대한수학교육학회지 <학교수학> 제 16 권 제 1 호
Journal of Korea Society Educational Studies in Mathematics
School Mathematics Vol. 16, No. 1, 1 ~ 17. Mar 2014

다양한 해결법이 있는 문제를 활용한 수학적 창의성 측정 방안 탐색

이 대 현*

본 연구의 목적은 한 문제를 다양한 방법으로 해결할 수 있는 문제와 이에 대한 채점 방법을 활용하여 학생들의 수학적 창의성을 측정함으로써 수학적 창의성을 측정할 수 있는 기반을 구축하는 것이다. 이를 위해 초등 5학년 학생 10명을 대상으로 다양한 방법으로 해결할 수 있는 문제를 활용하여 검사를 실시하여 수학적 창의성을 측정하였다. 수학적 창의성 측정을 위하여 창의성의 하위 요소인 유창성, 융통성, 독창성을 바탕으로 '새롭고, 가치 있는' 수학적 산출물을 평가할 수 있는 채점방법을 구축하여 활용하였다. 분석 결과, 수학적 창의성 점수는 학생 간 편차가 크게 나타났다. 또한 문항별로도 수학적 창의성 점수에서 차이가 나타나, 수학 학습 내용에 따라 학생들의 수학적 창의성 분석의 필요성이 대두되었다. 본 연구의 채점방법에 따르면, 유창성이 높을수록 수학적 창의성이 높았다. 그렇지만 '새롭고, 가치 있는' 수학적 창의성의 특성을 부각시키는 채점 방법에 의해 유창성과 융통성이 증가할수록 답의 희소성이 낮아져 상대적으로 독창성 점수를 얻기가 어려웠다. 따라서 답의 희소성과 수학적인 측면에서 답의 가치를 동시에 고려하는 독창성 판단의 준거를 만들 필요가 대두되었다.

I. 서 론

플라톤이나 아르키메데스와 같은 학자들이 활동하던 고대로부터 새로운 지식을 발견･발명하거나 미해결 문제를 해결하는 과정에서 창의성에 대한 가치는 인정받아 왔다. 현대에 이르러서도 창의성은 영재 학생들에게 필요한 능력뿐만이 아니라, 모든 학생들이 학교교육을 통하여 길러야 할 핵심역량으로 인정받고 있다(이광우 외 4, 2008). 이것은 어느 사회에서든 그 사회가 갖고 있는 현재의 지식과 경험을 계속적으로 발전시켜 나갈 수 있는 원동력이 바로 창의성이기 때문이다.

심리학과 교육 분야에서 창의성에 대한 관심은 미국심리학회 회장으로 취임한 Guilford의 '창의성 교육의 중요성'에 대한 연설에서 부각되기 시작하였다. 이후로 창의성에 관한 많은 연구가 이루어져 왔으며, 각 교과에서도 교과의 특성과 학생들의 심리 상태를 반영한 교과 고유의 창의성 개발을 위해 노력을 다해 오고 있다. 수학 교과도 예외는 아니며, 우리나라에서 2011년에 개정･고시된 수학과 교육과정에서는 개정의 주요 근거를 '창의성과 인성'을 길러주는 것에 두고 있다(교육과학기술부, 2011). 이처럼 우리나라에서 창의성을 길러 주는 교육은 수학과 교육과정에서도 매우 중요한 사안이었으며, 수학적 창의성을 길러주기 위한 많은 논의와 연구들도 다양하게 이루어지고 있다(문용린, 2010; 박만구, 2009; 이대현, 2012).

수학교육에서 창의성이 강조된 배경에는 창의성이 수학을 창조하고 행하는데 초점이기도 하

* 광주교육대학교, leedh@gnue.ac.kr

고, 종전의 학교교육이 문제해결력이나 기초 계산 기능의 숙달에는 치중해 왔지만 창의성을 길러주는 데에는 소홀해 왔다는 문제 인식에서 출발한다(문용린, 2010). 이에 한국교육과정평가원에서는 미래사회를 살아 갈 학생들이 직면할 문제를 해결할 수 있는 능력인 10가지 핵심역량(core competence)을 제시하고 있는데(이광우 외 4, 2008), 이 중에서 창의성을 2009 개정 교육과정에 따른 수학과 교육과정의 기저에 두고 있는 것이다.

20세기 초에 Poincaré가 수학적 창의성의 중요성을 언급한 이래로 다양한 측면에서 수학적 창의성에 대한 연구와 노력이 이루어지고 있다(Liljedahl, 2009). 이러한 연구 결과의 특징은 '수학적 창의성'이라는 정의의 다양성, 수학적 창의성 신장을 위한 방법의 다양성을 들 수 있을 것이다. 우리나라의 수학교육 연구에서도 수학적 창의성에 관한 논문을 분석한 연구(최병훈, 방정숙, 2012)에 따르면, 수학적 창의성 교육 방법에 관한 논문이 압도적으로 많으며, 그 다음을 차지하는 내용이 수학적 창의성 개념과 정의, 이론과 관련된 수학적 창의성에 관한 일반 연구이다. 또 '수학적 창의성 교육 방법'에 관한 연구에서는 수학적 창의성 신장을 위한 교육 프로그램, 창의적 문제해결을 위한 프로그램 모형 및 개발, 창의적인 학습 환경, 교수 매체, 창의성 비교연구 등의 내용이 나타나고 있다.

창의적인 능력은 보통 사람들의 인지에 본질적인 속성이며(Ward, Smith, & Finke, 1999), 창의성은 교육과 훈련을 통하여 개발될 수 있다(Torrance, 1995). 이러한 관점에서 보면 수학에서도 교육과 훈련을 통하여 수학적 창의성을 개발할 수 있다는 것이다. 또한 수학 문제해결이 학교수학의 초점인 것에 비추어 볼 때 문제 만들기 활동, 개방형 문제 활용, 문제해결 과정 분석을 통한 창의성 발현 과정의 분석과 같은 문제해결의 다양한 측면에서 수학적 창의성 신장을 위한 방안을 모색할 수 있다. 문제해결을 통한 수학적 창의성 신장 방안의 모색을 위해서는 수학적 창의성의 발현을 조장할 수 있는 풍부한 과제가 필요하며(Sheffield, 2006), 문제해결에 대한 접근에서도 하나의 문제를 특별한 전략으로 해결해 보고, 또 다른 다양한 방법으로 문제를 해결해 보는 것이 필요하다(Leikin, Koichu & Berman, 2009).

하나의 수학 문제를 다양한 방법을 사용하여 해결하는 것은 학생들이 같은 문제를 다른 관점으로 보게 하고, 따라서 다른 시간에 가르쳐진 수학의 가치를 인식하게 되고, 다양한 수학적 아이디어를 연결하도록 이끄는 장점이 있으며, 유창성, 융통성, 독창성 등을 평가할 수 있다(Haylock, 1987). 특히 수학적 창의성의 개발을 위한 노력에서 다양한 독립변인의 중요성에 버금가게 창의성 측정과 평가의 중요성이 강조되어야 한다. 이것은 수학적 창의성 개발을 위한 노력의 타당성과 신뢰성을 확인할 수 있는 증거이기 때문이다. 이에 다양한 방법으로 문제를 해결하는 능력은 일반 창의성의 관점에서 유창성, 융통성, 독창성을 강조하는 배경의 관점에 비추어 수학적 창의성을 측정할 수 있는 한 가지 방안이 되기도 한다.

본 논문에서는 여러 가지 방법으로 해결할 수 있는 문제와 이에 대한 채점방법을 활용하여 학생들의 수학적 창의성을 측정해 보고자 한다. 채점방법은 다양한 해결법을 유창성, 융통성, 독창성에 기반을 두고 기존의 연구들이 제시한 방법을 변형하여 이용하되, 학교 현장에서 실제적으로 활용할 수 있도록 수학적 의미나 가치, 검사집단의 수를 동시에 고려하여 유창성, 융통성, 독창성 점수를 부여하도록 한다(표 Ⅲ-1 참조).

따라서 본 논문에서 이용되는 학생들의 '수학적 창의성'이란 본 연구에서 활용한 채점방법에

의해 산출된 점수를 의미한다. 이 논문을 통해 다양한 방법으로 해결할 수 있는 문제를 활용하여 수학적 창의성을 측정할 수 있는 가능성을 확인하고, 수학적 창의성을 측정할 수 있는 채점 방법을 구축할 수 있을 것이다.

Ⅱ. 이론적 배경

인류 역사를 통해 창의성은 인류 발전의 원동력이었고, 미래의 무한 경쟁사회에 우리 학생들이 적응해 나가도록 이끌어 주는 힘이기도 한다. 이에 2009개정 교육과정이 고시되면서 창의성에 대한 강조가 더욱 두드러졌으며, 수학도 이에 따른 수학과 교육과정이 개정·고시되면서 개정의 기본 방향으로 수학적 창의성을 강조하고 있다(교육과학기술부, 2011).

수학 분야에서 창의성에 대한 연구는 1909년에 Poincaré가 '수학적 창의성'이라는 제목으로 발표를 한 후로 계속되고 있다(Liljedahl, 2009). 수학적 창의성에 대한 관점과 정의에 대한 합의가 여전히 존재하지 않지만, 수학적 창의성을 바라보는 관점과 이를 개발하려는 노력들은 다양하게 있어 왔다. 수학적 창의성에 대한 정의의 부재에도 불구하고, 수학적 창의성은 인간의 역동적인 특성이며, 잠재된 수학적 창의성은 개발 가능하다는 인식은 공통적인 의견으로 받아들여지고 있다(Leikin, 2009).

수학적 창의성의 논의에서 우선적으로 대두되는 것은 수학적 창의성의 '정의'에 관한 것이다. 창의성에 대한 정의가 같은 시대에 100개 이상 존재한다는 Mann의 주장에서 볼 수 있듯이(Leikin, 2009), 수학적 창의성에 대한 단일한 정의도 찾을 수 없으며, 이것이 수학적 창의성 개발 방안의 모색에 걸림돌이 되기도 한다. 창의성에 대한 초기의 연구와 노력은 확산적 사고를 중심으로 이루어졌고, 확산적 사고의 평가에 집중되어 왔다(Kaufman, Plucker & Baer, 2008). 그리고 현대의 많은 연구 문헌들이 여전히 창의성 평가에서 확산적 사고의 요소인 유창성, 융통성, 독창성, 정교성과 같은 4가지 측면을 고려하고 있는 것은 사실이다(이대현, 2012).

수학적 창의성을 다루는 문헌들을 분석해 보면 Hadamard(1945)와 같이 수학적 창의성을 아이디어들의 결합에 의해 만들어지는 발견이나 발명으로 제시하고 있는가 하면, 수학적으로 가치 있는 것을 독창적으로 만들어내는 능력, 수학적 문제 상황에서 고정되고 정형화된 사고방식을 벗어나 다양한 산출물을 내는 능력으로 정의하기도 한다(김홍원, 김명숙, 송상헌, 1996). Krutetskii(1976)는 수학적 사고의 특성에 비추어 수학적 창의성을 관련짓기도 하였다. 또 이대현(2012)은 개개의 학생들이 새롭고 유용하다고 판단되는 문제해결 방법을 찾거나 수학적 아이디어·산출물을 만들어 내는 능력이라고 정의함으로써 수학적 창의성을 문제해결 과정의 특성으로 보거나 창의적인 산출물을 만들어 내는 능력으로 제시하고 있다.

일반적으로 창의성에 대한 연구가 사람(person), 과정(process), 산물(product), 환경(press) 등의 4P에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있는 것에 비해(Kaufman, Plucker, & Baer, 2008; Torrance, 1995), 수학적 창의성에서는 창의적인 문제해결 과정을 통해 해라는 산출물을 만들어 내는 관점을 중시할 필요가 있다(Leikin, 2009). 역사적으로도 수학에서 창의성 연구의 중요한 측면은 '준비-부화-발현-검증'과 같은 문제해결에 내재된 사고 과정을 다루는 것에서 나타났다(Haylock, 1987). 특히 수학이라는 교과의 특성이 문제해결을 중시하고, 문제해결이 학교수학의 중요한 측면임을 고려할 때 문제해결을 통한 수학적 창의성 신장을 꾀하는 것은 당연한 결과이다. 문제해결을 통한 수학

학습에서는 하나의 정확한 답을 산출하기보다는 창의적인 사고 과정을 통해 다양한 방법으로 문제를 해결하고 여러 가지 수학적 산물을 만들어 내는 능력을 강조할 필요가 있다.

수학적 창의성을 측정하기 위해서는 수학의 특성에 적합한 다양한 방법이 이용되어야 한다. 특히 수학 분야에서 창의성 측정은 문제해결(problem solving), 문제 만들기(problem posing), 재정의하기(redefinition)와 같은 방법을 활용할 수 있다(Haylock, 1987). 그런데 학교 수학에서 문제해결 측면의 수학적 창의성을 논하는 것은 전문적인 수학자의 창의성에 대한 논의와는 다르며, 상대적인 창의성, 혹은 주관적 창의성의 관점에서 접근해야 한다. 이런 관점에서 Ervynck(1991)은 '디오판투스의 묘비' 문제를 예로 하여, 전형적인 해결 방법인 연립방정식을 활용한 풀이 방법, 문제에 제시된 여러 개의 분수와 그것이 의미하는 것에 대한 통찰로 해결하는 창의적인 문제해결 방법을 제시하고 있다. 수학 문제를 다양한 방법으로 해결할 수 있다는 관점은 창의성을 측정하는 요소인 유창성, 융통성, 독창성과 같은 요소를 수학 문제해결에서 얻은 결과에 비추어 분석할 수 있기에 더욱 가치 있다. 또한 다양한 방법으로 수학 문제를 해결하게 하자는 주장과 견해는 Krutetskii(1976), Ervynck(1991), Leikin (2009) 등의 일관된 주장이기도 하다.

다양한 문제해결은 문제 공간(problem space)으로 설명할 수 있다. 정보처리 심리학에서 문제해결 공간은 원상태(initial states), 목표상태(goal states), 중간 문제 상태(intermediate problem states), 조작자(operators)로 구성되며, 문제해결이란 '문제공간을 통과하는 정확한 통로의 발견'이라고 할 수 있다(김언주, 1991, p. 181). 이 경우에 문제공간을 통과하는 통로가 다양한 문제를 활용하여 학생들의 문제해결력과 창의력을 길러 주는 것이 관심의 대상이 된다. Leikin, Koichu & Berman(2009)은 문제해결 방법이 다양한 문제를 활용하여 학생들의 문제해결 활동의 특성을 밝히기 위하여 '해결 공간(solution space)'의 개념을 사용하고 있는데, 해결 공간이란 개인이나 집단에 의해 산출되는 문제에 대한 해들의 모임을 의미한다. 다양한 문제해결 방법을 강조하는 해결 공간의 강조는 문제 공간에서 다루는 문제해결의 구성 요소보다는 문제에 대한 해를 찾는 방법의 중요성을 강조했다는 것이다. 이들에 따르면 해결 공간은 크게 전문적 해결 공간(expert solution space)과 개인적 해결 공간(individual solution space)으로 나눌 수 있다.

'전문적 해결 공간'이란 주어진 문제에 대한 모든 해결 방법의 모임을 의미하며, '개인적 해결 공간'은 개인에 의해 산출되는 해결 방법으로, 전문적 해결 공간의 부분집합이다. 개인적 해결 공간은 다른 사람의 도움이 없이 산출하는 해결 공간인 실제적인 개인적 해결 공간(available personal solution space)과 다른 사람의 도움으로 산출하는 해결 공간인 잠재적인 개인적 해결 공간(potential personal solution space)으로 구분할 수 있다. 또 해결 방법과 교육과정과의 관련성에 따라 관습적 해결(conventional solution)과 비관습적 해결(unconventional solution)로 나눌 수 있다. 관습적 해결은 교육과정에 기초한 교재에 제시된 전형적인 해결 방법을 의미하며, 비관습적 해결은 교육과정에 기반을 둔 교재에 포함되지 않은 해결 방법과 특별한 교육 시기나 상황에서 적용될 수 있는 교육과정에 기반을 둔 해결 방법을 의미한다(Leikin, Koichu & Berman, 2009). 예를 들어, 이원일차 연립방정식 문제의 경우에 가감법에 의한 풀이는 관습적 해결이고, 가정법에 의한 추측으로 해결하는 풀이와 표 만들기를 이용한 풀이는 비관습적 해결의 예가 될 수 있다. Leikin(2009)은 여러 가지 해결 방법이 있는 과제를 활용한 다양한 문제해결 수

행을 연구하기 위하여 전문적 해결 공간, 개인적 해결 공간, 집단적 해결 공간(collective solution space)으로 나누었다. 그리고 학교 수학과 관련된 학생들의 문제해결에 대하여 전문적 해결 공간에는 관습적 해결과 비관습적 해결을, 개인적 해결 공간에는 실제적인 개인적 해결 공간과 잠재적인 개인적 해결 공간으로 구분하여 제시하고 있다.

한편, 전형적인 알고리즘을 이용한 문제해결이 주요 방법인 문제를 포함하여 많은 수학 문제들은 각각의 다양한 해결 방법이 존재하며, 그 해결 방법은 학교 교육과정이나 교과서 등에 의해 제시되는 관습적인 문제해결 방법에서부터 개개인의 경험적, 비형식적, 직관적 지식이나 문제해결 경험으로부터 해결할 수 있는 비관습적 문제해결 방법까지 다양하다. 따라서 해결 공간을 논하는 것은 한 문제를 이용하여 다양한 문제해결 방법을 고안해 내도록 환경을 제공함으로써 이를 통해 학생들의 수학적 창의성을 측정할 수 있는 한 가지 방안이 되는 것이다.

전통적으로 창의성을 측정하는 연구들은 유창성, 융통성, 독창성, 정교성과 같은 확산적 사고의 정도를 측정하는 것에 치중해 왔다. 이런 방식에서는 과제에 대한 반응 수를 유창성으로, 전체 반응 집단에서의 희귀성 정도를 독창성으로, 반응 모임에서 나타나는 범주의 수를 융통성으로, 문제에 대한 상세화와 관련하여 예견된 것을 뛰어 넘는 정도를 정교성으로 평가한다.

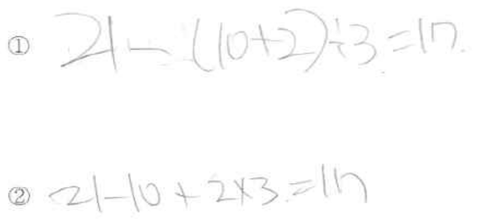
그렇지만 확산적 사고의 4가지 하위 요소에 대한 평가 방법의 대안으로 다양한 분석 방법이 제기되고 있기도 하다(Kaufman, Plucker & Baer, 2008). Leikin & Lev(2007)와 Leikin(2009)은 다양한 해결책이 있는 문제를 활용하여 수학적 창의성을 측정할 수 있는 방안을 제시하였는데, 이들은 유창성, 융통성, 독창성을 바탕으로 새로운 분석법을 이용하여 창의성 점수를 산출하고 있다. 즉 Leikin(2009)은 이전의 연구인 Leikin & Lev(2007)에서 독창성, 융통성, 유창성 점수의 산출 방식을 바꾸어, 전통적인 수학적 창의성 점수 산출 방식에 Ervynck(1991)이 수학적 창의성에서 제시하는 통찰력을 강조하여 융합한 채점방법을 <표 Ⅱ-1>과 같이 설정하여 이용하였다. 그리고 다양한 해결책이 있는 문제가 과제 의존적인가의 여부에 따라 영재 학생, 우수한 학생, 일반 학생사이에 창의성 점수는 다르게 나타남을 보임으로써 산출된 창의성 점수는 과제 의존적인 특성을 띤다고 밝히고 있다.

수학적 창의성을 측정할 수 있는 여타의 채점방법에 비해 Leikin(2009)이 사용하고 있는 방법은 산출된 창의성 점수가 십진법의 수에 기초하여 총 점수가 해결 공간과 그 수에 초점을 맞추어 해석 가능하다는 장점이 있다. 예를 들어, 어

<표 Ⅱ-1> 다양한 문제해결에 대한 수학적 창의성 채점방법(Leikin, 2009, p. 139)

영 역	분 석 방 법
유창성	올바르게 제시한 답의 개수(n)
융통성	첫 번째 해결=10, 다른 전략을 이용한 해결=10, 유사한 전략이지만 다른 표현의 해결=1, 같은 전략이며, 같은 표현의 해결=0.1(Flx_i)
독창성	통찰있는/비관습적 해결=10, 모델에 기초한/부분적으로 비관습적인 해결=1, 알고리즘에 기초한/관습적 해결=0.1
	15%미만=10, 15%이상 40%미만=1, 40%이상=0.1(Or_i)
창의성 점수=$n(\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i)$	

느 문제에 대한 한 학생의 독창성 점수가 23.1이라면 이 학생은 비관습적으로 독창적인 해결을 2가지, 부분적으로 비관습적으로 해결을 3가지, 알고리즘에 기반을 둔 관습적인 해결을 1가지 제시했다고 할 수 있다. 그렇지만 집단적인 산출에 초점을 두고 독창성 점수를 산출할 경우에는 집단이 해결해 낸 방법의 수를 따를 수도 있다. 그런데 이 방법은 산출된 수학적 창의성 점수가 세 자리 수 이상으로 나타날 수 있어 수학적 창의성 점수가 크게 나타나는 점이 있다. 예를 들어 [그림 Ⅱ-1]과 같이, 본 연구에서 실시한 수학적 창의성 검사를 위한 문제 2번에 답을 한 학생의 답에 대한 수학적 창의성 점수를 산출하면 (10×10+10×10)×2 = 200이 된다.



[그림 Ⅱ-1] 학생의 답안 예시

본 연구에서는 다양한 해결법이 있는 문제를 이용하여 학생들의 수학적 창의성을 측정하기 위하여 Leikin(2009)이 제시하는 방법을 근간으로 수학적 창의성 점수를 산출할 수 있는 변형된 채점방법을 사용할 것이다. 이러한 방법은 학생들이 산출하는 해결 방법의 중요성과 각 해결 방법의 가치를 부각시키고, 학교 수학에서 상대적 창의성의 정도를 분석하는데 바탕이 될 것이다.

Ⅲ. 연구 설계

본 연구는 한 문제를 다양한 방법으로 해결할 수 있는 문제를 활용하여 학생들의 반응 결과를 분석하고 수학적 창의성을 측정하는 것이다. 이를 위해 다양한 방법으로 해결할 수 있는 문제를 활용하여 검사를 실시하는 조사연구 방법을 이용하였다.

검사 대상 학생들은 교육대학교 영재교육원에 등록하여 수업에 참여하고 있는 5학년 학생 10명이었다. 연구를 위한 검사도구로는 Becker & Shimada(1997), Haylock(1987), 김부윤, 김철언, 이지성(2005)에서 수학적 창의성 분석을 위해 사용한 문제를 피험자에 맞도록 재구성하여 이용하였고, 두 수 사이의 공통점 찾기, 수와 연산 기호를 이용하여 특정 수 만들기, 연속된 세 수 찾기, 주어진 사각형의 넓이 구하기 문제로 구성되었다(부록 참조).

검사는 영재 수업 시간을 활용하여 검사에 대한 설명을 하고, 각 문항에 15분씩 배정하여 충분히 사고하고 답을 할 수 있도록 하였다. 연구자가 감독을 실시하여 학생들이 각 문제에 대하여 본인의 문제해결 결과를 제작된 답지에 적도록 안내하였다.

검사 결과의 분석에서는 Leikin(2009)이 제시한 수학적 창의성의 채점방법을 변형하여 사용하였고, 수학적 창의성의 특성인 '수학적으로 새롭고 가치 있는' 의미가 부각되도록 하였다. 그리고 다양한 해결법이 있는 문제를 이용한 수학적 창의성 측정을 위하여 수학적 창의성의 하위 요소로 유창성, 융통성, 독창성을 설정하였으며, 본 논문에서는 다음과 같은 과정과 방법으로 유창성, 융통성, 독창성을 측정하였다.

먼저, 각 문제에 대한 학생들의 답지에서 올바른 답을 추출하였으며, 추출된 답을 수학적 요소에 따라 유형으로 분류하였다. 그 결과, 올바른 답의 수는 유창성 점수(n)를 산출하는 근거로 활용되었고, 올바른 답에 따라 유형화된 반응은 융통성의 점수(Flx_i)를 산출하는 근거로 활용되었다. 융통성 점수의 경우, 같은 범주에 여러 개

의 정답을 한 경우에는 독창성 점수가 높은 답에 높은 점수(첫 번째 문제해결)를 부여하였다.

한편, 독창성 점수(Or_i)는 각 반응의 활용 가능성(availability)과 비관습적인 접근 방식(unconventional approach)을 근거로 산출할 수 있다(Leikin, Koichu & Berman, 2009). 여기서 활용 가능성은 반응이 수학적으로 유의미해야 한다는 것과 비관습적인 접근 방식은 검사 대상 학생들의 교육과정에 기반을 둔 교재에 포함되지 않은 해결 방법이라는 것을 의미한다. 또 독창성은 검사 집단의 수에 따라 분석 방법을 달리 할 수 있다. 즉, 10명 이하의 검사 대상일 경우에는 비관습적 정도와 통찰력을 바탕으로 분석할 수 있으며, 11명 이상의 검사 대상일 경우에는 검사 집단이 산출한 해결 공간과 각 개인의 해결 공간을 비교하여 15%미만인 경우에 상, 16%이상 40%미만인 경우에 중, 그 외를 하로 분석할 수 있다(Leikin, 2009).

이에 본 논문에서는 독창성을 분석하기 위하여 해결책이 수학적으로 유의미하며 비관습적인 접근 방식이어야 하고, 희소성의 조건을 충족하도록 두 가지 조건을 병행하였다. 즉 본 연구의 검사 대상이 10명인 점을 고려하여 1명만 답을 한 경우와 그 답이 통찰력 있는 비관습적인 해결 방법일 경우에 상, 1명만 답을 하였지만 그 답이 부분적으로 비관습적인 해결 방법일 경우와 2-3명이 답을 하였고 그 답이 다른 맥락에서 배운 부분적으로 비관습적인 해결 방법일 경우에 중, 4명 이상이 답을 한 경우와 그 답이 알고리즘에 기초한 관습적인 해결 방법일 경우에 하로 분석하였다.

이상과 같은 과정과 방법을 이용하여 본 연구에서는 학생들의 다양한 해결책이 있는 문제에 대한 해법을 바탕으로 각각의 문제해결 반응에 대해 십진법의 수에 기초하여 점수화하는 방법을 적용하여, <표 Ⅲ-1>과 같이 독창적(독창성)이고 새로운 문제해결 방법(융통성)을 제시한 경우에 1점을 부여하도록 하였다. 그리고 독창성과 융통성의 정도에 따라 0.1과 0.01과 같은 소수로 부여하도록 하였다. 이러한 방식은 학생들의 한 가지 답에 대해 그 답의 창의적인 가치를 독창성과 융통성 및 유창성에 기반을 두고 차별화하여 점수화할 수 있으며, 가장 창의적인 답에 독창성과 융통성을 1점으로 정하여 기준 점수가 되게 하였다는 특징이 있다. 또 이 방식은 학교 현장에서 실제적으로 활용할 수 있도록 수학적

<표 Ⅲ-1> 다양한 문제해결에 대한 유창성, 융통성, 독창성 영역의 채점방법

영 역	분 석 방 법
유창성	올바르게 제시한 답의 개수(n)
융통성	첫 번째 문제해결=1, 다른 전략을 이용한 문제해결=1, 같은 전략을 이용하는 다른 표현의 문제해결=0.1, 같은 전략을 이용하는 같은 표현의 문제해결=0.01(Flx_i)
독창성	1명(15%미만)이 통찰력 있는 비관습적인 문제해결=1, 1명만 답을 하였지만 그 답이 부분적으로 비관습적인 문제해결, 또는 2-3명(15%이상 40%미만)이 부분적으로 비관습적인 문제해결=0.1, 4명(40%이상)이상이 알고리즘에 기초한 관습적인 문제해결=0.01(Or_i)
창의성 점수=$n(\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i)$	

의미나 가치, 검사 집단의 수를 동시에 고려하여 답에 대한 점수를 부여하도록 하였다.

Ⅳ. 연구 결과 및 논의

본 연구에서는 한 문제를 다양한 방법으로 해결할 수 있는 문제를 활용하여 학생들의 수학적 창의성을 측정하였다. 이 장에서는 학생들이 올바르게 산출한 다양한 해결법을 바탕으로 문제별로 유형화된 반응 결과를 빈도수에 따라 분석하였고, 유창성, 융통성, 독창성을 산출할 수 있는 채점방법에 따라 학생별로 수학적 창의성을 측정하였다.

가. 문제 1에 대한 분석 결과

문제 1은 두 수 16과 36의 공통점을 가능한 많이 발견하는 문제이다. 이 문제에 대한 학생들의 답안의 유형별 분석 결과는 <표 Ⅳ-1>과 같다.

먼저, 학생들의 반응 특성을 살펴보면, 크게 5개의 범주에 18개의 응답으로 나타났다. 결과분석에서 5개의 유형은 융통성 분석을 위한 범주로 이용되었다. 또 각 범주 안의 내용은 각 학생별로 첫 번째 답인 경우에 1점, 그 외의 경우에는 <표 Ⅲ-1>의 준거에 따라 융통성 점수를 부여하였다. 예를 들어 '배수 여부'에서 첫 번째 답에는 1점을, 그 외에는 같은 전략을 이용한 같은 표현이므로 0.01을 부여했다. 그리고 같은 범

<표 Ⅳ-1> 문제 1에 대한 답안의 유형별 빈도수 분석

유형별		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	계	Or_i
Ⅰ. 배수 여부	1의 배수이다.			1								**1**	0.1[1)]
	2의 배수이다.			1		1				1		**3**	0.01
	4의 배수이다.		1	1			1	1		1	1	**6**	0.01
	5의 배수가 아니다.				1						1	**2**	0.01
Ⅱ. 수의 유형	숫자이다			1	1							**2**	0.01
	자연수이다			1								**1**	0.1
	짝수이다	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**10**	0.01
	제곱수이다			1	1							**2**	0.1[2)]
	두 자리 수이다				1	1					1	**3**	0.01
	10～40의 수이다.							1		1		**2**	0.01
Ⅲ. 수의 특징	자릿수 합=홀수				1				1		1	**3**	0.01
	일의 자리 6이다	1	1	1	1	1		1	1		1	**8**	0.01
	십의 자리가 홀수	1									1	**2**	0.01
	십의 자리<일 자리				1							**1**	0.1
	(÷2)의 몫의 일=8		1								1	**2**	0.01
Ⅳ. 소수	소인수 2개 이상				1						1	**2**	0.1
	소수가 아니다			1								**1**	0.1
Ⅴ. 약수	144의 약수이다.		1								1	**2**	0.1
계 (유창성, n)		**3**	**5**	**9**	**9**	**4**	**2**	**4**	**3**	**4**	**10**	**53**	
$\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i$		**0.021**	**0.131**	**0.3222**	**0.315**	**0.031**	**0.02**	**0.031**	**0.021**	**0.0211**	**0.2341**	**1.1474**	
$n(\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i)$		**0.063**	**0.655**	**2.8998**	**2.835**	**0.124**	**0.04**	**0.124**	**0.63**	**0.0844**	**2.341**	**9.7962**	

1) 응답자가 1명이지만, 답의 내용이 비관습적인 답이 아니어서 0.1로 배정하였음.
2) 응답자가 2명이고, 답이 부분적으로 비관습적이어서 0.1로 배정하였음.

주에 여러 개의 정답을 한 경우에는 독창성 점수가 높은 답에 높은 점수를 부여하였다. 각 학생별로는 최대 10개의 응답에서 최소 2개의 응답의 분포를 보여주었다.

독창성의 경우에도 <표 Ⅲ-1>의 준거에 따라 각각의 응답에 독창성 점수를 부여하였다. 예를 들어 이 문항의 18개의 반응 중에는 비관습적인 답으로 판단될 수 있는 것이 없어서 응답자가 1명인 경우에도 0.1을 부여하였으며, 2명이 응답하고 부분적으로 비관습적인 경우에는 원 준거에 따라 0.1을, 나머지는 0.01을 부여하였다.

융통성과 독창성을 부여하고 이에 따라 학생들의 개인별 수학적 창의성 점수를 산출하였다. '두 수 16과 36의 공통점을 발견하는 문제'를 이용한 수학적 창의성 분석 결과, 개개인의 학생별로 최대 2.8998에서 최소 0.04까지 분포하였다.

나. 문제 2에 대한 분석 결과

문제 2는 네 개의 수 2, 3, 10, 21과 +, -, ×, ÷, ( ) 기호를 이용하여 여러 가지 방법으로 17을 가능한 많이 발견하는 문제이다. 이 문제에 대한 학생들의 답안의 유형별 분석 결과는 <표 Ⅳ-2>와 같다.

먼저, 학생들의 반응 특성을 살펴보면, 크게 2개의 범주에 4개의 응답으로 나타났다. 결과분석에서 2개의 유형은 융통성 분석을 위한 범주로 이용되었는데, 21-10+3×2와 21-(10-3×2)는 같은 전략을 이용한 다른 표현으로 해석하였고, (21+10+3)÷2와 21-(10+2)÷3은 다른 전략을 이용한 문제해결로 해석하였다.

독창성 점수는 주어진 4개의 수를 이용하여 스스로 수를 만들어 내는 것에 초점을 두므로 산출된 답은 비관습적인 것으로 판단하여 각 응답자의 수에 따른 독창성 점수 부여 방법에 따라 점수를 부여하였다.

이 문항의 경우에 문제 유형은 학생들에게 친숙하지만, 올바른 해결책을 여러 개 찾는 데에는 어려움을 느끼는 것으로 나타났다. 전체적으로는 4개의 해결책이 산출되었고, 개개인의 학생별로 수학적 창의성 점수는 최대 3.303에서 최소 0.01까지 분포하였다.

다. 문제 3에 대한 분석 결과

문제 3은 연속된 세 홀수의 합이 177일 때 여러 가지 방법으로 세 수를 찾는 문제이다. 이 문제에 대한 학생들의 답안의 유형별 분석 결과는 <표 Ⅳ-3>과 같다.

먼저, 학생들의 반응 특성을 살펴보면, 크게 2

<표 Ⅳ-2> 문제 2에 대한 답안의 유형별 빈도수 분석

유형별		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	계	Or_i
Ⅰ.×	21-10+3×2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.01
	21-(10-3×2)			1								1	1
Ⅱ. ÷	(21+10+3)÷2			1	1							2	0.1
	21-(10+2)÷3								1		1	2	0.1
계 (유창성, n)		1	1	3	2	1	1	1	2	1	2	15	
$\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i$		0.01	0.01	1.101	0.11	0.01	0.01	0.01	0.11	0.01	0.11	1.491	
$n(\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i)$		0.01	0.01	3.303	0.22	0.01	0.01	0.01	0.22	0.01	0.22	4.023	

<표 Ⅳ-3> 문제 3에 대한 답안의 유형별 빈도수 분석

유형별		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	계	Or_i
Ⅰ. 대수	x+x+2+x+4=177	1	1	1							1	4	0.01
	x-2+x+x+2=177	1					1		1		1	4	0.01
	x-4+x-2+x=177	1									1	2	0.1
Ⅱ. 전략	예상-확인		1	1								2	0.1
	177÷3=59			1	1	1		1	1	1	1	7	0.01
	표 활용			1				1			1	3	0.1
계 (유창성, n)		3	2	4	1	1	1	2	2	1	5	22	
$\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i$		0.1002	0.11	0.22	0.01	0.01	0.01	0.11	0.02	0.01	0.2102	0.8104	
$n(\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i)$		0.3006	0.22	0.88	0.01	0.01	0.01	0.22	0.04	0.01	1.051	2.7516	

개의 범주에 6개의 응답으로 나타났다. 결과분석에서 2개의 유형은 융통성 분석을 위한 범주로 이용되었다. 대수식을 이용한 해결법은 같은 전략을 이용한 같은 표현이므로 0.01을, 나머지 3가지 전략을 이용한 해결법은 다른 전략을 이용한 해결법이므로 1을 부여하여 분석하였다.

독창성 점수는 대수식을 이용한 풀이 방법이 검사 대상 학생들의 교육과정에서 명시적으로 다루는 내용이 아니며, 이 문제와 관련하여 나머지 3가지 전략이 검사 대상 학생들의 교육과정에서 명시적으로 다루는 내용이 아니므로 부분적으로 비관습적인 답으로 판단하여 각 응답자의 수에 따른 독창성 점수 부여 방법에 따라 점수를 부여하였다. 이 문항의 경우에 개개인의 학생별로 수학적 창의성 점수는 최대 1.051에서 최소 0.01까지 분포하였다.

라. 문제 4에 대한 분석 결과

문제 4는 삼각형, 직사각형, 정사각형, 평행사변형, 마름모의 넓이 구하는 방법을 활용하여 여러 가지 방법으로 사다리꼴의 넓이를 구하는 문제이다. 이 문제에 대한 학생들의 답안의 유형별 분석 결과는 <표 Ⅳ-4>와 같다.

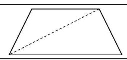
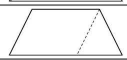
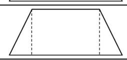
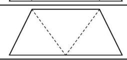
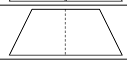
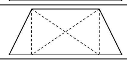
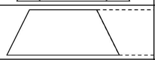
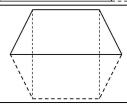
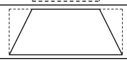
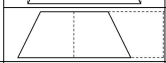
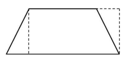
먼저, 학생들의 반응 특성을 살펴보면, 크게 3개의 범주에 11개의 응답으로 나타났다. 결과 분석에서 3개의 유형은 융통성 분석을 위한 범주로 이용되었다. 융통성 점수 분석에서는 사다리꼴을 분할하여 넓이를 구한 경우에는 같은 전략을 이용한 다른 표현으로 0.1을, 재구성한 경우에도 같은 전략을 이용한 다른 표현으로 0.1을 부여하였다.

독창성의 경우에는 사다리꼴의 넓이를 여러 가지로 구하는 방법을 다루기 때문에 각 응답자의 수에 따른 독창성 점수 부여 방법에 따라 점수를 부여하였다. 이 문항의 경우에 개개인의 학생별로 수학적 창의성 점수는 최대 16.336에서 최소 0까지 분포하여, 4개의 검사 문항 중에서 학생 간 최대치와 최소치가 가장 크게 나타난 문항이었다.

마. 각 학생들의 수학적 창의성 점수 분석

이 절에서는 본 연구에서 4개의 문항을 이용하여 실시한 창의성 분석 결과를 바탕으로 각 학생들의 수학적 창의성 점수에 대한 분석, 유창

<표 Ⅳ-4> 문제 4에 대한 답안의 유형별 빈도수 분석

유형별		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	계	Or_i
Ⅰ. 분할		1	1	1								3	0.1
			1			1	1					3	0.1
			1	1		1			1		1	5	0.01
			1									1	1
			1						1			2	0.1
									1			1	1
Ⅱ. 재구성			1	1	1	1		1	1		1	7	0.01
			1		1							2	0.1
			1									1	1
											1	1	1
Ⅲ. 등적변형					1			1			1	3	0.1
계 (유창성, n)		1	8	3	3	3	1	2	4	0	4	29	
$\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i$		0.1	2.042	0.111	0.201	0.111	0.1	0.11	1.021	0	1.111	4.907	
$n(\sum_{i=1}^{n} Flx_i \times Or_i)$		0.1	16.336	0.333	0.603	0.333	0.1	0.22	4.082	0	4.444	26.551	

성과 수학적 창의성 점수와의 관계 등을 분석하였다. 먼저 각 학생들의 문제별 창의성 점수와 합을 구하면 <표 Ⅳ-5>와 같다.

검사 대상 10명 학생들의 수학적 창의성 점수는 최대 17,221에서 최소 0.1044까지 분포하여 학생 간 편차가 크게 나타났다. 그런데 2번 학생의 경우에 다른 문항에 비해 4번 문항(사다리꼴의 넓이를 여러 가지 방법으로 구하기)에서 높은 창의성 점수를 얻은 것이 특이하다. 이에 4번 문항을 제외한 나머지 3문항을 이용하여 10명의 학생들의 수학적 창의성 점수를 분석한 결과와 4번 문항을 포함한 수학적 창의성 점수를 비교해 보았다. 그 결과, 학생 간 수학적 창의성 점수의 순위가 3이상 바뀐 경우는 발견되지 않았다. 따라서 수학 내용에 따른 학생들의 수학적 창의성의 결과에서 어느 정도의 일관성을 확인하였다. 그렇지만 수학 내용에 따라 학생들의 수학적 창의성 반응의 차이를 분석할 필요가 제기된다. 한편, 유창성과 수학적 창의성 점수와의 관계를 나타낸 것이 <표 Ⅳ-6>이다.

본 연구에서 활용한 수학적 창의성 점수 산출을 위한 분석 체계에 따르면, 유창성이 높을수록 수학적 창의성 점수가 높은 것으로 나타났다. 이를 확인하기 위해 유창성 점수의 합과 수학적 창의성 간의 상관관계를 분석한 것이 <표 Ⅳ-7>이다. 여기에서 상관계수 값은 0.723으로 강한

<표 Ⅳ-5> 학생들의 수학적 창의성 점수 결과

학생＼번호	1	2	3	4	계
1	0.063	0.01	0.3006	0.1	0.4736
2	0.655	0.01	0.22	16.336	17.221
3	2.8998	3.303	0.88	0.333	7.4158
4	2.835	0.22	0.01	0.603	3.668
5	0.124	0.01	0.01	0.333	0.477
6	0.04	0.01	0.01	0.1	0.16
7	0.124	0.01	0.22	0.22	0.574
8	0.63	0.22	0.04	4.082	4.972
9	0.0844	0.01	0.01	0	0.1044
10	2.341	0.22	1.051	4.444	8.056
계	9.7962	4.023	2.7516	26.551	

양적 상관관계에 있다는 사실을 확인시켜준다.

<표 Ⅳ-6> 유창성과 수학적 창의성 결과

학생＼번호	1	2	3	4	계	창의성 점수
1	3	1	3	1	8	0.4736
2	5	1	2	8	16	17.221
3	9	3	4	3	19	7.4158
4	9	2	1	3	15	3.668
5	4	1	1	3	9	0.477
6	2	1	1	1	5	0.16
7	4	1	2	2	9	0.574
8	3	2	2	4	11	4.972
9	4	1	1	0	6	0.1044
10	10	2	5	4	21	9.056
계	53	15	22	29	119	

<표 Ⅳ-7> 학생들의 유창성과 수학적 창의성 점수의 상관관계

상관계수

		계	유창
계	Pearson 상관계수	1	.723*
	유의확률 (양쪽)		.018
	N	10	10
유창	Pearson 상관계수	.723*	1
	유의확률 (양쪽)	.018	
	N	10	10

*. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다.

바. 논의

본 연구에서는 여러 가지 해결법이 있는 문제를 이용하여 수학적 창의성을 측정할 수 있는 가능성을 확인하였다. 이를 바탕으로 다음과 같은 논의를 할 수 있다.

첫째, 전체적으로 유창성 점수와 수학적 창의성 점수 간에 강한 양적 상관관계가 있음을 확인하였지만, 각 문제에 따라서는 학생들이 산출한 문제에 대한 해결법의 수가 많을지라도 창의성 점수가 높은 것만은 아니었다. 이것은 본 연구에서 수학적 창의성을 '새롭고, 가치 있는' 수학적 창의성의 특성이 드러나도록 채점방법을 설정한 것에 따른 것이며, 문제해결에서 단순히 많은 해결책을 산출하는 것이 수학적 창의성을 높이는 것은 아니라는 것을 의미한다. 따라서 수학적 창의성을 논할 때에는 학생들에게 '수학적으로 새롭고 가치 있는' 의미가 부각되도록 양적인 산출보다 질적인 측면을 재고하는 것이 필요해 보인다. 마찬가지로 본연구의 채점방법에서는 같은 범주 안의 답을 산출할 때에 융통성 점수가 낮아져 해결법의 수가 많을지라도 수학적 창의성 점수에서는 낮은 결과를 받게 되었다. 결론적으로 이러한 채점방법에서는 학생들이 다양한 범주의 내용을 산출하되, 다른 학생들이 산출하기 어려운 수학적으로 새롭고 가치 있는 해결

책을 산출하는 것이 수학적으로 창의적이라는 '수학적 창의성'의 견해를 이끌어내게 된다.

둘째, 다양한 해결법이 있는 문제를 활용한 수학적 창의성 측정에서 독창성 점수의 산출에 준거가 필요함을 알 수 있다. Leikin(2009)도 많은 학생들이 더 많은 해결법을 산출해 내면 유일한 해결법을 산출해 내기가 어려워 독창성 비중이 감소한다는 것을 지적하였다. 또 많은 학생들이 산출하지 못한 해결법일지라도 그 내용이 수학적으로 새롭거나 가치 있는 산출물이 아니라면 독창적인 해결법이라고 판단하기에 어려운 결과가 나타났다. 따라서 독창성에 대해서는 반응의 '회귀성과 수학 내용'을 동시에 고려하는 채점방법이 필요함을 알 수 있다.

셋째, 학생들이 산출할 수 있는 문제에 대한 해결법의 수(유창성)는 문항별로 현저한 차이를 나타내었다. 그리고 이러한 현상은 문제에 대한 해결 공간(solution space)의 차이에 기인하는 것이다. 따라서 여러 가지 해결법이 있는 문제를 활용한 수학적 창의성 분석에서는 조사 대상에 맞는 개인적 해결 공간의 범위를 예측하고 그에 적합한 문항을 선별하여 조사하는 것도 필요해 보인다.

넷째, 수학적 창의성 발현에 필요한 하위 요소로 사전 지식이 필요하지만(이대현, 2012), 여러 가지 해결책이 있는 문제를 활용한 창의성 측정에서는 선행학습에 따른 차이를 고려할 필요가 있다. 예를 들어 문항 3의 경우에 본 연구 대상자들에게는 대수식을 이용한 해결법은 교육과정 내의 내용이 아니므로 선행지식으로 소유한 학생과 그렇지 않은 학생 간에 차이가 발생할 수 밖에 없다. 따라서 상급 학년에서 배울 내용의 소지 여부가 수학적 창의성 분석에 끼치는 영향을 고려할 필요가 있다.

다섯째, 본 연구에서는 4개의 문항을 활용하여 학생들의 수학적 창의성을 측정해 보았다. 그런데 각 문항과 수학 내용에 따라 유창성과 융통성 면에서 현저한 차이를 나타내었다. 이것은 문제해결 공간의 차이와 학생들이 소유한 사전 지식 간의 차이에 기인한다. 따라서 각 학년 수준과 수학 영역에 적합한 수학적 창의성 분석을 위한 여러 가지 해결법이 있는 문제를 개발할 필요가 있다.

Ⅴ. 결 론

수학교육에서 학생들의 수학적 창의성을 신장시키려는 노력이 2009 개정 교육과정의 고시와 더불어 한층 더해지고 있다. 이에 더하여 학교 수학에서 창의성 개발을 위한 노력과 함께 수학적 창의성 분석을 위한 노력이 요구된다. 수학교육 분야에서 수학적 창의성에 대한 명확한 정의의 부재는 수학적 창의성 분석을 어렵게 한다. 역으로 수학적 창의성 분석을 위한 틀을 고안하고 적용하는 과정에서 수학적 창의성에 대한 관점의 추출도 가능할 것이다.

수학적 창의성에 대한 접근은 다양한 측면에서 다루어져 왔다. 일찍이 다양한 방법으로 문제를 해결하게 하자는 견해가 Krutetskii(1976), Ervynck(1991) 등의 일관된 주장이었고, Leikin & Lev(2007), Leikin(2009)은 다양한 해결법이 있는 문제를 활용하여 학생들의 수학적 창의성을 분석할 수 있는 방법을 구축하기도 하였다. 본 연구에서는 학교 현장에서 실제적으로 활용할 수 있도록 다양한 해결법이 있는 문제를 활용하여 학생들의 수학적 창의성을 측정하고 논점을 제시하였다.

본 연구를 위해 선행연구에서 수학적 창의성 분석을 위해 사용한 문제를 피험자에 맞도록 재구성하여 검사지를 제작하고, 조사연구 방법을 이용하였다. 결과 분석에서는 수학적 의미나 가치,

검사 집단의 수를 동시에 고려하여 유창성, 융통성, 독창성 채점방법을 설정하여 분석하였다.

검사결과, 검사 대상 10명 학생들의 수학적 창의성 점수는 학생 간 편차가 크게 나타났고, 문항에 따라서도 타 문항에 비해 높은 점수를 얻은 것도 나타났다. 또 유창성이 높을수록 수학적 창의성 점수가 높은 것으로 나타났지만, 학생들이 산출한 문제에 대한 해결법의 수가 많을지라도 창의성 점수가 높은 것만은 아니었다. 이것은 '새롭고, 가치 있는' 수학적 창의성의 특성을 나타낸 것이며, 수학적 창의성에 대한 질적인 측면의 재고가 필요가 있다.

본 연구의 분석에서는 유창성과 융통성, 그리고 독창성과의 관계에 대한 논의를 제기한다. 본 연구에서도 유창성과 융통성이 증가할수록 반응의 희소성이 낮아져 상대적으로 독창성 점수를 얻기가 어려워졌다. 그렇지만 답안의 희소성이 보장될지라도 '새롭고, 가치 있는'이라는 수학적인 가치의 문제를 제거할 수는 없었다. 따라서 본 연구와 같은 채점방법에서는 답안의 희소성과 수학적인 측면에서 답안의 가치를 동시에 고려하는 독창성 준거를 만들 필요가 있었다.

2009 개정 교육과정에 따른 수학과 교육과정에서는 수학적 과정을 통해 수학적 창의성을 신장시키기를 기대하고 있다(교육과학기술부, 2011). 본 연구에서는 다양한 해결책이 있는 문제를 활용하여 수학적 창의성을 측정할 수 있는 한 가지 시도가 이루어졌다. 학교 수학에서 다루어지는 다양한 영역을 고려하여 영역별로 수학적 창의성 분석을 위한 여러 가지 해결법이 있는 문제의 개발과 적용이 필요하다. 또한 여러 가지 해결법이 있는 문제를 활용하여 학생들의 사고력 신장과 더불어 수학적 창의성을 개발하는 수업 방안의 모색도 요구되어진다.

참 고 문 헌

교육과학기술부(2011). **수학과 교육과정-교육과학기술부 고시 제 2011-361호** [별책 8]. 교육과학기술부.

김부윤, 김철언, 이지성(2005). 수학적 창의성의 평가에 대한 고찰(Ⅱ). **수학교육 논문집, 19**(1), 241-251.

김언주(1991). **인지심리학-이론과 실제-**. 서울: 정민사.

김홍원, 김명숙, 송상헌(1996). **수학 영재 판별 도구 개발 연구(Ⅰ)-기초 연구편-**. 한국교육개발원 연구보고 CR 96-26. 한국교육개발원.

문용린(2010). **배려와 나눔을 실현하는 창의인재 육성을 위한 창의·인성교육 활성화 방안 연구**. 한국과학창의재단.

박만구(2009). 수학교육에서 창의성 신장 방안. **수학교육논문집, 23**(3), 803-822.

이광우, 민용성, 전제철, 김미영, 김혜진(2008). **미래 한국인의 핵심 역량 증진을 위한 초·중등학교 교육과정 비전연구(Ⅰ)-핵심 역량 영역별 하위 요소 설정을 중심으로**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2008-7-1.

이대현(2012). 수학적 창의성의 요소와 창의성 개발을 위한 수업 모델 탐색. **한국초등수학교육학회지, 16**(1), 39-61.

최병훈, 방정숙(2012). 수학적 창의성 교육에 관한 연구 동향 분석. **영재교육연구, 22**(1), 197-215.

Becker, J. P. & Shimada, S. (1997). *The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics*. Reston: NCTM.

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

Hadamard, J. S. (1945). *An essay on the* *psychology of invention in the mathematical field*. Princeton university press, Princeton.

Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. *Educational studies in mathematics, 18*(1), 59-74.

Kaufman, J. C., Plucker, J. A., & Baer, J. (2008). *Essentials of creativity assessment*. John Wiley & Sons, Lnc.

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

Leikin, R. (2009). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu(Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students*(pp. 129-145). Sense Publishers.

Leikin, R., Koichu, B., & Berman, A. (2009). Mathematical giftedness as a quality of problem-solving acts. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu(Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students*(pp. 115-127). Sense Publishers.

Leikin, R., & Lev, M. (2007). Multiple solution tasks as a magnifying glass for observation of mathematical creativity. In J. H. Woo, H. C. Lew, K. S. Kim, & D. Y. Seo(Eds.), *Proceedings of the 31th international conference for the psychology of mathematics education*(Vol. 3, pp. 161 -168). The Korea Society of Educational Studies in Mathematics.

Liljedahl, P. (2009). In the words of the creators. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu(Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students*(pp. 51-69). Sense Publishers.

Sheffield, L. J. (2006). Developing mathematical promise and creativity. *Proceedings of the 11th international seminar on education of gifted students in mathematics*, 1-7.

Torrance, E. P. (1995). Why fly?: A philosophy of creativity. 이종연(역). **토랜스의 창의성과 교육**. 학지사.

Ward, T. B., Smith, S. M., & Finke, R. A. (1999). Creative cognition. In R. J. Sternberg, *Handbook of creativity*(pp. 189-212). Cambridge University Press.

A Study on the Measurement in Mathematical Creativity Using Multiple Solution Tasks

Lee, Dae Hyun (Gwangju National University of Education)

Mathematical creativity in school mathematics is connected with problem solving. The purpose of this study was to analyse elementary students' the mathematical creativity using multiple solution tasks which required to solve a mathematical problem in different ways. For this research, I examined and analyzed the response to four multiple solution tasks according to the evaluation system of mathematical creativity which consisted of the factors of creativity(fluency, flexibility, originality).

The finding showed that mathematical creativity was different between students with greater clarity. And mathematical creativity in tasks was different. So I questioned the possibility of analysis of students' the mathematical creativity in mathematical areas.

According to the evaluation system of mathematical creativity of this research, mathematical creativity was proportional to the fluency. But the high fluency and flexibility was decreasing originality because it was easy for students to solve multiple solution tasks in the same ways. So, finding of this research can be considered to make the criterion in both originality in rare and mathematical aspects.

* Key Words : Multiple Solution Task(다양한 답이 있는 문제), Mathematical Creativity(수학적 창의성), Problem Space(문제 공간), Fluency(유창성), Flexibility(융통성), Originality(독창성), Evaluation System(채점방법)

논문접수 : 2014. 1. 16
논문수정 : 2014. 2. 13
심사완료 : 2014. 2. 24

[부록 1] 검사도구

➡ 다음에 제시된 문제를 가능한 많은 방법으로 해결하시오.

1. 두 수 16과 36은 공통점이 있다. 여러 가지 공통점을 찾으시오.
2. 네 개의 수 2, 3, 10, 21과 +, -, ×, ÷, ( ) 기호를 이용하여 여러 가지 방법으로 17을 만드시오.
3. 연속된 세 홀수의 합이 177일 때 여러 가지 방법으로 세 수를 찾으시오.
4. 다음 그림은 아랫변의 길이가 4㎝, 윗변의 길이가 3㎝, 높이가 2㎝인 사다리꼴이다. 삼각형, 직사각형, 정사각형, 평행사변형, 마름모의 넓이 구하는 방법들을 활용하여 여러 가지 방법으로 사다리꼴의 넓이를 구하시오.