한국초등수학교육학회지 16(2) 253-267.
2012. 08. 31
Journal of Elementary Mathematics Education in Korea 16(2) 253-267.
August 31. 2012.

수학적 창의성 계발을 위한 과제와 수업 방향 탐색

성창근[1] · 박성선[2]

본 연구는 창의성이 발현되는 인지적 과정이 무엇인지에 대한 관점을 이론적으로 고찰한 후, 이를 토대로 수학적 창의성을 계발하고 측정하는데 바람직한 과제와 수업 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다. 먼저, 창의성에 대한 영역-특수적 관점과 영역-일반적 관점을 이론적으로 고찰하였다. 창의성 발현에 대한 이 두 관점은 이론적 논의에 그치지 않고 수학적 창의성을 계발하고 신장시키기 위해 고안된 과제와 프로그램에 영향을 미친다. 창의성에 대한 교육학적 고찰에서는 수학적 창의성을 검사하고 계발하기 위한 과제와 수업 프로그램이 구비해야할 조건을 이론적으로 탐색한 후, 이를 바탕으로 실제 수학 수업에서 활용가능한 과제와 수업 사례를 제시하였다. 이 연구의 핵심적인 결론은 창의성의 발현되는 과정에 대한 연구는 수학적 창의성 연구의 핵심이 되어야 하며, 아울러 확산적 사고는 수학적 창의성 계발을 위한 필요조건이지만 충분조건은 될 수 없으므로, 수학적 창의성을 계발하기 위해서는 일반화, 추상화 등 다양한 수학적 추론과 수학적 지식을 고려할 필요가 있다.

주제어: 창의성, 수학적 창의성, 영역-특수적 관점, 영적-일반적 관점, 창의성 검사 도구, 창의성 수업

Ⅰ. 서 론

인간의 역사는 새로운 생각을 통해서 변화 발전해 왔다. 인간이 지금까지 이룬 과학적, 인문적, 예술적 성과는 모두 기존 생각의 한계를 뛰어 넘은 창의적 사고의 결과라 할 것이다. 오늘날 창의성 연구의 중요성은 누구도 부정할 수 없을 것이다. 이에 따라 창의성에 대한 인지심리학적 연구가 계속되고 있으며, 교육적으로는 창의성 교육의 중요성이 매우 강조되고 있다. 제7차 교육과정과 2009 개정 교육과정에서도 창의성을 갖춘 인간상을 추구하고 있다(교육부, 1997; 2011). 그러나 창의성에 대한 경험적이고 체계적인 연구 성과는 그 중요성과 매력에 비해 아직 미진한 실정이며, 아직 완벽하게 창의성을 설명할 수 있는 이론이나 모형은 없다(Weisberg, 2006).

창의성 연구를 체계화하는 한 가지 방법은 이른바 '4P' 모델이며, 여기서 4P란 창의적인 사람(person), 과정(process), 산출물(product), 환경(press)을 일컫는다. 잠재된 창의성을 계발하는 것이 창의성 연구와 교육의 궁극적인 목적임을 감안할 때 창의성이 발현되는 과정은 창의성 관련 연구에 있어 가장 핵심적인 분야 중 하나이다. 왜냐하면 창의성이 발현되

1) [제1저자] 광주큰별초등학교
2) [교신저자] 춘천교육대학교 수학교육과

는 과정에 대한 이해 없이는 창의성을 향상시킬 수 있는 구체적 방안을 마련하기란 불가능하기 때문이다(임웅, 2009).

창의적 산물을 생성하기 위해 관여하는 과정 또는 기제가 무엇인가에 대한 설명은 주로 확산적 사고 관점과 평범한 문제해결 관점으로 나뉘고, 각 입장의 정당성을 뒷받침하기 위한 경험적 연구가 수행되었다(Weisberg, 2006). 이러한 논의와 맞물려 보다 최근에는 창의성에 대해 떠오르는 쟁점은 창의성이 영역-일반적(domain-general)인지 영역-특수적(domain-specify)인지 관한 것이다(Plucker & Beghetto, 2004). 영역-일반적 입장을 견지하는 진영은 창의성의 요체는 확산적 사고이며, 확산적 사고 능력을 사람은 모든 영역 예를 들어 국어, 수학, 과학, 미술 영역에 모두 창의적일 수 있다고 주장한다. 반면 영역-특수적 입장을 취한 연구자들은 인간은 본질적으로 모든 영역에서 창의적일 수 없으며 그가 몸담고 있는 특정한 영역에서만 창의적일 수 있다고 주장한다. 이러한 입장은 Hays의 10년 법칙에 의해 강력하게 지지되었다. 그는 미술, 과학 등 여러 분야에서 창의적인 인물을 광범위하게 조사하였는데, 두 분야이상에서 특출한 창의적인 업적을 남긴 인물은 극소수이며 대부분은 특정한 영역에서만 창의적 업적을 남겼다는 결과를 보고하였다. 이 보고에서 창의적인 업적을 남긴 인물들은 모두 특정 영역에서 10년 이상의 전문적 기술(지식)을 축적하고, 그러한 지식을 바탕으로 창의성이 발현될 수 있었다고 주장하였다. 아직도 두 입장의 논쟁은 진행 중이지만 최근에 창의성을 영역특수적인 것으로 무게가 실리고 있다(Runco, 2004). 창의성 연구가 60년이라는 비교적 짧은 역사를 지닌 점을 감안할 때 창의성의 정체와 과정에 대해 합일점을 찾지 못하고 다양한 시각과 관점에서 갑론을박하는 것은 모든 학문적 연구가 그러했듯이 어쩌면 자연스러운 과정일 것이다.

창의성의 과정에 대한 입장의 차이 즉 창의성이 발현되는 인지적 기제를 무엇으로 보느냐는 단지 이론적인 논쟁을 뛰어넘어 창의성 신장 교육의 실제에 영향을 미칠 수 있다. 왜냐하면 그것은 수학교육에서 창의성을 신장시키기 위한 교육 내용, 방법, 평가에 이르기까지 광범위하게 영향을 미치기 때문이다. 예를 들어 창의성의 발현 기제를 확산적 사고로 간주한다면 학교 수학에서 창의성 교육의 목적은 그것을 기르는 것이며, 교육의 방법은 그것을 신장시키기 위한 교육적 처치가 행해질 것이며, 또한 그것을 평가할 것이다.

한편 수학교육 분야에서 이루어진 창의성의 평가 또는 측정에 관한 연구는 크게 확산적 사고 능력 검사에 초점을 둔 연구(예, 김홍원 외, 1997; 이강섭·황동주, 2003; Haylock 1987; 1997; Evans, 1964; Haylock, 1987, 1997)와 수학화, 이상화, 기호화 등 수학의 학문적 특성을 반영한 능력에 초점을 맞춘 연구(예, 김부윤·김철언·이지성, 2005; 유윤재, 2003, 2004; Envynck, 1991; Krutetskii, 1976)로 나뉘어 수행되고 있다. 이 중 전자의 경우 확산적 사고를 측정할 수 있는 문항을 개발하고 그것을 학생들에게 실제 적용하는 실험 연구가 수행됨으로써, 영재선발이나 창의성 계발 교육에 많은 영향을 미치고 있는 반면 후자의 경우는 검사 문항이 갖추어야할 준거와 모습에 대해 개념적인 논의에 머물러 있는 수준이다. 즉 현재 국내에서 수학영재를 판별하는 창의성 검사 도구는 주로 Guilford의 확산적 사고 능력의 측정과 같은 심리측정법에 근거를 두고 있어 단편성을 극복하지 못하고 있으며 그나마 창의성 판별도구는 확산적 사고능력과 수학문제를 연합한 형태의 모형을 사용하고 있기 때문에 창의적 인간의 인지과정을 이해하기에는 부족한 면이 있다(유윤재, 2004). 따라서 수학 교육에서도 수학 본유의 특성을 유지하면서 창의성이라는 심리적 구인의 본질에 대해 좀 더 심도 있게 논의될 필요가 있다(박성선, 2002).

이 글의 목적은 창의성이 발현되는 인지적 기제 중 가장 보편적으로 인식되고, 실제 교육과 영재 판별 검사 도구로 활용되고 있는 확산적 사고에 대한 여러 관점을 살펴보고, 그

것이 학교 수학의 교육 내용(과제)과 평가에 어떤 영향을 미치고 있는지를 조망해보는 것이다. 이러한 고찰을 통해 수학 교육에서 창의성 연구의 방향과 특히 학교에서 창의성 계발을 위해 어떤 노력을 해야 할 지에 관한 시사점을 구하고자 한다. 도출된 시사점에 기초해 수학적 창의성을 평가하고 측정하기 위한 과제를 제안하고, 학교 수학에서 창의성 수업의 방향을 논하고자 한다.

Ⅱ. 창의성: 영역-일반성 또는 영역-특수성?

창의성은 영역 또는 과제에 관계없이 새롭고 적절한 사고를 할 수 있는 영역 일반적인 능력인가 아니면 과학 창의성, 예술 창의성 등과 같이 영역 또는 과제에 따라 다르게 발현되는 영역 특수적인 능력인가에 대한 질문은 창의성 분야에서 논쟁이 끊이지 않고 계속되는 이슈 중의 하나이다(Plucker & Beghetto, 2004). 창의성의 영역-일반성(domain-generality)이란 창의적 수행의 바탕이 되는 기능, 특질 또는 지식이 모든 영역에 관련되어 영향을 미친다는 것이다. 이에 반해 창의성의 영역-특수성(domain-specificity) 입장은 모든 영역에 걸쳐 창의성이 발현되는데 공통적이고 일반적인 요인이 존재하는 것이 아니라, 창의성이 발현되는 기제는 지식 영역에 따라 상이하여 각 영역간 독립적이라는 것이다(Baer, 1999).

창의성의 영역-일반성은 창의적 사고를 확산적 사고와 동실시하는 입장으로서, Guilford의 주장을 근거로 하고 있으며, 창의성에 대한 '영역-일반적' 접근으로 불린다. 창의성에 대한 영역-일반성 접근은 지능의 "g" 요인인 모든 영역의 인지적 능력에 관여하듯이, 확산적 사고라는 단일한 요인이 수학, 과학, 언어, 예술 등의 여러 영역에서의 창의성 발현에 일관되게 영향을 준다는 것을 의미한다. 이러한 전통은 Torrance(1974, 1992)가 개발한 창의적 사고 검사 TTCT(Torrance Test of Creative Thinking)로 이어지고, 확산적 사고 능력에 대한 연구들이 활발히 이루지고 있으며(Lubart, 1994), 창의성에 대한 영역-일반적 접근을 경험적으로 입증하려 시도하고 있다(예를 들어, Plucker, 1998; 이병희, 2008). 또한 송인섭과 김혜숙(1999)은 창의적 직업에 종사하는 사람들과 대학생들이 창의성을 암묵적으로 어떻게 개념화하는가를 조사한 연구에서, 창의성의 인지적 측면으로 유창성, 융통성, 독창성의 요인으로 보고 있어 우리나라 사람들이 갖는 창의성에 대한 이해와 개념화가 확산적 사고에 기초하고 있음을 알 수 있다.

반면 창의성에 대한 영역-특수적 입장은 어느 특정한 영역에서의 창의적 수행이 다른 영역의 창의적 성취와 상관성을 보이지 않는 비교적 독립적이라는 것으로, 창의성을 특정 영역에만 한정되어지는 능력으로 간주한다. 즉 수학에서 높은 창의적인 성취를 보일지라도 미술이나, 음악 등 다른 분야에서 창의적인 잠재성이나 창의적 성취가 낮을 수 있다는 것이 영역-특수적인 입장이다. 이 입장을 지지하는 대표적 연구자인 Weisberg(2006)는 확산적 사고 검사의 타당성에 대하여 다음과 같이 의문을 제기하고 있다.

> Guilford는 창의성에 무엇이 포함되어야 하는가에 대해 자신의 직관적 분석을 기초로 그 검사를 설계했다. 따라서 창의적 사고자들이 실제로 어떻게 생각하는지를 결정하기 위한 연구를 하지 않았기 때문에 우리는 그의 직관적 분석이 정확한지 전혀 모르고, 따라서 확산적 사고 검사가 실제로 창의적 사고 능력을 측정하는지 어떤지 전혀 모른다(p. 501).

심지어 그녀는 창의성의 영역-특수적 관점에서 볼 때, TTCT나 확산적 사고 검사는 적절하지 못하고 타당성을 담보할 수 없다고 하였다. Baer(1999)는 영역이 다른 여러 과제에 대한 산출 평가를 실시하고 각 영역 및 과제 간의 낮은 상관관계를 근거로 영역 특수성을 주장하였다. 즉 확산적 사고 능력은 모든 영역에 일반적으로 존재하는 영역 일반적 능력이 아니라는 것이다. Han과 Marvin(2002) 또한 미국의 초등학교 2학년생 109명의 창의적 수행에 관한 연구에서 이야기 마들기(언어), 꼴라쥬 만들기(미술), 수학문제 만들기(수학)의 세 영역별로 창의성을 측정한 결과 창의성 점수가 영역에 따라 다르게 분포하였고 한 영역에서의 창의적 수행이 다른 영역에서의 창의적 수행과 매우 낮은 상관을 보이고 상당히 독립적인 관계를 보인다고 보고하였다. 김명숙(2002)은 중학교 2학년 영재아 90명, 일반아 105명을 대상으로 언어, 수학, 과학의 세 영역별 창의적 과제 수행에 대한 상관분석을 실시하여 서로 다른 영역의 창의적 과제 수행간의 상관이 낮거나 거의 없게 나타난 결과를 바탕으로 영역 특수성을 주장하였다. Baer(1999)는 창의성은 영역-특수성을 뛰어넘어 심지어는 과제-특수적(task-specificity)이라고 주장하였다. 즉 동일한 영역 내에서 다른 과제(콜라쥬, 데생, 회화)를 수행한 결과 그 상호 상관지수는 상당히 낮았다. 상관의 정도는 각각 0.15, 0.23, 0.43이었으며, 평균 상관지수는 0.27이었다. 따라서 동일한 수학 영역에서도 기하와 대수 과제는 같은 인지적 능력을 요구하지 않으며 창의성에서도 차이를 보일 수 있음을 짐작해 볼 수 있다. 이상의 연구들을 종합해 볼 때 창의성은 영역 특수적인 요인과 과제 특수적인 요인이 존재한다는 사실을 알 수 있다.

지금까지 일반 창의성 연구에서 영역-특수성과 영역-일반성에 이루어진 연구들에 대해 살펴보았다. 이러한 고찰에 기초해 수학 교육에서 창의성에 대한 연구는 이 두 관점 중 어디에 더 초점을 맞추는지에 따라 구분해볼 수 있다. 특히 학교 수학에서 수학적 창의성을 검사하기 위해 사용된 검사 도구들을 통해서 이러한 구별은 더욱 분명해진다. 다음 절에서는 수학적 창의성을 측정하고 평가했던 기존의 연구들이 어떤 입장을 취하고 있는지를 살펴보고자 한다.

Ⅲ. 학교 수학에서 창의성 검사

1. 수학적 창의성=확산적 사고

최근 사용되고 있는 수학적 창의성 검사 도구는 Guilford의 확산적 사고를 창의성으로 동일시한 정의에 근거를 두고 있으며(예, Haylock, 1997), 이에 근거한 수학적 창의성 검사를 보면 수와 연산, 도형, 측정 등에 관련된 문항들이 주를 이루고 있다. 다음은 초등학생의 수학적 창의성을 측정하기 위해 수행된 연구(김홍원 외, 1997; 송상헌, 1998; 황동주; 2005; Haylock, 1987, 1997)에서 발췌한 문항들로써, 확산적 사고 능력을 검사하는데 초점을 맞추고 있다.

<문항1> 1, 2, 3, 4 숫자 카드를 순서대로 늘어놓고 여러분이 알고 있는 계산 방법을 이용하여 답이 5보다 작거나 5와 같은 수가 되도록 만드시오(단, 1, 2, 3, 4의 순서는 바뀌지 않아야 하며, 식에서 숫자는 한 번씩 밖에 쓸 수가 없습니다.

<문항2> 다음 네모 안의 글을 읽고 <보기>와 같이 여러 가지 수학적 사실들을 적어보시오.

- 다음 수는 짝수입니다. 2, 4, 6, 8, 10, 12, ...
- 다음 수는 홀수입니다. 1, 3, 5, 7, 9, 11, ...

<보기> 짝수는 2씩 더해진다.

<문항3> 다음과 같이 가로-세로의 방향으로 한 칸이 9개의 점이 있습니다. 이 점 안에 넓이가 $2cm^2$인 도형을 될 수 있는 한 많이 그려 보시오.

<문항4> 다음 숫자간의 공통점을 있는 대로 쓰시오.

54, 36

위와 같은 문제를 사용한 창의성 평가는 일반적으로 학생들이 제시한 다양한 답으로부터 유창성, 융통성(범주의 개수), 독창성 점수를 부여한다. 위의 네 문제에 대해 다양한 반응을 보이기 위해서 학생들에게 필요한 능력은 무엇보다 자연수 개념과 감각, 연산감각과 계산 능력이 전제되어야 한다. 따라서 이 문제는 확산적 사고를 측정하기 보다는 수와 연산과 관련된 지식과 능력을 측정하고 있다고 보는 것이 타당할 것이다. 수학적 창의성은 새로운 아이디어를 생성하는 것이다. 위의 검사는 개방형이지만 아이디어 생성 보다는 수렴적 사고를 측정하는 것에 가깝다.

또한 확산적 사고에 기초한 과제를 사용해 수학적 창의성을 측정하고 평가하는 연구는 일반적 창의성과의 상관연구에서 그 특징이 더욱 두드러진다. 이강섭·황동주(2003b)는 일반적 창의성(도형)과 수학적 창의성과의 관계를 알아보기 위해 TTCT Figural A와 한국교육개발원(1997)이 개발한 수학적 창의성 검사 도구(MCPSAT A)를 사용하여 상관분석을 해본 결과 일반적 창의성과 수학적 창의성은 유의한 상관이 있다고 보고하였다. 또한 Evans(1964)도 수학적 창의성을 확산적 사고와 동일시하고 자신이 개발한 도구와 일반적 확산적 사고 검사 간에 유의한 상관이 있다고 보고하였다. 이들의 연구결과는 결국 수학적 창의성은 일반적인 확산적 사고와 높은 상관이 있으므로 수학교육에서 창의성을 신장시키기 위해서는 확산적 사고를 신장시키면 된다는 주장으로, 이는 창의성에 대한 영역-일반성 입장과 궤를 같이한다고 볼 수 있다.

결과적으로 수학 교육 분야에서 개발된 수학적 창의성 검사 도구들은 대부분 확산적 사고 검사 도구를 근거한 수학 문항이거나 이에 준하는 문항들로 이루어져 있어(예, 김홍원 외, 1997; 이강섭·황동주, 2003b; Evans, 1964; Haylock, 1987; 1997), ‘수학적 창의성=확산적 사고’라는 믿음이 팽배해 있음을 알 수 있다.

2. 수학적 창의성=수학적 고유의 능력

수학적 창의성에 대해 영역-특수성 입장을 취하는 연구는 수학 교과 자체의 학문적 특성인 논리성과 엄밀성, 비판적 사고, 추론 등을 수학적 창의성의 핵심적인 준거로 여기고 있다. Krutetskii(1976)는 수학적 창의성을 ‘복잡하지 않은 수학 문제를 스스로 공식화하고, 이러한 문제에 대한 해법을 찾고, 증명과 정리의 발명, 공식에 대한 연역, 비표준 문제에 대한 독창적인 해법 찾기’로 규정하고 있어, 수학적 창의성에 수학이라는 특정 영역과 관련된 능력을 강조하고 있음을 알 수 있다. 또한 Balka(1974)는 수학적 가정들을 공식화하는 능력, 패턴을 찾는 능력, 고착을 벗어나는 능력, 수학적 아이디어를 평가하여 가능한 결론을 생각하는 능력 등을 수학적 창의성을 핵심요인으로 간주하고 있다. 이들 외에 Ervynck(1991)은 수학적 사고를 고등 수학적 사고의 일부로 간주하고 수학에서의 이해, 직관, 통찰, 일반화와 같은 요소의 상호작용에 의해 수학적 창의성이 발현된다고 하였다. 이러한 견해들은 수학적 창의성의 일반적 요인으로 확산적 사고를 상정하기 보다는 수학의 고유한 특성이나 수학의 본질적 사고에 더 중점을 둔다고 할 수 있다. Krutetskii(1976)의 연구에서 사용된 과제를 제시하면 다음과 같다.

<문항1> 다음 문제를 계산하시오.(사고의 유연성)

① 19×2×5

② 4×27×25

③ 13×6×50

이 문제를 해결하는 다른 방법이 있습니까? 가장 좋은 방법은 무엇입니까?

<문항2> 다음 문제를 계산하시오.(일반화, 추론)

① 6÷3=2일 때 12÷3=?

② 15÷5=3일 때, 30÷5=?

③ 16÷4=4일 때, 32÷4=?

질문) 위의 세 가지 계산 과정에서 알게 된 사실은 무엇인가? 만일 나누어지는 수(피제수)를 X배 증가시키면 나눗셈의 몫은 어떻게 변하겠는가?

〈문항1〉의 ③번 문제에 대해 어떤 학생들은 주어진 순서대로 계산한다. 다른 학생들은 6과 50을 곱한 후 그 결과를 13과 곱한다. 재능있는 학생들은 $6=3\times2$라는 사실을 알고 다음과 같이 계산할 수 있을 것이다. $13\times6\times50=13\times3\times2\times50=13\times3\times2\times50\times39\times100=3900$. 즉, 여기서 창의적인 생각은 얼마나 정확하고 정교한 답을 구할 수 있는 능력이 아니라 새로운 아이디어를 생각해내는 능력에 달려있다.

3. 학교 수학에서 창의성 계발을 위한 과제 개발 방향

지금까지의 논의를 요약하면 수학적 창의성은 확산적 사고와 동일시하는 영역-일반적 입장과 수학적 창의성을 일반화, 추상화 등의 수학적 능력과 동일시하는 영역 특수성의 양 극단 중 어느 한쪽의 입장에서 수학적 창의성을 정의하고, 수학적 창의성을 평가하고,

계발하기 위해 노력하고 있음을 알 수 있다. 엄밀히 말하면 한 쪽의 주장만으로는 완전한 수학적 창의성을 측정할 수 없다. 단지 교육자로서 우리가 할 수 있는 일은 학생들의 잠재력을 계발하고 측정할 수 있을 뿐이다. 창의적 잠재력 계발과 측정은 단일한 방식으로 불가능하며 좀 더 포괄적이고 통합적인 관점에서 접근할 필요가 있다.

결국 창의성의 영역성에 대해 이분법적으로 접근하기 보다는 오히려, 영역-일반성과 영역-특수성이 상호 통합될 필요가 있다. Torrance의 종단적 자료를 분석한 Plucker(1999)는 창의적인 성취에서 TTCT가 40% 정도의 설명력이 있으며, 나머지 변인 50-60%는 내용--특수적인 요인일 수 있다고 보고하였다. 또한 Sternberg와 Lubart(1996)는 영역 일반성과 영역 특수성은 상보적인 것이며, 양자는 수행의 차이에 따라 상호작용한다는 영역-상보성을 지지하는 결과를 보고하였다. 따라서 확산적 사고뿐만 아니라 수학 교과 자체의 학문적 특성인 논리성과 엄밀성, 비판적 사고, 추론 등의 다양한 인지적 요소를 통합적으로 고려할 필요가 있다. 다시 말해 확산적 사고는 수학적 창의성의 필수적인 요소가 될 수 있지만 그것만으로 충분하지는 않다. 적절하고 정교한 해결책을 생성하기 위해서는 일반화, 추상화, 유추 등의 수학 학습에서 필요한 탐구 능력을 고려할 필요가 있다.

확산적 사고가 수학, 미술, 체육 등 모든 영역의 창의성 발현에 공통으로 기여하는 일반적인 능력이 아니라면, 각 영역에서 창의성을 측정하기 위해서는 그 영역의 본유의 특성을 반영한 과제를 사용해야 한다. 즉 수학은 새롭고, 적절하고, 유용한 아이디어나 산출물을 생성할 가능성을 담보할 수 있는 과제를 사용해 창의성을 평가해야 한다.

창의성 연구가 창의성 발현에 기여하는 인지적 과정을 중심으로 이루어지더라고, 창의적인 개인의 판단은 창의성 발현 결과인 창의적 산물 자체에 대한 직접적인 평가를 통해서 어떤 사람이 창의적인지를 판단해야 한다는 주장과 함께 산물 검사가 대안으로 제시되고 있다.

산물 검사에서 활용할 수 있는 과제가 갖추어야할 조건에 대해 Amabile(1996)은 다음 세 가지 조건을 제시하였다. 첫째 상당한 융통성을 허용하고, 새로움을 허용할 정도로 충분히 개방적이고, 둘째 관찰 가능한 반응을 유도할 수 있어야 한다. 또한 그녀는 산물을 평가하는 방법으로 합의에 의한 평가 방법(CAT)을 제시하였다. CAT는 해당 영역의 전문가들이 평가자가 되어 평가자의 독립적이고 주관적인 판단에 의해 산물을 평가하여 개인의 창의성 보유 여부를 판단하는 방법이다. 다음 문항들은 Smith(2009)의 연구에서 발췌한 문항들로써, 수학적 창의성의 산물 평가에서 사용할 수 있는 과제의 예라 할 있다.

<문항1> 무기, 미사일 만들기(도형)

평면도형을(삼각형, 사각형, 오각형, 육각형 등) 사용해 미래에 사용할 무기(총, 미사일, 비행기, 대포 등..)를 디자인해 보시오. 무기를 디자인할 때 반드시 다음 조건을 고려하시오.

- 3가지 이상의 도형을 사용하시오. 같은 도형을 두 번 이상 사용할 수 있다.
- 여러분이 그린 디자인은 반드시 선대칭이어야 한다.

① 여러분이 사용한 도형의 이름은 무엇인가? 몇 가지의 도형을 사용했는가?
② 왜 그것이 사용하기에 좋은 도형이라 생각했는가?
③ 여러분이 디자인한 작품의 특징과 장점에 대해 설명하시오.

<문항2> 규칙 만들기(대수)

어떤 패턴이 다음과 같은 단어와 수를 포함하고 있다.
단, 반드시 이 순서일 필요는 없으며, 제시된 단어와 수 외에 다른 수와 단어도 사용할 수 있다.

2, 뺄셈(=빼기), 곱셈(=곱하기)

① 위의 단어와 수를 이용해 규칙을 만들고, 쓰시오.
② 각자가 만든 규칙에서 첫 번째에서 10번째 까지 써보시오.
③ 각자가 만든 규칙에 없는 100보다 큰 수는 무엇인가? 그리고 그 수가 없는 이유는 무엇인가?

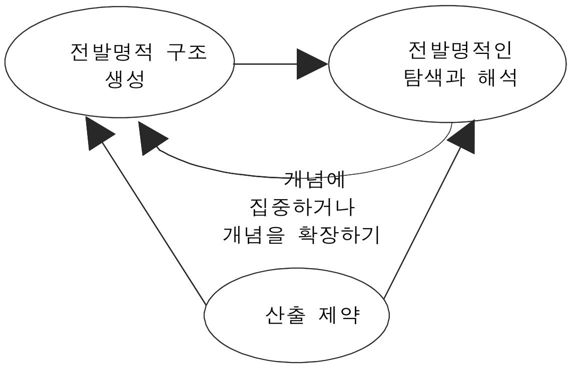
<문항1>에서 대칭은 일상생활에서 많이 볼 수 있기 때문에 학생들에게 매우 중요한 기하적 속성이다. 이 과제는 학생들이 단순한 혹은 보다 복잡한 모양을 선택하여 사용할 수 있기 때문에 열린 과제이다. <문항2>에서, 학생들은 자신이 만든 규칙에 없는 100보다 큰 수를 찾고, 없는 이유를 설명해야 한다. 예를 들어, 만일 어떤 학생은 다음과 같은 패턴을 만들 수 있다. 각 항에 4를 곱하고 2를 빼시오. 이 규칙에 포함된 항은 모두 짝수이다. 따라서 101은 이 규칙에 포함될 수 없다. 또 만일 어떤 학생이 다음과 같은 규칙을 만들 수 있다. 각 항에 2를 곱하고 1을 뺀다. 이 규칙에 포함된 모든 항은 홀수이다. 따라서 200은 이 규칙에 포함될 수 없다.

이상의 과제들이 학생들의 수학적 창의성을 평가하기 위한 산물 과제로서 적절하지는 담보할 수 없다. 하지만 기존의 창의성 측정에서 사용한 과제들이 대부분 수학적 지식에 기반한 확산적 사고라는 점을 감안할 때, 이러한 방식은 매우 새로운 접근이므로 심도 있는 논의와 연구를 통해 발전시킬 필요가 있다.

Ⅳ. 학교 수학에서 창의성 계발을 위한 학습 방법

창의성이 발현되기 위해서는 확산적 사고와(다양한 아이디어 생성) 수렴적 사고가(최선의 아이디어 선택) 적절하게 상호작용하고, 통합될 필요가 있다. 따라서 수학 수업에서도 다양한 아이디어를 생성하고, 생성한 아이디어를 비판적 사고를 통해 검증함으로써 새롭고 유용한 아이디어로 연결시킬 필요가 있다.

Finke, Ward, Smith(1992)는 창의적 산물의 생성 과정에 대한 모델을 개발하였다. 그들이 개발한 Geneplore 모델은 창의적인 아이디어 생성에 관하여 2가지의 처리과정 요소 즉, '생성적 단계(generative phase)'와 그에 이은 '탐색적 단계(exploratory phase)'를 가정하고 있다. 생성적 과정은 창의적 발견을 촉진하는 다양한 특질을 가진 '전발명적 구조(pre-inventive structures)'로 불리는 정신적 표상으로 구성되며 이들 특질들은 다음의 탐색적 과정에서 의미 있는 방식으로 해석되게 된다. 전발명적 구조는 외현화되는(externalized) 창의적 산물들의 시초가 되는 사고로, 창의적인 탐색 기간 동안 생성되고 재생되고 수정된다. 처음의 탐색이 만족스러운 해결안을 가져오면 최초의 전발명적 구조는 창의적인 산출을 직접적으로 이끌게 되지만, 탐색이 만족스럽지 못한 경우에는 처음의 구조를 수정한 다음 수정된 구조에 맞게 탐색적 과정을 반복하게 된다. 이러한 절차를 계속하면서 특별한 주제나 문제에 맞는 외연적 구조로 관심을 집중하거나, 더 일반적인 개념적 가능성을 탐색할 수 있도록 구조를 확장하게 된다. 즉, 창의적 과정은 순환적이며 개념의 집중과 확장을 통해 결정되게 된다. Geneplore 모델의 기본 구조를 도식화하면 [그림 1]과 같다.



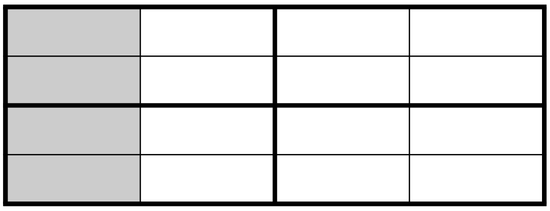
[그림1] Geneplore 모델의 기본 구조(Finke, Ward, Smith, 1992, p. 18)

생성적 단계에서, 사람들은 전발명적 구조로 불리는 정신적 표상들을 구성한다. 전발명적 구조는 다양한 외현적(emergent) 특질들-이 특질들은 탐색적 단계에서 창의적인 목적을 위해 이용된다(exploit)-을 가진다. 창의적 인지를 통한 결과물은 전발명적 구조를 수정하고 순환을 되풀이하면서, 과제가 요구하는 것(task requirements)이나 개인적인 필요(individual needs)에 따라 그 개념이 축소되거나 확장될 수 있다. 최종 산출물에 내재한 제약들이 주어진 과제의 본질에 좌우되어, 생성적인 단계나 탐색적 단계를 거치는 동안 어느 순간에 부과될 수 있다.

결국 Geneplore 모델은 먼저 아이디어를 생성하고, 생성된 아이디어를 탐색해감으로써 점차 유용하고 적절한 방향으로 나아갈 수 있다. 또한 이 모델은 확산적 사고를 통한 아이디어 생성과 수렴적 사고를 통한 적절성과 유용성을 고려함으로써 수학적 아이디어나 전략을 계발하는데 시사하는 바가 크다. 따라서 본 연구에선 이러한 주장을 적용시킬 수 있는 효과적인 방법으로 Geneplore 모델을 상정하고, 실제 수학 수업에서 생성(확산적 사고)-탐색(수렴적 사고)의 순환성을 강조한 가상적인 수업활동을 구안해 보았다.

■ 수업사례(1) - 동치분수 수업

① 아래 직사각형에서 색칠한 부분을 분수로 나타내시오(다양한 아이디어 생성)



② $\frac{1}{4}, \frac{2}{8}, \frac{4}{16}$는 같다고 말할 수 있는가? 무엇인 같은가?(제약 부여를 통한 탐색)

③ 아래 직사각형에 분수 $\frac{1}{3}$과 같은 분수를 아래 그림에 나타내시오.(생성)

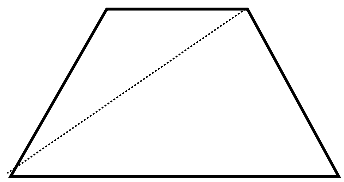
④ □안에 알맞은 수를 넣으시오(제약 부여를 통한 탐색)

· $\frac{2}{7}=\frac{\square}{14}=\frac{6}{\square}=\frac{\square}{\square}$ · $\frac{\square}{50}=\frac{10}{\square}=\frac{4}{\square}=\frac{6}{15}$

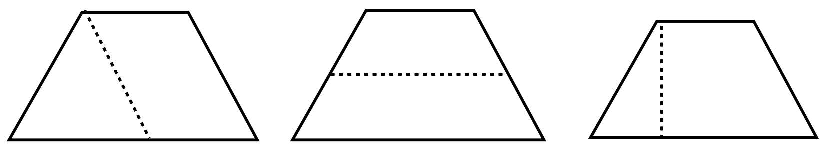
⑤ $\frac{17}{21}$과 동치인 분수를 몇 개 써보시오. 동치분수를 만드는 방법을 설명해 보시오.(일반화)

■ 수업사례(2) - 평행사변형의 넓이

① 보기와 같이 사다리꼴을(밑변: 5cm, 윗변: 3cm, 높이: 4cm) 한 개의 직선을 사용해 두 개의 삼각형으로 나눌 수 있습니다. 한 개의 직선을 사용해 사다리꼴 두 부분으로 나누어보시오. 나누어진 도 두형의 이름은 무엇입니까?(**다양한 아이디어 생성**)



· 예상되는 반응



② 주어진 사다리꼴을 여러분이 잘 알고 있는 도형으로 변형하려고 합니다.

- 어떤 도형으로 만들 수 있는지 예상해 보시오.(**제약 부여, 아이디어 탐색**)
- 그렇게 예상한 이유를 말해보시오.

③ 각자가 만든 도형의 넓이를 구하시오. 그 넓이는 사다리꼴의 넓이와 같습니까?

④ 직사각형의 넓이 구하는 공식은 [가로×세로]입니다. 사다리꼴의 넓이 구하는 공식을 만들어 보시오.

⑤ 이번에는 사다리꼴 두 개를 여러 가지로 붙여본 후, 사다리꼴 넓이 구하는 공식을 만들어 보시오.(**일반화**)

V. 요약 및 결론

이 글에서는 창의성 발현에 기여하는 인지적 과정에 대한 교육심리학과 수학교육 분야의 이론을 살펴보았다. 창의성에 대한 이론적 고찰에서는 영역-일반성과 영역-특수성에 대한 최근의 논의를 살펴보았다. 이론 고찰을 통해 최근의 창의성의 흐름은 영역-특수성 진영에 무게가 실리고 있음을 알 수 있었다. 이어서 이러한 이론적 고찰을 바탕으로 수학교육 분야에서 그동안 수행된 창의성의 측정에 대한 연구를 고찰하였다. 그 결과 수학적 창의성의 측정과 평가는 크게 확산적 사고를 검사하는데 초점을 맞춘 연구와 추상화, 일반화, 유추 등 수학적 능력을 검사하는데 초점을 맞춘 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 하지만 창의성은 단일한 능력으로 규정할 수 없는 복잡한 구인이므로, 두 입장을 통합해야할 필요성을 제기하였다. 마지막으로 수학적 창의성을 측정하기위한 도구와 수학적 창의성 계발을 위한 수업의 방향을 도출하고, 이를 토대로 하여 실제 현장에서 활용가능한 과제와 수업 사례를 간략하게 제시하였다. 특히 수업 사례는 창의적 인지 연구자들인

Finke 외(1992)가 개발한 Geneplor 모델에 기초해 수업 상황을 가정해 보았다. 이상의 고찰을 통해 수학교육에서 창의성을 측정하고 계발하기 위한 과제와 수업의 방향은 어떠해야하는지에 대해 다음과 같은 결론과 시사점을 도출할 수 있다.

첫째, 수학 교육에서 창의성 연구는 인지심리학과 교육 심리학 분야에서 급박하게 변화되어가는 창의성 관련 연구의 흐름에 상당 수준 뒤쳐져 있다는 인상을 지울 수 없다. 창의성 연구는 주로 심리학 분야에서 이루어지고 창의성 교육은 교과 교육에서 담당하고 있어 이러한 차이가 발생한 것으로 여겨진다. 하지만 심리학 분야의 연구 결과를 아무런 검증 과정을 거치지 않은 채 수학 교육에 적용하는 것은 지양해야 한다. 최근에 이루어진 수학적 창의성 평가가 대부분 확산적 사고에 초점을 맞춘다는 점은 수학이라는 본연의 특징을 고려하지 않은 채 수학교육에 그대로 접목하려는 연구 관행은 재고할 필요가 있다.

둘째, 수학적 창의성을 계발하고 검사하기 위해 사용된 과제는 대부분 학생들의 확산적 사고 능력을 측정하기 위해 고안된 것임을 알 수 있었다. 즉 그 과제는 수와 연산, 도형 등 수학적 내용을 기반으로 하지만 그것을 해결하기 위해 요구되는 능력은 비 수학적인 것이다. 이러한 관행은 창의성의 영역-일반적 관점에 의해 영향을 받은 것으로써, 확산적 사고 능력은 과학, 예술 분야를 막론하고 창의성 발현에 관여하는 인지적 과정이라는 믿음에 기초한 것이다. 하지만 주지하였듯이, 창의성이 발현되기 위해서는 영역 특수적인 지식과 기술을 요구하는 바, 추상화, 일반화, 유추 등의 수학적 추론과 수학적 지식을 적용함으로써 새로운 아이디어를 생성할 수 있는 과제를 개발하고 적용할 필요가 있다.

셋째, 창의성이 발현되기 위해서는 확산적 사고(다양한 아이디어 생성)와 더불어 수렴적 사고(최선의 아이디어 선택)가 필요하다. 수렴적 사고는 가끔 창의성 발현에 저해가 되는 필요악으로 기술되기도 한다. 그러나 최근에 창의적 산물의 생성은 전적으로 확산적 사고에 의존하지 않으며 수렴적 사고 또는 중요한 인지적 과정이라 여겨지고 있다. 창의성은 새로움과 유용성(적절성)을 핵심적 성분으로 하는바, 산출된 아이디어의 유용성과 적절성을 판단은 전적으로 수렴적 사고에 기초한다고 볼 수 있다. 따라서 수학적 창의성의 발현에 기여하는 인지적 과정으로서 확산적 사고는 필요조건이지만 충분조건은 될 수 없으므로, 확산적 사고와 더불어 여러 추론 과정을 거쳐 합리적인 결론을 도출하는 수렴적 사고 또한 강조될 필요가 있다. 어느 한 쪽을 강조하기 보다는 두 가지 사고 능력을 통합하려는 시도가 이루어져야 할 것이다.

결론적으로 창의성이 발현되는 과정에 대한 연구는 창의성 관련 연구에 있어서 핵심이 되어야 한다. 왜냐하면 창의성의 궁극적인 목적이 창의성을 계발하는 것이라는 점을 주지할 때 창의성이 발현되는 과정에 대한 이해는 모든 창의성 관련 연구의 키워드가 될 필요가 있다. 하지만 수학교육 공동체에서 이루어진 수학적 창의성에 대한 많은 연구는 창의성 측정과 프로그램 개발에 몰두하고 있으며, 창의성이 발현되는 과정 그 자체에 대한 규명은 도외시 되는 경향이 있다. 즉 수학교육에서 창의성 연구는 연구의 최종단계라 할 수 있는 측정과 프로그램 개발 단계에 있으면서 창의적 과정 규명이라는 본질적인 문제가 해결되지 않는 모순된 상태에 놓여있다. 따라서 보다 많은 연구들이 일반적 창의성 개념과 과정에 대한 연구에 기초하되 수학 교과의 특수성을 반영한 수학적 창의성 발현 과정을 규명하는데 연구 역량을 집중할 필요가 있다.

참 고 문 헌

교육부(1997). **중학교 교육과정 해설(수학)**. 서울: 대학교과서주식회사.

교육부(2011). **2009 개정 수학과 교육과정**. 서울: 교육과학기술부.

김명숙(2002). 창의성의 영역 특수성. **교육심리연구, 16**(2), 153-172.

김부윤, 김철언, 이지성(2005). **한국수학교육학회지 시리즈 E<수학교육 논문집>, 19**, 241-251.

김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주(1997). **수학 영재 판별도구 개발 연구(Ⅱ)-검사 제작 편. 수탁연구 CR 97-50**. 서울: 한국교육개발원

박성선(2002). 수학적 창의성 신장을 위한 탐구학습에 관한 소고. **초등수학교육, 6**(2), 65-74.

송상헌(1998). **수학 영재성 측정과 판별에 관한 연구**. 서울대학교 박사학위 논문.

송인섭, 김혜숙(1999). 창의성 개념정립을 위한 탐색적 연구-암시적 창의성 이론을 중심으로. **교육심리연구, 3**, 93-117.

유윤재(2003). 창의적 수학문제해결력 검사도구의 요소. **한국수학교육학회지 시리즈 E<수학교육 논문집>, 17**, 159-168.

유윤재(2004). 수학적 창의성의 개념. **한국수학교육학회지 시리즈 E<수학교육 논문집>, 18**, 81-94.

이강섭, 황동주(2003a). 개방형 문항에 대한 중학교 영재학생과 일반학생의 반응 연구. **한국수학교육학회지 시리즈 E<수학교육 논문집>, 17**, 181-190.

이강섭, 황동주(2003b). 일반 창의성(도형)과 수학 창의성과의 관련 연구: TTCT Figural A와 MCPSAT A를 바탕으로. **한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 42**(1), 1-10.

이병희(2008). **창의적 행동의 영역일반 구조모형 검증**. 한국교원대학교 박사학위 논문.

임웅(2009). 통찰! 지각인가 혹은 지식인가?: 인지의 하향처리과정으로서 통찰. **영재와 영재교육, 8**(3), 89-108.

황동주(2005). **수학 영재 판별의 타당도 향상을 위한 수학 창의성 및 문제 해결력 검사 개발과 채점 방법에 관한 연구.** 단국대학교 박사학위 논문

Amabile, T. A. (1996). *Creativity in context*. Colorado: Westview Press, Inc.

Baer, J. (1993). *Divergent thinking and creativity: A task-specific approach*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Baer, J. (1999). Domain of creativity. *Encyclopedia of Creativity, 1*(1), 591-596.

Balka, D. S. (1974). *The development of an instrument to measure creative ability in mathematics*. Doctoral Dissertation. University of Missouri.

Envynck, G. (1991). Mathematical creativity. In D. Tall(Ed.), *Advanced mathematical thinking*(pp. 42-53). Netherlands : Kluwer Academic Publishers.

Evans, E. W. (1964). *Measuring the ability of students to respond in creative* *mathematical situation at the late elementary and early junior high school level*. Doctoral Dissertation. University of Michigan.

Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). *Creative cognition: Theory, research, and applications*. Massachusetts: MIT press.

Han, K. S., & Marvin, C. (2002). Multiple creativity?: Investing domain-specificity of creativity in young children. *Gifted Child Quarterly,* 46(2), 98-109.

Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. *Educational Studies in Mathematics, 18*, 59-74.

Haylock, D. W. (1997). Recognizing mathematical creativity in schoolchildren. *International Review on Mathematical Education. 29*(3), 68-74.

Kaufman, J. C., Plucker, J. A., & Bear, J. (2008). *Essentials of creativity assessment.* NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren,* Chicago: The University of Chicago Press.

Lubart, T. I. (1994). Creativity. In R. J. Sternberg(Ed.), *Thinking and problem solving*(pp. 289-332). NY: Academic Press.

Smith, M. (2009). *Good questions: Great ways to differentiate mathematics instruction*. Reston, VA: NCTM.

Plucker, J. A. (1998). Beware of simple conclusions: The case for content generality of creativity. *Creativity Research Journal, 11*, 45-53.

Plucker, J. A. (1999). Reanalyses of student responses to creativity checklists: Evidence of content generality. *Journal of Creative Behavior, 33*, 126-137.

Plucker, J. A., & Beghetto, R. A. (2004). Why creativity in domain general, why it looks domain specific, and why the distinction does not matter. In R. J. Sternberg, E. L. Grifirencko & J. L. Singer(Eds.), *Creativity: From potential to realization* (pp.153-167). Washington, DC: American Psychological Association.

Reed, S. K. (1999). *Word problems: Research and curriculum reform*. NJ: Erlbaum.

Runco, M. A. (2004). The generality-specificity of creativity: A multivariate approach. In R. J. Sternberg, E. L. Grifirencko & J. L. Singer(Eds.), *Creativity: From potential to realization*(pp.21-30). Washington, DC: American Psychological Association.

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1996). The concept of creativity: Prospect and paradigms, In R. J. Sternberg(Ed.). *Handbook of creativity*. NY: Cambridge University Press.

Torrance, E. P. (1974). T*orrance test of creative thinking: Directions manual and scoring guide. Figural test booklet.* A. Bensenville: Scholastic Testing Service, Inc.

Weisberg, R. W. (2006). *Creativity: Understanding innovation in problem solving, science, Invention, and the arts.* NJ: John Wiley & Sons, Inc.

<Abstract>

Review on Instrumental Task and Program Characteristics for Measuring and Developing Mathematical Creativity

Sung, Chang-Geun[3]; & Park, Sung-Sun[4]

In this paper, we primarily focus on the perspectives about creative process, which is how mathematical creativity emerged, as one aspect of mathematical creativity and then present a desirable task characteristic to measure and program characteristics to develop mathematical creativity. At first, we describe domain-generality perspective and domain-specificity perspective on creativity. The former regard divergent thinking skill as a key cognitive process embedded in creativity of various discipline domain involving language, science, mathematics, art and so on. In contrast the researchers supporting later perspective insist that the mechanism of creativity is different in each discipline. We understand that the issue on this two perspective effect on task and program to foster and measure creativity in mathematics education beyond theoretical discussion. And then, based on previous theoretical review, we draw a desirable characteristic on instruction program and task to facilitate and test mathematical creativity, and present an applicable task and instruction cases based on Geneplor model at the mathematics class in elementary school. In conclusion, divergent thinking is necessary but sufficient to develop mathematical creativity and need to consider various mathematical reasoning such as generalization, abstraction and mathematical knowledge.

Key words: creativity, mathematical creativity, domain-generality, domain-specificity

논문접수: 2012. 06. 29
논문심사: 2012. 07. 22
게재확정: 2012. 08. 05

3) doway7668@hanmail.net
4) starsun@cnue.ac.kr