

수학교육에서 창의성의 개념 및 신장 방안

박 만 구 (서울교육대학교)

오늘날 창의성은 모든 분야에서 가장 중요한 요소로 부각이 되고 있다. 수학교육에서도 창의성을 강조하고 있으나 많은 수학교육자들에게 창의성 및 수학적 창의성의 개념에 대한 견해는 다양하다. 본 연구에서는 수학교육에서 수학적 창의성의 의미를 여러 선행연구에서 어떻게 규정하고 있는지 알아보고, 학교 현장에서 수학기간에 교과서를 문제를 기반으로 이를 신장 시킬 수 있는 방안을 제안하였다. 이를 위하여 특정한 수학 문항에 대한 초등학생들의 반응을 분석하고 교과서의 예를 기반으로 한 창의적인 문제를 위한 확장 방안을 제시하였다. 연구의 결과에 의하면 학생들은 제한된 수학 전략을 사용하였으며, 수학교과서는 학생들의 창의성을 신장시키기 위한 과제로 개선할 필요가 있었다. 이의 개선을 위해서 수학교육에서 학생들의 창의성 신장을 위하여 과제 및 교재의 개발 및 교사교육 프로그램의 재조명이 필요함을 제안하였다.

I. 서론

본 연구의 목적은 수학교육에서 창의성 및 수학적 창의성에 대한 연구를 분석하고 수학적 창의성의 의미와 중요성을 고찰하며, 수학교실에서 학생들의 수학적 창의성의 신장을 어떻게 효과적으로 도울 수 있는지에 대한 실제적인 접근 방법을 제안하는 것이다.

최근에 창의성은 대부분 그 명확한 정의를 하지 않으나 우리 사회의 각 분야에서 강조되고 있다. 예를 들면, 창의 교육, 창의 경영, 창의 시정, 창의적 토론, 창의적 축구, 창의적 리더쉽 등 우리 사회전반에서 '창의'라는 용어는 보다 널리 활용되고 있다. 창의성(創意性)의 사전적 의미는 '새로운 것을 생각해 내는 특성'으로 정의하고 있다. 정의하는 것에 따라서 다소간의 차이가 있기는 하지만 쉽게 말해서 남이 생각하지 못한 것을 생각해 내는 능력 또는 특성이라고 할 수 있다.

그 동안 우리나라 학생들은 PISA(Programme for International Student Assessment)나 세계 여러 나라의 학생들을 대상으로 한 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구인 TIMSS(the Trends in International Mathematics and Science Study)에서의 여러 나라 중에서 꾸준히 높은 성취도를 거두어왔다(교육과정평가원, 2006). 이를 두고 교육부 등에서 이를 매우 긍정적인 것으로 보고 우리나라의 수학교육이 잘 되어 가고 있다고 말하고 있으나 이는 성취도의 상대적인 면만을 본 것이고, 수학에 대한 긍정

* 접수일(2009년 8월 5일), 게재확정일(2009년 8월 24일)

* ZDM 분류 : D52

* MSC2000 분류 : 97D50

* 주제어 : 창의성, 수학교육, 문제해결

적인 태도에 있어서는 매우 낮은 결과를 보여 주고 있다(한국교육과정평가원, 2003; The International Study Center Boston College, 2006; TIMSS International Study Center, 1995). 그리고 최근의 조사에 의하면 우리 학생들의 높은 성취는 공부량이 다른 나라에 비하여 2배 이상이 많은 데에서 기인한다고 밝혀졌다(연합뉴스, 2009). 또한 일본의 노벨 물리학상 수상자 중의 한 사람인 마스가와 교수는 한국은 다른 사람이 생각하지 못하는 어느 한 분야에서 꾸준히 연구할 필요가 있다고 주장하였다(곽덕형, 2008). 이는 장차 미래의 주역으로 살아갈 학생들에게 학교에서 각 교과와 학습에서 학생들의 창의성을 기르는데 초점을 두어야 함을 말해 주고 있다.

여수의 엑스포가 열릴 때 이 대회에 참여하면서 우리나라의 교육에 대하여 언급한 엘빈토플러는 우리나라의 '교육제도를 전면 개편해야 한다'고 주장하면서 앞으로는 '새로운 기술과 새로운 생활방식 간의 관계를 예견하는 등 미래를 내다볼 줄 알아야 한다'고 주장하였다(김기현, 2007). 현재를 사는 학생들의 장차 사회의 주역으로 일을 해 나갈 시기에는 지금보다도 더 높은 창의성을 요구하게 될 것이다. 이미 수학교육에서도 교수학습 방법 면에서의 창의적인 발문과 학습자의 입장에서의 창의적인 해결 방법을 강조하면서 창의성에 대한 중요성이 강조하고 있다(교육인적자원부, 2007; National Council of Teachers of Mathematics, 2000). 이는 그 동안 수학을 불변의 진리로 보는 관점에서 인간의 창조적인 활동의 결과 보는 관점에서의 변화와도 무관하다고 볼 수 없다(예를 들면, von Glasersfeld, 2000). 수학교육을 담당하는 교사나 수학교육자들도 보다 적극적으로 학생들이 전통적인 수학에 대한 부정적인 이미지를 탈피하여 보다 창의적인 태도로 수학을 학습할 수 있도록 도와 줄 필요가 있다.

수학교육에서 창의성을 강조한 교수·학습은 학생들에게 보다 흥미를 주고 수학 학습을 하는데 학생들로 하여금 주도적인 태도로 보다 의미 있게 접근하도록 도와 줄 수 있다(Brunkalla, 2009)는 면에서 더 면밀히 연구되어야 할 필요가 있다고 할 수 있다. 수학 학습을 하면서 학생들이 스스로 수학에 대한 가치를 인식하면서 자발적으로 학습을 하도록 도와 줄 필요가 있다.

수학교사는 학생들로 하여금 수학을 학습하는 과정에서 창의적인 수학을 접하게 함으로써 수학 학습의 참맛과 희열을 맛볼 수 있게 하여, '수학의 힘'을 경험하고 흥미를 가지고 수학학습을 지속할 수 있도록 할 필요가 있다. 그러나 창의성 및 수학적 창의성의 개념에 대해서는 비슷하지만 다양한 견해를 제시하여 온 것이 사실이다(김진호, 2004; 유운재, 2004; 황우형, 최계현, 김경미, 이명희, 2006; Balka, 1974; Ervynck, 1991; Fouche, 1993; Haylock, 1987; Hudson, 1967; Laycock, 1970; Mann, 2005; McNulty, 1969; Sriraman, 2004; Torrance, 1963). 그리고 교실에서 학생들에게 어떻게 수학적 창의성을 길러 줄 수 있겠는가에 대한 구체적인 대안의 제시는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 그 동안의 주로 수학과 관련한 연구들에서 제시하고 있는 창의성 및 수학적 창의성의 개념을 어떻게 보고 있는지 정리하고, 학생들이 다양한 해법을 요구하는 특정 문항에 대하여 어떤 반응을 보이는지를 알아보았다. 그리고 수학적 창의성은 개발될 수 있는 것으로 보고, 일반 교실에서 학생들의 창의성을 길러 줄 수 있는 방안을 제시하였다.

II. 이론적 배경

요즘 창의성은 우리 사회의 전반에 걸쳐서 가장 큰 화두가 되고 있는 용어 중의 하나이다. 앞으로 시대가 어떻게 변하든 간에 모든 학문 분야나 사회 전반에 걸쳐서 개인이나 단체에 더욱 더 절실하게 요구되고 있는 것이 바로 창의적인 사고라고 할 수 있다. 세계적인 디자이너로 이름을 높이고 있는 김영세씨도 앞으로는 아무리 훌륭한 기능을 갖춘 제품이라도 창의적인 디자인이 뒷받침되지 않는다면 소비자에게 호감을 줄 수 없을 것이라고 단언하였다(김영세, 2005).

전통적으로 수학의 특성은 질서 정연한 논리성과 규칙을 가지는 학문으로 여겨져 왔다. 그래서 많은 사람들이 수학을 공부하면 논리적인 사고력이 길러진다고 생각해 온 것이 사실이다. 쉽게 말해서 수학을 많이 하면 '머리가 좋아진다'는 생각을 오래 전부터 해 왔다. 그런데 여기에서 머리가 좋아진다는 것은 주로 수학의 속성 중에서 논리성이나 엄밀성을 일컫는 것으로 볼 수 있다. 따라서 어떤 면에서 이와는 대조적인 특성을 가지는 수학적 창의성의 개발에는 오히려 수학 공부를 많이 하는 것이 더 방해가 된다고 보는 경우도 있었다(Hudson, 1966, 1967; Torrance, 1963).

일반적으로 창의성과 수학적 창의성을 구별하지 않고 쓰기도 하지만, 대체적으로 수학적 요소를 포함하는 수학 문제해결과 관련이 있는 창의적인 사고의 유형을 수학적 창의성으로 보고 있다. 세계 수학교육의 흐름에 영향을 주고 있는 단체로 전미수학교사협회(National Council of Teachers of Mathematics, 2000)에서도 급변하는 21세기를 살아갈 학생들에게 중요한 수학적 개념이 가르쳐 지지 않아 왔음을 지적하고 학생들에게 잘 살아갈 학생들에게 필요한 수학을 가르쳐야 할 필요성을 역설하고 있는데, 이것 중이 가장 강조하고 있는 것의 하나는 수학적 창의성이라고 할 수 있다. 예를 들면, 실제로 해 보나마나 한 수학적 사실이 아니라 학생들의 상식을 뒤집는 문제를 던져 줌으로써 상황에 맞는 수식을 수학적으로 따져 보도록 하고 있다(pp.303-304).

우리나라 2007 개정 수학과 교육과정(교육인적자원부, 2007)에서도 수학과 성격의 “수학적 개념, 원리, 법칙을 이해하고 수학적 사고 능력을 키워, 합리적이고 창의적으로 문제를 해결하는 능력과 태도를 기를 수 있다”(p.2)고 진술하면서 수학교육에서의 창의적인 사고를 강조하고 있다. 사실 고차원적인 수학적 이론을 만들어 내는 수학자나 교과서에서 제시하는 방법이 아닌 다른 새로운 해법을 만들어 내는 학생은 가장 창의적인 사람이라고 할 수 있다.

영재교육과 관련하여 창의성 교육에 관심이 많이 있는 Sheffield(2006)는 수학적 창의성을 다음과 같이 보고 있다.

창의성은 과거에 이룩해 놓은 불변의 지식을 기억하고 반복되어야 한다고 여기는 전통적인 학교 수학의 이미지에서는 찾아볼 수 없다. 학교 수학의 이러한 자화상은 학생들이 기성의 법칙을 있는 그대로 따라함으로써 일련의 기술들을 지루하게 학습하는 수업이 전개되는 결과를 초래하였다. 이러한 맥락에서, 학생들에게 필요한 수학적 창의성의 요소는 무엇인지를 이해하거나 규명하기란 불가능한 일일 것이다. 그러나 강력하고 창조적인 수학자가 되기 위하여 수학이란 추론하고 전략을 개발하고 문제를 해결하는 인간의 활동-수학화를 권장하는 활동, 창의적인 수학적 사고를 수반하는 과정-임을 인식해야만 한다. 학

생들은 개념과 절차를 알고 있어야 할 뿐만 아니라 수학이 어떻게 만들어지고 새로운 개념을 학습하고 특정한 혹은 다양한 방법으로 문제를 해결하기 위해 수학이 어떻게 활용 되는지를 인식해야만 한다. 수학적 창의성을 신장시키기 위하여, 학생들은 풍부한 과제 또는 문제를 경험하게 해야 한다. 그러한 교실에 있는 창의적인 교사는 모든 것을 아는 전문가로서의 이미지에서 학생들로 하여금 스스로 사고하고 스스로 의사결정을 하는 자율적인 학습자로 여길 수 있도록 학생들을 자극하는 전문가로서의 이미지로 탈바꿈해야 한다(p.1).

그녀는 교사가 학생들로 하여금 창의성을 개발할 수 있는 풍부한 자료와 문제를 제공하여 학생들이 자율적으로 의사결정을 해 가면서 다양한 경험을 갖도록 하는 것이 중요함을 강조하고 있다.

수학적 창의성에 대해서는 학자마다 견해가 다소 다르기도 하지만 크게 수학적인 문제를 해결하는 과정에 대한 사고와 산출물을 만들어 내는 능력으로 요약할 수 있다. 물론 대부분 어느 한 쪽을 더 강조하는 것이지만 과정에 중심을 둔 정의로 Poincaré(1913)와 Krutetskii(1969)를 비롯한 많은 학자들(예를 들면, Balka, 1974; Fouche, 1993; Haylock, 1987; Laycock, 1970; McNulty, 1969)은 쉽게 보이지 않는 다른 것들 사이의 수학적인 연결을 생각해 내는 능력으로 정의하였다.

<ul style="list-style-type: none"> • 정신 작용의 연결, 자기제한 극복; Poincaré(1913) & Krutetskii(1969) 	⇒	“새로운” & “연결시키는” Original Products (원천적 기술 → 원천적 산출물)
<ul style="list-style-type: none"> • 패턴 인식, 해에 대한 통찰력; McNulty(1969) 		
<ul style="list-style-type: none"> • 고정된 사고의 탈피로 해결; Balka(1974) 		
<ul style="list-style-type: none"> • 불가능하다고 생각하는 연결을 만들어 냄; Haylock(1987) 		
<ul style="list-style-type: none"> • 같은 문제에 대한 다양한 해결 방안 도출; Fouche(1993), Silver(1997); Pehkonen(1997) • 문제해결 과정에서 다양한 산출물을 만들어 내는 능력; Spraker(1960); Krulick & Rudlick(1999) 		

<그림 II-1> 수학적 창의성의 의미

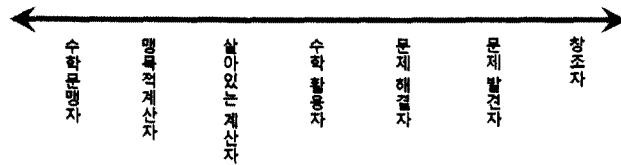
산출물에 중심을 둔 정의로, Spraker(1960)와 다른 학자들(예를 들면, Jensen, 1973; Balka, 1974)은 수학 문제의 해에 대한 독특하고 일상적이지 않은 해결방법을 사용한 산출 능력으로 과정에 대한 강조와 함께 세부 문제를 만들거나 여러 문제를 종합적으로 사고하여 보다 종합적인 문제를 만들어 내는 능력으로 보고 있다.

또한 위의 둘을 함께 언급하면서 수학적 창의성에 대하여 정의한 학자들로 Aiken(1973)은 모든 것을 종합적으로 사고하여 문제해결로 이끄는 과정과 다양한 산출물을 만들어 내는 능력으로, 수학 문제해결에 대하여 많은 연구를 한 Krulick과 Rudlick(1999)은 자신이 해결한 문제해결의 과정의 반성적인 사고를 통하여 새로운 산출물을 내는 능력으로, 유현주(2000)는 주어진 상황에서 수학적으로 가치 있는 결과를 모색하면서 수학적 지식 및 과정과 관련성을 파악하여 문제를 해결하고 구조적 생각하는 능력으로 정의하였다.

그리고 창의성이 있는 사람 또는 창의성 구성하는 요소에 대한 다양한 견해를 가지고 있는데 McCain

과 Callahan(1977)은 우리가 흔히 언급하는 것으로 창의성의 요소를 민감성(sensitivity, 세심한 관심으로 일반적인 것에서 새로운 사고를 함), 유창성(fluency, 다양한 아이디어를 생각해 냄), 융통성(flexibility, 고정관념에서 벗어나 자유로운 발상을 함), 독창성(originality, 독특한 아이디어를 생각하여 문제를 해결 함), 정교성(elaboration, 아이디어를 다듬어 구체화해 나감), 재정의(redefinition, 자신의 생각으로 정의를 다시 함)로, 조석희(2003)는 창의성을 “다양한 요인이 복합적이며 역동적으로 상호작용한 결과로서, 문제 해결에 유용한 독창적인 산출물”로 정의하고, 창의성=(지식, 상상력, 평가)의 함수로 정의하였다.

Treffinger, Feldhusend와 Isaksen (1996)은 생산적 사고를 지식, 동기와 성향, 그리고 자기조절 및 초인지의 영역으로 나누고 이는 문제해결을 향한 창의적이고 비판적인 사고로 규정하였다. Sheffield(2006)는 창의성의 정도를 연속선상에서 표시하여 수험문맹자로부터 문제를 만들어 내는 창조자로 창의성이 더 요구되는 것으로 보았다.



<그림 II-2> 학습자별 요구되는 수학적 창의성의 정도(Sheffield, 2006)

이상의 연구를 종합적으로 살펴볼 때, 수학적 창의성은 ‘문제해결의 상황에서 다양하고 독창적인 해결 방안을 사용하여 새로운 해결 방안이나 산출물을 만들어 내는 종합적인 과정에 대한 속성’으로 정의할 수 있다. 우리나라에서도 이들에게는 수학적 창의성을 길러 주기 위한 연구들이 일부 있어 왔고(예를 들면, 김연수, 2005; 김형진, 2008; 박배훈, 류희찬, 이기식, 김인수, 2003; 밥에이벌, 밥스테인쉬, 2008; 한헌조, 황혜린, 2007), 수학적 창의성을 구체적 조각물의 이용과 관련하여 재조명하려는 시도도 있어왔지만(황우형, 최계현, 김경미, 이명희, 2006), 학문적이고 체계적인 접근이 부족하고 현실적으로 교실에서 교사들이 가장 많이 사용하고 있는 주 교재인 수학교과서 등과 의미 있게 연계하여 단계적으로 지도하는 구체적인 방안이 미흡한 것이 사실이다.

따라서 본 연구는 창의성 또는 수학적 창의성의 개념을 어떻게 정의하고 있는지를 살펴보기 위하여, 그 동안의 수학교육에서의 창의성 관련 연구를 분석하였다. 그리고 수학영재 학생들의 수학적 창의성에 대한 반응과 교실에서 학생들의 창의성을 신장시킬 수 있는 방안을 제안하였다.

III. 연구방법

본 연구의 목적을 위하여 문헌연구 및 다양한 해법을 요구하는 학생들의 풀이 방법을 수집하여 분석하였다. 그리고 현행 사용 중인 교과서의 문제와 관련하여 선행 연구 및 본 연구에서 밝혀진 사실을 바탕

으로 수학적 창의성을 신장시킬 수 있는 문제의 확장된 형태의 문제를 제시하였다.

1. 문헌연구

창의성 및 수학적 창의성과 관련한 국내·외의 연구의 동향을 파악하고, 각 연구가 주장하는 영역별로 관련 있는 연구 26종(해외 13종, 국내 13종)을 정리하여, 각 연구에서 창의성 및 수학적 창의성에 대한 의미 및 요소에 대하여 비교 분석하였다.

2. 풀이방법 분석

A 영재교육원에 다니고 있는 수학영재 학생들을 대상으로 아래의 문제에 대하여 여러 가지 해법을 요구하는 문항을 제시하여 어떤 해법 전략을 보이는지와 해법의 경향성을 분석하였다.

◎ 어느 농장에 닭과 돼지가 함께 있는데 닭과 돼지의 다리가 모두 220개, 머리가 80개 있습니다. 물음에 답하십시오.

- 1) 닭과 돼지의 수는 각각 몇 마리입니까?
- 2) 닭과 돼지의 수를 구하는 서로 다른 방법을 7가지로 설명해 보시오.

3. 교과서 자료의 비교분석 및 확장된 문제 제시

현행 교과서 중에서 2학년 연산 단원을 중심으로 제시하고 있는 문제와 교과서의 문제를 기반으로 보다 확장된 문제로 확장시킬 수 있는 문제를 제시하였다. 이는 아래와 같이 교과서의 기본문제인 기초단계에서 시작하여 3단계로 된 기본단계와 이를 확장시킨 확장단계로 제시하였다.

기초, 기본 단계 ⇒ 기본 및 확장 단계 (Step 1, Step 2, Step 3, Step 4) ⇒ 확장 심화 단계(Step 5)

IV. 결과

1. 수학적 창의성의 의미

대부분의 연구에서 수학적 창의성은 수학적인 과제 해결과정과 산출물에서 새로운 사고와 전략 및 연결을 만들어 내는 것으로 보았다. 그 동안 수학교육에서 수학적 창의성과 관련한 연구를 분석한 결과 창의성 및 수학적 창의성에 대한 정의는 <표 IV-1>와 같다.

<표 IV-1> 수학적 창의성의 의미에 대한 의견

관련 연구	수학적 창의성에 대한 정의
Balka(1974) Ervynck(1991) Kruteskii(1969) Poincaré(1913) 이강섭 외(2003)	여러 정신 작용의 연결, 다양한 해결책의 제시, 정형화된 형태의 사고로부터 탈피, 제한된 사고를 깨는 유연한 사고 과정 요소를 과정(Process)와 산출물(Product)로 봄
Fouche(1993)	동일 문제에 대한 다양한 해결 방안 도출
Getzels & Jackson(1962), 김홍원(1998) 신희영외(2007) 조석희(2003)	새롭고 유용한 아이디어 도출, 확산적이고 풍부한 사고과정, 문제해결을 통하여 독창적인 산출물을 만들어냄
Guilford(1967)	특정한 수학 문제 상황에 대한 발산적 사고의 산물 창의적이고 개념적인 이해에 강한 다양한 인지 능력
Haylock(1987) Romey(1970)	새로운 방식으로 불가능하다고 생각하는 연결을 만들어 냄
Jensen(1973) 김용대(2004)	새로운 수학기제를 만들어 내는 능력 독창적 아이디어를 바탕으로 사고의 고착성에서 벗어나 보다 유용한 아이디어가 되도록 하는 지적인 능력과 이를 성취하고자 하는 성향
McNulty(1969)	패턴 인식, 해에 대한 통찰력
Torrance(1963, 1974)	독창성, 유창성, 융통성을 포함하는 창의적인 작업을 수행하는 모든 정신 작용의 종합적인 능력
황우형 외(2006)	새로운 개념을 배우거나 문제를 해결하려고 할 때 기존에 갖고 있는 개념을 연결, 연합하여 새로운 개념을 쉽게 이해하거나 스스로 새로운 개념을 구성하는 능력
황혜정 외(1997)	이미 알고 있는 지식, 개념, 원리, 문제 해결 방법을 새롭게 관련지어 수학 문제를 해결하거나, 또는 자신이 새롭게 지식, 개념, 원리, 문제 해결 방법을 창안하여 수학 문제를 해결하는 능력

이들의 연구들에서 수학적 창의성의 정의를 요약하면 기존의 연구와 유사한 것으로 문제의 상황을 수학적으로 해결해 가는 과정에서 독특하게 사고하고, 예기치 못한 새로운 연결 및 산출물을 만들어 내는 특성으로 요약할 수 있다. 그리고 창의성과 관련한 대부분의 국내 수학교육 관련 연구들은 <표 IV-2>와 같이 대부분 Torrance(1974)가 창의성의 요소로 규정한 독창성, 유창성, 융통성을 포함하고 있었다. 이들은 대부분 자신들이 측정하고자 하는 대상들에 대한 수학적 창의성을 평가하기 위하여 수학적 창의성을 분류하고 요소별 특징을 정의하였다. 그러나 각 연구에서 중점적으로 하려는 요소에 집중하여 부분적인 요소만 분석하였고, 수학적 창의성에서의 요소별 특징에 있어서도 대동소이하게 정의하여 사용하였다.

<표 IV-2> 수학적 창의성의 요소에 대한 규정²⁾

관련 연구	독창성	유창성	융통성	정교성	정의적 태도	수렴성, 확산성	기타
권오남 의(2005)	기 발 하 고 신기한 생 각이나 발 상을 해냄	다양한 해 결 전략과 아이디어를 자유롭게 내 놓음	특정 전략 이 실패할 경우 새로 운 전략을 시도함				
김부윤 의(2006)	새로운 아 이 디 어 를 생 성 하 기 위 해 기존 의 방법 에 대 한 반론, 새로운 방 법 을 궁 리 함	많은 개수 의 아이디 어 를 산출 하 고 자 하 는 태도	다양한 각 도 로 현상 을 파악하 여 아이디 어 를 범주 화 하는 능 력	정확성, 주의 깊음, 세밀한 관찰력을 발 휘 하고자 하 는 태도	강한 의지, 의욕, 이나 대 해 하 거 나 속 하 여 각 하 는 태도	확산적 사고 를 한 후, 다 른 방법과의 공통성이나 다른 것을 생각하여 어 떤 방법이 가장 적절한 가 생각함	
김용대 (2004)	다양한 해 결 방법 이 나 해 가 운 데 독창적 인 것 을 찾 음	문제에 대 한 여러 가 지 해결방 법 이나 해 를 탐구함	한 가지 관 점으로 해 결한 후 다 른 관점으 로 해결함				
김관수 (2005)	여러 가지 해 법 이 나 해 를 조 사 하 고 난 후 다 른 것 을 생 성 함	많은 해석, 해 결 방 법 또는 해 를 갖는 개방 형 문제 를 탐 구 함	한 가지 방 법 으로 문 제 를 해 결 하 고 난 후, 여러 가지 방 법 으 로 해 결 함				

2) 창의 중심의 수학교육 실현방안 연구에서 논의한 자료를 참고하여 수정 보완하였음.

관련 연구	독창성	유창성	융통성	정교성	정의적 태도	수렴성, 확산성	기타
신희영, 고은성, 이경화 (2007)	다른 사람들과는 다른 참신하며, 질적으로 높은 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	문제 상황에 유의미한 답으로서 여러 가지 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	서로 다른 범주의 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	산출한 반응, 아이디어를 보다 구체화하고, 세밀하게 다듬어 일관화 할 수 있는 능력			
이강섭 외(2007)	상대적으로 빈도가 낮은 반응의 개수: 다른 사람들과는 다른 참신하며, 질적으로도 수준 높은 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	반응의 개수: 문제 상황에 유의미한 답으로서 여러 가지 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	유형의 개수: 서로 다른 범주의 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	산출한 반응, 아이디어를 보다 구체화하고, 세밀하게 다듬어 일관화 할 수 있는 능력			
최영기 외(2005)	기존의 것에서 탈피하고 독특한 아이디어를 산출하는 능력	가능한 한 많은 아이디어를 산출하는 능력		다듬어 지지 않은 기존의 아이디어를 보다 치밀한 것으로 발전시키는 능력		추상적인 사고 추출 능력	
황혜정 외(1997)	습득된 풀이 방법이 외의 것을 이용하여 문제를 푸는 것을 선호함	문제 상황에 유의미한 여러 가지 반응이나 아이디어를 산출하는 능력	정형화된 정신 태세를 벗어날 수 있는 유연한 사고 능력	수학 문제 풀이 방법이 다른 학생에 비해 간결하고 명확함	성향으로 자발성, 독자성, 집착성, 호기심 포함		

이상에서 알아 본 것과 같이 수학적 창의성에 대한 요소는 주로 독창성, 유창성, 융통성, 정교성에 국한하여 연구하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 이 고전적인 요소 이외에 정의적 측면의 요소를 포함한 Gardner(1983)와 같은 관점을 포함한 보다 폭넓은 영재성의 요소를 고려한 연구를 지속할 필요가 있다.

2. 문항에 대한 학생들의 반응 분석

이는 수학적 창의성과 관련하여 같은 문제에 대한 다양한 해결 방안 도출하는 능력을 수학적 창의성의 핵심으로 본 Fouche(1993), Silver(1997), Pehkonen(1997)의 관점에서 수학 영재들의 문제해결 전략을 분석해 보고자 하였다. 이 문제에 대하여 서울교육대학교 과학영재교육원 학생들을 대상으로 한 다음의 문항에서 영재 반 모든 학생들은 닭과 돼지의 마리 수를 정확히 구하였다. 대부분의 학생들이 7가지를 쓰려고 노력을 했으며, 유사한 방법을 사용하여 6~7가지의 방법을 서술하였다. 그러나 유사한 방법이 많이 있어서 구분이 되는 방법으로 분류한 풀이방법으로 나누면 학생들은 적게는 3가지, 많게는 6가지 방법을 사용하였다. 대부분의 학생들이 평균 5가지의 방법을 이용하여 문제를 풀었는데 그 전략들은 일부분을 제외하고 대부분 동일하게 사용하였다.

즉, 어느 농장에 닭과 돼지가 함께 있는데 닭과 돼지의 다리가 모두 220개, 머리가 80개였는데 닭과 돼지의 마리 수를 서로 다른 7가지 방법으로 제시하라는 것이었다. 반응은 다음과 같이 모두 12가지 방법으로 정리할 수 있었다. 그 방법으로 빈도 수가 많은 순으로 ① 이원일차 연립 방정식 세우기, ② 일차 방정식 세워 풀기, ③ 표 그리기 이용하기, ④ 추측과 확인하기, ⑤ 닭, 돼지 중 한 종류의 동물만 있다고 가정하기, ⑥ 그림을 그려서 해결하기, ⑦ 비례식을 이용하여 해결하기, ⑧ 함수와 그래프 이용하기, ⑨ 수를 간단하게 해서 풀기, ⑩ 등식의 성질을 이용하여 풀기 (약수, 배수), ⑪ 직사각형 넓이를 이용하여 풀기 또는 좌표평면에서 생각하여 풀기, ⑫ 기타 풀이 등의 전략들을 사용하였다.

여기에서는 전략의 일부분을 소개하는데, 대부분은 일반 학생들은 연립방정식을 많이 사용하였으며, <그림 IV-1>과 같이 추측과 확인(trials and errors)의 방법도 선호하였다.

→ 220개의 다리를 가진 돼지의 마리 수를 구해보자

닭	40	45	50
돼지	40	35	30
합	240	230	220

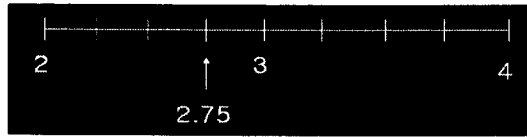
→ 220의 닭과 돼지 다리의 수를 구해보자

∴ 닭은 50마리, 돼지는 30마리

<그림 IV-1> 추측과 확인(trials and errors)의 방법

그리고 특이한 방법으로 다리 수와 머리 수의 비를 이용하여 다음과 같이 푼 경우가 있었다.

$220 : 80 = 11 : 4$ 이다. 머리 4개에 다리 11개인 셈인데, 다시 말하면 머리 1개당 다리가 2.75개란 뜻이다. 닭의 다리는 2개, 돼지 다리는 4개이므로 2와 4의 비가 5 : 3이라는 결론이 나온다. 따라서 닭은 50마리, 돼지는 30마리이다.



<그림 IV-2> 다리 수와 머리 수의 비를 이용한 방법

그런데 수학영재들의 전략에 있어서 예상했던 것과는 달리 문제해결에 대한 전략이 매우 한정되어 있음을 보여 주었다. 이는 이들이 이와 비슷한 문제를 전에 풀어 보았던 경험의 영향을 받을 수도 있고, 주어진 시간의 제약(20분)이 이들이 보다 다양한 전략을 사용하도록 하는데 제한을 할 수도 있다고 보았다.

이 결과로 보면, 수학영재아들이라고 하여도 평소에 수학문제를 어떻게 접근해 가도록 돕느냐가 그들의 다양한 수학적 창의력을 계발하는데 영향을 줄 수 있음을 시사해 준다고 할 수 있다.

3. 수학적 창의성의 신장

학생들의 수학적 창의성을 신장시키기 위하여 교사가 교실에서 할 수 있는 것으로, 일반적으로 많이 사용하는 수학교과서의 문제를 이용하는 방법이 있을 수 있다. 현행 교과서의 문제들은 전에 교과서들에 비하여 개선이 되고 있으나 학생들의 수학적 창의성을 효과적으로 신장시키기에는 너무나 ‘교과서적’이라고 할 수 있다. 수학교실에서 가장 중요한 역할을 해야 하는 것은 교사라고 할 수 있다. 학생들은 교사의 적절한 발문에 의하여 수학적인 사고를 자극받을 수도 있고, 그렇지 않을 수도 있다.

교실에서 학생들의 수학적 창의성을 길러 주기 위해서는 다음이 전제되어야 한다(Cobb, 1995; Sheffield, 2006)

- 교사가 학생, 수학 및 수학 교수·학습을 보는 눈을 새롭게 할 필요가 있음
- 학생들의 수학적 창의력을 촉진시킬 수 있는 다양하고 풍부한 자료와 문제를 제공하여야 함
- 학생의 수학적 창의성을 자극하고 격려할 수 있는 교사의 적절한 발문
- 머리 속의 고정 관념들을 적절히 혼란스럽게 하도록 하는(Perturbation) 발문
- 어떤 의견이든 자유롭게 발표하고, 반박할 수 있는 교실 문화

학생들의 수학적 창의성을 자극할 수 있는 발문으로는 Krulick과 Rudlick(1999)이 제안한 다음의 발문을 들 수 있다(박성선, 2002).

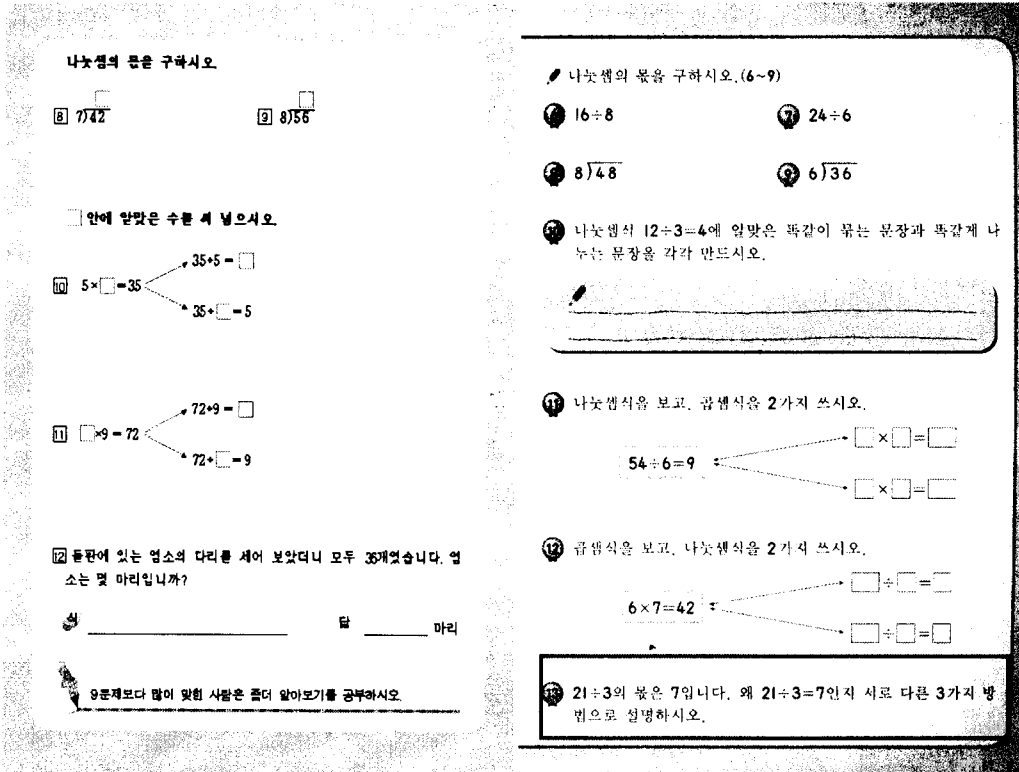
What's another way? (다른 방법으로 풀 수는 없겠니?)

What if...? (만일 ...라면 어떻게 되겠니?)

What's wrong? (무엇이 잘못되었니?)

What would you do? (너라면 무엇을 하겠니?)

그리고 교사들이 수업 중에 가장 많이 사용하고 있는 교과서가 2007 개정 교육과정에 의하여 개정된 수학교과서는 한 문제에 대하여 여러 가지 해법을 요구하는 문제가 단위 평가에도 삼입되어 있다.

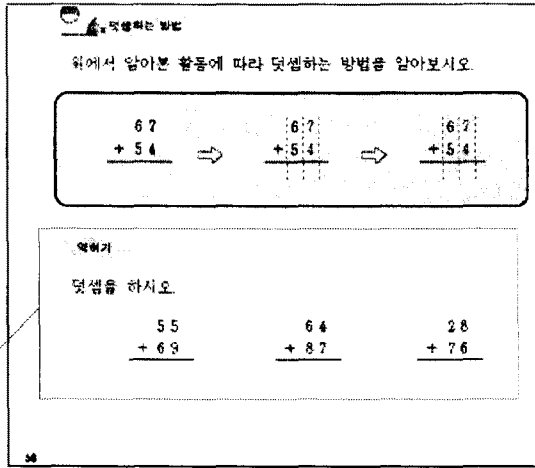


[7차 교육과정 3-가 익힘책]

[개정2007 수학과 교육과정 3-1 익힘책]

<그림 IV-3> 이전과 현행 초등학교 수학교과서 예시

이는 교사들의 교과서의 개정 정신의 깊은 이해와 개방적이고 허용적인 분위기 조성이 없다면 소기의 성과를 거두기 쉽지 않을 것이다. 또한 일반적으로 교과서에서는 연산 단원의 익히기에서 주어진 문제를 단순히 푸는 것보다는 보다 확장된 문제의 제시로 학생들로 하여금 수학적 창의성을 기르는데 도움을 줄 수 있다.



[Step 1] [Step 2] [Step 2] [Step 3] [Step 4] [Step 5]

<p>교과서적인 문제 풀이 (Closed Problem)</p> <p>▷ 덧셈을 하시오.</p> $\begin{array}{r} 55 \\ + 69 \\ \hline \end{array}$	<p>▷ 55+69를 머리에서만 계산하여 답을 구하십시오.</p> <p>▷ 55+69를 5가지의 계산 방법으로 답을 구하십시오.</p> <p>▷ □ 안에 1-9까지의 수를 한 번씩만 사용하여 5개의 계산을 해 보시오</p> $\begin{array}{r} \square \square \\ + \square \square \\ \hline \end{array}$ <p>▷ □ 안에 1-9까지의 수를 한 번씩만 사용하여 계산 결과가 가장 크게 나오는 경우와 가장 작게 나오는 경우를 구해 보시오.</p> <p>▷ □ 안에 1-9까지의 수를 한 번씩만 사용하여 계산 결과가 100보다 큰 경우는 몇 가지입니까? 답을 확인합니까?</p> <p>▷ 위 문제에서 덧셈이 아니고 뺄셈, 곱셈, 또는 나눗셈이라면 어떻게 되겠습니까?</p>	<p>개방형문제(Open-ended Problem)</p> <p>▷ 여러분이 '좋은' 자연수의 덧셈문제를 만들어 보시오.</p> <p>▷ 친구들이 만든 '좋은' 자연수의 덧셈문제의 설명을 듣고 여러분의 의견을 말해 보시오. 어떻게 하면 보다 더 '좋은' 수학문제가 될 수 있겠습니까?</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

수학적 창의성의 증가

<그림 IV-4> 교과서 문제를 기반한 수학적 창의성 신장

예를 들면, 초등학교 3-가 수학교과서의 연산 단원에서 단순히 주어진 두 자리 수들의 연산을 하도록 하는 것보다는 보다 다양한 사고를 하도록 도전감을 줄 필요가 있다. 제시한 것과 같이 교과서의 기본 문제의 수준[Step 1]에서 시작하여 스스로 문제를 만들어 보게 하는 개방형 문제의 수준

[Step5]까지 수준별로 수준을 단계적으로 제시할 수 있다.

이런 접근은 교과서의 단순한 덧셈 문제가 단계별로 수학적 창의성이 증가 하는 형태의 발문으로 확장하여 학생들의 창의적인 사고를 자극할 수 있다. 이는 초등 수준의 수학뿐만 아니라 중등 수준에서도 보다 개방적인 발문을 하는 형태로 학생들의 수학적 창의성을 자극하고 기를 수 있다.

그리고 가능한 수학에서 실생활 장면을 가져와 수학적인 창의성을 발휘하여 문제를 해결하도록 하는 것에서 더 나아가 박만구(2007)가 제안한 ‘참여수학’을 통하여 학생들이 습득한 수학적 아이디어를 활용하여 우리의 삶을 바꾸어 가도록 하면서 ‘수학의 힘’을 경험하도록 할 필요가 있다. 예를 들면, 우리가 극장에서 많이 먹는 팝콘 용기의 들이 또는 부피를 계산하는 수학 활동을 하면서 용기의 크기와 가격은 우리의 상식을 벗어날 정도로 비례하지 않는다는 사실에서 수학 시간에 마케팅의 원리와도 결부하여 우리 사회의 현상을 생각해 보도록 할 수 있다. 즉, 수학 시간에 통섭 또는 융합을 통하여 학생들로 하여금 보다 생동감 넘치는 수학적 상상력을 발휘하도록 할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 수학적 창의성의 개발은 가능하고 Krutetskii(1976)의 주장처럼 수학적 창의성은 오직 고도의 수학적 지식을 갖춘 수학자들만의 몫은 아니라는 입장이다. 즉, 학생의 수준에 맞는 수학적 창의성을 개발할 수 있다고 보았다. 본 연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 수학적 창의성은 매우 다양하게 정의하고 있으나 ‘문제해결의 상황에서 다양하고 독창적인 해결 방안을 사용하여 새로운 해결 방안이나 산출물을 만들어 내는 종합적인 과정에 대한 속성’으로 정의할 수 있다. 대부분의 창의성 관련 수학교육 연구들은 창의성의 요소로 Torrance(1974)가 규정한 것과 같이 독창성, 유창성, 융통성을 포함하고 있었으며, 일부는 호기심, 독자성, 집착력 등의 정의적 영역의 요소를 포함하였다. 수학적 창의성은 일반적인 창의성과 함께 Csikszentmihalyi(1996)가 지적한 것과 같이 단순히 개인적인 노력에 의하여 개발될 수 있는 것을 포함하여 보다 넓은 의미에서 개인이 속한 사회나 집단의 사회나 문화 현상 속에서 효과적으로 길러 질 수 있는 것임을 유의할 필요가 있다. 따라서 수학적 창의성의 신장이라는 관점에서 교실에서의 수학 활동을 개인적인 활동을 포함하여 다양한 형태의 모둠활동 및 협동학습에 대한 연구도 계속할 필요가 있다. 그리고 사회과에서 이종연, 구양미, 서정희(2009)의 연구에서 언급했던 것처럼 수학교육에서도 수학적 창의성과 관련한 민감성, 호기심, 개방성, 인내심과 같은 정의적 영역과 관련한 수학적 창의성에 대한 연구가 보다 활발히 이루어질 필요가 있다. 그러나 수학적 창의성은 하루 아침에 길러 질 수 있는 것이 아니고 Hadamard(1945)의 지적처럼 얼마 동안의 잠복기가 필요함을 인지하고, 인내심을 가지고 이의 개발을 위한 지속적인 연구가 지속되어야 할 것이다. 그리고 Carson, Peterson과 Higgins(2005)이 일반적 창의성에 평가 질문지를 제안한 것과 같은 학생들의 수학적 창의성을 평가할 수 있는 도구를 개발할 필요가 있다.

둘째, 다양한 해법을 요구하는 문항에 대하여 초등 수학영재들은 다양한 해법을 제시하였으나, 많은 부분 공통된 전략을 사용하여 제한된 전략을 보여주었다. 이는 평소에 학생들을 지도하는 교사의 수학, 학생, 그리고 교수·학습에 대한 보다 개방적이고 허용적인 관점이 필요하다 할 수 있다. 교사들이 어떤 관점을 가지고 교실에 들어오느냐에 따라서 학생들이 어떻게 창의적으로 생각하도록 지극 받느냐를 결정한다고 할 수 있다. 또한 적절한 과제의 개발이 병행될 필요가 있다. 본 연구에서 제시한 것과 같은 다양한 해법을 요구하는 문제를 포함하여 수학적 창의성을 풍부하게 경험할 수 있는 세련된 과제의 개발이 필요하다. 특히 학생들로 하여금 구조적으로 동형인 문제를 생각해 보도록 격려하는 것이 학생들의 수학적 창의력을 길러 줄 수 있다(English, 1993; Sriraman, 2004).

셋째, 교실에서 교과서를 기반으로 한 학생들의 수학적 창의성을 효과적으로 개발해 주기 위해서는 세심한 과제의 확장 및 교사의 정교한 발문이 적절하게 필요하다. 교실에서 수학교과서를 치울 수 없다면 이를 적절히 이용할 필요가 있다. 제시한 것처럼 교과서 문제를 기반으로 하여 보다 확장된 문제로 나가면서 학생들의 수학적 창의성을 자극할 수 있다. 이를 위해서는 교사의 양성교육이나 현직교사의 재교육을 통하여 모범이 될 수 있는 수업의 공개 및 집중적인 토론 및 자료의 개발에 대한 안목을 길러 줄 필요가 있다. 이를 위하여 수학적 창의성을 위한 과제의 개발뿐만 아니라 이를 위한 ‘창의적인 분위기’(Ekvall, 1999)를 어떻게 만들 것인가에 대한 고민을 할 필요가 있다.

마지막으로, 학생들이 보다 자유롭게 자신들의 수학적인 생각을 발표하고, 이를 반박하고 증명해 가면서 자유스럽게 의사소통하도록 하는 교실의 규범 또는 문화(Cobb, 1995)를 만들어 갈 필요가 있다. 이 이 역시 그 중추적인 역할은 교사가 해야 한다. 교사는 학생들의 수학적 창의성을 신장시키기 위하여 마치 과학자가 자연과학 현상을 밝히기 위하여 현미경 등의 도구를 적절히 사용하여 그 이치를 밝히고, 의사들이 MRI 등의 의학 도구를 사용하여 환자를 보다 정확히 진단하는 것과 같이 학생들의 수학 활동을 면밀하고 세심히 관찰할 필요가 있다. 학생들을 지도하는 교사들도 마치 이들이 하듯이 학생들이 수학을 어떻게 해 가고 그들을 돕기 위해서는 어떻게 해야 할지 끊임없이 고민하면서 보다 효과적인 도구와 자료의 개발, 지도, 평가, 반성을 통하여 보다 효과적인 수학 교수학습 방법을 개발해 가야하고 체계적으로 정리하여 후속 연구자나 교사들에게 도움이 되도록 할 필요가 있다. 교사들의 이런 끊임없는 진지한 연구가 학생들에게 수학시간이 고문하는 시간만이 아닌 인간이 가지는 자유로운 사고를 발산하는 “학교에서의 그들의 삶”을 즐기도록 할 수 있을 것이다.

학생들의 수학적 창의성의 신장을 위해 중요한 것으로 교육과학기술부 차원에서의 수학교육에 대한 시스템을 정비하고, 교사의 연수, 체계적인 교재 및 교구의 개발, 자료의 효율적인 공유체제 마련, 모범적인 사례의 발굴 및 보급 등을 하는 것이다. 일본의 또 다른 노벨 상 수상자인 시라카와는 “일본에 창조성과 독창성이 있는 인재가 없어서 노벨상 수상자가 적은 것이 아니라, 그런 인재를 교육할 시스템이 제대로 갖춰져 있지 않기 때문이다”(곽덕형, 2008)라고 한 말을 되새겨 볼 필요가 있다.

끝으로 교사가 학생들을 지도하면서 교사가 해야 할 가장 주요한 일은 교사가 일일이 처음부터 끝까지 수학을 “가르쳐” 주려고 하는 것보다는 스스로 찾아서 자신들의 무한한 가능성을 개발해 가

도록 돕는 것이다. 물론 학생들에게도 보다 큰 동기유발을 시키고 이들의 잠재력 개발을 극대화하는 것은 이들의 교육을 맡은 교사들의 몫일 것이다. 따라서 아무리 좋은 교육과정과 교과서 그리고 방법을 제안하더라도 수학을 지도하는 교사들이 이를 제대로 이해하고 적절히 지도하도록 할 필요가 있다. 수학을 지도하는 교사는 반드시 '많이'만 가르치려고 한다고 하여 좋은 일은 아닐 것이다. 이를 위하여 수학적 창의성에 대한 장기적이고 체계적인 연구와 함께 교실에서의 실행을 통한 활발한 피드백이 이루어질 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 권오남·박정숙·박지현·조영미 (2005). 개방형 문제 중심의 프로그램이 수학적 창의력에 미치는 효과. 한국수학교육학회지시리즈 A <수학교육>, 44(2), pp.307-323.
- 곽덕형 (2008). 노벨상 풍년 일본 "주입식 교육 고치면 더 탈 텐데." 오마니뉴스, 2008년 10월 28일.
- 교육인적자원부 (2007). 개정 2007 수학과 교육과정, 서울: 교육인적자원부.
- 김기현 (2007). 한국의 교육제도 바뀌라, 연합뉴스 2007년 9월 13일.
- 김부윤, 이지성 (2006). 수학에 있어서 창의적 태도의 측정 결과 분석에 관하여, 한국수학교육학회지시리즈 A <수학교육> 45(2), pp.155-163.
- 김연수 (2005). 내 아이의 창의력을 깨워 주는 종이접기, 서울: 교학사.
- 김영세 (2005). 이노베이터: 트렌드를 창조하는 자, 서울: 랜덤하우스코리아.
- 김용대 (2004). 창의적 문제해결과 문제변형을 위한 사고, 수학교육학회지시리즈 A <수학교육> 43(4), pp.399-404.
- 김진호 (2004). 수학적 창의성에 대한 일 논의-창의적인 사람, 창의적인 산물, 창의적인 과정이란 관점으로. 한국수학교육학회지시리즈 E <수학교육 논문집> 18(3), pp.45-56.
- 김판수 (2005). 초등 수학과 영재교육 방안으로서의 창의성과 문제발견, 초등교육연구, 18(2), pp. 303-334.
- 김형진 (2008). 날아오르는 창의수학, 서울: 동아일보사.
- 김홍원 (1998). 수학 영재 판별 도구 개발-수학 창의적 문제 해결력 검사를 중심으로, 영재수학연구, 8(2), pp.69-89.
- 박만구 (2007). 참여수학을 통한 수학교육 활성화를 위한 모델 개발, 한국학교수학회논문집 10(4), pp.557-571.
- 박배훈·류희찬·이기식·김인수 (2003). 창의성 신장을 위한 새로운 수학교육평가 방안에 관한 연구, 학교수학 5(1), pp.1-15.
- 박성선 (2002). 수학적 창의성 시장을 위한 탐구학습에 관한 소고, 초등수학교육연구 6(2), pp.65-74.
- 밥 에이벌·밥 스테니쉬 (2008). 창의적 문제 해결력을 키워라, 서울: 대교출판.

- 신희영 · 고은성 · 이경화 (2007). 수학영재교육에서의 관찰평가와 창의력 평가. 학교수학, 9(2), pp.241-257.
- 연합뉴스 (2009). 한국 청소년 공부량 다. 성적 평범. 연합뉴스 2009년 8월 6일.
- 유운재 (2004). 수학적 창의성의 개념. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 18(3), pp.81-94.
- 유현주 (2000). 수학교육과 창의성에 대한 소고, 대한수학교육학회 프로시딩.
- 이강섭 · 심상길 (2007). 교구를 활용한 활동에서 창의성 평가를 위한 학생들의 반응 유형 분석. 수학교육학회지시리즈 A <수학교육> 46(2), pp.227-237.
- 이강섭 · 황동주 (2003). 일반 창의성(도형)과 수학 창의성과의 관련 연구. 수학교육학회지시리즈 A <수학교육> 42(1), pp.1-9.
- 이종연 · 구양미 · 서정희 (2009). 모듈구성전략과 사회과 영역지식 수준이 학습자의 창의적 문제해결에 미치는 영향. 초등교육연구 22(1), pp.271-295.
- 조석희 (2003). 창의성 계발을 위한 수학영재 교육방안, 대한수학교육학회 수학교육학연구대회논문집, 1-21.
- 최영기, 도중훈 (2005). 수학적 사고의 유연성과 확산적 사고, 수학교육학회지시리즈 A <수학교육> 44(1), pp.103-112.
- 한국교육과정평가원(2003). 국제 학업 성취도 비교, <http://classroom.kice.re.kr/kice/content02/index.jsp>에서 2009년 7월 2일 발췌.
- 한헌조 · 황혜린 (2007). 초등 창의사고력 수학 팩토, 서울: 매스티안.
- 황우형 · 최계현 · 김경미 · 이명희 (2006). 수학교육과 수학적 창의성, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 20(4), pp.561-574.
- 황혜정 외 (1997). 창의력 신장을 돕는 중학교 수학과 학습 평가 방법 연구, 한국교육개발원 연구보고서.
- Aiken, L. R. (1973). *Ability and creativity in mathematics*. ERIC Document Reproduction Service No. ED 077 730.
- Balka, D. S. (1974). *The development of an instrument to measure creative ability in mathematics*, Unpublished doctoral dissertation, University of Missouri.
- Brunkalla, K (2009). How to increase mathematical creativity-An Experiment, *The Montana Mathematics Enthusiast* 6(1&2), pp.257-266.
- Carson, S. H., Peterson, J. B. & Higgins, D. M. (2005). Reliability, validity, and factor structure of the creative achievement questionnaire, *Creativity Research Journal* 17(1), pp.37-50.
- Cobb, P. (1995). Mathematical learning and small-group interaction: Four case studies. In P. Cobb & H. Bauersfeld (Eds.), *The emergence of mathematical meaning: Interaction in classroom cultures* pp.25-129, Mahwah, NJ: Erlbaum.

- Csikszentmihalyi, M (1996). *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. New York: HarperCollins.
- English, L. D. (1993). Children's strategies in solving two- and three-dimensional combinatorial problems, *Journal for Research in Mathematics Education* **24**(3), pp.255-273.
- Ekvall, G. (1999). Creative climate. In M. A. Runco & S. R. Pritzker (Eds.). *Encyclopedia of creativity* pp.404-422, San Diego, LA: Academic Press.
- Ervynck, G (1991). Mathematical creativity, In D. Tall (Ed.), *Advanced mathematical thinking* pp.42-53, Dordrecht: Kluwer.
- Fouche, K. K. (1993). *Problem solving and creativity: Multiple solution methods in a cross-cultural study in middle level mathematics*. Unpublished doctoral dissertation, University of Florida.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Getzels, J. & Jackson, P. (1962). *Creativity and intelligence*. Wiley: New York.
- Guilford, J. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Hadamard, J. (1945). *Essay on the psychology of invention in the mathematical field*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in school children, *Educational Studies in Mathematics* **18**, pp.59-74.
- Hudson, L. (1966). *Contrary imaginations*. Methuen, London.
- Hudson, L. (1967). *Contrary imaginations: a psychological study of the English Schoolboy*. Harmondsworth: Penguin.
- Isaksen, S. G. & Treffinger, D. J. (1985). *Creative problem solving: The basic course*. Buffalo, NY: Bearly Limited.
- Jensen, L. R. (1973). *The relationships among mathematical creativity, numerical aptitude and mathematical achievement*. Unpublished doctoral dissertation, University of Texas at Austin.
- Krulick, S. & Rudnick, J. A. (1999). Innovative tasks to improve critical and creative thinking skills. In L. V. Stiff & F. R. Curcio (Eds.), *Developing mathematical reasoning in grade k-12* pp. 138-145, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Kruteskii, V. A. (1969). Mathematical aptitude. In J. Kilpatrick & I. Wirzup (Eds.), *Soviet studies in the psychology of learning and teaching mathematics II*, pp.113-128, Chicago: University of Chicago Press.
- Laycock, M. (1970). Creative mathematics at Nueva. *Arithmetic Teacher* **17**, pp.325-328.
- Mann, E. L. (2005). *Mathematical creativity and school mathematics: Indicators of mathematical creativity in middle school students*. Unpublished Doctoral Dissertation. University of connecticut.

- McCain, T. C. & Callahan, J. F. (1977). Creativity and the elementary school teacher. In J. F. Callahan & L. H. Clark (Eds.), *Teaching in the elementary school* pp.283-304, New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- McNulty, R. C. (1969). *Children, mathematics and creativity*. Unpublished M. A. dissertation, University of Exeter.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Pehkonen, E. (1997). The state-of-art in mathematical creativity. *Zentralblatt fur Didaktik der Mathematik* **29(3)**, pp.63-67.
- Poincare, H. (1913/1982). 과학의 방법 (오병승 외 역). 단국대학교 출판부.
- Renzulli, J. S. (1977). *The enrichment triad model: A guide for developing defensible programs for the gifted and talented*. Mansfield Center, CT: Creative Learning Press.
- Romey, W. D. (1970). What is your creativity quotient? *School Science and Mathematics* **70**, pp.3-8.
- Sheffield, L. J. (2006). Developing mathematical promise and creativity, *Proceedings of the 11th International Seminar on Education of Gifted Students in Mathematics*. pp.1-7.
- Silver, E. A. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing, *Zentralblatt fur Didaktik der Mathematik* **29(3)**, pp.75-80.
- Spraker, H. S. (1960). *A study of the comparative emergence of creative behavior during the process of group and individual study of mathematics*. Unpublished doctoral dissertation, University of Michigan.
- Sriraman, B. (2004). The characteristics of mathematical creativity, *The Mathematics Educator* **14(1)**, pp.19-34.
- The International Study Center Boston College (2006). *Mathematics benchmarking report*, http://timss.bc.edu/timss1999b/mathbench_report/t99bmath_chap_4_4.html#fn5에서 2009년 6월 30일에 발췌.
- TIMSS International Study Center (1995). *TIMSS highlights from the primary grades*, <http://timss.bc.edu/timss1995i/TIMSSPDF/P1HiLite.pdf> 에서 2009년 6월 30일에 발췌.
- Torrance, E. P. (1963). *Education and the creative potential*. Minneapolis, MN: Univ. of Minnesota Press.
- Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking*, Personnel press. Xerox education Co.
- Treffinger, D. J., Feldhusen, J. F. & Isaksen, S. G. (1996). *Guidelines for selecting or developing material to teach productive thinking*. Sarasota, FL: Center for Creative Learning.
- von Glasersfeld, E. (2000). *Radical constructivism and teaching*. <http://www.umass.edu/srri/vonGlasersfeld/onlinePapers/html/geneva/>. 2009년 6월 25일 발췌.

The Concept of Creativity and Its Enhancement in Mathematics Education

Park, Mangoo

Department of Mathematics Education, Seoul National University of Education
1650 Seoul National University of Education, Seocho-Dong, Seocho-Gu, Seoul, Republic of Korea
e-mail: mpark29@snue.ac.kr

Creativity is emerging as one of the key components in every areas. In mathematics education, creativity or mathematical creativity is emphasized even though the definition of the term is inconsistency among every research. The purpose of this research was to identify the nature of mathematical creativity and provide the ways of strengthening it in the mathematics classroom. For this, students' mathematical strategies and problems in the elementary mathematics textbook were analyzed. The results showed that mathematically gifted students used a limited strategies and the problems in the textbooks were too simple to stimulate students' mathematical creativity. For the enhancement of students' mathematical creativity, we need to develop mathematically rich tasks and refine teacher education programs.

* ZDM Classification : D52

* MSC2000 Mathematics Subject Classification : 97D50

* Key Words : creativity, mathematics education, problem solving