

초등학교 6학년 수학과 서술형 평가의 자료개발 연구¹⁾

김민경²⁾ · 노선숙³⁾ · 권점례⁴⁾ · 김유진⁵⁾ · 주유리⁶⁾

최근 우리나라 2007 개정 수학교육과정에서는 그동안 강조되어오던 수학적 문제해결력 뿐 아니라 수학적으로 사고하고 의사소통하는 능력을 중요한 요소로 강조하고 있다. 이에 따라 수학과 평가영역에서는 고등 사고 능력을 평가할 수 있는 대안적인 평가 방법으로 수행평가와 서술형·논술형 평가방법의 구체적인 활용 방안들이 논의되고 있다. 본 연구에서는 초등학교 교과서와 교육과정을 분석하여 <6-나> 단계를 중심으로 서술형 평가 문항과 채점기준을 개발하고, 개발된 평가문항을 현장에 적용하여 결과를 분석함으로써 초등학교 수학과 서술형 평가의 현장 적용 가능성을 제시하고자 한다.

주요용어 : 서술형 평가, 서술형 문항개발, 평가기준 개발, 초등수학 <6-나> 단계

I. 서론

우리나라의 제7차 수학과 교육과정의 '수학적 힘의 신장'이라는 궁극적인 목표 설정(교육인적자원부, 1998) 이후, 7차 개정 교육과정에서도 수학적으로 사고하고 의사소통하는 능력은 여전히 중요한 요소로 강조되고 있다(교육인적자원부, 2007). 변화된 수학교육의 목표인 '수학적 힘의 신장'의 달성과 제6차 교육과정 이후 우리나라 교육에 직·간접적으로 영향을 미치고 있는 구성주의 인식론은 교육의 목적, 방법, 평가에 있어서 새로운 시각과 접근을 필요로 한다. 특히, 평가에 있어서 과정평가와 창의력과 같은 고등사고 능력을 평가할 수 있는 질적 평가가 강조되고 있다((NCTM, 1989; 2000).

수학교육 내의 변화의 흐름과 '초등학교 새물결 운동'에 힘입어 우리나라에서는 1997년 수행평가가 전국적으로 확산되기 시작하였고, '교육비전 2002: 새 학교문화 창조'에서도 학생을 총체적으로 이해하고 평가할 수 있는 수행평가의 확대실시를 제안하였다(허정철 외, 1999). 이와 더불어 서울특별시교육청에서는 '서울학생 학력 신장 방안'의 일환으로 2005년부터 연

1) 이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부)으로 한국학술진흥재단의 지원으로 연구되었음.
(KRF-2007-721-B00059)

2) 이화여자대학교 (mkkim@ewha.ac.kr)

3) 이화여자대학교 (noh@ewha.ac.kr)

4) 한국교육과정평가원 (kwonjr@kice.re.kr)

5) 동산초등학교 (yoyo0818@hanmail.net)

6) 이화여자대학교 대학원 (etoile83@empal.com)

차적으로 확대하던 '서술형·논술형 평가'를 2007년 이후에는 중·고등학교 전 학년에 걸쳐 국어, 사회, 수학, 과학, 영어교과의 학습평가에서 서술형·논술형 평가의 반영비율을 총 배점의 50%로 할 것을 원칙으로 하였다. 이러한 평가에 대한 관점 변화로 학교 교육에서는 학생들을 분류하기 위한 이전의 평가 방식을 지양하고, 학생들의 문제해결력을 비롯한 정적인 측면을 총체적으로 평가할 수 있는 평가 방식을 지향한다. 사고력 신장을 위하여 결과보다는 과정을 중시하고, 학생이 문제를 해결해 나가는 과정에서 유연하고 다양한 사고력과 창의성을 발휘하고 있는지를 평가하는 데 주안점을 두고 있다.

수행평가문항의 채점 결과는 교수 방법, 학습 방법, 성취 수준, 학생의 문제에 대한 접근 방법, 학생이 흔히 범할 수 있는 오류 등을 파악할 수 있는 중요한 자료가 된다. 서술형 평가에 있어서 중요한 것은 좋은 평가문항을 개발하는 것과 평가문항을 채점하는 기준을 어떻게 설정하는가하는 점이다. 이에 본 연구에서는 초등학교 <6-나> 단계에서 사용할 수 있는 서술형 평가문항을 개발하고, 이에 대한 평가기준을 개발하여 이를 현장에 직접 적용 실시하여 봄으로써 6학년 학생들의 수학적 능력을 측정해 보고 서술형 문제를 해결하는 과정에서 나타나는 사고과정을 분석하고자 한다. 이로써 교육 현장에서 학생들의 수학적 문제해결력, 의사소통능력 등을 포함한 사고능력과 적용 능력에 대한 평가에서 교사들에게 실제적인 적용 및 다양한 활용을 하도록 제안함으로써, 학교 현장에 서술형 평가가 올바르게 정착할 수 있는 기틀을 마련하고자 한다.

II. 수학교육과 서술형 평가

정보사회로의 진입으로 지식과 정보의 양이 기하급수적으로 증가하게 되고, 따라서 학습자들에게 단순한 지식의 습득을 요구하는 것에서 많은 정보를 선택하여 가공하고 활용하는 능력을 갖출 것을 요구하게 되었다. 평가의 기능도 사회적 선발의 기능에서 학생 능력 신장의 기능으로 변화해 가고 있으며, 이에 따라 평가방법의 변화도 요구되고 있다. 채점의 편의성과 객관성 확보를 위하여 단편적인 지식 습득 여부를 분는 선택형 문항과 단답형 문항 위주의 기존의 평가는, 시대의 변화로 말미암아 과정평가를 통하여 학습자의 궁극적이고 다면적인 성장을 돕고, 수업방식을 개선하기 위한 것으로 변화되었다(백순근, 2000).

이러한 시대의 흐름에 따라, NCTM(1989)에서는 수학교육 평가의 새로운 방향을 수학적 의사소통, 다양한 전략을 사용한 문제해결, 긍정적 태도 변화를 이끌 수 있는 평가과제의 개발을 제시한 바 있다. 즉, NCTM에서 제시한 좋은 수학과 평가과제는 학생들의 지력을 사용하고, 수학적 이해와 기능을 발달시키며, 수학적 연결을 중시하고, 수학적인 아이디어에 적합한 체계를 개발하도록 학생들을 자극하며, 수학적 추론을 필요로 하고, 수학적 의사소통을 증진시키며, 학생들의 다양한 경험과 성향을 고려한 과제이다.

우리나라 2007 개정 교육과정에서도 세계적인 흐름과 맥락을 같이 하여, 학생들의 수학적 사고력 신장을 위하여 결과뿐만 아니라 과정도 중시하여 평가할 것을 강조하고 있다. 수학의 기본적인 개념, 원리, 법칙을 이해하고 적용하는 능력, 수학적 지식과 기능을 활용하여 타당하게 추론하는 능력을 평가할 것을 권고하고 있으며, 더 나아가 다양한 상황에서 발생하는 여러 가지 문제를 수학적으로 사고하여 해결하는 능력을 평가할 수 있어야 한다고 하였다. 즉 학습자의 수학적 능력을 신장시키기 위하여 학생들을 문제해결력, 탐구능력 및 정적인 측면을 총체적으로 평가할 수 있는 평가를 지향하는 것이라 볼 수 있다. 이러한 평가

방향의 전환은 이러한 고등사고 능력을 평가할 수 있는 좋은 문항개발의 필요성을 제기한다.

수학교과에서 이를 가능하게 할 수 있는 하나의 평가방안으로 대두되는 수행평가에서는 구성주의 인식론을 바탕으로, 학습자들이 자신의 경험을 재구성하고 자신에게 의미 있는 지식이나 정보를 적극적으로 학습하는 능동적 인식주체임을 가정한다(남명호 외, 2000). 즉 학습자는 객관적으로 존재하는 지식을 단순히 습득하는 것이 아니라, 새로운 지식을 변화시켜 자신의 기존 지식에 연결시키는 역할을 한다. 이러한 관점에서 수학과와 수행평가는 지식의 내용평가뿐만 아니라 과정평가를 중시하며 문제해결능력, 의사소통능력, 추론능력, 수학적 연결성 등을 강조하고 있다(백순근, 2000; 황우형 외, 2001; Haertel, 1992; NCTM, 2000 등).

수행평가로 흔히 사용되는 방법 중 하나인 서술형 평가방법은 문항 출제 및 문제해결과과정 분석이 비교적 용이하여 가장 많이 사용되는 수행평가 방법 중의 하나이다. 서술형 문항은 학생들이 답을 계산해 내거나 특별한 사실을 기억해 내는 것 이상의 것을 요구하는데, 학생들은 지식과 추론 모두를 사용하여 자신의 생각을 조직하여야 하고 그것들을 자신의 용어로 효과적으로 표현하여야 하고(강옥기, 1991), 평가자는 학생들이 해결한 문제풀이과정을 분석함으로써 학생들이 무엇을 잘못 알고 있는지를 평가하고 그것을 올바르게 고쳐줄 수 있어야 한다(NCTM, 2001).

서술형 평가는 지필평가의 가장 흔한 유형인 선택형 평가와 비교할 때 다음과 같은 장점을 가진다(양길석, 2006). 먼저 서술형 평가는 다양한 학생들의 반응을 허용하기 때문에, 학생들로 하여금 자신이 가지고 있는 지식을 인출하고 적용·응용하여 자신의 말로 표현할 수 있게 한다. 둘째, 선택형 평가에서는 단편적인 지식을 평가하는 반면 서술형 평가에서는 논리적 사고력과 창의력 등 고등사고능력을 평가할 수 있다. 따라서 학생들이 답을 추측하기가 어렵고, 정답을 구하는 능력과 문제해결 사고기능을 사용하는 능력을 보여주어야 하기 때문에 학습자의 문제해결과정을 잘 파악할 수 있게 한다. 셋째, 학습자의 태도를 개선해 준다. 서술형 평가에서 학생들은 다양한 개념·원리를 적용하고 조직하며 자신의 말로 표현해야 한다. 따라서 개념이나 원리를 이해하고 그것을 활용하는 연습을 하는 방향으로 학습자의 태도를 개선할 수 있는 것이다.

서술형 평가에 관한 연구 중, 본 연구의 주요 핵심이라고 볼 수 있는 평가문항 및 채점기준 개발 관련하여, 김윤영(1999)의 연구에서는 수행평가의 정의 및 의의, 특징과 방법을 살펴보고, 중·고등학교 전반에 걸쳐 총 18문항을 개발한 뒤 풀이과정과 함께 결과로 제시하였다. 이는 수행평가 실시 초기에 이루어진 연구로서, 수행평가의 정의와 특징, 방법 논의에 집중되어 있으며, 따라서 평가문항과 풀이과정을 제시하고 구체적인 채점기준이나 방법을 논하지 않았다. 전신애(2007)는 중학교 <9-가> 단계 내용을 대상으로 수행평가에 대한 이론적 논의를 한 뒤 이를 바탕으로 서술형 평가의 이점을 살펴보고 문항개발을 진행하였다. 이 연구에서는 비교적 구체적인 단계에 따라 문항개발이 진행되었으나, 개괄적인 평가기준만을 제시하고 있고 구체적인 예시 평가기준이 제시되지 않았다. 한편 이연주(2002)는 중학교 2학년 '수와 식' 단원에서 학습자의 탐구 활동을 돕는 수행과제를 개발하고, 객관적이고 효율적인 활용을 위해, 실제 수업 시 사용할 유의점과 활용방안과 함께 채점기준표를 작성한 뒤 실제로 중학교 2학년 학생들에게 적용하였다. 연구 결과, 많은 학생들이 수행과제를 해결하고자 노력하였으나 문제해결과정의 진술이 부족하고, 이미 알고 있는 사실에 대한 수학적 표현도 어려워하였다.

초등수학의 경우, 조미경(2007)은 국내·외 수학과 교육과정의 특징과 교과서를 분석하여

서술형 수행평가문항의 성격을 결정한 후 5학년생을 대상으로 서술형 수행평가 7문항을 개발, 적용한 후 채점하면서 평가준거를 추출해 보고 추출한 평가기준의 의미 및 특징을 구체적으로 제시하였다.

이상에서 살펴본 것과 같이, 서술형 평가문항의 개발과 평가기준 개발에 관한 연구는 주로 중, 고등학교의 수준에서 주로 이루어지고 있었다. 그러나 수학적 연결성을 위하여 초등수학과 중등수학의 교육과정 개발연구가 연계되어 진행할 필요가 있다는 연구결과(Bell & Isaacs, 2007)도 있듯이, 서술형 평가문항 개발연구 또한 초등수학과 중등수학이 연계하여 병행되는 것이 필요하다. 또한 문항개발에 관한 연구는 구체적으로 이루어지고 있으나, 채점자의 주관이 개입되기 쉬운 서술형 평가의 구체적인 채점기준 개발에 관한 연구는 부족하였다. 따라서 본 연구에서는 중학교 과정을 준비하는 초등학교 6학년 학생을 대상으로 학교 현장에서 활용될 수 있는 서술형 평가문항을 개발하고, 이를 현장에 적용한 결과를 바탕으로 구체적인 채점기준표를 개발된 문항과 함께 제시하고자 한다. 또한 현장 적용 결과로 나타난 학생들의 반응을 바탕으로 채점기준표의 각 영역에서 어떻게 채점이 이루어질 수 있는지 제시하고자 한다.

III. 연구 방법

1. 서술형 평가문항 및 평가기준 개발

1) 서술형 평가문항 개발

본 연구에서 개발한 서술형 평가문항은 초등학교 수학 <6-나> 단계의 1단원~8단원의 각 단원별 평가에서 활용할 수 있도록, 각 단원별로 3문항씩 총 24문항을 개발하였다. 이를 위해 교육과정을 분석하고 선행연구 및 관련연구들을 검토하여 각 단원별로 3~6문제씩 총 30문항의 예비검사 문항을 개발하였다. 개발된 문항들은 유관교육기관과 초등교사로 구성된 초등수학전문가 2명에게 내용타당도를 검증받은 후, 수정·보완된 총 24문항으로 예비검사를 실시하였다. 예비검사를 통해 재수정·보완된 문항들은 단원별 3문제씩 총 24개로써, 서술형 평가의 본검사 문항으로 완성하였다. 본 연구에서 개발된 모든 문항은 학생들이 각 단원의 주요한 수학적 개념을 다양한 문제해결 방법과 전략에 적용하여 문제를 해결하도록 하며, 그러한 해결의 과정을 적절한 수학적 용어를 사용하여 서술해 나가도록 구성하였다.

2) 채점기준표 개발 및 답안 선정

본 연구에서 서술형 평가기준을 개발하기 위하여, 미국의 여러 주의 수행평가기준표와 국내의 수행평가, 서술형 평가 연구에서 활용되었던 평가기준표들을 분석하였다. 선행연구에서 공통적으로 강조되고 있는 평가준거들과 의미를 탐색한 후, 본 연구에서의 평가준거로 1) 문제이해, 2) 문제해결과정, 3) 의사소통 영역을 설정하였다. 또한 세 가지 평가준거를 이용하여 모든 문항에 1) 문제이해 영역 0점~2점, 2) 문제해결과정 영역 0점~6점, 3) 의사소통 영역 0점~2점 등 총 10점 만점으로 배점기준을 마련하였다. 또한 평가준거별로 2~3가지 척도를 정하여 척도별 수준과 특징을 설정하였고, 이에 대한 예시를 제시하여, 실제적이고

분석적인 평가가 이루어질 수 있도록 하였다.

3) 신뢰도 검증

본 연구는 서술형 평가문항과 평가기준을 개발하고 그것을 실제로 현장에 적용하여 나타난 결과를 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 개발절차에 따라 초등학교 수학과 <6-나> 단계를 내용으로 하는 서술형 평가문항과 평가기준을 개발하였다. 이 때, 검사도구의 신뢰도를 검증하기 위하여 채점자별 문항내적 일관성 신뢰도인 Cronbach α 계수와 각 문항별·채점 영역별로 채점자간 신뢰도인 Pearson의 적률상관계수를 산출하였다.

2. 서술형 평가문항 및 평가기준의 적용

1) 적용 대상

본 연구는 초등학교 수학과에서 활용 가능한 서술형 평가문항을 개발하고 이를 채점할 수 있는 평가기준을 개발하여 적용해보고 그 결과로 드러난 특징들을 분석하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 초등학교 <6-나> 단계 내용을 대상으로 서술형 평가문항을 개발하였고, 서울시에 위치한 초등학교 6학년 2개 학교 2개 학급에서 총 59명의 초등학생을 대상으로 예비검사를 실시한 후, 공립초등학교 6학년 2개 학교 2개 학급에서 총 60명의 초등학생을 대상으로 본 검사를 실시하였다.

<표 1> 연구대상자들의 분포

	대상학교	학급	남자(명)	여자(명)	계(명)
예비검사	A 초등학교	6-1	15	13	28
	B 초등학교	6-3	16	15	31
본 검사	C 초등학교	6-5	17	15	32
	D 초등학교	6-3	16	12	28
	계		64	55	119

2) 예비 검사 및 본 검사

예비 검사는 서울 시내 2개의 공립학교 2개 반에서 총 59명(남: 31명, 여: 28명)을 대상으로 2007년 2학기에 대상 학급의 진도에 맞춰 각 단원이 끝난 후 실시하였다. 예비검사를 통하여 개발된 서술형 평가문항 및 평가기준의 적절성을 검증하고 수정, 보완하여, 실제적인 서술형 평가를 2007년 2학기에 서울 시내 2개 공립학교 총 2개 학급에서 실시하였다.

본 검사는 각 단원의 수업이 끝난 후 단원평가의 형식으로 진행하였다. 평가문항은 <6-나> 단계의 1단원~8단원의 수학내용을 중심으로 각 단원별 3문항씩 총 24문항을 개발하였다. 모든 문항은 학생들로 하여금 각 단원의 주요한 수학적 개념과 그것을 다양한 문제해결 방법과 전략에 적용하여 문제를 해결할 수 있도록 하고, 이러한 해결과정을 적절한 수학적 용어를 충분히 사용하여 서술할 수 있도록 구성하였다.

그리고 서술형 평가기준의 적용은 서술형 평가문항을 실제 적용하여 수집된 응답지를 전문가 집단이 실제 평가함으로써 이루어졌다. 초등교육 석사학위를 소지한 교육경력 7년의 초등교사 2명과 초등수학교육전공 석사과정생 1명 총 3명이 채점하였는데, 평가에 앞서 각 채점자마다 평가기준을 내면화하고 일관되게 적용할 수 있도록 채점자 훈련이 실시되었다. 채점자 훈련은 본 연구의 목적과 연구문제, 연구절차와 평가기준에 대한 이론적 배경, 평가준거 및 각 척도별 특징에 대해 공유하였다. 이 후 예비검사를 통해 완성된 평가기준표에 따라 채점을 실시한 후, 최종적으로 수정·보완된 평가기준표로 채점자마다 독립적인 평가를 실시하였다.

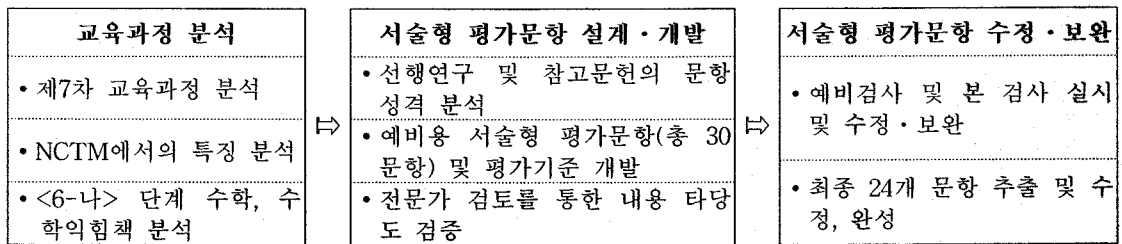
IV. 연구 결과

1. 서술형 평가문항 및 평가기준의 개발

1) 서술형 평가문항 개발

(1) 서술형 평가문항 개발 절차

서술형 평가문항과 평가기준을 개발하기에 앞서, 서술형 평가문항 개발절차를 설계하는데, 이는 국내·외의 문헌들을 참고로 [그림 1]과 같이 3단계의 문항 개발 절차에 따라 평가문항 및 평가준거를 개발하였다.



[그림 1] 서술형 평가문항 개발절차

① 교육과정 분석 단계: 조사 연구와 문헌연구를 통하여 우리나라 제7차 교육과정의 구성 특징과 NCTM 구성 특징을 분석하여 공통점을 추려내고, 초등학교 <6-나> 단계 수학, 수학의힘책을 분석한다. 초등수학 <6-나> 단계는 분수의 나눗셈, 입체도형, 소수의 나눗셈, 원과 원기둥, 분수와 소수의 계산, 경우의 수, 연비, 문제 푸는 방법 찾기 등으로 구성되어 있어 수와 연산 영역 3단위, 도형 영역 1단위, 측정 영역 1단위, 확률과 통계 2단위, 문자와 식 1단위로 이루어져 총 8개의 단위로 구성되어 있다.

② 서술형 평가문항의 설계·개발 단계: 평가문항 및 평가기준에 대한 의견을 수렴하기 위해 전문가 자문회의를 실시한다. 이 단계에서 교육과정을 분석하고 선행연구 및 관련연구

들을 검토하여 예비용 서술형 평가문항을 각 단원별로 3~6문제씩 총 30문항을 개발한 후 유관교육기관과 초등교사로 구성된 초등수학전문가 2명에게 내용타당도를 검증받은 후 수정·보완된 총 24문항으로 예비검사를 실시하였다. 예비검사를 통해 수정·보완된 서술형 평가문항은 단원별로 3문제씩 총 24문제를 본 검사 문항으로 개발하였다.

③ 개발된 서술형 평가문항의 수정·보완 단계: 학교 현장에 적용을 한 후 문항을 수정·보완하여, 최종문항을 추출하여 완성하였다.

(2) 개발된 서술형 평가문항

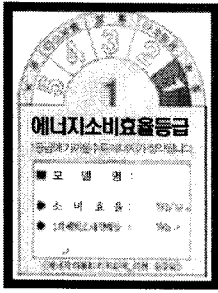
본 연구에서는 초등수학 <6-나> 단계의 8개의 각 단원별로 3문항씩 총 24문항을 개발하였다([그림 1] 참조). 교육과정에 근거한 평가(curriculum-based assessment)가 되도록 제7차 교육과정, 교과서 등을 참조하여 국가교육과정에 근거하는 문항을 개발함으로써 평가문항의 내용타당도를 높이기 위한 노력을 하였다. 6학년 수학교육과정은 이전의 1~5학년에서 배운 개념을 바탕으로 그 개념을 좀 더 심화·확장하며, 연관된 개념들 사이의 관련성을 바탕으로 여러 가지 문제해결의 기회를 제공한다. 또한 일상생활에서 다루어지는 수학적 개념을 학습하며 이와 관련된 문제해결의 기회도 갖게 된다. 이러한 6학년 수학교육과정의 특징들을 기반으로 개발된 평가문항들은 각 단원의 내용영역 및 그 속에 포함된 수학적 개념들을 분석하고, 실생활 속에서 친숙한 문제 상황 속에서 수학적 개념들을 잘 활용하여 문제를 해결해나가고, 또 그 과정을 수학적 언어로 논리성 있게 표현할 수 있도록 구성하였다. 이를 각 문항별로 정리하여 제시하면 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 개발된 평가문항의 해설

<6-나> 교과서		문항 해설		
단원명	내용 영역	번호	문항 내용	내포된 수학기념
1. 소수의 나눗셈	수와 연산	1	실생활에서 친숙한 상황 속에 진하기를 따지려면 기준이 되는 점으로 나누어야 한다는 원리를 이해하고 자연수 ÷ 진분수의 식을 세우고 계산하기	(자연수) ÷ (진분수)
		2	부피의 개념을 활용하여 주어진 과제를 분수로 표현하기 실생활 속에서 나눗셈의 나머지를 처리하는 문제를 해결하기	대분수의 나눗셈
		3	자연수 ÷ 단위분수의 나눗셈이 일어나는 상황을 실생활과 연관하여 문제를 만들고 그 문제를 스스로 해결하기	(자연수) ÷ (단위분수)
2. 입체 도형	도형	1	생활용품 중에서 친숙한 회전체를 보고 회전체의 단면과 특징에 대하여 기술하기	회전체 알아보기
		2	원뿔과 원기둥의 특징에 대해 이해한 것을 생활 속에 적용하기, 원기둥과 원뿔을 비교하기	원기둥, 원뿔 알아보기
		3	회전체의 개념과 특징에 대해 정확히 파악하고 옳은 진술과 잘못된 진술을 구분하고, 틀린 진술을 올바르게 고치기	회전체를 평면으로 잘라보기
3. 소수의 나눗셈	수와 연산	1	실생활과 연관된 상황 속에서 자연수와 소수의 나눗셈 해결하기	자연수와 소수의 나눗셈
		2	연비의 개념을 통해 생활 속에서 소수의 나눗셈을 경험해보고 연비의 효율 비교하기	자리의 수가 다른 소수의 나눗셈
		3	빵을 만드는 과정을 통해 자연수와 소수의 나눗셈을 해결하고	자연수와 소수의 나

			나머지에 대한 개념을 친숙한 소재를 통해 파악하기	눗셈, 반올림하여 몫 구하기
4. 원과 원기둥	측정	1	실생활과 관련되어 원주의 개념이 필요한 상황을 이해하고 여러 가지 정보들 속에서 필요한 정보를 선택하여 해결하기	원주의 개념
		2	원기둥의 부피에 대한 개념을 이해하고 이를 해결하기	원기둥의 부피
		3	원기둥의 부피에 대한 개념을 이해하고 이를 복합적인 상황 속에서 비교하며 해결하기	원기둥의 부피
5. 분수와 소수의 혼합계산	수와 연산	1	실제적이고 복합적인 상황 속에서 자신에게 필요한 정보를 선택하여 식을 세우고 계산하기	분수와 소수의 혼합 계산
		2	실생활과 관련된 소재를 이용하여 복합적인 과정의 식을 세우고 계산하기	분수와 소수의 혼합 계산
		3	문제 상황을 해결하기 위해 필요한 정보들을 조합하여 순서대로 해결하여 계산하기	분수와 소수의 혼합 계산
6. 경우의 수	확률과 통계	1	실생활과 관련된 상황에서 경우의 수가 필요한 상황을 이해하고 이를 해결해보기	여러 가지 경우의 수 구하기
		2	생활 속에서 친숙한 소재를 통해 경우의 수를 구하기	수형도를 그려서 경우의 수 알아보기
		3	경기에서 경우의 수, 확률의 개념을 이해하고 이를 해결하기	경우의 수 알아보기
7. 연비	규칙성과 함수	1	⑦ : ④ : ⑤의 연비의 관계를 설명한 것을 보고, 연비의 성질을 이용하여 간단한 자연수의 연비로 나타내기	연비 및 연비의 성질 알아보기
		2	실생활에서 비례배분을 하는 상황을 이해하고, 비례배분의 개념을 가지고 문제를 해결하기	비례배분 알아보기
		3	생활 속에서 두 양이 대응하여 변하는 관계를 관계식으로 나타내고 이를 활용하여 문제를 해결하기	연비로 비례배분하기
8. 문제를 푸는 방법 찾기	문자와 식	1	그림 그려 풀기, 규칙 찾기, 식 만들어 풀기 중 두 가지 방법을 선택하여 해결하여 보고 비교하기	여러 가지 방법으로 문제를 해결하고 비교해 보기
		2	일상생활에서 일어날 수 있는 상황에서 문제를 거꾸로 생각하여 해결하는 방법과 식을 만들어 해결하는 방법으로 해결하기	거꾸로 풀기
		3	그림 그려 풀기, 규칙 찾기, 식 만들어 풀기 중 두 가지 방법을 선택하여 해결하여 보고 비교하여 보기	문제를 여러 가지 방법으로 해결하고 비교해 보기

이렇게 구성된 총 24개의 문항 중 하나인 [그림 2]에 제시된 문제는 3. 소수의 나눗셈 단원 중 (소수 세 자리 수) ÷ (소수 두 자리 수)의 식을 세우고 계산해보는 문제이다. 이 문항에서는 수학적 개념은 간단하지만 일상생활 속에서 접할 수 있는 소재 속에서 나눗셈의 원리를 찾아 식을 세우고 문제를 해결해나가는지를 평가하고자 하였다. 학생들은 수학적으로 만들어지고 제한된 상황이 아니라 실생활 속에서 나눗셈이 필요한 상황을 인식하고 식을 도출해낼 수 있어야 한다. 우선 문제 속에서 연비의 개념이 1L당 주행 가능한 거리라는 정보를 주었는데 이를 완전히 이해하고 문제와 관련하여 이것이 나눗셈과 관련이 있다는 것을 밝혀내고 적절한 나눗셈식을 도출해낼 수 있으며 이들 결과를 가지고 문제 상황에 맞게 비교할 수 있어야 한다.



2. 자동차를 보면 이와 같은 표가 붙어있는 것을 확인할 수 있습니다. 이는 연비를 나타내는 표입니다. 연비란 자동차의 연료소비를 나타내는 것으로서, 1리터로 주행 가능한 거리를 말합니다. 연비를 자동차의 에너지 소비효율이라고도 말합니다. 다음 표는 어느 자동차 회사에서 판매하는 종류별 자동차의 달린 거리와 사용한 연료의 양을 나타낸 것입니다.

자동차	㉠	㉡	㉢
달린 거리(km)	6.75	9.4	5.8
사용한 기름(L)	0.625	0.4	0.29

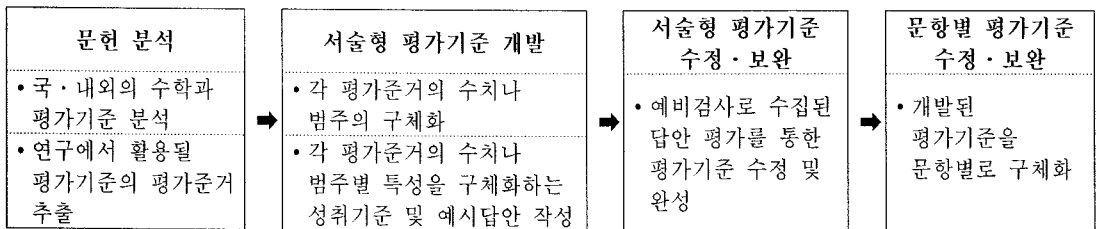
소비자의 입장으로 어느 자동차를 구입하는 것이 좋은지 연비의 개념을 이용하여 설명하세요.
 <풀이과정>
 <답>

[그림 2] 서술형 평가 예시 문항

2) 서술형 평가기준 개발

(1) 서술형 평가기준 개발절차

국내·외 수행평가, 서술형평가 연구 그리고 미국의 수행평가 기준표에서 활용되었던 평가기준표를 분석하여 공통적으로 강조되고 있는 평가준거들과 그 의미들을 도출하였으며, 김민경, 조미경(2006)이 제시한 바 있는 문제이해, 문제해결과정, 의사소통의 3가지 영역을 평가준거로 설정하였다([그림 3] 참조). 또한 세 가지 평가준거별로 문제이해 영역 0점~2점, 문제해결과정 영역 0점~6점, 의사소통 영역 0점~2점 총 10점 만점으로, 각 준거마다 하위 척도별 수준과 특징을 설정하고, 예시답안을 제시하여, 실제적이고 분석적인 평가가 이루어질 수 있도록 하였다. 먼저 일반적인 평가기준을 개발한 후 각 단원의 학습목표와 성취기준 등을 고려하여 문항별로 구체적인 평가기준을 개발하였다.



[그림 3] 서술형 평가문항 개발

(2) 개발된 서술형 평가기준

본 연구에서 개발된 서술형 평가문항을 보다 객관적으로 평가할 수 있도록 각 문항별 평가기준을 개발하기에 앞서, 일반적인 평가기준을 먼저 개발하였다.

첫째, 학생의 반응을 판단하는 데 사용될 하나 이상의 기본적인 영역 혹은 준거로서 문제이해, 문제해결과정, 의사소통을 정하였다. ① 문제이해 영역에서는 문제 속에 내포된 수학적 개념을 이해하는 정도와 문제를 해결하기 위해 문제에 제시된 정보를 이해하고 활용하는 정도를 평가하고자 하였다. ② 문제해결과정 영역에서는 문제해결 전략을 세워 실행하는 정도의 정확성을 평가하고 전략 수행 후, 문제 상황에 맞게 답을 기술하거나 해석하는 정도를 평가하게 된다. ③ 의사소통 영역에서는 풀이과정에 드러난 수학적 내용과 아이디어, 기호 등의 표현이 정확 혹은 명확하거나 세련된 정도와 문제해결과정의 설명이 충분한가의 정도를 평가하고자 한다.

둘째, 이 세 가지의 평가준거들의 의미를 명확히 하기 위하여 각 준거별 의미를 제시하였다. 각 영역이나 준거를 평정하기 위한 수치나 범주는 문제이해 영역 0점~2점, 문제해결과정 영역 0점~6점, 의사소통 영역 0점~2점 총 10점 만점으로 각 준거마다 하위 척도별 수준과 특징을 설정하였다. 본 연구에서 개발된 일반적인 평가기준은 다음 <표 3>과 같다.

각 문항별 구체적인 평가기준은 <표 3>을 바탕으로 각 문항의 수학내용에 따라 각 준거의 척도, 척도별 사례, 척도별 특징을 구분하는 예시답안으로 문항별로 구체적으로 제시하였다. 문항번호 <6-나-3-2>는 3. 소수의 나눗셈 단원 중 (소수 세 자리 수) ÷ (소수 두 자리 수)의 식을 세우고 계산해보는 문제이다. 수학적 개념은 간단하지만 일상생활 속에서 접할 수 있는 소재 속에서 나눗셈의 원리를 찾아 식을 세우고 문제를 해결해나가는지를 평가하고자 하였다. 우선 문제에 연비의 개념이 1L당 주행이 가능한 거리라는 정보를 주었는데 이를 완전히 이해하고 문제와 관련하여 적절한 나눗셈 식(㉠ $6.75 \div 0.625$, ㉡ $9.4 \div 0.4$, ㉢ $5.8 \div 0.29$)을 도출해낼 수 있으며, 이들 결과를 가지고 문제 상황에 맞게 비교할 수 있어야 한다. 이러한 복합적인 문제를 올바르게 이해하는지, 정보를 적절히 이용하여 문제를 효율적으로 해결해나가는지, 또 이를 수학적인 용어로 적절하고 정확하게 표현하였는지를 보기 위한 각 문항별 평가준거는 다음 <표 4>와 같다.

<표 3> 본 연구에서 활용된 일반적인 평가기준

평가준거	문제이해	문제해결과정	의사소통
의미	-문제 속에 내포된 수학적 개념을 이해하는 정도 -문제를 해결하기 위해 문제에 제시된 정보를 이해하고 활용하는 정도	-문제해결 전략을 세워 실행하는 정도의 정확성 -전략 수행 후, 문제 상황에 맞게 답을 기술하거나 해석하는 정도	-풀이과정에 드러난 수학적 내용과 아이디어, 기호 등의 표현이 정확 혹은 명확하거나 세련된 정도 -문제해결과정의 설명이 충분한가의 정도
척도별 구체적인 특징			
	2	6	2
	-문제와 관련된 수학적 개념을 완전하게 이해하고 문제해결을 위하여 그 개념을 활용 -문제에 제시된 정보들 중에서 문제해결에 필요한 정보들을	-전략 수행과정이나 문제 해결 과정에서 계산상의 오차나 옮겨 쓰기 과정에서의 오류가 없음 -문제 상황에 맞게 답을 정확하게 표현함	-문제해결의 모든 단계나 과정을 추측(추론)할 필요가 없을 정도로 문제해결과정을 명확하게 논리적으로 충분히 설명 -문제해결과정에 사용된 수학적 용어,

초등학교 6학년 수학과 서술형 평가의 자료개발 연구

<p>취사선택하여 활용</p>	<p>4</p> <p>-적절한 전략을 이용하였으나, 답이 부정확함 a) 계산상의 오차나 옮겨 쓰기 과정에 오류가 있을 때 b) 답의 숫자 부분은 바르게 썼지만, (문제의 지시와는 다르게) 단위가 없거나 잘못 썼을 때 c) 답이 없을 때</p>	<p>기호 등의 표현이 정확함</p>
<p>1</p> <p>-문제와 관련된 수학적 개념을 부분적으로 이해하는데 그림 -문제에 제시된 정보들을 부분적으로 활용하여 완전한 문제해결로 이어지지 않음</p>	<p>2</p> <p>-적절한 전략을 이용하였으나 답을 구할 만큼 충분히 수행하지 않아서(예를 들어, 표를 만들어 2개 정도만 기입했을 때) 답에 이르지 못했거나 오답을 도출함 -정답을 제시하였지만 a) 풀이 과정을 이해할 수 없게 썼거나 과정을 나타내지 않음 b) 전략이 적절하지 못했거나 전략의 이행이 명확하지 않음</p>	<p>1</p> <p>-문제해결과정에 대한 설명에 부분적으로 논리적인 비약이 있음 -문제해결과정에 사용된 수학적 용어, 기호 등의 표현이 이해하기에 불분명함</p>
<p>0</p> <p>-문제에 제시된 정보를 옮겨 쓰는 수준은 넘었지만, 문제를 제대로 이해하지 못함 -문제를 제대로 이해하지 못하여 부적절한 개념을 활용함 -문제에 제시된 정보가 부적절하게 활용되거나 문제해결과 상관없음 -백지 또는 오답 이외에 아무 것도 없는 경우</p>	<p>0</p> <p>-하위 목표 달성을 위한 시도는 하였으나, 정답을 유도할 만한 접근 방법을 택하지 못하여 답이 틀림 -백지 또는 오답 이외에 아무 것도 없는 경우 -문제해결을 전혀 시도하지 못함</p>	<p>0</p> <p>-문제해결에 중요한 부분을 빠뜨려서 문제해결과정에 대한 설명이 불완전하거나 명료하지 않아, 문제해결과정을 이해하기 어려움 -문제해결과정에 사용된 수학적 용어, 기호 등의 표현이 부정확하여 문제해결과정을 이해하기 어려움 -문제해결과정에 대한 설명이 전혀 없거나, 문제해결과 관련되지 않음</p>

<표 4> 문항 3단원-2번에 관한 구체적인 평가기준

척도별 구체적인 특징		
문제이해	문제해결과정	의사소통과정
<p>2</p> <p>-연비의 개념이 1L당 주행 가능한 거리라는 것을 완전히 이해하고 문제와 관련하여 적절한 나눗셈식($\textcircled{A}6.75 \div 0.625$, $\textcircled{B}9.4 \div 0.4$, $\textcircled{C}5.8 \div 0.29$)을 도출해낼 수 있으며 이들 결과를 가지고 문제 상황에 맞게 비교할 수 있음(10.8: 23.5: 20).</p> <p>-문제에 제시된 정보들 중에서 문제해결에 필요한 정보들(연비, 달린 거리, 사용한 기름)을 취사선택하여 활용</p>	<p>6</p> <p>-전략 수행과정이나 문제 해결 과정에서 계산상의 오차나 옮겨 쓰기 과정에서의 오류가 없음 -문제 상황에 맞게 답(나)을 정확하게 표현</p> <p>4</p> <p>-나눗셈을 이용하여 비교한다는 적절한 전략을 이용하였으나, 답이 부정확함 a) 단순히 계산상의 실수 b) 소수의 나눗셈을 올바르게 했지만, 연비의 개념을 이용하여 어느 자동차를</p>	<p>2</p> <p>-소수의 나눗셈을 활용하여 비교하여 답을 도출해내는 과정을 추측(추론)할 필요가 없을 정도로 문제해결과정을 명확하게 논리적으로 충분히 설명 -문제해결과정에 사용된 수학적 용어, 기호 등의 표현이 정확함</p>

	구입하는 것이 좋은지 비교하여 답을 도출해내지 못했을 때(가 혹은 다를 선택) c) 답을 쓰지 않음 - 답은 정확하나 식을 적지 않고 바로 계산과정에 도입(6750÷625)	
1	2	1
-지문에 연비에 관한 설명이 나와 있음에도 불구하고 연비에 대한 개념에 어려움을 느끼며 문제에 올바르게 접근하지 못함. -나눗셈이 필요한 상황이라는 것은 인식하나 6.75÷0.625가 아닌 0.625÷6.75처럼 기준을 제대로 잡지 못하고 부분적으로만 이해함.	-나눗셈이라는 전략을 이용하였으나, 문제의 상황에 맞는 식이 아닌 경우(0.625÷6.75, 0.4÷9.4, 0.29÷5.8) -정답을 제시하였지만 a) 풀이 과정을 이해할 수 없게 썼거나 과정을 나타내지 않음 b) 다만 제시	-식을 적지 않고 바로 나눗셈 계산과정만 적은 경우 -문제해결과정에 사용된 수학적 용어, 기호 등의 표현이 이해하기에 불분명함
0	0	0
-문제에 제시된 정보를 옮겨 쓰는 수준은 넘었지만, 문제를 제대로 이해하지 못함 -문제를 제대로 이해하지 못하여 부적절한 개념을 활용함 -문제에 제시된 정보가 부적절하게 활용되거나 문제해결과 상관없음 -백지 또는 오답 이외에 아무 것도 없는 경우	-하위 목표 달성을 위한 시도는 하였으나, 정답을 유도할 만한 접근 방법을 택하지 못하여 답이 틀림 -백지 또는 오답 이외에 아무 것도 없는 경우 -문제해결을 전혀 시도하지 못함	-문제해결에 중요한 부분을 빠뜨려서 문제해결과정에 대한 설명이 불완전하거나 명료하지 않아, 문제해결과정을 이해하기 어려움 -문제해결과정에 사용된 수학적 용어, 기호 등의 표현이 부정확하여 문제해결과정을 이해하기 어려움 -문제해결과정에 대한 설명이 전혀 없거나, 문제해결과 관련되지 않음

3) 서술형 평가문항 및 평가기준의 신뢰도

개발된 서술형 평가문항의 신뢰도를 검증하기 위하여, 문항내적 일관성 신뢰도 Cronbach α 계수를 산출하였다. 본 연구에서 Cronbach α 계수는 본 연구에서 개발, 적용한 평가문항을 채점할 때, 각 채점자가 24개의 문항 즉 8개의 단원에 대해 얼마나 일관성을 가지고 채점을 하였는가를 나타낸다. 각 채점자별 문항내적 일관성 신뢰도는 .788~.932사이로 대체적으로 높게 나타났다.

내적일관성이 확보된 채점자간의 신뢰도를 알아보기 위해 각 문항별로 Pearson의 단순적률상관계수를 산출하였다. 여기서 상관계수가 높다는 것은 채점자들 간의 일관성이 높다는 것을 의미하며, 결론적으로 240개의 학생 응답에 대한 3명의 채점자들이 동일한 채점기준을 사용하였음을 의미한다. 본 연구에서 문항별 채점자간의 신뢰도는 .920~.968로 매우 높게 나타났다.

<표 5> 채점자간 신뢰도

	채점자 1	채점자 2	채점자 3
채점자 1	1.000	.920**	.968**
채점자 2	.920**	1.000	.924**
채점자 3	.968**	.924**	1.000

** p<.001

2. 개발된 서술형 평가문항 및 평가기준의 적용

개발된 서술형 평가를 2007년 2학기 동안 서울시내 2개 공립학교 총 2개 학급에서 실시하였다. 평가는 각 단원의 수업이 끝난 후 단원평가의 형식으로 진행하였다. 평가문항은 <6-나> 단계의 1단원부터 8단원의 수학적 내용을 중심으로 각 단원별 3문항씩 총 24문항으로서, 모든 문항은 각 단원의 주요한 수학적 개념과 그것을 다양한 문제해결 방법과 전략에 적용하여 문제를 해결할 수 있도록 하였고, 이러한 해결과정을 적절한 수학적 용어를 충분히 사용하여 서술할 수 있도록 구성하였다. 그리고 서술형 평가기준의 적용은 서술형 평가문항을 실제 적용하여 수집된 총 240개의 응답지를 전문가 집단이 실제 평가함으로써 이루어졌다.

<표 6> 각 문항별·평가준거별 평가결과

단원명	개발 문항	문제이해 (2점)	문제해결과정 (6점)	의사소통과정 (2점)	총점 (10점)	표준편차
1. 분수의 나눗셈	1-1	0.89	2.71	0.86	4.46	4.32
	1-2	1.41	3.46	1.11	5.98	3.54
	1-3	1.35	3.71	1.23	6.29	3.68
2. 입체도형	2-1	1.66	4.04	0.83	6.53	1.55
	2-2	1.48	3.46	0.99	5.93	3.34
	2-3	1.79	4.98	1.47	8.24	2.56
3. 소수의 나눗셈	3-1	1.80	4.60	1.45	7.85	2.48
	3-2	1.14	2.86	0.90	4.90	3.36
	3-3	1.71	4.24	1.25	7.20	2.67
4. 원과 원기둥	4-1	1.23	3.14	0.95	5.32	3.86
	4-2	1.19	3.31	1.12	5.62	3.66
	4-3	1.52	4.12	1.29	6.93	3.25
5. 분수와 소수의 혼합계산	5-1	1.19	2.43	0.81	4.43	3.17
	5-2	1.11	2.43	0.90	4.44	3.47
	5-3	1.13	2.26	0.89	4.29	3.21
6. 경우의 수	6-1	1.21	3.10	0.95	5.26	3.99
	6-2	1.04	2.38	0.88	4.30	3.35
	6-3	1.83	5.45	1.85	9.13	2.67
7. 연비	7-1	0.97	2.19	0.81	3.97	3.70
	7-2	0.94	2.00	0.50	3.44	3.05
	7-3	1.25	3.25	1.01	5.51	3.65
8. 문제 푸는 방법 찾기	8-1	0.98	2.67	0.70	4.34	3.69
	8-2	0.89	2.04	0.66	3.58	2.98
	8-3	0.43	1.00	0.24	1.67	2.66
총 문항 수	24	1.32	3.37	1.06		

1) 단원별 평가결과

본 연구에서 개발된 서술형 평가문항을 실제 적용하여 수집된 총 240개의 응답지를 개발된 평가기준표를 이용하여 3명의 전문가 집단이 평가하였다. 그 결과를 문항별·평가준거별로 평균점수와 표준편차를 이용하여 정리하면 다음 <표 6>과 같다.

평가문항을 개발할 때 문항의 난이도를 다양하게 구성하였기에 평가결과로 나온 문항의 전체 총점은 1.67점에서 9.13점까지 고르게 분포되어 있다. 각 평가준거별 결과를 비교해 보면, 문제이해 영역에서는 2점 만점에 1.83이 가장 높은 점수이고 0.43이 가장 낮은 점수이다. 문제해결영역에서는 6점 만점에 5.45의 가장 높은 점수에서 1.00의 가장 낮은 점수 사이에 고루 분포되어 있다. 의사소통 영역에서는 2점 만점에 1.85가 가장 높은 점수이고 0.24가 가장 낮은 점수이다. 종합적으로 문제이해 영역에서는 2점 만점에 1.26, 문제해결영역에서는 6점 만점에 3.16, 의사소통 영역은 2점 만점에 0.99로 나타났다. 특히 의사소통능력의 점수가 다른 영역에 비해 현저히 떨어지는데 이는 우리나라 6학년 학생들은 수학 평가에서 객관식 문제나 단답식 문제를 많이 접함으로써 단 하나의 정답을 고르는 수학 문제나 간단한 식과 답을 구하는 문제에는 익숙해 있지만, 스스로 사고하고 자신의 문제 해결 과정을 논리적으로 서술하는 능력은 상위권의 학생을 제외하고는 아주 미흡하다고 할 수 있다.

2) 평가기준의 각 영역별 결과

(1) 문제이해 영역 결과

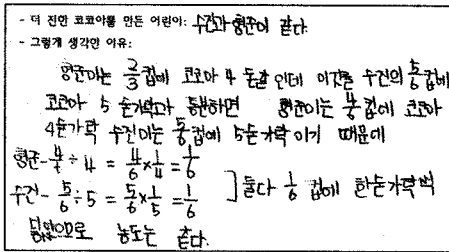
문제이해 영역은 문제에서 요구하는 수학적 개념이 무엇인가를 이해하는 것과 문제를 해결하기 위하여 문제에 제시된 정보를 어떻게 이해하고 활용하는가를 평가하고 있다. 예를 들어, 분수의 나눗셈에 대하여 다루고 있는 1단원-1번 문항의 경우는 다음과 같다.

1. 형준이와 수진이는 코코아를 만들었습니다. 형준이는 $\frac{2}{3}$ 컵의 우유에 코코아 가루 4숟가락을 탔고, 수진이는 $\frac{5}{6}$ 컵의 우유에 코코아 가루 5숟가락을 탔습니다. 두 어린이는 똑같은 컵을 사용하였습니다. 어느 친구의 코코아가 더 진할까요? 그렇게 생각한 이유도 적어보세요.

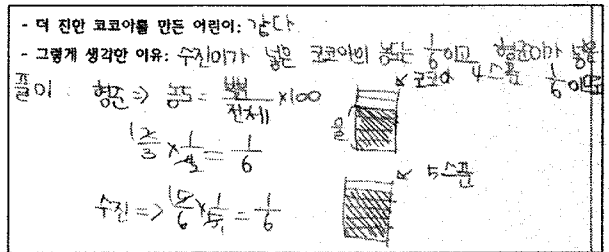
- 더 진한 코코아를 만든 어린이:
 - 그렇게 생각한 이유:

[그림 4] 1단원-1번 문항

이 문제의 문제이해 영역에 대하여 2점 만점을 받은 학생들의 답안의 대표적인 예는 다음 [그림 5], [그림 6]과 같다.



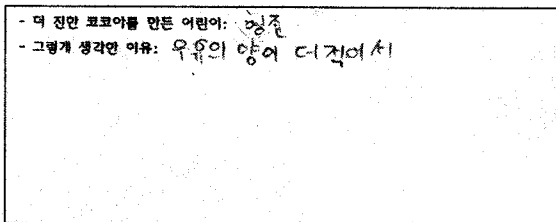
[그림 5] 1단원-1번 (문제이해 2/2점)



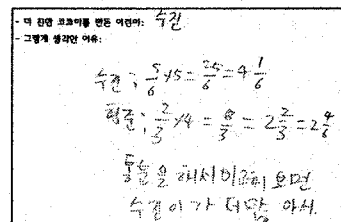
[그림 6] 1단원-1번 (문제이해 2/2점)

[그림 5]의 학생은 ‘농도’라는 개념을 직접적으로 언급하지는 않았지만, 기준량(우유의 양)을 동일하게 하여 그 기준량 안에 들어있는 코코아의 양을 고려하여 문제를 해결하였다. 따라서 이 학생의 경우 코코아의 진하기를 묻는 문제의 의도를 정확히 이해하고 문제에 제시된 정보를 적절히 활용하였다고 볼 수 있다. [그림 6]의 학생은 ‘농도’라는 개념을 활용하여 문제를 해결하였다. 그 과정에서 농도를 구하는 과정을 정확히 이해하고, 숫자를 적절하게 대입하였으므로 문제를 정확히 이해했다고 볼 수 있다. 즉, 문제와 관련된 수학적 개념을 완전하게 이해하고 문제해결을 위하여 그 개념을 활용하였으므로 문제이해 영역에서 만점을 받았다.

반면, 문제이해 영역에서 점수를 얻지 못한 학생들의 답의 대표적인 예는 다음 [그림 7], [그림 8]와 같다. [그림 7]의 학생은 우유의 양만을 단순 비교함으로써, 코코아의 진하기를 묻는 문제 이해에 도달하지 못한 것으로 볼 수 있다. 즉 이 학생은 문제에 제시된 정보를 부적절하게 활용하였으므로 이 학생에게는 문제해결 영역에서 0점을 부여하였다. 또한 [그림 8]의 학생은 우유의 양과 코코아의 양을 곱하여 무조건 통분하여 결과를 구하였다. 이는 문제에서 요구하는 개념에 대하여 충분히 이해하지 못하고 문제에 제시된 숫자만을 활용하여 습관적으로 계산한 것으로 보인다. 따라서 이 어린이는 문제에 대한 불완전한 이해를 바탕으로 문제의 요구에 따라 정보를 제대로 활용하지 않았기 때문에 문제해결 영역에서 1점을 부여하였다.



[그림 7] 1단원-1번 (문제이해 0/2점)



[그림 8] 1단원-1 (문제이해 0/2점)

(2) 문제해결과정 영역 결과

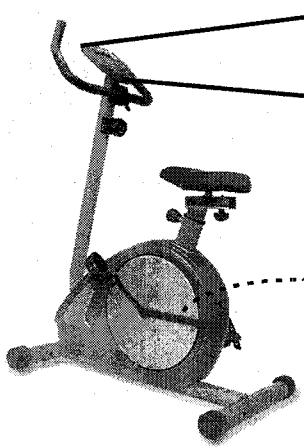
문제해결과정 영역은 문제 해결 전략을 세워 그 전략을 정확히 실행하는 것과 전략 수행 후 문제에서 요구하는 것에 맞게 답을 기술하거나 해석하는 정도를 평가하고 있다. 예를 들

어, 원과 원기둥에 대하여 다루고 있는 4단원-1번 문항의 경우는 다음과 같다.

1. 미진이는 매일 동네 약수터에서 사이클 운동을 합니다. 매일 운동시간과 운동한 거리를 기록해왔는데, 오늘따라 사이클의 액정판에서 '총운동거리'가 보이지 않습니다. 다음은 미진이가 탄 사이클에 대한 정보와 현재 액정판에 나와 있는 정보입니다. 미진이가 알고 있는 정보들로 오늘 미진이가 운동한 거리를 구할 수 있는지, 구할 수 있다면 운동한 거리는 몇 m인지 구해 보시오.

총 운동시간: 35분
바퀴회전수: 108회
총 운동거리: ??

<사이클 액정판에 나와있는 정보>



사이클 바퀴의 반지름: 50cm

[그림 9] 4단원-1번 문항

이 문제의 문제해결 영역에 대하여 6점 만점을 받은 학생들의 답안의 대표적인 예는 다음 [그림 10]과 같다. 이 문항에서 총 운동시간은 문제를 해결하는 데 필요가 없는 정보이다. 따라서 이 문제를 올바르게 해결하기 위해서는 필요한 정보를 선택하는 능력이 먼저 요구된다. [그림 10]의 학생의 경우, 필요한 정보를 선택하여 원의 둘레를 구하는 공식에 적절히 대입하여 올바른 문제해결전략을 세우고 있다. 또한 반지름은 cm로 제시하였지만, 답에서는 총 운동거리를 m 단위로 구할 것을 요구하고 있다. 따라서 답을 제시할 때 33912cm를 m로 환산하여 339.12m라고 올바르게 제시하여야 한다. [그림 10]의 학생의 경우 문제에서 요구하는 조건에 따라 'm'단위로 답을 환산하여 제시하였다. 즉, 올바른 전략을 세우고 그 전략을 실행하는 과정에서 계산상의 오차나 오류가 없다.

이 문항의 문제해결과정에서 학생들이 보인 어려움은 다음과 같다. 첫째, 원의 둘레를 구하는 데 있어 잘못된 공식을 적용한 경우이다. 원의 둘레를 구하는 공식은 (반지름 × 2 × 3.14)인데 [그림 11]의 학생은 이를 잘못하여 (반지름 × 3.14)로 계산하였다. 이 학생과 같은 경우 공식을 이해하지 않고 그대로 암기 했을 것이다. 스스로의 이해에 도달하지 못하고 암기만 한 경우 이와 같은 오류를 자주 나타내게 될 것이다. 따라서 서술형 평가를 통하여 이러한 오류를 찾아내고, 스스로의 이해에 따라 공식을 기억하도록 지도해야 할 것이다. 이 학생은 평가기준표에서 '전략의 이행이 명확하지 않음'에 해당하므로 2점을 부여하였다.

문제과정: 원주, 총운동거리

$$50 \times 2 \times 3.14 \times 108 = 100 \times 3.14 \times 108 = 314 \times 108$$

$$\begin{array}{r} 314 \\ \times 108 \\ \hline 2512 \\ 3140 \\ \hline 33912 \end{array}$$

답: 339.12m

[그림 10] 4단원-1번 (문제해결과정 6/6점)

둘째, 앞에서 언급하였듯이 문제에서 요구하는 조건을 명확히 이해하지 못하고 단위를 잘못 제시한 경우이다. 문제의 조건에서 반지름은 cm로 제시하였지만, 답에서는 총 운동거리를 m 단위로 구할 것을 요구하고 있다. 하지만 [그림 12]의 학생은 답을 제시할 때 33912의 답에 m 단위를 그대로 붙여 33912m라고 제시하였다. 이 학생은 문제의 지시와 다르게 단위를 잘못 이해하였기 때문에 평가기준표에 의하여 4점을 부여하였다.

사이클 바퀴의 반지름: 50cm

$$50 \times 3.14 \times 108 = 16956$$

답: 5700

[그림 11] 4단원-1번 (문제해결과정 2/6점)

문제과정: 원주

$$100 \times 3.14 = 314 \times 108$$

$$\begin{array}{r} 314 \\ \times 108 \\ \hline 2512 \\ 3140 \\ \hline 33912 \end{array}$$

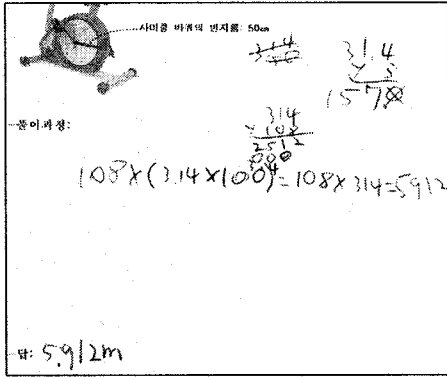
답: 339.12m

[그림 12] 4단원-1번 (문제해결과정 4/6점)

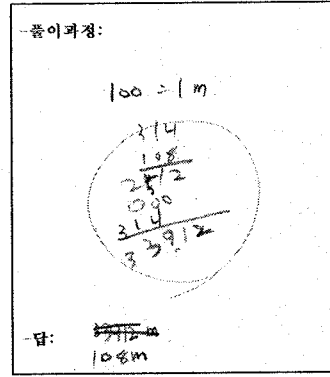
셋째, [그림 13]의 학생은 올바른 전략에 따라 적절한 식을 세웠지만 계산을 하는 과정에서 오류를 보인 경우이다. 이 학생의 경우 곱셈 과정에서 자리수를 맞추지 못하여 실수를 한 경우에 해당한다. 이 학생은 적절한 전략을 이용하였으나, 계산상의 오차가 있었기 때문에 평가기준에 따라 4점을 부여하였다.

마지막으로 옮겨 쓰는 과정에서 실수를 한 경우이다. 아래 [그림 14]의 학생의 경우, 세로셈 식으로 올바르게 계산하여 올바른 답을 도출하였으나 답을 적는 칸에는 108m라는 잘못된 답을 적었다. 이 학생의 경우 문제 해결 과정에 대하여 자신이 없었던 것으로 볼 수 있다. 그래서 올바르게 계산하였음에도 불구하고, '108회'라고 문제에서 주어진 정보와 혼동을 일으켜 잘못된 답을 도출한 것으로 볼 수 있다. 이 학생은 적절한 전략을 이용하였으나,

옮겨 쓰기에 오차가 있었기 때문에 평가기준에 따라 4점을 부여하였다.



[그림 13] 4단원-1번 (문제해결과정 4/6점)



[그림 14] 4단원-1번 (문제해결과정 4/6점)

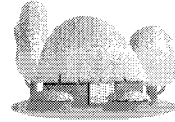
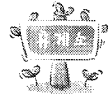
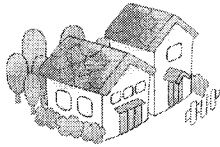
이처럼 서술형 평가를 통하여서 학생들의 학업 성취를 평가할 경우, 문제에 대한 정, 오 판단뿐만 아니라 학생들이 문제를 왜 틀렸는지, 어떤 과정을 통하여 오답을 도출하였는지를 유추하여 파악할 수 있으므로 차후 학생들의 지도에 도움이 되는 더 많은 정보를 얻을 수 있으므로 더 효과적인 지도가 일어날 수 있을 것이다.

(3) 의사소통 영역 결과

의사소통 영역에서는 풀이과정에 드러난 수학적 내용과 아이디어, 기호 등의 표현이 정확 혹은 명확하거나 세련된 정도와 문제해결과정의 설명이 충분한가의 정도를 평가하고 있다. 예를 들어 분수와 소수의 혼합계산을 다루고 있는 5단원-1번 문항은 다음과 같다. 흔히 볼 수 있는 계산 문제이지만 실생활과 관련된 상황 속에서 휘발유의 양, 요금, 부피의 정도를 나타내는 분수 등 복합적인 조건들을 이해하여 해결해 나가야 한다.

이 문제의 의사소통 영역에 대하여 2점 만점을 받은 학생들의 답안의 대표적인 예는 다음 [그림 16]과 같다. 문제가 한 번의 계산으로 해결되는 것이 아니라 여러 가지 과정을 차례대로 거쳐나가야 하는데 이를 서술형으로 자세하게 설명하고 있다. 문제에 대한 정확한 이해와 주어진 정보를 이용한 문제해결과정을 논리적으로 전개해나가고 있는 것이다. 문제해결 과정에 사용된 수학적 용어, 기호 등의 표현이 정확하고 문제해결의 모든 단계나 과정을 추론할 필요가 없을 정도로 문제해결과정을 명확하고 논리적으로 설명하고 있다'라는 평가기준표의 2점 만점에 해당한다.

1. 아버지께서는 할머니 댁에 갈 때 자동차에 휘발유를 가득 채웁니다. 휘발유는 1L에 1620원이고, 차에 가득 채우면 64800원이 듭니다. 고속도로로 할머니 집에 가는 길은 다음과 같습니다.



집에서 휴게소까지 가면 휘발유가 $\frac{3}{5}$ 이 사용됩니다. 휴게소에서 할머니 댁까지는 휘발유가 12L 사용됩니다. 할머니 댁에 갈 때까지 총 사용되는 휘발유의 비용을 계산해보시오.

[그림 15] 5단원-1번 문항

주요과정:
 1) 휘발유비용의 양을 구한다. 1L에 1620원이므로
 $64800 \div 1620 = 40$ 가득채웠을 때 40L이다
 휴게소까지 가면 $\frac{3}{5}$ 를 = 24L 나머지는 16L가
 된다. 할머니네까지 가면 4L가 남는다
 총 36L가 들기 때문에 $36 \times 1620 = 58320$
 58320L가 된다
 2) 4L까지 남았다면, 총휘발유 $\times 1620 - 36 \times 1620$
 $40 \times 1620 - 4 \times 1620 = 64800 - 6480$
 $= 58320$
 # 58320L

[그림 16] 5단원-1번 (의사소통 2/2점)

의사소통 영역에서 1점을 맞은 학생의 경우 문제에 대한 해결과정을 알고는 있지만 이를 논리적이고 명확하게 표현하지 못했거나 문제해결과정에 사용된 수학적 용어나 단위, 기호 등의 표현이 부정확한 경우가 많았다. 또 대개의 경우 답을 도출해 문제를 해결해나가는 과정을 연결되지 않은 단문으로 표현하였고([그림 17] 참조), 식은 적지 않고 바로 곱셈, 나눗셈 등의 계산식만을 나열해 놓는 경우가 많았다([그림 18] 참조). 문제해결과정에 대한 설명에 부분적으로 논리적인 비약이 나타나고 수학적 기호, 용어 등의 표현이 이해하기가 불분명하므로 평가기준에 의해 1점을 받았다. 문제를 이해하고 올바르게 해결하는 방법을 알고

평가의 현장 적용 가능성을 높이고자 하였다.

수학과 서술형 평가문항 개발을 위하여 우리나라 제7차 교육과정의 구성 특징과 NCTM 구성 특징을 분석하고, 초등학교 <6-나> 단계 수학, 수학익힘책 교과서를 분석하였다. 또한 기존에 개발되어있는 서술형 평가문항과 관련 연구들을 분석하여, 예비 서술형 평가문항을 각 단원별로 3~6문제씩 총 30문항을 개발하였다. 개발된 문항을 초등수학전문가 2명에게 내용타당도를 검증받은 후 수정·보완된 총 24문항으로 예비검사를 실시하였다. 예비검사를 실시하여 수정·보완이 필요한 문항들을 보완한 후 본 검사를 실시하였다. 서술형 평가기준 개발을 위해, 선행연구(김민경, 조미경, 2006)를 참조하여, 문제이해, 문제해결과정, 의사소통의 3가지 영역으로 평가기준을 설정하였다. 그리고 각 평가준거마다 척도별 수준과 특징을 설정하고 예시답안을 제시하여, 실제적이고 분석적인 평가가 이루어질 수 있도록 하였다.

본 연구에서는 초등수학 <6-나> 단계 전 영역에서 총 30개의 서술형 문항을 개발하고, 평가기준을 개발하여 현장에 적용한 결과, 서술형 평가의 현장 적용과 관련하여 다음과 같이 시사점을 얻었다.

첫째, 본 연구에서 제시한 평가기준은 실제 문항을 현장에 적용한 결과를 바탕으로 개발된 것으로서, 문항별로 가능한 답안을 다양하게 제시하여 실제 현장에서 용이하게 사용할 수 있도록 구체적인 예시 평가기준과 함께 제시되었다. 따라서 평가자의 주관이 개입되어 평가의 객관성이 보장되기 어렵다는 교사들의 서술형 평가의 문제점 지적에 대한 개선 방안으로 제안할 수 있다. 현장 교사들이 서술형 평가가 시행할 때에도, 교사의 주관적 개입을 최대한 배제하도록 동료 교사들과 함께 구체적인 평가기준표를 작성하는 것을 제안한다.

둘째, 본 연구에서는 답이 틀리면 과정이 옳더라도 전혀 점수를 받을 수 없었던 기존의 객관식 평가의 문제점을 개선하고자 채점기준을 문제이해, 문제해결과정, 의사소통의 3가지 영역으로 다음과 같이 다원화하였다. 첫째, 문제이해 영역에서는 문제 속에 내포된 수학적 개념을 이해하는 정도와 문제를 해결하기 위해 문제에 제시된 정보를 이해하고 필요한 정보와 그렇지 않은 정보를 구분하여 활용하는 정도를 측정하였다. 둘째, 문제해결과정 영역에서는 문제해결 전략을 세워 실행하는 정도의 정확성과 전략 수행 후, 문제 상황에 맞게 답을 기술하거나 해석하는 정도를 중심으로 평가가 이루어졌다. 셋째, 의사소통 영역에서는 풀이 과정에 드러난 수학적 내용과 아이디어, 기호 등의 표현이 정확 혹은 명확하거나 세련된 정도를 평가하였다. 따라서 이러한 분석준거에 의하여 채점된 결과, 계산 과정의 실수로 인하여 문제해결과정 영역에서는 만점을 받지 못한 학생이더라도 자신의 생각을 논리적으로 설명하였을 경우 의사소통 영역에서는 만점을 받을 수 있었다. 또한 마찬가지로 문제해결과정에서 부족함이 있었다라도 문제에서 의도하는 바를 충분히 이해하고 문제에서 제시하는 정보를 올바르게 활용한 경우 문제이해 영역에서는 만점을 받는 경우도 있었다. 최근 수학과에서 강조되고 있는 평가의 방향은 과정 중심의 평가이다. 따라서 답의 정·오만을 판단하는 평가를 지양하고 서술형 평가와 같이 문제해결 과정과 사고력 또한 측정할 수 있는 평가를 지향해야 하며, 본 연구 결과는 서술형 평가의 현장 적용 가능성에 대한 기대를 제공하였다.

셋째, 각 영역별로 학생들이 받은 점수를 분석한 결과, 문제이해 영역과 문제해결과정 영역의 점수에 비하여 의사소통 영역의 점수가 낮음을 알 수 있었다. 이는 객관식 문항과 단답형 문항을 주로 접하여 본 학생들이 그 문항을 풀이하는 절차를 알고 있더라도 그것을 논리적으로 설명하여 상대방에게 이해시킬 수 있는 능력은 부족하다고 보여진다. 하지만 7차 수학과 개정 교육과정에서는 수학적 지식과 기능을 습득하고 수학적으로 사고하고 의사소통

하는 능력을 길러, 여러 가지 현상과 문제를 수학적으로 고찰하고 합리적으로 해결하는 능력을 기르며, 수학에 대한 긍정적 태도를 기르는 것을 목표로 제시하고 있다. 즉, 7차 개정 교육과정은 제7차 수학과 교육과정(교육부, 1997)이나 NCTM(1989; 2000)과 마찬가지로 수학적으로 사고하고 의사소통하는 능력을 중요한 요소로 강조하고 있는 것을 볼 수 있다. 따라서 평가과제는 수행결과를 전달할 수 있는지에 주안점을 둘 필요가 있겠다. 수학의 개념, 원리 절차를 이해하고, 이를 바탕으로 수학적 논리를 전개하며 표현 가능한 평가문항의 개발이 중요하다.

넷째, 서술형 평가에서 문제해결과정 전반을 다각도로 평가함으로써 선다형 평가에만 익숙한 학생들의 평가에 대한 인식을 바꿀 수가 있었으며, 이러한 결과는 더 나아가 수학 전반에 대한 학생들의 태도에 변화를 가져올 수 있으리라 기대된다. 7차 개정 교육과정에서는 학생 개인뿐만 아니라 우리나라의 국가 경쟁력 강화를 위해 학생들이 수학 학습에 관심과 흥미를 갖게 하고, 수학 학습에 자신감을 갖도록 하는 등 수학에 대한 정의적 태도를 개선하도록 하는 것을 개정의 중점으로 삼고 있다. 그런데 학생들에 대한 평가가 객관식 평가나 단답형 평가로만 이루어질 경우, 학생들은 계산 과정에서 실수를 할 것에 대한 두려움, 그리고 오답을 낼 것에 대한 두려움 등을 느껴 수학 문제 해결 자체에 대한 두려움을 느끼게 되며 부담을 느끼게 된다. 하지만 문제해결과정 전반을 평가하는 서술형 평가가 이루어질 경우, 학습자들은 오답에 대한 부담을 느끼지 않게 되며 다양하게 사고하는 연습을 함으로써 학습자의 정답 제시에 대한 부담을 덜 수 있을 것이라 제안하는 바이다.

마지막으로 서술형 평가 실시 후 문제해결 결과를 평가한 결과 학습자의 개념, 원리의 이해 정도에 대한 많은 정보를 얻을 수 있었으며, 이는 학교수학에서 평가를 통해 학습자에 대한 정보를 수집할 수 있다는 연구보고서(AEC, 2006)의 주장과도 일치하는 것이다. 답의 정·오 뿐만 아니라, 문제해결과정에서 학습자의 어려움을 분석하여 단순히 옮겨 쓰기 과정이나 계산상의 실수인지 아니면 근본적인 개념이나 원리, 법칙에 대한 지식을 잘못 가지고 있는지, 이해하지 않고 암기만 하여 공식 등을 잘못 적용하였는지 등의 미시적인 접근을 할 수 있었다. 이러한 과정에 따라 얻어진 학습자들에 대한 정보를 바탕으로 개별 학습자에 맞는 지도가 가능할 것이다. 본 연구에서 개발된 초등수학 <6-나> 단계의 서술형 평가문항 24문제와 각 문항별로 개발된 상세한 평가기준표가 서술형 평가를 실시하려는 현장 교사들에게 유용한 자료가 되기를 기대해 본다.

참고문헌

- 강옥기 (1991). 수학과 의 평가방법. 서울: 교학사.
- 고지연 (1999). 수학과 수행 평가에 대한 초등학교 교사들의 인식 및 실시 현황. 이화여자 대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 교육과학기술부 (2008). 초등학교 교육과정 해설(IV)-수학, 과학, 실과. 서울: 교육인적자원부.
- 교육인적자원부 (1998). 초등학교 교육과정 해설(IV)-수학, 과학, 실과. 서울: 교육인적자원부.
- 김경희 (2000). 수행평가의 타당도 검증을 위한 측정학적 접근. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문.

초등학교 6학년 수학과 서술형 평가의 자료개발 연구

- 김민경, 조미경 (2006). 수학과 수행평가문항 및 분석기준 개발 연구. 수학교육, 45(1), 1-24.
- 김삼태 (2007). 수학과 수행평가에 관한 중·고등학교 수학교사들의 인식 분석. 전남대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김윤영 (1999). 수학과 수행평가문항 개발에 관한 연구. 수학교육논문집, 8, 115-152.
- 김정호 외 (1999). 제 7 차 교육과정에 따른 성취기준과 평가기준 개발연구 -초등학교 1, 2 학년- (연구보고 RRC 99- 5). 서울: 한국교육과정평가원.
- 남명호, 김성숙, 지은림 (2000). 수행평가: 이해와 적용. 서울: 문음사.
- 류재택 외 (2000). 제7차 교육과정에 따른 초등학교 3학년 성취기준 및 평가기준 개발연구 (연구보고 RRE 2000- 4- 1). 서울: 한국교육과정평가원.
- 박중서, 박해순 (2000). 초등학교 교사들의 수학과 수행평가에 대한 인식. 초등수학교육, 4(2), 151-163.
- 백순근 (1999). 수행평가의 이론과 실천 방안, 춘계학술연구발표회 발표논문
- 백순근 (2000). 수행평가의 원리. 서울: 교육과학사.
- 서수정 (2006). 서술형 평가를 강조한 중학교 수학수업에서 나타난 학생들의 반응과 변화 분석. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 양길석 (2006). 서술형·논술형 평가문항의 제작, 서술형·논술형 평가문항 자료집. 서울특별시 교육청.
- 양승욱 (1999) 수학과 수행평가에 대한 중학교 수학교사들의 인식 및 실시 현황. 명지대학교 대학원 석사학위논문.
- 유경희 (1999). 수행 평가 시행에 대한 초등학교 교사들의 인식조사. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이연주 (2002). 수학과 수행과제 및 평가기준 개발-중학교 2학년 '수와 식' 단원을 중심으로. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이종윤 (2002). 수행평가에 대한 중학교 교사· 학생· 학부모의 인식 연구. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 전신애 (2007). 수학과 수행평가에서의 서술형 문항 개발-9-가 과정을 중심으로. 경성대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 조미경 (2007). 서술형 수행평가문항 및 평가기준 개발 연구. 학교수학, 46(2), 207-226.
- 최승현, 박경미 (1999). 중등학교 수학교과에서의 수행평가. 수학교육논문집, 8, 415-433.
- 최승현, 한경혜, 황혜정 (2001). (제7차 교육과정에 따른) 초등학교 수학과 성취기준과 평가기준 예시평가도구 개발 연구. 서울: 한국교육과정평가원
- 한귀원 (2006). 서술형 평가에 대한 중·고등학교 수학교사의 인식. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 황우형, 김명화, 남현우, 김차경 (2001). 수학과 수행평가 도구 개발 및 타당화 연구. 초등교육연구, 14(3), 45-66.
- Alberta Education of Canada (2006). Effective student assessment and evaluation in the classroom: Knowledge and skills and attributes. Edmonton, Alberta, Canada: Author. Retrieved from <http://www.teachingquality.ab.ca/resources/>
- Bell, M & Isaacs, A. (2007). The case of Every Mathematics. In C. R. Hirsch (ed.), Perspectives on the design and development of school mathematics curricula,

Reston, VA: NCTM.

Charles, R., Lester, F., O'Daffer, P. (1987). How to evaluate progress in problem solving. Reston, VA: NCTM.

Haertel, E. (1992). Performance measurement. In M. C. Alkin (Ed), Encyclopedia of educational research, pp.954-988.

Herman, J. L., Aschbacher, P. R., & Winters L. (1992) A practical guide to alternative assessment. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

National Council of Teachers of Mathematics (1989). Mathematics assessment: Cases and discussion questions for grades K-5. Reston, VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics (1995). Assessment standards for school mathematics. Reston, VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: Author.

Development of Teachers' Resource for Descriptive Evaluation in Grade 6 Mathematics

Kim, Min Kyeong⁷⁾ · Noh, Sunsook⁸⁾ · Kwon, Jum Rye⁹⁾ · Kim, Eugin¹⁰⁾ · Joo, You Ri¹¹⁾

Abstract

The current 2007 Mathematics Curriculum in Korea emphasizes mathematical problem solving, advanced mathematical thinking and effective mathematical communicating. Therefore, in order to assess and evaluate these important thinking attributes, performance evaluation using descriptive and essay type of assessments are emphasized. In this paper, analysis of the elementary mathematics curriculum is used to develop descriptive assessment problems and grading rubrics that could be used objectively and consistently by teachers of the grade 6 school mathematics. The assessment problems were developed, pilot tested, revised, implemented and analyzed in detail to understand the overall effectiveness of the descriptive evaluation method in school mathematics.

Key Words : Descriptive evaluation(assessment), Development of descriptive problems, Development of rubrics, elementary mathematics, grade 6 mathematics

7) Ewha Womans University (mkkim@ewha.ac.kr)

8) Ewha Womans University (noh@ewha.ac.kr)

9) Korea Institute of Curriculum and Evaluation (kwonjr@kice.re.k)

10) Dongsan Elementary School (yoyo0818@hanmail.net)

11) Ewha Womans University Graduate School (etoile83@empal.com)