

## 수학퍼즐이 초등학교 4학년 학생들의 수학적 창의성에 미치는 효과

전 평 국 (한국교원대학교)

안 소 영 (한국교원대학교 대학원)

퍼즐의 교육적 의도는 수학 학습의 즐거움과 호기심, 그리고 지적 도전감이나 이를 통해 결과적으로 수학적 창의성이 신장된다는 믿음에서 비롯되며, 퍼즐 문제를 해결하는 과정에서 창의성이 향상될 수 있으며 또 창의성은 다양한 퍼즐 문제를 통해 교육될 수 있다고 할 수 있다. 본 연구는 앞으로 좀더 체계적인 퍼즐의 교육적 활용을 위해 수학퍼즐이 학생들의 수학 창의성에 미치는 효과를 실험을 통해 살펴 보았다.

### I. 서 론

#### 1. 연구의 필요성 및 목적

문제를 해결하고 그 해를 구하는 해결 과정에서 지적 만족감을 느끼고자 하는 것은 인간의 본성이며, 퍼즐은 이런 의미에서 고대부터 수학자뿐만 아니라 일반인들에게도 흥미를 끄는 소재였다.

우리 사회에서 퍼즐은 흥미와 사고력 발달을 위한 자료로 조작 도구, 인터넷 사이트, 서적, CD-ROM, 구체물 등의 형태로 우리 주변에서 흔히 이용되고 있으며 유아용 조작 맞추기 퍼즐에서 성인도 해결하기 어려운 것까지 그 종류와 활용 범위가 넓다.

복잡한 사회, 넘치는 정보에 유연하게 대처할 수 있는 판단력과 사고력을 길러 주기 위해 일본이나 선진 여러 나라에서는 이미 오래 전부터 퍼즐은 자유분방한 사고와 창의력을 기르는 교육 프로그램 교재로 사용해 오고 있다(팬더북 편집부, 1996). 과학과 기술의 발달로 복잡한 문제의 해결사로 등장한 컴퓨터를 사용한다 하더라도 어느 정보를 뽑아서 어떻게 행동하는가 하는 결정은 인간의 사고력과 판단력에 의지해야 한다.

퍼즐은 어디까지 놀이라고 주장하는 사람도 없지 않겠으나 많은 사람들이 퍼즐에 의해 수학에 흥미를 갖게 된다. 그 뿐만 아니라 퍼즐에 의해 발전한 수학이 많다. '내기'에서 통계·확률이 '한붓그리기'에서 위상수학, 카드의 숫자맞추기에서 전자계산기, 마방진에서 원자력의 연구 등 새로운 수학 분야가 탄생했다(금하출판 편집부, 1995).

또한 퍼즐을 쉬운 단계부터 거치고 나면 다음 단계의 문제들은 처음 보았을 때보다 훨씬 쉽게 되고 그렇게 점점 불가능하다고 생각했던 퍼즐들을 풀게 되며(Geil, 1996), 고정관념에서 벗어나 자유분

방한 사고, 발상의 전환, 번뜩이는 기지를 발휘하여 문제를 하나하나 정복해 나감으로써 잠재하고 있던 창의력을 불러일으키고, 어떤 어려운 문제에 봉착하더라도 타개해 나갈 수 있는 자신감을 길러주는 계기가 될 것이다(팬더북 편집부, 1996).

그런데, 전에는 퍼즐이나 퀴즈가 지식이나 교양을 자랑할 수 있는 수단이었지만, 요즘에는 논리와 재치를 즐기는 게임이 되었다(笹山朝生, 1994). 이는 퍼즐이 흥미롭고 다양한 활동으로 활용되고 있음을 지적한 것이다. 또, 김진락(1990)은 수학문제유형을 기억 확인 및 계산 문제, 수학적 표현 문제, 수학적 해석문제, 응용문제, 오락문제로 분류하는 과정에서 퍼즐을 오락문제에 포함시켰고, 미국 NCTM(1975)에서는 수학적 게임과 퍼즐의 일반적인 교육적 사용의 의도를 수학에 대한 호의적인 태도와 흥미를 자극하기 위한 것으로 표현하고 있다. 이처럼 퍼즐은 수학적 능력의 향상이라기보다는 흥미와 호기심을 주는 활동으로 부각되어 왔으나 최근 수학교육의 여러 분야에서 퍼즐이 점점 교육적 가치를 인정받으면서 문제 해결력과 창의성을 기를 수 있게 하는 좋은 소재로 활용되고 있다.

퍼즐의 교육적 활용의 실체를 살펴보면 다음과 같다.

우선, 제 7차 교육과정의 기본철학은 학습자 중심의 수학 교수 학습으로 이를 실천하기 위하여 학생들의 활동을 많이 나타내고 있는데 이를 토대로 한 수학과 교과용 도서 편찬의 가장 큰 기본 방향은 '학생의 자기 주도적 능력과 창의성 신장에 적합한 질 높은 교과서'가 되도록 하는 것이다(교육부, 2001). 이런 기본 방향에 의해 학생의 흥미와 활동을 위한 다양한 소재가 삽입되었으며 그 중에서 수학퍼즐은 교사용 지도서의 교수학습 보충자료의 '놀이 및 퍼즐자료'와 교과서의 마지막 단원으로 구성되어 있는 '문제 푸는 방법 찾기'단원에서 다양한 문제해결전략을 익힐 수 있는 기회를 제공하는 자료로 활용되고 있다.

둘째, 99년 연말 영재교육진흥법이 통과되면서 더욱 활성화된 영재교육의 영재교육 프로그램과 개발연구(박명진, 2000; 이종욱, 2000)에서 수학퍼즐은 수학적 개념 및 원리의 확장과 호기심 유발, 논리적이고 창의적인 사고력 신장에 기여할 것으로 예상하고 있으며, 실제 수학영재교육 기관의 프로그램으로 수학퍼즐이 다양하게 활용되고 있다.

셋째, 복잡하고 급변하는 사회에 적응할 수 있는 인간의 중요한 특성이 창의성이라는 인식과 함께 각급 학교에서 창의성 교육이 강조되었고, 이와 함께 단편적인 지식 전달 교육을 지양하고 아동의 폭넓은 사고 증진을 위해 창의성 계발을 위한 자료 및 프로그램이 개발되었다(한국 교육 출판, 1997; 김춘일, 1999; 김재광 외 2명, 1996). 이들 프로그램은 언어영역, 수리영역, 탐구활동영역 등으로 주요 영역을 나누고 영역별 활동을 구체적으로 제시하였는데 이중 수리영역의 프로그램 내용은 대부분 성냥개비퍼즐, 마방진과 같은 수학퍼즐로 구성되어 있다.

이상을 종합해보면, 우리 수학교육에서 퍼즐은 창의성을 신장시키기 위한 교육 내용으로 점차 그 위치를 분명히 하고 있다.

창의성 교육은 단순한 정답맞추기 보다는 많은 인지적 활동이 요구되는 교수 방법이 적용되어야 하며(전평국 외 3명, 2001), 창의성 교육의 내용으로서 포함되어야하는 것으로 주목받고 있는 것은

창의적 능력과 기법, 창의적 문제해결 등의 영역이다(박병기, 1998). 여러 연구에서 창의성은 문제해결 결과 관련 있는 것으로 나타나며, 이런 점에서 창의성은 문제해결 과정에서 교육되어야 할 것이다(전평국 외 3명, 2001).

Gardner(1990)는 갑자기 떠올라 문제를 짧고도 명쾌하게 해결해주는 것이 심리학자들이 말하는 ‘아하! 반응’이고, 이 ‘아하! 직관’과 창의성 사이에 밀접한 연관이 있으며 퍼즐을 해결하는 과정에서 발생할 수 있다고 했다.

또, 일본의 수학퍼즐 연구가 藤村幸三郎(1995)는 현재의 교육 제도 하에서 수학을 흥미 있는 학문이라고 피부로 느낄 수 있는 유효 적절한 소재가 수학퍼즐이고 퍼즐을 단순히 한숨 돌리기 위해 푸는 식자도 있겠으나 오히려 수학적인 사물에 대한 사고방법의 참모습을 이해, 파악할 수 있는 수단 이 된다고 했다.

그러므로 퍼즐의 교육적 의도는 수학 학습의 즐거움과 호기심, 그리고 지적 도전감이나 이를 통해 결과적으로 수학적 창의성이 신장되리라는 믿음에서 비롯되며, 퍼즐 문제를 해결하는 과정에서 창의성이 향상될 수 있으며 또 창의성은 다양한 퍼즐 문제를 통해 교육될 수 있다고 할 수 있다.

그렇다면 수학퍼즐을 수학 교실에서 학생들이 학습했을 때, 새로운 수학교육의 주요 관점인 수학적 창의성과 창의성의 요소에 실제로 효과가 있을까? 물론 퍼즐은 폭넓은 내용과 복잡하고 다양한 특징 때문에 어떤 능력에 영향을 미칠 것인지에 대한 논의가 무의미 할 수 있으나 수학퍼즐이 학생들의 수학 창의성에 미치는 효과를 연구하는 것은 이 후 좀더 체계적인 퍼즐의 교육적 활용을 위해 꼭 필요한 것이라 할 수 있다.

## 1) 연구 문제

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

1. 수학퍼즐을 적용한 집단과 수학퍼즐을 적용하지 않은 집단 사이에 수학적 창의성에서 차이가 있는가?
2. 수학퍼즐을 적용한 집단과 수학퍼즐을 적용하지 않은 집단은 수학적 창의성 중 어떤 요소(유창성, 융통성, 독창성)에서 효과가 있는가?

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 연구 대상

본 연구는 천안시 소재의 S초등학교의 4학년 2개 학급을 선정하여 한 학급은 실험 집단, 다른 학급은 비교 집단으로 하였다.

처음 연구에 참여한 학생 수는 실험 집단이 44명, 비교 집단이 42명이었으나 극단값(extreme

value)에 의한 영향을 줄이기 위해 사전 수학적 창의성 검사에서 얻은 수학적 창의성 점수의 평균들 중에서 다른 값들보다 멀리 떨어져 있는 값(outlier)을 통계적 절차에 의한 방법으로 제외시켰다. 그 결과 실험 집단과 비교 집단에서 최상의 점수를 받은 학생 각 1명이 제외되어 실험 집단 43명, 비교 집단 41명이 분석 대상이 되었다.

실험 전 사전 검사의 결과에서 실험 집단과 비교 집단의 수학적 창의성과 수학적 창의성의 요소(유창성, 융통성, 독창성)의 동질성을 확인하였다.

## 2. 연구 설계

본 연구의 연구 문제를 해결하기 위해 아래와 같이 준실험 이질 통제 집단 설계(Quasi-Experimental Nonequivalent Control Design)를 하였다.

E	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>
C	O <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>4</sub>

E: 실험 집단 C: 비교 집단 O: 수학적 창의성검사

X<sub>1</sub>: 실험처치(수학퍼즐) X<sub>2</sub>: 평상시 아침활동

## 3. 검사 도구

본 연구에서는 수학적 창의성 검사지를 검사 도구로 사용하였으며, 사전·사후 검사 모두 동형인 수학적 창의성 검사지를 사용하였다.

수학적 창의성 검사의 문항은 한국교육개발원(1996)의 영재판별을 위한 창의성 검사와 Haylock(1984), Balka(1974)의 창의성 검사 문항, 그리고 변은진(2001)의 수학적 창의력 검사 문항 중 초등학교 4학년 학생의 수준에 적당한 검사 문항을 선정하여 재구성하였다.

교과 전문가의 검토를 받아 검사 문항의 타당도를 검증 받았으며, 예비 검사 결과 신뢰도는 0.67였다.

문항	교과 관련영역	문제	평가요소	문제의 출처 또는 참고문헌
1	관계	세 개의 숫자로 식 만들기	유창성, 융통성, 독창성	Haylock(1984)
2	도형	성냥개비로 5개의 정사각형 만들기	유창성, 융통성, 독창성	변은진(2001)
3	수	숫자'3'이 주변에서 사용되는 경우 찾기	유창성, 융통성, 독창성	Balka(1974)

## 4. 연구 절차

### 1) 예비 검사

창의성 검사 문항은 연구자가 문헌 검토 과정에서 재구성한 것이므로, 학생들이 검사 문항에 응답

하는데 소용되는 시간의 적절성과 검사 문항의 수, 검사 문항의 진술, 문항의 난이도에 대한 적절성과 채점 기준표를 설정하기 위하여 예비 검사를 실시하였다.

예비 검사는 천안시 소재의 N초등학교 4학년 한 학급 42명을 대상으로 2001년 5월 20일에 40분 동안 1차 예비 검사(부록 I 참조)를 실시하였다. 1차 예비 검사 결과 시간이 부족하여 마지막 문항에 대한 답안을 완성하지 못한 학생이 5명 있었고, 2번 문항과 3번 문항에 대해 문제의 뜻을 이해하지 못하고 부적절한 반응을 보인 학생이 각 4명, 3명이 있었다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 검사 시간을 50분으로 늘렸으며, 학생들의 이해를 돕기 위해 2번 문항과 3번 문항에 대한 예를 제시하되, 학생들이 주어진 예를 모방하는 것을 예방하기 위하여 간접적인 예를 제시하였다.

수정된 검사지로 천안시 소재 S초등학교 4학년 한 학급 41명을 대상으로 2001년 8월 29일에 2차 예비 검사를 실시하였다. 실시 결과 신뢰도는 0.67였고 1차에서 발견된 문제가 보완되었으므로 창의성 검사 문항으로 확정하였다.

## 2) 사전 검사

실험 처치 전에 실험 집단과 비교 집단이 수학적 창의성에 있어 동질 집단인지, 창의력의 하위요소별로 동질 집단인지 여부를 확인하기 위해 실시하였으며 연구 대상으로 선정한 두 학급을 대상으로 2001년 9월 1일 50분 동안 1교시에 실시하였다. 검사 환경은 편안한 분위기에서 담임 교사가 감독하는 가운데 각 집단의 교실에서 실시하였다.

또, 사전 검사 실시 전에 두 집단의 담임 교사에게 검사의 목적, 검사의 내용, 검사의 실시 요령들을 자세히 설명하여 검사 환경에 차이가 나지 않도록 특별히 주의를 기울였다.

## 3) 실험 처치

본 연구의 실험 처치는 실험 집단에는 수학퍼즐을, 비교 집단에는 평상시의 아침 자습을 실시하는 것으로 1주일에 4회씩, 1회에 30분씩 아침 자습 시간을 이용하여 2001년 9월 1일부터 2001년 9월 28일까지 총 16회 실시하였다.

실험 집단의 실험 처치 내용은 수학 교과서, 국내·외 퍼즐 관련 서적, 인터넷 퍼즐 사이트, 창의성 교육 프로그램, 영재교육 프로그램의 퍼즐들을 수집하여 초등학교 4학년 수준에 적합한 것을 선정하거나 4학년 수준에 맞게 변형시켜 구성하였으며, 각 퍼즐 문제를 2001년 7월에 4학년 1개 학급에 실시한 후 각 문제에 대한 학생들의 반응을 검토하고 그 난이도와 흥미를 고려하여 학습지 16개로 구성하였다.

1회의 학습지는 주제가 같은 퍼즐로 구성하였으며, 쉬운 문제 후에 다소 어려운 문제로 발전되거나 쉽고 평이해 보이는 문제들 사이에 새롭고 복잡해 보이는 문제를 포함시키는 형식을 취하였고 전체적인 난이도를 대략 70%가 되도록 하였다. 이는 실험 집단의 학생들이 실험기간 동안 수학퍼즐 문제를 해결하면서 수학퍼즐에 대해 부담스러워하거나 지루해하지 않도록 하기 위한 것이었다.

16개 학습지의 주제는 다음과 같다.

실험차수	주제	실험차수	주제
1	여러 가지 수들의 규칙 찾기①	9	조건에 알맞게 나누기①
2	여러 가지 수들의 규칙 찾기②	10	조건에 알맞게 나누기②
3	숨겨진 숫자 찾기①	11	한번에 그리기
4	숨겨진 숫자 찾기②	12	성냥개비놀이①
5	여러 가지 식 만들기	13	성냥개비놀이②
6	합이 같은 도형 만들기	14	나의 째짝 아이디어①
7	모양과 크기가 같게 나누기	15	나의 째짝 아이디어②
8	도형세기	16	나의 째짝 아이디어③

비교 집단의 평상시의 아침 자습 활동은 담임의 재량에 따라 여러 교과와 관련된 사고력 학습지와 보충·심화 학습지 등을 학생들에게 제공하여 해결하도록 하였고 수학퍼즐이 실험 기간동안 적용되지 않도록 통제하였다.

실험 집단은 2001년 9월 3일부터 9월 28일까지 주 4회씩 수학퍼즐 문제를 해결하였다. 퍼즐 문제는 아침 자습시간(08:30-09:00) 30분 동안 해결하였으며 담임 교사가 관리 감독하였다. 퍼즐 문제 해결시간은 학습지를 해결하는 자유스러운 분위기를 조성하되 스스로 해결하도록 지도하였다.

퍼즐 문제 해결 후에 담임 교사의 지도 하에 퍼즐의 정답을 확인하고 틀린 문제에 대한 교정을 하여 즉각적인 피드백을 주었으며 또 학생들이 각자의 독특한 해결방법이나 새로운 답안을 제시하기도 하였다.

또 1회의 학습지 적용 후 학생들의 반응을 알아보기 위해 퍼즐 문제를 즐겁게 해결하였는지에 대하여 3지(①그렇다②모르겠다③그렇지 않다)선다형의 간단한 설문을 하였다.

#### 4) 사후 검사

사후 검사는 수학퍼즐을 적용한 집단과 수학퍼즐을 적용하지 않은 집단 사이에 수학적 창의성과 수학적 창의성의 요소에 차이가 있는지 검정하기 위한 자료를 수집하기 위해 실시하였다. 2001년 9월 29일 1교시에 사후검사를 실시하였으며, 검사 방법과 절차는 사전 검사와 동일하게 하였고 창의성 검사지의 문항은 사전 검사 문항과 동형으로 하였다.

#### 5. 자료 수집

수학적 창의성 검사의 문항은 총 3문항으로 각 문항은 수학적 창의성의 요소인 유창성, 융통성, 독창성으로 구분하여 채점하였으며, 이들 점수의 총합을 수학적 창의성 점수로 하였다. 각 요소별 평가 관점은 다음과 같다.

- ① 유창성 : 학생이 얼마나 많은 다른 답과 접근법을 사용해서 문제를 해결하는가?
  - ② 융통성 : 학생이 각기 다른 수학적 아이디어를 얼마나 많이 발견해 내었는가?
  - ③ 독창성 : 학생들의 아이디어가 어느 정도로 통찰력 있고, 독창적이며, 새로운가?
- 이를 기준으로 유창성, 융통성, 독창성에 대한 채점을 실시하였다.

각 문항에 대해 주어진 조건에 부적절한 반응이나 애매한 반응 또는 같은 반응을 2번 이상 쓴 것을 제외하고 각 문항에 대한 반응의 수를 유창성의 점수로 하였으며, 반응들의 접근방법에 따라 범주화하고 나타난 범주의 수를 융통성 점수로, 반응의 회소성과 유용성을 고려하여 독창성 점수를 부여하였다.

유창성은 한가지 반응에 1점씩을 부여하고 반응수가 쉽게 많이 나오는 1번 문항은 같은 유형의 반응에 대해 10점으로 점수를 제한하였다. 2번, 3번 문항은 유창성 점수의 상한선을 두지 않았다.

융통성은 한가지 유형의 범주에 대해 2점씩을 부여하였다. 또 채점 과정에 새로운 유형의 반응이 나오면 현장교사 2명의 조언을 받아 또 다른 범주로 추가하였다.

독창성은 독창성 점수 부여 기준을 마련하기 위해 각 범주에 대한 학생들의 반응 빈도를 조사하여 분석된 반응 유형이 전체 학생수의 10%이상 나타난 경우 독창성 점수를 0점으로 하고 5%이상 10%미만은 1점, 5%미만은 2점으로 부여하되, 이를 독창성 점수 부여에 대한 절대적인 기준으로 삼지는 않았다. 즉, 빈도는 낮으나 반응 수준이 다른 반응 수준에 비해 낮거나 수학적으로 의미가 없는 경우는 반응 빈도가 10%미만이라도 독창성 점수를 부여하지 않았으며, 표본의 제한성으로 인해 반응 빈도만으로 독창성 점수가 차별화 되지 않을 경우에는 연구자의 주관적인 판단에 따라 독창성 점수를 부여하였다.

수학적 창의성의 요소별로 따로 채점하여 이들 점수의 합을 수학적 창의성 점수로 하였다.

채점 기준표는 전반적으로 한국교육개발원(1996)의 영재판별을 위한 창의성 검사를 참고하였으며 부분적으로 '세 가지 숫자로 식 만들기' 문제는 학생들의 반응을, '성냥개비로 5개의 정사각형 만들기' 문제는 변은진(2001)이 사용하였던 채점 기준표를, '숫자 3의 사용' 문제는 Treffers 등(2001)이 수의 의미와 기능에 대해 분류한 것을 참고하여 기초적인 형식을 마련하였다. 예비 검사에 대한 학생들의 각 문항에 대한 반응을 수집하고 분석하여 임시로 반응을 문항별로 분류하여 채점 기준표의 기초 자료로 삼았으며 반응을 분류할 때는 일단 서로 다른 것은 모두 기입한 후 현장교사 2명과 연구자가 합의하여 그것들을 다시 구분되는 반응 유형으로 묶었으며, 교과 전문가와 현장교사 2명의 조언을 받아 채점 기준표를 확정하였다.

다음은 수학적 창의성 검사 문항 채점 방법을 예시한 것으로 수학적 창의성 검사 문항 1번에 대한 K의 반응을 나타낸 것이다.

범주	학생들의 반응	독창성점수
1. 세 가지 한자리수들의 식	$\cdot 3 + 6 + 9$	0
	$\cdot 3 \times (6 + 9)$	
	$\cdot 9 \div 3 + 6$	
	$\cdot 6 \times (9 - 3)$	
	$\cdot 9 - 6 + 3$	
2. 두 가지 한자리수들과 나머지 한자리수의 식	$\cdot 3 + 6 = 9$	0
	$\cdot 9 \times 6 > 3$	
	$\cdot 9 \div 3 < 6$	
	$\cdot 3 + 9 > 6$	
3. 두자리수와 한자리수의 식	$\cdot 36 + 9$	1
	$\cdot 69 - 3$	
4. 분수와 한자리수의 식	$\cdot 3/9 + 6$	2
	$\cdot 3/6 - 9$	
5. 소수와 한자리수의 식	.	2

위의 표와 같이 K는 13가지 반응을 했으므로 유창성 점수는 13점이고, 4가지 유형의 반응을 했으므로 융통성 점수는  $2 \times 4 = 8$ 점이 된다. 그리고 3, 4, 5번 유형에 대한 독창성 점수가 각 1, 2, 2점인데 K는 3번과 4번 유형에 각 2가지의 반응을 했으므로 독창성 점수는  $1+1+2+2 = 6$ 점이 된다. 그러므로 K의 창의성 점수는 유창성, 융통성, 독창성의 점수를 합하여  $13+8+6 = 27$ 점이 된다.

## 6. 자료 분석

본 연구에서는 연구문제를 해결하기 위하여 사전, 사후검사에서 연구 대상자가 획득한 수학적 창의성 점수를 SPSSWIN 통계프로그램을 사용하여 분석하였다. 수집된 자료의 분석 방법은 다음과 같다.

1) 연구 문제 1은 실험 처치 후 퍼즐을 적용한 실험 집단과 퍼즐을 적용하지 않은 통제 집단의 수학적 창의성의 점수에 차이가 있는지를 알아보기 위한 것으로, 사후 수학적 창의성 검사의 결과가 수학적 창의성 점수에서 유의미한 차이가 있는지 t-검정하였다.

2) 연구 문제 2는 퍼즐을 적용한 실험 집단과 퍼즐을 적용하지 않은 비교 집단 사이에 창의성의 어떤 요소에 더 효과가 있는지를 알아보기 위한 것으로, 사후 수학적 창의성 검사 결과의 유창성, 융통성, 독창성 점수를 t-검정하였다.

## IV. 연구 결과

### 1. 사전 검사 결과

사전 검사는 실험 처치를 하기 전에 실험 집단과 비교 집단이 수학적 창의성에 있어서 동질 집단인지, 수학적 창의성의 각 요소별로 동질 집단인지 알아보기 위하여 실시하였다. 사전 검사로는 수학

적 창의성에 대한 지필 검사를 실시하였다.

1) 사전 수학적 창의성 검사 결과

사전 수학적 창의성 검사에서 얻은 수학적 창의성의 점수에 대하여 실험 집단과 비교 집단이 수학적 창의성에 있어 동질 집단인지를 알아보기 위해 두 집단의 평균을 유의수준 0.05로 t-검정하였다. 그 결과, 표 IV-1에서 알 수 있는 바와 같이 유의도 $p=0.765(>0.05)$ 로서 실험 집단과 비교 집단 사이에는 수학적 창의성에 있어 유의미한 차이가 없는 동질 집단임을 확인하였다.

<표 IV-1> 사전 수학적 창의성 검사 결과에 대한 t-검정

집단	N	평균(M)	표준편차(SD)	t	자유도(df)	유의도(p)
실험 집단	43	30.21	11.36	0.300	82	0.765
비교 집단	41	29.41	12.93			

$p > 0.05$

2) 사전 수학적 창의성의 요소별 검사 결과

사전 수학적 창의성 검사에서의 유창성, 융통성, 독창성 점수에 대하여 실험 집단과 비교 집단이 수학적 창의성의 각 요소-유창성, 융통성, 독창성-에 있어 동질 집단인지를 알아보기 위해 두 집단의 평균을 유의수준 0.05로 하여 t-검정하였다. 그 결과 표 IV-2, IV-3, IV-4에서 알 수 있는 바와 같이 유창성은 유의도 $p=0.933(>0.05)$ , 융통성은 유의도 $p=0.062(>0.05)$ , 독창성은 유의도 $p=0.770(>0.05)$ 으로 실험 집단과 비교 집단 사이에는 수학적 창의성의 각 요소별로 유의미한 차이가 없는 동질 집단임을 알 수 있다.

<표 IV-2> 사전 수학적 창의성 검사의 유창성에 대한 t-검정

집단	N	평균(M)	표준편차(SD)	t	자유도(df)	유의도(p)
실험 집단	43	17.44	7.83	0.085	82	0.933
비교 집단	41	17.90	9.21			

$p > 0.05$

<표 IV-3> 사전 수학적 창의성 검사의 융통성에 대한 t-검정

집단	N	평균(M)	표준편차(SD)	t	자유도(df)	유의도(p)
실험 집단	43	9.81	2.99	1.894	82	0.062
비교 집단	41	8.63	2.70			

$p > 0.05$

<표 IV-4> 사전 수학적 창의성 검사의 독창성에 대한 t-검정

집단	N	평균(M)	표준편차(SD)	t	자유도(df)	유의도(p)
실험 집단	43	2.65	2.70	0.293	82	0.770
비교 집단	41	2.88	4.26			

$p > 0.05$

## 2. 사후 검사 결과

사후 검사는 실험 처치를 한 후 수학퍼즐을 적용한 집단과 수학퍼즐을 적용하지 않은 집단이 수학적 창의성에 차이가 있는지 알아보기 위해 실시하였다. 사후 검사도 수학적 창의성에 관한 지필 검사를 실시하였다.

1) 연구 문제1 - 수학퍼즐을 적용한 집단과 퍼즐을 적용하지 않은 집단 사이에 수학적 창의성에 차이가 있는가?

수학 퍼즐을 적용한 실험 집단과 수학 퍼즐을 적용하지 않은 비교 집단 사이에 수학적 창의성에 있어서 유의미한 차이가 있는지를 알아보기 위해 두 집단의 사후 수학적 창의성 검사 점수의 평균을 t-검정하였다. 그 결과 표 IV-5에서 알 수 있는 바와 같이 사후 수학적 창의성에 있어서 유의도  $p = 0.016(p < 0.05)$ 로 수학퍼즐을 적용한 집단과 수학 퍼즐을 적용하지 않은 비교집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 수학 퍼즐의 적용이 수학적 창의성 향상에 의미 있는 효과를 보였음을 뜻한다.

<표 IV-5> 사후 수학적 창의성 검사 결과에 대한 t-검정

집단	N	평균(M)	표준편차(SD)	t	자유도(df)	유의도(p)
실험 집단	43	48.88	17.57	2.459	82	0.016*
비교 집단	41	39.85	16.01			

\* $p < 0.05$

2) 연구 문제2 - 수학퍼즐을 적용한 집단과 퍼즐을 적용하지 않은 집단은 수학적 창의성 중 어떤 요소(유창성, 융통성, 독창성)에 효과가 있는가?

수학퍼즐을 적용한 집단과 수학퍼즐을 적용하지 않은 집단 사이에 수학적 창의성의 요소별로 차이가 있는지 알아보기 위해 두 집단의 사후 창의력 검사의 각 요소별 점수의 평균을 t-검정하였다. 그 결과 IV-6에서 알 수 있는 바와 같이 수학퍼즐을 적용한 집단과 수학퍼즐을 적용하지 않은 집단 사이에 유창성은  $p=0.453 (p > 0.05)$ 으로 유의미한 차이가 없었으며, IV-7, IV-8에서 알 수 있는 바와 같이 수학퍼즐을 적용한 집단과 수학퍼즐을 적용하지 않은 집단 사이에 융통성, 독창성은 각각  $p=0.000$ ,  $p=0.020(p < 0.05)$ 으로 유의미한 차이를 보였다. 이는 수학퍼즐의 적용이 수학적 창의성의 세 가지 요소인 유창성, 융통성, 독창성에 대해 유창성의 향상에는 영향을 미치지 못하였으나 융통성, 독창성의 향상에는 영향을 미쳤음을 뜻한다.

<표 IV-6> 사후 수학적 창의성 검사의 유창성에 대한 t-검정

집단	N	평균(M)	표준편차(SD)	t	자유도(df)	유의도(p)
실험 집단	43	30.00	11.92	0.756	82	0.453
비교 집단	41	28.10	11.09			

$p > 0.05$

&lt;표 IV-7&gt; 사후 수학적 창의성 검사의 융통성에 대한 t-검정

집단	N	평균(M)	표준편차(SD)	t	자유도(df)	유의도(p)
실험 집단	43	13.77	3.73	5.897	82	0.000**
비교 집단	41	9.07	3.55			

\*\*p &lt; 0.01

&lt;표 IV-8&gt; 사후 수학적 창의성 검사의 독창성에 대한 t-검정

집단	N	평균(M)	표준편차(SD)	t	자유도(df)	유의도(p)
실험 집단	43	5.02	5.02	2.382	82	0.020*
비교 집단	41	2.68	4.30			

\*p &lt; 0.05

## V. 논의

본 연구는 초등학교 4학년을 대상으로 수학퍼즐을 적용하였을 때 수학적 창의성에 미치는 효과를 비교·분석하여 수학퍼즐을 적용할 경우 학생들의 수학적 창의성에 미치는 효과를 밝히고, 수학퍼즐의 교육적 활용의 의의를 찾는데 그 목적이 있다. 사후 검사에 대한 분석 결과를 바탕으로 수학퍼즐과 수학적 창의성에 대해 논의해 보고자 한다.

우선, 수학퍼즐을 적용한 집단의 학생들은 수학적 창의성의 점수에서 수학퍼즐을 적용하지 않은 집단의 학생들에 비해 유의미한 차이를 보였다. 이는 수학 교육의 창의성 발달을 위한 프로그램에 포함되어 있는 다수의 수학퍼즐이 창의성의 향상에 영향을 미칠 수 있음을 뒷받침해 주는 것이다.

둘째, 본 연구에서 수학 퍼즐을 적용한 집단과 수학 퍼즐을 적용하지 않은 집단은 수학적 창의성의 요소 중에서 융통성과 독창성에 유의미한 차이를 보였다. 임선하(1993)는 창의성의 가장 큰 특징은 독창성이라고 하였으며, Krutetskii(1976)와 Weaver와Brawly(1959), Laycock(1970)은 창의성에 대하여 직접 또는 간접적으로 융통성의 중요성을 강조하였다.

개방형 문제를 활용한 평가가 수학적 창의성의 요소에 모두 영향을 미친 것으로 나타난 변은진(2001)의 연구와 같이 여러 개인 문제를 창의적인 문제로 명명하면서 그러한 문제를 푸는 과정에서 창의적인 문제 해결을 하게되며 보다 높은 정도의 창의적인 사고를 요구받게 된다고 한 송상현(1997)의 주장과 비교해볼 때, 대부분 유일한 답을 요구하는 수학퍼즐은 여러 개의 답을 구하도록 요구하는 개방형 문제와 확연히 다르다. 그러나, 본 연구에서 수학퍼즐이 융통성, 독창성의 향상에 영향을 미친 것으로 나타났다는 점에서 수학퍼즐도 창의성 계발을 위한 양질의 자료라고 해석할 수 있다.

셋째, 본 연구에서 실험 집단과 비교 집단의 융통성, 독창성 점수의 평균은 유의미한 차이를 엮음에도 불구하고 실험 집단과 비교 집단의 유창성 점수의 평균은 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이것은 각 문항에 대한 실험 집단 학생들의 반응 유형이 3~4가지였던 반면 비교 집단 학생들의 반응 유형이 1~2가지 정도였으나 두 집단의 학생들은 각 문항에 대해 비슷한 수의 반응을 하였기 때문이다.

즉, 실험 집단과 비교 집단의 학생들은 다양하고 독특한 답을 구하는 능력에서 차이가 있었으나 많은 양의 답을 구하는 능력은 비슷하였다.

또한, 수학퍼즐이 독특하고 참신한 아이디어를 필요로 하나 대부분의 퍼즐은 유일한 답을 구하는 문제라는 점에서 학생들이 얼마나 많은 답을 하였는지에 대해 평가하는 유창성에 크게 영향을 미치지 않을 것임은 예측할 수 있었던 것이다.

넷째, 참고로 연구 문제와 관계없이 본 연구에서 실험처치로 활용한 수학퍼즐에 대한 실험 집단 학생들의 반응을 살펴볼 필요가 있다. Amabile(1989)는 내적 동기 유발이 이루어질 때 창의성이 발현될 수 있다고 하였으며, 유현주(2000)는 수학 퍼즐의 적용은 학습 능력을 원동력으로 창의성과 관련될 수 있음을 지적하였다. 이에 본 연구의 실험 처치로 적용된 수학퍼즐 문제들에 대한 실험 집단 학생들의 지적 인지도와 흥미를 알아보기 위해 각 퍼즐에 대한 정답률과 흥미도를 분석하여 본 결과, 평균 정답률은 70.5%였고 퍼즐에 대해 흥미롭다고 반응한 학생수의 평균 비율은 75.3%였다. 이러한 결과에 대한 분석적인 해석은 다음 연구 과제로 미루기로 하며 이러한 논의를 하는 것은 본 연구에서 수학퍼즐이 수학적 창의성의 향상에 효과적인 것으로 나타난 결과가 퍼즐에 대한 실험 집단 학생들의 지적 인지도나 흥미도의 영향을 받았을 가능성도 있을 수 있음을 지적하고자 함이다.

## 참 고 문 헌

- 교육부 (2001). 교사용 지도서 수학 4-가, 서울: 대한교과서 주식회사.
- \_\_\_\_\_ (2001). 수학 3-가, 수학 3-나, 수학 4-가, 수학4-나, 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 김원경 · 김미월 · 김용대 (1999). 창의성 신장을 위한 교수-학습 자료 개발, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 9, pp.241-254.
- 김재광 · 김은옥 · 양희두 (1996). 다시 찾는 창의성, 서울: 재능교육.
- 김정주 (2000). 수학 Puzzle에 대한 흥미와 학업성취도와의 상관관계 연구. 강원대학교 석사학위논문.
- 김진락 (1990). 수학문제유형의 분류와 그 실제, 수학교육학회 논문.
- 김춘일 (1999). 창의성교육 그 이론과 실제, 서울: 교육과학사.
- 금하출판 편집부 (1988). 천재들의 수학클럽, 서울: 금하출판.
- 문정화 · 하종덕 (1999). 또 하나의 교육 창의성, 서울: 학지사.
- 박명전 (2000). 수학 영재의 창의적 문제해결력 신장을 위한 학습자료 개발, 한국교원대학교 석사학위논문.
- 박병기 (1998). 창의성 교육의 기반, 서울: 교육과학사.
- 박부성 (2001). 재미있는 영재들의 수학퍼즐, 서울:(주) 자음과 모음.
- 박을용 외 (1995). 수학대사전 下, 한국사전연구사.
- 변은진 (2001). 개방형 문제를 활용한 평가가 수학적 창의력에 미치는 효과, 한국교원대학교 석사학

위 논문.

- 신현용·김원경·신인선·한인기 (2001). 영재교육에서 창의성 신장을 위한 수학수업 모형, 첨삭수학교육 9, pp.673-706.
- 신현용·한인기 (1999). 수학 영재의 창의력 신장을 위한 방향 모색, 첨삭수학교육 8, pp.15-44.
- 손유정 (2000). 창의성에 대한 뇌과학적 탐구 및 창의성 교육의 방향, 서울교육대학교 석사학위논문.
- 송상헌 (1997). 전통적인 문제와 창의적인 문제에 대한 한가지 비교 연구, 대한수학교육학회 논문집 7(1), pp.397-414.
- \_\_\_\_\_ (1998). 초등학생들의 Recreation 활동을 통한 Re-creation 수학의 가능성 탐색. 대한수학교육학회 수학교육 연구 발표회 pp.419-430.
- \_\_\_\_\_ (1999). 수학영재교육 프로그램 개발을 위한 조사연구, 대한수학교육학회지 <학교수학> 1(1), pp.59-94.
- 유현주 (2000). 수학교육과 창의성에 대한 소고, 대학수학교육학회 논문집, pp.51-72.
- 윤미정 (2000). 퀴즈-퍼즐을 이용한 수학의 흥미유발에 관한 연구, 부산대학교 석사학위논문.
- 이영완 (2001). 지능검사 새로운 바람 분다, 과학동아 190, pp.112-115.
- 이종욱 (2000). 초등학교 수학영재의 확산적 사고 발달을 위한 학습 자료 개발 연구, 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 임선하 (1993). 창의성에의 초대, 서울: 주식회사 교보문고.
- 전평국·이재학·백선윤·박성선·김성만 (2001). 열린교육에서의 평가와 창의성 계발, 첨삭수학교육 9, pp.633-671.
- 전평국·이재학·백선윤·박성선 (2001). 열린교육에서의 창의성과 탐구학습. 첨삭수학교육 9, pp.589-601.
- 정성근 (1987). 퍼즐을 통한 수학 학습 신장 방안, 건국대학교 석사학위논문.
- 조성연 (1984). 창의성 검사의 타당화를 위한 일연구, 연세대학교 석사학위논문.
- 팬더북 편집부 (1988). 길거리수학 1·2, 서울: 팬더북.
- 한국교육개발원 (1991). 사고력 신장을 위한 프로그램 개발연구(V), 서울: 방문사.
- \_\_\_\_\_ (1996). 수학영재 판별도구 개발연구(I), 서울: 방문사.
- \_\_\_\_\_ (1996). 영재교육의 이론과 실제, 서울: 방문사.
- 한국교육출판 (1998). 수준별 창의력 계발 학습, 서울: (주)한국교육 출판.
- 藤村幸三郎·田村三郎(1974). 楽しみねかる學ぶために, 임승원 역 (1995). 퍼즐·수학입문, 서울: 전과 과학사.
- Amabile, T.M. (1989). Growing up creative: Nurturing a life creativity, 전경원 역 (1998). 창의성과 동기유발, 서울: 창지사.
- Balka, D. S. (1974). *The development of an instrument to measure creative ability in*

- mathematics*, University of Missouri, Doctoral Dissertain.
- Cropley, A. J. (1966). *Kreativitaet und erziehung*, 김선 역 (1995). 교육과 창의성, 서울: 집문당.
- Feldhusen, J.F. & Treffinger, D.J. (1994). *Creative thinking and problem solving in gifted education*, 전경원 역(1998). 교사를 위한 창의적인 문제 해결력, 서울: 창지사.
- Gardner, M. (1955). *Aha!*, 이충호 역(1990). 아하!, 서울: (주)사계절출판사.
- Geil, H. (1994). *Mensa math games for kids*, 고영수 역(1996). 어린이를 위한 멘사 수학게임, 서울: 청림출판.
- Haylock, D.W. (1984). *Aspect of Mathematical Creativity in Children Aged 11-12*, Ph. D. Thesis in London University.
- Isaksen, S.G. & Treffinger, D.J. (1985). *Creative problem solving*, Buffalo; NY: Bearly Limited.
- NCTM (1975). *Game & Puzzles for Elementary and Middle school Mathematics*, Reston, VA: The Council.
- Treffers, A.; van den Heuvel-Panhuizen, M. & Buys, K. (2001). Kindergarten 1 and 2: Growing number sense. In M. van den Heuvel-Panhuizen(Eds.), *Children learn mathematics: A learning-teaching trajectory with intermediate attainment targets for calculation whole numbers in primary school*, pp.31-42, The Netherlands: Wolters-Noordhoff bv Groningen.