

개방형 문제해결학습이 초등학생들의 수학적 창의성 및 수학적 태도에 미치는 영향

서 영 민 (서울문덕초등학교, 교사)

박 만 구 (서울교육대학교, 교수)[†]

본 연구는 초등학생을 대상으로 개방형 문제해결학습을 진행하였을 때 학생들의 수학적 창의성과 수학적 태도에 대해 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위한 것이다. 이를 위해 서울 시내 초등학교 6학년 학생들을 대상으로 9차시의 개방형 문제해결학습을 진행한 뒤 I-STATistics를 활용하여 사전 사후 t-검정하여 결과를 분석하였다. 연구 결과, 개방형 문제해결학습은 수학적 창의성 신장에 효과가 있었고, 특히 창의성의 하위 요소인 유창성에는 유의미한 결과가 없었지만, 융통성, 독창성 신장에 효과가 있었다. 또한, 개방형 문제해결학습은 수학적 태도 향상에 도움이 되며 특히 하위 요인 중 수학적 태도, 인정욕구, 동기 향상에 효과가 있었다. 그리고 개방형 문제해결학습에서 학생들은 다양한 반응을 공유하고 생각을 확장할 수 있었다. 연구 결과를 토대로 학교 현장에서 개방형 수학 문제해결을 활용을 위한 양질의 자료 개발 및 교사 연수를 지속할 필요가 있음을 제안하였다.

I. 서론

현대 사회는 과학 기술의 발달로 인해 더욱 복잡한 문제와 상황을 해결해 갈 필요가 요구된다. 이러한 현실 문제를 해결하고 미래 사회에서 마주하는 다양한 문제에 대하여 더욱 유연한 사고로 문제를 해결하는 창의적 인재와 이를 뒷받침할 학교 교육에 대한 요구가 지속해서 높아지고 있다. 특히, 창의력과 같은 고차적인 사고 능력은 미래 사회를 살아가기 위해 학교 교육에서 반드시 길러 주어야 할 핵심적인 역량으로서 그 중요성이 강조되고 있다(OECD, 2005).

Torrance(1995)는 교과 밖에서 창의성을 지도하는 것보다 교과 내에서 창의성을 함께 지도하는 것이 학생들의 창의성 신장에 더 큰 효과가 있다고 주장했다. 즉, 학생들이 창의성을 따로 습득하는 것이 아니라, 수학 교과를 배울 때 자연스럽게 창의성을 함께 학습하는 것이 효과가 있다는 것이다. 또한, 박만구(2015)는 수학 수업 시간에도 학생들이 창의성을 계발하여 주어진 상황에 가장 적절한 결정을 할 수 있도록 해야 한다고 하였다.

현재의 2015 개정 수학과 교육과정에서도 창의성이 외부에서 동떨어져 습득되기보다 수학 수업을 통해 자연스럽게 기르도록 강조하고 있다. 2015 개정 교육과정에서는 창의·융합과 정보 처리의 수학 교과역량을 강조하고 있다. 학습자가 수학 문제를 해결할 때 답이 하나로 한정되지 않은 개방형 문제의 해결은 단답형 문제를 해결하도록 하는 것보다 학습자의 수학적 창의력 신장에 더욱 효과적이며, 개방형 문제해결 과정에서 학습자는 확산적으로 사고하며, 두뇌의 각성 상태가 개선되어 다양한 학습에 빠르게 반응할 수 있게 된다(김상정 외, 2010, pp. 723-744).

* 접수일(2021년 7월 13일), 심사(수정)일(2021년 8월 26일), 게재확정일(2021년 9월 15일)

* MSC2000분류 : 97D50

* 주제어 : 개방형 문제해결학습, 수학적 창의성, 수학적 태도

[†] 교신저자 : mpark29@snu.ac.kr

* 본 연구는 제 1저자의 2021년 석사학위 논문을 수정 보완한 것임.

2007 개정 교육과정 교과서에 대부분 해결 과정과 답이 미리 정해진 구조화된 문제를 제시하고 있어 학생들이 고차원적인 능력을 개발하는 데에 한계가 있다(김민경 외, 2019, pp. 1-21). 그런데 현재의 초등학교 수학 교과서도 개방형 문제는 매우 제한적으로 제시하고 있다. 그리고 초등수학교육 현장에서 개방형 문항의 출제 비율은 불과 3.1%에 그치고 있다(김도연, 2011). 물론 교과서나 평가에서 개방형 문제가 작은 비율을 차지할 수밖에 없지만, 수학 수업에서 더욱 양질의 개방형 문제를 포함할 필요가 있다.

학생들에게 다양한 답을 요구하는 개방형 문제를 제공하여 창의성을 함양하도록 할 필요가 있다. 이 연구에서는 6학년 학생들에게 적절한 개방형 평가 문항을 선정하고, 9차시의 개방형 문제해결학습이 학생들의 수학적 창의성과 수학적 태도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하였다.

II. 이론적 배경

1. 개방형 문제

개방형 문제는 학생 중심의 학습에 적합한 것으로 개방형 문제의 정의는 학자마다 조금씩 다르지만, 공통적인 특징이 있다. 최근 들어 외국에서는 개방형 과제란 표현보다는 진입점과 출구점이 다양한 과제라는 표현을 사용하고 있다.

개방적(open-ended)라는 용어를 그들의 책에 적극적으로 사용한 Becker & Shimada(1997)는 개방형 문제가 가지는 특징을 “불완전하거나 열린 문제에서 여러 가지 정답이 있을 수 있는 문제”(p.1)로 기술하였다. 그들은 교실에서 교사가 권위적으로 한 가지 정확한 답만을 요구하면 학생들의 “열린” 사고는 닫히게 된다고 주장하였다. 그들은 전통적인 교과서에서는 다루지 않는 구슬의 퍼짐 정도를 수학적으로 논의하는 예 등을 가지고 학생들에게 개방적인 접근 방법이 어떻게 보다 활발한 의사소통이 가능한지에 대하여 설명하였다.

能田伸彦(1984)은 수학 교과에서 다루고 있는 개방형 문제를 관계와 법칙을 찾는 문제, 수량화할 수 있는 문제, 분류하는 문제로 분류하였다. 여기서 坪田耕三(1993)은 이를 더 세분화하여 6가지 유형으로 규칙을 찾아내는 문제, 분류 문제, 역 문제, 수량화 문제, 구성 활동적 문제, 조건 불비의 문제로 분류했다. 이 연구에서는 坪田耕三(1993)의 연구 중 초등학교 6학년 성취기준에 적절한 문항을 구성하기 위해 개방형 문제의 종류를 규칙을 찾는 문제, 분류하는 문제, 역 문제, 조건 불비의 문제, 구성 활동적 문제의 5가지로 설정하였다.

김명숙(2009)은 개방형 문제란 정답이나 해결 방법이 다양하게 도출될 수 있게 조건을 붙인 문제라고 하였다. 이는 다양한 풀이 방법과 사고 과정을 거쳐 정형화된 식과 답이 아니라, 가치가 있고 여러 독특한 답을 떠올리게 하는 문제이다. 또, 문성길(2000)에 따르면 결과가 미리 정해지지 않는다는 의미로 확장하여 개방형 문제를 정의하였다. 권오남 외(2005)는 다양한 정답이거나, 다양한 문제해결 방법 중 적절한 방법을 선택할 수 있고 그 까닭을 설명하거나, 학생들이 정답을 찾는 과정에서 확산적 사고가 가능한 문제 3가지로 개방형 문제로 정의하였다.

선행 연구들을 종합해 볼 때, 주어진 하나의 문제에 대해 정답과 해결 방법이 유일하지 않고 방법에 따라 다양한 사고 전략을 활용하여 적절한 방법으로 여러 가지 답과 결과를 낼 수 있는 문제가 개방형 문제라고 정의할 수 있다.

2. 수학적 창의성

수학적 창의성은 일반적인 창의성과 무관하지 않은 개념으로, 일반적으로 고착화 된 사고의 틀을 탈피하는

능력이라고 볼 수 있다. 수학적 창의성은 열린 수학적 상황이나 문제에서 여러 가지 독특한 반응을 최대한 도출할 수 있는 능력이며, 수학적 창의성은 본질에서 수학적 개념을 만들고 그 개념과 대상들의 상호 관련성을 찾아내는 능력이다. 박경미 외(2015)에 따르면, 수학적 창의성은 6가지의 수학 교과역량 중 하나로 볼 수 있는 것으로, 수학적 창의·융합을 다음과 같이 정의하고 있다. 수학적 창의성은 독창적이며 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게(유창성) 산출하고 정교화(정교성)하는 것이며, 타 교과나 실생활과 연결 지어 문제를 해결하는 능력을 의미한다고 하였다.

Leikin(2009)은 창의성의 측정 방식에서 유창성, 융통성, 독창성 각각의 점수를 산정하거나 그 합을 최종 점수로 하는 독립적인 채점방식이 아니라, 사고하고 산출하는 과정에서 세 요소를 연결해서 측정 도구를 개발하였다. Torrance(1974)는 언어와 도형으로 나뉜 창의적 사고력 검사(TTCT)에서 유창성, 융통성, 독창성, 정교성을 측정요소로 하여 그들의 합으로 창의성을 측정하였는데, 그 이후로 많은 학자가 이를 바탕으로 측정 준거로 활용하고 있다.

<표 II-1> 수학적 창의성 측정 방법(Leikin, 2009, p.160)

	유창성	융통성	독창성	창의성
개인 또는 소그룹	1	$Flx_1 = 10$ 첫 번째 해결 $Flx_i = 10$ 첫 번째와 다른 전략에 의한 해결 $Flx_i = 1$ 비슷한 전략이나 다른 표현을 사용	$Ori = 10$ 통찰력 있고, 관습적이지 않은 해결 $Ori = 1$ 부분적으로 관습적이지 않은 해결 $Ori = 0.1$ 관습적인 해결	$Flx_i \times Ori$
대그룹 (10명 이상)		$Flx_i = 0.1$ 같은 전략, 같은 표현을 사용	$Ori = 10, P < 15\%$ $Ori = 1, 15\% \leq P < 40\%$ $Ori = 0.1, P \geq 40\%$	
총합	n	$Flx = \sum_{i=1}^n Flx_i$	$Ori = \sum_{i=1}^n Ori$	$\sum_{i=1}^n Flx_i \times Ori$
최종 창의성 점수	$Cr = n \left(\sum_{i=1}^n Flx_i \times Ori \right)$			

한편 황동주(2005)는 유창성과 독창성에 대해 새로운 평가 방법을 제시하였다. 기존에 유창성 채점방식은 같은 문제에 대한 정답의 개수로 계산을 하는데, 새로운 유창성 채점방식은 올바른 답이 전체 표본에서 빈도가 어느 정도인지에 따라 가중치를 부여하는 방식이다. 송상현(1998)은 초, 중등학생을 대상으로 한 수학적 창의성 평가 도구에 관한 연구를 종합했는데, 대부분에서 정교성 요인이 빠져있다고 보았다. 이는 객관적 준거 설정의 어려움으로 창의성을 측정하기 어렵기 때문이었다. 하수현, 이광호(2014)는 한 학생의 같은 풀이가 평가 순서에 따라 창의성 점수가 상이하게 나올 수 있다는 점을 지적하였다. 이를 보완하는 방법으로 융통성을 기준으로 동일한 범주에 속하는 풀이 방법을 독창성 점수가 높은 순서로 재배열하여 평가하는 아이디어를 제시했다. 또한, 최종 창의성 점수에 유창성 점수(n)가 미치는 영향이 크다는 점을 지적하여 유창성 점수를 반영하는 것에 관한 연구의 필요성을 제기하였다. 이대현(2014)도 같은 맥락으로 창의성 점수와 유창성 점수가 정적 상관관계를 가진다는 점을 언급하며 3단계 십진법 점수 체계를 0.1점, 1점, 10점 체계에서 0.01점, 0.1점, 1점으로 수정하여 보완

하였다. 또한, 융통성 평가를 위한 범주 구성에 있어 채점자 간 차이가 존재하고, 독창성의 평가에서도 채점자의 주관적인 기준이 반영되므로 보편적 타당성을 지니지 못함을 언급하였다.

본 연구에서는 학생들의 수학적 창의성을 측정하는 방법으로 Leikin(2009)의 측정 도구를 이용하는데, 창의성의 세 요소가 어느 한 부분에 치우치지 않도록 점수 체계를 조정하여 평가하기로 했다.

3. 수학적 태도

수학적 태도에 대하여 NCTM(2000)은 수학적 태도란 학생들이 수학 학습을 하면서 보이는 긍정적인거나 부정적인 수학적 성향, 수학 문제를 해결하면서 동료 간의 의사소통을 하면서 보이는 자신감, 수학을 왜 배우는지에 대한 것 등 가치를 부여하는 것 등으로 설명하고 있다. Aiken(1970)은 수학적 태도를 수학 학습을 하면서 학생들이 보이는 긍정적인 또는 부정적인 정도를 보여 주는 개인적인 성향으로 보았다. 강완 외(1998)는 수학적 태도를 학생들이 수학 학습에 대하여 가지고 있는 참여하는 태도, 수학에 대해 가지는 흥미, 수학에 대한 정의적인 특성들을 포괄하여 설명하고 있다. 위 학자들의 의견들을 종합하면 수학적 태도란 정의적 영역에서 수학이나 수학 학습을 대하는 학생들의 개인적인 성향이나 정의적인 반응으로 정의할 수 있다.

수학에서 개방형 문제를 활용한 국내 연구를 보면 다음과 같다. 이영임(2015)은 5학년 학생들에게 개방형 문제를 사용하여 개방형 문제해결 수업을 시행한 결과 단순화, 추상화, 귀납적, 특수화, 유추적, 통합적, 발전적, 일반화, 표현, 식에 대한 사고력 신장에 효과가 있다고 주장하였다. 김응관(2019)은 5학년 학생을 대상으로 10차시에 걸친 개방형 문제 활용 수업 후, 개방형 문제해결 활동이 유창성에서 유의미한 결과를 얻었다고 주장하였다.

이호상(2009)은 개방형 문제의 종류인 규칙을 찾는 문제, 조건 불비 문제, 분류 또는 수량화 문제, 구성 활동적 문제 등으로 재구성하여 수행평가 문제를 학생들에게 적용할 수 있다고 주장하였다. 그는 개방형 문제 학생들에게 여러 가지 방법과 해답을 요구하는 과정에서 학생들의 호기심과 도전 의식을 불러일으키게 하여 문제해결을 위해 노력하는 긍정적인 태도 및 창의적 사고력과 문제해결력의 신장에 도움이 된다고 주장하였다. 전민선(2014)은 개방형 문제가 문제해결 능력, 의사소통능력, 추론, 창의성을 평가하기에 쉬우며, 개방형 문항을 개발할 때 하나의 유형에 치우기기보다는, 여러 가지 문항 유형을 활용하고, 적합한 단원을 설정의 중요성을 강조하였다.

위와 같은 선행 연구들의 결과를 종합해 보면, 개방형 문제를 통해 수학적 창의성 신장에 도움이 됨을 확인할 수 있었다. 그런데 2015 개정 교육과정을 적용한 6학년 학생들을 대상으로 한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 개방형 문제를 현재 사용하고 있는 초등 수학 교과서와 관련하여 개발하고, 이를 바탕으로 한 개방형 문제해결 수업을 통하여 학생들의 수학적 창의성 및 수학적 태도에 어떤 영향을 미치는지 확인하였다.

4. 개방형 문제해결학습

연구자는 개방형 문제를 활용하여 총 9차시의 개방형 문제해결학습을 실시하였다. 수업의 형태는 문제 제시, 개별 학습, 전체 토의의 과정을 거치게 되었으며 코로나 19로 인해 대면수업과 원격수업을 포함하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 개방형 문제해결학습을 활용한 개방형 문제를 통해 학생들이 다양한 방법과 사고 과정을 거쳐 문제를 해결하는 수업으로 정의하였다.

5. 선행 연구

기존의 선행 연구는 개방형 문제를 통해 수학적 창의성을 개발시킬 수 있고 하위영역별 차이가 있음을 알 수 있었다. 그러나 기존에 선행 연구는 주로 개방형 문항 평가에 초점이 맞춰져 있거나 이전의 교육과정에 따라 현

제 교육과정의 수준과 성취기준에 부합하는지 검증이 필요하였다. 또한, 최고학년인 6학년을 대상으로 한 연구는 부족한 실정이었다. 따라서 2015 개정 교육과정을 적용하여 6학년 학생에게 적용했을 때 같은 효과가 나오는지 검증이 필요하다. 이에 본 연구에서는 개방형 문제를 수집 또는 개발하고, 이를 바탕으로 한 개방형 문제 해결 학습에서 나타나는 학생들의 수학적 창의성 및 수학적 태도를 분석하였다.

III. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 서울 송파구 Y초등학교 6학년 5개 학급 중 연구자 중 한 사람이 담임으로 맡은 반 19명을 실험집단으로, 사전 검사 결과가 가장 유사한 1개 학급 19명을 선정하여 비교집단으로 구성하여 실험을 진행하였다. 두 집단은 사전 검사를 t-검정한 결과 동질한 집단임을 확인하였다. 실험집단은 개방형 문제해결 수업 후 개발한 개방형 평가 문항을 통해 창의적인 반응을 분석하며, 학생들에게 수행평가가 아닌 목적으로 사용되는 평가임을 알리고 시간을 충분히 제공하여 가능한 많은 답을 쓰도록 언급하였다. 비교집단은 교과서를 중심으로 한 문제해결 수업 후 개방형 평가 문항으로 창의적 반응을 분석하였다.

2. 연구 설계

본 연구는 개방형 문제해결학습을 활용한 초등학교 6학년 수학 수업이 학생들의 수학적 창의성과 수학적 태도에 미치는 영향을 분석하는 데 목적이 있으므로 다음 <표 III-1>과 같이 실험집단과 비교집단의 사전 사후 검사 및 실험 처치를 하였다.

<표 III-1> 실험집단과 비교집단의 사전 사후 창의성 및 태도 검사와 개방형 문제해결학습 실험 처치

실험집단	O1 , O2	X1	O1', O2
비교집단		X2	
O1 : 사전 수학적 창의성 검사		O1' : 사후 수학적 창의성 검사	
O2 : 수학적 태도 검사			
X1 : 개방형 문제해결학습		X2 : 교과서 중심의 일반 문제해결학습	

수학적 창의성에 대하여 실험집단과 비교집단에 사전 창의성 검사를 하여 동질성을 확인한 후, 실험집단에는 9차시의 개방형 문제해결학습을, 비교집단에는 교과서를 기반으로 한 일반 문제해결학습을 시행했다. 이때, 개방형 문제는 6학년 수학 교과서 문항을 수정하여 坪田耕三(1993)의 분류에 의한 유형과 5가지 내용 영역에 맞게 재구성하여 사용하였다. 수업 후, 사전 검사와 동형인 사후 수학적 창의성 검사를 시행하여 수학적 창의성과 창의성의 하위영역을 바탕으로 결과를 비교했다. 수학적 태도는 실험집단과 비교집단에 사전 수학적 태도 검사를 시행하여 동질성을 확인한 후, 9차시 수업 후 사전 검사와 동형인 사후 수학적 태도 검사를 시행하여 수학적 태도와 태도의 하위영역별로 결과를 분석하였다. 실험 사전 사후의 변화는 수학적 창의성 검사지와 수학적 태도 검사지를 활용하고, I-STATistics 프로그램을 사용하여 t-검정을 하였다.

3. 자료 수집

본 연구의 개방형 문제해결학습을 위한 개방형 문항은 선행 연구, 수학 교과서 재구성 등을 통해 각 단원에 적합하고 다양한 개방형 문제 유형이 포함되도록 선정하였다. 선행 연구에는 개방형 문항과 관련된 국내 학위 논문과 한국 과학 창의재단, 국가수준 학업성취도평가 등을 포함하였다. 선정된 문항은 6학년 수준 및 성취기준과 학생들의 흥미 등을 고려하여 <표 III-2>와 같이 구성하였다.

<표 III-2> 선정된 개방형 문항

구분	개방형 문항	문항 선정의 과정	문제 유형
1	숫자 카드 4장과 기호 카드 3장을 뽑아서 분수와 소수 혼합계산식 풀기	국내 석사 학위 논문(이호상, 2009)에서 참고하여 숫자 카드만 변형함.	조건 불비
2	쌓기나무 5개를 쌓아서 서로 다른 입체도형 다양하게 그리기	한국 과학 창의 재단(고호경 외, 2015) 정사각형 색종이 문항 수정, 수학교과서 여러 가지 방법으로 쌓기 차시에서 4개를 5개로 수정	구성 활동적 문제
3	앨범 수익을 공정한 기준으로 분배하기	수학 6-2(교육부, 2020, p.84) 문항 수정	역 문제
4	식문화 축제 수익을 공정하게 나누기	수학 6-2(교육부, 2020, p.84) 상황 및 숫자 변형	역 문제
5	여러 입체도형을 기준에 따라 분류하기	Sawada(1997, p.26)의 입체도형 분류 문제 번역 후 수정	분류 문제
6	여러 가지 방법으로 주어진 원의 넓이 구하기	수학 6-2(교육부, 2020, p.103) 변형 문항	역 문제
7	주어진 도형과 무게가 같은 모빌 그리기	2012년 국가수준 학업성취도 평가 초등 6 수학 평가지 8번 변형 문제	구성 활동적 문제
8	원기둥, 원뿔, 구를 활용하여 다양한 건축물 만들어 소개하기	수학 6-2(교육부, 2020, p.121) '여러 가지 모양을 만들어 볼까요' 2번 모뎀 친구들과 함께 만들고 싶은 건축물 구상하기 변형	구성 활동적 문제
9	여러 가지 입체도형을 활용하여 우주 공간 꾸미기	수학 6-2(교육부, 2020) '원기둥, 원뿔, 구로 우주공간 그리기' 변형	구성 활동적 문제

4. 대면 수업에서 교수학습 과정안

대면 수업은 1번부터 7번까지 문항으로 <표 III-3>과 같이 문제의 이해 - 계획 세우기 - 계획 실행하기 - 토의 및 반성의 단계로 진행되었다. 학생들이 스스로 해결 계획을 세워보고 여러 가지 방법으로 직접 쌓기 나무를 쌓으면서 탐색해보는 기회를 얻게 되었다.

<표 III - 3> 문항 2번 실험집단 교수학습 과정안

개방형 문항	쌓기 나무 5개 여러 가지 방법으로 쌓기		
학습목표	쌓기 나무 5개로 다양하게 쌓아서 그려봅시다.		
구분	교수 학습 활동	시간	자료 및 유의점
문제의 이해	◎ 동기유발 - 퀴즈를 통해 학습자의 흥미를 유발한다. ◎ 학습문제 확인 - 쌓기 나무 5개로 다양하게 쌓아서 그려봅시다. ◎ 문제 확인 - 화면을 보고 문제를 읽어봅시다.	5	자) PPT(퀴즈 및 문제 제시), 개별 쌓기나무 5개, 개방형 문항 학습지
	계획 세우기	◎ 해결 계획 수립하기 - 쌓기 나무 5개를 가지고 여러 가지 방법으로 쌓아봅시다.	
계획 실행하기	◎ 문제 해결하기 - 쌓기 나무 5개를 사용하여 쌓은 모양을 그려봅시다. ◎ 문제 해결 방법 공유 및 발표하기 - 자신이 그린 다양한 방법을 발표한다.	20	자)실물화상기 유) 유효한 반응을 칭찬하여 열린 분위기에서 발표하도록 유도한다.
토의 및 반성	- 실물화상기를 통해 학생들이 그린 모양을 공유한다. ◎ 정리하기 - 우리가 그린 모양을 배움 공책에 정리해봅시다.	5	

5. 검사 도구

가. 수학적 창의성 검사

수학적 창의성 검사지는 문은혜(2017), 최지민(2017)의 연구자료를 활용하였다.

창의적 반응 분석 틀은 Leikin(2009)의 분석 틀을 활용하였다. Leikin(2009)의 창의성 평가에서는 총 유창성 점수, 총 융통성 점수, 총 독창성 점수를 고려하여 최종 창의성 점수를 내었다. 각 문항 마다 융통성과 독창성을 곱한 값을 더해서 유창성 개수를 곱하여 최종 창의성 점수를 얻게 된다. 본 연구에서 사전 및 사후 창의성 검사에 활용한 창의적 반응 분석 틀은 다음 <표 III - 4>와 같다.

<표 III-4> 창의적 반응 분석 틀

구분	창의성		
	내용	점수화 방법	
창의성	유창성	각 과제에서 유효한 반응을 많이 산출하는 능력	유효한 각 반응에 1점씩 부여
	융통성	서로 다른 수학적 아이디어를 산출하는 능력	첫 번째 해결 또는 다른 유형의 전략 : 10점 비슷한 범주나 다른 표현 : 1점 같은 전략과 같은 표현 : 0.1점
	독창성	학생들의 반응의 빈도가 일정 범위 이내이면서 수학적 사고의 질이 높은 아이디어를 산출하는 능력	15% 미만 : 10점 15%~40% : 1점 40% 이상 : 0.1점

$$Cr = n \left(\sum_{i=1}^n Flxi \times Ori \right)$$

창의적 반응 분석 틀은 Leikin(2009)의 창의성 채점방식을 수정한 최지민(2017)의 연구를 따라 분석 틀을 활용하여 재구성하였다. 창의적 반응 분석 예시는 다음 <표 III-5>와 같이 구성하고, 이 분석틀의 신뢰도와 타당도 검증은 수학교육 전공 교수와 연구자 3인의 의견을 참고하여 수정 보완하였다.

<표 III-5> 창의적 반응 분석 예시

다음에 주어진 규칙을 보고 계산의 결과가 20이 되는 식을 만드세요.

①아래에 주어진 수를 전체 또는 일부만 사용한다. ②어떤 수학 기호도 사용할 수 있다. ③하나의 식에서 주어진 수를 한 번만 사용할 수 있다. 예) $10+10+10=30(X)$, $10\times 3=30(O)$ ④숫자의 순서만 바꾸는 것은 한 가지 방법으로 처리한다. 예) $10+20$ 과 $20+10$ 은 같은 방법이다.
사용 가능한 수 13 3 15 40 60 12 20 45 2 35

범주	학생 A의 반응	독창성	유창성	융통성
4개 이하의 수 사용	$15+2+3$, $2+13+18$ $60-40$	0	반응의 개수 5	범주의 개수 3
5개 이상의 수 사용	$60-40+20-15-3-2$	1		
사칙연산 이외의 다른 연산이나 독특한 기호 사용	20과 40의 최소 공배수	2		

창의성의 점수는 Leikin(2009)의 창의성 채점방식을 이용하여 다음과 같이 계산하였다. 학생 A는 총 5가지 반응을 했으므로 유창성 점수에서 5점을 얻는다. 5가지 반응이 각각 4개 이하의 수, 5개 이상의 수, 사칙연산 이외의 다른 연산이나 독특한 기호를 사용했으므로 3점의 융통성 점수를 얻는다. 마지막으로 독창성 점수는 5개 이상의 수사용에 1점, 사칙연산 이외의 다른 연산이나 독특한 기호는 2점이므로 총 3점의 점수를 얻게 된다. 따라서 학생 A의 창의성 점수는 유창성 5점, 융통성 3점, 독창성 3점으로 11점을 얻게 된다.

본 검사 도구를 두 집단에 적용했을 때, 비교집단은 교과서 중심 문제해결학습을 적용했고 이는 개방형 과제가 아니므로 실험집단의 평가 문항의 점수가 대체로 높았다. 이는 연구의 제한점으로 볼 수 있음을 명시한다.

나. 수학적 태도 검사

수학적 태도 검사는 한국교육개발원(2015)에서 개발한 검사 도구를 이용하여 측정하였다. 검사 도구는 총 27문항이고 2개의 특성으로 나뉘어 있고, 각 특성은 수학 흥미, 학습 태도, 동기, 인정욕구, 의지, 가치, 효능감 등 총 7개의 요인으로 구분하였다. 구체적인 문항은 부록 3에 제시되어 있다. ‘매우 그렇다’를 4점, ‘그렇다’를 3점, ‘그렇지 않다’를 2점, ‘전혀 그렇지 않다’를 1점으로 27개 문항을 배점하였다. 이때, 5, 10, 12, 26번 문항은 부정형 문항으로 역 배점을 시행하였다. 검사 결과 처리는 통계 프로그램 I-STATistics를 사용하였다.

IV. 연구 결과

1. 개방형 문제해결학습이 수학적 창의성에 미치는 영향

가. 사전 검사 결과

본 연구에서 실험집단과 비교집단 간의 사전 검사에서의 동질성을 확인하기 위하여 t-검정을 시행하였고, 결과는 다음 <표 IV-1>과 같다.

<표 IV-1> 사전 수학적 창의성 검사에 대한 t-검정 결과표 (N=19)

구분	평균	표준편차	사례 수	t	p
실험집단	885.531	808.739	20	0.481	0.636
비교집단	759.618	680.188			

사전 검사에서 실험집단의 평균은 885.531, 비교집단의 평균은 759.618이다. 통계적인 검증을 위한 독립표본 t-검정 시행 결과 유의수준이 0.636($p \geq 0.05$)로 통계적으로 유의한 차이가 없다. 따라서 본 연구에서 실험집단과 비교집단은 수학적 창의성 측면에서 동질한 집단임을 확인하였다.

나. 사후 검사 결과를 통한 수학적 창의성의 변화 분석

학생들에게 실험집단에는 개방형 문제해결학습을 하고, 비교집단에는 교과서 중심의 문제해결학습을 시행한 뒤 사후 수학적 창의성 검사에 대한 검증은 다음 <표 IV-2>와 같다. 실험집단의 평균 점수 차이는 컸으나 비교집단의 평균 점수 차이는 크지 않았다.

<표 IV-2> 사후 수학적 창의성 검사에 대한 t-검정 결과표 (N=19)

구분	평균	표준편차	사례 수	t	p
실험집단	1372.546	940.717	19	-2.382	0.028*
비교집단	765.3238	678.118			

* $p < 0.05$

사후 검사에서 실험집단의 평균은 1372.546, 비교집단의 평균은 765.3238이다. 통계적인 검증을 위한 독립표본 t-검정 시행 결과 유의수준이 0.0278로 $p < 0.05$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인하였다.

다. 수학적 창의성 하위영역 분석

개방형 문제해결학습이 실험집단 창의성 하위영역에 어떤 영향을 미치는지 분석하기 위해, 사전 및 사후 수학적 창의성 검사를 하위영역별로 분석하였다. 먼저, 사전 창의성 검사는 <표 IV-1>이며, 사후 창의성 검사인 <표 IV-2>와 관련하여 문항별 하위영역 평균을 보면 다음과 같다.

<표 IV-3>을 보면, 사전 창의성 검사 결과를 하위영역별로 나누어 알 수 있다. 평균 점수로 보았을 때, 문항별로 실험집단과 비교집단의 차이는 크지 않았다. 1번 문항은 수와 연산 영역으로 학생들이 비교적 많은 답을 써 내려갈 수 있었고, 정사각형을 등분하는 2번 문항도 비교적 쉽게 반응을 하여 유창성 점수가 높았다. 반면에 3번 규칙성을 찾는 문항과 4번 사다리꼴의 넓이를 여러 가지 방법으로 구하는 문항은 다양한 관점에서 생각하기 어려워하고, 공식을 기억하지 못하는 등의 문제로 유창성 점수가 비교적 낮았다.

[표 IV-3] 사전 창의성 검사에 대한 문항별 하위영역 평균

구분	1번		2번		3번		4번	
	실험 집단	비교 집단	실험 집단	비교 집단	실험 집단	비교 집단	실험 집단	비교 집단
유창성	9.100	10.200	8.950	10.050	4.000	3.650	1.700	1.800
융통성	38.800	36.150	30.950	39.200	27.850	28.300	12.050	12.600
독창성	19.715	20.775	27.220	25.930	10.710	7.340	5.750	5.895
창의성 점수	1486.990	1330.090	1343.520	1168.500	463.285	313.935	248.325	225.950

<표 IV-4>를 보면, 사전 수학적 창의성 검사에서 하위영역 유창성, 융통성, 독창성 항목으로 나누어 t-검정을 시행하였다. 유창성 영역에서 실험집단의 평균은 6.250, 비교집단의 평균은 6.461이고 t-검정 결과 두 집단은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 융통성 영역에서 실험집단의 평균은 27.036, 비교집단의 평균은 27.668이고 t-검정 결과 두 집단은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 독창성 영역에서 실험집단의 평균은 15.849, 비교집단의 평균은 14.985이고 t-검정 결과 두 집단은 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

따라서 실험집단과 비교집단은 창의성 영역 중 유창성, 융통성, 독창성 측면에서 동질집단임을 확인하였다.

<표 IV-4> 사전 수학적 창의성 검사에 대한 하위영역별 t-검정 결과표 (N=19)

구분	실험집단 평균	비교집단 평균	t	p
유창성	6.250	6.461	-0.365	0.719
융통성	27.036	27.668	-0.180	0.859
독창성	15.849	14.985	0.198	0.845

<표 IV-5>에 나타난 바와 같이 사후 수학적 창의성 검사를 문항별로 창의성의 하위영역을 제시하였다. <표 IV-3>과 비교하여 보았을 때, 실험집단의 평균이 문항별로 대체로 증가하였음을 알 수 있다. 실험집단에서 1번 문항의 창의성 점수는 1486.990에서 1561.750, 2번 문항의 창의성 점수는 1343.520에서 1561.530, 3번 문항은 463.285에서 631.500, 4번 문항은 248.325에서 291.750로 증가하였다. 반면에 비교집단의 창의성 점수의 평균은 큰 차이를 보이지 않았다. 단순히 평균 비교뿐 아니라 통계적인 검증을 위해 다음 <표 IV-6>과 같이 창의성 하위영역별로 나누어 평균을 구하고 이를 t-검증하였다.

<표 IV-5> 사후 수학적 창의성 검사에 대한 문항별 하위영역 평균 결과표

구분	1번		2번		3번		4번	
	실험 집단	비교 집단	실험 집단	비교 집단	실험 집단	비교 집단	실험 집단	비교 집단
유창성	10.300	10.350	11.450	10.150	6.000	4.050	1.600	2.200
융통성	34.300	36.900	36.500	39.300	60.00	28.900	15.550	13.450
독창성	27.450	21.195	32.600	26.415	20.400	8.240	6.950	6.745
창의성 점수	1561.750	1338.780	1561.750	1171.530	631.500	321.835	291.750	229.150

<표 IV-6>에 나타난 바와 같이 사후 수학적 창의성 검사에서 하위영역 유창성, 융통성, 독창성 항목으로 나누어 t-검정을 시행하였다. 유창성 영역에서 실험집단의 평균은 7.625, 비교집단의 평균은 6.688이고 t-검정 결과

두 집단은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 융통성 영역에서 실험집단의 평균은 38.115, 비교집단의 평균은 28.226이고 t-검정 결과 두 집단은 통계적으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있었다($t=2.2724$, $p=0.0343$). 독창성 영역에서 실험집단의 평균은 21.554, 비교집단의 평균은 13.608이고 t-검정 결과 두 집단은 통계적으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있었다($t=2.1468$, $p=0.0431$).

<표 IV-6> 사후 수학적 창의성 검사에 대한 하위영역별 t-검정 결과표 (N=19)

구분	실험집단평균	비교집단 평균	t	p
유창성	7.625	6.688	1.090	0.289
융통성	38.115	28.226	2.272	0.034*
독창성	21.554	13.608	2.147	0.043*

* $p < 0.05$

따라서 개방형 문제해결학습이 창의성의 하위영역 중 융통성과 독창성의 향상에 긍정적인 영향을 끼친다는 것을 알 수 있었다. 유창성 항목에서는 본 연구에서 사용한 개방형 문제해결학습에서 연구자가 학생들에게 학습지를 제시할 때 제한된 번호를 부여하였고, 학습지의 분량, 제한된 시간 등 물리적인 요소의 한계로 다양한 반응을 하는 데 어려움이 있어서 유의미한 영향을 끼치지 못했음을 확인하였다.

2. 개방형 문제해결학습이 수학적 태도에 미치는 영향

개방형 문제해결학습이 수학적 태도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험집단과 동질성이 검증된 비교집단을 선정하여 사전 수학적 태도검사를 시행하여 분석한 결과는 다음과 같다.

가. 사전 검사 결과를 통한 두 집단 간 동질성 확인

사전 수학적 태도검사 검증을 통계 프로그램으로 시행하였고 그 결과는 다음 <표 IV-7>과 같다.

<표 IV-7> 사전 수학적 태도 검사에 대한 t-검정 결과표 (N=19)

구분	평균	표준편차	사례 수	t	p
실험집단	73.105	16.633	19	0.296	0.771
비교집단	74.105	14.241			

<표 IV-7>에 따르면 사전 수학적 태도검사 결과에서 실험집단의 평균은 73.105, 비교집단의 평균은 74.105이므로 비교적 비슷한 수준임을 확인할 수 있다. t-검정을 한 결과에 따르면 유의수준이 0.771($p > 0.05$)로 두 집단 간에는 통계적으로 유의한 차이가 없다. 따라서 두 집단은 수학적 태도로 동질집단이라고 볼 수 있다.

나. 사후 검사 결과를 통한 수학적 태도의 변화 분석

실험집단과 비교집단이 동질한 집단임을 가정한 뒤, 실험집단에는 총 9차시의 개방형 문제해결학습을 시행하고 비교집단에는 일반 문제해결학습을 시행하였다. 수학적 태도에서 차이점을 확인하기 위해 사후 수학적 태도 검사 결과는 다음 <표 IV-8>과 같다.

<표 IV-8>에 따르면 사후 수학적 태도검사에서 실험집단은 평균이 85.158이고 비교집단은 74.632로 두 집단의 평균은 10.526점 차이를 보였다. 사전 수학적 태도검사에서 실험집단의 평균은 73.105, 비교집단의 평균은 74.105로 비교집단이 1점 높았던 것에 비하면 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 또한, 실험집단의 평균 점수가 사

전 검사와 비교하면 사후에 13.21점 상승한 것을 보면 개방형 문제해결학습이 학생들의 수학적 태도에 긍정적인 영향을 끼치는 것을 알 수 있다. 평균 점수의 비교뿐만 아니라 t-검정 결과에서도 유의수준이 0.005점으로 $p < 0.01$ 수준에서 유의한 차이가 있음을 확인하였다($t = -3.1896$, $p = 0.0051$).

<표 IV-8> 사후 수학적 태도 검사에 대한 t-검정 결과표 (N=19)

구분	평균	표준편차	사례 수	t	p
실험집단	85.158	7.705	19	-3.1896	0.005**
비교집단	74.632	14.442			

** p < 0.01

다. 수학적 태도의 하위영역별 변화 분석

수학적 태도의 하위영역별 사전 검사 결과, <표 IV-9>와 같이 모든 하위 영역에서 유의미한 차이가 없었다. 따라서 실험반과 비교 받은 동질 집단임을 확인할 수 있었다.

<표 IV-9> 사전 수학적 태도 검사에 대한 하위영역별 평균 t-검정 결과표 (N=19)

구분	실험집단 평균	비교집단 평균	t	p
수학흥미	11.842	12.665	-0.533	0.601
태도	12.684	12.526	0.106	0.917
가치	11.578	11.744	-0.364	0.720
인정욕구	6.105	5.947	0.280	0.782
의지	11.947	11.053	-0.858	0.402
동기	5.053	5.165	-0.248	0.807
효능감	13.895	15.167	-1.344	0.196

<표 IV-10>에 따르면 사후 수학적 태도 검사 결과 중 수학 흥미 항목에서 실험집단의 평균은 14.736, 비교집단의 평균은 12.684로 t-검정을 한 결과에 따르면 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 태도 항목에서 실험집단의 평균은 15.211, 비교집단의 평균은 12.842이고, t-검정을 한 결과에 따르면 통계적으로 $p < 0.01$ 수준에서 유의한 차이가 있었다($t = -3.0052$, $p = 0.0076$). 가치 항목에서 실험집단의 평균은 13.316, 비교집단의 평균은 11.947로 t-검정을 한 결과에 따르면 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

<표 IV-10> 사후 수학적 태도 검사에 대한 세부항목별 평균 t-검정 결과표 (N=19)

구분	실험집단 평균	비교집단 평균	t	p
수학흥미	14.736	12.684	1.693	0.108
태도	15.211	12.842	-3.005	0.008**
가치	13.316	11.947	-1.344	0.196
인정욕구	7.000	5.789	2.617	0.017*
의지	12.737	10.895	-1.885	0.076
동기	6.263	5.211	-2.416	0.027*
효능감	15.895	15.263	-0.626	0.539

*p < 0.05, **p < 0.01

<표 IV-10>에 따르면 사후 수학적 태도 검사 결과 중 수학 흥미 항목에서 실험집단의 평균은 14.736, 비교집단의 평균은 12.684로 t-검정을 한 결과에 따르면 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 가치 항목에서 실험집단의 평균은 13.316, 비교집단의 평균은 11.947로 t-검정을 한 결과에 따르면 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 의지 항목에서 실험집단의 평균은 12.737, 비교집단의 평균은 10.895로 t-검정을 한 결과에 따르면 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 효능감 항목에서 실험집단의 평균은 15.895, 비교집단의 평균은 15.263으로 t-검정을 한 결과에 따르면 두 집단은 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

반면에, 태도 항목에서 실험집단의 평균은 15.211, 비교집단의 평균은 12.842이고, t-검정을 한 결과에 따르면 통계적으로 $p < 0.01$ 수준에서 유의한 차이가 있었다($t = -3.0052, p = 0.0076$). 인정욕구 항목에서 실험집단의 평균은 7.000, 비교집단의 평균은 5.789로 두 집단은 통계적으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있었다($t = 2.6173, p = 0.0175$). 동기 항목에서 실험집단의 평균은 6.263, 비교집단의 평균은 5.211로 t-검정을 한 결과에 따르면 통계적으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있었다($t = -2.4155, p = 0.0266$).

따라서 수학적 태도 검사 결과, 하위영역 중 수학 흥미, 가치, 의지, 효능감은 동질집단이라고 볼 수 있으며, 태도의 하위영역 중 수학적 태도, 인정욕구, 동기 항목에서만 두 집단 간에 유의한 차이를 보였다. 즉, 개방형 문제해결학습이 수학적 태도 중 수학적 태도, 인정욕구, 동기 영역에서 학생들에게 긍정적인 영향을 끼쳤다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 개방형 문제해결학습이 초등학교 6학년 학생의 수학적 창의성과 수학적 태도에 어떤 영향을 끼치는지 연구하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 개방형 문제해결학습은 초등학교 6학년 학생의 수학적 창의성 신장에 효과가 있었으며 특히, 그 하위 요소인 융통성, 독창성 신장에 효과가 있다. 사전 및 사후 수학적 창의성 검사 결과, 사후 수학적 창의성의 평균 점수가 향상된 것을 통해 개방형 문제해결학습과 수학적 창의성 간에 유의미한 관련성을 도출할 수 있었다. 학생들의 반응을 분석해보면, 독창적인 반응을 보인 학생들이 있었는데, 교사가 어떻게 문제를 제시하느냐에 따라서 학생들의 창의성 신장에 도움이 될 수 있다. 따라서 교사는 학생들의 창의성 신장을 위해 학생들이 개방형 문제해결학습을 활용할 수 있는 양질의 수학 문제 개발 및 수학 수업에서 효과적인 활용에 관한 연구가 필요하다. 개방형 문제해결학습의 결과 학생들은 다양한 반응을 공유하고 자신들의 생각을 활발하게 논의하고 확장할 수 있다. 반응에서 보이는 오개념도 수정할 기회가 있었다. 또한, 학생들의 반응을 유창성, 융통성, 독창성으로 나누었을 때, 다양한 분포가 있었으나 독창성 점수가 상대적으로 제한된 영향을 끼쳤다. 이는 기존에 조건과 정답이 제한된 문제 풀이에 익숙해져 있는 학생들의 습성과 관련이 있기 때문이다. 독창성 점수에서 높은 결과를 얻기 위해서는 충분한 시간을 들여 사고해야 한다. 하지만 40분이라는 수업 시간이 학생들의 충분한 사고를 제한하는 물리적인 요소도 있었다. 따라서 상황에 따라서는 연차로 구성하여 수업을 진행하는 방안도 고려할 필요가 있다.

둘째, 개방형 문제해결학습은 초등학교 6학년 학생의 수학적 태도 향상에 도움이 되며, 특히 그 하위 요인 중 수학적 태도, 인정욕구, 동기 항목에서 효과가 있다. 학생들은 개방형 문제해결학습을 통해 문제를 여러 가지 방법으로 독창적으로 해결하게 되었고, 수학에 대해 긍정적인 인식을 가지게 된 것으로 알 수 있었다. 학생들은 대부분 정답이 하나이거나 정해진 수학 문제를 해결하므로, 다양한 방법으로 문제를 해결하면서 수학에 대한 고정관념을 탈피하도록 할 필요가 있다. 전통적인 단원 문제만을 다루기보다는 연구에서 제시한 개방형 문제를 접하도록 함으로써 학생들의 수학에 대한 고정적인 생각을 바꾸도록 할 필요가 있다. 그리고 개방적인 문제는 정답이 정해져 있는 경우가 있지만, 정답이 정해지지 않는 문제도 제시하여 학생들이 정답을 내야 한다는 압박감에서

벗어나 자유롭게 자신들의 생각을 제시하도록 할 필요가 있다.

연구 결과를 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 연구 대상 및 연구 기간의 확대 그리고 수업 환경을 다양화한 개방형 문제해결학습이 수학적 창의성과 태도에 어떤 영향을 주는지 검증이 필요하다. 앞으로 후속 연구에서는 저학년을 포함한 모든 학년 그리고 다양한 지역을 포함하여 보다 많은 인원을 대상으로 대상의 다양화와 규모를 확대하고 보다 장기간의 연구를 진행할 필요가 있다. 이 연구는 수학 교과 시간과 창의적 체험활동 시간에 개방형 문제해결학습을 시행하였기 때문에 학급의 분위기와 같은 환경적인 요인에 따라서 다른 결과가 도출될 수 있으므로 이에 대한 연구도 필요하다. 그리고 교육 현장에서 수업 수업에서 일반 교과서와 병행하여 하는 프로그램을 개발하여 개방형 문항을 효과적으로 활용할 수 있는 다양한 프로그램을 개발할 필요가 있다.

둘째, 우리나라 실정에 맞는 양질의 개방형 수학 문항의 개발이 필요하다. 현재 개발되어 있는 많은 개방형 수학 문항들이 있다. 그런데 막상 현장에서 교사들의 이를 활용하려면 일일이 찾아서 응용해야 하는 실정이다. 따라서 학년군별 그리고 수준별로 다양한 양질의 수학 문항을 지속적으로 개발할 필요가 있다. 이런 문항을 학교 현장에서 교사들이 적절하게 활용하도록 할 필요가 있다.

셋째, 개방형 문제해결 학습을 학교에서 어떻게 활용할 수 있는지에 대한 교사연수가 필요하다. 현재 학교에서의 수학 수업을 교과서를 중심으로 한 수업을 하고 있다. 매 차시에서 개방형문제해결 학습을 하도록 할 필요는 없으나, 적어도 한 단원에서 일부 차시에서 학생들이 개방형 수학문제를 해결하면서 수학에 대한 인식을 새롭게 하고 수학에 대한 태도를 보다 긍정적으로 가지도록 할 필요가 있다. 이를 위하여 교사들의 개방형 문제해결학습에 대한 이해와 적용 능력을 갖추도록 할 필요가 있다. 이를 위하여 개방형문제해결 학습을 위한 질 높은 교사 연수 프로그램을 개발하여 운영할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 강완·백석윤 (1998). 초등수학교육론. 서울: 동명사.
- Kang, W., & Baek, S. Y. (1998). *The theory of elementary mathematics education*. Seoul: DongMyungSa.
- 고호경 외 (2015). 수학학습 실태 조사 및 개선방안 연구. 한국과학창의재단 연구보고서.
- Ko, H. K. et. al. (2015). *A study on the survey analysis of mathematics learning and improvement the situations*. Korea Foundation for Science and Creativity Research Report.
- 교육부 (2020). 수학 6-2. 서울: ㈜비상교육.
- Ministry of Education (2020). *Mathematics 6-1*. Seoul: Visang Education Co., Ltd.
- 권오남·박정숙·박지현 (2005). 개방형 문제 중심의 프로그램이 수학적 창의력에 미치는 효과. 수학교육, **44(2)**, 307-323.
- Kwon, O. N, Park, J. S., & Park, J. H. (2005). Cultivating mathematical creativity through open-ended approaches: Development of a program and effectiveness analysis. *The Mathematical Education*, **44(2)**, 307-323.
- 김도연 (2011). 초등학교 수학과 서술형 평가에 대한 실태 및 인식. 서울교육대학교 교육대학원 미간행 석사학위논문.
- Kim, D. Y. (2011). *A survey analysis and recognition on the descriptive assessment in elementary mathematics education*. Unpublished master's thesis at Seoul National Graduate School of Education.
- 김명숙 (2009). 수학과 개방형 문제 해결 수업에서 초등학생들의 창의적 반응 분석. 경인교육대학교 교육대학원 미간행 석사학위논문.

- Kim, M. S. (2009). *Analysis on the creative responses of elementary student in open-ended problem solving lessons in mathematics*. Unpublished master's thesis at Gyeongin National Graduate School of Education.
- 김민경 · 이자혜 (2019). 초등 수학 영재 학생의 개방형 문제 생성 능력과 메타인지에 관한 연구. 영재와 영재교육, **17(4)**, 5-30.
- Kim, M. K, Lee, J. H. (2019). A study on the posing ability of open-ended problem and metacognition of mathematically gifted elementary students. *The Journal of the Korean Society for Gifted and Talented*, **17(4)**, 5-30.
- 김상정 · 권영민 · 배종수 (2010). 개방형 문제 활용이 수학적 창의력과 뇌 기능에 미치는 효과. 한국초등수학교육학회지, **14(3)**, 723-744.
- Kim, S. J, Kwon, Y, M, & Bae, J, S. (2010). The Effects of Open-ended Problems on Mathematical Creativity and Brain Function. *Korean Society of Elementary Mathematics Education*, **14(3)**, 723-744.
- 김응관 (2019). 개방형 문제를 활용한 수학적 활동에서 나타난 수학적 창의성에 대한 연구. 청주교육대학교 교육대학원 미간행 석사학위논문.
- Kim, E. K. (2019). *A study on mathematical creativity focused on the using open-ended problem tasks*. Unpublished master's thesis at Cheongju National Graduate School of Education.
- 도주원 · 백석윤 (2019). 수학 영재아의 문제해결 활동에 대한 메타정 의적 관점에서의 특성 분석, 수학교육, **58(4)**, 519-530.
- Do, J. W., & Paik, S. Y. (2019). Analysis of characteristics from meta-affect viewpoint on problem-solving activities of mathematically gifted children. *The Mathematical Education*, **58(4)**, 519-530.
- 문성길 (2000). 개방형 교수법에 의한 수학지도가 문제해결력과 신념 형성에 미치는 효과. 한국교원대학교 미간행 석사학위논문.
- Moon, S. K. (2000). *The effects of open-ended on the problem solving ability and beliefs*. Unpublished master's thesis at Korea National University of Education
- 문은혜 (2017). 비형식적 통계추론 활동이 초등수학 영재학급 학생의 수학적 창의성 및 태도에 미치는 영향. 서울교육대학교 교육대학원 미간행 석사학위논문.
- Moon, E. H. (2017). *The effects of Informal statistical inference activities on the mathematical creativity and attitude of mathematically gifted elementary students*. Unpublished master's thesis at Seoul National Graduate School of Education.
- 박경미 · 이환철 · 박선화 · 권점례 · 윤상혁 · 강현영 외 (2015). 2015 개정 수학과 교육과정 시안 개발 연구 II. 한국과학창의재단 연구보고서 BD15120005.
- Park, K. M. et al. (2015). *A study on the revised mathematics course curriculum II*. Seoul: Korea Foundation for the Advanced of Science and Creativity.
- 박만구 (2015). 초등예비교사의 수학 창의성에 대한 인식 분석. 초등수학교육, **19(1)**, 81-105.
- Park, M. G. (2015). An analysis on the perceptions of mathematical creativity of preservice elementary school teachers. *Journal of Education of Primary School Mathematics*, **19(1)**, 81-105.
- 송상현 (1998). 수학 영재성 측정과 관별에 관한 연구. 서울대학교 대학원 미간행 박사학위논문.
- Song, S. H. (1998). *Study on the measurement and selection of the mathematically giftedness*. Unpublished dissertation at Graduate School of Seoul National University.
- 이대현 (2014). 다양한 해결법이 있는 문제를 활용한 수학적 창의성 측정 방안 탐색. 학교수학, **16(1)**, 1-17.
- Lee, D. H. (2014). A study on the measurement in mathematical creativity using multiple solution tasks. *School Mathematics*, **16(1)**, 1-17.
- 이영임 (2015). 개방형 문제해결 수업에서 나타나는 5학년 학생들의 수학적 사고 분석. 경인교육대학교 교육대학원 미간행 석사학위논문.

- Lee, Y. I. (2015). *Analysis of the mathematical thinking of fifth-grade students in the open-ended problems solving class*. Unpublished master's thesis at Gyeongin National Graduate School of Education.
- 이호상 (2009). 초등학교 수학과 수행평가를 위한 개방형 문제 개발 및 적용 분석 -5, 6학년 을 중심으로-. 공주교육대학교 교육대학원 미간행 석사학위논문.
- Lee, H. S. (2009). *The development of open-ended problems and analysis of application for performance assessment of elementary school mathematics: Focused on 5th and 6th Graders*. Unpublished master's thesis at Gongju National Graduate School of Education.
- 전민선 (2014). 초등학교 5학년 수학평가를 위한 개방형 문항의 개발. 경인교육대학교 교육대학원 미간행 석사학위논문.
- Cheon, M. S. (2014). *Development of open-ended problems for the mathematics assessment of 5th grade students in elementary school*. Unpublished master's thesis at Gyeongin National Graduate School of Education.
- 최지민 (2017). 수학 독서 토론 활동이 초등학교 학생들의 수학적 창의성과 학업성취도에 미치는 영향. 서울교육대학교 교육대학원 미간행 석사학위논문.
- Choi, J. M. (2017). *Effects of mathematics reading discussion on mathematical creativity and achievements in elementary school*. Unpublished master's thesis at Seoul National Graduate School of Education.
- 하수현·이광호 (2014). Leikin의 수학적 창의성 측정 방법에 대한 고찰. 한국초등수학교육학회지, **18(1)**, 83-103.
- Ha, S. H., & Lee, K. H. (2014). A study on the Leikin's method of measuring mathematical creativity. *Korean Society of Elementary Mathematics Education*, **18(1)**, 83-103.
- 황동주 (2005). 수학 영재 관별의 타당도 향상을 위한 수학 창의성 및 문제 해결력 검사 개발과 채점방법에 관한 연구. 단국대학교 대학원 미간행 석사학위논문.
- Hwang, D. J. (2005). *A study on the development and scoring method of mathematical creativity and problem-solving ability tests to improve the validity of mathematically gifted identification*. Unpublished master's thesis at Dankook University Graduate School.
- 能田伸彦 (1984). 若い教師のための算数・数学科個別指導のためのアイデア. 東京: 明治図書, 昭和59
- Noda Nobuhiko (1984). *Mathematics of mathematics. Mathematics Individual Guide*. Tokyo: Meiji Books, Showa 59.
- 坪田耕三 (1993). 算数・数学科算数科オープン ソープ ローチ による指導の研究. 東京: 東洋館出版社.
- Kozo Tsubota (1993). *Arithmetic investigating guidance by the Department of Mathematics Arithmetic Open Soap Roach*. Toyokan Publishing Co., Ltd.
- Aiken, L. R. (1970). Attitudes toward mathematics. *Review of Educational Research*, **40(4)**, 551-596.
- Becjer, J. P., & Shimada, S. (1997). *The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- 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. 161-168). Rotterdam: Sense Publishers.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- OECD (2005). *Formative assessment improving learning in secondary classrooms*. The Centre for Educational Research and Innovation.
- Sawada, T. (1997). Developing lesson plans. In J. Becker & S. Shimada (Eds.), *The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics* (pp. 1-9). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

- Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.
- Torrance, E. P. (1995). Insights about creativity: Questioned, rejected, ridiculed, ignored. *Educational Psychology Review*, 7(1), 313-322.

The Effects of Open-Ended Mathematical Problem Solving Learning on Mathematical Creativity and Attitudes of Elementary Students

Seo, YoungMin

Moondeok Elementary School, Seoul, Korea

E-mail : nicesym@sen.go.kr

Park, Mangoo[†]

Department of Mathematics Education, Seoul National University of Education

E-mail : mpark29@snue.ac.kr

The purpose of this study was to find out how problem solving learning with open-ended mathematics problems for elementary school students affects their mathematical creativity and mathematical attitudes. To this end, 9 problem solving lessons with open-ended mathematics problems were conducted for 6th grade elementary school students in Seoul. The results were analyzed by using I-STATistics program to pre-and post- t-test. As a result of the study, problem solving learning with open-ended problems was effective in increasing mathematical creativity, especially in increasing flexibility and originality, which are sub-elements of creativity. In addition, problem solving learning with open-ended problems has helped improve mathematical attitudes and has been particularly effective in improving recognition needs and motivation among subfactors. In problem solving learning with open-ended problems, students were able to share various responses and expand their thoughts. Based on the results of the study, the researchers proposed that it is necessary to continue the development of quality materials and teacher training to utilize mathematical problem solving with open-ended problems at school sites.

* 2000MathematicsSubjectClassification: 97D50

* Key Words : Open-ended problem solving learning, mathematical creativity, mathematical attitude

† Corresponding Author