

# 과학 탐구 수행일지에 나타난 초등 과학영재의 지식생성과정 분석

양일호 · 임성만\* · 백명종<sup>1</sup> · 최현동<sup>2</sup>

한국교육대학교 · <sup>1</sup>서울명덕초등학교 · <sup>2</sup>서울대방초등학교

## Analyzing Elementary Science-Gifted Students' Knowledge Generation Processes in Scientific Inquiry Performance

Yang, Ilho · Lim, Sungman\* · Paik, Myoungjong<sup>1</sup> · Choi, Hyundong<sup>2</sup>

Korea National University of Education · <sup>1</sup>Myungduk Elementary School · <sup>2</sup>Daebang Elementary School

**Abstract:** The purpose of this study was to analyze science-gifted students' knowledge-generation processes by analyzing students' inquiry journal. As a result, first, science-gifted students showed various knowledge-generation processes, but they were limited to inductive thinking and abductive thinking, and their thinking processes were very simple. Second, most of the knowledge-generation processes of science gifted were simple, repetitive and diagrammatic processes because of observation and empirical situation of a limited scope. And a simple and repetitive diagram was generated by a simple variable selection and design, observation in limited scope, unbiased intervention by subjective thinking, and absence of exploration or finding errors. And they showed often a logical leap of reasoning.

**Key words:** science gifted children, scientific inquiry, knowledge-generation processes, inductive process, abductive process, deductive process

### I. 서론

Scheffler는 지식 교육과 관련하여 이론적으로 밝혀야 할 문제로 ‘지식은 무엇인가’, ‘지식은 어떻게 생성되는가’ 등으로 기술하고 있다(허경철 등, 2001; 재인용). 지식이란 기억장소에 정보들이 조직적으로 저장된 것을 의미한다(Solso, 2001). 한편 과학에서 논의되는 과학적 지식이란 과학 활동을 수행하는 동안 제기된 문제를 창의적인 사고를 통해 해결하는 과정에서 고안된 모든 형태의 지식을 의미한다(양일호 등, 2004). 지식을 생성한다는 것은 문제 현상을 설명하기 위해 필요한 지식을 고안하는 것(Anderson & Biddle, 1991)으로 권용주 등(2003b)에 따르면, 과학적 지식을 생성한다는 것은 자연 현상을 설명하기 위해 필요한 지식을 고안하는 것으로서, 과학적 지식은 과학 탐구에서의 관찰을 통해 획득된 사실 지식이 절차적 지식인 과학적 추론 등과 상호 작용하여 법칙, 가설, 이론 등과 같이 보다 설명성이 큰 새로운 선연

적 지식의 형태로 산출된다.

한편, Kasperson (1978)에 따르면, 과학자는 과학적 지식을 생성하는 과학적 사고를 하고, 새로운 과학적 문제를 창의적으로 해결하는 사람이라고 하였으며, Ausubel(1968)이나 Bereiter(1994) 등은 “학생을 과학자처럼” 교육해야 한다고 주장한 바 있다. 또한 Sternberg와 Lubart(1993)가 영재의 재능을 자극할 수 있도록 실제 과학자들이 하고 있는 것을 나타내고 있는 문제를 찾아내고 문제를 해결하며 문제를 재평가하는 실제적 훈련을 포함한 교육을 강조해야 한다고 주장하였다. 이러한 논의를 통해 ‘과학영재교육’은 과학자와 같은 과학적 사고를 하고, 새로운 문제를 창의적으로 해결하는 지식 생성자로서의 교육에 목적이 있다고 할 수 있는 것이다(권용주 등, 2003a; 허경철 등, 2001). 이와 관련하여 Cobb(1999)는 과학 교육에 대해 학습자들은 과학자처럼 모델화되어야 하며, 지식을 구성하기 위해 과학자들과 같은 추론과 기술을 사용해야 한다고 주장했다. 아울러 Koslowski

\*교신저자: 임성만(elektee@hanmail.net)

\*\*2011.04.20(접수) 2011.06.03(1심통과) 2011.06.17(2심통과) 2011.06.20(최종통과)

(1996)은 과학적 사고는 과학적 탐구와 관련을 맺고 있다고 설명한다. 즉, 과학적 사고는 추론 또는 문제 해결 상황에 과학적 탐구의 방법이나 법칙을 적용시키는 것과 관계가 있다는 것이다.

그러나 아직까지 이러한 과학자의 과학적 사고, 추론, 창의적 문제 해결 등의 지적 활동에 대한 기본적인 과정에 대해 연구된 바가 거의 없다(Dunbar & Blanchette, 2001). 이와 더불어 Zimmerman(2000)과 Klauer 등(2002)은 실제적으로 학생들이 어떤 사고 과정을 거치는지에 대한 구체적인 연구가 부족한 실정이라고 지적하고 있다. 그 동안의 과학 영재에 대한 연구에서도 영재 개인의 심리적 특성요인을 분석하거나, 환경 변인에 의한 관계 연구(Grigorenko & Sternberg, 1995, 1997; Zhang, 2001) 등이 주를 이루어 왔다. 아울러 그 동안의 지식 생성 과정에 대한 연구는 단기적이고 일회적인 과제 제시와 결과를 통해 얻어진 지식 생성 과정 연구가 대부분이고, 과학 영재를 대상으로 하는 연구는 그나마 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서, 이 연구에서는 위와 같은 배경과 필요성에 따라 초등 과학 영재들에게 7주 동안 과학자와 같은 실제적인 과학 탐구 과정을 수행하게 하여 탐구 과정에서 나타나는 초등 과학 영재의 과학 지식 생성 과정 및 특징을 살펴보고자 한다. 이에 이 연구의 목적을 달성하기 위해 구체적인 연구문제를 ‘실제 과학 탐구에서 나타난 초등 과학 영재의 지식 생성 과정 및 특징은 어떠한가?’로 설정하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 절차

이 연구의 절차는 먼저 연구문제를 설정한 후 지식 생성 과정에 관한 문헌을 고찰하고 분석한 후 비교하여 지식 생성 과정 요소를 추출하였다. 이렇게 추출된 요소를 바탕으로 1차 분석틀을 작성하였다. 다음으로 연구 대상을 선정하고 연구 대상으로 하여금 자율적으로 과제 수행을 하게 하면서 탐구 수행일지를 작성하도록 하였으며 탐구 수행 일지에 대한 보충 면담을 실시하였다.

이와 같이 수집된 자료는 프로토콜로 전사되었고, 처음에 작성한 1차 분석틀과 비교되었다. 그러나 문헌

에 바탕을 둔 1차 분석틀이 프로토콜을 충분히 설명하지 못할 때는 분석틀을 수정하여 다시 비교하였다. 이러한 과정을 거쳐 분석틀은 최종 수정 보완되었고, 과학 교육 전문가 2인에게 의뢰하여 분석틀에 대한 내용타당도를 확보하였다. 이 후 최종 분석틀에 기초하여 지식 생성 과정 및 특징을 파악하였다.

### 2. 연구 대상

처음의 자율 연구 과제 수행을 하는 영재학생은 대구광역시 소재 K대학교 부설 영재교육원 소속 과학 영재 41명(남 35, 여 7)으로 구성되었다. 그러나 이 연구의 목적이 달성되기 위해서는 영재학생들이 과제 수행을 하는 동안 그 내용을 정확히 언어로써 표현해주는 것이 매우 중요하였다. 따라서 영재학생에게 2달여간 자율 연구 과제를 수행하게 한 후 탐구수행 일지를 1/3 이상 비교적 잘 기록한 학생을 대상으로 최종 10명(남 6, 여 4)을 선발하게 되었으며, 이 학생들에 한하여 사후 추가 면담이 이루어졌다.

### 3. 자료 수집

이 연구는 질적 연구방법에 따라 진행되었으며 연구의 타당성과 신뢰성을 확보하기 위해 자료의 다각화(Triangulation)를 고려하여 탐구 수행일지와 이에 대한 추가 면담을 실시하였다. 탐구 수행일지는 영재학생이 2달여간 연구 수행을 하는 동안 1주일에 3회 이상 쓰도록 계획되었으며 매일 매일의 연구 진행 상황 및 일지 작성 상황을 연구 일지 맨 앞면에 ‘부모님 확인란’을 두어 확인 받을 수 있도록 하였다. 또한 영재학생은 수시로 연구자에게 탐구 일지를 e-mail로 보냈는데, 이 탐구 일지를 바탕으로 e-mail 송수신 및 추가 면담을 통해 기록이 미흡한 부분은 영재학생이 연구한 당시의 생각을 떠올려 기록, 보완할 수 있도록 하였다. 학생들의 탐구과정은 그림 1과 같이 자유롭게 탐구 주제와 탐구 방법을 정한 후 탐구가 진행되었다.

추가 보충 면담은 연구 일지에 드러나지 않은 기록 보완을 위하여 영재학생의 연구 수행 후 곧이어 이루어졌다. 영재학생이 2달여간의 연구 수행 동안 작성한 탐구 일지를 연구자와 영재학생이 함께 보면서 1:1로 진행되었다. 연구자는 영재학생에게 탐구 수행일지를 보면서 혹시 과제 수행 때 누락한 부분이 있으면

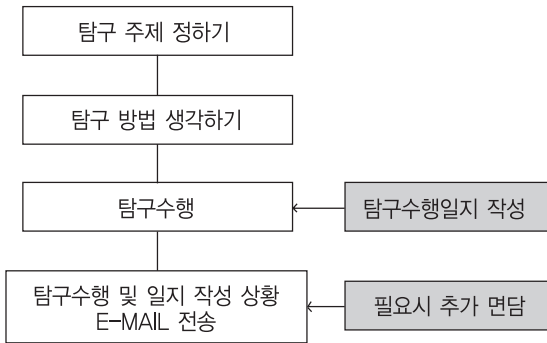


그림 1 학생들의 탐구 수행 과정

추가로 말해주도록 요구하였다. 보충 면담 과정은 모두 녹화되었으며, 전사되었다.

#### 4. 자료 분석

자료 분석은 다양한 방법으로 수집된 자료에서 프로토콜을 생성하여 분석하였다. 즉, 영재학생이 2달 여간 작성한 연구 일지를 통해 수집한 프로토콜에서 의미가 불분명하거나 부분적으로 빠진 내용은 심층 면담을 통해 수집한 프로토콜을 이용해 종합되었다. 수집된 프로토콜은 영재학생의 사고 순서에 맞게 재조직화 함으로써 분석을 위한 초기 프로토콜로 사용되었다. 작성된 초기 프로토콜은 그림 2에 제시된 van Someren 등(1994)이 제안한 인지 과정 모형화 절차에 따라 분석되었다.

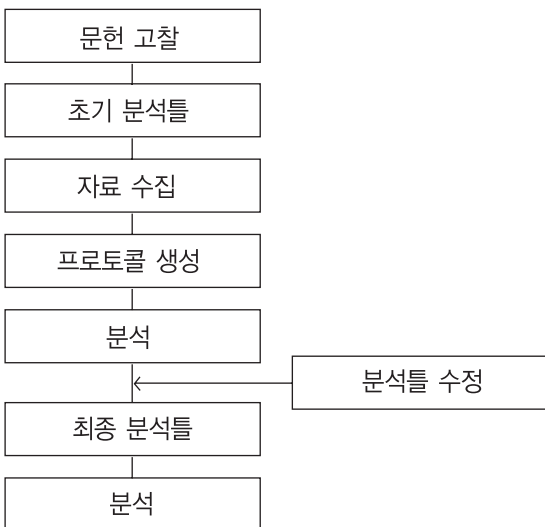


그림 2 프로토콜 분석 과정

프로토콜 분석을 위한 초기 분석틀은 문헌 고찰을 통해 이루어졌다. 작성된 초기 분석틀의 상위 범주에 따라 초기 프로토콜을 크게 문단 단위로 나누고, 다시 초기 분석틀의 하위 범주에 따라 최소한의 문장 단위 의미절로 나누어 프로토콜을 생성하였다. 생성한 프로토콜은 분석틀의 각 범주에 해당하는 코드가 부여됨으로써 부호화 프로토콜로 분석되었다. 그러나 초기 프로토콜을 나누고 코드를 부여하는 데 있어 분석틀이 프로토콜을 충분히 설명하지 못한 때에는 분석틀을 수정하여 다시 비교하였다. 이러한 반복 과정을 거쳐 분석틀은 최종 수정 보완되었고, 이 후 최종 분석틀에 기초한 지식 생성 과정 및 특징을 파악하였다.

문헌 고찰을 통한 초기 분석틀과 수정된 분석틀은 재분석에 사용되기 전에 분석틀의 각 범주 및 내용에 대해 과학 교육 전문가의 점검을 통해 타당도를 확보하였다. 최종적으로 완성된 분석틀은 표 1과 같다.

표 1에서 볼 수 있듯이, 최종적으로 작성된 지식 생성 과정 분석틀은 귀납적 과정 12개, 귀추적 과정 7개, 연역적 과정 10개 등 모두 29개의 범주로 구성되었다. 각 범주의 정의는 문헌에서 사용되고 있는 정의를 그대로 사용하였고, 범주의 코드는 해당 사고의 이름을 그대로 사용하였다.

프로토콜 분석의 신뢰도를 확보하기 위해 영재학생 10명의 프로토콜 중 무작위로 선택된 프로토콜을 연구자와 과학 교육 전문가 2명이 함께 분석하여 분석자간 신뢰도를 구하였다. 분석자간 신뢰도는 Kappa 법(van Someren *et al.*, 1994; 성태제, 2002)을 사용하였으며 Kappa 지수는 0.748~0.898이 나왔다. Kappa법에 의하면 Kappa 지수가 0.7 이상이면 의미 있는 신뢰도를 갖는다고 할 수 있다.

### Ⅲ. 연구 결과 및 논의

#### 1. 지식 생성 과정 분석

영재학생들의 지식 생성 과정은 모두 29개 범주 중 귀납적 과정 9개, 귀추적 과정 4개, 연역적 과정 6개 범주 등 19 항목으로 부호화되었다. 영재학생들의 지식 생성 과정 분석 결과는 표 2와 그림 3, 4, 5와 같다. 영재학생들의 탐구일지를 분석한 결과 표 2와 그림 3에서 보는 것과 같이 지식 생성 과정에서 귀납적

표 1  
귀납적 지식 생성 과정 분석틀

	범주	정의
귀납적 과정	단순 관찰	특별한 과학적 개념이나 지식의 영향 없이 오감을 사용하여 즉시적으로 대상이나 현상을 인식하는 사고
	경험 상황 표상A	대상이나 현상을 인식하고 자신의 경험 상황을 생각해 내는 사고
	현상 비교	자신의 경험상황 혹은 현상들 간을 비교하는 사고
	의문 생성	대상 자체의 명칭, 성분, 기능, 구조 등에 대해 알고자 하는 의문 혹은 변인을 조작했을 때 앞으로 나타날 현상에 대해 궁금해 하는 사고
	추측 / 예측	관찰 결과나 관찰된 일련의 사건에 대해 설명하는 사고 / 어떤 현상의 원인으로 작용하는 몇몇의 변인을 바탕으로 아직 관측, 관찰되지 않은 미래에 일어날 사건이나 상황에 대해 미리 추리하는 사고
	조작 방법 설계	변인을 조작하는 방법을 설계하는 사고
	조작	변인을 조작하는 사고
	조작 관찰	변인 조작 결과 나타나는 현상을 관찰하는 사고
	공통성 발견	날날의 대상들의 공통적인 특징을 찾는 사고
	분류	대상들을 특정 기준 요소에 따른 유사성과 차이점에 따라 2개 이상의 집단으로 나누는 사고
	경향성 발견	관찰 대상들의 일정한 변화하는 것으로부터 차이점이나 경향성을 인식하는 사고
	위계 발견	대상들 간의 관계를 파악하기 위하여 분류한 뒤에 분류된 집단들을 다른 기준으로 재분류하여 위계적으로 배열하는 사고
귀추적 과정	인과적 의문 생성	관찰 사실을 근거로 어떤 현상의 이유, 원인, 까닭에 대해 궁금해 하는 의문을 생성하는 사고
	사실 인식	관찰 사실에 대한 문제 상황을 인식하고, 의문 상황에 포함된 현상들을 분석하는 사고
	경험 상황 표상B	구체화된 의문 현상들에 대하여 자신의 경험 상황을 바탕으로 가설적 설명자를 생각해 내는 사고
	원인적 설명자 동정	문제 상황을 설명하기 위한 원인적 설명자를 동정하는 사고
	원인적 설명자 차용	문제 상황을 설명하기 위한 원인적 설명자를 차용하는 사고
	가설적 설명자 조합	문제 상황을 설명할 수 있는 최적의 원인적 설명자를 선택, 조합하는 사고
	가설 구성 및 확인	문제 상황을 설명할 수 있는 최적의 원인적 설명자를 선택 가설(잠정적인 결론)을 구성 및 확인하는 사고
추상적	경험 검증상황 표상	경험 상황을 바탕으로 추상적이고 대략적인 비슷한 검증 상황을 생각해 내는 사고
	경험 검증방법 표상	경험 상황을 바탕으로 추상적이고 대략적인 비슷한 검증 방법을 생각해 내는 사고
	경험 검증방법 차용	경험 상황을 바탕으로 추상적이고 대략적인 비슷한 검증 방법을 차용하는 사고
연역적 과정	기준 고안	검증을 위한 추상적, 대략적인 수준에서 결과를 예상하고 기준을 고안하는 사고
	경험 검증상황 표상	경험 상황을 바탕으로 구체적인 검증 상황을 생각해 내는 사고
	경험 검증방법 표상	경험 상황을 바탕으로 구체적인 검증 방법을 생각해 내는 사고
	경험 검증방법 차용	경험 상황을 바탕으로 구체적인 검증 방법을 차용하는 사고
	기준 고안	검증을 위한 구체적인 기준을 고안하는 사고
	결과 수집	연구 결과 나온 자료를 수집하는 사고
	가설평가 및 결론도출	수집한 연구 결과와 자신의 가설을 비교, 평가하고 결론을 내리는 사고

과정은 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰 등의 항목이 주로 나타났고, 그림 4에서와 같이 귀추적 과정은 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 생

성 및 확인 등의 항목이 주로 나타났다. 그리고 그림 5에서와 같이 가설 검증 및 평가를 위한 연역적 과정은 많이 나타나지 않았다.

영재학생들의 수행일지에 거의 나타나지 않은 항목

**표 2**  
영재학생별 지식 생성 과정 요소별 빈도 수

범주	영재학생별 빈도 수(개)										합계	백분율 (%)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
단순 관찰	20	31	23	26	22	28	10	51	70	27	308	23.8
경험 상황 표상A	11	12	6	18	17	14	7	23	34	14	156	12.1
현상 비교	5	14	5	18	5	6	3	14	15	12	97	7.5
의문 생성	7	4	7	6	13	6	2	14	17	11	87	6.7
추측	6	15	9	21	7	21	1	28	35	17	160	12.4
예측	3	9	2	3	5	12	3	16	6	2	61	4.7
조작 방법 설계	5	11	6	1	2	9	4	11	4	11	64	4.9
조작	5	4	6	17	6	2	8	9	2	2	61	4.7
조작 관찰	3	6	2	15	2		5	2	1	2	38	2.9
공통성 발견	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
분류	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
경향성 발견	.	.	.	.	.	.	.	.	1		1	0.1
위계 발견	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
인과적 의문 생성	5	4	6	2	4	6	5	19	17	13	81	6.3
사실 인식	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
경험 상황 표상B	5	.	.	3	2	4	1	8	4	5	32	2.5
원인적 설명자 동정		2	1	.	1	.	.	1	.	.	5	0.4
원인적 설명자 차용	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
가설적 설명자 조합	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
가설 구성 및 확인	9	16	8	8	5	13	9	18	17	11	114	8.9
경험 검증상황 표상	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	0.1
경험 검증방법 표상		1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.1
경험 검증방법 차용	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
기준 고안	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
경험 검증상황 표상	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
경험 검증방법 표상	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	0.1
경험 검증방법 차용	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	0.1
기준 고안	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
결과 수집	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	13	1.0
가설평가 및 결론도출	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	12	0.9
총계	86	132	83	140	95	124	60	218	227	129	1,294	100

귀납적 과정

귀추적 과정

추상적

구체적

연역적 과정

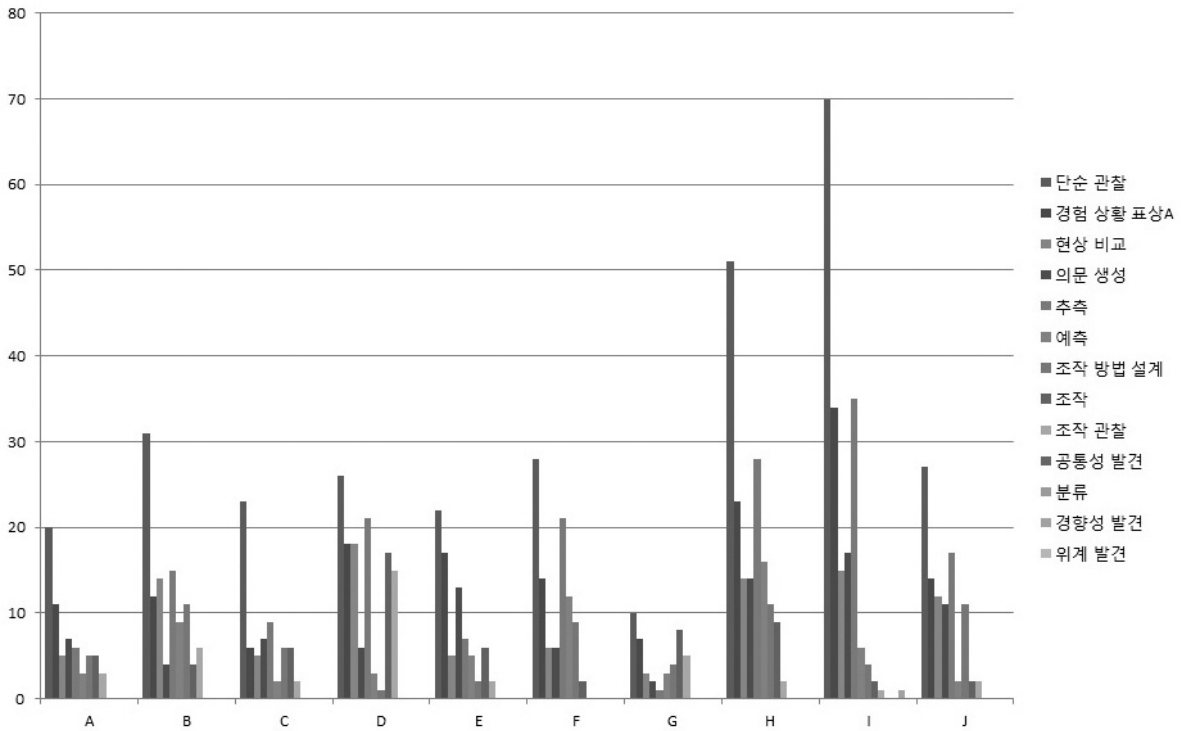


그림 3 영재학생들의 귀납적 과정에서의 지식 생성 과정

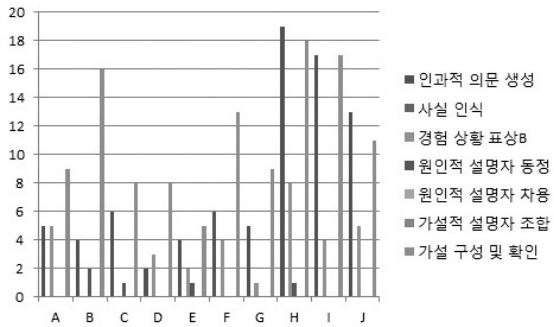


그림 4 영재학생들의 귀추적 과정에서의 지식 생성 과정

은 귀납적 과정의 공통성 발견, 분류, 경향성 발견, 위계 발견 등이고, 귀추적 과정의 사실 인식, 원인적 설명자 동정, 원인적 설명자 차용, 가설적 설명자 조합 등과 연역적 과정의 전 과정이었다. 이러한 현상은 생물학 과제와 연관된 연구 주제 선정, 연구 주제 상 귀납적으로 일어나는 공통성을 발견하거나 분류를 해야 하는 주제와 거리가 있는 주제를 선택한 점, 그리고 영재학생들이 다양한 탐색이나 검증 없이 제한된 범위에서 관찰한 내용에 대해 이미 학습한 내용이나 경험 상황을 바탕으로 도식적인 문답 찾기가 많

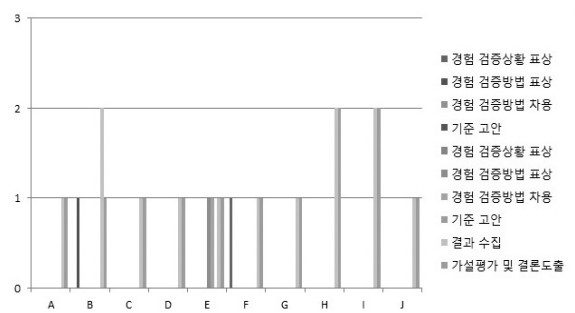


그림 5 학생재학생들의 연역적 과정에서의 지식 생성 과정

았기 때문으로 생각된다. 즉, 영재학생들은 대상이나 현상을 인식하고 자신의 경험 상황을 바탕으로 관찰된 일련의 상황에 대해 설명하는 사고를 많이 하는 것으로 보이며, 복합적인 데이터 수집과 복잡한 추론을 통한 문제 분석 등 심층적 접근을 하기 보다는 쉽게 정답만 찾으려고 하는 도식적 과정에 익숙한 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 김선자와 최병순(2005)이 일반학생을 대상으로 연구한 탐구과정 분석에서도 같은 결과를 나타냈다. 즉, 실험설계과정에서 선행신념에 포함된 원인 변인값을 포함시키려는 경향을 가

지고 있었다. 자신의 경험 상황을 바탕으로 한 사고가 강하게 나타난다는 것이다.

## 2. 영재학생별 지식 생성 과정 분석 및 특징

### (1) 영재학생 A의 지식 생성 과정 분석

영재학생 A의 연구 주제는 ‘곰팡이의 생성은 물질의 농도와 어떤 관계가 있을까?’ 이었다. 영재학생 A의 탐구일지에는 다른 학생들과 같이 29개의 지식 생성 과정 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰, 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 구성 및 확인, 결과 수집, 결론 도출 등 13개 범주에서 총 86개 지식 생성과정 요소가 나타났다. 영재학생 A의 지식 생성 과정은 주로 귀납적 과정에서 이루어지고 있었으며 그 중에서도 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 의문 생성, 추측 등의 빈도가 높았다. 공통성 발견, 분류, 경향성 발견, 위계 발견 등의 과정은 나타나지 않았다.

귀추적 과정에서는 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 구성 및 확인 등 3개 범주가 나타났다. 영재학생 A는 인과적 의문을 생성하고 난 후 원인적 설명자 동정 및 차용, 가설적 설명자 조합 등의 과정을 거치지 않았으나, 가설 구성 및 확인 과정의 빈도는 많았다. 그러나 생성된 가설에 대하여 검증 및 평가를 거쳐 증거를 찾고 결론을 내리는 연역적 과정은 거의 나타나지 않았다. 영재학생 A의 특징을 비교적 잘 보여주고 있는 탐구 수행일지에 관한 프로토콜의 예시 및 특징을 살펴보면 다음과 같다.

#### 영재학생 A의 탐구 수행일지; 4월 21일

(단순 관찰) 곰팡이 관찰을 시작했다.

(경험상황표상A) 곰팡이는 기상의 변화를 많이 받기 때문에 오늘도 신문의 기상코너를 한번 봤다. 대구는 최저 9°C, 최고 16°C로 많이 따듯했다. 곰팡이는 습도가 많은 곳에서 생긴다고 하는데

(가설 구성) 오늘은 습도가 많지 않아서 별 변화가 없었다.

(단순 관찰) 소금을 뿌린 고추장은 어제처럼 그대로였고 요구르트는 아직 처음과 같았다.

그런데 오늘 우리 집에 ‘POLO’라는 사탕에 곰팡이가 생겼다.

(인과적 의문 생성) 왜 그럴까?

(가설 구성) 아마도 만들 때 곰팡이가 생긴 ‘POLO’에는 미생물이나 찌꺼기가 많이 들어갔나 보다.

위 탐구 수행 일지에서도 볼 수 있듯이, 영재학생 A의 지식 생성 과정은 단순 관찰에서 경험 상황 혹은 경험 지식을 떠올려 곧바로 가설 구성을 하는 과정과 단순 관찰에서 인과적 의문을 생성하고 가설 구성 단계를 거치는 과정으로 이루어지고 있음을 알 수 있다. 영재학생 A는 가설을 구성한 후에 가설에 대한 증거를 찾거나 검증을 하려는 계획도 나타나지 않았고, 지금 구성한 가설이 참이라고 쉽게 받아들이고 있음을 알 수 있다. 관찰에서 경험상황표상A, 가설 구성까지의 과정이 진행되는 동안 연구 수행에 대한 결점 찾기는 나타나지 않는다. 즉, 영재학생 A는 복합적인 실제적 데이터를 수집하고 복잡한 추론을 통한 가설을 구성하기 보다는 관찰과 자신의 경험 지식으로부터 간단한 변인만을 선택적으로 자신의 연구 문제와 연결시키고 있으며 이는 곧바로 가설을 생성하는 것으로 이어져 추론의 비약이 심하다고 볼 수 있다.

#### 영재학생 A의 탐구 수행일지; 4월 25일

(단순 관찰) 고추장에는 변화가 일어났지만 요구르트에서는 변화가 일어나지 않았다. 소금을 섞은 고추장은 일주일 전함과 별 변화가 없었다. 된장과 같은 색에 냄새도 그대로였고 거의 모든 변화가 없었으나 소금을 섞지 않은 고추장은 누르면 썩 들어 가던 고추장 표면도 약간 굳었고 고추장의 겉 표면에 검은 것이 생겼다.

(의문 생성) 아마 곰팡이가 아닐까?

(현상 비교) 그에 비해 요구르트는 아직 아무 변화도 없었다.

(가설 구성) 그래서 나는 위치가 조금 선정을 잘못했다는 생각이 들었다.

(조작 방법 설계) 그래서 요구르트의 위치를 냉장고에서 고추장과 같은 다용도실에 놔두어야겠다고 결심을 했다.

- (경험상황표상A) 아무튼 고추장의 변화에 대해 생각해 보면
- (가설 구성) 이 변화가 아마 “삼투압”과 관련되었다고 예상을 하였다.
- (경험상황표상A) 소금을 탄 고추장은 농도가 그냥 고추장에 비해 상대적으로 농도가 진하다.
- (추측) 그래서 곰팡이가 소금을 탄 고추장에 모두 양분을 빼앗겨서 곰팡이를 생성하지 못하고 그냥 고추장은 곰팡이가 생길 것 같다.

위의 예에서 영재학생 A는 고추장과 요구르트의 변화를 관찰하고 있다. 그러나 관찰에서 의문 생성으로 이어지는 과정을 보면 관찰의 범위가 곰팡이가 생성 여부에만 초점이 맞춰져 있어 매우 제한적임을 알 수 있다. 영재학생 A는 고추장과 요구르트의 곰팡이 생성 여부에 대한 현상 비교를 통하여 곰팡이가 생성되지 않은 이유를 생각하게 되는데 여기에서도 다양한 데이터의 수집이나 복합적 추론, 가설 검증을 통한 증거 수집을 통해 가설을 평가하는 것이 아니라 즉시적으로 떠오른 ‘위치 선정’ 문제를 그 이유로 삼고 있다. 즉, 예상치 못한 결과를 관찰했을 때 자신의 실험이 잘못되었다고 쉽게 단정 짓고, 그게 전부라고 확정해 버리는 경향이 있는 것으로 보인다. 이러한 결과는 고한중 등(2005)의 연구에서와 동일한 결과를 보였다. 이 연구에서는 초등학생들이 초기 신념과 불일치된 결과가 나타났을 때 자신의 초기 신념을 바꾸는 경향을 보였다. 고한중 등(2005)은 이러한 결과의 배경에는 학생들이 직접 실험을 해서 얻은 결과라는 점이 많이 반영되었기 때문이라고 논했다. 이번 연구에서도 영재학생 A는 자신이 직접 진행했던 실험임을 고려하면 비슷한 결과라고 해석할 수 있다. 그러나 김지나와 권재술(2005)가 진행한 연구에서는 불일치한 사례가 제시되더라도 대다수의 학생들은 개념을 쉽게 바꾸지 않는 경향을 보였다.

## (2) 영재학생 B의 지식 생성 과정 분석

영재학생 B의 연구 주제는 ‘곰팡이들은 어디서 잘 자랄까?’였다. 영재학생 B의 탐구일지에는 지식 생성 과정 29개의 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰, 인과적 의문 생성, 원인적 설명자 동정, 가

설 구성 및 확인, 추상적 경험 검증방법 표상, 결과 수집, 가설 평가 및 결론 도출 등 14개 범주, 총132개 항목이 나타났다. 영재학생 B의 지식 생성 과정은 주로 귀납적 과정에서 이루어지고 있었으며 연역적 과정은 거의 나타나지 않았다. 영재학생 B의 지식 생성 과정 범주 중 빈도가 높게 나타난 것은 귀납적 과정의 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 추측, 조작 방법 설계와 귀추적 과정의 가설 구성 및 확인이다. 영재학생 B는 영재학생 A와 비교했을 때 전체적으로 분석된 지식생성 과정이 많았다. 특히 단순 관찰, 현상 비교, 추측, 가설 구성 및 확인의 비율이 더 높았다. 그러나 의문 생성과 경험 상황 표상B의 비율은 낮았다. 이러한 현상은 영재학생 B가 영재학생 A에 비해 지식의 불확실성을 많이 드러냈기 때문으로 보인다. 이와 관련된 내용은 영재학생 B의 탐구 수행일지를 보면 알 수 있다.

### 영재학생 B의 탐구 수행일지; 4월 17일

- (단순 관찰) (실내)물에 적신 식빵에는 여전히 곰팡이가 털처럼 나 있고 흰색 곰팡이 위에 검은 색이 뒤덮여 있었다.
- (추측) 아마도 다른 곰팡이라고 나는 믿는다. 그러나 아닐 수도 있다.
- (가설 구성) 처음에 들어왔던 먼지가 곰팡이 위에 덮인 것일 가능성도 있다.
- (단순 관찰) (앞 발코니)식빵들을 둘러보았는데 물에 적신 식빵을 본 결과
- (경험상황표상A) 곰팡이 같아 보이는 검은색 물체가 먼지처럼 있었다.
- (현상 비교) 실내의 흰색 곰팡이만큼 많지는 않았지만 조금 꽤 있었다. ...실내에 있는 식빵에 있는 곰팡이 보다는 보기에는 좋았다.
- (경험상황표상A) 그리고 더 생각해 보니
- (현상 비교) (실내)실내에 있는 곰팡이 위에 있는 검은색 물질은 앞 발코니에서 자란 곰팡이와 같아 보임으로
- (추측) 검은색 물질은 곰팡이 같다.
- (현상 비교) 또한 앞 발코니에서 자란 곰팡이와 같으므로
- (추측) 둘 다 햇빛에서 자라는 곰팡이 같다.



위의 예시를 살펴보면 영재학생 B의 지식 생성 과정은 단순 관찰에서 추측, 가설 구성으로 이어지는 과정과 단순 관찰에서 경험상황표상A, 현상 비교, 추측의 반복 과정이 나타나는 것을 볼 수 있다. 먼저, 단순 관찰에서 추측, 가설 구성으로 이어지는 과정을 보면 곰팡이의 생성 여부에 대해 그것이 곰팡이인지 아닌지 확신을 하지 못해서 곧이어 '먼지가 곰팡이 위에 덮인 것일 수 있다'는 가설 구성으로 이어지는 과정을 보이고 있다. 이는 영재학생 B가 어떤 관찰 사실을 누락했거나 혹은 과일반화 한 것으로 잘못된 결론으로 이끌어질 가능성을 갖는다고 할 수 있다. 그 근거로 실내에서 자란 곰팡이와 앞 발코니에서 자란 곰팡이를 현상 비교한 후 '둘 다 햇빛에서 자라는 곰팡이'라고 추측하는 과정에서 알 수 있다. 또한 영재학생 B는 가설을 구성한 후에 가설에 대한 증거에 대해 확인을 하려는 의도가 보이지 않았다. 즉, 영재학생 B는 복잡한 추론을 하기 보다는 단답식 문제와 도식이라는 단순 관찰, 추측 혹은 가설 구성의 도식적 과정을 보이고 있다. 이는 영재학생 B가 관찰된 사실을 구체적으로 인식하지도 않고 있으며 또한 도식적 과정을 벗어난 사고의 유연성과 창의성을 가진 자유로운 사고를 하고 있지 못하고 있다는 것을 보여주는 것이다.

### (3) 영재학생 C의 지식 생성 과정 분석

영재학생 C의 연구 주제는 '일반 곰팡이(식빵)와 설탕 용액의 농도에 따른 곰팡이의 비교 관찰'이다. 영재학생 C의 탐구일지에는 29개의 지식 생성 과정 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰, 인과적 의문 생성, 원인적 설명자 동정, 가설 구성 및 확인, 결과 수집, 가설 평가 및 결론 등 13개 범주, 83개의 항목이 나타났다. 영재학생 C의 지식 생성 과정은 주로 귀납적 과정에서 이루어지고 있고, 연역적 과정은 거의 나타나지 않았다. 영재학생 C는 아래에서 보는 것과 같이 영재학생 A, B에 비해 단순 관찰과 의문 생성 비율이 상대적으로 높았다.

#### 영재학생 C의 탐구 수행일지; 4월 22일

(단순 관찰) 다행히도 밥, 특히 콩이 있는 부분(잡곡 밥)에 곰팡이가 많이 생겼다.

(인과적 의문 생성) 왜 콩에 곰팡이가 먼저 생겼을까?  
(가설 구성) 아마 단백질이 풍부했기 때문일 것 같다. 또한 콩은 당도도 높다.

(경험상황표상A) 그런데 당도도 높은 것으로 치면 설탕물이 가장 먼저 생겨야 하는데  
(인과적 의문 생성) 왜 콩에서 먼저 곰팡이가 생겼을까?  
(가설 구성) 내 생각에는 단백질 때문인 것 같다.  
(조작) 다른 곰팡이들도 생기게 하기 위해 식빵과 설탕물, 밥의 주변에 분무기로 물을 뿌려 습기를 보충했다.

(현상 비교) 다른 친구들은 곰팡이가 쭉쭉 자라고 있다던데

(인과적 의문 생성) 나는 왜 이렇게 잘 자라지 않을까?

위의 예시를 살펴보면 영재학생 C는 단순 관찰에서 시작하여 인과적 의문을 생성하고 가설 구성한 후 다시 인과적 의문을 생성하는 반복 과정을 보이고 있다. 이 때 나타나는 특성 중 한 가지는 경험 지식을 이용하여 한 번 구성된 가설은 가설평가나 검증과정을 거치지 않으며 수정이나 변경이 없는 점을 볼 수 있다. 이러한 점들은 연구에 참여한 영재학생들 모두에서 나타나는 특성이었다.

영재학생 C는 관찰을 통해 연구 문제와 직결되는 데이터에 초점을 맞추는 경향이 있으나 다양한 변인이나 자료에 대한 분석이나 복잡한 추론을 통한 의미 구성은 보이지 않았다. 즉 영재학생 C는 곰팡이가 생성되기 위해서는 습기가 중요한 요인이라고 생각하고 있으나 그 외에 다른 변인들에 대해서는 고민하지 않고 있으며 간단한 변인 통제만으로 실험을 진행하고 있었다.

### (4) 영재학생 D의 지식 생성 과정 분석

영재학생 D의 연구 주제는 '음식물에 따른 곰팡이의 종류와 자람 비교'이다. 영재학생 D의 탐구일지에는 지식 생성 과정 29개의 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰, 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 구성 및 확인, 결과 수집, 가설 평가 및 결론 도출 등 13개의 범주 140개의 지식생성 과정이 나타났다. 영재학생 D의 지식 생성 과정은 주로 귀납적 과정과 귀추적 과정에서 이루어졌다. 이 중 빈도

가 높게 나타난 항목으로 단순 관찰, 경험 상황 표상 A, 현상 비교, 추측, 조작, 조작 관찰 등을 들 수 있는데 전체에서 차지하는 비율이 82.2%로 매우 높은 수치이다. 이러한 현상은 영재학생 D가 대상이나 현상을 인식하고 자신의 경험 상황을 바탕으로 관찰된 일련의 상황에 대해 설명하는 사고를 많이 하는 것으로 보이며, 그에 따라 변인을 조작하고 그 결과를 다시 관찰하는 과정으로 진행되었다고 볼 수 있다. 영재학생 D의 지식 생성 과정은 의문 생성, 조작 방법 설계, 인과적 의문 생성 등이 다른 영재학생에 비해 상대적으로 낮은 수치를 보다. 이는 다른 영재학생들이 경험 상황 표상A를 통해서 의문 생성이나 인과적 의문 생성으로 이어진 것과 달리 영재학생 D는 추측과 조작 및 조작 관찰로 이어진 결과로 보인다. 영재학생 D의 특징을 비교적 잘 보여주고 있는 프로토콜의 예시 및 특징은 다음과 같다.

**영재학생 C의 탐구 수행일지; 4월 12일**

- (조작) 식빵을 손으로 만져 보니
- (조작 관찰) 눅눅해서 조금 불쾌하고
- (추측) 맛도 없을 것 같다.
- (추측) 빵튀기에서 무슨 냄새가 나는 것 같기도 하고, 아닌 것 같기도 하다.
- (현상 비교) 다른 모든 병들에는 뚜껑에 물이 고였는데, 빵튀기만 그렇지 않다.
- (조작) 손으로 만지면
- (조작 관찰) 쌀가루가 다 묻어났다.
- (가설 구성) 건조해서 그런 것 같다.

영재학생 D는 식빵과 빵튀기에 대한 실험을 하였다. 둘 다 단순 관찰 부분이 생략되어 있지만 영재학생 D는 단순 관찰을 통해서 추측을 하고 조작, 조작 관찰을 한 후 다시 추측과 함께 가설 구성을 하는 것을 볼 수 있다. 이는 영재학생 D의 사고가 단답식 문제와 정답이라는 도식적 과정을 벗어나지 못하고 있음을 보여주고 있다. 또 다른 프로토콜 예시에서도 이런 비슷한 과정을 엿볼 수 있다.

**영재학생 D의 탐구 수행일지; 4월 16일**

- (단순 관찰) 이제는 바나나 전체가 눌린 것 같은 모

양이 되었다. 역시 뚜껑에는 물기가 사라졌다.

- (현상 비교) 저번과는 달리
- (추측) 바나나 전체에 습기가 많아진 것 같다.
- (가설 구성) 아마 뚜껑에 있었던 물기가 모두 바나나 속으로 들어간 것 같다.
- (조작) 만져 보니
- (조작 관찰) 끈적끈적해서 좀 불쾌하다.

**영재학생 D의 탐구 수행일지; 4월 17일**

- (단순 관찰) 식빵에는 곰팡이가 눈으로 보기에
- (추측) 약 3종류가 피어 있는 것 같았다.
- (조작) ...빨리 곰팡이를 현미경으로 보고 싶은 마음에 병을 요리조리 흔들며 어렵게 곰팡이를 붙였다.
- (조작 관찰) ...흰 곰팡이는 속은 약간 투명한 것 같은 실이 이리저리 엉켜 있는 모양이었다.
- (경험상황표상A) 이는 영재수업 때 보았던 곰팡이와 비슷한 모양으로 엉켜 있었다.
- (현상 비교) 그러나 분명히 엉켜 있는 모양은 달랐다.

**(5) 영재학생 E의 지식 생성 과정 분석**

영재학생 연구 주제는 ‘시간과 조건에 따른 곰팡이의 변화 과정’이다. 영재학생 E의 탐구일지에는 지식 생성 과정 29개의 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상 A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰, 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 구성 및 확인, 구체적 경험검증방법 표상, 구체적 경험검증방법 차용, 결과 수집, 가설 평가 및 결론 도출 등 16개 범주, 95개 항목의 지식생성과정이 나타났다. 이 중 가장 두드러진 항목은 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 의문 생성이었다. 3개의 항목이 전체 비율의 50% 수치에 가깝다. 이러한 현상은 영재학생 E가 단순 관찰로부터 대상이나 현상을 인식하고 자신의 경험 상황 혹은 경험 지식을 바탕으로 추측적 설명 보다는 상대적으로 현재 나타난 현상 혹은 앞으로 나타날 현상에 대해 많은 궁금증을 갖고 있음을 의미한다.

그러나 영재학생 E는 이러한 많은 의문 생성에도 불구하고 이 의문을 해결하기 위한 후속적인 조치, 예를 들면 단순 관찰, 조작 혹은 조작 관찰을 통한 데이

터 수집과 가설 검증 및 평가와 같은 조치들이 매우 미흡한 것으로 나타났다. 영재학생 E는 다른 영재학생에 비해 상대적으로 대상이나 현상을 인식한 후 자주 경험 상황을 이용하고 있었으며, 연역적 과정에서도 가설을 검증하기 위한 방법이 한 차례 사용된 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 영재학생 D의 특징을 잘 보여주고 있는 프로토콜의 예시 및 특징은 다음과 같다.

**영재학생 E의 탐구 수행일지; 4월 19일**

- (단순 관찰) 곰팡이의 색이 모두 초록색으로 바뀌었다.
- (의문 생성) 곰팡이의 수가 많아진 걸까? 색소가 들어 있어서 일까?
- (경험상황표상A) 백과사전을 찾아보니 포자가 내는 색에 따라 이름을 붙인다고 한다.
- (의문 생성) 포자의 색? 포자의 색에도 단색, 혼색이 있나?
- (경험상황표상A) 다른 곳에서 찾아보아도 잘 안 나와 있다. 물 속에 사는, 사람에게 붙어서 사는 곰팡이도 보았다.
- (추측) 물속에 사는 곰팡이는 잘 자랄 것 같다.
- (가설 구성) 습도가 높아서
- (의문 생성) 우리 집 정수기에도?
- (경험상황표상A) 곰팡이는 습도가 95-100%에서 제일 잘 자란다고 한다.
- (조작) 오늘 습도를 다르게 한쪽에 물을 충분히 주었다.

위의 예시에서 영재학생 E는 관찰을 통한 생성된 의문에 대해 답을 찾기 위해 적극적으로 백과사전 등을 찾아보았다. 또한 자신의 경험 상황을 바탕으로 곰팡이가 자라기 위해서는 습도가 매우 중요한 역할을 한다는 것을 알고 습도를 높이기 위해 물을 준다. 그러나 이는 영재학생 E가 이미 학습되어진 경험 상황을 충분한 고민이나 해석 없이 단순히 연구 과제와 연결 짓고 있음을 보여주고 있다. 즉, 영재학생 E는 복잡한 추론을 하기 보다는 도식적인 사고를 하고 있는 것으로 보이며, 어떠한 사실을 자신의 경험에 비추어 과일번화 하여 잘못된 조작과 잘못된 결론으로 이끌 가능성을 보여주는 것이라 할 수 있다.

한편, 다른 영재학생과 달리 영재학생 E는 연역적 과정의 구체적 경험검증방법 표상 및 구체적 경험검

증방법 차용을 하는 사례가 있었다. 다음은 이와 관련된 프로토콜 예시이다.

**영재학생 C의 탐구 수행일지; 5월 8일**

- (단순 관찰) 치즈 케익의 곰팡이가 많이 자랐다.
- (현상 비교) 근데 두께가 많이 두꺼워지고 크기도 달라졌다.
- (인과적 의문 생성) 두께를 보니 또 궁금해졌다.
- (원인적 설명자 동정) 두께가 두꺼워진다는 것은 바깥에만 그렇게 보이는 걸까 아니면 음식을 없애고 그 자리에 곰팡이가 들어앉은 건가? 아님 곰팡이가 휴지에 물이 흡수되듯이 음식에 스며든 걸까?
- (구체 경험검증방법 표상) 알아보는 방법은 단 하나. 곰팡이를 잘라서 구분이 되는 지점을 찾는 것.
- (단순 관찰) 자르기 전에 곰팡이의 단면을 관찰해 보았다.
- (가설 구성) 겉의 부분만큼 색이 진하지는 않지만 그 동그했던 모양이 속으로 침투되어서 자라고 있었고 습한 곳의 동그란 부분은 왜 안 자라나 했더니 속으로 자라고 있었던 모양이다.
- (구체 경험검증방법 차용) 부분을 덩강 잘라보니
- (단순 관찰) 두께는 별로 깊지 않네. 한 0.3cm 정도. 건조한 곳은 거의 1cm 가까운 0.8cm.
- (가설 구성) 습한 곳은 굳어있는데 곰팡이가 많이 피고 그 곰팡이가 각기 물을 가지고 자라서 두께가 얇은 것이고, 건조한 곳은 혼자 다 먹고 큰 것이다.

**(6) 영재학생 F의 지식 생성 과정 분석**

영재학생 F의 연구 주제는 ‘어떤 음식에서 곰팡이가 잘 필까?’ 이다. 영재학생 F의 탐구일지에는 29개의 지식 생성 과정 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상 A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 구성 및 확인, 추상 경험검증상황 표상, 결과 수집, 가설 평가 및 결론 도출 등 13 범주, 124개의 항목이 나타났다. 영재학생 F의 지식 생성 과정 분석 결과, 단순 관

찰, 추측의 항목이 39.5%로 매우 높게 나타났다. 이는 영재학생 F가 창의적 자유로운 사고를 하지 못하고 정답만 찾으려고 하는 도식적 사고에서 그 이유를 찾을 수 있다. 이와 같은 결과는 여성희 등(2003)이 조사한 초등학교 5학년 과학 교과서의 과학 탐구 과정을 분석한 결과 기초 탐구 과정이 75.5%, 통합 탐구 과정은 24.5%였고, 이 중 기초 탐구 과정의 관찰과 추리가 가장 높은 빈도를 나타내고 있다고 밝힌 것과 무관하지 않아 보인다. 학생들에게는 통합 탐구와 관련된 경험이 부족한 점도 이와 같은 결과를 나타내게 한 원인이 될 수 있다는 것이다. 다음은 영재학생 F의 특징을 비교적 잘 보여주는 프로토콜의 예시이다.

#### 영재학생 F의 탐구 수행일지; 5월 2일

(조작) 오늘은 물을 8번 분사했다.

(추측) 그래서 공기 중의 수분이 꽤 많았고, 실내에서도 조금 중앙이라 안의 온도도 손을 넣고 있으면 따뜻한 느낌이 들 정도로 높았다.

(단순 관찰) 김치는 전혀 곰팡이가 필 기미가 없고 아예 말라버렸다.

(경험상황표상A) 첫날은 다른 것들과 달리 많은 차이를 보여서 많은 기대를 했는데 조금 아쉬웠다.

(단순 관찰) 버섯은 지금 거의 곰팡이가 생기려고 하는 것 같다.

(추측) 흰 부분이 조금씩 늘고 있는 것 같다.

(현상 비교) 다른 것들 중 토마토의 흰색 부분은 아직까지 물 있는 부분에만 있다.

(추측) 그래서 그냥 물이 줄어서 그런 것이 아닌지 하는 의심이 더 간다.

(단순 관찰) 요구르트는 점점 더 노란색이 되고 있고 얼룩덜룩하다.

(예측) 곰팡이를 요구르트에도 기대해 볼 만하다.

영재학생 F의 프로토콜을 보면, 조작에서 추측, 단순 관찰에서 추측, 현상 비교에서 추측으로 이어지는 것이 단답형 문제에 답을 하는 것처럼 도식화 되어 있

다. 또한 '곰팡이가 생기려고 하는 것 같다', '곰팡이를 기대해 볼 만하다' 등의 표현에서도 영재학생 F의 사고는 연구 문제와 관련된 곰팡이의 생성 여부에 초점을 맞추고 있는 것으로 보인다.

한편, 영재학생 F의 프로토콜 중 '공기 중의 수분이 꽤 많았고', '손을 넣고 있으면 따뜻한 느낌이 들 정도', '많은 차이를 보여서 많은 기대를 했는데', '조금씩 늘고 있는 것 같다', '그냥 물이 줄어서' 등의 표현은 그 기준이 매우 주관적임을 나타내고 있다. 또한 영재학생 F는 실험 변인을 수분과 온도 정도로 간단한 변인 1-2개만을 고려 선택하고 있으며, 변인 통제에 있어서도 그 계획과 선택이 치밀하지 못함을 보여주고 있다.

#### (7) 영재학생 G의 지식 생성 과정 분석

영재학생 G의 연구 주제는 '여러 용액과 곰팡이의 관계 탐구'이다. 영재학생 G의 탐구일지에는 29개의 지식 생성 과정 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰, 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 구성 및 확인, 결과 수집, 가설 평가 및 결론 도출 등 모두 13개 범주, 60개의 항목이 나타났다. 영재학생 G의 부호화 항목 수는 영재학생들 중에서 가장 적은 수였다. 이는 영재학생 G의 연구 일지 기록이 다른 사람에 비해 상대적으로 적었고, 그 기록의 양 또한 많지 않았기 때문이다. 영재학생 G의 지식 생성 과정은 귀납적 과정에서 주로 이루어지고 있으며, 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 조작, 조작 관찰, 인과적 의문 생성, 가설 구성 및 확인 항목의 빈도가 높게 나타났다. 그러나 다른 영재학생들에 비해 상대적으로 추측과 예측의 비율이 낮았다. 연역적 과정은 거의 나타나지 않았다. 영재학생 G의 특징을 비교적 잘 보여주고 있는 프로토콜의 예시 및 특징을 살펴보면 다음과 같다.

#### 영재학생 G의 탐구 수행일지; 4월 21일

(단순 관찰) 전의 실험 장치를 보니 설탕물에 동그란 진한 녹색의 곰팡이가 조금 있었다. 딸기 실험은 중단되었다. 색은 진한 녹색이며 털이 있다.

(조작) 입으로 '후' 부니 털이 잘 휘날리지 않았기 때문에  
 (조작 관찰) 털은 하얀 색인데 짧다는 생각을 했다.  
 (단순 관찰) 그리고 식빵이 많이 찌그러들어서  
 (가설 구성) 곰팡이가 수분을 빨아들이는 것이 아닐까 생각했다.

**영재학생 G의 탐구 수행일자; 4월 30일**

(단순 관찰) 실온에 둔 식빵 아래에 핀 검은색 곰팡이가 얼마나 폼나 보려고 식빵을 뒤집다가 거기에 진한 녹색의 곰팡이가 소금물에 바른 식빵에 것 보다 더 많이 퍼 있는 것을 발견했다.  
 (인과적 의문 생성) 식빵 밑에만 곰팡이가 핀 이유는  
 (가설 구성) 식빵 위는 햇빛이 들어서 건조하기 때문일 것이라 생각했다.

위 예시에서 보면, 영재학생 G의 지식 생성 과정은 단순 관찰에서 가설 구성으로 혹은 단순 관찰에서 인과적 의문을 생성한 후 가설 구성 과정을 거친다. 또한 조작, 조작 관찰에서 시작하여 가설 구성으로 이어지는 과정을 볼 수 있다. <표 2>에서 가설 구성 및 확인 항목의 비율이 높은 것과 연장선상에서 생각해 볼 때 영재학생 G는 관찰에서부터 자신의 경험에 비추어 가설 구성에 이르기까지 과일반화 하는 경향이 있는 것으로 보인다. 즉, 데이터 수집이나 복잡한 추론 없이 자신의 경험에 비추어 성급하게 결론짓는 모습으로 추론의 비약이 심하다고 볼 수 있다. 이러한 현상은 영재학생 G의 프로토콜 '빵이 찌그러든 이유는 곰팡이가 수분을 빨아들인 것이다' '식빵 밑에 곰팡이가 핀 이유는 식빵 위에는 햇빛이 들어 건조하기 때문이다' '실험장에서 곰팡이가 떼어지지 않은 이유는 곰팡이들의 접착력이 있기 때문이다' 라고 추론하는 것에서 확인할 수 있다.

**(8) 영재학생 H의 지식 생성 과정 분석**

영재학생 H의 연구 과제는 '생활 주변에서 곰팡이가 잘 피는 조건 알아보기'이다. 영재학생 H의 탐구 일지에는 29개의 지식 생성 과정 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측,

조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰, 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 원인적 설명자 동정, 가설 구성 및 확인, 결과 수집, 가설 평가 및 결론 도출 등 모두 19개 범주, 237개의 항목이 나타났다. 영재학생 H는 영재학생들 중에서 두 번째로 많은 지식생성과정을 나타냈다. 이는 영재학생 H의 연구 일지 기록이 충실하게 이루어졌기 때문이기도 하지만, 영재학생 H의 사고가 다른 영재학생에 비해 상대적으로 치밀함을 보여주는 것이라 생각된다.

영재학생 H의 지식 생성 과정 항목은 귀납적 과정과 귀추적 과정의 항목이 다른 영재학생에 비해 상대적으로 고루 분포되어 있다. 비록 단순 관찰 항목의 비율이 높게 나타나긴 했지만 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측, 인과적 의문 생성, 가설 구성 및 확인의 항목이 비슷한 비율로 고루 분포되어 있음을 확인할 수 있다. 실제적으로도 영재학생 H의 프로토콜 분석 결과 각각의 항목이 순서적으로 잘 나타나 있었다. 하지만 생성된 의문에 대해 적극적으로 답을 찾거나 혹은 가설 구성 후 데이터 수집이나 가설 검증 실험을 통한 가설 평가 및 확인 과정은 거의 나타나지 않았다. 영재학생 H의 지식 생성 과정 항목 중 조작, 조작 관찰이 차지하는 비율은 다른 영재학생에 비해서 상대적으로 낮은 수치를 보였다. 영재학생 H의 특징을 비교적 잘 보여주고 있는 프로토콜 예시 및 특징은 다음과 같다.

**영재학생 H의 탐구 수행일자; 4월 22일**

(단순 관찰) 원래 부엌에 있던 곰팡이에 뭔가 하얀 것이 핀 것 같다.  
 (추측) 정말 잘 크는 것 같다.  
 (인과적 의문 생성) 왜 그렇게 곰팡이는 거기에 잘 피는 걸까?  
 (가설 구성) 나는 아무래도 거기가 습기도 안 없어지고, 요리를 만들다 보니 불을 자주 써서 온도가 높아서 그런 것만 같다.  
 (예측) 아무래도 부엌에 있는 곰팡이는 아주 잘 필 것 같다.

**영재학생 H의 탐구 수행일자; 4월 27일**

(단순 관찰) 목욕탕에는 곰팡이가 잘 자라지 않는다.

- (추측) 아무래도 내가 실험할 위치를 잘못 잡은 것 같다.
- (의문 생성) 어디서부터 잘못된 걸까? 나는 잘 모르겠다.
- (조작 방법 설계) 곰팡이를 다른 곳으로 옮기든지 어찌든지 수를 내야겠다.
- (가설 구성) 그런데 생각해 보니 우리 집 목욕탕에는 습기가 너무 적은가 보다. 그러니까 당연히 안 자라는 거겠지? 아마 그래서 그럴 것이다.

위의 예에서 영재학생 H는 단순 관찰, 추측, 인과적 의문 생성, 가설 구성 혹은 단순 관찰, 경험 상황 표상 A, 현상 비교, 인과적 의문 생성 그리고 단순 관찰, 추측, 의문 생성, 조작 방법 설계, 가설 구성 등의 순차적 진행을 보이고 있다. 이는 다른 영재학생에 비해 상대적으로 영재학생 H의 지식 생성 과정이 체계적으로 잘 이루어지고 있는 것이라고 할 수 있다. 그러나 영재학생 H는 제한된 단순 관찰을 할 뿐이며 생성된 가설에 대한 후속적인 가설 검증 과정이 생략되어 있다. 이러한 현상은 다음에 예에서도 찾아볼 수 있다.

**영재학생 H의 탐구 수행일지; 5월 5일**

- (단순 관찰) 식빵을 살펴보니 젖은 소금이 그대로 젖은 채로 식빵 위에 있었다.
- (추측) 그렇지만 역시 소금의 양이 줄어드는 것 같다.
- (경험상황표상A) 지금까지 소금이 위에 붙어있는 양이 점점 줄어들고 있는 것을 보면
- (예측) 얼마 안 있으면 위에는 더 이상 소금이 붙어 있지 않을 것이다.
- (현상 비교) 그런데 다른 식빵에는 곰팡이가 피었는데 여기만 피고 있지 않을 걸 보면
- (예측) 웬지 그 소금물에는 절대로 곰팡이가 피지 않을 것만 같다.

**영재학생 H의 탐구 수행일지; 5월 7일**

- (단순 관찰) 물을 뿌린 곰팡이 위에도 마찬가지로 똑같이 생긴 모양에 색만 약간 자주색을 띠고 있는 그런 곰팡이가 피고 있었다.
- (추측) 어제 보다 크기가 더 커진 것 같다.
- (인과적 의문 생성) 왜 이렇게 큰지 모르겠다.

- (현상 비교) 크기를 비교해 보았을 때 물에 핀 곰팡이가 더 커 보인다.
- (추측) 하지만 뭐 곰팡이가 꼭 위에 보이는 곳에만 피고 있는 것도 아니고 사실은 그 밑에도 필 수 있으니 아직은 잘 모르겠다.
- (의문 생성) 근데 정말 속에도 곰팡이가 피는가?

위의 예에서도 영재학생 H의 지식 생성 과정은 귀납적 과정의 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측 항목에 조밀하게 분포하고 있다. 그러나 여기에서도 불분명한 추측, 예측 혹은 '잘 모르겠다'와 같이 의문 생성으로 정리가 되고 있다. 이는 영재학생 H가 의문 해결을 위해서 해야 할 복잡하거나 어렵다고 생각되는 추론이나 가설 검증 과정을 회피하고 있기 때문인 것으로 생각된다.

**(9) 영재학생 I의 지식 생성 과정 분석**

영재학생 I의 연구 주제는 '각 음식물에 따른 곰팡이의 차이'이다. 영재학생 I의 탐구일지에는 29개의 지식 생성 과정 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰, 경향성 발견, 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 구성 및 확인, 결과 수집, 가설 평가 및 결론 도출 등 모두 14개 범주, 227개의 항목이 나타났다. 영재학생 I의 지식생성과정 수는 영재학생들 중에서 가장 많은 수이다. 이는 영재학생 H와 마찬가지로 영재학생 I의 사고가 비록 귀납적 과정에 치중되어 있긴 하지만 다른 영재학생에 비해 상대적으로 치밀한 것으로 생각되며, 또한 연구 일지 기록이 충실하게 이루어졌기 때문이라고 생각된다.

영재학생 I의 지식 생성 과정은 단순 관찰의 비율이 매우 높다. 단순 관찰이 상대적으로 매우 높게 나타난 이유는 영재학생 I가 잡곡밥, 흰밥, 팬케오, 토마토, 바나나 등 다양한 음식물을 가지고 실험을 진행했기 때문으로 생각된다. 한편, 경험 상황 표상A, 추측 등이 상대적으로 높은 빈도를 나타내고 있는데 이는 영재학생 I가 대상이나 현상을 인식하는 것으로부터 자신의 경험 상황을 바탕으로 추측으로 연결시키고 있는 것으로 보인다. 이와 같은 영재학생 I의 특징을 비교적 잘 보여주고 있는 프로토콜의 예시 및 특징은 다음과 같다.

**영재학생 I의 탐구 수행일지; 4월 10일**

- (단순 관찰) 두부에서 뭔가 이상한 냄새가 난다.
- (추측) 상한 것 같다.
- (인과적 의문 생성) 그런데 상하면 왜 이상한 냄새가 나는 걸까?
- (경험상황표상A) 원래는 두부에서 나온 물 때문에 그릇에 물이 고여 있었는데
- (추측) 두부에 있던 수분이 다 날아가고 말라버린 것 같다.
- (단순 관찰) 바나나는 심하게 상해서 같이 둔 껍질이 온통 검게 변했다.
- (인과적 의문 생성) 왜 바나나 껍질이 상하면 검게 변할까?
- (단순 관찰) 바나나 알맹이는 짓눌린 것처럼 갈색을 띤다.
- (경험상황표상A) 바나나를 관찰하기 좋으라고 으깨 두었는데, 으깨면 갈색을 띄는데
- (추측) 이걸 곰팡이랑은 관계가 없는 같다.
- (단순 관찰) 바나나 껍질은 오그라들었다.
- (경험상황표상B) 낙엽도 수분이 없으면 바로 그렇게 오그라드는데
- (가설 구성) 아마 수분 부족 때문인 것 같다.

위의 예시에서 영재학생 I는 두부, 바나나, 팬케이크 실험에 대한 관찰 상황을 기록하고 있다. 여기에서 영재학생 I는 ‘그릇에 물이 고여 있었던 일’이나 ‘바나나를 으깨 두었던 일’ ‘낙엽에 수분이 없으면 오그라드는 것’ 등 단순 관찰에서 추측이나 가설 구성을 할 때 자신의 경험 상황을 적극적으로 활용하고 있는 것을 볼 수 있다. 또한 영재학생 I의 지식 생성 과정에서 귀납적 과정의 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 추측과 귀추적 과정의 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 구성 및 확인 등이 골고루 짜임새 있게 진행되는 것은 다른 영재학생들에 비해 상대적으로 사고 체계가 안정되어 있다고 볼 수 있다. 그러나 영재학생 I는 대상이나 현상을 인식하고 자신의 경험 상황을 바탕으로 관찰된 일련의 상황에 대해 설명하는 사고를 많이 하는 것처럼 보이나, 그에 따라 변인을 조작하고 새로운 데이터를 수집하거나 의문 혹은 가설에 대한 분명한 답을 찾아보려는 노력은 나타나

지 않고 있다. 다음에 프로토콜 예시에서도 다양한 데이터 수집이나 복잡한 추론 보다는 단순 반복적인 도식적 과정이 나타나고 있다.

**영재학생 I의 탐구 수행일지; 4월 11일**

- (단순 관찰) 밥은 딱딱해졌고 바나나는 조금 더 검어졌다. 두부는 썩을 이빨처럼 누런 빛깔을 띠고 있다. 그리고 냄새는 더 진해졌다.
- (현상 비교) 하나는 굳어지고, 하나는 뒤틀리고 하나는 노래지고... 음식마다 상하는 모습이 너무 달라서 재미있다.
- (단순 관찰) 팬케익은 완전 굳었다.
- (현상 비교) 그런데 어떤 건 상하면 물컹물컹해지던데
- (인과적 의문 생성) 이걸 왜 딱딱해지는 걸까?
- (경험상황표상B) 음식은 각 성분에 따라 성질, 맛 등이 많이 다른데
- (가설 구성) 아마 음식을 이루는 성분의 차이 때문인 것 같다.

**(10) 영재학생 J의 지식 생성 과정 분석**

영재학생 J의 연구 주제는 ‘곰팡이는 어떤 음식에서 잘 자라는가?’ 이다. 영재학생 J의 탐구일지에는 29개의 지식 생성 과정 범주 중 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 현상 비교, 의문 생성, 추측/예측, 조작 방법 설계, 조작, 조작 관찰, 인과적 의문 생성, 경험 상황 표상B, 가설 구성 및 확인, 결과 수집, 가설 평가 및 결론 도출 등 모두 13개 범주, 129개 항목이 나타났다. 영재학생 J의 지식 생성 과정 가운데 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 추측, 인과적 의문 생성 등의 빈도가 상대적으로 높게 나타났고, 예측, 조작, 조작 관찰, 경험 상황 표상B 등의 항목의 빈도가 상대적으로 낮게 나타났다. 단순 관찰이 매우 높고 조작, 조작 관찰, 경험 상황 표상B 항목이 매우 낮다는 것은 영재학생 J가 제한된 관찰을 하고 있다는 것을 보여주는 것이며, 구체화된 의문 현상들에 대해 문제 해결을 위한 탐색 과정이 부족하다는 것을 의미한다.

또한 단순 관찰, 경험 상황 표상A, 추측 등의 항목이 높게 나타난 것은 영재학생 J가 제한된 범위의 관찰로부터 자신의 경험 상황을 바탕으로 도식적인 정답을 찾으려는 경향으로 생각된다. 즉, 영재학생 J는

데이터 수집이나 복잡한 추론을 하기 보다는 자신의 경험에 비추어 어떤 사실을 과일반화하고 성급하게 결론짓는 경향이 있는 것으로 생각된다. 이와 같은 내용은 다음의 프로토콜에 잘 나타나있다.

#### 영재학생 J의 탐구 수행일지; 4월 22일

(단순 관찰) 이에 요구르트엔 흰 곰팡이, 노란 곰팡이, 푸른 곰팡이 등 각종 곰팡이가 득실득실하다.

(현상 비교) 빵에도 곰팡이가 득실득실 많은데, 특이하게 푸른 곰팡이가 많이 생겼다.

(인과적 의문 생성) 왜 그럴까?

(추측) 방부제를 건달 곰팡이가 많지 않아서인가?

(현상 비교) 밥에는 곰팡이가 그리 많지 않다.

(인과적 의문 생성) 왜일까?

(추측) 흡기 온도나 습도가 안 맞아서?

#### 영재학생 J의 탐구 수행일지; 5월 16일

(단순 관찰) 곰팡이가 빵을 먹는 중이다.

(경험상황표상A) 곰팡이는 음식을 갇아 먹으면서 번식하기 때문에

(추측) 내 귀가 무지하게 좋다면 곰팡이가 빵을 갇아 먹는 소리를 들을 수 있을 것 같다.

#### 영재학생 C의 탐구 수행일지; 5월 22일

(단순 관찰) 내 곰팡이는 빵을 갇아 먹는 모습이 없었다. 즉, 빵의 형태가 바뀌지 않았다.

(가설 구성) 그 이유는 물이 적기 때문이라고 생각한다.

위의 첫 번째 예시에서 영재학생 J의 지식 생성 과정은 단순 관찰, 현상 비교, 인과적 의문 생성, 추측, 다시 현상 비교, 인과적 의문 생성, 추측으로 제한된 단순 관찰에서 문제와 정답 찾기라는 단순 반복적인 도식을 볼 수 있다. 또한 영재학생 J의 프로토콜을 보면 곰팡이가 피는 조건에 관련된 변인으로 '방부제' '습도' '온도' 등 2-3가지 간단한 변인만을 고려하고 있는 것으로 보인다.

두 번째와 세 번째 예시는 영재학생 J의 단순 관찰에서 자신의 경험 상황을 바탕으로 한 추측, 단순 관

찰에서 가설 구성으로 이어지는 과정을 보여주고 있다. 이는 영재학생 J의 지식 생성 과정이 매우 도식적일 뿐만 아니라, 이러한 도식적 과정은 추론의 비약으로 나타나고 있다. 또한 어떤 대상이나 현상에 대해 자신의 경험 상황을 바탕으로 한 이해로부터 과일반화 하여 매우 왜곡된 결론으로 이어질 수 있음을 보여주고 있다.

## IV. 결론 및 제언

이 연구는 영재학생들이 작성한 탐구수행일지에서 나타나는 지식생성과정을 분석한 것이다. 분석한 결과, 첫째, 영재학생들은 다양한 지식생성과정을 보여주었으나, 귀납적 과정과 귀추적 과정이 대부분이었으며, 그 또한 매우 단순한 사고과정만을 보여주었다. 이것은 생물과제가 많았다는 탐구주제의 특성을 고려하더라도, 영재학생으로서 보여주기를 기대했던 공통성 발견, 분류, 경향성 발견, 위계 발견, 사실 인식, 원인적 설명자 동정, 원인적 설명자 차용, 가설적 설명자 조합과 같은 상위수준의 사고과정은 나타나지 않았다. 둘째, 영재학생들의 지식 생성 과정은 제한된 범위의 관찰과 경험 상황을 바탕으로 한 단순 반복적인 도식적 문답 과정이 많으며, 단순 반복적인 도식성은 간단한 변인 선택 및 고안, 제한된 범위의 관찰, 주관적 사고로 인한 편견 개입, 탐색이나 결점 찾기 등이 잘 이루어지지 않아 발생하는 것으로 생각되며 이와 더불어 추론의 비약이 자주 나타났다. 이러한 것은 영재학생들로 하여금 단순 관찰에서 시작하여 추측과 대상이나 현상의 인식을 통해 자신의 경험 상황을 바탕으로 과일반화하게 하여 성급한 결론을 내리게 하였다. 결과 추측은 단순관찰과 더불어 다양한 관찰 및 분류, 공통성 발견, 가설 생성 등과 함께 다양한 사고를 거쳐 나타나야 함에도 불구하고 단순 관찰에 의해 결과를 추측하는 추론의 비약을 보여주었다. 이는 여성희 등(2003)의 지적처럼 교과과정에서 다루지고 있는 탐구과정 요소가 대부분 기초탐구과정 요소이어서 통합 탐구과정에 대한 학생들의 경험 부족이 하나의 원인이 될 수 있으리라 생각된다.

위와 같은 결론은 다음과 같은 현장의 시사점을 제공할 수 있다. 첫째, 관찰된 대상이나 현상으로부터 쉽게 정답만 찾으려고 하는 학생들의 단순 반복적인 도식적 과정은 암기 위주의 주입식 교육과 단순하고



정형화 된 과학 탐구 학습과 무관하지 않아 보인다. 따라서 학생들에게 다양하고 복합적인 데이터 수집과 복잡한 추론을 통한 탐색, 의미 구성 등 심층적 접근을 할 수 있는 사고의 유연성이 길러질 수 있도록 교수-학습 프로그램과 훈련이 필요하다고 생각된다. 둘째, 제한된 범위의 관찰과 주관의 개입은 다른 데이터의 탐색이나 결점 찾는 과정이 생략됨으로써 편견과 오류를 만들고 쉽게 수정되지도 않았다. 또한 대상이나 현상의 인식으로부터 자신의 경험 상황을 바탕으로 과일반화 하거나 성급한 결론을 내리는 등 추론의 비약은 잘못된 오개념이나 그릇된 결론으로 이어졌다. 따라서 다양한 심층적 접근을 할 수 있는 추론 능력과 함께 학생들이 객관적 시각으로 대상이나 현상을 인식하고 설명할 수 있도록 지도되어야 할 것이다.

## 국문 요약

이 연구는 영재학생들이 작성한 탐구수행일지에서 나타나는 지식생성과정을 분석한 것이다. 분석한 결과, 첫째, 영재학생들은 다양한 지식생성과정을 보여 주었으나, 귀납적 과정과 귀추적 과정이 대부분이었으며, 그 또한 매우 단순한 사고과정만을 보여주었다. 둘째, 영재학생들의 지식 생성 과정은 제한된 범위의 관찰과 경험 상황을 바탕으로 한 단순 반복적인 도식적 문답 과정이 많으며, 단순 반복적인 도식성은 간단한 변인 선택 및 고안, 제한된 범위의 관찰, 주관적 사고로 인한 편견 개입, 탐색이나 결점 찾기 등이 잘 이루어지지 않아 발생하는 것으로 생각되며 이와 더불어 추론의 비약이 자주 나타났다.

## 참고 문헌

고한중, 구이주, 강석진 (2005). 초등학교 과학 수업에서 실패에 대한 인내 수준에 따른 순환학습 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 25(2), 260-271.

권용주, 고경태, 정진수 (2003a). 생물학 가설의 검증에서 연역적 과학 지식의 구조와 생성 과정. 한국과학교육학회지, 31(3), 236-245.

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

김선자, 최병순 (2005). 변인통제 문제해결 과정

에서 나타난 초등학생의 실험설계 및 증거제시 특성. 한국과학교육학회지, 25(2), 111-121.

김지나, 권재술 (2005). 물리학습에서 불일치 상황에 직면한 학생들의 반응 유형. 한국과학교육학회지, 25(2), 162-172.

성태제 (2002). 타당도와 신뢰도, 서울: 학지사, 137-163.

양일호, 권용주, 박윤복, 정진수 (2004). 과학적 규칙성 지식의 생성 과정: 경향성 지식의 생성을 중심으로. 초등과학교육학회지, 23(1), 61-73.

여성희, 김희령, 김미경 (2003). 제 7차 교육과정에 따른 초등학교 5학년 과학 교과서의 과학 탐구 과정과 학생들의 과학 탐구 능력 실태 분석. 한국생물교육학회지, 31(3), 214-223.

허경철, 조덕주, 소경희 (2001). 지식 생성 교육을 위한 지식의 성격 분석. 교육과정연구, 19(1), 231-250.

Anderson, D., & Biddle, B. (1991) Knowledge for policy: Improving education through research. London: Falmer.

Ausubel, D. P. (1968). The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune and Stratton.

Bereiter, C. (1994). Constructivism, socioculturalism, and Popper's world 3. Educational researcher, 23(7), 21-23.

Cobb, T. (1999). Applying constructivism: A test for the learner as scientist. Educational Technology Research and Development, 47(3), 15-31.

Dunbar, K. & Blanchette, I. (2001). The InVivo/InVitro approach to cognition: the case of analogy. Trends in Cognitive Sciences, 5, 334-339.

Grigorenko, E. L. & Sternberg, R. J. (1995). Thinking styles. In Donald H. Saklofske & Moshe, Zeidner (Eds.). International handbook of personality and intelligence. NY: Plenum Press, pp. 205-229.

Grigorenko, E. L. & Sternberg, R. J. (1997). Styles of thinking, abilities and academic performance. Exceptional Children, 63, 295-312.

Kasperson, C. J. (1978). Psychology of the scientist: XXXVII. Scientific creativity: A relationship with information channels. *Psychological Reports*, 42, 691-694.

Klauer, K. J., Willmes, K., & Phye, G. D. (2002). Inducing inductive reasoning: Does it transfer to fluid intelligence? *Contemporary Educational Psychology*, 27, 1-25.

Koslowski, B. (1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. Cambridge, MA: MIT Press.

Solso, R. L. (2001). *Cognitive psychology*, 6th ed. New York: Allyn & Bacon.

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1993). *Creative giftedness: A multivariate investment*

approach. *Gifted Child Quarterly*, 37, 7-15.

van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. A. C. (1994). *The think aloud method: A practical guide to modeling cognitive processes*. San Diego, CA: Academic press.

Zhang, L. F. (2001). Do thinking styles contribute to academic achievement beyond self-rated abilities? *The Journal of Psychology*, 135(6), 621-637.

Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20(1), 99-149.