

초등 과학 영재의 과학 문제 해결 과정 분석

임청환 · 임귀숙[†]

(대구교육대학교) · (경북대학교 사범대학 부설초등학교)[†]

Analysis on Science Problem Solving Process of the Elementary Science Gifted Students

Lim, Cheong Hwan · Lim, Gui Sook[†]

(Daegu National University of Education) ·

(Attached Elementary School to the College of Education, Kyoungpook National University)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate knowledge types which the elementary science gifted students would use when solving a science problem, and to examine characteristics and types that were shown in the science problem solving process. For this study, 39 fifth graders and 38 sixth graders from Institute of Education for the Gifted Science Class were sampled in one National University of Education. The results of this study were as follows. First, for science problem solving, the elementary science gifted students used procedural knowledge and declarative knowledge at the same time, and procedural knowledge was more frequently used than declarative knowledge. Second, as for the characteristics in the understanding step of solving science problems, students tend to exactly figure out questions' given conditions and what to seek. In planning and solving stage, most of them used 3~4 different problem solving methods and strategies for solving. In evaluating stage, they mostly re-examined problem solving process for once or twice. Also, they did not correct the answer and had high confidence in their answers. Third, good solvers had used more complete or partially applied procedural knowledge and proper declarative knowledge than poor solvers. In the problem solving process, good solvers had more accurate problem-understanding and successful problem solving strategies. From characteristics shown in the good solvers' problem solving process, it is confirmed that the education program for science gifted students needs both studying on process of acquiring declarative knowledge and studying procedural knowledge for interpreting new situation, solving problem and deducting. In addition, in problem-understanding stage, it is required to develop divided and gradual programs for interpreting and symbolizing the problem, and for increasing the understanding.

Key words : elementary science gifted student, science problem solving process, problem solving process analysis

I. 서 론

21세기 미래의 정보화 사회는 고차원적인 사고력과 창의력을 갖춘 두뇌가 국력을 대변한다는 점에서 국가 경쟁력을 기르기 위한 방법으로 수월성

교육이 필요하다. 경쟁을 통해 교육의 수월성을 확보하고 영재를 발굴하여 육성하는 일은 세계화 시대에 국가 간 경쟁에서 살아남을 수 있는 대안이라는 점 때문에 과학 영재의 행동 특성, 교육 과정, 교수·학습 전략, 평가와 관별 등 영재 교육의 다

양한 영역에 대한 연구가 진행되어 왔다.

그 중에서도 과학 영재들의 학습 심리적 위계를 반영한 영재 교육 프로그램 개발이나 교수·학습 전략 설계와 평가 및 판별이 과학 영재 교육의 효율성을 제고할 수 있다는 측면을 고려할 때 과학영재들의 과학 탐구 문제를 해결해 가는 사고 과정 특성을 분석하는 일은 의미 있는 일이다.

과학 탐구 문제 해결을 위해서 사용한 지식의 종류와 문제 해결 전략, 문제 해결 과정에 나타난 세부적 특성을 해석하고 분석하여 종합함으로써 문제 해결의 사고 과정 유형을 도출할 수 있다. 또한, 문제 해결력이 과학 교육에서 중요한 이유는 문제를 해결하는 과정에서 기초적인 지식이나 기능을 더욱 확실하게 이해할 수 있을 뿐만 아니라 지식의 단순 암기와 단순 적용, 알고리즘의 반복 연습에서 탈피하여 의사 결정, 비판적 사고, 창의적 사고 등과 같은 고등 정신을 신장할 수 있기 때문이다(홍미영, 1995).

문제 해결력은 문제를 다양한 방법으로 표상하고 문제에 관련된 요소를 통합적으로 이해하고 사전 지식을 효과적으로 사용하며, 최종 목표에 도달하기 위한 전략을 잘 사용하는 복잡하고도 고차원적인 사고 과정이다(Hayes, 1989). 성공적인 문제 해결을 위해서는 문제와 관련된 내용에 대한 지식 이해, 문제를 표상할 수 있는 능력, 전략을 선택하고 계획하는 능력, 적절한 기술과 지식을 사용하여 문제 해결을 수행할 수 있는 능력이 요구된다(Finegold & Mass, 1985).

과학 탐구 문제를 해결해가는 사고 과정에 관한 선행 연구로는 과학에서의 문제 해결 과정에서 나타난 특성을 분석한 연구(Camacho & Good, 1989; 홍미영, 박윤배, 1994; 노태희, 전경문, 1996; Huffman, 1997; 이항로, 1998; Heyworth, 1999; Gaigher 등, 2007), 문제의 표상을 효과적으로 하기 위한 시각적인 표상을 강조하는 교수 전략에 관한 연구(노태희, 전경문, 1997), 문제 해결 기술을 학생들에게 습득시키기 위한 문제 해결 전략에 관한 연구(Huffman, 1997; 전경문, 노태희, 2000), 물리의 개념적 이해 발달을 위한 구조화된 문제 해결 전략에 관한 연구(Gaigher 등 2006), 사례 기반 학습 프로그램 개발·적용을 통한 과학 문제 해결력 측정에 관한 연구(곽호숙, 장신호, 2009) 등이 있다. 이외의 대부분의 연구는 다양한 맥락에서 학생들의 문제 해결력을 향상시킬 수 있는 문제 해결 사고 과정 특성 기반 교수·학습

과 평가 방법들을 제시하고자 하였다. 또한, 기존의 연구들은 학교 교육에서 문제 해결의 중요성과 문제 해결에 필요한 능력 함양과 개념적 이해를 평가할 수 있는 방법을 제시하고 있으나, 대부분 중·고등학생과 대학교 학생을 대상으로 한 연구들이다.

반면에, 최근에는 초등학생의 과학 문제 해결 과정의 특성에 관한 연구(김찬중, 1998; 김은진, 2006; 신동희, 박병태, 2009)와 초등과학 영재의 특성 도출을 위한 탐구 활동에서의 담화 분석(최미향, 전영석, 2010) 연구가 있으나, 초등학교 과학 영재들의 문제 해결 과정에서 나타나는 공통점과 차이점을 분석한 연구는 부족한 실정(김은진, 2006)이어서 초등과학 영재들이 과학 문제 해결 과정에서 사용한 지식의 종류와 문제 해결 과정에서 나타난 사고 과정 특성 및 유형을 알아보는 연구가 필요하다.

본 연구의 목적은 초등 과학 영재가 과학 문제를 해결할 때 사용하는 문제 해결 전략 및 사고 과정의 특성을 분석하는데 있다. 구체적인 연구 문제는 첫째, 문제 해결 과정에서 사용하는 과학 지식의 유형, 둘째, 문제 해결 과정 단계별 특성 및 유형, 셋째, 문제 해결 성공자와 실패자의 주요 사고 과정 차이를 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 광역시 소재 A 교육대학교 영재교육원 과학 영재 5학년 39명, 6학년 38명이다. 이들은 1차 시험에서 수학과 과학 교과의 선다형 문제, 2차 시험에서 과학 교과의 고차적 사고력 측정 서술형 문제로 최종 선발 인원의 2배수로 선발된 후, 3차 시험에서 탐구 수행 능력 측정을 위한 실기 시험과 자기 소개서 및 면접을 통한 평가 결과를 종합하여 최종 선발되었다.

2. 사고 과정 검사 도구의 개발과 특성

과학 영재의 문제 해결 사고 과정 분석을 위한 검사지는 노태희와 전경문(1997)의 연구 결과를 근거로 하였으며, 각 단계별로 세분화하여 응답하도록 제시된 4단계 문제 해결 과정 검사 도구를 개발하였다(부록). 검사지는 연구자의 주관적인 판단에 의한 오류를 최소화하고 피험자의 문제 해결 과정에서

나타나는 사고 과정과 풀이 방법을 최대한 상세하게 알아낼 수 있도록, 피험자가 문제 해결 과정을 단계별로 세분화하여 응답하도록 하였다. 문항은 선다형과 서답형 각각 한 개로 구성되어 있고, 수행 시간은 50분으로 하였다. 검사지의 각 단계별 답안 작성 내용은 표 1과 같다.

3. 자료 수집 및 분석

과학 영재들이 문제를 해결하는 동안 그들의 사고 과정과 풀이 방법을 글로써 충분히 표현할 수 있도록 하기 위하여 검사 실시 전 문제 해결을 위한 설명서를 이용하여 답안 작성을 위한 연습 시간을 가졌다. 검사의 의도 및 실시상의 유의점을 안내하였으며, 선다형 예시 문제를 토대로 단계별 답안 작성 방법을 설명하였다.

문제 해결 과정에서 나타나는 특성 및 유형을 파악하기 위한 검사지 분석 요소는 문제 해결에서 사용한 과학 지식의 종류, 문제 해결 과정의 단계별 특성, 소요 시간, 성공자와 실패자의 사고 과정 특성 등이다.

1) 문제 해결 과정에서 사용한 과학 지식 유형 분석

문제를 해결하기 위하여 과학 탐구 능력과 과학적 개념을 사용하는데, 과학 탐구 능력은 절차적 지식에, 과학적 개념은 선언적 지식에 해당하며, 문제 해결 과정에서 사용한 과학 지식의 분석틀은 이항로(1998)의 분석틀을 사용하였다(표 2).

표 1. 단계별 기술할 항목

| 단계 | 기술 항목 |
|----|--|
| 이해 | · 문제를 읽은 횟수 · 문제의 이해 정도 · 문제의 난이도 · 문제에 주어진 조건 및 구해야 할 것 |
| 계획 | · 문제 해결 전략이나 방법 선택 · 정답과 오답에 대한 이유나 근거 제시 |
| 풀이 | · 문제 풀이 과정 기술 · 풀이 과정에 대한 이유나 근거 제시 · 사용한 과학 지식 기술 |
| 검토 | · 자신의 답에 대한 검토 · 답에 대한 검토 횟수 · 답에 대한 확신 정도 · 답의 수정 여부와 수정한 이유 |

표 2. 문제 해결 과정에서 사용한 과학 지식 분류틀

| 내용 | 유형 |
|-----------------------|-------|
| 절차적 지식을 완전하게 적용한 경우 | P_a |
| 절차적 지식을 부분적으로 적용한 경우 | P_p |
| 절차적 지식을 잘못 적용한 경우 | P_n |
| 선언적 지식을 모두 바르게 적용한 경우 | C_a |
| 선언적 지식을 부분적으로 적용한 경우 | C_p |
| 선언적 지식을 잘못 적용한 경우 | C_w |

관찰이나 일상생활의 경험에 의해 문제를 해결한 경우는 P_p 에, 추측에 의한 경우는 P_n 에, 문제 풀이를 중간에 포기하거나 기술하지 않은 경우는 C_w 로 분류하였다.

2) 문제 해결 과정의 단계별 특성 분석

문제 해결 과정의 단계별 특성 분석을 위한 분석틀은 과학 문제 해결력 검사지의 답지에 제시된 단계별 항목으로 구분하여 범주화 하였으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

(1) 이해 단계의 분석틀

분석틀은 문제를 분석하고 이해하기 위해 문제를 읽은 횟수와 피험자가 느끼는 문제 이해 정도, 체감 난이도, 연구자가 파악한 피험자의 문제 이해 정도 영역으로 구분되었으며, 그 구조는 표 3과 같다.

(2) 계획 단계의 분석틀

피험자가 문제 해결을 위해 선택한 문제 해결 전략의 종류를 분석하기 위한 분석틀은 표 4와 같다.

(3) 풀이 단계의 분석틀

계획 단계에서 선택한 방법을 이용하여 문제를 해결하였을 때, 성공한 학생과 실패한 학생의 문제 해결 유형에 대한 분석틀은 표 5, 표 6과 같다.

(4) 검토 단계의 분석틀

문제 해결에 대한 검토 과정의 특성 및 풀이와 답에 대한 확신도 분석틀은 표 7과 같다.

(5) 문제 해결 과정 단계별 소요 시간 분석틀

문제 해결 과정에서 단계별 소요 시간에 대한 분석틀은 표 8과 같다.

표 3. 이해 단계의 문제 해결 과정 특성 분석들

| 구분 | 내용 | 유형 |
|---------------------------------|------------------|-----------------------|
| 문제를 이해하기 위하여 문제를 읽은 횟수 | 1회 | U _{a1} |
| | 2회 | U _{a2} |
| | 3회 | U _{a3} |
| | 4회 | U _{a4} |
| | 5회 이상 | U _{a5} |
| 문제를 이해한다. | 매우 그렇다 | U _{b1} |
| | 그렇다 | U _{b2} |
| | 보통이다 | U _{b3} |
| | 그렇지 않다 | U _{b4} |
| | 전혀 그렇지 않다 | U _{b5} |
| 문제가 쉽게 느껴진다. | 매우 그렇다 | U _{c1} |
| | 그렇다 | U _{c2} |
| | 보통이다 | U _{c3} |
| | 그렇지 않다 | U _{c4} |
| | 전혀 그렇지 않다 | U _{c5} |
| 문제에서 주어진 조건 및 구해야 할 것에 대한 파악 정도 | 두 가지 모두 명확하다 | U _{d1} |
| | 한 가지만 명확하다 | U _{d2} |
| | 두 가지 모두 명확하지 못하다 | U _{d3} |
| | | |

표 4. 계획 단계의 문제 해결 전략 분석들

| 내용 | 유형 |
|---------------------------|----------------------|
| 문제와 답지를 분석해서 | P ₁ |
| 주어진 표와 그래프, 예시 자료를 분석해서 | P ₂ |
| 교과서에서 배운 내용을 기억해서 | P ₃ |
| 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서 | P ₄ |
| 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 기억해서 | P ₅ |
| 확실하지는 않지만 느낌에 정답으로 생각되어서 | P ₆ |

표 5. 성공자의 문제 해결 유형 분석들

| 내용 | 유형 |
|----------------------------------|----------------------|
| 문제와 답지를 분석하여 정답을 유추 | C ₁ |
| 주어진 표와 그래프, 예시 자료를 분석하여 정답을 유추 | C ₂ |
| 교과서에서 배운 내용을 기억하여 정답을 유추 | C ₃ |
| 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서 정답을 유추 | C ₄ |
| 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 기억해서 정답을 유추 | C ₅ |
| 답에 대한 확신은 없으나 느낌으로 정답을 유추 | C ₆ |

표 6. 실패자의 문제 해결 유형 분석들

| 내용 | 유형 |
|-------------------------------------|----------------------|
| 문제와 답지를 잘못 분석하여 오답을 유추 | D ₁ |
| 주어진 표와 그래프, 예시 자료를 잘못 분석하여 오답을 유추 | D ₂ |
| 교과서에서 배운 내용을 잘못 기억하여 오답을 유추 | D ₃ |
| 잘못된 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서 오답을 유추 | D ₄ |
| 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 잘못 기억해서 오답을 유추 | D ₅ |
| 답에 대한 확신 없이 답을 선택하여 오답을 유추 | D ₆ |

표 7. 검토 단계의 분석들

| 문항 | 내용 | 유형 |
|---------------------|-----------|-----------------------|
| 문제와 답을 검토한 횟수 | 0회 | E _{a1} |
| | 1회 | E _{a2} |
| | 2회 | E _{a3} |
| | 3회 | E _{a4} |
| | 기타 | E _{a5} |
| 검토 과정에서 답을 고쳤는가? | 그렇다 | E _{b1} |
| | 그렇지 않다 | E _{b2} |
| 자신의 답이 정답이라고 확신하는가? | 매우 그렇다 | E _{c1} |
| | 그렇다 | E _{c2} |
| | 보통이다 | E _{c3} |
| | 그렇지 않다 | E _{c4} |
| | 전혀 그렇지 않다 | E _{c5} |

3) 문제 해결에서 성공자와 실패자의 특성 분석
 피험자의 검사지를 분석하여 문제 해결 성공자와 실패자로 구분하였다. 성공자와 실패자가 사용한 과학 지식의 차이점은 표 2의 분석들을 사용하였다. 문제 해결 과정 단계별에서 나타난 특성 및 유형의 차이점은 표 3에서 표 7의 분석들을 사용하였다. 문제 해결 과정 단계별 소요 시간이 문제 해결의 성공 여부에 미친 영향은 표 8의 분석들을 사용하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 문제 해결 과정에서 사용한 과학 지식 유형

학생들은 문제 해결을 위해 선다형 문제와 서답

표 8. 문제 해결 과정 단계별 소요 시간

| 단계 | 내용 | 유형 |
|---------|---------|-----------------------|
| 문제 이해 | 3분 미만 | T _{a1} |
| | 3분~5분 | T _{a2} |
| | 5분 초과 | T _{a3} |
| 계획 및 풀이 | 10분 미만 | T _{b1} |
| | 10분~15분 | T _{b2} |
| | 15분~20분 | T _{b3} |
| | 20분 초과 | T _{b4} |
| 검토 | 2분 미만 | T _{c1} |
| | 2분~4분 | T _{c2} |
| | 4분 초과 | T _{c3} |

형 문제 모두에서 한 번 이상의 절차적 지식과 선언적 지식을 동시에 사용하였다. 또한 학생마다 절차적 지식의 사용 및 선언적 지식의 사용 개수가 다르게 나타났다. 문제 해결 과정에서 사용한 과학 지식의 유형별 반응 사례수를 문항 유형별, 학년별로 구분하여 나타내면 표 9와 같다.

문항의 유형별에서 나타난 특성으로는 선다형 문항에서는 절차적 지식을 부분적으로 사용(P_p: 81.8%)한 경우가 가장 많았고 절차적 지식의 완전한 적용(P_a: 55.8%)순으로 나타났다. 서답형 문제에서는 절차적 지식의 완전한 적용(P_a)과 선언적 지식을 모두 바르게 적용(C_a)하여 문제를 해결하는 경우가 비슷한 비율로 높게 나타났다.

표 9. 문제 해결 과정에서 사용한 지식 유형에 따른 반응 사례수 분포

| 영역 | 구분 유형 학년(N) | 절차적 지식 | | | 선언적 지식 | | |
|---------------|-------------------|---------------|-------|------|--------|------|------|
| | | Pa | Pp | Pn | Ca | Cp | Cw |
| | | 문제 1 (선다형) | 5(39) | 21 | 31 | 19 | 15 |
| | 6(38) | 22 | 32 | 22 | 14 | 13 | 23 |
| | 계(77) | 43 | 63 | 41 | 29 | 27 | 41 |
| | 백분율 | 55.8 | 81.8 | 53.2 | 37.7 | 35.1 | 53.2 |
| 문제 2 (서답형) | 5(39) | 17 | 12 | 17 | 17 | 12 | 17 |
| | 6(38) | 27 | 18 | 8 | 26 | 9 | 9 |
| | 계(77) | 44 | 30 | 25 | 43 | 21 | 26 |
| | 백분율 | 57.1 | 39.0 | 32.5 | 55.8 | 27.2 | 33.8 |

학년별 특성으로는 선다형 문제에서는 두 학년 모두 문제 해결을 위해 절차적 지식을 비슷한 비율로 사용하였다. 선언적 지식을 모두 바르게 적용한 경우(C_a)는 두 학년 모두 비슷하나, 부분적으로 적용한 경우(C_p)는 5학년에서 더 많았다. 서답형 문제에서는 6학년이 문제 해결을 위해 5학년보다 절차적 지식을 완전하게 또는 부분적으로 적용한 경우와 선언적 지식을 완전하게 사용한 경우가 더 많았다.

이와 같은 결과로 볼 때, 선다형 문항을 해결할 때 절차적 지식과 선언적 지식이 함께 동원되나, 절차적 지식이 문제 해결에 더 중요한 요인임을 알 수 있다. 또한, 서답형 문항의 경우는 선다형 문항보다 완전한 절차적 지식과 선언적 지식을 활용하는 것으로 나타났으며, 고학년일수록 더 완전한 절차적 지식과 선언적 지식을 적용하는 사례가 많았다.

2. 과학 문제 해결 과정 단계별 특성 및 유형

문제 해결 과정에서 나타난 단계별 특성 및 유형을 제시하면 다음과 같다.

1) 이해 단계

이해 단계에서 읽은 횟수, 이해도, 난이도, 연구자가 본 이해도에 대한 반응 사례수를 제시하면 표 10과 같다.

초등 과학 영재들은 문제를 이해하기 위해 76% 정도가 2회 이상 읽었으며, 87.7%가 문제를 이해해서 해결하는 것으로 나타난 반면, 연구자는 92.9%의 학생이 문제를 이해하는 것으로 판정하였다.

2) 계획 단계

계획 단계에서 과학 영재들의 문제 해결을 위한 문제 해결 전략별 반응 사례수 분포는 표 11과 같다.

문제지와 답지를 분석하여 해결하는 전략 99.4%, 주어진 표와 그래프나 예시 자료를 활용하고 해석하여 해결하는 전략 90.3%, 관찰이나 일상생활의 경험과 관련짓는 전략 48.7%, 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 기억하는 전략 46.1%, 교과서에서 배운 내용의 기억이나 느낌 적용 전략 43.5%의 순서로 나타났다.

초등 과학 영재들은 하나의 문제를 해결하기 위하여 다양한 전략을 적용하고 있으며, 대부분 문제와 답지 분석 전략과 표나 그래프, 예시자료 활용 전략을 활용하는 것으로 나타났다.

3) 풀이 단계

풀이 단계에서 선택한 방법을 이용하여 문제를 해결하였을 때 성공자와 실패자의 사고 과정 유형 분포를 제시하면 표 12와 같다.

표 10. 이해 단계에서의 반응 사례수 분포

| 구분 | 분석 기준(유형) | 백분율(%) | |
|--|------------------------------------|---------------|---------------|
| | | 선다형 (n=77) | 서답형 (n=77) |
| 문제를 이해하기 위하여 문제를 읽은 횟수 | 1회(U _{a1}) | 31(40.3) | 35(45.5) |
| | 2회(U _{a2}) | 24(31.2) | 27(35.1) |
| | 3회(U _{a3}) | 14(18.2) | 9(11.7) |
| | 4회(U _{a4}) | 7(9.1) | 4(5.2) |
| | 기타(U _{a5}) | 1(1.3) | 1(1.3) |
| 문제를 이해한다. (피험자) | 매우 그렇다(U _{b1}) | 29(37.7) | 37(48.1) |
| | 그렇다(U _{b2}) | 33(42.9) | 36(46.8) |
| | 보통이다(U _{b3}) | 13(16.9) | 3(3.9) |
| | 그렇지 않다(U _{b4}) | 0(0.0) | 0(0.0) |
| | 전혀 그렇지 않다(U _{b5}) | 0(0.0) | 0(0.0) |
| 문제가 쉽게 느껴진다. | 매우 그렇다(U _{c1}) | 9(11.7) | 24(31.2) |
| | 그렇다(U _{c2}) | 29(37.7) | 24(31.2) |
| | 보통이다(U _{c3}) | 27(35.1) | 23(29.9) |
| | 그렇지 않다(U _{c4}) | 10(13.0) | 3(3.9) |
| | 전혀 그렇지 않다(U _{c5}) | 2(2.6) | 2(2.6) |
| 연구자가 본 문제에서 주어진 조건 및 구해야 할 것에 대한 파악 정도 | 두 가지 모두 명확하다(U _{d1}) | 41(53.3) | 43(55.8) |
| | 한 가지만 명확하다(U _{d3}) | 32(41.6) | 25(32.5) |
| | 두 가지 모두 명확하지 못하다(U _{d5}) | 4(5.2) | 8(10.4) |

성공자의 문제 해결 유형은 선다형과 서답형 모두 문제와 답지를 분석하여 해결하는 유형, 주어진 표와 그래프나 예시 자료를 분석하여 정답을 유추하는 유형, 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을

표 11. 계획 단계에서의 문제 해결 전략별 반응 사례수 분포

| 응답 내용 (유형) | 학년 | 백분율(%) | |
|--|----|-----------|-----------|
| | | 선다형(n=77) | 서답형(n=77) |
| 문제와 답지를 분석해서(P ₁) | 5 | 39 | 39 |
| | 6 | 38 | 37 |
| | 계 | 77(100.0) | 76(98.7) |
| 주어진 표와 그래프, 예시 자료를 분석해서(P ₂) | 5 | 37 | 30 |
| | 6 | 38 | 34 |
| | 계 | 75(97.4) | 64(83.1) |
| 교과서에서 배운 내용을 기억해서(P ₃) | 5 | 20 | 16 |
| | 6 | 11 | 20 |
| | 계 | 31(40.3) | 36(46.8) |
| 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서(P ₄) | 5 | 22 | 11 |
| | 6 | 26 | 16 |
| | 계 | 48(62.3) | 27(35.1) |
| 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 기억해서(P ₅) | 5 | 14 | 13 |
| | 6 | 20 | 24 |
| | 계 | 34(44.2) | 37(48.1) |
| 확실하지는 않지만 느낌에 정답으로 생각되어서(P ₆) | 5 | 23 | 16 |
| | 6 | 15 | 13 |
| | 계 | 38(49.4) | 28(36.4) |
| 선택한 해결 전략의 평균 개수 | 5 | 3.97/6 | 3.15/6 |
| | 6 | 3.89/6 | 3.79/6 |
| | 계 | 3.93/6 | 3.47/6 |

표 12. 풀이 단계의 성공자와 실패자의 문제 해결 유형별 사례수 분포

| 영역 | 구분 유형 학년(N) | 성공 | | | | | | 실패 | | | | | |
|--------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ | C ₆ | D ₁ | D ₂ | D ₃ | D ₄ | D ₅ | D ₆ |
| 문제1 (선다형) | 5(39) | 27 | 37 | 21 | 16 | 9 | 17 | 17 | 14 | 3 | 8 | 6 | 10 |
| | 6(38) | 34 | 35 | 5 | 20 | 16 | 8 | 14 | 15 | 8 | 11 | 7 | 8 |
| | 계(77) | 61 | 72 | 26 | 36 | 25 | 25 | 31 | 29 | 11 | 19 | 13 | 18 |
| | 백분율 | 79.2 | 93.5 | 33.8 | 46.8 | 32.5 | 32.5 | 40.3 | 37.7 | 14.3 | 24.7 | 16.9 | 23.4 |
| 문제2 (서답형) | 5(39) | 24 | 22 | 10 | 9 | 8 | 9 | 15 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| | 6(38) | 30 | 29 | 15 | 12 | 22 | 10 | 6 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| | 계(77) | 54 | 51 | 25 | 21 | 30 | 19 | 21 | 4 | 5 | 7 | 6 | 6 |
| | 백분율 | 70.1 | 66.2 | 32.5 | 27.3 | 39.0 | 24.7 | 27.2 | 5.2 | 6.5 | 9.0 | 7.8 | 7.8 |

기억해서 정답을 유추하는 유형의 순이었으며, 선다형의 경우 서답형에서 보다 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서 정답을 유추하는 사례수가 월등히 많았다.

실패자의 문제 해결 유형도 성공자의 경우와 같이 선다형과 서답형 모두 문제와 답지를 잘못 분석하여 오답하는 유형, 주어진 표와 그래프나 예시 자료를 잘못 분석하여 오답하는 유형, 잘못된 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서 오답하는 유형의 순이었으며, 특히 서답형의 경우 문제 해결 전략을 거의 세우지 않거나 적용하지 못하는 것으로 나타났다.

이로 미루어 볼 때 초등학교 과학 영재의 문제 해결 성공자는 실패자에 비해 다양한 문제 해결 전략을 적용하고 있으며, 문제나 답지를 분석하거나 문제 관련 도표나 그래프 및 예시 자료 등을 분석하여 해결하는 경우가 대부분으로 그 빈도수는 성공자의 경우가 많았다. 선다형 문항에서의 성공자 문제 해결 유형 중 추측으로 선택하는 경우가 다수 있었으며, 서답형 문항에서의 실패자 문제 해결 전략은 미흡한 것으로 나타났다.

4) 검토 단계

검토 단계에서 과학 영재가 문제를 해결할 때 검토한 횟수 및 답안 수정 여부, 정답에 대한 확신도를 백분율로 제시하면 표 13과 같다.

문제 해결에 대한 검토 횟수가 1~2회인 학생 비율은 선다형 문제에서 70.2%, 서답형 문제에서 72.8%로 나타났다. 또한, 검토 과정에서 84.4%가 답안 수정을 거의 하지 않았으며, 자신의 답에 대한 확신이 높은 학생 비율은 선다형에서 66.3%, 서답형에서 72.8%로 평균 70%로 나타났다.

과학 영재의 문제 해결 과정의 검토 단계에서 나타난 특징은 1~2회의 답안 검토 과정을 거치나 자신의 답에 대한 확신도 높아 답을 수정하지 않는 경향이 높다고 할 수 있다. 또한 선다형 문제보다 서답형 문제에 대한 정답 확신이 높은 것을 알 수 있다.

5) 문제 해결 과정 단계별 소요 시간 분포

문제 해결 과정에서 단계별 소요 시간을 나타내면 표 14와 같다.

문제의 이해 단계에 소요된 평균 시간은 선다형 3.7분, 서답형 4분, 계획 및 풀이 단계에 소요된 평균 시간은 선다형 13.9분, 서답형 14.4분, 검토 단계

표 13. 검토 횟수 및 답안 수정 여부 및 확신도의 사례수 분포

| 구분 | 분석 기준(유형) | 백분율(%) | |
|---------------------------|----------------|---------------|---------------|
| | | 선다형 (n=77) | 서답형 (n=77) |
| 문제와 답을 검토한 횟수 | 0회(Ea1) | 8(10.4) | 9(11.7) |
| | 1회(Ea2) | 31(40.3) | 29(37.7) |
| | 2회(Ea3) | 23(29.9) | 27(35.1) |
| | 3회(Ea4) | 12(15.6) | 6(7.8) |
| | 기타(Ea5) | 2(2.6) | 5(6.5) |
| | 무응답(Ea6) | 1(1.3) | 1(1.3) |
| 검토 과정에 서 답을 고쳤 는가? | 그렇다(Eb1) | 15(19.5) | 7(9.1) |
| | 그렇지 않다(Eb2) | 61(79.2) | 69(89.6) |
| | 무응답(Eb3) | 1(1.3) | 1(1.3) |
| 자신의 답이 정답이라고 확신하는가? | 매우 그렇다(Ec1) | 13(16.9) | 26(33.8) |
| | 그렇다(Ec2) | 38(49.4) | 30(39.0) |
| | 보통이다(Ec3) | 20(26.0) | 15(19.5) |
| | 그렇지 않다(Ec4) | 3(3.9) | 3(3.9) |
| | 전혀 그렇지 않다(Ec5) | 0(0.0) | 1(1.3) |
| | 무응답(Ec6) | 3(3.9) | 2(2.6) |

표 14. 문제 해결 단계별 소요 시간별 사례수 분포

| 단계 | 분석 기준(유형) | 백분율(%) | |
|------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 선다형 (n=77) | 서답형 (n=77) |
| 문제 이해 | 3분 미만(Ta1) | 11(14.3) | 20(26.0) |
| | 3분~5분(Ta2) | 38(49.4) | 37(48.1) |
| | 5분 초과(Ta3) | 28(36.4) | 20(26.0) |
| 계획 및 풀이 | 10분 미만(Tb1) | 19(24.7) | 21(27.3) |
| | 10분~15분(Tb2) | 36(46.8) | 28(36.4) |
| | 15분 ~20분(Tb3) | 15(19.5) | 11(14.3) |
| | 20분 초과(Tb4) | 7(9.1) | 17(22.1) |
| 검토 | 2분 미만(Tc1) | 43(55.8) | 55(71.4) |
| | 2분~4분(Tc2) | 24(31.1) | 12(15.6) |
| | 4분 초과(Tc3) | 9(11.7) | 9(11.7) |
| | 무응답(Tc4) | 1(1.3) | 1(1.3) |

에 소요된 평균 시간은 선다형 2.5분, 서답형 2.4분으로 나타나, 문제 해결을 위한 계획과 풀이, 문제의 이해, 검토 단계의 순으로 시간이 소요되었다.

이는 문제 해결에서 대부분의 시간을 계획과 풀이에 할당하고 있으며, 검토보다는 문제의 이해에 시간을 할당하는 것으로 보아 문제의 이해에 어려움을 겪는 것을 알 수 있다.

3. 문제 해결 성공자와 실패자의 주요 사고 과정 차이

1) 문제 해결 과정에서 사용한 과학 지식의 유형

문제 해결 성공자와 실패자의 문제 해결 과정에서 사용한 과학 지식의 유형의 사례수를 나타내면 표 15와 같다.

문제 해결의 성공자는 실패자에 비해 절차적 지

식과 선언적 지식을 완전하게 적용하며, 절차적 지식을 선언적 지식보다 더 빈번히 사용함을 알 수 있다. 또, 선다형 문제보다 서답형 문제에서 성공자는 실패자에 비해 절차적 지식과 선언적 지식을 완전히 적용하여 문제를 해결하며, 각 지식의 사용 비율도 비슷하게 나타난다.

이와 같은 결과는 과학 영재가 완전한 절차적 지식과 올바른 선언적 지식을 사용할 때 문제를 성공적으로 해결할 수 있음을 알 수 있다.

2) 이해 단계의 특징

이해 단계에서 성공자와 실패자가 읽은 횟수, 이해도, 난이도, 연구자가 본 이해도에 대한 반응 사례수를 제시하면 표 16과 같다.

선다형 문항에서 문제를 읽은 횟수가 1~2회인 성공자와 실패자의 비율은 각각 77.1%와 66.7%, 피

표 15. 성공자와 실패자가 문제 해결 과정에서 사용한 과학 지식

| 영역 | 판별 | 구분 유형 (N) | 문제 해결 과정에서 사용한 과학 지식의 종류 | | | | | |
|---------------|----|-----------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | P _a | P _p | P _n | C _a | C _p | C _w |
| 문제 1 (선다형) | 성공 | 계(35) | 34 | 28 | 1 | 23 | 17 | 5 |
| | | 백분율 | 97.1 | 80.0 | 2.9 | 65.7 | 48.6 | 14.3 |
| | 실패 | 계(42) | 9 | 35 | 40 | 4 | 16 | 35 |
| | | 백분율 | 21.4 | 83.3 | 95.2 | 9.5 | 38.1 | 83.3 |
| 문제 2 (서답형) | 성공 | 계(47) | 44 | 28 | 0 | 41 | 15 | 0 |
| | | 백분율 | 93.6 | 59.6 | 0 | 87.2 | 31.9 | 0 |
| | 실패 | 계(30) | 0 | 2 | 25 | 2 | 5 | 24 |
| | | 백분율 | 0 | 6.7 | 83.3 | 6.7 | 16.7 | 80.0 |

표 16. 성공자와 실패자의 이해 단계 요소별 반응 사례수 분포

| 영역 | 판별 | 구분 유형 (N) | 문제 읽은 횟수 | | | | | 문제 이해(피험자) | | | | | 체감 난이도 | | | | | 문제 이해 (연구자) | | |
|---------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | U _{a1} | U _{a2} | U _{a3} | U _{a4} | U _{a5} | U _{b1} | U _{b2} | U _{b3} | U _{b4} | U _{b5} | U _{c1} | U _{c2} | U _{c3} | U _{c4} | U _{c5} | U _{d1} | U _{d2} | U _{d3} |
| 문제 1 (선다형) | 성공 | 계(35) | 14 | 13 | 6 | 0 | 0 | 10 | 15 | 9 | 0 | 0 | 4 | 9 | 17 | 3 | 2 | 26 | 9 | 0 |
| | | 백분율 | 40.0 | 37.1 | 17.1 | 0 | 0 | 28.6 | 42.9 | 25.7 | 0 | 0 | 11.4 | 25.7 | 48.6 | 8.6 | 5.7 | 74.3 | 25.7 | 0 |
| | 실패 | 계(42) | 17 | 11 | 8 | 6 | 0 | 19 | 18 | 4 | 0 | 0 | 5 | 20 | 10 | 7 | 0 | 15 | 23 | 4 |
| | | 백분율 | 40.5 | 26.2 | 19.0 | 14.3 | 0 | 45.2 | 42.9 | 9.5 | 0 | 0 | 11.9 | 47.6 | 23.8 | 16.7 | 0 | 35.7 | 54.8 | 9.5 |
| 문제 2 (서답형) | 성공 | 계(47) | 20 | 19 | 6 | 2 | 0 | 24 | 20 | 3 | 0 | 0 | 17 | 16 | 12 | 1 | 1 | 41 | 6 | 0 |
| | | 백분율 | 42.6 | 40.4 | 12.8 | 4.3 | 0 | 51.1 | 42.6 | 6.4 | 0 | 0 | 36.2 | 34.0 | 25.5 | 2.1 | 2.1 | 87.2 | 12.8 | 0 |
| | 실패 | 계(30) | 15 | 9 | 3 | 2 | 1 | 13 | 17 | 0 | 0 | 0 | 7 | 8 | 12 | 2 | 1 | 4 | 19 | 7 |
| | | 백분율 | 50.0 | 30.0 | 10.0 | 6.7 | 3.3 | 43.3 | 56.7 | 0 | 0 | 0 | 23.3 | 26.7 | 40.0 | 6.7 | 3.3 | 13.3 | 63.3 | 23.3 |

험자들이 인식하는 문제 이해 정도가 높은 성공자와 실패자의 비율은 각각 71.5%와 88.1%, 연구자가 인식하는 피험자들의 문제 이해 정도가 높은 성공자와 실패자의 비율은 74.5%와 35.7%였다.

서답형 문항에서 문제를 읽은 횟수가 1~2회인 성공자와 실패자의 비율은 각각 83%와 80%, 피험자들이 인식하는 문제 이해 정도가 높은 성공자와 실패자의 비율은 각각 93.7%와 100%, 연구자가 인식하는 피험자들의 문제 이해 정도가 높은 성공자와 실패자의 비율은 87.2%와 13.3%였다.

이와 같은 결과로 볼 때 선다형과 서답형 문제 해결 시 성공자와 실패자 모두 1~2회 정도는 문제를 읽으며, 실패자는 스스로 문제를 잘 이해하고 있는 것으로 나타났으나 연구자가 판단했을 때, 성공자가 문제를 2배 이상 잘 이해하고 있다.

3) 계획 단계의 특징

계획 단계에서 성공자와 실패자의 문제 해결을 위한 문제 해결 전략별 반응 사례수 분포는 표 17과 같다.

선다형 문항에서 문제지와 답지를 분석하여 해결하는 전략(P₁)을 사용한 성공자와 실패자의 비율

은 모두 100%, 주어진 표와 그래프나 예시 자료를 활용하고 해석하여 해결하는 전략(P₂)은 각각 100%와 95.2%, 교과서에서 배운 내용을 기억해서 적용하는 전략(P₃)은 각각 40%와 40.5%, 관찰이나 일상생활의 경험을 적용하는 전략(P₄)은 각각 54.3%와 69.4%, 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 기억해서 적용하는 전략(P₅)은 각각 54.3%와 35.7%, 추측에 의한 해결(P₆)은 각각 48.6%와 50%로 나타났다.

서답형 문항에서 문제지와 답지를 분석하여 해결하는 전략(P₁)을 사용한 성공자와 실패자의 비율은 각각 100%와 96.7%, 주어진 표와 그래프나 예시 자료를 활용하고 해석하여 해결하는 전략(P₂)은 각각 93.6%와 66.7%, 교과서에서 배운 내용을 기억해서 적용하는 전략(P₃)은 각각 48.9%와 43.3%, 관찰이나 일상 생활의 경험을 적용하는 전략(P₄)은 각각 36.2%와 33.3%, 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 기억해서 적용하는 전략(P₅)은 각각 59.6%와 30%, 추측에 의한 해결(P₆)은 각각 34%와 43.3%로 나타났다.

4) 풀이 단계의 특징

풀이 단계에서 선택한 방법을 이용하여 문제를 해

표 17. 성공자와 실패자의 계획단계 문제 해결 전략별 반응 사례수 분포

| 영역 | 판별 | 유형 학년 (N) | 계획 단계에서 나타난 유형 | | | | | |
|---------------|-------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ |
| 문제 1 (선다형) | 성공 | 5(20) | 20 | 20 | 10 | 9 | 9 | 15 |
| | | 6(15) | 15 | 15 | 4 | 10 | 10 | 2 |
| | | 계(35) | 35 | 35 | 14 | 19 | 19 | 17 |
| | 실패 | 백분율 | 100 | 100 | 40.0 | 54.3 | 54.3 | 48.6 |
| | | 5(19) | 19 | 17 | 10 | 13 | 5 | 8 |
| | | 6(23) | 23 | 23 | 7 | 16 | 10 | 13 |
| | 계(42) | 42 | 40 | 17 | 29 | 15 | 21 | |
| | 백분율 | 100 | 95.2 | 40.5 | 69.4 | 35.7 | 50.0 | |
| 문제 2 (서답형) | 성공 | 5(19) | 19 | 17 | 8 | 7 | 8 | 7 |
| | | 6(28) | 28 | 27 | 15 | 10 | 20 | 9 |
| | | 계(47) | 47 | 44 | 23 | 17 | 28 | 16 |
| | 실패 | 백분율 | 100 | 93.6 | 48.9 | 36.2 | 59.6 | 34.0 |
| | | 5(19) | 20 | 13 | 8 | 4 | 5 | 9 |
| | | 6(10) | 9 | 7 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| | 계(29) | 29 | 20 | 13 | 10 | 9 | 13 | |
| | 백분율 | 96.7 | 66.7 | 43.3 | 33.3 | 30.0 | 43.3 | |

결하였을 때의 성공자와 실패자의 사고 과정 유형 분포를 제시하면 표 18과 같다.

문항의 유형별 두 집단의 차이점으로는, 성공자 전원이 성공적인 유형 중 문제와 답지를 분석하여 정답을 유추(C₁)하고, 주어진 표와 그래프를 분석하여 정답을 유추(C₂)하였으며, 성공자에게는 실패적인 유형이 거의 나타나지 않았다. 실패자 또한 성공적인 유형 중 주어진 표와 그래프를 분석하여 정답을 유추(C₂), 문제와 답지를 분석하여 정답을 유추(C₁), 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서 정답을 유추(C₄)하는 유형의 순으로 나타났다. 그러나 실패자는 실패적인 유형 중 문제와 답지를 잘못 분석하여 오답을 유추(D₁), 주어진 표와 그래프를 잘못 분석하여 오답을 유추(D₂), 잘못된 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서 오답을 유추(D₄), 답에 대한 확신 없이 느낌으로 오답을 유추(D₆)하는 경향이 높게 나타났다.

서답형 문제에서 성공자는 성공적인 유형 중 문제와 답지를 분석하여 정답을 유추(C₁)하고, 주어진 표와 그래프를 분석하여 정답을 유추(C₂)하였으며,

선다형에 비해 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 기억해서 해결(C₃)한 경우가 다소 높았다. 반면, 답에 대한 확신 없이 느낌으로 문제를 해결(C₆)하는 경우는 낮게 나타났다. 실패자의 경우 답에 대한 확신 없이 느낌으로 문제를 해결하는 경향이 높게 나타났으며, 그 결과 85%가 오답을 유추(D₆)하였다.

5) 검토 단계의 특징

검토 단계에서 성공자와 실패자가 문제를 해결할 때 검토한 횟수 및 답안 수정 여부, 정답에 대한 확신도를 백분율로 제시하면 표 19와 같다.

선다형 문제 해결에 대한 검토 횟수가 1~2회인 학생 비율은 성공자가 72.2%, 실패자가 66.7%, 서답형 문제 해결에 대한 검토 횟수가 1~2회인 학생 비율은 성공자가 72.4%, 실패자가 73.3%였다. 선다형과 서답형의 성공자들이 답을 수정하지 않은 비율이 각각 85.7%, 91.5%, 실패자들이 답을 수정하지 않은 비율이 각각 73.8%, 86.7%로 나타났다. 선다형 문항에서 성공자와 실패자의 답에 대한 확신도가 높은 학생의 비율이 각각 57.1%, 73.8%, 서답형 문

표 18. 성공자와 실패자의 풀이단계 문제 해결 유형별 사례수 분포

| 영역 | 구분 판별 (N) | 성공 | | | | | | | 실패 | | | | | | 평균 | |
|---------------|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 유형 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | 평균 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | | D6 |
| 문제 1 (선다형) | 성공 | 5(20) | 20 | 20 | 14 | 7 | 7 | 14 | 4.10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.15 |
| | | 6(15) | 15 | 15 | 2 | 11 | 10 | 3 | 3.73 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0.13 |
| | | 계(35) | 35 | 35 | 16 | 18 | 17 | 17 | 4.10 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0.15 |
| | 실패 | 백분율 | 100 | 100 | 45.7 | 51.4 | 48.6 | 48.6 | | 0 | 2.9 | 2.9 | 0 | 5.7 | 2.9 | |
| | | 5(19) | 7 | 17 | 7 | 9 | 2 | 3 | 2.37 | 17 | 13 | 3 | 8 | 5 | 9 | 2.89 |
| | | 6(23) | 19 | 20 | 3 | 9 | 6 | 5 | 2.70 | 14 | 15 | 7 | 11 | 6 | 8 | 2.70 |
| | 계(42) | 26 | 37 | 10 | 18 | 8 | 8 | 2.37 | 31 | 28 | 10 | 19 | 11 | 17 | 2.89 | |
| | 백분율 | 61.9 | 88.1 | 23.8 | 42.9 | 19.0 | 19.0 | | 73.8 | 66.7 | 23.8 | 45.2 | 26.2 | 40.5 | | |
| 문제 2 (서답형) | 성공 | 5(19) | 19 | 16 | 8 | 7 | 8 | 7 | 3.37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | | 6(28) | 28 | 27 | 13 | 11 | 20 | 9 | 3.89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | | 계(47) | 47 | 43 | 21 | 18 | 28 | 17 | 3.37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 실패 | 백분율 | 100 | 91.5 | 44.7 | 38.3 | 59.6 | 36.2 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 |
| | | 5(19) | 5 | 5 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0.80 | 15 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 1.45 |
| | | 6(10) | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1.00 | 6 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2.00 |
| | 계(29) | 7 | 7 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2.37 | 21 | 4 | 5 | 7 | 6 | 6 | 0.72 | |
| | 백분율 | 23.3 | 23.3 | 13.3 | 10.0 | 6.7 | 10.0 | | 70.0 | 13.3 | 16.7 | 23.3 | 20.0 | 20.0 | | |

표 19. 성공자와 실패자의 검토 횟수 및 답안 수정 여부 및 확신도의 사례수 분포

| 영역 | 판별 | 구분 (N) 유형 | 문제를 검토 횟수 | | | | | 답안 수정 | | 답에 대한 확신 | | | | |
|---------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | E _{a1} | E _{a2} | E _{a3} | E _{a4} | E _{a5} | E _{b1} | E _{b2} | E _{c1} | E _{c2} | E _{c3} | E _{c4} | E _{c5} |
| 문제 1 (선다형) | 성공 | 계(35) | 4 | 13 | 13 | 4 | 0 | 4 | 30 | 6 | 14 | 10 | 2 | 0 |
| | | 백분율 | 11.4 | 37.1 | 37.1 | 11.4 | 0 | 11.4 | 85.7 | 17.1 | 40.0 | 28.6 | 5.7 | 0.0 |
| | 실패 | 계(42) | 4 | 18 | 10 | 10 | 2 | 11 | 31 | 7 | 24 | 10 | 1 | 0 |
| | | 백분율 | 11.9 | 42.9 | 23.8 | 23.8 | 4.8 | 26.2 | 73.8 | 16.7 | 57.1 | 23.8 | 2.4 | 0.0 |
| 문제 2 (서답형) | 성공 | 계(47) | 6 | 17 | 17 | 4 | 3 | 4 | 43 | 19 | 19 | 6 | 2 | 0 |
| | | 백분율 | 12.8 | 36.2 | 36.2 | 8.5 | 6.4 | 8.5 | 91.5 | 40.2 | 40.2 | 12.8 | 4.3 | 0.0 |
| | 실패 | 계(30) | 3 | 12 | 10 | 2 | 2 | 3 | 26 | 7 | 11 | 9 | 1 | 1 |
| | | 백분율 | 10.0 | 40.0 | 33.3 | 6.7 | 6.7 | 10.0 | 86.7 | 23.3 | 36.7 | 30.0 | 3.3 | 3.3 |

항에서는 각각 80.4%, 60%였다.

이상과 같은 자료로 볼 때 성공자와 실패자 모두 약 71%의 학생이 문제와 답을 1~2회 정도 검토를 거치고 성공자일수록 검토하는 횟수가 증가하며, 검토과정에서 성공자와 실패자 모두 약 84.4%의 학생이 답을 수정하였고, 성공자가 답을 수정하는 비율은 낮았다. 또한 정답에 대한 확신도는 선다형에서는 성공자가 서답형에서는 실패자가 높은 것으로 나타나, 실패자는 추측에 의해 문제를 해결하는 경우도 있을 수 있음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

초등 과학 영재가 과학 문제를 해결하는 과정에서 나타나는 문제 해결 특성 및 유형 분석 결과에 대한 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 초등 과학 영재 학생은 과학 문제 해결 과정에서 절차적 지식과 선언적 지식을 동시에 사용하며, 선언적 지식보다 절차적 지식을 많이 사용한 것으로 나타났다. 과학 영재의 평가 및 판별 도구에서 문제 해결 과정이 드러나게 답안을 작성하도록 문항을 구성한다면 문제 해결을 위해 학생이 사용한 과학 지식의 유형과 옳고 그름의 정도를 파악할 수 있을 것이다.

둘째, 문제 해결 과정에서 나타난 특성 및 유형으로는 문제 이해 단계에서 1~2회 문제를 읽었으며, 문제에 주어진 조건과 구해야 할 것을 정확히 파악하는 편이었다. 계획 및 풀이 단계에서는 대체적으로 3~4가지의 다양한 해결 방법을 이용하여 문제

를 해결하고 답에 대한 확신이 높은 편이었으며, 답을 수정하지 않는 경향성을 보였다. 계획 및 풀이 과정에서 가장 많은 시간을 소요하였고, 문제의 이해 단계, 검토 단계의 순으로 시간을 소요하였다. 이러한 특성을 반영하여 영재 교육 프로그램의 일환으로 문제를 표상하는 능력, 개념 이해를 돕거나 파악하기 위한 구조화된 문제 해결 전략 방법의 고안과 지도, 문제 해결력을 높이는 교육 내용과 방법이 구체화되어야 한다.

셋째, 문제 해결 성공자가 사용한 과학 지식에서는 완전한 절차적 지식과 올바른 선언적 지식의 사용 빈도가 높았다. 또, 문제 해결 과정에서 성공자는 실패자에 비해 문제를 정확히 이해하고 성공적인 문제 풀이 유형으로 문제를 해결하며, 답에 대한 확신도가 높았다. 과학 영재의 문제 해결력을 신장시키기 위해서는 선언적 지식 예컨대, 논리적-수학적 지식, 추상적인 추론, 개념, 법칙 등의 지식을 습득하는 과정에 대한 학습, 새로운 상황을 해석하고 문제를 해결하며, 사고하고 추리하는 등의 절차적 지식에 대한 학습이 조화롭게 이루어지도록 해야 할 것이다. 또한 교수·학습 과정안 개발과 평가 및 판별 도구를 개발할 때 문제를 이해하는 능력과 다양한 방법으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 향상시킬 수 있는 단계별 방안이 모색되어야 함을 암시한다.

참고문헌

곽호숙, 장신호(2009). 과학 문제 해결력 촉진을 위한 사례 기반 학습 프로그램의 효과. 한국초등과학교육학회

- 지, 28(3), 340-351.
- 김은진(2006). 과학 문제 풀이 과정에서 나타난 초등 과학영재들의 사고 특성 탐색. 한국초등과학교육학회지, 25(2), 179-190.
- 김찬중(1998). 초등 과학 우수 학생의 일상적 맥락의 과학 문제 해결 과정. 한국초등과학교육학회지, 17(1), 75-87.
- 노태희, 전경문(1997). 물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 4단계 문제 해결식 수업이 학생의 개념과 문제 해결 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 17(3), 313-321.
- 노태희, 전경문(2000). 해결자·청취자 문제 해결 활동에서의 소집단 과정. 한국과학교육학회지, 22(3), 411-421.
- 신동희, 박병태(2009). 초등 과학 문제 풀이 과정에서의 성별 특성. 한국초등과학교육학회지, 28(3), 229-244.
- 이봉우, 손정우, 최원호, 이인호, 전영석, 최정훈(2008). 과학영재교육에서 교사들이 겪는 어려움. 한국초등과학교육학회지, 27(3), 252-260.
- 이항로(1998). 지구과학 문제 해결에서 성공자와 실패자의 사고 과정 차이. 한국지구과학학회지, 19(4), 357-376.
- 전경문, 노태희(1996). 학생의 인지발달 수준과 문제의 상황에 따른 화학 문제 해결 행동 비교. 한국과학교육학회지, 16(4), 389-400.
- 최미향, 전영석(2010). 초등과학영재 특성 도출을 위한 탐구 활동에서의 담화 분석. 영재교육연구, 20(1), 369-388.
- 홍미영, 박윤배(1994). 대학생들의 기체의 성질에 대한 문제 해결 과정의 분석. 한국과학교육학회지, 14(2), 143-158.
- 홍미영(1995). 문제와 문제 해결자의 특성이 화학 문제 해결에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- Camacho, M. & Good, R. (1989). Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 251-272.
- Finegold, M. & Mass, S. (1985). Difference in the processes of solving physics problems between good physics problem solvers and poor physics problem solvers. *Research in Science and Technological Education*, 3(1), 59-67.
- Gaigher, E., Rogan, J. M. & Braun, M. W. H. (2006). The effect of a structured problem solving strategy on performance in physics in disadvantaged South African schools. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 10(2), 15-26.
- Gaigher, E., Rogan, J. M. & Braun, M. W. H. (2007). Exploring the development of conceptual understanding through structured problem-solving in physics. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1089-1110.
- Hayes, J. R. (1989). *The complete problem solver*(2nd ed.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Heyworth, R. M. (1999). Procedural and conceptual knowledge of expert and novice students for the solving of a basic problem in chemistry. *International Journal of Science Education*, 21, 195-211.
- Huffman, D. (1997). Effect of explicit problem solving instruction on high school students' problem-solving performance and conceptual understanding of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(6), 551-570.
- Smith M, U. & Good R. (1984). Problem solving and classical genetics: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(9), 895-912.
- Stewart, J. & Hafner, R. (1991). Extending the conception of "problem" in problem-solving research. *Science Education*, 75(1), 105-120.

〈부록〉 과학 문제 해결력 검사지

[문제 1]



문제지



()초등학교 ()학년 ()반 이름()

읽어두기

이 문제지는 여러분의 과학 문제해결과정을 알아보기 위한 것이므로, 문제를 읽고 나눠준 문제별 답지에 각 단계별 물음에 대한 답과 풀면서 생각나는 것들을 모두 쓰십시오. 자세히 쓸수록 높은 점수를 받을 수 있으므로, 답 뿐만 아니라 그렇게 생각하는 이유도 모두 기록하는 것이 중요합니다. 쓰다가 틀린 것은 지우지 않고 =줄을 긋습니다.

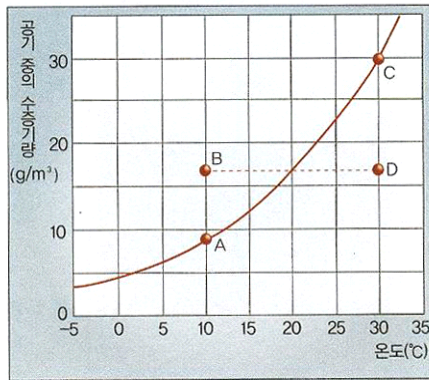
또 각 단계별 문제해결에서 사용한 시간도 측정하여 기록합니다. (제한 시간: 50분)



문제 1

공기가 계속 수증기를 받아들일 수 있는 상태를 불포화 상태라고 하고, 더 이상의 수증기를 받아들일 수 없는 상태를 포화 상태라고 한다. 포화 상태 때 공기 1m³ 속에 들어 있는 수증기의 질량을 포화 수증기량(g/m³)이라 하며, 아래 그림은 기온과 포화 수증기량과의 관계를 나타낸 표와 그래프이다.

| 온도(℃) | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 포화 수증기량(g/m ³) | 3.4 | 4.8 | 6.8 | 9.4 | 12.8 | 17.3 | 23.1 | 30.4 |



다음 중 올바른 설명을 두 가지 고르시오.

- ① 기온이 높은 날의 공기는 불포화 상태이다.
- ② A~D지점 중 빨래가 가장 잘 마르는 지점은 C이다.
- ③ 공기는 온도가 높을수록 더 많은 수증기를 포함할 수 있다.
- ④ C지점 있는 공기의 온도를 10℃까지 낮추면 약 9.4g의 수증기가 물방울로 변한다.
- ⑤ D지점에서는 공기가 포화 상태에 도달할 때까지 물을 수증기로 계속 증발시킨다.
- ⑥ B와 D지점 중 얼음과 물이 든 유리컵의 표면에 물방울이 더 많이 생기는 것은 B이다.



문제 1의 답지



() 초등학교 () 학년 () 반 이름()

| | |
|------------|---------------------|
| ● 문제 이해 단계 | 문제 이해를 끝낸 시각 (시 분) |
|------------|---------------------|

※ 다음은 주어진 문제에 대한 이해 정도를 알아보기 위한 것입니다. [문제 1] 을 읽고 해당되는 곳에 √ 표를 하시오.

1. 문제를 이해하기 위해, 문제를 읽은 횟수

| | | | | |
|---|---|---|---|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 기타 |
| | | | | () 회 |

2. 문제를 이해한다.

| | | | | |
|--------|-----|------|--------|-----------|
| 매우 그렇다 | 그렇다 | 보통이다 | 그렇지 않다 | 전혀 그렇지 않다 |
| | | | | |

3. 문제가 쉽게 느껴진다.

| | | | | |
|--------|-----|------|--------|-----------|
| 매우 그렇다 | 그렇다 | 보통이다 | 그렇지 않다 | 전혀 그렇지 않다 |
| | | | | |

4. 문제에서 주어진 조건 및 구해야 할 것을 요약하시오.

| | |
|-------------------|----------------------------|
| ① 계획 단계 및 ② 풀이 단계 | 풀이를 끝낸 시각 (시 분) |
|-------------------|----------------------------|

※ 아래 제시된 <문제 해결 방법> 중 문제 해결을 위해 선택한 번호를 적고 (중복, 복수 선택 가능), 옳은 답의 번호에 √표 한 후 정답과 오답에 대한 이유나 근거를 답지에 자세하게 쓰시오.

<문제 해결 방법>

p1 문제와 답지를 분석해서

p2 주어진 표와 그래프를 분석해서

p3 교과서에서 배운 내용을 기억해서

p4 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서

p5 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 기억해서

p6 확실하지는 않지만 느낌에 정답으로 생각되어서

① 기온이 높은 날의 공기는 불포화 상태이다.

▶선택한 문제 해결 방법: ()

▶이유나 근거:

② A~D지점 중 빨래가 가장 잘 마르는 지점은 C이다.

▶선택한 문제 해결 방법: ()

▶이유나 근거:

③ 공기는 온도가 높을수록 더 많은 수증기를 포함할 수 있다.

▶선택한 문제 해결 방법: ()

▶이유나 근거:

④ C지점 있는 공기의 온도를 10℃까지 낮추면 약 9.4g의 수증기가 물방울로 변한다.

▶선택한 문제 해결 방법: ()

▶이유나 근거:

⑤ D지점에서는 공기가 포화 상태에 도달할 때까지 물을 수증기로 계속 증발시킨다.

▶선택한 문제 해결 방법: ()

▶이유나 근거:

⑥ B와 D지점 중 얼음과 물이 든 유리컵의 표면에 물방울이 더 많이 생기는 것은 B이다.

▶선택한 문제 해결 방법: ()

▶이유나 근거:

| | |
|--------|----------------------------|
| ●검토 단계 | 검토를 끝낸 시각 (시 분) |
|--------|----------------------------|

※ 문제와 답을 검토한 후 해당되는 곳에 √표를 하시오.

1. 문제와 답을 검토한 횟수

| | | | | |
|---|---|---|---|---------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 기타 |
| | | | | ()회 |

2. 1) 검토 과정에서 답을 고쳤는가?

| | |
|-----|--------|
| 그렇다 | 그렇지 않다 |
| | |

2) 답을 고쳤다면 무엇을 왜 고쳤는지 자세히 쓰시오.

3. 자신의 답이 정답이라고 확신하는가?

| | | | | |
|-----------|-----|------|-----------|--------------|
| 매우 그렇다 | 그렇다 | 보통이다 | 그렇지 않다 | 전혀 그렇지 않다 |
| | | | | |

[문제 2]

문제 2 지난 여름, 현준이는 계곡에서 구멍조끼를 입고 물놀이를 할 때, 몸이 물에 잘 뜨는 것을 느꼈다. 집에 돌아와서 물체가 물에 잘 뜨는 조건은 어떤 것이 있을까? 궁금하여 여러 가지 실험을 해보았다. 다음의 실험은 용액의 진하기에 따른 물체의 뜨는 정도를 알아본 것이다. 빈 칸에 알맞은 답을 쓰시오.
또 이 외 물체가 물에 잘 뜨는 조건을 알아보는 실험을 한 가지 이상 설계하고, 실험에 대한 예상되는 결과와 그렇게 생각하는 이유를 자세하게 쓰시오.

<실험 기구 및 재료>

물이 든 수조, 비커 300mL 3개, 눈금실린더 200mL 1개, 방울토마토, 소금, 전자저울, 약순가락, 약포지, 유리막대, 자, 네임펜, 빈 필름통, 모래, 알루미늄 호일(10cm×10cm)5장, 핀셋

1. 실험 문제[1]: 용액의 진하기에 따라 물체의 뜨는 정도는 어떠할까?
2. 가설:
3. 실험 계획
 - 가. 사용한 준비물 및 실험 도구:
방울토마토, 소금, 전자저울, 유리막대, 약포지, 자, 비커 300mL 3개, 눈금실린더 200mL, 핀셋
 - 나. 실험 순서 및 방법
 - 1) 진하기가 각각 다른 용액으로, 소금을 녹이지 않은 물(A용액), 소금을 30g 녹인 것(B용액), 소금을 60g 녹인 것(C용액)을 만든다.
 - 2) 눈금실린더를 이용하여 각 용액 200mL를 비커에 담는다.
 - 3) 방울토마토를 띄워 뜨는 정도를 측정한다.
 - 다. 변인 통제
 - 1) 같게 할 조건: 용액의 양, 동일한 방울토마토
 - 2) 다르게 할 조건:
 - 라. 유의할 점
 - 1) 방울토마토의 뜨는 정도는 가장 아랫부분을 측정한다.
 - 2) 3회 측정, 평균값으로 해석한다.

4. 실험 결과

| 방울토마토가 뜨는 정도(cm) | 1 | 2 | 3 | 평균 |
|------------------|-----|-----|-----|----|
| 용액 () 용액 | 5.2 | 5.3 | 5.2 | |
| () 용액 | 7.5 | 7.4 | 7.4 | |
| () 용액 | 0 | 0 | 0 | |

※ 결과 해석:

5. 생활에서 찾아보기: 충실한 법씨 고르기



문제 2의 답지



()초등학교 ()학년 ()반 이름()

㉠ 문제 이해 단계

문제 이해를 끝낸 시각 (시 분)

※ 다음은 주어진 문제에 대한 이해 정도를 알아보기 위한 것입니다. [문제2] 를 읽고 해당되는 곳에 √표를 하시오.

1. 문제를 이해하기 위해, 문제를 읽은 횟수

| | | | | |
|---|---|---|---|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 기타 |
| | | | | ()회 |

2. 문제를 이해한다.

| | | | | |
|-----------|-----|------|-----------|--------------|
| 매우 그렇다 | 그렇다 | 보통이다 | 그렇지 않다 | 전혀 그렇지 않다 |
| | | | | |

3. 문제가 쉽게 느껴진다.

| | | | | |
|-----------|-----|------|-----------|--------------|
| 매우 그렇다 | 그렇다 | 보통이다 | 그렇지 않다 | 전혀 그렇지 않다 |
| | | | | |

4. 문제에서 주어진 조건 및 구해야할 것을 요약하시오.

| | |
|--------------------------|-------------------------------|
| ㉠ 계획 단계 및 ㉡ 풀이 단계 | 풀이를 끝낸 시각 (시 분) |
|--------------------------|-------------------------------|

※ 위의 방법 이외, 물체가 물에 잘 뜨는 조건을 알아보는 실험을 한 가지 이상 설계하고, 실험에 대한 예상되는 결과와 그렇게 생각하는 이유를 자세하게 쓰시오. (예시 자료와 비슷한 순서로 기술하되, 몇 가지는 생략하여도 무방하며 용지가 부족할 경우는 뒷면을 사용함)

| |
|---|
| <문제 해결 방법> |
| () p1 제시한 실험 주제 ㉠을 참고해서 () p2 교과서에서 배운 내용을 기억해서 () p3 관찰이나 일상생활의 경험과 관련지어서 () p4 책이나 잡지 등 서적에서 읽은 내용을 기억해서 () p5 확실하지는 않지만 나만의 생각으로 |

| | |
|----------------|-------------------------------|
| ㉢ 검토 단계 | 검토를 끝낸 시각 (시 분) |
|----------------|-------------------------------|

※ 문제와 답을 검토해보고 해당되는 곳에 √ 표를 하시오.

1. 문제와 답을 검토한 횟수

| | | | | |
|---|---|---|---|---------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 기타 |
| | | | | ()회 |

2. 1) 검토 과정에서 답을 고쳤는가?

| | |
|-----|--------|
| 그렇다 | 그렇지 않다 |
| | |

2) 답을 고쳤다면 무엇을 왜 고쳤는지 자세히 쓰시오.

3. 자신의 답이 정답이라고 확신하는가?

| | | | | |
|-----------|-----|------|-----------|--------------|
| 매우 그렇다 | 그렇다 | 보통이다 | 그렇지 않다 | 전혀 그렇지 않다 |
| | | | | |



수고맙습니다.

긴 시간 성실한 답을 써 주어서 고맙습니다. 답해 준 내용은 순수한 연구의 목적에만 사용되며, 앞으로의 영재교육에 많은 도움이 될 것입니다.