한국초등수학교육학회지 17(3) 503-522. Journal of Elementary Mathematics Education in Korea 17(3) 503-522.
2013. 12. 31 December 31. 2013.

문제해결 방법의 차등화를 통한 수학적 창의성 평가에 대한 소고[1]

김판수[2] · 김난영[3]

2009개정 교육과정부터 현장에서 창의성 교육에 대한 관심이 상당히 높아지고 있고, 평가에서도 '수학적 지식과 기능을 바탕으로 창의적으로 사고하는 능력'을 강조하고 있다. 이에 본 연구에서는 문제해결로서 수학창의성을 평가하는 비교적 간단한 방안을 제안한다. 수학적 창의성을 확산적 사고에 초점을 맞추어 유창성, 융통성 및 독창성 요인으로 측정하는 것은 수학이라는 본연의 특징을 반영하지 못한다는 비판도 있지만 지필고사로서는 창의적 산물의 두 가지 기준인 신기성(새로움)과 적절성(가치) 중에서 후자를 반영하기 힘들었다. 본 연구에서 수학적 문제해결에서 학생들이 제출한 해에 서로 다른 가중치를 부여하여 창의성의 적절성을 측정하는 방안에 대한 고려들을 연구하였다. 첫째, 학생과 교사가 생각하는 우수한 해의 특성은 무엇인가? 둘째, 두 집단 간 우수한 해의 판단은 일치하는가? 두 가지 의문에 대해 두 집단 모두 우수한 해는 '풀이과정이 간단하고 이해하기 쉽다.'로 요약되었으며, 반면 나쁜 풀이는 그 반대로 '풀이가 복잡하고 이해하기 힘었다.'로 약될 수 있었다. 그리고 본 연구에서 제시한 두 가지 문제해결에서 두 집단 모두 우수한 해의 순서는 일치하였다. 아울러 두 집단이 평가한 우수 해의 일치가 의미하는 바와 해의 차등화 방안에 대한 논의를 통해 수학창의성 평가 방안을 제안하였다.

주제어: 창의성 평가, 창의성 요인, 문제해결, 적절성, 우수한 해

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 필요성과 목적

창의성은 교육에서뿐만 아니라 경영, 산업, 정부, 스포츠에 이르기까지 다양한 영역에서 중요한 핵심 역량으로 간주되고 있다. 오늘날 창의성을 강조하는 이유는 그 어느 때보다도 창의적인 인간이 인간문명의 발전과 더불어 더 빨리 발전할 수 있는 환경에 놓여 있기 때문이다. 지금은 지식의 생성과 소멸이 빠르고 지식의 축적보다는 응용과 융합이 요구되고 있는 사회이다. 새로운 생각을 존중하고 새로운 도전을 주저하지 않는 창의적인 사람들의 중요한 성격적 특성은 기업의 CEO에서부터 말단 사원에 이르기까지 모든 일꾼에게 요구되는 것이다. 이같이 우리사회 전반에서 창의적 인간의 필요성이 최근에 특별히 부각

---
1) 본 연구는 2013학년도 부산교육대학교 교육연구원 지원에 의한 것임
2) [교신저자] 부산교육대학교 수학교육과
3) 서울서이초등학교

되고 있지만 교육에서는 상당히 이전부터 창의성을 강조해왔다.

우리나라에서 창의성이 국가교육과정에 제시되기 시작은 것은 제3차 교육과정(1973)에서다. ‘창의력의 함양’이 교육과정의 기본 방침, 즉 교육적 인간상의 하나였다. 제4차 교육과정(1981)에 이어 제5차 교육과정(1987)에서는 지식의 급격한 팽창과 과학의 발달에서 오는 고도 산업화, 정보화 시대에 능동적으로 대처하고, 국제 관계의 다양한 변화에 주체적으로 대응하기 위해 교육과정의 구성 방향을 건강한 사람, 자주적인 사람, 도덕적인 사람 그리고 지식과 기술을 익혀 문제를 슬기롭고 합리적으로 해결하는 ‘창조적’인 사람을 기르는 데 역점을 두고 있었다. 제6차 교육과정(1992)에서도 여전히 ‘창조’, ‘창의’와 같이 어휘선택에서 차이는 있지만 반복적으로 창의적인 인간의 육성을 강조하고 있다(이경언, 이광우, 김현미, 임선하, 2010). 제7차 교육과정, 2007개정 교육과정과 2009개정 교육과정에서도 유사하게 용어나 술어는 다르지만 기초 능력 위에서 학생들의 창의적인 능력 발휘를 강조하기는 마찬가지이다.

이에 따라 초등수학 교과서 내용의 변화도 이어졌다. 제7차 교육과정에 따른 초등수학 교과서에 ‘문제 만들기’가 도입되었으며, 2007개정 교육과정에 따른 초등수학 교과서에서는 학생들이 어떤 개념을 공부하고 그것에 대해 ‘이름 붙이기’, 수학 문제를 ‘2가지 이상의 방법으로 해결하기’와 같은 것이 있었다(박만구, 2009). 또한 이경언 외(2010)의 연구에서는 유창성과 융통성 요소에 따라 초등수학에서 창의적인 내용을 소개하고 있는데, 그것은 1학년의 확률과 통계 영역에서 ‘한 가지 기준으로 사물 분류하기’, 1학년부터 4학년까지 다루어지는 규칙성 영역에서 ‘여러 가지 규칙을 찾거나 새로운 규칙을 만들어 보는 활동’, 5학년에서 ‘하나의 문제를 여러 가지 방법으로 해결하기’, 6학년에서는 ‘조건을 바꾸어 새로운 문제 만들기’를 창의성 소재로 간주하고 있다.

학교수학에서 교과서의 변화가 있다는 것을 위에서 확인할 수 있었지만 교실에서는 창의성 교육에 대한 인식은 높지만 실천은 미진하다는 보고가 있다. 예를 들면, 이혜숙, 민선희, 김민경(2012)이 서울지역 192명의 초등 교사를 대상으로 수행한 연구에서 수학과 창의성 수업이 필요하다고 답을 한 교사는 88.5%였으나 실제로 수업을 시도한 교사는 20.3%에 불과하였다. 그리고 창의성 수업을 시도하지 못한 이유에 대해서 ‘교육과정상 가르쳐야 할 내용이 많다’, ‘교과서의 내용이 어렵다’, ‘여러 가지 잡무가 많다’, ‘창의성 교육의 성취 기준이 모호하다’, 그리고 ‘기초기본 교육에 더 충실해야 한다’는 등의 반응이 나타났다.

학교에서 창의성 교육이 실현되지 못하는 이유를 교육과정 측면에서 분석한 이경언 외(2010)의 연구에서는 이렇게 말하고 있다. 첫째, 창의성 교육에 관한 교육과정 총론과 교과 교육과정 간의 연계가 미흡하다. 둘째, 창의성 교육을 위한 단위 학교의 교육과정 편성 운영의 전문성이 부족하다. 셋째, 교과 및 교과 외 활동에서 창의성 교육의 실천이 미흡하다. 넷째, 창의성 증진을 저해하는 수렴적 교수학습 상황이 많고 마지막으로 창의성 평가 방식이 부재하다.

창의 인성을 강조한 2009개정 교육과정에서는 초등수학 교육과정의 내용에서 변화뿐만 아니라 학습 및 평가에서도 창의성을 명시적으로 강조하고 있다. 교수학습방법 면에서 수학적 창의력을 신장시키기 위한 유의점으로 수학적 과정(문제해결, 추론 능력, 의사소통 능력)의 강조, 수학적 과제를 통해 학생들의 확산적 사고 촉진, 하나의 수학 문제를 여러 가지 방법으로 해결한 후 그 해결 방법을 비교해 보고 더 높은 차원으로 확장해서 사고하기 등이 있다. 또한 평가 면에서 특히 인지적 영역에 대한 평가에서는 학생의 수학적 사고

력 신장을 위하여 결과뿐만 아니라 과정도 중시하여 평가하되, 7가지의 주안점을 기술하고 있다. 그 중 마지막 항목인 '수학적 지식과 기능을 바탕으로 창의적으로 사고하는 능력'에서 알 수 있듯이 창의적으로 사고하는 능력을 평가하도록 되어있다. 초등수학 교과서가 수학적 창의성을 기를 수 있는 내용을 담고 있으며, 그리고 교육과정에서도 '창의적 사고 능력'을 평가하도록 강조하고 있다. 그런데 현장에서는 수학 창의성 수업이 잘 이루어지지 않고 있다. 앞에서 기술한 바와 같이 창의성 교육이 잘 이루어지지 않는 주요한 이유에는 창의성 평가 부재가 내포되어 있음을 알 수 있었다.

창의성 교육을 위해서는 평가가 구체적으로 기술되어야 한다. 평가를 통해서 창의성에 대한 학생들의 인식도 높일 수 있다. 지금까지 수학 창의성 검사는 대부분 연구용으로 사용되고 있으며 수학 영재 선발과 같은 특별 프로그램을 위해서 창의적 문제해결력 검사가 사용되기도 하였으나 학교에서 학생들의 창의성을 평가할 목적으로 공식적으로 사용된 예를 찾기 힘들다. 수학적 창의성 검사 도구는 일반 창의성 검사에서 사용되는 형식을 그대로 적용하며 단지 내용만 수학적인 것으로 대체하였다. 그래서 유창성, 융통성, 독창성과 같은 요인으로 수학 창의성을 평가한다. 그러나 이들 요인에 의한 수학적 창의성 측정에 대해 회의적 반응이 많다(유윤재, 2004; 김부윤, 김철언, 이지성, 2005; 황우형, 최계현, 김경미, 이명희, 2006). 수학적 창의성 평가가 대부분 확산적 사고에 초점을 맞춘다는 점은 수학이라는 본연의 특징을 고려하지 않은 채 수학교육에 그대로 접목하려는 시도였으며, 이러한 연구 관행은 재고할 필요가 있다(성창근, 박성선, 2012). 기존의 측정 방식을 초등학교 일반 학생에게 적용하기에는 무리다. 문제 출제에서부터 채점 기준의 설정과 채점 방식에 이르기까지 상당한 수준의 전문성을 요구하기 때문이다. 이제 학교수학의 현장에서 손쉽게 사용할 수 있는 그리고 적절한 수학 창의성 평가가 요구되고 있다.

2. 연구문제

수학에서 문제해결은 창의성 평가에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 본 연구에서는 학생이 제안한 수학적 문제해결의 방법을 질적으로 평가함으로써 일반교사가 학생들의 수학적 창의성을 측정하는데 도움을 주기 위한 연구이다. 이를 위해 우리는 다음과 같은 연구문제를 설정한다.

가. 우수한 수학적 문제해결 방법과 나쁜 문제해결 방법의 특성은 무엇인가?
나. 학생들이 제출한 문제해결의 우수성을 판단하는데 있어 교사집단과 초등학생집단 간에 차이가 있는가?
다. 학생의 문제해결 방법을 점수화 방안과 수학창의성 평가 방안은 무엇인가?

Ⅱ. 이론적 배경

1. 수학적 창의성과 문제해결

1961년에 로데스(Rhodes)가 창의성에 대한 64개의 정의를 분석할 만큼 창의성에 대한 정의는 다양하여 창의성에 대한 일치된 정의는 없지만, 여러 학자들이 공동적으로 합의된 창의성 개념은 신기성(새로움)과 적절성(가치)이다. 창의성은 새롭고 가치있는 산물을 창출

하는 능력을 말한다. 수학에서 새롭고 가치있는 수학적 생각을 만날 수 있는 곳이 문제해결의 장이다. 그러므로 여러 학자들이 수학 창의성을 정의할 때도 문제해결 장면에서 기술한다.

학교수학은 학문으로서의 수학과 동일하게 정의될 수 없다. 학교수학은 학문적 수학을 다루기 위한 것이 아니라 일상에서 부딪히는 여러 가지 문제 상황을 보다 효율적으로 해결할 수 있는 문제해결력을 신장시키는데 필요한 사고와 기술을 배우기 위한 도구 교과적 성격을 포함한다(이종희, 김기연, 2007). 남승인(2007)은 수학적 창의성을 '수학적 문제 상황에서 이전에 학습한 지식과 경험을 통합, 재구성하여 기존의 관습에서 벗어나 참신하고 다양하면서도 융통성 있게 문제를 해결하려는 성향과 능력'으로 규정하였다. 수학적 창의성은 학자마다 약간의 차이가 있지만 그들의 정의를 분석한 박만구(2009)는 수학적 창의성을 '문제 상황을 수학적으로 해결하는 과정에서 독특하게 사고하고, 예기치 못한 새로운 연결 및 산출물을 만들어내는 특성'으로 요약하였다. 또한 김홍원,김명숙,송상헌(1996)의 수학적 창의성에 대한 정의에서도 창의성을 정의하기 위해 문제해결력을 다루고 있다. 수학적 창의력을 수학적 문제해결력과 수학적 창의성이 결합된 가장 고차적인 수학적 사고능력으로 보았으며, 수학적 창의성을 창의적 문제해결과 동일시하면서 창의적 문제해결을 강조하였다(이종희, 김기연, 2007). 이대현(2012)은 수학교육에서 창의성은 수학적 사고의 확산적 측면과 수학적 문제해결 측면으로 나누어 생각해 보았다. 이처럼 여러 학자들의 정의에서 문제해결은 수학 창의성에서 중요한 위치를 차지한다.

2. 수학 창의성 평가

무엇을 어떤 기준에서 어떤 방식으로 평가하느냐는 교수 · 학습에 영향을 미치기에 교육분야에서 중요한 문제였다. 평가는 일반적으로 교육적 성취의 확인, 분류·선발의 기능, 교육적 개선의 기능, 학습자 이해의 기능 등이 있지만 학교 수학에서 창의성 평가의 목적은 학생들의 창의성 신장에 있다.

수학창의성 검사는 Guilford의 확산적 사고에 근거하여 만들어진 것들이 대부분이다. Haylock(1987)은 확산적 산출물 검사에 의해 평가되고 있는 수학 창의성 검사를 3가지로 분류하였는데, 그것은 문제해결, 문제설정, 재정의이다. 첫째, 문제해결 형태는 단순히 많은 해를 가진 수학적 문제이다. 전형적인 과제로는 3×3 격자위에 선분을 그어 넓이가 2㎠ 되는 서로 다른 도형을 가능한 한 많이 그려보는 문제이다. 한국교육개발원에서(김홍원·김명숙·방승진·황동주, 1997) 개발한 표준화된 수학 창의성 문제해결력 검사(MCPSAT; Mathematical Creative Problem Solving Ability Test)는 수학적 창의성을 수학적 문제 상황에서 고정된 사고방식을 탈피하여 다양한 산출물을 내는 과정 및 능력으로 간주하여 개발된 검사로서 유창성, 융통성, 독창성이라는 3개의 하위 구성요인을 가진다. 둘째는 문제설정인데, 이는 수학적 상황에서 가능한 한 많은 문제를 만들어 보는 과제이다. 셋째, 재정의는 단지 수학적 속성으로서 그 상황의 요소를 연속적으로 재정의 함으로써 학생들에게 많은 다양한 독창적인 방법으로 반응하도록 상황을 주는 것이다.

어떤 형태이건 산출물에 대한 평가는 새로움의 정도와 적절성에 기초하여 평가되어야 할 것이다. 하지만 대부분의 수학 창의성 평가는 그 요소인 유창성, 융통성, 독창성 점수로 산출되고 있지만 질적 수준을 평가하는 요인은 없다. 혹자는 독창성을 질적인 요인으로 간주하지만 독창성은 새로움의 정도를 나타내는 것이지 질적인 가치를 반영하는 요인으로 둔 것이 아닌 듯하다.

여러 학자들은 기존의 창의성 평가 요소가 수학의 창의성을 측정하는데 한계가 있다고 주장한다(황우형, 최계현, 김경미, 이명희, 2006; 남승인, 2007; 김부윤, 이지성, 2005; 유윤재, 2004; 齋藤昇, 1998; Ervynck, 1991). 특히 유윤재(2004)는 이러한 요소들간에 비등가성 문제를 제기하고 있다. 그는 또한 '...어떤 문제에 대해 제시된 풀이들을 비교하면 사고의 경제학이라는 관점에서 상호비교 가능한 것이 많으므로 비평등 복수적 답의 범주에서 비교된다.' 고 말하면서 기존의 창의성 측정을 위한 일부 문제는 '최선의 풀이과정을 측정하기' 위한 질문으로 대체되어야 한다고 말하고 있다. 여전히 지필 형태의 수학 창의성에서 해의 적절성(가치)에 대한 평가를 구체화시킨 연구를 찾기 힘들다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구대상

연구대상은 초등학교 5학년과 교사들로 구성된다. 초등학생은 B시의 B초등학교 5학년 2개반 53명과 S시의 S초등학교 5학년 3개반 80명으로, B시는 '사과상자 문제' 를 적용하고, S시는 '삼각형 넓이 문제' 를 적용하였다. 이들은 수학문제를 풀고 난 후 우수 해답에 순위를 매기는 실험에 참여하게 된다. 교사들은 B대학에 다니는 예비교사, 수학교육전공 대학원생 및 B시의 3개의 초등학교 교사를 대상으로 하였다. 이들 실험대상의 인원수와 사용방법에 대해서는 결과분석에서 설명된다.

2. 연구절차

연구대상자에게 주어진 문제는 두 문제로 각 문제는 다른 지역의 학생들에게 주어졌다. 학생들에게 제한시간 10분 이내에 한 문제를 두 가지 방법으로 풀도록 요구하였다. 본 연구자는 학생들이 해결한 문제의 해결 방식을 종류별로 분류하여 1~2주가 지난 후 해당 학생들에게 제시하여 우수한 해에 순위를 매기게 하고 우수한 해를 고른 이유와 가장 우수하지 못한 풀이를 고른 이유를 쓰게 하였다. 그리고 교사 집단에게도 마찬가지로 학생들의 문제해결 방식에 대해 우수한 순서를 매기게 하고 그 이유를 쓰게 하였다.

3. 문항개발

본 연구의 초점이 학교수학에서의 창의성 평가이므로 교과서에 있는 문항을 참조하여 개발하였다. 연구대상자에게 제공될 수학 창의성 평가를 위한 수학 문제는 거의 모든 학생들이 해결할 수 있는 평이한 문제이나 그 해결 방법이 최소 4가지 이상 나오는 문제로 선정하였다. 평이한 방법으로 문제를 시도하면 시간이 많이 걸릴 수 있지만 생각을 바꾸면 더 쉽고 빠르게 해결할 수도 있는 문제였다. 수와 연산에서 한 문항, 측정에서 한 문항이 선정되었으며 사용된 문항은 연구결과에서 볼 수 있다.

4. 자료 분석

수학적 문제해결에서 초등학생 5학년이 선택한 우수한 답과 교사집단이 선택한 우수한 답의 순위에 차이가 있는지 알아보기 위해 카이자승 χ^2-검정을 하였다. 본 연구에서 각

사례별 자료를 빈도로 나타낸 것이 아니라서 SPSS 도구를 사용하지 않고 카이자승 χ^2-검정 공식을 적용하여 엑셀로 구하였다. 사용된 $\chi^2 = \sum_{r=1}^{R}\sum_{c=1}^{C} n_{.c}\frac{(p_{rc}-\pi_{r.})^2}{\pi_{r.}}$ 이다. 여기서 R개의 행과 C개의 열로 이루어진 R×C의 유관표에서 관찰비율 p_{rc}와 기대비율 $\pi_{r.}$ 간의 차이를 자승하여 이것을 기대비율로 나눈 후, 각 열의 관찰치의 합계 $n_{.c}$를 곱한 값들을 모두 더한 것이다. 집단 간 빈도의 차에 대한 관련성 카이자승 검정 방법은 박천환(2000, p.329)의 편역서를 참고하였다. 카이자승의 실제 계산 예는 아래 연구결과 Ⅳ.2.라 절의 각주를 참고한다.

Ⅳ. 연구결과

1. 초등학생의 문제해결 방법과 논의

가. 사과상자 문제

B시 B초등학교 5학년 2개 반 53명에게 다음 문제를 2가지 방법(〈방법1〉, 〈방법2〉)으로 해결하도록 하였다.

<표 1> 사과상자 문제

[문제1] 5개의 음료수가 담긴 상자의 무게는 6kg입니다. 그런데 음료수 3개를 친구가 가져가고 나니 5.1kg이 되었습니다. 상자만의 무게는 얼마입니까?

53명 중 4명의 학생이 정답을 맞혔지 못하고 2명의 학생은 답을 찾았으나 그 과정을 알아볼 수 없어서 분석에서 제외하였다. 나머지 47명 학생들의 문제해결 방식은 아래 〈표 2〉와 같이 4가지로 분류되었다. 이들 해법 간에는 유사성이 많지만 실제로 학생들이 해결한 방식에서는 차이가 있었다.

<표 2> 사과상자의 문제해결

방법	해결방법
〈해1〉	음료수 3개의 무게는 0.9kg이므로 음료 1개의 무게는 0.9÷3=0.3kg. 15개의 무게는 4.5kg, 상자의 무게: 6-4.5=1.5 kg
〈해2〉	음료수 3개의 무게는 0.9kg이므로 음료수 15개의 무게는 0.9×5=4.5kg. 상자의 무게: 6-4.5=1.5kg
〈해3〉	비례식 3: 0.9 = 15: □에서 사과의 무게 □=4.5kg 그러므로 상자의 무게: 6-4.5=1.5kg
〈해4〉	6—□ : 5.1—□=15: 12가 성립하므로 상자의 무게 □=1.5 kg

사과상자 문제를 성공적으로 해결한 47명의 학생 수를 조사한 통계는 〈표 3〉과 같다. 많은 학생들이 〈방법1〉에서는 〈표 2〉에 있는 〈해1〉과 같은 방식으로 사과 한 개의 무게를 구하여 문제를 해결하고, 〈방법2〉에서는 〈해1〉에 해당하는 풀이를 그림을 그려서 문제를 해결한 경우가 많았다. 이들 풀이에서 사용한 근본적인 아이디어에서 차이가 없어 동일한 풀이로 분류하였다. 72%의 학생들이 〈해1〉을 사용하여 문제를 해결하고 있는데, 이 방법이 가장 평범한 방법이라 할 수 있을 것이다. 문제를 해결한 학생 47명중 두 번째 방법을 제시한 학생은 39명이었다. 그 중에서 〈해1〉을 선택한 학생이 두 번째 방법에서도 근본적으로 차이가 없는 〈해1〉로 문제를 해결하였다.

<표 3> 사과상자 문제해결 통계(인원수, 괄호안은 백분율)

방법 / 시도한 인원	〈해1〉	〈해2〉	〈해3〉	〈해4〉	계(백분율)
〈방법1〉	34(72%)	11(23%)	2(4%)	0(0%)	47(99%)
〈방법2〉	24(62%)	9(23%)	3(8%)	3(8%)	39(101%)
계	58	20	5	3	

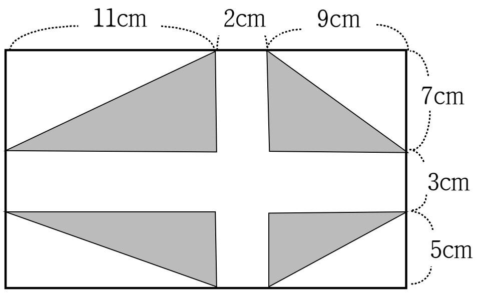
이 문제는 평균 수준의 학생들이 쉽게 해결할 수 있는 문제이며 복잡한 계산이나 사고과정을 요구하지 않으며 다양한 전략으로 문제를 해결할 수 있는 것도 아니지만 해의 질적 평가는 가능한 것으로 보였다.

나. 삼각형 넓이 문제

두 번째 문제는 〈표 4〉와 같이 빗금 친 부분의 넓이를 구하는 문제인데, 앞에서 언급된 '사과상자 문제' 보다 더 다양한 방식으로 문제에 접근할 수 있었다.

<표 4> 삼각형의 넓이 문제

[문제2] 다음 빗금 친 부분의 넓이를 두 가지 방법으로 구하시오..



〈방법1〉

〈방법2〉

두 번째 문제에서는 9월 중순에 서울의 S초등학교 5학년 3개 반에서 담임교사의 지도하에 학생들이 두 가지 방법으로 문제를 해결하도록 하였다. 80명의 학생 중 51명의 학생이 문제를 풀었으나 오답을 한 학생 29명(36%) 중 상당한 학생이 많은 계산을 요하는 방법(〈해2〉)으로 문제해결을 시도하였다.

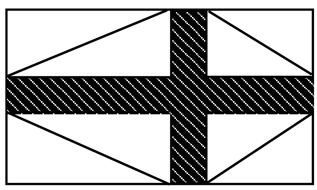
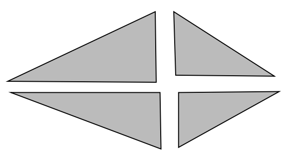
학생들의 해답을 수집하여 분석한 결과 학생들이 구한 해답은 〈표 6〉과 같이 6가지로 분류되었다. 이 문제에서도 학생들은 〈방법1〉과 〈방법2〉에서 각각 어떤 해법을 선택하였는지 알 수 있도록 〈표 5〉와 같이 분석을 하였다. 〈표 5〉에서 알 수 있듯이 문제를 해결하는데 실수가 많았지만 이 과제는 다양한 전략을 사용할 수 있는 문제였기에 다른 방법으로 문제를 해결한 학생이 상당히 많았다. 그런데 첫 번째 방법으로 성공적으로 문제를 해결한 학생의 65%가 〈해2〉를 선택하였다. 〈해2〉는 4개의 삼각형의 넓이를 각각 따로 구해서 더하여 구하는 방식인데 이 방법은 소수계산을 요구하고 시간이 많이 걸리고 번거로운 작업을 요구하였다. 다수의 학생들이 〈해2〉를 선택한 것은 즉각적으로 생각나는 방법을 선택하거나 또는 가장 자신 있게 문제를 해결하는 방식을 선호하기 때문으로 풀이된다.

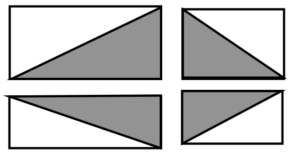
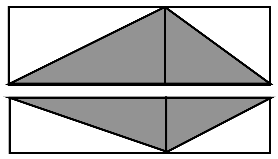
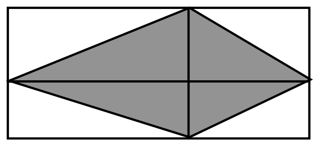
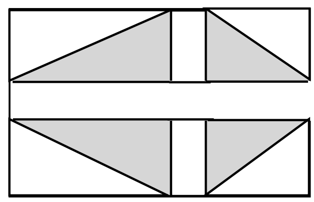
<표 5> 삼각형의 넓이 문제 통계(백분율)

방법	〈해1〉	〈해2〉	〈해3〉	〈해4〉	〈해5〉	〈해6〉	계
〈방법1〉	6(11)	33(65)	8(16)	1(2)	1(2)	2(4)	51(100)
〈방법2〉	10(22)	4(9)	7(16)	2(4)	8(18)	14(31)	45(100)
	16	37	15	3	9	16	

다른 방법으로 문제를 해결하는 〈방법2〉에서는 〈표 5〉와 같이 학생들의 풀이는 상대적으로 다양하게 나왔다. 두 가지 방법으로 해결하라는 질문이 다양한 사고를 이끌 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이후에 진행된 연구에서 교사집단과 학생집단 모두 아래 6가지의 해에서 우수한 순위를 매기는 평가에서는 학생들이 가장 많이 시도한 〈해2〉와 〈해6〉을 좋은 못한 해로 평가하였다.

<표 6> 삼각형의 넓이 문제 해결방법

방법	해결방법	그림 설명
〈해1〉	큰 직사각형 넓이에서 가운데 길 부분의 넓이를 뺀 후 2로 나눈다. 22×15＝330㎠에서 14＋27＋16＋33＝90㎠를 뺀 뒤 ÷2를 하면 120㎠	
〈해2〉	각각의 삼각형의 넓이를 모두 따로 구해서 더한다. (11×7÷2)＋(9×7÷2)＋(11×5÷2)＋(9×5÷2) ＝38.5+31.5+27.5+22.5=120㎠	

<해3>	작은 직사각형 넓이의 합을 구하여 모두 더한 후 2로 나눈다. 즉 (11×7)+(9×7)+(11×5)+(9×5)=240㎠에 2를 나누면 120㎠	
<해4>	위의 두 삼각형을 붙이고, 아래 두 삼각형을 붙여서 넓이를 구하여 더한다. (11+9)×7÷2=70㎠ 와 (11+9)×5÷2=50㎠의 합은 120㎠	
<해5>	빗금친 부분은 작은 직사각형 4개를 옮겨 붙여 만든 사각형의 $\frac{1}{2}$이다. (11+9)×(7+5)× $\frac{1}{2}$ =120㎠	
<해6>	큰 사각형 넓이에서 빗금을 치지 않은 넓이를 모두 뺀다. 22×15=330㎠에서 빗금치지 않은 부분의 넓이{(11×7÷2)+(9×7÷2)+(11×5÷2)+(9×5÷2)}+ {(3×20)+(2×7)+(2×5)}=210㎠을 빼면 120㎠	

2. 초등학생과 교사집단이 평가한 해의 특성과 교차분석

이 문제를 직접 해결한 학생들에게 담당 교사가 문제해결 방법, 특히 삼각형의 넓이 문제의 6가지 방법에 대해 간단히 설명해주고 해법에 대해 우수한 순위를 매기도록 하였다. 교사설문은 교육대학에서 공부를 하고 있는 예비교사 27명, 수학교육전공 대학원생 19명 및 3개 초등학교 교사 61명을 대상으로 하였다. 평가실시 전에 가장 우수한 해와 가장 나쁜 해를 먼저 고르고 그 이유를 쓰게 한 후, 나머지 해에 대해서 순위를 매기도록 하였다.

가. '사과상자 문제'에 대한 교사 및 초등학생 평가

우선 '사과상자 문제'의 4가지 풀이에 대해 학생들이 평가한 것은 <표 7>에서 보는 바와 같이 가장 우수한 해법으로 <해2>를 선택하였고, 두 번째로 우수한 해법은 <해1>이며, <해3>에 이어 가장 좋지 못한 것이 <해4>로 나타났다. 우수 방법에 대한 각각의 순위에서도 60%이상의 빈도를 갖는 명확한 차이를 드러냈다. 한편 <표 5>에서 알 수 있듯이 47명의 학생 중 37(72%)명이 <해1>을 선택하여 이 문제를 해결하였지만 그들의 평가에서는 <해2>가 더 우수하다고 답하였다. 학생들은 문제해결 당시에는 우수한 방법을 생각하지 못하나 그들은 더 좋은 방법을 인식하고 판단할 수 있는 능력이 있다는 것을 말해준다.

<표 7> 사과상자 문제풀이에 대한 초등학생들의 평가 빈도(백분율)

방법	가장 우수한 방법	2순위	3순위	4순위	계
〈해1〉	11(21)	**34(64)**	8(15)	0(0)	53
〈해2〉	**34(64)**	9(17)	7(13)	3(6)	53
〈해3〉	6(11)	9(17)	**33(62)**	5(9)	53
〈해4〉	2(4)	1(2)	5(9)	**45(85)**	53
계	53	53	53	53	

예비교사를 포함한 교사로부터 얻은 107명의 유효한 설문조사 분석은 〈표 8〉과 같다. 이 표에서 교사들이 매긴 우수 풀이의 순위와 학생들이 매긴 순위가 상당히 일치함을 알 수 있다. 그리고 학생들이 평가한 순위가 더 또렷함을 알 수 있다.

<표 8> 사과상자 문제풀이에 대한 교사들의 평가 빈도(백분율)

문제해결 방법	가장 우수한 방법	2순위	3순위	4순위	계
〈해1〉	31(29)	**49(46)**	21(20)	6(6)	107
〈해2〉	**63(59)**	29(27)	10(9)	5(5)	107
〈해3〉	9(8)	24(22)	**59(55)**	15(14)	107
〈해4〉	4(4)	5(4)	17(16)	**81(76)**	107
계	107	107	107	107	

나. '삼각형 넓이 문제'에 대한 교사 및 초등학생의 평가

S초등학교 3개 학급 중에서 한 학급에서 6가지의 풀이를 스스로 읽고 평가하도록 하였으나 학생들이 힘들어하였다. 그래서 교사가 나머지 2개 반 52명의 학생에게 6가지 풀이 과정을 충분히 설명해 주고 순서 매김을 요구하였다. 해를 유사한 것끼리 6가지의 종류로 분류하고 학생집단과 교사집단에게 우수한 풀이과정을 순서대로 번호를 매기도록 하여 정리는 결과는 〈표 9〉와 〈표 10〉이다.

<표 9> 삼각형 넓이 문제풀이에 대한 학생들의 평가 인원수(백분율)

방법	가장 우수한 방법	2순위	3순위	4순위	5순위	6순위	계
<해1>	1(2)	5(10)	4(8)	**23(44)**	16(30)	3(6)	52
<해2>	4(8)	2(4)	7(13)	10(19)	**25(48)**	4(8)	52
<해3>	3(6)	15(29)	**21(40)**	10(19)	3(6)	0(0)	52
<해4>	1(2)	**24(46)**	19(37)	7(13)	1(2	0(0)	52
<해5>	**43(83)**	5(10)	1(2)	2(4)	1(2)	0(0)	52
<해6>	0(0)	1(2)	0(0)	0(0)	6(12)	**45(87)**	52
계	52	52	52	52	52	52	312

<표 5>에서 65%의 학생들이 <해2>를 선택하여 문제를 해결하였으나 학생들의 평가에서는 5순위로 선택하였다. 가장 우수한 풀이와 가장 좋지 못한 풀이과정은 <해5>와 <해6>으로 학생과 교사 모두가 일치된 평가를 하였다. 그런데 학생들은 <해3>과 <해4>에 대해 비슷한 비중으로 평가를 하였고, 교사들은 <해1>과 <해2>에 대해서 비슷한 비중으로 평가를 하였다.

<표 10> 삼각형 넓이 문제풀이에 대한 교사들의 평가 인원수(백분율)

문제해결 방법	가장 우수한 방법	2순위	3순위	4순위	5순위	6순위	계
<해1>	5(6)	8(9)	10(12)	22(26)	**36(42)**	5(6)	86
<해2>	7(8)	9(10)	12(14)	**28(33)**	27(31)	3(3)	86
<해3>	9(10)	13(15)	**33(38)**	21(24)	6(7)	4(5)	86
<해4>	8(9)	**46(53)**	17(20)	7(8)	6(7)	2(2)	86
<해5>	**57(66)**	9(10)	10(12)	4(5)	5(6)	1(1)	86
<해6>	0(0)	1(1)	4(5)	4(5)	6(7)	**71(83)**	86
계	86	86	86	86	86	86	516

다. 우수한 해법과 나쁜 해법의 특성

학생과 교사가 선택한 우수한 해법과 그렇지 못한 해법의 특성을 알아보고 그 차이가 있는지 논의한다. ‘사과상자 문제’와 ‘삼각형의 넓이 문제’에서 가장 우수한 방법과 우수하지 못한 해로 피험자가 선택한 해에 상관없이 1순위와 마지막 순위로 지정한 해를 선택하게 된 이유를 <표 11>로 정리하였다. 해를 선택하게 된 이유를 빈도가 높은 순으로 나열하였지만 문제가 다르고 해가 다름에도 불구하고 가장 좋은 해를 선택한 이유와 가장 나쁜 해를 선택한 이유는 아래 표에서 알 수 있듯이 거의 일치하였다. 단지 용어를 기술하는 수준의 차이일 뿐이다. 우수한 답은 ‘풀이과정이 간단하고 이해하기 쉽다.’로 요약될

수 있으며, 나쁜 풀이는 '풀이과정이 복잡하고 이해하기 힘들다.'로 요약될 수 있다.

<표 11> 1순위 해와 마지막 순위 해의 특성

방법	사과상자 문제		삼각형 넓이 문제	
	학생	교사	학생	교사
1 순위 해의 특성	· 이해하기 쉽다. · 답을 구하기 쉽다. · 간단하다. · 빠르게 구할 수 있다. · 시간이 적게 걸린다. · 익숙한 방법이라서. · 정리가 잘 되어 있다.	· 이해하기 쉽다. · 간단한 사고과정이다. · 추론하기 쉽다. · 단순하다. · 접근이 쉽다. · 관련되는 연산이 적다. · 비례식으로 푸니 쉽다. · 명료하다. · 시간이 절약된다.	· 이해하기 쉽다. · 식이 간결하다. · 간단하다. · 빨리 푼다. · 편리하다. · 평소에 사용하는 방법이다. · 정확하다. · 창의적이다.	· 풀이과정이 간단하다. · 빠르게 구할 수 있다. · 과정이 간단하다 · 효율적이다. · 직관적이다. · 한눈에 알아보기 쉽다. · 간편하다.
마지막 순위의 해 특성	· 이해하기 어렵다. · 풀이과정이 이해가 안 된다. · 복잡하다. · 어렵다. · 잘 모르겠다.	· 복잡하다. · 어렵다. · 식을 세워 계산하기 어렵다. · 여러 단계를 포함한다. · 자주 접하지 않아서 · 시간이 많이 걸린다. · 이해하기 힘들 것이다.	· 복잡하다. · 식이 이해가 안 된다. · 시간이 걸린다. · 비효율적이다. · 계산이 많다. · 특이한 방법이다. · 사전지식이 요구된다.	· 계산과정이 복잡하다. · 비효율적이다. · 실수하기 쉽다. · 어렵게 보인다.

일반적으로 해의 특성은 문제의 성격에 따라 다르게 나타날 수 있을 것이다. 그리고 학생과 교사가 생각하는 우수 답의 특성은 약간의 차이를 가질 것이다. 예를 들면 '사과상자 문제'에서 학생들은 식을 사용하는 풀이보다는 직관적으로 이해하기 쉬운 해가 더 좋은 것으로 평가했으나 교사는 간결한 식을 사용하는 풀이에 대해서도 긍정적으로 평가하는 경향을 보였다.

라. 우수한 해의 선택에 대한 두 집단의 차이 분석

'사과상자 문제' 에서 교사와 학생이 선택한 우수한 풀이에 대한 빈도 <표 7>과 <표 8>에서 각 집단 간 선택 비율이 일치하는지 알아보기 위해 χ^2 관련성 검증을 하였다. 교차분석의 영가설은 두 독립집단의 빈도에 차이가 없다는 것이다. 1순위 해를 선택하는데 두 집단 간 빈도의 차이가 없다면 영가설이 채택될 것이고, 각 집단에서 1순위로 지목한 여러 해에 대해서도 차이가 없다는 것을 의미한다. 실제 χ^2의 값을 구하니 χ^2= 2.9[4], 2순위에 대해서는 χ^2=0.46, 3순위에 대해서는 χ^2=1.92, 4순위에 대해서는 χ^2=1.1로 나타났다. 자유도가 3이고 유의수준 5%에서의 영가설 기각 범위는 ${}_{0.95}\chi^2_3 = 7.82$을 넘어야 한다. 그런데 1순위부터 4순위까지 두 집단의 각 해에 대한 선택 빈도 비율에 대한 χ^2이 모두 7.82를 넘지 못하므로 두 집단은 각 순위별로 빈도 비율에 차이가 없다고 추론할 수 있다. 그러므로 두 집단은 순위 매김에서 통계적으로 일치하였다고 말할 수 있다.

'삼각형 넓이 문제' 에서도 1순위부터 6순위까지 각 순위에서 두 집단이 선택하는 6가지의 해를 평가한 빈도가 일치하는지를 알아보기 위해 '사과상자 문제' 의 각주에서 언급한 방법으로 엑셀을 이용하여 카이자승의 값을 구했다. 자유도는 (2-1)(6-1)=5이고, 유의수준 .05에서 ${}_{0.95}\chi^2_5 = 11.07$인 것으로 알려져 있다. 두 집단이 1순위로 선택한 6가지 해의 빈도비율에 대한 χ^2의 값이 5.87, 2순위에 대해서는 χ^2 =5.29, 3순위에 대해서는 χ^2 =10.28, 4순위에 대해서는 χ^2=9.31, 5순위에 대해서는 χ^2=7.06, 6순위에 대해서는 χ^2=5.42로 계산되었다. χ^2의 값이 크면 클수록 두 집단 간의 차이가 크다는 것을 의미하며, 유의수준 .05수준에서 영가설을 기각할 범위는 11.07이므로 1순위부터 6순위까지 두 집단 간에 순위 매김의 빈도에서 통계적으로 차이가 있다고 말할 수 없다.

<표 9>와 <표 10>에서 알 수 있듯이, 학생과 교사 모두가 1순위로 <해5>를 선택하였으며, 2순위로 <해4>를, 3순위로는 <해3>을, 6순위로는 <해6>을 선정하는데 일치하였지만, 네 번째와 다섯 번째로 우수한 해의 선택에서는 학생과 교사 간에 <해1>과 <해2>의 선택 비율에서 차이가 있었다. 그럼에도 불구하고 관련성 차이자승 검정에서 유의한 차이를 보이지 않은 것은 6가지 모든 해의 선택 비율이 χ^2의 계산에 영향을 미치기 때문이다. <해1>과 <해2>가 네 번째냐 다섯 번째냐는 통계적으로 표본의 선택에 따라 차이도 날 수 있

---

4) <1순위 우수 해에 대한 학생과 교사의 빈도(비율)>

방법	학생	교사	합
<해1>	11(0.21)	31(0.29)	42(0.26)
<해2>	34(0.64)	63(0.59)	97(0.61)
<해3>	6(0.11)	9(0.08)	15(0.09)
<해4>	2(0.04)	4(0.04)	6(0.04)
계	53	107	160

1순위에 대한 두 집단 간의 해 선택에 대한 비율의 차가 있는지를 알아보는 χ^2=2.9는 다음과 같은 계산 방식에 의한 것이다. 실제 계산에 사용된 비율은 소수이하 6자리의 수였다.

χ^2=53{$(0.21-0.26)^2/0.26+(0.64-0.61)^2/0.61+(0.11-0.09)^2/0.09+(0.04-0.04)^2/0.04$}

+107{$(0.29-0.26)^2/0.26+(0.59-0.61)^2/0.61+(0.08-0.09)^2/0.09+(0.04-0.04)^2/0.04$}

다는 것을 의미한다. 한편 본 연구가 어떤 풀이가 몇 순위인가에 관심을 둔 것이 아니라 아동들도 우수한 해와 그렇지 못한 해를 교사와 같이 인식하고 평가할 수 있는가를 알아보는데 있었다.

3. 문제해결과정을 통한 창의성 측정 방안

본 연구에서는 문제해결과정에서 답은 하나이지만 과정이 다른 해의 적절성(가치)을 고려한 수학 창의성 측정 방안을 제시하기 위해 관련 자료를 조사하고 있다. 문제와 지시문, 채점방법 그리고 기존 수학창의성 방법과의 차이를 알아본다.

가. 창의성 문제와 지시문

문제해결을 통한 수학창의성 과제의 조건을 기술해보자. 우선 일반학생의 접근이 가능한 문제이어야 한다. 즉, 문제가 너무 어렵지 않아야 한다. 두 번째는 문제의 풀이과정이 다양해야 한다. 평범한 방법으로 해결할 수 있지만 더 쉽고 좋은 방법을 사용할 수 있는 문제면 좋다. 세 번째는 학생들에게 익숙하지 않은 문제이어야 할 것이다. 예전에 풀어본 경험을 가진 학생은 이미 가장 좋은 해결방법을 알고 있어 공정한 평가 문제가 될 수 없을 것이다.

본 연구에서는 학생들이 두 가지 방법으로 문제를 해결하도록 답란에 <방법1>과 <방법2>로 구분하여 제시하였다. 앞에서 보았지만 학생들은 처음부터 우수한 방법으로 문제를 해결하지 않았다. 즉각적이고 생각나는 것을 그리고 확실하게 알고 있는 전략을 선호하였다. 그러므로 여러 가지 방법으로 문제를 해결하는 지시문이 있어야 다른 생각을 할 수 있을 것이다. 학생이나 교사나 모두 우수한 해는 '간단하고 이해하기 쉬운 방법'을 지칭했다는 점에서 본 연구에서 사용한 <방법1>과 <방법2> 또는 새로운 방법으로 해결하라는 지시문 대신 '이해하기 쉽고 간단한 방법'으로 문제를 해결하도록 요구할 수 있다. 그리고 한 시간에 3∽4문제를 출제하여 한 문제당 10분∽15분 정도 소요되는 과제를 주는 것이 좋다.

문제해결의 과정을 평가하는 문제에서 학생들은 많은 해를 낼 수 없다. 본 연구에서는 2가지 방법을 제시하도록 요구하였지만 대체로 한 문제에 대해 3가지 내외의 풀이과정을 요구하는 것이 적절할 것이다.

나. 풀이과정의 채점

학생들의 풀이과정에 대해 교사들은 어떻게 점수를 주는지 알아보기 위해 6개로 분류된 '삼각형의 넓이 문제'로써 간단한 조사를 하였다. 앞에서 설문을 한 예비교사 20명과 B 교육대학교 수학교육과 대학원에 재학중인 교사 13명에게 <해5>가 가장 우수한 답으로 평가되어 10점을 준다면 나머지 답에 대해서 10점 이하의 적절한 평점을 주도록 요구하였다. 단, 무응답 또는 오답은 0점을 주며, 그리고 <해6>은 가장 낮은 평가를 받은 해라는 것을 알려주었다. 33명의 교사 중 13명(40%)이 가장 좋지 못한 해에 5점을 주었으며, 각 해에 대한 평균 평점은 <표 12>와 같다.

<표 12> 교사가 부여한 해의 평점

해	<해5>	<해4>	<해3>	<해1>	<해2>	<해6>	오답, 무응답
평점	10	8.5	7.4	6.7	5.75	4.9	0

피험자들은 1순위와 마지막 순위를 알지만 어떤 해가 더 우수한 것인지 자신들의 판단으로 평점을 주었다. 피험자가 준 평점의 순서는 <표 10>에서 알 수 있듯이 학생이 평가한 우수 해의 순서와 일치하였다. 이는 '삼각형의 넓이 문제'와 해의 평점 설문에 응답한 대상자가 일치하지 않았으며, 앞에서 밝혔듯이 학생과 교사 두 집단 간에는 각 순위마다 해의 선택 빈도에서 통계적으로 차이가 없지만 선택된 표본에 따라 차이가 날 수 있다.

위 사실로부터 우리는 학생이 푼 문제의 답에 대한 적절성(질적) 평가를 어떻게 할 것인지 아이디어를 얻을 수 있다. 우선 학생들의 답을 유사한 것끼리 분류해야 할 것이다. 분류된 답에 대해서 최소 5명 이상으로 구성된 평가단이 협의를 거쳐 점수를 정할 수 있을 것이다. 고학년에 대해서는 우수한 학생들과 함께 평가단을 구성할 수 있다. 왜냐하면 앞에서 교사가 생각하는 우수 해와 학생이 생각하는 우수 해는 차이가 없었기 때문이다. 학생평가단을 구성할 때는 문제풀이에 대한 충분한 검토와 논의를 거쳐야 하고, 최고와 최저점 등과 같은 점수 범위를 명확히 해야 할 것이다. 예를 들면 오답이나 무응답은 0점, 가장 우수한 해는 10점, 정답을 구한 풀이는 최소 5점을 부여하도록 할 수 있다.

다. 창의성 평가와 그 특성

다른 창의성 요소인 유창성, 융통성 및 독창성도 평가할 수 있는가? 문제해결 과정의 개수가 많지 않으므로 유창성을 측정할 수는 없다. 그러나 유창성과 독창성의 측정은 가능하다. 독창성은 반응의 빈도에 따라 점수를 부여할 수 있지만 반응의 빈도가 낮음을 감안하여야 한다. 융통성은 특정 기준에 따라 분류된 범주의 개수에 따라 측정된다. 그런데 융통성과 적절성의 분류 기준이 같은지 의문이 생긴다. 적절성의 범주 기준은 해의 질적 수준을 기준으로 정해야 한다. 그러므로 본 연구에서는 질적 수준을 결정하는 해의 단순성, 추상성, 일반성과 같은 수학적 사고와 관련된 내용 수준에서 구분을 했었다. 하지만 일반적으로 융통성은 다양한 관점을 기준으로 삼는다. 예를 들면, <표 2>의 '사과상자 문제'에서 <해1>과 <해2>은 융통성 관점에서는 같은 해로 분류될 수 있지만 해의 적절성에서는 수준의 다르기 때문에 다른 범주로 구분하였다. 한편 같은 문제에서 <해1>을 그림으로 나타낸 해를 <해1>과 적절성에서는 동일시하였으나 융통성을 위한 분류에서는 다른 것으로 분류할 수 있다. 본 연구에서는 평가의 단순화를 위해 융통성 요소를 생략한다. 왜냐하면 융통성과 적절성의 범주가 중복되고, 또한 적절성 측정은 융통성 범주에 가중치를 부여하여 측정한 것과 동등하기 때문에 적절성이 융통성의 상당 부분을 반영하고 있기 때문이다.

그렇다면 이들 요소들 간에는 어떤 가중치로 합산을 하는가? 秋田美代(2001)는 창의성 요소 x_i가 가지는 가중치 w_i에 대해 창의성의 측정치는 $\sum_{i=1} w_i x_i$ 로 규정하고 창의성과 각

요소들의 관계를 연구한다. 여기서 가중치 w_i는 교사들이 협의하여 정한다고 말한다. 이처럼 창의성의 각 요소에 부여할 가중치는 더 연구되어야할 과제이다. 그러므로 문제해결 풀이과정에서 수학적 창의성은 융통성, 독창성과 해의 적절성으로 평가하는 것이 합당하다. 지금까지의 논의를 요약하면 <표 13>과 같다.

<표 13> 문제해결과정의 창의성 평가와 기존 창의성 평가의 비교

	기존의 창의성 평가	본 연구의 창의성 평가
사고	확산적 사고	확산과 수렴적 사고의 균형
문제형태	재정의, 재정의에 가까운 문제해결	수학적 문제해결
측정요소	유창성, 융통성, 독창성	독창성, 적절성, 융통성(생략)
관점	다양한 관점에서 얻어지는 다른 답	답은 같으나 과정이 다른 풀이
채점관점	다양하고 독창적인 반응	다양하고 우수한 풀이
특징	많은 반응의 수, 표층적 반응	적은 반응의 수, 심층적 반응

Ⅴ. 결론 및 제언

본 연구에서 수학적 창의성은 ‘수학적 문제해결에서 유용한 전략 혹은 방법을 이용하여 새롭고 가치있는 결과를 산출해 내는 능력’으로 규정하고(이대현, 박배훈, 1998), 가치를 판단하는 기준으로 해의 우수성을 평가하는 방법에 대한 타당성과 실제를 다루었다. 교사와 초등학생이 각각 생각하는 좋은 해의 특성에 차이가 있는가? 우수한 풀이의 순위에 따라 해를 선택하는 교사와 학생 간에 차이가 있는가? 학생들이 문제를 해결할 때 어떤 지시문이 적절한지 그리고 여러 가지 풀이에 대해 점수를 어떻게 줄 것인가를 살펴보았다. 이에 대한 결론은 다음과 같다.

첫째, 수학 문제의 풀이를 평가하면서 학생과 교사가 생각하는 좋은 해와 나쁜 해의 특성에는 큰 차이가 없었다. 학생과 교사가 공통으로 생각하는 우수한 해법은 ‘풀이가 간단하고 이해하기 쉽다.’로 요약될 수 있으며, 나쁜 풀이는 ‘복잡하고 이해하기 힘들다.’였다. 우수한 해의 기준은 독창성을 측정하는 빈도와는 무관해보였다. ‘사과상자 문제’에서는 빈도가 낮게 나타났던 <해3>과 <해4>가 낮은 평가를 받았지만, ‘삼각형의 넓이 문제’에서는 빈도가 낮게 나왔던 <해3>, <해4> 및 <해5>의 평가가 높게 나왔다. 그러므로 해의 적절성(우수성)과 독창성은 서로 별개의 요인으로 볼 수 있었다.

소수의 의견이지만 학생들은 자신이 알고 있는 방식에 더 높은 선호도를 보였고, 교사들은 식을 세워서 형식화하는 답에 호의적인 반응이었다. 직관이나 통찰을 요하는 기하나 측정영역과 공식이나 방정식 등을 사용하는 대수영역에서 다소 차이를 보일 가능성이 있다.

둘째, 고학년 초등학생이 생각하는 우수한 해법은 교사가 생각하는 우수한 해를 선택하

는 빈도에서 통계적으로 유의미한 차이가 나지 않는다. 그렇다고 두 집단이 해를 선택하는데 완전한 일치를 보았다는 것을 의미하지는 않지만 실제로 두 가지의 사례에서 우수해의 모든 순위까지 통계적 차이는 없었다. 따라서 학생들의 소그룹활동에서 다양한 해를 찾고 스스로 평가할 수 있는 능력이 있다는 것을 의미하며, 또한 문제해결 과정의 적절성을 평가 기준을 정하는데 우수 학생들과 담당 교사가 협의해서 정할 수 있음을 의미한다.

셋째, 두 가지의 문제 중 문제해결 전략이 많지 않은 ‘사과상자 문제’에 대해서는 ‘2가지 방식으로 문제를 풀어라’는 요구에도 다른 해결방법을 찾는 것이 아니라 같은 해결방법을 다르게 표현하였다. 반면 여러 가지 전략을 구사할 수 있는 문제인 ‘삼각형의 넓이 문제’에 대해서는 <방법2>에서 다양한 답이 나왔으나 많은 학생들이 계산하기 힘든 복잡한 전략을 선택하여 오답율이 높았다. 따라서 학생들이 융통성 있는 사고를 할 수 있지만 처음부터 문제의 구조를 파악하여 더 효과적인 방법으로 문제를 해결하지 않았다. 따라서 학교수학에서 창의적으로 사고하는 습관을 기를 수 있는 지도가 강조되어야 할 것이다.

넷째, 문제해결로써 수학창의성 평가를 위한 문제는 새롭고, 해결방법이 다양하며 모든 학생들이 접근할 수 있는 문제가 좋다. 한 시간에 3∽4문제를 출제하고 각 문제에 대해 3개 내외의 다른 풀이를 요구하는 것이 적절해 보인다. 학생들의 반응을 점수화하는 방법은 먼저 질적 수준을 고려하여 유사한 아이디어를 사용한 해를 분류한다. 분류된 해에 대해 교사집단 구성이 힘들면 우수 학생을 포함시킨 평가단에서 각 분류에 대한 해를 논의하고 협의를 통해 평점을 부여한다. 독창성 점수와 적절성 점수만으로 창의성 평가를 할 수 있다.

이 연구를 통해 우리는 다음을 제언한다.

수학 교육에서도 수학 본유의 특성을 유지하면서 창의성이라는 심리적 구인의 본질에 대해 좀 더 심도 있게 논의될 필요가 있음(박성선, 2002)에 동의하면서 본 연구에서는 두 가지 문제해결로써 수학 창의성 평가 방안을 논의하였다. 앞으로 더 많은 사례를 통해 더 정교한 절차와 기법을 개발할 필요가 있다. 또한 수렴적 차원에서 수학적 창의성을 쉽고 간편하게 평가할 수 있는 방법들이 문제해결뿐만 아니라 문제발견 영역에서도 개발되어야 할 것이다.

이러한 측정의 일관성과 안정성을 연구할 필요가 있다. 본 연구에서 주장하는 적절성에 대한 준거타당도를 연구할 필요가 있다. 예를 들면, 적절성의 측정이 학업성취, 지능 그리고 창의성의 다른 요인들과 어떤 상관이 있는지 지속적인 연구를 통해 다른 수학적 문제 상황에서 창의성의 적절성 요인을 연구할 필요가 있다.

참 고 문 헌

김부윤, 김철언, 이지성 (2005). 수학적 창의성의 평가에 대한 고찰(Ⅱ). **한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 19**(1), 241-251.

김부윤, 이지성 (2005). 수학적 창의성의 평가방안에 대한 모색. **한국학교수학회논문집, 8**(3), 327-341.

김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주 (1997). **수학영재판별도구개발연구(Ⅱ)-검사제작편**. 수탁연구 CR pp.97-50. 서울:한국교육개발원.

김홍원, 김명숙, 송상헌 (1996). **수학영재판별도구 개발연구(I)**. 연구보고 CR 96-26. 한국교육개발원.

남승인 (2007). 수학 창의성 신장을 위한 평가 문항 개발 방안. **한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 21**(2), 271-282.

박만구 (2009). 수학교육에서 창의성의 개념 및 신장 방안. **한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 23**(3), 803-822.

박성선 (2002). 수학적 창의성 신장을 위한 탐구학습에 관한 소고. **초등수학교육, 6**(2), 65-74.

박천환 (2000). **교육심리학의 통계적 방법**. 원미사.

성창근, 박성선 (2012). 수학적 창의성 계발을 위한 과제와 수업방향 탐색. **한국초등수학교육학회지, 16**(2), 253-267.

유윤재 (2004). 수학적 창의성의 개념. **한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 18**(3), 81-94.

이강섭 (2010). 수학 창의성 평가에서 독창성의 점수화 방법. **한국수학교육학회지 시리즈 A<수학교육>, 49**(1), 111-118.

이경언, 이광우, 김현미, 임선하 (2010). **창의성 재고를 위한 교육과정 개편 연구 방안**. 연구보고 RRC 2010-3, KICE.

이대현 (2012). 수학적 창의성의 요소와 창의성 개발을 위한 수업. **한국초등수학교육학회지 16**(1) 39-61.

이대현, 박배훈 (1998). 수학적 창의력에 대한 소고. **대한수학교육학회 논문집, 8**(2), 679-690.

이종희, 김기연 (2007). 창의적 생산력 신장의 교육목표 이해를 위한 수학영재의 수학적 창의성 개념 탐색. **한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 46**(4), 445-464.

이혜숙, 민선희, 김민경 (2012). 수학 창의성에 대한 초등 교사들의 인식. **한국수학교육학회지 시리즈 A<수학교육>, 51**(4), 337-349.

황우형, 최계현, 김경미, 이명희 (2006). 수학교육과 수학적 창의성. **대한수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 20**(4), 561-574.

齋藤昇 (1998). 創造性創出過程のモデルの 構築とるの實踐, *日本教科教育學會誌, 21*(2),

45-53.

秋田美代 (2001). *數學教育における創造性の育成に關する研究*. 兵庫敎育大學大學院 連合學校敎育學硏究科 敎科敎育實踐學專攻 博士學位論文

Ervynck, G. (1991). Mathematical creativity, In D. Tall(Ed.), *Advanced mathematical thinking*, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Haylock, Derek W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. *Educational Studies in Mathematics. 18*(1). 59-74.

<Abstract>

Note on a Method for Mathematical Creativity Assessment by Differentiating the Student' s Solutions of the Posed Problems

Kim, Pan Soo[5]; & Kim, Nan Young[6]

In the 2009 new curriculum reform, where creativity is the key point, assessment methods for mathematical creativity is recommended. However, lessons for creativity are not carried out well in mathematics classes. One of the reasons for this is the lack of assessment methods for student' s creativity and specific instructions on how teachers should evaluate their students using a written test. Therefore, in this paper, we propose a simple way to evaluate student' s creativity by differentiating the student' s solutions of the posed problems. For validation of the proposed method, we identified the properties of excellent problem solutions cited by both the students group and teachers group. A chi-square test was then carried out to compare any differences in frequency that each of the groups chose as an excellent solution as a result of the student' s problem solving

Key words: assessment for mathematical creativity, factor for creative assessment, problem solving, appropriateness , excellent solution

논문접수: 2013. 11. 26
논문심사: 2013. 12. 12
게재확정: 2013. 12. 19

5) pskim@bnue.ac.kr
6) nykim1014@hanmail.net