

교구를 활용한 활동에서 창의성 평가를 위한 학생들의 반응 유형 분석

이 강 섭 (단국대학교)

심 상 길 (단국대학교)

I. 서 론

창의적 사고력과 문제해결력을 키우는 데 수학적 활동이 매우 효과적인 방법이라는 것에 대하여 많은 교육학자들이 공감하고 있으며, 그 학습 방법과 효과에 대한 연구보고서가 많이 소개되고 있다. 그 이유는, 창의적 사고를 하는 논리적 구조에서 가장 기본적으로 요구되는 능력으로 공간지각력, 추론능력, 발상의 전환능력 등을 들 수 있는데, 특히 교구를 활용하는 수학적 활동을 통한 학습이 이런 능력들을 키우는 데 매우 효과적이기 때문이다(황선옥, 2002, p. 14). 이러한 교구는 새로운 개념이 도입되는 경우 그 개념을 수학적 활동을 통해 경험적으로 이해할 수 있도록 하고, 더 나아가 교과서나 참고서에서 제공할 수 없는 새로운 문제 상황을 제공하여 다양한 해결 방법이나 해답을 찾는 활동을 통해 창의적 사고력과 문제해결력을 키우는 데 활용될 수 있다.

현재 시행 중인 7차 교육과정의 수학 교과에서는 쌓기나무, 수모형, 숫자카드, 칠교판, 패턴블록, 주사위 등 다양한 교구와 이를 활용한 수학적 학습 자료가 소개되고 있고, 여러 대학의 창의력 수학교실, 영재 캠프와 수학교육학회 주최 창의력 수학캠프, 그리고 초등학교 수학 수업과 방과 후 교실 등에서 창의력과 문제해결력을 키우는 프로그램으로 활용되고 있다.

교구를 활용한 활동에서 학생들은 문제를 해결하기

위해 주어진 교구의 구성 요소와 특징을 파악하고, 문제를 해결하는 과정에서 시행착오를 거치면서 문제해결을 시도한다. 이러한 교구를 활용한 문제는 매우 많은 해답을 요구하는 다답형 문제와 자신이 지니고 있던 기존의 사고의 틀을 벗어나야 해결할 수 있는 창의적 문제가 있다. 이러한 문제를 창의성 활동 프로그램에 이용하려는 연구(van Delft & Botermans, 1995; 차재선, 심상길, 2001; 황선옥, 2002; 이강섭, 김지혜, 2004)와 창의성 평가에서 활용하기 위한 기초 연구(이강섭, 심상길, 2005; Lee & Shim, 2005)가 보고되었다.

수학에서 창의성은 그 하위 요소인 유창성, 융통성 및 독창성을 중심으로 평가되며, 유창성은 반응의 개수, 융통성은 반응의 유형의 수, 독창성은 상대적으로 빈도가 낮은 반응의 개수를 이용하여 점수화한다(김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주, 1997; 송상현, 1998; Lee, Hwang & Seo, 2003; 황동주, 2005). 따라서 교구를 활용한 활동에서도 창의성의 하위 요소인 유창성, 융통성 및 독창성을 평가해야 하는 데, 이러한 하위요소는 학생들의 반응 유형을 분류하고 분석함으로써 평가할 수 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 창의성 평가에 대한 선행 연구를 조사하였으며, 교구를 활용한 조작활동 과정에 대한 문헌연구를 수행하였다. 이들을 바탕으로 패턴블럭, 기하판, 팬토미노를 활용한 수학 활동에서 학생들의 반응의 개수, 반응의 유형의 수, 상대적으로 빈도가 낮은 반응의 개수를 조사하고 이들의 특성을 분석하였다.

- * 이 연구는 2006학년도 단국대학교 대학 연구비의 지원으로 연구되었음.
- * 2007년 5월 투고, 2007년 5월 심사 완료
- * ZDM분류 : C42
- * MSC2000분류 : 97C42
- * 주제어 : 패턴블럭, 기하판, 팬토미노, 창의성 평가

II. 문헌 연구

1. 창의성 평가 방법

수학적 창의성은 '수학적 문제 상황에서 고정된 사고 방식을 탈피하여 다양한 산출물을 내는 능력'을 말하며, 4가지 하위 능력 즉, 유창성, 융통성, 독창성, 정교성으로 구성된다(김홍원, 김명숙, 송상현, 1996, p. 67). 다음의 <표 1>에 수학적 창의성의 4가지 하위 요인과 그 평가 준거를 제시하였다.

<표 1> 수학적 창의성의 4가지 하위 요인과 평가 준거

구 분	정 의	평가 준거
유창성	문제 상황에 유의미한 답으로서 여러 가지 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	의미있는 반응의 개수
융통성	서로 다른 범주의 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	반응의 유형별 가지 수
독창성	다른 사람들과는 다른 참신하며, 질적으로도 수준 높은 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	반응의 상대적 희귀 빈도와 질적인 참신성, 가치
정교성	산출한 반응, 아이디어를 보다 구체화하고, 세밀하게 다듬어 일관화할 수 있는 능력	반응의 구체성, 세밀성

한편, 김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주(1997, pp. 23-24)의 연구에서는 위에 제시된 4가지 하위 요인 중 유창성, 융통성, 독창성 3요인을 측정하고 정교성은 측정하지 않았는데, 그 이유로 다음을 언급하였다.

'정교성 점수를 얻는 반응들은 모두 독창성 점수를 얻으며, 정교성 점수를 얻는 학생의 수는 극히 적다. 따라서 정교성을 측정하지 않아도 수학적 창의성을 충분히 측정할 수 있다. (중략) 정교성은 주관적인 판단에 의해 점수를 주게 된다. 채점의 객관성과 간편성을 위해 정교성을 제외한다.'

한편, Lee, Hwang & Seo(2003, pp. 168-169)는 개방형 문제(open-ended problems)를 통한 창의성 평가에서 모든 항목에 대해서 학생들의 반응을 유형별로 분석하여 기록하고, 각 반응을 같은 유형별로 나누고 분류하였다. 그리고 학생들이 제시한 반응의 분류에 따라 유창성, 융통성, 독창성에 대해 점수를 부여하였다.

<표 2> 김홍원의 3인의 창의성 점수화 방법(1997)

창의성 하위요소	김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주(1997)
유창성(10점)	한 문제 당 답을 10개까지만 쓰라고 하였다. 학생이 제시한 정답의 개수로서 파악되고, 한 범주 유형 안에서 최대 2개까지만(2점)을 인정한다.
융통성(10점)	학생들이 제시한 응답에서 나타난 반응 범주 수를 세어서 점수에 반영한다.
독창성 (제한 없음)	반응의 상대적 희귀성을 반영하고, 반응 유형을 몇 명의 학생들이 응답했는지 그 빈도를 분석하여 학생이 한 반응 유형이 속한 %에 따라, 다음과 같이 점수를 부여한다. 5% 이상 : 0점, 2-4.99% : 1점, 1.99% 이하 : 2점

<표 3> Lee, Hwang & Seo 창의성 점수화 방법(2003)

창의성 하위요소	Lee, Hwang & Seo(2003)
유창성	학생들이 올바르게 제시한 해답의 개수에 따라 점수를 부여하고, 한 유형에서는 최대 5점까지 점수를 준다.
융통성	학생들이 제시한 해답의 유형을 분류하여 유형의 개수에 따라 점수를 부여한다.
독창성	반응의 상대적 희귀성을 반영하고, 반응 유형을 몇 명의 학생들이 응답했는지 그 빈도를 분석하여 학생이 한 반응 유형이 속한 %에 따라, 다음과 같이 점수를 부여한다. 3% 이상 : 0점, 2-3% : 1점, 1-2% : 2점, 1% 이하 : 3점

2. 교구를 활용한 조작활동 과정

교구를 활용한 조작활동 과정에서 학생들에게 나타나 는 반응을 분석한 내용을 살펴보면 다음과 같다(심상길, 2005, pp. 147-148).

학생들은 사용하는 조각의 수가 많을수록 그 문제를 해결하는 데 시간이 많이 걸리고 어려워하는 일반적인 현상이 나타난다. 학생들이 조작 활동 중에 가장 많이 사용하는 문제해결 전략은 주어진 그림을 관찰하고 자신이 선택한 조각을 중심으로 여러 번의 시행착오를 거쳐 문제를 해결하는 방법이다. 따라서 사용하는 조각의 수가 많을수록 더 많은 시행착오를 거치면서 문제를 해결 해야 하므로 시간이 더 오래 걸린다.

그러나 사용한 조각의 수가 많다고 항상 시간이 많이 걸리는 것은 아니다. 이는 주어진 문제를 해결하는 데 있어 사용하는 조각의 수보다 문제해결을 위한 변수(變數)가 학생들이 문제를 해결하는 데 더 영향을 주는 것으로 나타났다. 조각교구를 활용하는 활동에서 주어진 문제를 해결하기 위해 조각을 선택하고 선택된 조각의 위치를 결정하는데 다양한 경우의 수가 존재한다. 이러한 다양한 경우의 수를 문제해결을 위한 변수라고 한다. 따라서 문제해결을 위한 변수가 늘어남에 따라 문제해결에 대한 전략도 복잡해지고 시행착오도 많이 거치기 때문에 학생들은 문제해결에 어려움을 느낀다.

교구를 활용하는 문제해결에서 조각 선택과 위치에 대한 합접성(conjoining)과 이접성(disjoining)이 나타난다. 교구를 활용한 활동에서 어떤 조각을 사용하더라도 그 조각 옆에 어떤 조각이 와야 하는 것이 분명하게 나타나지 않으면 이접성에 관련되고, 어떤 조각을 선택하면 바로 다음에 어떤 조각을 사용해야 하는지 바로 나타나면 합접성에 관련된 것이다. 따라서 사용하는 조각의 수가 많더라도 합접성이 나타나는 문제는 학생들이 손쉽게 해결하고, 이접성이 나타나는 문제는 학생들이 어려워하고 시간이 많이 걸린다.

Dienes(1960, pp. 36-38)는 역동적인 학습 과정에 대한 설명이 원자론적인 자극-반응 설명보다 수학 학습의 사실에 더 적합하다는 것을 쉽게 알 수 있을 것이라고 한다. 그러나 물론 이것은 단지 틀이며, 이 틀은 우리가 학습하는 것의 내용으로 채워져야 한다. 상황은 서로서로 다르다. 예를 들어 논리적 구조를 보자. 우리는 일단의 경험을 여러 가지 논리적 관계를 써서 관련짓는다. 예를 들어, 벨 소리와 수업의 시작과 같이 사건 A와 B가 늘 함께 발생하는 경우가 있다. 우리는 그것들을 연결된 사건으로 합접성(conjoining)에 의해 두 사건을 연결한다. 우리는 이전에 연결되어 있지 않던 두 개의 사건을 합접(conjunction)한 것이다. 다른 상황에서, 한 직위에 대한 추천 명단에 두 사람이 있다면 둘 중의 한 사람만이 그 직위에 임명될 수 있다. 우리는 두 개의 분리된 가능성을 이접성(disjoining)에 의해 이 사건들을 합칠 수 있다. 우리는 추천 명단이 작성되기 전에는 연결되지 않던 두 사건을 이접(disjunction)한 것이다. 또 다른 예로, 카드에 삼각형, 원, 정사각형이 하나 또는 둘

또는 세 개가 그려져 있고, 각 카드는 빨간색, 파란색, 녹색이다. 이 경우 세 개의 값을 가지는 세 개의 변수(수, 모양, 색깔)가 있다. 따라서 빨간 삼각형은 빨간색이어야 하고 삼각형이 그려져 있어야 하므로 합접이고, 빨강 또는 삼각형은 빨간색 카드나 삼각형이 그려진 카드를 말하므로 이접이다.

또, 일반적으로 합접성은 이전 활동에 많은 영향을 받는다. 이는 앞에서 사용한 방법을 뒤에 나오는 활동에서도 유사하게 적용하기 때문이다. 따라서 학생들은 앞에서 성공한 방법을 이후에 나오는 비슷한 유형의 문제에 적용하여 해결하려는 성향이 매우 강하게 나타난다. 그러나 이전 활동이 항상 합접성에 관련된 것은 아니다. 만약 이전 활동이 이접성과 관련되면 문제해결에 오히려 방해가 될 수도 있다. 이접성에 관련된 문제는 분석적 방법이나 모험적 사고를 통해 해결할 수 있었으나 아직 분석 능력이 없는 학생들에게는 모험적 사고가 필요하였다(심상길, 2005, pp. 148-149).

Dienes의 경우, 수학적 개념형성의 연속, 즉 '개폐연속체'의 '폐'의 상태에서부터 '개'의 상태로 옮겨져 새로운 구성적 사고가 전개될 때 '모험적 사고(adventurous thinking)'가 개재한다고 생각하고 있다(김용태, 박한식, 우정호, 1992, p. 172). 모험적 사고에 대해 Bartlett는 그가 '폐쇄체계 사고'라고 부른 것에서부터 그것과 완전히 다른, 그가 '모험적 사고'라고 부른, 예술가적 사고에 이르는 다양한 유형의 사고 목록을 작성하고 조사했다(Dienes, 1960, p. 38). Bartlett가 사고는 때로 그것을 제한하고 있는 꼭 짜여진 논리적인 체계(폐쇄체계 사고 또는 폐쇄된 사고의 유형)를 깨고 나가려는 경향이 있다고 한 것은 이 점을 시사하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 폐쇄된 유형의 사고(closed type of thinking)가 진행되는 제한된 범위가 매우 확장된다면 어떻게 될까? 논리적 관점에서 한 상황을 판단하는 데 필요한 분석의 양이 그 앞에 놓인 모든 가능성을 고려할 주체의 능력을 넘어서면 무슨 일이 일어날까? 그는 포기하거나 다른 어떤 것을 해야 한다. 포기하지 않는다면, 아마도 Bartlett가 말한 모험적 사고와 같은 것이 발생할 것이다. 이러한 종류의 사고의 본질은 Bartlett의 표현에 따르면 주체가 자신의 활동이 향해 가는 기준을 자신 앞에 두는 것이다. 예술가는 그 자신의 기준에 따르며 그렇지 못하면

그는 예술가로 살 수 없다. 아마 예술가는 자신의 문제를 논리적으로 분석할 수 없을 것이다. 가능성의 수가 너무 많다. 그가 꽤 다른 사고 과정을 사용한다는 것은 별로 놀랍지 않다. 예술가가 그 자신의 기준에 맞게 그림을 그리는 것이나 수학자가 새로운 술어를 구성하는 것이나 별로 다르지 않은 것이다(Dienes, 1960, p. 41).

III. 연구 방법 및 절차

1. 참가 대상 및 시기

본 연구의 반응 집단은 서울시에 소재한 초등학교 3학년 이상의 학생으로서 S대학교 창의력 교실에 등록된 학생 중 희망자 25명과 Y초등학교 방과후 교실에서 자원한 49명으로 구성되었다. 패턴블럭과 기하판에는 74명이 모두 참여하였으며, 펜토미노에는 이들 중 54명이 참여하였다. 참여 학생들의 두드러진 특성은 평소에 교구를 활용한 수업에 흥미가 있었고, 본 연구에서 실시한 평가에 자발적이고도 성실하게 참여하였다는 점이다.

학생들의 반응은 2005년 9월 수집되었다.

2. 연구 방법 및 절차

(1) 교구의 선정 및 활동 문항 개발

본 연구에서는 제 7차 교육과정의 수학 교과서에 소개된 교구 중에서 평가 문항으로 활용 가능한 기하판(교육부, 2000, 2001, 2002; 수학 1-나, 4-가, 5-가), 패턴블럭(교육부, 2002; 수학 5-가)을 소재로 삼았으며, 또 제 6차 교육과정 수학 익힘책에 소개된 펜토미노(교육부, 1999; 수학 6-2)를 선정하였다. 펜토미노는 제7차 교육과정에서 테트노미노(수학 5-가)로 대체된다.

본 연구에서 사용한 활동 문항은, 선정된 교구가 수학 교과에서 활용되고 있거나 활용될 수 있는 단원을 조사하여 방향을 설정하고 구성하였다. 이 때, 여러 문헌(Harvey & Roper, 1979; Golomb, 1994; Sherard III, 1995; Martin, 1996; O'donnell, 1996)을 참고하여 다음과 같이 활동 내용을 구체적으로 구성하였다.

(2) 선정된 교구 및 활동 내용

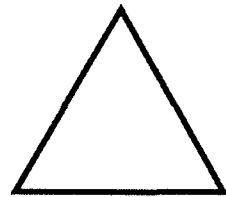
구체적 교구와 활동 내용을 살펴보면 다음과 같다.

① 패턴블럭(Harvey & Roper, 1979, p. 15; Sherard III, 1995, p. 76)



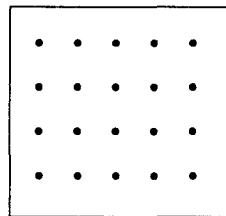
<그림 1> 패턴블럭의 구성

활동 문항: 패턴블럭을 사용하여 아래에 주어진 삼각형을 채우는 방법을 가능한 많이 찾아 답안지에 그 모양을 그리세요.(단, 같은 조각을 사용하여 위치만 바꾼 것은 같은 답으로 봅니다.) - 15분



<그림 2> 패턴블럭 문제

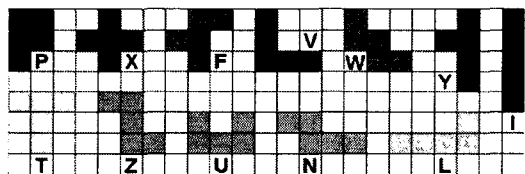
② 기하판(O'donnell, 1996)



<그림 3> 5X5 기하판

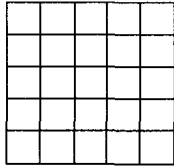
활동 문항: 기하판을 사용하여 고무줄에 7개의 침이 닿고 내부에 침이 3개 있는 도형을 가능한 많이 만들어 답안지에 그리세요.(단, 자신이 만든 모양을 회전하거나 뒤집었을 때 같은 것은 같은 답으로 봅니다.) - 15분

③ 펜토미노(Golomb, 1994, p. 17; Martin, 1996, p. 70)



<그림 4> 펜토미노의 구성1)

활동 문항: 펜토미노를 사용하여 아래에 주어진 정삼각형을 채우는 방법을 가능한 많이 찾아 답안지에 그 모양을 그려보세요.(단, 같은 조각을 사용하여 위치만 바꾼 것은 같은 답으로 봅니다.) - 20분



<그림 5> 펜토미노 문제

(3) 활동 실시

참가 대상에게 활동에 필요한 교구와 문제지를 나누어 주고 문제에 대해 충분히 설명한 다음, 패턴블록과 기하판은 15분, 펜토미노는 20분의 시간을 주고 문제를 풀도록 하였다. 패턴블록과 펜토미노는 교구를 직접 문제지 위에 놓고 활동할 수 있도록 교구와 문제지에 제시한 그림의 크기를 조정하여 만든 모양을 직접 그리도록 하였고, 기하판은 고무줄로 만든 모양을 그리는 활동이므로 실제 기하판보다 축소된 그림을 제시하였다.

3. 자료 수집 및 분석

모든 학생들의 반응을 유의미한 유형별로 선정하고, 선정된 유형들은 해당들이 의미하는 바에 따라 조직화하고 분류하여 분석하였다.

IV. 연구 결과 및 분석

1. 패턴블록

주어진 문제를 해결하기 위해서 학생들은 6가지 종류의 조각 중 자신이 처음 선택한 조각을 그림 위에 올려 놓고 남은 공간에 들어갈 조각을 다시 선택하여 그림 위에 올려놓는 활동을 반복하여 문제를 해결했다. 이는 조각을 선택하고 위치를 결정하여 문제해결의 변수를 줄여서 문제를 해결한 것이다. 이 문제에서는 패턴블록의 6 조각 중 정육각형, 사다리꼴, 마름모²⁾, 정삼각형을 사용

하여 해결할 수 있다. 특히, 패턴블록의 특성 상 정육각형은 사다리꼴 2개, 마름모 3개, 정삼각형 6개로 만들 수 있고, 사다리꼴은 마름모 1개와 정삼각형 1개, 정삼각형 3개로 만들 수 있고, 마름모는 정삼각형 2개로 만들 수 있다. 따라서 이러한 특징을 이용하면 다양한 조합으로 문제를 해결할 수 있다.



<그림 6> 패턴블록 활동의 예

패턴블록을 활용하여 주어진 정삼각형을 맞추는 평가에서 74명의 학생이 제시한 답은 총 393개였고, 학생들이 제시한 해답은 사용한 조각 중심으로 분류하였다. 그 이유는 처음 어떤 조각을 사용한 후 다음 조각을 선택할 때 처음 선택한 조각에 의해 결정되는 합성성이 나타나고, 또 앞에서 언급한 패턴블록의 특성을 고려한 것이다. <표 4>는 학생들이 제시한 해답을 분류한 것이다.

<표 4> 패턴블록에서 사용한 조각에 따른 해답의 개수

사용한 조각	개수	사용한 조각	개수
육1, 사3, 삼1	32	사2, 마4, 삼2	18
육1, 사2, 마1, 삼2	36	사2, 마3, 삼4	10
육1, 사2, 삼4	27	사2, 마2, 삼6	9
육1, 사1, 마2, 삼3	34	사2, 마1, 삼8	5
육1, 사1, 마1, 삼5	11	사2, 삼10	9
육1, 사1, 삼7	1	사1, 마5, 삼3	10
육1, 마3, 삼4	11	사1, 마4, 삼5	5
육1, 마2, 삼6	4	사1, 마3, 삼7	2
육1, 마1, 삼8	3	사1, 마2, 삼9	3
육1, 삼10	5	사1, 마1, 삼11	2
사5, 삼1	25	사1, 삼13	1
사4, 마2	8	마6, 삼4	25
사4, 마1, 삼2	26	마5, 삼6	2
사4, 삼4	5	마4, 삼8	2
사3, 마3, 삼1	18	마3, 삼10	5
사3, 마2, 삼3	25	마2, 삼12	0
사3, 마1, 삼5	8	마1, 삼14	0
사3, 삼7	4	삼16	2
합 계		393	

* 육=정육각형, 사=사다리꼴, 마=마름모, 삼=정삼각형

2) 패턴블록에서 마름모는 두 가지 종류((그림 1))인데, 이 문제에서는 크기가 큰 마름모를 사용해야 한다. 따라서 이후에 나오는 마름모는 크기가 큰 마름모를 뜻한다.

1) 펜토미노 조각의 이름을 알파벳 대문자로 사용하는 방법은 Golomb(1994, p. 7)이 'Polyominoes'에서 제시한 방법이다.

<표 4>에서 30명 이상의 학생들이 제시한 답을 살펴 보면 정육각형과 사다리꼴을 사용하여 자리를 잡은 후 남은 공간에 알맞은 조각을 선택하여 문제를 해결하였다. 이는 정육각형이나 사다리꼴과 같이 큰 조각을 사용하여 문제해결의 변수를 줄이는 방법을 사용한 것이다. 큰 조각을 사용하면 빈 공간이 줄어들어 특정한 조각이 남은 공간에 놓이는 합접성(심상길, 2005, 148)이 나타나 손쉽게 해결할 수 있기 때문이다. 따라서 가장 작은 조각인 정삼각형을 많이 사용하는 방법은 상대적으로 많은 학생들이 답하지 않았다. 또, 주어진 시간(15분)에 많은 답을 찾기 위해서는 작은 조각보다 큰 조각을 사용하는 방법이 더 효과적이다. 가장 많은 답을 찾은 학생은 3명으로 11개를 찾았다. 그들이 제시한 답을 보면 다음과 같다.

- 학생 1: (사 2, 마 4, 삼 2) (육 1, 사 2, 마 1, 삼 2) (사 1, 마 5, 삼 3) (사 3, 마 1, 삼 5) (육 1, 사 1, 마 1, 삼 5) (사 4, 마 1, 삼 2) (육 1, 사 3, 삼 1) (사 3, 마 3, 삼 1) (육 1, 마 3, 삼 4) (사 5, 삼 1) (육 1, 사 2, 삼 4)
- 학생 2: (사 5, 삼 1) (육 1, 사 3, 삼 1) (육 1, 사 1, 마 2, 삼 3) (육 1, 사 2, 마 1, 삼 2) (육 1, 사 2, 삼 4) (사 2, 마 4, 삼 2) (사 3, 마 3, 삼 1) (사 1, 마 2, 삼 9) (사 4, 마 1, 삼 2) (육 1, 마 3, 삼 4) (마 6, 삼 4)
- 학생 3: (사 5, 삼 1) (마 6, 삼 4) (육 1, 사 2, 삼 4) (육 1, 삼 10) (삼 16) (육 1, 사 1, 마 2, 삼 3) (육 1, 사 3, 삼 1) (마 4, 삼 8) (육 1, 사 2, 마 1, 삼 2) (사 4, 마 2) (육 1, 사 1, 마 1, 삼 5)

학생 1과 2는 주로 정육각형과 사다리꼴을 사용하여 문제를 해결하였지만 학생 3의 경우에는 정육각형과 사다리꼴을 사용하지 않은 답도 찾았다. 앞에서 언급한 패턴블록의 특징을 이용하여 여러 가지 답을 찾을 때, 앞에서 사용한 조각들을 적절하게 서로 바꾸어 주면 된다. 이는 앞에서 찾은 답을 뒤에서도 활용하여 찾는 합접성과 관련된다.

다음 <표 5>는 패턴블록을 활용한 평가에서 학생들이 제시한 해답의 유형을 창의성의 하위 요소인 유창성, 융통성, 독창성을 평가하기 위해 사용한 조각의 개수와 상관없이 사용한 조각별로 분류한 것이다.

<표 5> 패턴블록에서 사용한 조각별 유형 분석

	사용한 조각별 유형	개수	응답자수
1	정육각형, 사다리꼴, 마름모, 정삼각형 유형	81	54
2	정육각형, 사다리꼴, 정삼각형 유형	59	45
3	정육각형, 마름모, 정삼각형 유형	19	16
4	정육각형, 정삼각형 유형	5	5
5	사다리꼴, 마름모, 정삼각형 유형	141	67
6	사다리꼴, 마름모 유형	9	9
7	사다리꼴, 정삼각형 유형	44	37
8	마름모, 정삼각형 유형	33	27
9	정삼각형 유형	2	2
	합 계	393	

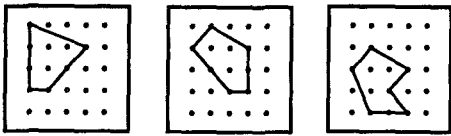
<표 5>와 같이 분류하면 학생 1는 5개 유형, 학생 2는 6개 유형, 학생 3는 8개 유형을 찾았다. 또, 상대적으로 해답의 빈도수가 낮은 답, 즉 독창성이 높은 답을 찾은 학생은 4번 유형, 6번 유형, 9번 유형을 찾은 학생 3이었다. 따라서 선행 연구(김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주, 1997; Lee, Hwang & Seo)에서 제시한 방법으로 창의성을 평가할 때, 유창성은 학생들이 제시한 답의 개수를 중심으로 점수화하고, 융통성은 유형의 개수를 중심으로 점수화하고, 독창성은 상대적으로 빈도가 낮은 해답에만 점수를 부여하는 방법을 사용할 수 있다.

2. 기하판

본 연구에서 제시한 문제와 유사한 평가로는 점과 점사이의 가로, 세로의 거리가 1cm인 3×3 점판에서 넓이가 2cm²인 도형을 그리는 문제(송상헌, 1998)와 점과 점사이의 가로, 세로의 거리가 1cm인 4×4 점판에서 넓이가 2cm²인 도형을 그리는 문제(황동주, 2005)가 있다. 이 문제는 교구를 제공한 것이 아니라 문제지에 점판을 제시하고 지필 환경에서 문제를 해결하는 것이다. 이 평가에서 송상헌(1998)은 해답의 유형을 학생들이 제시한 도형의 형태를 중심으로 직선을 이용한 단순한 모양, 직선을 이용한 복잡한 모양, 가운데 점 이용, 곡선(원) 이용한 유형으로 분류하였고, 황동주(2005)는 단일 기본도형, 2개 이상의 기본도형, 중점을 이용, 곡선(원)을 이용한 유형으로 분류하였다.

본 연구에서는 5x5 기하판과 고무줄을 사용하였으며 로 증점을 이용하는 유형과 곡선(원)을 이용하는 유형은 학생들이 찾을 수 있는 해답이 아니었고, 고무줄을 기하판의 침에 걸어가며 닿는 침의 개수와 내부의 침의 개수를 세면서 도형을 만들었으므로 직선을 이용한 단순한 모양이라든지 2개 이상의 기본도형을 이용한 유형 등으로 유형을 분류하기 힘들었다.

따라서 기하판이라는 교구의 특성을 고려하여 고무줄에 7개의 침이 닿고 내부에 침이 3개 있는 도형을 만들면 도형의 형태에 따라 사각형, 오각형, 육각형, 칠각형을 만들 수 있다. 또, 조건을 만족하는 도형은 볼록다각형 이외에 오목다각형도 가능하다.



<그림 7> 기하판 활동의 예

기하판을 활용하여 주어진 조건에 맞는 도형을 만드는 평가에서 74명의 학생이 제시한 답은 총 590개였고, 학생들이 제시한 해답은 도형의 형태를 중심으로 분류하였다. <표 6>은 학생들이 제시한 해답을 분류한 것이다.

<표 6> 기하판에서 만든 도형별 유형 분석

번호	유형	개수	응답자수
1	사각형 유형	89	45
2	오각형 유형	209	66
3	육각형 유형	161	66
4	칠각형 유형	2	1
5	오목사각형 유형	5	5
6	오목오각형 유형	17	11
7	오목육각형 유형	53	27
8	오목칠각형 유형	54	24
합 계		590	

<표 6>에서 학생들이 가장 많은 답한 오각형, 육각형 유형은 7개의 침이 닿고 내부에 3개의 침이 있는 도형을 만들기 가장 편하고, 한 가지 도형을 만들면 고무줄을 이리저리 돌려 다른 도형으로 변형시키기도 편리하다. 그러나 칠각형의 경우 고무줄이 닿는 침이 각을 이루고, 한 변에 두 개의 침 이외의 침이 닿으면 안 되기 때문에

만들기 힘들었다. 이는 손쉽게 만들 수 있는 오각형과 육각형 유형에서 모양이 다른 오각형과 육각형을 만드는 것 즉, 이전의 활용에 많은 영향을 주는 합접성(심상길, 2005, p. 148)에 관련되고, 칠각형을 만드는 것은 앞에서 만든 도형에 영향을 많이 받지 않고 많은 변수가 존재하므로 이접성(심상길, 2005, p. 149)에 관련된다. 따라서 합접성에 관련된 해답은 학생들이 손쉽게 찾고, 이접성에 관련된 해답은 많은 학생들이 답을 찾지 못했다.

또, 오목다각형을 생각하지 못한 학생들이 있었고, 오목다각형을 만든 학생은 이후에도 또 다른 오목다각형을 만들었다. 오목다각형에서는 육각형, 칠각형보다 사각형, 오각형을 만들기 어려웠다. 그 이유는 손쉽게 만들 수 있는 오각형, 육각형에서 변형해 오목을 만들다 보니 각이 기존에 만든 도형보다 많아지기 때문이다. 실제로 74명의 학생 중 오목다각형을 찾은 학생은 36명이고, 많은 답을 제시한 학생은 볼록다각형뿐만 아니라 많은 오목다각형을 답으로 제시하였다. 다음은 25개로 가장 많은 답을 찾은 학생과 22개로 두 번째로 많은 답을 찾은 학생이 제시한 답이다.

- 학생 4: 사각형 5개, 오각형 1개, 육각형 1개, 칠각형 0개, 오목사각형 1개, 오목오각형 3개, 오목육각형 6개, 오목칠각형 8개

- 학생 5: 사각형 1개, 오각형 8개, 육각형 3개, 칠각형 0개, 오목사각형 0개, 오목오각형 0개, 오목육각형 5개, 오목칠각형 5개

학생 4는 7개 유형, 학생 5는 5개 유형을 찾았고, 상대적으로 해답의 빈도수가 낮은 답을 찾은 학생은 오목사각형 유형을 찾은 학생 4이다. 이 평가에서 볼록다각형을 가장 많이 찾은 학생은 사각형 4개, 오각형 4개, 육각형 5개 총 13개를 찾았고, 오목다각형을 가장 많이 찾은 학생은 18개를 찾은 학생 5이다.

기하판도 패턴블록과 같이 창의성을 평가할 때, 유창성은 학생들이 제시한 답의 개수를 중심으로 점수화하고, 융통성은 유형의 개수를 중심으로 점수화하고, 독창성은 상대적으로 빈도가 낮은 해답에만 점수를 부여하는 방법을 사용할 수 있다. 또, 유창성 평가에서 Lee, Hwang & Seo(2003)가 제시한 방법을 이용하면 한 유형에 최고 5점까지만 점수를 부여할 수 있다.

3. 펜토미노

주어진 문제를 해결하기 위해서 학생들은 12가지 종류의 조각 중 자신이 처음 선택한 조각을 그림 위에 올려놓고 남은 공간에 들어갈 조각을 다시 선택하여 그림 위에 올려놓는 활동을 반복하여 문제를 해결했다. 이는 조각을 선택하고 위치를 결정하여 문제해결의 변수를 줄여서 문제를 해결한 것이다. 또, 학생들은 5×5 정사각형을 만들기 위해 12조각 중 5조각을 선택하여 문제를 해결하는 데 있어 정사각형의 특성 상 각 변을 구성하기 편한 조각들을 우선적으로 사용한다. 특히, I 조각을 사용하면 5×5 정사각형을 만드는 문제가 5×4 사각형을 만드는 문제로 바뀌어 조각 선택에 대한 변수가 줄어든다. 실제로, 12조각 중 어떤 조각을 먼저 사용하더라도 문제를 해결할 수 있으나 펜토미노 조각의 특성 상 자주 사용하지 않는 조각들도 존재한다.

펜토미노를 활용하여 5×5 정사각형을 맞추는 평가에서 54명의 학생이 제시한 답은 총 443개였고, 학생들이 제시한 해답은 사용한 조각을 중심으로 분류하였다. <표 7>은 조각별 사용 회수를 조사한 것이다.

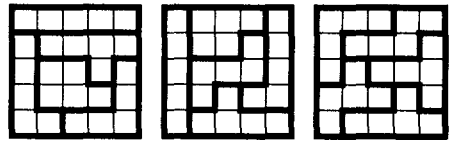
<표 7> 443개 해답 중 펜토미노 조각별 사용 회수

사용 조각	회수	사용 조각	회수	사용 조각	회수
L	346	P	330	I	249
V	220	Y	219	U	217
W	129	F	129	T	126
N	108	Z	96	X	46
합계		2,215(5×443)			

앞에서 언급한 바와 같이 정사각형의 각 변을 구성하기 편리한 L, P, I 조각을 가장 많이 사용하였다. 주로 많이 사용한 L, P, I, V, Y, U 조각 중 2-3 조각을 선택하여 주어진 그림 위에 놓으면 어느 정도 공간이 메워져 남은 공간에 사용하지 않은 조각 중 특정한 조각이 사용될 수밖에 없어진다. 이는 조각의 선택과 위치의 결정에 대한 합접성이 나타나 문제를 해결하게 되는 것이다. 그러나 가장 많이 사용하지 않은 X, Z는 정사각형의 각 변을 구성하기에 용이하지 않고, 주어진 그림 위에 조각을 올려놓으면 어떤 특정한 조각이 그 옆에 와야 하는

합접성이 나타나지 않는다.

실제로 <그림 8>의 첫 번째 방법과 같이 학생들이 가장 많이 사용한 L, P, I, V, Y 조각을 사용하여 문제를 해결할 수 있고, 가장 많이 사용한 L, P, I 조각을 사용하면 X를 제외한 어떤 조각을 사용하더라도 문제가 해결할 수 있다. I 조각을 사용하면 5×4 사각형을 만드는 문제가 되는데 X를 사용하면 5×4 사각형을 만들 수 없다. X를 제외하고 가장 적게 사용한 Z 조각을 이용한 답은 <그림 8>의 두 번째 방법이다. 또, <그림 8>의 세 번째 방법과 같이 L, P, I를 사용하지 않은 답도 나왔다.



<그림 8> L, I, P 조각을 사용한 예

창의성 하위 요소인 유창성과 융통성 그리고 독창성을 평가하기 위해 443개의 답을 학생들이 가장 많이 사용한 L, P, I, V, Y 조각을 중심으로 유형을 분류하면 <표 8>과 같다.

<표 8> 펜토미노에서 사용한 조각별 유형 분석

번호	유형	개수	응답자수
1	L, P, I 유형	120	50
2	L, P 유형	122	47
3	L, I 유형	75	43
4	P, I 유형	46	32
5	P, V, Y or P, V or P, Y 유형	43	26
6	L, V, Y or L, V or L, Y 유형	25	17
7	I, V, Y or I, V 유형	8	8
8	N, T, Y, F, V 유형	4	4
합계		443	

<표 8>에서 L, P, I 유형은 LPIUN, LPIWY, LPIVT, LPIZV, LPIYZ, LPIYV, LPIYU, LPIFU, LPIVU, LPITY, LPIWU, LPITU 등과 같이 L, P, I를 사용한 유형을 말한다. 이 유형은 54명 중 50명이 제시한 것으로 가장 많은 학생이 찾은 유형이다. L, P, I를 사용하지 않은 답은 N, T, Y, F, V 유형으로 4명의 학생이 답으로 제시하였다. 다음은 17개로 가장 많은 답을

찾은 1명과 16개로 두 번째로 많은 답을 찾은 2명의 학생이 제시한 답이다.

- 학생 6: UXLFP, YFUPI, YNVWP, VFWLP, PYZVL, VPLFY, YFUTP, ILFYU, NFUVP, UPNLI, VFNPU, LVUYI, IZVUP, LWYPI, TLXUP, YZVWP, LZVNI

- 학생 7: PLZUT, PUXFL, PVWFL, LPZVI, ILVPY, LFUPW, YLTWV, YZUNP, ITWVP, IYLFU, LUNWY, IUPNL, LTPVI, PTUFY, LWYZP, LYVZP

- 학생 8: VZWYP, TUNVI, WPYZV, UXPEL, LPTVI, YPFUL, PNVYW, YFPVL, LXTUP, YWPNL, ILYUP, YPWLI, IPULF, VFWPL, YZUNP, YZPWL

학생 6은 5개 유형, 학생 7은 6개 유형, 학생 8은 5개 유형을 찾았고, 상대적으로 해답의 빈도수가 낮은 답을 찾은 학생은 7번 유형을 찾은 학생 8이다. 따라서 창의성을 평가할 때, 패턴블록과 기하판에서 제시한 방법을 사용할 수 있다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 교구를 창의성 평가에서 학생들이 제시한 해답 유형의 분석하였다. 이를 위하여 3학년 이상의 학생을 참가 대상으로 선정하였고, 제공된 교구를 활용한 평가에서 학생들이 스스로 작성한 답안지를 회수하여 학생들이 제시한 해답은 유의미한 유형별로 선정하고, 선정된 유형들은 해답들이 의미하는 바에 따라 조직화하고 분류하여 분석하였다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 연구 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 학생들은 조각 선택과 위치에 대한 합접성이 나타나는 특정한 조각이나 도형을 사용하는 경향이 강하게 나타났다. 이는 합접성이 나타나면 문제해결의 변수가 줄어 손쉽게 문제가 해결되기 때문이다. 그러므로 패턴블록의 경우 정육각형과 사다리꼴 모양의 조각을 사용한 유형의 답이 많이 나왔고, 펜토미노의 경우 L, P, I와 같은 조각을 사용한 답이 많이 나왔다.

둘째, 교구를 활용한 평가에서 학생들이 제시하는 해답의 유형은 모두 같은 방법으로 분류되지 않고 사용하는 교구와 평가 문항에 따라 유형을 분류하는 방법이 달랐다. 예를 들어, 패턴블록과 펜토미노는 사용한 조각에 따라 유형을 분류하였고, 기하판은 도형의 형태에 따라 유형을 분류하였다. 따라서 사용하는 교구와 평가 문항에 따라 또 다른 방법으로 유형을 분류할 수 있다.

셋째, 많은 답을 제시한 학생들의 답을 분석해 보면 해답을 수와 유형의 수, 그리고 상대적으로 빈도가 낮은 해답의 수는 학생에 따라 각각 다르게 나타났다. 예를 들어, 패턴블록의 경우 세 명의 학생 모두 해답의 수는 11개로 같았으나 유형의 수는 각각 5, 6, 8개로 달랐고, 상대적으로 빈도가 낮은 답을 찾은 학생은 학생 3 한 명이었다.

넷째, 교구를 사용한 창의성 평가에서 학생들의 해답을 분석하여 유형을 분류함으로써, 선행 연구(김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주, 1997; Lee, Hwang & Seo, 2003)에서 제시한 창의성의 하위 요소인 유창성, 융통성, 독창성의 점수화를 가능하게 한다.

위의 연구 결과를 토대로 교구를 창의성 평가에서 효과적으로 활용하기 위해 다음과 같은 점을 고려해야 한다.

첫째, 수학에서 창의성은 유창성, 융통성, 독창성을 중심으로 평가한다. 유창성은 반응의 개수, 융통성은 유형의 개수, 독창성은 상대적으로 빈도가 낮은 반응의 개수를 이용하여 점수화한다. 따라서 교구를 활용한 평가에서 교구의 특성이나 문제를 고려하여 유형을 분류해야 한다. 예를 들어, 패턴블록에서 사용한 조각의 개수와 상관없이 사용한 조각을 사용한 답을 한 가지 유형으로 분류하거나 기하판의 경우 학생들이 제시한 도형의 형태로 분류하였고, 펜토미노는 학생들이 가장 많이 사용한 조각을 중심으로 분류하였다.

둘째, 교구의 특징이나 구성 요소에 따라 해답의 유형 분류의 방법이 달라질 수 있으므로 선택한 교구와 문제를 사전에 면밀히 검토하여 유형을 분류해야 하고, 교구를 활용한 창의성 평가 문항 개발이나 창의성 평가에 앞서 많은 학생을 대상으로 예비 연구가 필요하다.

셋째, 본 연구에서는 패턴블록, 기하판, 펜토미노를 활용한 평가를 중심으로 학생들이 제시한 해답을 분석하였

다. 따라서 본 연구에서 제시한 평가가 아니거나 다른 교구를 사용할 때, 유형에 대한 분류와 해당 유형이 바뀔 수 있으므로 더 많은 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 교육부 (1999), 초등학교 수학 의립책 6-2. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육부 (2000), 초등학교 수학 1-나. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육부 (2001), 초등학교 수학 4-나. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육부 (2002), 초등학교 수학 5-가. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 김홍원·김명숙·방승진·황동주 (1997). 수학 영재 판별 도구 개발 연구(II) - 검사 제작 편 -. 한국교육개발원 연구보고 CR 97-50, 서울: 한국교육개발원.
- 김홍원·김명숙·송상헌 (1996). 수학 영재 판별 도구 개발 연구(II) - 기초 연구 편 -. 한국교육개발원 연구보고 CR 96-26, 서울: 한국교육개발원.
- 김응태·박한식·우정호 (1992). 增補 數學教育學概論. 서울대학교 출판부.
- 송상헌 (1998). 수학 영재성 측정과 판별에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 심상길 (2005). 초등학교 기하에서 큐브를 활용한 조작 활동에 관한 연구. 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 44(1), pp.143-152.
- 이강섭·김지혜 (2004). 동기유발과 창의력 증진을 위한 칠교판의 활용 방안. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 18(2), pp.359-370.
- 이강섭·심상길 (2005). 창의성 증진을 위한 수학활동 프로그램과 평가방법의 소개. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육논문집>, 19(1), pp.101-110.

- 차재선, 심상길 (2001). 창의성 신장을 위한 교구매체의 활용 방안. 한국수학교육학회지 시리즈 F <수학교육 학술지>, 6, pp.45-54.
- 황동주 (2005). 수학 영재 판별의 타당도 향상을 위한 수학 창의성 및 문제 해결력 검사 개발과 채점 방법에 관한 연구. 단국대학교 박사학위 논문.
- 황선옥 (2002). 창의적 사고력을 키우는 협동과제, 한국초등수학교육연구회지 초등수학교육, 11, pp.11-43.
- Dienes, Z. P. (1960). *Building up mathematics*. New York NY: Hutchinson Educational.
- Golomb, Solomon. W. (1994). *Polyominoes*. Princeton, NJ: Princeton Academic Press.
- Harvey. L. & Roper. A. (1979). *Pattern blocks problems for primary people*. Mountain View, CA: Creative Publications.
- Lee, K. S. & Shim, S. K. (2005). Assessing creativity in a mathematical activity program. *Paper presented at ICMI-EARCOME3*, Shanghai, China, 2005.
- Lee, K. S., Hwang, D. J. & Seo, J. J. (2003). A development of the test for mathematical creative problem solving ability. *J. of Korea Society of Mathematical Education Series D: Research in Mathematical Education*. 7(3), pp.163-189.
- Martin, G. E. (1996). *Polyominoes: A guide to puzzles and problems in tiling*. Washington, D.C.: The Mathematical Association of America.
- O'donnell, C. (1996). *Just for geoboards*. Mountain View, CA: Creative Publications.
- Sherard III, W. H. (1995). *Cooperative informal geometry*. Palo Alto, CA: Dale Seymour Publications.
- van Delft, P. & Botermans, J. (1995). *Creative puzzles of the world*. Berkeley, CA: Key Curriculum Press.

A Type Analysis of Students' Responses for Assessing Creativity in Activity Using Manipulative

Kang Sup Lee

Department of Mathematics Education, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

E-mail: leeks@dankook.ac.kr

Sang Kil Shim

Department of Mathematics Education, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

E-mail: skshim22@hanmail.net

This research analyzes students' response types in the creativity assessment by using pattern block, geoboard, and pantomino. 74 students from third grade to sixth grade participated in this research. 15 minutes were given to pattern block and geoboard questions. 74 students showed 393 answers in pattern block question and 590 answers in geoboard question. In pantomino, 20 minutes were given and 54 students showed 443 types of answers.

The results are as follows:

First, in the students' responses, tendency of using particular piece or figure, which presents conjoining in a piece selection and positioning, showed strongly. For example, usage of hexagon and trapezoid pieces were higher in pattern block and usage of L, P, and I pieces were higher in pantomino.

Second, it is confirmed that creativity's subordinate factors, fluency, flexibility, and originality, are separate from each other. To illustrate, in pattern block, three students, who showed 11 types of responses in fluency, flexibility responses were each 5, 6, and 8 types. Specially, among those students, only one could achieve a point in originality.

Third, students' response types categorized in this research could be used for a base-data to mark grades on originality.

* ZDM Classification : C42

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97C42

* Key Words: Pattern Block, Geoboard, Pantomino, Assessing Creativity