

초등학생의 창의 과정과 산물의 관계를 탐색하기 위한 과학 창의성 검사 도구 개발 - 생명 영역을 중심으로 -

김민주 · 임채성[†]

Developing a Scientific Creativity Test to Explore the Relationship between Elementary Students' Creative Process and Product - Focusing on Biology -

Kim, Minju · Lim, Chaeseong[†]

국문 초록

이 연구는 초등학생의 창의 과정과 산물의 관계를 탐색하기 위한 과학 창의성 검사 도구를 개발하는데 목적을 두고 있다. 이를 위해 연구자는 과학 창의성 관련 논문을 분석한 후, 창의 과정과 산물의 구성 요인에 근거하여 문항을 개발하였다. 그리고 과학 교육 전문가 9명의 검토를 마친 검사 도구를 파일럿 테스트하였다. ‘동물’, ‘식물’의 두 세트로 이루어진 검사 도구는 수정과 보완을 거쳐 최종적으로 5학년 학생 105명에게 투입되었다. 투입 결과는 WinSteps, SPSS와 AMOS 통계프로그램으로 분석되었다.

이 연구의 주요 결과는 첫째, 과학 영역에서 창의 과정은 과학 지식, 탐구기능, 창의적 사고기능(확산적, 수렴적, 연관적 사고)을 포함한다. 창의 산물은 새로우면서 과학적으로 유용한 아이디어가 어떤 형태로 나타난 것이다. 둘째, 이 연구에서 대표 탐구기능으로 선정된 관찰은 구성 타당도 측면에서 창의적 사고기능과 연관성이 없어야 했다. 셋째, 유용성 항목은 다른 항목 중 가장 낮은 평균치를 기록하였는데, 평가자인 교사의 관점에서 과학적 타당성과 유용성을 만족시키기 어렵기 때문으로 사료된다. 넷째, 동형검사 신뢰도를 알아보기 위한 ‘동물’과 ‘식물’ 문항 간 스피어만 상관 계수는 독창성 항목을 제외하고 유의하게 나타났다. 다섯째, 검사 도구는 집중타당성, 판별타당성, 법칙타당성 세 가지 측면에서 구성 타당도를 대체로 만족시켰다. 연구 결과를 바탕으로 창의 과정과 산물의 관계를 탐색하고 학교 현장에서 실제적인 평가 도구로 역할을 할 검사 도구의 유용성을 논하였다.

주제어: 과학 창의성 검사, 창의 과정, 창의 산물, 창의 기능, 과제 특수성

ABSTRACT

This study aims to develop a scientific creativity test for exploring the relationship between elementary students' creative process and product. For this, the researcher reviewed the literatures of scientific creativity and developed the items based on the constructs of creative process and product. After a review conducted by nine science education specialists, a pilot test, and additional revision and supplementation of observation test, the test, consisting of two sets—"animals" and "plants"—was finally conducted on 105 fifth-grade students. The test results were analyzed by using statistical analysis software. WinSteps, SPSS, and AMOS.

The main findings from this study are as follows. First, when it comes to scientific creativity, creative process consists of science knowledge, inquiry skills, and creative thinking skills (divergent, convergent, and associative thinking skills). Creative product in science is a new and scientifically useful idea realized in a certain form.

Second, observation, which was selected as a representative inquiry skill in this research, should not be related to creative thinking skills. Third, among the rest of the items, usefulness had the lowest averages, as it was, perhaps, difficult to satisfy the teachers' criteria for the scientific validity and usefulness. Fourth, the Spearman correlation coefficients between the items of "animals" and "plants" to find out the parallel-form reliability were significant, except for the item of originality. Fifth, the test was satisfactory with regard to the three aspects of construct validity – convergent, discriminant, and nomological. This study concludes by discussing the usefulness of this test, which has the possibility of exploring the relationship between creative process and product and of playing a role as an authentic evaluation tool in school.

Key words: scientific creativity test, creative process, creative product, creative skill, task-specific

I. 서 론

21세기 교육을 논할 때 빠지지 않고 등장하는 창의성은 과학교육에서도 중요한 부분을 차지하고 있다(Kind & Kind, 2007; Newton & Newton, 2010). 과학 교과의 국가 공통 기준을 담은 미국의 '차세대 과학 기준'(Next Generation State Standards: NGSS)은 창의성에 대해 두 부분에 걸쳐 다루고 있다. "...과학자와 공학자의 일이란 창의적 노력이며, 그것은 그들이 사는 세상에 깊은 영향을 끼친다.", "과학자와 공학자는 인내심, 정밀성, 추론, 논리, 상상력, 그리고 창의성이라는 특성이 있다."(NGSS Lead States, 2013)라고 진술한 것을 보면 창의성은 과학의 실행과 과학의 본성을 이루는 주요 부분이라는 것을 알 수 있다. 우리나라의 과학 교과 교육 과정 역시 창의적 사고 역량을 핵심역량으로 강조하고 있으며, 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양 함양에 핵심 목표를 두고 있다(교육부, 2015).

과학 창의성은 일반적인 창의성과 별개로 취급하여 탐구할 필요가 있다. 과학에서의 창의성은 과학 지식, 과학적 사고와 같은 영역 특수적 지식과 기능이 상당히 관여하기 때문이다(Hu & Adey, 2002; Sternberg, 2009). 과학적 창의성과 예술적 창의성의 차이를 비교한 연구(강정하와 최인수, 2008; Feist, 1998), 과학자가 어떠한 과정을 거쳐 창의적 결과물을 내는지에 대한 연구(송성수, 2013; Simonton, 1999)를 보면 일반적인 창의성과 다른 과학 창의성만의 차별성을 확인할 수 있다.

과학 창의성만의 독자적 특성이 제기되면서 그것을 정의하고 개념화하는 연구가 국내·외에서 활발하게 이루어졌다. 여러 연구를 통해 과학 창의

성의 정의에 대한 합의가 이루어지고(임성만 등, 2009; 임채성, 2014; Hu & Adey, 2002), 그 구성 요소가 인지, 정의, 환경적 측면에서 다양하게 거론되면서 과학 창의성이란 무엇인가에 대한 이해의 틀이 마련된 것이다(박종원, 2004; 조연순과 최경희, 2000; Liang, 2002).

이처럼 과학 창의성에 관한 연구가 발전해 왔지만, 아직도 일반 창의성과 비교하면 과학 창의성 연구는 갈 길이 멀다. 이에 대한 원인으로 과학자나 과학교육자들이 과학 창의성보다는 많은 과학 지식을 쌓고 주어진 문제에 대한 정확한 답을 찾아가는 과정에 관심이 있다는 점이 지적되고 있다(정현철 등, 2002). 또한, 다수의 창의성 연구가 객관적, 과학적 신빙성을 위해 누구나 인정할 만한 극소수의 과학자를 연구 대상으로 하고 있어(Runco, 2003) 학생의 창의성을 대상으로 한 연구가 충분하지 않은 실정이다.

창의성은 타고난 것이 아닌 학습을 통해 향상될 수 있는 능력(강충열, 2006; Cropley, 1999)인데, 단지 과학 지식과 탐구기능을 제대로 가르치기만 하면 학생의 창의성이 저절로 향상될 것이라고 기대하는 것은 다소 무책임한 교육 방식이다. 또한, 극소수의 과학자를 연구한 결과를 가지고 학생에게 과학 창의성을 가르칠 교수·학습법에 확대 적용하는 것은 큰 무리가 있다. 학생이 어떤 창의적 과정을 거쳐 산물을 만들어내는지를 따라가 본다면 그들의 눈높이에 맞는 학습자 중심 과학 창의성 교육을 실천할 수 있을 것이다.

그렇다면 학생의 창의적 과정과 산물을 어떻게 명시적으로 나타낼 수 있을까? 과학 창의성에서 창의적 수행은 창의적 문제 해결 과정으로 보아도 무방하다(Tamassia & Schleicher, 2002). 즉, 창의적 수

행은 창의적 문제 해결 과정과 그 과정에서 나타난 산물로 나누어 볼 수 있는데, 인지 신경 과학에서 창의적 문제 해결의 과정을 변이와 선택의 과정으로 보고 있다(임채성, 2009; Basadur, 1995; Campbell, 1960). 이는 명시적으로 산출하든, 암시적으로 산출하든 많은 아이디어를 산출한 뒤 그중에서 문제 해결에 가장 적합한 과정에 수렴하여 아이디어를 선택한다는 말이다. 이것이 암시적으로 순식간에 일어난다면 고심해서 하나의 아이디어를 떠올리는 것처럼 비추어질 수 있다. 이러한 발산과 수렴의 과정을 눈에 보이게 드러낸다면 학생이 창의 과정을 통해 산물을 산출하는 양상을 나타내고 기술할 수 있을 것이다. 이에 더해 과학 영역이라는 특수성에 맞게 과학 창의성에 관여하는 과학 지식, 탐구기능, 창의적 사고기능(박종원, 2004; 정현철 등, 2002; 조연순과 최경희, 2000)도 명시화해야 그 과정과 산물의 관계를 파악할 수 있을 것이다.

지금까지 학생의 과학 창의성에 관한 연구는 윤희정 등(2015)이 중학교에서, 유용현 등(2013)이 고등학교에서 수행하였는데, 초등학교의 경우 과학영재 학생을 대상으로 수행하였거나 과학영재 학생과 일반 학생을 비교한 것이 대부분이었다. 게다가 이 연구들은 과학과는 거리가 먼 창의적 검사 도구를 이용하였거나, 과정에서 산물에 이르기까지의 창의성을 종합적으로 파악하지 못하고 그 요소를 분절적으로 확인한 한계가 있었다.

예를 들어 Torrance(1998)의 TTCT(Torrance Test of Creative Thinking)는 창의성 검사에서 가장 보편적으로 쓰이기는 하지만 과학과 관련 없는 언어와 도형 검사로 이루어져 있다. 한기순과 배미란(2004)은 과학영재와 일반 학생의 창의성, 지능, 사고 양식 비교 논문에서 TTCT로 창의성을 조사하였다. 김명숙 등(2002)도 과학영재의 창의성, 환경, 학업적 자기효능감 연구에서 TTCT로 창의성을 조사하였다. 과학영재의 창의성이라면 과학 지식 또는 탐구기능이 연결되는 과학 창의성을 조사하는 것이 마땅한데, 과학적 맥락이 없는 검사 도구가 이용된 것이다.

후에 나온 문헌(김명숙 등, 2003)에서도 TTCT를 사용했지만, 과학 영역과 관계가 깊은 창의성 평가 방식인 과학 영역의 창의적 수행 요소 검사도 함께 실시하였다. 신지은 등(2002)도 과학영재와 일반 학생의 창의성 비교에서 TTCT 검사를 이용하였는데,

과학에서의 창의적 문제해결력과 문제발견력 검사, 과학에서의 창의적 행동 특성 검사 도구를 자체 개발하여 영역 특성에 맞는 방식으로 창의성을 측정하였다. 하지만 이 도구는 과정에서 산물에 이르는 총체적인 과학 창의성을 확인하는 방식은 아니었다.

이상의 연구 사례 외에 현재까지 개발된 과학 창의성 평가 도구도 검토해 보았다. 임채성(2014)은 창의적 산출물에 대하여 독창성과 유용성을 채점하고 각 항을 곱하는 과학 창의성 공식을 제안하였는데, 이 공식은 과학 창의성의 정의에 따라 산물을 정량화할 수 있다는 장점이 있지만, 창의적 과정을 평가할 수 없다는 한계가 있다. Hu and Adey (2002)는 산물(Product), 과정(Process), 특성(Trait)의 세 가지 관점과 각각의 하위요소를 둔 SSCM (Scientific Structure Creativity Model)을, Sak and Ayas (2013)는 과학 내용 영역, 창의적 과정, 과학적 과정으로 이루어진 C-SAT(Creative Scientific Ability Test)를 개발하였다. 그리고 Yang *et al.* (2016)은 확산적 사고와 수렴적 사고를 각각 다른 항목으로 평가하는 과학 창의성 평가 도구를 개발하였다. 이들은 창의적 과정을 평가 요소로 포함했지만, 과정에서 산물에 이르는 하나의 문제 상황이 아니고 별개의 상황에서 각 요소를 분절적으로 확인하는 것이어서 과정과 산물의 관계를 탐색하기에 적절하지 않다.

위의 과학 창의성 평가 도구들은 널리 쓰이고 있고, 유용한 틀이지만 하나의 맥락에서 창의적 과정과 산물을 연계하여 나타내고, 그 관계를 확인할 수 있는 검사 도구는 아니다. 창의적 과정과 산물의 관계를 탐색할 수 있는 검사 도구를 만든다면 학생의 지식, 탐구기능, 사고기능이 서로 어떻게 상호작용하여 과학 창의성을 발휘하는지 알 수 있을 것이다. 또한, 이를 평가 도구로 사용한다면 학생이 과학 창의성을 발휘하는 과정에서 어떤 요소가 부족한지 확인하여 적절한 피드백을 줄 수 있다.

그런데 맥락 없이 발휘한 창의성보다 특정한 상황 가운데서 그 상황이 요구하는 지식과 기능을 함께 발휘한 창의성이 진정한 창의성에 더 가깝다(Hu & Adey, 2002). 따라서 이 연구는 영역 특수적(domain-specific) 관점을 기본 전제로 하되, 이에 더하여 과제 특수적(task-specific) 관점을 택하여 과제 기반 검사 도구를 개발하였다. 참고로 영역 특수적 관점은 발휘하는 영역에 따라 특수하게 나타나는

창의성이 있다고 보는 관점이고, 이와 반대되는 영역 일반적(domain-general) 관점은 발휘하는 영역과 상관없이 일반적으로 나타나는 창의성이 있다고 보는 관점이다(Simonton, 2004). 과제 특수적 관점이란 같은 영역 내에서도 어떤 과제냐에 따라 발휘하는 창의성이 달라진다고 보는 것이다. 언어 영역 내에서도 과제가 산문인지, 시인지에 따라 발휘하는 창의성의 정도가 달랐음을 확인한 Baer (1998)의 연구, 과학영재 학생들이 과제별로 발휘하는 과학 창의성이 달랐음을 조사한 김민주와 임채성(2019)의 연구가 이를 뒷받침한다.

영역 일반적 관점의 대표적인 창의성 검사 도구로 TTCT가 있는데, 이러한 형태의 검사 도구는 창의성의 실제적 수행에 대한 예측력이 떨어지고(Simonton, 2007), 확산적 사고에 치우친 검사라는 이유로(Runco & Acar, 2012) 비판받고 있다(Baer, 2011). 영역 특수적 관점의 대표적인 과학 창의성 검사 도구로 SSCM을 들 수 있다. 하지만 이 검사 도구가 과학 영역 전체를 대표하느냐는 질문에 그렇다고 답하기가 어렵다. 중력, 생명 활동 등 과학의 내용 요소를 되도록 다양하게 포함하려고 했지만, 과학의 모든 내용 요소, 과학에서 사용하는 모든 탐구기능을 적용하여 창의성을 발휘하게 하는 것은 아니었기 때문이다.

과제 특수적 관점에 따르면 하나의 과학 창의성 검사 도구가 과학 영역 전체를 대표하기란 매우 어렵다. 현재 초등과학 교육과정에 내용 영역으로 ‘물질’, ‘생명’, ‘운동과 에너지’, ‘지구와 우주’가 있는데(교육부, 2015), 이 연구에서 네 가지 영역 모두의 창의적 과정과 산물을 다루는 것은 불가능에 가깝다. 그리하여 본 연구에서는 생명 영역으로 국한하고 과학 창의성의 인지적 요소를 되도록 모두 포함하는 방향으로 검사 도구를 개발하였다. 동물과 식물이라는 제한된 소재만으로 상황과 맥락을 구성하였기 때문에 본 검사 도구로 측정된 창의성을 과학의 다른 내용 영역으로 일반화할 수 없다는 점을 염두에 두어야 한다. 향후 후속연구에서 생명 영역 이외에 다른 영역에서 창의성 검사 도구를 개발할 필요가 있을 것이다.

창의성 검사 도구 개발 시 영역뿐만 아니라 창의성을 발휘하는 주체의 수준도 고려해야 한다. Darwin의 진화론, Einstein의 상대성 이론 등과 같은 사회에 혁신을 가져올 만한 수준의 창의성과 보통

의 사람들이 일상에서 발휘하는 창의성에는 큰 차이가 있기 때문이다. 임채성(2012)은 과학자의 창의성인 Big-C 창의성과 학생 수준의 창의성인 little-c 창의성을 구분하면서 초등과학교육에서는 little-c 접근으로 창의성을 탐구할 것을 제안하였다. 또한, 아직 지식과 경험이 부족한 학생이 비슷한 다른 아이디어가 존재하는 줄 모르고 스스로 새롭다고 생각하면서 아이디어를 떠올리는 경우가 많을 것이다. 타인이 보기에 독창적으로 느껴지지 않지만, 학생이 이전에는 스스로 생각해 내지 못한 것을 떠올린다면 그 가치를 인정해 주고 격려하는 것이 발달적 관점에서 효과적이다(Beghetto & Kaufman, 2007). 본 연구에서는 이러한 관점에서 초등학생 수준을 고려하여 과학 창의성 검사 도구를 개발하고 채점 기준을 선정하였다.

본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 창의 과정과 창의 산물의 관계를 탐색할 수 있는 초등 생명 영역의 과학 창의성 검사 도구에 어떤 것이 포함되어야 하는가?

둘째, 창의 과정과 창의 산물의 관계를 탐색하기 위하여 개발한 초등 생명 영역의 과학 창의성 검사 도구는 타당하고 신뢰할 만한가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 전체 연구개요

본 연구는 크게 두 부분으로 나뉘어있다. 첫 번째는 검사 도구 개발로, 문헌 연구 조사를 통해 창의 과정과 창의 산물의 관계를 탐색할 수 있는 과학 창의성 검사 도구를 개발하고, 초등 과학교육 전공 교수 2인 및 초등 과학교육 관련 석·박사 학위가 있거나 과정 중에 있는 교사 7인의 검토를 통해 수정, 파일럿 테스트 후 보완한 내용이 나와 있다. 두 번째는 개발한 검사 도구를 학생에게 적용한 것으로, 채점 방법과 기준, 투입 결과, 신뢰도와 타당도가 나와 있다. 과학 창의성 검사 도구를 개발한 전체적인 과정은 다음 Fig 1과 같다.

2. 검사 도구의 개발

먼저 문헌 조사를 통해 창의성 및 과학 창의성의 정의와 구성 요소를 규정하여 검사 도구의 구성 타당도를 만족시키려고 하였다. 연구자는 ‘창의성’과 ‘과학 창의성’을 키워드로 검색하여 나온 논문 중

파트 1. 검사 도구의 개발							
개발 단계	1. 이론에 따른 구인	⇨	2. 개발 및 내용 타당도 검토	⇨	3. 파일럿 테스트	⇨	4. 검사 도구 보완
참여 주체	연구자		연구자, 교수 2인과 교사 7인		연구자		연구자, 교수 2인
세부 내용	과학 창의성 관련 문헌 조사		개발 후 내용 타당도 검토, 수정 사항 협의		M초등학교 6학년 학생 20명에게 투입		구체적 문장 표현 검토 및 곤란도 조정
파트 2. 검사 도구의 적용							
⇨	5. 투입	⇨	6. 채점 기준 설정 및 가채점	⇨	7. 채점 기준 조정 및 재채점	⇨	8. 투입 결과 분석
	연구자		연구자, 교수 2인과 교사 7인		연구자, 교수 1인과 교사 1인		연구자
	M초등학교 5학년 학생 113명에게 투입		협의하여 채점 기준 설정 후 가채점		Rasch Model 분석하여 채점 기준 조정 후 재채점		SPSS로 기술 통계 및 신뢰도 분석, AMOS로 확인적 요인 분석

Fig. 1. The Development Process of Scientific Creativity Test.

인용 횟수가 높고 정의와 구성 요소를 심도 있게 다룬 논문을 중심으로 문헌 조사를 하였다. 또한, 연구자가 미처 참고하지 못한 문헌에 대해서는 다른 검토자들의 의견을 받아 추가하였다. 그럼에도 본 연구에서 참고한 문헌이 과학 창의성에 대한 모든 문헌을 대표할 수 없다는 제한점이 있다.

연구자는 과학 창의성의 구인을 바탕으로 검사 도구를 1차적으로 고안하였다. 다음으로 초등 과학 교육 전공 교수 2인, 초등 과학교육 석·박사 과정 혹은 학위를 수여한 교사 7인이 구체적 용어와 문장 표현이 초등 수준에 적합하지, 전체 설계가 체계적인지를 검토하여 수정 의견을 제시하였다.

연구자는 수정 의견을 반영한 검사 도구를 서울특별시 M초등학교 6학년 학생 20명에게 파일럿 테스트(pilot test)하였다. 그 후, 전공 교수 2인과 함께 투입 결과를 검토하여 학생들의 수준을 벗어난 어려운 문항, 문장 표현을 전체적으로 수정하였다.

3. 검사 도구의 적용

1) 연구 참여자

연구에 참여한 학생은 서울특별시 M초등학교 5학년으로, 학부모와 학생 모두 연구 참여에 동의의사를 밝힌 113명의 학생이다. 그중 결석, 전출을 이유로 검사에 끝까지 참여하지 못한 8명의 학생을 제외하고 105명의 학생이 검사에 필요한 모든 결과물을 제출하였다.

초등학교 5학년 학생을 연구 대상으로 선정하

것은 고학년 학생들이 창의적 문제 해결에 필요한 과학 지식과 탐구기능을 어느 정도 갖추고 있다고 판단했기 때문이다. 또한, 6학년을 대상으로 파일럿 테스트했을 때, 학생들이 어려워했던 주제인 ‘생태계’를 삭제하고 ‘식물’ 주제로 교체하였으므로 본 검사 도구는 5학년에 적용해도 무리가 없다고 판단하였다. 따라서 본 검사도구의 적용 가능한 대상은 과학 교육과정 상 ‘환경에 적응한 동물과 식물’ 내용 요소를 학습한 초등학교 5~6학년 학생이다.

2) 자료 수집 및 분석 방법

검사 도구는 ‘동물’, ‘식물’ 주제의 2세트로 구성 되어 있고 소요 시간은 각 20분이다. 판별 타당성의 문제가 제기되어 추후 추가된 관찰 검사지의 소요 시간은 동물과 식물을 합해 10분이다. ‘동물’, ‘식물’, ‘관찰’ 검사지는 차례대로 1주에 1회씩, 3주에 걸쳐 투입되었다.

연구자는 전공 교수 2인 및 석·박사 과정 혹은 학위를 수여한 교사 7인과 함께 협의한 채점 기준에 따라 검사 결과를 가채점하였다. 채점이 초등학교 수준에 맞게 이루어졌는지 확인하기 위해 문항 분석 소프트웨어인 WinSteps 프로그램으로 Rasch Model을 분석하였다. 분석 결과 문체점이 발견되어 교수 1인 및 박사 과정 교사 1인과 채점 기준을 세부적으로 조정하였다. 조정된 채점 기준으로 연구자는 박사 과정 교사 1인과 독립적으로 채점하였다. 내용을 정성적으로 채점하는 과정에서 채점자의 주관 개입할 가능성이 있으므로 두 사람이 독립적으로 채점한 결과를 비교 검토하여 차이가 나는 부분

은 상호 협의를 통해 조정하였다. SPSS 프로그램으로 기술 통계를 분석하였고, 최종적인 채점 결과는 검사 도구의 신뢰도와 타당도 분석에도 사용되었다.

4. 검사 도구의 타당도와 신뢰도

신뢰도는 동형검사 신뢰도, 크론바흐 알파(Cronbach's α) 계수 두 측면에서 분석되었다. 검사 도구는 비슷한 문항을 동물 1세트, 식물 1세트의 동형검사로 구성한 것이기 때문에 두 점수 간의 스피어만 상관계수(Spearman correlation coefficient)를 산출하여 동형검사 신뢰도를 추정할 수 있다(성태제, 2002). 크론바흐 알파 계수는 전체 문항에 대한 단일한 신뢰도 계수를 얻기 위해 사용하였다. 이 연구에서는 둘 다 SPSS 프로그램을 이용하여 신뢰도를 분석하였다.

타당도의 경우 내용 타당도(content validity), 구성 타당도(construct validity)가 이 연구에 반영되었다. 내용 타당도는 연구자가 측정하고자 하는 내용이 검사 도구에 포함되어 있는가를 논리적으로 검토하는 것으로, 전문가의 의견을 수렴하여 검증한다. 이 연구에서 검사 도구 개발 시 교수 2인, 교사 7인과의 협의와 수정을 거치면서 내용 타당도를 검증하였다. 구성 타당도는 측정 지표와 추상적 개념 간의 일치 정도를 의미하는 것으로, 이론적 타당도, 요인 분석 등의 방법으로 검증할 수 있다(강현철, 2013). 검사 도구 개발 시 선행 이론 분석에 따른 구인을 통해 이론적 타당도를 만족시키고자 하였다. 과학 창의성 구인은 선행연구가 충분히 존재하므로 AMOS 프로그램을 통한 확인적 요인 분석으로 통계적 타당도를 검증하였다.

III. 연구 결과

1. 개발된 검사 도구의 구성

1) 이론에 따른 과학 창의성의 구인

최근까지 창의성의 정의는 ‘새로우면서도 유용한 산물을 만들어내는 성향이나 능력’으로 합의되어왔다(Mumford, 2003; Runco & Jaeger 2012; Stein 1953; Sternberg, 1998; Sternberg & Lubart 1995). 창의성의 구성 요인은 학자별로 조금씩 차이가 있다. 본 연구는 종합적이고 거시적인 시각에서 창의성을 바라보는 것이 많은 것을 설명해 준다고 판단하여 Rhodes (1961)의 4P 모형을 근간으로 삼았다. 4P란 사람(person), 과정(process), 산물(product), 환경(press)으로, 이 이론에 근거하여 본 연구에서 탐색하고자 하는 창의 과정과 창의 산물을 조작적으로 정의하였다.

‘창의 과정’은 창의적인 아이디어를 내는 데 작용한 인지적·정신적 과정이다. ‘창의 산물’은 말, 그림, 글 등 어떤 형태로 창의적인 아이디어가 표현된 것이다. 복합적이고 복잡한 개념인 창의성에는 인지, 정의, 환경적 측면이 모두 관여하지만, 이 연구에서는 창의 과정과 창의 산물이 연구 대상이므로 인지적 측면만 다루었다.

과학 창의성은 ‘새로우면서도 과학적으로 유용한 혹은 가치 있는 산물을 만들어내는 능력이나 성향’(임성만 등, 2009; 임채성, 2014)으로 정의된다. 따라서 과학 영역에서 창의 산물은 ‘새로우면서도 과학적으로 유용한 혹은 가치 있는 아이디어가 표

Table 1. Cognitive Constructs of Scientific Creativity

학자	인지적 측면의 과학 창의성 구성 요인					
	과학 지식	과학 탐구기능	창의적 사고			
확산적 사고			수렴적 사고	연관적 사고		
박종원(2004)	과학 지식	과학 탐구기능	창의적 사고			
조연순과 최경희(2000)	내용 지식	과정 지식	창의적 사고기능			
강호감과 최선영(2004)		재구성력	독창성, 유창성, 유연성	정교성		문제에 대한 민감성
정현철 등(2002)	과학 지식	과정 지식	확산적 사고	비판적 사고		문제의 종류, 문제발견력
Hu and Adey (2002)	산출물	과정	특성			
Adolf (1982), Meador (2003), Mohamed (2006)		과학적 탐구과정				
신지은 등(2002)		과학적 탐구과정				문제발견력

현된 것'이라고 정의된다. 과학 영역의 창의 과정은 '과학 창의성을 발휘하는 데 작용한 인지적·정신적 과정'으로 정의되는데, 이를 구체화하기 위해서는 과학 창의성에 관여하는 인지적 요인들을 모두 검토할 필요가 있다. 임성만 등(2009)은 인지, 정의, 환경적 요인으로 구분하여 과학 창의성을 논하면서 과학 창의성을 일반 창의성과 구별시키는 가장 큰 요인이 인지적 요인에 있다는 결론을 내렸다. 다음 Table 1은 국내·외 학자들이 제안한 인지적 측면의 과학 창의성 구성 요인을 정리한 것이다. Table 1을 통해 박종원이 제안한 모델이 문제발견력과 문제의 종류를 제외하고는 다른 학자들이 제안한 요인을 모두 포함하고 있다는 것을 알 수 있다.

탐구기능에는 기초 탐구기능인 측정, 분류, 추리, 예상 등과 통합 탐구기능인 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석 등 많은 것이 있지만 탐구기능을 많이 포함할수록 검사 도구의 분량이 늘어나 효율적이지 않다. 그래서 생명 영역과 가장 밀접하면서 초등학교 수준에 적당하고 측정하기 쉬운 관찰을 이 검사 도구의 대표 탐구기능으로 선정하였다. Csikszentmihalyi (1990)가 창의성이 문제를 해결하는 능력이 아니고 문제를 발견하는 능력임을 주장하였듯, 문제발견력이 중요한 요소이기는 하나 이는 탐구기능인 관찰과 밀접한 관련이 있으므로 (Lipps, 1999) 탐구기능-관찰 요소로 대체하였다.

이상의 논의에 따라 과학 창의성의 과정과 산물

검사 도구에 포함되어야 할 구성 요인과 그 정의를 정리하면 Table 2와 같다. 과학 지식과 탐구기능의 정의는 권용주 등(2003)과 성진숙(2002)에서, 관찰의 정의는 변정호 등(2009)의 논문에서 참고하였다. 창의적 사고기능의 정의는 박종원(2004)의 논문에서, 독창성과 유용성의 정의는 little-c 관점으로 접근한 임채성(2014)의 논문에서 참고하였다.

2) 개발 및 내용 타당도 검토

연구자는 과학 창의성의 과정과 산물 구인을 바탕으로 검사 도구를 고안하였다. 검사 도구를 고안할 때 함께 고려한 것은 다음과 같다. 첫째, 초등학교 수준에 적합해야 할 것, 둘째, 문항 수와 검사 시간이 적당할 것, 셋째, 구체적이고 명확한 문장으로 문제를 서술할 것, 넷째, 동형검사가 될 수 있도록 비슷한 문항으로 두 세트를 만들 것.

생명 영역의 소재를 탐색할 때, 현행 과학 교육 과정 3학년 2학기 '동물의 생활', 5학년 2학기 '생물과 환경' 단원에서 '동물의 적응', '생태계의 유지'라는 주제를 각각 추출하였다. 그리고 하나의 주제 당 과학 지식 1문항, 탐구기능-관찰 1문항, 창의적 사고기능 및 최종 산물 관련 5문항으로 총 7문항의 문제를 개발하였다.

다음으로 과학교육 전공 교수 2인, 석·박사 과정 혹은 학위를 수여한 교사 7인에게 관련 이론과 개발한 검사 도구를 보여주고 내용 타당도, 문항에

Table 2. Components in the Process and Product of Scientific Creativity

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

대한 수정 의견을 모았다. 검토 받은 의견을 정리 하면 다음과 같다. 첫째, ‘동물’ 문항은 과학 창의성 구인과 연결되도록 문항 개발이 이루어졌지만, ‘생태계’ 문항은 가설 설정, 실험 설계 등의 탐구기능이 혼합되어 나타나 전체적으로 내용 타당도가 부적합해 보인다. 둘째, 관찰 문항은 사진과 함께 제시되는데, 학생들이 그 사진을 보고 지식 문항에 답을 쓸 수 있으므로 사진은 분리해서 제시해야 한다. 셋째, 관련된 두 생물의 사진을 제시할 때 크기 비교가 잘 드러나는 사진도 함께 제시해야 한다.

이에 따라 협의를 거쳐 ‘생태계’ 문항을 전체적으로 수정하고, 사진은 문항과 분리하여 제시하기로 하였으며, 필요한 사진을 추가하였다.

3) 파일럿 테스트 및 결과 분석

연구자는 수정한 검사 도구를 서울특별시 M초등학교 6학년 학생 20명에게 1주에 1회씩 2주 동안 투입하였다. ‘동물’, ‘생태계’의 두 세트에 이루어진 검사 도구이며, 한 세트당 7문항씩 총 14문항이다. 한 세트의 검사 도구에 20분의 시간이 소요되었으며, 1주일 간격으로 한 세트씩 투입하였다.

파일럿 테스트 결과, ‘생태계’ 문항을 전체적으로 수정했음에도 학생들이 매우 어려워했음이 밝혀졌다. 그리하여 전공 교수 2인과 상의하여 ‘생태계의 유지’ 주제를 ‘식물의 적응’ 주제로 교체하고 문항 개발을 새로 하였다. ‘동물의 적응’ 주제와의 동형검사에 더 부합하기도 하고, 4학년 2학기 ‘식물의 생활’ 단원과 연결되어 있어 초등학교 고학년 학생에게 어렵지 않은 수준이기 때문이다. 또한, 마지막 문항에서 ‘창의적’이라는 용어를 초등학교 수준에서 이해하기 쉬운 ‘새로우면서 유용한’이라는 용어로 구체화하여 문항을 수정하였다.

4) 완성된 최종 문항

완성된 최종 문항은 부록에 수록하였다. 과학 창의성 과제에 주로 사용되는 지식은 동물(북극곰과 북극여우) 및 식물(선인장과 알로에)에 대한 지식, 사용되는 탐구기능은 관찰이다.

문항 1은 과학 지식, 문항 2는 탐구기능-관찰, 문항 3은 확산적 사고와 수렴적 사고, 문항 4와 5는 연관적 사고, 문항 6은 확산적 사고, 문항 7은 수렴적 사고와 연결되는 문항이다. 문항 1~5는 생성하는 답의 개수에 제한을 두지 않았다. 각 창의적 사

고기능을 문항 2개에 걸쳐 구성한 것은 1개 문항만으로 복잡한 사고기능을 나타내기 어렵기 때문이다. 게다가 지식이나 관찰과 같은 단순한 문항과 달리 학생들에게 어려운 문항이고 생성해내는 답이 한정적이라 한 문항만으로 그들의 수준을 변별력 있게 나누기가 어렵다. 문항 3은 두 가지 사고기능을 나타내는 데 동시에 사용되었는데, 각각 독립적으로 채점된다. 예를 들어, 문항 3에서 추론한 아이디어의 수는 확산적 사고로, 추론한 내용은 수렴적 사고로 채점된다. 이는 채점 기준에 자세히 후술하였다.

과학 창의성의 최종 산물은 문항 6과 7을 통해 나타난다. 문항 6에서 1~3가지 아이디어를 내면 문항 7에서 그중 가장 창의적이라고 생각하는 아이디어를 1개 선택하는데, 학생이 선택한 아이디어가 최종 산물이 된다. 즉, 과학 창의성 산물을 내는 과정은 두 가지 단계로 이루어져 있다. 아이디어를 원하는 만큼 최대 3개까지 제시하는 확산의 과정과 자신이 낸 아이디어 중 과학 창의성이 가장 높은 아이디어를 1개 선택하고 그 이유를 제시하는 수렴의 과정이다. 이렇게 확산적 사고와 수렴적 사고가 드러나도록 과제를 제시한 이유는 학생의 사고 과정을 따라가기 위해서다. 이는 후에 어떻게 최종 아이디어를 내게 되었는지를 학생에게 물어볼 때 유용하게 사용될 수 있다. 게다가 문항 6과 7은 각각 확산적 사고와 수렴적 사고를 나타낼 수 있다. 학생이 최종적으로 선택한 아이디어 1개에 대해서만 그 내용의 독창성과 유용성을 채점하여 과학 창의성 산물 점수를 내게 되는데 이 역시 채점 기준에 후술하였다.

‘동물’ 세트에서 문항 2를 위해 학생에게 배부한 사진 자료는 북극곰 사진 3장이며, 문항 4를 위해 배부한 사진 자료는 북극곰과 여우가 우연히 함께 찍힌 사진 1장, 북극곰 사진 1장, 북극여우 사진 1장이다. ‘식물’ 세트에서 문항 2를 위해 배부한 사진 자료는 선인장 사진 3장이며, 문항 4를 위해 배부한 사진 자료는 알로에, 알로에 잎을 자른 단면, 선인장, 선인장 줄기를 자른 단면 각각 1장씩이다.

그런데 파일럿 테스트를 분석하면서 새로운 문제점이 제기되어 별개의 관찰 검사지를 구성해야 했다. 문항 3이 문항 2의 관찰을 토대로 추론하는 문항이어서 필연적으로 문항 2와 3의 상관성이 매우 높아지기 때문이다. 추후 요인 분석 시 독립 변

인은 서로 독립적이어야 하는 가정이 있는데, 독립변인 간 상관성이 높게 되면 다중공선성(multicollinearity)의 문제가 생기며 검사 도구가 구성 타당도를 만족시키지 못한다는 결론으로 이어진다(Alin, 2010). 탐구기능-관찰과 창의적 사고기능의 높은 상관성으로 인해 개별 타당성이 떨어진다는 것은 두 개념이 독립된 형태의 구성 개념이 아닌 동일한 구성 개념임을 의미한다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 탐구기능-관찰을 측정하는 문항을 검사 도구의 맥락과 전혀 관계없는 문항으로 대체하기로 하였다.

그리하여 검사에 나온 생물과 전혀 관련성이 없고, 초등학생에게 매우 생소한 동물 1종, 식물 1종을 선정하여 관찰 검사지를 새로 구성하였다. 생소한 종을 선정한 이유는 관찰에 배경 지식이 개입할 수 없도록 하기 위함이다. 과학적 관찰은 필연적으로 관찰자의 배경지식, 경험 등의 영향을 받는다(변정호 등, 2009). 특정 생물종에 한하여 배경지식이 많은 학생에게 유리한 관찰 능력 평가 도구라면, 그 학생의 생물에 대한 관찰 능력을 일반화하여 기술하기에 어려움이 있다. 그러므로 관찰에 개입하는 배경지식이나 경험이 최소화되는 방향으로 관찰 대상을 선정하였다.

사진은 다양한 각도에서 찍은 사진, 발바닥, 꽃 등의 특정 부위를 확대한 사진으로 ‘토케이도마뱀붙이’ 4장, ‘광대나물’ 4장을 제시하였다. Fig 2는 관찰 검사지에 사용한 사진 자료의 예시이다. 실물을 보고 관찰하는 것이 실제적 관찰에 가까우나 선정

한 관찰 대상의 실물을 구하기가 어렵고, 모든 학생에게 똑같은 조건으로 제시할 수 없다는 단점이 있어 최대한 선명하고 잘 보이는 사진들로 출력하여 제시하였다. 문항은 ‘다음 동물(식물)을 자세히 관찰하여 그 특징을 최대한 많이 적어 보세요.’로 기존의 관찰 문항과 동일하고, 학생에게 생물의 이름을 밝히지 않았다.

2. 개발된 검사 도구의 신뢰도와 타당도 검증

1) 채점 기준의 설정 및 조정

검사 도구를 M초등학교 5학년 전체에 투입한 후 채점 기준에 따라 채점하였다. 점수는 가장 낮은 1수준에서 가장 높은 4수준으로 총 4개의 수준을 두었다. 이는 추후 확인적 요인 분석과 구조방정식 연구에 유용하고 적정하기 때문이다.

먼저, 연구자는 교수 2인, 교사 7인과 협의한 1차 채점 기준에 따라 가채점을 실시하였다. 가채점 결과를 Rasch Model 분석한 후, 채점 기준이 학생 수준에 적합하지 않다는 문제점을 발견하였다. 동물과 식물의 동형 문항 간 큰 편차가 발견되었고, 1수준 학생이 매우 적은 한편 4수준 학생이 매우 많았다. 따라서 교수 1인 및 박사 과정 교사 1인과 세부 채점 기준을 조정하였다. 조정된 채점 기준은 Table 3와 같다.



Fig. 2. Sample Photos of the Observation Test.

Table 3. Table of Scoring Criteria

채점 문항	창의 과정					창의 산물	
	지식	관찰	확산적 사고	수렴적 사고	연관적 사고	독창성	유용성
문항 1	문항 1	관찰 검사지	문항 3과 6	문항 3과 7	문항 4와 5	문항 6-7에서 학생이 최종 선택한 1개 아이디어	유용성
4 수준	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 구체적인 수준 높은 추론을 하며 논리성이 있음	별개로 보이는 것을 서로 연관하여 알려진 범주를 새로운 지식에 적용함	아이디어의 출연 빈도가 그룹 내에서 5% 이하	매우 유용하고 아이디어가 구체화되어 있어 과학적 타당성이 충족됨
3 수준	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 출연 빈도가 그룹 내에서 10% 이하	유용한 편이고 과학적 타당성이 어느 정도 충족됨
2 수준	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 출연 빈도가 그룹 내에서 20% 이하	유용한 편이나 과학적 타당성이 초등학교 수준에서 떨어짐
1 수준	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 출연 빈도가 그룹 내에서 21% 이상, 미응답, 문제와 관련된 없는 응답	유용하지 않고 과학적 타당성이 떨어짐, 미응답, 문제와 관련된 없는 응답

※ 동물과 식물의 동형 문항을 독립적으로 채점하여 일의 자리로 반올림한 평균값이 각 구성 요인의 점수가 되었다.

창의 산물은 한 학생 당 1개지만 창의 과정은 개수와 관계없이 내용을 자유롭게 산출하도록 했기 때문에 학생별로 응답 개수에 차이가 났다. 확산적 사고를 제외한 나머지 창의 과정 항목은 응답 개수보다 각 응답의 질적 수준이 우선적으로 채점되었다. 예를 들어 지식 항목에서 많은 내용을 산출했다고 하더라도, 가장 높은 수준의 응답이 3수준에 해당한다면 그 개수와 관계없이 3수준으로 채점하였다. 다만, 정성적으로만 보고 수준을 나누기 어려운 경우에는 응답의 개수도 참고하였다.

지식의 채점은 동물(북극곰)의 경우 ‘빛 때문에 투명한 털이 흰색으로 보인다.’, ‘북극의 최종소비자다.’, 등의 진술을 할 경우 4수준, ‘포유류이며 새끼를 낳는다.’, ‘털이 있어서 체온 유지를 할 수 있다.’ 등의 진술을 할 경우 3수준, ‘멸종 위기에 있다.’, ‘힘이 세다.’와 같은 단순한 진술을 2가지 이상 할 경우 2수준, 1가지의 단순한 진술을 하거나 ‘북극에 산다.’, ‘흰색이다.’와 같은 피상적 특징만을 진술할 경우 1수준으로 채점되었다. 식물(선인장)의 경우 ‘표면이 단단해서 다른 식물보다 물 증발이 덜하다.’, ‘수분을 많이 빼앗기지 않으려고 잎이 작아져서 뽕죽해졌다.’ 등의 진술을 할 경우 4수준, ‘다육식물이다.’, ‘잎이 가시 모양이다.’ 등의 진술을 할 경우 3수준, ‘선인장 안에 수분이 있다.’, ‘선인장에 꽃이 핀다.’와 같은 단순한 진술을 2가지 이상 할 경우 2수준, 1가지의 단순한 진술을 하거나 ‘가시가 있다.’, ‘초록색이다.’와 같은 피상적 특징만을 진술할 경우 1수준으로 채점되었다.

관찰의 채점은 초등학교 학생 관찰 유형에 관한 문헌(박명희 등, 2005; 신동훈 등, 2006)을 참고하여 만든 기준 4가지가 사용되었다. 다양한 감각 사용의 경우, 실물 관찰이 아니므로 시각과 촉각적 표현이 들어가면 만족시킨다고 보았다. ‘오돌토돌하다.’, ‘보들보들하다.’, ‘만지면~할 것 같다.’ 등의 표현이 촉각적 표현이다. 크기 비교나 수량화 유무의 경우, ‘도마뱀은 사람 손바닥 크기 정도이다.’, ‘꽃이 한 층에 4~5개 핀다.’와 같이 사진 관찰에 근거하여 서술하면 만족시킨다고 보았다. 관찰 부위의 다양성은 도마뱀의 경우 머리, 몸통, 꼬리, 다리 중 3가지 이상, 광대나물의 경우 꽃, 잎, 줄기, 뿌리 중 3가지 이상 관찰했을 경우 기준을 만족시킨다고 보았다. 관찰의 세밀성은 도마뱀의 경우 ‘작은 이빨이 일렬로 나 있다.’, ‘깃바퀴는 없고 깃구멍만 뚫려 있

다.’, 광대나물의 경우 ‘잎이 바구니처럼 펼쳐져 있다.’, ‘아래쪽 꽃잎이 입술처럼 튀어나와 있다.’와 같이 남들이 쉽게 발견하지 못한 것을 썼을 때 기준을 만족시킨다고 보았다.

확산적 사고의 채점에서는 유창성(얼마나 많은 아이디어를 내는가)과 융통성(얼마나 다양한 아이디어를 내는가)을 중점적으로 보았다. 문항 3은 관찰한 특징이 생물이 살아가는 데 도움 되는 이유를 설명하는 것으로, 이 문제 상황에서 어떤 학생은 최대 7개까지 아이디어를 냈다. 문항 6은 생물의 특징을 활용하여 사람들에게 도움 될 만한 새로우면서 유용한 것을 만들어 내는 것으로, 어떤 학생은 아이디어를 다양화하여 최대 3개까지 냈다. 문항 3에서 낸 아이디어의 개수와 문항 6에서 낸 아이디어의 다양성을 고려하여 채점하되, 학생 수준을 고려하기 위해 평균값과 상대적으로 비교하였다. 예를 들어 A 학생이 문항 3에서 평균값보다 많은 아이디어를 내고, 문항 6에서 낸 다양한 아이디어의 수가 평균값을 넘으면 4수준을 부여하였다.

수렴적 사고의 채점에서는 통합성과 정합성을 중점적으로 보았다. 각각 문항 3과 문항 7로 연결되는데, 관찰한 것을 과학 지식과 통합하여 구체적이고 수준 높은 추론을 할수록, 자신의 아이디어 중 가장 창의적인 아이디어를 선택한 이유가 논리적이고 일관성 있게 연결되어 모순이 없을수록 높은 점수를 주었다. 예를 들어 동물(북극곰)의 경우, ‘귀가 작다-열을 덜 빼긴다.’, ‘발이 넓적하다-열을 깨는 데 유리하다.’의 서술을 하면 3~4수준으로 채점하고, ‘해엄친다-물고기를 잡아먹을 수 있다.’, ‘하얀색이다-보호할 수 있다.’의 서술을 하면 1~2수준으로 채점하였다. 식물(선인장)의 경우, ‘가시가 규칙적으로 나 있다-여러 방면에서 막을 수 있다.’, ‘가시가 좁고 얇다-수분이 적게 빠져나간다.’의 서술을 하면 3~4수준으로 채점하고, ‘가시가 있다-보호한다.’, ‘줄기가 있다-튼튼하다.’의 서술을 하면 1~2수준으로 채점하였다. 그리고 문항 7에서 자신의 아이디어를 선택한 이유를 얼마나 논리적으로 설명했는지에 따라 한 수준 위 또는 아래로 조정하였다. 예를 들어 문항 3에서 1~2수준으로 채점되었다면, 문항 7의 선택 이유가 ‘잘 모르겠다’, ‘창의적이어서’ 등이면 1수준, ‘이런 아이디어는 본 적이 없어서’, ‘철이 아닌 식물로 만든 것이라 친환경적이어서’ 등이면 2수준을 부여하였다.

채점 기준에 따른 학생의 점수를 Rasch Model에 적용하여 산출한 Wright map(person-item map)이다. Rasch Model에 기반한 Wright map은 전체 항목에 대한 응답자의 능력에 각 항목에 대한 응답자의 수준을 표현한 그래프이다. 응답자가 해당 수준 이상의 응답을 할 확률을 나타내는 단계 값(step point)은 응답자의 능력치를 표시하며, 각 항목에 대한 응답자의 수준을 구분하는 경계가 된다. 이 그래프는 각 항목의 곤란도 및 응답자의 능력을 Wrightmap에서 가장 왼쪽에 표시된 MEASURE 값(3, 2, 1, 0, -1, -2, -3), 즉 로지트(logit) 값으로 변환하여서 한 눈에 비교할 수 있다. 중앙 세로선 왼쪽의 ‘#’과 ‘·’으로 표시된 PERSON은 응답자의 위치에 따른 인원수를 나타낸 것인데 Fig 3에서 ‘#’은 2명, ‘·’은 1명을 나타낸다. 그리고 Usefulness 4, Originality 4와 같이 항목의 명칭 바로 옆에 숫자로 수준을 표시하였다.

MEASURE 값은 양의 값을 가질수록 응답자의 능력과 문항 곤란도가 높아지는 것을 의미하며, 음의 값은 반대이다. 이에 따라 문항 곤란도가 낮은 것부터 높은 순으로 나열하면 관찰, 수렴적 사고, 확산적 사고, 연관적 사고, 지식, 독창성, 유용성 순으로, 학생들은 유용성을 가장 어려운 것으로 나타났다.

Wrightmap에 나와 있듯, 1수준은 로지트 값 -1과 -3 사이에, 4수준은 로지트 값 1과 3 사이에 분포하고 있다. 1수준 혹은 4수준에 해당하는 학생이 없었다면 채점 기준을 상향 혹은 하향 조정해야 했을 것이다. 또한, 모든 항목에서 1~4수준이 적당한 빈도수를 보이고 있으므로 각 수준의 학생들이 골고루 분포하고 있음을 알 수 있다. 마지막으로 각 항목의 단계 값은 같은 수준이면 비슷한 곳에 위치하고 있으므로 어느 한 항목이 다른 항목에 비해

수준이 너무 높거나 낮은 문제는 나타나지 않았다고 할 수 있다.

2) 검사 결과의 기술 통계 분석

창의 과정, 창의 산물에 대한 채점 후 105명의 학생에 대한 기술 통계 결과는 Table 4와 같다. 1수준에서 4수준까지 부여했기 때문에 모든 항목이 최솟값 1, 최댓값 4를 나타내고 있다.

평균값은 유용성을 제외하고 2.11에서 2.34 사이로 분포하고 있는데, 유용성의 평균값은 가장 낮은 1.92를 기록하고 있다. 유용성 하향 편향의 문제는 기존 문헌에서도 확인할 수 있는데(김민주 등, 2020; 김민주와 임채성, 2018), 과학적 타당성과 유용성이라는 두 측면을 만족시켜야 하고, 엄격한 평가자인 교사의 관점에서 평가받기 때문에(Newton, 2010) 초등학생이 좋은 점수를 받기 까다로운 영역이라고 할 수 있다.

3) 검사 도구의 신뢰도 분석

동물 세트와 식물 세트의 동형검사 신뢰도(parallel-form reliability)는 스피어만 상관계수를 산출하여 추정하였고, 그 결과는 Table 5와 같다. 독창성 항목을 제외한 모든 항목에서 동물 세트와 식물 세트는 유의 수준 1% 내의 연관성을 가진다.

독창성 항목에서 스피어만 상관계수가 유의하게 나타나지 않은 이유는 크게 두 가지로 해석된다. 첫째는 독창성 점수의 산출방식이 채점자가 채점하는 여타 항목과 크게 차이난다는 것이다. 여타 항목은 내용에 대한 정성적 평가를 받지만 독창성은 철저하게 정량적 평가를 받는다. 즉, 독창성은 내용에 대한 평가 없이 단지 비슷한 아이디어끼리 분류하여 전체 아이디어에서 차지하는 비율로 점수를 매긴다는 것이다. 이는 두 번째 이유로도 연

Table 4. Descriptive Statistics for the Constructs

구성 개념	사례 수	최솟값	최댓값	평균	표준편차	
지식	105	1	4	2.16	1.048	
관찰	105	1	4	2.34	1.134	
창의 과정	확산적사고	105	1	4	2.30	1.028
	수렴적사고	105	1	4	2.31	1.103
	연관적사고	105	1	4	2.24	1.015
창의 산물	독창성	105	1	4	2.11	0.913
	유용성	105	1	4	1.92	1.026

결되는데, 독창성은 과학적 사실이나 원리를 전혀 고려하지 않으면 오히려 높은 점수를 받을 수 있는 영역이며, 단지 우연에 의해 높은 점수를 획득할 수도 있다. 다시 말해 과학적으로 타당하지 않더라도 상당히 특이한 아이디어를 내거나, 내용이 매우 빈약하고 과학적 원리로 구체화되어 있지 않더라도 희소한 다른 아이디어와 함께 분류되면 높은 점수를 받을 수 있다. 의도적으로 많은 것들을 고려하는 진정한 창의성과는 거리가 먼 독창성은 사이비 창의성(pseudo creativity)으로 간주되기도 한다(Runco, 2007). 본 검사 도구에서 독창성은 우연에 의해 좌우되는 고유의 특성과 내용을 고려하지 않는 산출 방식으로 인해 일관적으로 측정되지 않았다고 사료된다.

동물과 식물 문항을 모두 합친 전체 문항의 신뢰도(Cronbach's α)는 0.818이었다. 크론바흐 알파 계수가 0.8~0.9의 값이면 신뢰도가 매우 높은 것으로 보고 있으므로 본 검사의 문항은 내적 일관성을 만족시킨다고 할 수 있다.

Table 5. The Parallel-form Reliability between 'Animals' and 'Plants' Tests

항목	Spearman's rho
동물 지식 ↔ 식물 지식	.479**
동물 관찰 ↔ 식물 관찰	.617**
동물 확산적 사고 ↔ 식물 확산적 사고	.346**
동물 수렴적 사고 ↔ 식물 수렴적 사고	.337**
동물 연관적 사고 ↔ 식물 연관적 사고	.327**
동물 독창성 ↔ 식물 독창성	.101
동물 유용성 ↔ 식물 유용성	.493**

** p < 0.01

4) 검사 도구의 타당도 분석

요인 분석은 구성 타당도를 통계적으로 측정할 수 있는 방법으로, 본 연구에서는 AMOS 프로그램의 확인적 요인 분석을 이용하여 잠재 변수 설정의 적합성을 알아보았다. 본 검사 도구의 사용 목적 자체가 창의 과정과 산물의 관계를 탐색하기 위한 것이므로 학생이 창의 과정을 거쳐 창의 산물을 낸다는 전제에서 창의 과정과 산물을 정의하고 이론에 따라 구성 요인을 추출했다. 창의 과정과 산물의 관계는 다른 변수에 영향을 주는 외생변수와 영향을 받는 내생변수의 관계다. 독창성과 유용성을

관측변수로 둔 창의 산물은 단독 내생변수로서 독립적인 잠재변수로 인정되므로, 창의 과정의 잠재변수인 과학 지식, 탐구기능(관찰), 창의적 사고기능에 대해서만 확인적 요인 분석을 실행하였다. 분석은 Fig 4의 그래픽 및 Table 6, 7, 8의 구체적 수치를 통해 나타난 집중타당성, 판별타당성, 법칙타당성과 Table 9의 적합도 수치를 종합하여 이루어졌다.

지식과 관찰은 측정 문항이 동물, 식물 1문항씩 있고 잠재변수 1개당 최소 2개 이상의 관측변수를 설정해야 하므로 과학 지식의 관측변수는 동물 지식과 식물 지식이며, 탐구기능-관찰의 관측변수는 동물 관찰과 식물 관찰이다. 창의적 사고기능의 경우, 관측변수는 연관적 사고, 수렴적 사고, 확산적 사고로, 동물과 식물 문항 평균값이다.

이와 같은 잠재변수와 관측변수의 설정에서 최종적인 확인적 요인 분석 모델은 Fig 4와 같다. 잠재변수에서 관측변수로 가는 모든 경로의 표준화된 요인부하량(standardized factor loading)이 .5 이상을 보이고 있으므로 잠재변수와 관측변수의 일치성 정도를 의미하는 집중타당성(convergent validity)이 있다고 할 수 있다. 또, 3가지 잠재변수 간 상관 계수가 .35, .50, .50으로 그다지 높지 않기 때문에 서로 독립된 잠재변수 간의 차이를 의미하는 판별타당성(discriminant validity)이 있다고 해석된다. 이론을 바탕으로 하나의 구성 개념이 다른 구성 개념을 어느 정도 예측하는지를 나타내는 법칙타당성(nomological validity)은 잠재변수가 정(+)의 방향으로 연관이 있는지 확인하여 검증할 수 있다. 실제 결과에서 3가지 잠재변수는 모두 정의 방향으로 유의한 상관이 있기 때문에 법칙타당성이 인정된다.

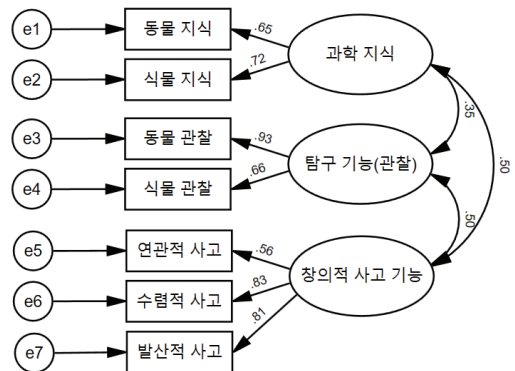


Fig. 4. The Final Confirmatory Factor Analysis Model.

Table 6. Convergent Verification of Confirmatory Factor Analysis Model

		비표준화 계수	S.E.	C.R.	P	표준화 계수	AVE	개념 신뢰도
창의 과정	과학 지식→동물 지식	1.108	0.318	3.489	***	0.720	0.467	0.636
	과학 지식→식물 지식	1.000	-	-	-	0.650		
	관찰→동물 관찰	1.360	0.353	3.857	***	0.921	0.614	0.756
	관찰→식물 관찰	1.000	-	-	-	0.663		
	창의적 사고→수렴적 사고	0.938	0.129	7.272	***	0.766	0.540	0.773
	창의적 사고→연관적 사고	0.641	0.115	5.561	***	0.569		
	창의적 사고→확산적 사고	1.000	-	-	-	0.876		

*** p<.001

집중타당성은 앞에서 언급한 표준화된 요인부하량과 함께 유의성, AVE(Average Variance Extracted), 개념 신뢰도(Construct Reliability)로 검증할 수 있다. Table 6는 잠재변수와 관찰변수 간 집중타당성 결과를 나타낸 표이다. 표준화된 요인부하량은 표준화계수 .5 이상 .95 이하면 좋다고 할 수 있다(Bagozzi & Yi, 1998). 통계적인 유의성은 C.R.이 1.965 이상, p 값이 .05 미만이어야 만족된다(Brown & Moore, 2012). 요인부하량과 유의성은 Table 6에서 볼 수 있듯 모든 잠재변수가 기준을 만족시키고 있다. AVE는 .5 이상, 개념 신뢰도는 .7 이상이면 만족된다(Brown, 2006; Fornell & Larcker, 1981). AVE와 개념 신뢰도는 과학 지식만이 기준에 약간 못 미치는 수준인 .467, .636이다.

이는 과학 지식이 명제적 지식(declarative knowledge)에 해당하고 나머지 잠재변수가 절차적 지식(procedural knowledge)에 해당하기 때문이라고 해석된다. 과정적 지식, 방법적 지식이라고도 불리는 절차적 지식은 학습한 결과가 아닌, 결과를 얻는 수행 과정과 절차를 아는 것(knowing how)을 의미한다. 반면 명제적 지식은 선언적 지식, 결과적 지식이라고도 하며 어떤 명제에 대해서 아는 것(knowing that)을 의미한다(Anderson, 2005; Luger et al., 1994). 과학에서 절차적 지식은 과학적 추론, 탐구기능 등을 포함하며 사실, 가설, 의문, 이론 등의 명제적 지식을 산출하기 위해 표상되어야 하는 암묵적인 지식이다(권용주 등, 2004). 이에 따라 검사도구에서 탐구기능-관찰, 창의적 사고기능이 절차적 지식이라고 할 수 있다. 절차적 지식은 같은 기술, 기능을 여러 내용 영역에 적용할 수 있는 것에 반해 명제적 지식인 과학 지식은 내용 영역에 따라

차이가 크게 생길 수 있다. 생명 영역에서 잠재변수인 과학 지식과 관측변수인 식물, 동물 지식 간 일치 정도는 기준에 완전히 부합하지는 않았지만, 식물, 동물 외에 다른 내용 요소를 추가한다면 수치가 개선되리라 추측한다.

판별타당성은 AVE가 잠재변수 간 상관계수의 제곱보다 큰지의 여부, 잠재변수 간 상관계수의 신뢰구간이 1.0을 포함하는지 여부, 비제약모델과 제약모델 간의 χ^2 비교로 검증할 수 있다. 판별타당성 검증에서 잠재변수 간 상관계수(ρ)는 변수 간 상관이 가장 높은 쌍을 선택해서 대표적으로 검증한다(Yu, 2012). 변수 간 상관이 높을수록 판별타당성이 떨어질 가능성이 높기 때문이다. Table 7은 확인적 요인 분석에서 산출한 AVE 값과 상관계수를 정리한 것이다. 변수 간 상관이 가장 높은 ‘지식↔창의적 사고기능’을 대표적으로 검증하면, 잠재변수 간 상관계수는 .50이므로 $(.50)^2=.25$ 이다. 이 값은 지식의 AVE인 .467, 창의적 사고기능의 AVE인 .540보다 작기 때문에 판별타당성 기준에 부합한다.

Table 7. The Correlation between Constructs

구성 개념		지식	관찰	창의적 사고기능	AVE
창의 과정	지식	1	-	-	.467
	관찰	.35	1	-	.614
	창의적 사고기능	.50	.50	1	.540

잠재변수 간 상관계수의 신뢰구간이 1.0을 포함하는지는 대표 잠재변수 간 상관계수(ρ)와 표준오차(Standard Error)를 $[\rho \pm 2 \times S. E.]$ 식에 대입하여 알 수 있다. 지식과 창의적 사고기능의 상관계수

.50, 표준오차 .097을 식에 대입하면 $[.50 \pm 2 \times .097 = .31 \sim .69]$ 로 1을 포함하지 않는 것을 확인할 수 있다.

비제약모델과 제약모델 간의 χ^2 비교는 지식과 창의적 사고기능 간의 아무런 제약을 가하지 않은 비제약모델과 두 잠재변수의 공분산을 1로 고정한 제약모델 분석 결과로 비교할 수 있다. $df=1$ 일 때 $\Delta\chi^2=3.84$ 보다 크면 유의하다고 본다(Brown & Moore, 2012). Table 8에 나타난 모델 유형에 따른 χ^2 을 비교하면, $df=1$ 일 때 $\Delta\chi^2=22.0$ 으로서 두 모델 간 유의한 차이가 나타나므로 판별타당성이 있다고 할 수 있다.

Table 8. The Difference χ^2 between Unconstrained and Constrained Model

모델 유형	χ^2	df	$\Delta\chi^2 / df$
자유 모델	14.8	11	22.0 / 1
제약 모델	36.8	12	

Table 9. Model Fit of Confirmatory Factor Analysis Model

구분	χ^2	df	CMIN/DF	TLI	CFI	RMSEA(90%CI)
측정 모형	14.790	11	1.345	.963	.981	.058(.000~.125)

Table 9는 확인적 요인 분석 모델의 적합도를 나타낸 것이다. 확인적 요인 분석 모델의 적합도를 검증하기 위하여 절대적합지수 중 Normed χ^2 , RMSEA 값을, 증분적합지수 중 TLI, CFI 값을 활용하였다. 절대적합지수는 수집한 데이터의 공분산행렬과 연구모델의 공분산행렬이 얼마나 적합한지를 보여주며, 증분적합지수는 연구모델이 영모델(null model)보다 얼마나 잘 측정되었는지를 나타낸다. Normed χ^2 (CMIN/DF)은 χ^2 을 df로 나눈 값으로 3 이하면 수용할만 하며, 2 이하면 좋다고 할 수 있다. TLI, CFI는 .9 이상, RMSEA는 .08 이하면 양호하다(홍세희, 2000; Sun, 2005). Table 9의 지수가 모두 양호한 수치를 나타내므로 확인적 요인 분석 모델의 적합도가 우수하다고 할 수 있다.

이상의 결과를 종합하면 확인적 요인 분석 모델의 집중타당성, 판별타당성, 범칙타당성과 적합도 측면에서 본 검사 도구는 구성타당도가 입증되었다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 초등학생의 창의 과정과 산물의 관계를 탐색할 수 있는 과학 창의성 검사 도구를 개발하기 위해 어떤 요인을 포함해야 하는지 이론에 따라 검토하였다. 5학년 학생에게 검사 도구를 투입한 후, 타당도와 신뢰도를 여러 측면에서 분석하였다. 연구 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 선행 이론 검토 결과, 초등학생의 창의 과정과 산물의 관계를 탐색할 수 있는 과학 창의성 검사 도구에 포함되어야 할 요인은 다음과 같았다. 창의 과정 요인으로 과학 지식, 과학 탐구기능, 창의적 사고기능(확산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고)이 있으며, 창의 산물 요인으로 독창성과 유용성이 있다. 탐구기능의 경우 검사 도구의 효율성을 고려하여 생명 영역과 관련되며 초등학생 수준에 적절한 관찰만을 검사 항목에 포함하였다.

둘째, 검사 도구를 파일럿 테스트하는 과정에서 탐구기능-관찰과 창의적 사고기능의 비정상적으로 높은 상관성이 발견되어 별개의 관찰 검사를 추가하였다. 창의적 사고기능을 측정하는 문항 3이 문항 2의 관찰을 토대로 추론하는 문항이어서 문항 2와 3의 상관성이 비정상적으로 매우 높아 판별 타당성을 만족시키지 못한 것이다. 그러므로 문제 해결 문항으로 검사 도구를 제작할 시, 각각의 독립적인 구성 개념을 대표하는 문항이 서로 관련성을 갖고 있지는 않은지 확인하여 구성 타당도를 확보하는 것이 좋다.

셋째, 검사 결과를 기술 통계 분석한 결과, 창의 산물의 하위 요소인 유용성 항목은 다른 모든 항목 중 가장 낮은 평균 점수를 나타냈다. 유용성 요소는 자유롭게 모든 방향으로 아이디어를 떠올리는 독창성 요소를 제약하는 조건들로 이루어져 있다(Beghetto, 2010). 독창성이 영역 일반성과 관련된다면 유용성 요소는 영역 특이성과 관련되기 때문에(임채성, 2014) 과학 지식, 탐구기능과 같은 요소의 제약을 받는다. 학생들은 과학적 타당성을 담보하면서 아이디어의 유용성(가치)을 높이는 방향으로 아이디어를 제시해야 엄격한 평가자인 교사로부터 유용성에서 높은 점수를 받을 수 있다. 그들의 지식과 기능, 인지 발달 수준을 고려하면 초등학생이 과학의 제약 조건을 만족시키는 것은 상당히 어려

은 일이기에 교사는 특별히 little-c 창의성 관점에서 유용성을 평가하고 격려할 필요가 있다.

넷째, 본 검사 도구의 신뢰도를 분석한 결과, 전체 문항의 내적 일관성을 만족시켰다. 다만 창의 산물의 하위 요소인 독창성 항목은 동형검사 신뢰도 추정에서 유일하게 유의하지 않은 결과를 보였다. 지식, 관찰, 창의적 사고기능, 유용성은 내용을 질적으로 고려하는 채점 방식으로 인해 학생의 인지 능력을 어느 정도 반영할 수 있지만, 독창성은 채점에 있어 내용을 전혀 고려하지 않으며, 우연에 의해 좌우되는 고유의 특성이 있기 때문이다.

다섯째, 본 검사 도구의 타당도를 분석한 결과, 확인적 요인 분석 모델의 집중타당성, 판별타당성, 법칙타당성과 적합도의 기준을 만족하였다. 다만 잠재변수인 과학 지식과 관측변수인 식물, 동물 지식 간 집중타당성은 기준치에 약간 못 미치는 수준이었다. 이는 여러 내용 영역에 적용될 수 있는 절차적 지식과 비교하면 명제적 지식인 과학 지식은 내용 영역에 따른 편차가 크기 때문이라고 해석된다.

이러한 결론에 따라 본 연구가 추후 과학교육 연구와 실제 교육 현장에 시사하는 바는 다음과 같다.

첫째, 본 검사 도구는 타당도와 신뢰도가 입증되어 추후 연구에 유용하게 쓰일 수 있다. 지금까지의 연구가 과학 창의성과 과학 지식의 관계(김현주 등, 2020), 과학 창의성과 사고기능 혹은 탐구기능의 관계(박현주, 2014; 손정우, 2009; Yang *et al.*, 2016)와 같은 식으로 과학 창의성과 한 변인의 관계를 다뤘다면, 이 검사 도구로 과학 창의성과 관계되는 여러 변인을 동시에 다룰 수 있다. 즉, 인지적 측면에서 과학 창의성에 영향을 준다고 사료되는 과학 지식, 탐구기능, 창의적 사고기능과 과학 창의성의 관계를 동시에 다룰 수 있는 것이다. 그리하여 구조방정식 분석을 통해 어느 변인이 과학 창의성에 더 많은 영향을 미치는지 알 수 있고, 초등학생의 과학 창의성 향상에 관한 의미 있는 함의를 끌어낼 수 있을 것이다.

또한, 인지적 측면의 과학 창의성을 탐구하기에 적절한 검사라고 생각한다. 창의 과정을 분절적으로 보거나, 창의 산물만 보았던 다른 평가 도구와 달리, 산물을 내기까지의 과정을 전체적으로 파악할 수 있다. 여기서 창의 과정은 두 가지 측면이 있다. 산물을 내는 데 도움을 주는 요소인 과학 지식, 탐구기능, 창의적 사고기능(확산, 수렴, 연관)과 산

물을 내는 데 직접 관여하는 확산-수렴의 과정이다. 검사 도구는 정성적인 연구에도 사용될 수 있는데, 검사를 마친 학생과의 면담을 통해 아이디어를 생성하고 그중 하나를 선택하는 과정에서 어떤 사고의 흐름을 거쳤는지, 산물을 내는 데 어떤 요소의 도움을 가장 많이 받았는지 등을 확인할 수 있다. 예를 들어, 최종 산물을 내는 데 과학 지식의 도움을 더 많이 받았는지, 탐구기능의 도움을 더 많이 받았는지, 아이디어를 내는 데 사용한 지식은 어디에서 얻었는지 등을 함께 확인할 수 있다.

다만 본 검사 도구는 창의성의 정의적 측면, 환경적 측면을 반영하지 않는다. 일반적으로 창의성은 인지적, 정의적, 환경적 요인으로 구성되는데(성진숙, 2002; 임성만 등, 2009; Lubart, 1999) 과학 창의성에 있어 정의적, 환경적 요인은 영역 일반적 특성을 더 많이 띠므로 인지적 요인과 달리 잠재적인 수많은 변인을 고려해야 한다. 이 점에서 유의하여 이 검사 도구와 정의적, 환경적 검사 도구를 적절히 병행한다면 과학 창의성에 대한 종합적이고 거시적인 시각을 얻을 수 있을 것이다.

둘째, 이 검사 도구로 기존의 창의성 평가 도구 간 경계를 허물 수 있다. 기존의 창의성 평가 도구는 크게 성향검사, 인지검사, 창의적 산물검사의 3가지로 나뉘는데(최인수, 2000), 인지적 측면의 검사는 인지검사와 창의적 산물검사의 2가지가 있다고 볼 수 있다. 인지검사는 확산적 사고, 수렴적 사고와 같이 영역 일반적 관점에서 중요한 요소를 보는 것이라 과학 영역과 큰 관련성이 없다는 단점이 있다. 산물검사는 과학 영역에서 창의적인 결과물을 내는 것으로 과학 영역의 특수성에 맞게 개발할 수 있다는 장점이 있지만, 결과물을 내기까지의 사고 과정을 알 수 없다는 단점이 있다. 이 검사 도구는 확산적 사고, 수렴적 사고와 같은 사고기능을 과학의 맥락에서 측정할 수 있어 인지검사의 단점을 보완하고 사고 과정을 파악할 수 있어 산물검사의 한계 또한 보완할 수 있다.

셋째, 본 검사 도구는 교육 현장에 실제적이고 유용한 과학 창의성 평가 툴을 제공할 것이다. 기존의 과학 창의성 평가 도구는 연구 목적에 부합하나 교육 현장에서 직접 사용하기에는 채점 방식이 복잡한 면이 있었다. 그리고 독창성 상향 편향이나 유용성 하향 편향의 문제가 발생하기도 했다(김민주 등, 2020). 또한, 초등 수준을 고려하여 만든 평

가 도구가 아니기도 했다(Hu & Adey, 2002; Sak & Ayas, 2013). 이 연구에서는 독창성과 유용성의 채점 결과를 Rasch Model로 분석하여 검사 도구의 채점 기준이 학생 수준에 적합하게 설정되어 있고, 상향 혹은 하향 편향의 문제가 없다는 것을 확인했다. 채점 방식도 1~4수준으로 채점 기준에 따라 채점하는 것이라 이해하기에 쉽고 단순하다.

넷째, 본 검사 도구는 교육 현장에서 실제적 창의성 발휘를 돕는 수업 소재로 쓰일 수 있다. 어린 학생이 참여하는 창의성 활동이 확산적 사고에 치우쳐진 경향이 있는데(최일호와 최인수, 2001; 한기순, 2000; Runco, 2004) 이 검사 도구의 확산과 수렴의 과정을 수업 활동으로 구성한다면 필수적인 창의성 기술인 수렴적 사고도 포함하여 가르칠 수 있다. 확산적 사고와 수렴적 사고를 분절적으로 가르치는 교수·학습법도 존재하지는 않지만 원래 두 사고기능은 한 번에 하나씩만 작용하는 것이 아닌, 동시에 교차하며 이루어지는 사고 작용이다. 그러므로 확산적 사고에서 수렴적 사고로 흐르는 자연스러운 과정을 가르치는 것이 학생의 창의성에 실질적인 도움이 될 것이다(Runco & Acar, 2012).

더불어, 생명 영역은 초등학생이 가장 흥미 있게 여기고(임채성 등, 2013), 친숙하며 주변에서 쉽게 관찰할 수 있는 현상이기 때문에 본 검사 도구는 다큐멘터리 시청, 식물 관찰 활동 등과 함께 흥미로운 수업 주제로 쓰일 수 있다.

다만 이 검사 도구는 과제 특수적 접근에서 개발한 것이기 때문에 다른 영역으로의 호환이 쉽지 않다. 즉, 이 검사 도구의 평가 문항으로 물질 영역이나 지구와 우주 영역의 문항을 개발하기가 어렵다. 완전히 다른 상황과 맥락을 설정해야 할 뿐만 아니라 과제를 해결하는 데 필요한 지식과 탐구기능 요소를 새롭게 선정해야 하기 때문이다. 게다가 과정에서 산물로 매끄럽게 이어지는 문항을 개발하기가 쉽지 않다.

본 연구는 이론을 바탕으로 검사 도구를 개발하여 과학 창의성 연구와 실제 교육 현장에 실질적인 도움을 주고자 하였다. 앞으로의 창의성 교육이 스캠퍼(SCAMPER), 브레인스토밍(brainstorming), 육색 사고 모자 기법, TTCT 등과 같은 일반적 창의성 위주의 교수·학습 기법과 평가 도구에서 벗어나 실제적인 교과별 창의성 교육에 대한 고민 및 실천 노력으로 전환될 필요가 있다.

참고문헌

강정하, 최인수(2008). 과학적 창의성과 시각예술적 창의성. *영재교육연구*, 18(2), 201-237.

강충열(2006). 창의성 교육과 초등교육의 근본적 성격. *아동교육*, 15(3), 33-52.

강현철(2013). 구성타당도 평가에 있어서 요인분석의 활용. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 43(5), 587-594.

강호감, 최선영(2004). 초등 생물교육에서 창의력 신장을 위한 교수·학습 방안: 창의력 구성요소를 중심으로. *생물교육*, 32(4), 287-297.

교육부(2015). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제 2015-74호, [별책9].

권용주, 정진수, 강민정, 김영신(2003). 과학적 가설 지식의 생성 과정에 대한 바탕이론. *한국과학교육학회지*, 23(5), 458-469.

김명숙, 정대련, 이종희(2002). 과학영재의 창의성, 환경, 그리고 학업적 자기효능감에 관한 연구. *아동학회지*, 23(3), 91-108.

김명숙, 정대련, 이종희(2003). 과학영재와 일반아의 창의적 사고, 인성, 환경과 과학영역의 창의적 수행에서의 성차. *아동학회지*, 24(3), 1-13.

김민주, 임채성(2018). 초등과학영재학생의 과학창의성에 대한 자기 평가, 교사 평가, 객관적 평가의 비교 분석. *초등과학교육*, 37(4), 440-454.

김민주, 임채성(2019). 초등과학영재학생의 발표에 대한 인식 및 발표의 자발성과 과학창의성의 관계 분석. *초등과학교육*, 38(3), 331-344.

김민주, 김현주, 임채성(2020). 식물원 야외체험학습에서 활용 가능한 과학 창의성 과제 개발: 초등과학영재학생의 적용. *초등과학교육*, 39(4), 506-521.

김현주, 김민주, 임채성(2020). 초등과학영재학생의 과학 지식과 과학창의성의 관계: 생명 영역을 중심으로. *초등과학교육*, 39(3), 382-398.

박명희, 박윤복, 권용주(2005). 초등학생의 어항 관찰활동에서 나타난 관찰의 유형과 그 변화. *한국초등과학교육학회지*, 24(4), 345-350.

박종원(2004). 과학적 창의성 모델의 제안: 인지적 측면을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 24(2), 375-386.

박현주(2014). 과학적 관찰 활동이 중학생들의 창의성 변화에 미친 영향. *과학교육연구지*, 38(2), 443-453.

변정호, 이준기, 권용주(2009). 과학교육에서 제시하는 과학적 관찰의 의미와 과정에 대한 분석. *한국과학교육학회지*, 29(5), 531-540.

성진숙(2002). 과학에서의 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 제 변수 분석. *이화여자대학교 대학원 박사학위논문*.

- 성태제(2002). 타당도와 신뢰도. 서울: 학지사.
- 손정우(2009). 과학글쓰기를 통한 과학영재학생들의 과학적 사고력과 창의적 문제해결력 연구. *과학영재교육*, 1(3), 21-32.
- 송성수(2013). 과학사의 사례를 활용한 과학자의 창의성에 관한 탐색적 연구: 다윈, 에디슨, 아인슈타인을 중심으로. *교사교육연구*, 52(2), 227-236.
- 신동훈, 신정주, 권용주(2006). 생명현상에 관한 초등학교 관찰수업 과정과 관찰 유형 분석. *한국초등과학교육학회지*, 25(4), 339-351.
- 신지은, 한기순, 정현철, 박병건, 최승언(2002). 과학 영재 학생과 일반 학생은 창의성에서 어떻게 다른가?: 서울대학교 과학영재교육센터 학생들을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 22(1), 158-175.
- 유용현, 강유진, 김지나(2013). 고등학생의 과학영역 창의성과 일반창의성, 메타인지, 과학 정의적 특성과의 관계. *교과교육학연구*, 17(1), 109-128.
- 윤희정, 박은미, 김지영, 이윤하, 방답이(2015). 중학생들의 과학적 창의성 관련 변인 간 관계 분석 연구. *교과교육학연구*, 19(4), 1005-1025.
- 임성만, 양일호, 임재근(2009). 영역 특수적인 입장에서의 과학적 창의성에 대한 정의, 구성요인에 대한 탐색. *과학교육연구지*, 33(1), 31-43.
- 임채성(2009). 뇌기반 진화적 과학 교수학습 모형의 개발. *한국과학교육학회지*, 29(8), 990-1010.
- 임채성(2012). 뇌기반진화적 접근법에 따른 창의적 과학 문제해결 지도 모형 개발. *생물교육*, 40(4), 429-452.
- 임채성(2014). 과학창의성 평가 공식의 개발과 적용. *초등과학교육*, 33(2), 242-257.
- 임채성, 김재영, 정다운(2013). 초등과학 생명 영역 수업에서 학생의 흥미 변화에 영향을 미치는 요인: ‘꽃’주제를 중심으로. *생물교육*, 41(4), 638-656.
- 정현철, 한기순, 김병노, 최승언(2002). 과학 창의성 개발을 위한 프로그램 개발-이론과 예시를 중심으로. *한국지구과학회지*, 23(4), 334-348.
- 조연순, 최경희(2000). 창의적 문제 해결력 신장을 위한 중학교 과학 교육과정 개발. *한국과학교육학회지*, 20(2), 329-343.
- 최인수(2000). 유아용 창의성 측정도구에 관한 고찰. *유아교육연구*, 20(2), 139-166.
- 최일호, 최인수(2001). 새로운 생각은 어떻게 가능한가: 전문분야 창의성에 대한 학습과정 모형 접근. *한국심리학회지: 일반*, 20(2), 409-428.
- 한기순, 배미란(2004). 과학영재와 일반 학생들 간의 사고 양식과 지능 및 창의성간의 관계 비교. *교육심리연구*, 18(2), 49-68.
- 한기순(2000). 창의성의 영역 한정성과 영역 보편성에 관한 분석과 탐구. *영재교육연구*, 10(2), 47-69.
- 홍세희(2000). 구조 방정식 모형의 적합도 지수 선정기준과 그 근거. *Korean Journal of Clinical Psychology*, 19(1), 161-177.
- Adolf, J. (1982). *Creative thinking through science*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 232 785). Retrieved September 1, 2008, from <http://eric.ed.gov>
- Alin, A. (2010). Multicollinearity. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3), 370-374.
- Anderson, J. R. (2005). *Cognitive psychology and its implications*. New York: Macmillan.
- Baer, J. (1998). The case for domain specificity of creativity. *Creativity Research Journal*, 11(2), 173-177.
- Baer, J. (2011). How divergent thinking tests mislead us: Are the Torrance Tests still relevant in the 21st century? The Division 10 debate. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 5(4), 309-313.
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1998). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16(1), 74-94.
- Basadur, M. (1995). Optimal ideation-evaluation ratios. *Creativity Research Journal*, 8, 63 - 75.
- Beghetto, R. A. (2010). Creativity in the classroom. In J. C. Kaufman & R. J. Sternberg (Eds.). *Cambridge Handbook of Creativity* (pp. 447-465). New York: Cambridge University Press.
- 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. (2006). *Confirmatory factor analysis*. New York: Guilford Press.
- 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.
- Cropley, A. J. (1999). Creativity and cognition: Producing effective novelty. *Roeper review*, 21(4), 253-260.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). The domains of creativity. In M. A. Runco & R. S. Albert (Eds.), *Theories of creativity*, London: Sage.
- Feist, G. J. (1998). A meta-analysis of personality in scientific and artistic creativity. *Personality and Social Psychology Review*, 2(4), 290-309.
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and

- measurement error. *Journal of marketing research*, 39-50.
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.
- Kind, P., & Kind, V. (2007). Creativity in science education: Perspectives and challenges for developing school science. *Studies in Science Education*, 43, 1-37.
- Liang, J. C. (2002). Exploring scientific creativity of eleventh grade students in Taiwan. Doctoral dissertation, Texas state University.
- Lipps, J. H. (1999). This is Science!. *The Paleontological Society Special Publications*, 9, 3-16.
- Lubart, T. I. (1999). 17 Creativity across cultures. *Handbook of creativity* (pp. 339-350). UK: Cambridge University Press.
- Luger, G. F., Johnson, P., Stern, C., Newman, J. E., & Yeo, R. (1994). *Cognitive science: The science of intelligent systems*. San Diego: Academic Press.
- Meador, K. S. (2003). Thinking creatively about science: Suggestions for primary teachers. *Gifted Child Today*, 26(1), 25-29.
- 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.
- 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.
- Newton, L., & Newton, D. (2010). Creative thinking and teaching for creativity in elementary school science. *Gifted and Talented International*, 25(2), 111-124.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*: National Academies Press Washington, DC.
- Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. *The Phi delta kappan*, 42(7), 305-310.
- Runco, M. A. (2003). Education for creative potential. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 47(3), 317-324.
- Runco, M. A. (2007). *Theories and themes: Research, development, and practice*. San Diego: Elsevier Academic Press.
- Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent thinking as an indicator of creative potential. *Creativity Research Journal*, 24(1), 66-75.
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity research journal*, 24(1), 92-96.
- Sak, U., & Ayas, M. B. (2013). Creative Scientific Ability Test (C-SAT): A new measure of scientific creativity. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 55(3), 316.
- Simonton, D. K. (1999). *Origins of genius: Darwinian perspectives on creativity*. Oxford: Oxford University Press.
- 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). UK: Routledge.
- Simonton, D. K. (2007). Creativity: Specialized expertise or general cognitive processes? In M. J. Roberts (Ed.), *Integrating the mind: Domain general versus domain specific processes in higher cognition* (pp. 351-367). Hove, England: Psychology Press.
- Stein, M. I. (1953). Creativity and culture. *The journal of psychology*, 36(2), 311-322.
- Sternberg, R. J. (Ed.) (1998). *Handbook of human creativity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J. (2009). Domain-generality versus domain-specificity of creativity. In *Milieus of Creativity* (pp. 25-38). Dordrecht: Springer.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1995). *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*. New York: Free Press.
- Sun, J. (2005). Assessing goodness of fit in confirmatory factor analysis. *Measurement and evaluation in counseling and development*, 37(4), 240-256.
- Tamassia, C., & Schleicher, A. (2002). Sample Tasks from the PISA 2000 Assessment: Reading, Mathematical and Scientific Literacy. <http://www.oecd.org/education/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33692744.pdf>
- Torrance, E. P. (1998). *The Torrance tests of creative thinking norms - technical manual figural (streamlined) forms A & B*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service, Inc.
- 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.

Yu, J. P. (2012). The concept and understanding of structural equation modeling by the professor

Yujongpil. Seoul: Hannarae Publishing Co.

김민주, 서울문현초등학교 교사(Kim, Minju; Teacher, Seoul Munhyun Elementary School).

† 임채성, 서울교육대학교 교수(Lim, Chaeseong; Professor, Seoul National University of Education).

4 북극곰과 같은 지역에 사는 북극여우의 모습입니다. 북극곰과 어떤 점이 닮았는지 **최대한** 많이 적어보세요. (나누어주는 컬러 사진을 보고 관찰하세요!)

닮은 점	귀가 작다. 털색이 흰색이다. 털이 풍성하다.	
------	---------------------------------	--

5 위에서 찾아낸 닮은 점 중, 추운 지역에 사는 데 도움 되는 특징으로 무엇이 있나? **특징과 그 이유**를 적어보세요.

번호	추운 지역에 사는 데 도움 되는 특징	추운 지역에 사는 데 도움 되는 이유
1	귀가 작다.	얼을 빼앗기지 않는다.
2	털이 풍성하다.	체온을 유지한다.
3	털 색이 흰색이다.	주변이 눈밭이라 먹이나 포식자에게 눈에 띄지 않는다.

6 북극곰이나 북극여우의 특징을 **활용하여** 사람들에게 도움 될 만한 **새로운**면서 **유용한** 것을 만들어 보세요.

번호	사용하는 사람	새로운면서 유용한 것
1	겨울에도 수영하는 사람	겨울에도 수영할 수 있도록 따뜻하게 보온 되는 오리발을 만든다.
2	북극에서 연구하는 과학자	북극에서 다큐멘터리를 찍거나 연구하는 과학자를 위해 흰 털 옷을 만든다. 다른 동물들에 발각되지 않는다.
3	음식을 다듬는 사람	북극곰 주둥이의 모양으로 펀치처럼 눌렀을 때 음식물을 잘라내는 것을 만든다.

7 6에서 가장 창의적(새로운면서 유용한)이라고 생각하는 아이디어의 번호와 그 이유를 자세하게 적어보세요.

(2)번	새로운 유용하다고 생각한 이유 (자세하게)	과학자들에게 유용하니까. 북극곰이나 북극여우의 특징인 흰 털 색을 잘 활용했기 때문.
--------	---	---

4 선인장처럼 건조한 지역에서 잘 자라는 알로에의 모습입니다. 선인장과 어떤 점이 닮았는지 **최대한** 많이 적어보세요. (나누어주는 컬러 사진을 보고 관찰하세요!)

닮은 점	줄기(잎)가 통통하다. 끝에 가시가 있다(끝이 뾰족하다). 줄기(잎)의 표면이 두껍다.
------	--

5 위에서 찾아낸 닮은 점 중, 건조한 지역에 사는 데 도움 되는 특징으로 무엇이 있나요? **특징과 그 이유**를 적어보세요.

번호	건조한 지역에 사는 데 도움 되는 특징	건조한 지역에 사는 데 도움 되는 이유
1	줄기(잎)가 통통하다.	물을 저장한다.
2	끝이 뾰족하다.	외부의 적으로부터 (식물 안에 든 물을) 보호한다.
3	줄기(잎)의 표면이 두껍다.	수분을 빼앗기지 않는다.

6 선인장이나 알로에의 특징을 **활용하여** 사람들에게 도움 될 만한 **새로운**면서 **유용한** 것을 만들어 보세요.

번호	사용하는 사람	새로운면서 유용한 것
1	건조한 피부를 가진 사람	알로에를 넣은 보습을 위한 화장품을 만든다.
2	뉴시꾼	선인장 가시로 뉴시비늘을 만든다.
3	마사지가 필요한 사람	공 모양으로 지압 볼을 만든다. 선인장처럼 일정하게 튀어나온 부분을 만드는데, 가시보다는 독특하게 만든다.

7 6에서 가장 창의적(새로운면서 유용한)이라고 생각하는 아이디어의 번호와 그 이유를 자세하게 적어보세요.

(3)번	새로운면서 유용하다고 생각한 이유 (자세하게)	이걸 쓰는 사람이 별로 없을 것 같다. 흔하지 않은 아이디어라고 생각했다.
--------	--	---