

수학 영역에서 창의적 산출물 의미 척도

홍주연(경상대학교 대학원)
한인기(경상대학교)[†]

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

창의성은 교육학과 심리학 분야의 연구에서 지난 수십 년 동안 많은 전문가들이 폭넓게 연구한 주제들 중의 하나이다. 창의성에 대한 학술적인 수준의 연구는 1950년대에 이르러서 의미있는 진보를 보이기 시작한다. 이때에는 주로 창의적인 사람의 사고 과정이나 특성에 대해 연구가 이루어졌고, 그 후에는 창의성과 사람, 과정, 산출물, 환경과 같은 요소들 사이의 관련성을 규명하거나, 창의성 개념과 그 구성 요소들은 무엇이며 어떻게 관련되는가, 창의적 산출물 개념은 무엇이고 어떤 요소들로 구성되는가와 같은 좀더 근본적인 개념적 차원의 연구들도 진행되고 있다.

최근에는 학교교육을 통해 길러져야 할 학생들의 중요한 특성의 하나로 강조되고 있다. 특히 수학과 교육과정(교육과학기술부, 2011)에서 추구하는 인간상의 하나로, '기초 능력의 바탕 위에 새로운 발상과 도전으로 창의성을 발휘하는 사람'을 꼽고 있으며, 수학교육의 목표에서도 '수학적으로 사고하고 의사소통하는 능력을 길러, 생활 주변이나 사회 및 자연의 수학적 현상에서 파악된 문제를 합리적이고 창의적으로 해결하는 능력을 기른다'고 기술하면서, 다양한 문제 상황에서의 창의적인 문제 해결을 강조하고 있다.

수학교육에서 창의성과 관련하여 일반적으로 사용되는 대표적인 개념이 창의적인 문제해결, 창의적 산출물 일 것이다. 수학교육에서 창의적 문제해결에 대한 연구

는 비교적 폭넓게 연구되었다. 이대현(1999)은 창의적인 문제해결과정에서의 직관과 논리의 역할을 연구하였고, 권오남, 김정효(2000)는 창의적 문제해결력 중심의 수학교육과정을 연구하였다. 그밖에도 창의적 문제해결에 관련하여 심재봉, 이우식(2000), 이강섭, 황동주(2004), 김용대(2004), 조석희, 황동주(2007) 등의 다양한 연구가 있다. 그리고 최근에도 강완(2013)은 영재아들을 대상으로 하는 창의적 문제해결 지도에 대해 연구하였고, 이명숙, 김미숙, 문은식(2013)은 STEAM 수업을 통한 수학의 창의적 문제해결력 지도 방안을 모색하였고, 김수경, 김은진, 권혁진, 한혜숙(2012)은 창의적 문제해결 모델을 수학 학습에 적용하는 연구를 하였다. 살펴본 바와 같이, 수학 영역의 창의적 문제해결에 대한 연구는 교육과정, STEAM, 직관과 논리, 문제 변형 등의 다양한 주제들과 관련하여 폭넓게 이루어졌다.

수학 영역에서 창의적 산출물과 관련하여서는 상황이 다르다. 최근에 수학 영재교육, 수학 탐구활동, 수학 체험활동 등과 관련하여 '창의적 산출물'의 지도에 대한 관심은 폭넓게 형성되었다. 이에 비해, 수학교육학에서 창의적 산출물에 관련된 학술적인 수준의 연구는 아직 미흡한 실정이다. 이종희, 김기연(2010)은 창의적 문제해결 모델을 바탕으로 수학 영재들의 창의적 산출물을 평가하기 위한 준거들을 제시하였고, 김선희(2005)는 수학자들의 산출물을 토대로 수학적 지식, 수학적 사고, 수학적 탐구 기술로 구성된 창의적 산출물 생산 모델을 제안하였다. 그리고 몇몇 석사학위논문(양태석, 2011; 이광진, 2011 등)에서 창의적 산출물의 지도 실제와 관련된 문제들이 분석되었다.

살펴본 바와 같이, 수학교육학 연구에서 창의적 산출물 개념 자체를 연구의 대상으로 삼아, 창의적 산출물을 개념화하고, 창의적 산출물 개념의 구성 요소들을 이론적으로, 실증적으로 분석하고 규명하는 것과 같은 연구

* 접수일(2014년 04월 26일), 수정일(2014년 05월 16일), 게재확정일(2014년 05월 19일)

* ZDM분류 : C43

* MSC2000분류 : 97C40

* 주제어 : 창의적 산출물, 창의적 산출물 의미 척도

† 교신저자

는 충분히 이루어지지 못했다.

본 연구에서는 심리학 영역에서 이루어진 창의적 산출물 개념의 범주와 그 하위요소에 대한 연구들을 분석하여, 이를 바탕으로 설문조사와 통계적 방법을 통해 수학 영역에서의 창의적 산출물 개념의 범주 및 하위요소들을 밝히고, 이에 따른 수학 창의적 산출물의 의미 척도¹⁾를 만들 것이다. 본 연구를 통해 수학 영역의 창의적 산출물 개념의 구조를 규명할 수 있는 자료를 제공하고, 수학 영역의 창의적 산출물 평가에 활용할 수 있는 의미 척도를 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 이론적 배경

1. 창의적 산출물

국어사전에서 산출물(產出物)은 비슷한 말인 산물(產物)에 의해 정의된다. 국어사전(남영신, 2003)에서 '산물'은 '생산되는 물건, 어떤 일의 결과로 생겨나거나 얻은 것'으로 설명되어 있다. 그리고 산출(產出)은 '물건이 생산되어 나오거나 물건을 생산해 냄'으로 정의된다. 결국 우리의 언어생활에서 산출물은 '어떤 일의 결과로 생산된 무엇'의 의미를 가진다. 이때 산출물의 형태와 관련하여 Brogden & Sprecher(1964)는 산출물은 물리적인 대상에 관련될 수도 있고, 이론 체계, 새로운 문제해결 방법 등과 같은 관념적인 대상과 관련될 수 있는 것으로 보았다.

최근에 교육의 실제에서 많이 논의되는 것이 창의적 산출물이다. 특히 영재학생들의 교수-학습에서 창의적 산출물은 교육목표의 하나로 중요하게 취급되고 있다. 창의적 산출물은 살펴본 산출물 개념에 창의적인 성격을 더하여 얻어진 단어 결합으로 생각할 수 있을 것이다. 그러나 교육의 실제에서, 학술적인 수준의 연구에서 창의적 산출물이란 무엇인가, 창의적 산출물 개념은 어떤 요소들로 구성되는가, 창의적 산출물을 어떻게 평가할 수 있는가 등과 같은 문제는 진지한 이론적인, 실증적인

연구를 필요로 하는 것들일 것이다.

예를 들어, Young(1985)은 아무리 가치 있고 새롭고 진귀한 아이디어라고 하더라도 그것이 워크숍, 저널 투고, 책 출판 등과 같은 방법을 동원하여 외부로부터 표현되고 공유되어 타인과의 의사소통을 통해 구체화되고 평가되어야 진정한 의미의 창의적 산출물이라고 주장하였다(이종희, 김기연, 2010, 재인용). 즉 창의적 산출물은 개인적인 창의적 측면의 의미, 가치뿐만 아니라, 사회적인 창의적 가치, 의사소통, 평가 등과 관련된 복합적인 개념이라고 주장하였다.

본 연구에서는 수학 영역에서 창의적 산출물 의미 척도를 만들기 위해, 우선 창의적 산출물의 개념, 구성 요소에 대해 일반적으로 논의된 심리학 분야의 선행 연구들을 분석하였다. 이를 위해, Taylor의 창의적 산출물의 수준, Taylor의 창의적 산출물 목록, Besemer & Treffinger의 창의적 산출물 분석 매트릭스, O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조 및 의미 척도를 살펴보자.

(1) Taylor의 창의성 수준

Taylor(1975)는 5가지의 창의성 발달 수준을 바탕으로, 창의성을 표현적 창의성, 기술적 창의성, 발명적 창의성, 혁신적 창의성, 통찰적 창의성으로 나누고, 각 수준에 따른 창의성과 관련된 산출물들을 설명하였다.

첫째, 표현적 창의성(expressive creativity)은 훌륭한 음악가처럼 어떤 활동의 형식을 탈피하여 새로운 표현을 수행해낼 수 있는 자발적인 능력(김영봉 외, 2005, p.103)이다. 이때 산출물의 독창성과 질적 측면은 문제되지 않는다. 아이들의 연습되지 않은 자연스러운 그림에서 표현적 창의성이 드러날 수 있으며, 이때 핵심은 연습되지 않은 자연스러움과 자유로움이라 할 수 있다. 창의적 산출물의 예로는 즉흥적인 핑거페인팅, 자유분방한 춤, 즉흥적인 글이나 연설, 즉흥적인 연기나 연주가 될 수 있다.

둘째, 기술적 창의성(technical creativity)은 새로운 기술의 발명이 아니라, 기존 기술의 능숙함에 관련된다. 표현적 창의성에서는 연습되지 않은 자연스러움이 강조되었다면, 여기서는 기술적인 능숙함이 강조된다. 또한 근본적으로 새로운 것을 만드는 것이 중요한 것이 아니

1) 의미 척도란 단어와 개념의 정서적 의미를 끌어내기 위해 다양한 형용사 짝을 주의 깊게 선정하여 구성된 측정도구(한국언론진흥재단, 1993)로, 본 논문에서는 수학 영역에서 창의적 산출물 개념의 구성 요소들의 속성과 의미를 다양한 양극 형용사 형태로 제시한 설문지 양식의 평가 척도를 의미한다.

라, 기술적인 능숙함을 발휘하여 새로운 수준의 성취를 이루는 것이 핵심이다. 창의적 산출물의 예로는 스트라디바리우스의 바이올린 제작을 들 수 있는데, 이는 그 당시 수많은 바이올린 중에서도 섬세한 감각과 최고의 기술성으로 제작된 명품 바이올린이라 볼 수 있기 때문이다.

셋째, 발명적 창의성(inventive creativity)은 기존의 재료들을 가지고 유형의 산출물을 발명하는 것에 관련된다. 즉 발명적 창의성의 대상은 물질적인 재료에 관련된다. 여기에서는 기존의 문제를 해결하기 위해, 새로운 방식으로 재료들 사이의 결합을 통찰하는 능력이 관련된다. 이 수준에서의 창의성의 결과는 새로운 추상적인 아이디어가 아니라, 기존 재료들에 대한 새로운 관점과 사용의 결과로서 얻어지는 물질적인 산출물이다. 발명적 창의성의 예로는 에디슨의 발명품 중 백열전구를 들 수 있다. 이전의 전구들은 수명이 짧은 것이 큰 단점이었는 데, 에디슨은 이러한 단점을 보완하고자 면섬유, 대나무 등의 새로운 재료의 사용을 통해 1200시간이나 견딜 수 있는 필라멘트를 발명하여 기존의 문제를 해결하였다.

넷째, 혁신적인 창의성(innovative creativity)은 임의의 산출물이 다양한 방법에 의해 수정될 수 있다는 것을 기본 원칙으로 삼는다. 그러므로 혁신적인 창의성의 발현은 이미 존재하는 기본 원리를 이해하고 통찰하는 것에서 시작될 것이다. 따라서 이 수준의 창의성은 이미 존재하는 유·무형의 산출물을 수정하여 한층 성장시키는 계기를 마련하고, 더 발전된 산출물을 만들어내는 것에 관련된다. 김영봉 외(2005, p.104)는 혁신적 창의성과 관련하여, '신프로이드 학파의 심리학자 융이나 아들러처럼 다른 사람에 의해서 수립된 이론이나 원칙에 대한 충분한 이해를 통해 그것을 더욱 정교화시키는 능력'이라고 하였다.

다섯째, 통찰적 창의성(emergentive creativity)은 기존의 유·무형의 산출물을 수정하여 만든 것이 아닌, 완전히 새로운 근본적인 원리나 가정의 출현과 관련된다. 이것은 창의성의 가장 높은 수준에 해당되며, 대부분의 사람들 머릿속에 떠오르는 창의성이 이 수준과 관련되는 경우가 많다. 그러나 사실 상 이 수준의 창의성은 매우 드물게 나타난다. 예를 들어, 기존의 천동설을 거부하고 우주 질서를 무너뜨린 Copernicus의 지동설과 같은 위대

한 혁명이 이 수준에 해당하는 창의적 산출물의 예가 될 것이다. 김영봉 외(2005, p.104)는 통찰적 창의성을 '아인슈타인이나 프로이드처럼 과학적 지식이나 예술적 표현의 근간이 되는 원칙이나 가정을 확인하고 찾아내는 능력'이라고 하였다.

일상에서 쉽게 접할 수 있는 표현적 창의성 수준의 산출물은 수학교육에서 어렵지 않게 찾을 수 있겠지만, 기술적 창의성 수준의 산출물은 고도의 기술과 숙련된 솜씨를 필요로 하므로 학교 현장에서보다는 전문가 집단에서 찾아보기 쉬울 것이며, 통찰적 창의성 수준의 산출물은 수학교육에서는 현실적으로 그 사례를 찾아보기 어려울 것이다.

(2) Taylor의 창의적 산출물 목록

Taylor(1975)는 창의적 산출물을 평가할 수 있는 창의적 산출물 목록(Creative Product Inventory, CPI)를 제시하였다. CPI에서는 산출물의 창의적 속성들을 생성, 재형식화, 독창성, 적합성, 쾌락, 복잡성, 압축성의 7가지로 정리하였다.

생성(generation)은 산출물이 새로운 아이디어를 촉발시키거나 만드는 정도를 나타낸다. 구체적인 산출물과 관련하여, 생성은 초기 잠재력으로 묘사될 수 있다. 재형식화(reformulation)는 산출물이 그 자신 또는 다른 것들에 대해 의미있는 변화나 수정을 가져오는 범위를 말한다. 독창성(originality)은 Taylor에 의해 생성이나 재형식화보다는 덜 중요한 개념으로 생각하였으며, 산출물의 유용성 정도, 희귀성, 통계적 희소성의 정도로 이야기된다.

한편 적합성(relevancy)은 산출물이 문제에 대해 만족스럽게 해법을 제공하는 정도를 뜻한다. 쾌락(hedonics)은 산출물이 가지는 매력 또는 끌어당기는 힘의 정도를 의미한다. 구체적인 산출물과 관련하여, 쾌락은 산출물의 자체의 우아함, 고상함 정도로 묘사될 수 있다. 복잡성(complexity)은 산출물이 포함하고 있는 정보의 범위, 깊이, 영역, 복잡함의 정도를 뜻한다. 압축성(condensation)은 산출물을 단순화하거나 하나로 만들거나 통합하는 정도를 뜻한다.

[표 1] Besemer & Treffinger의 창의적 산출물 분석 매트릭스
 [Table 1] Besemer & Treffinger's the creative products analysis matrix

새로움	해결성	정교성 및 종합성
산출물의 새로움의 정도: 포함된 새로운 과정들, 새로운 기술들, 새로운 재료들, 새로운 개념들의 개수, 정도에 기초하여; 미래의 창의적 산출물들에 대한 이 산출물의 효과에 기초하여 [발전가능성] 산출물은 추가적인 미래의 창의적 산출물들을 제안할 것 같다. [독창성] 유사한 훈련과 경험을 가진 사람들이 만든 산출물들 중에서 이 산출물은 예외적이거나 또는 드물게 관찰된다. [변형가능성] 산출물이 아주 혁신적이어서 사용자나 청중들에 의해 지각되는 현실의 측면에서 변화를 강요한다.	산출물이 적합한 정도 또는 산출물이 문제 상황의 요구들에 부합하는 정도 [적합성] 산출물은 문제 상황의 요구들에 충분히 답하고 있다. [적절성] 산출물이 문제 상황에 알맞거나 문제 상황에 적용된다. [논리성] 산출물이나 해법이 그 분야에서 수용되고 이해되는 규칙들에 따른다. [유용성] 산출물은 명백하고 실제적인 적용을 가진다. [가치로움] 산출물은 사용자나 청중들의 재정적, 물리적, 사회적, 심리적 요구를 충족시키므로, 이들에 의해 가치롭게 여겨진다.	산출물이 답지 않은 요소들을 세련되고, 발전된, 일관된 표현 또는 단위로 결합하는 정도 [매력도] 산출물은 사용자, 청중들의 주목을 받는다. [복합성] 산출물 또는 해법은 하나 또는 그 이상의 수준에서 많은 요소들을 포함한다. [우아함] 해법은 세련되고 절제된 방식으로 표현되어 있다. [표현력] 산출물은 어떤 정보를 이해하기 쉬운 방식으로, 다른 사람들에게 잘 전달할 수 있도록 표현되어 있다. [유기적 조직성] 산출물은 총체성 또는 완전성을 가진다. [완성도] 이 산출물은 현 시점에서 가능한 가장 높은 수준으로 거둬내기 위해 노력에 노력을 거듭했다.

(3) Besemer & Treffinger의 창의적 산출물 개념의 구성요소에 대한 분석

창의적 산출물의 개념과 관련하여 Besemer & Treffinger(1981)가 연구한 창의적 산출물 분석 매트릭스(The Creative Products Analysis Matrix, CPAM)를 살펴보자. CPAM은 다양한 산출물에 드러난 창의적 측면을 평가하기 위한 틀로, 창의성과 창의적 산출물에 관련된 다양한 문헌들을 분석하여, 창의적 산출물 개념의 구성요소를 새로움(novelty), 해결성(resolution), 정교성(elaboration) 및 종합성(synthesis)의 3개의 범주와 그 하위의 14개의 개념들로 정리하였다. Besemer & Treffinger(1981, p.164)가 제시한 CPAM은 [표 1]과 같다.

Besemer & Treffinger의 CPAM은 산출물의 창의적 성격을 평가하는 기준의 체계화라는 측면에서 의미로운 출발점이 되었으나 실험적으로 검증되지 않았기 때문에,

여러 학자들은 CPAM을 검증하고 구체화시키기 위해 창의적 산출물 의미 척도(Creative Product Semantic Scale, CPSS)를 개발하였다. 본 연구에서도 CPAM에서 제시한 창의적 산출물 개념의 구성요소들에 대한 조작적 정의를 수학 영역에서 활용할 수 있는 구체적인 문항을 만드는데 이용할 것이다.

2. 창의적 산출물 개념의 구조와 의미 척도

CPSS는 새로움, 해결성, 정교성 및 종합성이라는 3가지 잠재변수를 설명하기 위해 각 하위변수들을 관측변수로 보고, 이를 측정하기 위해 만든 문항들(양극 형용사 문항), 즉 측정 문항들로 구성된 평가 척도이다.

최초의 CPSS는 Besemer & O'Quin에 의해 1986에 개발되었으며, 여기에는 70개의 양극 형용사 문항들이 사용되었다. 그 후에 Besemer, O'Quin은 문항들의 개수를 줄여가면서 타당도와 신뢰도를 향상시킨 CPSS를 개

발하였다. [표 2]는 이들에 의해 개발된 CPSS들을 나타낸다.

[표 2] CPSS 개발에 대한 다양한 연구들
[Table 2] Various studies of CPSS development

연도	연구자	하위 요소	형용사 체크리스트 수
1986	Besemer & O'Quin	11개	70개
1989	O'Quin & Besemer	11개	55개
1998	Besemer	9개	43개
1999	Besemer & O'Quin	9개	43개

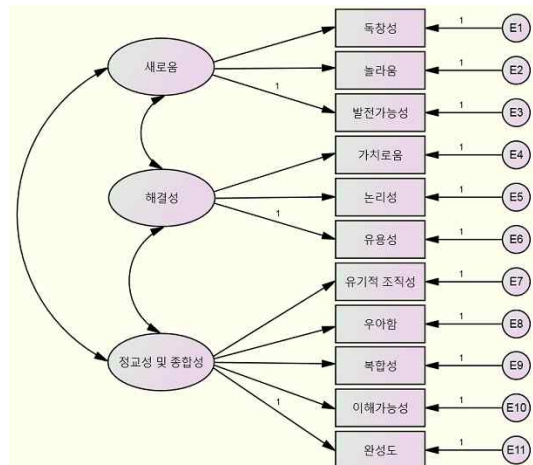
본 연구에서는 O'Quin & Besemer(1989)에 제시된 55개 문항으로 구성된 CPSS를 기반으로, 수학영역에서 창의적 산출물 의미 척도를 만들 것이다. O'Quin & Besemer(1989)의 CPSS의 범주와 하위요소들은 [표 3]과 같으며, 55개의 양극 형용사 목록을 포함하고 있다.

[표 3] O'Quin & Besemer(1989)의 창의적 산출물 개념의 구성 요소

[Table 3] O'Quin & Besemer(1989)'s components of the concept of the creative product

범주	하위요소
새로움	· 독창성 · 놀라움 · 발전가능성
해결성	· 가치로움 · 논리성 · 유용성
정교성 및 종합성	· 유기적 조직성 · 우아함 · 복잡성 · 이해가능성 · 완성도

[표 3]에 제시된 창의적 산출물 개념의 구성 요소들을 구조 모형으로 나타내면 [그림 1]과 같다. [그림 1]에서 동그라미로 표시된 잠재변수인 새로움, 해결성, 정교성 및 종합성은 측정 불가능한 추상적인 개념으로, 네모로 표시된 관측변수의 측정 문항들을 통해 수치로 제시된다.



[그림 1] O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조 모형

[Fig. 1] Path diagram of O'Quin & Besemer's concept of creative product

III. 연구방법

본 연구에서는 O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조 및 CPSS의 적용 가능성을 조사하고, 수학 영역의 창의적 산출물 의미 척도(Creative Product Semantic Scale in Mathematics, MCPSS)를 만들기 위해 양적 연구 방법을 채택하였다. O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조 및 CPSS의 적용 가능성을 조사하기 위해 확인적 요인분석을 수행하였고, 척도를 만들기 위해 타당도와 신뢰도 검증을 하였다. 타당도 검증을 위해 두 번의 탐색적 요인분석을 수행하였고, 신뢰도 검증을 위해 크론바흐 α 값을 계산하여 제시하였다. 이를 위해 다음과 같은 네 단계의 절차를 거쳤다. 첫째, O'Quin & Besemer(1989)의 CPSS에 제시된 양극 형용사의 목록을 한국어로 번역하기, 둘째 수학 영역에서 창의적 산출물 세 가지를 선정하기, 셋째 예비 수학교사를 대상으로 선정된 창의적 산출물들에 대해 양극 형용사의 목록을 설문조사 하기, 넷째 요인 분석을 통해 수학 영역에서 O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조 및 CPSS 적용 가능성을 조사하고, MCPSS를 만들었다.

1. O'Quin & Besemer의 CPSS에 제시된 양극 형용사의 번역

O'Quin & Besemer(1989)의 CPSS에 제시된 양극 형용사 목록에는 창의적 산출물의 특징들을 묘사하는 반대 의미의 형용사들 55쌍이 제시되어 있다. 그런데 이 목록을 한국어로 번역하는 과정에서 의미가 유사하거나 한국어로는 반대되는 양상이 명확치 않은 경우가 발생하였다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 보완, 개선하기 위해, 국어교육 전문가 2인에게 양극 형용사 목록의 번역에 대한 검토를 의뢰하였다. 국어교육 전문가 A는 고등학교 국어 교사로, 15년의 교육 경력을 가지며 현재 국어교육 전공의 박사과정에 재학 중이다. 그리고 국어교육 전문가 B는 7년의 교육 경력을 가지며 현재 국어교육 전공의 박사과정에 재학 중이며, 대학교에서 글쓰기를 강의하고 있다. 국어교육 전문가 A, B는 양극 형용사 목록의 번역과 관련하여 적절한 어휘의 선택, 반대 의미의 확인, 국어와 영어의 번역에서 발생할 수 있는 오역의 문제점 등에 대해서 의견을 제시하였다. 본 연구에서는 이러한 의견을 종합하여, [표 4]와 같이 O'Quin & Besemer(1989)의 CPSS 양극 형용사의 목록을 번역하였다.

[표 4] CPSS의 양극 형용사 목록
[Table 4] CPSS's bipolar adjective checklist

하위요소	문항 번호와 양극 형용사
독창성	19. 남용된-신선한 28. 독창성이 없는-독창성이 있는 45. 너무 뻔한-참신한 50. 흔히 있는-보기 드문 52. 평범한-유일무이한
놀라움	1. 케케묵은-아주 놀라운 9. 관례적인-이례적인 20. 아주 흔한-믿기 어려운 29. 일반적인-뛰어난 38. 구식의-신식의
발전가능성	2. 되풀이하는-유행을 만드는 10. 보통의-혁신적인

	21. 시대에 뒤떨어진-시대를 앞서는 53. 영향력 없는-영향력 있는 55. 진보적이 아닌-진보적인
가치로움	11. 가치없는-가치로운 22. 중요하지 않은-중요한 30. 보잘 것 없는-주목할 만한 39. 필수적이 아닌-필수적인 46. 불필요한-필요한
논리성	3. 비논리적인-논리적인 12. 문제 상황에 타당하지 않은-타당한 31. 문제 상황에 관련성 없는-관련성 있는 40. 문제상황에 부적합한-적합한 47. 문제 상황에 부적절한-적절한
유용성	4. 비효과적인-효과적인 13. 비기능적인-기능적인 32. 사용할 수 없는-사용할 수 있는 41. 쓸모 없는-쓸모 있는 48. 실행 불가능한-실행 가능한
유기적 조직성	5. 무질서한-질서정연한 14. 정돈되지 않은-정돈된 23. 조직화되지 않은-조직화된 33. 형태가 갖춰지지 않은-형태를 갖춘 42. 완성되지 않은-완성된
우아함	15. 보기 흉한-우아한 24. 역겨운-매력적인 34. 불품없는-멋들어진 43. 매력적이지 않은-매력적인 54. 난잡한-정제된
복합성	6. 간단한-뒤얽힌 16. 단순한-복잡한 25. 소박한-화려한 35. 복합적이지 않은-복합적인 44. 지루한-흥미로운
이해가능성	7. 무의미한-유의미한 17. 이해하기 힘든-이해하기 쉬운 26. 알기 어려운-알기 쉬운

	36. 애매한-분명한 49. 설명되지 못하는-스스로 설명되는
완성도	8. 서투른-숙련된 18. 망친-잘 만든 27. 대충 만든-공들여 만들어진 37. 대충 대충한-꼼꼼한 51. 허술한-빈틈없는

2. 수학 영역에서 창의적 산출물 선정

수학 영역에서 창의적 산출물은 영재교육과 관련하여 다양하게 논의되고 있다. 이광진(2011)은 수학 영재교육에서 창의적 산출물은 주로 수학적 개념이 구현된 구체물, 수학적 방법의 확장, 일반화, 수학적 증명, 수학적 방법 찾기, 수학적 문제의 발견(문제제기), 수학적 관계 찾기에 관련된다고 하였다.

본 연구에서는 초등학교, 중학교, 고등학교 수준의 창의적 산출물을 각각 1개씩, 세 개의 창의적 산출물(산출물 A, B, C)을 의도적으로 선정하였다. 산출물 A와 B는 초등학교와 중학교의 영재교실에서 학생들이 제작한 것이며, 산출물 C는 과학고 학생들의 R&E(Research and Education) 과정에서 얻어진 것이다.

산출물 A(표 5)는 초등학생을 대상으로 한 ‘나는 프랙탈 아티스트’ 라는 주제로 진행된 수학 영재교육 프로그램의 최종 산출물로 제시되었다. 이 프로그램에서 학생들은 프랙탈 아티스트가 되어 프랙탈에 관련된 자기다운 작품을 만들었다.

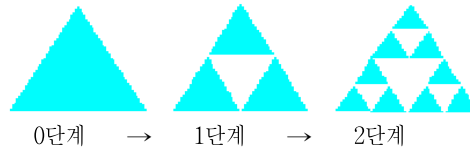
산출물 A는 초등학교와 중학교 수준의 창의적 산출물 지도를 통해 얻을 수 있는 전형적인 산출물이다. 이 산출물에서는 자기다운이라는 수학적 아이디어를 구체물로 표현한 것이 특징이다. 이것은 Taylor의 기술적 창의성 수준의 산출물, 발명적 창의성 수준에 관련될 수 있다. 왜냐하면 시어핀스키 피라미드와 멩거스펀지의 제작은 세심한 가공의 기술과 노력을 요하므로, 개인적 차원에서 기술적 능숙함을 발휘하는 새로운 수준의 성취를 포함하고 있을 가능성이 크다. 이것은 기술적 창의성 수준에 관련된다. 한편, 멩거스펀지 1단계에서 같은 크기의 정육면체 20개를 만들기 위해 기본 사이즈의 명함을 사용함으로써 기존 재료의 새로운 관점을 반영하고 있다.

[표 5] 창의적 산출물 A

[Table 5] The creative product A

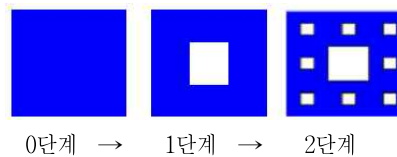
시어핀스키 삼각형 탐색하기

- 시어핀스키 삼각형과 관련된 규칙 찾기



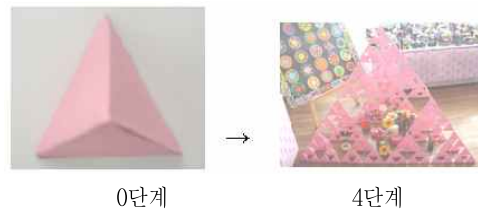
시어핀스키 카펫 탐색하기

- 시어핀스키 카펫과 관련된 규칙 찾기



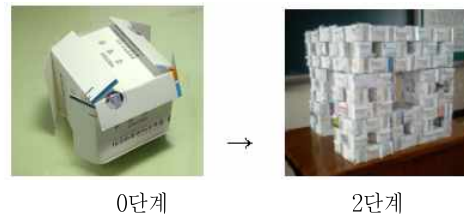
시어핀스키 피라미드 4단계

- 시어핀스키 피라미드와 관련된 규칙 찾기



멩거 스펀지 2단계

- 멩거 스펀지와 관련된 규칙 찾기



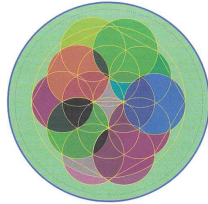
이것은 발명적 창의성 수준에 관련될 수 있다.

산출물 B(표 6)는 중학교 학생들이 GSP 프로그램을 이용한 작도를 통해 제작한 것이다. 여기서는 GSP프로그램으로 다양한 원들을 작도하여 독창적인 디자인을 도안하고, 도안한 디자인으로 필통, 방석, 신발주머니, 티셔

츠를 만드는 활동을 하였다. 이것은 Taylor의 표현적 창의성 수준의 산출물에 관련된다고 할 수 있다. 왜냐하면 GSP 프로그램을 사용하여 표현적인 기술을 발휘하는 가장 기초적인 형태의 산출물이기 때문이다.

[표 6] 창의적 산출물 B

[Table 6] The creative product B



GSP프로그램을 이용한 평면도형 제작하기



다양한 디자인 아트

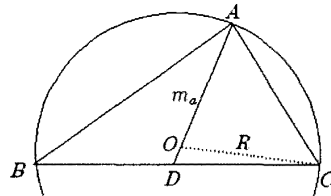
산출물 C(표 7)는 과학고등학교 학생들이 제시한 창의적 산출물이다. 이 산출물에서는 삼각형의 넓이 공식 $S = \frac{1}{2}bc\sin A$ 을 삼각형의 한 각 $\angle A$, 꼭짓점 A에서 그은 중선의 길이 m_a , 외접원의 반지름 R 을 이용하여 표현하였다. 이를 통해 삼각형의 넓이를 나타내는 새로운 식 $S = \frac{(m_a^2 - R^2 \sin^2 A) \tan A}{2}$ 을 얻었다. 산출물 C에서는 산출물 A, B와는 달리 구체물이 아닌 추상적인 수식이 산출물로 얻어졌다. 이것은 임의의 산출물이 다양한 방법에 의해 수정될 수 있다는 Taylor의 혁신적 창의성 수준에 관련된다고 할 수 있다. 이미 알고 있는 삼각형 넓이 구하는 공식과 정리들을 사용하여 새로운 공식을 유도하였고, 이는 삼각형과 외접원의 관계를 이해

[표 7] 창의적 산출물 C

[Table 7] The creative product C

문제. $\angle A, m_a, R$ (단, m_a 는 꼭짓점 A에서 그은 중선의 길이, R 은 외접원의 반지름)을 이용하여 삼각형의 넓이 공식 만들어라.

풀이.



[그림]에서 파푸스의 중선 정리에 의해 $b^2 + c^2 = 2(m_a^2 + \frac{a^2}{4}) \dots ①$ 이며, 코사인 정리에 의해 $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos A \dots ②$ 이 성립한다. 이제 ②에 ①을 대입하면, $a^2 = 2m_a^2 + \frac{a^2}{2} - 2bc\cos A$, $2bc\cos A = 2m_a^2 - \frac{a^2}{2}$ 이 된다. 이제 이 식을 bc 에 대해 정리하면 $bc = \frac{4m_a^2 - a^2}{4\cos A}$ 이며, 이를 $S = \frac{1}{2}bc\sin A$ 에 대입하자. 그러면 삼각형의 넓이 공식 $S = \frac{4m_a^2 - a^2}{8\cos A} \sin A$ 를 얻을 수 있다. $S = \frac{4m_a^2 - a^2}{8\cos A} \sin A$ 에는 문제의 조건인 $\angle A, m_a, R$ 이외에 a 가 포함되므로, a 를 $\angle A, m_a, R$ 를 이용해 나타내야 한다. 이를 위해 사인 법칙을 사용하자. $\frac{a}{\sin A} = 2R$, $a = 2R\sin A$ 이므로, $a = 2R\sin A$ 을 $S = \frac{4m_a^2 - a^2}{8\cos A} \sin A$ 에 대입하자. 그러면 S 는 다음과 같은 식으로 얻어진다.

$$S = \frac{(4m_a^2 - 4R^2 \sin^2 A) \tan A}{8} = \frac{(m_a^2 - R^2 \sin^2 A) \tan A}{2}$$

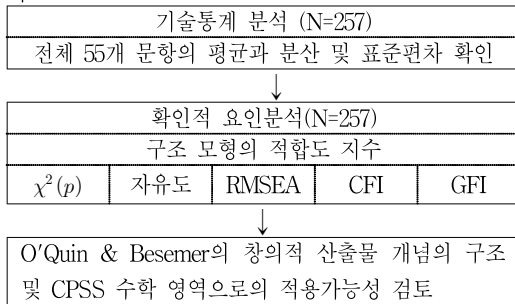
하는 기하학적 사고의 폭을 성장시켰다.

3. 창의적 산출물들에 대한 설문조사

창의적 산출물 A, B, C에 대해 O'Quin & Besemer가 제시한 CPSS의 양극 형용사 목록(표 4)을 사용하여 설문조사를 실시하였다. Besemer & O'Quin(1986), O'Quin & Besemer(1989), Besemer(1998)의 연구의 모집단이 대학생이었으므로, 본 연구에서도 대학생을 대상으로 설문을 실시하였다. 특히 본 연구에서는 수학 영역의 창의적 산출물을 대상으로 설문을 진행하기 때문에, ○○○대학교 수학교육과 1학년, 2학년, 3학년, 4학년에 재학 중인 대학생들을 대상으로 하였다.

설문지는 [표 4]와 같은 55문항으로 구성되었으며 각각 7점 척도로 평가하도록 하였다. 설문을 진행하기에 앞서, 15분가량 창의적 산출물의 개념, 창의적 산출물 A, B, C의 주제 및 제작 과정, 제작자의 연령대를 소개한 뒤 설문을 실시하였다. 342장의 설문지가 배포되었으며

[표 8] 수학 영역에서 O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조 및 CPSS 적용가능성 검토 절차 [Table 8] A process of applicability inquiry of O'Quin & Besemer's structure of the concept of creative product and CPSS in mathematics



342장 모두 회수되었다. 그런 후에, 데이터의 이상점을 제거하기 위한 스크리닝 작업을 거쳐 257개의 표본을 사용하였다.

[표 3]의 범주에 따른 [표 4]의 CPSS 55문항에 대한 신뢰도를 살펴보기 위해, 크론바흐 α 값을 계산하였다. 새로움을 측정하는 전체 문항의 크론바흐 α 값은 .897이고, 그 하위요소인 독창성, 놀라움, 발전가능성을 측정하는 문항들의 크론바흐 α 값은 .812, .755, .664였다. 해결

성을 측정하는 전체 문항의 크론바흐 α 값은 .788이고, 그 하위요소인 가치로움, 논리성, 유용성을 측정하는 문항들의 크론바흐 α 값은 .516, .785, .701이었다. 정교성 및 종합성을 측정하는 전체 문항의 크론바흐 α 값은 .867이고, 그 하위요소인 유기적 조직성, 우아함, 복잡성, 이해가능성, 완성도를 측정하는 문항들의 크론바흐 α 값은 .749, .744, .584, .574, .698이었다. 대부분의 하위요소들의 크론바흐 α 값이 .60보다 크므로, [표 4]의 55문항을 사용하여 얻은 자료와 결과는 신뢰할만하다고 볼 수 있다.

4. 통계 분석

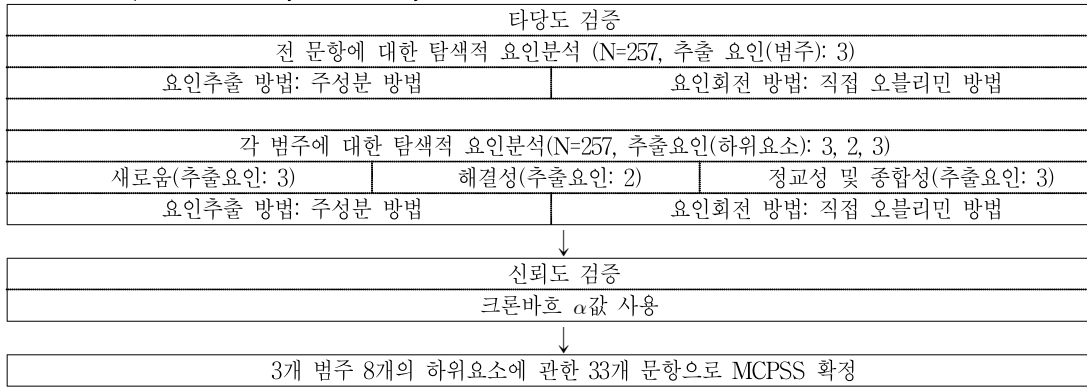
본 연구에서는 설문의 CPSS 55문항을 통계적으로 의미있게 사용할 수 있는지를 확인하기 위해, 기술통계 분석을 실시하였다. 그리고 O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조를 수학영역에 그대로 적용할 수 있는지 조사하였다. 이것은 창의적 산출물 개념 구조의 측정문항인 CPSS를 수학 영역의 창의적 산출물에 사용할 수 있는지를 조사하는 것이다.

이를 위해 창의적 산출물 A, B, C에 대해 O'Quin & Besemer의 CPSS를 활용하여 얻어진 자료를 적용하여 확인적 요인분석의 통계적 방법을 사용하였다. 또한 적합도 지수 χ^2 , RMSEA, CFI, GFI를 계산하여 구조 모형이 적합한 지를 확인하였다. 이때 적합도는 수집한 자료들로부터 얻은 공분산행렬과 [그림 1]의 연구 모형으로부터 추정된 공분산행렬의 차이를 의미한다. 이 차이가 작다면 높은 적합도를 보이며, 이 차이가 크면 적합도는 낮게 된다(우종필, 2014). 높은 적합도를 보이는 것은 연구모형이 수학 영역의 실재를 반영한 좋은 모형이라는 것을 뜻한다. 본 연구에서는 기술 통계 분석을 위해 SPSS 21.0을 사용하였으며, 적합도 지수를 계산하기 위해 통계 프로그램 AMOS 18.0을 사용하였고, 절차는 [표 8]과 같다.

한편, MCPSS를 만들기 위해 타당도 검증을 위한 두 번의 탐색적 요인분석의 통계적 방법을 사용하였다. 요인 추출 방법으로는 주성분 방법, 요인 회전 방법으로는 직접 오블리민 방법을 사용하였다. 우선, 전 문항에 대한 탐색적 요인 분석을 수행하여 3개의 요인(범주)로 '새로움', '해결성', '정교성 및 종합성'을 추출하고, 각 범

[표 9] 타당도 및 신뢰도 검증 절차

[Table 9] A process of validity and reliability verification



주에 포함된 문항들 중에서 연구자의 가설적 구조에 부적합한 것으로 판단되는 문항 18개를 삭제하여 37개의 문항이 남았다. 이제 추출된 세 범주에 대한 탐색적 요인분석을 다시 수행하였다. ‘새로움’의 범주는 3가지 요인을 추출하였고, ‘해결성’의 범주는 2가지 요인을, ‘정교성 및 종합성’의 범주는 3가지 요인을 추출하였는데, 선행 연구의 조작적 정의를 근거로 각 요인을 설명하는 측정 문항으로 부적합한 것들을 수정, 삭제하여 33개 문항을 남겼다.

한편 MCPSS의 신뢰도의 검증을 위해 크론바흐 α 값을 계산하여, 결국 3개 범주 8개의 하위요소에 관한 33개 문항으로 MCPSS를 확정하였다. 통계프로그램으로는 SPSS 21.0을 사용하였고, 절차는 [표 9]와 같다.

IV. 결과 분석 및 논의

1. 기술통계 분석

요인분석을 시행하기에 앞서, 257명(자료의 이상점을 제거하고 남은)의 응답 자료에 대해 기술통계분석을 실시하여, [표 10]을 얻었다.

어떤 문항의 분산이 0에 가깝다는 것은 대부분의 학생들의 점수가 동일하다는 것을 뜻하며, 분산이 지나치게 큰 경우는 학생들의 점수가 넓게 분포한다는 것을 의미하므로 통계적으로 그 문항은 유의미하지 못하다. 그런데 [표 10]에 제시된 55문항의 분산은 0에 가까운 값

이나 지나치게 큰 값을 가지지 않으므로, 55문항 모두 통계적으로 유의미하다고 간주할 수 있다.

2. 수학 영역에서 O’Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조 및 CPSS 적용 가능성

[표 10] 기술통계 분석 결과

[Table 10] Descriptive statistical analysis

문항	N	평균	분산	표준편차
a1	257	4.83	1.122	1.260
a2	257	4.32	1.096	1.201
a3	257	4.79	1.199	1.438
a4	257	4.36	1.151	1.326
a5	257	4.97	.978	.956
a6	257	3.99	1.290	1.664
a7	257	5.00	.984	.969
a8	257	4.78	1.027	1.054
a9	257	4.35	1.146	1.314
a10	257	4.27	1.153	1.330
a11	257	5.03	1.049	1.101
a12	257	4.91	1.017	1.035
a13	257	4.73	1.174	1.379
a14	257	5.04	.995	.991
a15	257	4.85	1.005	1.009
a16	257	4.44	1.295	1.677
a17	257	4.90	1.127	1.271
a18	257	5.46	.901	.812

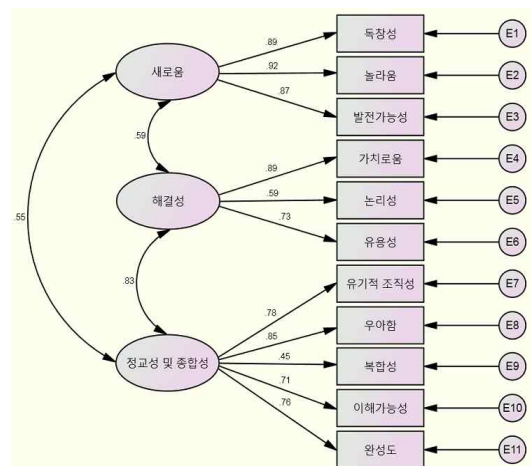
a19	257	4.68	1.103	1.217
a20	257	4.14	1.040	1.082
a21	257	4.25	.937	.877
a22	257	4.33	.941	.886
a23	257	4.82	.958	.918
a24	257	5.04	.953	.909
a25	257	4.63	1.145	1.311
a26	257	4.87	1.130	1.276
a27	257	5.60	1.011	1.022
a28	257	4.82	1.225	1.502
a29	257	4.75	1.177	1.385
a30	257	4.93	.842	.709
a31	257	4.93	1.053	1.109
a32	257	5.11	1.296	1.679
a33	257	5.29	.990	.979
a34	257	4.94	.938	.879
a35	257	4.60	1.234	1.522
a36	257	4.91	.944	.891
a37	257	5.18	1.016	1.033
a38	257	4.40	.988	.976
a39	257	3.64	1.070	1.146
a40	257	4.69	.916	.839
a41	257	4.72	1.004	1.009
a42	257	5.21	.959	.919
a43	257	4.95	1.124	1.263
a44	257	4.95	1.221	1.490
a45	257	4.65	1.147	1.316
a46	257	4.35	.872	.760
a47	257	4.75	.903	.815
a48	257	5.00	1.044	1.090
a49	257	5.07	1.042	1.085
a50	257	4.36	1.217	1.482
a51	257	4.60	.824	.679
a52	257	3.98	1.034	1.070
a53	257	4.29	.911	.831
a54	257	4.56	.869	.755
a55	257	4.30	1.035	1.072

[그림 1]의 O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조에 CPSS를 사용해 수학영역의 창의적 산출물을 평가한 표본 257명의 자료를 적용시켜 구조 모형을 만들었더니, [그림 2]와 같았다.

[그림 2]에서 새로움은 해결성과 .59로 양의 상관관계

를 보이고, 해결성과 정교성 및 종합성은 .83으로, 새로움과 정교성 및 종합성은 .55로 양의 상관관계를 보인다. 이로부터 새로움, 해결성, 정교성 및 종합성은 서로 양의 상관관계를 가진다는 것을 알 수 있다.

한편, '새로움' 범주는 독창성, 놀라움, 발전가능성의 하위요소로 측정될 수 있는데, 새로움을 설명하는 독창성의 회귀계수는 .89이며, 놀라움, 발전가능성은 .92, .87로 이해할 수 있다. '해결성', '정교성 및 종합성'의 범주와 그 하위요소들 사이의 수치들도 같은 의미를 가진다. 여기서 범주와 하위요소 사이의 회귀계수 수치가 클수록 하위요소가 그 범주를 설명하는데 큰 영향력을 미치는 것으로 해석될 수 있다. 실제로 새로움을 설명하는 하위요소 중 놀라움이 가장 영향력 있는 요소임을 확인할 수 있다.



[그림 2] CPSS를 이용하여 수학 영역의 창의적 산출물 평가 자료를 적용시킨 O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조 모형

[Fig. 2] Path diagram of the concept of creative producer of O'Quin & Besemer for mathematics with CPSS

이제 [그림 2]의 구조 모형의 적합도 지수 χ^2 , RMSEA, CFI, GFI를 계산해 보면, [표 11]과 같다. 그리고 RMSEA(Root Mean Square Error of Approximation)가 .08이하, CFI(Comparative Fit Index)가 .9이상, GFI(Goodness of Fit Index)가 .9이상이면, 권장되는 적합도 지수가 된다(김대업, 2009). 그런데 [표

11]에서 얻어진 적합도 지수 RMSEA, CFI, GFI의 값은 권장 기준을 벗어나므로, [그림 2]의 구조 모형은 적합한 모형으로 보기 어렵다.

한편 [표 11]에서 χ^2 검증에서 유의확률 p 가 .050보다 작으므로, 영가설(수집한 자료들로부터 얻은 공분산 행렬과 연구 모형으로부터 추정된 공분산 행렬은 일치한다)은 기각된다. 즉 [그림 2]의 구조 모형은 표본 자료와 일치한다고 볼 수 없고, 이는 실재를 반영하는 적합한 모형이라 보기 어렵다. 따라서 O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조는 수학 영역에 적용할 수 없으며, 적합하지 않은 구조의 구성요소들을 측정하는 평가 문항인 CPSS 또한 사용할 수 없다. 따라서 수학 영역의 창의적 산출물을 평가할 수 있는 새로운 의미척도가 필요하다.

[표 11] 확인적 요인분석 모형의 적합도 지수
[Table 11] Confirmatory factor analysis model fit

	$\chi^2(p)$	자유도	RMSEA	CFI	GFI
연구 모형	353.195 (.000)	41	.172	.781	.790
권장 기준	(.050이상)		.08 이하	.9 이상	.9 이상

[표 12] 3요인의 설명된 총분산
[Table 12] The three factors' cumulative percentage of variance accounted

요인	초기 고육값			추출 제곱합 적재값		
	합계	%분산	%누적	합계	%분산	%누적
1	11.167	20.303	20.303	11.167	20.303	20.303
2	5.227	9.503	29.807	5.227	9.503	29.807
3	4.130	7.509	37.316	4.130	7.509	37.316

2. 수학 영역에서 MCPSS

O'Quin & Besemer의 CPSS를 수학 영역의 창의적 산출물에 적용하는 것은 적당하지 않으므로, O'Quin & Besemer의 CPSS를 바탕으로 수학 영역에 적합한 창의적 산출물의 의미 척도를 만들려고 한다. 이를 위해, 본 연구에서는 탐색적 요인분석, 자료의 신뢰도 검증을 실

시했다.

(1) 전체 문항에 대한 탐색적 요인분석

O'Quin & Besemer의 CPSS 55문항을 세 범주로 나누는 것에 대한 타당성을 검증하기 위해, 탐색적 요인분석을 실시하였다.

전체 문항들을 3개의 요인으로 묶는 근거는 [표 12]의 설명된 총분산으로 설명될 수 있다. 일반적으로 의미있는 요인의 수가 되려면, 초기 고육값에서 합계가 1이상이어야 한다²⁾. 그리고 추출 제곱합 적재값에서 누적 분산값([표 12]에서 '%누적'으로 표시된 값)이 70%이상인 것이 권장된다. 그런데 [표 12]에서 요인의 수를 각각 1, 2, 3으로 하면, 누적 분산 적재값이 20.303, 29.807, 37.316이다. 즉 이 값들로는 통계적으로 의미 있게 요인의 수를 결정하기 어렵다. 그러므로 선행연구들(Besemer & Treffinger, 1981; Besemer & O'Quin, 1986)에서 검증된 요인의 수 3을 받아들여, 본 연구에서는 요인의 수

[표 13] 3요인의 구조행렬
[Table 13] The three factors' structure matrix

문항번호	요인		
	1	2	3
a1	.656	-.066	.384
a2	.474	.326	-.162
a3	.241	-.137	.682
a4	.154	.589	-.049
a5	.193	.193	.506
a6	.300	-.277	.401
a7	.418	.433	.350
a8	.254	.150	.455
a9	.660	.068	.178
a10	.760	.058	.135
a11	.343	.330	.276
a12	.121	.163	.557
a13	.097	.540	.083
a14	.202	.405	.553
a15	.276	.608	.257
a16	.348	-.313	.501
a17	-.159	.520	.093
a18	.329	.612	.351
a19	.673	.067	.204

a20	.691	-.089	.312
a21	.425	.190	.107
a22	.233	.338	.356
a23	.151	.308	.589
a24	.459	.531	.203
a25	.297	.287	.302
a26	-.167	.564	-.002
a27	.234	.395	.452
a28	.643	.004	.074
a29	.698	.095	.367
a30	.566	.155	.372
a31	.086	.126	.638
a32	-.034	.571	.160
a33	.166	.593	.468
a34	.325	.543	.296
a35	.318	-.167	.512
a36	.153	.055	.626
a37	.186	.087	.713
a38	.523	.190	.037
a39	.105	.153	.086
a40	.089	.301	.501
a41	.146	.628	.122
a42	.193	.434	.437
a43	.576	.517	.271
a44	.624	.443	.172
a45	.713	.082	.154
a46	.145	.429	.240
a47	.107	.257	.573
a48	-.003	.440	.212
a49	-.006	.225	.497
a50	.686	-.071	.265
a51	.201	.023	.552
a52	.658	.019	.098
a53	.386	.384	.299
a54	.093	.249	.353
a55	.666	.016	.184

를 3으로 하였다.

2) 고윳값이 1미만이라는 것은 한 변수의 변량도 채 설명하지 못하는 요인이라는 것을 의미한다(김석우, 2010, p.335). 즉, 1보다 작은 고윳값을 가지는 요인은 다른 요인보다 작은 정보를 가지므로 고려할 가치가 없다고 할 수 있다(김기영, 김기영, 김성수, 이용규, 김현중, 2010, p.43).

본 연구의 탐색적 요인분석에서 요인추출방법으로는 주성분방법을 사용하였고, 요인을 3개로 하였다. 요인회전방법으로는 직접 오블리민 방법을 사용하였는데, 그 세 가지 요인을 회전시킨 구조 행렬은 [표 13]과 같다.

[표 13]의 구조행렬에 제시된 값들은 상관계수로, 일반적으로 요인 적재값으로 불린다. 예를 들어, 문항 a1과 요인 1의 요인 적재값은 .656, 문항 a1과 요인 2의 요인 적재값은 -.066, 문항 a1과 요인 3의 요인 적재값은 .384 이므로, 문항 a1은 요인 1과 상관관계가 가장 크다. 그러므로 문항 a1은 요인 1로 분류된다.

[표 13]의 음영이 처리된 부분은 요인 적재값이 가장 큰 것을 나타낸다. 따라서 요인 1에 대한 요인 적재값이 가장 큰 문항 a1, a2, a9, a10, ... 등은 요인 1을 측정하는 문항으로 분류되고, 요인 2에 대한 요인 적재값이 가장 큰 문항 a4, a7, a13, ... 등은 요인 2를 측정하는 문항으로 분류되고, a3, a5, a6, a8, ... 등은 요인 3을 측정하는 문항으로 분류된다. 이와 같은 방법으로, [표 13]의 구조 행렬을 요인별 문항으로 정리하면, [표 14]를 얻을 수 있다.

[표 14] 탐색적 요인분석 결과

[Table 14] Results of Exploratory Factor Analysis

요인	측정 문항
1	1, 2, 9, 10, 11, 19, 20, 21, 28, 29, 30, 38, 43, 44, 45, 50, 52, 53, 55
2	4, 7, 13, 15, 17, 18, 24, 26, 32, 33, 34, 39, 41, 46, 48
3	3, 5, 6, 8, 12, 14, 16, 22, 23, 25, 27, 31, 35, 36, 37, 40, 42, 47, 49, 51, 54

본 연구에서는 Besemer & Treffinger(1981), Besemer & O'Quin(1986), O'Quin & Besemer(1989), Besemer (1998)의 연구를 바탕으로 요인 1을 '새로움'으로, 요인 2를 '해결성'으로, 요인 3을 '정교성 및 종합성'으로 명명하였다. 3개 요인에 포함된 측정 문항들을 문헌연구에서 고찰한 Besemer & Treffinger(1981), Besemer & O'Quin(1986)의 조작적 정의와 CPSS에 비추어 보면, 몇몇 문항들이 각 요인을 설명하는 측정 문항으로 적절하지 않음을 알 수 있다. 예를 들어, [표 14]에는 '해결성'의 요인을 측정하는 문항 15번('보기흥한-우아한')이 추출되어 있다. 그런데 이것은 '해결성'의 정의인 '산출물이

[표 15] 3요인의 제거 문항들

[Table 15] The three factors' subtraction items

요 인	제거된 문항	남겨진 측정 문항
1. 새로움	11, 30, 43, 44	1, 2, 9, 10, 19, 20, 21, 28, 29, 38, 45, 50, 52, 53, 55
2. 해결성	7, 15, 17, 18, 24, 26, 33, 34	4, 13, 32, 39, 41, 46, 48
3. 정교성 및 종합성	3, 12, 22, 31, 40, 47	5, 6, 8, 14, 16, 23, 25, 27, 35, 36, 37, 42, 49, 51, 54

적합한 정도 또는 산출물이 문제 상황의 요구들에 부합하는 정도(Besemer & Treffinger, 1981, p.164)를 측정하기에 적절하지 않다. 그러므로 본 연구에서는 MCPSS의 타당도를 높이기 위해 문항 15를 제거하였다. 이와 같은 방법으로 [표 14]로부터 18개의 문항을 제거하여, [표 15]를 얻었다.

(2) 각 범주에 대한 탐색적 요인분석

새로움, 해결성, 정교성 및 종합성으로 분류된 문항들에 대해 하위요소들을 추출하자. 이를 위해, 본 연구에서는 탐색적 요인분석에서 새로움, 해결성, 정교성 및 종합성에 대한 하위요소의 개수를 다양하게 변화시키면서 설명된 총분산을 계산하고 요인 구조행렬을 만들었다.

[표 16] 새로움에 대한 3요인의 설명된 총분산

[Table 16] The three factors' cumulative percentage of variance accounted in novelty

요인	초기 고윳값			추출 제곱합 적재값		
	합계	%분산	%누적	합계	%분산	%누적
1	6.233	41.555	41.555	6.233	41.555	41.555
2	1.200	7.999	49.554	1.200	7.999	49.554
3	1.023	6.818	56.372	1.023	6.818	56.372
4	.933	6.218	62.589			

[표 16]에서 요인의 수를 4로 하면, 초기 고윳값이 1미만이 되어 통계적으로 의미있는 요인의 수로 보기 어렵다. [표 16]에서 요인의 수를 3으로 하는 경우에는 누적 적재값이 56.372³⁾가 되어, 요인의 수를 1, 2로 하는 경우보다는 바람직한 값이 얻어진다. 그리하여 본 연구

[표 17] 새로움의 3요인 구조행렬

[Table 17] The three factors' structure matrix in novelty

문항 번호	요 인		
	1	2	3
a1	.751	.124	.193
a2	.323	.142	.746
a9	.661	.172	.548
a10	.763	.271	.490
a19	.702	.135	.469
a20	.786	.377	.133
a21	.321	.611	.309
a28	.597	.351	.510
a29	.734	.390	.113
a38	.360	.445	.697
a45	.683	.379	.444
a50	.677	.335	.435
a52	.539	.653	.481
a53	.248	.836	.043
a55	.695	.406	.251

에서는 '새로움'에 대한 하위요소를 결정하기 위해, 요인의 수를 3으로 하였다.

이제, 주성분방법의 직접 오블리민 회전방법을 이용하여, 새로움의 3요인을 회전시킨 구조행렬을 구한 결과는 [표 17]과 같다. [표 17]에서 요인 적재값이 가장 큰 요인으로 각 문항들을 분류하면, [표 22]와 같이 '새로움'의 요인 1, 2, 3으로 문항들을 나눌 수 있다.

[표 18] 해결성에 대한 2요인의 설명된 총분산

[Table 18] The two factors' cumulative percentage of variance accounted in resolution

요인	초기 고윳값			추출 제곱합 적재값		
	합계	%분산	%누적	합계	%분산	%누적
1	2.667	38.093	38.093	2.667	38.093	38.093
2	1.273	18.188	56.281	1.273	18.188	56.281
3	.864	12.348	68.629			
4	.670	9.573	78.202			

이제 해결성에 대한 설명된 총분산을 구하면, [표 18]

³⁾ 3개의 요인으로 55개의 문항들의 변동(분산)을 56.372% 설명하고 있음을 뜻한다(김석우, 2010, p.335).

[표 19] 해결성의 2요인 구조행렬
[Table 19] The two factors' structure matrix in resolution

문항 번호	요 인	
	1	2
a4	.299	.679
a13	.489	.566
a32	.787	.067
a39	-.125	.770
a41	.795	.357
a46	.520	.561
a48	.734	.122

과 같다. [표 18]에서 요인의 수를 3 또는 4로 하면, 초기 고윳값이 1미만이 되어 통계적으로 의미있는 요인의 수로 보기 어렵다. [표 18]에서 요인의 수를 2로 하는 경우에는 누적 적재값이 56.281⁴⁾이 되어, 요인의 수를 1로 하는 경우보다는 바람직한 값이 얻어진다. 그리하여 본 연구에서는 '해결성'에 대한 하위요소를 결정하기 위해, 요인의 수를 2로 하였다.

이제, 주성분방법의 직접 오블리민 회전방법을 이용하여, 해결성의 2요인을 회전시킨 구조행렬을 구한 결과는 [표 19]와 같다. [표 19]에서 요인 적재값이 가장 큰 요인으로 각 문항들을 분류하면, [표 22]와 같이 '해결성'의 요인 1, 2로 문항들을 나눌 수 있다.

이제 정교성 및 종합성에 대한 설명된 총분산을 구하면 [표 20]과 같다. [표 20]에서 요인의 수를 5이상으로 하면, 초기 고윳값이 1미만이 되어 통계적으로 의미있는 요인의 수로 보기 어렵다. 초기 고윳값을 고려해볼 때, [표 20]에서 요인의 수를 4로 지정할 수 있지만, Besemer & Treffinger(1981), Besemer & O'Quin(1986), O'Quin & Besemer(1989), Besemer(1998)의 연구를 바탕으로 정교성 및 종합성의 하위요소들을 고려해 볼 때, 측정 문항들은 4가지 속성으로 묶이지 않았다. 그래서 본 연구에서는 '정교성 및 종합성'에 대한 하위요소를 결정하기 위해, 요인의 수를 3으로 하였다.

이제, 주성분방법의 직접 오블리민 회전방법을 이용하여, 정교성 및 종합성의 3요인을 회전시킨 구조행렬을

4) 2개의 요인으로 55개의 문항들의 변동(분산)을 56.281% 설명하고 있음을 뜻한다(김석우, 2010, p.335).

[표 20] 정교성 및 종합성에 대한 3요인의 설명된 총 분산

[Table 20] The three factors' cumulative percentage of variance accounted in elaboration and synthesis

요인	초기 고윳값			추출 제곱합 적재값		
	합계	%분산	%누적	합계	%분산	%누적
1	4.474	29.829	29.829	4.474	29.829	29.829
2	1.738	11.590	41.419	1.738	11.590	41.419
3	1.060	7.065	48.484	1.060	7.065	48.484
4	1.007	6.717	55.200			
5	.865	5.768	60.969			

구한 결과는 [표 21]과 같다. [표 21]에서 요인 적재값이 가장 큰 요인으로 각 문항들을 분류하면, [표 22]와 같이 '정교성 및 종합성'의 요인 1, 2, 3으로 문항들을 나눌 수 있다.

본 연구에서는 Besemer & Treffinger(1981), Besemer & O'Quin(1986), O'Quin & Besemer(1989), Besemer(1998)의 연구를 바탕으로 새로움의 제 1하위요소는 '독창성'으로 명명하였고, 제 2하위요소는 '발전가능성'으로, 제 3하위요소는 '놀라움'으로 명명하였다.

제 1하위요소인 '독창성'은 유사한 훈련과 경험을 가진 사람들이 만든 산출물들 중에서 이 산출물은 예외적이거나 또는 드물게 관찰되는 것(Besemer & Treffinger, 1981, p.164)을 의미하므로, [표 22]에서 독창성과 관련이 적은 9번 문항(관계적인-이례적인)을 제거하였다. 그리고 [표 22]의 제 1하위요소에 있는 1번 문항(케케묵은-아주 놀라운), 20번 문항(아주 혼란-믿기 어려운), 29번 문항(일반적인-뛰어난)은 O'Quin & Besemer(1989)의 연구에는 제 3하위요소인 놀라움⁵⁾을 측정하는 문항으로 사용하였다. 그러므로 본 연구에서는 1번 문항, 20번 문항, 29번 문항을 '놀라움'으로 이동시켰다. 같은 이유로, 10번 문항(보통의-혁신적인)과 55번 문항(진보적이 아닌-진보적인)을 제2요인으로 이동시켰다. 그 결과, '독창성'은 19번, 28번, 45번, 50번을 측정 문항으로 갖는 하위요

5) Besemer & Treffinger(1981)의 CPAM에서 새로움의 하위요소인 '변형가능성'과 정교성 및 종합성의 하위요소인 '매력성'은 타당도 향상을 위해 Besemer & O'Quin(1986)의 연구에서 새로움의 하위요소로 통합되면서 '놀라움'이라 명명되었다. 이는 산출물이 예상하지 못한 충격적인 해결책이라는 것을 뜻한다(Besemer & O'Quin, 1986, p.116).

[표 21] 정교성 및 종합성의 3요인 구조행렬
 [Table 21] The three factors' structure matrix in elaboration and synthesis

문항 번호	요 인 (정교성 및 종합성)		
	1	2	3
a5	.622	.166	.357
a6	.017	.745	.254
a8	.352	.320	.448
a14	.698	.101	.398
a16	.072	.802	.229
a23	.542	.243	.436
a25	.153	.154	.743
a27	.373	.173	.717
a35	.321	.718	-.026
a36	.553	.559	.175
a37	.572	.528	.510
a42	.539	.100	.476
a49	.551	.238	.133
a51	.561	.407	.307
a54	.647	-.062	.032

소가 되었다.

제 2하위요소인 ‘발전가능성’을 살펴보자. 발전가능성은 산출물이 추가적인 미래의 창의적 산출물을 제안할 것(Besemer & Treffinger, 1981, p.164)을 의미한다. 그런데 [표 22]의 52번 문항(평범한-유일무이한)은 발전가능성의 개념에 적합하지 않으므로, 이 문항을 제거하였다. 그리고 [표 22]의 2번 문항(되풀이 하는-유행을 만드

[표 22] 하위요소들의 탐색적 요인분석 결과
 [Table 22] Results of exploratory factor analysis of subscales

차원	요인	추정 문항
새로움	1	1, 9, 10, 19, 20, 28, 29, 45, 50, 55
	2	21, 52, 53
	3	2, 38
해결성	1	32, 41, 48
	2	4, 13, 39, 46
정교성 및 종합성	1	5, 14, 23, 37, 42, 49, 51, 54
	2	6, 16, 35, 36
	3	8, 25, 27

는), 10번 문항(보통의-혁신적인), 55번 문항(진보적이 아닌-진보적인)은 O'Quin & Besemer(1989)의 연구에는 ‘발전 가능성’을 측정하는 문항으로 사용하였다. 그러므로 본 연구에서는 10번, 55번 문항을 제1요인에서 제2요인으로 이동시켰다. 같은 이유로, [표 22]의 2번 문항을 제3요인에서 2요인으로 이동시켰다. 그 결과, ‘발전 가능성’은 2번, 10번, 21번, 53번, 55번을 측정 문항으로 갖는 하위요소가 되었다.

제 3하위요소인 ‘놀라움’의 경우, 위에서 언급한 대로 [표 22]의 2번 문항은 제3요인에서 제2요인으로 이동시키고, 1번, 20번, 29번 문항은 제1요인에서 제3요인으로 이동시켰다. 그 결과, ‘놀라움’은 1번, 20번, 29번, 38번을 측정 문항으로 갖는 하위요소가 되었다.

본 연구에서는 Besemer & Treffinger(1981), Besemer & O'Quin(1986), O'Quin & Besemer(1989), Besemer(1998)의 연구를 바탕으로 ‘해결성’의 제 1하위요소는 ‘유용성’으로 명명하였고, 제 2하위요소는 ‘가치로움’으로 명명하였다.

‘해결성’의 하위요소들을 살펴보자. [표 22]의 13번 문항(비기능적인-기능적인)의 경우, O'Quin & Besemer(1989)의 연구에는 제 1하위요소인 ‘유용성’을 측정하는 문항으로 사용하였다. 그래서 본 연구에서는 13번 문항을 ‘유용성’으로 이동시켰다. 그 결과, ‘유용성’은 13번, 32번, 41번, 48번을 측정 문항으로 갖는 하위요소가 되었다.

[표 22]의 13번 문항을 제 1하위요소로 이동시킨 후 제 2하위요소의 남은 3문항에 대해 크론바흐 α 값을 계산하니 0.492였다. 그래서 본 연구에서는 신뢰도를 높이기 위해 [표 15]에서 제거된 문항 22번(중요하지 않은-중요한)을 추가하였다⁶⁾. 그 결과 ‘가치로움’은 4번, 22번, 39번, 46번을 측정 문항으로 갖는 하위요소가 되었고, 이때 크론바흐 α 값을 계산하니 0.556이 되었다.

본 연구에서는 Besemer & Treffinger(1981), Besemer & O'Quin(1986), O'Quin & Besemer(1989), Besemer(1998)의 연구를 바탕으로 정교성 및 종합성의 제 1하위요소는 ‘유기적 조직성’으로 명명하였고, 제 2하위요소는 ‘복합성’, 제 3하위요소는 ‘완성도’로 명명하였다.

⁶⁾ O'Quin & Besemer(1989)의 연구에도 ‘중요하지 않은-중요한’이 ‘가치로움’을 측정하는 문항에 포함되어 있다.

[표 23] 하위요소 측정 문항들
[Table 23] Subscale items

범주	요인	하위 요소	측정 문항
새로움	1	독창성	19. 남용된-신선한 28. 독창성이 없는-독창성이 있는 45. 너무 뻔한-참신한 50. 흔히 있는-보기 드문
	2	발전가능성	2. 되풀이하는-유행을 만드는 10. 보통의-혁신적인 21. 시대에 뒤떨어진-시대를 앞서는 53. 영향력 없는-영향력 있는 55. 진보적이 아닌-진보적인
	3	놀라움	1. 케케묵은-아주 놀라운 20. 아주 흔한-믿기 어려운 29. 일반적인-뛰어난 38. 구식의-신식의
해결성	1	유용성	13. 비기능적인-기능적인 32. 사용할 수 없는-사용할 수 있는 41. 쓸모 없는-쓸모 있는 48. 실행 불가능한-실행 가능한
	2	가치로움	4. 비효과적인-효과적인 22. 중요하지 않은-중요한 39. 필수적이 아닌-필수적인 46. 불필요한-필요한
정교성 및 종합성	1	유기적 조직성	5. 무질서한-질서정연한 14. 정돈되지 않은-정돈된 23. 조직화되지 않은-조직화된 42. 완성되지 않은-완성된
	2	복합성	6. 간단한-뒤얽힌 16. 단순한-복잡한 25. 소박한-화려한 35. 복합적이지 않은-복합적인
	3	완성도	8. 서투른-숙련된 27. 대충 만든-공들여 만들어진 37. 대충 대충한-꼼꼼한 51. 허술한-빈틈없는

‘정교성 및 종합성’의 하위요소들을 살펴보자. 제 1하위요소인 ‘유기적 조직성’은 산출물이 총체성 또는 완전

성을 가짐(Besemer & Treffinger, 1981, p.164)을 의미하므로, [표 22]에서 유기적 조직성과 관련이 적은 49번 문항(설명되지 못하는-스스로 설명되는), 54번 문항(난잡한-정제된)을 제거하였다.

그리고 [표 22]의 제 1하위요소에 있는 37번 문항(대충 대충한-꼼꼼한)과 51번 문항(허술한-빈틈없는)을 O’Quin & Besemer(1989)의 연구에서는 제 3하위요소인 완성도를 측정하는 문항으로 사용하였다. 그래서 본 연구에서는 37번 문항, 51번 문항을 ‘완성도’로 이동시켰다. 그 결과, ‘유기적 조직성’은 5번, 14번, 23번, 42번을 측정 문항으로 갖는 하위요소가 되었다.

Besemer & Treffinger(1981, p.164)에 의하면, 제 2하위요소인 ‘복합성’은 산출물 또는 해법이 하나 또는 그 이상의 수준에서 많은 요소들을 포함함을 의미하므로, [표 22]에서 복합성과 관련이 적은 36번 문항(애매한-분명한)을 제거하였다. 그리고 [표 22]의 25번 문항(소박한-화려한)을 제 2하위요소인 ‘복합성’으로 이동시켰다.⁷⁾ 그 결과, ‘복합성’은 6번, 16번, 25번, 35번을 측정 문항으로 갖는 하위요소가 되었다.

제 3하위요소인 ‘완성도’는 원래의 문항 8번 문항, 27번 문항에 ‘유기적 조직성’에서 이동시킨 37번 문항, 51번 문항이 합쳐져 4문항을 측정 문항으로 갖는 하위요소가 되었다.

이와 같이, 통계처리 결과와 선행연구를 바탕으로 새로움, 해결성, 정교성 및 종합성의 범주의 하위요소를 측정하는 문항들을 정리하면 [표 23]과 같다.

(3) 신뢰도 검증과 MCPSS

설문 결과의 신뢰도를 확인하기 위해 신뢰도 분석을 실시하였다. 신뢰도 측정을 위한 문항으로, 새로움의 13 문항, 해결성의 8문항, 정교성 및 종합성의 12문항이 사용되었다. 그리고 [표 23]에 제시된 새로움, 해결성, 정교성 및 종합성의 하위요소들을 나타내는 문항들이 신뢰도 검증에 사용되었다. 신뢰도 검증의 결과는 [표 24]와 같다.

[표 24]에서 새로움을 측정하는 전체 문항의 신뢰도를 나타내는 크론바흐 α 값이 .879이며, 그 하위요인들의 크

7) O’Quin & Besemer(1989)의 연구에도 ‘소박한-화려한’이 ‘복합성’을 측정하는 문항에 포함되어 있다.

[표 24] 신뢰도 검증 결과
[Table 24] Reliability verification result

범주	하위 요소	문항	문항 수	크론바흐 α
새로움	독창성	19, 28, 45, 50	4	.788
	발전가능성	2, 10, 21, 53, 55	5	.664
	놀라움	1, 20, 29, 38	4	.703
	합계	1, 2, 10, 19, 20, 21, 28, 29, 38, 45, 50, 53, 55	13	.879
해결성	유용성	13, 32, 41, 48	4	.699
	가치로움	4, 22, 39, 46	4	.556
	합계	4, 13, 22, 32, 39, 41, 46, 48	8	.715
정교성 및 종합성	유기적 조직성	5, 14, 23, 42	4	.684
	복합성	6, 16, 25, 35	4	.619
	완성도	8, 27, 37, 51	4	.656
	합계	5, 6, 8, 14, 16, 23, 25, 27, 35, 37, 42, 51	12	.792

론바흐 α 값은 각각 .788, .664, .703이다. 그리고 해결성을 측정하는 전체 문항의 크론바흐 α 값은 .715이며, 그 하위요인들의 크론바흐 α 값은 .699, .556으로 나타났다. 정교성 및 종합성을 측정하는 전체 문항의 크론바흐 α 값이 .792이며, 그 하위요인들의 크론바흐 α 값은 .684, .619, .656으로 나타났다. 대부분의 크론바흐 α 값이 .60보다 크므로, 본 연구에서 사용한 자료는 신뢰할 만하다고 할 수 있다. 그러므로 이 자료를 사용하여 얻어지는 가설에 대한 분석 결과 역시 신뢰할 수 있다고 볼 수 있다.

결국 본 연구에서는 수학영역에서 창의적 산출물 의미 척도의 타당도 검증을 위한 두 번의 탐색적 요인분석과 신뢰도 검증을 거쳐 총 33문항의 측정 문항을 갖는 수학영역의 창의적 산출물 의미 척도를 [표 25]와 같이 만들었다.

[표 25] 수학 영역에서 창의적 산출물 의미 척도
[Table 25] MCPSS

범주	하위 요소	문항	문항		
새로움	독창성	남용된	1-2-3-4-5-6-7	신선한	
		독창성이 없는	1-2-3-4-5-6-7	독창성이 있는	
		너무 뻔한	1-2-3-4-5-6-7	참신한	
		흔히 있는	1-2-3-4-5-6-7	보기 드문	
	발전가능성	되풀이하는	1-2-3-4-5-6-7	유행을 만드는	
		보통의	1-2-3-4-5-6-7	혁신적인	
		시대에 뒤떨어진	1-2-3-4-5-6-7	시대를 앞서는	
		영향력 없는	1-2-3-4-5-6-7	영향력 있는	
	놀라움	진보적이 아닌	1-2-3-4-5-6-7	진보적인	
		케케묵은	1-2-3-4-5-6-7	아주 놀라운	
		아주 흔한	1-2-3-4-5-6-7	민기 어려운	
		일반적인	1-2-3-4-5-6-7	뛰어난	
해결성	유용성	구식의	1-2-3-4-5-6-7	신식의	
		비기능적인	1-2-3-4-5-6-7	기능적인	
		사용할 수 없는	1-2-3-4-5-6-7	사용할 수 있는	
		쓸모 없는	1-2-3-4-5-6-7	쓸모 있는	
	가치로움	실행 불가능한	1-2-3-4-5-6-7	실행 가능한	
		비효과적인	1-2-3-4-5-6-7	효과적인	
		중요하지 않은	1-2-3-4-5-6-7	중요한	
		필수적이 아닌	1-2-3-4-5-6-7	필수적인	
	정교성 및 종합성	유기적 조직성	불필요한	1-2-3-4-5-6-7	필요한
			무질서한	1-2-3-4-5-6-7	질서정연한
			정돈되지 않은	1-2-3-4-5-6-7	정돈된
			조직화되지 않은	1-2-3-4-5-6-7	조직화 된
복합성		완성되지 않은	1-2-3-4-5-6-7	완성된	
		간단한	1-2-3-4-5-6-7	뒤얽힌	
		단순한	1-2-3-4-5-6-7	복잡한	
		소박한	1-2-3-4-5-6-7	화려한	
완성도	복합적이지 않은	1-2-3-4-5-6-7	복합적인		
	서투른	1-2-3-4-5-6-7	숙련된		
	대충 만든	1-2-3-4-5-6-7	공들여 만들어진		
	대충 대충한	1-2-3-4-5-6-7	꼼꼼한		
	허술한	1-2-3-4-5-6-7	빈틈없는		

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 설문조사와 통계적 방법을 통해 수학 영역에서의 창의적 산출물 개념의 범주 및 하위요소들을 밝히고, 수학 영역에서 MCPSS를 만들었다.

이를 위해, Taylor의 창의적 산출물의 수준과 목록, Besemer & Treffinger의 CPAM, O'Quin & Besemer의 CPSS를 분석하여, 이론적 배경으로 삼았다. 그리고 O'Quin & Besemer의 CPSS에 제시된 양극 형용사의 목록을 번역하여, 수학 영역의 창의적 산출물 세 가지에 대해 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 결과에 대한 요인 분석을 통해, O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조 및 CPSS가 수학 영역에 적용가능한 지를 조사하고, 33문항으로 구성된 MCPSS를 만들었다.

O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조를 CPSS를 사용해 수학영역의 창의적 산출물을 평가한 표본 257명의 자료에 적용시켜 보았으나, 확인적 요인분석을 통해 나온 구조 모형의 적합도 지수가 수용 기준을 벗어났다. 이로부터 O'Quin & Besemer의 창의적 산출물 개념의 구조를 수학 영역에 그대로 적용하여 사용할 수 없다는 결론을 얻었다. 즉, 이것은 그 구조를 구성하는 요소들의 측정문항인 CPSS를 수학 영역의 창의적 산출물을 평가하기 위한 척도로 사용할 수 없음을 뜻한다. 그래서 본 연구에서는 두 번의 탐색적 요인분석을 수행하여 타당도검증을 하고, 크론바흐 α 값을 계산하여 신뢰도가 검증된 MCPSS를 만들었다.

MCPSS를 위한 탐색적 요인분석에서 3가지 범주를 추출하고, 각 범주의 하위요소를 3개, 2개, 3개씩 추출하였다. 그리고 선행 연구들을 바탕으로 3가지 범주를 새로움, 해결성, 정교성 및 종합성으로 명명하고, 새로움의 하위요소들을 독창성, 발전가능성, 놀라움으로, 해결성의 하위요소들을 유용성, 가치로움으로, 정교성 및 종합성의 하위요소들을 유기적 조직성, 복합성, 완성도로 명명하였다.

MCPSS의 범주들과 하위요소들을 O'Quin & Besemer의 CPSS와 비교해 보자. MCPSS에서 '새로움'의 범주의 하위요소인 발전가능성, 독창성, 놀라움은 CPSS의 하위요소들과 일치한다. MCPSS의 문항들은 CPSS에서 하위요소 독창성의 문항 '평범한-유일무이한'

이 제거된 것 이외에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

한편 MCPSS의 '해결성'의 범주는 유용성, 가치로움을 하위요소로 가지는데, CPSS에는 하위요소로 유용성, 가치로움 외에도 논리성이 더 포함되어 있다. MCPSS를 만들기 위한 탐색적 요인분석에서 논리성을 측정하는 문항들이 하나의 속성으로 묶이지 못하고, 다른 속성들을 측정하는 문항들로 흩어져 분포하여 이와 같은 결과가 얻어졌다. 그리고 CPSS에서 하위요소 유용성에 포함되었던 '비효과적인-효과적인'의 문항은 MCPSS에서는 하위요소 가치로움에 포함되었다.

CPSS의 '정교성 및 종합성'의 범주는 유기적 조직성, 우아함, 복잡성, 이해가능성, 완성도의 5개 하위요소로 구성되었지만, 이들 중 우아함, 이해가능성이 제거된 나머지 3개의 하위요소들이 MCPSS의 '정교성 및 종합성'의 하위요소를 구성하였다. CPSS에서 우아함의 문항을 살펴보면, '보기 흉한-우아한', '역겨운-매력적인', '불품없는-멋들어진', '매력적이지 않은-매력적인', '난잡한-정제된'인데, 이들 문항이 수학 영역의 산출물들의 특징과는 좀 거리가 있다는 것도 '우아함'의 문항들이 하나의 속성으로 묶이지 못하는 원인이 되었을 것으로 추측된다. CPSS의 하위요소 '이해가능성'에 대해서도 유사하게 생각할 수 있을 것이다. 그리고 이러한 차이가 MCPSS의 필요성을 나타낸다고 할 수 있을 것이다.

MCPSS는 O'Quin & Besemer의 CPSS의 문항 수보다 적은 33개 문항으로 구성되어 있어서, 비교적 용이하게 수학 영역의 창의적 산출물의 특징들을 분석하고 평가하는 도구로 활용될 수 있을 것이다. 그리고 MCPSS를 사용해 수학 영역의 다양한 창의적 산출물을 수학 교육 전문가가 평가한 자료를 통해 확인적 요인 분석을 수행하는 후속연구를 제안할 수 있다. 이는 일반화 가능한 수학 영역에서 창의적 산출물 개념의 구조를 탐색하는 기회가 될 것이며, 수학교육학 발전에 많은 기여를 할 수 있는 의미 있는 연구가 될 것이다.

참 고 문 헌

- 강완 (2013). 수학적 능력의 구조와 수학 영재아를 위한 창의적 문제 해결 지도 방안, 2013국제수학영재교육 학술대회 프로시딩, 7-14.

- Kang, W. (2013). A structure of the mathematical ability and a teaching method of the creative problem solving for a mathematically gifted student, *Proceedings of the 2013 International Conf on Math Edu.*, 7-14.
- 교육과학기술부 (2011). *수학과 교육과정*, 서울: 교육과학기술부.
- 권오남, 김정호 (2000). 창의적 문제해결력 중심의 수학 교육과정 적용 및 효과 분석, *수학교육* 39(2), 81-99.
- Gwon, O.N. & Kim, J.H. (2000). Application and examination the effect of mathematics curriculum to enhance creative problem solving abilities, *The Mathematical Education* 39(2), 81-99.
- 김기영, 김성수, 이용구, 김현중 (2010). *다변량 분석 입문*, 서울: 한국방송통신대학교 출판부.
- Kim, K.Y., Kim, S.S., Lee, Y.G. & Kim, H.J. (2010). *A Introduction to multivariate analysis*, Seoul: KNOU-Press.
- 김대업 (2009). *AMOS A to Z : 논문작성절차에 따른 구조방정식 모형분석*, 경기도: 학현사.
- Kim, D.U. (2009). *AMOS A to Z: structure equation model analysis by paper procedure of writing up*, Gyeonggi-do: Hakhyunsa.
- 김석우 (2010). *사회과학 연구를 위한 SPSS·AMOS 활용의 실제*, 서울: 학지사.
- Kim, S.W. (2010). *A actual utilization with SPSS·AMOS for a study of social sciences*, Seoul: Hakjisa.
- 김선희 (2005). 수학사에 근거한 수학영재의 창의적 산출물 평가 준거 개발, *한국수학사학회지* 18(2), 75-94.
- Kim S.H. (2005). Development of the Evaluation Criterion for Mathematically Gifted Students Creative Product in View of Mathematical History, *Journal for History of Mathematics* 18(2), 75-94.
- 김수경, 김은진, 권혁진, 한혜숙 (2012). 수학 영재의 창의적 문제해결 모델(MG-CPS)을 일반학생의 수학 학습에 적용한 사례연구, *수학교육* 51(4), 351-375.
- Kim, S.K., Kim, E.J., Gwon, H.J. & Han, H.S. (2012). A case study on the effects of mathematically gifted creative problem solving model in mathematics learning for ordinary students, *The Mathematical Education* 51(4), 351-375.
- 김영봉, 강병재, 권순희, 김희대, 문태순, 변중임, 심형진 (2005). *교육학 개론*, 경기도: 서현사.
- Kim, Y.B., Kang, B.J., Kwon, S.H., Kim, H.D., Moon, T.S., Byun, J.I., Shim, H.J. (2005). *Introduction to education*, Gyeonggi-do: Seohyeonsa.
- 김용대 (2004). 창의적 문제해결과 문제변형을 위한 사고, *수학교육* 43(4), 399-404.
- Kim, Y.D. (2004). Thinking for creative problem solving and problem posing, *The Mathematical Education* 43(4), 399-404.
- 남영신 (2003). *국어대사전*, 서울: 성안당.
- Nam, Y.S. (2003). *Korean dictionary*, Seoul: Sungandang.
- 심재봉, 이우식 (2000). 다양한 문제분석을 통한 창의적인 문제해결력 신장, *수학교육학술지* 5, 175-194.
- Sim, J.B. & Lee, W. S. (2000). A improvement of creative problem solving abilities by various analysis of problem, *Studies in Mathematical Education* 5, 175-194.
- 양태석 (2011). *지역 교육지원청 창의적 산출물 발표회에 관한 연구*, 석사학위논문, 경상대학교.
- Yang, T.S. (2011). A Study of creative output presentation in district educational office, Master's thesis, Gyeongsang National University.
- 우종필 (2014). *우종필 교수의 구조방정식모델 개념과 이해*, 서울: 한나래 출판사.
- Woo, J.P. (2014). *The concept and understanding of structural equation model by professor Woo*, Seoul: Hannarae Publishing Co.
- 이강섭, 황동주 (2004). 수학 창의적 문제 해결력 검사(MCPSAT)에 대한 중, 고등학교 급별 적합성 분석, *수학교육논문집* 18(1), 191-199.
- Lee, K.S. & Hawng, D.J. (2004). A compatibility analysis each of the middle and high school by Mathematics Creative Problem Solving Ability Test(MCPSAT), *Communications of mathematical education* 18(1), 191-199.
- 이광진 (2011). *중등학교 수학영재교육에서 창의적 산출물의 분석*, 석사학위논문, 경상대학교.
- Lee, K.J. (2011). An analysis of the creative outcomes in the mathematics gifted education of secondary school, Master's thesis, Gyeongsang National University.
- 이대현 (1999). 창의적인 문제해결과과정에서의 직관과 논리의 역할, *수학교육* 38(2), 159-164.
- Lee, D.H. (1999). The role of intuition and logic in creative problem solving process, *The Mathematical Education* 38(2), 159-164.
- 이명숙, 김미숙, 문은식 (2013). STEAM 수업이 수학영

- 제의 수학 창의적 문제해결력과 창의적 태도에 미치는 효과, *영재와 영재교육* 12(3), 75-94.
- Lee, M.S., Kim, M.S. & Moon, Y.S. (2013). The effect of STEAM instruction on math creative problem solving ability and creative attitude in elementary math gifted students, *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented* 12(3), 75-94.
- 이종희, 김기연 (2010). 수학영재의 창의적 산출물 평가 준거 개발 및 적용, *학교수학* 12(3), 301-322.
- Lee, C.H. & Kim, K.Y. (2010). Development and Application of the Criteria of Evaluating Creative Product in Mathematical Gifted Education, *School Mathematics* 12(3), 301-322.
- 조석희, 황동주 (2007). 중학교 수학 영재 판별을 위한 수학 창의적 문제해결력 검사 개발. *영재교육연구* 17(1), 1-26.
- Jo, S.H. & Hawng, D.J. (2007). Math Creative Problem Solving Ability Test for Identification of the Mathematically Gifted Middle School Students, *Journal of Gifted/Talented Education* 17(1), 1-26.
- 한국언론연구원 (1993). *매스컴대사전*, 서울 : 한국언론연구원.
- The Korean Press Institute (1993). *Masscom unabridged dictionary*, Seoul : The Korean Press Institute.
- Besemer S. P. & Treffinger D. J. (1981). Analysis of creative products: review and synthesis, *The Journal of Creative Behavior* 15(3), 158 - 178.
- Besemer S. P. & O'Quin K. (1986). Analyzing creative products: refinement and test of a judging instrument, *The Journal of Creative Behavior* 20(2), 115 - 126.
- Besemer S. P. (1998). Creative product analysis matrix: testing the model structure and a comparison among products—three novel chairs, *Creativity Research Journal* 11(4), 333-346.
- Brogden, H. E. & Sprecher T. B. (1964). Criteria of creativity. In C. W. Taylor(Eds.), *Creativity progress and potential*. NYU: McGraw Hill.
- O'Quin K. & Besemer S. P. (1989). The development, reliability, and validity of the revised creative product semantic scale, *Creativity Research Journal* 2, 267-278.
- Taylor I. A. (1975). An emerging view of creative actions. In Taylor I. A. & Getzels J. W.(Eds.), *Perspectives in Creativity* (297-325).
- Young J.G. (1985). What is creativity? *The Journal of Creative Behavior* 19(2), 77-87.

A study on creative product semantic scale in mathematics

Juyeun Hong

Graduate School, Gyeongsang National University

E-mail : ssem2005@hanmail.net

Inki Han[†]

Department of Mathematics Education, Gyeongsang National University

E-mail : inkiski@gnu.ac.kr

This study has to do with creative product in mathematics. We analyze Taylor's creative product according to a different developmental level of creativity, Taylor's creative product inventory, Besemer & Treffinger's creative products analysis matrix, O'Quin & Besemer's creative products semantic scale(CPSS) etc. The purpose of this study is to make creative products semantic scale in mathematics.

O'Quin & Besemer's CPSS consists of 55 items, bipolar adjective checklist. We confirm that O'Quin & Besemer's CPSS is not fit to use for mathematics creative products. So we develop Creative Product Semantic Scale in Mathematics(MCPSS) which consists of 33 items, bipolar adjective checklist. Our result will provide convenience to mathematics teacher who guides a student make a creative product.

* ZDM Classification : C43

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97C40

* Key words : creative product, creative product semantic scale in mathematics

† Corresponding author