

# 과학 문제 풀이 과정에서 나타난 초등 과학 영재들의 사고 특성 탐색

김은진

(부산교육대학교)

## The Exploration of Thinking Characteristics of Elementary Science Gifted Children within Scientific Problem Solving

Kim, Eun-Jin

(Busan National University of Education)

### ABSTRACT

While most previous studies have developed educational programs for science gifted children and have analyzed the differences between science gifted children and ordinary children using quantitative research methods, few have investigated the differences among the science gifted, especially in terms of the scientific thinking process. The present study was conducted to explore the thinking characteristics of the elementary science gifted according to the three scientific thinking process types during the scientific problem solving process. The study resulted in the collected of quantitative and qualitative data through tests and an interview with questions and scientific problems which required the use of one of the three scientific thinking processes. Ten elementary science gifted children served as interviewees. Two types as an epistemological basis for solving the problems are revealed on inductive thinking problems. Three types are on abductive thinking, and Three or Four types are on deductive. The results are expected to have an influence on the teaching and the evaluation of the elementary science gifted.

**Key words :** the elementary science gifted, scientific thinking types, inductive thinking, abductive thinking, deductive thinking

### I. 서 론

지난 2000년 영재교육진흥법이 제정된 이후로 과학영재에 대한 연구들이 더욱 활발해지고 있으나, 많은 연구들이 과학영재에 대한 이론적 논의나 과학영재 프로그램의 개발과 분석(남경운 등, 2004; 박수경, 2005; 박지영 등, 2005; 서혜애와 이윤호, 2003; 양태연 등, 2005; 임길선과 정완호, 2004; 임채성, 2004; 장성진 등, 2005), 검사지를 통한 정량적 연구들, 그리고 일반아와 과학영재와의 차이에 관한 것들(교육란, 2000; 김지은, 2005; 나동진과 김진철, 2004; 백은주, 2005; 임숙영, 2005; 조은부, 2005)이었던데 반해 과학영재들의 공통점과 그들

간의 차이점을 탐색하는 연구는 부족한 편이었다. 또한 과학영재의 특성과 차이점에 대한 몇몇 연구들도 과학의 특성을 고려한 접근이라기보다는 일반적인 인지심리학 또는 교육학 이론과 방법을 토대로 접근함으로써 일반 영재 아들과 차별화된 특성을 찾아내었다고 보기에는 한계가 있다(김주현, 2001; 심규철 등, 2004; 여상인과 김영신, 2005; 이주연, 2004; 진석연과 고혜진, 2005). 따라서 과학적 기반위에서 과학영재의 특성을 파악하는 연구가 필요한 시점에 있다.

또한 국내의 여러 과학영재교육기관에서는 영재 판별의 기초 이론을 토대로 다단계 평가 방식에 의해 교육생을 선발하도록 하고 있으나(최선영과 강

호감, 2006), 다단계 평가의 첫 단계인 학교 현장에서 일반 학습 우수자와 과학 영재에 대한 구분이 명확치 않은 채로 추천이 이루어지거나, 과학 영재에 대한 사회적 관심에서 비롯된 사교육의 간섭으로 인해 과학영재선발의 타당성 검증이 더욱 요구되고 있는 현 시점에서는, 과학적 기반에 기초한 과학 영재의 평가 방법이 절실하다. 뿐만 아니라 초등학교는 발달 단계의 특성상 분화 방향의 다양성이 크고, 그 적성이나 장차 두각을 나타내게 될 분야에 대해서도 단정짓기 어려우므로, 영재교육기관의 교육 중에서도 과학영재의 특성을 반영한 평가 도구를 통해 과학영재의 타당성이 계속적으로 검증되어야 한다. 이런 의미에서 과학 문제 풀이 과정에서 나타나는 초등 과학영재의 사고 특성에 대한 탐색은 과학영재 평가의 기초 연구로서 직접적이면서도 중요한 의미가 있다.

한편, 인간의 사고 과정에 대한 물음은 고대부터 끊임없이 계속되어오고 있는 학문적 테마로서, 과학 교육에서도 과학적 사고 과정에 대한 연구가 여러 방향에서 시도되고 있다. 본 연구는 최근 선언적 과학 지식의 생성 과정과 관련하여 논의되고 있는 과학적 사고 과정의 세가지 유형인 귀납적, 귀추적, 연역적 사고(권용주 등, 2003; Lawson, 1995)의 측면에서 과학 영재의 사고 특성을 탐색하였다. 귀납적 사고는 사실과 현상에 대한 관찰을 통해 공통점을 찾아 분류하거나 경향성을 발견하는 현상 기술(phenomenon description)이고, 귀추적 사고는 관찰된 현상의 원인을 설명하기 위해 유사한 상황과 경험을 뒤져서 유추적으로 설명 체계를 찾아내는 추론 방식이다. 따라서 귀추적 사고에 의해서 가설이 성립될 수 있다(권용주 등, 2003; 정진수 등, 2005; Lawson, 1995). 연역적 사고는 현상의 원인을 증명하는데 관련된 사고 과정이다. 예측이나 가설은 관찰이나 실험을 통해 검증되며, 검증은 가설을 반증할 수 있는 방법으로 설계되어야 한다(Chalmers, 1999; Ruchlis & Odds, 1990).

본 연구에서는 과학영재교육원 초등분과 학생들이

과의 면담을 통해 그들의 자아관, 과학관, 학습 방법 등에서 나타나는 특성과 과학적 사고 과정의 특성 및 유형을 탐색하였으며, 이를 통해 초등 과학영재에 대한 이해를 높이고, 초등 과학영재 선발과 교육에 있어 의미있는 제안점을 찾고자 하였다.

## II. 연구의 내용과 방법

### 1. 연구 내용

본 연구에서는 면담 참여자의 과학 영재성에 대한 타당성 확보를 위해 몇 가지 검사를 사전에 실시하였고, 면담을 통한 자료의 수집과 분석으로 그들의 환경적, 심리적 특성과 과학에 대한 인식, 그리고 과학 문제 풀이 과정에서 나타난 과학적 사고 과정의 특성과 유형을 탐색하였다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 연구 참여자

연구 참여자는 과학 기술부에서 지원하는 대학 부설 과학영재교육원 초등분과 재학생으로서 이들은 영재교육원 입학 전형에 따라 담임교사에 의한 학교장 추천, 과학 지식 기반 지필 고사, 과학 탐구 사고력 기반 지필 고사, 과학 분야 전문가 집단에 의한 심층 면접의 다단계 평가를 거쳐 선발된 학생들이다.

연구 참여자의 과학 영재성에 대한 타당성을 높이기 위해 연구 참여자가 소속된 영재교육원 전체 인원 34명을 대상으로 과학적 태도 검사(TORSA)와 과학 창의적 문제 해결력 검사(이경숙, 2004)를 실시하였고, 이 중 10명을 선정하여 면담 참여자를 구성하였다. 영재교육원 학생은 6학년 33명, 5학년 1명이었다. 그리고 동일 검사지를 일반 초등학교 6학년 86명에게도 실시하여 그 차이를 검증하였다(표 1). 제시된 점수는 100점 만점으로 환산된 것이다. 연구에 사용한 과학 태도 검사지로서 TORSA (Test of Science-Related Attitude)는 국내 과학 교육

표 1. 과학 태도, 과학 창의적 문제 해결력 검사 점수와 통계치

검사 종류	평균(표준 편차)		F	p
	영재교육원생	일반 학생		
과학 태도 검사	63.14( 8.98)	57.1( 9.71)	54.044	.000
과학 창의적 문제 해결력	70.69(15.82)	41.7(13.31)	111.96	.000

학 연구에서 가장 많이 사용되는 검사지로서 0.80~0.84의 신뢰도를 가진다. 과학 창의적 문제 해결력 검사지는 초등 과학 영재 판별을 위해 개발된 검사지로서 0.59의 신뢰도를 가진다.

검사 결과 영재 교육원생은 일반 학생들에 비해 통계적으로 유의한 수준에서 높은 점수를 갖는 것으로 검증되었다.

면담 참여자는 직전 학기까지의 영재교육원 성적에서 전체 석차를 상, 중, 하로 나누어 상위 집단에서 4명, 중위 집단에서 3명, 하위 집단에서 3명, 총 10명을 면담 참여자로 선정하였고, 참여자 학부모로부터 면담 동의서를 받았다.

## 2) 자료 수집

### (1) 면담 시기 및 방법

면담은 2005년 7월 하계 집중 교육 기간 동안 실시하였다.

면담은 미리 작성된 내용들을 토대로 반구조화된 면담으로 진행하였고, 훈련받은 면담자 3명이 동시에 수행하였다. 면담자는 본 연구자와 과학교육학 석사 학위를 소지한 초등 교사 1명, 과학교육학 석사과정 초등교사 1명이었으며, 면담 내용을 녹음, 전사한 후 분석하였다.

### (2) 면담 내용

면담 내용은 신상 카드에 없는 몇 가지 개인적 환경 및 자기 정체성에 대한 부분과 그 외에 과학에 대한 인식, 학습 방법, 그리고 사전에 구성된 과학 문제 풀이였다. 면담 내용 들은 표 2와 같다.

표 2. 초등 과학 영재들의 면담 내용 및 분석들

대범주	하위 범주
개인적 환경과 정체성	자신의 정체성 - 자기 효능감, 기본 성격, 장래희망, 존경하는 인물, 리더쉽, 취미, 여가시간의 활용, 과학을 좋아하게 된 계기, 가정 환경 등
과학관	과학이란 무엇인가?
학습 방법	선호하는 학습 유형- 개인 학습 vs. 모둠 학습 자기 주도적 학습 vs. 타인에 의한 협조 학습 학습동기- 내재적 vs. 외재적
과학적 사고 과정 (과학 문제 풀이)	귀납적 사고 - 하위 사고 영역의 수행도 귀추적 사고 - 정답으로의 접근법 (인식론적 근거) 연역적 사고 - 문제의 정답 여부

### (3) 과학적 사고 과정 분석 자료

과학 문제 풀이는 과학 창의적 문제 해결력 검사지(이경숙, 2004)중 귀납적 사고, 귀추적 사고, 연역적 사고의 세 가지 과학적 사고 과정(권용주 등, 2003) 중 하나가 요구된다고 판단되는 5개 문항을 선별하여 이를 재구성한 후, 풀어보도록 하였다. 이 과정에서 생각하는 것을 소리내어 말하도록 하고, 부족한 부분은 면담자가 질문함으로써 사고 과정과 답안 선택의 이유를 알아낼 수 있도록 하여 녹음, 전사하였다. 과학 문제 풀이 과정을 통한 과학적 사고 과정 면담에 사용한 문항은 부록에 첨부하였으며, 원검사지에 대비하여 재구성한 내용과 각 문항에 포함된 하위 사고 과정 영역은 표 2와 같다. 면담에 사용된 문항의 재구성 예로 Q3의 경우 원 검사지에는 귀추적 사고를 사용하여 정답을 알아내는 내용으로 구성되었다고 판단하였는데, 본 연구에서는 문제를 푼 후에 문제에서 제시한 상황에 대해 실험을 설계해보도록 함으로써 연역적 사고의 검증 방법 고안의 하위 영역을 알아볼 수 있도록 재구성하였다. 타 문항들도 객관식 문항을 주관식으로 바꾸고 “왜 그렇게 생각했느냐?”는 생각의 근거를 질문함으로써 면담 참여자들의 사고 과정과 그 근거를 좀 더 구체적으로 알아볼 수 있도록 재구성하였다.

표 3에서 제시하는 세 가지 과학적 사고 과정의 하위 사고 영역은 권용주 등(2003)의 연구에서 논의된 틀을 사용하였으며, 하위 사고 영역에 대한 추출은 동 연구에서 제시한 하위 영역을 토대로 본 연구자가 수행하였다.

## 3) 자료 분석

### (1) 개인적 환경, 자아관, 과학관, 학습 방법

표 2의 면담 분석들에 기초하여 전사된 면담 내용을 유목화하고 코딩하여 분석하였다.

### (2) 과학적 사고 과정 분석

표 3에 제시한 바와 같이 각 문항에 포함된 하위 사고 영역과 답안 선정의 이유에 대한에 인식론적 근거에 기초하여 전사된 면담 내용을 유목화하고 코딩하여 분석하였다.

## III. 결과 및 논의

### 1. 개인적 환경, 자아관, 과학관 및 학습 방법

#### 1) 전체적인 경향

면답에서 나타난 면담 참여자들의 개인적 환경과 자아 정체성, 과학관, 학습 방법 등에 대한 전체적인 경향은 표 4와 같다. 그들의 장래 희망은 2명을 제외하고 모두 과학자였다. 취미는 만들기(7명), 동물 기르기(2명) 등 과학과 관련된 것들이었다. 또한 독서량이 많은 편(1~2권/1일)이었으며, 가정에 보유하고 있는 도서의 양도 많은 편이었다. 여가 시간의 활용에 있어서도 독서를 하면서 보낸다는 경우가 많았다. 특이하게도 대부분의 학생들이 가족 중에 과학 관련 직업을 가지고 있거나 형제자매 중 과학영재 또는 과학 분야 전공자가 있음으로 해서 본인의 과학 공부 또는 과학에 대한 관심에 영향을

주었다고 이야기하고 있었다. 주변 사람들로부터의 칭찬, 영재교육원의 입학, 대회 입상 경력 등 이유는 다양했지만, 공통적으로 자기 자신에 대해 긍정적인 자아 개념과 자신감을 갖고 있었다. 그들은 대부분 쉽게 얻어지는 것보다는 도전적인 과제를 통해 얻어지는 성취감을 즐기는 경향이 있었다. 공통적으로 집중력이 매우 뛰어나다고 주장하면서, 관련된 일화를 진술하였다.

그리고 면담 참여자 중 1명을 제외한 모든 학생이 사실 영재 학원이나 그룹 지도를 현재 받고 있거나 영재교육원 입학 전에 경험한 적이 있다고 진술하였다.

과학에 대해서는 “자연 현상에 대한 원리를 파악하는 학문”이라는 학문 기반 과학관, “여러 문제를

표 3. 과학적 사고 과정 면담을 위한 문항의 하위 사고 과정 영역과 재구성 내용

관련 사고 과정	문항 번호 (원 검사지번호)*	포함된 하위 사고 과정 영역	재구성 내용
귀납적 사고	Q2(문4)	속성 인식, 공통점 발견, 분류	주관식, 분류 기준 질문, 생각의 근거 질문
	Q5(문8)	속성 인식, 공통점 발견, 관계 구분, 경향성의 발견	공통점 질문, 생각의 근거 질문
귀추적 사고	Q1(문1)	의문 상황 분석, 원인적 설명자 동정	주관식, 생각의 근거 질문
	Q3(문6)	의문 상황 분석, 경험 상황 동정, 원인적 설명자 선택	주관식, 확인 실험 설계 요구, 질문, 생각의 근거 질문
연역적 사고	Q3(문6)	검증 방법 고안(변인통제)-단순 변인	주관식, 확인 실험 설계 질문, 생각의 근거 질문
	Q4(문7)	검증 방법 고안-복합 변인	주관식, 가설 제시 후 검증 실험 고안 질문, 생각의 근거 질문

\*이경숙(2004)의 과학 창의적 문제 해결력 검사지의 문항 번호를 나타냄.

표 4. 개인적 환경 및 과학관, 학습 방법에 대한 면담 결과

대범주	하위 범주
개인적 환경과 자아 정체성	장래희망 - 대부분이 과학자 또는 과학관련 직업 취미 - 만들기(프라모델, 재활용품 등 활용), 동물 기르기 독서량 - 평균 1~2권/1일 여가 시간의 활용 - 독서 가정 환경 - 가족 중 과학 관련 직업을 가졌거나, 과학 전공자가 있었고, 이들에게서 영향을 받음. 리더에 대해 흥미는 있으나, 개인적 시간을 침해받으므로 싫어함. 자기 효능감 - 자신에 대해 매우 긍정적이며, 자신감이 있음. 성취감을 즐김, 집중력이 뛰어나함. 사실 기관 영재수업 수강 중
	과학관
학습 방법	개인학습보다는 모둠 학습을 즐김 어려운 문제에 대해 끝까지 파고들고, 해결했을 때의 성취감을 즐긴다. 학습 결과에 대한 외부의 칭찬보다는 자기 만족감이 학습 동기에 큰 영향을 미침.

결의 방법을 제공함으로써 실생활에 도움을 주는 학문”이라는 생활 기반 과학관, “실험 등 직접 해보는 과목”이라는 활동 기반 과학관의 세 가지 유형이 파악되었다(표 4). 학습 면에서는 여러 아이디어와 접할 수 있다는 점에서 모두 학습을 더 선호하는 경향이 있었다.

## 2) 면담 참여자의 개별 특성

두 가지 검사 결과와 영재 교육원 성적, 면담 결과를 토대로 각 면담 참여자들의 프로필을 표 5에 제시하였다.

## 2. 과학적 사고 과정

면담 참여자들의 과학 문제 풀이 성공 여부를 보면, 귀납적 사고를 요하는 문제는 면담자 전원이 해결하였으나, 귀추적 사고를 요하는 문제는 참여자의 절반 정도가 해결하였고, 연역적 사고를 요하는 문제는 완전한 답을 하는 학생이 없었다.

### 1) 귀납적 사고

귀납적 사고를 요하는 문제로 Q2는 공통점 인식과 분류 능력이 요구되는 문제이고, Q5는 공통점 인식과 관계 인식, 경향성 발견 능력이 요구되는 문제이다(표 2). 두 문항 모두 전원이 정답을 찾아

냈다. 그러나 면담 내용을 기초로 볼 때, 답안 선택의 근거에 있어서 대상의 공통점에 대한 인식을 선택의 근거로 삼는 “유형 I”과 문제의 진술 내에서 공통단어나 의미가 같은 단어를 찾아서 자신의 생각을 설명하고자 하는 “유형 II”로 구분되었다(표 6). “유형 I”의 학생들은 귀납적 사고의 하위 영역인 대상의 속성 인식, 공통점 발견, 분류, 관계 구분의 하위 사고 과정을 성공적으로 수행하였다. “유형 II”에 속한 학생들은 정답은 맞추었지만 공통적인 속성을 형태적인 차이에서 찾으려 하였고, 자신이 가지고 있는 과학적 개념에 대해 자신감이 부족한 모습을 보였다. 그들은 특히 문제 풀이 기능을 습득하고 있는 것으로 보였고, 이를 사용하여 문제를 풀어 내려는 경향이 있었다. 면담에서 나타난 개인적 환경과 특성에서 이들은 자아 정체성 확립이 부족하고, 주변 인물에 대한 의존심이 크며, 특히 성훈은 사교육 경험이 많았던 것으로 파악되었다는 점에서 볼 때, 이런 모습은 사교육의 영향일 수 있다고 여겨진다. 최근 과학 영재에 대한 사회적 관심과 검증 없는 사설 교육 기관의 폭증, 자녀에 대한 지나친 교육 열등을 감안할 때, 과학 영재의 선발의 타당성 있는 기준 설립이 시급하게 여겨지는 부분이다.

귀납적 사고에서 탐색된 두 가지 유형의 면담 예를 제시한다.

표 5. 면담 참여자의 검사 등급과 성적 및 면담 내용

면담 참여자*	성별	과학관**	기타 면담 내용
승희	여	i), ii)	밝고 명랑한 성격, 유창한 어휘력과 구사력. 리더쉽. 매우 긍정적인 자아관. 자신에 판단에 단호함.
성철	남	i)	밝은 성격, 과학 전문 용어를 정확히 많이 알. 매우 진취적, 도전적, 성취감을 즐김. 과학자로서의 꿈에 대한 굳은 자신감. 옳다는 판단에 대해서도 재고하는 융통성을 가짐.
주철	남	i)	매우 내성적이고 신중함. 말이 적고 깊이 생각하고 표현함. 사회, 문학 등 다방면에 관심.
가희	여	ii)	밝고 사교적임. 다방면에 관심. 단순하게 생각하려 함. 남에게 도움주는 일을 좋아함.
수철	남	i)	사교적임. 리더쉽 있음. 친구가 많음. 봉사와 타인을 돕는 일을 하고 싶음.
병철	남	iii)	약간 내성적, 사회문제에 관심이 많음. 리더쉽과 봉사 정신 약함. 주변의 관심과 격려에 의한 의무감과 부담을 가짐. 과학은 정답이 있다.
재철	남	iii)	약간 내성적. 리더쉽 약함. 문제에 대해 소극적임. 내용의 이해보다 정답을 찾으려 함. 주변의 평가에 따라 자아관을 가지려 함.
현철	남	iii)	내성적, 주변의 평가에 따라 자아관 의존. 자신의 판단에 자신이 없음. 문제의 핵심 파악이 느리고 정확치 못함. 리더쉽 약함. 주변 사람과 자신의 정체성을 동일시하려 함.
한철	남	i)	내성적이고 성격이 급함. 독서량이 매우 많음. 언어 표현력이 떨어짐, 다방면에 관심. 산만함. 영재 학원 수강 경험 없음. 관련 지식은 많으나 체계적이지 못하여 올바른 지식을 찾는데 시간이 많이 걸림.
성훈	남	iii)	내성적, 불안함, 산만함. 사설 영재 학원을 포함한 사교육 경험 많음. 부모에게 지나치게 의존함. 자아 정체성 확립이 부족함.

\*본 논문에 기재한 면담 참여자의 이름은 가명임, \*\* 과학관은 표 4에 제시한 유형임.

표 6. 귀납적 사고를 요하는 과학 문제 풀이 과정에서 나타난 특성

유형	면담 참여자	답안으로의 접근 방법 (인식론적 근거)	정답 여부 (Q2, Q5)	파악된 특성
I	승희, 한철, 가희, 수철, 주철, 성철, 병철, 재철	과학 개념을 사용: 제시된 대상의 속성 파악을 위한 올바른 과학 개념의 검색과 비교, 관계 구분		제시된 대상의 속성을 과학 개념과 관련지어 파악. 공통점을 발견. 관계 구분 수행. 올바른 과학 개념을 사용하여 설명.
II	성훈, 현철	대상의 표면적인 특징과 문제 풀이 기술 사용: 문제의 보기를 사이에서 같은 단어를 찾으려 애써. 단어 반복적인 설명	○	제시된 대상의 속성을 겉모양· 변화 모습과 관련 지어 파악. 자기 생각에 자신이 없고, 정답 찾기에 집착하며 문제 내에서 단어의 공통점을 찾거나 같은 단어를 반복하여 설명하려 함.

“유형 I”: Q5

면담자- 문제에 제시된 3가지 기관의 공통점은?  
주철 - 뇌와 폐와 소장은 표면적을 넓혀서 각 기관  
들의 열의 효율을 높이는 것이 공통적입니다.  
면담자- 그래서 답은?  
주철 - 5번.  
면담자- 왜? 그렇게 생각했지?  
주철 - 열을 잘게 부셔서 넣으면 그냥 넣는 것 보  
다 주변에 닿는 면적이 더 넓어지기 때문에  
더 빨리 녹일 수 있습니다. 즉, 표면적이 넓어  
진다는 공통점이 있습니다.

“유형 II”: Q5 (들어쓰기 수정)

면담자- 문제에 제시된 3가지 기관의 공통점은?  
성훈 - (문제의 그림과 문항을 손으로 가리키며)  
많잖아요. 뇌의 주름이 많고, 폐의 가지가 여  
러 가지고, 소장에 주름이 많고...  
면담자- 답은?  
성훈 - 5번.  
면담자- 왜 그렇게 생각했지?  
성훈 - 일단 잘게 부수면 뭐가 좀 많아지잖아요.  
면담자 - 뭐가 많아지지?  
성훈 - 열을 쪼개면 그것보다 좀 더 많은 양이 생  
기잖아요. 작더라도 많이...(문제를 가리키며)  
여러 개의 가지, 수많은 주름...

2) 귀추적 사고

귀추적 사고를 요하는 문항으로 Q1은 문제에서 제시하는 상황을 설명하는 원리와 같은 원리로 설명될 수 있는 현상을 찾는 것으로 귀추적 사고에 요구되는 유추(비유)적 사고를 통해 원인적 설명자를 동정낼 수 있는가를 알아보하고자 하는 것이다.

Q3은 문제의 상황에 대한 원인을 생각하여 가설을 설정하는 몇 가지 보기를 제시하고, 그 중 옳다고 생각하는 보기를 고르도록 하는 것이다. 이때 문제를 푸는데 사용되는 인식론적 근거가 무엇인지를 분석하였다. 그 결과 과학 지식과 경험을 모두 사용하는 “유형 가”와 과학 지식만을 사용하는 “유형 나”, 불완전한 과학 지식의 단편들을 모아 사용하려고 노력하는 “유형 다”로 구분되었다(표 7). “유형 가”는 다시 과학 지식과 경험을 모두 사용하는 하지만 과학 지식을 먼저 사용하고, 자신의 판단을 확인하기 위한 도구로 경험을 사용하는 경우와 경험을 먼저 떠올리고, 확인의 도구로 과학 지식을 사용하는 집단으로 구분되었다.

귀추적 사고 과정에서 나타난 유형은 그들이 가지고 있는 과학관과 밀접한 관련이 있었다. 표 4, 표 5에 제시한 면담 참여자의 과학관에서 “유형 다”는 전원이 활동 기반 과학관이라 명명한 iii)유형에 속했는데, 귀추적 문제 풀이 과정에서 그들의 생활 속 경험을 전혀 떠올리려 하지 않았고 오로지 학교나 학원에서 배운 지식의 단편들을 생각해 내고자 노력하였다. 이들은 과학을 학교나 실험실 등 형식적인 공간에서만 수행하고, 학교에서 배우는 과학과 생활의 과학을 연계짓지 않는 것으로 파악되었다.

“유형 나”는 전원이 학문 기반 과학관이라 명명한 ii)유형에 속했다. 이들도 문제를 푸는 과정에서 과학 지식만을 사용하는 것은 다 유형과 같았으나, 완전한 지식을 소유하고 있어서 문제 해결에 어려움을 느끼지 못했다. 그리고 과학 지식으로 해결된 문제는 확고 부동하기 때문에 더 이상 확인할 필요를 못 느끼는 것으로 보였다.

“유형 가”는 생활 기반 과학관이라 명명한 ii)유

표 7. 귀추적 사고를 요하는 과학 문제 풀이 과정에서 나타난 특성

유형	면담 참여자	답안으로의 접근 방법 (인식론적 근거)	정답 여부 (Q1, Q3)	파악된 특성
가	승희, 성철	과학 지식과 경험을	x, o o, o	과학 지식을 먼저 사용하여 문제를 풀고 관련 경험을 토대로 답안이 맞는지 확인한다.-관련 지식이 없으면 틀린다.
	가희, 수철	모두 사용	o, o o, o	정확한 지식을 소유하고 있지만, 관련 경험을 먼저 떠올려 문제를 풀고 이를 설명할 수 있는 지식을 찾아 확인한다. -관련 지식이 없어도 유사 경험을 찾아 해결.
나	주철, 한철	과학지식	o, o o, o	과학 지식을 사용하여 문제를 풀며 자신이 소유한 과학 지식에 대해 확신을 갖고 유사 경험을 통한 확인의 필요성을 못 느낌.
다	재철, 병철, 현철, 성훈	지식의 단편	x, x x, x x, o x, o	지식을 사용하여 문제를 풀려고 노력하나, 관련 지식이 완전하지 않고, 자신도 없다. 경험을 찾아보려는 노력은 하지 않는다. - 학교나 학원에서 배운 것만이 답을 찾아가는 방법이라고 생각.

형과 학문 기반 과학관인 i)유형이 모두 있었으며, 이들은 과학 지식과 자신의 경험을 모두 적용하여 완벽하게 문제를 해결하려는 융통성과 치밀함을 보였고, 사고의 유연성이 있었다.

귀추적 사고 과정에서 나타난 유형의 면담 예는 아래와 같다.

“유형 가”: Q1

가희- ㄱ)은 아니예요. 오렌지 주스 마실 때 기포가 잘 낄생 안하니까..ㄷ)은 안개같은 것을 본 적이 없어서... 음. 맞는 것 같아요. 안에 있는 기체가 올라오면서 보일 수 있으니까... ㄴ)은 맞아요. 얼음을 먹으면 안이 까끌까끌 파여있는데 그게 안에 차가운데 들어 있으면 기체가 빠져나오려다 얼어버려서..

“유형 나”: Q1

한철- ㄴ)은 공기 방울이 생기는 이유는 그 물에 녹아 있는 공기는 여러 가지가 있잖아요. 그 중에서 그니까 기화가 빨리되는 끓는점이라고 해야하나? 끓는점이 낮은 기체가 먼저 이렇게 기화가 되가지고... 그걸로 기체가 녹아 있다는 걸 알 수 있구요.

“유형 다”: Q1

현철 -ㄴ)은 얼음 안에 수증기 같은 것이 있어서 김이 서린다고... 배웠는데

성훈- ㄴ)은 맞아요. (문항에 공기 방울이란 말을 가리키며) 공기 방울이... 기체가 공기잖아

요. 공기방울이 있어서, ㄴ)은 ... 모르겠는데 요. 이런 건 많이 안 해봤서..

### 3) 연역적 사고- 검증 방법 고안

연역적 사고를 요하는 문제는 Q3과 Q4이며, 이 두 문제 모두 문제 내에서 현상의 원인에 대한 가설을 제시한 후 면담 참여자에게 제시된 가설을 검증하기 위한 실험을 설계하도록 하였다.

두 문항 모두 현상에 대한 가설과 가설을 설정의 지지 기반인 과학 원리를 내포하고 있다. Q3의 경우 면담 참여자 전원이 실험군과 대조군에 대한 개념은 가지고 있었으나 많은 학생들이 가설을 뒷받침하는 과학 원리 자체를 검증하기 위한 실험을 설계(“유형 B”)하였다. 소수이지만 제시된 원리를 관찰 현상에 적용하여 가설을 확인하는 실험 설계를 시도한 집단도 있었고(“유형 A”), 문제에 표현된 상황을 그대로 재현하는 설계(“유형 C”)를 하기도 하였다(표 8). Q4는 복합적인 변인이 동시에 작용하고 있는 경우로서 가설을 지지하는 과학 원리를 그대로 확인하기 위한 실험을 불완전하게 설계하거나(“유형 a”) 2가지 실험을 독립적으로 설계하는 유형이 있었으며(“유형 b”), 문제의 상황을 그대로 재현하는 설계(“유형 c”)를 하거나 시도하지 못하는 유형(“유형 d”)까지 나타났다(표 9). 실험 설계를 위한 인식론적 근거로는 가설을 지지하는 과학 원리를 삼거나 문제에 제시된 상황을 그대로 재현하려는 유형이 있었다. 그러나 전자의 집단도 실험을 설계하는데 있어서 대부분이 가설을 지지하는 과학 원리 자체의 확인을 위한 실험을 설계하는 오류를 범했다. 가설의 검증은 가설을 반증할 수 있는

실험을 설계하고, 그 결과가 부정됨을 확인함으로써 가설을 채택하는 방식으로 이루어질 때, 귀납의 오류를 제거할 수 있다(Chalmers, 1999; Ruchlis & Oddo, 1999). 즉, 반증을 위한 실험을 설계할 때 가설을 검증할 수 있는 것이다. 그러나 면담 참여자들 모두는 관찰 현상이, 이미 검증된 바 있는, 과학 원리에 부합되는가 아닌가를 확인하기 위한 귀납적 방식의 증거가 아닌 증거 수집을 시도하거나, 아예 실험을 주어진 상황 속에서 계획하지 않고 원리 자체를 재확인하는 불필요한 시도를 계획하거나 아니면 문제의 상황을 그대로 재현하는 설계를 시도함으로써 결국 문제 풀이에 아무도 성공하지 못하는 결과를 낳았다. 이러한 결과는 가설의 검증은 증거 수집이 아니라 증명이어야 한다는 가설의 전제 조건과 검증 간의 논리적 관계에 대한 이해가 부족했기 때문으로 여겨진다. 그런데, 이러한 이해 부족의 문제는 그것이 가설 검증에 대한 경험 부족에서 오는 것인지, 초등학교생이라는 인지 수준의 한계에 기인한 것인지, 또한 그것이 교육을 통해 극복될 수 있는 것인지, 선천적인 것인지, 아니면 현재 과학 교육 체제 속에서 우리가 가설의 검증이 귀납적 방식을 통해 수행되도록 은연중에 가르쳐온 것은 아닌지 등 앞으로 계속 연구되어야 할 중요한 주제로 나타났다. 그러나 어쨌든 우리는 교육적 관점에서 과학 영재 교육의 교과 과정 속에 이러한 연역적 사고를 통한 가설 검증 방법에 대한 논리적 사고의 부분

을 포함시켜야 함이 본 연구를 통해서 드러났다. 연역적 사고 과정의 검증 방법 고안에 수반되는 사고 과정 탐색에서 나타난 유형의 면담 예는 아래와 같다.

“유형 A” : Q3

한철- 한강 물을 뜨고 그 것과 같은 양의 순수한 물을 떠가지고 동시에 냉동실에 넣고 어느 게 빨리 어느지 확인한 다음에 만약에 순수한 물이 빨리 얼면 영주 님이 맞는 거죠.

“유형 B” : Q3

주철- 비이커에 같은 물을 담고, 하나는 순수한 물을 넣고 다른 하나는 설탕이나 소금을 녹여서 같이 냉동시켜서 일정 시간 후에 꺼내 보았을 때 순수한 물이 더 많이 얼어있으면.. 농도가 높은 물은 어느점이 낮아져서... 순수한 물은 완전히 얼고, 설탕물이나 소금물은 얼지 않고...

“유형 C” : Q3

재철- 여기 나와있는 것처럼 설탕을 탄 물이랑 그냥 물이랑 동시에 얼리고.. 아니 시간을 정해 놓고 얼리다 보면 어느 것이 더 많이 얼어있을까 그걸 보면 알 수 있죠.

“유형 a” : Q4

표 8. 연역적 사고 중 단순 변인을 가진 검증 방법 고안 문제 풀이 과정에서 나타난 특성

유형	면담 참여자	답안으로의 접근방법 (인식론적 근거)	정답 여부 (Q3)	파악된 특성
A	가희, 한철	제시된 가설에서 전제하는 과학 원리	△	제시된 원리를 현상에 적용하여 확인하는 설계를 시도하지만 완벽하지 못함.
B	성철, 현철, 수철, 주철, 병철	문제에 표현된 상황	×	가설의 전제로 제시하고 있는 과학 원리 자체를 확인하기 위한 실험을 설계함.
C	승희, 재철, 성훈	없음	×	문제의 표현속의 상황을 그대로 연출하는 설계를 함.

표 9. 연역적 사고 중 복합 변인을 가진 검증 방법 고안 문제 풀이 과정에서 나타난 특성

유형	면담 참여자	답안으로의 접근 방법 (인식론적 근거)	정답 여부 (Q4)	파악된 특성
a	성철, 가희	제시된 가설에서 전제하는 과학 원리	×	실험군과 대조군이 포함된 하나의 실험을 설계하나, 가설에서 전제하고 있는 과학 원리를 확인하는 실험을 설계함.
b	승희, 병철, 한철, 주철	문제에 표현된 상황	×	독립된 2개의 실험을 따로 설계함.
c	현철, 재철, 수철	없음	×	문제의 표현속의 상황을 그대로 연출하는 설계를 함.
d	성훈	없음	×	시도 못함.



성철- 일단 한 그릇은 데우고요. 한 그릇은 그대로 두어가지구요. 그 위에 똑같은 온도의 빵을 놓아 두어가지고, 일정시간이 흐른 뒤에 어떤 빵이 더 많이 식었는지 보면 될 것 같은데요.

가설의 지지 기반인 과학 원리(열전도 원리)를 실험하려고 시도하나 부적절함

“유형 b”: Q4

주철 - 전자레인지를 사용해가지고 그릇이 뜨거운 그릇과 찬 그릇을 두개 준비하고 온도가 같은 음식을 넣고 어느 것이 먼저 식는지를 확인한다.

면답자 - 그러면 가스레인지?

주철 - 똑같이

“유형 c”: Q4

재철 - 전자렌지에 음식을 그릇에 담아서 데우고 가스레인지에도 음식을 그릇에 담아서 데우고 어느 게 빨리 식는지 보면 되죠.

### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학영재교육원 초등분과 학생들과의 면담을 통해서 그들의 환경, 자아관, 과학관, 학습면에서의 전반적인 특징과 귀납적, 귀추적, 연역적 사고 과정을 수반하는 과학 문제 풀이 과정에서 나타난 인식론적 접근 방법과 유형을 탐색하였다.

연구 참여자들은 대체로 과학 관련 직업을 희망하고 긍정적인 자아관을 가지고 있으며, 독서를 좋아하고, 가족 중에 과학에 대한 선호에 영향을 미친 사람이 있는 경우가 많았다. 과학에 대해서는 자연의 원리를 탐구하는 학문, 실생활에 도움을 주는 학문, 실험을 하는 과목 등 다른 관점을 가지고 있었으며, 학습에 있어서는 어려운 문제를 스스로 풀면서 느끼는 자아 만족감을 즐기는 내재적 동기 유발자들이 많았다.

과학적 사고 유형에 따른 문제 풀이 과정에서는 다음과 같은 내용이 분석되었다.

귀납적 사고를 요하는 문제들은 모두 정답을 찾아내었는데 이 때 문제 풀이 기술을 동원하는 유형이 있었다. 따라서 앞으로 과학 영재 선정의 타당성

을 높이는 방안이 심도있게 논의되어야 할 것이다.

귀추적 사고를 요하는 문항에서 나타난 영재들의 사고 유형은 그들의 과학관과 관련되었다. 귀추적 사고를 요하는 문제들은 정답률이 50%로서, 평가문항으로서 변별력을 가질 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 영재 선발 문항이나 영재 평가 문항으로서 활용 가능성이 있을 것으로 짐작되며, 이는 후속 연구가 필요한 부분이다.

연역적 사고를 요하는 문항은 모든 면담 참여자가 정확한 답변을 하지 못하였으며, 그들의 인식론적 근거로 가설을 뒷받침하는 과학 원리나 문제의 상황을 그대로 재현하였으며 아무도 실험 설계를 바르게 하지 못하였다. 가설의 근거가 되는 이미 검증된 과학 원리를 확인하는 실험을 설계하거나 귀납적 방식의 확인을 시도하고자 하였다. 이런 점에서 볼 때, 앞으로 과학 영재의 선정과 교육에 있어서 가설검증을 위한 논리적 사고를 알아보는 문항을 개발하여 사용하거나 교육에 연역적 사고와 가설 검증 방법 고안에 관한 논리적 사고를 키우는 프로그램을 포함시킬 필요가 있음이 나타났다.

또한, 귀납적, 귀추적, 연역적 사고의 순으로 문제의 정답률이 떨어졌는데 이 세 가지 사고력이 인지 수준과 어떠한 관련이 있는지, 그리고 각각의 하위 사고 영역 또한 인지 수준과 어떠한 관련이 있는지에 대한 후속 연구가 뒤따라야 할 것이다.

### 참고문헌

고옥란(2000). 개념도를 통한 과학 영재와 일반 학생의 생물 개념 이해 유형 비교. 전남대학교 교육대학원 석사학위논문.  
권용주, 정진수, 박운복, 강민정(2003). 선연적 과학 지식의 생성과정에 대한 과학철학적 연구(귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로). 한국과학교육학회지, 23(3), 215-228.  
김지은(2005). 초등학교 과학영재학생과 일반 학생의 에너지 영역에 대한 개념 비교. 대구교육대학교 대학원 석사학위논문.  
김주현(2001). 과학영재의 다중지능 분석. 연세대학교 대학원 교육학 석사학위 논문.  
나동진, 김진철(2004). 삼원지능, 사고양식, 학업성취의 관계에서 과학 영재와 일반학생의 구조적 차이. 교육심리연구, 18(1), 115-130.  
남경운, 이봉우, 이성목(2004). 과학일기쓰기가 과학 영재의 과학에 관련된 정의적 특성에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 24(6), 1272-1282.

- 박수경(2005). 과학영재학교 교수활동에 관한 학생인식 및 과학수업에서 상호작용 유형. 한국지구과학회지, 26(1), 30-40.
- 박지영, 이길재, 김성하, 김희백(2005). 과학영재교육 프로그램 분석 모형의 고안과 국내의 과학영재를 위한 생물 프로그램의 실태 분석. 한국생물교육학회지, 33(1), 122-131.
- 백은주(2005). 과학영재와 일반학생의 정서지능과 과학 태도 비교. 경인교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 서혜애, 이운호(2003). 영재교육기관의 교수·학습 실태 분석. 중등교육연구, 51(2), 69-86.
- 심규철, 김현섭, 김여상, 최선영(2004). 생물 분야 과학 영재들의 학습 양식에 대한 조사 연구. 한국생물교육학회지, 32(4), 267-275.
- 양태연, 박상우, 박인호, 한기순(2005). 과학영재프로그램을 통해 본 과학 관련 태도와 과학 불안도의 관계와 변화. 한국과학교육학회지, 25(2), 284-296.
- 여상인, 김영신(2005). 초등과학영재의 성격특성과 협동 학습에 대한 인식. 교육과학연구, 36(2), 161-175.
- 이경숙(2004). 초등학교에서 활용가능한 과학 영재 판별 도구의 개발. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 이주연(2004). 과학·미술 영재학생들의 동기, 플로우, 창의성 관계에 대한 비교분석 연구. 성균관대학교 대학원 석사학위논문.
- 임길선, 정완호(2004). 과학영재교육을 위한 웹 기반 STS 수업모형 개발. 한국과학교육학회지, 24 (5), 851-868.
- 임숙영 (2005). 협동학습에서 과학영재와 일반학생의 언어적 상호작용 비교. 경인교육대학교 대학원 석사학위논문.
- 임채성 (2004). 초등과학영재를 위한 심화형 교수학습자료의 개발. 과학교육연구, 29.
- 장성진, 정미선, 박원혁 (2005). 과학영재교육을 위한 문제중심학습 적용 효과. 한국생물교육학회지, 33(1), 1-12.
- 정진수, 원희정, 권용주 (2005). 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원귀추모형의 적용. 한국과학교육학회지, 24(5), 595-602.
- 조은부 (2005). 초등과학영재의 인지적·정의적 특성 분석. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 진석언과 고혜진 (2005). Sternberg 사고 유형에 따른 초등학교 과학영재학생과 일반학생의 비교. 특수교육연구, 11(22), 157-177.
- 최선영과 강호감(2006). 초등학교 과학영재학급 학생신발을 위한 과학 창의적 문제해결력 검사도구 개발. 초등과학교육, 23(1), 27-38.
- Chalmers, A. F.(1999). *What is the thing called science?* (3rd ed.). University of Queensland Press. [신중섭과 이상원 역. (2003). 과학이란 무엇인가? 서광사].
- Lawson, A. E.(1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Ruchlis, H., & Oddo, S. (1990). *Clear thinking: A practical introduction*. Prometheus Books, Inc. [한상기 역. (2002). 명료한 사고. 서광사].

<부록>

과학적 사고과정 탐색을 위한 면담문제

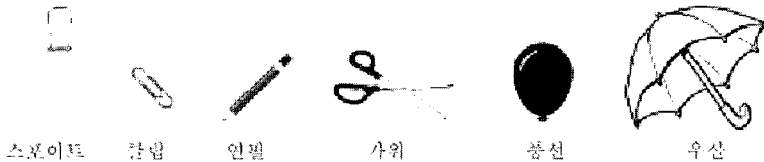
Q1. 사이다가 톡 쏘는 맛을 내는 것은 사이다 속에 탄산 가스가 녹아있기 때문이다. 이와 같이 액체 속에 기체가 녹아있다는 사실을 확인할 수 있는 현상을 모두 고르세요.



- (ㄱ) 오렌지 주스는 신 맛이 난다.
- (ㄴ) 물을 끓일 때 주전자 밑바닥에 공기 방울이 생긴다.
- (ㄷ) 콜라병을 따는 순간 병 입구에 안개 같은 것이 생긴다.
- (ㄹ) 추운 날 밖에 있다가 실내로 들어오면 안경에 김이 서린다.
- (ㅁ) 물을 얼려 얼음을 만들면 얼음의 바깥쪽은 투명한데 안쪽은 불투명하다.

왜 그렇게 생각하나요?

Q2. 지에는 다음 그림에 있는 물건들을 두 묶음으로 분류해 보았다. 첫 번째와 두 번째 분류에서 각각 어떤 기준으로 물건들을 분류하였는지 생각해보고 이야기해 보세요.



첫 번째 분류

클립, 가위, 우산	스포이트, 연필, 풍선
------------	--------------

두 번째 분류

클립, 풍선	스포이트, 연필, 가위, 우산
--------	------------------

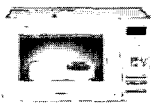
Q3. 옛날에는 겨울철마다 한강이 퐁퐁 얼었기 때문에 얼음 위를 걸어서 건널 수 있었다고 한다. 그러나 요즘은 한강이 어는 것을 보기가 쉽지 않다. 최근에 한강이 잘 얼지 않는 이유에 대해 올바르게 설명한 사람을 모두 고르세요.



- 승환: 요즘엔 한강에 유람선이 떠다니기 때문에 강물의 위아래가 골고루 섞여서 얼음이 얼 수 없는 거야
- 지은: 환경오염 때문에 지구가 점점 더 더워지고 있어. 그 때문에 겨울이 예전처럼 춥지 않아서 강물이 얼지 않는 거야
- 경민: 예전보다 강수량이 많아져서 강물의 양이 늘어났기 때문에 잘 얼지 않는 거야. 물의 양이 많으면 쉽게 얼지 않잖아.
- 영주: 같은 양이라도 설탕을 탄 물은 순수한 물보다 잘 얼지 않아. 강물이 오염되어 불순물이 많이 들어가서 잘 얼지 않는 거야.


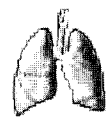
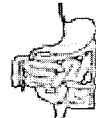
자신이 고른 설명 중 하나에 대해 그것이 맞는지를 실험을 통해 확인하려면 어떻게 해야할지 설명해 보세요.

Q4. 전자레인지가 이용하여 음식을 데우면 가스레인지로 데우는 것보다 빨리 데울 수 있다. 그러나 전자레인지로 데운 음식은 가스레인지로 데운 음식보다 빨리 식는다. 그 이유에 대하여 현이는 다음과 같이 설명하였다. 현이의 설명을 확인하는 실험을 하려면 어떻게 설계하면 될 지 설명해보세요.

	<p style="text-align: center;">- 전자 레인지의 원리 -</p> <p>전자 레인지가 음식을 따뜻하게 데울 수 있는 것은 전자파 때문이다. 전자 레인지의 전자파는 음식 속에 있는 물분자들을 진동시켜 열을 발생시킨다.</p>
---	---

현이: “전자레인지의 전자파는 음식물 속의 수분을 데우는 것이기 때문에 그릇보다 그릇에 담겨있는 음식을 먼저 데운다. 따라서 전자레인지에서 음식물을 꺼내면 음식물이 그릇보다 더 뜨겁기 때문에 그릇에게 열을 빼앗기게 되지. 그러나 가스레인지는 불꽃이 직접 닿는 그릇을 먼저 데우고 이 때문에 음식을 가스레인지에서 내려놓더라도 그릇의 열 때문에 보온이 되는 거야.”

Q5. 다음은, 우리 몸에 대한 설명이다. 주어진 내용과 관련이 있는 것은 무엇일까요?

 <p style="text-align: center;">뇌</p> <p>주름이 많이 잡혀있어 많은 뇌세포가 있을 수 있다.</p>	 <p style="text-align: center;">폐</p> <p>기관지가 여러 개의 가지로 나뉘어 사방으로 뻗어있어 가스 교환이 잘 이루어진다.</p>	 <p style="text-align: center;">소장</p> <p>수많은 주름이 있어 영양분의 흡수가 잘 이루어진다.</p>
---	---	---

- ① 바람이 많이 불면 빨래가 빨리 마른다.
- ② 뜨거운 물을 사용하면 소금을 많이 녹일 수 있다.
- ③ 나무의 뿌리는 나무가 쓰러지지 않도록 지지해준다.
- ④ 담요를 막대기로 세계 두드리면 담요에 붙어있는 먼지가 잘 떨어진다.
- ⑤ 얼음을 그냥 넣는 것보다 잘게 부수어 넣어야 주스가 빨리 차가워진다.

위에 제시한 세 기관이 가지는 공통점은 무엇이라고 생각하나요?

답으로 고른 현상과의 공통점은 무엇이라고 생각하나요?