

수학적 창의성의 평가방안에 대한 모색

김부윤¹⁾ · 이지성²⁾

수학적 창의성은 일반적 창의성에 기반을 두고 수학적 특성을 고려하여 연구되어야 하며, 그 평가방안에 대해서도 이러한 연구 방향과 일관되어야 할 것이다. 본고에서는 수학적 창의성을 인지적 측면에서의 수학적 창의력과 정의적 측면에서의 수학적 창의적 태도로 나누어 생각한다. 다음으로 두 측면에서의 평가에 관한 선행연구를 고찰하고, 지향해야 할 수학적 창의성의 평가방안을 모색한다.

주요용어 : 수학적 창의성, 창의적 태도, 창의성 평가

I. 서론

창의성이란 새롭고 신비로운 현상이면서도 그 자체로 인간 활동이기 때문에, 학습자의 일상적인 학습활동과 관련이 있다. 이러한 의미에서 교육에서의 창의성에 대한 연구는 중요하다 할 수 있다. 그러나 수학적 창의성에 대한 논문은 Hadamard(1945)와 Muir(1988) 정도이며(Ervynck, 1991), 최근의 Haylock, Ervynck 등의 연구는 수학적 창의성에 대하여 가치 있는 분석을 하고 있어 많은 다른 연구에 인용되고 있다.

한편, 수학적 창의성의 평가에 있어서는 일반적 창의성에 기반을 둔 창의성 증진 방안에 대한 연구가 있기는 하지만, 창의성 평가 자체에 대한 직접적인 연구는 거의 없고(김부윤 외, 2004), 창의성 증진과 신장의 검증을 위한 검사문항의 도입이 대부분이다.

따라서 본고에서는 수학적 창의성의 평가에 대한 연구를 위하여 수학적 창의성의 개념과 및 일반적 창의성과 다른 특성에 대하여 고찰하고, 현재까지 이루어진 수학적 창의성에 대한 평가를 살펴봄으로써, 체계적이고 정당한 수학적 창의성의 평가 방안이 필요함을 주장하고자 한다. 또한, 수학적 창의성을 평가하고, 이러한 평가를 분석할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

1) 부산대학교(kimby@pusan.ac.kr)

2) 부산대학교 대학원(dongms@hanmail.net)

II. 수학적 창의성의 구성

1. 수학적 창의성의 개념

수학적 창의성의 개념에 대하여 언급하고 있는 대부분의 연구는 Haylock(1987)과 Ervynck(1991)의 논문을 인용하고 있다. Haylock(1987)은 수학적 창의성을 “사고의 고착화를 극복하고 정신적 틀을 벗어나는 능력, 즉 개방된 수학적 상황에서 다양하고 독창적인 반응을 할 수 있는 능력”으로 정의하고 있다. 고등 수학적 사고로서 창의성을 연구한 Ervynck(1991)은 수학적 창의성을 “수학의 특별한 논리-연역적인 성격과, 생성된 개념들이 수학의 중요한 핵심에 통합되는 데 적절한지를 고려하면서, 문제를 풀고 구조적으로 사고하는 능력”이라고 정의하였다.

그리고 이대현·박배훈(1998)은 수학적 창의성을 “수학적인 문제 상황에서 학습자가 기존의 사실이나 스스로 창안한 전략 혹은 방법을 이용하여 새롭고 가치 있는 결과(문제해결)를 산출해내는 능력”이라고 정의하였다.

이러한 견해들을 바탕으로 김부윤·이지성(2001)은 수학과 일반적 창의성의 관계를 살펴본 후, 수학적 창의성을 “수학적 문제 상황에서 기존의 지식과 경험 등을 바탕으로 정형화된 틀을 벗어나, 주어진 문제를 다양한 방식으로 분석하여, 문제의 요소들이나 수학적 아이디어 등을 새로운 방식으로 결합하여 결과를 얻는 것”이라고 하였다. 바꾸어 말하면, 수학적 창의성은 문제의 새로운 분석, 새로운 접근, 새로운 방식에 보다 밀접하게 관련되어 있으므로 가장 고차원적인 수학적 능력이라고 할 수 있다.

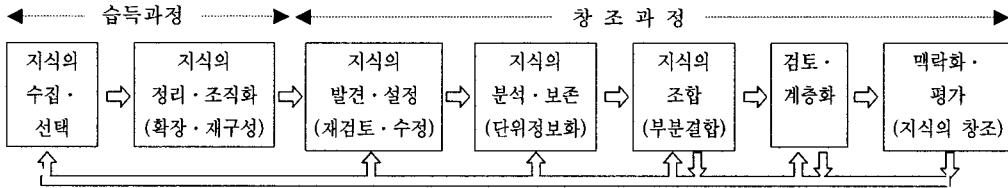
2. 수학적 창의성의 특성

일반 창의성에 관한 연구는 Guilford, Osborn 등에 의해 1950년대부터 많이 이루어지고 있다. 일반적 창의성에 대한 연구나 논의와 관련을 가지면서, 융통성, 유창성, 새로운 연결의 형성, 발산적 산출과 같은 것에 따르는 의견들을 학교에서 수학을 행하는 아동들과 관련짓기 위한 연구들이 많은 수학교육자들에 의해 이루어져 왔다(Haylock, 1997). 그러나 심리학에서의 연구를 있는 그대로 수학적 창의성으로 가져오는 것은 연구를 혼란스럽게 할 우려가 있다. 왜냐하면 학생들이 학습하는 학교수학에서는 인류나 사회에 이바지할 그러한 수학적 개념을 생성해내는 것이 아니며, 사회적·문화적인 입장에서의 창의성보다는 개인적·개별적인 입장이 강조되어야 하기 때문이다. 또한 수학적 창의성에서는 수학과 자체의 학문적 특성인 논리성과 엄밀성, 추론을 중요하게 고려해야 하기 때문에 심리학에서의 일반적 창의성에 관한 연구를 수학적 창의성의 연구에 도입할 때는 상당한 주의가 필요하다.

수학에서 문제에 대한 수학적 지식과 정보의 부족은 발산적 문제해결 방법의 창출을 불가능하게 하며, 잘못된 개념의 소유는 수학적으로 적절하지 않는 해답으로 인도할 수 있다. 따라서 수학적 창의성에서 수학적 정보와 지식, 수학적 개념의 소유 여부는 학생 개별에 있어 새로운 방법과 개념을 창출하는데 가장 기본적인 기반이 되므로, 지식 습득과 그것의 정리, 연결, 조직이 필수적이라고 할 수 있다. 그러므로 수학적 창의성에서는 일반적 창의성보다 더 특수한 의미로 개별적 입장과 지식의 습득과 연결이 중요하다.

齋藤昇(1998)는 학교수학에서 수학적 창의성의 창출과정을 [그림 1]과 같은 모델로 소개

하면서 지식의 획득과 정리·조직화 등의 중요성을 강조하였다. 이 모델에 따르면, 수학적 창의성의 출현에는 지식의 획득이 가장 기본적인 단계이므로 수학적 지식의 습득을 소홀히 다루어서는 안 된다고 한다.



[그림 1] 창의성의 창출과정

이러한 맥락과 같이, Ervynck(1991)은 이해, 직관, 통찰력, 일반화와 같은 요소의 상호작용에 의해 수학적 창의성이 생성된다고 하였다. 이해는 이론의 일부인 정리를 만든 사람이 생각해 낸 수학적 창의성의 각 단계를 재생산하는 능력이며, 직관이란 개연적인 추측을 개념화할 수 있도록 형식적 개념과 아주 비슷한 개념 이미지를 만드는 것이다. 또한, 통찰력은 새로운 지식을 형성하는 데 필요한 추진력이며, 일반화란 수학적 창조의 한 형태이지만 창조라고 하기엔 미흡할 때도 있다고 한다.

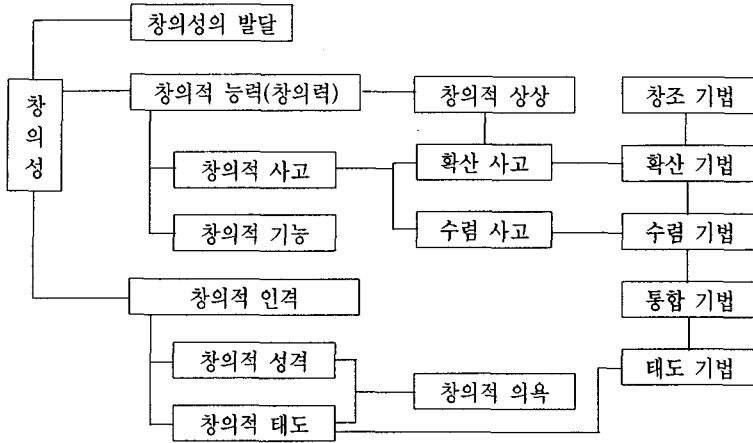
요약하면, 齋藤昇(1998)와 Ervynck(1991)의 이러한 견해들은 수학적 창의성에 대하여 일반적 창의성의 개념보다는 수학에 있어서의 고유한 특성이나 본질에 더 강조점을 두고 있는 것으로 보이며, 수학적 창의성의 구성요소로서 지식과 개념의 습득, 통찰, 엄밀성은 수학적 특성으로서 중요하게 고려되어야 한다.

3. 수학적 창의성의 구성요소

수학적 창의성을 평가하는 문항의 채점이 대부분 수학적 창의성의 구성요소별로 이루어지기 때문에, 평가에 있어서 그 구성요소는 매우 중요하다. 高橋誠(2002)은 일반적 창의성의 구성요소를 [그림 2]와 같이 창의적 능력과 창의적 인격으로 나누어 설명한다.

한편, 황혜정 외(1997)은 수학적 창의력의 구성요소로 배경지식, 수학적 사고 능력, 수학적 사고 성향, 수학적 창의성을 언급하고 있어, 高橋誠(2002)의 견해와는 차이가 있다. 즉, 창의성의 구성요소로 창의력을 보는 견해와 창의력의 구성요소로 창의성을 보는 견해의 차이이다. 그러나 대부분의 경우, '창의성'과 '창의력'을 명확한 구분 없이 사용하고 있다. 따라서 이에 대한 정확한 개념 확립이 필요하다. 본고에서는 일반적 창의성의 구성요소를 설명한 高橋誠(2002)의 견해에 수학적 특성을 고려하여 수학적 창의성의 구성요소를 설명하고자 한다. 즉, 수학적 창의성을 인지·사고력 측면에서의 창의적 사고력(창의력)과 인격특성으로서의 창의적 태도로 나누어 생각한다.

창의적 사고력은 인지적 사고력 강조, 지식의 습득과 산출 등 수학적 특성을 반영한 측면이 있으며, 수학적 창의성의 하위 분야로서 중요하다고 할 수 있다. 창의적 태도는 인격적 특성에 대한 요소로 열거될 수 있는데, 齋藤昇(1998)은 일반적 창의성에서는 언급되지 않고 있는 독자성, 집요성 등을 거론하고 있다.



[그림 2] 창의성의 구성

[표 1] 수학에서 창의적 사고력의 구성요소

구성요소	설 명
확산성	양적으로 많은 아이디어를 산출하는 능력으로 그 아이디어의 결과는 상관이 없다. 정답이든 오답이든 일단은 비판을 보유하고 그 아이디어를 수용한다는 뜻이다. 평가의 경우, 확산성의 점수는 아무런 비판 없이 모든 아이디어에 부여된다.
논리성	많은 아이디어 중 문제 상황에 직면했을 때, 해결 방안으로 가능한 아이디어를 산출하는 능력이다. 평가의 경우, 논리성의 점수는 논리적으로 가능한 해답에 부여된다.
유창성	완전히 비논리적이거나 계산이 틀렸다거나 도저히 수용할 수 없는 아이디어를 제외한, 실제로 활용 가능한 많은 아이디어를 산출하는 능력이라고 할 수 있다. 평가의 경우, 유창성의 점수는 완전히 논리적인 해답에 부여된다.
유연성	다양한 각도로 현상을 파악하여 아이디어를 범주화하는 능력에 관계되어 있다. 아이디어를 공통적인 성질에 의해 한데 묶어 같은 범주로 생각함을 의미한다. 평가의 경우, 유연성의 점수는 아이디어 범주의 개수에 해당된다.
독창성	기존의 사고방식이나 다른 사람의 문제해결 방법을 탈피한 독특한 자신만의 아이디어를 발현하는 것을 말한다. 독창성에 대한 평가는 구성원이 얼마나 자주 대답하는냐고 하는 해답의 비율에 달려 있다.

1) 창의적 사고력

수학에서의 창의적 사고력을 일반적으로 수학적 창의성이라고 부르며 그 구성요소를 일반적 창의성의 구성요소인 유창성, 유연성, 독창성에 바탕을 두고 설명하고 있다. 이들 각 구성요소에 대한 설명에 대해 간단히 살펴보면 [표 1]과 같다(김부윤 · 이지성, 2001).

이것은 齋藤昇(1998)의 견해를 따른 것으로 수학적 창의적 사고력이 확산성, 논리성, 유창성, 유연성, 독창성의 다섯 가지 요소로 구성되어 있다고 한다. 일반적 창의성에서와는 달리 논리성이라는 구성요소가 추가된 것은 수학적 특성을 고려한 것이라고 생각할 수 있다.

이와 마찬가지로, 위에서 언급하였듯이 Ervynck(1991)의 견해도 수학의 고유한 특성이나 본질에 중점을 둔 것을 보인다. 따라서 수학적 창의성의 한 측면으로서 창의적 사고력을 평가할 때는 유창성, 유연성, 독창성과 더불어, 수학적 적절성이나 논리성, 수학적 이해나 통찰 등의 수학적 특성이 중요하게 고려되어야 할 것이다.

2) 창의적 태도

수학에서의 창의적 태도에 있어서도 일반적 창의성에서의 창의적 태도에 관한 연구를 기반으로 하면서 수학 고유의 학습 태도에 관한 특성을 고려하는 것이 바람직하다. 따라서 일반적 창의성에서 언급된 창의적 태도의 하위요소에 엄밀성, 논리성을 추구하고자 하는 수학 학습 태도가 추가되어야 할 것이다. 아무리 기발하고 독창적인 사고를 지향하는 태도라고 해도 그것이 수학적 의미에 적합하지 않다면 의미가 없기 때문이다. 예를 들어, 정답이 4인 질문을 만들도록 한 데에 $\sqrt{8}$ 이라고 답했다면, 독창적이기는 하지만, 이것은 틀린 것이다. 이 증거는 학교 상황에서 수학적 창의성의 개념에 관계된 많은 모순과 상충 중의 하나를 불러일으킨다(Haylock, 1997). 기발한 것도 중요하지만, 결국에는 수학적 논리와 합체되어야 하기 때문에 논리적으로 사고하는 태도도 수학적 창의적 태도에 포함되어야 한다.

[표 2] 수학에서 창의적 태도의 구성요소

구성요소	설 명
확산성	가능성이 있는 모든 방법을 생각하거나, 일견 관계가 있어 보이는 것으로부터 관계를 발견하거나, 다른 사물과 비교하여 생각하는 태도
논리성	내용 전체의 연결성을 생각하거나 줄거리를 세워서, 그 이유나 사고과정을 논리적으로 설명하는 태도
적극성	해결에 이르기까지 몇 번이나 생각하거나, 의문이나 호기심을 품거나 그것을 추구하거나, 학습한 것을 다른 장면에 적용하는 태도
독자성	새로운 아이디어를 생성하기 위한 기존의 방법에 대한 반론, 새로운 방법을 궁리하거나 변칙임을 중요하게 생각하는 태도, 스스로 생각한 내용에 대해서 자신감을 가지는 태도나 발견에 대해서 감동하는 태도
집중성	“뭔가 기어코 완수한다”라고 하는 강한 의지, 의욕, 의문이나 과제에 대해 시간을 잊고 생각하거나 열중하거나, 그러한 것을 지속하여 생각하거나 하는 태도
수렴성	창조활동에 있어서 확산적 사고를 한 후, 다른 방법과의 공통성이나 다른 것을 생각하여 어떤 방법이 가장 적절한가를 생각하는 태도
정밀성	정확성, 주의 깊음, 세밀한 관찰력을 발휘하고자 하는 태도

엄밀성이나 논리성 이외에 수학에서의 학습 태도에는 집요성 혹은 집중성도 강조되어야 한다. 해결해야 할 과제에 대해 집착하고 집중하는 태도는 수학적 문제를 해결하는 데 없어서는 안 될 요소이다. 이러한 태도는 지속적인 의문을 야기할 수도 있고, 문제에 대해 깊이 생각하고 다양한 사고를 할 수 있는 기반을 제공할 수 있으므로 수학에서 강조되어야 할 창의적 태도라고 할 수 있다.

齋藤昇(1999)은 수학에서의 창의적 태도의 구성요소를 확산성, 논리성, 적극성·지속성, 독자성, 수렴성, 정밀성의 일곱 개 인자들로 보았으며, 이들 인자들을 활용한 창의적 태도

검사 도구인 CAS(Creative Attitude Scale)를 개발한 바 있다. 여기에서 언급된 창의적 태도의 일곱 가지 요소를 살펴보면 [표 2]와 같다.

III. 수학적 창의성의 평가에 대한 고찰

1. 창의적 사고력의 선행연구

일반적 창의성의 평가에서 가장 잘 알려진 Torrance 창의성 검사(Torrance Tests of Creative Thinking)에는 어문검사(Thinking Creatively With Words, TTCT: Verbal)와 도형검사(Thinking Creatively With Picture, TTCT: Figural)의 두 종류가 있고, 이들 각각에 A형과 B형이 있다. 도형검사에는 그림구성, 도형완성, 반복적인 닫힌 도형의 하위 검사들이 있다(김영채, 1999). 이것은 그림을 그리고 제목을 사용하거나, 주어진 선을 이용하여 다양하고 독창적인 그림을 그리는 것이다. 이 검사에서 활용되는 개념이나 지식이 사실상 수학에서의 기하나 도형의 학습과는 거리가 있는 것으로 보인다.

그러나 이강섭·황동주(2003)는 일반적 창의성(도형)과 수학적 창의성과의 관련 연구에서 TTCT; Figural A와 MCPSAT A³⁾을 바탕으로 연구한 결과, 일반적 창의성(도형)의 독창성과 수학적 창의성의 유창성, 융통성과의 총점에서 상관관계가 있었다고 보고하고 있다.

Krutetskii(1976)는 학교아동들의 수학적 창의성과 수학적 영재성이라는 두 용어를 동의어로 사용하여 수학적 창의성에서 수학적인 요소를 강조하고 있다. 또한, “복잡하지 않은 수학 문제의 독립적인 공식화, 이런 문제를 해결하는 수단과 방법 찾기, 증명과 이론의 발명, 공식의 독립적인 연역 찾기, 표준화되지 않은 문제를 해결하는 독창적인 방법 찾기 등에서 수학적 창의성을 찾을 수 있다”라고 주장하고 있어, 즉 그의 수학적 창의성에 대한 개념은 분명히 수학적 능력에 대한 문제해결의 틀에서 세워진다고 한다. 이러한 주장은 앞에서 언급한 齋藤昇(1998)과 Ervynck(1991)의 수학적인 지식과 조직, 통찰, 엄밀성을 강조한 견해와 공통적인 부분이 있다.

김부윤·이지성(2001)은 수학적 창의성에 대한 안내를 비형식적으로 받은 학생 집단과 그렇지 않은 학생 집단을 비교하였으며, 교사 집단을 참가하여 주어진 문항에 대한 채점을 실시하고 분석하였다. 사용된 문제는 도형의 절단문제, 테셀레이션, 도형 만들기, 상상력 문제, 직선의 방정식 찾기 등이었는데, 연구를 통해 분명히 밝혀진 것은 학생들과 교사들 사이의 수학적 창의성에 대한 차이가 있다는 것이었다. 특히 독창성에 있어서는 다른 요소에 비하여 큰 차이가 있었다. 따라서 수학적 창의성에 있어서 경직되어 있는 교사가 학생의 잠재된 창의성을 저해하고 있을 수 있다고 주장하고 있으며, 자연스럽게 교사들의 수학적 창의성에 대한 관심을 이끌어내고 있다.

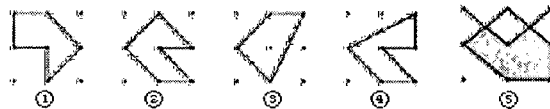
그리고 秋田美代(2001)의 연구에서는 개발한 창의성 문제를 활용하여 여러 가지 통계 결과를 제시하고 있으며, 수학적 창의성의 구성요소별 분석적 채점을 사용하였다. 그러나 권오남·김정효(2000)는 창의적 문제해결력 중심의 수학 교육과정을 주제 중심으로 개발하였는데, 사전·사후검사에 창의성과 관련 있는 서술형 문항을 구성하여 활용하였다. 검

3) MCPSAT A(Mathematical Creative Problem Solving Ability Test A)는 한국교육개발원(김홍원·김명숙·방승진·황동주, 1997)에서 개발한 표준화된 수학 창의적 문제해결력 검사이다.

사는 각 문항에 대한 반응을 분석하여 채점기준표를 완성하고, 확산적 사고력과 비판적 사고력의 척도에 따라 채점이 이루어졌으며, 3명의 채점자가 참여하였다. 특히, 각 문항 당 유창성, 융통성, 독창성에 해당하는 확산적 사고력의 점수 합계가 20점을 넘을 수 있는 데도 불구하고, 비판적 사고력과 균형을 맞추기 위해서 최고 점수를 20점으로 제한하였다. 10점 만점의 5단계 점수를 사용한 타당성과 신뢰성에 해당하는 비판적 사고력의 점수도 20점 만점으로 하였다. 따라서 한 문항 당 40점 만점으로 제한하였으며, 총 5문항을 사용하였으므로 검사의 최고점수가 200점이 넘지 않도록 하였다.

수학적 창의성 검사에서 점수의 제한을 두는 근거로 비판적 사고력 점수와 확산적 사고력 점수의 균형을 들고 있는데, 이러한 점수 계산은 점수 합계의 제한에 대하여 아무런 언급을 하지 않은 秋田美代(2001)와는 크게 대조된다고 할 수 있다.

Lee, Kang Sup · Hwang, Dong Jou · Seo, Jong Jin(2003)은 수학적 창의적 문제해결에 대한 검사를 개발하였으며, 이것은 Haylock의 문제나 Shimada의 개방형 문제에 기반을 두고 있다고 한다. [그림 3]은 Haylock(1987)이 개발한 문제 중 하나로써 위의 연구에서 활용되고 있는데, 아홉 개의 격자점에 넓이가 2cm^2 이고 선분으로 이루어진 도형을 가능한 많이 그리도록 하는 것이다. 이것은 잘 알려져 있는 문제로 그 활용도와 인지도가 높다고 할 수 있다. 이러한 문제들은 그 활용도와 인지도가 높아짐에 따라 절차적 지식으로 되거나, Haylock(1997)이 말하는 내용 영역의 고착화(content-universe fixation)나 알고리즘적 고착화(algorithmic fixation)로 진행될 수 있다. 문제해결자들이 창의적 사고력의 학습을 통해서 [그림 3]의 ④와 ⑤가 가장 창의적인 해답이라고 학습하게 된다면, 그들은 Luchins(1942)가 말하는 갇춤새 효과(Einstellung effect)를 경험하게 될 수도 있다. 즉, 수학적 창의성을 육성하는 학습을 통하여 창의적인 해답의 유형을 습득하고, 그것을 선호하게 된 문제해결자들의 경험 때문에 문제해결이 편파적으로 될 수 있다는 것이다. 특히, 학습자들이 접하게 되는 문제해결, 문제설정의 과제들도 학습을 통하여 더 이상 창의성 평가 문항으로서의 기능을 하지 못할 가능성이 있다. 따라서 새로운 문항 개발이 계속적으로 필요하며, 이 문항 개발이 수학적 창의성의 평가에 있어 아주 중요한 부분이라고 판단된다.



[그림 3] Haylock 문제에 대한 학생들의 답변들

이상과 같이 수학적 창의성의 평가를 살펴본 결과, 대부분의 관련 연구가 평가 자체에 목적이 있다고 하기보다는 학습방법, 교육과정 등에 대한 연구내용을 분석, 검정하기 위해서 수학적 창의성 평가를 사용하고 있음을 알 수 있다. 또한 대부분 분석적 채점 방법을 도입하고 있으나, 연구의 목적이나 연구자의 의도에 따라 다소간의 견해 차이가 있음을 알 수 있다. 즉 일관되거나 공식적인 평가 틀이 존재하여 그것을 적용·활용하는 것이 아니라, 분석·검정하고자 하는 가설이나 요인에 따라 적절한 평가를 사용하는 경향이 있었다.

2. 창의적 태도의 선행연구

일반적 창의성에서의 창의적 태도나 창의적 성격 검사에 관한 연구는 많이 이루어져 있는데, 김영채(1999)는 흥미발견을 위한 집단검사(Group Inventory for Finding Interests II, GIFFT II; Davis & Fimm, 1983), 재능발견을 위한 집단검사(Group Inventory for Finding Talent, GIFT; Rimm, 1976), 렌주리-하르트만 평정척(Renzulli-Hartman Rating Scale, Renzulli & Hartman, 1971) 등을 소개하고 있다.

GIFT의 경우, 1975년 위스콘신 대학의 매디슨 분교에 근무하는 Rimm이 주 개발자인데 대상에 따라 K-2(32문항), 3-4학년용(34문항), 그리고 5-6학년용(33문항)이 있으며, 모든 검사에서 공통문항 25개가 있다. 이 검사는 창의적인 특성을 가진 아동을 판별하기 위한 것으로, 실시하기 쉽고 신뢰할 만하여 타당한 검사 도구를 제공하려는 목적으로 개발되었다(임선하, 1993). 이들 검사에서 측정하고 있는 창의적 태도에는 독립성, 자신감, 위험감수, 에너지, 모험심, 호기심, 숙고성, 유우머 감각, 예술적 흥미, 상상력, 흥미와 다양성 등의 하위요소를 포함하고 있다.

특히, 렌주리-하르트만 평정척은 교사들이 학생의 창의성을 평가하기 위하여 사용한다. 이 외에도 창의적 태도에 관한 연구는 많이 이루어지고 있으며, 창의성에 관한 태도의 검사 척도 개발은 E.P. Torrance의 체크리스트나, A.W. Munzert의 행동체크리스트 등이 있다(齋藤昇, 1999). 이들은 사회적인 입장에서 창의적 태도 검사 척도를 개발하였다고 할 수 있다. 그러나 이는 일반적 창의성에 관한 평정척이므로 교육 프로그램에 따라 문항의 내용을 수정할 필요가 있다.

수학에서의 창의적 태도 검사의 척도 중에는 일본의 齋藤昇(1999)에 의해 개발된 것이 있는데, 이것을 CAS(Creativie Attitude Scale)라고 한다. CAS는 齋藤昇(1999)이 선행연구들을 면밀히 검토하고, 교사들과의 협의를 이끌어내어 확산성, 논리성, 적극성, 독자성, 집중성·지속성, 수렴성, 정밀성의 일곱 개인자에 관한 27개 문항으로 구성된 척도로서 개발한 것이다.

이와 같이 수학적 창의성의 정의적 측면인 태도의 평가에 대해 살펴 본 결과, 수학교육에서 아직 많이 연구되어 있지 않으므로 이후에 일반적 창의성의 태도 평가에 기반을 두고 활발한 연구 활동이 기대되는 분야라고 할 수 있다.

IV. 수학적 창의성의 평가 모델 제안

1. 평가의 목표

수학적 창의성 평가의 기본적인 목표는 학습자들의 수학적 창의성의 증진에 있다. 평가를 통해서 교사에게는 어떻게 지도하고 교수해야 하는가에 대한 인식과 계획에 대한 정보와 학습자들의 수학적 창의성에 대한 정보를 제공함으로써, 그 정보를 다시 학습자들의 수학적 창의성 증진에 투여할 수 있게 해 준다. 학습자에게는 학교수학에서 획득한 지식과 정보가 수학적 창의성에서 어떻게 활용되는가를 경험하고, 다양한 문제 상황을 접하게 함으로써 창의성의 중요성을 인식하게 하고, 그 육성에 관심을 가지도록 할 수 있다.

2. 평가 유형

1) 창의적 사고력

수학적 창의성에 있어 가장 기본적 구성인 수학적 지식의 올바른 습득과 조직을 평가하기 위해서는 수렴적 사고를 묻는 문항 제작이 필요하다. 즉, 창의성에 관계된다고 해서 반드시 발산적 사고만을 측정해야 된다는 것은 아니다. Krutetskii(1976)의 수학적 영재와 동일한 개념의 수학적 창의성, 齋藤昇(1998)의 수학적 지식의 습득과 조직, Ervynck(1991)의 조직, 통찰, 엄밀성 등도 수학적 창의성의 평가에서 그 대상이 되며, 이를 평가하기 위해서는 수렴적 사고를 묻는 문항도 중요하다고 할 수 있다.

또한 확산성, 유창성의 검사를 위해서는 해답의 개수가 몇 개로 정해져 있지 않은 개방형 문항이 필요하며, 앞에서 언급된 Haylock(1997)의 문항이 좋은 예가 될 수도 있다. 그리고 유연성, 독창성의 검사를 위해서도 개방형 문항이 필요하며, 이를 위해서는 학습자들이 제시한 해답에서 유연성, 독창성을 측정할 수 있으며, 나아가 문제해결 전략이나 방법에서도 측정 가능할 것이다. 현재 연구되고 있는 유연성과 독창성을 위한 문항의 예를 들어보면 다음과 같다.

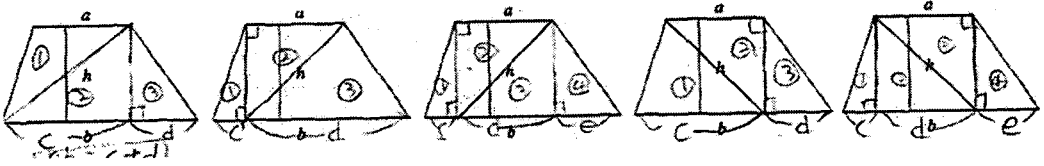
<예> 초등학교에서 사다리꼴의 넓이를 구하는 공식을 배우기 전에 삼각형, 직사각형, 정사각형, 평행사변형의 넓이를 구하는 공식을 배운다. 사다리꼴의 넓이 구하는 방법을 앞에서 배운 공식을 알고 있다고 가정하고 여러 가지 방법으로 구해 보시오.

이러한 문항에서는 학습자가 관계된 수학적 지식과 통찰을 소유하지 않고는 유연성, 독창성을 드러내는 해답을 작성할 수가 없다. 예를 들어, [그림 4]에서와 같이, 사다리꼴의 넓이를 구하는 공식을 유도하는 데에 있어 작은 사다리꼴로 분할하여 설명하는 학생들은 문제를 제대로 이해하지 못하고 있으며, 증명에 대한 기본 지식이 부족하다고 할 수 있다. [그림 5]에서의 학생 답변은 사고가 동일한 아이디어에 얽매어 있으며, 그것이 같은 류의 해답임을 인식하지 못하고 있는 것으로 보인다. 즉 사다리꼴의 내부를 분할하는 방법만을 고집함으로써 수학적 통찰이 이루어지지 못했기 때문에, 유연성의 평가에서는 낮은 성취를 보인다고 할 수 있다. [그림 6]에서의 학생 답변은 사다리꼴을 분할하거나 붙이는 등의 다양한 아이디어를 산출하면서도 수학적 엄밀성을 갖추고 있다고 할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & (a + \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b) \times \frac{1}{2}h \times \frac{1}{2} \\
 & + (\frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b) \times \frac{1}{2}h \times \frac{1}{2} \\
 & = \frac{3}{8}ah + \frac{1}{8}bh + \frac{3}{8}bh + \frac{1}{8}bh \\
 & = \frac{1}{2}ah + \frac{1}{2}bh \\
 & = \frac{(a+b)h}{2}
 \end{aligned}$$

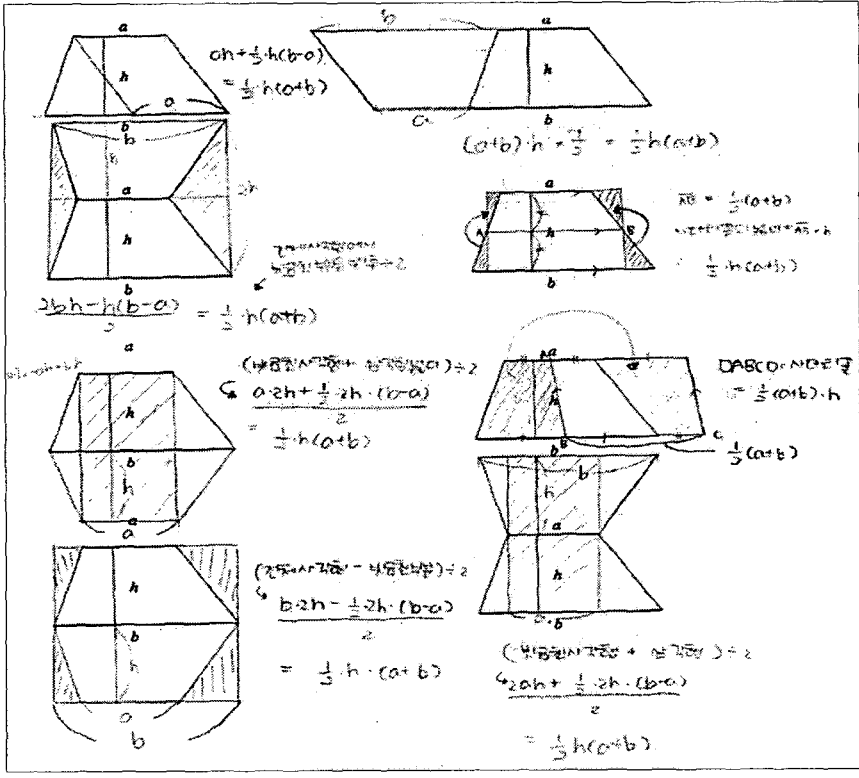
$$(\frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b) \cdot h \times \frac{1}{2} \times 2 = \frac{(a+b)h}{2} \times 2 = \frac{(a+b)h}{2}$$

[그림 4] 사다리꼴 넓이를 구하는 공식 증명에 관한 학생들의 답변 예 1



[그림 5] 사다리꼴 넓이를 구하는 공식 증명에 관한 학생들의 답변 예 2

이러한 문제는 단순히 수학적 지식을 단편적으로 보유하기보다는 조직, 정비되어 있는 지식과 정보를 새로이 재결합하고 재조직하여 새로운 해결을 창출하는 과정과 결과를 다룬다. 이러한 창출과정에서 보유한 지식에 대하여 전체적인 통찰이 일어나는 것이며, 수학적 논리에 적절하다면 수학적 창의성이 발휘된 것으로 인지할 수 있다.



[그림 6] 사다리꼴 넓이를 구하는 공식 증명에 관한 학생들의 답변 예 3

2) 창의적 태도

齋藤昇(1999)의 CAS와 같은 학생들의 자가 설문지 이외에 교사평가, 동료평가 등의 다양한 측정도구 개발도 필요하다. 일반적 창의성의 연구들에서는 이미 이러한 평가도구가 개발되어 있지만, 수학에서의 창의적 태도에 대한 다양한 도구의 개발은 아직 이루어져

있지 않다. 기본적으로 자가 설문지도 중요하지만, 창의적 태도에 대한 다각적인 관찰도 고려되어야 할 것이다.

3. 평가 방법

수학적 창의성의 인지적 측면인 창의적 사고력을 평가할 때에는 먼저 그 구성요소를 정의하고, 요소별로 문제의 해답을 분석한 후 평가를 실시하는 경우가 대부분이다.

김부윤·이지성(2001)은 확산성, 논리성, 유창성, 유연성, 독창성의 다섯 가지 구성요소에 대한 문항의 채점표를 작성하고, 이것을 활용하여 학생 집단과 수학교사 집단의 수학적 창의성을 비교한 바 있다. 이러한 채점표는 각 문항별로 작성하여야 한다. 이 연구에서는 요소별 채점을 기준으로 하고 있으며, 각 요소에 대한 점수의 합계는 의미가 없어 결과 분석에서 다루지 않고 있다.

한편, 秋田美代(2001)는 확산성, 논리성, 유창성, 유연성, 독창성의 요소 x_j ($j = 1, 2, \dots, 5$)별로 점수를 산출하였으며, 여기에 중요도 w_j 의 개념을 도입하고 있다. 즉, 창의성⁴⁾에 관련된 문제를 채점한 후, 합계 점수 x 를 다음과 같이 산출하고 있다.

$$x = \sum_{j=1}^5 w_j x_j$$

여기서 중요도 w_j 의 크기는 교사들이 협의하여 결정한다. 창의성 평가에 있어서 합계 점수보다 각 평가관점의 특성을 중요시하는 경우가 있으므로, 중요도를 도입한 이러한 채점방법은 단순한 합계보다 더 유용하다고 한다. 이 방법을 통하여, 秋田美代(2001)는 초등학교 6학년 학생들과 중학교 2학년 학생들의 수학적 창의성과 각 요소와의 관계를 분석하고 있다.

위에서 언급한 여러 연구를 고찰해 볼 때, 수학적 창의성에 있어서 창의적 사고력의 평가는 그 구성요소별 평가가 적절하다고 하겠다. 즉, 총괄적 채점보다는 분석적 채점이 그 활용도가 높으며, 각 요소들의 합계는 유용한 경우가 거의 없다고 할 수 있다.

수학적 창의성의 정의적 측면인 창의적 태도의 평가는 齋藤昇(1999)의 연구가 대표적이라고 할 수 있는데, 이것 또한 구성요소별로 설문조사를 실시하고 있다. 그러나 최종 결과는 점수를 모두 합산하여 창의적 태도 전반에 걸쳐 다섯 단계로 정보를 제공한다. 따라서 창의적 태도의 구성요소별 정보를 제시하지 못하고 있다. 더욱 유용한 정보를 위해서는 다양한 관찰 방법과 더불어 구성요소별 정보를 제공할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

4. 평가의 분석

수학적 창의성의 평가의 실시 이전에 각 문항에 대한 정확한 분석의 기준이 미리 마련되어 있어야 하며, 어떠한 구성요소를 어떠한 기준에 의해 검사할 것인가에 대한 기술을 포함해야 한다. 이러한 기준에 의해 작성된 결과는 구성요소별로 제시 되어야 하며, 그 합산은 큰 의미가 없다고 할 수 있다. 구성요소별로 제시된 평가 결과는 학습자와 학부모,

4) 일본에서는 “창의성(創意性)”을 “창조성(創造性)”이라고 하며, 秋田美代(2001)의 논문에도 창조성(創造性)으로 언급하고 있으나, 본고에서는 “창의성(創意性)”으로 옮겼다.

교사 모두에게 수학적 창의성의 교육에 필요한 정보와 자료가 될 수 있으며, 특히, 교사의 교수 계획에 영향을 줄 수 있을 것이다.

V. 결론 및 제언

미래의 사회에서는 지식이나 정보를 이용해서 새로운 아이디어를 만들어내는 능력 남과 다른 방법들을 찾아내는 능력이 필요한데, 이러한 것을 창의성이라고 할 수 있다. 즉 새로운 음에 이르게 하는 개인의 사고 특성을 창의성이라고 한다(임선하, 1993). 이러한 창의성의 개념들이 수학 학습에서도 필요하며, 그 필요성 때문에 수학적 창의성에 대한 연구가 요구된다고 하겠다. 따라서 본고에서는 수학적 창의성에 대한 보다 체계적인 평가 방안을 만들기 위한 기초연구로 수학적 창의성의 본질과 구성요소를 살펴보고, 수학적 창의성의 평가에 대한 문헌을 고찰한 후, 평가 방안을 모색하고자 하였다.

수학적 창의성의 개념에 대한 학자들의 주장을 살펴본 결과, 수학적 창의성은 모든 사람에게 존재하며, 또한 육성될 수 있다고 하였다(김부윤 외, 2004; Ervynck, 1991; Haylock, 1987; 이대현 · 박배훈, 1998). 수학적 창의성의 구성요소로는 일반적 창의성의 구성요소와 유사하게 유창성, 유연성, 독창성(김부윤 · 이지성, 2001; 황혜정 외, 1997)이 언급되고 있으나, Ervynck(1991)과 같이 수학적 면에 중점을 둔 견해도 있었다.

선행연구를 기반으로 수학적 창의성의 목표를 제안하고, 수학적 지식, 확산성, 논리성, 유창성, 유연성, 독창성을 평가할 수 있는 문항과 과제 유형으로서 개방형 문제를 제안하였다. 또한 고착화의 가능성 때문에 계속적인 문항과 과제의 개발이 중요함을 역설하였다. 수학적 창의적 태도의 평가에 있어서는 齋藤昇(1999)의 CAS를 언급하였으며, 더욱 다양한 연구의 필요성을 주장하였다.

그리고 수학적 창의성의 평가는 주로 구성요소별 분석적 채점을 사용했으며, 평가 자체가 목적이라기보다는 학습방법, 교육과정 등에 대한 연구내용을 분석·검정하기 위해 수학적 창의성 평가를 사용하고 있음을 알 수 있었다. 그렇기 때문에 수학적 창의성의 평가가 창의적인 학습과정 내의 일부로서가 아닌 하나의 검증도구로 활용되었다고 볼 수 있다.

또한 평가결과를 보는 시각을 숫자로 표시된 점수보다는 학습자의 수학적 창의성에 대한 정보에 초점을 두기를 제안하였다.

이러한 고찰과 방안 모색을 바탕으로 다음과 같이 몇 가지 제언을 하고자 한다.

첫째, 평가에 대한 관점과 평가 준거에 대한 새로운 시각이 필요하다. 학습자 개인의 지식이나 단편적 능력으로의 접근보다는 고등사고 기능으로서의 수학적 창의성에 대한 접근이 필요하며, 이에 따라 평가 관점이 새로이 변화해야 할 것이다. 평가 준거에 있어서도 제시된 문제를 이미 학습한 풀이 방법으로 해결하는 능력보다는 문제를 발견하고, 합리적이고 다양한 해결방법을 모색하고 창출하는 능력에 대하여 설정할 필요가 있다.

둘째, 창의적 사고력 평가문항의 개발과 동시에 창의적 태도 검사 척도의 개발이 필요하다. 수학적 창의성의 구성에 일관된 평가가 이루어지기 위해서는 창의적 태도의 평가에 대한 연구도 이루어져야 하며, 본고에서도 후속 연구로서의 필요성을 언급한 바 있다.

셋째, 개발된 평가 도구를 통한 수학적 창의성과 학업성취도와의 관계에 대한 연구가 필요하다. 학교수학에서의 학업성취도와 수학적 창의성의 관계가 규명되면 수학적 창의성

의 증진을 학교수학에서 어떻게 이루어낼 것인가에 대한 방안 모색이 가능할 것이다.

참고문헌

- 권오남·김정효 (2000). 창의성 문제 해결력 중심의 수학 교육과정 적용 및 효과 분석, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 39(2), pp.81-99.
- 김부윤·김철연·이지성 (2004). 수학적 창의성의 평가에 대한 고찰, 대한수학교육학회 수학교육학논총, 26, pp.87-101.
- 김영채 (1999). 창의적 문제해결 : 창의력의 이론, 개발과 수업, 서울 : 교육과학사. pp.88-117.
- 이강섭·황동주 (2003). 일반 창의성(도형)과 수학 창의성과의 관련 연구:TTCT; Figural A와 MCPSAT A를 바탕으로, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 42(1), pp.1-10.
- 이대현·박배훈 (1998). 수학적 창의력에 대한 소고, 대한수학교육학회 논문집, 8(2), pp.679-690.
- 임신하 (1993). 창의성에의 초대, 서울:교육신서.
- 황혜정 외 (1997). 창의력 신장을 돕는 중학교 수학과 학습 평가 방법 연구, 한국교육개발원 연구보고 CR 97-10-1.
- 秋田美代 (2001). 數學教育における創造性の育成に関する研究, 兵庫教育大學大學院 連合學校教育學研究科 教科教育實踐學專攻 博士學位論文.
- 高橋誠 編著 (2002). 新編 創造力 事典, 日科技連.
- 齋藤昇 (1999). 數學教育における創造性に関する態度尺度の開発, 全國數學教育學會誌 數學教育學研究, 5, pp.35-46
- 齋藤昇 (1998). 創造性創出過程のモデルの構築とるの實踐, 日本教科教育學會誌, 21(2), pp.45-53.
- Boo Yoon Kim · Ji Sung Lee (2001). A Study on the Development of Creativity in the Secondary Mathematics in Korea, Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D : Research in Mathematical Education, 5(1), pp.45-58.
- Ervynck, G. (1991). Mathematical Creativity, In D. Tall(Ed.), (pp.42-53). Advanced Mathematical Thinking, Netherlands : Kluwer Academic Publishers.
- Haylock, D. W. (1987). A Framework for Assessing Mathematical Creativity in Schoolchildren, Educational Studies in Mathematics, 18, pp.59-74.
- Haylock, D. W. (1997). Recognising Mathematical Creativity in Schoolchildren, Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 27(3), pp.68-74.
- Lee, Kang Sup · Hwang, Dong Jou · Seo, Jong Jin (2003). A Development of the Test for Mathematical Creative Problem Solving Ability, Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D : Research in Mathematical Education, 7(3), pp.163-189.
- Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving : the effect of Einstellung, Psychological Monograph, 54(#6, whole #248), pp.1-95.

김부윤 · 이지성

Krutetskii, V. A. (1976). *The Psychology of Mathematical Abilities in School Children*,
The University of Chicago Press.

A Note on the Assessment of Mathematical Creativity

Kim, Boo Yoon⁵⁾ · Lee, Ji Sung⁶⁾

Abstract

Mathematical creativity should be assessed base on the general creativity considering the features of mathematics. In researching of the assessment of mathematical creativity, the direction should be matched with this view. In this paper, we focus on the creative thinking as cognitive aspect and the creative attitude as dispositional aspect in mathematics. And we have reviewed the various researches and have suggested the frame of the assessment of mathematical creativity.

Key Words : Mathematical creativity, Creative attitude, Assessment of creativity

5) Pusan National University (kimby@pusan.ac.kr)

6) Graduate School, Pusan National University (dongms@hanmail.net)