



창의 과정과 산물의 구조적 관계에 따른 초등학생의 과학 창의성 유형 탐색

김민주¹, 임채성^{2*}

¹서울문현초등학교, ²서울교육대학교

Exploring the Types of Elementary Students' Scientific Creativity According to the Structural Relationship between Creative Process and Product

Minju Kim¹, Chaeseong Lim^{2*}

¹Seoul Munhyun Elementary School, ²Seoul National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 January 2022

Received in revised form

8 February 2022

14 February 2022

Accepted 16 February 2022

Keywords:

scientific creativity, creative process, creative product, creativity type

ABSTRACT

This study aims to explore, using both quantitative and qualitative data analyzing the structural relationship between creative process and product, the types of elementary students' scientific creativity. For this, 105 fifth-graders responded to a scientific creativity test that assesses creative process and product, and four students who scored the highest were interviewed. In the interview, they were asked about the cognitive process they used in generating the creative product. Then, correlation analysis and structural equation modeling were used, along with the interview data, to type the students. The main findings of the study are as follows. First, the structural equation modeling of creative process and product gave satisfactory results in absolute and incremental fit indexes. Second, among the three components of creative process — knowledge, inquiry skill-observation, and creative thinking skills —, only creative thinking skills had significant effects on creative product. Third, divergent thinking skills had the strongest correlation with the creative product, followed by convergent thinking skills. Associational thinking skills did not have significant correlation. Fourth, elementary students' scientific creativity could be categorized into Creative Type, Useful Type, Original Type, and Non-creative Type, based on their creative product. The Non-creative Type could be further classified into Common Type, Repetitive Type, Non-response Type, Irrelevant Type, and Abstract Type. Fifth, most students used either knowledge or observation in their creative process, making them either Knowledge-oriented Type or Observation-oriented Type. In addition, there were DT Type, DT-CT Type, and DT-CT-AT Type among the students, based on the kinds of creative thinking skills they mainly used in the process. This study provides implications for educators and researchers in scientific creativity education.

1. 서론

창의성은 현대 교육에서 가장 중요한 키워드이자 교육 현장에서 구현하기 어려운 대상이다. Besançon 등(2015)은 창의성이 한 사람이 일상에서 마주하는 문제를 해결하는 데 필요한 자산이며, 개인과 사회의 발전을 도모한다고 보았고, Craft(2005)는 창의성이 삶 전반에 걸친 문제 인식, 문제 해결의 기술이라고 하였다. 그리하여 창의성은 각국의 학교 교육과정에서 주요 목표로 제시되고 있다. 21세기 교육의 중심점인 창의성에 대해 수많은 연구가 행해졌지만, 아직도 학교 현장의 수많은 교사는 창의성 교육 실천에 어려움을 겪고 있다. Kim(2013)의 연구에 따르면 초등 교사는 창의성 교육의 중요성은 인지하고 있지만, 그 교육 방법이 무엇인지 모르며 기존 방식을 답습하고 있다. Cho 등(2009)의 연구에서 교사가 창의성을 독창성 정도로 약화하고 있다는 것을 통해 창의성 개념화가 제대로 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다. 또한, 교사의 창의성 교육은 구체적인 내용 지식, 과정 지식과의 연결 없이 발산적 사고 함양 정도에서 그치고 있다(Choi & Choi, 2001; Han, 2000; Runco, 2004). 이는 교사가 창의성을 제대로 이해할 필요가 있다는 것과 이론과 실천 사이에 간극이 나타나

는 이유에 대한 심도 있는 연구와 논의가 시급하다는 것을 시사한다.

한편, 과학 교육에서는 미국의 '차세대 과학 기준'(Next Generation State Standards: NGSS)에서 창의성을 두 부분에 걸쳐 다룰 정도로 과학 창의성이 중요시되고 있으며(NGSS Lead States, 2013), 우리나라 교육과정에서도 창의적 사고 역량을 핵심역량으로 강조할 뿐만 아니라 교과 핵심 목표로 창의적 문제 해결을 언급하고 있다(Ministry of Education, 2015). 그러나 창의성을 독창성 정도로 이해하고 있는 교사가 6색 사고 모자 기법, 스텝퍼(SCAMPER), 브레인스토밍(brainstorming) 등의 발산적 사고 함양 교수·학습 기법을 넘어서 과학 교과에 적합한 창의성 교육을 실행할 리가 만무하다.

창의성이란 일반적으로 산물을 의미하는데(Simonton, 2012), 이에 대한 공통적인 정의는 새로우면서도 유용한 산물을 만들어내는 능력이나 성향(Mumford, 2003; Sternberg, 1998)이다. 즉, 독창성과 유용성이 창의성의 본질적인 조건으로, 둘 중 하나라도 만족하지 못한다면 그것은 창의성이 아니다(Lubart, 1994; Plucker et al., 2004). 유용성은 독창성만큼이나 중요한데, 교사는 독창성을 창의성과 동등시할 뿐 유용성의 가치를 파악하지 못하는 경향이 있다(Beghetto, 2010). 그 이유는 창의성의 영역 일반성과 영역 특수성을 구분하지 않고 혼

* 교신저자 : 임채성 (cslim@snu.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2022.42.1.33>

동하기 때문으로 보인다.

영역 일반적(domain-general) 관점은 발휘하는 영역과 관계없는 일반적인 창의성이 있다고 보는 관점이고, 영역 특수적(domain-specific) 관점은 발휘하는 영역에 따른 특수한 창의성이 있다고 보는 관점이다(Hu & Adey, 2002; Simonton, 2004). 독창성이 영역 일반성과 관련된다면 유용성 요소는 영역 특수성과 관련된다(Lim, 2014). 유용성은 일반적인 의미에서 아이디어가 얼마나 가치 있는가를 뜻하는데, 그 가치를 판단하는 기준이 영역 특수적 지식과 기능에 의존하게 되는 것이다. 예를 들어, 과학 영역에서 어떤 아이디어의 창의성을 판단한다면 그 아이디어가 과학적으로 얼마나 타당하냐가 유용성을 판단하는 하나의 기준이 될 것이다. 아인슈타인의 창의성과 피카소의 창의성은 근본적으로 다르고, 영역 특수적 지식과 기능에 기반을 두고 창의성을 발휘하는 것이 진정한 창의성에 가깝다(Baer, 2014; Han & Marvin, 2002; Liang, 2002). 그러므로 교사는 영역 지식, 기술과 같은 유용성 요소가 창의성에 필수적이라는 사실을 인식하고 일반창의성 관련 교수·학습 기법에서 벗어나 영역별 혹은 교과별 창의성 교육을 고민하고 실천할 필요가 있다.

과학 교과에서 창의성은 새로우면서도 과학적으로 유용한 혹은 가치 있는 산물을 만들어내는 능력이나 성향(Lim *et al.*, 2009; Lim, 2014)으로 정의할 수 있다. 유용성 요소는 자유롭게 모든 방향으로 아이디어를 떠올리는 독창성 요소를 제약하는 조건들로 이루어져 있는데(Beghetto, 2010) 과학 교과에서 유용성 요소는 과학 지식, 탐구 기능 등의 지식, 기술이다. 그런데 이러한 유용성 요소를 만족시키면서 동시에 새로운 것을 만들어내는 것이 과학 분야에서는 쉽지 않다. 그래서 과학 창의성에 대한 논의는 극소수의 인정받은 과학자를 중심으로 이루어지고 있고, 학생의 창의성은 관심 밖으로 밀려나 있다(Hu & Adey, 2002; Runco, 2003). 그도 그럴 것이 Newton이나 Darwin과 같이 창의적 업적을 남긴 과학자와 이제 막 과학 지식과 탐구기능을 학습하기 시작하는 단계인 학생의 간극이 상당히 크다. 이 때문에 Lim(2012)은 과학자의 창의성인 Big-C 창의성과 학생 수준의 창의성인 little-c 창의성을 구분하고 초등과학교육에서는 little-c 접근으로 창의성을 탐구할 것을 제한한 바 있다. 교육자들은 과학 창의성의 명확한 개념뿐만 아니라 학생의 과학 창의성과 과학자의 과학 창의성은 다르다는 것을 인지할 필요가 있다.

이와 관련하여 Beghetto(2013)는 교사의 창의성에 대한 잘못된 인식 때문에 일상적인 수업에서 학생의 창의적 잠재력을 강화할 기회를 놓치고 있지는 않은지 돌아봐야 한다고 주장했다. 예를 들어, 어떤 학생이 수업 시간 중에 본인만의 독특한 생각을 제시했을 때, 교사는 학습 진도에 대한 부담과 교실이 혼란스러워질 것에 대한 우려 때문에 무시하고 그냥 넘어간다는 것이다. 학생 수준에서 꽤 창의적인 아이디어를 제시했음에도 교사는 아이디어의 가치를 알아보지 못한다. 여기서 문제는 교사가 학생 수준의 창의성이란 어떤 것인지 모른다는 것이다. 실제로 교사가 학생의 과학 창의성에 더욱 엄격한 기준을 적용한다는 보고가 있다(Kim & Lim, 2018; Newton, 2010). 교사는 학생보다 과학 지식이 많으므로 학생이 새롭다고 생각하며 낸 아이디어가 그다지 새로워 보이지 않을 수 있다. 과학 분야에서 이미 누군가가 발견해낸 것일 가능성이 크기 때문이다. Runco(2007)는 이러한 관점이 학생의 창의성을 발견하고 양육하기보다는 간과하게 된다고 우려했으며, Beghetto와 Kaufman(2007)은 학생 수준에서 새롭

고 의미 있으면 그것으로도 충분하다고 주장하였다. 그러므로 학생의 과학 창의성이 어떤 양상을 보이는가가 꽤 중요한 문제가 된다.

이상의 논의를 정리하면 과학 창의성 교육이 이론에서 실제적인 수행으로 잘 연결되지 않는 이유는 과학 창의성 고유의 특성 및 학생 수준의 과학 창의성에 대한 교사의 이해 부족이라 사료된다. 그러므로 과학자의 창의성과 전혀 다른, 평범한 학생의 창의성에 관심을 가지고 다각도로 연구를 해야 교육 현장에서 학습자 중심의 창의성 교육이 실현될 수 있을 것이다. 지금까지 많은 과학 창의성 연구가 누구나 인정할 만한 과학자를 연구 대상으로 하고(Runco, 2003), 과학자가 어떠한 과정을 거쳐 창의적 결과물을 내는지가 초점이었다면(Song, 2013; Simonton, 1999), 이 연구에서는 학생이 어떠한 과정을 거쳐 과학 창의적 산물을 내는지 그 양상을 살펴보고자 하였다. 그리하여 창의적 산물과 창의적 산물을 내기까지의 과정을 구분하고 이에 대한 정량적 접근과 정성적 접근을 두루 사용하였다.

창의성은 종합적이고 거시적인 시각에서 특정 환경(press)에 있는 사람(person)이 어떤 과정(process)을 거쳐 산물(product)을 내는 것으로 파악될 수 있다(Rhodes, 1961). 이러한 4P 모형에 따르면 ‘창의 과정’은 창의적 아이디어를 내는 데 작용한 정신적·인지적 과정이다. ‘창의 산물’은 말, 글, 그림 등 어떤 형태로 창의적 아이디어가 표현된 것이다. 한 개인의 창의성을 구성하는 요소는 인지, 정의, 환경적 측면으로 나뉘며 상당히 복잡하고 다양하지만(Seong, 2002; Lim *et al.*, 2009; Weisberg, 1993), 이 연구에서는 창의 과정과 창의 산물이 연구 대상이므로 인지적 측면만 다루었다. 과학 창의성과 일반창의성을 구분 짓는 가장 큰 요인이 인지적 측면에 있기 때문이기도 하다(Lim *et al.*, 2009).

일반적으로 창의적 산물을 내는 과정은 아이디어를 많이 생성했다가 그중 하나를 선택하고 구체화하는 확산과 수렴의 과정이라고 할 수 있다(Lim, 2009; Basadur, 1995; Campbell, 1960). 이는 명시적 혹은 암시적 과정에서 일어날 수 있으며, 이것이 암시적으로 일어난다면 고심해서 하나의 아이디어를 생각해 내는 것처럼 보일 수 있다. 그런데 창의성을 발휘하는 영역이 과학이라면 과학 지식, 관련 탐구 기능 등도 인지적 과정에서 영향을 줄 것이므로 인지적 측면에서 과학 창의성을 구성하는 모든 요인을 창의 과정에 포함할 필요가 있다. 그렇다면 과학 창의성의 인지적 요인으로 어떠한 것이 있을까? 여러 연구를 종합하면 과학 지식, 과학 탐구기능, 창의적 사고기능, 문제발견 능력이 과학 창의성의 인지적 요인을 구성한다고 할 수 있다(Park, 2004; Jung *et al.*, 2002; Cho & Choi, 2000; Adolf, 1982; Hu & Adey, 2002; Meador, 2003; Mohamed, 2006).

지금까지의 연구가 과학 지식, 사고기능 또는 탐구기능과 과학 창의성의 관계(Kim *et al.*, 2020; Park, 2014; Son, 2009; Dikici *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2016)와 같은 식으로 과학 창의성과 한두 개 변인의 관계를 다뤘다면, 이 연구에서는 인지적 측면에서 과학 창의성과 관계되는 다수의 변인을 동시에 다루는 것을 목표로 하였다. 창의 과정과 산물이 어떠한 구조적 관계를 이루고 있는지 검증한다면 학생의 과학 창의성 산물에 과학 지식, 탐구기능, 창의적 사고기능과 같은 변인 중 무엇이 얼마나 더 많은 영향을 미치는지 알 수 있을 것이다. 그런데 인간을 대상으로 한 연구는 수량화와 통계적 기법으로는 파악되지 않는 생각, 태도에 영향을 미치는 무수히 많은 변인이 있으므로 정량적 접근만으로는 한계가 있다(Libarkin & Kurdziel, 2002). 따라

서 정성적 접근이 필수적이라고 보고 학생 면담으로 이를 보완하였다. 면담을 통해 학생이 실제로 어떤 인지적·정신적 과정을 거쳐 창의 산물을 만들어냈는지 알 수 있을 것이다.

그리고 연구자, 교사, 학부모를 포함한 교육 주체에게 실질적인 도움을 주기 위해서 정량적 자료와 정성적 자료를 바탕으로 학생의 과학 창의성을 유형화하였다. 어떤 교육적 현상을 파악할 때 단순화, 유형화하는 것이 빠른 이해를 돕고, 이는 교수·학습에서 효율적 의사결정으로 이어진다. 개인차가 있는 학생에게 적절한 피드백을 주기 위해서는 과학 창의성을 발휘하는 데 실질적으로 필요한 요소가 무엇인지 알고, 각 학생이 어떤 요소가 필요한 유형인지 파악하는 것이 중요할 것이다.

따라서 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

- 첫째, 초등과학 영역에서 창의 과정과 산물은 어떠한 구조적 관계에 있는가?
- 둘째, 초등학생의 과학 창의성은 창의 과정과 산물의 구조적 관계에 기초하여 어떤 유형이 있는가?

II. 이론적 배경

1. 과학 창의성의 과정과 산물 변인 설정

과학 영역에 비추어 창의 과정(creative process)과 창의 산물(creative product)을 구분하면 창의 과정은 '과학 창의성을 발휘하는 데 작용한 인지적·정신적 과정'으로 정의할 수 있다. 과학 창의성의 정의로부터 과학 영역의 창의 산물을 '새로우면서도 과학적으로 유용한 혹은 가치 있는 아이디어가 표현된 것'이라고 볼 수 있으므로 독창성과 유용성 요소가 창의 산물을 구성한다.

기존 연구에 의하면 과학 영역의 창의 과정에는 과학 지식, 과학 탐구기능, 창의적 사고기능(확산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고), 문제발견 능력이 포함된다. Cho와 Choi(2000)는 과학의 내용 지식, 과정 지식, 창의적 사고기능을, 이와 유사하게 Park(2004)은 과학 지식, 과학 탐구기능, 창의적 사고를 제안하였다. Jung 등(2002) 또한 과학 지식, 과정 지식, 확산적/비판적 사고를 제안하였는데 문제의 종류, 문제의 발견력이 추가되어 있다는 점이 다르다. Adolf(1982), Meador(2003), Mohamed(2006)는 과학적 탐구과정이 과학 창의성과 관련 있다고 하였고, Shin 등(2002)은 여기에 문제 발견력을 추가하였

다. Hu와 Adey(2002)는 과학 창의성을 산출물(기술적 산출물, 과학 지식, 과학 현상, 과학 문제), 특성(유창성, 융통성, 독창성), 과정(사고력, 상상력)이 구성한다고 보고 SSCM(Scientific Structure Creativity Model)이라는 과학 창의성 검사 도구를 개발한 바 있다. 이러한 선행 연구에 따라 본 연구에서는 몇몇 연구자만 제안한 문제발견력을 제하고 과학 지식, 탐구기능, 창의적 사고기능을 창의 과정으로 구성하였다.

그런데 구조방정식 분석의 최소 필요 인원인 100명 이상의 연구 참여자를 상대로 모든 탐구기능을 측정하기란 상당히 어렵다. 그래서 초등과학에서 가장 자주 사용하는 탐구기능인 관찰만 측정하는 것으로 제한하였다. 선행 연구에 따르면 창의적 활동의 시작에 관찰이 있으며 관찰과 창의성은 불가분의 관계라고도 여겨지는데(Conant, 1967), 과학자들이 자연 현상을 관찰함으로써 과학적 설명을 구성하고, 관찰한 내용을 토대로 분류, 예상, 측정, 추리 등이 이루어지므로 관찰은 과학 창의성 발휘에 중요한 요인이 된다(Kim & Cho, 2002). 관찰이 모든 탐구기능을 대표할 수는 없지만 본 연구의 대상인 초등학생 수준에서 가장 친숙하고 쉽게 접근 가능한 기능이라 판단하여 사용하였다.

이상에서 논의한 이론적 배경을 토대로 본 연구의 주요 변인을 설정하고 조작적으로 정의하였다(Table 1).

가. 독창성과 유용성

독창성과 유용성의 조건 중 둘 중 하나라도 만족시키지 못한다면 그것은 창의성이 아니다(Beghetto, 2016). 그러므로 독창성과 유용성은 창의적 산물이 갖춰야 할 조건이라고 할 수 있다. 즉, 창의성 발휘의 결과물은 새로우면서 동시에 유용하여야 한다. Lim(2014)에 따르면 little-c 접근에서 독창성(originality)은 고유하거나 희귀한 정도로, 같은 초등학생 집단에서 아이디어가 얼마나 드물게 나타나는가로 확인할 수 있다. 유용성(usefulness)은 자유롭게 모든 방향으로 아이디어를 떠올리는 독창성 요소를 제약하는 조건들로 이루어져 있는데(Beghetto, 2010) 과학 교과에서 유용성 요소는 과학 지식, 탐구기능 등의 지식, 기술로 아이디어 자체가 가지는 가치와 과학적 타당성 측면을 평가할 수 있다.

나. 과학 지식 (Scientific knowledge contents)

특정 영역의 내용 지식은 창의성 발현에 필수적이라고 보는 학자가

Table 1. The Operational Definitions of Variables

창의 산물	새로우면서도 과학적으로 유용한 혹은 가치 있는 아이디어가 표현된 것	
창의 산물의 하위 요소	독창성	아이디어의 희귀성, 고유한 정도
	유용성	과학적으로 유용하거나 타당한 정도로, 과학적 타당성, 아이디어 자체의 유용성(가치)의 두 가지 측면이 있음
창의 과정	과학 창의성을 발휘하는 데 작용한 인지적·정신적 과정으로 기존 지식, 과학 탐구기능, 창의적 문제 해결에 필요한 사고 등이 해당함	
창의 과정의 하위 요소	과학 지식	과학적 사실, 법칙, 이론처럼 자연 현상의 탐구 결과로 생성되는 명제적 지식(declarative knowledge)
	탐구기능 - 관찰	탐구기능은 과학 지식 획득에 필요한 절차적 지식(procedural knowledge). 그중 관찰은 대상으로부터 감각 정보를 수용하여 주관적 요소로 구성된 관찰자의 지적 틀을 통해 정보를 인식하는 활동
	확산적 사고	문제에 대해 새로운 대안을 많이 생성해내는 것
	수렴적 사고	산발적인 자료를 수렴적으로 통합하여 하나의 전체적인 형태나 구조로 만들어내는 것
기능	연관적 사고	처음에는 별개로 보이던 두 개의 사건을 서로 연관하여 기존의 사건에서 알려진 법칙과 설명, 특징을 새로운 사건에 도입하는 것

많다(Ericsson, 1996; Feldhusen, 1995; Sawyer, 2012; Walberg & Stariha, 1992). 과학 창의성에서 지식이 창의성 발현에 유의한 영향을 미쳤다는 보고(Kim *et al.*, 2020)가 있지만, 지식의 고착화로 창의성을 저해할 우려 또한 존재한다(Plucker & Beghetto, 2004, Simonton, 1994). 이에 대한 것은 연구 결과에서 자세히 논하고자 한다. 과학에서 지식을 명제적 지식(declarative knowledge)과 절차적 지식(procedural knowledge)을 두루 포함하는 것으로 보는 관점이 있는데(Kwon *et al.*, 2003), 본 연구에서는 명제적 지식을 의미하는 ‘과학 지식’과 절차적 지식을 의미하는 ‘탐구기능’으로 두 측면의 지식을 분리하였다. 이에 따라 과학 지식은 과학적 사실, 법칙, 이론처럼 자연 현상의 탐구 결과로 생성되는 것으로 정의된다.

다. 탐구기능 (Scientific inquiry skills)

탐구기능은 과학 지식 획득에 필요한 절차적 지식을 의미하며, 초등 수준에서 학습하는 탐구기능으로 측정, 관찰, 분류 등의 단순 탐구 기능과 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석 등의 통합 탐구기능이 있다. 과학 창의성은 구체적인 과학 탐구 활동에서 발현되므로 탐구기능은 과학 창의성 발현에 큰 영향을 미친다(Lin *et al.*, 2003; Meador, 2003). Aktamis와 Ergin(2008)은 탐구기능 훈련이 과학 창의성 발현에 긍정적인 도움을 준다는 것을 발견한 바 있다.

라. 확산적 사고 (Divergent thinking)

Guilford(1968)는 창의적 사고를 확산적 사고로 보기도 하였는데, 현재 시점에서는 확산적 사고 자체가 창의성을 대변한다기보다는 창의성 발현에 필요한 중요한 사고 유형 중 하나라는 관점이 지배적이다(Park, 2004; Baer, 2014; Runco & Acar, 2012). 과학 영역에서도 창의적 사고의 기본인 확산적 사고는 아이들이 문제 해결 상황에서 다양한 대안을 탐구하게 한다(Bermejo *et al.*, 2016). 확산적 사고의 하위요소로 아이디어를 얼마나 많이 내는가와 관련된 유창성(fluency), 아이디어를 얼마나 다양하게 내는가와 관련된 융통성(flexibility), 남들이 옳다고 생각하는 방식을 비판적으로 검토하고 다르게 생각해보려는 비판습적 사고(unusual thinking)가 있다(Park,

2004). 본 연구에서 사용한 검사 도구는 그중 유창성과 융통성을 주로 측정하고 있다.

마. 수렴적 사고 (Convergent thinking)

확산적 사고가 창의성 자체라고 볼 수 없듯이 수렴적 사고 또한 단독으로 창의성에 영향을 미친다고 할 수 없다(Runco, 2007). 어떤 문제에 대하여 타당한, 혹은 가장 좋은 답변을 찾도록 이끄는 수렴적 사고는 내용 지식, 과정 지식과 밀접한 관계를 맺으며 문제 해결이 적절한 조건을 만족시키도록 돕는다(Cropley, 2006). 과학 창의성의 핵심은 비판적, 논리적 사고에 있을 정도로 수렴적 사고가 과학 창의성에 미치는 영향은 지대하다(Kim, 2002). 수렴적 사고의 하위요소로 일관성 있게 연결되어 논리적이므로 모순이 없는 정합성(coherency), 많은 구성물이 하나의 구조를 이루는 통합성(synthesis), 하나의 큰 구조에 질서가 내재하여 복잡하지 않음을 의미하는 단순성(simplicity)이 있다(Park, 2004). 본 연구에서 사용한 검사 도구는 그중 정합성과 통합성을 주로 측정하고 있다.

바. 연관적 사고 (Associational thinking)

연관적 사고는 아이디어를 모으고 연결하는 능력으로, 창의성 발현에 주요한 역할을 하는 사고기능 중 하나다(Lubart *et al.*, 2013). 연관적 사고의 하위요소로 유사성에 기초한 사고(similarity-based thinking), 물고기와 소시지(어묵)같이 전혀 유사성이 없음에도 연관 짓는 비유사성 사고가 있다(Park, 2004). 과학 영역의 가장 대표적인 유사성에 기초한 사고로 귀추적 사고(abduction)가 있는데, 이미 잘 알려진 법칙을 새로운 현상을 설명하기 위해 도입하는 사고를 말한다(Joung & Song, 2006). 본 연구의 검사 도구는 유사성에 기초한 사고를 주로 측정하고 있다.

2. 가설적 구조모형의 설정

본 연구에서 검증하고자 하는 가설적 구조모형은 다음과 같다(Figure 1). 이 구조모형에서 다른 변수의 영향을 받는 내생변수는

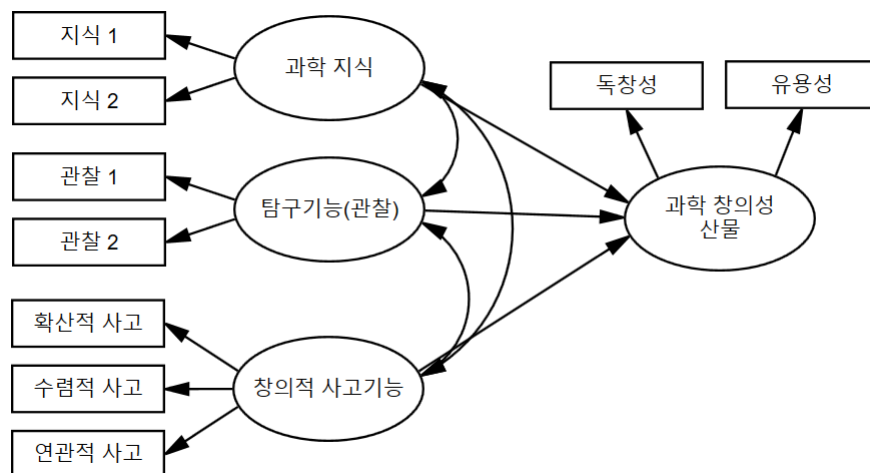


Figure 1. Hypothetical Structural Model of Creative Process and Product

과학 창의성 산물이고, 이에 영향을 주는 외생변수는 창의 과정에 관여하는 인지적 측면의 요소들이다. 잠재변수인 창의적 사고기능의 관측변수는 연관적 사고, 수렴적 사고, 확산적 사고이며 잠재변수인 과학 창의성 산물의 관측변수는 독창성과 유용성이다. 구조방정식에서 하나의 잠재변수에 대한 관측변수를 최소 2개 이상 설정해야 하는데, 창의적 사고기능, 과학 창의성 산물과 달리 과학 지식, 탐구기능 중 관찰은 정해진 하위요소가 없다. 그래서 각각 서로 다른 문항으로 측정할 값을 관측변수로 두었다.

III. 연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구의 대상이 된 학생은 서울특별시 한 초등학교의 5학년 전체 학생으로, 그중 113명의 학생과 그 학부모가 연구 참여 동의 의사를 밝혔다. 그중 진찰, 결석, 조퇴 등을 이유로 검사에 끝까지 참여하지 못한 학생 8명을 제외하고 105명의 학생이 검사에 필요한 모든 결과물을 제출하였다.

초등 5학년 학생을 연구 대상으로 선정한 까닭은 피아제의 구체적 조작기에 해당하는 나이로 과학적 사고와 문제 해결이 가능하며, 초등교육과정상 과학 지식과 탐구기능을 어느 정도 갖추고 있다고 판단했기 때문이다. 기초 지식과 기능만으로 학생이 과학 창의성 문제를 어떻게 해결하는지 본다면 많은 학생을 포괄하는 교육적 함의를 얻을 수 있을 것이다.

면담 자료를 통해 학생이 실제로 과학 창의성 산물을 내는 과정을 파악하고 유형화하였다. 면담에서 학생에게 어떤 인지적 과정을 거쳐서 창의성을 발휘하였는지 설명하게 하였다. 연구자는 창의성이 높은 학생이 면담에서 창의 과정을 잘 설명할 수 있으리라 판단하고, 창의 산물 점수가 가장 높은 학생 4명을 선정하였다. 이들은 창의 과정에서 평균 이상의 인지적 수행 능력을 보여주었다. 그들이 어떻게 해서 창의성 문제를 해결하였는지 그 사고 과정을 따라가 보면 과학 창의성 교육에 시사하는 바를 얻을 수 있을 것이다.

2. 검사 도구

현재까지 과학 창의성의 과정과 산물을 통합적으로 측정하는 검사 도구가 존재하지 않기 때문에 연구자는 심도 있는 이론적 검토 하에 검사 도구를 개발한 바 있다(Kim & Lim, 2021). 이 검사 도구는 두

세트의 동형 검사와 별개의 관찰 검사지로 이루어져 있다. ‘세트 1’, ‘세트 2’, ‘관찰’ 검사지는 1주에 1회씩, 총 3주에 걸쳐 투입되었다. ‘세트 1’과 ‘세트 2’는 각각 7개의 문항으로 이루어져 있는데, 검사에 걸리는 시간은 한 세트당 20분이다. 관찰 검사지는 2개의 문항으로 총 10분이 소요된다.

이 검사 도구는 창의성에 대한 과제 특수적(task-specific) 관점에 따라 개발되었다. 과제 특수적 관점은 영역 특수적 관점에서 더 나아가 같은 영역이라도 어떤 과제냐에 따라 발휘하는 창의성이 달라진다고 보는 관점이다(Baer, 2014). 영역 특수적 관점을 반영하여 과학 창의성 검사 도구를 개발한다고 해도 창의 과정과 산물의 모든 요소를 포함하면서 과학 영역의 모든 내용 요소, 탐구기능을 포함하는 것은 불가능에 가까운 일이기 때문에 과제 특수적 관점을 반영하여 개발하였다.

검사 도구의 내용 영역은 생명으로, ‘추운 지역에 적응한 북극곰’, ‘건조한 지역에 적응한 선인장’을 주제로 하였다. 과학 창의성의 과정과 산물 요소를 대부분 포함하는 대신 내용을 초등 생명 영역으로 국한하다 보니 과학의 다른 영역이나 생명 영역의 다른 내용 요소를 다루지 못한 것은 이러한 검사 도구의 제한점이다. 그러므로 이 검사에 따른 결과가 학생의 과학 창의성 전체를 대변하지 못한다는 한계가 있다.

검사지의 문항 내용과 각 문항이 측정하는 요인이다(Table 2). 확산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고는 1개 문항으로 복잡한 사고 능력을 측정하는 것이 어려워 각각 2개 문항에서 측정하였다. 문항 6에서 학생은 아이디어를 최대 3개 제시할 수 있는데, 아이디어를 얼마나 다양하게 냈는가는 확산적 사고, 문항 7에서 아이디어를 선택한 이유를 얼마나 논리적으로 설명했는가는 수렴적 사고를 측정한다. 문항 6-7에서 학생이 최종적으로 선택한 1개의 아이디어는 과학 창의성의 산물이라고 보고 독창성, 유용성의 관점에서 평가하였다.

탐구기능 중 관찰의 경우, 검사지의 관찰 문항이 다른 문항과 매우 높은 상관이 발생하여 구인 타당도를 만족시키지 못하게 되었다. 그러하여 다른 생물을 자세히 관찰하여 그 특징을 최대한 많이 적게 하는 별개의 검사지를 구성하여 측정하였다. 동물은 토끼이도마뱀붙이, 식물은 광대나물로 학생들에게 매우 생소한 생물을 선정하여 학생의 관찰 수행 능력만을 반영할 수 있도록 배경지식의 개입을 최소화하였다.

채점 기준에서(Figure 2) 동물과 식물의 동형 문항을 독립적으로 채점하고 일의 자리로 반올림한 평균값을 각 구성요인의 점수로 사용하였다. 채점 방법과 예시 문항의 자세한 사항은 Kim과 Lim(2021)의 연구를 따랐다.

Table 2. The Contents and Measuring Constructs of the Items

문항	문항 내용	측정 요인
1	제시한 생물(북극곰, 선인장)에 대해서 아는 것 모두 적기	지식
관찰 검사지	생물(토끼이도마뱀붙이, 광대나물)을 자세히 관찰하여 그 특징을 최대한 많이 적기	탐구기능 중 관찰
		확산적 사고 수렴적 사고
3	생물(북극곰, 선인장)의 사진을 관찰하고 관찰한 특징이 생물이 살아가는 데 도움 되는 이유 설명하기	연관적 사고
4	비슷한 지역에 사는 두 생물(북극곰과 북극여우, 선인장과 알로에)의 사진을 보고 비슷한 특징 적기	연관적 사고
5	4에서 적은 특징이 그 지역(추운 지역, 건조한 지역)에 사는 데 도움 되는 이유를 설명하기	
6	생물(북극곰, 선인장)의 특징을 참고하여 새로우면서 유용한 아이디어를 내기	확산적 사고
7	6에서 자신이 낸 여러 아이디어 중 가장 창의적이라고 생각한 아이디어 1개를 선택하고 그 이유 설명하기	수렴적 사고
		독창성, 유용성

창의성 수준	창의 과정					창의 산물	
	지식	관찰	확산적 사고	수렴적 사고	연관적 사고	독창성	유용성
문항	문항 1	관찰 검사지	문항 3과 6	문항 3과 7	문항 4와 5	문항 6-7에서 학생이 최종 선택한 1개 아이디어	
4 수 준	과학적 원리와 관련 있거나 사실 간의 관계가 드러나는 정보를 구체적으로 진술	기준 4가지(2개 이상의 감각 유무, 크기 비교나 수량화 유무, 관찰 부위의 다양성, 관찰의 세밀성) 충족	문제 해결 상황에서 많은 아이디어를 제시하며 고정적이지 않은 해결책 제시	관찰한 것을 과학 지식과 통합하여 구체적이고 수준 높은 추론을 하며 논리성이 있음	별개로 보이는 것을 서로 연관하여 알려진 법칙을 새로운 지식에 적용함	아이디어의 출현 빈도가 그룹 내에서 5% 이하	매우 유용하고 아이디어가 구체화되어 있어 과학적 타당성이 충족됨
3 수 준	생물의 구체적인 특징을 정확하게 진술	기준 4가지 중 3가지만 충족	많은 아이디어를 제시하나 고정적인 해결책 제시	유효한 추론에 타당한 설명을 제시하지만 논리성에 약간의 모순이 있음	별개로 보이는 것을 서로 연관하였으나 과학적 설명이 충분하지 않음	아이디어의 출현 빈도가 그룹 내에서 10% 이하	유용한 편이고 과학적 타당성이 어느 정도 충족됨
2 수 준	사실적 정보를 2가지 이상 진술	기준 4가지 중 2가지만 충족	아이디어를 제시할 수 있으나 고정적인 해결책 제시	유효한 추론을 제시하나 설명이 빈약하며 논리성은 보통 수준임	쉽게 연관되는 것을 진술하였으며 과학적 설명이 부족함	아이디어의 출현 빈도가 그룹 내에서 20% 이하	유용한 편이나 과학적 타당성이 초등학생 수준에서 떨어짐
1 수 준	생물의 피상적 특징만을 진술하거나 사실적 정보를 1가지만 진술	기준 4가지 중 1가지만 충족	아이디어를 제시하지 못하거나 한정적으로 제시하고 해결책이 고정적임	과학적 수준이 낮은 추론을 타당하지 않은 설명과 함께 제시하며 논리성이 부족함	쉽게 연관되는 것 1가지만 진술 혹은 타당하지 않은 설명	아이디어의 출현 빈도가 그룹 내에서 21% 이상, 미응답, 문제와 관련 없는 응답	유용하지 않고 과학적 타당성이 떨어짐, 미응답, 문제와 관련 없는 응답

Figure 2. Scoring Criteria of the Scientific Creativity Test

Kim과 Lim(2021) 논문에서 검사 도구의 전체 문항 내적 신뢰도 (Cronbach's α)는 0.818이었다. 내용 타당도는 교수 2인과 초등 과학 교육 관련 석·박사 학위를 취득하였거나 과정 중에 있는 교사 7인의 검토를 받아 보완하였다. 구성 타당도는 확인적 요인 분석 모델의 집중타당성, 판별타당성, 법칙타당성, 적합도 측면에서 입증되었다. 이렇듯 신뢰도와 타당도를 두루 인정받고 본 연구의 목적에 정확히 일치하는 도구이므로 구조방정식을 사용하는 본 연구에 사용하기 적절하다고 판단하였다.

3. 자료 수집 및 분석 방법

가. 정량적 자료 수집 및 분석

‘과학 창의성 과정과 산물’ 검사 도구를 통해 수집한 학생 응답을 채점 기준에 따라 채점하여 1~4수준을 숫자 1~4로 수량화하였다. 이 자료는 창의 과정과 산물의 구조적 관계를 분석하는 데 사용하였다. 수집된 정량적 자료는 i-STATistics(2.0), AMOS(7.0) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 첫째, 측정 변인 간의 상관관계를 분석하기 위해 Pearson의 적률상관계수를 산출하였다. 둘째, 창의 과정과 산물의 관계 구조에 대한 이론적 모형이 적절한지, 각 창의 과정 요인이 창의 산물에 영향을 미치는 것에 있어 어느 정도의 설명력을 갖는지 알아보기 위해 구조모형 방정식(Structural Equation Modeling)을 적용하였다. 구조모형의 적합도를 검증하기 위해 절대적합지수로 Normed χ^2 (CMIN/DF), GFI 값을, 증분적합지수로 IFI, CFI 값을 활용하였다. 절대적합지수는 연구모델의 공분산행렬과 수집한 데이터의 공분산행렬이 얼마나 적합한지를 보여주며, 증분적합지수는 연구모델이 영모델(null model)보다 얼마나 잘 측정되었는지를 나타낸다. 또한, 구체적인 인과관계 수치를 위해 자료의 상관행렬에 기초한 최대우도법(ML: Maximum Likelihood estimation)을 통해 경로 분석을 하였다.

나. 정성적 자료 수집 및 분석

과학 창의성의 과정과 산물을 유형화하기 위해 정성적 자료를 활용하였다. 먼저 과학 창의성 산물의 경우, 검사 도구에서 학생이 최종적으로 나타난 창의 산물의 원자료와 창의 산물의 점수가 사용되었다. 과학 창의성 과정의 경우, 학생 면담 자료를 추가로 수집하였다.

면담 자료 수집 방법은 다음과 같다. 과학 창의성 산물 점수가 가장 높았던 학생이 면담 대상이었기 때문에 검사 실시 후 채점과 분석을 거쳐 총 4명을 선정하여 면담이 이루어졌다. 면담은 일대일로 1명당 1회씩 총 4회에 걸쳐 이루어졌으며 면담에 걸린 시간은 1회당 약 5분 정도였다. 검사와 면담의 시간차가 약 1개월 정도 있었기 때문에 학생의 기억이 정확하지 않을 수 있다는 한계가 있다. 면담에서 연구자는 사전에 동의를 구해 연구자와 학생의 면담 내용을 모두 녹음기로 기록하였다. 면담은 반구조화 형식으로 진행하였으며, 주요 질의 내용은 학생이 당시 어떤 과정을 거쳐 창의 산물을 냈는지였다. 질문에 잘 대답하지 못하면 아이디어를 낼 때 떠오른 지식은 무엇이었는지, 당시 어떤 생각을 하였는지 등 학생이 이해하기 쉬운 수준에서 구체적으로 질의하였다. 당시 학생이 쓴 응답 내용을 직접 보여주고 질의하였고, 초등학생의 특성을 고려하여 편안하고 허용적인 분위기에서 진행하였다.

분석 방법은 창의 산물의 경우, 점수에 따라 4개 범주로 나누고 추가로 원자료에서 나타난 특성으로 유형을 세부적으로 나누었다. 아이디어의 내용에 따라 유형을 분류할 때 연구자의 주관적 견해가 개입할 수 있으므로 과학 교육 전공 박사과정 초등 교사 1인의 협조를 얻어 교차 검토하며 유형을 분류하였다. 창의 과정의 경우, 면담 내용을 전사한 뒤 반복적으로 읽으며 학생 응답의 의미를 해석하였다.

IV. 연구 결과 및 논의

1. 창의 과정과 산물의 구조적 관계 분석

가. 창의 과정과 산물의 상관관계

창의 과정과 산물 변인의 상관관계수에서(Table 3) 과학 창의성 점수는 독창성과 유용성 조건을 동시에 충족해야 하는 창의성의 특성으로 인해 독창성과 유용성 점수의 곱으로 산출하였다(Lim, 2014; Simonton, 2012).

먼저 과학 지식은 관찰을 제외하고 창의적 사고기능 3가지, 독창성, 유용성과 모두 유의한 관련성을 나타냈다. 탐구기능 중 관찰은 과학 지식, 연관적 사고, 독창성을 제외하고 다른 모든 변인과 유의한 상관성을 나타냈다. 관찰은 독창성과 직접 연관되지 않았지만, 유용성과 유의한 상관관계($r=.35$)를 가졌으며, 창의 산물에 큰 영향을 미치는 창의적 사고기능 2가지와 관련성이 있었다. 두 영역 특수적 지식과 기능은 서로 관련성이 있지는 않았지만 각자 창의 산물 변인과 어느 정도 직·간접적인 관계를 맺었다. 이 결과에서 알 수 있듯 창의성에서 영역 특수적 지식과 기능이 가지는 역할은 중요하다(Plucker & Beghetto, 2004). 또한, 이미 많은 연구에서 지식 및 탐구기능과 과학 창의성의 관련성을 입증한 바 있다(Aktamis & ergin, 2008; Dikici et al., 2020; Ozdemir & Dikici, 2017; Rietzschel et al., 2007).

창의 산물 변인 간 상관관계를 보면, 독창성과 유용성은 $r=.41$ 의 강한 상관성을 보였다. 두 변인은 Kim 등(2020)의 초등과학영재 학생을 대상으로 한 창의성 연구에서도 매우 강한 상관관계를 나타냈다. 이를 통해 학생이 낸 아이디어가 독창성과 유용성의 조건에 동시에 부합하거나, 둘 다 부합하지 못하는 경향이 있다는 것을 알 수 있다.

창의 과정과 산물 변인 간 상관관계를 보면, 창의 산물 변인 중 유용성은 창의 과정의 모든 변인과 유의한 상관성을 나타냈다. 독창성은 우연의 영향을 받는 속성이 있어 유용성에 비해 일관적이지 않게 측정되는 변인이다(Kim & Lim, 2021). 그럼에도 불구하고 독창성은 창의 과정 변인 중 지식($r=.21$), 발산적 사고($r=.42$)와 유의한 상관성을 나타냈다. 이와 관련하여 Rietzschel 등(2007)은 연구에서 과학 지식이 영역 특수적 창의성을 발휘하는 과정에서 아이디어의 독창성에 영향을 주었음을 발견한 바 있다. 독창성과 확산적 사고 또한 의미에서부터 서로 연관성이 있는 변인(Runco, 1986)인데, 확산적 사고 측정 검사에서 주요 항목을 구성하는 것이 독창성이다(Acar et al., 2020).

마지막으로 독창성과 유용성의 곱으로 산출한 과학 창의성은 연관적 사고를 제외한 모든 항목과 유의한 상관성을 보였다. 이로부터 본 연구에서 설정한 변인이 과학 창의성과 긴밀한 관계를 맺고 있다고 해석할 수 있다. 연관적 사고는 상관 분석에서 직접적인 관련성을 파악할 수 없었으나 후술할 학생 면담에서 부분적으로 확인할 수 있었다.

나. 구조방정식 모형의 적합도 및 경로 분석

구조모형의 경로 분석 결과는 표준화계수와 함께 나타내었다. 잠재 변수에서 관측변수로 가는 모든 경로의 표준화된 요인부하량이 .5 이상의 값을 보이므로(Figure 3) 각 관측변수가 잠재변수를 잘 설명하고 있다고 할 수 있다. 잠재변수 간 상관계수는 .33, .47, .47로 그다지 높지 않아 각 잠재변수가 어느 정도 독립되는 것으로 확인되며, 서로 정(+)의 방향으로 연관되어 있으므로 구조모형 가정에 타당하다. 또한, 외생변수에서 내생변수로 가는 경로계수는 1.00보다 낮은 수치로 정상적인 표준화계수를 보인다.

창의 과정 변인 중 어떤 변인이 창의 산물 변인을 얼마나 설명하는 지 알아보기 위해 각 변인 간 경로계수의 구체적인 수치를 나타내었다(Table 4). Brown & Moore(2012)에 따르면 C.R.이 1.965 이상, p 값이 .05 미만이어야 통계적으로 유의하다고 할 수 있다. 세 개의 인과관계 중 창의적 사고기능→과학 창의성 경로만이 C.R. 값이 2.301, p 값이 .021로 통계적으로 유의한 값을 보였다. 창의적 사고기능 중 확산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고 순으로 표준화된 요인부하량이 높았다는 점이 특기할 점이다(Figure 3).

지식이 창의성 발휘에 뚜렷한 영향을 주지 않는다는 결과가 나왔는데, 이는 학자들 사이에서 격렬한 논쟁이 오가는 주제다. 지식이 창의성에 어느 정도 중요한 요인이라는 점은 누구나 동의하지만(Ericsson, 1996; Sawyer, 2012), 많으면 많을수록 창의성에 좋은 것인지는 학자들 사이에서 그 의견이 엇갈린다. Ambrose와 Sternberg(2011), Plucker와 Beghetto(2004)는 지식이 많으면 많을수록 창의성이 오히려 저해되는 사고의 ‘고착(fixation)’ 현상이 나타난다고 보았다. 이때 새롭고 독창적인 것을 탐색하기보다는 기존 지식에 편향하여 아이디어를 내기 때문에 창의성을 제대로 발휘하지 못한다(Kaufmann, 2001). 이와 같은 지식에 대한 긴장 관점(tension)에 따르면, 지식이 선입견처럼 작용하여 독창성을 발휘할 수 없게 하고, 사고 체계에서 통찰력이 덜 발휘된다.

Table 3. The Correlation between Creative Process and Product

	창의 과정				창의 산물		
	지식	탐구기능 중 관찰	확산적 사고	수렴적 사고	연관적 사고	독창성	유용성
탐구기능 중 관찰	.15						
창의 과정	확산적 사고	.27**	.32***				
	수렴적 사고	.39***	.44***	.66***			
	연관적 사고	.22*	.14	.51***	.44***		
창의 산물	독창성	.21*	.09	.42***	.14	.14	
	유용성	.26**	.35***	.38***	.25**	.23*	.41***
과학 창의성	.29**	.32**	.45***	.27**	.19	.77***	.85***

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

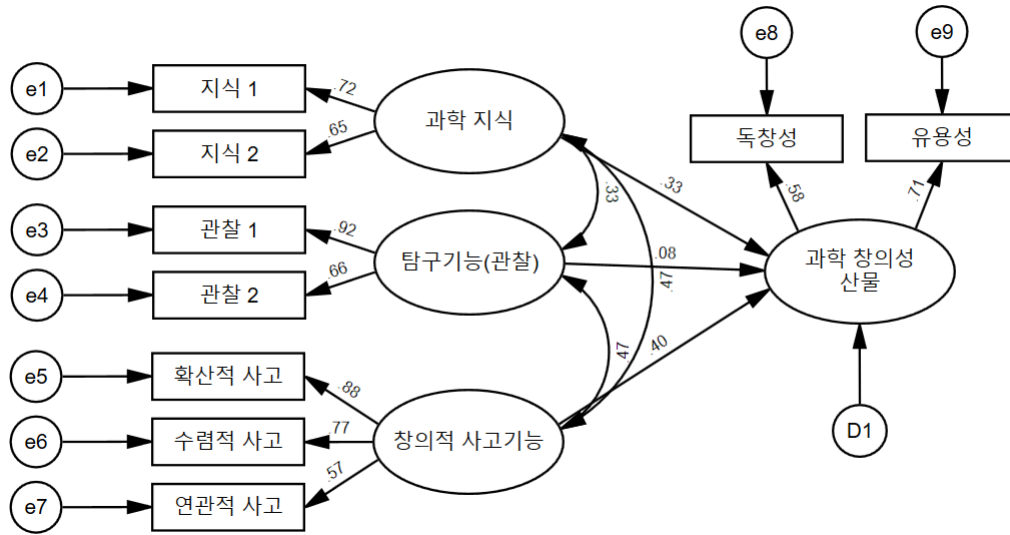


Figure 3. The Structural Model of Creative Process and Product

Table 4. Path Coefficients of the Final Structural Model

	표준화 계수	비표준화 계수	S.E.	C.R.	p
과학 지식→과학 창의성	.326	.361	.202	1.789	.740
탐구기능 중 관찰→과학 창의성	.077	.079	.148	.533	.594
창의적 사고기능→과학 창의성	.399	.323	.140	2.301	.021*

* p<.05

그러나 지식과 관계없이 너무 독창적인 아이디어는 적절성과 실현 가능성이 떨어진다(Ward, 2008). 독창성과 유용성이 균형을 이루어야 창의성으로 인정되는데, 지식이 이러한 균형에 중요한 역할을 한다. 영역 지식이 창의성에 매우 필수적인 역할을 한다고 보는 토대 관점(foundation view)은 지식의 깊이가 깊을 뿐만 아니라 지식을 전략적이고 유동적으로 사용하는 사람이 창의적인 아이디어를 내기 쉽다고 본다(Kaufman & Beghetto, 2013; Mumford et al., 2012). 특히 little-c 보다는 Big-C와 같은 전문가의 창의성에 영역 지식이 더 요구된다(Sawyer, 2012).

많은 연구에서 탐구기능과 과학 창의성이 밀접한 관계를 맺고 있음을 암시하였다(Aktamis & ergin, 2008; Dikici et al., 2020; Ozdemir & Dikici, 2017). 한 분야의 창의성은 영역 특수적 지식과 기능을 필요로 하므로(Han, 2003; Kaufman & Baer, 2008) 과학 창의성도 역시 탐구기능의 습득을 요구한다. 이와 관련하여 Meador(2003)는 관찰, 분류 등의 단순 탐구기능에서부터 추론 및 가설 설정의 수준 높은 탐구기능에 이르기까지 모든 탐구기능을 창의성의 구성 요소로 보았다. 하지만 본 연구 결과가 보여주듯 단순 탐구기능인 관찰은 과학 창의성과 직접적인 연관성이 없었다.

탐구기능 숙달이 과학 창의성과 학업 성취에 유의한 영향을 미쳤다는 연구 결과가 있었는데, 그 연구에서는 문제발견, 가설 설정, 변인 설정, 실험 설계, 자료 수집, 결론 제시 등의 통합 탐구기능을 가르쳤다(Aktamis & ergin, 2008). 이는 고차적 사고기능을 요구하는 탐구기능은 과학 창의성과 더 깊은 연관성이 있을 수 있음을 암시한다. 본 연구에서는 단순 탐구기능인 관찰 기능만을 측정했으므로 추후 단순 및 통합 탐구기능과 과학 창의성의 관련성 비교 연구가 필요하다.

창의적 사고기능은 창의 과정 중 유일하게 과학 창의성과 유의한

인과관계가 있었다. 창의성을 발휘하는 사고 과정은 확산과 수렴의 자연스러운 과정이고(Runco, 2004) 창의적 사고의 결과는 창의적 산물이기 때문에(Simonton, 2011) 당연한 결과일 수 있다. 과학 창의성은 확산과 수렴의 두 가지 뚜렷한 사고 과정에 따라 이루어지는 것임을 학생을 대상으로 하여 확인한 연구(de Vries & Lubart, 2019)가 이를 실질적으로 뒷받침한다. 결론적으로 이 연구에서 과학 지식과 탐구기능 중 관찰은 과학 창의성과 연관성은 있었지만 뚜렷한 인과관계가 없었다. Seo(2004)에 따르면 단순히 과학 지식과 기능을 습득하는 것은 창의성 향상에 도움을 주지 못한다. 교과서에서 정해진 대로 실험을 따라가며 과학적 개념과 원리를 익히는 것은 스스로 생각하도록 자극하지 않기 때문이다.

이 연구에서는 과학에서 창의적 사고기능을 확산적, 수렴적, 연관적 사고 3가지로 보았는데, 과학에서 창의적 사고를 ‘가설 생성’, ‘가설 평가’, ‘증거 증명’과 같은 과학적 사고와 비슷한 개념으로 보는 학자도 있다(Bermejo et al., 2016). Lin 등(2003)은 문제 해결, 가설 생성, 실험 설계, 기술적 혁신 등과 같이 과학에 적절한 유형의 창의성을 과학 창의성으로 보고 있다. 이러한 관점은 과학적 사고와 과학 창의성을 분리하여 보지 않고 두 요소를 ‘과학 창의적 사고’로 통합하여 보는 관점이다. 창의적 사고기능이 영역 일반성에 가깝다면 과학적 사고는 영역 특수성에 가깝다. 향후 창의적 사고기능과 과학적 사고를 분리하여 볼 것인지 통합하여 볼 것인지에 대한 논의를 통해 과학 창의성에서 창의적 사고기능과 과학적 사고의 역할을 규명하는 것이 필요할 것이다.

구조모형의 적합도는 다음과 같다(Table 5). Normed χ^2 (CMIN/DF)은 χ^2 를 df로 나눈 값으로 2 이하일 때, GFI, IFI, CFI는 .9 이상일 때 양호하다(Hong, 2000; Doğan & Özdamar, 2017; MacCallum et

al., 2001; Sun, 2005). 이 지수가 모두 양호한 수치를 나타내므로 본 연구에서 설정한 구조모형의 적합도가 만족할 만한 수준이라고 해석할 수 있다. 그리하여 이 모형을 토대로 정성적 자료에서 드러난 과학 창의성의 다양한 양상을 분석할 수 있었다.

Table 5. Model Fit of the Structural Equation Model

구분	χ^2	df	CMIN/DF	GFI	IFI	CFI
측정모형	40.287	21	1.918	.927	.928	.923
적합 기준			2 이하	.9 이상	.9 이상	.9 이상

2. 초등학생의 과학 창의성 유형 분석

가. 과학 창의성 산물에 따른 유형화

본 연구에서 정의한 과학 창의성 산물의 두 핵심 요소인 독창성과 유용성 수준에 따라 학생의 빈도 분포를 나타냈다(Table 6). 독창성과 유용성 3~4수준은 상위 수준, 1~2수준은 하위 수준으로 보고 총 4개 유형으로 나누었다. 본 연구에서는 4가지 유형을 각각 비창의형(non-creative type), 유용형(useful type), 독창형(original type), 창의형(creative type)으로 명명하였다. Lim(2014)은 이와 같은 과학 창의성 4분면(quadrant of scientific creativity)에 '진부형', '유용형', '독창형', '창의형'의 4가지 유형으로 범주화하여 나타냈는데, 본 연구에서 '진부형' 대신 '비창의형'의 용어를 쓴 것은 그 범주에 속하는 학생들이 진부하고 평범한 아이디어만 냈다고 보기 어려울 정도로 다양하고 복잡한 양상을 띠었기 때문이다. 그리하여 단순히 독창성과 유용성의 조건을 모두 만족시키지 못했다는 의미에서 독창성과 유용성의 조건을 동시에 만족하는 창의(creative)의 반대인 비(非)창의(non-creative)라는 용어를 사용하였다.

Table 6. Four Different Types based on Scientific Creativity Level

		독창성	
		하 (1~2수준)	상 (3~4수준)
유용성	상 (3~4수준)	유용형 (Useful Type) 13 (12.4)	창의형 (Creative Type) 16 (15.2)
	하 (1~2수준)	비창의형 (Non-creative Type) 60 (57.1)	독창형 (Original Type) 16 (15.2)

독창성과 유용성 둘 다 상인 '창의형'은 16명, 전체 인원 중 15.2%였다. 독창성과 유용성 둘 다 하인 '비창의형'은 60명, 전체 인원 중 57.1%로, 가장 큰 비율을 차지하였다. 독창성만 상이고 유용성은 하인 '독창형'은 16명(15.2%), 반대로 독창성은 하이고 유용성은 상인 '유용형'은 13명(12.4%)이었다. 비창의형을 제외한 유형은 각각 비슷한 비율을 나타내었다. Lim(2014)의 연구에서는 유용형이 전체 인원의 55%로, 가장 높은 비율을 차지했다. 이와 같은 차이는 평가 및 채점 방식에서 기인한 것으로 보인다. Lim의 연구에서 유용형이 많은 이유는 진부하고 평범한 아이디어를 독창적이지 않지만 유용한 것

로 채점했기 때문이다. 본 연구에서는 아이디어가 충분히 구체적이지 않으면 유용성이 낮은 것으로 채점하였기 때문에 진부하면서 단순한 아이디어는 '비창의형'에 속하게 되었다.

창의형의 학생은 북극곰이나 북극여우의 특징을 활용하여 새로우면서 유용한 것을 만드는 문제에서 '큰 발로 무게 중심을 버티는 북극곰의 발 모양을 활용하여 추운 지역에 사는 사람들이 쓸 수 있는 신발', '북극곰의 수영 행동 패턴을 분석해 수영할 때 도와주는 기계' 등의 대답을 하였다. 선인장이나 알로에의 특징을 활용하는 문제에서 '휴대용 고체 물. 물은 쏟을 수 있어 불편하다. 하지만 물을 감싸는 먹을 수 있는 플라스틱이나 비닐이 있으면 그냥 물 덩어리를 먹을 수 있다', '물을 보관해 시원하게 사용할 수 있는 물수건이 있으면 더울 때 시원하게 있을 수 있을 것 같다' 등의 대답을 하였다.

유용형의 학생은 북극곰이나 북극여우의 특징을 활용한 문제에서 '눈이 오는 지역에 눈과 비슷한 색의 옷을 입으면 자신을 숨길 수 있다', '발톱이 빠죽한 것을 이용해서 눈 위를 걸을 때 발이 빠지지 않도록 장화에 빠죽한 부분을 붙여서 발이 빠지지 않게 한다' 등의 대답을 하였다. 선인장이나 알로에의 특징을 활용하는 문제에서는 '양식장 같은 곳에 짐승이 못 나타나게 하려고 울타리에 가시를 박아 둔다', '등반가가 등반할 때 가시가 박힌 헬멧을 쓰면 돌 같은 게 떨어질 때 가시가 1차 방어를 해 주어서 큰 충격을 가할 수 없다' 등의 대답을 하였다.

독창형의 학생은 북극곰이나 북극여우의 특징을 활용하는 문제에서 '네 개의 긴 다리를 이용하여 조그마한 장난감을 만들어서 빨리 떨어 수 있게 만든 다음, 바닥에 놓으면 바로 출발하여 장난감을 잡으러 가면서 뛰는 운동을 하는 것이 좋을 것 같다', '먹이를 잘 낚아채는 발톱의 특징을 이용해서 발톱처럼 생긴 바퀴벌레 잡는 물건' 등의 대답을 하였다. 선인장이나 알로에의 특징을 활용하는 문제에서는 '건조한 곳에서도 잘 자랄 수 있는 약을 개발한다', '식물 속에 물을 저장해 위급 상황일 때 잘라서 바로 먹을 수 있게 한다' 등의 대답을 하였다.

가장 높은 비율을 차지한 비창의형은 응답 유형에 따라 다시 '진부형', '반복형', '미응답형', '비타당형', '추상형'으로 세부화하여 나눌 수 있다(Table 7). 비창의형 응답은 동물과 식물 문항을 합친 총 210개의 응답 중 115개가 나왔다. 비창의형에 속한 학생들은 동물과 식물 문항에서 각각 '진부형'과 '추상형'의 응답을 하거나 '진부형'과 '유용형'의 응답을 하는 등 문항에 따라 다양한 유형의 응답을 하였기 때문에 학생 수준과 관계없이 독창성 및 유용성이 비창의형 수준인 응답에 대해서만 그 수를 조사하였다.

진부형(common type)은 많은 학생이 답할 수 있는 흔하고 평범한 응답으로 '푹신한 털옷', '발톱 모양 칼', '가시 옷', '수분 로션' 등과 같이 대체로 구체적이지 않고 추상적인 특징을 띠고 있다. 독창성 하, 유용성 상의 유용형도 남들이 많이 내는 아이디어 유형이지만 구체화가 잘 되어 있어 진부형과 차이점이 있다. 비창의형 응답 중 가장 높은 비율을 차지하였는데, 그 이유는 명칭에서도 알 수 있듯이 가장 흔한 아이디어이기 때문이다. 이러한 유형의 학생들은 다른 학생들이 쉽게 떠올릴 수 있는 아이디어를 채택하였으며 그 아이디어를 정교화하거나 구체화하는 노력을 기울이지 않았다.

반복형(repetitive type)은 생물의 특징을 활용하여 새롭거나 유용한 것을 만드는 문제의 의도에서 벗어나 생물 자체를 그대로 사용한

Table 7. Classification of Responses among Non-creative Type

유형	응답 특징	응답 수		
		동물 문항	식물 문항	전체 (%)
진부형	흔하고 평범함	36	16	52 (45.2)
반복형	생물 자체를 그대로 사용	6	26	32 (27.8)
미응답형	‘모름’이라고 응답 혹은 빈칸	9	8	17 (14.8)
비타당형	논리성 결여, 문제와 관련성 떨어짐	7	3	10 (8.7)
추상형	모호하고 추상적임	2	2	4 (3.5)
	합계	60	55	115 (100)

응답이다. ‘곰 고기’, ‘북극곰이나 북극여우를 통해 북극투어를 홍보하기’, ‘알로에로 주스 만들기’, ‘선인장을 건조한 곳에 심기’ 등이 있다. 비창의형 응답에서 진부형 다음으로 높은 비율을 차지하였다. 이 유형의 응답에는 생물의 특징으로부터 무언가를 유추하는 사고가 전혀 개입되어 있지 않다. 창의성 문제를 이해하지 못했거나 이해했다고 해도 한 차원 더 깊게 사고하려는 노력을 전혀 기울이지 않아 이러한 응답을 냈다고 볼 수 있다.

미응답형(non-response type)은 ‘모름’ 혹은 빈칸으로 답한 것이다. 이러한 유형은 개방형 문제에 대한 두려움 혹은 자신감 부족과 같은 심리적 요인이 관여하는 것으로 추측된다. 추후 이러한 응답을 낸 학생에 대한 면담 조사가 필요하다.

비타당형(irrelevant type)은 논리성이 결여되고 문제에서 요구한 것과 맞지 않는 응답이다. ‘북극여우나 북극곰이 북극에 사니까 사냥꾼들이 오기 어렵다.’, ‘지구온난화로 힘든 북극 동물들에게 도움이 될 수 있다.’, ‘몸 안에 넣을 수 있는 산소’, ‘가시 달린 다른 식물 만들기’ 등과 같이 응답 내용 자체가 타당하지 않거나 과도하게 독창적인 특징이 있다. 독창성 상, 유용성 하의 독창형도 독창적이면서 과학적 타당성이 떨어지는데, 비타당형은 독창적이라고 보기엔 과학 창의성 문제가 요구한 것과 거리가 멀다는 차이점이 있다.

추상형(abstract type)은 아이디어가 모호하고 추상적인 것으로, ‘서커스’, ‘사진, 동영상’, ‘경찰 막대기’ 등과 같이 제대로 설명하지 않아 의미가 불분명하고 그 의미를 이해하기 어려운 응답을 가리킨다. 비창의형 응답 중 가장 낮은 비율을 차지하였다.

‘비타당형’과 ‘추상형’은 타 학생과 전혀 다른 독특한 응답을 제시하였기 때문에 피상적으로 보면 꽤 높은 독창성 점수를 받을 수도 있는 응답이다. 그러나 이 유형의 응답은 창의성 문제와 연결 지점이 거의 없는 응답이므로 독창성 점수를 높게 준다면 불공평한 채점이다. 이처럼 의도적으로 창의적인 것을 만드는 것과 구별되는 비창의적 활동을 사이버 창의성(pseudo-creativity)이라고 한다(Cattell & Butcher, 1968). 이것은 단순히 억제력이 부족하거나 운이 좋아서 일어나는 것으로 정의된다. 특히 ‘비타당형’의 응답은 현실과 거의 관련이 없으며 높은 수준의 공상에 해당하는 준창의성(quasi-creativity)과 겹치는 부분이 있다(Cropley, 2006).

매우 낮은 성취도의 학생이 창의성에 관한 모든 점수가 또래 학생보다 유의하게 낮게 나온 연구 결과(Bermejo et al., 2016)에서 알 수 있듯, 이미 인지적 수행 능력이 떨어지는 학생은 사고기능에서도 하위 수준이라 낮은 과학 창의성 점수를 받을 것이다. 그런데 ‘미응답형’, ‘비타당형’, ‘추상형’이 정말로 낮은 수준의 인지적 수행 능력과 관련 있다고 볼 수 있는지 추후 연구를 통해 알아볼 필요가 있다.

과학 지식, 관찰, 창의적 사고기능에서 좋은 점수를 받았음에도 막상 창의 산물은 최하위 점수인 학생이 존재할 수 있기 때문이다. 또한, 본 연구에서 면담한 학생은 모두 ‘창의형’에 속하는 학생이었는데, 각 유형의 학생들이 어떤 차이점이 있는지 면담을 수행하여 알아본다면 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

나. 과학 창의성 과정에 따른 유형화

과학 창의성 산물에서 가장 높은 점수를 받은 학생들과의 면담에서 창의 과정 하위요소와 관련된 내용을 항목별로 나타내었다. 면담 내용에서 R은 연구자, S1, S2, S3, S4는 학생을 의미한다. 과학 창의성 산물 점수가 가장 높았던 순서대로 S1부터 번호를 매겼다.

1) 지식의 이용

S2 학생을 제외하고 S1, S3, S4 학생은 지식을 이용하였는데, 책, 학교 수업 및 교과서, 다큐멘터리에서 아이디어에 활용한 과학 지식을 얻었다고 말했다. S1과 S4 학생은 과학 지식과 관련 없는 판타지 소설, 게임 등에서도 영감을 받았다고 밝혔다.

S1 학생은 북극곰의 가죽색이 원래 검정이며 햇빛을 흡수할 수 있다는 과학 지식을 알고 있었고, 그 내용은 사촌 동생이 보는 포식자들에 관한 책에서 읽었다고 하였다. 그리하여 ‘검은색처럼 햇빛을 흡수하면서도 배경의 색깔에 맞는 페인트’ 아이디어로 과학 창의성 산물에서 좋은 점수를 받았다. 또한, 과학 지식이 아닌 책에서 본 아이디어도 사용하였는데, 판타지 소설 ‘퍼시 잭슨’, ‘매그너스 체이스’에서 본 내용이 창의적 아이디어를 내는 데 도움 되었다고 했다.

R: 가죽이 검정이라는 건 알고 있었구나 햇빛을 흡수하고
 S1: 네
 R: 그건 어디서 알았어요?
 S1: 어... 제 사촌아 되게 책을 좋아해요. 그래서 포식자들에 대한 책이 되게 많은데 되게 많이 읽었거든요. 이것저것
 <중략>
 S1: 어... 그때... 퍼시잭슨이랑 매그너스 체이스를 많이 읽었거든요. 그 둘에 괴물들이 많이 나와요. 근데 북극곰이랑 되게 비슷하게 사자 사자인 애가 있었는데 그냥 그걸 보고 아닌가? 그냥 적었는데요. 그냥 적었는데...

S3 학생은 동생이 공부하는 과학책에서 본 북극곰 관련 내용을 활용하였다고 말하였다.

R: 예전에 읽었던 것들이 뭐- 책?
 S3: 책이나 엄마나 동생이 막 공부하는 것 중에서도 관심을 가질 때가 있거든요- 동생이 막 과학 같은 거- 동생이 과학을 썩 좋아하진 않지만- 동생이 과학을 공부할 때 어려워하거나 이럴 때 보면은 관심을 가질 때가 있어요.

S4 학생은 과학 관련 다큐멘터리에서 아이디어를 얻었으며, 학교 과학 수업과 책에서 본 선인장 관련 과학 지식을 활용하였다. 또한, 과학과 관련 없는 어떤 게임에서 아이디어를 얻었다고도 하였다.

S4: 아까 전에 한 안쪽이 수분이 많다. 이런 식으로... 그거를 생각해서... 적은 거 같어요...

<중략>

R: 그럼 그 지식을 어디서 얻었죠?

S4: 그게 그냥... 책이나 수업에서?

<중략>

S4: 또 이게... 그... 저 다큐멘터리 같은 거를... 동물 다큐멘터리 좀 봤는데... 그걸 보면서... 너무 위험할 거 같아서...

<중략>

S4: 이거는... 위험한 동물을 찍는 포토그래퍼는... 그... 게임에서 길리 슈트라는 게 있는데... 그런 거를... 그냥 갑자기 생각이 나서...

2) 탐구기능 중 관찰의 이용

S2, S3 학생은 문제 해결 과정에서 지식보다 관찰을 사용했음을 밝혔는데, S2 학생의 경우 지식이 도움 되지 않는다고 생각하여 의도적으로 관찰 기능을 주로 사용했다고 하였다. S3 학생은 동물 문항은 지식을 주로 사용했지만, 식물 문항은 식물에 대한 지식이 별로 없다고 생각하여 관찰 기능을 주로 사용했다고 하였다.

S2 학생은 평소에 독서를 많이 하여 지식이 있는 편임에도 불구하고, 지식이 오히려 창의성 문제를 해결하는 데 별로 도움 되지 않는다고 생각하여 당시 첨부된 생물의 사진을 집중적으로 관찰하였다고 응답하였다.

R: 오- 그러면은 특징을 적으라고 했던 부분은 어떤 걸 참고해 본 거예요? 지식 아니면 관찰한 거 아니면은...

S2: 관찰한 게 더...

R: 아 왜 관찰을 더 봤어요?

S2: 음 지식 같은 거는... 음... 물건을 만들거나 이런 거 새로운 거 만들기에는 별로... 사용이 안 될 거 같아가지고...

R: 아 이미 있는 지식이라서?

S2: 네

<중략>

R: 오- 오케이 관찰을 더 열심히 했구나 그 당시에... 책을 많이 읽는다고 했잖아요. 혹시 책에서 본 거 딱 거 떠오른 건 없었어요? 이때... 창의적인 아이디어 할 때? 머릿속에 있는 지식들이 또 활용되지 않았나요?

S2: 그건 아닌 거 같어요...

S3 학생은 본인이 선인장이나 알로에에 대해 알고 있는 지식이 별로 없다고 생각하여 첨부된 생물 사진을 자세히 관찰하였다고 응답하였다.

R: 그럼 혹시 알고 있는 지식을 많이 사용했니? 본인이 알고 있는 지식.

S3: 네. 선인장이나 알로에는 그렇게 막... 그것에 대해 알고 있는 게 없어서... 그림에 있었던 정보 최대한 많이 수집하려고 했었어요.

R: 아 지식이 별로 없다는 생각에- 그때 선생님이 나눠준 사진 보고서 더 유심히 관찰했구나

S3: 네

3) 창의적 사고기능의 이용

면담에 참여한 학생들은 모두 창의적 문제를 해결하는 과정에서 창의적 사고기능을 이용한 양상을 나타내었다. S1 학생은 확산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고를 모두 나타냈다. S2, S3 학생은 확산적 사고, 수렴적 사고를, S4 학생은 확산적 사고만을 나타냈다.

확산적 사고

S1, S4 학생은 뻔하거나 다른 사람들이 낼 것 같은 아이디어는 이미 있는 아이디어라고 하여 피하려는 비관습적 사고를 보여주었는데 이는 확산적 사고의 한 유형이다(Park, 2004).

S1: 사실 거의 다 별로였어요. 독특하지 않았어요. 이것도- 되게 독특하지 않았고- 그나마 신기한 건 이거였고- 이것도 페인트가 괜찮았는데. 그 외 아이디어는 거의 다 있는 거 같아요. 스노우 슈즈... 막 패딩... 그런 거...

S4: 아- 애들이 뭔가 좀... 일반적으로 생각을 하는 거... 제가 좀... 이상하게 생각을 하는지 잘 모르겠는데... 어... 평소에 그런 관련된 거를 많이 봐서... 그렇게 하면- 이렇게 하면 좋겠다? 이런 생각을 좀 해서 그랬던 거 같아요.

S2와 S3 역시 확산적 사고를 보여주었는데, 생물이 가진 모든 특징에 따라 만들 수 있는 것들을 하나씩 떠올려보았다고 하였다. 이는 Park(2004)에 따르면 유창성 및 융통성과 관련된다.

S2: 그 앞에 특징 적는 게 있었잖아요. 그래서 거기 특징 같은 걸 하나하나 만들 수 있는 그걸 그냥... 계속 생각해보면... 장점도 있고... 나오는 거 같아요...

S3: 어... 그냥 최대한 그것의 특징을 나열해보고 그것의 특징을 이용해서 뭘 할 수 있는지 생각해 본 거요...

수렴적 사고

S1 학생은 실현 가능성, 실용성, 타당성 등의 측면에서 자신의 아이디어를 비판적으로 평가하는 수렴적 사고를 나타내었다.

S1: 어- 이건... 가시가... 뽀족해야 되잖아요. 그러면서도 너무 무거우면 안 되잖아요. 그리고 플라스틱 같은 것도 안 되고... 이거는 그러니까... 이거는... 실용성이 잘... 좀 떨어진다는 거고요... 이건... 거의 불가능할 거 같아요.

<중략>

S1: 네. 비닐을 이렇게 툇 터뜨려서 먹는 건 할 수 있는데. 왜냐면 제가 예전에 다른 책에서 이렇게 먹을 수 있는 포장자- 이런 걸 봤거든요... 그런 거 있으면 통째로 먹을 수 있긴 있는데... 이건 너무- 이건 검은색은- 햇빛을 흡수하는 게... 그냥 성질이잖아요. 검은색

이러서 그런 거잖아요. 근데 하얀색이 검은색의 성질을 띠는 것은 잘... 말이 안 돼서. 이걸 실용성이 없고. 이거는... 가능성이 없고. 이거는 이렇고... 그런 게 있어요.

S2는 여러 아이디어 중 1개를 선택하는 과정에서 문제에 제시된 조건을 기준으로 설정하고 그에 따라 선택하는 수렴적 사고를 나타냈다.

R: 그 선택한 근거는? 이게 아니라 요걸 선택한 이유는?

S2: 좀 더 새로운 것이라... 더 필요성이 많은 거...

<중략>

R: 여기 나와 있는 것- 참고한 거죠?

S2: 그런 거 같아요...

S3는 수렴의 과정에서 뻘한 것을 피하고 생물의 특징을 잘 살릴 수 있는 아이디어를 선택하였다.

R: 특징을 나열해보고- 그럼 머릿속에서 되게 많은 아이디어가 떠올랐을 거 아니에요. 근데 왜 저거를 골랐... 저거를 냈을까?

S3: 어... 기억이 잘 안 나는데... 이렇게 적히는 경우가... 옷이나 그런 건 너무 뻘하니까 그래도 선인장의 그... 도구적인 특징이... 물을 잘 저장하는 거니까 그 특징을 최대한 살려서 하려고 했던 거 같아요.

연관적 사고

S1은 알로에를 보고 동등 떠다니는 물 같다고 생각하여 유사한 것을 유추하여 떠올리는 연관적 사고를 나타내었다.

S1: 왜냐면... 아, 이거... 이거 두 개... 되게... 이거는 제가 캐릭터 만들 때 쓴 거고 이거는 그냥... 알로에 보고... 오 약간 동등 떠다니는 물 같다. 우주에서 약간 이렇게 하면... 동등 떠다니잖아요.

창의 과정 유형화

학생 면담을 통해 알아낸 과학 창의성 과정의 유형을 정리하여 나타냈다(Table 8).

지식과 관찰 중 어느 것을 주로 사용했는지에 따라 유형을 나누었다. 지식을 주로 사용하는 유형은 지식 지향형(Knowledge-oriented Type)이며, 이때의 지식은 과학 지식뿐만 아니라 게임, 소설 등 어딘가에서 본 것들을 모두 포함한다. 관찰을 주로 사용하는 유형은 관찰 지향형(Observation-oriented Type)으로, 그 분야의 지식이 미비하거나 지식이 도움 되지 않는다고 생각할 때 나타나는 유형이다. 누구나 분야별로 지식의 편차가 있기 때문에 적은 지식으로 인해 어쩔 수 없이 관찰을 이용하는 경우, 분야에 따라 한 학생에게서 지식 지향형 혹은 관찰 지향형이 나타날 수 있다. S3는 동물 문항에서는 지식 지향형, 식물 문항에서는 관찰 지향형으로 분류되었다(Table 8). 물론, ‘지

식 지향형’이라고 해서 관찰을 전혀 사용하지 않는다고거나 ‘관찰 지향형’이라고 해서 지식을 전혀 사용하지 않는 것은 아닐 것이다. ‘지식 지향형’인 S1 학생은 알로에 단면이 나온 사진을 관찰하고 동등 떠다니는 물을 떠올렸기 때문이다. ‘관찰 지향형’인 S2 학생은 곰의 발이 넓적한 것을 관찰하여 무게를 버티는 신발 아이디어를 냈는데, 이 학생에게 면적과 압력에 관한 기본적인 과학적 개념이 내재되어 있음을 유추할 수 있다.

이 연구에서는 다양한 탐구기능 중 관찰만 확인하였으므로 관찰 지향형으로 명명했지만, 관찰 외의 다른 탐구기능은 지식 및 창의 산물과의 관련성이 이와 달라질 가능성이 있다. 그러므로 추후 연구에서 창의 과정으로 다른 탐구기능을 포함하고 지식 및 창의 산물과의 관련성을 살펴보아야 할 것이다.

창의적 사고기능은 면담했던 4명의 학생 모두에게서 확인할 수 있었는데, 그들은 공통적으로 확산적 사고를 사용하였다. 그중 3명은 확산적 사고에 더해 수렴적 사고도 사용하였다. 4명 중 과학 창의성이 가장 높았던 1명만이 확산적, 수렴적, 연관적 사고를 모두 사용하는 양상을 보였다. 따라서 학생들이 주로 사용한 창의적 사고기능에 따라 DT형(DT Type), DT-CT형(DT-CT Type), DT-CT-AT형(DT-CT-AT Type)으로 유형화하였다. 여기서 DT, CT, AT는 각각 확산적 사고(Divergent Thinking), 수렴적 사고(Convergent Thinking), 연관적 사고(Associational Thinking)의 줄임말이다.

하지만 DT형이라고 해서 오직 확산적 사고만 사용하여 창의 산물을 냈다는 의미는 아니다. 인지 과정은 잠재의식과 의식에서 동시에 일어나므로(Dienes & Perner, 1999; Haider et al., 2011) 학생이 면담에서 미처 밝히지 못한 잠재의식 속의 사고 과정은 드러나지 않았을 뿐 무의식 속에 존재할 수 있다. 예를 들어 DT형인 S4 학생은 의식 속에 떠오른 많은 아이디어 중 흔하지 않은 것을 고르는 과정에서 수렴적 사고를 무의식적으로 사용했을 것이다. Haider와 Frensch(2009)에 따르면 의식적으로 접근할 수 없는 무의식 속의 정보는 감춰져 있어서 높은 차원의 표상을 형성할 수 없다. 그러므로 면담에서 학생의 수렴적 사고 과정이 명확히 나타나지 않은 것은 의식 속에 표상될 정도로 수렴적 사고가 창의 과정에 분명하게 개입한 것은 아닐 것이라는 추론에서 확산적 사고가 주로 사용되었다고 보았다. 따라서 창의적 사고 기능의 유형화는 학생이 주로 사용한 사고기능을 중심으로 하였다.

이 연구의 면담 대상 학생들은 모두 ‘창의형’에 속하는 학생들이다. 연구에서 밝혀지지 않았지만 다른 유형의 학생들은 이보다 다양한 조합의 사고기능을 보일 수 있다. 예를 들어 ‘유용형’은 수렴적 사고가 우세하여 CT형, CT-AT형이 나타날 수 있다. 그밖에 AT형, DT-AT형이 존재할 수 있는데, 더 많은 학생을 면담한다면 이 유형들을 확인할 수 있을지도 모른다.

Table 8. Different Types of Scientific Creativity Process

	유형	유형 특징	해당 학생
지식, 관찰에 따른 유형화	지식 지향형	창의 산물을 내는 데 지식을 주로 사용	S1, S3(동물), S4
	관찰 지향형	창의 산물을 내는 데 관찰을 주로 사용	S2, S3(식물)
창의적 사고기능에 따른 유형화	DT형	창의적 사고기능 중 확산적 사고를 주로 사용	S4
	DT-CT형	확산적 사고와 수렴적 사고를 함께 사용	S2, S3
	DT-CT-AT형	확산적, 수렴적, 연관적 사고를 모두 사용	S1

3. 과학 창의성 과정과 산물의 구조적 관계에 따른 최종 유형

연구에서 밝혀진 과학 창의성 과정과 산물의 구조적 관계에 따른 최종 유형을 그림으로 나타내면 다음과 같다(Figure 4). 먼저 창의 과정은 지식과 관찰 중 어느 것을 주로 사용했는지에 따라 지식 지향형(Knowledge-oriented Type)과 관찰 지향형(Observation-oriented Type)으로 나뉜다. 또한, 창의성을 발휘하는 과정에서 어떤 창의적 사고기능을 주로 사용했는지에 따라 DT형, DT-CT형, DT-CT-AT형으로 나뉜다. 창의 산물의 유형은 크게 4가지로, 독창성과 유용성이 둘 다 낮은 비창의형(non-creative type), 유용성만 높은 유용형(useful type), 독창성만 높은 독창형(original type), 독창성과 유용성 둘 다 높은 창의형(creative type)이다. 비창의형은 다시 응답의 내용에 따라 진부형(common type), 반복형(repetitive type), 비타당형(irrelevant type), 추상형(abstract type), 미응답형(non-response type)으로 나뉜다. 이 유형화에 따르면 면담한 학생 S1은 '지식 지향형', 'DT-CT-AT형', '창의형'에 속한다고 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 다음과 같은 제한점이 있다.

첫째, 인지·정의·환경의 다양한 측면 중 창의성의 인지적 측면만 반영하였다. 학생의 창의성에 영향을 미치는 다양한 요인들을 모두 고려할 수 없다는 제한점이 있으므로, 다양한 요인 간 관계를 탐색하기 위한 후속 연구가 필요하다.

둘째, 이 연구가 사용한 검사 도구는 과학의 여러 영역 중 생명 영역을 기반으로 하고 있다. 연구에서는 편의상 '과학 창의성'이라는 용어를 사용하였지만 이 연구의 결과를 과학 전체에 대한 창의성으로 일반화하기는 어렵다. 다만, 나이가 어리고 아직 과학 영역에서 기초 단계의 학생을 대상으로 하였기 때문에 과제 특수성이 극명하게 나타나지 않을 것이라고 보고 있다(Baer, 2014; Sawyer, 2012).

셋째, 연구 대상인 초등학생의 수준과 특성을 고려하여 탐구기능 중 관찰 기능만을 측정하였는데, 다양한 탐구기능을 포괄하고 있지 않다는 한계가 있다.

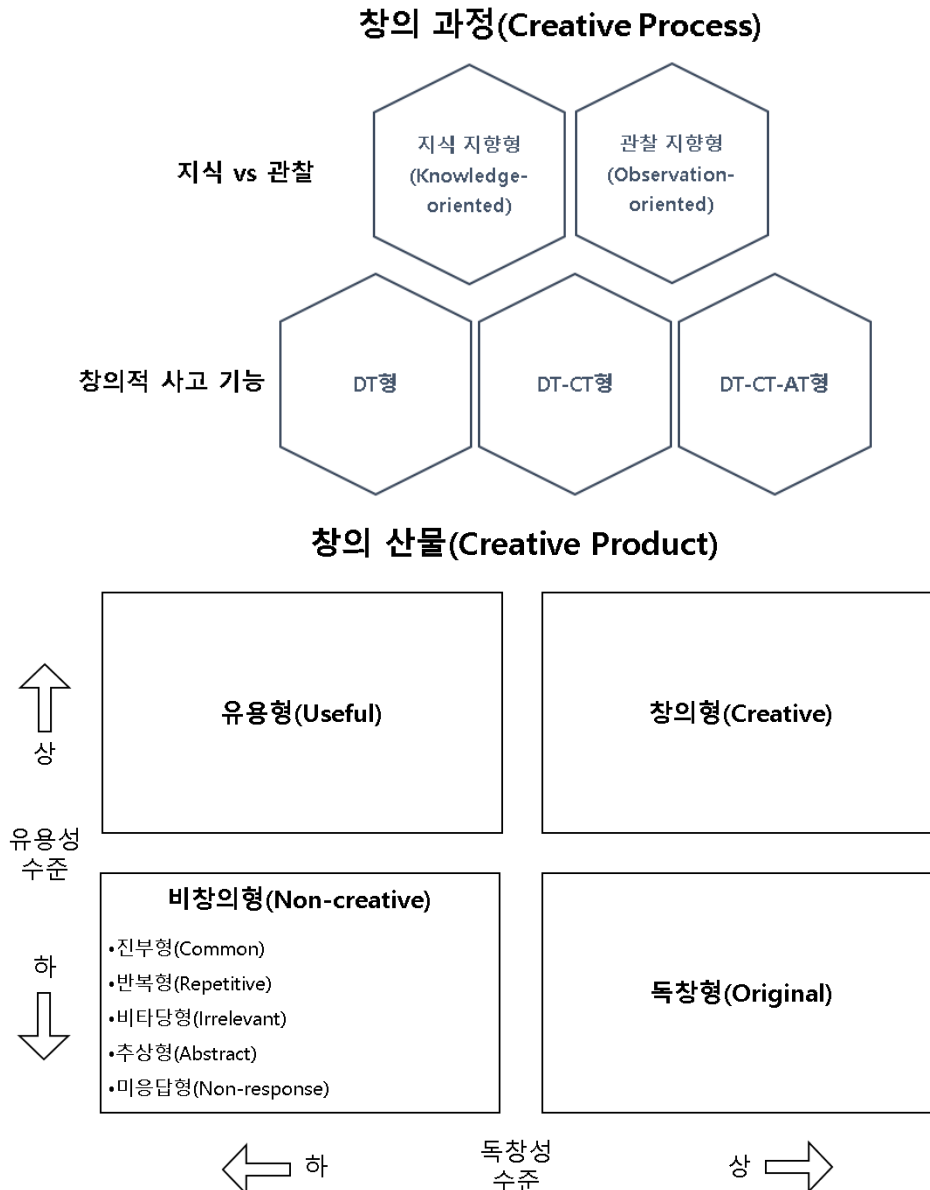


Figure 4. The Final Types of Creative Process and Product in Scientific Creativity

넷째, 면담 대상을 과학 창의성이 제일 높은 학생 4명으로 제한하였다. 창의성이 가장 높은 학생의 경우 어떤 과정을 거치기에 최상의 결과물을 낼 수 있었는지 알아보면서 의미 있는 결과를 얻을 수 있었다. 하지만 과학 창의성이 그보다 낮은 수준인 학생들에 대해서는 그 인지적 과정을 조사해보지 않았다. 이러한 이유로 이 연구에서 유형화한 결과가 모두에게 적용되기는 어려울 것이다.

다섯째, 과학 창의성이 가장 높은 학생을 선정하기 위해 창의성 검사를 시행하고 결과를 분석하는 시간이 1개월 정도 필요했다. 면담이 창의성 검사를 시행하고 1개월 뒤에 이루어졌기 때문에 학생 본인이 활용한 사고기능인데도 당시 상황이 기억나지 않아 연구자와의 면담에서 이를 나타내지 못했을 가능성이 있다.

이러한 제한점에도 불구하고 창의 과정과 산물의 구조적 관계에 기초하여 초등학교의 과학 창의성을 유형화한 결과, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 상관관계 분석에서 과학 지식, 탐구기능 중 관찰이 어떤 식으로든 독창성과 유용성의 과학 창의성 산물과 어느 정도 관련성을 맺고 있다는 것을 확인하였다. 이를 통해 과학 창의성에 일반 창의성과 구분되는 고유의 특성이 있음을 알 수 있었다. 다만 이 연구에서 창의적 사고기능 중 연관적 사고가 과학 창의성과 직접적인 관련성이 있었는지는 뚜렷하게 밝혀지지 않았다. 면담에서 과학 창의성이 가장 높은 학생이 보인 사고기능이기는 하였으나, 상관 분석에서 유일하게 과학 창의성과 유의한 연관성을 나타내지 못했기 때문에 연관적 사고와 과학 창의성의 관련성에 관한 심화 연구가 필요하다.

둘째, 과학 지식, 탐구기능 중 관찰, 창의적 사고기능의 창의 과정과 독창성과 유용성의 창의 산물 간 관계를 나타낸 구조모형은 양호한 수치로 그 적합도가 검증되었다. 이러한 모형을 토대로 과학 창의성의 인지적 측면에서 학생이 보이는 다양한 양상을 해석할 수 있었다. 그리하여 창의 산물의 하위요소인 독창성과 유용성에 따라, 창의 과정의 하위요소인 지식, 관찰, 창의적 사고기능에 따라 학생을 유형화하였다.

셋째, 구조모형 분석에서 과학 지식, 탐구기능 중 관찰, 창의적 사고기능 중 창의적 사고기능만이 과학 창의성 산물에 유의한 영향을 미쳤다. 과학 지식과 탐구기능 중 관찰이 산물과 인과관계를 맺지 못하는 이유는 학생이 지식과 관찰 기능 중 하나를 택하여 주로 사용하기 때문이었다. 면담에서 학생들은 다음의 두 가지 경우에 지식 대신 탐구기능 중 관찰을 사용하는 양상을 보였다. 하나는 본인이 그 분야의 지식이 별로 없다고 생각한 경우고, 다른 하나는 지식이 창의성 문제를 해결하는 데 도움 되지 않는다고 생각한 경우다. 그리하여 지식과 관찰 중 어느 것을 주로 사용하여 창의성을 발휘하느냐에 따라 ‘지식 지향형’, ‘관찰 지향형’으로 그 유형을 나누었다.

넷째, 지식, 관찰과 달리 창의적 사고기능은 창의 산물에 직접적인 영향을 미치는데, 특히 확산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고 순으로 영향력을 가지고 있을 것이다. 구조 분석 및 상관 분석에서 확산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고 순으로 요인부하량과 상관계수가 높았기 때문이다. 학생 면담에서도 창의적 사고기능 중 확산적 사고가 창의성을 발휘하는 데 주된 역할을 한 것을 확인하였다. 하지만 확산적 사고만 이용하기보다는 수렴적 사고, 나아가 연관적 사고까지 모두 활용한 학생의 과학 창의성이 더 높았다. 이 연구에서는 창의적 사고기능을 3가지로 상정했는데 여기에 문제 발견력(Shin *et al.*,

2002; Jung *et al.*, 2002)이 포함되지 않았고, 아직 밝혀지지 않았을 뿐 창의 과정에 포함되는 사고기능이 더 존재할 수 있다. 그러므로 추후 연구에서 문제 발견력 및 이론적으로 밝혀지는 것을 반영하여 창의적 사고기능을 다양하게 유형화할 수 있을 것이다.

이러한 결론을 통해 연구자가 과학 창의성 교육에 제안하는 바는 다음과 같다.

첫째, 창의적 사고기능은 과학 창의성과 가장 긴밀한 관계를 맺고 있으므로 과학 창의성 함양을 위한 하위 목표로서 제시되어야 한다. 현재 과학 교과서는 기본 개념과 원리를 제시하고 정해진 탐구 순서에 따라 탐구하여 교과서에 제시한 결론에 이를 수 있도록 구성되어 있다. 과학 지식과 탐구기능을 습득하기만 하는 수업은 과학 창의성 목표 실현과 관계가 없다. 그러므로 교과서 저술에 참여하는 교육자는 확산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고를 촉진하는 활동을 과학 교과서에 수록하고, 수업을 실행하는 교사는 이 3가지 사고기능과 관련된 발문을 사용하려는 노력을 기울여야 한다. 특히 교육과정상에도 중요하게 다뤄져야 하는데, 창의적 사고기능은 학습을 돕는 기능도 있어서(Beghetto, 2016) 초등학교에서부터 과학 교육의 가장 중요한 목표가 되어야 한다.

둘째, 창의성과 별개로 과학 창의성에 관한 교사 교육이 필요하다. 과학 지식 및 탐구기능과 과학 창의성의 관련성을 보여준 연구 결과에서 알 수 있듯, 과학 창의성은 창의성과 구분되는 고유의 특성이 있고 이것이 강조되어야 한다(Lin *et al.*, 2003). 교사는 창의성을 피상적으로 아는 상태에서 교육 현장에 투입된다. 창의성에 관한 연수를 의도적으로 듣지 않는 한 그들의 전문성은 창의성 교육 측면에서 전혀 개발되지 않을 것이다. 더 큰 문제는 창의성에 관한 연수는 쉽게 찾아볼 수 있지만 교과별 창의성 연수는 찾아보기가 힘들다는 것이다. 그러므로 연수 기관 및 교사 양성 기관에서 적극적으로 교과별 창의성 교육에 대한 실질적인 방법과 기술을 전수할 뿐만 아니라 그에 대한 담론을 제시해야 한다. 교사들이 과학 창의성의 개념과 그 본성을 제대로 알고 있다면 교육 현장에서 마주하는 문제점에 대한 현실적인 해결책을 스스로 고민하고 찾을 수 있을 것이다.

셋째, 연구자와 교육자에게 학생 수준의 과학 창의성에 대한 이해가 필요하다. 앞서 과학자의 창의성에 대한 연구가 주된 관심을 받고 학생의 창의성은 연구의 주제에서 관심 밖으로 밀려나 있다는 지적을 하였다. 고도의 과학 지식과 탐구기능을 갖춘 전문가와 그렇지 못한 학생의 창의성은 근본적으로 다를 수밖에 없다. 본 연구 결과에 따르면 ‘진부형’, ‘반복형’, ‘비타당형’, ‘추상형’ 등 창의적이지 않은 답변을 내는 학생들이 상당히 많았다. 학생에게 과학 창의성 교육을 적용하기 위해서는 그들이 실제로 어떤 수준에서 창의성을 발휘하는지 알아야 과학자가 실제로 발휘하는 창의성과의 간극을 메울 수 있다.

또한, 교사와 학생의 관계는 학생의 창의성 개발에 굉장히 중요하기 때문에(Amabile *et al.*, 1986; Cropley & Cropley, 2009) 교사는 학생 수준의 창의성을 반드시 이해해야 한다. 이미 밝혀진 과학 지식이라고 하더라도, 학생 수준에서 나름의 의미 있는 방식으로 그 아이디어에 도달한다면 그것은 창의적이라고 할 수 있다. 그런데 이를 격려하지 않고 무시한다면 학생을 창의성을 함양하지 않는 교육 환경에 그대로 방치하는 것이다. 그렇다고 엉뚱하고 독특하기만 한 아이디어가 창의적이지는 않다. 학생 수준의 창의성이란 어디까지가 창의적이고 창의적이지 않은가에 대한 많은 논의와 연구가 필요하다.

넷째, 본 연구에서 유형화한 것을 바탕으로 창의성의 학습 발달과정에 관한 후속 연구가 필요하다. 최근 과학 교육에서 학습발달과정(learning progression) 연구가 대두되고 있는데, 이는 학습자 관점에서 발달과정을 파악하고 그들의 과학적 이해를 위한 징검다리를 제시하는 것을 목적으로 한다(Maeng *et al.*, 2013). 창의성 교육에서도 학생 수준의 창의성을 이해하고 학생의 발달과정에 맞게 평가해야 한다는 움직임이 있다(Kaufman & Beghetto, 2009; Runco, 2004). 과학에서 학습발달과정 연구는 생태계, 시스템 사고 등 많은 내용 영역에 대해서 이루어졌지만, 현재까지 과학 창의성 발달과정을 연구한 것은 거의 없다(Stoll, 2009).

창의성을 학습할 수 있다는 견지에서 볼 때, 교육자는 학습자 중심의 창의성 교육을 추구하며 학생의 출발점을 이해하고 이에 맞는 교육적 처치를 할 수 있어야 한다. 예를 들어, 이 연구에서 유형화한 '비창의형'의 학습자가 과학 창의성 교수·학습 프로그램을 받으면서 변화하는 양상을 관찰하고 그렇게 변화하게 된 원인을 알아낸다면 과학 창의성 교육에 실질적인 방법과 지침을 제시할 수 있을 것이다. 이를테면 창의성을 발휘한 경험이 별로 없어서 '미응답형'의 응답을 냈던 학생이 창의적 문제를 해결할 기회가 많아질수록 자신감이 생기면서 최소한 무언가를 적어낼 것으로 추측된다.

마지막으로 과학 교육에서 창의적 문제 해결 혹은 창의 산물을 만들어낼 기회를 학생들에게 최대한으로 제공해야 한다. 인지신경과학 측면에서 창의성은 기본적으로 문제해결과정에서 비롯하며(Dietrich, 2015), 넓게는 문제발견도 문제 해결에 포함된다(Treffinger *et al.*, 2008). 즉, 창의성을 발휘하는 것, 창의 산물을 만들어내는 과정을 아울러 창의적 문제 해결이라고 볼 수 있다. Haylock(2007)은 창의적 문제 해결도 문제의 속성에 따라 여러 종류가 있다고 보았다. 답이 어느 정도 정해져 있느냐 혹은 답이 열려 있느냐에 따라 닫힌 문제 해결과 열린 문제 해결의 연속체로 나타낼 수 있을 것이다. 과학에서 답이 열려 있는 개방적 문제 해결 활동으로 과학 글쓰기, 발명, 문제 상황에 대안을 제시하고 해결하는 프로젝트 활동, 자유 탐구 등이 있는데, 이러한 활동에는 확산적 사고가 비교적 많이 개입한다. 반면, 수렴적 사고가 비교적 많이 개입하는, 답이 어느 정도 정해진 닫힌 문제 해결 활동으로 귀추적 추론, 실험 설계, 가설 설정 등이 있다. 닫혔던 열렸던 간에 학생 스스로 해결하는 모든 문제 해결 과정을 초등과학 수준에서 창의적 문제 해결 과정이라고 보아도 무방하다. 이미 발견된 과학적 개념이라도 학생 수준에서 설명을 재구성한다면 학생 과학 창의성이라고 볼 수 있기 때문이다(Kaufman & Beghetto, 2009; Runco, 2003).

그러므로 과학 창의성 교육을 거창한 활동으로 실현하려고 하지 않아도 된다. 그럴듯한 산물을 내지 않고도 학생 스스로 의미를 구성한다면 그것으로 충분히 창의성 교육이라고 할 수 있다. 본 연구에서 최종적으로 창의 산물을 내는 것으로 과학 창의성을 측정하였는데, 사실 창의 과정 단계에서도 창의성 함양은 이루어질 수 있다. 생물의 특징을 관찰하여 그 특징으로 인해 생물이 살아가는 데 이로울 점 설명하거나 같은 지역에 사는 다른 생물을 보고 비슷한 점 찾기와 같은 창의적 사고기능은 창의 산물에 영향을 미치기 때문이다. 중요한 것은 교사가 과학적 개념을 일방적으로 전수하지 않고, 학생 스스로 의미를 발견하고 구성해냈느냐에 있다.

창의성을 많이 시도할수록 질적으로 우수한 산물을 낼 가능성이

더 커진다고 한다(Simonton, 2002). 또한, 창의적 문제 해결을 하면서 흥미와 몰입이 증가할 뿐만 아니라 그 경험으로 인해 학생의 학습 성취도가 향상되었다는 보고 있다(Vanderlelie, 2013). 그러므로 연구자와 교육자 모두 학생이 창의성을 자유롭게 발휘할 교육 풍토를 마련하려는 노력을 게을리해서는 안 된다. 과학 창의성 교육은 생각보다 가까이에 있으며 누구나 마음만 먹는다면 쉽게 실행에 옮길 수 있을 것이다.

국문요약

본 연구는 창의 과정과 산물의 구조적 관계를 분석한 정량적 자료와 정성적 자료를 활용하여 초등학생의 과학 창의성 유형을 탐색하였다. 이를 위해 초등학교 5학년 105명의 학생이 창의 과정과 산물을 나타내는 과학 창의성 검사 도구에 응답한 내용과 그중 과학 창의성이 가장 높았던 4명을 대상으로 주로 어떤 과정으로 창의 산물을 냈는지 면담하여 자료를 수집하였다. 검사 결과에 대해 상관관계 및 구조방정식 분석을 하였고 면담 자료와 함께 유형화의 참고자료로 사용하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 창의 과정과 산물의 구조방정식 모형은 절대적합지수와 증분적합지수 측면에서 적합도가 검증되었다. 둘째, 지식, 탐구기능 중 관찰, 창의적 사고기능의 창의 과정 중 창의적 사고기능만이 창의 산물에 유의한 영향을 미쳤다. 셋째, 창의적 사고기능 중 과학 창의성 산물과의 연관성은 확산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고 순으로 나타났다. 넷째, 초등학생의 과학 창의성은 산물에 따라 창의형, 유용형, 독창형, 비창의형으로 유형이 나뉜다. 그중 비창의형은 세부적으로 진부형, 반복형, 미응답형, 비타당형, 추상형으로 나뉜다. 다섯째, 초등학생은 창의 과정에서 지식 혹은 관찰 중 하나를 주로 사용하는 양상을 보였는데, 이에 따라 지식 지향형, 관찰 지향형으로 유형화할 수 있다. 또한, 창의적 사고기능을 얼마나 다양하게 사용했는지에 따라 DT형, DT-CT형, DT-CT-AT형 등으로 나눌 수 있다. 이 연구는 교육자와 연구자가 과학 창의성 교육에 실질적으로 고려해야 할 점을 시사하고 있다.

주제어 : 과학 창의성, 창의 과정, 창의 산물, 창의성 유형

References

- Acar, S., Runco, M. A., & Park, H. (2020). What should people be told when they take a divergent thinking test? A meta-analytic review of explicit instructions for divergent thinking. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 14(1), 39-49.
- Adolf, J. (1982). Creative thinking through science. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 232 785). Retrieved September 1, 2008, from <http://eric.ed.gov>
- Aktamis, H., & Ergin, Ö. (2008). The effect of scientific process skills education on students' scientific creativity, science attitudes and academic achievements. *Asia-Pacific forum on science learning and teaching*, 9(1), 1-21.
- Amabile, T. M., Hennessey, B. A., & Grossman, B. S. (1986). Social influences on creativity: The effects of contracted-for reward. *Journal of personality and social psychology*, 50(1), 14.
- Ambrose, D., & Sternberg, R. J. (Eds.). (2011). *How dogmatic beliefs harm creativity and higher-level thinking*. London: Routledge.
- Baer, J. (2014). *Creativity and divergent thinking: A task-specific approach*. UK: Psychology Press.
- Basadur, M. (1995). Optimal ideation-evaluation ratios. *Creativity Research Journal*, 8, 63-75.
- Bermejo, M. R., Ruiz-Melero, M. J., Esparza, J., Ferrando, M., & Pons,

- R. (2016). A new measurement of scientific creativity: The study of its psychometric properties. *anales de psicología*, 32(3), 652-661.
- Besaçon, M., Fenouillet, F., & Shankland, R. (2015). Influence of school environment on adolescents' creative potential, motivation and well-being. *Learning and Individual Differences*, 43, 178-184.
- Beghetto, R. A. (2010). Creativity in the classroom. In J. C. Kaufman & R. J. Sternberg (Eds.), *Cambridge Handbook of Creativity*. New York: Cambridge University Press.
- Beghetto, R. A. (2013). Killing ideas softly?: The promise and perils of creativity in the classroom. Charlotte, NC: Information Age.
- Beghetto, R. A. (2016). Creative learning: A fresh look. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15(1), 6-23.
- Beghetto, R. A., & Kaufman, J. C. (2007). Toward a broader conception of creativity: A case for "mini-c" creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 1(2), 73.
- Brown, T. A., & Moore, M. T. (2012). Confirmatory factor analysis. In R. H. Hoyle (Ed.), *Handbook of structural equation modeling* (pp. 361-379). New York, NY: Guilford Press.
- Campbell, D. T. (1960). Blind variation and selective retention in creative thought as in other knowledge processes. *Psychological Review*, 67, 380-400.
- Cattell, R. B., & Butcher, H. J. (1968). *The prediction of achievement and creativity*. Dallas: Ardent Media.
- Cho, Y., & Choi, K. (2000). Development of the Middle School Science Curriculum to Enhance Creative Problem - Solving Abilities. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 20(2), 329-343.
- Cho, Y., Choi, K., & Choi, M. (2009). An Analysis of Perception of Creativity and Creative Education in Korean Elementary Schools. *Education research studies*, 40(3), 215-237.
- Choi, I., & Choi, I. (2001). How Can the New Ideas Be Produced : A Learning - Process Approach to Creativity on Expert Domain. *Korean Journal of Psychology: General*, 20(2), 409-428.
- Conant, J. B. (1967). Scientific principles and moral conduct. *American scientist*, 55(3), 311-328.
- Craft, A. (2005). *Creativity in schools : tensions and dilemmas*. London: Routledge.
- Cropley, A. (2006). In praise of convergent thinking. *Creativity research journal*, 18(3), 391-404.
- Cropley, A. J., & Cropley, D. (2009). *Fostering creativity: A diagnostic approach for higher education and organizations*. Cresskill, NJ: Hampton Press.
- de Vries, H. B., & Lubart, T. I. (2019). Scientific creativity: divergent and convergent thinking and the impact of culture. *The Journal of Creative Behavior*, 53(2), 145-155.
- Dienes, Z., & Perner, J. (1999). A theory of implicit and explicit knowledge. *Behavioral and brain sciences*, 22(5), 735-808.
- Dietrich, A. (2015). *How creativity happens in the brain*. New York: Springer.
- Dikici, A., Özdemir, G., & Clark, D. B. (2020). The relationship between demographic variables and scientific creativity: mediating and moderating roles of scientific process skills. *Research in Science Education*, 50(5), 2055-2079.
- Doğan, İ., & Özdamar, K. (2017). The effect of different data structures, sample sizes on model fit measures. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 46(9), 7525-7533.
- Ericsson, K. A. (1996). The acquisition of expert performance: an introduction to some of the issues.
- Feldhusen, J. F. (1995). Creativity: A knowledge base, metacognitive skills, and personality factors. *The Journal of creative behavior*, 29(4), 255-268.
- Guilford, J. P. (1968). Intelligence has three facets: There are numerous intellectual abilities, but they fall neatly into a rational system. *Science*, 160(3828), 615-620.
- Haider, H., Eichler, A., & Lange, T. (2011). An old problem: How can we distinguish between conscious and unconscious knowledge acquired in an implicit learning task?. *Consciousness and Cognition*, 20(3), 658-672.
- Haider, H., & Frensch, P. A. (2009). Conflicts between expected and actually performed behavior lead to verbal report of incidentally acquired sequential knowledge. *Psychological Research PRPF*, 73(6), 817-834.
- Han, K. (2000). Investigation of Domain-specificity and Domain-generality of Creativity in Young Children. *Journal of Gifted/Talented Education*, 10(2), 47-69.
- Han, K. S., & Marvin, C. (2002). Multiple creativities? Investigating domain-specificity of creativity in young children. *Gifted Child Quarterly*, 46(2), 98-109.
- Haylock, D. (2007). *Key concepts in teaching primary mathematics*. London: Sage.
- Hong, S. (2000). The Criteria for Selecting Appropriate Fit Indices in Structural Equation Modeling and Their Rationales. *Korean Journal of Clinical Psychology*, 19(1), 161-177.
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.
- Joung, Y., & Song, J. (2006). The Features of the Hypotheses Generated by Pre-service Elementary Teachers Using the Form of Peirce's Abduction. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(2), 126-140.
- Jung, H., Han, K., Kim, B., & Choe, S. (2002). Development of Programs to Enhance the Scientific Creativity - Based on Theory and Examples. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 23(4), 334-348.
- Kaufmann, G. (2001). Creativity and problem solving. In J. Henry (Ed.), *Creative Management*. London: Sage.
- Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four c model of creativity. *Review of general psychology*, 13(1), 1-12.
- Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2013). Do people recognize the four Cs? Examining layperson conceptions of creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(3), 229.
- Kim, C., & Cho, S. (2002). The Effects of a Portfolio System on Elementary Students' Science Achievements, Inquiry Ability and Attitudes by Region and Gender. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 23(3), 234-241.
- Kim, M., Kim, H., & Lim, C. (2020). Development of the Scientific Creativity Task for a Field Trip to Botanical Garden - Application to Science-Gifted Elementary Students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 39(4), 506-521.
- Kim, M., & Lim, C. (2018). A Comparative Analysis of Student Self-, Teacher-, and Objective Assessments of Elementary Science-Gifted Students' Scientific Creativity. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 37(4), 440-454.
- Kim, M., & Lim, C. (2021). Developing a Scientific Creativity Test for Exploring the Relationship between Elementary Students' Creative Process and Product: Focusing on Biology. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 40(4), 520-544.
- Kim, H. (2013). *Elementary School Teachers' Conception and Management Conditions on Creativity and Character Education*. Master's dissertation, Ewha Womans University.
- Kim, H., Kim, M., & Lim, C. (2020). The Relationship between Scientific Content Knowledge and Scientific Creativity of Science-Gifted Elementary Students - Focusing on the Subject of Biology. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 39(3), 382-398.
- Kim, Y. (2002). Creativity and Critical Thinking. *Korean Journal of Cognitive Science*, 13(4), 81-90.
- Kwon, Y., Jeong, J., Kang, M., & Kim, Y. (2003). A Grounded Theory on the Process of Generating Hypothesis - Knowledge about Scientific Episodes. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 23(5), 458-469.
- Liang, J. C. (2002). *Exploring scientific creativity of eleventh grade students in Taiwan*. Doctoral dissertation, Texas state University.
- Libarkin, J. C., & Kurdziel, J. P. (2002). Research methodologies in science education: The qualitative-quantitative debate. *Journal of Geoscience Education*, 50(1), 78-86.
- Lim, S., Yang, I., & Lim, J. (2009). Exploration About the Component and Definition of the 'Scientific Creativity' in a Domain-specific View of the Creativity. *Journal of Science Education*, 33(1), 31-43.
- Lim, C. (2012). *Development of An Instructional Model for Brain-Based Evolutionary Approach to Creative Problem Solving in Science*. *Biology Education*, 40(4), 429-452.
- Lim, C. (2014). Development of an Assessment Formula for Scientific Creativity and Its Application. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(2), 242-257.
- Lin, C., Hu, W., Adey, P., & Shen, J. (2003). The influence of CASE on scientific creativity. *Research in Science Education*, 33(2), 143-162.
- Lipps, J. H. (1999). This is Science!. *The Paleontological Society Special Publications*, 9, 3-16.
- Lubart, T. I. (1994). *Product-centered self-evaluation and the creative process*. Doctoral dissertation, Yale University.
- Lubart, T., Zenasni, F., & Barbot, B. (2013). Creative potential and its measurement. *International Journal for Talent Development and Creativity*, 1(2), 41-50.
- Maeng, S., Seong, Y., & Jang, S. (2013). Present States Methodological Features and an Exemplar Study of the Research on Learning Progressions. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(1), 161-180.
- MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Preacher, K. J., & Hong, S. (2001). Sample size in factor analysis: The role of model error. *Multivariate*

- behavioral research, 36(4), 611-637.
- Meador, K. S. (2003). Thinking creatively about science: Suggestions for primary teachers. *Gifted Child Today*, 26(1), 25-29.
- Ministry of Education (2015). Science curriculum. Ministry of Education Notice No. 2015-74 [Attachment 9]
- Mohamed, A. (2006). Investigating the scientific creativity of fifth-grade students. Doctoral dissertation, Arizona state University.
- Mumford, M. D. (2003). Where have we been, where are we going? Taking stock in creativity research. *Creativity Research Journal*, 15(2-3), 107-120.
- Mumford, M. D., Medeiros, K. E., & Partlow, P. J. (2012). Creative thinking: Processes, strategies, and knowledge. *The Journal of Creative Behavior*, 46, 30-47.
- Newton, D. P. (2010). Assessing the creativity of scientific explanations in elementary science: an insider-outsider view of intuitive assessment in the hypothesis space. *Research in Science & Technological Education*, 28(3), 187-201.
- NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states: National Academies Press Washington, DC.
- Ozdemir, G., & Dikici, A. (2017). Relationships between scientific process skills and scientific creativity: Mediating role of nature of science knowledge. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 3(1), 52-68.
- Park, H. (2014). Effects on Students' Creativity by Scientific Observational Activities. *Journal of Science Education*, 38(2), 443-453.
- Park, J. (2004). A Suggestion of Cognitive Model of Scientific Creativity (CMSC). *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 24(2), 375-386.
- Plucker, J. A., & Beghetto, R. A. (2004). Why Creativity Is Domain General, Why It Looks Domain Specific, and Why the Distinction Does Not Matter. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko, & J. L. Singer (Eds.), *Creativity: From potential to realization* (pp. 153-167). American Psychological Association.
- Plucker, J. A., Beghetto, R. A., & Dow, G. T. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational psychologist*, 39(2), 83-96.
- Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. *The Phi delta kappan*, 42(7), 305-310.
- Rietzschel, E. F., Nijstad, B. A., & Stroebe, W. (2007). Relative accessibility of domain knowledge and creativity: The effects of knowledge activation on the quantity and originality of generated ideas. *Journal of experimental social psychology*, 43(6), 933-946.
- Runco, M. A. (1986). Flexibility and originality in children's divergent thinking. *The Journal of Psychology*, 120(4), 345-352.
- Runco, M. A. (2003). Education for creative potential. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 47(3), 317-324.
- Runco, M. A. (2004). Everyone has creative potential. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko, & J. L. Singer (Eds.), *Creativity: From potential to realization* (pp. 21-30). Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Runco, M. A. (2007). *Creativity: Theories and themes: Research, development, and practice*. New York: Academic Press.
- Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent thinking as an indicator of creative potential. *Creativity Research Journal*, 24(1), 66-75.
- Sawyer, K. (2012). Extending sociocultural theory to group creativity. *Vocations and Learning*, 5(1), 59-75.
- Seo, H. (2004). Directions of Science Education for the Gifted and Scientific Creativity. *Journal of Gifted/Talented Education*, 14(1), 65-89.
- Seong, J. (2002). An analysis of variables effecting creative problem solving abilities in science. Doctoral dissertation, Ewha Womans University.
- Shin, J., Han, K., Jung, H., Park, B., & Choe, S. (2002). What are the Differences Between Scientifically Gifted and Normal Students in the Aspects of Creativity?. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22(1), 158-175.
- Simonton, D. K. (1994). *Greatness: Who makes history and why*. New York: Guilford Press.
- Simonton, D. K. (1999). *Origins of genius: Darwinian perspectives on creativity*. Oxford: Oxford University Press.
- Simonton, D. K. (2002). Persistent myths, probabilities, and psychologists as human beings. *Dialogue*, 17, 24-25.
- Simonton, D. K. (2004). Exceptional creativity and chance: Creative thought as a stochastic combinatorial process. *Beyond knowledge: Extracognitive aspects of developing high ability* (pp. 39-72). London: Routledge.
- Simonton, D. K. (2011). Creativity and discovery as blind variation: Campbell's (1960) BVSR model after the half-century mark. *Review of General Psychology*, 15(2), 158-174.
- Simonton, D. K. (2012). Assessing scientific creativity: Conceptual analyses of assessment complexities. Commissioned paper, The Science of Science and Innovation Policy Conference, National Academy of Sciences.
- Son, J. (2009). The study of scientifically gifted students' scientific thinking and creative problem solving ability through science writing. *Journal of Science Education for the Gifted*, 1(3), 21-32.
- Song, S. (2013). An Exploratory Study on the Scientists' Creativity Using the Cases in History of Science: Focusing on Darwin, Edison, and Einstein. *Teacher Education Research*, 52(2), 227-236.
- Sternberg, R. J. (Ed.) (1998). *Handbook of human creativity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Stoll, L. (2009). Capacity building for school improvement or creating capacity for learning? A changing landscape. *Journal of educational change*, 10(2), 115-127.
- Sun, J. (2005). Assessing goodness of fit in confirmatory factor analysis. *Measurement and evaluation in counseling and development*, 37(4), 240-256.
- Treffinger, D. J., Selby, E. C., & Isaksen, S. G. (2008). Understanding individual problem-solving style: A key to learning and applying creative problem solving. *Learning and individual Differences*, 18(4), 390-401.
- Vanderlelie, J. (2013). Improving the student experience of learning and teaching in second year biochemistry: Assessment to foster a creative application of biochemical concepts. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 21(4), 46-57.
- Walberg, H. J., & Stariha, W. E. (1992). Productive human capital: Learning, creativity, and eminence. *Creativity research journal*, 5(4), 323-340.
- Weisberg, R. W. (1993). *Creativity: Beyond the myth of genius*. New York: WH Freeman.
- Yang, K. K., Lin, S. F., Hong, Z. R., & Lin, H. S. (2016). Exploring the assessment of and relationship between elementary students' scientific creativity and science inquiry. *Creativity Research Journal*, 28(1), 16-23.

저자정보

김민주(서울문현초등학교 교사)
임채성(서울교육대학교 교수)