

## 중학교 과학 영재의 과학 창의성 신장을 위한 문제 해결형 탐구 실험에서의 학생 간 대화 분석

김 지 영                  하 지 희                  박 국 태                  강 성 주  
한국교원대학교          한국교원대학교          한국교원대학교          한국교원대학교

이 연구에서는 과학 영재의 과학 창의성을 신장시키기 위하여 문제 해결형 탐구 실험을 개발·적용하여 그 효과를 분석하고자 하였다. 이를 위해 먼저, 과학 개념, 과학 탐구 기능, 창의적 사고 영역에서 선정된 요소를 융합하여 문제 해결형 탐구 실험을 개발하였고, 과학 창의성을 측정하기 위해 과학 창의적 문제 해결력 검사(TSCPS)를 개발하였다. 과학 창의성을 신장시키기 위해 개발된 문제 해결형 탐구 실험을 대학교 부설 영재 센터에 재학 중인 중학생 과학 영재 21명에게 적용하였다. TSCPS를 사전·사후에 실시하여 결과를 비교하였고, 실험 과정 중에 나타나는 학생 간 대화를 분석하였다. 문제 해결형 탐구 실험의 적용 후 TSCPS 사후 검사 결과가 향상되었다. 실험 과정에서 나타난 학생 간 대화를 분석한 결과, 문제 해결을 위해 논리적인 설명과 사고를 많이 요구하는 실험에서는 수렴적 사고에 관한 대화 수가, 문제 해결을 위한 아이디어의 제시가 강조되는 실험에서는 발산적 사고에 관한 대화 수가 많이 나타났다. 이로써 문제 해결형 탐구 실험이 과학 창의성 신장에 긍정적인 영향을 줄 것이라 생각된다. 과학의 영역 특수성을 반영한 창의적 문제 해결형 탐구 실험은 영재 교육을 현장에서 수행하는 데 실질적인 도움이 될 것이라 기대한다.

주제어: 과학 영재, 과학 창의성, 문제 해결형 탐구 실험, 학생 간 대화, 창의적 문제 해결력 검사(TSCPS)

---

교신저자: 강성주(sjkang@knue.ac.kr)

\* 이 논문은 2007년도 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R01-2007-000-20619-0).

## I. 서 론

21세기는 지식기반사회로 과학 기술력이 국가 경쟁력을 상징하는 시대적 상황 속에서 여러 학문 분야 중에서도 과학 분야의 영재교육을 더욱 강조하고 있다. 이러한 시대적 요구에 따라 우리나라는 국가 수준에서 정책적으로 과학 영재교육을 강조하고 있으며 2003년 한국과학영재학교의 설립으로 과학 영재교육의 새로운 장을 열고 있다.

한중하 등(1985)은 과학영재는 동일 연령 수준에 있는 다른 사람에 비하여 수학과 과학에 대한 학업 성취도가 매우 높고, 뛰어난 지적 능력과 창의성을 소유하고 있으며, 과학 분야의 탐구 활동에 강한 흥미와 과제 집착력을 가지고 있다고 정의하였다. 또한 임길선과 정완호(2004)는 과학 분야에 대한 평균 이상의 능력, 높은 과제해결력, 그리고 창의성이라는 세 가지 기본적인 특성이 상호작용하여, 장래 과학 분야에서 뛰어난 업적을 나타낼 수 있는 잠재력을 보유하고 있는 사람을 과학 영재에 포함시켰다. 이러한 과학 영재에게 나타나는 특성은 탁월한 지적 능력과 높은 학업 성취 능력을 가지고 있으며, 과학 분야에 대한 높은 과제 집착력과 호기심, 그리고 창의성을 가지고 있다는 것이다(김승훈, 2004).

창의성에 관한 연구는 영역 한정적인 입장에서 특정 영역의 창의적 문제 해결력과 행동 특성을 강조하고 있다(Han과 Marvin, 2002). 그러므로 과학 영재에게 나타나는 창의성은 영역 보편적인 입장보다 영역 한정적인 입장에서의 창의성에 관한 것이다. 과학영재가 갖추어야 할 과학 창의성에 대해 Hu와 Adey(2002)는 “독창적으로 어떤 산물을 만들어 내거나 잠재적으로 만들어 낼 수 있는 능력 또는 일종의 지적 특성”으로 정의하고 있으며, 사회적 또는 개인적인 가치를 가지고 마음속에 있는 어떤 목표를 설계하여 주어진 정보를 사용하는 것으로 정의하고 있다(김승훈, 2004). 박종원(2004)의 과학 창의성 요소들은 창의적 사고, 과학지식 내용과 과학적 탐구 기능으로 분류할 수 있고 창의적 사고는 발산적 사고, 수렴적 사고와 연관적 사고로 분류된다. 이상의 연구에서 볼 수 있듯이, 과학에서의 창의성이란 “과학의 기본 지식과 탐구 과정 기술을 기반으로 확산적 사고와 비판적 사고 과정

을 통하여 새로운 문제를 발견해 내며 적절하고 새로운 해결방법을 발견하는 것”이라고 정의할 수 있다(정현철 등, 2002).

따라서 과학영재는 과학영재에게 요구되는 과학 창의성 중에서 새롭고 독창적인 아이디어를 창출하고 자신이 가지고 있는 생산성을 최대화하여 미래 사회를 생산적으로 이끌어 갈 수 있게 하는 창의적 문제 해결력(조석희 등, 2004)을 갖추어야 한다. 김정자 등(1998)은 창의적 문제해결력을 일반적인 영역의 지식과 기능 기반, 동기적 요인, 특정 영역의 지식과 기능 기반을 토대로 확산적 사고와 수렴적 사고가 역동적으로 상호작용하여 새로운 산출물 혹은 해결책을 만들어 내는 사고과정이라 정의하였다.

Sternberg(1988)는 과학 영재교육은 현실적이고 실제적인 내용으로 과학자들이 하고 있는 것을 나타내야하며, 문제 발견과 문제 해결 및 과학적 보고의 훈련을 포함하는 탐구 중심 활동이 이루어져야 함을 강조했다. 한중하(1987)는 영재들의 학습 속도에 적당하고, 추상적이고 모호한 문제로 도전의 기회를 제공할 수 있는 탐구 중심의 활동으로 과학 영재의 자율적 성장의 유도가 가능하도록 설계되어야 한다고 주장하였다.

그러나 이와 같은 과학 영재교육 프로그램의 조건을 만족스럽게 충족시켜줄만한 프로그램이 충분치 않은 것이 현실이다. 정현철 등(2002)은 과학 영역에서 창의성의 계발을 위한 교육방법의 모색과 그에 따른 창의성 교육 프로그램 개발은 최근의 요구에 부응하기에는 미약한 실정이라고 하였다. 조연순(2001)은 창의성 계발 방법으로 영역 특수적 입장에서 교과교육의 내용을 고려하기보다는 영역 보편적 입장에서 내용과 별 관련이 없는 일반적인 창의적 사고를 기르는 프로그램이 대부분이라고 하였다. 과학 그 자체의 의미에 대해 생각해 볼 수 있는 활동은 매우 미흡한 실정이다(장명덕 등, 2002).

이러한 실정에서 과학 영재에게 요구되는 능력인 창의적 문제해결력을 기르기 위해서 문제 해결형 탐구 실험이 필요하다. 문제 해결형 탐구 실험은 실험 과정 중에 문제가 발생하며, 이를 해결하는 과정을 통해 새로운 정보를 습득하게 되는 실험 형태이다. 특히, 이 실험 형태의 핵심요소는 문제상황의 발생이며, 문제 해결 과정에서는 명확한 정답이 정해져 있는 것이

아니라 여러 가설 설정이 가능하고 이를 통해 다양한 방향으로 해결할 수 있다는 것이다(이은경, 강성주, 2006). 이에 관해 Barrows (2002)는 소집단 내의 실제적인 토의를 통해서 해결책이 산출되기 때문에 문제 상황에서 학습자들 서로 이의를 제기하면서 개념을 정교화 시킬 수 있는 기회를 풍부하게 갖게 된다고 하였다. 문제점을 찾는 과정에서 비판적이고 논리적인 사고를 요하며, 새로운 연구 문제를 제시하고 가설 설정을 하는 과정은 문제 해결을 위한 새로운 아이디어를 제시하거나 기존에 알고 있는 지식이나 개념을 연관 지어 생각하는 창의적인 사고를 요하는 과정이다. 따라서, 문제 해결형 탐구 실험은 창의적 사고력과 인지 수준이 높고 과제 집착력이 뛰어난 과학 영재에게 적합한 실험이다.

또한, 영역 한정적 입장에서 과학 영재 프로그램뿐만 아니라 과학 창의성 검사 도구의 부족도 거론되고 있다. 그 간의 창의성 검사 도구가 영역 보편적 입장에서의 발산적 사고의 측정만을 강조하였다. 그러나 최근 연구는 영역 한정적 입장에서의 창의성이 부각되면서, 발산적 사고 검사에서 높은 점수를 얻었다고 해서 특정 영역의 창의적 성취가 높게 나타나는 것은 아니며, 특정 영역에서 창의성을 인정받은 사람이 반드시 발산적 사고 검사에서 높은 점수를 얻는 것은 아니라는 견해(Gardner, 1993a, 1993b)에 따른 것이다. 영역 한정적인 창의성은 영역 보편적인 창의성과 다르고 그 하부 영역 간의 상관관계가 낮다는 의견(신지은, 2002)도 있다. 그러나 현장에서 사용할 수 있는 특정 영역의 창의성 측정 도구의 개발은 미약한 상태이다(김승훈, 2004).

이상에서 살펴본 바와 같이, 과학 영재에게 적합한 영역 한정적 입장에서 과학 창의성을 신장시키기 위한 적절한 프로그램 개발과 과학 창의성을 측정할 수 있는 검사도구의 개발이 필요하다. 과학 창의성을 신장시킬 수 있는 문제 해결형 탐구 실험을 개발·적용하고 과학 창의적 문제 해결력 검사와 창의적 사고에 대한 학생 간 대화를 통해 문제 해결형 탐구 실험의 효과를 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 문제 해결형 탐구 실험과 검사 도구의 개발

과학 창의성 활동은 과학 탐구 기능과 과학 지식 내용과 창의적 사고가 함께 융합될 때 일어나는 것으로 볼 수 있다(박종원, 2004). 따라서 과학 창의성을 신장시키기 위한 문제 해결형 탐구 실험에 포함된 요소는 과학 탐구 기능, 과학 개념, 창의적 사고의 세 가지 영역에서 각각 선정하였고, 선정된 요소를 이용하여 문제 해결형 탐구 실험을 개발하였다.

이 연구에 의해 개발된 문제 해결형 탐구 실험에 포함된 요소는 과학 탐구 기능 영역에서 Harwood(2004), Hur(1984), 박종원(2004)의 과학 탐구 과정을 종합하여 선정한 자연 현상 관찰, 문제 인식, 문헌 조사, 가설 설정, 결과 예상, 실험 설계, 실험 수행, 실험 결과 기록, 실험 결과 분석 및 결론 도출, 평가 및 종합 토의 등이다. 과학 개념 영역의 요소는 현행 교육과정에 포함된 내용 중에서 중학생 과학 영재에게 적합한 반응 속도 조절, 기체의 용해와 관련된 개념이다. 창의적 사고 영역의 요소는 발산적 사고 중 유창성, 융통성, 독창성, 그리고 수렴적 사고 중 정합성, 통합성, 단순성이다.

선정된 탐구 실험 요소가 포함된 창의적 문제 해결형 실험을 개발하였다. 문제 해결형 탐구 실험의 기본 구조는 <표 1>과 같다. 개발한 탐구 실험은 제시된 문제를 해결하거나 실험 과정에서 발생된 문제를 해결하는 형태로 반복적인 탐구 과정과 새로운 아이디어 제시 및 통합이 나타나도록 구성되었다.

<표 1> 문제 해결형 탐구 실험의 기본 구조

구 분	구 성
제목	과학 창의성을 유발할 수 있는 형태로 제시
목표	실험을 통해 해결해야 하는 문제를 목표로 제시
관련문제	호기심과 흥미, 과학 창의적 사고를 유도하는 일상생활의 문제 제시
관련개념	문제를 해결하기 위해 필요한 개념 및 개념도 그리기
활동	① 실험 1 - 시범 실험이나 문제를 해결하기 위한 기본적인 매뉴얼을 제공, 실험 수행 후 문제점 인식 ② 실험 2 - 실험 1의 결과를 기초로 문제 해결을 위한 창의적인 아이디어 제시, 학생 스스로 설계 하여 수행 후 문제 해결 여부 판단 → 문제 미해결 시 또는 발전된 형태의 문제 해결을 위해 실험 2과정 반복

개발한 탐구 실험의 현장 적용 가능성을 알아보기 위해 B대학교 영재 센터 화학 기초반(중학교 1학년) 학생 17명을 대상으로 시범 적용하였다. 또한 개발한 탐구 실험이 과학 창의성 신장을 위해 적합한지 알아보기 위해 화학교육과 교수 1인, 화학교육과 석·박사 과정 현직교사 5인의 자문과 평가를 받아 수차례 검토 과정을 거쳤다. 시험 적용에서 나타난 학생들의 반응을 검토하고 전문가의 자문과 평가를 종합하여 수차례에 걸친 수정·보완을 통해 문제 해결형 탐구 실험을 완성하였다.

또한, 과학 창의성을 측정하기 위한 과학 창의적 문제 해결력 검사를 개발하였다. 이 연구에서 개발한 과학 창의성 문제 해결력 검사(TSCPS: The Test of Science-Creative Problem Solving)는 과학 개념 중 화학 개념과 과학 탐구 기능을 바탕으로 발산적 사고와 수렴적 사고를 요구하는 주관식 2 문항으로 구성되었고, 검사 소요 시간은 20분이다. TSCPS의 문항 구성 요소는 <표 2>에 제시하였다.

<표 2> TSCPS의 문항 구성 요소

문항	과학 개념	과학 탐구 기능	창의성
1	고체 혼합물의 어는점	문제인식능력, 가설설정능력, 개념연결능력	발산적 사고(유창성, 융통성, 독창성) 수렴적 사고(정합성, 통합성, 단순성)
2	금속 활자와 먹물의 원리	문제인식능력, 가설설정능력, 탐구설계능력	발산적 사고(유창성, 융통성, 독창성) 수렴적 사고(정합성, 통합성, 단순성)

개발한 TSCPS가 과학 창의성 측정에 적합한지 알아보기 위해 C중학교 1학년 40명과 B대학교 영재 센터 심화반(중학교 2학년) 15명에게 시범 적용하였고, 영재교육 전문가 1인, 화학교육과 교수 3인, 화학교육과 석·박사 과정 현직교사 5인에게 문항의 적절성을 검증 받았다. 이 검사의 신뢰도는 Cronbach  $\alpha$  계수 0.86이다. TSCPS가 주관식 문항이므로 채점 기준을 개발하고 화학교육과 교수 1인과 화학교육과 석·박사 과정 현직 교사 4인에게 채점 기준의 적절성을 검증 받았다.

## 2. 문제 해결형 탐구 실험 및 검사 도구의 적용

문제 해결형 탐구 실험이 과학 영재의 과학 창의성 신장에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 청주시 소재 A대학교 과학 영재 교육 센터 화학 기초반(중학교 1학년) 21명을 대상으로 연구를 진행하였다. 개발된 문제 해결형 탐구 실험을 5월부터 6월까지 실험을 적용하였다. 문제 해결형 탐구 실험은 3명이 1조로 구성하여 모둠별 실험을 실시하였다. 사전 검사는 4월에 실시하였고, 사후 검사는 7월에 실시하였다. 학생 간 대화 자료를 수집하기 위해 문제 해결형 탐구 실험의 활동 과정을 녹음기와 비디오카메라로 녹음·녹화하였다. 자료 분석을 위해 녹음 자료를 기본으로 학생들의 대화를 전사하였고, 녹음 자료만으로 전사가 어려운 경우에는 녹화 자료를 참고하였다.

문제 해결형 탐구 실험의 수행 과정에서 탐구 과정에 대한 학생 간 대화 분석은 과학 탐구 과정 즉, 문제인식, 문헌조사, 가설설정, 결과예상, 실험설계, 실험수행, 실험결과기록, 결과분석 및 결론도출, 평가 및 종합토의, 기타 등의 10단계를 기준으로 대화를 분류하였다. 대화는 의미 단위로 나누어 분석하였다.

문제 해결형 탐구 실험의 수행 과정에서 창의적 사고에 대한 학생 간 대화 분석은 발산적 사고와 수렴적 사고에 대한 대화를 분류하였는데, 유창성, 융통성, 독창성이 나타나는 대화를 발산적 사고로, 정합성, 통합성, 단순성이 나타나는 대화를 수렴적 사고로 분류하였다. 탐구 수행 시간이 실험 1은 2시간 15분, 실험 2는 2시간 30분 소요되었고, 전체 학생 간 대화 수가 실험 1은 967, 실험 2는 951로 비슷하게 나타난 1개 조를 선정하였다. 선정된 조의 녹음 자료를 전사한 후 분석하여 탐구 과정과 창의적 사고에 대한 학생 간 대화를 비교 분석 하였다.

## III. 연구 결과 및 논의

### 1. 문제 해결형 탐구 실험의 개발 결과

과학 창의성 신장을 위한 문제 해결형 탐구 실험을 개발하였으며, 실험

내용은 <표 3>과 같다.

<표 3> 문제 해결형 탐구 실험의 실험 내용

차시	실험 제목	실험 내용
1	평이요	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현상을 통해 반응 속도를 이해</li> <li>- 반응 속도를 조절하여 문제 해결</li> <li>- 가설 설정과 실험 수행을 강조</li> </ul>
2	기체가 녹으면?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기체의 용해와 압력과의 관계를 이해</li> <li>- 기체 분수를 만드는 문제 해결</li> <li>- 문헌 조사와 가설 설정을 강조</li> </ul>

개발된 문제 해결형 탐구 실험은 문제가 주어지거나 주어진 과정대로 수행하면 결과를 얻는 데 어려움이 발생하는 문제에 봉착하여 발생된 문제를 해결하기 위한 문제 인식을 명확히 하고, 문제를 해결하기 위한 여러 가지 가설을 세운다. 그 중에서 적절한 가설을 선택하고, 가설에 맞게 실험 과정을 설계하고, 실험을 수행하여 원하는 결과인지를 판단하는 등의 일련의 과정을 여러 번 반복하도록 하여 문제를 해결해 나가는 방식으로 구성되어 있다. 또한 탐구 실험은 모든 과정을 학생 스스로 하도록 되어 있다.

실험 1의 첫 번째 단계는 제산제와 물의 반응 속도를 조절하기 위해 필요한 개념과 개념도를 그리고 두 번째 단계에서 제시된 과정에 따라 제산제의 반응 실험을 통해 제산제의 성분과 반응 특성을 알게 된다. 세 번째 단계는 5초, 30초에 반응이 완결될 수 있는 반응 조건 찾는 문제를 해결하는 것이고, 마지막 단계는 반응 속도에 영향을 미치는 요인과 반응 속도 조절과의 관계를 알아보는 탐구 실험으로 구성되어 있다. 이 실험을 통해 과학 지식 내용인 반응속도를 알게 되며 반응속도에 영향을 주는 요인에 대한 내용을 이해할 수 있게 된다. 문제를 해결하기 위해 다양한 가설을 세우고, 토의를 통해 선택한 가설에 맞는 실험을 설계, 수행한다. 실험 결과를 통해 문제 해결 여부를 판단하고, 그 결과에 따라 수차례 반복 진행하면서 문제를 자연스럽게 해결하게 된다. 이 실험은 문제 해결과정을 통해서 과학 탐구 기능 중 가설 설정과 실험 설계 기능을 향상시킬 것이며, 수차례 실험



을 반복하면서 실험 수행 기능도 향상시키도록 개발되었다.

실험 2는 암모니아 분수 시범 실험을 관찰한 후 자신만의 기체 분수를 만드는 문제를 해결하고 이를 통해 기체의 용해와 압력과의 관계를 알아보는 탐구 실험으로 구성되어 있다. 이 실험의 첫 번째 단계는 암모니아 분수 속에 포함된 개념과 개념도를 그리는 것이고, 두 번째 단계는 암모니아 분수의 시범 실험을 관찰한 후 과학적 원리를 아는 것이다. 마지막 단계는 암모니아 분수의 단점을 보완한 자신만의 기체 분수를 만들기 위한 문제를 해결하는 단계로 구성되어 있다. 암모니아 분수의 시범 실험을 통해 과학 지식 내용 요소인 기체의 용해와 압력, 압력과 유체의 이동, 지시약의 변색 등 여러 가지 과학 개념에 대해 이해하게 되며, 암모니아 분수의 단점을 발견한다. 문제를 해결하기 위해 여러 방법으로 문헌 조사를 실시하고, 가설을 세우고, 토의를 통해 선택된 가설에 맞는 실험을 설계, 수행하여 문제를 해결하는 과정을 진행한다. 암모니아 분수 실험은 학생들이 문헌조사를 통한 가설 설정단계에 초점을 맞추고 있으므로 문헌조사나 가설 설정 기능을 향상시키도록 개발되었다.

## 2. TSCPS에 대한 결과 분석

문제 해결형 탐구 실험이 과학 창의성 신장에 효과적인지를 알아보기 위해 개발한 TSCPS를 사전·사후에 실시하였다. 화학교육과 교수 1인과 화학교육과 석·박사 과정 현직 교사 4인에게 검증받은 채점 기준을 바탕으로 하여 연구자가 채점하였다. 사전·사후 검사 결과 TSCPS의 하부 요소별 점수는 <표 4>에 나타내었다.

<표 4> TSCPS의 하부 요소별 평균 점수

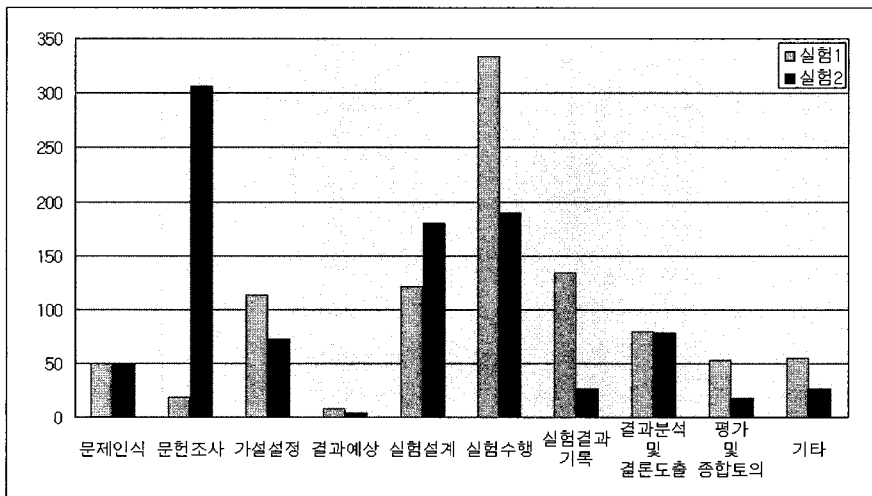
	유창성	융통성	독창성	정합성	통합성	단순성	총점
사전	28.81	23.52	28.57	31.76	25.81	25.43	163.90
사후	46.29	29.81	34.10	53.76	44.38	44.14	262.48

사전·사후 간 평균 점수 차이를 보면, 사전 검사에 비해 사후 검사에서 모든 영역의 향상이 나타났는데, 유창성은 17.48점, 융통성은 16.29점, 독창성은 5.53점, 정합성은 22.00점, 통합성은 18.57점, 단순성은 18.71점의 향상을 보였다. 전체적으로 98.58점의 향상을 보였다. 문제 해결형 탐구 실험이 과학 창의성을 신장시키는데 효과적이라고 할 수 있다.

### 3. 학생 간 대화 분석 결과

#### 가. 탐구 과정에 대한 학생 간 대화 분석 결과

실험 1은 반응 속도에 영향을 미치는 요인과 그 영향에 대해 알아보는 문제 해결형 탐구 실험이다. 제시된 실험 방법에 따라 1차 실험을 수행한 후 그 결과에 따라 주어진 문제를 해결하는 과정을 수행한다. 실험 2는 기체의 용해와 압력과의 관계를 알아보는 실험으로 암모니아 분수의 원리를 알고, 문제점을 보완한 분수를 만드는 문제를 해결하는 과정을 수행하는 실험이다. 실험별 탐구 과정에 대한 대화 수는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 실험별 탐구 과정에 대한 대화 수.

두 실험은 실험 소요 시간과 교사의 안내 정도가 유사하고 실험 전 과정에서 학습자 주도 활동이 진행되었다는 공통점이 있지만 탐구 과정별 대화 수를 비교해 보면 전체 대화 수는 비슷하나 [그림 1]에 나타나듯이 각 탐구 과정별 대화 수에서 많은 차이를 보이고 있다. 실험 1의 경우 실험 수행, 결과 기록, 실험 설계 순으로 많은 대화 경향을 보이고, 실험 2의 경우 문헌 조사, 실험 수행, 실험 설계 순으로 많은 대화 경향을 보인다.

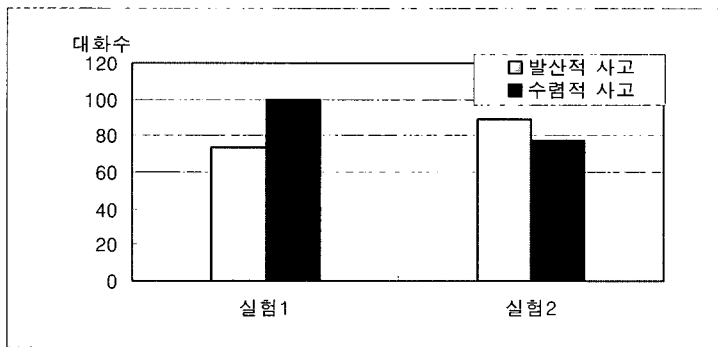
위와 같은 경향이 나타나는 것은 실험에 따른 문제 해결 양상의 차이 때문이다. 실험 1의 경우, 제시된 실험 방법에 따른 1차 실험을 수행하고 난 뒤 그 결과에 따라 문제를 해결하는 방식으로, 새로운 가설을 설정하기보다는 제시된 실험 방법에 수정을 가하는 방향으로 실험을 진행하거나 같은 조건의 실험을 여러 차례 수행하기 때문에 실험 수행 과정에 대화가 집중되는 경향이 나타났다. 실험 결과 기록에서도 많은 대화가 이루어진 것으로 나타났는데, 실험 결과를 정확히 기록하여야 반응속도에 영향을 미치는 요인을 조절할 수 있으므로 실험 결과 기록에 대한 대화가 많은 것으로 분석된다. 문헌 조사나 결과 예상에 상대적으로 적은 대화 수가 나타난 것은 실험 소재가 생활과 관련이 많고 학생들에게 익숙해 사전 지식이나 새로운 가설을 설정하기 위한 자료 조사가 많이 필요하지 않았고, 주어진 시간에 반응을 완결하는 것에 초점이 맞추어져 있었기 때문으로 분석된다.

실험 2의 경우 암모니아 분수의 시범 실험을 보고 결과를 분석하는 과정에서 문제를 인식하고 이를 보완한 새로운 실험을 설계하는 방식으로 진행되어 문헌 조사, 가설 설정, 실험 설계 등에서 많은 대화가 나타났다. 특히 할만한 점은 문헌조사에서 특히 많은 대화가 나타난 것으로 이는 문제 해결을 위해 분수를 설계할 새로운 기체와 기체를 녹이는 물질 등을 찾기 위한 정보 획득 또는 사전 정보 확인을 위한 문헌 조사가 중요한 과정임을 대화를 통해 알 수 있다. 또 실험 설계나 실험 수행 과정에서도 비교적 많은 대화가 나타나는데 이는 중학생들이 학교에서 많이 다뤄보지 않은 실험 기구를 이용하였기 때문에 실험 설계나 실험 수행에 시행착오가 많이 난 것으로 분석된다. 실험 2의 경우도 분수 현상을 관찰하여 실험의 성공을 쉽게 확인할 수 있으므로 결과 예상에 대한 대화는 아주 적게 나타났으며 전

체적으로 문제 해결을 위한 정보 찾기 과정에 집중한 것을 알 수 있다.

나. 창의적 사고에 대한 학생 간 대화 분석 결과

창의적 사고에 대한 대화 분석은 창의성 하부 영역 중 발산적 사고와 수렴적 사고로 나누고, 발산적 사고는 유창성, 융통성, 독창성의 대화를, 수렴적 사고는 정합성, 통합성, 단순성의 대화를 추출하였다. 창의적 사고에 대한 실험 별 대화 수는 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 창의적 사고에 대한 실험별 대화 수.

[그림 2]를 살펴보면, 실험 수행 과정에서 창의적 사고에 대한 전체 대화 수는 실험 1이 174, 실험 2가 166으로 유사하나, 실험 1의 경우 발산적 사고에 대한 대화(74)보다 수렴적 사고에 대한 대화(100)가 많은 반면, 실험 2의 경우 발산적 사고에 대한 대화(89)가 수렴적 사고에 대한 대화(77)보다 많이 나타남을 알 수 있다. 이는 실험별 특징에 따른 것으로 실험 1의 경우 논리적인 설명과 사고를 더 많이 요구하는 실험으로, 주어진 시간에 필름통 뚜껑을 열리게 하여 반응 속도를 조절하는 문제를 해결할 때 해결 방법을 위한 논리적인 실험 설계나 실험 결과의 합리적인 분석에 관한 대화가 더 많이 나타났다. 실험 2의 경우 문제 해결을 위한 아이디어의 제시가 강조되는 실험으로, 암모니아 분수 현상을 보고 암모니아 기체를 대신할 기체를 찾고 분수 현상을 만드는 문제를 해결할 때 분수 현상을 일으키기에 알맞은 기체를 찾고 그 기체를 녹일 수 있는 물질을 찾는 아이디어 제시에

관한 대화가 많이 나타났다.

문제 해결을 위해 논리적 설명과 사고를 필요로 하는 실험 1에서는 창의적 사고 중 수렴적 사고가 발산적 사고보다 더 많이 나타났다. 수렴적 사고가 많이 나타나는 탐구 과정은 가설 설정과 결과 분석 및 결론 도출 단계이다. 반응 속도를 빠르게 하기 위한 가설을 설정하고 그에 맞는 합리적인 이유나 근거를 찾으려는 대화가 많이 나타남을 알 수 있다. 이에 대한 구체적인 학생들의 대화는 다음과 같다.

- 
- S2 베이킹파우더는 부풀어 오르잖아.  
S1 그러니까 저렇게 기포가 생기는 거지.  
S2 이게 산성인지 알려면 탄산칼슘이 있어야 하잖아?  
S1 다시 한 번 더 해보자. 하나를 통째로 넣어서.  
S3 제산제를 막자사발로 찌워서 가루로 만들어서 표면적을 넓게 하면 반응이 더 빨라질 거야.  
S1 왜냐하면 하나하나마다 알갱이 걸 표면이 드러나니까.  
S3 제산제가 염기성이니까 산성을 넣어주어야 해. 염기성이랑 산성이 반응하잖아.  
S3 물은 중성이지만, 산성이랑 염기성이랑 같이 반응하면 더 빨리 녹는 거 아니야?
- 

학생 S1의 “다시 한 번 더 해보자. 하나를 통째로 넣어서”의 대화에서 한번 수행한 실험의 결과를 분석 한 뒤 문제 해결 여부를 결정하고 동일한 실험 방법으로 다시 재 실험을 하되 제산제의 양을 늘려 처음 실험과 다음 실험의 관계를 규명하고자 하는 수렴적 사고가 나타난다. 학생 S2의 “이게 산성인지 알려면 탄산칼슘이 있어야 하잖아?”의 대화에서 제산제의 성분에 대한 다른 학생의 의견에 대해 자신이 알고 있는 과학 지식을 논리적으로 통합시키는 수렴적 사고가 나타난다. 학생 S3의 “제산제를 막자사발로 찌워서 가루로 만들어서 표면적을 넓게 하면 반응이 더 빨라질 거야”의 대화에서 표면적을 넓혀 반응 속도를 빠르게 하려는 가설에 대한 아이디어의 제시와 함께 논리적인 설명이 나타나고 있다.

또, 결과 분석 및 결론 도출 단계에서 수렴적 사고에 대한 대화가 나타나는데 이는 반응 속도를 느리게 하기 위한 실험을 진행하면서 실험 수행과 결과에 대한 합리적인 해석과 의사결정을 하기 위한 과정에서 논리적이

고 정합적인 대화가 나타남을 알 수 있다. 이에 대한 구체적인 학생들의 대화는 다음과 같다.

- 
- S3    그럼 짧게 하는 건 할 필요 없어. 산성 같은 거.  
 S2    염기성으로 해보자. 산성은 빠르니까.  
 S2    녹긴 녹나? 그 안에 수분 때문에?  
 S2    염기성이 제일 늦고 물, 산성이 빠르지.  
 S2    같은 양의 물을 부어야 해. 그래야 같이 돼.  
 S2    아까부터 우리 똑같은 뚜껑으로 했어.  
 S2    근데 물은 약간 산성을 띠지 않나? 완전 중성은 아니잖아.  
 S1    상태를 비교해 보자면 물일 때가 가장 좋아.  
 S3    이걸 다시 해보자.
- 

학생 S1의 “상태를 비교해 보자면 물일 때가 가장 좋아”의 대화에서 여러 차례 실험을 수행한 뒤 용매의 액성과 반응 속도에 대한 결과를 논리적으로 종합한 의견 제시로 수렴적 사고가 나타난다. 학생 S2의 “같은 양의 물을 부어야 해, 그래야 같이 돼.”의 대화에서 실험 수행 시 변인 통제를 위해 기존의 실험한 용매의 양과 동일한 양의 제시라는 통합적인 사고가 나타남을 알 수 있다. 학생 S3은 “그럼 짧게 하는 건 필요 없어.”, “이건 다시 해보자” 등의 대화에서 실험 전반에 대한 문제 해결의 여부를 가리는 통합적인 사고가 나타남을 알 수 있다. 이러한 대화는 반응 속도를 느리게 하는 실험 결과에 대한 합리적인 해석과 전체적인 문제 해결의 여부를 결정짓는 과정에서 여러 실험 결과를 논리적이고 합리적으로 통합하는 수렴적 사고가 나타남을 알 수 있다.

이상에서 살펴보면, 실험 1의 경우 가설 설정, 결과 분석 및 결론 도출 단계에서 나타난 수렴적 사고는 문제 해결을 위한 아이디어 제시에 따른 논리적이고 합리적인 이유와 근거의 제시가 필요하고, 질서 있는 통합으로 실험 구성과 다음 단계로의 의사 결정 과정에서 나타난 것으로 분석 된다.

문제 해결을 위해 아이디어 제시가 강조되는 실험 2는 창의적 사고 중 발산적 사고가 수렴적 사고보다 더 많이 나타났다. 실험 2의 발산적 사고가 많이 나타나는 탐구 과정을 살펴보면, 주로 문헌 조사, 가설 설정, 실험 설계 단계에 해당된다. 암모니아 분수의 원리를 이해하고 다른 분수를 만들기

위해 인터넷이나 문헌 자료를 통한 정보 수집과 이를 통한 가설 설정에서 아이디어에 제시가 나타남을 알 수 있다. 이에 대한 학생들의 대화는 다음과 같다.

- 
- S1 염화수소, 물에 잘 녹는 기체 써봐.  
 S3 이것도 냄새가 나. 냄새가 나면 안 돼.  
 S2 일단 어디에 잘 녹는지 찾아야 해.  
 S3 물에 잘 녹는 기체를 찾자.  
 S2 가능하면 저거랑 원리가 비슷한 걸로 찾으려면 수상치환 하는 걸로 찾자.  
 S3 수소하자.  
 S1 암모니아 대신 수소를 넣어.  
 S2 페놀프탈레인처럼 수소가 있다는 걸 증명해야 해.  
 S1 주기율표에서 찾자.
- 

학생 S1의 “염화수소, 물에 잘 녹는 기체 써봐.”, “암모니아 대신 수소를 넣어.” 등의 대화에서 암모니아 기체를 대신할 기체를 찾는 과정에서 알고 있는 많은 기체에 대한 아이디어의 제시와 이에 대한 문헌을 통한 정보 수집 과정이 나타난다. 학생 S2의 “일단 어디에 잘 녹는지 찾아야 해.”의 대화에서 새로운 기체 분수를 만들기 위한 가설 설정 단계에서 아이디어의 제시가 나타난다. 학생 S3의 “이것도 냄새가 나. 냄새가 나면 안 돼.”의 대화에도 암모니아 기체의 독특한 냄새를 단점으로 찾아 냄새가 나지 않는 기체를 사용하려는 아이디어가 나타난다. 암모니아 분수를 대신할 새로운 분수를 만드는 문제 해결 과정에서 암모니아 기체를 대신할 기체로 염화수소, 수소 등을 제시하며, 암모니아 기체를 녹이는 물을 대신할 용매를 찾고 또한 지시약으로 페놀프탈레인을 사용한 이유와 관련한 대화를 하면서 암모니아 분수의 원리와 새로운 분수를 설계하는 데 필요한 가설 설정과 이를 위한 문헌 조사 과정에서 발산적 사고가 많이 나타남을 알 수 있다.

또, 설정된 가설에 맞는 구체적인 실험 방법을 구성하기 위한 문헌 조사와 실험 설계가 진행될 때 다양한 아이디어가 제시되고 있음을 알 수 있다. 이에 대한 구체적인 학생들의 대화는 다음과 같다.

- 
- S2 질소는 물에 잘 녹아?  
 S3 산소보다 이산화탄소로 하자.  
 S1 얼으면 되잖아. 대리석에 떨어뜨려서.  
 S2 드라이아이스, 달라고 할까?  
 S1 석회석을 가열해서...  
 S1 끓이자.  
 S3 빙초산이랑 식소다.  
 S2 탄산수소나트륨에다가 산성을 넣어야 할 것 같은데...
- 

학생 S1의 “대리석에 떨어뜨려서”, “석회석을 가열해서” 등의 대화에서 암모니아 기체 대신 사용할 이산화탄소 기체를 얻는 방법을 다양하게 제시하고 있다. 학생 S2의 “질소는 물에 잘 녹아?”의 대화에서 암모니아를 대신할 기체로 질소를 제시하며 기체를 녹일 용매로 선택한 물과의 용해 정도에 대해 언급하고 있고 “드라이아이스 달라고 할까?”의 대화에서 이산화탄소 기체를 모으는 방법으로 드라이아이스를 제시함을 알 수 있다. 학생 S3은 “산소보다 이산화탄소로 하자.”, “빙초산이랑 식소다” 등의 대화에서 암모니아 기체를 대신할 기체로 이산화탄소 기체를 선택하고 이산화탄소 기체를 모으는 방법에 대한 아이디어를 제시하고 있다. 암모니아 기체를 대신할 기체를 선택하는 과정과 기체를 모으는 과정에 대해 많고 다양한 아이디어의 제시가 나타나 발산적 사고가 일어남을 알 수 있다.

실험 2의 경우 암모니아 분수와 유사한 원리를 가지면서 암모니아 기체를 대체할 수 있는 새로운 기체를 찾아 분수를 만드는 문제를 해결함에 있어 가설 설정과 실험 설계 과정에 많은 시간이 할애 되었다. 그에 따른 문헌 조사가 실험 전반에 걸쳐 진행되었기 때문에 창의적 사고에 대한 대화는 문헌 조사, 가설 설정, 실험 설계 단계에 국한되어 나타났다고 분석된다. 전체 대화의 32.2%가 문헌 조사 과정에서 이루어졌고 실험 전반에 걸쳐 인터넷을 통한 문헌 조사가 이루어진 것은 실험 2의 특성상 암모니아 분수를 대신할 새로운 기체 분수를 만드는 과정에서 암모니아 기체의 단점을 보완할 기체의 선정에 초점을 맞춘 탐구이기 때문이다. 기체, 용매 그리고 지시약 등을 선택하고 그 선택 이유와 근거를 마련할 때 학생들이 가진 기존의 지식만으로는 문제를 해결할 수 없었기 때문에 인터넷이나 책을 통한 문헌



조사는 문제 해결에 아주 중요한 과정이 된다. 이러한 탐구 과정을 통해 자신이 알지 못하는 새로운 지식을 발견하는 능력과 기존의 지식과 새로운 지식의 통합으로 창의적 사고의 신장을 꾀하려고 하였다.

#### IV. 결론 및 제언

과학 영재의 과학 창의성 신장을 위한 문제 해결형 탐구 실험을 개발하였다. 문제 해결형 탐구 실험은 과학 탐구 기능, 과학 개념, 창의적 사고의 세 영역에서 분류, 선정된 요소를 융합하여 문제 해결 양상이 다른 두 가지 탐구 실험이 개발되었다. 개발한 문제 해결형 탐구 실험이 과학 창의성을 신장시키는지 알아보기 위해 실험과 검사 도구를 적용한 결과, TSCPS 사전 검사에 비해 사후 검사에서 평균이 향상되었다. 이는 문제 해결형 탐구 실험이 과학 창의성을 신장시키는데 효과가 있다고 할 수 있었다.

탐구 과정의 측면에서 문제 해결 양상에 따라 학생 간 대화 수에 현격한 차이가 나타났다. 제시된 방법에 따라 실험을 수행하고 난 후 발생한 주어진 문제를 해결해야 하는 문제 해결형 탐구 실험에서는 실험 수행 단계에서 학생 간 대화가 활발하게 일어났고, 시범 실험을 한 후 새로운 실험을 설계하는 문제 해결형 탐구 실험에서는 문헌 조사에서 많은 대화가 나타남을 알 수 있었다.

문제 해결을 위해 논리적인 통합을 위한 설명과 사고를 많이 요구하는 실험에서는 수렴적 사고가 가설 설정과 결과 분석 및 결론 도출 부분에서 많이 나타났고, 문제 해결을 위한 아이디어의 제시가 강조되는 실험에서는 발산적 사고가 문헌조사와 가설 설정, 실험 설계 단계에서 많이 나타났다. 이는 문제 해결형 탐구 실험의 특성에 따라 학생들의 창의적 사고 유형이 달라지고, 탐구 과정별 창의적 사고에 관한 대화 수에 현격한 차이를 보였다. 이러한 연구 결과는 다양한 문제 해결형 탐구 실험을 통해 창의적 사고를 할 수 있는 기회를 제공함으로써 과학 창의성 신장에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이라고 기대한다.

그러나 문제 해결형 탐구 실험의 과학 창의성 신장 효과에 대한 더욱 심

총적인 연구를 위해 문제 해결형 탐구 실험을 장기간, 많은 영재 학생들에게 적용하여 그 효과를 알아볼 필요가 있다. 문제 해결형 탐구 실험을 장기간 적용하기 위해서 다양한 문제 해결형 탐구 실험을 개발이 필요하다. 그리고 창의성 신장을 알아보기 위해 사용한 검사도구인 TSCPS의 보완이 요구된다. TSCPS의 경우 화학 개념과 과학 탐구 기능, 창의적 사고를 융합한 주관식 2문항으로 구성되어 있어 좀 더 다양한 개념과 폭넓은 소재를 이용하여 새로운 문항을 추가하여 과학 창의성 검사로서의 타당성과 신뢰성을 더 확보하는 것이 필요하다. 또한 교사는 개별 영재의 특성에 맞는 실험이 진행 될 수 있도록 하여야 할 것이다. 이 연구에서는 실험 과정 중의 녹음·녹화된 자료를 전사하여 분석하였으나, 학생의 표현의 언어적 한계가 있어 이를 보완할 수 있는 다른 접근법이 필요하며 이는 또 다른 의미 있는 결과를 기대할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- 김경자, 김아영, 조석희 (1998). 창의적 문제해결력 신장을 위한 교육과정 개발 모형. *교육과정연구*. 16(2). 129-163.
- 김승훈 (2004). 중학생의 과학창의력 측정도구의 개발과 창의력 관련 변인과의 관계. *한국교원대학교 박사학위논문*.
- 박종원 (2004). 과학적 창의성 모델의 제안-인지적 측면을 중심으로-. *한국과학교육학회지*. 24(2). 375-386.
- 신지은 (2002). 과학 영재와 일반 학생의 창의성 비교 연구-확산적 사고와 과학 창의성을 중심으로-. *서울대학교 석사학위논문*.
- 이은경, 강성주 (2006). 문제해결형 탐구 모듈 적용에서의 SWH 활용 효과에 대한 학생들의 인식 조사. *한국과학교육학회지*. 26(4). 537-545.
- 임길선, 정완호 (2004). 과학영재교육을 위한 웹기반 STS 학습 프로그램 개발-생물교육을 중심으로-. *한국과학교육학회지*. 24(5). 851-868.
- 장명덕, 홍상욱, 정진우 (2002). 중학교 2학년 과학영재들의 과학 지식에 대한 과학 철학적 관점과 이에 대한 토론 및 읽기 활동의 효과. *한국지구과학회지*. 23(5). 397-405.
- 정현철, 한기순, 김병노, 최승언 (2002). 과학 창의성 계발을 위한 프로그램 개발 -이

- 론과 예시를 중심으로. 한국지구과학회지, 23(4). 334-348.
- 조석희, 장영숙, 정태희 (2004). 영재판별을 위한 간편 창의적 문제해결력 검사 개발을 위한 기초 연구. 서울: 한국교육개발원.
- 조연순 (2001). 창의성 계발을 위한 교수·학습 및 평가 방법. 창의성 계발을 위한 교육전략연구세미나, 서울: 한국교육개발원, 47-69.
- 한종하 (1987). 과학영재교육론. 서울: 학연사, pp. 11-26.
- 한종하, 최돈형, 임선하, 이기종, 손영숙 (1985). 과학영재 판별을 위한 과학적성 검사 도구 개발연구. 서울: 한국교육개발원. 연구보고 RR85-25.
- Barrows, H. (2002). Commentary: Is it truly possible to have such a thing as PBL? *Distance Education*, 23(1). 119-122.
- Gardner, H. (1993a). *Creating minds*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1993b). *Multiple intelligence: The theory in practice*. New York: Basic Books.
- Han, K. S., & Marvin, C. (2002). Multiple creativities?: Investigating domain-specific of creativity in young children. *Gifted Children Quarterly*, 46(2). 98-109.
- Harwood, W. S. (2004) A new model for inquiry -Is the scientific method dead?-, National Science Teachers Association (NSTA) reprinted with permission. *Journal of College Science Teaching*, 33(7). July/August.
- Hu, W. & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4). 389-403.z
- Hur, M. (1984). *Evaluation of inquiry activity in science curricula doctor of education project report*. New York: Columbia University, 34. 51-80.
- Sternberg, R. J. (1988). A three-facet model of creativity. In Sternberg, R. J., (Ed.), *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives*, (pp. 125-147). MA: Cambridge University Press.

= Abstract =

**The Analysis of Student-student Verbal Interactions  
on the Problem-solving Inquiry Which  
was Developed for Creativity-increment  
of the Gifted Middle School Students**

**Ji-Young Kim**

*Korea National University of Education*

**Ji-Hee Ha**

*Korea National University of Education*

**Kuk-Tae Park**

*Korea National University of Education*

**Seong-Joo Kang**

*Korea National University of Education*

The purpose of this study was to develop problem-solving inquiries for the science gifted and to analyze the effects of problem-solving inquiries. The problem-solving inquiries were composed of scientific knowledge, scientific inquiry skills and creative thinking. The problem-solving inquiries were applied to the science gifted attending the institute of the gifted education. The test of science-creative problem solving (TSCPS) was used to know effects of improvement of science-creativity and the result of TSCPS showed the improvement of science creativity. The analysis of student-student dialogues during experiments showed that the type of dialogue was different on the type of problem-solving inquiry. The dialogue of convergent thinking was frequently showed up on the problem-solving inquiry needed logical thinking whereas that of divergent thinking on the problem-solving inquiry needed idea generation. The

problem-solving inquiries had a positive effects on the improvement of the science-creativity.

**Key Words:** Scientific gifted students, Scientific creativity, Problem-solving inquiry, Student-student verbal interaction, The Test of Science-Creative Problem Solving (TSCPS)

1차 원고접수: 2008년 3월 7일
수정원고접수: 2008년 4월 9일
최종게재결정: 2008년 4월 22일