韓國數學敎育學會
<全國數學敎育硏究大會 프로시딩>
제 38회. 2007. 6. 51-66

Korea Soc. Math. Ed.
Proceedings of National Meeting of Math. Ed.
The 38th. Jun. 2007. 51-66

수학 영재선발 문항분석 및 문항개발의 개선 방안

배 종 수 (서울교육대학교)
박 만 구 (서울교육대학교)

본 연구에서는 수학영재교육의 정상화라는 측면에서 서울교육대학교 과학영재교육원의 사례를 중심으로 수학과 영재선발 과정 중에서도 수학분야 문항의 분석을 통하여 지원한 학생들의 수학 개념에 대한 반응을 알아보고 영재교육원에 지원하는 학생들의 수학 학습의 문제점을 진단하고, 수학 영재학습 대상자 선발을 위하여 보다 바람직한 수학 문항 개발 위한 개선점에 대하여 알아보았다. 지원자들의 수학 개념, 원리, 법칙에 대한 이해도는 예상보다 매우 낮게 나왔으며 향후 수학영재 선발 문항의 개발에서는 문항의 개발자들이 수학영재 판별을 위한 진지한 고민과 함께 수학영재들의 능력을 적절히 측정할 수 있는 문항을 개발할 필요성을 제기하였다.

I. 서 론

본 저자들은 대학에서 영재교육을 담당하는 사람들로 영재교육의 대열에 합류하려는 학부모와 학생들의 열의를 볼 때면 가끔은 처절할 정도의 노력이 있음을 체험할 때가 있다. 최근에는 영재교육원의 입성의 최대 준비처인 것처럼 선전하고 있는 일부 사교육 기관들과 합세하여 학부모들은 초등학교 시기에 자녀들을 영재교육기관에 합류시키는 것이 자녀들의 장래를 보장하는 것처럼 생각하도록 하게 만들고 있다. 그러나 이런 과열 현상의 저변에는 그 이유가 있으므로 학부모들을 탓할 수만은 없는 일이다.

어찌되었든 이런 과열 현상에도 불구하고 나라 전체의 발전의 장기 비전을 생각하는 정부 당국이나 수학적으로 뛰어난 자녀들의 장래에 관심을 가지고 있는 학부모들의 입장에서 보면 영재교육은 보다 활성화되어야 한다. 다만 이를 위해서는 수학영재를 제대로 선발하여 교육하여야 할 필요가 있다. 여기에서 '영재'는 여러 분야의 영재를 생각할 수도 있겠으나 본고에서는 수학 분야의 영재를 일컫는 말로 국한하고자 한다. 아무리 교육시스템이 잘 되어 있다고 하더라도 수학을 영재를 제대로 뽑아서 교육하지 못한다면 영재교육의 효율은 떨어질 것이고 거기에서 파생하는 부작용도 있을 것이다.

우리나라의 본격적인 영재교육은 2002년 4월 18일 대통령령으로 제정된 영재교육진흥법 시행령에 의하여 시작된 영재교육의 역사가 매우 짧아서 영재 선발, 교육, 사후 관리 등에 있어서 아직도 많은 시행착오를 거치고 있는 과정에 있다. 현재 우리나라는 여러 형태의 사설 기관을 제외하면 전국의 25개 대학의 부설영재교육원과 각 시도 교육청에 초등 및 중등과정의 과학영재교육원을 운영하고 있다. 그리고 각 대학부설 영재교육기관은 각자 나름대로의 선발 방법에 의하여 수학영재를 선발하고 있다. 그러나 그 선발 문항이나 방법이 적절한지에 대한 검증은 되어 있지 않은 실정이다. 그리고 전국에 있

는 이 과학영재교육원에 들여보내기 위한 많은 사설 교육기관이 있다. 그리고 이런 사설 기관에서의 무분별한 선행 학습위주의 교육방법으로 인하여 대상 학생들에게 선행학습을 가속화시키는 결과를 낳고 있다. 그러나 영재원의 입시결과에서도 밝혀졌듯이 선행위주의 학습으로 인하여 교육과정 내에서의 원리 위주의 문제에 대해서는 잘 이해하고 있지 못하는 문제점을 보여 주었다(박만구, 2006).

본 논문에서는 영재교육의 측면에서 생각해야 할 문제가 많지만 수학 영재교육의 정상화라는 측면에서 서울교육대학교 과학영재교육원의 사례를 중심으로 수학과 영재선발 과정 중에서도 수학분야 문항의 분석을 통하여 지원한 학생들의 수학 개념에 대한 반응을 토대로 영재교육원에 지원하는 학생들의 수학 학습의 문제점을 진단하고, 수학 영재학습 대상자 선발을 위하여 보다 바람직한 수학 문항 개발을 위한 개선점에 대하여 알아보았다.

이를 위하여 본 연구에서 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 영재원에 지원한 학생들은 수학 개념, 원리, 법칙 중심의 수학 영재선발 문항에 대하여 어떤 반응을 보이는가?

둘째, 수학 영재 학생 선발을 위한 수학 문항이 갖추어야 할 특징은 무엇인가?

II. 수학영재의 특성과 선발 문항 분석

통상적으로 영재라 함은 Renzulli(1978)가 정의한 "평균 이상의 지능을 가지고 있으면서 창의력과 집착력이 뛰어난 사람"을 말한다. 본 연구에서의 수학영재는 수학 분야에 있어서 이와 같은 특성을 지닌 사람으로 영재교육을 받을 사람으로 소정의 절차에 의하여 선발 된 사람으로 정의한다. 다시 말하면 일반적으로 말하는 "영재교육대상자"를 일컫는다.

그 동안 전국의 과학영재교육원의 개설과 그 곳에서의 교육을 토대로 영재교육에 대한 여러 연구들이 이루어져 왔다(권오남, 방승진, 송상헌, 1999; 김해규, 김승진, 2003; 서정표, 박배훈,1993; 윤초이, 강승희, 2005; 이강섭, 황동주, 서종진, 2003; 이경화, 박경미, 임재훈, 2003; 최영기, 도종훈, 2004). 이들 연구의 많은 부분은 영재교육대상자들을 직접 지도하는 가운데 발견할 수 있는 영재들의 수학 문제 해결에 관한 광범위한 연구들의 주류를 이루고 있다. 그러나 몇몇 연구들은 영재교원의 학생 선발 방법과 선발문항에 대한 연구도 있었다(이강섭, 2003; 이상범, 2001; 이상범, 이광필, 최상돈, 황석근, 1999).

영재교육대상자들에 대한 많은 연구들은 개방형 문제 또는 다답형 문제를 학생들에게 제시하고 어떤 반응 특성을 보이는지를 분석하였다. 권오남, 방승진, 송상헌(1999, pp.44-45)은 중학교 수학 영재 학생을 대상으로 한 연구에서 다음과 같은 특성이 있음을 발견하였다.

1. 일반적으로 수학 영재들은 주어진 조건이나 성질을 이용하여 수학문제의 구조와 관계를 재빨리 파악해 낸다.
2. 보다 우아한 풀이 방법이나 유형을 찾아보려 하거나 일반적인 해법을 모색한다.
3. 반응의 수보다는 수학적으로 유용하면서도 독특하고 기발한 아이디어를 내는데 더 관심을 보이고 상식을

뛰어넘는 기발한 발상을 즐긴다.
4. 일반 학생과 비교해서는 전반적으로 독창성이 뛰어나지만 수학의 각 영역에서의 독창성은 각각 다르게 나타난다.
5. 다답형 문항 검사는 단답형 문항 검사와 같은 지필검사의 일종이다.
6. 기존의 다른 검사(단답, 서술, 구술, 퍼즐, 활동, 행동특성)들과는 상관이 높지 않으므로 이들과는 또 다른 능력을 재고 있다.

이상에서 보면 수학 영재 학생들은 다답형 문항에서의 반응이 일반 학생들에 비하여 매우 다양하고 독특한 풀이 방법을 찾아내는 경향이 있음을 알 수 있다.

최영기와 도종훈 (2004)은 한 대학교의 영재교육원에 다니고 있는 수학분과 학생들의 인지적, 정의적, 창의적 특성을 과학영재 및 일반학생들과 비교, 분석하였다. 이들에 의하면 수학 영재들은 통상적이지 않은 증명을 제안할 수 있는 능력을 가지고 있으며 수학적 성향 면에서 다른 영재들에 비하여 전반적으로 긍정적인 특성을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 창의성과 유창성 면에서는 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다. 이강섭(2003)의 연구에서는 한국에서 실시되는 수학경시대회의 문항에 대한 분석은 매우 미약한 상태이며 따라서 이를 통하여 필요한 문항의 정보를 이용하기 쉽지 않음을 지적하면서 평가도구의 공정성 확보 및 문제은행의 구축 등을 제안하였다.

이상범, 이광필, 최상돈, 황석근(1999)은 경북대학교 과학영재교육센터의 학생선발 과정과 학생선발 문항을 분석하여 대다수의 문항들이 과학적 사고에 대한 측정에 부적절하고 수학 및 기타 영역의 문제 간에 난이도가 적절하게 조정되지 않았음을 지적하였다. 김해규, 김승진(2003)은 초등학교수학경시대회의 문항 분석을 통하여 문항 분석에 따른 지속적인 피드백이 결여되어 있다고 보고 영재학생들의 창의성을 길러 줄 수 있는 학습 자료가 개발될 필요가 있음을 지적하였다.

국외에서는 이미 수학영재아들의 특성에 관한 연구(Renzulli, 1977, 1979; Tomlinson, 2002; Treffinger, 1982, 1995)도 있어 왔는데, 이들 연구에서 밝혀진 영재들의 특성은 국내에서 연구한 결과와 같이 일반적으로 보다 도전적인 과제에 흥미를 나타내며, 자신들만의 독특한 해결방법을 찾기를 좋아하고, 과제에 흥미를 가지기 시작하면 끈기를 가지고 몰두하는 집착력이 강하다는 특성을 보이고 있다. 그리고 이들은 더 나아가 수학영재아들의 특성에 어울리는 학습 모델 및 프로그램의 개발을 제시하고 있다.

위의 연구들의 결과들을 종합하여 생각해 볼 때, 수학영재 선발을 위한 문항 제작에서는 수학의 기본적인 개념, 원리, 법칙을 생각하도록 하면서 수학영재아들의 인지적 측면뿐만 아니라 정의적 특성 등을 고려하여 그들의 수학적인 잠재 능력을 충분히 측정할 수 있는 문항으로 제작 될 필요가 있다.

III. 연구 방법

본 연구에서는 서울교육대학교 과학영재교육원에서 2007학년도에 실시한 수학 분야의 영재선발

문항을 중심으로 이 영재원에 지원한 학생들이 어떻게 반응했는지를 분석하였다. 특별히 수학적인 개념, 원리, 법칙을 생각하여 수학의 기본적인 측면의 이해를 바탕으로 한 문항의 예를 중심으로 살펴보았다. 2007학년도에 서울교육대학교 과학영재교육원에 수학 분야에 지원한 649명(이중에 40명이 선발되므로 경쟁률 16.2:1)의 문항 반응을 분석하였고, 특정 문항에 대한 상세한 분석을 토대로 수학영재 학생들의 특성과 바람직한 선발 문항의 개발의 방향은 어떠해야 하는지 살펴보았다.

서울교육대학교 과학영재교육원의 경우 학생의 선발 절차는 모두 4차에 걸친 선발 과정을 거치게 되는데 1차는 추천, 2차는 객관식 문제 25문항으로 출제하여 지원한 인원 중에서 최종선발 인원의 2배수를 선발한다. 3차는 이들 2배수에 드는 학생들을 대상으로서 서술형 문제 5문항을 풀도록 하고, 4차에서는 학생들에 대한 인성 및 적성 그리고 수학 소양에 관한 면접 고사가 있게 된다. 이들의 최종선발은 모든 점수의 합계에서 득점이 높은 순으로 선발을 하게 된다.

본 연구에서는 2차 시험인 객관식 지필평가와 3차 시험인 서술형 지필평가에 대한 지원학생들의 반응을 중심으로 분석을 하였다. 본 연구에서는 연구의 목적으로 몇 가지 예시적인 문항을 공개하고 이에 대한 분석을 토대로 지원한 학생들의 수학적인 이해를 분석하였다. 이와 함께 영재원에 속해서 1년 동안 과정을 수료한 바로 전 기의 학생들의 교육배경과 영재교육에 대한 인식을 설문조사를 바탕으로 하여 조사한 결과를 살펴보았다(서울교육대학교 과학영재교육원, 2007).

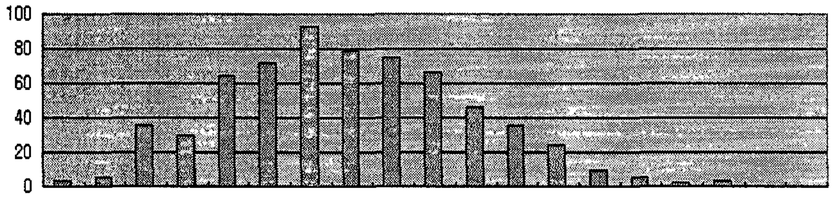
IV. 선발 문항의 분석 및 수학영재 학생들의 반응

서울교육대학교 과학영재교육원의 입학 선발 문항의 제작은 영재원에 참여하고 있는 교수와 주로 강의를 맡아서 학생들을 지도하였던 교사들에게 문항을 출제를 의뢰하여 수합한 문제를 중심으로 문항 개발위원회의 논의를 거쳐서 수정하고 재개발의 과정을 거치면서 최종 문항으로 채택하고 있다. 이 영재교육원에는 수학 이외에 과학과 정보 분야의 영재를 따로 선발하고 있는데 타 분야의 교수들과 논의 과정을 거치면서 더 세련되게 다듬어지고 있다.

2007학년도의 문항의 출제는 예년과는 다소 다르게 실험적인 성격이 있었다, 수학 문항의 경우 모든 문제를 3-5학년 학생들의 교육과정에서 요구하는 심화과정의 범위 내에서 도전해 볼 수 있는 문항으로 출제를 하였다. 그리고 가능한 선행적인 기능의 효과를 최대한 배제할 수 있는 개념과 원리, 법칙의 이해를 중심으로 논리성과 창의성 능력을 평가하였다. 다음은 2007학년도에 실시한 입학전형 문제에 대한 지원 학생 698명의 100점 만점에 대하여 득점한 점수의 분포를 나타낸 것이다.

<표 1> 객관식 평가에서의 각 점수대별 성적 분포

점수(점)	(이상)~(미만)	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90	90~95	95~100	계
학생 수(명)		3	5	36	30	64	72	93	79	75	66	46	36	24	10	5	2	3	0	0	649



* 100점 중 평균 41.84점(649명 응시), 최고 88점

<표2> Cangelosi 난이 평가 방법

정도	문항의 난이도	결과	비율
0.75이상	쉬운 문항	10	30.30%
0.25~0.75만	적절한 문항	15	45.45%
0.25미만	어려운 문항	0	0.00%

<표3> 각 문항별 변별도와 난이도

문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
변별도	0.11	0.05	0.26	0.00	0.05	0.08	0.24	0.05	0.08	0.15	0.00	0.19	0.01
난이도	0.41	0.61	0.44	0.55	0.39	0.99	0.56	0.85	0.67	0.93	0.68	0.86	0.78

문항	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
변별도	0.28	0.15	0.12	0.09	0.14	0.31	0.18	0.08	0.37	0.22	0.40	0.09
난이도	0.89	0.95	0.93	0.91	0.34	0.83	0.75	0.55	0.63	0.67	0.47	0.46

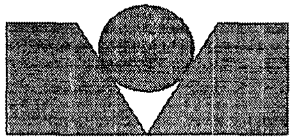
위의 표에서 보는 바와 같이 서울시의 학생들과 학부모들이 가장 선호하는 영재원이면서 지원자의 대부분이 이 선발시험에 응시하기 위하여 상당한 기간 동안 준비를 하고 있는 반면에, 객관식 문항에서 지원 학생들의 성취도는 예상보다 매우 낮은 것이었다. 이들의 2차 평가에서의 평균은 41.84점, 최고점은 88점이었다.

문제의 성격이 가능한 선행적인 기능의 효과를 최대한 배제하고 개념과 원리, 법칙의 이해를 중심으로 논리성과 창의성 능력을 평가하였다. 이는 이들이 보통은 교과서 수준의 수학은 이미 거의 이해를 넘어서 경시대회 문제를 주로 학습해 왔음을 볼 때, 이들의 수학적인 사고 능력과 학습의 양태에 대하여 다시 한번 생각해 볼 필요가 있다. 그리고 우리가 이들을 수학 영재로서 적절히 선발하고 있는가에 대한 물음을 갖도록 하고 있다. 물론 모든 문제가 쉽게 풀이를 낼 수 있는 것이 아니었다고 하더라도 이들의 성취도는 예상외로 낮은 점수였다.

더욱이 올해는 예년에 비하여 문항의 수를 33문항에서 25문항으로 축소하여 한 문항 당 생각할 수 있는 시간을 늘렸으나 답안의 분포로 볼 때 응시생의 약 30%의 학생들은 뒤의 5문제는 아예 풀이를 시도도 하지 않은 것으로 나타났다.

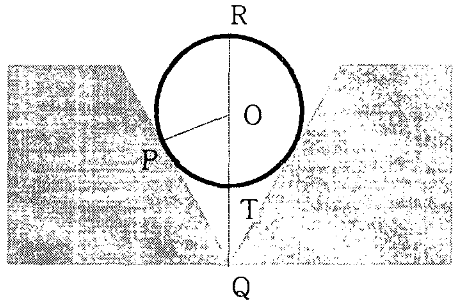
다음은 출제된 문항의 하나로 원의 반지름과 지름의 의미를 알고 응용하여 풀도록 하는 문제이다. 이 문항에서 정답률은 56%, 변별도는 0.24이었다. 그리고 각 답지에 대한 응답률은 1번 답지: 7.35%, 2번 답지: 18.30%, 3번 답지: 39.05%, 4번 답지: 21.90%, 5번 답지: 13.40%였다.

다음 그림과 같이 평평한 바닥에 단면이 정삼각형 모양으로 깊이 40cm의 홈이 길게 패어져 있다. 이 홈에 지름 30cm짜리 파이프를 그림과 같이 끼워 놓으면, 파이프의 맨 윗부분과 바닥과의 거리는? (단, 파이프의 중심과 파이프가 면과 만나는 부분을 연결한 선분은 만나는 면과 90°가 된다.)



① 4cm ② 4.5cm ③ 5cm ④ 5.5cm ⑤ 6cm

이 문제의 정답은 ③번인데 풀이를 생각해 보면 다음과 같다.



그림과 같이 파이프 단면 원의 중심을 O, 파이프가 홈에 닿는 부분을 P, 홈의 밑부분을 Q, 파이프의 맨 윗부분을 R, OQ와 원이 만나는 교점을 T라고 하면, △OPT는 정삼각형이 된다. 또, △TPQ는 이등변삼각형이므로 선분 TP와 선분 TQ의 길이는 같게 된다. 그러므로 선분 QR의 길이는 원의 반지름의 3배가 되어 4545cm, 따라서 파이프의 맨 윗부분은 지면으로부터 5cm 높이에 있게 된다. 다른 방법으로 위와 같이 그리면 △OPQ는 정삼각형의 반쪽이 된다. 따라서, OQ의 길이는 OP의 2배가 되고, QR의 길이는 OP의 3배가 됨을 이용할 수도 있다.

이는 원의 반지름과 정삼각형의 성질을 알고 이를 이용하면 풀 수 있는 문제인데 거의 반 정도의 학생들이 오답을 낸 문제이다. 기본적인 수학 개념에 대한 이해와 적용 능력이 나소 떨어짐을 보여주고 있다.

다음 문항은 두 자리 수 뺄셈의 개념을 이용하고 조건에 맞는 수들을 논리적인 사고를 통하여 해결 할 수 있는지 알아보는 문제이다. 이 문항에서 정답률은 34%, 변별도는 0.14이었다. 그리고 각 답지에 대한 응답률은 1번 답지: 19.38%, 2번 답지: 24.79%, 3번 답지: 25.29%, 4번 답지: 15.93%, 5번 답지: 14.61%였다.

> □ 안에 1부터 9까지의 수를 한 번씩만 사용해서 다음과 같은 수가 나올 수 있는 경우는 모두 몇 가지인가?
>
> $$\begin{array}{r} \square\,\square \\ -\,\square\,\square \\ \hline 3\;\;4 \end{array}$$
>
> ① 22 ② 25 ③ 27 ④ 28 ⑤ 29

이 문제의 해답의 경우 받아내림이 없는 경우와 받아내림이 있는 경우로 나누어 생각해 볼 수 있어야 한다. 첫째로, 받아내림이 없는 경우, 일의자리에 배치할 수 있는 수를 먼저 생각해보면 (빼는 수, 빼어지는 수)의 경우는 (5, 1), (6, 2), (7, 3), (8, 4), (9, 5)가 될 수 있으며, 십의 자리의 경우 (빼는 수, 빼어지는 수)는 (4, 1), (5, 2), (6, 3), (7, 4), (8, 5), (9, 6)이 올 수 있다. 수가 중복되지 않도록 배치할 경우 일의자리 조합에 대해 각각 4가지 경우가 있으므로 4+4+4+4+4=20가지가 된다.

둘째로, 받아내림이 있는 경우로 받아내림이 있는 경우에 일의자리에 배치 가능한 경우는 (3, 9), (2, 8), (1, 7)이며, 십의 자리에는 (9, 5), (8, 4), (7, 3), (6, 2), (5, 1)이 올 수 있다. 일의자리 각각의 경우에 대한 십의자리 경우를 수가 중복되지 않도록 배치할 경우 각각 3가지씩 있으므로 3+3+3=9가지가 있다. 따라서 정답은 20+9=29가지가 된다.

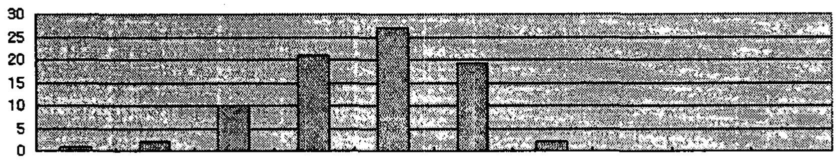
학생들의 경우 이 문제를 정확히 풀려면 체계적이고 논리적으로 접근해야만 정답을 맞출 수가 있게 된다. 그리고 받아내림이 있는 경우를 생각해야 하므로 한번 더 생각을 해야 하는 문항이다.

이와 같은 2차 시험에서는 객관식으로 출제를 할 수 밖에 없는 어려운 점이 있어서 각 학생이 어떻게 풀어서 답을 냈는지는 알기 어려우나 나머지 문항들에 대한 학생들의 정답률과 변별도를 고려해 볼 때, 어려운 문제를 잘 푸는 학생들이라고 하여 반드시 수학의 기본을 잘 알고 있다고 보기는 어려웠다.

다음은 서술형 평가에 대한 각 점수대별 분포를 나타낸 것이다. 출제 문항 수는 5문항으로 100점 만점에서 평균 41.38점, 최고 61점이었다.

<표 4> 주관식 평가에서의 각 점수대별 성적 분포

점수(점)	(이상) ~(미만)	0~ 10	10~ 20	20~ 30	30~ 40	40~ 50	50~ 60	60~ 70	70~ 80	80~ 90	90~ 100	계
학생 수(명)		1	2	10	21	27	19	2	0	0	0	82



* 100점 중 평균 41.38점(상위 82명 응시), 최고 61점

다음은 3차 시험인 서술형 평가 문제 중의 하나이다. 초등학교 3학년의 나눗셈의 개념을 묻는 문항으로 나눗셈의 개념을 이해하고 두 가지 방법으로 풀고, 두 가지 나눗셈의 몫이 같은 이유를 나눗셈의 이해를 바탕으로 "나눈다"는 의미를 이용해야 하는 문제로 대부분의 학생들은 개념적인 것에 대하여 설명하지 않고, 나눗셈의 하나의 방법인 절차적 지식을 가지고 설명을 하였다.

이 문항에 대한 정답률은 20점 만점에 2.98점이고, 최고 점수는 13점, 최저점은 0점이었다.

120000÷300을 다음과 같이 계산하였다. 물음에 대하여 설명하시오.

$$120000 \div 300 = 1200\cancel{00} \div 3\cancel{00} = 1200 \div 3 = 400$$

(1) 왜 1200÷3=400인지 그 이유를 두 가지로 설명하시오.

$$\begin{array}{r} 400 \\ 3\overline{)\,1200} \\ \underline{1200} \\ 0 \end{array}$$

(단, 이와 같이 계산의 방법을 보이는 것은 제외한다.)

(2) 나눗셈 120000÷300의 몫과 1200÷3의 몫은 왜 같은지 그 이유를 설명하시오.(단, "피제수(나누어지는 수)와 제수(나누는 수)에 0이 아닌 수인 100으로 나누어도 몫은 같기 때문에"는 제외한다.)

영재원에 지원하는 학생들이 왜 이렇게 영재원에 들어오기를 원하는지에 대하여 알아 본 자료가 있는데, 다음은 이 영재교육원에서 1년 동안 경험하며 수료를 한 학생들에게 본 영재원에 지원 동기를 묻는 물음에 대한 성별 조사 결과를 나타낸다(서울교육대학교 과학영재교육원, 2007, p.21).

<표 5> 과학영재원 지원 동기 (성별) (단위: 명) N=135

구분		과학, 수학, 정보분야의 실력향상	우수한 교수님의 강의	능력이 비슷한 친구를 만남	학교보다 양질의 교육	좋은 시설과 기자재	학교공부나 시험에 도움	부모님, 선생님의 권유	기타	계	
남	빈도	39	20	21	12	5	5	5	5	112	χ^2=10.612 df=8 p=.225
	성별(%)	34.8	17.9	18.8	10.7	4.5	4.5	4.5	4.5	100	
	전체(%)	28.9	14.8	15.6	8.9	3.7	3.7	3.7	3.7	83.0	
여	빈도	7	4	5	3	3	1			23	
	성별(%)	30.4	17.4	21.7	13.0	13.0	4.3			100.0	
	전체(%)	5.2	3.0	3.7	2.2	2.2	0.7			17.0	
계(%)		**46** **34.1**	**24** **17.8**	**26** **19.3**	**15** **11.1**	**8** **5.9**	**6** **4.4**	**5** **3.7**	**5** **3.7**	**135** **100.0**	

위의 표에서 볼 수 있듯이 영재원에 지원한 동기에 대하여 조사한 결과, 과학, 수학, 정보 분야의 실력 향상 34.1%, 능력이 비슷한 친구 만남 19.3%, 우수한 교수님의 강의 17.8%, 학교보다 양질의 교육 11.1% 순으로 나타났다.

이를 성별로 보면 남학생은 과학, 수학, 정보 분야의 실력 향상 34.8%, 능력이 비슷한 친구 만남 18.8%, 우수한 교수님의 강의 17.9%, 학교보다 양질의 교육 10.71% 순으로 나타났다. 그리고 여학생의 경우 과학, 수학, 정보 분야의 실력 향상 30.4%, 능력이 비슷한 친구 만남 21.7%, 우수한 교수님의 강의 17.4%, 학교보다 양질의 교육 13.0% 순으로 나타났다.

이로써 영재원에 입학하는 동기는 보다 높은 수준의 강의를 비슷한 수준의 친구들과 교수님에게 배우는 것이라고 볼 수 있다. 그런데 입학 선발 문항은 이런 학생들의 요구와 특성과는 다소 동떨어져 행하여지고 있는 경우가 많이 있다. 서울교육대학교의 경우에도 선행학습의 효과를 최소화하여 지나친 선행학습에 대한 부작용을 최소화하려 하고 있으나 아직도 많은 부분 개선해 나갈 필요가 있다.

V. 선발 문항의 개선 방안

앞에서 살펴 본 바와 같이 비록 초등학교 수학과 3~5학년의 심화 내용을 기본으로 수학의 개념, 원리, 법칙을 근거로 문항을 제시했을 때, 과학영재원에 들어오려고 준비하는 학생들의 성취 수준은 예상보다 더 낮게 나타났다.

여기에서는 영재원 선발의 문항의 문제점과 수학 영재 선발을 위한 문항의 특징과 그의 개선 방안에 대하여 알아보도록 하겠다.

첫째, 수학적인 기본 개념에 대하여 묻는 문항들이 많지 않다. 앞에서도 살펴보았듯이 초등학교 3학년에서 배우는 나눗셈의 개념의 의미를 묻는 문항에서 이를 제대로 기술한 학생은 거의 없었다.

앞으로 선행학습 보다는 그 개념은 무엇을 의미하고 왜 우리가 그것을 배우는지에 대하여 묻는 물음을 과학영재원 입시 문항에서부터 강조할 필요가 있다. 이로써 영과학재원 입학을 준비하는 모든 학습에 영향을 주게 되고 수학교육의 정상화에 이바지 하게 될 것이다.

이런 변화는 간접적으로는 1968년 이후 많이 바뀌지 않고 있는 반복적인 문제 풀이 중심의 수능 문항, 조금씩 개선이 되고 있으나 아직도 특목고의 입시에서 선행학습자가 절대적으로 유리하게 출제되는 문제, 그리고 사범대나 교육대학에서의 각종 강의나 현직교사들을 위한 연수에서의 수학의 기초 개념을 강조한 강의가 아닌 결과 중심의 문제풀이 위주의 강의 방식에 영향을 주게 될 것이다. 이에 대한 대안들은 기초 개념을 중심으로 평가 방법의 변화, 한 문제를 다양한 방법 풀도록 함으로써 개념을 잘 이해하고 있는지의 평가, 수학의 기저인 개념을 강조한 각종 교사 연수의 질 향상 요구, 초, 중등 교원 임용고사에 개념 위주의 실제 수업 실연을 의무화 등이 있을 수 있다.

둘째, 과학영재원 입시에서 선발 문항을 조금씩 바꾸어 나갈 필요가 있다. 모든 문제를 다 바꿀 필요는 없고 그 중에 1~2 문항을 앞에서 언급했던 방향의 문제로 바꿀 필요가 있다. 이로써 개인의 학습뿐만 아니라 피할 수 없다면 사교육기관에서의 교수-학습의 방법을 바꿀 수 있는 기회가 될 수 있을 것이다.

이는 일반학교에서의 시험 문항 출제 시에도 적용할 필요가 있다. 이를 위해서는 동 학년 교사들이 문제의 성격과 예상 답안에 대하여 충분히 협의하고 출제할 필요가 있다. 당장은 한 문항만이라도 여러 가지 방법으로 풀 수 있는 개방형 문항을 출제할 필요가 있다. 그리고 그 문항에 대해서는 여러 선생님들이 그 채점 결과를 공개하고 논의하고 분석할 필요가 있다. 이 과정 가운데서 교사들은 학생들의 수학적인 사고를 이해하는데 도움이 되어 결국 학생들에게 보다 나은 수학지도에 결정적으로 유용한 정보를 제공해 줄 것이다.

이에 대한 직접적인 효과는 평가 문항의 대답은 선생님들이 적격이므로 교사에게 의지하므로 교사들의 사기가 앙양되고 학교 교육이 정상화될 것이고 학교가 주체가 될 것이며, 개념 · 원리 · 법칙에 기초한 다양한 풀이 방법을 찾기 때문에 학생들의 창의력이 길러질 것이다. 이에 대한 간접적인 효과로는 교사와 학생들에게 수학 학습을 하는 이유를 생각하게 되고, 다양한 의견에 대한 건전한 토론 문화의 정착으로 교육의 정상화와 밝은 사회가 되는데 기여하게 될 것이다.

다음과 같은 낮은 수준에서 보다 높은 수준에 이르는 예시적인 문항은 다음과 같이 생각할 수 있다.

[새로운 평가 문항의 예]

예1) 45+19=64이다. 계산 방법을 3가지로 설명하시오. 3가지보다 많은 방법으로 계산한 것은 한 방법 당 추가 점수 3점씩이 주어진다.

예2) 정답형 질문에서 정해진 답만을 요구하는 문제

① 3+2×4 는 얼마인가? ② 유리수를 말하시오. ③ 이차방정식 x2+2x+2=0의 해를 구하시오?)

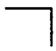
이런 류의 문제를 다음과 같은 다양한 답을 요하는 개방형 문제로 바꿀 수 있다.

① 왜 $3+2\times4\neq20$ 이고, $3+2\times4=11$인가? ② 왜 $-\frac{3}{4}$이 유리수인가? ③ 이차방정식 $x2+2x+2=0$의 해를 왜 복소수에서 구하여야 합니까?)

다음의 문항들은 과학영재원 선발 문항에도 응용할만한 예이다.

[1] 초등 : 도형 창의성 표본 문제

[문제] 백지 위에 다음과 같은 도형이 있습니다.

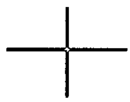


이 도형을 거울로 비출 때, 비추는 곳에 따라 다음과 같이 10가지 도형을 생각할 수 있습니다.(단, 뒤집거나 돌려서 같으면 같은 모양으로 보고, 크기가 다르더라도 모양이 같으면 같은 것으로 본다.)

[그림 1]

[그림 2]

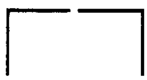
[그림 3]



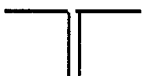
[그림 4]

[그림 5]

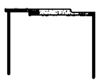
[그림 6]



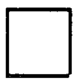
[그림 7]



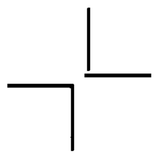
[그림 8]



[그림 9]



[그림 10]



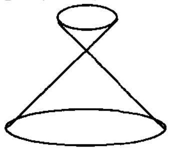
백지 위에 어떤 도형을 그리고, 이 도형에 거울을 비추는 곳에 따라 15가지 도형을 생각할 수 있다. 이와 같은 도형을 그리고, 거울을 비추는 곳에 따라 15가지 도형을 그려보시오.(단, 뒤집거나 돌려서 같으면 같은 모양으로 보고, 크기가 다르더라도 모양이 같으면 같은 것으로 본다.)

[채점 기준의 예]

① 답이 15가지 옳게 그렸으면 ⇒ 10점 ② 답이 14, 16가지 옳게 그렸으면 ⇒ 8점
③ 답이 13, 17가지 옳게 그렸으면 ⇒ 6점 ④ 답이 12, 18가지 옳게 그렸으면 ⇒ 4점
⑤ 답이 11가지 미만, 19가지 이상 옳게 그렸으면 ⇒ 2점

[2] 중학 : 도형 창의성 표본 문제

[문제] 삼각형의 넓이를 구하기 위하여 '밑변'과 '높이'라는 용어를 약속하고, 넓이를 구하는 공식을 (밑변)×(높이)÷2 라고 하였습니다.
다음 입체도형의 겉넓이를 구하려고 합니다. 필요한 용어를 창의적으로 약속하고, 약속한 이유를 논리적으로 설명하고, 겉넓이를 계산하는 공식을 써 보시오.



[채점 기준의 예]

① 전개도를 바르게 그렸으면 ⇒ 2점 ② 필요한 용어를 창의적으로 약속했으면 ⇒ 3점
③ 약속한 이유를 논리적으로 설명했으면 ⇒ 3점 ④ 겉넓이 공식을 구했으면 ⇒ 2점

[3] 초등 : 논리 수리 표본 문제

[문제] 수 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 중 서로 다른 수 5개를 선택하고, 이 수들을 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈을 각각 한 번씩 사용하여 계산 값이 24가 되는 모든 경우의 식을 쓰시오. 단, 괄호 ( )는 마음대로 여러 번 사용할 수 있으며, 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈의 계산 순서는 마음대로 정할 수 있음.
[답의 예] (2+7)×(9-1)÷3 = 24

[채점 기준의 예]

① 답이 20가지 이상 옳게 썼으면 ⇒ 10점 ② 답이 15가지 이상 20가지 미만 옳게 썼으면 ⇒ 8점
③ 답이 10가지 이상 15가지 미만 옳게 썼으면 ⇒ 6점
④ 답이 5가지 이상 10가지 미만 옳게 썼으면 ⇒ 4점
⑤ 답이 5가지 미만 옳게 썼으면 ⇒ 2점

[4] 중학 : 논리 수리 표본 문제

[문제] 자연수 집합을 이용하여 정수 집합을 만들고, 정수 집합에서 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈을 약속하고, 덧셈 교환법칙과 결합법칙, 곱셈의 교환법칙과 결합법칙을 발견하였습니다.
이와 같이, 자연수 집합을 이용하여 새로운 집합(이미 세상에 알려진 집합은 제외)을 만들고, 만든 새로운 집합에서 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈을 약속하고, 몇 가지 성질을 발견하여 써 보시오.

[채점 기준의 예]

① 집합을 만들었으면 ⇒ 3점 ② 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈을 약속했으면 ⇒ 4점
③ 발견한 성질 한 개당 1점씩

[5] 초등 : 논리 분석력 표본 문제

[문제] 다음 뺄셈식은 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9를 각각 사용하여 '두 자리 수'와 '두 자리 수'의 뺄셈식이다. 이 문제는 □ 안에 한 번씩만 넣어 답이 10가지 나올 수 있는 문제이다.

```
  □□
- ⑦□
   ⑤
```

[답1]	[답2]	[답3]	[답4]	[답5]	[답6]	[답7]	[답8]	[답9]	[답10]
7 5	7 6	7 7	7 8	7 9	8 0	8 1	8 2	8 3	8 4
- ⑦ 0	- ⑦1	- ⑦2	- ⑦3	- ⑦4	- ⑦5	- ⑦6	- ⑦7	- ⑦8	- ⑦9
⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤

위의 예를 참고하여 '세 자리 수'와 '두 자리 수'의 곱셈식을 만드는데, 답이 모두 10가지가 되는 문제를 창작하고, 답을 모두 써 보시오.

[채점 기준의 예]

① 답이 10가지 나올 수 있는 문제 창작하고 답을 옳게 썼으면 ⇒ 10점
② 답이 9, 11가지 나올 수 있는 문제 창작하고 답을 옳게 썼으면 ⇒ 8점
③ 답이 8, 12가지 나올 수 있는 문제 창작하고 답을 옳게 썼으면 ⇒ 6점
④ 답이 7, 13가지 나올 수 있는 문제 창작하고 답을 옳게 썼으면 ⇒ 4점
⑤ 답이 이 외에 나올 수 있는 문제 창작하면 ⇒ 0점
단, 답을 빠뜨리는 경우는 빠뜨린 답의 개수 당 1점씩 감점한다.

[6] 중학 : 논리 분석력 표본 문제

[문제] 미지수가 2개인 연립일차부등식의 해가 5쌍이 나오도록 연립일차부등식을 만들고, 해를 모두 써 보시오.

[채점 기준의 예]

① 답이 5쌍 옳게 계산했으면 ⇒ 10점 ② 답이 4, 6쌍 옳게 계산했으면 ⇒ 8점
③ 답이 3, 7쌍 옳게 계산했으면 ⇒ 6점 ④ 답이 2, 8쌍 옳게 계산했으면 ⇒ 4점
⑤ 답이 1, 9쌍 옳게 계산했으면 ⇒ 2점

셋째, 교사 및 관계자들을 위한 체계적인 연수가 부족하였다, 그 동안은 학생 선발 시에 자체적인 조직에서 문항을 어렵게만 출제하다 보니 학생들로 하여금 선행학습을 하도록 한 측면이 있었다. 수학과 관련하여 사회에서 주목을 받고 있는 과학영재교육원, 특목고의 시험을 포함하여 여러 영재기관의 선발문항을 관장하는 교육개발원의 연구에서도 이와 같은 강조점이 반영될 필요가 있다. 그리고 개발문항을 보다 철저히 분석하여 문제은행식의 중앙관리 시스템을 운영하는 것이 필요하다. 그리고 지역적으로 우수한 문항에 접하기가 쉽지 않은 학생들을 위하여 사이버 강의를 통한 보급도 생

각해 볼 필요가 있다. 그리고 이에 대하여 교사들을 위한 사전 연수가 있어야 할 필요가 있다.

넷째, 영재 학생들의 선발 문항의 개선을 포함한 일반 학교의 수학 시험 문항의 개선에 대한 전 국민을 대상으로 한 시민운동을 포함한 개선운동도 병행하여야 한다. 왜 바뀌어야 하는지에 대한 사회적인 공감대가 필요하다. 시험 문항을 바꾸면 학습 방법을 바꿀 수 있다. 이는 장기적으로는 수학 교육의 정상화, 우리교육의 정상화로 나가는 길이다.

VI. 논의

지금까지 우리나라는 그 동안 수학 및 과학에 대한 교육에 매달려 왔지만 아주 뛰어난 수학 및 과학 영재를 길러 내는 데는 그다지 성공적이라고 할 수 없다. 그 예로 아시아 국가 중 과학 분야에 노벨상 수상은 일본이 7회, 중국 5회, 파키스탄 1회, 인도 1회인데 우리나라는 아직까지 수상자가 나오지 않고 있다. 이런 날이 하루 빨리 오기를 국민이라면 누구나 기다랄 것이다.

앞으로의 미래에는 삼성의 이건희 회장의 말대로 인터넷 및 매체의 발전으로 소수의 영재들이 대다수의 사람들을 먹여 살릴 가능성이 더욱 더 커지고 있다. 이를 위하여 정부에서는 지금도 영재교육에 대한 관심과 지원은 계속되고 있다. 올해는 과학고 2곳을 영재학교로 전환하여 뛰어난 학생들이 자신들의 능력을 보다 더 잘 발휘할 수 있도록 하겠다는 계획을 가지고 있다. 그러나 이런 노력들이 한낱 특목고나 대학입시를 위한 방편으로 전락하지 않도록 모두가 노력할 필요가 있다.

본 연구에서는 수학 영재의 선발 시에 수학문항을 어떻게 출제 하느냐에 따라서 학생들이 어떻게 공부를 하느냐를 결정하게 된다고 보고, 영재원에서 수학 영재 학생들을 선발할 때 그들의 수학적 영재성을 제대로 측정할 수 있는 문항을 개발하는 것이 무엇보다도 중요하다고 보았다. 이는 반복된 훈련에 의한 선행학습의 효과를 최소화하고 수학의 탄탄한 개념, 원리, 법칙에 근거한 창의적이고 논리적인 능력을 알아낼 수 있는 문항이 되어야 한다.

그런데 앞에서 살펴본 바와 같이 첫 번째 연구 문제와 관련하여 가장 우수한 수학 영재들이 지원한다고 하는 서울교육대학교 과학영재원의 입학시험에서 나타나는 수학영재들의 수학의 개념, 원리, 법칙에 기초한 문항에 대한 학생들의 반응은 놀라울 정도로 기본에 충실할 필요가 있음을 알 수 있었다. 어려운 문제 풀이에는 능숙한 학생들이라고 할지라도 개념과 원리를 묻는 문항에 있어서는 매우 빈약한 이해를 보야 주는 경우도 있었다.

두 번째 연구문제와 관련하여 수학 영재를 효과적으로 선발하기 위하여 수학 문항이 지녀야 할 특성은 학생들의 수학에 대한 이해와 깊이를 측정할 수 있는 개방형 문제 또는 어떤 조건하에서 나올 수 있는 답을 체계적으로 접근할 수 있도록 하는 특성을 가져야 한다. 그리고 영재학생들의 창의성을 극대화할 수 있는 기존의 문항의 형식을 바꾸어 기존의 수학적 사고를 잠시 동안 흔들어 놓을 수 있는 문항이나, 기존의 문항을 약간 다르게 바꾸어 다른 시각으로 생각하도록 이끄는 문항으로써의 특징이 있어야 한다. 그리고 문제를 어느 조건에 맞게 "좋은" 만들고 설명하게 하는 개방형 문제

도 수학영재들의 창의성을 살펴볼 수 있는 문항이 될 수 있다.

마지막으로, 본 연구에서는 문항의 특성에 대해서만 초점을 맞추었으나 이는 예를 들면, 심층면접, 관찰, 구술평가 등의 다양한 방법과 함께 보다 바람직한 선발 방법들이 함께 개발되어야 할 필요가 있다.

참 고 문 헌

권오남·방승진·송상헌 (1999). 중학교 수학 영재아들의 다답형 문항 반응 특성에 관한 연구. 한국수학교육학회 시리즈 A <수학교육>, **38(1)**, pp.37-48.

김해규·김승진 (2003). 초등수학경시대회 문항분석을 통한 초등수학 영재교육 활성화 방안에 관한 연구. 한국수학교육학회 시리즈 E <수학교육 논문집>, **16**, 345-365.

박만구 (2006). 서울교육대학교 2007학년도 과학영재원 입학시험 문제 분석 자료. 비출판 자료. 서울교육대학교.

배종수 (2007). 민족의 밝은 장래를 위한, 생명을 살리는 교육을 위한 운동에 적극 참여합시다. 비출판 원고. 서울교육대학교.

서울교육대학교 과학영재교육원 (2007). 초등 과학 영재의 교육 배경과 영재교육에 대한 인식. 서울교육대학교 과학영재교육원 연구보고서 2006-001.

서정표·박배훈 (1993). 수학영재 판별 방법에 관한 연구. 한국수학교육학회 시리즈 A <수학교육>, **32(1)**, pp.1-10.

윤초이·강승희 (2005). 인지적 특성에 의한 영재유형간 판별 분석: 초등 언어영재와 수학영재의 경우. 한국심리학회지, **18(3)**, pp.63-80.

이강섭 (2003). 한국의 수학 경시대회 문항분석에 관한 연구. 한국수학교육학회 시리즈 E <수학교육>, **15**, 303-308.

이강섭·황동주·서종진 (2003). 개방형 문항에 대한 중학교 영재학생과 일반학생의 반응 연구. 한국수학교육학회 시리즈 E <수학교육 논문집>, **17**, pp.181-190.

이경화·박경미·임재훈 (2003). 수학 영재 판별에 대한 소고. 한국수학교육학회 시리즈 E <수학교육 논문집>, **17**, pp.95-96.

이상범 (2001). 과학영재 선발문항 성취도의 지역별 편차에 관한 연구. 한국과학교육학회 시리즈 E <수학교육 논문집>, **21(1)**, pp.185-212.

이상범·이광필·최상돈·황석근 (1999). 과학영재교육센터 학생선발문항 분석 및 선발 방법에 대한 제언. 한국과학교육학회 시리즈 E <수학교육 논문집>, **19(4)**, pp.604-621.

최영기·도종훈 (2004). 수학영재학생들의 인지적, 정의적, 창의적 특성 분석. 학교수학, **6(4)**, pp.361-372.

Renzulli, J. (1977). *The enrichment triad model: A guide for defensible programs for the gifted and talented.* Mansfield Center, CT: Learning Press.

Renzulli, J. (1979). What makes giftedness: *A reexamination od the definition of the gifted and talented.* Ventura, CA: Ventura County Superintendent of Schools Office.

Tomlinson (2002). *The parallel curriculum: A design to develop high potential and challenging hifh-ability learners.* Thousand Oaks, CA: Corwin.

Treffers, A. (1987). *Tree dimensions: A model of goal and theory description in mathematics education.* Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

Treffinger, D. J. (1982). Demythologizing gifted education: an editorial essay. *Gifted Child Quarterly,* **26(1)**, pp.3-8.