

과학 영재아의 창의적 과제 수행과정에서의 특성 분석

박종원* · 지경준
전남대학교

Characteristics of Scientifically Gifted Students' Performance Processes in the Creative Tasks

Park, Jongwon* · Jee, Kyoungjun
Chonnam National University

Abstract: In this study, we investigated students' behavioral characteristics in the process of and their responses to scientific creativity activities developed based on the three steps of learning model (Park, Park, & Lee, 2008) and scientific creativity model (Park, 2004). Students' responses were obtained by questionnaire, effectiveness of learning materials was explored by comparing students activities before and after the second step, 'Guide', and various characteristic behaviors were obtained through video-recording of their activities. As results, students answered that even though the activities were a little difficult, the activities were nonetheless interesting to them, and they wanted to do the activities more completely, and wanted them in future courses. It was also found that the second step activity was helpful in improving students' divergent thinking. Finally, from the findings about various students' behavioral characteristics, some practical recommendations for more effective teaching of scientific creativity were suggested.

Key words: scientific creativity, teaching model, teaching guides, interest, gifted students, gifted education

I. 서 론

창의성에 대한 강조는 소련의 인공위성인 '스푸트 닉' 충격 이후에 1950년대 미국의 과학교육이 소련의 과학교육에 비해 뒤쳐진 이유가 발산적 사고 (divergent thinking)의 부재 때문이라고 Guilford (1950; 1968)가 강조한 데에서 시작되었다(Cropley, 1999; Fasco, 2001). 그 이후 교육 분야에서 창의성 계발을 위한 프로그램이 활발하게 개발되고 적용되어 왔다(Cropley & Urban, 2000; Nikerson, 1999; Parnes, 1999). 이와 관련해 Treffinger, Sortore, & Cross (1993)는 1993년에 약 250개 이상의 프로그램이 창의성을 위해 개발되었다고 보고하였다(Cropley & Urban, 2000에서 인용). 프로그램도 초 등학생이나(Clement, 1991) 고등학생 (Fritz, 1993) 또는 대학생(Xu, McDonnell & Nash, 2005)과 같이 다양한 대상에게 적용되었고, 30분 정도의 짧은 창의성 프로그램(Clapham, 1997)뿐만 아니라 8시간 동안 실시한 창의성 활동(Fontenot, 1993)등과 같이 적

용방법도 다양하였다. 또 창의성 활동에 포함되어야 할 요소를 정리한 연구도 있었다(Bull, et al., 1995).

이러한 개발과 적용을 통해 창의성 프로그램이 창의성 계발에 효과적인지에 대한 연구들도 수행되었다. Torrance (1987)는 1906년~1972년 사이에 9개 창의성 프로그램을 적용한 총 142개 연구를 분석하여 창의성 지도 성공률이 평균 72%이었고, 이후 1983년 도에는 13개 프로그램을 적용한 총 166개의 연구를 분석하여 창의성 지도 성공률이 68%라고 발표하였다. Rose & Lin (1984)의 메타분석에서도 Osborne-Parnes의 CPS 프로그램(Noller, Parnes & Biondi, 1976; Osborn, 1963; Parnes, Noller & Biondi, 1977)을 적용한 8개의 연구로부터 프로그램 효과를 설명할 수 있는 설명변량이 40% (effect size=0.629)로 높은 편이라고 보고하였다(CPS에 대한 개관과 교육적 시사점에 대해서는 Treffinger(1995)의 논문을 참고하길 바람). 최근에는 Scott (2004)가 70개의 창의성 프로그램을 분석한 결과 effect size가 0.68이라고 보고한 바 있다.

*교신저자: 박종원(jwpark94@chonnam.ac.kr)

**2010.03.31(접수) 2010.06.30(1심통과) 2010.09.11(2심통과) 2010.09.14(최종통과)

***이 논문은 2008년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회 연구역량 강화사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2009-B00603).

그러나 이러한 연구들의 대부분은 창의성을 일반적 정신기능으로 가정한 것으로 판단된다. 왜냐하면 실제로 창의성 계발 프로그램의 효과를 검증한 연구를 보면, 대부분 창의성 계발 정도를 TTCT 검사로 분석하였기 때문이다(예를 들면, Torrance의 142개 분석 중 103개가 TTCT를 사용하였음). 즉 TTCT는 특별히 과학지식과 과학적 탐구기능, 즉 과학의 특성을 반영하고 있지 않기 때문에 TTCT 검사결과가 과학적 창의성을 말한다고 보기 힘들 수 있다. 그래서 Altshuller (1984, p.15)는 과학적, 기술적 또는 조직적인 어떠한 과제에도 적용될 수 있는 일반적인 방법(예를 들면, 일반적인 brainstorming 기법)은 실제적이고 고수준의 과제를 해결하는 데에는 적합하지 않을 수 있다고 지적하였고, Mansfield, Busse, & Krepellka (1978)는 창의성을 발산적 사고로 정의하고, 발산적 사고 중심의 검사를 통해 창의성이 계발되었다고 결론내리는 것은 성급하다고 비판하였다. 실제로 Wang & Horng (2002)은 대만의 과학자와 기술자 106명을 대상으로 CPS(Creative Problem Solving; Osborn, 1963) 프로그램을 적용한 결과, 대상자들의 발산적 사고는 향상되었지만, 학술지에 발표한 과학 논문의 수에는 유의미한 향상이 관찰되지 않았다고 보고하였다.

이에 최근의 많은 연구들은 창의성을 영역 의존적(subject dependent)으로 보고 있다(Solomon, et al., 1999; Sternberg, Grigorenko & Singer, 2004). 즉 과학에서의 창의성이 예술에서의 창의성이나 문학에서의 창의성과 다른 측면과 특징을 가지고 있다는 것이다. Gardner (1983)의 다중 지능 이론에서도 과학에서 중요하게 보는 논리 수학적 지능을 다른 지능들과는 다른 한 영역으로 보고 있다. 실제로 Baer (1991)의 연구에서 8학년 학생을 대상으로 4가지 과제를 창의적으로 수행하도록 하였을 때, 과제간 상관성이 평균적으로 .06으로 낮다고 보고하였고, Conti, Coon, & Amabile (1996, p. 388)은 90명의 대학생을 대상으로 4개의 언어영역 과제(주어진 그림을 보고 짧은 이야기 꾸미기와 두 주인공으로 짧은 글 짓기)와 3개의 예술 영역 과제(준비된 종이조각으로 플라주 만들기, 색연필을 이용하여 직선만으로 그림 그리기, 여러 가지 모양의 스폰지로 그림그리기)를 이용한 연구에서 언어영역 안에서는 5개가 유의미한 높은 상관관계를 보였고(.43~.87), 예술 영역 안에서도

2개가 상관관계가 있는 것으로 나타났으나(.27~.43), 언어영역과 예술 영역간에는 12개 모두 유의미한 상관관계가 나오지 않았으며, 평균값도 .12에 불과한 것을 나타냈다.

이러한 점에서 박종원(2004)은 [그림 1]과 같이 3가지 요소로 구성된 과학적 창의성 모델을 제안한 바 있다. 그는 창의적 사고가 구체적인 과학개념을 사용하고 구체적인 과학적 탐구과정 속에서 발휘될 수 있어야 한다고 하였다.

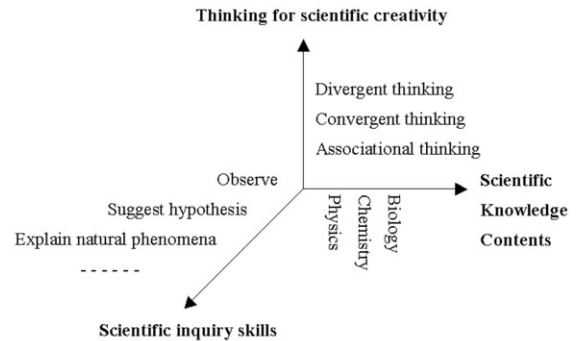


그림 1 과학적 창의성 모델

[그림 1]에서 과학적 창의성은 창의적 사고와 과학적 탐구나 과학지식과의 단순한 접합을 의미하는 것은 아니다. 과학의 본성(the nature of science)을 살펴보면, 과학적 탐구과정 속에 이미 창의성이 내재되어 있어, 창의적인 사고가 과학적 탐구자체를 보다 참답게(authentically) 수행하도록 하고 있음을 알 수 있다(박종원과 김두현, 2008; Park, Jang, & Kim, 2009). 예를 들면, Peirce(1955)와 Hanson(1961)이 강조했던 귀추적 사고(abductive thinking)를 통한 창의적인 아이디어의 제안과정이 곧 과학적 가설의 제안과 밀접하게 연관되어 있는 것이 그렇다(Park, 2006).

과학지식도 마찬가지로이다. 과학지식의 이해뿐 아니라, 지식을 제안하고, 확장하고 수정하고, 새롭게 적용하는 과정에도 창의적인 사고는 내재되어 있다. 예를 들면, “만일 빛의 속도가 10km/s 라면 ...”과 같이 과학의 기본가정이나 법칙을 바꾸어 다양한 새로운 현상을 예측해 보는 활동은 발산적 사고(유창성과 독창성 등)와 수렴적 사고(정합성 등)가 포함된 전형적인 창의적 활동이라고 할 수 있다.

이러한 과학적 창의성 모델(박종원, 2004)에 기초하여 Park & Park (2008)은 과학적 창의성 지도 모

텔로 AGA²(Activity-Guides-Activity Again) 모델을 발표하였다(그림 2). 그리고 그들은 그 모델을 응용하여 구체적인 과학적 창의성 활동 유형을 3개의 대범주와 30여개의 소범주로 정의하여 구체적인 활동 자료를 개발하였다(박종원, 박종석, 이강길, 2008).

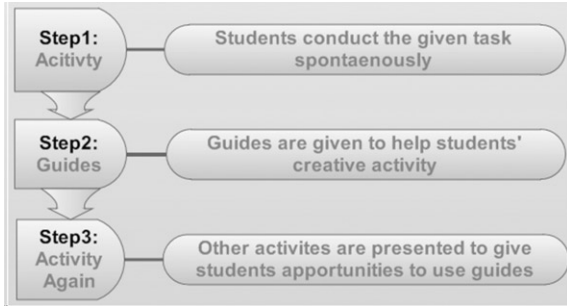


그림 2 과학적 창의성 활동 지도 모델

박종원, 박종석, 이강길(2008)의 과학적 창의성 활동 지도모델의 특징은 두 번째 단계인 ‘안내(guide)’에 있다. 학생들에게 창의적인 과제를 주고 시행하도록 하면, 잘 하는 학생들도 있지만 어떻게 해야 하는 지를 모르는 경우도 많다. 따라서 [그림 2]의 지도 모델 1단계에서는 학생들이 자발적으로 창의과제를 수행하도록 하지만, 2단계에서는 창의 과제를 수행하는데 도움이 될 수 있는 구체적인 안내를 제시해 주고 있다. 예를 들어, ‘건전지의 다양한 용도 제안하기’ 활동의 경우에 다양한 건전지의 겉모양에 대한 특징만을 살펴볼 수도 있지만, 건전지의 내부 구조를 살펴볼 수도 있다고 안내해 주는 경우가 그렇다.

그러나 이와 같이 과학적 창의성을 정의하고, 그에 따른 구체적인 지도 자료의 개발로 과학적 창의성 지

도가 완성되는 것은 아니다. 실제로 학생들이 과학적 창의성 과제를 수행할 때 어떤 행동적이고 인지적인 또는 정의적인 특성들을 보이는가에 대한 깊은 이해가 필요하다. 이것은 전문가로서의 의사라면 전문적인 의료 지식과 치료기술뿐 아니라, 환자에 대한 정확한 이해가 전제되어야 하는 것과 마찬가지로이다. 이와 관련하여 본 연구진은 [그림 3]과 같은 지도 경험이었다.

[그림 3]의 상황은 학생들이 교과서에서 일반적으로 알려진 것과는 다른 새로운 결과를 스스로 얻도록 안내된 활동이었다. 실제로 활동을 통해 학생들은 새로운 결과를 얻을 수 있었지만 학생들은 자신들의 새로운 결과를 받아들이지 않았다. 따라서 이러한 관찰을 통해 과학적 창의성 과정에서 학생들이 새로운 발견에 민감하도록 돕기 위한 지도가 필요하다는 것을 알 수 있다.

사실 위의 사례와 같이 과학적 창의성 활동에서 나타나는 학생의 실제 반응을 분석한 연구는 이제까지 그렇게 많지 않았다. 이에 본 연구에서는 이론적으로 제안한 과학적 창의성 모델에 따라 실질적인 학습지도 모델을 적용하여 개발한 과학적 창의성 활동자료들을 학생들에게 적용하여, 학생들의 다양한 특성들을 조사하고자 한다. 이때 학생의 특성이라고 한다면, 지적인 영역에서의 특성뿐 아니라, 정의적 특성 또는 행동적 특성 등 다양한 특성을 말할 수 있다. 본 연구에서는 특성의 범위를 다음과 같이 한정하여 조사하였다: (1) 과학적 창의성 활동을 수행한 후 활동지에 대한 학생들의 반응에서 나타난 특성, (2) 과학적 창의성 활동 중에 포함된 ‘안내’ 활동 이전과 이후에 활동의 차이에서 나타난 특성, (3) 과학적 창의성 활동과정 중에 나타난 학생들의 행동적 특성. 구체적인 연구 내용은 다음과 같다.

과제 내용 요약: 볼록거울로 평행하게 입사한 빛의 반사 경로 작도하기.

학생 활동 결과: 평행하게 입사한 빛이 하나의 허초점에 모이지 않는다(교과서에서는 하나의 허초점에 모이는 것으로 설명되어 있다).

학생 반응 요약: (학생) 이상하네?
 (연구자) 새로운 것을 발견했다고 발표할래?
 (학생) 아니오.
 (연구자) 왜?
 (학생) 시간이 좀 필요해요. 다시 해 봐야하겠어요.
 (연구자) 무엇을 다시 해 보려고?
 (학생) 입사한 빛이 평행광선인지도 다시 봐야 하겠고, ... 연필심이 너무 두꺼운 것 같아요. ... 각도가 맞는 걸까? ...

그림 3 창의성 활동 과정에서 나타난 학생의 반응 사례

- 첫째, 과학적 창의성 활동을 수행한 후 활동에 대한 학생의 일반적인 반응을 조사한다.
- 둘째, 과학적 창의성 활동의 2단계에서 제시한 ‘안내’의 효과를 분석한다.
- 셋째, 과학적 창의성 활동과정 중에 나타난 학생들의 행동특성들을 추출한다.

창의성 활동과정에 대한 학생 행동을 이해하기 위해서는 창의적인 과학자의 행동특성에 대한 이해가 도움을 줄 수 있다. 예를 들면, Mansfield & Busse (1981; pp. 52-58)의 연구를 보면, 창의적인 과학자는 자발성이 강하고, 융통성이 높으며 경험에 대해 열린 마음을 가지고 있고, 독창성과 새로움을 항상 추구하며, 전문가로서의 인정을 원하고, 일에 대한 높은 집착과 미적 감각 등의 특성을 보인다고 하였다.

또 Dunbar(1997)는 생물학 연구실에서 실제 생물학자의 연구과정을 6개월 이상 관찰하여 창의적인 과학자의 행동특성으로 다음 3가지를 정리하였다: (1) 예기치 못한 결과에 관심을 갖는다, (2) 대단히 많은 비유를 사용한다, (3) 토론과 논쟁을 즐긴다.

이 외에 창의적인 과학자의 어린 시절에 나타나는 주요 행동특성을 분석한 연구에 의하면(오원근, 2006), 창의적인 과학자는 어린 시절에, 자연을 대상으로 혼자 사색하기를 즐기고, 패턴이나 유사성 찾기를 즐기며, 수학에 관심이 많고, 경쟁심과 명예심이 많으며, 공작이나 제작에 재능을 보이고, 자신이 좋아하는 것에 몰입하는 특성을 보인다고 보고한 바 있다. 최근에 신원호, 정환재, 박종원(2009)도 6명의 대표적인 물리학자를 대상으로 어린 시절에 나타난 행동 특성을 찾아 리스트화하였고, 이를 잠재적인 과학적 창의성을 발굴하는 점검표로 활용할 것을 제안하였다.

그러나 이러한 연구들이 창의적인 과학자의 일반적인 행동특성을 말해 주고는 있지만, 학생들을 대상으로 한 것은 아니었고, 또한 학생들이 구체적인 과학적 창의성 과제를 수행하는 과정에서 나타난 특성이 아니라는 점에서 본 연구와 다른 점이 있다고 하겠다.

II. 연구 방법

1. 창의성 활동 과제

학생들에게 제시할 과학적 창의성 활동은 박종원,

박종석, 이강길 (2008)의 연구에서 개발한 자료를 활용하였다. 그들은 과학적 창의성 활동을 [그림 4]와 같이 크게 3가지 대범주로 나누고 각 범주별로 구체적인 활동유형을 약 30여개로 제안하였다.

I. 과학적 상황에서 창의적 사고하기

- I-1. 과학적으로 다양한 용도 제안하기 (발산적 사고중심*)
- I-2. 비일상적 상황에서 과학적 예측하기 (발산적 사고중심)
- I-3. 과학적 상황에서 “만일 ... 이라면 ...” 게임하기 (발산적 사고중심)
- I-4. 창의적으로 모순 인식하기 (수렴적 사고중심)
- I-5. 창의적으로 과학 개념도 그리기 (수렴적 사고중심)
- I-6. 여러 가지 그림/상황/데이터로 창의적 이야기 만들기 (수렴적 사고중심)
- I-7. 창의적으로 과학개념 연결시키기 (연관적 사고중심)
- I-8. 과학이론과 현상 창의적으로 연결하기 (연관적 사고중심)
- I-9. 창의적으로 비유 제안하기 (연관적 사고중심)

II. 창의적으로 과학적 탐구 수행하기

- II-1. 창의적으로 과학적 관찰하기
- II-2. 창의적으로 숨겨진 과학적 규칙성 찾기
- II-3. 창의적으로 과학적 탐구 문제 제안하기
- II-4. 창의적으로 과학적 가설 제안하기
- II-5. 창의적으로 과학적 실험 설계/개선하기
- II-6. 창의적으로 측정방법 고안하기 (브레인스토밍 적용)
- II-7. 창의적으로 과학적 실험 결과 해석하기
- II-8. 과학논문 발표를 위한 프리젠테이션 자료 만들기

III. 창의적으로 과학개념 이해·적용하기

- III-1. 새로운 과학적 아이디어/산출물에 이름 붙이기/기호 만들기
- III-2. 과학개념 바꾸어 생각하기
- III-3. 과학적 설명에서 부족한 부분 찾기
- III-4. 과학적 아이디어/개념/설명을 시각화하기
- III-5. 과학적 삽화/내용/설명 창의적으로 요약하기
- III-6. 창의적으로 과학문제를 다양하게 해결하기 (브레인스토밍)
- III-7. 창의적으로 과학문제를 다양하게 해결하기 -다양한 해 찾기
- III-8. 실험결과를 새로운 상황에 적용/활용하기
- III-9. 소크라테스식 질문을 통해 개념 비판적으로 이해하기
- III-10. 메타인지를 이용한 개념의 반추적 이해

* 발산적 사고중심이란 의미는 발산적 사고가 중심이 되는 활동이라는 의미이며, 과제의 내용에 따라 수렴적 사고나 연관적 사고가 함께 포함될 수 있다.

그림 4 과학 창의성 활동 유형

위의 모든 과제들을 적용하면서 학생의 반응을 분석하는 데에는 보다 많은 연구인력과 시간이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 먼저 I 영역에 한정하였다. 그리고 I 영역 중에서 기존의 연구에서 유사하게 수행된 것을 제외하고(예를 들면, 만일 ... 이라면, 개념도, 비유 등) 본 연구 상황에 맞다고 판단되는 것으로 연구자가 임의로 3개(I-1, I-2, I-7)를 선정하여 적용하였다.

2. 연구 대상

본 연구에 참여한 학생은 대학교에 설치된 과학영재교육원 물리 기초과정을 다니는 학생으로 과제별 참여 학생수는 [표 1]과 같다. 이때 과제에 따라 학생이 출석하지 않은 경우가 있어 학생수가 과제마다 다르게 나타나 있다.

표 1
창의적 활동 과제 참여 학생수

창의적 활동 과제	학생수
I-1. 과학적으로 다양한 용도 제안하기	10
I-2. 비일상적 상황에서 과학적 예측하기	9
I-7. 창의적으로 과학개념 연결하기	12

3. 과제 수행시간과 과제 내용

각 과제는 토요일에 한 과제씩 수행하여 총 3주가

걸렸으며, 한 과제마다 3시간씩 수행하였다. 각 과제의 내용을 간략하게 제시하면 그림 5와 같다.

4. 자료의 수집과 분석

학생들의 과학적 창의성 활동에서 나타나는 여러 가지 특성을 분석하기 위해 수집한 자료는 다음 3가지이다.

- 과학적 창의성 활동에 대한 설문지
- 학생들이 수행한 과학적 창의성 활동 내용
- 학생들의 과학적 창의성 활동 과정에 대한 관찰과 면담

과학적 창의성 활동에 대한 반응을 알아보기 위한 설문지는 크게 활동지에 대한 기본적인 질문(1. 배운 내용에 대한 기억, 2. 흥미도, 3. 난이도, 4&7, 창의성 활동 수행욕구)뿐 아니라, 과학적 창의성 모델과 관련된 질문(5&6. 창의성 활동과 과학지식과의 연관성, 8. 창의성 개발의 도움 정도)으로 구성되어 개발되었다. 단, 이번 연구에서 적용한 창의성 활동들이 과학적 탐구활동을 수행하는 과정에서 창의성을 발현하도록 한 활동은 아니었으므로, 창의성 활동과 과학적 탐구기능과의 연관성에 대한 질문은 제외하였다. 과학적 창의성 활동에 대한 설문지 내용은 [표 2]와 같고, 리커트 척도로 응답하고 이유를 서술하도록 하였다. 설문지는 각 과제가 끝난 직후에 각각 1번씩(총

[과제 1: 과학적으로 다양한 용도 제안하기]
건전지를 이용할 수 있는 방법을 제안하여야. 이때 가능하면 많이, 다양하게, 그리고 새로운 방법을 제안하도록 하여라.

[과제 2: 비일상적 상황에서 과학적 예측하기]
투명한 통에 물을 넣고 스프링에 연결된 탁구공을 넣었다. 통을 거꾸로 들고 회전을 하면 탁구공이 안쪽으로 기울어진다.
(1) 이 현상에서 일상적인 예상이나 경험과 다르게 나타난 경우가 있는지 찾아보자.
(2) 탁구공 장치 이외에도 일상적 경험이나 예상과 다르게 또는 반대로 일어날 수 있는 상황을 찾아보자.

[과제 3: 창의적으로 과학개념 연결하기]
다음 각 과학 개념들을 서로 연관지어 보아라. 가능하면 다양하고 새롭고 많은 연관성을 찾으도록 하여라.
① 전자석 - 충돌
② 온도계 - 빛의 굴절
③ 정전기 - 바늘구멍 사진기






그림 5 과학적 창의성 활동 과제의 내용 요약

표 2

과학적 창의성 활동에 대한 설문지 내용

1. 오늘 활동한 창의성 활동 내용을 간략하게 요약해 보십시오.
2. 창의성 활동이 재미있었습니까?
3. 창의성 활동이 쉬웠습니까?
4. 시간만 주어진다면 창의성 활동을 자신이 끝까지 해결해 보고 싶었습니까?
5. 창의성 활동을 하는데 과학지식을 잘 이해하고 있을 필요가 있습니까?
6. 창의성 활동이 과학지식을 보다 더 잘, 깊이 이해하는데 도움이 되었습니까?
7. 창의성 활동이 자신의 창의적 사고능력 향상에 도움이 되었습니까?
8. 앞으로도 다른 여러가지 경우에 이런 식의 창의적 사고를 활용하고 싶습니까?
9. 기타 창의성 활동에 대한 개인적인 의견이 있으면 적어주십시오.

표 3

과학 창의성 활동에 대한 전체 설문 결과

	흥미롭다	쉽다	끝까지 해결하고 싶다	과학지식 필요하다	과학지식 이해 도움된다	창의성 향상 도움된다	앞으로 계속하고 싶다
다양한 용도 (N=10)	3.9	2.6	3.9	3.6	3.9	4.2	4.4
비일상적 (N=9)	4.0	2.4	4.1	3.8	3.6	4.0	4.3
연결하기 (N=12)	3.9	2.3	3.8	4.3	3.6	3.9	3.8
전체	3.9	2.4	3.9	3.9	3.6	3.9	4.0

3번) 실시하였다.

본 연구에서는 설문지만으로 학생들이 과학적 창의성 활동을 수행할 때 나타나는 특성들을 심도있게 조사하기에는 한계가 있으므로, 설문지 이외에 창의성 활동의 특징 중의 하나인 '안내'의 효과를 알아보기 위한 분석과, 창의성 과제 수행 중에 관찰과 면담을 통한 학생들의 행동특성에 대한 분석이 추가되었다.

즉, 과학적 창의성 활동의 2단계에서 제시된 '안내' 활동이 학생들의 창의성 활동에 도움을 주었는지를 알아보기 위해 1단계에서의 활동과 2단계 안내가 주어진 후의 활동을 서로 비교하였다.

마지막으로 창의성 활동 중 나타나는 여러 가지 행동 특성은 비구조화된 관찰과 면담을 통해 수집하여 정성적으로 분석하였다. 이와 함께 학생의 활동지에 기록한 학생의 활동 내용에서 나타나는 특징들도 분석하였다.

III. 결 과

1. 설문지 분석 결과

설문지 내용 중 정량적인 결과를 얻을 수 있는 질문 (질문 2~질문 8)에 대한 분석 결과는 [표 3]과 같다. 1점은 아주 부정적인 응답, 3점은 중립, 5점은 아주 긍

정적인 응답인 경우이다. 요약하면, 학생들은 과학적 창의성 활동이 어려운 편이지만(2.4), 흥미롭고(3.9) 끝까지 해결해 보고 싶다고(3.9) 응답하였으며, 활동을 위해 과학지식이 필요하고(3.9), 활동결과 과학지식의 이해에도 도움이 되는 편이라고(3.6) 하였다. 또한 창의성 향상에도 도움이 되어(3.9), 앞으로도 이러한 활동을 계속 하고 싶다고 응답하였다(4.0). 그리고 이러한 경향은 과제에 따라 큰 변화가 없었다.

설문 번호 1번(배운 내용에 대한 요약)과 9번(창의성 활동에 대한 전반적인 의견)을 포함하여 설문 번호 2~8에 대한 이유를 분석한 결과는 [표 4] ~ [표 6]과 같다.

3개 설문지에 대한 정성적 응답 분석을 한 결과, 주요한 특징 중의 하나는 '사고 측면'과 관련된 응답이 다른 유형보다 많다는 것이었다. 즉 사고측면과 관련된 응답수를 보면 각 과제에 대해서 학생 1인당 평균 2.9번(29회/10명), 2.6번(23회/9명), 2.5번(30회/12명)씩 언급한 것으로 나타났다. 따라서 본 활동이 학생들의 사고활동에 많은 자극을 주었고, 창의적으로 사고하게 했다고 판단된다.

두 번째 특징은 지식과 관련된 언급이 상대적으로 적게 나타난 점이다. 즉 각 과제에 대해서 지식과 관련된 언급을 한 응답수는 12번, 0번, 1번에 불과하였다. 그러나 설문지에서 과학지식이 필요하다는 응답

표 4
다양한 용도 제안하기 활동에 대한 설문 이유 분석 (N=10)

설문 내용	응답 평균	응답 이유
배운 내용	없음	사고측면 (7)* 생각해 보고 제안하는 것, 고정관념 깨는 것, 유연한 사고를 기르는 것, (창의적)사고전략 등
		결과물 (3)* 다양한 용도들
흥미롭다	3.9	사고측면 (5) 제한없는 생각, 평소와 다른 생각, 고정관념 벗어나기, 뜻밖의 아이디어, 답을 생각하는 과정이 흥미롭다.
		결과물 (2) 전지의 내부구조 이해, 여러 가지 용도들이 재미있다.
		수업방법 (2) 의견교환이 재미있었다. 반복은 지루했다.
쉽다	2.6	사고측면 (4) 한 번도 생각해 본 것이 아니어서, 정해진 용도에서 벗어나는 것이 힘들다, 평소의 사고방식과 달라서 힘들다.
		지식측면(1) 과학지식이 필요해서 어렵다.
끝까지 해결하고 싶다	3.9	사고측면 (3) 고정관념을 벗어나는데 시간이 필요하다, 생각이 끊겨서
		과제집착 (4) 오기가 생겨서, 완벽한 아이디어를 내고 싶어서, (계속)생각해 보면 될 것 같다.
과학지식 필요하다	3.6	사고측면(2) 고정관념을 벗어나기 위해 필요
		지식측면(5) (지식이 있으면) 더 빠르다, 내부구조를 알아야
지식이해 도움된다	3.9	사고측면(2) 생각 범위를 넓혀주니까, 다른 것과 연관짓게 되어서
		지식 측면(6) 내부구조를 알게 되어서, 알고 있는 지식과 들어맞아서
창의성 향상 도움된다	4.2	사고측면(6) 생각하는 방법에 도움, 다양한 생각과 여러 방향으로의 생각하기, 고정관념을 벗어나는데 도움, 연관성을 찾는 것이 도움
앞으로도 하고 싶다	4.4	구체적인 기대(4) 편리한 것이나 다른 용도가 나올 것 같다, 발명해 보고 싶다.
		좋은 점 아이디어 비교하는 것이 좋았다.
기타 의견	없음	개선안 흥미가 더 필요하다, 소재가 다양하면 좋겠다, 눈으로 볼 수 있는 것이 좋겠다, 어렵다, 예가 더 필요하다.

* 응답 중, 무응답이나 단순응답(그냥 좋다고 하거나 힘들다 .. 와 같이 응답한 경우 등)은 표에서 제외하였다. 따라서 응답수의 합이 학생수보다 부족하게 나타난 경우가 많다.

평균이 3.9점이었으므로(표 3 참고) 창의과제를 수행하는데 지식이 필요없다는 것을 의미하는 것이 아니라, 학생들이 이 과제를 수행하는데 필요한 기본적인 과학지식은 알고 있다는 것을 의미한다고 해석된다. 그럼에도 불구하고 지식과 관련된 언급이 낮다는 것은 이 활동이 창의적 사고 활동을 중심으로 개발된 유형이기(그림 4의 유형 I) 때문이라고 본다. 따라서 앞으로의 연구에서 과학지식을 강조한 유형 III (창의적으로 과학개념 이해하고 적용하기)의 활동 결과와 비교해 볼 필요가 있다고 생각된다.

2. 자발적 창의성 활동과 안내된 창의성 활동의 단계별 비교

‘다양한 용도 제안하기’ 활동의 2단계에서 제시한 안내(guide)는 다음과 같이 5개이다. 물론 각 안내마다 구체적인 예시가 주어지고, 예시를 통해 학생의 활동을 안내하였지만, 여기에서는 예시에 대한 내용을 생략하였다.

- 외형적인 특징을 살펴보고, 그 특징을 이용한 다양한 용도를 제안해 보아라.
- 건전지 내부를 살펴보고 다양한 용도를 제안해 보아라.
- 과학지식을 활용하여 다양한 용도를 제안해 보아라.
- 사고를 유연하게 바꾸어 다양한 용도를 제안해 보아라.
- 과학적 실험상황에서 사용할 수 있는 용도를 제안해 보아라.

이 활동의 1단계에서 자유롭게 아이디어를 제안한

표 5
비일상적 상황에서 예측하기 활동에 대한 설문 이유 분석 (N=9)

설문 내용	응답 평균	응답 이유
배운 내용	없음	사고측면 (5)* 여러 가지 새로운 상황을 예측해 보는 것, 조건을 없애거나 덧붙이는 것, 학교와 다른 사고방식 등
흥미롭다	4.0	사고측면 (5) 평소에 궁금했던 것 생각해 보기, 현실과 다른 내용 예상해 보기, 수업방법 (2) 색다른 수업, 특이한 수업,
쉽다	2.4	사고측면 (3) (사고)틀을 벗어나기 힘들다. 방법측면 (2) 다른 곳에서 해 본 적이 없어서 힘들다. 등
끝까지 해결하고 싶다	4.1	흥미측면 (2) 호기심이 생겼다, 흥미롭다. 과제집착 (3) (무엇인가)발견할 것 같다, 목표가 분명하다, 특별한 것을 얻고 싶다.
과학지식 필요하다	3.8	사고측면(5) (과학지식을 알면) 응용하기 쉽다, 예측하기 쉽다, 다른 것과 연관지을 수 있다.
지식이해 도움된다	3.6	사고측면(3) 다른 것을 생각해 봐서, 바꿔서 생각할 수 있어서, 등
창의성 향상 도움된다	4.0	사고측면(2) 자꾸 생각하게 한다, 쥐어짜게 한다.
앞으로도 하고 싶다	4.3	구체적인 기대(3) 유용할 것(편리할 것) 같다, 불가능한 일을 생각하기가 즐겁다,
기타 의견	없음	좋은 점(2) 사고 폭이 넓어졌다, 자기 변화가 필요하다, 개선안(4) 어렵다, 더 많은 예시가 필요, 실험이 있으면 좋겠다.

* 응답 중, 무응답이나 단순응답(그냥 좋다고 하거나 힘들다 .. 와 같이 응답한 경우 등)은 표에서 제외하였다. 따라서 응답수의 합이 학생수보다 부족하게 나타난 경우가 많다.

표 6
창의적으로 과학개념 연결하기 활동에 대한 설문 이유 분석 (N=12)

설문 내용	응답 평균	응답 이유
배운 내용	없음	사고측면(10) 유사성과 차이점 찾는 것, 연관없어 보이는 것을 연결짓기 등
흥미롭다	3.9	사고측면(4) 평소와 다른 방식, 생각해 보는 기회, 창의력에 도움 수업방법(3) 반복적이어서 지루함
쉽다	2.3	사고측면(4) 연관성을 찾는게 어렵다, 생각할 게 많다 등 수업방법(2) 너무 생소함, 머릿속으로만 생각해서 어렵다.
끝까지 해결하고 싶다	3.8	사고측면(3) 나만의 생각으로 하고 싶다, 생각이 날 듯 말 듯해서, 등 과제집착 (2) 오기가 생겨서, 성취감 때문에
과학지식 필요하다	4.3	사고측면(2) 연관짓거나 주요 특징을 찾기 위해
지식 이해 도움된다	3.6	사고측면(4) 아는 것으로부터 사고해서, 변형하기를 통해서 지식 측면(1) 몰랐던 것을 알게 되었다.
창의성 향상 도움된다	3.9	사고측면(3) 여러 가지를 상상하고, 연관성에 대해 새롭게 생각해서
앞으로도 하고 싶다	3.8	구체적 기대(1) 나만의 물건을 만들고 싶어서
기타 의견	없음	좋은 점(2) 재미있고 유익하다. 개선안(6) 주제를 (다양하게) 바꾸면 좋겠고, 분량을 줄이고, 컴퓨터를 사용하면(정보를 찾기 위해) 좋겠다.

* 응답 중, 무응답이나 단순응답(그냥 좋다고 하거나 힘들다 .. 와 같이 응답한 경우 등)은 표에서 제외하였다. 따라서 응답수의 합이 학생수보다 부족하게 나타난 경우가 많다.

후에 2단계에서 동일한 과제에 대해서 안내에 따라 추가로 아이디어를 내도록 하였을 때, 안내별로 추가로 제안한 아이디어의 수는 [표 7]과 같다. 즉 동일한 과제에 대해서 안내에 의해 아이디어의 수가 추가로 190% 증가하였고(1단계에서 평균 5.1개 제안하였으나, 2단계에서 평균 9.7개를 추가로 제안), 아이디어의 유형도 추가로 91% 증가한 것으로 나타났다(1단계의 유형과 2단계의 유형을 나눈 기준이 같으므로, 추가로 증가한 정도는 $(4.4-2.3)/2.3*100$ 로 계산하였음). 따라서 안내된 창의성 활동에서 제시한 안내가 학생들의 유창성(아이디어의 수)과 융통성(아이디어의 종류)의 증가에 도움을 준 것으로 나타났다. 그러나 5가지 안내 중 '지식'을 활용하는 안내는 상대적으로 적은 효과를 주어, 다양한 과학지식을 활용하도록 돕기 위한 방안이 추가로 필요함을 알 수 있었다.

'비일상적 상황에서 예측하기' 활동의 2단계에서 제시한 안내(guide)는 다음과 같다.

- 일상적인 구조를 바꾸어 새롭거나 예기치 못한 현상이 예상되는 경우를 찾아보자.
- 알고 있던 공식이나 정의를 바꾸어 새롭거나 예기치 못한 것이 예상되는 경우를 찾아보자.
- 상황을 반대로 바꾸어 새롭거나 예기치 못한 현상

이 예상되는 경우를 찾아보자.

- 조건을 바꾸거나 없애서 새롭거나 예기치 못한 현상이 예상되는 경우를 찾아보자.

이 활동에 대해서도 2단계 안내된 활동을 통해 학생들의 응답수가 305% 증가하였고, 응답유형도 93% 증가한 것으로 나타나(표 8), 2단계 활동의 안내가 유창성과 융통성에 도움을 준 것으로 나타났다. 그러나 공식이나 정의를 바꾸어 보도록 하는 안내는 학생들의 창의성 활동에 전혀 도움을 주지 못해, 이 부분에 대한 개선이 필요함을 알 수 있었다.

'과학개념 연결하기' 활동의 2단계에서 제시한 안내(guide)는 다음과 같다.

- 각 경우에 간단히 그림을 그려보고 연관성을 찾아보자.
- 유사한 특징을 이용하여 연관성을 찾아보자.
- 차이점이나 반대되는 특징을 이용하여 연관성을 찾아보자.
- 제 3의 개념을 이용하여 두 개념을 연결지을 수도 있다.

이 활동에 대해서도 2단계 안내된 활동을 통해 학생들의 응답수가 89% 증가하였고, 응답유형도 50% 증가한 것으로 나타나(표 9), 2단계 활동의 안내가 학

표 7
다양한 용도 제안하기 활동에 대한 단계별 응답 비교 (N=10)

	자발적 창의성	안내된 창의성					추가로 증가한 정도
		외형	내부	지식	유연성	실험	
응답수	5.1*	2.0	2.6	0.8	2.0	2.3	190% 증가
응답유형	2.3**			9.7			91% 증가***

* 1인당 평균 응답수임.

** 응답유형은 외형, 내부, 지식, 유연성, 실험의 유형으로 분류하였으며, 1인당 평균 응답유형수임.

표 8
비일상적 상황에서 예측하기 활동에 대한 단계별 응답 비교 (N=9)

	자발적 창의성	안내된 창의성				추가로 증가한 정도
		구조	공식/정의	반대	조건변화	
응답수	2.2*	1.4	0	1.1	4.1	305% 증가함
응답유형	1.4		6.7			93% 증가함***

* 1인당 평균 응답수임.

** 응답유형은 구조, 공식/정의, 반대, 조건변화에 따라 분류하였으며, 1인당 응답유형수임.

표 9
과학개념 연결하기 활동에 대한 단계별 응답 비교 (N=12)

	자발적 창의성	안내된 창의성			변화
		그림	유사성	제 3의 개념	
응답수	2.3*	0.8	0.7	0.1 2.0	89% 증가함
응답유형	1.2			1.8	50% 증가함***

* 1인당 평균 응답수임.

** 응답유형은 구조, 공식/정의, 반대, 조건변화에 따라 분류하였으며, 1인당 응답유형수임.

생의 유창성과 융통성에 도움을 준 것으로 나타났다. 그러나 과학개념 연결하기 안내 중 ‘차이점’을 찾아 연결하는 안내는 상대적으로 가장 도움이 낮은 것으로 나타나 이 부분은 개선될 필요가 있었다.

3. 학생 활동지와 활동 중 관찰 면담 분석 결과

학생들의 활동지 내용을 관찰하거나, 학생들의 활동과정을 비디오로 녹화하면서 간단한 면담을 실시한 결과, 학생들의 행동 특성은 다음과 같이 8가지로 관찰되었다.

(1) 아이디어를 제시하였지만 구체적이지 못한 경우가 있다.

학생들은 종종 자신이 제시한 아이디어에 대해서 그 의미를 구체적으로 물으면 더 이상의 대답을 하지 못하는 경우가 있어, 초기의 아이디어를 세련화시키고 정교화시키는 과정이 필요함을 알 수 있었다.

“교사: (과제 1에서 건전지로 정전기 먼지를 때는 장치를 만든다고 하였을 때) 그게 무슨 말인가요?”,

“학생: 그냥 다양한 생각을 적어 보라고 해서 ...”

(2) 간단한 안내라 하더라도 쉽게 창의적 활동에 도움을 줄 수 있었다.

학생들은 쉬운 과제의 경우에도 창의적인 아이디어를 제안하는 것에 익숙하지 못했다. 하지만 2단계에서 간단하게 안내를 해 주었더니 쉽게 활동을 할 수 있는 경우를 관찰할 수 있었다.

“교사: (과제 1에서 5분이 지나도록 아무 것도 쓰지 못해) 왜 쓰기 어려울까요?”

“학생: 고정생각을 깨기가 어려워요. 건전지가 전기를 공급하는 것 말고 다른 용도로 ...”

“교사: 간단히 ... 모양을 가지고 다양하게 사용할 수 있지 않을까?”

“학생: (쉽게) 네.”

(3) 새로운 아이디어의 제안에 배경지식이 활용되는 경우가 있다.

자신의 배경지식을 다양하게 활용하는 경우가 관찰되었고, 주어진 과제에 대해 먼저 특징을 정리한 다음에 아이디어를 제안하는 경우도 있어, 창의적인 아이디어 이전에 주어진 과제와 관련된 경험과 배경지식 등을 기억해 내고, 조사하는 활동이 도움이 될 것으로 생각된다.

“교사: (과제 3에서 온도계와 빛의 굴절을 연결했을 때), 빛의 굴절로 온도를 잴 수 있다고 했는데?”

“학생: 수은이 있어서 온도가 올라가면 수은의 부피가 증가하면서 밀도가 낮아지는데, (그러면) 빛의 속도가 달라져서 굴절정도가 달라집니다.”

“학생: (과제 3에서 전자석과 충돌을 연결했을 때), 서로 각각의 특징을 먼저 알아보고 나중에 공통점을 찾아보았습니다.”

(4) 새로운 아이디어를 그림으로 표현하는 것에 긍정적인 반응을 보인 경우가 있다.

과제 3의 2단계에서 연관없어 보이는 것을 연결하기 위해 각각의 경우를 그림으로 나타내도록 한 안내가 있다. 이러한 경우에 그림으로 표현하는 것을 매우 즐기는 경우가 있어, 창의적인 아이디어의 표현을 글뿐 아니라 다양한 방법으로 표현할 수 있도록 하는 것이 도움이 될 수 있다고 생각된다.

“교사: 그림을 많이 사용했는데, 왜 그랬나요?”

“학생: 설명하는 것보다는 그림이 편해서 자주 그림니다.”

“교사: 글을 자세하게 쓰는 것보다 그림으로 그리는 게 이해하기 쉽나요?”

“학생: 훨씬 이해하기 쉬워요.”

(5) 반복된 활동을 지루해 하는 경우가 있다.

영재학생들은 과제 집착력이 있다고 생각하고 또 실제로 많은 학생들이 끝까지 과제를 마치려고 하고 마치고 싶어 하지만, 과제 3에서 개념과 개념 연결짓기를 3번 실시하고, 또 개념과 속담 연결짓기 활동도 추가되면서 유사한 활동이 계속 반복되자 학생들이 지루해 하는 경우를 많이 볼 수 있었다. 이러한 반응은 앞서 제시한 바와 같이 설문지에서도 알 수 있었고, 활동 중에서도 “또 해야 돼요?”라고 질문하는 등 힘들어하는 반응에서도 알 수 있었다. 따라서 창의성 활동에도 흥미를 유발시킬 수 있고, 다양한 활동으로 학생의 관심을 유지시킬 수 있는 활동이 필요하다고 하겠다.

(6) 정해진 답이 있다고 생각하는 경우가 있다.

자신의 생각이 맞는지에 관심이 있어 다양한 아이디어를 미처 제안하지 못하는 경우가 있었다. 그리고 제안한 아이디어라도 물리적으로 맞는 답인지, 활동에서 원하는 답인지에 관심이 많았다. 따라서 창의성 활동이 정해진 답을 구하는 것이 아닌 다양한 아이디어를 제안하는 발산적 사고를 필요로 한다는 것을 학생 자신도 인식할 필요가 있다고 본다.

(7) 창의적인 아이디어를 위해서는 특이한 소재가 필요하다고 생각하는 경우가 있다.

일상적으로 접할 수 있는 소재에서도 다양한 창의적인 아이디어를 낼 수 있음에도 불구하고, 뭔가 특이하고 새로운 것을 찾아야 한다는 생각 때문인지, 새로운 소재를 찾으려고만 하는 경우가 있었다. 그래서 활동 중에 다음과 같은 안내를 추가로 해 주었다.

교사: (비일상적 상황을 찾는 과제에서 교과서를 이리저리 뒤지는 학생에게) 여기 저기 찾지 말고, 여기(물결파 사진)에서 새로운 상황을 제안해 봐.

학생: ... (무응답)

교사: 예를 들면, 물결파가 수면에서 생겼는데, 물속에서 진동하게 한다면? 이렇게 생각해 보면 안 될까?

따라서 특별한 상황과 소재를 찾기 보다는 오히려 일상적인 상황과 소재에서 창의적인 아이디어를 제안할 수 있는 안내가 필요하다고 본다.

(8) 주어진 안내를 다양하게 활용하지 못하는 경우가 있다.

과제 2에서 ‘거꾸로 생각하기’라는 안내를 간단한 예와 함께 추가로 해 주었을 때, 주어진 예시 이외의 다양한 적용을 활용하지 못하는 경우가 많아, 다음과 같은 추가 설명을 해 준 경우가 있었다.

교사: 거꾸로 생각하기에는 여러 가지가 있을 수 있어요. 거꾸로 본다는 뜻은 시간적으로 반대일 수도 있고, 논리(순서)를 거꾸로 하는 것일 수도 있고, 뒤집어 보는 것일 수도 있고, 위에서 보고 아래에서 보는 것일 수도 있고, 전기모터와 발전기를 거꾸로 생각하는 것도 있어요. 여러 가지가 가능합니다.

따라서 창의적 사고를 위한 안내활동도 다양한 상황에서 다양한 방법으로 적용해 보는 활동이 필요하다고 생각되었다.

이상의 학생들의 행동특성으로부터 보다 효과적인 과학적 창의성 지도를 위한 제안을 다시 정리해 보면 다음과 같다.

- 초기의 아이디어를 세련화시키고 정교화시키는 과정이 필요하다.
- 간단한 안내라도 어떻게 하면 창의적인 아이디어를 낼 수 있는지를 안내해 주면 도움이 된다.
- 창의적인 아이디어를 위해 배경지식과 풍부한 경험을 활용하도록 할 필요가 있다.
- 아이디어를 글로만 표현하도록 한정하기 보다는 그림 등 다양하게 표현할 수 있도록 할 필요가 있다.
- 창의성 활동도 학생의 흥미를 유발하고 관심을 지속시킬 수 있도록 계획되어야 한다.
- 과학적 창의성 활동의 본성과 특징 자체를 학생도 이해할 필요가 있다.

- 가능하면 일상적인 상황과 소재에서 창의적인 아이디어를 제안하도록 격려할 필요가 있다.
- 창의적인 사고방법에 대한 안내의 경우에도 다양한 상황에서 다양한 방법으로 활용해 보는 적용과정이 필요하다.

위에서 제시한 몇 가지 사례들은 모든 학생들에게 공통적으로 나타난 반응이 아니라는 점에서 과학적 창의성 지도를 위한 일반화된 제안이라고 보기는 힘들다. 그러나 이러한 사례들이 찾아졌으므로, 후속 연구에서는 이러한 사례들의 정량적인 분포를 보기 위한 연구를 하거나, 사례에 따라 제안된 방법을 고려하여 보완된 수업 지도 전략을 제시하는 연구가 가능할 것이다.

실제로 본 연구 이후에 실시한 다른 연구에서는 본 연구에서 사용한 3단계 수업단계를 4단계로 확장하였다(박종원 등, 2009). 즉, 학생들이 창의적인 과제의 내용에 대해서 기본적인 지식과 탐구를 수행함으로써 관련지식과 경험을 갖게 하기 위해 1단계에서 '기본 탐구활동'을 추가하였고, 초기의 아이디어를 서로 공유하면서 세련화시키고 정교화시키기 위해 3단계 '아이디어의 공유와 세련화/정교화' 과정을 추가하였다. 이와 같이 실제 학생의 반응으로부터 수업 단계와 지도 전략을 수정 보완해 나가면 앞으로 과학적 창의성 지도를 위한 보다 정교하고 체계적인 지도 모형이 나올 수 있을 것이다.

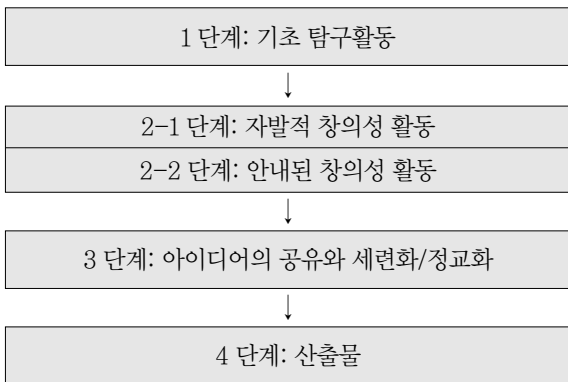


그림 6 과학적 창의성 지도를 위한 4단계 수정된 지도 모형

IV. 결 론

교육에서 창의성이 강조되면서 많은 창의성 자료가 개발되었고, 그 효과에 대한 연구결과들도 많이 발표

되어 왔다. 그러나 과학적 창의성에 초점을 맞춘 영역 의존적인 활동 자료가 개발되고, 그 적용 결과를 발표한 연구는 매우 찾아보기 힘들다. 그러한 점에서 본 연구가 주는 시사점은 많다고 하겠다.

본 연구 결과, 학생들은 과학적 창의성 활동이 전반적으로 좀 어렵지만 (응답평균 2.4), 흥미롭고(3.9), 끝까지 해결해 보고 싶다고(3.9) 응답하였으며, 활동을 위해 과학지식이 필요하고(3.9), 활동결과 과학지식의 이해에도 도움이 되는 편이라고(3.6) 하였다. 또한 창의성 향상에 도움이 되어(3.9), 앞으로도 이러한 활동을 계속 하고 싶다고 응답하였다(4.0). 그리고 이러한 긍정적인 응답들이 나온 이유를 분석한 결과, 창의적인 사고 측면 때문이라는 언급을 많이 한 것으로 나타났다.

특히 본 연구에서는 자체적으로 제안한 3단계 수업 모형에서 학생들의 창의적 사고를 돕기 위한 안내활동이 학생들의 발산적 사고 향상에 도움을 주는 것으로 나타났다. 즉 유창성은 안내활동에 의해 89%~305% 증가하였고, 융통성은 50%~93% 증가한 것으로 나타났다.

또한 학생들의 실제 활동을 관찰하고, 활동을 수행하는 중에 실시한 면담을 통해 구체적으로 어떠한 활동이 학생들의 창의성에서 어느 부분에 도움을 주는 지, 또 어느 부분이 보완될 필요가 있는지 알 수 있어, 보다 효과적인 과학적 창의성 지도를 위한 구체적인 제안 8가지를 제시할 수 있었다.

본 연구는 앞서 개발된 이론적인 과학적 창의성 모델과 3단계 학습단계에 따라 개발된 과학적 창의성 활동자료를 적용한 연구였다. 그러한 점에서 이론에 근거한 실제적인 적용 연구(theory based practice)라고 하겠다. 따라서 본 연구에서 나타난 학생들의 반응과 행동특성은 앞서 개발된 이론과 모형을 지지하거나 수정하는데 활용할 수 있고, 그러한 과정을 거쳐 앞서 개발된 이론과 모형이 세련화되고 정교화되면서 일반화될 수 있을 것으로 기대한다.

국문 요약

본 연구에서는 박종원(2004)의 과학적 창의성 모형과 3단계 수업모형(박종원, 박종석, 이강길, 2008)에 따라 개발된 과학적 창의성 활동을 과학 영재아에게 적용하여, 학생들의 과학적 창의성 활동에서 나타난 여러 가지 특징들을 분석하였다. 이를 위해 설문지로

학생의 반응을 조사하였고, 학생의 활동지로부터 수업모형의 효과성을 탐색하였다. 그리고 학생의 창의성 활동 과정을 녹화한 자료로부터 학생의 여러 가지 행동특성을 조사하였다. 결과적으로 학생들은 과학적 창의성 활동이 어려운 편이었지만, 흥미 있어 하였고, 창의성에도 도움이 된다고 하였다. 또한 끝까지 과제를 수행하고 싶어 했으며, 앞으로도 이러한 과제 수행을 원하는 것으로 나타났다. 또한 활동과정 중에 제시한 '안내'는 학생들의 발산적 사고에 도움을 준 것으로 나타났다. 이 외에 학생의 행동특성을 분석하여 앞으로 보다 효과적인 과학적 창의성 지도를 위한 제안들을 추출할 수 있었다.

주요어: 과학적 창의성, 지도모형, 지도 안내, 흥미, 영재교육, 영재아

참고 문헌

- 박종원 (2004). 과학적 창의성 모델의 제안 - 인지적 측면을 중심으로 - 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.
- 박종원, 김두현 (2008). 과학의 본성 지도자료 개발과 과학영재를 대상으로 한 시험적용. 한국과학교육학회지, 28(2), 169-179.
- 박종원, 박종석, 이강길 (2008). 과학적 창의성 활동 자료의 개발. 한국학술진흥재단 지원 연구 결과 보고서.
- 박종원, 등 (2009). 과학영재 교육기관 수학·통합과학 공통교재 개발 보급. 한국과학창의재단 지원, 과학영재교육 진흥연구사업.
- 신원호, 정환재, 박종원 (2009). 과학자의 성장기 분석을 통한 사례 중심의 과학 영재 행동특성 체크리스트 제안. 2009년 국제학술대회 및 제 56 차 한국과학교육학회 학회 학술대회 발표. 광주: 조선대학교.
- 오원근 (2006). 과학자의 생애 분석을 통한 과학 영재 판별 준거. 새물리, 53(5), 361-369.
- Altshuller, G.S. (1984). Creativity as an Exact Science, NY: Gordon and Breach.
- Baer, J. (1991). Generality of creativity across performance domains. Creativity Research Journal, 4, 23-39.
- Bull, K.S., Montgomery, D., & Baloche, L. (1995). Teaching Creativity at the College Level: A Synthesis of Curricular Components Perceived as Important by Instructors, Creativity Research Journal, 8(1), 83-89.
- Clapham, M. M. (1997). Ideational skills training: A key element in creativity training programs. Creativity Research Journal, 10, 33-44.
- Clements, D. H. (1991). Enhancement of creativity in computer environments. American Educational Research Journal, 28, 173-187.
- Conti, R., Coon, H., & Amabile, T.M. (1996). Evidence to support the componential model of creativity: Secondary analyses of three studies. Creativity Research Journal, 9, 358-389.
- Cropley, A.J., & Urban, K.K. (2000). Programs and strategies for nurturing creativity. In K.A. Heller, F.J. Monks, R.J. Sternberg., and R.F. Subotnik (Eds.), International Handbook of Giftedness and Talent (pp. 485-498). Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Cropley, A.J. (1999). Definitions of creativity. In M. A. Runco & S.R. Pritzker (Eds.), Encyclopedia of Creativity: Volume one (pp. 511-524.). Norwood, NJ: Ablex.
- Scott, G., Leritz, L.E., & Mumford, M.D. (2004). The effectiveness of creativity training: A quantitative review. Creativity Research Journal, 16(4), 361-388.
- Dunbar, K. (1997). How scientists think: On-line creativity and conceptual change in science. In T.B Ward, S.M. Smith and J. Vaid (Eds.). Creative Thought: An Investigation of Conceptual Structures and Processes (pp.461-494). Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Fasco, D. (2001). Education and Creativity. Creativity Research Journal, 13(3/4), 317-327.
- Fritz, R. L. (1993). Problem solving attitude among secondary marketing education students. Marketing Educators Journal, 19, 45-59.
- Gardner, H. (1983). Frames of Mind: The

Theory of Multiple Intelligence. New York: Basic Books.

Guildford, J.P. (1950). Creativity, *American Psychologist*, 5, 444-454.

Guildford, J.P. (1968). *Intelligence, creativity, and their educational implications*. San Diego, CA: EDITS.

Hanson, N. R. (1961). *Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Mansfield, R.D., & Busse, T.V. (1981). *The Psychology of Creativity and Discovery: Scientists and Their Work*. Chicago: Nelson-Hall.

Mansfield, R.S., Busse, T.V., & Krepelka, E.J. (1978). The effectiveness of creativity training. *Review of Educational Research*, 48, 517-536.

Nickerson, R. S. (1999). Enhancing Creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 392-430). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Noller, R.B., Parens, S.J., & Biondi, A.M. (1976). *Creative actionbook*. New York: Scribner's.

Osborn, A. (1963). *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Thinking*. NY: Scribner's.

Parens, S.J., Noller, R.B., & Biondi, A.M. (1977). *Guide to Creative Action*. NYC: Charles Scribner's Sons.

Park, Jongwon (2004b, 7). Asia-Pacific International Conference for the Gifted. *Suggesting a Model of Scientific Creativity (MSC) and Developing Scientific Creativity Activities*

Park, Jongwon (2006). Modelling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypothesis. *International Journal of Science Education*, 28(5), 469-489.

Park, Jongwon., Jang, Kyoung-Ae., & Kim, Ikgyun. (2009). An analysis of the actual

physicists' research and implications for scientific inquiry in school. *Research in Science Education*, 39, 111-129.

Park, Jongwon., & Park, Jongseok. (2008.7). *Establishing the Model of Scientific Creativity and the Development of Teaching Materials for Scientific Creativity*. Paper presented at the 10th Asia-Pacific Conference of Giftedness. Nanyang Technological University, Singapore.

Parens, S.J. (1999). Programs and courses in creativity. In M. A. Runco (Ed.), *The Creativity Research Handbook: Volume one* (pp. 465-477). Norwood, NJ: Ablex.

Peirce, C. S. (1955) *Abduction and induction*. In J. Buchler (Ed.), *Philosophical writings of Peirce* (pp. 150-156). New York: Dover Publications.

Rose, L.H., & Lin, H.T. (1984). The meta-analysis of long-term creativity training programs. *Journal of Creative Behavior*, 18, 11-22.

Solomon, B., Powell, K., & Gardner, H. (1999). Multiple intelligences. In M.A. Runco & S.R. Pritzker (Eds.) *Encyclopedia of Creativity Vol. 1* (pp. 261-272). London: Academic Press.

Sternberg, R.J., Grigorenko, E.L., & Singer, J.L. (2004). *Creativity: From Potential to Realization*. APA.

Torrance, E.P. (1987). Teaching for creativity, In S.G. Isaksen (Ed.), *Frontiers of creativity research* (pp. 190-215). Buffalo, NY: Bearly Press.

Treffinger, D.J. (1995). Creative problem solving: Overview and educational implications. *Educational Psychology Review*, 7(3), 301-312.

Treffinger, D.J., Sortore, M.R., & Cross, J.A. (1993). Programs and strategies for nurturing creativity. In K.A. Heller, F.J. Monks & A.H. Passow (Eds.), *International*

handbook for research on giftedness and talent (pp. 555-567). Oxford: Pergamon.

Wang, C.W., & Horng, R.Y. (2002) The effects of creative problem solving training on creativity, cognitive type and R&D performance. *R&D Management*, 32, 35-45.

Xu, F., McDonne., G., & Nash, W.R. (2005). A survey of creativity courses at university in principal countries. *The Journal of Creative Behavior*, 39(2), 75-88.