경험지식표상 집단생활기간은 진화경로에 따라 subsocial pathway와 parasocial pathway 2가지로 나눌 수 있는데 이 거미들은 어미가 죽은 후에도 계속 같이 살기 때문에 subsocial이 아니라 ...엄마가 없는데도 집단생활을 하는 개체가 있었어요.

경험지식표상 애네들(Amaurobius 새끼거미)의 이후의 행동을 관찰하면서 그냥 테라리움에 놔두었는데...먹이를 주었는데, 새끼들의 공이 생기는 거예요.

I 공 모양의 새끼 거미들을 보고 이전에 봤던 아멜로지우스 사 회성 거미가 딱 떠오르면서...복잡한 그물에 집을 짓고 있던 아멜로지우스...

경험지식표상, 유추 램에 처음 들어갔을 때 붙어있던 사진에서 봤던...무슨 사진이냐면, 뽀뽀하게 나무숲이예요. 너무 우거지면 사람이 그 안에 들어갈 수가 없어요. 거기에 거미들이 저런 집을 짓고 사는...

베이글처럼 생긴 풍선 사이에 그물이 얽기 설기 있어요.

경험지식표상
 일사불란하게 먹이가 딱 떨어지면 똑같은 군대 행동처럼...앞의 것들이 두 발짝 움직이면 뒤의 것들이 두 발짝 똑같이 움직이고, 먹이를 향해서 동시에 전진을 해요... 경험지식표상
 그러한 코디네이션이 있어요. 설명자표상
 거기서 착안해 온 것이 코디네이션 메커니즘이거든요. 새끼들이 협동 행동을 하는 것이 아닐까... 설명자차용, 가설구성
 Amaurobius 새끼 거미가 협동 행동을 하는 것이라면... 가설확인

과학자의 가설생성단계의 추론과정을 Table 5와 같이 제안한 가설생성단계에서의 귀추적 분석틀로 분석한 결과, Table 5의 분석틀은 적합한 것으로 확인되었다.

실험설계단계에서의 추론과정

실험설계단계에서의 추론과정을 살펴본 바와 같이, 가설생성단계에서와 마찬가지로, 귀납적 추론과 연역적 추론이 나타나고 있음이 확인되었다(예, Fig. 2). S3의 경우는 전형적인 실험설계의 추론과정이며, 이와는 상대적으로 S6의 추론과정은 매우 복잡한 것으로 나타났다.

· 과학자 S3의 귀추적 추론 과정과 프로토콜

• I → <변인속성탐색> → <유추> → <방법표상> → <방법선택> → <방법차용> → <방법구성> → <경험지식표상> → D → <방법확인>

서열과 분자적 분석을 해 본 결과, 인간에게 있는...SYT은 3개의 domain 즉 N-말단 근처의 SNH domain, c-말단 주변의 QPGY domain, SNH와 QPGY domain 사이의 met-rich 부위(메티오닌 풍부 부위)가 있는데...그 부분이 GIF 단백질의 높은 수준의 연관성이 있다는 것 발견... I, 변인속성탐색
 Arabidopsis의 GIF에서도 SYT과 비슷한 domain이 발견될 수 있을지 모른다고 생각하고... 유추, 방법표상
 그 분자적 특성을 과연 이 Arabidopsis의 GIF라고 하는 것도 가지고 있을 것인지 비교... 방법선택
 그래서 SYT의 3개 domain을 차용해 와서 분석해 봤죠...Arabidopsis의 GIF에서 SYT의 3개 domain을 분석해 보면 GIF의 기능과 역할을 알 수 있을 것... 방법차용, 방법구성
 플루레센트 하기 위해 GIF에 YFP를 붙이고, GRF에다가는 GFP를 붙여 보며...GIF는 나타나는데 GRF는 안 나타나는 거예요. 경험지식표상, D, 방법확인

· 과학자 S6의 실험설계단계에서의 추론과정과 프로토콜

• <의문상황인식> → <가설확인> → <방법의문인식> → <의문상황분석> → <변인속성탐색> → <방법표상> → <경험지식표상> → <방법차용> → <방법구성> → <방법확인> → <가설확인> → <방법선택> → <방법구성>

사바나 sparrow는 지리적 차이에 의해 단 하나의 송 타입으로도 수컷에게 quality를 제공한다. 의문상황인식
 실제 사바나 참새에 방언이 존재하는가? 지리적 변이가 나타난다면 지리적 차이를 어떻게 확인할 수 있는가?

가설확인, 방법의문인식

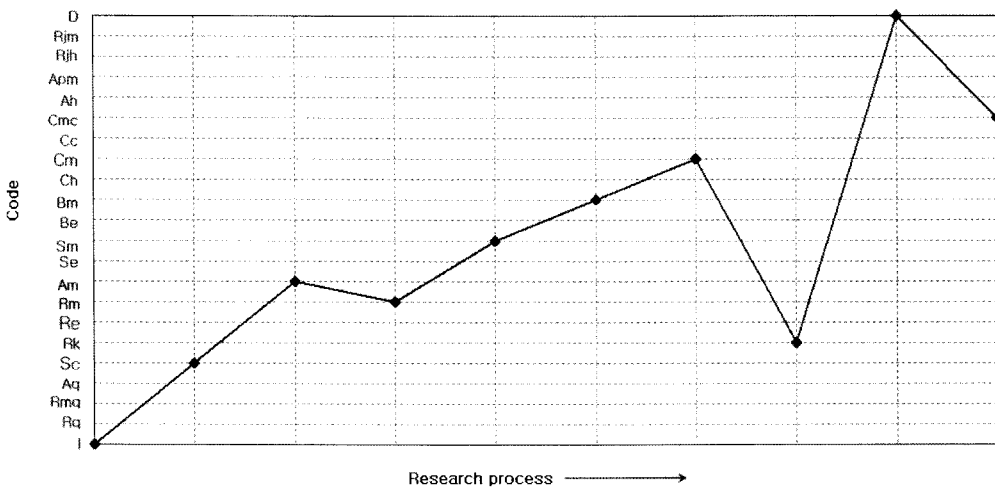


Fig. 2. S3' reasoning process in designing (See the table 4 and appendix 1 for the definition of the codes).

개체 수가 많는지 적은지 알 수 없었으니까 일단 가서 최대한 확보할 수 있는 데까지 하는데... 녹음 했던 새들이 걸칠 수도 있으니까 다시 녹음하는 것을 방지하기 위해서는...

의문상황분석, 변인속성탐색
 일정한 거리 차이를 두고 녹음... 방법표상지리적 변이 연구를 하는 보통사람들은 띄엄띄엄 보았는데... 경험지식표상
 저는 거리를 비슷하게 나눠 a~h까지 연구를 해 보았어요. 이 정도도 조밀한 거예요. 전체 따져 보니까 총 230 km를 커버한 것... 더 이상 하지 않은 것은 시간이 없었기 때문에...

방법차용, 방법구성
 일정한 간격으로 거리 차이를 두어 지점을 설정하면 지리적 차이를 설명할 수 있을 것이다. 방법확인
 song 타입 간의 유사성과 차이점을 확인하기 위해...

가설확인
 세부적으로 많이 쪼갰어요. 송을 a~e 부분으로 나눠서 비교... 방법선택, 방법구성

• <경험지식표상> → <변인속성탐색> → I → <변인속성탐색> → <방법표상> → I → <방법선택> → <방법구성> → I → <변인속성탐색> → <방법표상> → <방법구성> → <경험지식표상> → <변인속성탐색> → <변인속성탐색> → <방법표상> → D- <방법선택> → <방법구성> → <변인속성탐색>

그래서 눈으로 보고 계산해 보자 생각했어요. qualified analysis라고 하는데 전체적인 패턴을 눈으로 차이를 보는 거예요. 뭔가 짙은 주기가 나타나잖아요. 좁은 간격으로... 이것이 뚜렷이 나타나는 것에 비해 여기는 짧으니까...

경험지식표상, 변인속성탐색, I
 노트가 가장 작은 단위의 소나그램 상의 흔적이라면 이런 하나나 두 개가 동시에 나타날 때를 실라벨이라 하고... 즉 뭉쳐진 음절을 뜻하는데, 나눠서... 분석을 했어요. 179마리 각각을 다 프린트해서 송 타입의 실라벨 하나 하나를 분류한 거죠. 모양이 유사하고 같은 것끼리.... 변인속성탐색, 방법표상, I

모든 실라벨에 따라 사전을 만든 다음에 송들에 역으로 문자를 주는 거예요. 그래서 이 실라벨 시퀀스를 코드 시킨 것이고, 이것이 똑같이 나타날 때 송 타입이라고 하고... 또 실라벨이 몇 개가 있는지를 세었어요. 방법선택, 방법구성, I

한 집단 내에 개체와 개체를 비교해서 몇 가지를 공유하고 있는지 비교하고... 한 집단이 10개다 10개를 비교해야 짝이요. 그래서 179개의 집단을 비교... 그리고 a~h까지 지역이 있었잖아요. 그 집단 각각을 봐서 각 집단 간 a와 b를 비교하고, a와 c를 비교,... 변인속성탐색, 방법표상, 방법구성

두 가지 다한 연구는 거의 없어요. 각 개체의 송 타입만 분석하거나 실라벨만 비교만 하거나 둘 중 하나만 해서는 설명을 못할 것이라 라고 생각해서 둘 다 해야겠다고 생각하고...

경험지식표상, 변인속성탐색

이전 연구자가 소프트웨어를 만들어 내긴 했는데 그다지 실용적이지 않더라구요. 기계로 한 건데 복잡하기도 하고...

변인속성탐색
 그래서 눈으로 본 것을 직접 숫자로 계산해 보자 해서 Jaccard's coefficient 유사성 빈도 분석을 사용했어요. 모든 개체에서의 공유된 실라벨 수를 알 수 있는데... 하나는 8개고 하나는 100이라면 -2를 해서 맞춰준 것이예요. 지수가 10에 가까울수록 지리적으로 다르지 않다는 것이고 0에 가까울수록 유사하지 않다는 것을 의미...

방법표상, D, 방법선택, 방법구성, 변인속성탐색

S6의 경우, 실험설계단계에서 가설구성을 위한 의문상황인식, 의문상황분석에 관한 추론 요소가 등장하는 등 방법구성과 가설구성이 함께 이루어짐을 확인할 수 있는데, 이것은 실험을 설계하면서, 가설을 지지하기 위한 방법들을 동정하기 위해 가설생성단계에서 제안된 가설을 계속해서 실험설계단계에서도 염두해 두고 있다는 것을 의미하는 것이다.

또한 실험방법을 선택, 구성한 이후 연구를 진행하다가 다시 새로운 실험설계를 위한 추론이 나타났다는 것이다. 이것은 과학자의 과학적 탐구과정이 관찰 및 가설생성부터 결론 도출의 과정까지 순차적으로 진행되지 않고 매우 복잡하고 순환될 수 있음을 단적으로 드러내주는 장면이며, Yang et al.(2007)이 제안한 과학자의 과학적 탐구 모델, 즉 과학자가 자신이 처한 상황에서의 여러 의문(if, why, how)과 선택에 의해 자유롭게 탐구의 각 단계로 이동할 수 있음을 지지하는 증거이다.

과학자의 실험설계단계의 추론과정을 Table 6과 같이 제안한 분석틀로 분석한 결과, 여러 복잡한 추론과정에서도 적절히 분석해 내고 있으므로 이 분석틀은 매우 적합한 것으로 확인되었다.

결과해석단계에서의 추론과정

실험으로 나타난 결과를 해석하기 위해, 기존의 경험적 지식을 표상하고 동정하는 과정이 나타나는 것으로 확인되었으므로(S5와 S8의 프로토콜의 예) 결과해석단계에서도 귀추적 추론이 발생하고 있음을 알 수 있다. 또한 결과해석단계에서도, 가설생성, 실험설계 단계에서의 마찬가지로, Fig. 3와 S5의 예와 S8의 부호화 예에서 보는 바와 같이, 연역적 추론과 귀납적 추론이 발견되었다. 이것으로 Peirce가 주장한, 귀추적 추론과 연역적추론, 귀납적 추론은 동시에 복합적으로 나타나는 것으로 확인되었으나, 귀추를 통해 가

설을 생성하고, 생성된 가설로부터 연역에 의해 결과를 예측하고, 실험결과를 통해 귀납으로 가설을 입증하는 일련의 추론과정이 아닌, 본 연구의 세 단계에서 살펴본 것처럼 탐구의 여러 단계에서도 동시발생적으로 세 추론이 나타나고 있다는 것이 새롭게 확인된 것이다.

· 과학자 S5의 결과해석단계에서의 추론과정과 프로토콜

· I → <의문상황인식> → <의문상황분석> → <경험지식표상> → <설명자표상> → <설명자표상> → <변인속성탐색> → D → <경험지식표상> → <변인속성탐색> → <설명자선택> → <설명자차용> → <가설구성>

수컷 3마리와 아무 것도 없는 것 nothing으로 했을 때 오히려 수컷 쪽을 선호를 했어요. 이 결과에 대해서 상당히 갈등을 했었어요.

왜 이렇게 갔을까? 수컷 3마리와 암컷 1마리가 있을 때에도 암컷 쪽으로 갔는데 도대체 여기서 무슨 일이 있어서 애가 이 쪽으로 가느냐?

새들이 겨울철에 군집을 지어서 다니는 것도 먹이를 발견하기 위한 것이니까...이거 같은 경우 포라젠 시어리가 있어요.

경험지식표상수컷쪽으로 이동해서 가는 것은...먹이를 구하려 간 것이라 추측할 수 있죠. 설명자표상번식 상태라면 수컷이 있는 곳에 암컷이 있을 확률이 높을 수 있고...개체의 번식을 높일 수 있는 방향으로 이동할 것이라는 것은 기본적인 아이디어죠. 당연한 생각인데.....

설명자표상, 변인속성탐색, D 번식지 내에서 먹이를 별로 먹지 않아요. 번식만을 위해 최대한 투자하니까...경험지식표상자연 상태에서 수컷 4마리 대 암

컷 1마리 비가 있다면, 암컷을 인식하는 것도 중요하지만 수컷을 인식을 해야지만이 훨씬 더 타당한 결론을 내릴 수 있을 것...

(번식에 유리한 선택을 위해 암컷의 숫자보다는 수컷의 숫자를 인식한다면) 수컷의 숫자를 통해 암컷이 있을 확률을 인식할 수 있을지도....

· 과학자 S8의 결과해석단계에서의 추론과정과 프로토콜

· I → <의문상황인식> → <의문상황분석> → <경험지식표상> → <설명자표상> → <경험지식표상> → <방법확인> → <변인속성탐색> → D → <경험지식표상> → <설명자표상> → <가설구성> → I → <방법확인> → D → I → <변인속성탐색> → <경험지식표상> → <설명자표상> → D → <가설확인> → <가설확인>

피지 투를 대상으로 실험했을 때 컨트롤하고 차이가 없거나 더 오히려 안 좋은 개체가 나왔어요.

의문상황인식형질전환체가 정상 식물체보다 더 단단하거나 소프트닝이 덜 일어나야 하는데 왜 안 좋은 개체가 나왔는가?

피지 원 ,투 중에서 멜론에서 가장 많이 발현된 진은 피지 원 이었는데, 이 피지 원을 넘어스킨 개체가 다 성공을 하지 못했었기 때문에 피지 투를 가지고 실험한 상황....

경험지식표상, 설명자표상 액션을 하기까지에 소량이지만 액션을 하는 게 있고, 다량 발현됐지만 액션을 하는 단계까지 못하는 게 있다...발현양이 작지만 피지 투만이라도 특성 평가를 해보자고 했던 상황....

경험지식표상, 방법확인 피지 투가 피지 원보다 덜 영향을 미치는 진이라면 컨트롤보

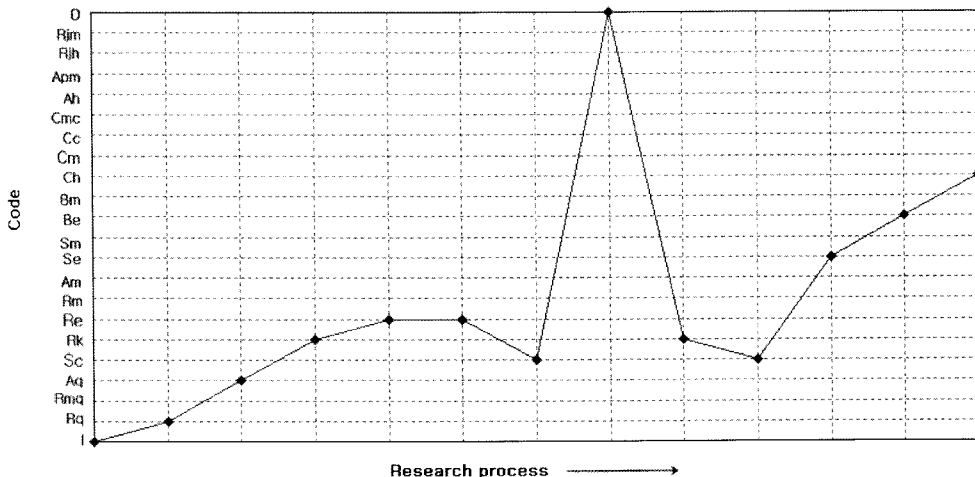


Fig. 3. S5' reasoning process in interpreting data (See the table 5 and appendix 1 for the definition of the codes).

다 차이가 없어야 하는데, 더 연화가 일어난 것은 아니지만...

변인속성탐색, D

연화에 직접적인 영향을 주는 호르몬이 있어요...에틸렌은 연화에 영향을 준다...

경험지식표상

에틸렌이 연화에 영향을 준다면 피지 투가 높아진 형질전환체는 에틸렌 호르몬량이 적을 것이다. 설명자표상, 가설구성엔피지 투 개체에서 이 호르몬 발생하는 양을 측정을 해보니까 오히려 너트랜스된 식물보다 더 많이 발생했어요...이 형질전환체에서 다 그런 특성이 나타났거든요.

I, 방법확인, D

이 에틸렌은 과실의 소프트닝에 영향을 주는 호르몬이기도 하지만.. 어떤 외부의 어택을 받았을때 스트레스로 인한 발생...

I, 변인속성탐색

그 개체에서 진 삽입이라고 하는 것 자체가 다른 프루틴이 들어가는 거잖아요. 그로 인해 스트레스 호르몬이 더 많이 발생된 건 아닌가

경험지식표상, 설명자표상

피지 투가 생육이나 연화에 결정적인 영향을 미치지 않는다면 컨트롤과 차이가 없어야 한다. 그런데 에틸렌 호르몬이 많이 발생한 것은 진 삽입 자체가 스트레스로 작용하였기 때문이다.

D, 가설확인

피지 투는 연화에 결정적인 영향을 미치는 엔자임이 아니다.

가설확인

• <의문상황분석> → <의문상황인식> → <경험지식표상> → <의문상황분석> → I → <변인속성탐색> → <설명자표상> → <경험지식표상> → <설명자표상> → <의문상황분석> → <설명자표상> → <유추> → <설명자차용> → <가설확인>

슈가는 확인이 되는데, 뉴트럴 슈가가 디텍팅이 안 되는 거예요.

의문상황분석

전체적인 토말 슈가가 있는지 했을 때 슈가는 존재했는데 왜 디텍팅이 안 되는가?

의문상황인식

뉴트럴 슈가를 분석을 하는데. 전처리를 제거 담당을 해서 실험을 하고 기지재를 이용하는 실험에서는 날샘이라고 하는 연구 센터의 오퍼레이터...그 오퍼레이터에게 조건 제시하여 의뢰하는 시스템...

경험지식표상, 의문상황분석

슈가가 분리가 안되니까 슈가가 없나, 뉴트럴 슈가라고 하는 것이 상당히 작가가 생각...

I, 변인속성탐색, 설명자표상

지씨라는 기계를 사용 상의 조건이라는게, 어떤 고온 처리를 해줬을때 물질이 통과하는 칼럼이 있거든요. 그 칼럼이 어떤 조건인가에 따라서 물질이 디텍팅이 되고 안 되고의 차이가 나게 된다.

경험지식표상, 설명자표상

물질은 있는데 디텍팅이 안된다는 것은 제가 그 온도 조건을 제대로 셋팅을 못해준 것이 아닌가...

의문상황분석, 설명자표상

고추에서와 마찬가지로 조건으로 뉴트럴 슈가를 디텍팅 하려 했

기 때문에 온도조각이 맞지 않았을 수 있다. 유추, 설명자차용 온도 조각이 맞지 않았다면 디텍팅 되지 디텍팅되지 않을 수 있다.

가설확인

한편, S5와 S8의 추론과정 하위요소를 살펴보면, 결과해석단계임에도 불구하고, 가설생성단계에서 나타나는 의문상황인식과 분석 등, 최초 가설생성단계에서의 의문을 결과해석단계에서 계속적으로 확인하고 있는 것으로 확인되었다. 또한 의문상황과 함께 실험설계단계에서의 변인과 관련된 요소, 실험결과를 해석하기 위한 경험지식 표상과 설명자 표상이 함께 나타나고 있어, 결과해석단계는 가설설정단계에서 수립된 가설과 실험설계단계에서 동정된 변인의 속성에 따른 적절한 실험방법을 계속적으로 고려하면서 결과를 해석하고 있는 것으로 이해된다.

과학자의 결과해석단계의 추론과정을 Table 5와 같이 제안한 분석틀로 분석한 결과, 여러 복잡한 추론과정에서도 적절히 분석해 내고 있으므로 이 분석틀은 매우 적합한 것으로 확인되었다.

결론 및 제언

본 연구는 과학자의 전체 탐구과정에서 나타나는 과학적 사고 중 특히 귀추적 추론과정을 분석하기 위한 분석틀을 제안하는데 목적이 있다. 기존의 여러 학자들이 가설생성과정에서만 초점을 둔 것과는 다르게, Peirce의 주장과 그 후의 여러 학자들의 연구논문을 비판적으로 분석한 결과, 귀추적 추론이 가설생성 단계뿐만 아니라 실험설계단계와 결과해석단계에서도 나타날 수 있다는 연구가설을 수립하였으며, 문헌연구와 과학자의 인터뷰를 바탕으로 각 단계의 귀추적 추론을 분석하기 위한 분석틀을 고안하고 적용하였다. 그 결과, 과학자의 과학적 가설설정단계와 실험방법 설계, 결과해석단계에서 귀추적 추론이 나타나고 있음이 입증되었으며, 본 연구에서 제안된 세 단계의 분석틀은 전문가의 타당하다는 의견과 과학자의 귀추적 추론 분석에 적합하다는 결론을 얻었다.

다만, 귀추적 분석틀을 사용하기 위한 주의사항은 다음과 같다. 본 연구에서 제안된 분석틀은 가설-연역적 탐구과정 모델에 기반을 둔 것이다. 따라서 이와 유사한 탐구과정에 제한적으로 적용할 것은 제안하며, 과학자에 따라 가설설정단계에서도 실험설계과정에서 나타나는 추론 요소들이 발견될 수 있으므로,

이 연구에서 개발된 도구들을 직접 적용하기 보다는, 해당 과학자에 맞는 요소들을 추가하여 적절하게 적용할 것을 제안한다.

과학자는 자연 현상에 대한 의문을 해결하기 위해, 숙련된 지식과 경험을 활용하여 논리적 판단을 통해 자신의 상황과 여건에 맞게 다양한 과정을 진행해 가는 등, 과학자의 탐구과정은 학교과학교육에서 학생들의 탐구와는 질적으로 다를 수밖에 없다. 따라서 탐구활동에 5가지 본질적 특징 등을 포함하되 학생의 수준과 훈련의 정도에 따라 다양한 과학탐구활동이 전개되어야 한다는 측면에서, 본 연구 결과에 의한 교육적 시사점은 다음과 같다.

서론에서 살펴본 여러 가설생성을 위한 교수-학습 프로그램 개발을 위한 연구들과 마찬가지로, 본 연구에서 살펴본 바와 같이, 과학자들은 실험설계단계는 물론 결과해석단계에서도 계속적으로 수립된 가설을 염두해 두고 있었다. 특히 실험설계에서는 관찰된 변인들의 속성을 탐색하고 그 속성에 따라 기존의 경험적 지식 속에서 적절한 실험방법을 동정하는 과정을, 결과해석단계에서도 가설과 변인을 염두해 둔 결과의 해석이 이뤄지고 있었다. 이와 같은 과정을 과학 교수-학습 과정에 적용하는 교육 프로그램이 개발될 필요가 있다.

특히, 귀추를 적용한 교수-학습은 몇몇 연구들(예; 오필석, 2006; 오필석과 김찬중, 2005)에서 제시된 바와 같이, 귀추가 지구과학 탐구의 성격을 규정하는 방법으로 표현되고 있으므로, 지구과학탐구 과정을 통해, 학생들이 제안된 가설을 적절히 확인할 수 있는 실험방법을 고안할 수 있도록, 또 채택된 방법에 의한 결과를 적절하게 해석할 수 있도록 지속적인 격려가 필요하다 하겠다. 가설설정에 관하여 학생들이 어려움을 겪고 있다는 것은 이미 다수 알려져 있으므로 실험을 통해 얻은 결과 해석 중심의 교수 자료 개발이 필요하다.

참고문헌

권용주, 심해숙, 정진수, 박국태, 2003a, 수증기 응결에 관한 초등학생들의 가설 생성에서 귀추의 역할과 과정. 한국지구과학회지, 24, 250-257.
 권용주, 양일호, 정원우, 2000, 예비과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. 한국과학교육학회지, 20, 29-42.
 권용주, 정진수, 강민정, 김영신, 2003b, 과학적 가설 지식

의 생성 과정에 대한 바탕이론. 한국과학교육학회지, 23, 458-469.
 김영민, 2006, Kepler의 망막 상 이론 형성 과정에서의 과학적 문제 발견과 귀추적 사고. 한국과학교육학회지, 26, 835-842.
 김재우, 오원근, 박승재, 1999, 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제에 대한 변인 판별 및 통제. 한국과학교육학회지, 19, 674-673.
 김정섭, 박수홍, 2002, 지식 창출을 위한 논리로서 가추법과 교수설계 적용을 위한 탐색. 교육공학연구, 18, 139-165.
 박은미, 강순희, 2007, 가설-연역적 수업 프로그램이 창의적 사고와 비판적 사고 및 과학적 태도에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 27, 225-234.
 양일호, 정진수, 권용주, 정진우, 허명, 오창호, 2006, 과학자의 과학지식생성과정에 대한 심층면담 연구. 한국과학교육학회지, 26, 88-98.
 오필석, 2006, 지구환경적 문제 해결 과정에서 귀추적 추론을 위한 규칙 추리 전략들. 한국과학교육학회지, 26, 546-558.
 오필석, 김찬중, 2005, 지구과학의 한 탐구 방법으로서 귀추법에 대한 이론적 고찰. 한국과학교육학회지, 25, 610-602.
 윤은호, 2006, 경험 귀추적 탐구 수업 전략이 과학2 혼합물의 분리 단원에 미치는 효과. 이화여자대학교 석사학위논문, 118 p.
 이윤중, 1997, 현행 중등학교 과학 실험, 실습 교육 실태 조사 및 그 운영 진단(I). 한국과학교육학회지, 17, 435-450.
 정진수, 원희정, 권용주, 2005, 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원귀추모형의 적용. 한국과학교육학회지, 25, 595-602.
 조연순, 2001, 창의적·비판적 사고력과 교과 지식의 융합을 위한 교수-학습 모형으로서의 문제 중심 학습(PBL) 고찰. 초등교육심리, 14, 295-316.
 조연순, 최경희, 2000, 창의적 문제 해결을 위한 중학교 과학 교육과정 개발. 한국과학교육학회지, 20, 329-343.
 조희형, 박승재, 1995, 과학 학습지도. 과학교육사, 서울, 324-344.
 황성원, 김희경, 유준희, 박승재, 2001, 중학교 3학년 학생들의 개방적 탐구에서 과학적 탐구 기능에 대한 자기평가 수행 분석. 한국과학교육학회지, 21, 506-515.
 Chinn, C.A. and Brewers, W.F., 1993, The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. Review of Educational Research, 63, 1-51.
 Clancey, W.J., 1985, Heuristic classification. Artificial Intelligence, 27, 289-350.
 DeLoache, J.S., Miller, K.F., and Pierroutsakos, S.L., 1998, Cognitive development beyond childhood. In Damon, W. (series ed.), Kuhn, D., and Siegler, R. (vol. eds.), Handbook of Child Psychology (ed.), vol. 2. Cognition, perception, and language. NY, USA, 801-850.

- Eco, U, 1983, Horns, hooves, insteps: Some hypotheses on three types of abduction. In Eco, U. and Sebeok, T.A. (eds.), *The sign of three: Dupin, Holmes, Peirce*. Indiana University Press, Bloomington, IN, USA, 198-220.
- Hanson, N.R., 1958, *Patterns of discovery*. Cambridge University Press, UK, 252 p.
- Hanson, N.R., 1961, Is there a logic of scientific discovery: In Feigl, H. and Maxwell, G. (eds.), *Current issues in the philosophy of science*. Rinehart and Winston, NY, USA, 20-35.
- Harman, G., 1965, The Inference to the Best Explanation. *Philosophical Review*, 64, 88-95.
- Hempel, C.G., 1966, *Philosophy of natural science*. Prentice-Hall, NJ, USA, 116 p.
- Horwich, P., 1982, *Probability and Evidence*. Cambridge University Press, Cambridge, USA, 154 p.
- Josephson, J.R. and Josephson, S.G., 1994, *Abductive inference: Computation, philosophy, technology*. Cambridge University Press, Cambridge, USA, 316 p.
- Kim, C.-J. and Cunningham, D.J., 2003, A syllogism for formulating hypotheses. *Semiotica*, 144, 303-317.
- Kruijff, G.-J. M., 2005, Peirces' late theory of abduction: A comprehensive account. *Semiotica*, 153, 431-454.
- Kuhn, D., Amsel, E., and O'Loughlin, M., 1988, *The development of scientific thinking skills*. Academic Press, NY, USA, 249 p.
- Lawson, A.E., 1995, *Science teaching: And the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company, CA, USA, 624 p.
- Leake, D.B., 1995, Abduction, experience, and goals: A model of everyday abductive explanation. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, 7, 407-428.
- Magnani, L., 2008, Creative processes in scientific discovery. Retrieved June 12, 2008, from http://www-1.unipv.it/webphilos_lab/courses/papers/creat_proces.htm.
- Magnani, L., 2001, *Abduction, Reason, and Science*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, NY, USA, 224 p.
- McCormack, A.J. and Yager, R.E., 1989, A new taxonomy of science education. *Science Teacher*, 56, 47-48.
- Minnarmeier, G., 2004, Peirce-Suit of truth: Why inference to the best explanation and abduction ought no to be confused. *Erkenntnis*, 60, 75-105.
- National Research Council, 2000, *Inquiry and the national science education standards*. National Academy of Science Press, Washington, DC, USA, 202 p.
- Peirce, C.S., 1958, *Collected papers of Charles Sanders Peirce*, vol. 1-2. In Hartshorne, C. and Weiss, P. (eds.), Harvard University Press, MA, USA, 558 p.
- Shank, G. and Cunningham, D.J., 1996, Modeling the six modes of Peircean abduction for educational purposes. *Proceedings of Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference in Bloomington, Indiana*, April 26. Retrieved March 15, 2008, from <http://www.cs.indiana.edu/event/maics96/Proceedings/shank.html>.
- Yang, I.-H., Oh, C.-H., and Cho, H., 2007, Development of the scientific inquiry process model based on scientists' practical work. *Journal of Korea Association for Research in Science Education*, 27, 724-742.

2008년 6월 18일 접수
 2008년 8월 19일 수정원고 접수
 2008년 9월 23일 채택

부록 1: 귀추적 추론의 하위 추론 요소들에 대한 용어 정의

- 의문상황인식: 여러 사례와 다르거나 특이한 사례를 관찰하고 그 관찰된 현상의 원인에 관한 인과적 의문을 확인하고 인식하는 것과 관련된 요소
- 의문상황분석: 그 현상의 특징 및 상황 조건을 관찰하고 분석하면서 설명할 수 있는 원인적 설명자를 탐색하는 것과 관련된 요소
- 설명자 표상: 과거 경험 가운데 현 상황 조건을 설명해 줄 수 있는 원인적 설명자 즉 개념이나 원리, 이론을 떠올리는 것과 관련된 요소
- 유추: 과거 경험 상황을 설명해 주었던 원인적 설명자를 형태적, 기능적, 구조적인 면을 비추어 현 상황에서 설명 가능한지 여부를 비교하여 추론하는 것과 관련된 요소
- 설명자 선택: 현 상황을 최대한 잘 설명해 줄 수 있는 원인적 설명자를 선택하는 것과 관련된 요소
- 설명자 차용: 선택된 원인적 설명자를 가설에 적용하기 위해 연결 차용하는 것과 관련된 요소
- 가설 구성: 원인적 설명자를 연결 차용하여 그 현상에 대한 잠정적인 해답인 가설을 구성하는 것과 관련된 요소
- 가설 확인: 생성된 가설이 타당한지 여부를 탐색이나 관찰을 통해 다른 원인적 설명자들과 비교하여 확인하는 것과 관련된 요소
- 가설 수락: 확인 과정을 통해 생성된 가설의 설명 정도를 판단하여 수락하게 되는 것과 관련된 요소
- 가설 기각: 확인 과정을 통해 생성된 가설의 설명 정도를 판단하여 기각하게 되는 것과 관련된 요소
- 경험지식표상: 과거에 가지고 있던 유사한 경험 상황이나 경험적 지식, 조건에 적합한 관련지식을 떠올리는 것과 관련된 요소
- 방법의문인식: 생성된 가설을 어떻게 검증할 수 있을지 실험을 설계하고 방법을 고안하는 과정에서 어떤 방법을 통해 가설을 확인할 수 있을지 확인하는 것과 관련된 요소
- 변인속성탐색: 생성된 가설을 검증하기 위해 가설에 적합한 실험 조건을 탐색하고 분석하여 변인이 갖는 속성을 찾는 것과 관련된 요소
- 방법 표상: 과거 실험 경험이나 배경지식 가운데 현 가설을 확인하기에 적합한 방법을 떠올리는 것과 관련된 요소
- 방법 차용: 선택된 변인에 따라 방법을 구성할 수 있도록 연결 차용하는 것과 관련된 요소
- 방법 선택: 생성된 가설을 검증하기에 적합한 변인의 속성을 확인하여 방법을 선택하는 것과 관련된 요소
- 방법 구성: 변인을 연결 차용하여 생성된 가설을 검증할 수 있는 실험 설계나 실험 방법을 구성하는 것과 관련된 요소
- 방법 확인: 고안된 방법이 타당한지 여부를 탐색이나 관찰을 통해 다른 방법들과 비교하고 확인하는 것과 관련된 요소
- 방법 수락: 확인 과정을 통해 고안된 방법의 타당성 정도를 판단하여 수락하게 되는 것과 관련된 요소
- 방법 기각: 확인 과정을 통해 고안된 방법의 타당성 정도를 판단하여 기각하게 되는 것과 관련된 요소