

귀추 추리 전략을 통한 과학영재를 위한 창의적 교수-학습 프로그램의 제안

오준영^{1,2*} · 김상수² · 강용희³

¹충북대학교 · ²창원대학교 과학영재교육원 · ³경북대학교 과학영재교육원

A Suggestion for a Creative Teaching-learning Program for Gifted Science Students Using Abductive Inference Strategies

Oh, Jun-Young^{1,2*} · Kim, SangSu² · Kang, Yong Hee³

¹Chungbuk National University

²Center for Gifted Education, Changwon National University

³Science Education Institute for Gifted Youth, Kyungpook National University

Abstract: The purpose of this research is to propose a program for teaching and learning effective problem-solving for gifted students based on abductive inference. The role of abductive inference is important for scientific discoveries and creative inferences in problem-solving processes. The characteristics of creativity and abductive inference were investigated, and the following were discussed: (a) a suggestion for a new program based on abductive inference for creative outcomes, this program largely consists of two phases: generative hypotheses and confirmative hypotheses, (b) a survey of the validity of a program. It is typical that hypotheses are confirmed in phases through experiments based on hypothetic deductive methodology. However, because generative hypotheses of this hypothetic deductive methodology are not manifest, we maintained that abductive inference strategies must be used in a Creative Teaching-learning Program for gifted science students.

Key words: gifted students, abductive inference, problem-solving, creativities, Creative Teaching-learning Program

I. 서론

조석희(2000)는 각 교육청과 각 급 학교에서 사용되고 있는 영재교육프로그램은 영재 교육 프로그램으로서의 특성을 제대로 갖추지 못하고 있다고 주장하고 있다. 창의성 계발을 목표로 하는 영재교육의 프로그램이 갖추어야 할 특성인, 학생중심, 과정중심, 탐구중심, 문제해결 학습, 산출물 생산과 같은 접근을 적용하기보다는 교사 중심이고 지식중심이며, 또한 개방되기보다는 경직되어있고, 강의중심이며 문제풀이 중심이라는 것이다. 이러한 프로그램은 우리가 절실히 필요로 하고 있는 창의성 개발보다는 진정한 영재교육 목표가 아닌 지식 중심의 영재교육으로 될 수밖에 없다. 왜냐하면 영재들은 일반 학생들과 심리적 뿐만 아니라 지식의 학습 특성이 많은 부분이 다르기 때문에 일반 학생들

을 위한 교수 방법이나 학습 방법과는 어느 정도 차별성을 지녀야 된다(Maker, 1982). 무엇보다도 과학 영재를 위한 교수-학습방법이나 계획을 세울 때 중요한 몇 가지를 고려해야 된다. 첫째 창의적 문제 해결 능력, 둘째, 자기 주도적 학습 능력, 셋째, 인지적 자극을 위한 고급 사고 기능능력, 학습 속도에 따른 개방적인 교수-학습 방법, 끝으로 개인의 관심에 집중하여야 한다고 하였다.

결국 과학이라는 것은 근본적으로 현 문제에 대한 문제해결의 활동으로 간주한다. 이러한 문제-해결과정에서 창조적인 추리에 의한 과학적 발견에 대한 하나의 귀추의 역할이 매우 중요하다고 하였다(Magnani 2001). 이러한 귀추추리는 ‘어떤 하나의 상황에서 성공적인 기존의 설명을 새로운 상황에서 임시적인 설명으로 차용하고 적용하는 설명 가설을 생성하는 전체적인 과정

*교신저자: 오준영(jyoh3324@naver.com)

**2008.04.07(접수) 2008.07.19(1심통과) 2008.09.25(2심통과) 2008.11.19(3심통과) 2008.11.21(최종통과)

***한국학술진흥재단 2008년도 보호학문강의지원사업(C00001)의 지원 하에 연구 됨

(Lawson 1995)'으로서, 확장적인 추론을 통해 어떤 현상이 일어나는 원인에 관해 설명할 수 있게 하는 추리 방법(오필석, 김찬중, 2005; 연희원, 1998; Magnami, 2001)이라고 한다. 통합적으로 사고하는 사람들은 귀추추리가 개념적으로 타당할 뿐만 아니라 실제로도 창의적 해결책을 만들어내는 일에 적합한 유일한 도구라는 점을 암묵적으로 받아들인다(Martin, 2007). 따라서 이러한 귀추 추리 전략들을 고려한 실제적인 과학 영재를 위한 수업 프로그램이 필요하다.

이러한 필요성에 따라서 우리의 연구는 과학영재들에게 효과적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 개발하도록 적절한 교수-학습의 프로그램을 개발 제안하는데 목적이 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서, 이러한 프로그램의 이론적 배경인 창의성과 귀추추리에 대하여 탐색해 보고 실제적인 연구문제로 크게 두 가지로 설정하였다: (a)과학 영재들이 문제를 해결하는 과정에서 창의적인 산출물의 생성을 위하여, 귀추추리를 적용한 새로운 프로그램을 어떻게 모형화할 수 있을까? (b)이러한 프로그램을 실제로 적용한 사례는 무엇인가?

II. 이론적 배경

1. 창의적 사고

창의적 사고는 유창성(많이: many), 융통성(다양하게: varied), 독창성(독특하게: original), 그리고 정교성(elaborative)으로 정의해 왔다(김영채, 2006). 이 외에 Torrance(1979)는 창의적 사고에서 '문제에 대한 민감성(problem sensitivity)을 추가하였고, 최근에 박종원과 김두현(2008)도 과학적 창의성에서 문제의 발견이 중요하다고 보고, 문제발견과정에서 사용되는 사고전략과 학생들이 발견한 문제 유형을 밝힌 연구를 한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 창의적 활동을 유창성과 융통성, 독창성과 정교성을 포함하여 제일 먼저 문제를 확인하고 제기하는 민감성에서 출발하도록 하였다. 그리고 본 연구에서는 이러한 창의적 사고를 위한 전략으로 마인드맵의 활용을 도입하였다.

마인드맵은 다원적 사고 내용을 수직적으로 정리하기보다, 두뇌의 사고방식인 방사형으로 가지를 뻗어 핵심어와 이미지를 펼쳐나가게 함으로써, 논리적이면서도 폐쇄적이지 않은 사고를 가능하게 하므로 확산적 또는 수평적 사고뿐만 아니라 논리적 사고도 기를 수 있다(Gelb, 1988; 강호감 등, 1996).

마인드맵의 작성과 창의성 요소는 다음과 같이 연계

된 것으로 가정하였다. 첫째, 사고의 전환에 따라 자유자재로 이동하면서 다양한 이미지나 핵심어의 생성 및 첨가가 용이하므로 **융통성**을, 둘째, 나타내고자 하는 내용에 딸린 핵심어의 이미지를 풍부하게 모두 표현할 수 있게 하므로 **유창성**을, 셋째, 작성자의 개성에 따라 핵심어와 이미지의 구조를 독특하게 개발 할 수 있게 하므로 **독창성**을, 넷째, 모호하던 사고의 내용을 체계적으로 구조화하여 나타나게 하므로 **정교성**을 기를 수 있다.

2. 귀추 추리

“귀추”, 혹은 “최선의 설명으로의 추리”는 어떤 것들을 기술하는 자료들로부터 그 자료를 최선으로 설명하는 하나의 가설로 이끄는 추리의 형태로서, 일종의 이론-형성 혹은 설명의 추리이다(Josephson & Josephson, 1966). Peirce(1989-1914)가 강조한 귀추 추리는 다른 여러 학자들에 의해서도 강조되어 왔다. 즉, 인공지능(AI)분야 에서 Charniak과 McDermott (1985)는 어떤 것의 원인을 추리하고, 우리 주변에 볼 수 있는 것들에 대한 설명을 생성하고 최선의 설명으로의 추리로 귀추로 특징지었다. 또한 Harmna (1965)는 귀추를 최선의 설명을 위한 추리라고 하였고, Lycan(1988)은 설명적인 추리(Lycan, 1988)라고 기술하였다. 귀추의 추리 과정을 주요 학자에 따라 정리해 보면 그림 1과 같다.

3. 귀추 추리의 종류

Thagard(1988)는 귀추 추리는 4가지로 세분화하였다: 단순(simple), 존재(existential), 규칙-형성(rule-forming), 유비 귀추(analogical). 단순 귀추는 기억 속에 존재하는 기존의 규칙을 점화시켜 직접적으로 설명을 구한다. 예를 들면, “모든 만취한 자는 비틀거린다.”라는 경험적 일반화를 이용하여 몹시 비틀거리는 행동을 취하는 사람은 몹이 아픈 가설보다는 술에 만취되었다는 설명

Peirce (1931-1958)	[PA] 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 is true.
Josephson & Josephson (1966)	[JA] D is a collection of data. H explains D. No other hypothesis can explain D as well as H does. Therefore, H is probably true.
Thagard (forthcoming)	[TA] There is a puzzling target T that needs explanation. Hypothesis H Potentially explains T. So, H is plausible. H is a better explanation of T and other phenomena than competing hypotheses. So, H is acceptable.

그림 1 주요학자의 귀추의 추리과정

가설을 선택하게 된다.

존재 귀추는 약간의 간접적 과정을 거친다. 우선 당시의 과학자들은 이미 발견된 행성들의 섭동현상을 잘 알고 있었을 것이다. 그렇다면 기존의 설명사례들을 확대시켜 천왕성 옆에 미 관측된 행성이 존재하리라고 상정하게 되었으리라 짐작할 수 있다. 그러한 과정은 기존의 경험적 일반화에서 곧바로 설명을 끌어내는 것이 아니라 기존의 경험적 일반화를 더욱 확대시키고 정교화 하는 과정이라고 할 수 있다.

단순 귀추법이 기존의 경험적 일반화를 규칙의 점화(rule firings)에 의하여 설명을 끌어내고 존재 귀추법이 기존의 경험적 일반화를 확대시켜 미 관측 존재를 상정하는 과정 등은 또한 새로운 규칙을 만들어내는 규칙-형성귀추(Rule-forming abduction)로 이어질 수 있다. 규칙-형성 귀추는 다른 규칙들을 설명하는 규칙을 생산한다. 이러한 법칙들(laws)은 앞으로 법칙을 설명하는 이론(theories)을 생성하는데 중요하다.

Thagard(1988)는 귀추 추리과정에서 현상을 설명하기 위해서 새로운 규칙을 형성하는 것은 이미 알려진 개념들을 결합함으로써 이루어 질수 있다 하였다. 이것이 ‘유비 추리’이다. 유비 추리는 기존의 해결책들 가운데 목표영역과 기반 영역사이의 유사성(Similarity) 정도에 따른 활성화된 해결책을 찾아 이를 적용시키는 과정을 밟는다(Thagard 1988, p54-63; Park 2007). 본 연구에서는 Thagard (1988)의 관점에 따라, 귀추 추리는 4가지로 분류하여 적용하고 분석하였다. 단, 단순 귀추는 과학적 가설생성과정에서는 별로 도움이 안된다고 판단되어 활용하지 않았다.

III. 연구방법 및 절차

1. 연구 개발 절차

본 연구는 퍼스의 귀추추리를 기반으로 한 과학영재를 위한 교수-학습 프로그램을 문헌연구, 선행연구, 전문가 검토 및 예비교사의 검토 및 수정보완을 통하여 다음과 같은 단계를 걸쳐 개발하였다(그림 2).

2. 창의적 가설생성과정 및 검증과정 모형

본 연구에서 제안한 모형은 크게 가설의 생성과정과 검증과정으로 구성되어 있다(그림 3). 다시 가설의 생성과정은 4단계로 세분화된다(그림 3의 점선 원): 놀라운 자연현상 - (다양한) 가설 발명 - 가설의 제거 - 가설의 예비 평가. 그림 3에서는 가설의 생성과정과 검증과정이 어떻게 배경지식과 자료들, 그리고 다양한 설명

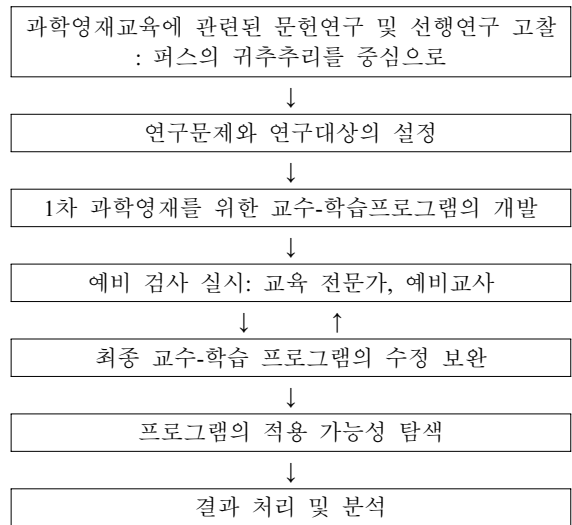


그림 2 연구 개발 절차

가설공간과 연계되어 있는지도 표시하고 있다. 그리고 가설 생성 과정에서 어떻게 3개 귀추 추리(유비 귀추, 존재귀추, 규칙-설명 귀추)가 관련되어 있는지도 표시하고 있다. 즉, 2단계에서는 관찰한 새로운 현상을 설명하기 위해 자신이 익히 알고 있는 배경지식을 활용하도록 유비추리가 사용된다. 또한 제안된 가설에서 필요한 것이 실제로 주어진 상황 속에 존재하는지 판단하기 위해 존재귀추도 사용된다. 4단계에서는 제안된 가설을 법칙으로 제안하기 위해 규칙-형성 귀추가 사용된다.

이외에 그림 3에는 가설생성과정에서 중요한 추리과정도 표시하였다. 즉 1단계에서는 자료를 재구성하는 추리활동이, 그리고 3단계에는 추가 자료에 의해 제안했던 여러가지 가능한 가설들 중에서 잘못되었거나 적절하지 않은 가설을 제거하는 추리활동이, 그리고 4단계에는 법칙으로 제안할 가설이 기존의 이론과 정합적인지를 판단하는 추리활동이 포함되어 있다.

가설검증단계는 다시 2단계로 세분화된다(그림 3): 가설 검증-가설의 세련화와 확장, 여기에서 가설의 세련화와 확장이란, 초기의 가설을 이용하여 새로운 현상을 예측하면서, 또 새로운 관련증거에 의해 가설이 수정·보완되는 과정을 의미한다. 예를 들면, 보어의 원자 가설이 초기의 원형제도에서 타원제도 수정되고, 전자질량의 상대론적 효과를 더하는 과정과도 같다.

그림 3의 과정 중, 가설을 제안하는 과정(점선 원 안의 과정)에서 학생들은 귀추를 이용한 마인드맵 작성을 하게 된다(그림 4). 이 과정은 다음 과정으로 이루어진다.

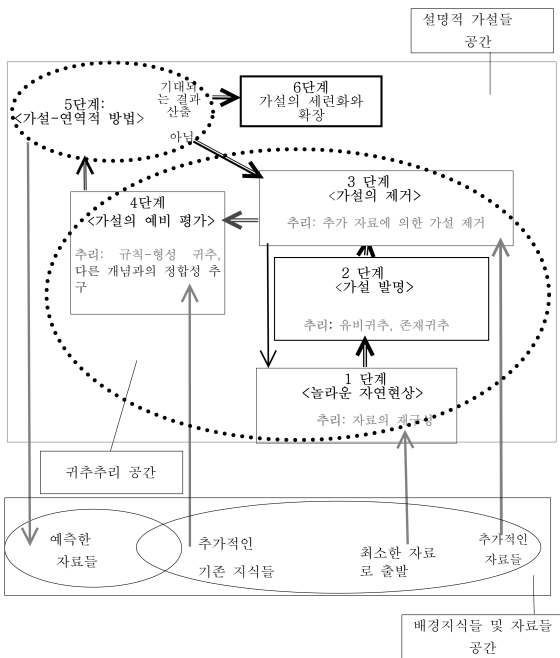


그림 3 가설 제안과정과 검증과정

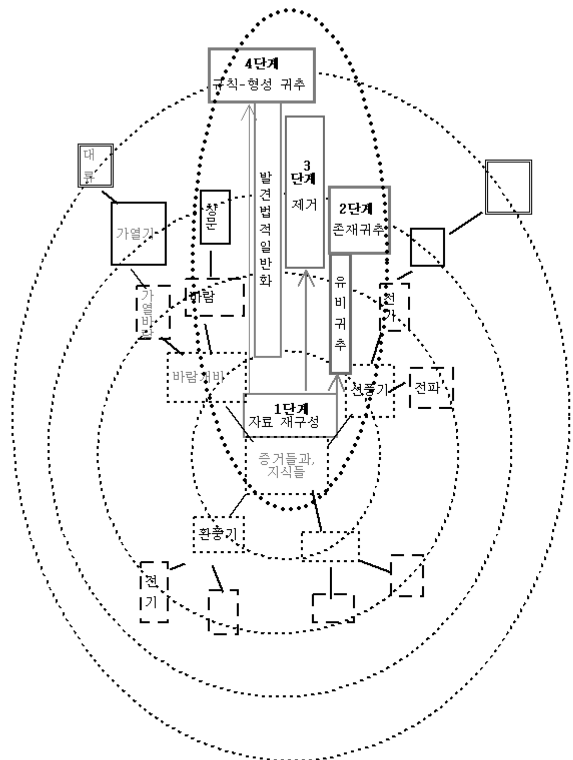


그림 4 귀추추리를 이용한 마인드맵의 작성 예

첫째, 마인드 맵의 중앙에는 놀라운 자연현상을 주제로 한다.

둘째, 기능면에 유사한 물체를 나열한다(유비귀추 활용).

셋째, 유사한 물체가 작동하는 원인을 찾는다(설명 가설 제안).

넷째, 원인을 제공 또는 설명하는 물체의 존재를 찾는다(존재귀추 활용).

다섯째, 가능하다고 생각된 가설들 중에서 적절하지 않은 가설을 제거한다(제거추리 활용).

여섯째, 제거된 가설을 여러 경우에 적용해 보면서 일반화된 규칙으로 제안한다(규칙-형성 귀추).

위와 같은 과정을 통해 마인드맵을 그리면서 학생들은 최선의 주장(가설)을 선택하면 된다. 결국 놀라운 자연현상을 가장 잘 포괄하는 잠정적으로 일반화된 가설을 찾게 되는 것이다. 즉 유사성 정도가 가장 높은 가설을 말한다.

이렇게 하여 가설을 제안한 후에 직접적인 실험을 체험 혹은 기존의 법칙에 정합하는지 확인하여 가능한 규칙 혹은 법칙으로 결정하게 된다(가설의 예비평가). 이 과정에서 중요한 것은 새로운 가설이 기존의 이론과 정합해야 한다는 것이다. 따라서 본 연구에서는 새로운 가설이 과학사적으로 그 당시 인정하고 있는 기존

의 과학이론과 정합하도록 재구성하였다. 여기까지의 과정이 새로운 가설의 생성단계로 볼 수 있다.

3. 적용 대상

본 연구에서는 창의적 가설생성 및 검증모형을 실제로 학생지도에 적용하였다. 이를 위해 과학교육 전공자 2인 교수(전남지역의 사범대, 전북지역의 교육대), 과학교육전공의 박사학위 소지자(충남지역의 고교 교감)의 많은 점검과 조언을 얻었다. 본 수업에 참여한 학생은 대학교 과학영재교육원 사사반 학생에게 동의를 얻어 선정된 4명의 학생이다.

IV. 교수-학습 프로그램의 적용과 학생의 반응

1. 프로그램의 단계별 특성

모형을 적용한 구체적인 학습단계와 단계별 주요 특징은 표 1과 같다.

단계별 수업 내용을 요약하여 제시하면 다음과 같다. 여기에서는 각 단계에서 귀추와 추리, 그리고 창의성이 어떻게 활용되는지를 정리하였다.

표 1 창의적 가설생성 및 검증과정 모형을 적용한 수업 단계와 주요 특징

단계	주요 내용	자료 내용 예시	추리	창의성	학생 반응 예시	
가설 생성 단계	1	주요현상 관찰	가열부분이 보이지 않는 상황(그림 5)에서 홀로 바람개비가 돌고 있다.	자료의 재구성		
		질문하기	의문 나는 점을 모두 적어보자.		민감성	바람도 불지 않는데, 어떻게 돌까?
	2	가설발명	생각나는 가설들을 적어 보아라. 마인드맵을 그려보아라.	유비귀추	유창성, 융통성, 독창성	바람개비, 선풍기 ... 등을 그린다.
				존재귀추		
3	가설선택	생성근원에 해당하는 물체가 실제 존재하는 지에 따라 가능성이 있는 것과 그렇지 않은 것을 구분하라.	제거	정교성	이제 더 범위를 좁히기 위해서 다시 검토해서 가장 그럴듯한 가설을 선택한다.	
4	가설의 예비 평가	그러한 가설의 선택과정을 글로 작성하라.	규칙-형성 귀추	정교성	가설의 선택과정을 글로 작성하고, 주어진 과정의 빈칸을 채우며 실험을 수행한다.	
단계	주요 내용	자료 내용 예시	가설-연역적 방법	창의성	학생 반응 예시	
가설 검증	5	가설의 검증	향 연기 실험	예측과 실험	정교성	기대되고 예측되는 결과와 대체로 일치한다.
			가능한 향연기의 방향을 예측하여 실험하라			
6	가설 확장	기존의 이론과 결합하여 이론의 세련화	기존의 이론과 일치	정교성	기존의 이론과 정합한다.	

<1단계>

- **현상 관찰:** 현상관찰 단계는 자료를 수집하는 단계일 수 있으나 반드시 많은 자료가 있어야 된다는 것이 아니다. 중요한 것은 처음에 흥미를 일으키는 자연 현상들을 발견하는 것이 중요한 전략이다. 여기에서는 그림 5와 같이 가열부분이 가려진 상태에서 혼자서 스스로 회전하는 것처럼 보이는 바람개비를 이용하였다.
- **질문하기(Asking):** 학생들은 현상을 관찰하고 무엇이 궁금한지 모두 적도록 한다. 이때 관련된 창의성은 “문제에 대한 민감성”이다.

<2단계>

- **가설 발명:** 이 단계에서는 가설을 머릿속에 떠올리는 일을 한다. ‘어떤 설명’을 제안해야 놀랍고 의심스러운 상태가 매우 당연한 ‘믿음의 상태’로 될 수 있는

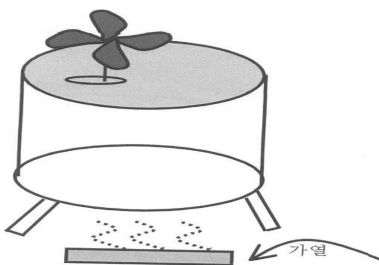


그림 5 혼자 도는 바람개비

지 심사숙고하고, 어떤 설명 가능한 가설들을 열거하는 단계이다.

- **유비귀추와 존재귀추:** 이 단계에서는 유비귀추와 존재귀추를 사용한다. 그리고 이러한 귀추추리가 창의성과 연관되도록 한다. 예를 들면, 유비귀추 전략에 따라 일상적인 생활에서 비슷한 기능을 가진 바람개비와 풍차, 선풍기 등을 생각과, 중력 같은 다른 인과적 원인도 고려하도록 유도하여 마인드맵을 그리도록 한다. 바람개비가 도는 현상의 원인을 처음(유창성, 독창성)에는 바람, 전기, 중력, 등등 그리고 바람이 부는 여러 근원, 전가의 근원, 중력의 근원 등으로 가지를 확장한다(유창성). 존재귀추 전략으로 그 뒤에는 제3의 자연물에 의하여 근원의 생성 근원을 찾도록 한다(유창성).

<3단계>

- **가설의 선택:** 여러 가설 가운데 하나의 가설에 대한 선호를 표명하고 견지하는 일이다. 즉, 특정 영역(domain-specific)에 대한 경험 상황을 설명해주는 인과적 설명자가 믿음이 되어, 현재의 상황을 가장 포괄적으로 설명해주는 가설들을 선택 혹은 서열을 결정하는 것이다(정교성).
- **제거추리:** 실제로는 어느 가설이 타당하지 결정할 수 없으므로 다양한 가설을 제안하게 된다. 이 후에 가능한 모든 경쟁 가설에 대해서 이미 수집한 자료나 상

표 2

가설생성과정에서의 사고 예

- 충분하지 않은 자료에 의하여, 혼자 바람개비가 돈다. (1단계)현상관찰
- 만약 기능면에서 유사한 종이 바람개비가 바람에 의하여 돈다면, 홀로 도는 바람개비도 당연히 바람에 의하여 돈다. 따라서 바람에 의하여 홀로 도는 바람개비도 둘 것이다. (2단계)가설발명, 유비귀추
- (자료가 불충분하다는 지적에 따라 추가자료를 수집하면서 다음과 같이 사고한다) 근원을 알 수 없이 이상하게 (바람이 분다). 만약 (뜨거운 바람)을 발생시키는 (열기구가 존재한다면), (뜨거운 바람)은 당연히 불 것이다. 따라서 (열기구가 존재)하여야 (뜨거운 바람)이 분다. (2단계)가설발명, 존재귀추
- 홀로 도는 바람개비 근처에는 공기가열기, 혹은 전기코드, 등등이 있어야 한다. 그러나 전기코드도 없고, 물의 흐름도 없고, (3단계)가설선택, 제거 추리
- 오직 가열기만 있다. 따라서 공기 가열기에 의하여 일어난다. (3단계)가설선택, 존재귀추
- 매번 부등가열하면 상승하는 공기가 발생된다. 가벼워서 상승한 공기가 바람개비를 돌린다. 따라서 부등가열에 의하여 상승하는 바람이 발생하여 바람개비가 도는 것이다. 공기를 가열하면 열팽창이 된다(기존의 법칙 혹은 이론과 비교). (4단계) 가설의 예비 평가, 규칙-형성귀추
- 따라서 공기를 부등 가열하면 열팽창이 일어나서 부력을 받아 상승한다. (4단계) 가설의 예비 평가, 규칙-형성귀추

황에 따라서 경쟁가설을 반증 제거하는 것이다(정교성). 예를 들면, 최초의 바람개비가 돌아가는 현상에 공기의 이동의 근원을 예측한 뒤에 다시 되돌아보아 자료를 조사 추가면서 몇몇 가설들은 제거되고, 유사성 정도가 높은 가설이 선택된다.

<4단계>

· **가설의 예비평가:** 가설 선발이 가설을 그럴듯하다고 믿는 일에 관한 정당화라면 “가설의 예비 평가”는 가설 자체의 평가와 수용이다. 우리는 가설의 평가에 쓰이는 기준은 정합성의 요소인 설명적 일관성을 주로 사용한다(정교성).

· **규칙-형성 귀추:** 선택된 가설은 잠정적으로 일반화된다. 일반화한 잠정적인 가설을 직접적인 실험을 통하여 확증하면 법칙이 될 수 있다. 또한 일반화된 가설은 기존의 배경지식인 공기의 대류 현상에 의하여 유체인 공기가 이동한다는 과학적 이론과 일관성이 있기 때문에 결합하여 새로운 좋은 이론으로 제안될 수 있게 된다.

여기까지 <1단계>에서 <4단계>까지 가설생성과정의 사고(thinking) 예를 들면 표 2와 같다.

그리고 가설생성단계에서 창의적 사고를 촉진시키기 위해 사용한 마인드 맵을 실제로 학생이 그린 예는 그림 6과 같다. 마인드맵 활동에서는 마인드맵을 작성하는 활동뿐 아니라, 가설생성과정을 통하여 글로 쓰도록 하였다. 즉 학생들은 자신의 주장을 발전시켜 이론을 형성하는 과정을 글로 쓰게 하였는데, 쓰는 방법은 논증의 형식으로 주장은 일반화된 법칙을 말하고, 그 주장에 대한 근거로 유비귀추, 존재귀추, 제거 추리의 사용을 보여주도록 하였다.

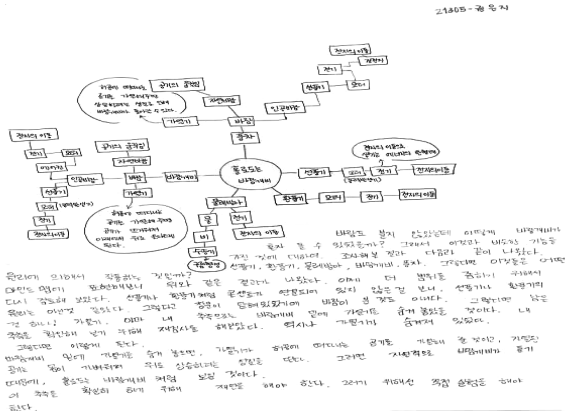


그림 6 학생이 작성한 마인드 맵

그림 6의 마인드맵과 관련지어 이 학생의 사고과정을 단계별로 요약

- **1단계: 놀라운 현상**
바람도 불지 않았는데 어떻게 바람이 불 수 있었을까? (마인드맵의 중앙- 자료의 재구성)
- **2단계: 가설의 발명**
그래서 이것과 비슷한 기능을 가진 것에 대하여, 조사해 본 결과 다음과 같이 나왔다. **선풍기, 환풍기, 물레방아, 바람개비, 풍차**, 등 이었다. (마인드 맵의 첫 번째 가지의 출발점-유비귀추). 그렇다면 이것들은 어떤 원리에 의하여 작동하는 것일까?(마인드맵의 첫 번째 가지의 두 번째 개념-유비귀추) 마인드맵을 통하여 그러한 원리의 근원을 만들어 내는 물체는 어떻게 존재하는가? 다음과 같은 결과(마인드맵의 첫 번째 가지의 두 번째 개념에서 시작된 두 번째 가지의 출발점과 마지막 개념-존재귀추)가 나왔다.
- **3단계: 가설의 선택**
이제 더 범위를 좁히기 위해서 다시 검토해 보았다. 선풍기가 환풍기처럼 콘센트가 연결되어 있지 않은

걸 보니, 선풍기나 환풍기의 원리는 아닌 것 같다. 그렇다고 창문이 닫혀있었기에 바람이 분 것도 아니다. 그렇다면 남은 것 하나! 가열기, 아마 내 추측으로는 바람개비 밑에 가열기를 숨겨 놓았을 것이다. 내 추측을 확인해 보기위해 재검사를 해보았다. 역시나 가열기가 숨겨져 있었다(제거 추리).

■ 4단계: 가설의 예비 평가

그렇다면 이렇게 된다. 바람개비 밑에 가열기를 숨겨 놓으면, 가열기가 허공에 떠다니는 공기를 가열할 것이고, 가열된 공기는 몸이 가벼워져서 위로 상승하는 성질을 띤다. 그러면 자연스럽게 바람개비가 돌기 때문에, 홀로 도는 바람개비처럼 보일 것이다 (선택된 가지의 전체적인 패턴- 규칙-형성 귀추).

부정적인 증거: 없다
긍정적인 증거: 예측된 증거로 고려되는 향연기의 흐름의 방향을 정확히 나타나고 있다. 따라서 이 예측은 의한 향연기의 실험은 공기가 부등가열에 의하여 대류 한다는 설명하는 결정적인 실험이다.

<6단계>

· **가설의 세련화와 확장:** 마지막 단계에서는 자료를 먼저 제시하는 과정이 아니라 좀 더 발전되고 새로운 가설에 의한 새로운 예측을 하도록 한다. 이를 위한 활동 예는 그림 7과 같다.

<5단계>

· **가설-연역적 방법:** 전에 생성된 가설인 부분적인 공기의 가열에 의한 공기의 대류에 의한 바람개비의 회전을 설명하는 가설을 이용하여 학생들은 상자 안의 부분적인 가열에 의하여 향연기의 규칙적인 이동을 예측하여 다시 실험한다(그림 5). 물론 중등부에서는 대류를 확장한 구름의 생성까지 확장된 예측이 되도록 유도한다.

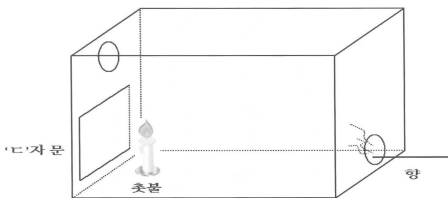
가설의 세련화와 확장을 위한 활동 예

만일, 지표면의 일부가 가열되어 갑작스런 상승을 하거나 산 사면에 충돌한 공기가 산 사면을 타고 빠르게 상승한다면 어떤 현상이 발생할까?

상자 안 바람의 이동을 알아보기 위한 관찰활동 예

■ 상자안의 바람

- 1) 상자의 두께를 적당하게 조절한다(너무 크면 실험이 잘 되지 않는다).
- 2) 연기가 통할 수 있도록 상자 왼쪽 측면 상단에, 오른쪽 측면 하단에 반지름 2Cm인 구멍을 뚫는다.
- 3) 상자안의 왼쪽 면을 ‘ㄷ’자로 잘라서 양초가 통과할 수 있도록 문을 열었다 닫았다 할 수 있는 문을 만든다.
- 4) 투명 비닐을 전면에 붙여 밀봉한다.
- 5) 왼쪽의 문을 열고 양초에 불을 붙인 후 양초를 상자 안에 넣는다.
- 6) 향에 불을 붙인 후 오른쪽 구멍 입구에 가까이 가져가 연기가 들어갈 수 있도록 한다.
- 7) 앞 쪽의 투명 셀로판 비닐을 통하여 연기의 운동을 관찰한다.



- ◆ 전에 생성된 가설에 의하면 향연기의 규칙적인 운동 방향이 예상 된다면 어떤 방향이 될 까요?
- ◆ 상자 속에서 향 연기의 운동을 관찰하여 그 결과를 기록하시오.
- ◆ 기대되는 예측과 자료는 일치하는가?

공기가 상승하면 주위의 기압이 낮아지기 때문에 공기가 외부로부터 열을 받지 않고 팽창하는 현상으로 공기의 부피가 커지므로 공기덩이의 공기분자는 외부의 공기를 밀어내는 일을 한 셈이 되므로 운동에너지가 작아지는 결과로 온도가 하강하게 되는 현상으로 인하여 수증기의 응결이 일어나서 구름 발생의 원인이

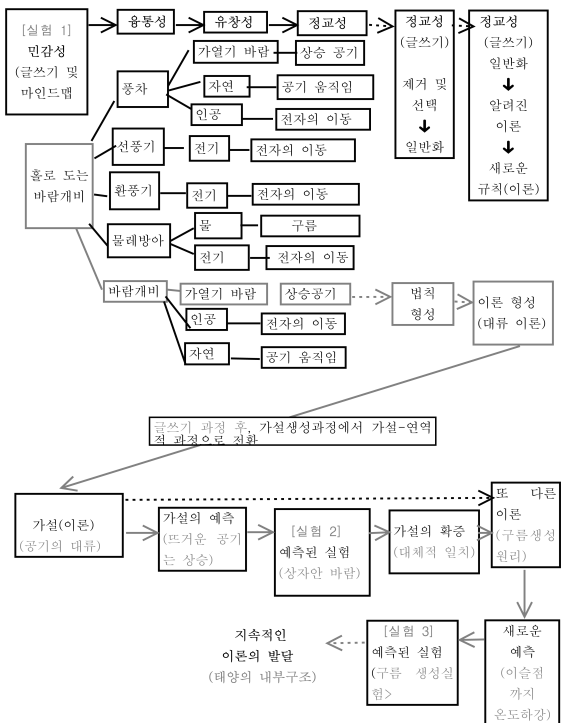


그림 7 <프로그램의 전 과정>에서 학생의 사고과정을 나타낸 도표

표 3
창의성 사고의 핵심 요소 비교

대상	창의성요소	민감성	융통성	유창성	정교성	독창성	비고
		(마인드맵) 중앙	(마인드맵) 첫 번째 가지 수	(마인드맵) 마지막 가지 수	(글쓰기) 제거추리, 규칙-형성 귀추	공통 (바람개비, 물레방아, 풍차, 선풍기 프로펠러)	
권 0 지		1	5	10	제거추리, 규칙-형성 귀추	공통, 환풍기	
옥 0 경		1	4	18	제거추리, 규칙-형성 귀추	공통	
박 0 준		1	8	19	제거추리, 규칙-형성 귀추	공통, 표창, 팽이, 환풍기, 회전목마	
이 0 현		1	8	26	제거추리, 규칙-형성 귀추	공통, 비행기날개, 헬기날개, 환풍기	

된다. 여기에서 우리는 갑작스런 팽창이 이루어지면 과연 온도가 하강하는지 알아보기 위한 실험이 필요함을 말해준다. 일반적인 구름 생성실험을 제시하기 보다는 스스로 실험을 찾도록 유도한다. 결론적으로 자료를 먼저 제시하는 과정이 아니라 좀 더 발전되고 새로운 가설에 의한 새로운 예측을 하여야한다. 좀 더 추상적이고 발전된 과학적 이론으로 발전한다.

이러한 6단계를 거친 한 학생의 전 과정을 다시 정리하여 도표로 나타낸 것이 그림 7이다.

2. 창의적 사고의 활용

본 연구에서는 가설 생성 및 검증과정에서 창의적 사고가 활용되도록 하였다. 학생별로 창의성의 각 요소 활용정도를 분석한 결과는 표 1과 같다.

표 3과 함께 학생들의 학습활동 관찰로부터 나타난 특징을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 남학생인 박0준, 이0현은 융통성, 유창성, 그리고 독창성은 여학생인 권0지와 옥0경보다 상대적으로 다양하게 나타나고 있었다. 그러나 정교성은 여학생이 강점으로 나타나고 있었다. 즉 제거과정과 일반화과정을 걸쳐 새로운 규칙을 형성하는 정교화 과정이 분명히 표현되었다.

둘째, 상대적으로 적은 자료이지만, 남학생과 여학생의 차이점은 여학생들은 생성된 가설을 정교하게 발전시키는데 앞서 있지만 가설을 생성하는 다양성에는 부족함을 알 수 있었다.

셋째, 마인드맵을 통한 가능한 다양한 가설을 생성하는 발산적 사고와 제거과정을 통하여 선택된 가설을 더욱 정교화하고 확장하는 수렴적 사고 과정을 학생들

이 적절하게 활용할 수 있었다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 귀추의 맥락을 구성하는 다양한 종류의 귀추의 전략을 고찰하였고, 그러한 전략을 사용을 위한 실제적인 프로그램을 제안하였을 뿐만 아니라 이에 기초하여 예시를 들어 구체적인 예시를 통해 적용가능성을 탐색하였다.

우리는 발견과정이 무시되는 가설-연역적 방법(오준영, 2007)보다는 발견과정에 해당하는 가설의 생성부분에 구체적으로 초점을 맞추었다. 그러한 관점에 따라서 우리의 연구에서는 첫째로 제한된 프로그램이 두 단계로 구성하여 제안하였다. 또한 예시를 들어 그 가능성을 탐색하였다. 둘째로, 그러한 프로그램 속에서 창의성이 어떻게 활용되는지도 점검하였다. 좀 더 구체적으로 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 창의적인 산출물이 생성될 수 있도록 창의성 요소를 고려한 다양한 귀추추리 전략을 적용한 새로운 프로그램을 제안하였다. 보통 가설-연역적 실험에서는 가설의 확증은 있지만, 가설의 형성이 뚜렷하지 않기 때문에 부족한 점이 있었다. 따라서 귀추추리 전략의 사용을 이 연구에서 제안하였다.

둘째, 유비추리를 출발점으로 하였고 때문에 학생들이 이미 가지고 있는 기존의 개념들을 논리의 대전제 혹은 논증의 이유로 활용할 수 있도록 하였다. 이러한 점에서 구성주의 학습관과 같이 학생 스스로 해결방법을 찾아내게 하여, 교과지식과 과정지식을 습득하는 과정으로 하였다는 데 특징이 있다고 하겠다.

셋째, 본 연구에서는 논증에 의한 글쓰기 지도도 유

익함을 알 수 있었다.

넷째, 비록 작은 대상이지만, 정성적 분석을 통해, 남학생보다는 여학생들이 유창성과 융통성에는 상대적으로 낮으나 일반화하는 능력은 상대적으로 높음을 알 수 있었다. 그러나 다음 단계의 실험과정에서는 그들 전부 같은 성과에 도달하였다.

다섯째, 그러나 본 프로그램은 다양한 과정으로 복잡하다는 단점이 있다. 따라서 교사들이 학생들에 적용하기에는 어려움이 예상된다.

여섯째, 우리가 제안한 프로그램은 완성된 것이라기 보다는 대학교 과학영재교육원의 교육현상에서 사용 더욱 정교화 할 필요가 있다고 하겠다. 따라서 후속 연구로 사전 사후 검사를 통한 제안한 교수-학습 프로그램의 적용 연구가 필요하다.

감사의 글

이 연구의 이론적 부분에 많은 도움을 주신 전남대학교 과학영재교육원 박종원 원장님께 감사드립니다. 또한 이 논문의 세밀한 부분까지 하나하나 코멘트해주신 두 분의 심사자님께도 진심으로 감사드립니다. 한국학술진흥재단 2008년도 보호학문 강의지원 사업(C00001)의 지원 하에 연구 되었습니다.

참고 문헌

권용주, 심해숙, 정진수, 박국태 (2003). 수증기 응결에 관한 초등학생들의 가설 생성에서 귀추의 역할과 과정, 한국지구과학회지, 24(4), 250-257.

권용주, 정진주, 박윤복, 강민정 (2003). 선언적 과학 지식의 생성과정에 대한 과학 철학적 연구-귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 23(3), 215-228.

강호감, 김남일, 하정원 (1996). 창의력 계발을 위한 자연과 학습에서의 마인드맵의 사용, 한국초등과학회지, 15(2), 293-303.

김영채 (2006) 창의적 문제 해결: 창의력의 이론, 개발과 수업, 서울: 교육과학사

김현철 (1995). 너반구 활용을 위한 사고력 중심을 위한 마인드맵 프로그램 탐색, 영재교육연구, 5(2), 91-119.

김찬중 (1995). “지구과학의 특성을 바탕으로 하는 효율적인 지구과학 탐구학습지도 방법연구 : 가설유도 추리 탐구학습모형”, 『청주교육대학교 과학교육연구소 논문집』, 제16권, pp. 130-148.

박종원, 김두현 (2008). 과학의 본성자료 개발과 과학영재를 대상으로 한 시험적용, 한국과학교육학회지, 28(2),

169-179.

연희원 (1998). 피스의 상정 논법에 관한 연구, 철학연구, 21, 177-213.

오준영 (2007), 과학탐구과정에서 강화된 가설-연역적 프로그램의 제안, 인문과학 39집, 215-242.

오필석 (2006). 지구환경적 문제해결과정에서 귀추적 추론을 위한 규칙추리 전략들, 한국과학교육학회지, 26(4), 546-558.

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

윤은호 (2006). 경험 귀추적 탐구수업 전략이 과학2 혼합물의 분리 단원에 미치는 효과, 이화여자대학교 석사학위논문, 118 p.

임선하 (2000). 창의성에의 초대, 서울: 교보문고

이수암 (2006). 과학영재를 위한 교수-학습 프로그램의 개발-문제중심 학습법의 적용, 창의적 지식 양성을 위한 영재교육, 한국교육개발원 연수자료 TM 2006-4, 서울: 한국교육개발원.

전경원 (1997a). 브레인스토밍의 문제점과 해결방안에 관한 연구 (I). 열린유아교육연구, 2(22), 1-23.

전경원 (1997b). 브레인스토밍에 관한 문헌 고찰. 창의력 교육연구, 1(1), 29-64.

정용재, 송진웅 (2006). Peirce의 귀추법에 관한 이론적 고찰을 통한 과학교육적 함의 탐색, 26(6), 703-722.

조석희 (2000). 영재교육 중장기 종합 발전 방안. 교육개발 2000(가을호), 138-47.

한국부잔센터 (1994). 아이들을 위한 마인드맵, 서울: 세계질

Arieti, S. (1976). Creativity: The magic synthesis, Basic Books, New York.

Charniak, E. & McDermott, D. (1985). Introduction to Artificial intelligence. Reading, MA: Addison-Wesley.

Cropley, J. A (2001). Creativity in education and learning: A guide for teachers and educators, Taylor & Francis Book Ltd. (이경화, 최병연, 박숙희 공역, “창의성 계발과 교육”, 서울: 학지사)

Laudan, R. (1987). “From mineralogy to geology: the foundations of a science, 1650-1830,” Chicago: University of Chicago press.

Engelhardt, W. von, & Zimmermann, J. (1982). Theory of earth science (translated by L. Fischer). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Fisher, H. R. (2001). Abductive Reasoning as a way of worldmaking, Foundations of Science, 6, 361-383.

Gelb, M. J. (1988). Present yourself !, Jalmar Press, Rolling Hills Estates, pp. 19-29.

Giere, R. N. (1997), Understanding Scientific Reasoning, in Ronald N. Giere, (Eds.), Harcourt Brace College Publishers.

Hanson, N. R. (1961). Is there a logic of scientific discovery? In B. A. Brody & R. E. Grandy (1989)(Eds.). *Readings in the philosophy of science* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Harman, G. H. (1965). The inference to the Best Explanation. *Philosophical Review* 74, 88-95.

Harman, G. H. (1973). *Thought*. Princeton: Princeton University Press.

Hanson, N. R. (1965), Notes toward a logic of discovery, in R. J. Bernstein (eds.), *Perspectives on Peirce*, New Haven and London: Yale Univ. Press, pp. 42-65.

Hoffmann, M.(1999), "Problems with Peirce's concept of abduction," *Foundations of Science* 4: 271-305.

Josephson, J. R. & Josephson, S. G. 1996, "Conceptual Analysis of Abduction", in R. Josephson, & S. G. Josephson(eds.), *Abductive Inference: Computation, Philosophy, Technology*, New York: Cambridge University Press,

Kordig, C. R. (1978). *Discovery and Justification*. *Philosophy of Science*, 45, 110-117.

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

Lipton, P.(2004). *Inference to the best explanation* (2nd ed.), London: Routledge.

Lycan, W. G.(1988),. *Judgement and Justification*, Cambridge: Cambridge University Press.

Maker, C. J. (1982). *The enrichment tried model*, Mansfield, CT: Creative Learning Center

Magnani, L. (2001). *Abduction, Reason, and Science process of Discovery and Explanation*, Dordrecht: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Martin, R. (2007). *The Opposable Mind: Harnessing the power of integrative thinking*, MA, Boston: Harvard Business School Press.

Metzler, M. (2005). instructional models for physical education, in P. A. Smith (Ed.), *Massachusetts: A Person Education Company*.

Niiniluoto, I. (1999), "Defending abduction," *Philosophy of Science* 66: S436-S451.

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

Peirce, C. S. (1983). *Phänomen und Logik der Zeichen*. Hrsg. und übersetzt von Helmut Paper, Frankfurt/Main, Suhrkamp.

Samipaavola, S. (2004). "Abduction as a logic and Methodology of discovery: The impotance of strategies," *Foundation of science* 9: 267-283.

Thagard, P. (1988). *Computational philosophy of science*, MIT Press.

Thagard, P. (forthcoming). *abductive inference: From philosophical analysis to neural mechanics*. in A. Feeney & E. Heit (eds.). *Inductive reasoning: Cognitive, Mathematical, and neuroscientific approaches*. Cambridge University Press.

Torrance, E. P. (1962). *Guiding creating talent*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Torrance, E. P. (1979). *The search for satori and creativity*, Buffalo, NY: Creative Education Foundation.

Tsai, C. -C.(2000). Enhancing science instruction: the use of 'conflict maps'. *International journal of science education*, 22(3), 285-302.

Vosniadou, S. (1994). *Capture and Modeling the Process of Conceptual Change, Learning and Instruction*, 4, 45-69.

Engelhardt, W. von, & Zimmermann, J. (1982). *Theory of earth science* (translated by L. Fisher). Cambridge UK: Cambridge University Press