

과학 영재 아동과 일반 아동의 창의적 과학 문제 해결 과정에 대한 사례 연구

심혜진 · 장신호[†]

(서울방이초등학교) · (서울교육대학교)[†]

A Case Study on the Scientifically-Gifted Students' and Average Student's Creative Science Problem Solving Processes and Skills

Shim, Hyejin · Jang, Shinho[†]

(Seoul Bangi Elementary School) · (Seoul National University of Education)[†]

ABSTRACT

The purposes of this study were to investigate the creative science problem solving (CSPS) process amongst scientifically-gifted students and average students through the qualitative think-aloud research method, and to compare the differences in their CSP, scientific knowledge, scientific process skills, creative thinking, and finally, the affective domain used in their CSPS. For the purposes of this study, two scientifically-gifted 6th grade students and one average student were selected. The results show that one gifted student with good creative thinking skills exhibited better performance in CSPS than the other gifted student, who had the highest level of scientific knowledge. In the case of the average student, in spite of her high level of factual knowledge, she had difficulty in proceeding in CSPS due to her shallow scientific knowledge along with her low level of understanding of the given problem. This study highlights the importance of considering the factors which influence successful CSPS and which can play an important role in the education of scientifically-gifted children. These factors were identified as scientific knowledge, understanding of the scientific process, creative thinking, the affective domain, and science problem solving skills.

Key words : creative science problem solving, gifted in science (scientifically-gifted students), scientific process skills

I. 서 론

최근의 과학 교육 분야에서는 과학 교육을 통하여 실현하여야 할 중요한 목표로서 ‘과학적 창의성 개발’을 설정하고 있다(이정규, 2003). 제7차 교육과정에서도 “21세기의 세계화, 정보화 시대를 주도할 자율적이고 창의적인 한국인 육성”을 목표로 하고 있으며, 특히 과학과 교육 과정에서도 과학의 단편적인 지식 전달보다는 기본 개념을 유기적이며 통합적으로 이해하도록 하고, 창의성을 비롯하여

창의적 사고를 구성하는 요소들인 개방성, 객관성, 합리성을 기를 것을 강조하고 있다.

과학 교육에서 강조하는 일반적인 창의성 연구와 더불어 창의력과 문제 해결력을 함께 연결 지어 실제 교육 상황에 적용하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다(Isaksen 등, 1994). 이러한 움직임의 일환으로 단순하고 일반적 의미인 독창성에 초점을 두어 창의성을 포괄적으로 정의하던 기존의 창의성 연구 동향에서 벗어나(김경자 등, 1997), 실제의 문제 상황에 적합하고 유용한 구체적 해결 방안을 제

시하는 측면에서의 ‘창의적 문제 해결’을 강조하고 있다(Sternberg와 Lubart, 1995). 즉, 창의력과 문제 해결은 어떤 문제를 해결하기 위한 새로운 아이디어의 생성 및 적용이라는 역할을 가진다는 점에서 서로 불가분의 관계에 있다고 할 수 있다(윤초희, 2005). 과학 교육의 중요한 목표가 창의성을 기르는 것이며, 과학적 문제 해결 능력을 기르는 것이 중요한 과학 교수-학습 목표라는 점을 고려할 때, 이 분야에 대한 보다 활발한 연구가 이루어져야 할 것이다.

일반적으로 창의적 문제 해결이란 “일반적인 영역의 지식과 기능 기반, 동기적 요인, 특정 영역의 지식과 기능 기반을 토대로 확산적 사고와 비판적 사고가 역동적으로 상호 작용하여 새로운 산출물 혹은 해결책을 만들어 내는 사고 과정”을 말한다(김경자 등, 1997). 문제 해결의 대한 초창기 연구자인 Dewey나 Polya, Wallas 등은 문제 해결을 창의성과 연관 짓지 않았으나, 이들은 문제 해결 과정이 무의식적, 직관적, 통찰적이라는 점을 강조함으로써 문제 해결과 창의성이 밀접하게 관련됨을 지적하였다. 그 후 Osborn-Parnes의 CPS(Creative Problem Solving)가 등장하였고, 창의성의 위계에서 확산적 사고, 수렴적 사고의 다음 단계로 창의적 문제 해결이 강조되었다(김영채, 2005).

이처럼 창의적 문제 해결을 정의할 때, 문제 해결 과정과 더불어 창의성의 구성 요소를 함께 고려하는 것이 필요하다. 일반적으로 창의적 사고 영역을 확산적 사고와 수렴적 사고로 구분하는데, 확산적 사고에는 유창성, 융통성, 상상력, 독창성, 정교성을, 수렴적 사고에는 비판적 사고, 논리적 사고, 분석적 사고, 종합적 사고를 포함한다. 또한 학자들에 따라 창의성에 대한 다양한 정의를 제시하고 있지만 공통적인 구성 요인으로서는 인지적 요인과 정의적 특성을 포함하고 있다(전경원, 2000; 조석희 등, 2005; Torrance, 1993; Urban, 1995).

그러나 일반적 의미로서의 창의성의 정의를 바탕으로 교육 현장에서는 특정 교과 내용과 연계되지 않은 확산적 사고 중심의 창의성 신장 프로그램이 주로 활용되어 왔다. 특히 최근 확산적 사고 중심의 창의성 개념에 대한 비판과 함께 일반적 창의성이 다른 영역의 창의성에 전이가 되지 않는다는 실제적 사례들이 나타나면서 일반적 창의성 연구에 대한 회의적인 입장이 대두되었다(김명숙과 최인수, 2005). 특히, 과학 교육 연구 분야에서도 과학적 창의성을 강조하면서 일반적으로 말하는 창의

성과 구분하려는 연구가 진행되어 왔다. 조연순 등(2000)은 과학적 창의성의 구성 요소를 과학 내용 지식, 탐구 과정 지식(기능), 창의적 사고로 구분하였으며, 박종원(2004)은 위의 세 요소와 함께 독창성, 정교성, 가치 요소를 과학적 창의성의 요소에 첨가하여 제시하였다.

최근의 연구들에서 볼 수 있듯이 과학적 창의성은 과학 교과와 특성과 함께 창의적 사고도 포함한다. 따라서 과학적 창의성은 잠재적 능력으로 머물러 있는 것이 아니라 과학 교과에서의 창의성 신장 활동을 통해 창의적 수행, 성취, 산출물로 발현될 수 있음을 시사하고 있다. 이런 관점에서 볼 때, 과학 교육에서도 과학 내용 지식, 탐구 기능, 과학적 태도와 함께 과학적 창의성을 통합적 시각에서 접근하려는 노력과 관심이 필요하다. 이에 본 연구에서 제안하는 창의적 과학 문제 해결의 하위 요소들에 대하여 연구 방법에서 소개하고자 한다.

본 연구에서는 초등학교생들의 창의적 과학 문제 해결 과정을 사례 연구를 통하여 분석하여 그 특징을 구체적으로 조사하고자 하며, 과학 영재 아동과 일반 아동을 그 대상으로 하고자 한다. 과학 영재 아동들의 경우, 새로운 과학 문제에 직면하였을 때, 이를 창의적인 방법으로 해결해 내는 특징을 보인다는 점에 착안하여(조석희, 1990), 그들이 어떠한 과정과 특성으로 창의적인 문제 해결을 하는지 그 과정을 분석하는 것은 의미 있는 연구의 시도라고 본다.

과학 영재에 대한 기존의 많은 선행 연구들의 경우 통계적, 양적 연구 방법에 치우친 정량적 일반화에 관심을 보임으로써(한기순과 배미란, 2004; 신지은 등, 2002; 김선희 등, 2005) 학생들의 구체적 문제 해결 과정과 사고 과정의 질적 특성을 찾아내는데에 한계를 보인 것이 사실이다. 따라서 본 연구에서는 과학 영재 아동들이 창의적 과학 문제 해결을 어떠한 방식으로 진행하며, 어떻게 창의적으로 사고하는지에 관한 과정을 분석하는 질적 연구 방법을 적용하고자 한다. 또한, 본 연구의 결과를 일반화하려는 목적을 지니고 있지는 않지만, 과학 영재 아동들과 함께 일반 아동의 창의적 문제 해결 과정을 함께 조사하여 그들이 나타내는 문제 해결 과정의 특성을 비교함으로써 창의적 문제 해결 과정에서 나타나는 차이점을 조사하고자 한다. 본 연구의 구체적인 문제는 다음과 같다.

첫째, 과학 영재 아동과 일반 아동은 창의적 과학 문제 해결 과정에서 어떠한 특성을 나타내는가?

둘째, 창의적 과학 문제 해결 과정에서 이들은 과학 내용 지식, 탐구 과정, 창의성, 정의적 특성 면에서 어떠한 차이점을 구체적으로 보이는가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구에서는 과학 영재 아동 2명(상혁, 현지: 가명)과 일반 아동 1명(윤선: 가명)을 대상으로 사례 연구를 실시하였다. 이들은 본 연구의 목적과 진행 과정에 대하여 연구자들의 자세한 소개와 안내를 사전에 받았으며, 부모님들의 동의를 받은 후, 연구에 참여하겠다는 의사를 자발적으로 밝힌 아동들만을 대상으로 하였다.

본 연구에서 영재 아동들 뿐만 아니라 일반 아동이 보이는 창의적 문제 해결 과정까지 함께 분석 제시한 이유는, 일반 아동의 창의적 문제 해결 과정을 기준으로 삼을 수 있는 일반적 과정으로 설정함으로써 영재 아동들만이 나타내는 독특한 방식을 구분 지을 수 있을 뿐만 아니라, 영재 아동들의 창의적 문제 해결 과정을 보다 명확하게 이해하는데 도움이 될 것이라고 생각하여 이 같은 방식으로 연구 대상 선정을 하였다.

상혁은 서울 소재 대학교의 과학영재교육원 심화 과정(2년차 과정)에 재학 중인 6학년 남자 아동이었다. 이 과학영재교육원은 모든 신입생을 2년차 심화 과정으로 진급시키지 않고 평가를 통해 소수의 아동들만 진급시켰다. 상혁은 1년 과정에서 2년차 심화과정으로 진급하여 영재교육원내에서도 매우 우수한 실력을 보이는 영재 아동으로 영재 교육 담당 지도 교수 및 강사들에 의하여 평가되었다.

현지는 서울시 교육청 산하 K 지역 교육청 영재 교육원에 재학 중인 6학년 여자 아동이다. 이 영재 교육원 6학년 학급 15명의 아동 중 매우 우수한 영재 아동이라는 영재교육원 지도 교사의 추천이 있었고, 4학년 말에 선발되어 영재교육원에 2년째 재학 중이었다.

윤선은 서울 소재 B 초등학교 6학년 여자 아동으로, 본 연구를 위하여 일반 아동으로 선발되었다. 선발 기준은 6학년 1학기 학업 성취도 평가 결과를 근거로 하였고, 학급 담임 교사의 추천과 본인의 자발적인 참여 의사에 따른 것이었다. 과학 과목을 비롯한 윤선의 전체 교과 성적은 중상에 해당되어

비교적 우수한 편이었다(상위 10%). 그러나 학교와 지역 교육청에서 운영하는 과학 영재반에 선발될 정도의 성적과 과학 지식을 지니지는 못하였다. 학급 담임 교사에 따르면 윤선은 다른 학생들에 비하여 과학 과목에 대하여 흥미를 보이고 과학 시간에 매우 활발하게 학습하는 아동이었다.

2. 연구 방법

본 연구의 진행 방법은 다음과 같다. 먼저, 그림 1에 제시한 바와 같이 문헌 연구를 통하여 창의적 과학 문제 해결 과정에 대한 분석틀을 개발하였다. 분석틀에 근거하여, 아동들의 창의적 과학 문제 해결 과정을 조사하기 위해 발성 사고법(Think aloud method)을 적용하였다. 발성 사고법은 문제를 해결 하면서 머리 속에서 일어나는 사고 과정을 말로 표현하는 것을 말한다(Someren 등, 1994).

본 연구를 위하여 연구자들은 발성 사고법에 필요한 질문 요령, 주의 사항 등을 훈련을 통하여 직접 익혔으며, 연구에 참여하는 아동들을 대상으로 실제 발성 사고법을 이용한 창의적 문제 해결 검사 실시 이전에 발성 사고법에 대한 예비 훈련 과정을 거쳤다. 예비 훈련 결과를 토대로 연구자가 나타낼 수 있는 연구 진행상에서 나타난 문제점을 분석하고 토의하였으며 이 과정을 반복하였다. 훈련 과정 동안에, 연구자들은 참여 아동들에게 발성 사고법에 대하여 자세한 설명을 해 주었으며, 이 문제 해결 활동이 평가가 아님을 주지시켰다. 또한 발성 사고가 익숙치 않은 경우 질문을 통해 발성 사고가 활발히 이루어지도록 하였다. 1주일 이상의 반복된 훈련 과정을 통하여 3명의 피실험 아동 모두 발성 사고법에 익숙해진 후, 본 검사를 실시하였다.

선행 연구들에 근거하여 본 연구자들이 개발한 창의적 과학 문제 해결력 검사를 3명의 아동들을 대상으로 실시하였으며, 아동 1인당 총 8회의 검사 시간을 가졌고, 총 8문항의 창의적 과학 문제 해결력 검사를 실시하였다. 검사는 방과 후 시간을 이용하여 외부의 영향을 가능한 덜 받을 수 있는 과학 실험실을 선정하여 실시하였다. 문제 해결 과정을 기록하기 위하여, 오디오 녹음 기기와 비디오 녹화 기기를 설치하여 진행하였다. 과학 영재 아동들의 경우, 1회 1문항당 평균 30~40분 정도의 시간이 소요되었으며, 일반 아동의 경우 평균 10~20분의 시간이 소요되었다.

3. 창의적 과학 문제 해결의 구성 요소

본 연구에서는 과학 창의성의 구성 요소를 고려하고(박종원, 2004; 조석희 등, 2005; 조연순 등, 2000; Torrance, 1993; Urban, 1995), 일반 창의적 문제 해결의 구성 요소를 포함하여(김영채, 2005; Isaksen과 Treffinger, 1985; Isaksen 등, 1994), 창의적 과학 문제 해결의 구성 요소를 다음과 같이 제안하고자 하며(그림 1), 이를 본 연구의 분석틀로 사용하고자 한다.

그림 1에 나타난 바와 같이, 창의적 과학 문제 해결을 효과적으로 하기 위하여 과학적 창의성의 구성 요소인 과학 내용 지식, 탐구 기능, 창의적 사고 능력이 필요하다. 즉, 창의적 수행과 산출의 기반이 되는 영역 관련 지식으로서의 과학 내용 지식, 문제 해결을 시도하기 위하여 과학 실험을 실제로 수행할 수 있는 과학 탐구 능력 및 기능, 그리고 앞서 제시하였던 창의적 사고가 그 구성 요소이다. 또한, 과학적 창의성의 수행력에 영향을 미치는 과학적 태도, 창의적 성향, 자아 효능감과 같은 정의적 특성 요소가 필수적이라고 본다. 따라서 과학 영역에서의 창의적 문제 해결을 이처럼 정의한다면, 학생들은 과학 문제를 창의적으로 해결하는 과정에서, 과학 지식, 탐구 기능, 창의성, 정의적 영역

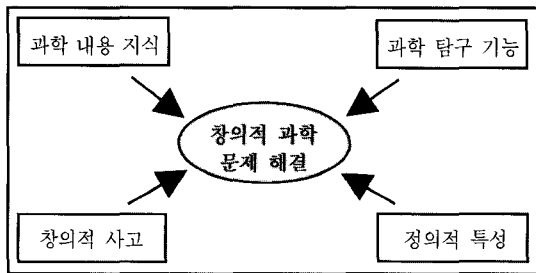


그림 1. 창의적 과학 문제 해결의 하위 요소들

표 1. 창의적 과학 문제 해결 검사 문항

번호	검사 문항 내용
1	플라스틱 상자 안에 무엇인가가 들어 있습니다. 이 상자는 열 수도 없고 속이 보이지도 않습니다. 상자 안에 들어있는 물건이 무엇인지 알아내려면 어떻게 해야 할까요? 깨뜨리지 않고 사용할 수 있는 방법을 생각하여 말하고 그 방법이 옳다고 생각하는 이유를 말하세요.
2	어느 날, 민희는 플라크톤에 대한 책을 읽다가 다음과 같은 내용을 알게 되었습니다. ▶ 플라크톤 : 스스로 이동할 힘이 없거나 적어서 바닷물의 움직임에 따라 이동하는 생물로서 식물성 플라크톤과 동물성 플라크톤으로 나뉜다. ▶ 식물성 플라크톤 : 광합성 능력이 있어서 빛을 이용하여 스스로 필요한 물질을 만들어 낸다. ▶ 동물성 플라크톤 : 광합성 능력이 없어서 다른 동물을 잡아먹거나 이미 만들어져 있는 물질을 이용하여 살아간다. 민희는 책을 다 읽고 플라크톤에 대해 다음과 같이 생각하게 되었습니다. “동물성 플라크톤은 밤에는 수면 가까이 올라오고 낮에는 깊은 곳으로 내려간다” 민희의 생각에 대한 자신의 생각을 말해 보세요.

에서의 태도를 종합적으로 지니고 있을 때, 성공적인 문제 해결을 할 수 있다고 본다.

4. 창의적 과학 문제 해결 검사 문항

본 연구에서 사용한 검사 문제는 조석희 등(1997)이 개발한 과학적 창의적 문제 해결력 검사(초등학교 고학년 용)와 신지은(2002)이 중학생을 대상으로 사용했던 과학에서의 창의적 문제 해결력 및 과학 문제 해결력 검사를 참고하여, 본 연구의 목적에 부합되고 초등학교학생들의 수준에 맞게 수정 개발하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 검사 8 문항을 표 1에 제시하였다.

5. 결과 분석 방법

본 연구의 실험 결과를 분석하기 위하여, 세 명의 아동들이 나타낸 전체 문제 해결 과정을 녹음한 내용과 녹화한 비디오 자료를 보며 피실험 아동의 발성 사고 과정을 전사하였다. 작성된 전사 자료는 본 연구자가 개발한 ‘창의적 과학 문제 해결 과정 분석틀’을 이용하여 코딩하였다.

연구자의 코딩 작업의 타당도와 신뢰도를 검증하기 위해 분석자간 일치도를 산출하였다. 연구자들을 포함하여 세 명의 과학 교육 전공자들이 독립적으로 자료 분석을 실시한 후, 코딩 결과를 비교하여 분석자간 일치도를 산출하였다. 본 연구에서 얻은 분석자간 일치도는 .80이었다.

본 연구에서 사용한 창의적 과학 문제 해결 과정의 분석틀을 제시하면 표 2와 같다.

각 아동들이 나타낸 창의적 문제 해결 과정을 분석하기 위하여, 그림 1에서 제시한 4가지 하위 요소(과학 내용 지식, 탐구 과정 기능, 창의적 사고, 정의적 특성)들을 세부적으로 구분하여 표 2에 나

표 1. 계속

번호	검사 문항 내용
3	<p>추운 지방에서 사는 동물들은 차가운 바람과 추위를 견디기 위해 우리 주변에서 볼 수 있는 새들과는 다른 독특한 생체 구조를 가지고 있습니다. 예를 들어, 남극이라는 환경에서 거뜬히 살아가는 펭귄은 보통 새들과는 다른 특징을 가지고 있습니다.</p> <p>1) 펭귄은 보통 새들과 다른 어떤 신체적 특징을 가지고 있을 지 생각해 보고 그렇게 생각하게 된 이유를 말하세요.</p> <p>2) 자신의 생각이 맞는 지 확인해 볼 방법을 생각해 보세요.</p>
4	<p>가정에서 사용하는 휴대용 가스레인지에 들어가는 가스통에는 액체가 들어 있습니다. 이 액체는 가스통 밖으로 나오면 기체로 변해 버립니다. 이 기체가 공기보다 무거울지 가벼울지 알아보려면 어떻게 실험을 하면 될까요?</p> <p>가능한 방법을 다양하게 생각해 보고 그렇게 생각하는 이유를 구체적으로 말하세요.(단, 이 기체는 물에 녹지 않습니다.)</p>
5	<p>우주의 태양계에 있는 대부분의 행성들은 팽이처럼 스스로 돌고 있습니다. 지구 또한 이와 같은 운동을 하고 있습니다.</p> <p>1) 어느 날 지구가 이러한 운동을 갑자기 멈춘다면 어떠한 현상이 나타날까요? 일어날 수 있는 가능한 모든 상황을 예측해서 생각하여 말하세요.</p> <p>2) 그렇게 생각한 이유는 무엇인가요?</p> <p>3) 이렇게 예측한 내용을 확인해 볼 수 있는 방법을 자세하게 생각하여 말해 보세요.</p>
6	<p>TV 나 신문에 나오는 등산복 광고를 보니, 이 등산복을 입으면 땀은 외부로 잘 빠져 나가 금방 시원해지지만, 비가 올 때 빗물은 옷 안으로 스며들지 않는다고 합니다. 이 광고를 보는 사람들이 이 등산복의 성능을 믿을 수 있도록 설명을 해주려고 합니다.</p> <p>1) 왜 땀은 빠져 나가고 빗물은 스며들지 않는지 그 이유를 다양하게 생각해 보세요.</p> <p>2) 자신이 생각한 이유가 맞는지 확인할 수 있는 방법을 다양하게 생각해 보세요.</p>
7	<p>다음은 어떤 미지의 행성을 탐사한 결과입니다.</p> <p>▶중력: 지구 중력의 8배, ▶평균 기온 : 20℃ (지구의 평균 기온은 15℃임.)</p> <p>▶일교차: 10℃ 정도로 약간 큰 편임(일교차는 하루 중 최고 기온과 최저 기온의 차이를 말함)</p> <p>▶행성 전체의 대기: 산소가 80 %로 산소가 매우 풍부한 편(지구의 대기는 질소 79%, 산소 20%, 그 밖의 기체 1%)</p> <p>※ 참고 : 기후 학자들은 연평균 기온 20℃ 이상을 열대 기후라고 한다</p> <p>동물은 다양한 환경에 따라 신체적 특징이 달라질 수 있습니다. 예를 들어 지구상의 따뜻한 곳에서 사는 여우는 열을 밖으로 많이 내보내기 위해 귀가 크지만 추운 곳에 사는 여우는 열의 손실을 막기 위해 귀가 작습니다.</p> <p>1) 그렇다면 이 행성에 사는 동물은 어떤 모습을 가지고 있을까요? 위에 나와 있는 행성 탐사 자료와 과학적 지식, 상상력을 바탕으로 이 행성에 살고 있을 동물의 모습을 생각해 보고 그림으로 그려보세요.</p> <p>2) 그렇게 생각한 이유를 말해 보세요.</p>
8	<p>현재 우리가 사용하고 있는 시계가 발명되기 이전에 사람들은 시간을 어떻게 알았을까요?</p> <p>그림자의 길이의 변화를 보고 시간을 측정할 수 있는 해시계를 만들기도 하였고, 물의 흐름을 일정하게 조절해서 시간을 측정할 수 있는 물시계도 만들었습니다. 우리도 우리 주변의 다양한 자연 현상을 이용하여 나만의 시계를 만들어 봅시다. 나만의 시계를 여러 가지로 다양하게 생각해 보고 그 시계가 어떻게 정확하게 시간을 측정할 수 있는지 작동 원리를 구체적으로 설명해 보세요.</p>

표 2. 창의적 과학 문제 해결 과정 분석틀

문제 해결 과정	세부 요인	정의
1. 문제 이해	문제 확인	문제를 읽고 문제의 내용을 확인.
	문제 발견	실질적인 문제가 무엇인지 발견.
	사실 발견	문제에서 주어진 사실과 정보를 발견한다.
2. 계획 수립	재정의	문제의 범위를 확대하여 재정의하거나 반대로 좁혀서 구체적으로 정의함.
	하위목표 수립	문제 해결에 필요한 하위 목표나 해결 전략을 수립.
3. 수행	부화	답이 않을 땀드 해결책을 생각해 내기 위해 품고 있는 상태.
	직관, 통찰	Wallas의 4단계 중 조명(illumination) 단계로 문제 해결책이 어느 순간 "아! 이거다"라고 생각이 들면서 갑작스럽게 나타나는 것.
	아이디어 산출	논리적 사고나 분석적 사고, 또는 직관과 통찰에 의해 아이디어를 산출해 냄.
	전개(구체화)	산출해 낸 아이디어를 다양한 사고를 통해 구체화하고 전개해 나감.
	모순 발견	아이디어를 전개해 가는 과정 중 자신이 산출해 낸 아이디어에서 문제점이나 모순점을 발견함.
4. 검토	검증	각각의 아이디어에 대해 문제의 성격에 비추어서 검증을 함.

타낸 틀을 이용하여 분석하였다.

(a) 과학 내용 지식은 경험적 지식(과학적 사실이나 현상에 대한 지식)과 이론적 지식(과학적 법칙, 이론, 원리, 규칙 등에 대한 지식)으로 구분하였다. 또한, (b) 과학적 탐구 기능은 기초 탐구 기능(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리)과 통합 탐구 기능(변인 통제, 가설 설정, 실험 설계, 가설 검증 등) 영역으로 나누고, 각 영역별로 세부적인 탐구 기능을 구분하였다. (c) 창의적 사고 측면에서는 유창성, 융통성, 상상력, 정교성, 비판성 등의 세부 영역으로 나누었고, (d) 정의적 특성 영역에서는 호기심, 과제 집착력, 과학적 태도 등을 포함하는 분석틀을 개발하여 사용하였다.

III. 연구 결과

과학 영재 아동인 상혁, 현지와 일반 아동인 우선의 창의적 과학 문제 해결 과정을 분석한 결과를 제시하고자 한다.

전반적으로 과학 영재 아동들은 일반 아동에 비하여 높은 과학적 창의성을 보였으며, 문제 해결 과정에서 더 복잡한 과정을 거치는 것으로 나타났으며, 문제 해결의 결과 측면에서도 더 우수함을 보였다. 이들의 문제 해결 과정을 볼 때, 주어진 과학 문제 상황을 창의적으로 해결해 나가기 위하여 과학적 창의성의 다양한 구성 요소들을 활용하고 있음을 알 수 있었다. 세 아동들이 활용한 창의적 문제 해결의 과정을 제시하면 다음과 같다.

1. 과학 영재 아동: 상혁

상혁의 창의적 과학 문제 해결 과정의 특징은 어떠한가, 문제 해결 과정에서 나타난 과학 내용 지식, 탐구 과정 기능, 과학적 창의성, 정의적 특성을 분석한 결과를 문제 해결 과정의 단계별로 나타내 고자 한다.

1) 문제 이해 단계

주어진 과학 문제를 이해하고 실질적인 문제를 발견해 내는 과정에서 상혁은 기존 과학 지식과 과학 경험들을 다음과 같이 활용하였다.

- 산소가 80%라면 숨쉬기가 쉬운 게 아니라, 오히려 어려운 거겠지. 산소는 100%라면 아주 교악

한 기체니까. (7번 문제)

- 팽이처럼 스스로 돈다... 그럼 자전을 말하는 거네. (5번 문제)
- 부탄.... 부탄의 성질을 생각해 보자면 공기는 우리가 숨쉬는 거고, 그냥 평범한 거고, 부탄은 가연성 물질이고 상온에서 기체로 변하고... (4번 문제)

상혁은 문제 이해 단계에서 창의적 사고의 특성 중 하나인 상상력을 자주 활용하는 것으로 나타났다.

- 플라스틱 상자 안에? 지금 플라스틱 상자를 상상하고 있어요. 아무거나 들어갈 수 있는... (1번 문제)

또한 과학 문제에서 주어진 사실과 정보를 확인하여 논리적으로 정리하거나 과학적으로 예상하여 문제 해결의 아이디어를 도출하였다.

- 기후학자들은 연평균 기온 20도 이상을 열대 기후라 한다.... 열대 기후, 그러니까 이게 딱 열대 기후라고 말해 주는 거네. (7번 문제)
- 중력이 크면 어떻게 될까? 지구의 8배 무려 8배. 그러니까 내가 지금 약 35 kg이니까 내가 거기 간다면 약 280 kg의 거구가 되겠지. 맞아, 최대한 작아야 해, 이 생물은... (7번 문제)
- 이 기체가 공기보다 무거운 지 가벼울 지, 공기보다 무겁다면 가라앉고 위로 올라가면 떠 있겠지. (4번 문제)

초기의 문제 확인과 문제 이해 과정 이외의 중반부에서도 문제를 재확인하고 정보를 확인하는 모습을 보였다. 이런 재확인 과정을 통해 다른 범주의 아이디어를 생성해 내는 융통성을 보이며 자신의 아이디어를 검증하는 과정을 보이기도 하였다.

- 자전이 무엇일까? 지구가 돈다는 건데, 그러다 보면... 지구 외부는 다 본 것 같으니까 지구 내부를 보자면 지각, 맨틀, 외핵, 내핵.. (5번 문제)
- 지구가 자전을 갑자기 멈춰? 인공위성 같은 것도 생각해 볼 수 있겠다. (5번 문제)

또한 실질적인 문제를 발견해 내는 과정에서 문제를 세심하게 받아들이는 등 정의적 특성 중 과제 집착력을 나타내었다.

- 그러니까 이게 걸모습이예요, 뭐예요? 신체적 특징이라는데, 그러니까 예를 들어서 지느러미 같은 걸로 예상한 특징 같은 거예요? (3번 문제)
- 근데 (플라스틱 상자 안에) 아무거나 들어갈 수 있죠? 아무거나. 그리고 몇 단계를 거쳐도 해도 되죠? (1번 문제)
- 갑자기 순간적으로 딱 멈추는 거죠? 그냥 천천히 멈추는 게 아니라 (5번 문제)

문제 이해 단계에서 상혁은 과학 지식, 탐구 능력, 창의적 사고를 활용하며 민감하게 문제를 발견해 낸다. 과학 지식이 바탕이 되어 문제를 이해하고 문제 인식, 예상 등의 탐구 능력을 활용하여 문제 해결의 방향을 찾게 되며, 창의적 사고를 통해 다른 범주의 아이디어를 찾는다. 영재의 특성인 민감성은 문제를 발견하는 과정에서 실질적인 문제를 발견해 내는 데에 도움이 된다.

2) 계획 수립 단계

문제를 읽고 확인한 후, 직관적으로 떠오른 아이디어를 검증해 나가거나 과학 지식이나 경험을 바탕으로 유추해 나가는 특징을 보였다. 즉, 문제 이해 단계 직후 계획을 수립하거나 문제 해결 전략을 세우려고 시도하기 보다는 곧바로 문제를 해결하는 단계로 접어드는 것을 볼 수 있었다.

- 자전... 자전... 아, 지금 갑자기 영화가 생각 나 가지고. 코어라는 영화인데 어느 날 갑자기 외핵이 도는 걸 멈춘다면 어떻게 될 지 그 영화로 직접 나타나는 걸 보는 거예요. (5번 문제)
- (문제 확인 단계 직후) 별바닥에 동상 걸리지 않을까, 계속 있으면, 아주 큰 지방층 하나가 딱 있으면 되겠고. (3번 문제)

즉, 이는 영재 아동의 사고 특징 중 하나인 직관, 부화 단계를 보여 주는 것으로 문제를 확인하자마자 번뜩이는 아이디어를 도출하는 것을 나타내었다.

또한 상혁은 목표를 초반에는 세우지 않았지만 중간에 하위 목표를 설정하는 특징을 보이기도 하였다. 문제 확인 후 직관적으로 떠오른 아이디어를 검증해 나가다가 생각이 막힐 경우 하위 목표를 세웠으며, 이 과정에서 논리적 사고와 창의적 사고를 활용하였다.

- (펭귄의 신체적 특징을 생각해 내다가) 남극의 환경을 생각해 보는 게 논리적으로 맞는 거 같다. 펭귄이 빙산 같은 것도 피해 가야 하고 물기도 많이 안 사니까 아주 차갑다는 거하고 남극의 빙하들은 대부분 땅 위에 얼음 덩어리 같은 게 있고... 아주 추운 곳일 거야. (3번 문제)
- 지구 외부는 다 본 것 같으니까 지구 내부를 보자면 지각, 맨틀, 외핵, 내핵. 지구를 반으로 딱 반으로 자르면 이렇겠지. (5번 문제)

상혁의 경우, 문제를 해결하는 과정에서 보이는 특징은 문제를 체계적으로 분석하여 해결 계획을 수립하기 보다는 자신의 지식과 경험에 바탕으로 직관적으로 떠 오르는 아이디어에 의존하고 과학 지식을 문제 상황에 맞게 변형하여 문제를 해결하여 나가는 특징을 보였다.

3) 수행 단계

문제를 해결하기 위해 아이디어를 생성하는 과정에서 상혁은 초등학생 수준 이상의 과학 지식을 활용하는 경우가 많았다,

- 여기 (영재교육원) 수업에서 엑스레이의 강도 같은 걸 조절해서 뭐가 안보이게 할 수 있고 또 뭘 투과해서 이런 건 보이게 할 수 있고 그런다고 했는데 플라스틱 상자 안에 있는 게 고체라고 판별이 되면 또 특별한 경우에는 또 플라스틱 상자보다 투과성이 더 약하면 안 되겠지만 더 강할 경우에는 엑스레이의 강도를 조절해서 물체의 형상을 좀 볼 수 있을까 그렇게 좀 생각하고 있어요. (1번 문제)
- 그건 맨틀이 유동성 고체이기 때문에 마찰이 클 거 아니예요. 지각하고, 고체인데, 유동성이긴 하지만. (5번 문제)

교육기관에서 배운 과학 지식뿐 아니라 책에서 읽은 내용, 일상 생활에서의 경험을 문제 상황에 맞게 변형하여 활용하였다.

- 형광 물질을 병원에서 하는 걸 봤는데 적혈구에 다 형광 물질을 넣어가지고 엑스레이 사진으로 봐 가지고 이게 어떻게 순환하는지 알아보는 그런 얘기를 들어가지고 한번 아이디어를 내 본 거예요.

- 플랑크톤한테 형광 물질을 먹이고 특수한 불빛 아래에서 보면 식물성 플랑크톤과 동물성 플랑크톤의 움직임을 볼 수 있을 테니까... (2번 문제)
- 공을 사용해서 시계를 만들어 보자. 만약에 공을 사용한다면, 갑자기 과학 전시관에 있던 자동 운동 장치가 생각나네. (8번 문제)
- 옛날에 어떤 사람이 에테르에 색을 입혀서 가짜로 팔았다는... 그럼 부탄 같은 것도 색칠을 해서 공기 중에 뿌려주면 위험하긴 하겠지만 떠오르는지 안떠오르는지 보면 될 것 같고. (4번 문제)

상혁의 아이디어 생성 과정에서 활용된 심화된 과학 지식과 과학 경험은 문제 해결의 유창성과 융통성, 독창성을 높여주며 수준 높은 문제 해결의 뒷받침이 되는 중요한 요소인 것으로 나타났다. 또한 풍부한 과학 지식은 많은 양의 직관적인 아이디어 생성과 연관되어 있는 것으로 나타났다.

- 우선, 지구상의 생물들이 다 날아가겠죠. 왜냐면 아예 딱 멈추니까, 그 다음에 태풍이 많이 불 것 같아요. 아무래도 공기의 흐름 때문에... 지구의 온도차가 아주 심할거야 왜냐면 자전을 안하니깐 온도를 제대로 못 맞춰서. (5번 문제)
- 물이 떨어지면서 물레방아가 돌고 바퀴 중에서 한 개만 조금 더 길게 한다. 일단 식판이 있는데 알람처럼 탁 치잖아요. 닿긴 닿는데 닿을까 말까 한 거리에 센서 같은 것 수도 있고 그러면 알람이 안 울려도 되고 이게 이렇게 도는 거예요. 벨이 울리거나 아니면 달력 같은 종이 있다면 넘어가거나. (8번 문제)

과학 탐구 기능의 사용에 있어, 과학 지식을 바탕으로 한 예상과 추론, 모형을 활용한 실험 설계 능력, 변인 통제 능력 등을 활발하게 사용하는 것으로 조사되었다. 또한 이러한 탐구 능력을 잘 활용함으로써 문제 해결을 위하여 보다 구체적이고 정교한 과학적 방법을 제안하는 과정으로 발전하는 특징을 보였다. 즉, 상혁이의 경우 이러한 탐구 능력의 활용은 창의성의 한 특성인 정교성과 연결되어 효과적인 창의적 문제 해결을 하는 것으로 나타났다.

- 빠르게 도는 구에다가 레고를 약하게, 사람이 땅 바닥에 고정된 게 아니니까, 붙여놓고 아주

빠르게 회전시키다가 멈추는 거예요, 어느 정도 하면 고정된 있겠지만 갑자기 멈추면 송 날라가겠죠. 아니면 막대 같은 것 아주 빠르게 도는 작은 구에 고정시켜 놓은 다음에 철사 같은 걸 약하게... 돌리면 이렇게 휘어질 거 아니예요 그런데 그걸 갑자기 멈추면 반대 쪽으로 휘 테니까 그건 충격이 세다는 거 아니예요. 가상실험이나 사고 실험보다는 그런 방법으로 모형 실험을 해 보면 될 것 같아요. (5번 문제)

상혁의 경우 문제를 해결하기 위해 그림을 그리는 경우가 많았는데, 이런 시각화는 아이디어 생성에 도움이 되고 문제 해결의 정교성을 높이는 것으로 보였다.

- (종이위에 그림을 그리며) 이렇게, 이렇게 여기 태양이 뜨고 어느 날 자전을 멈춰서 그러면 절대적으로 낮이... 이쪽 부분만 여기는 3개월 동안... 여기는 모조리 다 밤이 되고, 중간에 지구 같은 걸 그려 넣자면 어떤 한 반구는 여차피 뜨거워져야해. 그러니까 지구를 넷으로 나누어 보자. (그림 그리며 설명한다) (7번 문제)

수행 단계에서 상혁은 문제 해결을 위해 아이디어를 생성해 내고 이를 검증해 나가는 과정을 반복하는데, 아이디어의 생성은 선행 과학 지식과 경험을 바탕으로 하여 어떠한 일이 일어날 지를 생각하는 등 많은 수의 과학적 예상과 추론을 거쳤다. 또한 독창적이고 융통적인 아이디어를 내기 위해 가능한 많은 아이디어를 산출해 내며 과학 지식과 논리적 사고를 활용하여 검증하였다.

상혁의 경우, 대부분의 문제 수행 과정에서 문제 해결을 스스로 종료하는 경우는 보이지 않았으며, 높은 과제 집착력을 보였는데 문제 해결 시간이 짧았던 일반 아동에 비해 산출해 낸 아이디어의 양이 월등하게 많았으며 정교성, 융통성도 높은 것으로 나타났다.

4) 검토 단계

창의적 문제 해결 단계에서 의미하는 ‘검토’는 문제 해결의 전 과정을 되돌아보고 검토하는 것을 말한다. 이런 관점에서 본다면, 상혁은 검토의 단계를 거치지 않는 경우가 많았다.

긴 시간 동안 많은 아이디어를 산출해 냈음에도 불구하고 스스로 문제를 마칠 의사를 표현하지 않아 교사가 마무리하자고 요청하는 경우가 대부분이었으며 많은 양의 아이디어를 생성, 구체화, 검증하는 과정을 마치고 나서 ‘이제 다 된 것 같다!’라는 말로 마치기도 하였다. 높은 과제 집착력과 직관적으로 떠오르는 많은 아이디어를 활용해 문제를 해결하는 과정에 집중하는 반면, 모든 문제 해결 과정에서 검토 단계는 생략하는 특징을 나타내었다.

[상혁의 창의적 문제 해결 과정]

각 단계별로 분석한 결과를 바탕으로, 과학 영재 아동인 상혁의 창의적 과학 문제 해결 과정을 일련 과정 순으로 제시하면 그림 2와 같다.

즉, 상혁의 경우, 문제를 확인하고 해결하여야 할 문제를 발견해 낸 후, 주어진 사실과 정보, 자신의 풍부한 과학 지식을 바탕으로 떠오른 아이디어를 전개하고 검증해 나간다. 이 과정을 반복한 후, 떠오르는 아이디어가 더 이상 없을 경우에만, 문제 해결에 대한 하위 목표나 전략을 수립하였다. 이후 다시 다른 범주의 아이디어를 생성, 전개, 검증하는 과정을 반복함으로써 문제 해결 과정을 종료하였으며, 문제 해결 과정에서 검토 단계를 거치지 않는 것으로 나타났다.

2. 과학 영재 아동: 현지

현지가 창의적 과학 문제 해결 과정에서 보인 단계별 특징을 살펴보면 다음과 같다. 현지의 경우, 문제 이해 단계를 여러 차례 거쳤으며, 상혁과 달리 문제에서 얻은 정보를 꼼꼼히 분석하는 치밀함을 바탕으로 계획을 체계적으로 수립한 후 창의적이고 과정을 활용하여 문제 해결을 시도하였다.

1) 문제 이해 단계

현지는 문제를 분석적으로 이해하려고 노력하며 문제에서 주어진 사실과 정보를 최대한 활용하였다. 문제를 이해하고 이를 바탕으로 해결 전략을 수립하였다. 문제 해결 초기에 문제 확인을 두 번 이상씩 하는 경우가 많으며 중반부에도 문제에서 주어진 사실과 정보를 지속적으로 재확인하였다. 또한 우수한 문제 인식과 재정리 과정을 보였다.

- (문제를 읽으며) 동물성 플랑크톤은 밤에는 수면 가까이 올라오고 낮에는 바다 깊숙이 내려간다?
... 밤에는 수면 가까이 올라오고 낮에는 깊숙이 내려간다. 그러면 동물성 플랑크톤은 밤에는 먹물 게 수면 가까이에 있다는 거고 낮에는 깊은 곳으로 가니까 동물성 플랑크톤의 먹이가 밤에

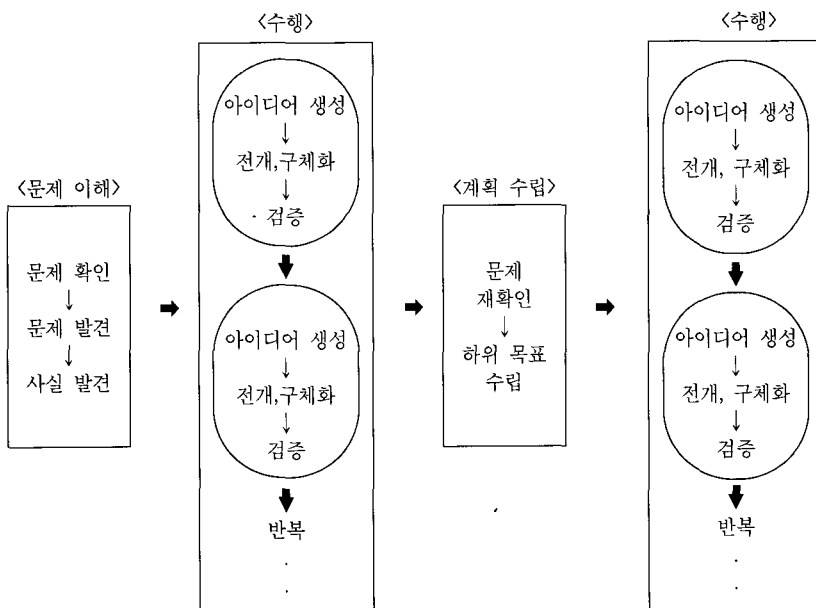


그림 2. 상혁의 창의적 과학 문제 해결 과정

는 수면 가까이 올라오고 낮에는 깊은 곳으로 내려간다는 의미겠지. 그러면 이미 만들어져 있는 물질이라고 하면 그게 뭐지? ... 이미 만들어져 있는 물질이 위쪽에 있거나 아래쪽에 있거나. 밤에는 수면 가까이 올라오고 낮에는 깊은 곳으로 내려간다는 거는 빛을 싫어하나? (2번 문제)

현지의 경우에도 우수한 과학 지식을 가지고 있기 때문에 문제 이해 단계에서 실질적 문제를 파악하는 데 어려움이 없음을 알 수 있었다. 과학 지식을 바탕으로 문제를 이해하고 문제에서 주어진 정보를 활용하였다.

. 일단 중력이 강하고 기온이 높고 일교차가 크고 산소가 많고... 일교차가 약간 큰 편이면 추위에도 잘 견디고 더위에도 잘 견뎌야 하고. 산소가 80%면 매우 풍부한 편! 산소가 풍부하면 숨쉬기가 좋으니까 입이나 코나 허파의 밸달이 더딜 것이다.... (7번 문제)

문제 해결 과정에서 현지는 그림을 자주 그리면서 문제를 해결하는 시각화 과정을 거치는 것으로 나타났다. 시각화는 문제를 이해하고 해결의 실마리를 찾는 데에 있어 매우 유용하게 활용되었다.

. 자전! 일어날 수 있는 가능한 일. 밤과 낮, 그러니까 한쪽은 낮만 계속되고 한쪽은 밤만 계속 되겠지. 계절은 태양 주위를 둘레 따라 변할 거고 (그림을 그리며) 밤과 낮이 아예 없어지는 건 아니구나...(5번 문제)

문제를 읽던 도중 직관적으로 떠오른 아이디어를 우선 전개해 나가는 상혁과는 달리, 현지는 문제를 인식하고 재 정의하는 데에 많은 시간을 보냈다. 이는 이후 문제 해결 과정 중반부의 창의적 사고 전략의 사용 과정과도 밀접하게 관련이 있는 것으로 나타났다.

2) 계획 수립 단계

문제의 해결 과정에서 현지는 문제 해결의 하위 목표와 해결 전략을 체계적으로 수립하였다. 이는 상혁이 보인 문제 해결 과정과는 큰 대조를 보였다. 하위 전략을 수립하는 것은 창의적 사고와 연결되

는데, 상혁이처럼 아이디어를 생성해 낼 때 떠오른 것을 직관적으로 쏟아내는 것과 달리 일정 기준에 맞추어 아이디어를 산출해 내고 문제 해결의 과정을 통제하는 단계를 거쳤다.

. 그러면 이 기체를 어떤 것에다 하여튼 담을 수 있으니까 그것과 이것을 어떻게 비교하느냐, 이게 문제인데... (4번 문제)
. 일단 시계에 사용할 수 있는 거를 생각해 보고. (8번 문제)
. 해시계나 물시계를 다른 방법으로 할 수는 없을 까... (8번 문제)

현지의 경우, 문제 해결의 중반부에서 의도적으로 다른 범주의 아이디어를 생각해 내기 위하여 하위 목표를 수립하는 모습을 자주 보였다. 이는 융통적인 사고력이 활용된 경우라고 볼 수 있고, 문제에서 주어진 사실을 활용하기 위한 분석적 사고 과정을 나타낸 것으로 볼 수 있다.

. 기체와 기체를 비교하려면 일정한 용기에 넣어서 무게를 비교하는 방법이 있고 기체의 특징을 이용해서 비교하는 방법이 있고. (4번 문제)
. 지구의 한 쪽만 온도가 올라갈 테니까 사막화가 심해질 수도 있겠다. 공기는 어떻게 될까? 그 다음에 또 뭐가 있지? 지구 내부! 지구 내부에 관한 건... (5번 문제)

3) 수행 단계

상혁과 마찬가지로 현지는 학교, 영재교육원 등에서 배운 과학 지식과 일상 경험을 문제 해결을 위한 아이디어 생성에 중요하게 사용하는 것으로 나타났다.

. 액체에 녹은 색소는 기체가 날아감과 동시에 남아있을 테니까 ... 산소를 모을 때처럼 수상치환으로 해서 모아서 모으면 ... (4번 문제)
. 추운 산맥 같은 데를 등산하는 사람은 눈에 선글라스 같은 걸 하던데 그건 눈이 아프고 하얀 눈 때문에 실명할 수도 있으니까 그렇지. (3번 문제)
. 빛이 안들어 온다. 그러면 그림자가 생겼다는 거니까 그림자가 생김을 이 빛 센서가 감지해서 소리로 알려주든가. (8번 문제)

영재 아동들의 풍부하고 수준 높은 과학 지식은 다양한 문제 해결 방법으로 연결되어 우수한 문제 해결 능력으로 나타남을 알 수 있었다. 현지의 경우, 문제 해결 과정에서 떠오른 아이디어를 집중적으로 구체화하여 전개하는 상혁과는 달리 확산적 사고를 활용하여 일단 아이디어의 수를 늘리고 비판적 사고를 통해 하나씩 검증해 나가는 방법을 사용하는 경우가 많았다.

- 일단 시계에 사용할 수 있는 거. 불, 불이 타들어 가는 거, 양초시계, 해시계, 물시계도 있고, 조수 간만의 차, 또 뭘 이용해야 되나, 아, 모래, 바람, 나무의 나이테. 자세한 건 이따 생각하자! (8번 문제)
- 더우면 털이...아, 표면. 털이 있을까 아니면 매끈할까? 아니면 깃털이 있을까? 아니면 또 뭐가 있지? 악어처럼 우뚝투들 하거나 물론 기척처럼 비닐로 덮여 있거나? 비닐은 아닌 것 같다. 매끈한 그냥 피부도 아닌 것 같아. 너무 외부의 자극에 힘들거야. 깃털이라면 깃털 속에 열 같은 게 담겨 있을 수 있으니까 그럼 털새를 생각해서 깃털도 빼야겠다. (7번 문제)

현지가 보인 이 같은 사고 과정의 특성은 창의적 문제 해결 과정인 Osborn-Parnes의 CPS(Creative Problem Solving)의 각 단계에서 보여주는 창의적 다이아몬드(확산-수렴) 사고 과정과 동일하다. 이는 유창성과 융통성이 높은 문제 해결에 중요한 역할을 하는 과정이다.

현지는 문제 해결을 위한 실험을 설계하는 과정에서 정교함과 함께 탐구 기능 중 변인 통제 능력을 자주 사용하였다. 또한 예상과 추론 능력을 활용하여 문제 해결의 아이디어를 내기도 하며 세심한 관찰력을 보이기도 하였다.

- 팽귄...(그림을 본다) 그런데 팽귄 털 보면 그다지 길지 않은 데 그러니까 몸에 피부에 지방이 많지 않을까? (3번 문제)
- 페트병 같은 데는 거기에서 기체를 빨리 다 넣고 잘 닫고 넣는 것과 동시에 닫아 버리고 거기 주변에 글루건 같은 걸로 밀봉하면 되. (4번 문제)

현지 또한 상혁과 마찬가지로 기존의 과학 지식 및 경험을 가지고 문제 상황에 맞게 변형, 결합시

키는 창의적 사고력이 우수하였다. 이러한 과학 지식의 변형, 결합 능력은 과학 지식의 활용을 촉진할 수 있으며 유창성과 융통성이 높고 독창적인 아이디어 산출에도 큰 도움이 된다.

- 음... 추위에 잘 견디기 위해서는 사람 옷 입는 것 같이 지방이 있을 것 같다고 했으니까. 또 음... 추위에 잘 견디기 위해서 사람은 뭐하지? (3번 문제)
- 잘 타지 않는 물질이 뭐가 있지? 알루미늄? 알루미늄은 잘 안타지. 쿠팡 호일이 잘 타지 않으니까 알루미늄이 타겠어? (8번 문제)

아이디어를 생성해 내는 과정에서 현지는 의도적으로 다른 범주의 아이디어를 생각해 내려 노력하였다. 융통적인 사고 능력은 문제 해결의 다양성을 신장시켜 주며 문제 해결의 수준을 높이는 역할을 한다.

현지가 문제 수행 과정에서 보이는 또 다른 특징은 아이디어를 검증하는 과정에서 민감하게 자신의 아이디어의 문제점을 발견해 내고 이를 해결하기 위해 계속적으로 아이디어를 수정한다는 점이었다. 이 과정에서 과학적 근거를 찾게 되었으며 아이디어를 지속적으로 정교화하였다.

- 잠깐만 이 액체에 어떤 색소 같은 게 녹으면 기체에도 색깔이 나지 않을까?
- 기체는 기체고 액체는 액체니까 액체에 녹은 색소는 기체가 날아감과 동시에 액체에 남아 있을테니까. 기체만 있는지 알아보는 방법은 ... 그러면 그냥 전자저울에 이 기체를 넣은, 같은 크기, 그리고 같은 부피, 같은 모양 같은 색깔 투명한 봉지에다가 똑같이 생긴 뭐 탁구공 같은 데 넣으면 그것 같다가 알 수도 있고 지퍼백 같은 데 넣어도 되고 그런데 지퍼백은 잘 새니까 잘 안새는 건 뭐가 있지 뭐가 있을까, 그런데 지퍼백도 잘 안 새는데 ...과자 봉지 같이 넣고 닫으면 되지 않을까? 과자 봉지 같은데다 하고 열 같은 걸로 밀착시키면 되니까. (4번 문제)

현지 역시 상혁과 마찬가지로 연구자의 요구에 의해 문제 해결을 종결하는 특징을 보였다. 즉, 연구자의 요구 없이는 문제 해결 과정을 끝내지 않고 계속 지속하려는 경향을 보였다. 이는 현지가 과학 영재 아동들의 일반적 특성으로 알려진 높은 과제

집착력을 지니고 있다는 점과 이 같이 높은 과제 집착력은 많고 다양한 범주의 아이디어에 바탕을 둔 문제 해결력과의 연결됨을 알 수 있었다.

4) 검토 단계

현지는 문제 해결 과정의 중반부 또는 후반부에서 문제 해결의 전 과정을 검토하는 단계를 거쳤다. 이 단계에서 자신이 생각해 낸 모든 아이디어들을 분류하거나 문제의 조건에 자신의 생각들이 맞는지 확인하였다.

- 성질을 이용한 거는 이거고, 그냥 모아서 비교해 본 거는 이거고... 모아서 비교하지 않고 그냥 비교할 수 있는 방법은 또 없나? (4번 문제)
- 이 문제는 두 가지 원리로 할 수 있겠다. 첫째, 땀과 빗물의 성질의 차이 이용, 둘째, 이게 같은 종류의 물이라면 그 물이 나갈 수는 있지만 들어올 수는 없다. (내가 생각해 낸) 1번 방법이 첫째 원리를 이용한 거고, 2번, 3번, 4번이 두 번째 원리를 이용한 거구나. 1번 방법부터 다시 한 번 생각해 보자. (6번 문제)

이러한 검토의 과정은 다양한 해결 방안을 찾는 데 도움을 주고 자신의 냐던 아이디어들을 비판적으로 생각해 볼 수 있게 해 주는 것으로 나타났다.

[현지의 창의적 문제 해결 과정]

그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이, 현지도 상학과 마찬가지로 문제 해결 초반부에서 해결하여야 할 문제를 발견하고 주어진 사실과 정보를 확인한 후 문제를 해결하였다. 그러나 상학과는 달리 문제 해결 초반부에 해결 계획을 구체적으로 수립하는 경우가 많았다. 아이디어 산출에 있어서도 많은 수의 아이디어를 일단 발산한 후 문제 상황에 맞게 전개, 검증해 나가는 문제 해결 과정을 보였다. 문제 해결 중반부에도 지속적으로 문제를 재확인하고 주어진 사실과 정보를 활용하려 노력하였다. 또한 상학과는 달리, 문제 해결 중반부에서 자신이 앞서 내 놓았던 아이디어에 대한 전반적인 검토 과정을 거쳤으며, 이를 바탕으로 다른 범주의 아이디어를 반복하여 산출해 내려 노력하였다.

3. 일반 아동: 윤선

1) 문제 이해 단계

일반 아동 또한 과학 영재 아동들과 마찬가지로 자신의 과학 지식과 과학 경험을 활용하여 문제를 이해하였다. 윤선의 경우, 문제를 확인하고 이해하는 과정에서 실질적 문제를 발견해 내는 경우도 있었지만 문제에 사용된 과학 개념을 이해하지 못하는 경우가 많았다.

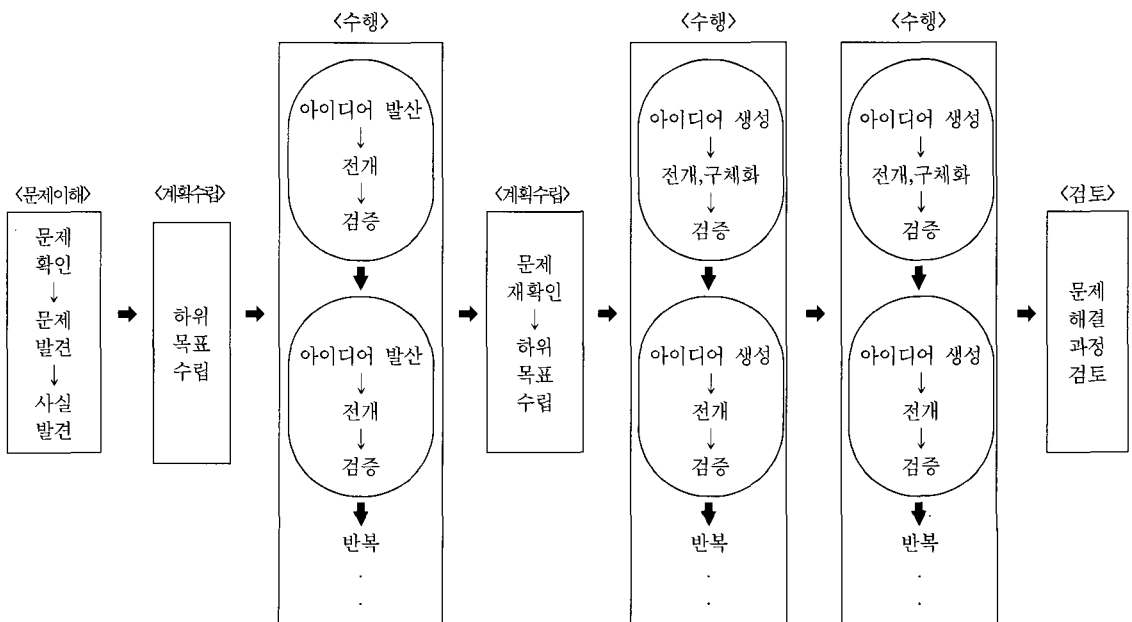


그림 3. 현지의 창의적 과학 문제 해결 과정

- 등산복을 입은 사람들 보면 구멍이 나 있던데, 근데 빗물은 스며들지 않고 땀은 나갈 수 있게 하는 게 있고... 방수 처리? 방수와 구멍... 둘 다 기능을 할 수 있는 게 이 등산복인가? (6번 문제)
- 지구 중력의 8배... 떨어질 수 없나? 뭘 뜻이지? (7번 문제)

윤선과 같이 제시하는 문제를 이해하는 데에 필요한 기초 과학 개념을 알지 못하는 경우, 문제 해결에 있어 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 이는 창의적 문제 해결의 처음 단계인 문제 이해 과정에서부터 과학 지식은 필수적인 요소임을 알 수 있다.

또한 문제에서 주어진 정보와 사실에 대한 정확한 이해 없이 문제 상황을 자의적으로 판단하여 성급히 종결을 내린 경우 또한 많았다. 이는 문제 이해를 분석적으로 하지 않은 데서 온 결과라고 볼 수 있으며 이러한 성급한 종결의 성향은 이후의 문제 해결을 어렵게 하는 것으로 나타났다.

- 상자가 색깔도 없고 까매요? 일단 검은 색이면.. 타게 하면 안 되나 빛을 반사해서 이 종이를 타게 해서 그럼 되는 게 아닌가? 안 되나? 될 것 같은데... 돌보기로 빛 반사해서 검은 종이 타니까 그 안에 있는 것은 보이고 열 수 있을 텐데. (1번 문제)

2) 계획 수립 단계

문제를 읽고 난 후, 윤선은 스스로 여러 가지 질문과 의문들을 반복하며 문제 해결에 접근하는 경향을 보였다. 그 과정에서 문제 해결의 계획을 세우는 것으로 나타났는데, 문제에 대한 이해를 제대로 하지 못한 채로 문제 해결 계획을 세운 경우가 많았으며, 계획 과정이 과학적으로 타당하지 않았고 논리적이지도 않은 경우가 많았다.

- 펭귄은 추운 데 사니까 털이 많을까? 펭귄도 온도를 일정하게 하는 기관이 있나? 펭귄이 조류와 다른 기관이 있을 텐데... 남극에 사는 펭귄의 신체적 특징이라... 추위를 덜 느끼게 하는 (내부) 기관을 알아야 하는데 뭐지? (3번 문제)
- 그러면 시계가 없다고 생각하고 뭘 이용해서 시간을 알 수 있나 이게 주제인가? 시간에 따라 변하는 것... 동물, 열음, 땀, 그럼 땀을 이용해서 시계를 만들면.. (8번 문제)

- 뭘 시계가 있을까? 불, 불, 불? 그냥 아무거나 생각해서 거기에 맞는 시계를 생각해야겠다. (8번 문제)

3) 수행 단계

윤선은 알고 있는 과학 지식을 활용하여 아이디어를 산출해 내었다. 문제를 읽은 후 일단 떠오른 아이디어를 과학적, 논리적으로 검증하였다.

- 이 펭귄은 남극에서 살아야 하니까 일단 무엇보다 체온이 중요하다고 생각해. 그리고 물에서도 살 수 있으니 몸이 유선형. 다른 새들과 다르게 헤엄 칠 수 있는 것.. (3번 문제)

하지만 윤선이 나타낸 과학적 아이디어의 양은 과학 영재 아동들에 비해 월등히 적었으며, 융통성과 독창성 또한 낮은 수준을 보였다. 또한 아이디어 생성과 검증 과정에서 과학적으로 옳지 않은 지식을 활용하는 경우도 보였다.

- 이미 만들어진 물질을 이용해서 살아간다... 밤에 바다에 있는 물질, 떠다니는 게 뭐가 있나 쓰레기 밖에 없지 않나. ...낮에 활동하는 바다 생물이 많으니까 낮에 잡아 먹힐 것 같아. (2번 문제)
- 해한테서 지구가 영양분을 못 받아서 땅이 줄어들까? 그럼 너무 타격이 큰데. 아주 조금 줄어들까? (5번 문제)

일반 아동인 윤선의 경우, 문제를 해결하는 과정에서 학교에서 배운 과학 내용을 활용하기도 하였다. 그러나 배운 내용은 잘 기억하고 있었지만, 이를 변형, 결합시키는 창의적 사고력이 부족하여 문제 상황에 대한 적절한 해결책으로 사용하지 못하였다.

- 과학에서 배운건데 이산화탄소 배울 때 촛불 이렇게 한 다음에 촛불을 이 기체를 집어넣어서 가장 먼저 꺼지는 걸 알아봐서 무거운지 가벼운지 알아보고 과학책에서 배운 거예요. (4번 문제)
- 이걸 가스가 무거우면 젤 먼저 꺼질 것이고 무거우면 위가 젤 먼저 꺼질 것이고... 어! 안돼요! 이 가스는 불을 더 지피는 가스예요 근데 어떻게 불을 끄죠. 이걸 안돼요! 안돼요! (이산화탄소 실험을 적용하려다 포기함) (4번 문제)

탐구 능력을 활용하여 실험을 설계하는 과정에

서 과학 탐구 지식과 능력에 부족함을 보였다.

- 공기보다 무거운지 가벼운지...아아.. 그 기체를 풍선 속에 넣어서 뜨나 안뜨나 보면 되겠네. 뜨면 가벼울 것이고, 안뜨면 무거울 것이고. (4번 문제)
- 일단 바다 속에 사는 모습을 찍고 온도 감지기를 대면 되겠다. 결론 끝. (3번 문제)
- (방수와 구멍이 결합된 등산복의 원리를 확인해 볼 수 있는 방법은) 이런 옷을 만들어서 땀도 내 보고 비도 오게 하면 되겠다. (6번 문제)

또한 낮은 과제 집착력으로 인하여 문제 해결의 성급한 종결을 가져왔고, 단순한 아이디어의 나열로 이어지는 경우가 많았다. 더 이상 아이디어가 떠오르지 않는 경우, 과학 영재 아동들은 문제를 재확인하거나 다른 범주의 아이디어를 내려고 의식적으로 노력하거나, 문제 풀이 과정을 검토하는 특징을 보인 반면, 일반 아동은 의미 없는 부화 단계를 보였다.

- 생각이 안나네요... (6번 문제)
- 음, 생각이 안난다. 생각이 없어요. (8번 문제)

또한 융통적으로 아이디어를 생각해 내려는 사고 과정을 보이지 않았다. 대부분의 경우, 문제 해결 초기에 떠오른 몇 가지의 아이디어를 검증해 보고 문제 해결을 마치는 경우가 많았다.

- 평권이 어떻게 살까 추운데 살니깐 털이 많을까 평권은..... 털이 많을까. 평권도 땀을 흘리나 온도를 일정하게 하는 기관이 있나? (문제 해결 초반의 아이디어만을 반복 전개하다가 문제 해결 종결함) (3번 문제)

윤선은 아이디어를 생각해 내고 전개해 나가는 과정에서 민감하게 문제를 발견해 내는 면이 부족하였으며, 성급한 종결과 평범한 과학 지식, 낮은 수준의 탐구 능력, 창의적 사고력의 부족 등으로 문제 해결에서 효과적인 성과를 보이지 못하였다.

4) 검토 단계

윤선은 모든 문제를 해결하는 데에 있어 검토 단계를 전혀 거치지 않았으며 몇 가지의 아이디어만

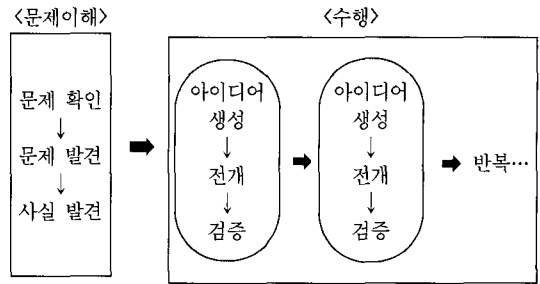


그림 4. 윤선의 창의적 과학 문제 해결 과정

을 생각해 낸 후, 스스로 문제를 쉽게 마무리 지었다.

- 두 새의 온도 변화를 보면 되고. 마무리! (3번 문제)
- 이제 땀! (7번 문제)

[윤선의 창의적 문제 해결 과정]

그림 4에 나타난 윤선의 문제 해결 과정을 보면, 앞의 과학 영재 아동들에 비하여 매우 단순하고 성급한 문제 해결 단계를 거침을 알 수 있다.

일반 아동인 윤선의 경우, 과학 영재 아동들과는 달리 문제 해결 초기에 실질적인 문제 해결에 도움이 되는 아이디어를 이끌어내지 못하는 경우가 대부분이었다. 물론 과학 영재 아동들과 마찬가지로 문제 이해 단계를 거치기는 하였지만 문제 해결을 위하여 효과적으로 계획을 수립하거나 자신의 문제 해결 과정이 합리적인지를 확인하는 과정을 보이지는 않았다. 윤선 역시, 문제에서 주어진 사실과 정보를 활용하여 문제 해결을 시도하긴 하였지만, 상학과 현지와는 달리 자신의 문제 해결 과정 및 결과에 대한 검증 및 재확인 절차를 거치지 않았다. 즉, 주어진 과학 문제를 읽은 후, 보통 한 가지 정도의 아이디어만을 떠올리고 이를 전개, 검증해 나가는 과정을 3~4회 정도 반복한 후 문제를 마무리하였다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구에서는 과학 영재 아동 2명과 일반 아동 1명의 창의적 문제 해결 과정을 분석하여, 창의적 과학 문제 해결력과 밀접한 연관을 맺고 있는 여러 요소들인 과학 내용 지식, 탐구 능력, 창의적 사고력, 정의적 특성이 중요한 역할을 담당하고 있음을 발견하였다. 특히 과학 영재로 선발된 아동들 중에

도 문제 해결 과정과 결과 측면에서 각기 큰 차이를 나타냄을 알 수 있었으며, 과학 영재 아동들과 일반 아동 사이에도 과학 문제 해결 과정에 독특한 특징의 차이를 보이는 것을 알 수 있었다.

첫째, 과학 영재 아동들인 상혁과 현지는 일반 아동인 윤선에 비해 수준 높은 과학 지식을 지니고 과학 탐구 능력을 잘 활용하여 과학 문제를 해결하는 특징을 보였다. 특히 과학 영재 아동들은 기존에 학습했던 과학 지식뿐 아니라, 일상 과학 경험 등에 바탕을 둔 다양한 과학 지식을 지니고 있었으며, 이는 과학적 문제 해결 상황에서 창의적 사고력의 특성인 직관이나 결합, 유추 등을 통해 다양한 아이디어의 형태로 산출되어 활용되었다.

본 연구의 영재 아동들 중에서는 과학적 창의성이 우수한 영재 아동인 현지가 더 높은 문제 해결력을 보이는 것으로 나타남으로써, 과학 내용 지식을 지니고 있었지만 창의적 사고력을 적게 지니고 있었던 영재 아동인 상혁이 창의적 문제 해결에는 상대적으로 부족한 면을 나타내었다.

이는 Mumford(1998)가 제안한 창의성 모델의 연구에서 볼 때, 효과적인 창의적 과학 문제 해결 과정에는 특정 영역 관련 지식과 더불어 일반 지식의 역할이 중요하며, 창의적 사고력인 직관 또는 유추 능력의 개발이 중요하다고 할 수 있다. 따라서 창의적 문제 해결을 위해서는 체계적 교육과 함께 다양한 과학 경험과 일상 경험이 필요하다고 할 수 있다. 즉, 본 연구에서 제시하고 있는 창의적 과학 문제 해결을 위한 네 가지 요소인 과학 내용 지식, 탐구 능력, 창의적 사고력, 정의적 특성을 지니는 것이 필요함을 나타낸다고 할 수 있다.

둘째, 수준 이상의 과학 지식을 활용한 과학 영재 아동인 상혁에 비하여 창의적 사고와 문제 해결 전략을 잘 활용한 과학 영재 아동인 현지의 문제 해결력이 더 우수한 것으로 나타났다. 현지는 아이디어의 발산과 융통적 사고 과정이 많았으며 문제의 재확인 등을 통한 정보와 사실 발견, 논리적, 비판적 사고가 우수하였다.

이는 창의적 사고와 문제 해결력에는 단순한 지식의 축적 이상을 포함하여야 하는 경우가 많음을 시사한다(Mumford, 1998). 즉, 단순한 수준의 과학 지식이 창의적 사고에 영향을 미치는 것이 아니며 과학 지식뿐 아니라 확산적 사고와 수렴적 사고를 포함하는 창의적 사고력과 문제 해결 전략의 적절

한 사용이 중요함을 나타낸다. 한편, 상혁이 보인 직관적이고 독창적인 아이디어의 창출은 과학 영재의 중요한 특성으로 분류되며, 현지에 비하여 다소 떨어지는 문제 해결력은 보였더라도, 상혁의 독창적이고 심도 있고 정교화된 아이디어 생성 과정에도 관심을 가져야 할 것으로 본다.

셋째, 창의적 과학 문제 해결 과정에서 과제 집착력, 민감성, 과학적 태도와 같은 정의적 특성 또한 창의적으로 문제를 해결하는 과정에서 중요한 요소로 나타났다. 즉, 과학 영재 아동들의 경우 일반 아동에 비해 민감하게 문제를 발견해 내는 능력이 우수하며, 강한 과제 집착력을 지니고 있어 아이디어의 양을 늘려 문제 해결을 다각적으로 시도하는 것으로 나타났다. 일반 아동의 성급한 종결 성향은 문제 해결의 중반부에서 문제를 제대로 해결하지 못하고 성급하게 마무리하는 결과를 초래하였고 이는 낮은 수준의 문제 해결력으로 연결되었다.

이상에서 논의하였던 본 연구의 결론을 바탕으로 과학 영재 교육에의 시사점을 제시하고자 한다. 창의적 과학 문제 해결력의 신장을 목표로 할 때, 문제 해결 과정의 훈련만을 강조한다거나, 과학 내용 지식 또는 탐구 능력만을 강조하는 등의 부분적인 영재 교육 방식은 학생들의 창의적 문제 해결 능력 향상에 효과적이지 못할 수 있다. 즉, 창의적 과학 문제 해결의 향상을 위하여 과학 내용 지식뿐만 아니라, 탐구 능력, 창의적 사고력, 정의적 특성을 골고루 지니도록 배려하여야 함을 시사한다.

이는 과학 영재 교육의 평가 체제와 방식에 대한 방향성을 제시하여 준다. 창의적 과학 문제 해결력의 효과적인 신장과 함께 과학 영재 교육의 평가 및 수행에 효과적인 방안을 제시할 수 있다. 학생들의 창의성, 문제 해결력, 또는 창의적 과학 문제 해결력을 신장시키기 위한 목적으로 영재 교육을 실시하고 평가하려고 할 때, 무엇을 어떻게 평가하여야 할지에 대한 시사점을 준다. 예컨대, 앞서 제시한 바와 같이 창의적 과학 문제 해결 과정에 영향을 주는 여러 요소가 있다고 할 때, 어느 한 가지 측면만을 강조하는 것보다는 이러한 요소들에 대한 종합적인 평가 방안, 교육 방법에 대하여 연구하는 것이 중요하다고 본다.

이러한 관점에서 볼 때, 현재 우리나라에서 전역에서 이루어지고 있는 과학 영재 교육 프로그램의

운영 방향을 점검할 필요가 있다고 본다. 본 연구의 결과를 고려할 때, 효과적인 과학 영재 교육의 방향은 창의적 과학 문제 해결의 향상에 필요한 과학 내용 지식, 과학 탐구 능력, 창의적 사고력, 정의적 특성의 교육 영역을 고르게 고려하는 데에 있다고 생각한다. 만일 과학 영재 교육 방향에 있어 어느 한 쪽 부분과 영역만을 강조하거나, 또 다른 영역은 소홀하게 다루어 교육하고 있는 경우, 과학 영재 교육의 중요한 목표인 학생들의 창의적 사고력을 기르고자 하는 본래의 기본 방향에 비효과적으로 작용할 수도 있다는 점에 주의하여야 할 것이다.

참고문헌

- 김경자, 김아영, 조석희(1997). 창의적 문제해결능력 신장을 위한 교육과정 개발의 기초. 교육심리연구, 15(2), 129-153.
- 김명숙, 최인수(2005). 창의성의 영역특수성과 영역일반성의 절충적 대안 탐색: 창의적 잠재력과 창의적 수행을 중심으로. 교육심리연구 19(4), 1139-1158.
- 김선희, 김기연, 이종희(2005). 중학교 수학 영재와 과학 영재 및 일반 학생의 인지.
- 김영채(1999). 창의적 문제 해결 : 창의력의 이론, 개발과 수업. 교육과학사.
- 김영채(2005). 창의성의 평가방안, 교육평론, 14(153), 26-30.
- 박종원(2004). 과학적 창의성 모델의 제안-인지적 측면을 중심으로. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.
- 신지은(2002). 과학영재와 일반 학생의 창의성 비교 연구 : 확산적 사고와 과학 창의성을 중심으로. 서울대학교 석사학위 논문.
- 신지은, 한기순, 정현철, 박병진, 최승언(2002). 과학 영재 학생과 일반 학생은 창의성에서 어떻게 다른가? : 서울대학교 과학영재교육센터 학생들을 중심으로. 한국과학교육학회지, 22(1) 158-175.
- 윤초희(2005). 아동의 창의적 문제 해결력과 관련이 있는 인지 및 창의성 요인 : 영재아와 보통아간 비교 분석. 아동학회지, 26(5), 1-15.
- 이정규(2003). 창의성의 측정과 영역성에 대한 탐색적 연구. 성균관대학교 박사학위 논문.
- 전경원(2000). 창의학 : 동서양의 하모니를 위한. 학문사
- 조석희(1990). 과학영재 판별도구의 개발 및 타당화 연구 - 과학적 사고기능 검사를 중심으로. 초등교육연구, 4, 55-69.
- 조석희, 시기자, 지은림(1997). 과학적 창의적 문제 해결력 검사. 한국교육개발원 : 한국교육심리연구소.
- 조석희, 호사라, 전재현(2005). 창의성 교육 프로그램 개발 연구 보고서-프로그램 활용 방법을 중심으로. 연구자료 RM 2005-5. 교육인적자원부, 전라북도 교육청.
- 조연순, 성진숙, 체재숙, 구성혜(2000). 창의적 문제 해결력 신장을 위한 초등과학교육과정 개발 및 적용. 한국과학교육학회지, 20(2), 307-328.
- 한기순, 배미란(2004). 과학 영재와 일반 학생들 간의 사고 양식과 지능 및 창의성간의 관계 비교. 교육심리연구, 18(2), 49-68.
- Isaksen, S. G. & Treffinger, D. J.(1985). *Creative problem solving: The basic course*. Buffalo, NY: Bearly Ltd.
- Isaksen, S. G., Dorval, K. B. & Treffinger, D. J.(1994). *Creative approaches to problem solving*. Dubuque, IO: Kendall Hunt Pub. Co.
- Mumford, M. D.(1998). Creative Thought : Structure, Component and Educational Implications. *Roepers Review*, 21(1), 14-19.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I.(1995). *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*. NY: Free Press.
- Torrance, P.(1993). The beyonders in a thirty year longitudinal study of creative achievement. *Roepers Review*, 15(3), 131-139.
- Urban, K. K.(1995). Creativity-A componential approach. Post conference China meeting of the 11th world conference on gifted and talented children. Beijing, China, August. 5-8.
- van Someren, M. W., Barnard, Y. F. & Sandberg, J. A. C.(1994). *The Think Aloud Method : A practical guide to modeling cognitive process*. Lodon: Academic Press.