

## 수학과 창의성 평가에서 개방형 문항의 특성과 중학교 학생들의 반응유형에 관한 연구<sup>1)</sup>

이 강 섭 (단국대학교)

황 동 주 (단국대학교 대학원, 영진전문대)

서 종 진 (단국대학교 대학원, 목원대학교)

이 연구에서는 창의적인 문제해결능력을 검사하는 도구로 널리 알려진 개방형 문항 5 문제를 수정 또는 번역하여 중학교 2학년 학생들에게 적용하고 그 결과를 분석하였다.

검사도구에 대한 양호도 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 문항 내적 일관성 신뢰도(Cronbach  $\alpha$ )의 계수는 0.8이다. 둘째, 문항반응이론에 근거한 문항의 적합도 지수는 모두 1.2미만으로서 분석모형에 적합한 문항이라고 볼 수 있다. 또한, 문항간의 난이도의 차이는 로짓 점수가 0.6을 넘지 않은 범위에서 골고루 분포되어 있다. 셋째, 문항 신뢰도 지수가 모두 0.80보다 높은 것으로 나타나 사용된 문항들은 서로 잘 분리되어 창의적 문제해결력을 추정하고 변별하는데 무리가 없다.

학생들의 반응에 대한 분석 결과는 다음과 같다. 문항1에서 곡선을 이용한 반응은 영재학생들에서만 발견할 수 있었다. 문항2에 대한 각 반응의 독창성 점수는 모두 0이다. 이것은 문항2가 널리 알려진 문제에 기인한 것으로 해석된다. 문항3은 영재학생들이 더 많은 반응을 보인 것으로 모든 반응이 독창성 점수를 부여받았다. 문항4에 대하여 일반학생들은 거의 반응을 하지 못하였다. 문항5는 대부분의 학생이 반응을 하였으며 반응의 종류도 가장 다양하였다.

### I. 서론

#### 1. 연구의 필요성 및 목적

오랫동안 학교교육에서는 문제해결에 초점을 두었으며(Dillon(1982), Ramirez(2002) 참조), 이제까지 학교교육에 대한 중요한 개념을 제공해온 인지주의나 구성주의에서도 문제해결능력의 향상을 강조한다. 특히 인지주의자들은 구조화된 문제를 해결하는 능력을 길러주는 것이 학교교육에서 강조되어야 한다고 주장하고 있으며 한편, 구성주의자들과 문제중심학습 이론가들은 비구조화된 문제를 학습에 이용할 것을 강조하면서, 비구조화된 문제의 해결은 구조화된 문제를 해결하는 과정과 다름을 강조한다. 즉, 비구조화된 문제는 문제를 해결하기 전에 문제를 재정의하거나 재구조화하는 과정이 반드시 있어야 한다(Reiter-Palmon, Mumford, Boes & Runco(1997) 참조)고 강조한다. 김정섭(2002)

1) 이 연구는 2003학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

에 의하면, 구성주의자들이 비구조화된 문제를 구조화하는 과정과 창의성을 연결하려는 시도는 있지만, 문제 찾기 능력 전반으로 관심의 폭을 넓히지 못하고 있는 실정이다. Runco & Chand(1995)는 문제 찾기는 창의적인 출발점이고, 창의적인 산출물을 얻는 것은 문제 찾기에 달려 있다고 언급하고 있다.

또한, 미국교사협회(NCTM) 기준집에서는 21세기를 대비하여 학생들이 갖추어야 할 수학적 힘으로서, 수학적 지식을 사용하여 문제를 해결하는 능력, 수학적 의사 교환 능력, 수학적으로 추론하는 능력, 수학적 성향 등의 능력을 고루 갖출 것을 제안하고 있다. 이를 위하여 학생들은 확산적이고 건전한 수학적 사고를 자극 받아 창의적 아이디어를 꽃 피울 수 있는 도전감 있는 과제를 제공받아야 하는데, 한 가지 문제를 다양한 방법과 전략을 사용하여 풀게 하는 것이 수학적 사고를 신장시키는 데 유용한 방법이라고 설명하고 있다.

일반적으로, 수학분야에서의 창의적 사고 능력과 표현 능력은 한 가지 이상의 답을 요구하는 'open-ended 또는 open-response' 형태의 문제 또는 질문을 가지고 측정할 수 있다. 이와 같은 개방형 접근(open-ended approach)은 수학 창의성 평가에 특히 유용하다. 그 이유는, 개방형 접근에서는 과정이 열려있고 결과가 열려있기 때문이다.

위의 논의를 바탕으로 본 연구에서는 수학적 창의성을 효과적으로 측정하기 위한 일환으로 개방형 문항에 대하여 검사도구로서의 양호도 분석을 하였으며, 중학교 2학년 영재학생과 일반학생들의 개방형 문항에 어떻게 반응하는지를 알아보았다. 즉, 다음과 같은 2가지의 연구문제에 대한 논의를 하였다.

연구문제 1. 개방형 문항에 대한 신뢰도, 타당도, 난이도, 적합도와 변별도는 어떠한가?

연구문제 2. 중학교 2학년 영재학생과 일반학생들의 개방형 문항에 대한 반응에 차이가 있는가?

## 2. 개방형 문항의 의미와 수학 창의성과의 관련

문항은 전통적으로 창의성을 측정하기 위한 한 가지 방법으로 많이 사용되었다. 그런데, 근래에 와서 개방형 문항에 대하여 서로 다르게 정의하는 경우가 많으므로 본 연구에서 사용하는 개방형 문항의 정의를 명확히 할 필요가 있으며 또한, 선행연구를 통하여 수학 창의성과 개방형 문항과의 관련성을 살펴볼 필요가 있다.

개방형(open-ended) 문제의 정의를 명백히 시도하기 위하여 그 반대로 닫힌(closed) 문제에 대한 정의로부터 시작할 수도 있다. 어떤 문제가 닫혀 있다는 것은 그 문제의 출발 상황과 목표 상황이 닫혀 있는 것, 즉 잘 정의된(well defined) 것을 이야기 한다. 따라서 개방형 문제는 다음의 <표1>에서와 같이 출발 상황이나 목표 상황 중의 일부가 닫혀있지 않을 때나 두 개다 열려 있는 상황을 말한다.

&lt;표 1&gt; 개방형 문항의 유형 분류

출발상황 \ 목표상황	닫힘(closed)	열림(opened)
닫힘(closed)	닫힌 문제들	끝이 열려 있는 문제, 실생활 문제, 탐구문제, 문제 상황, 문제 변환
열림(opened)	실생활 문제, 문제 변환, 불충분한 문제	실생활 문제, 질문이 없는 문제, 문제 변환 프로젝트, 발문

창의성과 문제설정 사이의 관계는 다양한 측면에서 본질적으로 유사하다. 최근에는 문제 발견(problem finding) 능력이 때때로 창의성 그 자체를 의미한다(Dillon(1988), Voss과 Means(1989) 참조)는 의견까지도 있다. 뿐만 아니라, Haylock(1987)은 문제 설정(problem posing)이 창의적인 능력이라고 보았다. 특히, Leung과 Silver(1997)는 산술 문제 설정과 언어 창의성(TTCT)과의 관련연구에서 언어 창의성의 유창성은 .001수준에서 산술 문제 설정의 유창성과 관련이 있고, 유창성은 .05수준에서 상관이 있다고 하였다. 또한, Yoshihiko(1997)에 의하면, 교실 상황에서 수학 창의성은 개방형 접근(open-ended approach)과 문제에서 문제로부터 예측할 수가 있다. 왜냐하면 개방형 접근은 결과가 열려(open)있고, 문제에서 문제로부터는 과정이 열려(open)있기 때문이다. 국내에서도 수학 창의성과 개방형과의 관련 연구가 활발히 이루어지고 있다(송상현(1997), 민득자(1999), 문성길(2000), 변은진(2001), 변은진·이석희(2001), 문점에(2002) 참조).

### 3. 연구 방법 및 절차

#### 1). 검사지

개방형 문항으로 선정한 문제는 5개이며 이 중에서, 문제 1은 Haylock(1984), 송상현(1998)과 김홍원·김명숙·방승진·황동주(1997)가 사용한 9개의 점(nine dots) 문제를 16개로 변형한 것이고, 문제 2는 김홍원·김명숙·방승진·황동주(1997)의 사각형문제를 육각형으로 변형한 것이다. 문제 3에서 문제 5까지는 Becker와 Shimada(1997)의 수조문제, 공기돌문제와 입체도형 문항을 사용하였다.

#### 2). 검사의 실시 및 자료 분석 방법

표집집단으로는 대전의 g 대학교 영재센터 지원생 55명과 대전의 h 중학교 학생 417명을 대상으로 하였으며 이들에 대한 검사는 2003년 5월에 실시하였다. 검사시간의 처음 5분은 답안 작성시 주의사항을 설명하고, 나머지 50분 동안 충분한 시간을 통해서 여러 가지 유형의 기발하고 독특한 답을 쓰도록 하였다.

채점은 문항에 대한 올바른 답을 모두 골라 유형별로 분류하고 각각의 유형별 반응 빈도수를 확인하여 반응의 유형 분류표를 작성함으로써 채점 기준표를 만들었다. 문항의 양호도 분석중 문항 내

적 일관성 신뢰도와 변별도를 구하기 위하여 SPSS 10.0K를 사용하여 Cronbach  $\alpha$ 를 구하였고, 내적 타당도와 난이도를 구하기 위하여 문항 반응 이론 중 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 BIGSTEPS(Livacre & Wright, 1991, 1997, 2002)를 사용하여 분석하였다.

## II. 자료 분석 및 연구 결과

### 1. 검사 도구의 양호도 분석

#### 1). 문항 내적 일관성 신뢰도

검사의 신뢰도를 위하여 문항 내적 일관성 신뢰도인 Cronbach  $\alpha$ 를 구하였다. 개방형 문항 5개에 대한 신뢰도 계수는 0.80이다.

#### 2). 문항 적합도 지수로 본 내적 타당도

검사 문항에 대한 내적 타당도는 문항 반응 이론 중 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 모수치를 추정하고 문항 분석을 하도록 하는 컴퓨터 프로그램인 BIGSTEPS를 사용하여 문항들의 적합도 지수를 산출하였다. 사용된 분석 모형은 부분점수(Partial Credit) 모형이다. 문항의 적합도 지수가 1.2보다 모두 작으므로 분석모형에 적합한 문항이라고 볼 수 있다.

<표 2> 개방형 문항 적합도 지수

문항	1	2	3	4	5	전체
Infit	1.05	1.10	.85	.90	1.08	1.00
Outfit	1.01	1.02	.83	.90	1.05	.96

#### 3). 난이도

문항 난이도는 문항의 어렵고 쉬운 정도를 나타내는 것으로서 본 연구에서는 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 계산하였다. 문항 난이도가 0.0인 것은 문항들 중에서 평균정도라는 것을 의미하며 양수(+)값을 가질수록 어려운 문항이다. 본 개방형 검사에서는 로짓 점수로 본 난이도가 0.6을 넘는 문항은 없었다. 난이도 척도상에 각 문항의 난이도를 나열해 보았을 때, 문항간의 난이도의 차이는 로짓 점수가 0.6을 넘지 않은 범위에서 골고루 분포되어 있고, 문항 신뢰도 지수가 모두 0.80보다 높은 것으로 나타나 사용된 문항들은 서로 잘 분리되어 창의적 문제해결력을 추정하고 변별하는데 무리가 없다고 볼 수 있다.

&lt;표 3&gt; 개방형 문항 난이도

문항	1	2	3	4	5	전체
난이도	-.22	-.41	.23	.40	-.01	0.00

## 4). 변별도

개방형 문항의 변별도는 점이연상관(point-biserial correlation)에 의하여 분석하였다. 점이연상관은 해당 문항 점수와 총점과의 상관으로서 음수(-)값을 나타내는 문항은 능력이 높은 피험자와 낮은 피험자를 제대로 변별하지 못하는 문항이라 할 수 있다. 점이연상이 음수로 산출된 문항들의 경우는 대부분 그 동안의 지식을 바탕으로 쉽게 점수를 받을 수 있는 문항이기 때문에 문항을 변별해 주기에는 부적절하나 음수로 산출된 문항이 없어 모든 문항이 수학 창의성을 변별해 줄 수 있을 것으로 보인다.

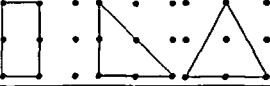








&lt;표 4&gt; 개방형 문항 변별도

문항	1	2	3	4	5	전체
변별도	.73	.73	.67	.51	.56	








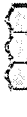








## 2.. 답안의 유형별 분석

답의 개수와 유형이 여러 가지일 수 있으므로, 주어진 문항에 따라 가능한 반응을 모두 골라 유형별로 묶고 각각의 반응에 대한 빈도 수를 측정하였다. 채점 기준표를 만들 때는 학생의 반응의 개수와 유형의 수를 먼저 분석을 하여 유형표를 작성한 다음, 각각의 빈도수와 수학적 유용성을 확인하여 독창성 점수를 채점 기준표를 만들었다. 문항에 대한 자세한 분석은 다음과 같다.

<표 5> 문항 1의 채점기준표 및 빈도

반응범주		반응	독창성	반응수		
				영재 (N=55)	일반아 (N=417)	총합 (N=472)
I. 단일 기본도 형	선대칭		0	151	728	879 (186.2)
	점대칭		0	86	232	318 (67.4)
	비대칭		1	6	4	10 (2.1)
II. 2개 이상의 기본도 형	선대칭		0	30	51	81 (17.2)
	점대칭		0	8	10	18 (3.8)
	비대칭		0	143	258	401 (85)
III. 중점을 이용	선대칭		3	1	3	4 (0.8)
IV. 곡선(원) 을 이용	선대칭		3	3	0	3 (0.6)
	비대칭		3	2	0	2 (0.4)

<표 6> 문항 2의 채점기준표 및 빈도

반응범주		반응	독창성	반응수		
				영재 (N=55)	일반아 (N=417)	총합 (N=472)
 I.	선대칭		0	80	270	270 (57)
	비대칭		0	37	109	146 (31)
 II.	선대칭		0	64	196	260 (55)
	점대칭		0	26	100	126 (27)
	비대칭		0	74	244	318 (67)
 III.	선대칭		0	86	418	504 (107)
	점대칭		0	45	173	218 (46)
	비대칭		0	63	364	427 (90)
 III.	선대칭		0	16	51	67 (14.2)
	점대칭		0	11	52	63 (13)
	비대칭		0	4	12	16 (3.4)
IV. 0			0	15	63	78 (17)

<표 7> 문항 3의 채점 기준표 및 빈도

반응범주	반응	독창성	반응수		
			영재 (N=55)	일반아 (N=417)	총합 (N=472)
I. 각 점을 연결	각 점을 연결하여 만들어지는 오각형의 넓이를 측정한다.	0	34	40	74 (15.7)
	각 점을 연결하여 만들어지는 오각형의 둘레를 측정한다.	0	23	38	61 (12.9)
	모든 점끼리 연결해 만들어지는 별 모양의 둘레를 측정한다.	0	1	6	5(1.0)
	각점을 연결하여 점간의 거리를 구해 더한 값을 선분의 개수로 나눈다.	3	0	5	5(1.0)
II. 대각선	대각선의 길이를 모두 재어 가장 긴 것을 구한다.	0	4	10	14(2.9)
	대각선의 길이를 모두 더하여 평균을 구한다.	3	3	2	5(1.0)
	5개의 점 중 한 점과 나머지 네 점을 연결한 선분 4개의 길이 중 가장 긴 것을 구한다.	1	9	3	12(2.5)
	5개의 점 중 한 점과 나머지 네 점을 연결한 선분 4개의 길이를 더한다.	0	9	6	15(3.1)
	대각선의 길이의 합으로 측정한다.	3	0	1	1(0.2)
III. 내부의 점	오각형 내부의 한 점과 다섯 개의 점을 잇는 선분의 길이를 더한다.	2	5	3	8(1.6)
	오각형 내부의 한 점과 다섯 개의 점 사이에 평균 거리를 구한다.	3	3	0	3(0.6)
IV. 원 이용	모든 점을 포함하는 가장 작은 원의 반지름(둘레) 구한다.	3	0	1	1(0.2)
	같은 크기의 원을 대었을 때 그 원에서 벗어나는 구슬의 개수를 구한다.	3	0	1	1(0.2)
V. 사각형 이용	큰 사각형에서 가운데 오각형을 제외한 부분의 넓이를 구한다.	3	0	5	5(1.0)
	일정한 간격의 직사각형을 그려 칸마다 점수를 10, 9, 8점 등으로 정한 후 점수를 합한다. 예) $10 \times 1 + 9 \times 2 + 8 \times 2 = 44$ (점)	3	3	2	5(1.0)
VI. 기타	삼각형을 그려 넓이가 가장 큰 것의 넓이를 구한다.	3	0	2	2(0.4)
	좌표계를 도입하여 좌표를 이용한 편차 또는 표준편차를 구한다.	3	2	1	3(0.6)
	점들을 이어 도형을 만든 뒤 A, B, C에 똑 같은 크기의 도형을 올려놓아, 얼마나 나머지가 많은지 비교한다.	3	0	1	1(0.2)
	공기들이 나온 모양 안에 일정한 모양의 물체를 각각 집어 넣어서 그 물체의 수를 구한다.	2	5	2	7(1.4)
	공기들과 공기들 사이에 들어가는 개수로 측정한다.	3	0	1	1(0.2)



<표 8> 문항 4의 채점 기준표 및 빈도

발견 (결과)목록	학생의 발견(규칙)	독창성	반응수		
			영재 (N=55)	일반아 (N=417)	총합 (N=472)
I. 일정한 합	a+b는 일정하다.	1	8	2	10(2.1)
	a와 b의 값의 평균은 일정하다.	3	2	0	2(0.4)
	b+c는 일정하다.	2	2	3	5(1.1)
	수면 위의 모서리의 길이의 합은 일정하다.	3	1	1	2(0.4)
II. 변화	한 모서리는 다른 모서리가 증가하는 양만큼 감소한다.	3	0	1	1(0.2)
	한 모서리가 증가할 때, 다른 모서리는 감소한다.	1	0	11	11(2.3)
	모서리의 길이는 변한다.	3	0	1	1(0.2)
	수면의 모서리의 길이는 점점 커진다.	3	0	2	2(0.4)
	한 모서리가 0이 될 때, 다른 모서리는 그것의 본래 길이의 2배가 된다.	3	1	0	1(0.2)
III. 기울기	기울기가 작을수록 물의 표면에 닿는 넓이가 작아진다.	3	0	1	1(0.2)
	기울어진 각과 물이 기운 각이 같은 것이다.	3	0	1	1(0.2)
	어떻게 기울여도 원이 될 수 없다.	3	3	0	3(0.6)
	그림 2.2에서 완전히 기울이면 사각형 모양이 된다.	3	0	1	1(0.2)
IV. 범위	모서리 길이의 한계는 15cm이다.	3	0	1	1(0.2)
V. 수면의 모양	수면(윗면)과 밑면은 직사각형이다.	3	2	2	4(0.8)
	수면은 직사각형 또는 사각형이다.	1	1	12	13(2.8)
	옆면의 모양은 사다리꼴에서 삼각형으로 바뀐다.	0	8	20	28(5.9)
	옆에서 본 것은 사다리꼴이다.	1	2	5	7(1.5)
	수면의 모양은 변한다.	3	0	2	2(0.4)
VI. 넓이	옆면의 총 길넓이는 변하지 않는다.	3	2	0	2(0.4)
	수면의 넓이는 변한다.	3	2	0	2(0.4)
	수면의 넓이는 점점 커진다.	2	0	5	5(1.1)
	총 길넓이는 변한다.	3	0	1	1(0.2)
VII. 부피	부피는 변하지 않는다.	0	17	27	44(9.3)
VIII. 기타	물의 무게는 변하지 않는다.	0	8	22	30(6.4)
	수면은 수평이다.	1	0	8	8(1.7)
	물의 형태는 사각기둥이다.	3	1	1	2(0.4)
	물의 형태는 직육면체에서 삼각기둥으로 변한다.	3	2	0	2(0.4)
	물의 형태는 변한다.	1	0	7	7(1.5)
	직선 MN은 항상 수면 위에 있다.	3	0	2	2(0.4)

<표 9> 문항 5의 체점 기준표 및 빈도

반응의 범주	특징들 / 입체도형들	A	B	C	D	E	F	G	H	독창성	반응수		
											영재 (N=55)	일반아 (N=417)	총합 (N=472)
I. 변의 모습 (변, 밀면)	삼각형의 면을 가짐	/	/	/	/	/	/	/	/	0	1	24	25(5.3)
	밀면을 한 개 가짐	/	/	/	/	/	/	/	/	0	23	47	70(14.8)
	옆면이 삼각형임	/	/	/	/	/	/	/	/	0	35	124	159 (33.7)
	표면이 평평함	/	/	/	/	/	/	/	/	1	3	10	13(2.8)
	4개의 면을 가짐	/	/	/	/	/	/	/	/	0	11	28	39(8.3)
	면들이 모두 다각형이다	/	/	/	/	/	/	/	/	0	8	8	16(3.4)
	밀면은 원이 아님	/	/	/	/	/	/	/	/	3	1	0	1(0.2)
	밀면과 옆면이 같은 모양이다	/	/	/	/	/	/	/	/	1	6	0	6(1.3)
II. 변의 수, 각의 수, 면의 수, 꼭지점의 수와 그들의 관계	모서리의 수 = (밀면의 모서리의 수) X 2	/	/	/	/	/	/	/	/	3	0	4	4(0.8)
	모서리들이 직선 만을 가짐	/	/	/	/	/	/	/	/	1	2	10	12(2.5)
	꼭지점을 가짐	/	/	/	/	/	/	/	/	0	4	49	53(11.2)
	모서리를 가짐	/	/	/	/	/	/	/	/	3	1	0	1(0.2)
	옆 모서리의 길이가 다 같다	/	/	/	/	/	/	/	/	3	1	0	1(0.2)
	꼭지점의 수=밀면의 변의 수 + 1	/	/	/	/	/	/	/	/	3	0	2	2(0.4)
	면의 수 = 밀면의 변의 수 + 1	/	/	/	/	/	/	/	/	3	0	2	2(0.4)
	밀면의 모서리의 수가 옆면의 개수	/	/	/	/	/	/	/	/	3	1	2	3(0.6)
III. 각과 면 사이의 평행 또는 수직 관계	꼭지점의 개수=모서리의 개수에 2/3배이다	/	/	/	/	/	/	/	/	3	1	0	1(0.2)
	밀면의 꼭지점의 개수는 홀수이다	/	/	/	/	/	/	/	/	3	1	0	1(0.2)
IV. 투영(앞에서 본 모양, 옆에서 본 모양)	꼭지점을 통과하면서 밀면에 수직인 단면이 삼각형임	/	/	/	/	/	/	/	/	3	0	4	4(0.8)
	옆에서 보면 삼각형임	/	/	/	/	/	/	/	/	0	2	22	24(5.1)
V. 평행면, 수직면	위에서 본 모양이 다각형임	/	/	/	/	/	/	/	/	3	0	4	4(0.8)
	밀면과 평행하게 자른 단면은 밀면과 닮음이지만 합동이 아님	/	/	/	/	/	/	/	/	3	0	2	2(0.4)
	밀면과 평행한 단면이 밀면과 닮음	/	/	/	/	/	/	/	/	3	3	0	3(0.6)
VI. 전개했을 때 모양	밀면과 평행한 면을 가지지 않음	/	/	/	/	/	/	/	/	3	0	2	2(0.4)
	전개도가 있다	/	/	/	/	/	/	/	/	3	1	0	1(0.2)
VII. 입체의 발진된 모습	전개했을 때 삼각형의 개수가 같다	/	/	/	/	/	/	/	/	3	0	3	3(0.6)
	각별	/	/	/	/	/	/	/	/	0	22	173	195 (41.3)
VIII. 회전이나 평행이동으로 구축된 모습	회전체가 아님	/	/	/	/	/	/	/	/	1	7	5	12(2.5)
X. 체적이나 표면적	부피를 가짐	/	/	/	/	/	/	/	/	1	8	4	12(2.5)

## V. 결 론

창의적인 문제해결 능력을 검사하는 도구로 널리 알려진 개방형 문항 5 문제를 수정, 번역하여 중학교 2 학년 영재학생과 일반학생 472명을 대상으로 검사를 실시하고 문항에 대한 신뢰도, 타당도, 난이도, 변별도 등을 문항반응이론에 근거하여 다음과 같이 분석하였다.

첫째, 문항 내적 일관성 신뢰도(Cronbach  $\alpha$ )의 계수는 0.8이고, 둘째, 문항반응이론에 근거하여 문항의 적합도 지수가 1.2보다 모두 작으므로 분석모형에 적합한 문항이라고 볼 수 있으며 문항간의 난이도의 차이는 로짓트 점수가 0.6을 넘지 않은 범위에서 골고루 분포되어 있고, 셋째, 문항 신뢰도 지수가 모두 0.80보다 높은 것으로 나타나 사용된 문항들은 서로 잘 분리되어 창의적 문제해결력을 추정하고 변별하는데 무리가 없다고 볼 수 있고, 넷째, 문항을 변별해 주기에는 부적절하나 음수로 산출된 문항이 없어 모든 문항이 수학 창의성을 변별해 줄 수 있을 것으로 보인다.

학생들의 반응에 대한 차이를 빈도에 의하여 분석결과는 다음과 같다. 문항 1은 전반적으로 단일 기본도형, 2개 이상의 도형 사용, 중점을 이용, 곡선을 이용으로 범주를 나누어 볼 수 있다. 이 중에서 영재 학생들은 골고루 분포하여 나왔으며 특히 곡선을 이용한 것에서는 영재학생들 탁월하게 반응을 보였다. 문항 2는 전반적으로 너무 많이 나와 독창성 점수가 모두 0점이다. 문항 3은 난이도가 0.23으로 일반아들보다 영재아들이 더 많은 반응을 보이고 있으며 거의 모두가 독창성 점수를 부여 받았다. 문항 4가 가장 어려운 문항으로 일반아들은 거의 손을 대지 못하고 있으며 상위권의 학생들은 어느 정도 반응을 보이고 있다. 문항 5는 많은 학생들이 답을 하여 반응을 보인 문항이다. 문항 5에서는 학생들의 반응 또한 다양하게 나타났으며 문항 3과 문항 4보다는 일반 학생들도 많은 답을 찾은 것 같다.

또한 개방형 학습 방법에 의한 수업은 학습자의 수학적 창의력 신장에 도움을 줄 수 있는 교수 학습 방법이라고 할 수 있고, 이러한 방법은 교사가 제시한 기계적인 알고리즘을 단순 적용·연습하는 활동이 아니라, 학생들에게 문제에 대한 도전감을 주고 생각하는 힘과 수학적 힘을 길러줄 수 있는 개방형 학습법에 의한 수업 활동이 이루어져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 김정섭 (2002). 창의성 교육을 위한 패러다임의 전환 : 문제 해결에서 문제 찾기로, 2002연차 학술발표대회 발표 논문집, 창의성과 문화, pp.59-70.
- 김홍원·김명숙·방승진·황동주 (1997). 수학 영재 판별 도구 개발 연구(II) - 검사 제작 편 -, 한국교육개발원 연구보고 CR97-50, 한국교육개발원.
- 문성길 (2000). 개방형 교수법을 통한 문제해결력 신장, 학교수학교육학회 논문집 1, pp.57-85.
- 문점애 (2002). 초등학교 수학교육에서 개방형 학습법이 수학적 창의력에 미치는 효과, 한국교원대학

교 대학원 석사학위 논문.

- 민득자 (1999). 열린문제를 통한 수학과 교수 학습 방법 연구 - 초등학교 6학년을 중심으로 -, 진주 교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 변은진 (2001). 개방형 문제를 활용한 평가가 수학 창의력에 미치는 효과, 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 변은진 · 이석희 (2001). 개방형 문제 개발 및 창의력 측정, 학교수학교육학회 수학교육 워크샵, 3, pp.201-219.
- 송상헌 (1997). 진통적인 문제와 창의적인 문제에 대한 한 가지 비교 연구, 대한수학교육학회논문집 7(1), 397-414.
- 송상헌 (1998). 수학 영재성 측정과 판별에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- BIGSTEPS (Livacre & Wright, 1991, 1997, 2002)
- Becker, J. P. & Shimada, S. (1997). The open-ended approach : a new proposal for teaching mathematics. Reston, Virginia: NCTM.
- Dillon, J. T. (1982). *Problem finding and solving*. *Journal of Creative Behavior*, 16, pp.97-111.
- Dillon, J. T. (1988). Levels of problem finding vs problem solving. In: questioning exchange 2(2), pp.105-115.
- Haylock, D. W.(1987). A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren in *Educational Studies in Mathematics* 18, pp.59-74.
- Leung, S. S. & Silver, E. A. (1997). The role of task format, mathematics knowledge and creative thinking on the arithmetic problem posing of prospective elementary school teacher. - In: *Mathematics Education Research Journal* 9(1), pp.1-20.
- Ramirez, V. E. (2002). Finding the right problem. *Asia Pacific Education Review* 3, pp.18-23.
- Reiter-Palmon, R., Mumford, M. D.; Boes, J. O. & Runco, M. A. (1997). Problem construction and creativity : The role of ability, cue consistency, and active processing, *Creativity Research Journal* 10, pp.9-23.
- Runco, M. A. & Chand, I. (1995). Cognition and creativity. *Educational Psychology Review* 7, pp.243-267.
- Voss, J. F. & Means, M. L. (1989). *Towards a model of creativity based upon problem solving in social sciences*, - In: Glover, J. A., Ronning, R.R., & Reynolds, C. R. (Eds.), *Handbook of creativity*: New York: Plenum Press, pp.399-410.
- Yoshihiko. H. (1997). *The methods of fostering creativity through mathematical problem solving*. *ZDM* 29(3), pp.86-87.

## &lt;부록 1&gt; 개방형 검사지

## 개방형 검사지

이 름 :

생년월일 : \_\_\_\_\_ 년 \_\_\_\_\_ 월 \_\_\_\_\_ 일

성 별 : 남 \_\_\_\_\_ 여 \_\_\_\_\_

소 속 : \_\_\_\_\_ 학교 \_\_\_\_\_ 학년 \_\_\_\_\_ 반 \_\_\_\_\_ 번호

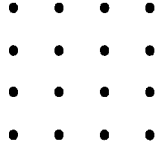
## &lt;답안 작성시 주의 사항&gt;

다음의 설명을 꼭 읽고 차분히 풀어 주세요. 이 문제들은 풀이과정과 답이 여러 가지이며 주어진 풀이 시간은 총 50분입니다.

- (1) 문제의 답은 자신이 가장 좋다고 생각되는 답을 최대한 15개까지만 적으세요.
- (2) 문제에서는 비슷한 답보다 서로 다른 답이 많을수록 더 좋습니다.
- (3) 누구나 쉽게 생각할 수 없는 것일수록 더 좋습니다.
- (4) 답이 정확하고 자세할수록 좋습니다.
- (5) 만약 답안지가 모자라면 선생님께 새 답안지를 받으세요.

☞ 이제 선생님의 안내를 받아 다음 페이지로 넘어가세요.

[1] 다음과 같이 가로, 세로 방향으로 한 칸이 1cm인 16개의 점이 찍혀 있다.

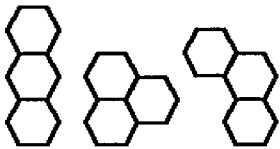


이 16개의 점 안에 넓이가  $2\text{ cm}^2$ 인 도형을 될 수 있는 한 많이 그려보아라(단, 뒤집거나 돌려서 서로 포개어질 수 있는 것은 한 종류로 보며, 도형을 둘로 쪼개어지거나 한 점에서 만나서도 안 된다).

[2] 정육각형의 종이 3장으로 아래 <보기>와 같이 번끼리

어긋나지 않게 붙이는 방법은 3가지이다.

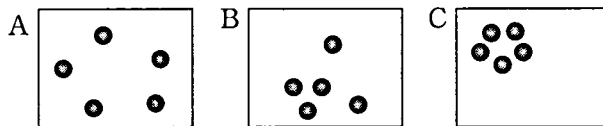
<보기>



단 은 같은 것으로 본다.

그러면 정육각형의 종이 6장으로 같이 번끼리 어긋나지 않게 붙이는 방법을 모두 그려보아라. (단, 회전시키거나 뒤집었을 때, 포개지는 것은 같은 것으로 한다).

[3] 세 명의 학생 A, B, C가 5개씩의 공기들을 던져서 아래와 같은 결과를 얻었다. 이 게임에서의 승자는 공기들이 가장 적게 흩어진 학생이다. 아래의 경우에서 흩어진 정도는 A, B, C 순으로 감소되었다. 흩어진 정도를 수치(측정)로 나타낼 수 있는 가능한 많은 방법을 고안하여라(찾아라).



[4] 직각기둥 모양의 투명한 수조(水槽)에 물이 조금 채워져 있다. 물이 든 수조의 밑면의 한 모서리를 테이블에 고정된 상태에서 수조를 기울이면, 직육면체의 면들과 물의 표면에 의해 다양한 크기의 몇 가지 기하학적인 모양이 만들어진다. 그 모양과 크기는 기울기의 정도에 따라 변할 것이다. 이들의 모양과 크기와 관련하여 불변의 관계(규칙)를 가능한 많이 발견하여 모두 적어라.

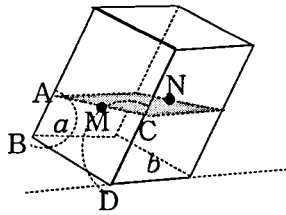


그림 2.1

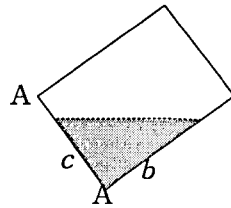
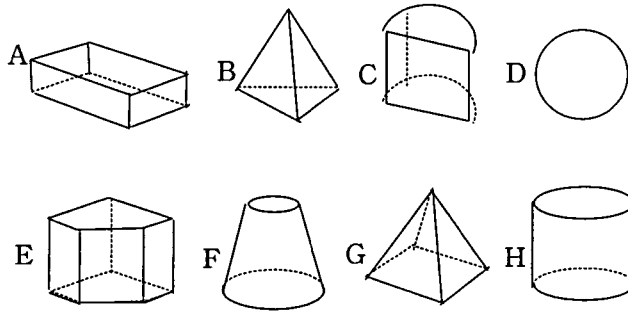


그림 2.2

[5] 다음과 같은 여러 가지 입체도형이 있다. 도형B가 가지고 있는 여러 가지 특징 중에서 같은 특징을 가진 도형을 하나 또는 그 이상 선택하여 아래 표에 ○로 표시하고 그 도형의 특징을 써라.



[표]

특징들	A	ⓑ	C	D	E	F	G	H
		/						
		/						