

# 구조화 정도가 다른 탐구 상황에서 과학영재들이 생성한 과학탐구문제 비교 분석

류시경 · 박종석<sup>1\*</sup>

경산과학고등학교 · <sup>1</sup>경북대학교

## Analysis of the Scientific Inquiry Problem Generated by the Scientifically-Gifted in Ill and Well Inquiry Situation

Ryu, Si-Gyeong · Park, Jong-Seok<sup>1\*</sup>

Gyeongsan Science High School · <sup>1</sup>Kyungpook National University

**Abstract:** The purpose of this study is to suggest an instructional direction for improving scientific inquiry problem-finding ability of the scientifically-gifted. For this purpose, this study has made an in-depth analysis of the scientific inquiry problems generated by the scientifically-gifted in Problem-Finding Activity in Ill-structured Inquiry Situation (PFAIIS) and Problem-Finding Activity in Well-structured Inquiry Situation (PFAWIS). The results of this study turned out to be as follows: First, most of the problems generated in PFAIIS and PFAWIS could be categorized into seven types (measurement, method, cause, possibility, what, comparison, relationship) according to the inquiry objectives, while the frequency of each type shown in each inquiry objective was a little different. Second, the frequency of scientific concepts stated in inquiry problem was more in PFAWIS than in PFAIIS. But the scientific concepts were shown more diversely in PFAIIS than in PFAWIS. Therefore, results of this study have the following educational implications. First, it is necessary to offer various opportunities of problem-finding activity under ill-structured scientific Inquiry situation. Second, it is needed to emphasize that a new inquiry problem can be found out even during general scientific experiment and frequently to discuss inquiry problems generated during an experiment. Third, it is needed to encourage the scientifically-gifted to generate a scientific inquiry problem based on at least more than seven types.

Key words: problem-finding activity, scientifically-gifted, scientific inquiry problem

### I. 서론

창의적 문제해결과 기존의 문제해결 사이의 가장 큰 차이점은 문제발견의 역할에 있다. 문제해결은 주어진 문제를 재정의하거나 재구조화하여 해결하는데 초점을 두는 반면에, 창의적 문제해결은 새로운 문제를 학생이 스스로 찾는 것을 강조한다(Treffinger *et al.*, 2000). 그러나 창의적 문제해결에 관한 이론들은 문제발견을 문제해결의 첫 단계 내지 두 번째 단계로 보았을 뿐이며, 아직까지 이들 단계에 대해 깊이 있게 다루지 않고 있다(전윤식 등, 2003). 이는 창의적 문제해결 과정의 결정적인 한 부분인 ‘문제발견(problem-finding)’에 대한 관심이 상대적으로 부족하다(Hoover & Feldhusen,

1990)는 것을 의미한다.

특히 과학 분야에서의 작업은 단순히 지식의 암기나 주입을 통해 주어진 문제를 해결하는 것보다 새로운 문제발견과 관련된 창의적인 작업이 강조된다고 볼 수 있다(Feldhusen, 1986). 따라서 미래에 창의적인 과학자가 되어야 할 과학영재들에 대한 과학교육 역시 새롭고 가치 있는 문제를 발견할 수 있는 능력을 기르는데 많은 관심을 두어야 할 것이다.

문제발견과 관련하여 문제 상황은 매우 중요한데, 문제 상황은 구조화 정도에 따라 ‘높게 구조화된(well-structured)’ 또는 ‘잘 정의된(well-defined) 문제 상황과 ‘낮게 구조화된(ill-structured)’ 또는 ‘잘 정의되지 않은(ill-defined)’ 문제 상황의 두 가지로 구분할 수 있다

\*교신저자: 박종석(parkbell@knu.ac.kr)  
\*\*2008.07.24(접수) 2008.09.25(1심통과) 2008.10.07(2심통과) 2008.10.08(최종통과)

(이혜주, 2005). 이 중 ‘낮게 구조화된(ill-structured)’ 문제 상황은 창의적인 기술과 태도를 이끌어낼 수 있는 (Jay & Perkins, 1997) 문제발견을 위한 가장 전형적인 문제 상황이라 할 수 있다(류시경과 박종석, 2006). 이와 관련해서 정현철 등(2004)은 학생들이 평소에 생각한 과학탐구문제를 자유롭게 기술하도록 하고, 그 문제를 생각하게 된 이유를 함께 서술하도록 하여 잠재적 문제발견능력을 알아보려고 하였다. 이는 특정 상황이나 자료가 제시되지 않은 상태를 만들어 줌으로써 응답자가 평소에 호기심을 가진 대상과 거기에서 비롯된 질문들을 탐구문제로 만들어 내는 과정을 살펴보는 시도였다. 그러나 문제발견은 창의적 사고 과정의 첫 단계에만 작용하는 것이 아니라 창의적 과정의 여러 단계에서 문제 인식, 문제 재정의 등의 형태로 계속적으로 일어나기(Dudek & Côté, 1994; Getzels & Csikszentmihalyi, 1976; Runco, 1994) 때문에 주어진 문제를 해결하는 과정에서도 새로운 탐구문제는 계속적으로 발견될 수 있다. 즉, ‘낮게 구조화된’ 일상생활 속 문제 상황에서 잠재적인 탐구문제를 찾아내는 능력 뿐만 아니라 주어진 문제를 해결해나가는 과정에서 새로운 문제를 찾아내는 능력 또한 매우 중요하다.

미래에 과학 관련 학문을 전공할 과학영재들은 과학 실험을 통하여 과학의 정신이나 과학의 방법을 배울 수 있으며(Ausubel, 1968), 많은 과학 학습 시간과 과학영재관련 학교나 교육기관에서의 과학 수업에 할애하기 때문에 정해진 교육 과정 내에서 이루어지고 있는 과학실험 수업은 매우 중요하다고 할 수 있다. 따라서 과학영재들이 과학실험을 수행하기 전에 생성한 최초의 과학탐구문제와 문제를 해결하기 위한 과학실험 활동 중에 새롭게 생성하게 되는 탐구문제의 특성에 대한 분석은 과학 창의성의 맥락에서 과학문제발견을 강조한 수업의 방법과 방향을 탐색하는데 중요한 기여를 할 수 있을 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 구체적인 탐구문제가 제시되어 있지 않은 ‘낮게 구조화된’ 탐구 상황과 주어진 탐구문제를 해결하기 위해 구체적인 탐구활동을 수행해야 하는 ‘높게 구조화된’ 탐구 상황에서 과학영재들이 생성한 과학탐구문제들에 대한 심층적인 비교 분석을 통해 과학영재들의 과학탐구문제발견 능력을 신장시키기 위한 지도방향을 제시하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 절차

대부분의 학생들은 과학적 문제발견 활동과 관련된

선행 경험이 거의 없다. 또한 문제발견 능력은 고차원적 사고를 요구할 가능성이 크다. 따라서 본 연구에서는 과제 집착력과 인지적 사고 수준 및 과학에 대한 관심도가 높은 과학 고등학교 학생들을 대상으로 하였다(류시경과 박종석, 2008).

낮게 구조화된 탐구 상황의 과학문제발견 과제는 2007년 12월 4일에 G 과학 고등학교 1학년 학생 60명에게 1차로 투입하였으며, 일주일 후 동일 과제를 동일 학생들에게 재투입하여 수정할 기회를 주었다. 이는 문제발견 과제에 대한 경험과 이해도 부족으로 인한 불성실한 응답을 줄이기 위해서이다. 전체 응답자 중에서 최종적으로 생성한 탐구문제의 내용이 적절하다고 판단되는 학생 50명(남 30명, 여 20명)을 대상으로 분석하였다. 검사 수행 시간은 충분히 부여했으며, 대부분 30분 정도 소요되었다.

낮게 구조화된 탐구 상황의 과학문제발견 과제에 대한 학생들의 반응 결과를 바탕으로 높게 구조화된 탐구 상황의 과학문제발견 과제를 개발한 후, 2008년 3월 27일에 동일한 학생 60명에게 1차로 투입(가설 설정, 실험 설계)하였으며, 2008년 3월 31일에서 4월 2일까지 동일 학생들에게 2차로 투입(실험 수행, 결과 해석, 결론 도출 및 평가)하였다. 이렇게 단계적으로 두 번 투입한 이유는 높게 구조화된 탐구 상황의 과학문제발견 과제는 가설 설정과 실험 설계를 포함한 탐구의 전 과정을 직접 수행해야하므로 충분한 시간을 주기 위해서이다. 과제를 해결하는데 소요된 시간은 총 4시간이었다.

연구자에 의해 분석된 결과는 학술 대회 논문 발표(2008년 2월 1일)를 통해 1차례 논의한 후, 과학 교육 전문가 1명과 대학원에 재학 중인 현직 교사 4명(박사 과정 2명, 석사 수료 2명), 대학원생 1명(석사 과정)과의 논의(2008년 4월 1일)를 통해 수정 및 보완되었다. 논의를 통해 수정된 내용은 다음 표 1과 같다.

표 1  
수정된 과학탐구문제의 특성

유형	수정 내용
탐구 목적	차이(Difference) 탐구문제를 비교(Comparison) 탐구문제로, 왜(Why) 탐구문제를 원인(Cause) 탐구문제로 수정함
과학적 개념	50개의 탐구문제에 언급된 과학적 개념의 수를 23개에서 24개로 재분류함. 유사 개념(중발, 기화, 휘발성)을 하나의 대표 개념(중발)으로 분류하고, 3개의 개념(어는점, 열팽창률, 빛의 속도)을 더 추가함

2. 과학문제발견 활동


문제발견은 창의적 사고 과정의 첫 단계에만 작용하는 것이 아니라 창의적 과정의 여러 단계에서 문제 인식, 문제 제정의 등의 형태로 계속적으로 일어나며 (Dudek & Côté, 1994; Getzels & Csikszentmihalyi, 1976; Runco, 1994), 과학적 창의성은 구체적인 과학 탐구활동에서 발현되기 마련이다(박종원, 2004). 따라서 본 연구에서는 구체적인 탐구문제가 제시되지 않은 ‘낮게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(Problem-Finding Activity in Ill-structured Inquiry Situation: PFAIS)’과 구체적인 탐구문제가 제시되고 그 문제를 해결하기 위한 방향이나 정보를 제공해주는 ‘높게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(Problem-Finding Activity in Well-structured Inquiry Situation: PFAWIS)’으로 나누어 분석하였다. 즉, 낮게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(PFAIS)은 충분한 정보나 방향이 제시되지 않은 탐구 상황에서 다양한 탐구문제를 생성하고, 그 문제들 중에서 해결해야 할 가치 있고 독창적인 탐구문제를 선택하여 그 문제를 정교하게 하는 활동을 말한다. 높게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(PFAWIS)은 이미 정해진 문제를 해결하기 위해 가설을 설정하고 그 가설을 검증하는 탐구 과정으로서, 필요한 정보를 제공받을 수 있으며 그 과정 중에도 새로운 탐구문제를 계속 생성하게 되는 활동을 말한다. 이 때 생성된 다양한 탐구문제들은 새롭게 해결해야할 도전 문제가 된다.

3. 과학문제발견 과제 개발

1) PFAIS 과제

본 연구에서는 고등학생들의 과학문제발견 능력을 측정하기 위하여 선행연구(류시경, 박종석, 2006)에서 사용한 문제발견 과제를 다음 그림 1과 같이 수정 및 보완하여 사용하였다. 사용한 문제발견 과제는 화학 관련 탐구 상황을 제공하는 것이며, 제시된 탐구 상황과 관련해서 학생들이 생각해낼 수 있는 과학탐구문제들을 가능한 많이 발견해낸 후 탐구할 문제를 최종적으로 선택하여 정교하게 하도록 하는 방법을 사용하였다. 연구자가 개발한 과학문제발견 과제는 과학교육 전문가 1명과 현재 과학 고등학교에 근무하는 16년 이상(22년, 20년, 16년 각 1명씩)의 경력을 가진 현직 중등 과학 교사 3명(박사 수료 1명, 석사 학위 2명)에게 내용 타당도를 검증 받았다.

여러분 앞에는 증류수, 에탄올 수용액, 에테르가 비커에 각각 담겨있다. 이 세 가지 용액을 모두 이용하여 과학과 관련된 탐구문제를 만들고자 한다.



[다양한 문제 생성] 여러분이 직접 탐구해보고 싶은 과학탐구문제를 가능한 많이 쓰시오. 단, 알고 있는 모든 과학적 지식과 탐구 기능을 이용하되, 새롭고 독창적인 탐구문제를 찾으려 노력하십시오. 또한 탐구문제는 반드시 문장으로 표현하되, 의문문 형식으로 나타내시오.

[문제 선택 및 정교화] 위에서 찾은 문제들 중에서 다른 사람들이 미처 생각해보지 못했을 가장 독창적인 탐구문제라고 생각되는 것을 한 개만 선택하여 쓰되, 그 문제를 다시 검토해보고 좀 더 자세하고 분명하도록 고쳐 쓰시오.

그림 1 PFAIS 과제

\* 고체 결정의 용해도에 영향을 미치는 요인이 무엇이며, 또 어떻게 영향을 미치는지를 염소산칼륨(KClO<sub>3</sub>)을 이용한 실험을 통하여 알아보자.

■ 가설 설정  
실험을 하기 전에 우선 염소산칼륨(KClO<sub>3</sub>)의 용해도에 영향을 주는 요인들을 예상하고, 그 요인들이 용해도에 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위한 가설을 두 가지 이상 쓰시오.

◎ 위에서 설정한 가설 중에서 가장 타당하다고 생각되는 가설을 한개만 선택하십시오.

[다양한 문제 생성] 가설을 설정하는 과정 중에 더 알아보고 싶은 탐구문제는 무엇인가? 이 활동을 하면서 새롭게 발견하게 된 탐구문제가 있으면 모두 쓰시오.

그림 2 PFAWIS 과제(예시)

2) PFAWIS 과제

본 연구에서는 남정희(1996)가 개발한 학생들의 탐구 과정 기능 평가 도구를 일부 수정 및 보완하여 사용하였으며, 연구 목적에 맞도록 문제발견 활동을 강조하였다. 남정희(1996)가 개발한 실험 프로그램은 고등학교 2학년 화학반 학생들에게 적용된 것이었으며, 가설 연역적 탐구 과정의 프로그램으로서 평가자간 신뢰도(0.95이상), 평가자간 상관관계(0.81-0.97), 평가자간 일치도(0.55-0.97)를 통해 신뢰성이 높은 것으로 보고되었다. 낮게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동을 통해 학생들이 제안한 대부분의 탐구문제는 ‘용액’과 관련이 있는 것으로 나타났으므로 본 연구에서 선정된 실험 프로그램은 ‘염소산칼륨의 용해도’이다. ‘염소산칼륨의 용해도’ 실험은 남정희(1996)가 개발한 7개의 실험 중에서 탐구과정 기능 요소가 가장 많이 강조된 실험으로 평가자간 신뢰도도 매우 높은 것(0.97이상)으로 나타났으므로 본 연구에 적합한 것으로 판단된다. 따라서 ‘염소산칼륨의 용해도’의 내용을 본 연구의 목적에 적합하도록 일부 수정 및 보완하였다(그림 2). 즉 탐구 단계를 일부 수정하고, 각 단계에서 새로운 탐구 문제를 찾는 과정을 강조하여 제시하였다. 연구자에 의해 제시된 탐구문제를 해결하는 과정 중에 학생들이 새롭게 생성한 탐구문제를 대상으로 그 특성을 분석하였다.

### III. 결과 및 논의

과학탐구문제의 특성을 분석하기 위해 50명의 학생들이 가장 독창적인 문제라고 생각하여 최종적으로 선택한 하나의 문제에 대해서만 분석하였다. 따라서 분석한 탐구문제의 총수는 낮게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(PFAIS)과 높게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(PFAWIS)에서 각각 50개이다.

#### 1. PFAIS에서 생성한 과학탐구문제의 특성

PFAIS에서는 연구자가 제시한 낮게 구조화된 탐구 상황에서 학생들이 최종적으로 제안한 하나의 과학탐구문제들을 ‘탐구목적에 따른 문제 유형’과 ‘과학적 개념 지식에 따른 문제 유형’으로 나누어 분석하였다.

##### 1) 탐구목적에 따른 문제 유형

학생들이 제안한 탐구문제(Inquiry Problem)를 탐구 목적에 따라 나누어 보면 7개의 유형으로 나눌 수 있으며, ‘측정(Measurement)’ 탐구문제, ‘방법(Method)’ 탐구문제, ‘원인(Cause)’ 탐구문제, ‘가능성(Possibility)’ 탐구문제, ‘무엇(What)’ 탐구문제, ‘비교(Comparison)’ 탐구문제, ‘관계(Relationship)’ 탐구문제로 나타났다.

먼저, 측정(Measurement) 탐구문제란 실험 기구나 장치를 사용하여 탐구 상황에 제시된 물질들의 질량, 부피, 온도, 농도 등의 물리량을 수치로 나타내거나 그 수치 값으로 결과를 해석하고자 하는 탐구문제를 의미한다. 방법(Method) 탐구문제란 탐구 상황에 제시된

물질들의 물리량을 측정하는 방법이나 물질들을 비교하는 방법 등을 알아보고자 하는 탐구문제를 의미하며, 원인(Cause) 탐구문제란 어떤 결과가 나오게 된 원인이나 이유가 무엇인지 알아보고자 하는 탐구문제를 의미한다. 가능성(Possibility) 탐구문제란 제시된 탐구 상황에서 자신들이 생성한 탐구문제가 과연 실현 가능한지를 알아보고자 하는 탐구문제를 의미하며, 무엇(What) 탐구문제란 단순히 과학적 사실을 알아보고자 하거나 변인을 조작하였을 때 나타나게 되는 결과가 무엇인지를 알아보고자 하는 탐구문제를 의미한다. 비교(Comparison) 탐구문제란 탐구 상황에 제시된 물질의 물리적 및 화학적 성질의 차이를 비교하고자 하는 탐구문제를 의미하며, 관계(Relationship) 탐구문제란 변인들 간의 관련성을 알아보고자 하는 탐구문제를 의미한다. 각 유형의 예와 빈도는 표 2와 같다.

표 2에 제시된 바와 같이, 탐구문제의 유형 중에서 가장 높은 빈도를 나타낸 것은 비교(Comparison) 탐구문제로 11명(22%)이었으며 그 다음이 관계(Relationship) 탐구문제와 측정(Measurement) 탐구문제로 각각 10명(20%)이었다. 반면, 방법(Method) 탐구문제나 원인(Cause) 탐구문제는 각각 3명(6%)과 2명(4%)으로 빈도가 매우 낮게 나타났다. 이는 세 가지 물질을 제시하고 그 물질들을 이용하여 탐구할 문제를 제안하길 요구한 탐구 상황의 특성과 관련이 있을 것으로 생각된다. 즉, 본 연구에서 제시된 탐구 상황에서는 세 물질들의 물리적 및 화학적 성질을 ‘측정’하거나 서로 ‘비교’하고자 하는 탐구문제나 그 성질들의 ‘관계’를 알아보고자 하는 탐구문제를 상대적으로 쉽게 떠올린

표 2

탐구문제 유형의 예와 빈도

유형	탐구문제의 예	빈도(%)
비교 (Comparison)	증류수, 에탄올 수용액, 에테르의 모세관 현상은 어떻게 다를까?	11(22.0)
관계 (Relationship)	세 물질의 물리적 화학적 성질의 차이는 분자 구조와 어떤 관련성이 있을까?	10(20.0)
측정 (Measurement)	세 용액에서 어떤 미지 물질의 확산 속도는 어떻게 될까?	10(20.0)
가능성 (Possibility)	에탄올 수용액과 에테르 각각에 증류수를 넣어 극성과 무극성임을 알아낼 수 있을까?	7(14.0)
무엇 (What)	세 가지 혼합물에 전기를 흘려주면 생성 물질로서 무엇이 만들어지겠는가?	7(14.0)
방법 (Method)	수증기, 에탄올 기체, 에테르 기체를 구별할 수 있는 방법은 무엇인가?	3( 6.0)
원인 (Cause)	세 가지 물질을 혼합시켰을 때 변한 성질과 그런 성질이 나타난 이유는?	2( 4.0)
계		50(100)

것으로 보인다.

본 연구와 유사한 선행 연구로서 박종원(2005)은 일반물리를 수강한 대학생 6명을 대상으로 간단한 실험 방법과 결과를 제시하고 탐구할만한 가치가 있다고 생각되는 탐구문제들을 다양하고 많이 제안하도록 하여 그들이 제안한 탐구문제의 특성을 분석하였다. 비록 제시된 문제 상황이 꼬마전구에 걸린 전압을 변화시키면서 전류의 세기와 밝기를 측정한 실험 내용으로 본 연구보다 더 구체적이고 높게 구조화되어 있는 문제 상황이었지만, 학생들이 제안한 탐구문제들은 탐구내용의 특성에 따라 6개의 유형으로 나타났다. 즉, 새로운 결과 탐구문제(New-Result Inquiry Problem), 관계 탐구문제(Relationship Inquiry Problem), 왜-어떻게 탐구문제(Why-how Inquiry Problem), 무엇 탐구문제(What Inquiry Problem), 적용 탐구문제(Application Inquiry Problem), 실험방법 탐구문제(Experiment Method Inquiry Problem)로서 본 연구와 동일한 유형이 일부 발견되었다. 동일한 유형으로는 본 연구에서의 관계 탐구문제(Relationship Inquiry Problem), 무엇 탐

구문제(What Inquiry Problem), 방법 탐구문제(Method Inquiry Problem)이며 원인 탐구문제(Cause Inquiry Problem)는 왜-어떻게 탐구문제(Why-how Inquiry Problem)와 유사한 유형인 것으로 나타났다.

2) 과학적 개념 지식에 따른 문제 유형

학생들이 제안한 총 50개의 탐구문제는 표 3과 같이 모두 24개의 과학적 개념과 관련이 있었으며 언급된 개념의 빈도수의 합은 총 74회로 나타났다. 단, 유사한 개념은 하나로 묶어 대표 개념으로 분류하였으며 과학적 개념으로 분류하기에 애매한 것은 제외하였다. 빈도수가 가장 많은 개념은 ‘증발’로서 8회 언급되었으며, 다음 순서로 ‘밀도’가 7회 언급되었으며, ‘농도’와 ‘분자(또는 결정) 구조’가 각각 6회 언급되었다. 빈도수가 가장 적은 개념은 ‘굴절’, ‘응결’, ‘모세관 현상’, ‘베르누이 효과’, ‘계면 활성 작용’, ‘빛의 속력’, ‘열팽창률’이었으며 각각 1회 언급되었다.

학생들이 최종적으로 제안한 각 탐구문제에 언급된 과학적 개념의 수와 각 개념이 언급된 탐구문제의 예

표 3 과학적 개념 유형과 빈도

과학적 개념 유형	개념수	빈도수	빈도합
증발(또는 증발량, 기화, 휘발성, 증발 속도)	1	8	8
밀도	1	7	7
어는점(또는 어는점 내림)	1	5	5
농도, 분자(또는 결정) 구조	2	6	12
극성 유무, 화학 전지(또는 전기 분해) 및 환원 전위(또는 기전력), 용해(또는 용해도)	3	4	12
끓는점(또는 끓는점 오름), 연소, 산·염기, 메니스커스	4	2	8
점성, 증기압, 화학 반응(또는 반응), 분자 간 인력, 확산(또는 확산 속도)	5	3	15
굴절, 응결, 모세관 현상, 베르누이 효과, 계면 활성 작용, 빛의 속력, 열팽창률	7	1	7
계	24	36	74

표 4 탐구문제에 언급된 과학적 개념의 수와 탐구문제의 예

언급된 개념의 수	문제 수 (%)	관련 개념	탐구문제의 예
1	23 (46.0)	전기 분해	세 가지 혼합물에 전기를 흘려주면 생성 물질로서 무엇이 만들어지겠는가?
2	15 (30.0)	끓는점, 증발 속도	세 용액의 끓는점과 실온에서 증발의 빠르기 간에 관계가 있을까?
3	4 (8.0)	밀도, 점성, 확산	밀도나 점성의 변화를 주면서 확산을 여러 가지 방법으로 실험해보면 어떤 차이가 있을까?
4	2 (4.0)	증기 압력, 농도, 점성, 분자 구조	세 물질의 증기 압력은 농도와 용액의 점성, 분자 구조 등과 어떤 상관관계를 가질까?
기타	6 (12.0)	-	에테르에 에탄올 수용액과 증류수를 넣으면 마취 효과는 어떻게 되는가?

표 5

탐구문제 유형의 예와 빈도

유형	탐구문제의 예	빈도(%)
관계 (Relationship)	물의 pH 변화와 용해도는 어떤 관계가 있을까?	19(38.0)
원인 (Cause)	압력의 변화가 용해도에 영향을 준다면 그러한 현상이 일어나는 이유는 무엇인가?	8(16.0)
무엇 (What)	고체 물질의 용해도와 온도가 비례하는 물질에는 어떤 물질이 있으며 반비례하는 것은 어떤 물질이 있는가?	7(14.0)
비교 (Comparison)	물이 아닌 다른 액체 용매에 넣었을 때 용해도가 어떻게 달라질까?	6(12.0)
가능성 (Possibility)	거름종이를 사용한다면 정확한 석출량 계산이 가능할까?	5(10.0)
방법 (Method)	실험을 할 때 일정한 온도 유지가 어렵다. 온도를 일정하게 유지시킬 수 있는 방법에는 어떤 것들이 있을까?	3( 6.0)
측정 (Measurement)	고체가 석출될 때 용해열은 얼마나 될까?	2( 4.0)
계		50(100)

를 들면 다음 표 4와 같다.

표 4에서 알 수 있듯이, 대부분의 탐구문제는 ‘전기 분해’의 예처럼 과학과 관련된 개념이 1개 포함(46%) 되어 있었으나, ‘끓는점’, ‘증발 속도’의 예처럼 2개의 개념이 포함(30%)되어 있는 경우도 많았다. 또한 ‘밀도’, ‘점성’, ‘확산’의 예처럼, 개념이 3개 포함(8%)되어 있는 경우도 있었으며, 특히 2명의 학생이 제안한 탐구문제에는 4개의 과학적 개념이 포함(4%)되어 있었다. ‘기타’로 분류한 것은 과학적 개념으로 분류하기에 분명하지 않은 것이다. 따라서 학생들이 제안한 탐구문제는 대부분 1, 2개의 과학적 개념을 포함(76%)하고 있는 것으로 나타났다.

## 2. PFAWIS에서 생성한 과학탐구문제의 특성

PFAWIS에서는 연구자에 의해 제시된 ‘염소산칼륨의 용해도’ 탐구문제를 해결해 나가는 중에 새롭게 발견해낸 탐구문제 중에서 학생들이 최종적으로 제안한 하나의 과학탐구문제들을 대상으로 분석하였다. PFAIIS와 마찬가지로 이들이 제안한 탐구문제들을 ‘탐구목적에 따른 문제 유형’과 ‘과학적 개념 지식에 따른 문제 유형’으로 나누어 분석하였다.

### 1) 탐구목적에 따른 문제 유형

학생들이 제안한 탐구문제(Inquiry Problem)를 탐구목적에 따라 나누어 보면 ‘측정(Measurement)’ 탐구문제, ‘방법(Method)’ 탐구문제, ‘원인(Cause)’ 탐구문제, ‘가능성(Possibility)’ 탐구문제, ‘무엇(What)’ 탐구문제,

‘비교(Comparison)’ 탐구문제, ‘관계(Relationship)’ 탐구문제로 나타났다. 이 결과는 PFAIIS에서 분석한 결과와 동일하다. 그러나 각 유형의 빈도는 서로 다르게 나타났으며, 각 유형의 예와 빈도는 표 5와 같다.

표 5에 제시된 바와 같이, 탐구문제의 유형 중에서 가장 높은 빈도를 나타낸 것은 관계(Relationship) 탐구문제로 19명(38%)이었으며 그 다음이 원인(Cause) 탐구문제로 8명(16%)과 7명(16%)이었다. 반면, 방법(Method) 탐구문제나 측정(Measurement) 탐구문제는 각각 3명(6%)과 2명(4%)으로 빈도가 매우 낮게 나타났다.

### 2) 과학적 개념 지식에 따른 문제 유형

학생들이 제안한 총 50개의 탐구문제는 표 6과 같이 모두 24개의 과학적 개념과 관련이 있었으며 언급된 개념의 빈도수는 총 105회로 나타났다. 단, 유사한 개념은 하나로 묶어 대표 개념으로 분류하였으며, PFAIIS와 달리 과학적 개념으로 분류하기에 애매한 것은 발견되지 않았다. 이는 구체적인 실험 활동을 수행하면서 탐구문제를 생성하도록 했기 때문에 과학적 탐구 상황과 관련이 있는 문제만을 생성한 것으로 보인다. 빈도수가 가장 많은 개념은 ‘용해(용해도)’로서 33회 언급되었으며, 다음 순서로 ‘용매’, ‘온도’, ‘용질’, ‘pH’가 각각 13회, 12회, 6회, 5회 언급되었다. 빈도수가 가장 적은 개념은 ‘대류’, ‘증기압’, ‘에너지’, ‘생성열’, ‘열역학’, ‘이온화’, ‘표면적’, ‘분자량’, ‘반응’이었으며 각각 1회 언급되었다.

표 6  
과학적 개념 유형과 빈도

과학적 개념 유형	개념 수	빈도수	빈도합
용해(용해도)	1	33	33
용매	1	13	13
온도	1	12	12
용질	1	6	6
pH	1	5	5
압력, 분자(또는 결정) 구조	2	4	8
분자 간 인력, 석출, 용해도 곡선	3	3	9
가열, 농도, 과포화, 용해열, 증발	5	2	10
대류, 증기압, 에너지, 생성열, 열역학, 이온화, 표면적, 분자량, 반응	9	1	9
계	24	79	105

표 7  
탐구문제에 언급된 과학적 개념의 수와 탐구문제의 예

언급된 개념의 수	문제 수 (%)	관련 개념	탐구문제의 예
1	11 (22.0)	분자 간 인력	염소산칼륨 자체의 인력의 크기와 물과의 인력의 크기는 얼마나 차이가 날까?
2	28 (56.0)	용매, 용해도	용매의 종류가 달라지면 용해도는 어떻게 달라질 것인가?
3	6 (12.0)	용매, pH(산도), 용해도	용매의 극성 여부나 산도에 따른 염소산칼륨의 용해도 변화는 어떠한가?
4	5 (10.0)	용매, 용질, 분자 간 인력, 용해도	용매와 용질 또는 용질과 용질 분자 간에는 분산력이나 수소 결합과 같은 다양한 힘이 작용하는데 이 분자간 힘에 따른 용해도의 변화는 어떠한가?

표 3과 표 6을 비교해보면, 각 개념이 언급된 빈도수는 PFAIS에서는 ‘증발’이 8회로 가장 많았으나 PFAWIS에서는 ‘용해(용해도)’가 33회로 가장 많았고, ‘용매’와 ‘온도’가 각각 13회와 12회로 나타났다. 이를 통해 PFAWIS에서 생성한 탐구문제는 ‘용해(용해도)’ 개념 하나가 빈도합의 31%(33회)를 차지하고 있는 반면, PFAIS에서는 대체로 비슷한 빈도의 합을 나타내고 있음을 알 수 있다.

학생들이 최종적으로 제안한 각 탐구문제에 언급된 과학적 개념의 수와 각 개념이 언급된 탐구문제의 예를 들면 다음 표 7과 같다.

표 7에서 알 수 있듯이, 대부분의 탐구문제는 ‘용매’, ‘용해도’의 예처럼 과학과 관련된 개념이 2개 포함(56%)되어 있었으며, ‘분자 간 인력’의 예처럼 1개 포함(22%)되어 있는 경우도 많았다. 따라서 학생들이 제안한 탐구문제는 대부분 1, 2개의 과학적 개념을 포함(78%)하고 있는 것으로 나타났으며 이는 PFAIS에서의 결과(76%)와 매우 유사하다. 또한 5명의 학생이 제안한 탐구문제에는 4개의 과학적 개념이 포함(10%)

되어 있었으며 이 결과 역시 PFAIS에서의 결과(4%)와 유사한 것으로 나타났다. 그러나 PFAWIS에서는 PFAIS와는 달리 과학적 개념으로 분류하기에 분명하지 않은 개념은 발견되지 않았다. 이는 PFAIS에서 제공된 탐구 상황은 명확한 정보나 방향을 제시하지 않은 탐구 상황이었고, PFAWIS에서는 ‘염소산칼륨의 용해도’ 실험을 하도록 탐구 방향을 제시한 탐구 상황이었기 때문인 것으로 해석된다.

### 3. PFAIS와 PFAWIS에서 생성한 과학탐구문제 비교

PFAIS와 PFAWIS에서 생성한 탐구문제의 유형별 빈도와 탐구 상황별 빈도의 차이를 비교해 보면 다음 표 8와 같이 나타났다.

표 8에 제시된 바와 같이, 무엇(What) 탐구문제(14%)와 방법(Method) 탐구문제(6%)는 같은 빈도를 보였으며 가능성(Possibility) 탐구문제도 14%와 10%로 큰 차이를 보이지는 않았다. 그러나 비교(Comparison) 탐구문제(PFAIS: 22%, PFAWIS: 12%), 관계(Relation-

표 8

PFAIS와 PFAWIS에서 생성한 탐구문제의 유형별 빈도 비교

유형	빈도(%)			$\chi^2$	p
	PFAIS	PFAWIS	전체		
비교(Comparison)	11(22.0)	6(12.0)	17( 17)	37.322	.408
관계(Relationship)	10(20.0)	19(38.0)	29( 29)		
측정(Measurement)	10(20.0)	2( 4.0)	12( 12)		
무엇(What)	7(14.0)	7(14.0)	14( 14)		
가능성(Possibility)	7(14.0)	5(10.0)	12( 12)		
방법(Method)	3( 6.0)	3( 6.0)	6( 6)		
원인(Cause)	2( 4.0)	8(16.0)	10( 10)		
전체	50(100)	50(100)	100(100)		

ship) 탐구문제(PFAIS: 20%, PFAWIS: 38%), 측정(Measurement) 탐구문제(PFAIS: 20%, PFAWIS: 4%), 원인(Cause) 탐구문제(PFAIS: 4%, PFAWIS: 16%)는 상대적으로 큰 차이를 보였다. 탐구문제의 유형별 빈도가 탐구 상황에 따라 유의미한 차이가 있는지  $\chi^2$  검정으로 알아본 결과, 유의수준이 .408로서 IIS와 WIS 간에는 서로 관계가 없음을 알 수 있다. 이러한 결과는 탐구 상황의 특성과 관련이 있을 것으로 해석된다. 즉, PFAIS에서는 낮게 구조화된 탐구 상황(구체적인 탐구문제가 전혀 제시되지 않은)이 제공된 과학문제발견 과제를 통해 새로운 탐구문제를 찾아내게 하였고, PFAWIS에서는 구체적인 탐구문제가 제시된 상황에서 그 문제를 해결하기 위해 실험 활동을 수행하면서 새로운 탐구문제를 찾아내게 하였다. 따라서 탐구문제를 찾는 탐구 상황이 다르기 때문에 유형별 빈도도 다르게 나타난 것으로 보인다. 특히, 두 활동에서 관계(Relationship) 탐구문제(각각 20%, 38%)는 높은 빈도를 나타내었고, 방법(Method) 탐구문제(6%)는 낮은 빈도를 나타내었다. 이러한 결과를 대학생들이 제안한 탐구문제를 탐구내용의 특성에 따라 분류한 박종원(2005)의 연구결과와 비교해보면 22%의 빈도를 나타낸 관계(Relationship) 탐구문제나 3%의 빈도를 나타낸 실험 방법(Experimental Method) 탐구문제와 유사하다는 것을 알 수 있다.

PFAIS와 PFAWIS에서 생성한 탐구문제에서 언급된 과학적 개념의 수는 표 9에서 알 수 있듯이, 두 활동 모두 24개로 같게 나타났으나, 빈도의 합은 PFAWIS(105개)가 PFAIS(74개) 보다 31회나 더 큰 것으로 나타났다. 즉, 탐구문제에 언급된 과학적 개념의 수는 두 활동에서 차이를 보이지 않았지만 언급된 빈도의 합은 PFAWIS가 PFAIS보다 컸다. 그러나 언급된 개념의 내용을 보면, 대부분 ‘용해(용해도)’, ‘용매’, ‘용

표 9

PFAIS와 PFAWIS에서 과학적 개념 유형의 빈도 비교

과학적 개념 유형	빈도	
	PFAIS	PFAWIS
개념수	24	24
빈도수	36	79
빈도합	74	105

질’, ‘온도’, ‘압력’ 등과 같은 개념으로써 실험 주제인 ‘염소산칼륨의 용해도’ 실험과 직접적으로 관련된 개념이었다. 그에 비해 PFAIS에서는 PFAWIS보다 더 다양한 내용의 개념이 언급되었다. 따라서 PFAWIS에서 새로 생성한 탐구문제는 PFAIS에서 생성한 탐구문제보다 제시된 탐구 상황에 더 의존적인 것으로 해석할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 낮게 구조화된 탐구 상황(IIS)과 높게 구조화된 탐구 상황(WIS)에서 과학영재들이 발견해낸 과학탐구문제들의 특성을 비교 분석하였다. 먼저, 학생들이 생성한 탐구문제들을 탐구목적에 따라 분류해보면, 낮게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(PFAIS)과 높게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(PFAWIS)중에 발견해낸 탐구문제들은 7개의 동일한 유형으로 분석되었으며, 측정(Measurement), 방법(Method), 원인(Cause), 가능성(Possibility), 무엇(What), 비교(Comparison), 관계(Relationship)의 유형으로 나타났다. 이 중 PFAIS에서는 ‘비교(Comparison)’, ‘관계(Relationship)’, ‘측정(Measurement)’ 탐구문제의 유형이 많은 것으로 나타났으며, PFAWIS에서는 ‘관계(Relationship)’, ‘원인(Cause)’, ‘무엇(What)’ 탐구문제의 유형이 많은 것으로 나타났다. 또한 PFAIS와



PFAWIS에서 생성한 탐구문제의 유형별 빈도를 비교해 보면 무엇(What), 방법(Method), 가능성(Possibility) 탐구문제는 같은 빈도를 보이거나 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 비교(Comparison), 관계(Relationship), 측정(Measurement), 원인(Cause) 탐구문제는 비교적 큰 차이를 보였다. 이러한 결과는 탐구 상황의 특성과 관련이 있을 것으로 생각된다. 즉, 탐구 상황이 구체적인 정보나 방향이 제시되지 않은 낮게 구조화되었을 경우와 구체적인 탐구문제가 제시되고 그 문제를 해결하기 위한 목표와 방향이 정해져 있는 경우에 학생들이 생성한 탐구문제의 유형별 빈도는 상당한 차이를 보이게 된다. 그러나 그렇다 하더라도, 두 활동에서 생성된 대부분의 탐구문제들은 7개의 유형을 벗어나지 못했다. 또한 탐구문제에 언급된 과학적 개념의 수는 두 활동 간에 차이를 보이지 않았지만, 언급된 빈도의 합은 PFAWIS가 더 큰 것으로 나타났다. 그러나 탐구문제에 포함된 과학적 개념의 내용을 보면, PFAWIS에서는 대부분 실험 주제와 직접적으로 관련된 개념을 포함하고 있었으나, PFAIS에서는 PFAWIS보다 더 다양한 내용의 개념을 포함하고 있었다. 따라서 PFAWIS에서 새로 생성한 탐구문제는 PFAIS에서 생성한 탐구문제보다 제시된 탐구 상황에 더 의존적인 것으로 해석할 수 있다.

본 연구의 결과를 바탕으로 과학영재들이 보다 가치 있고 독창적인 과학탐구문제를 생성하도록 지도하기 위한 방안을 다음과 같이 제안하고자 한다.

첫째, 과학영재들에게 ‘낮게 구조화된’ 과학적 탐구 상황을 자주 제시하여 다양한 문제를 생성해보도록 기회를 부여한다면, 보다 다양한 개념을 활용한 탐구문제를 생성하는데 도움이 될 것이다.

둘째, 평소 과학 교육 과정내의 실험 활동을 통해서도 가치 있고 독창적인 탐구문제를 생성할 수 있음을 강조하고, 실험 중에 생성한 탐구문제들에 대해 토의하는 시간을 자주 가지도록 한다.

셋째, 과학영재들이 다양한 유형의 과학탐구문제를 생성하도록 하기 위해 탐구문제의 내용에 최소한 7개의 유형이 고루 사용되도록 지도를 할 수 있다. 이는 자율 연구의 기회가 많은 과학영재들이 독창적인 탐구문제를 스스로 찾아내는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

아울러, 탐구 상황의 특성에 따라 탐구문제는 다양하게 생성될 수 있으므로 다양한 특성을 가진 과학적 탐구 상황을 개발해야 하며, 그 다양한 탐구 상황의 특성에 따른 탐구문제의 유형에 대해 보다 심층적인 연구를 수행할 필요가 있다.

## 국문 요약

본 연구의 목적은 과학영재들의 과학탐구문제발견 능력을 신장시키기 위한 지도방향을 제안하는 것이다. 이를 위해서 낮게 구조화된 탐구 상황과 높게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동 중에 과학영재들이 생성한 과학탐구문제의 특성에 대해 심층적인 분석을 하였다. 분석한 결과, 탐구목적에 따른 유형별 빈도는 탐구 상황에 따라 차이를 보였으나, 두 활동에서 생성된 대부분의 탐구문제들은 7개의 동일한 유형(측정, 방법, 원인, 가능성, 무엇, 비교, 관계)으로 나타났다. 탐구문제에 언급된 과학적 개념의 빈도수는 높게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(PFAWIS)이 낮게 구조화된 탐구 상황에서의 문제발견 활동(PFAIS)보다 더 많았으나, 과학적 개념의 다양성은 PFAIS가 PFAWIS보다 더 큰 것으로 나타났다.

따라서 교사는 첫째, 낮게 구조화된 과학적 탐구 상황에서의 과학문제발견 활동의 기회를 자주 부여해야 한다. 둘째, 일반 과학 실험 중에도 새로운 탐구문제를 발견할 수 있음을 강조하고, 실험 중에 생성한 탐구문제들에 대해 토의하는 시간을 자주 가질 필요가 있다. 셋째, 과학탐구문제를 최소한 7개 이상의 유형별로 생성할 수 있도록 지도하도록 한다.

## 참고 문헌

- 남정희 (1996). 화학 실험에서 탐구 과정기능의 평가도구 개발. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 류시경, 박종석 (2006). 낮게 구조화된 과학적 문제 상황에서 고등학생들의 문제발견 활동 분석. 한국과학교육학회지, 26(6), 765-774.
- 류시경, 박종석 (2008). 과학 영재 학생들의 과학적 문제발견 능력을 측정하기 위한 도구 개발. 한국과학교육학회지, 28(2), 139-149.
- 박종원 (2004). 과학적 창의성 모델의 제안-인지적 측면을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.
- 박종원 (2005). 학생의 과학적 탐구문제의 제안과정과 특성 분석. 새물리, 50(4), 203-211.
- 이혜주 (2005). 구조화 정도가 다른 문제 상황에서 문제발견에 대한 제 변인의 상대적 기여도 분석. 초등교육연구, 18(2), 123-148.
- 전윤식, 김정섭, 윤경미 (2003). 창의성 교육의 새로운 접근: 문제 찾기. 교육학연구, 41(3), 215-238.
- 정현철, 조석희, 서혜애, 신명경, 허남영 (2004). 영재의 자율연구능력 기초탐색연구. 한국교육개발원 수탁연구 CR 2004-43.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt Reinhait & Winston.

Dudek, S. Z., & Côté, R. (1994). Problem Finding Revisited. In M. A. Runco(Ed.), *Problem Finding, Problem Solving, and Creativity*, (pp. 130-150). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

Feldhusen, J. F. (1986). A Conception of Giftedness. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of Giftedness*, (pp. 112-127). New York: Cambridge University Press.

Getzels, J. W., & Csikszentmihalyi, M. (1976). *The Creative Vision: A Longitudinal Study of Problem Finding in Art*. New York: John Wiley.

Hoover, S. M., & Feldhusen, J. F. (1990). The Scientific Hypothesis Formulation Ability of Gifted Ninth-Grade Students. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 838-848.

Jay, E. S., & Perkins. D. N. (1997). Problem Finding: The Search for Mechanism. In M. A. Runco (Ed.), *The Creativity Research Handbook (Volume I)*, (pp. 257-293). NJ: Hampton Press.

Runco, M. A. (1994). *Problem Finding, Problem Solving, and Creativity*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (2000). *Creative Problem Solving: An Introduction (3rd Eds.)*, Texas: Prufrock Press.