

국가수준의 수학과 교육성취도 평가 연구의 개관

황 혜 정 (한국교육과정평가원)

최 승 현 (한국교육과정평가원)

I. 연구의 목적 및 내용

국가수준 교육성취도 평가는 우리 나라 교육의 질을 체계적이고 과학적으로 관리한다는 차원에서 초·중·고 학교 교육의 성과로서 학생의 교육성취도가 어느 수준에 있는지를 점검하고 이에 대한 정보를 구축하는 작업이라고 할 수 있다.¹⁾ 한국교육과정평가원에서는 국가수준 교육성취도 평가의 중요성을 인식하고 이를 주기적으로 실시하기 위하여 기본 계획을 세워 순차적으로 장기간 진행할 예정이다. 본원에서는 지난 10여년간 국립교육평가원에서 일년 주기의 빠듯한 일정 속에서 실시하여 왔던 국가수준 학업성취도 평가(1986~1997)를 2년 주기로 늘려, 첫 해는 평가를 위한 기초 연구 및 준비 기간으로, 이듬해는 평가의 시행 기간으로 정하였다. 이 계획에 따라, 금년(1999년)에는 수학 및 사회 과목을 중심으로 평가틀과 성취기준을 마련하여 이를 토대로 예비 문항을 개발하고, 교육성취도에 영향을 주는 예비 배경변인 조사도구를 개발하여 이를 현장 적용해 보는 것에 초점을 두었다. 내년에는 이를 토대로 본 검사지를 구성한 후 검사를 시행하고 그 결과를 분석 및 보고할 예정이다. <표 1, 2 참조>

궁극적으로, 국가수준 교육성취도 평가에서 추구하는 주요 목적은 다음과 같다.

- 국가수준에서 교육성취도를 파악한다.
- 시간에 따른 국가수준 교육성취도의 추이를 파악한다.
- 질 높은 양질의 문항 및 평가 기법을 개발하여 활용함으로써 일선 학교의 평가 및 교수 학습 방법을 선도한다.

1) 여기서, '교육성취도'란 학교교육을 통해 학생들이 습득할 것으로 기대되는 모든 것에 대하여 그들이 성취한 정도를 의미한다.

- 교육성취도에 영향을 주는 주요 교육체제 배경 변인과의 인과적 관계를 분석하여 교육 정책, 장학지도, 교수학습 개선 등 교육의 질 관리에 유용한 자료를 제공한다.

〈표 1〉 수학과 교육성취도 평가 2개년 계획

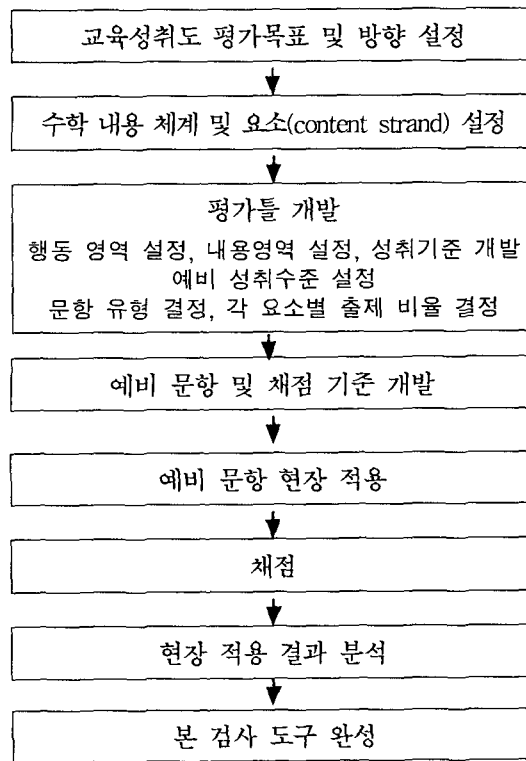
년도	시기 구분	수학 평가	배경변인 조사도구
1999	평가 준비 및 개선기	<ul style="list-style-type: none"> · 평가틀 개발 · 성취기준 개발 · 예비 문항 개발 · 현장 적용 · 현장적용 결과의 기초 분석 	<ul style="list-style-type: none"> · 예비 조사도구 개발 · 현장적용 실시 · 현장적용 결과 기초 분석
2000	평가 시행기	<ul style="list-style-type: none"> · 현장적용 결과의 심층 분석 · 현장적용 분석 결과를 반영한 예비 문항 보완 및 수정 · 본검사용 검사지 구성 · 본검사 실시 · 결과 분석 및 보고 	<ul style="list-style-type: none"> · 현장적용 결과의 심층분석 · 예비 조사도구 보완 및 수정 · 본검사용 조사도구 개발 · 배경변인 분석의 가설 수립 · 본검사 실시 · 결과 분석 및 보고

〈표 2〉 수학과 교육성취도 평가의 대상 및 내용 범위(1999년 예비검사 기준)

평가 대상	평가 내용의 범위	문항 수		문항 유형	평가 시기	표집 대상
		검사지 (가)	검사지 (나)			
초등학교 6학년	1-가 단계 ~ 6-가 단계	30문항	30문항	선택형 단답형 서술형	9월	학교급 별 900명 내외
		일부 문항 공통				
중학교 3학년	6-나 단계 ~ 9-가 단계	25문항 (초등학교 검사지에서 5문항 별도 추가)	25문항 (초등학교 검사지에서 5문항 별도 추가)			
		일부 문항 공통				
고등학교 2학년	9-나 단계 ~ 10-나 단계	25문항 (중학교 검사지에서 5문항 별도 추가)	25문항 (중학교 검사지에서 5문항 별도 추가)			
		일부 문항 공통				

II. 국가수준 교육성취도 평가도구 개발

국가수준의 교육성취도 평가를 위한 평가도구의 개발 절차는 다음 <그림 1>과 같다. <각 단계별의 상세한 절차 내용은 본원에서 발행 예정인 보고서(김명숙 외, 1999)참조; 이하 '1999년 보고서'라 칭함>



<그림 1> 교육성취도 평가도구 개발 절차

위의 그림에서 첫 번째 단계의 해당 내용은 다음 <표 3>과 같으며, 두 번째 단계인 수학 내용 체계 및 요소(content strand)의 개발 및 선정은 본 연구에서 이행하지 못하였다. <이 부분과 관련하여서는 IV. 제언 참조> 또, 현장 적용 결과 분석 내용은 본 검사 시행 때까지는 공개할 수 없으므로 본 고에 제시하지 못하였으며, 본 검사 도구 완성은 내년에 이뤄질 예정이다. 따라서, 본 고에서는 평가틀, 예비 문항 및 채점 기준 개발 절차 및 내용, 채점에 관한 사항 등을 중점적으로 소개하고자 한다.

〈표 3〉 수학과 교육성취도 평가의 목표 및 방향

-
- 선발을 위한 교육관보다는 교수 개선, 학습 처치 등의 발달적 교육관에 입각하여 평가를 실시한다.
 - 수학의 기본 기능 및 지식을 갖추고, 이를 토대로 문제 해결 능력이 함양되었는지를 파악한다.
 - 평가 상황에서 문제의 풀이 과정 및 풀이 방법을 강조하여 다룬다. 특히 현실상황에 가까운 문제 상황에서 문제 해결을 하도록 평가상황을 제시함으로써 실제 생활에서의 수학적 사고와 문제 해결력을 강조한다.
 - 문제 해결 상황에서 자신의 사고를 표현할 수 있는 의사소통 능력과 사고력을 중시한다.
 - 각도기, 계산기 등과 같은 교구를 사용하여 수학적 문제 해결에 이용할 수 있는 능력의 평가도 포함한다.
 - 선택형만이 아니라 문제해결 과정이나 그러한 해결과정을 택한 이유를 설명해 보일 수 있는 서술형, 논술형 등의 문항 유형도 활용하도록 한다.
 - 서술형 및 논술형 문항의 채점 과정에서 문제해결 과정의 오류유형과 문제해결 전략도 코드화 하여 학생이 주로 겪게 되는 오류 유형과 문제해결 전략을 파악하여 교수·학습에 환원될 수 있는 정보를 수집한다.
-

1. 수학과 평가들

수학과 교육성취도 평가를 하는데 있어서 수학 교육 목표를 수학 내용과 행동 수준에 맞춰 평가하는 것은 중요하다. 이를 위하여 수학과에 적합한 평가들을²⁾ 마련하는 일이 필요

2) '평가들'이란 평가도구 개발 및 평가의 전 과정에서 평가의 방향과 평가 관련 항목을 선택 또는 결정할 때 판단의 준거가 되는 지침이 된다. 이러한 평가들에는 교육 목표를 분석하여 이를 잘 반영할 수 있도록 설정된 행동 영역과 내용 영역, 성취기준, 성취 정도의 판단에 준거가 되는 성취 수준, 평가에 활용될 문항 유형, 그리고 행동 영역 또는 내용 영역등 각 요소별 문항 출제 비율 등이 포함된다. 이 중에서 성취기준은 평가대상 학생들이 평가영역에서 성취하기로 기대되는 교육목표를 보다 상세하고 구체적으로 진술한 것으로서 대개의 경우 행동과 내용의 결합형태로 진술되어 있다. 또한 성취기준은 진술수준이 비교적 구체적이기 때문에 대개 많은 분량을 차지하며 그 자체로도 중요한 위치를 가지므로, 평가들의 개념을

한데, 이러한 평가들은 일반적으로 형식적인 측면이 강하여 문항 설계자 이외에는 별 관심이 없을 수도 있겠으나, 거시적인 측면에서 볼 때 평가에 관한 보다 체계적이고 포괄적인 구조를 설명할 수 있다는 장점과 더불어 미시적으로는 문항과 내용 및 행동 영역의 적합성을 판정하고 설명하는데 용이하다고 할 수 있다. 이러한 취지에서 본 연구에서는 내용 영역과 행동 영역을 수반하는 ‘평가들’에 관한 문헌 연구를 실시하여 이를 토대로 수학과 교육성취도 평가를 위한 평가들을 인지적 행동 영역과 수학적 가치 및 태도에 관한 정의적 행동 영역으로 나누어 구성하였다.

그러나, 평가들의 삼차원 구조(내용 영역, 인지적 행동 영역, 정의적 행동 영역)는 본 연구를 실제로 진행하는데 있어서 어려움이 따르므로(가령, 평가들을 토대로 성취기준 내용을 서술하는 것), 이를 내용 영역과 인지적 행동 영역으로 구성된 이차원 구조로 재구성하였다. <표 4 참조>³⁾

<표 4> 교육성취도 평가를 위한 수학과 평가들

행동 영역 내용 영역	계산	이해	추론	문제해결	의사소통
수와 연산					
도형					
측정					
확률과 통계					
문자와 식					
규칙성과 함수					

◆ 내용 영역

본 연구에서는 제 7차 교육과정을 토대로, 수와 연산, 도형, 측정, 확률과 통계, 문자와

비교적 협소하게 잡을 경우에는 성취기준을 평가들과 분리해서 지칭하기도 한다. 그러나 성취기준은 평가의 가장 근본적인 기초가 되고 특히 평가도구 개발 과정에서는 매우 중요한 기준이 되므로 평가들의 주요 부분을 차지하고 있음에는 틀림없다.

3) 또한, 교육성취도 연구에서 정의적 영역에 대한 성향 분석은 별도로 설문 조사를 실시하여 분석하였으나, 본 고에서는 지면 관계상 생략함.

식, 규칙성과 함수 영역에 대하여 각각의 내용 요소를 추출하고 수학 내용상에 있어서 유사한 개념이나 성질끼리 통합하여 '내용 영역'을 구성하였다. <표 5 참조, 이외에 초·중·고 학교급별 내용 영역에 관한 표는 '1999년 보고서' 참조>

<표 5> 중학교 '수와 연산'의 내용 영역의 예

	교육과정 '내용 체계' 요소	단계	내용 영역		비 고
수 와 연 산	집합	7-가	집합	7-가	
	소인수분해	7-가	자연수의 성질 및 진법	7-가	제6차 오진법 (7차 제외)
	최대공약수, 최소공배수	7-가			
	십진법, 이진법	7-가			
	정수와 유리수의 개념과 대소 관계	7-가	유리수와 소수	7-가 8-가	제6차 정수와 거듭제곱, 정 수의 덧셈(6) (포함) 근사값과 오차 (측정 영역으로 이동)
	정수와 유리수의 사칙계산	7-가			
	유리수와 소수	8-가			
	유리수와 순환소수	8-가			
	제곱근과 그 성질	9-가	실수와 근호를 포함한 식의 계산	9-가	
	무리수의 개념	9-가			
	실수의 대소 관계와 수직선	9-가			
	근호를 포함한 식의 계산	9-가			

◆ 행동 영역

본 연구에서는 선행 연구를 토대로 지금껏 우리 나라 수학 교과에서 주로 사용되어 왔던 '계산'(또는 지식), '이해', '문제해결'의 3개 영역, 그리고 대학수학능력시험과 미국 수학 교사 협의회(NCTM), TIMSS, 미국의 오레곤 주, 뉴질랜드에서 강조하여 다루고 있는 '의사소통'과 '추론' 영역을 반영하여, 계산, 이해, 추론, 문제해결, 의사소통의 5개 인지적 행동 영역을 두었다. <표 6 참조>

2. 수학과 성취기준

가. 성취기준 개발 방향 및 지침

본 연구에서는 어느 특정 학년의 교육 성취도 평가를 지향하는 것이 아니라, 제 1학년에 서부터 제 10학년까지의 국민공통기본 교육과정에서의 수학과 교육성취도를 평가하고자 하

<표 6> 수학과 교육성취도 평가들에서의 인지적 행동 영역

행동영역	정의
계산	여러 가지 계산법 나아가 문제해결에 이르기 위한 명확한 절차, 즉 알고리즘을 능숙하게 구사할 수 있는 능력에 관한 것.
이해	기본적인 수학적 개념, 원리, 법칙 및 그 관련성을 이해하여 의미 충실한 개념적 사고를 형성할 수 있는 능력에 관한 것.
추론	관찰, 열거, 실험 등을 통한 귀납과 유추, 추측에 의해 수학적 법칙과 문제의 해법을 발견할 수 있는 능력, 또는 조건명제의 증명, 삼단논법에 의한 연역적 추론, 반례에 의한 증명, 간접증명법, 모순법, 동치인 명제의 증명, 수학적 귀납법 등을 이용한 증명을 읽고 이해할 수 있으며, 이러한 방법을 사용하여 수학적 명제를 증명할 수 있는 능력에 관한 것.
문제해결	① 수학의 여러 가지 내용 사이의 개념, 원리, 법칙 등의 관련성이 요구되는 수학 내적인 문제를 해결할 수 있는 능력에 관한 것. ② 수학과 일상 생활 및 타교과 내용과의 관련성의 파악이 요구되는 통합교과적인(수학 외적) 소재의 응용 문제를 해결할 수 있는 능력에 관한 것.
의사소통	계산, 개념, 추론, 또는 문제해결 영역에 관한 문제를 해결하는 상황에서 주어진 문제 상황과 관련된 수학적 내용을 토대로 수학적 용어, 기호, 문장 등을 이용하여 그 해결 과정의 근거 및 이유를 표현할 수 있는 능력에 관한 것.

였다. 그러므로 그 기준이 될 수 있는 성취기준은⁴⁾ 제 1학년에서 제 10학년까지의 내용 위계성과 계열성을 고려하여 개발하였다. 수학과 성취기준은 제 6차 교육과정을 근거로 하여 제 7차 수학과 교육과정의 수학과 교육 목표와 내용 체제에 맞춰 각 학교급별로 개발하였다. <초·중·고 학교급별 성취기준표는 ‘1999년 보고서’ 참조> 이때, 각 학교급별이라 함은 다음과 같다.

- 초등학교 : 초등학교 [1-가] 단계 ~ 초등학교 [6-가] 단계
- 중학교 : 초등학교 [6-나] 단계 ~ 중학교 [9-가] 단계
- 고등학교 : 중학교 [9-나] 단계 ~ 고등학교 [10-나] 단계

나. 평가들과 성취기준의 관계

4) 본 연구에서 제시하는 ‘성취기준’이란 국가 교육과정에 제시되어 있는 수학과 목표와 내용이 뜻하는 바를 구체적으로 한정하고(즉, 교육과정상의 내용을 어느 정도의 범위와 깊이로 다루어야 할지를 분명히 하고), 그것을 학생들이 달성해야 할 능력과 특성의 형태로 진술하여 교사와 학생들에게 그들이 무엇을 가르치고 무엇을 배워야 하는지를 명료하게 제시한 것이다. 특히, 본 연구에서는 ‘내용 영역’별로 학생들의 성취 정도를 판정하는데 실질적인 지침이 되도록 구체적으로 진술하고자 하였다.

본 연구에서는 평가들의 행동 영역과 내용 영역에 부합하는 성취기준을 개발하되, 5개의 행동 영역별로 모든 성취기준을 개발하지 않고 해당 수학 내용이 학습자의 인지 수준과 학습 수준을 고려해 볼 때, 계산, 이해, 추론, 문제해결, 의사소통의 행동 영역 중에서 어느 영역이 적절한지 고려하여 해당되는 것만 개발하였다. 초·중·고교별로 어느 행동 목표에 보다 중점을 둘 것인가는 일률적으로 정하기는 어렵다고 본다. 그러나, 일반적으로 초등 학교 단계에서는 '계산' 요소가 '추론' 이나 '문제해결' 요소 못지 않게 중요하고, 고등학교 단계에서는 계산, 이해 등을 수반하는 통합적 차원의 '문제해결' 요소가 중요함을 감안하였다. <표 7 참조, 이외에 초·중·고 학교급별 평가들에 맞춘 성취기준표는 '1999년 보고서' 참조>

<표 7> 평가들에 맞춘 중학교 '수와 연산'의 성취기준의 예

행동영역		계산	이해	추론	문제해결	의사소통
내용영역						
수와 연산	집합과 명제	· 집합의 연산을 할 수 있다.	· 집합의 표현 방법, 포함 관계를 이해한다.			
	자연수의 성질 및 진법	· 자연수를 소인수분해할 수 있다.	· 십진법을 이진법으로, 이진법을 십진법으로 나타낼 수 있다.		· 최소공배수와 최대공약수에 관련된 실생활의 문제를 풀 수 있다.	
	유리수와 소수	· 정수와 유리수의 뜻과 대소 관계를 알고 그 사칙계산을 할 수 있다.	· 유리수를 소수로 나타낼 수 있고, 순환소수를 유리수로 나타낼 수 있다.			
	실수와 근호를 포함한 식의 계산	· 근호를 포함한 식의 계산을 할 수 있다.	· 실수의 대소 관계를 알고 임의의 두 실수 사이에 존재하는 실수를 찾을 수 있다.		· 제곱근의 뜻과 그 성질에 관한 문제를 풀 수 있다.	· 집합을 사용하여 자연수, 정수, 유리수, 무리수, 실수의 관계를 벤다이어그램으로 나타내고 이를 설명할 수 있다.

3. 문항 및 채점기준 개발

가. 문항 개발 방향 및 지침

본 연구에서는 수학과 교육의 수월성뿐만 아니라 학교 현장에서 실시하고 있는 평가 도구와 방법을 개선하기 위하여 실시하는 국가수준 교육성취도 평가의 목적을 최대한 이행

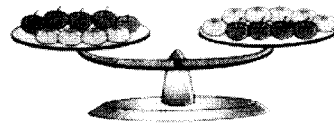
하고자 문항을 개발하는 과정에서 다음 사항을 고려하여 반영하였다.

◆ 행동 영역을 고려한 문항 개발

문항은 수학 내용(성취기준)을 토대로 하여 계산, 이해, 추론, 문제해결, 의사소통의 행동 영역을 고려하여 개발하였다. 다음은 의사소통의 행동 영역별 문항의 예를 제시한 것이다.

〈문항의 예 1〉 초등학교 6학년의 '규칙성과 함수' 영역

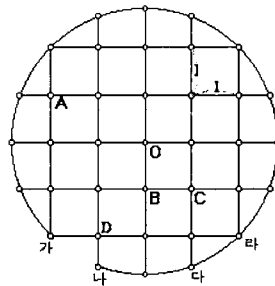
- ♠ 무게가 똑같은 꿀이 10개 있고, 또 무게가 똑같은 사과가 9개 있다. 이것을 그림과 같이 천칭에 올려놓았더니 수평이 되었다.



이 때, 사과 한 개와 꿀 한 개는 어느 쪽이 더 무거운가? 그 이유를 설명하여라.

〈문항의 예 2〉 고등학교 1학년의 '도형' 영역

- ♠ 다음 그림은 어느 도시의 도로망을 나타낸 것이다.



정사각형 모양을 이루는 간선도로는 교차로간의 거리가 모두 1로 일정하고, 도시의 순환도로는 O를 중심으로 하는 원의 일부로 되어 있다. 네 개의 대리점 A, B, C, D를 소유하고 있는 한 유통회사에서 순환도로 위의 가, 나, 다, 라 중 한 곳에 물품창고를 세우려고 한다. 이 때, 물품창고에서 도로를 따라 대리점 A, B, C, D에 이르는 거리의 합이 최소인 곳이 가장 적당하다고 하면, 어느 지점에 세우는 것이 가장 좋겠는가? 그 이유를 제시하여라.

◆ 성취 수준을 고려한 문항 개발

문항은 다음의 성취 수준을 고려하여 개발하였다.

수준	문항 개발 지침
기초	제 7차 교육과정에서 기본 과정의 내용을 부분적으로만 이해하여 기본 과정 자체를 숙달하지 못한 수준을 말하는 것으로, 단순한 수학적 지식을 알 수 있거나 이를 이용할 수 있는 정도의 수준에 해당하는 내용을 토대로 기초 수준의 문항을 개발한다.
숙달	제 7차 교육과정에서 기본 과정에 해당하는 내용을 대체로 이해하고 적용할 수 있는 수준을 말하는 것으로, 기본적인 개념 원리나 성질을 이해하거나 이를 이용하여 해결할 수 있는 정도의 수준에 해당하는 내용을 토대로 숙달 수준의 문항을 개발한다.
수월	제 7차 교육과정에서 심화 과정의 내용을 이해하고 적용할 수 있는 수준을 말하는 것으로, 습득된 지식을 통합적으로 이해하여 해결할 수 있는 정도의 수준에 해당하는 내용을 토대로 수월 수준의 문항을 개발한다.

◆ 문항 유형을 고려한 문항 개발

본 연구에서 개발할 평가 문항의 유형은 선택형과 비선택형이며, 이때 선택형은 오지선다형의 문항을, 비선택형은 단답형과 서술형의 문항으로 정한다. 다음은 각 문항 유형별 개발시 유의해야 할 사항에 관한 것이다. 본 연구에서 계산, 이해, 추론, 문제해결의 행동 영역에 관한 문항은 선택형과 비선택형의 유형 모두를 취하였으나, 의사소통의 문항은 (본 연구에서) '학습자가 주어진 문제의 해결 과정에 대한 근거 및 이유를 스스로 제시할 수 있는' 가를 묻는 것으로 한정하였으므로 비선택형 유형의 문항만을 이용하여 개발하도록 하였다.

그리고, 학생들이 이미 알고 있는 수학적 지식을 사용하여 수학 내적, 외적 문제를 해결할 수 있는 지, 또는 여러 가지 수학 외적 현상을 수학적인 안목에서 얼마나 파악할 수 있는지를 평가하기 위해서(주로 문제해결 능력 측정을 위한 문항에 해당함), 판에 박힌 정형 문제보다는 참신하고 새로운 소재를 도입하여 출제하도록 하였다. 이로써, 본 연구에서 제시되는 평가 문항이 성취기준에 대한 예시 문항으로서의 성격뿐만 아니라 의사소통 문항 등을 포함하는 새로운 문항 개발이라는 점에서 의미가 부여될 수 있도록 하였다. 이상에서 제시한 문항 개발 방향을 토대로, 예비 문항 및 그에 따른 채점기준개발 지침에 관한 내용을 제시하면 다음과 같다.

수학과 문항 개발 지침

1. 문항은 학교급별로 제시되어 있는 성취기준 중에서 중요한 수학적 내용(기초적 기능 및 개념)을 선정하여 학생들이 그 내용을 얼마나 알고 있는지 평가할 수 있도록 개발한다.
2. 문항은 단순한 기억력이나 암기력보다는 이해 또는 사고력을 요구하는 것으로 개발하여, 학업성취도 검사를 위한 특별한 준비없이 평소 학교 수업에 충실한 학생이면 무난히 해결할 수 있는 문제를 출제한다.
3. 문항은 평가틀 안의 각각의 셀을 기준으로 출제하는 것으로 한다. (그 이유는 결과 분석시 용이함과 결과 자료의 명확성을 위함이다.)
4. 초, 중, 고 각 학교급 모두 문항을 개발하는 과정에서 내용 영역, 행동 영역, 문항 유형, 성취 수준별 문항 수의 비율을 적절히 고려하여 문항을 개발한다. 단, 5~10% 정도의 오차는 허용하며, 두 검사지의 문항비율은 동일한 것으로 가정한다. 다음의 문항 비율은 제 7차 교육과정 및 교과서의 내용 분량, 현재 수학 교육에서 강조되고 있는 중요도, 학교 현장에서 실제로 다루지고 있는 정도 등을 고려하여 결정하였다.⁵⁾

▶ 내용 영역별 문항 비율

	수와 연산	도형	측정	확률과 통계	문자와 식	규칙성과 함수
초등학교	20%	20%	30%	10%	10%	10%
중 학교	20%	20%	10%	10%	20%	20%
고등학교	20%	20%	5%		30%	20%

▶ 행동 영역별 문항 비율

	계산	이해	추론	문제해결	의사소통
초등학교	20%	30%	5%	40%	5%
중 학교	20%	30%	10%	30%	10%
고등학교	15%	30%	15%	30%	10%

▶ 성취 수준별 문항 비율

	기초	숙달	수월
초등학교	40%	40%	20%
중 학교	30%	50%	20%
고등학교	30%	50%	20%

5) 연구진이 일차적으로 위의 조건들을 고려하여 비율을 정한 후, 수학 교사 및 교수와의 협의 회를 통해 합의하여 확정하였음.

▶ 문항 유형별 문항 비율

	선택형	비선택형	
		단답	서술
초등학교	70%	15%	15%
중 학교	60%	25%	15%
고등학교	80%	10%	10%

5. 예시 문항을 개발할 때, 포함되어야 할 내용은 다음과 같으며, 문항은 문항 카드에 작성한다. <표 8 참조>

<표 8> 문항 카드의 예

문항카드							
한국교육과정평가원						No: 1999년 7월	
문항분류	학교급	교과명	학년	대영역	중영역	문항 형태	성취 수준
성취기준					행동영역구분		
예시정답							
채점기준							
출제자		검토자		교과연구원			
(인)		(인)		(인)			

나. 문항 검토 및 선제 지침

문항 검토 지침과 문항 선제 지침은 각각 다음과 같다.

수학과 문항 검토 지침

1. 본 교육성취도 평가 연구에서 개발된 문항 유형과 문항 수로 수학과 교육의 주요 목표 및 핵심 내용을 측정하기에 충분한가?
2. 각 문항이 해당되는 평가틀의 행동 영역(계산, 이해 등)을 측정하기에 적합한가?
3. 각 문항이 해당되는 성취 수준(기초, 숙달, 수월)에 적절히 부합되는가?
4. 문항 유형(선택형, 단답형, 서술형)과 평가하고자 하는 교육 목표 및 행동 영역이 적절

히 조화를 이루었는가?

5. 서술형의 정답 및 채점기준이 적절한가?
6. 문항의 문장, 삽화 등에 오류가 없는가?

수학과 문항 선제 지침

 6)

1. 내용 영역을 기준으로 개발된 성취기준에 부합되는 문항을 선제한다.
2. 학생들의 성취 수준(기초, 숙달, 또는 수월)을 판정할 수 있는 문항을 선제하고, 특히 특정 교육과정의 내용에 편중됨이 없이 가급적 모든 내용(성취기준)에 대한 문항을 골고루 선제한다.⁷⁾
3. 전술한 바와 같이, 본 연구에서는 보다 많은 교육 목표를 측정하기 위하여 2종의 검사지(가형과 나형)를 개발하고, 두 예비 검사지를 심리측정학적으로 동일척도상에 연계시키기 위하여 각각의 검사지에 약 20%에 해당되는 문항을 공통으로 포함시켰다. 이때, 공통 문항은 다른 비공통 문항보다 의미 있고 중요한 문항으로 선제한다.
4. 이전 학교급의 문제를 공통 문항으로 5문항씩 선제한다.⁸⁾
5. 이상의 조건을 만족하는 문항을 학교급별로 최종적으로 선정한 후 검사지를 두 유형으로 나누어 구성한다. 이때, 각 검사지에 대하여 문항당 해당 내용 영역, 행동 영역, 성취 수준, 문항 번호, 학년, 공통문항 유무, 문항 유형에 관한 사항을 제시한다. <학교급별 검사지에 관한 문항 분석표는 '1999년 보고서' 참조>

6) 본 원의 방침에 따라, 예비 검사지의 문항을 공개하지 못하므로, 본 고에서는 초등학교 검사지 (가)에 대한 성취기준의 일부를 제시함. <표 9, 10 참조>

7) 이러한 목적으로 본 연구에서는 두 예비 검사지(가형, 나형)로 나누어 검사를 실시하였다. 이는 개개인 학생들에게 평가에 대한 큰 부담을 주지 않고도 보다 많은 성취기준에 대한 문항을 다룰 수 있다는 장점이 있다. 다만, 두 유형의 예비 검사지에 수록된 문항이 내용 및 행동 영역에 비추어 볼 때, 학년별 성취기준에 따른 문항 수, 문항의 난이도, 성취 수준 등이 적절히 분배되어 한다.

8) 중학교급에서는 초등학교용 문항 5개를, 고등학교급에서는 중학교용 문항 5개를 선정하여 각각 추가하였다. 이렇게 선정된 초·중학교간 공통문항 5개와 중·고등학교간 공통문항 5개는 측정학적으로 동등화 방법 등을 사용하여 세 학교급 간의 수학 성취도를 하나의 척도에 올려 놓고 그 발달 과정을 파악하기 위함이다. 이때, 문항은 현재의 학교급에서는 직접 다루어 지지 않는더라도 수학 학습의 연계상 기본적이면서도 중요한 내용으로 선정하였으며, 채점의 용이성을 고려하여 선택형 유형으로 한정시켰다.

〈표 9〉 초등학교 (가)형의 선택형 문항의 성취기준

문항번호	성취기준
1	· 자연수의 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈이 혼합된 계산 문제를 풀 수 있다.
2	· 소수와 분수의 크기를 비교할 수 있다.
3	· 분수, 소수의 사칙계산이 관련된 실생활 문제를 풀 수 있다.
4	· 여러 가지 사각형의 뜻과 성질을 안다.
5	· 사다리꼴과 마름모의 넓이를 구할 수 있다.
6	· 무게의 합과 차를 구할 수 있다.
7	· 원기둥의 겹넓이와 부피를 구할 수 있다.
8	· 직육면체와 정육면체의 겹넓이와 부피의 의미를 알고, 이를 설명할 수 있다.
9	· 주어진 자료의 평균을 구할 수 있다.
10	· 주어진 자료를 꺾은선그래프로 나타내고, 막대그래프와 꺾은선그래프의 특성을 비교할 수 있다.
...	...
20	· 선대칭도형, 점대칭도형과 관련된 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.

〈표 10〉 초등학교 (가)형의 비선택형(단답형, 서술형) 문항의 성취기준

문항번호	성취기준
1	· 원, 원주율 등에 관한 문제를 해결할 수 있다.
2	· 다양한 문제를 그림 그리기, 식 만들기, 표 만들기, 거꾸로 풀기, 규칙 찾기, 예상과 확인 단순화 하기 등에서 적절한 방법을 선택하여 해결할 수 있다.
3	· 각도기를 이용하여 각의 크기를 측정하고, 또 주어진 각의 크기에 맞는 각을 그릴 수 있다.
4	· 선대칭도형, 점대칭도형과 관련된 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.
5	· 자연수의 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈이 섞여 있는 여러 가지 문제를 풀 수 있다.
...	...
10	· 삼각형의 각과 관련된 여러 가지 문제를 해결하고, 과정을 설명할 수 있다.

다. 예비 검사지 구성 지침

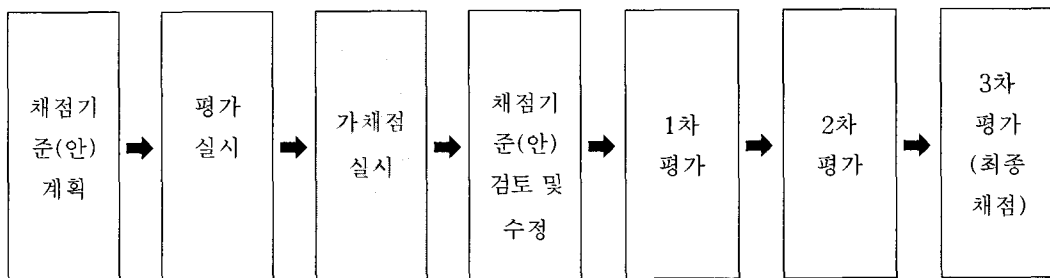
예비 검사지의 구성 지침은 다음과 같다.

1. 수학과 교육성취도 검사지는 Booklet 양식으로 편집한다.
2. 검사지는 학교급별로 각각 (가)형과 (나)형으로 나누어 2시간 동안 치뤄질 분량으로 구성한다(이때, 초등학교, 중학교의 경우에는 10분 정도의 쉬는 시간을 포함한다).
3. 문항 수는 초등학교 30문항, 중학교 25문항, 고등학교 25문항으로 정한다.
4. 문항을 편집하는 과정에서 지면이 낭비되지 않는 범위에서 문항과 문항사이는 적당한 공간을 확보한다. 이것은 피험자들이 검사지에 부담을 느끼지 않도록 하기 위함이며, 한 지면에 2~3개 정도의 문항을 배치하도록 한다.

5. 문항의 배열은 선택형 문항, 서술형 문항의 순으로 배열한다.⁹⁾

라. 채점 코딩 지침

서술형 문항에 있어서 모범 답안은 채점 기준을 작성하는 데 있어서 구체적인 지침의 역할을 한다. 문항의 특징이나 성격에 따라 다르겠지만, 일반적으로 수학 교과 특성상 피험자들의 다양한 창의성을 발휘하여 평가자가 생각하지도 않았던 여러 가지 형태의 답이 나올 가능성은 그리 많지 않다. 하지만, 서술형 문항의 경우에는 답안을 작성하는 과정에서 실수나 오답의 가능성이 높으므로 이에 관한 채점 기준을 마련하여 채점 결과의 공정성을 유지해야 할 것이다. 이에 따라, 본 연구에서는 모범 답안과 그에 따른 채점 기준을 구체적으로 마련하고 평가 실시 후 이미 작성된 채점 기준(안)을 토대로 일부 학생들의 실제 답안을 ‘가채점’하였다. 이는 채점 기준의 요소 중에서 연구진이 생각하지 못하였던 채점 요소나 또는 부적절하게 배당된 요소별 점수가 있는지를 검토하고 미비한 부분을 보완하고 수정하기 위함이다. 그리하여 수정·보완하여 확정된 채점 기준을 토대로 채점을 실시하고, 그 결과에 대한 평가자의 객관성을 확보하고자 동일 문항에 대하여 두 사람의 평가자가 채점을 실시하였으며, 평가자 간에 불일치한 결과에 대해서는 연구자가 평가자의 의견을 조율하고 최종적으로 평가 결과를 산출하기 위한 제 3의 평가자 역할을 수행하였다. <그림 2 참조>



<그림 2> 채점기준 설정 및 채점 절차

9) 선택형 문항을 앞에 배열하는 이유는 선택형 문항의 답안을 OMR카드에 구성함으로써 분석이 편리할 뿐 아니라 선택형 문항의 검사를 실시한 후 10분간 휴식 시에 OMR 카드를 제출하여 검사의 신뢰도를 높이기 위함이다. 또, 시험지에 직접 답을 표기해야 하는 선택형 문항을 뒤에 배열함으로써 답안을 작성하는 과정에서 시간과 공간의 제약에서 오는 시험에 대한 불안감을 줄이고자 함이다.

한편, 단답형 및 서술형 문항은 수학과 교수-학습을 개선하는데 도움이 되는 좋은 자료를 제공한다. 즉, 학생들이 어떻게 문제를 접근하였는지에 대한 정보를 수집하고, 그들의 논리적 사고 전개 과정을 검토할 수 있으며, 특히 오개념의 유형과 문제 해결에 필요한 절차적 지식을 종합하는 능력 등의 통찰을 얻을 수 있다. 본 연구에서도 학생들이 전반적으로 수학과 교육의 성취 능력을 어느 정도 보유하고 있는지, 특히 문제해결 능력이나 의사소통 능력의 도달 수준은 어떠한지, 또 그들이 문제를 해결하는 상황에서 흔히 범하는 실수나 오류는 무엇인지 등에 관한 정보를 얻기 위하여, 단답형 및 비선택형 문항에 관한 채점을 두 자리 수의 기호(코드) 체계를 사용하여 실시하였다.

채점 코드 체계에서 첫 번째 자리 수(십의 자리 수)의 숫자 2는 학생의 응답이 완전 정답, 숫자 1은 부분 정답, 숫자 7은 오답임을 나타낸다. 두 번째(일의 자리 수) 숫자 1~9는 문제해결 방식과 오류 유형에 따라 분류된 상태를 나타낸다. 이러한 채점 코드 방식에 따른 채점은 학생들의 문제해결 과정에 대한 이해를 높여 이후 교육과정의 개선 및 교수-학습 방법에 도움이 되는 정보를 수집하기 위한 것이다. 다음은 서술형 유형의 문항에 관한 응답 코드 형태의 예이다. <표 11 참조>

〈표 11〉 서술형 응답 코드 형태

답의 형태	코드번호	
정답	20	정답 유형 1
	21	정답 유형 2
	22	정답 유형 3
	23-28	
	29	기타 정답 유형
부분 정답	10	부분 정답 유형 1
	11	부분 정답 유형 2
	12	부분 정답 유형 3
	13-18	
	19	기타 정답 유형
오답	70	오답 유형 1
	71	오답 유형 2
	72	오답 유형 3
	73-78	
	79	기타 정답 유형
무응답	99	

Ⅲ. 본 검사지 구성(안) 제안

본 연구에서는 수학과 교육성취도 예비 검사 시행 및 그에 따른 결과 분석을 통하여 본 검사 시행을 위한 검사지 구성에 대한 대안을 모색하였다. 금년에 치뤄진 예비 검사에서는 두 유형의 검사지를 구성하고, 각 검사지에 대하여 두 시간 분량(한 시간의 분량은 초등학교 40분, 중학교 45분, 고등학교 50분을 뜻함)의 문항을 출제하였다. 이때, 첫째 시간과 둘째 시간에 치뤄지는 문항 유형을 분리하여 피평가자들에게 첫째 시간에는 선택형 문항을, 둘째 시간에는 비선택형(단답형과 서술형) 문항을 풀도록 하였다. 그 결과, 피평가자들이 예상보다 시험을 치루는 데 적은 시간을 소요됨으로써, 두 교시에 걸쳐 실시하려면 전체 문항 수를 늘리는 것이 바람직함을 알게 되었다. 그리고, 본 예비 검사를 시행하는데 있어서 성취기준 개발, 문항 개발, 검사지 복사 등에 드는 비용이 많았고, 검사 시행 후에는 채점에 소요되는 시간과 인력 등이 상당히 많았다. 그리하여 이러한 점을 고려하여 본 검사지 구성을 위한 다음과 같은 세 가지 안을 마련하였다.

우선 1안은 현행과 거의 유사하며 다만 각 검사지의 문항 수를 늘리는 방안이며, 2안은 현행과 같이 검사지를 두 유형으로 분리하되, 각 검사지에 수록된 총 문항 수를 줄여 한 시간에 시험을 치루는 방안이다. 또, 3안에서는 검사지 유형은 하나로 통일하고, 시험 시간은 현행과 같이 두 시간으로 정하되, 각 검사지의 총 문항 수를 현행보다 늘리는 방안이다. 단, 이때 현행처럼 첫째 시간과 둘째 시간을 분리하고 않고 피평가자들이 자유롭게 문제를 풀도록 한다.

▶ 1안

시험 시간		검사지 및 문항 유형		비고
		가	나	
두 시간	첫째 시간	선택형	선택형	각 검사지의 총 문항 수를 늘림
	둘째 시간	비선택형	비선택형	

▶ 2안

시험 시간	검사지 및 문항 유형		비고
	가	나	
한 시간	선택형, 비선택형	선택형, 비선택형	각 검사지의 총 문항 수를 줄임

▶ 3안

시험 시간	검사지 및 문항 유형		비고
	단일 검사지		
두 시간	선택형, 비선택형		총 문항 수를 늘림

그 밖에, 본 연구에서는 국가 수준 교육성취도 평가에서 정보를 수집하고 가치를 판단하고 교육 성취와의 상관 및 인과적 관계를 분석하는데 활용될 배경 변인을 설정하고, 이러한 배경 변인을 조사할 도구를 개발하고 이에 관하여 분석하였으나, 본 고에서는 지면 관계상 생략하였다.

IV. 제언

본 연구는 2000년도에 실시될 수학 영역의 국가수준 교육성취도 평가를 준비하기 위하여 수학과 평가틀, 성취기준 및 예비문항과 예비 배경변인 조사도구를 개발하였다. 이것은 국내에서 실시되었던 대부분의 국가수준 또는 전국단위 학업성취도 평가가 한 해에 평가를 개발에서부터 문항개발 및 본검사 실시까지를 완료하는 일정으로 평가를 시행하였던 것과는 사뭇 대조된다. 본 연구는 이러한 일정상의 차이점 이외에도 다음과 같은 몇 가지 특기할 점이 있다(김명숙 외, 1999).

첫째, 평가를 시행하기에 앞서 수학과와 교육 목표, 평가 요소(내용 영역 및 행동 영역 등), 성취기준, 평가 문항 유형 및 평가 요소별 문항 비율 등을 체계적으로 설정한 평가틀을 수립함으로써 문항 출제에서부터 평가 실시, 채점, 평가 결과의 분석에 이르는 평가의 전과정이 일관된 체계 위에 실행될 수 있었다.

둘째, 초·중·고 학급간에 공통적인 행동 영역을 설정함으로써 수학 교과가 추구하는 교육의 목표가 행동 영역에 일관되게 포착될 수 있었다. 이것은 또한 수학과에서 학생의 성취도가 초·중·고 학교급으로 올라가면서 행동 영역에 설정된 행동의 차원에서 발달하는 추이 및 과정을 파악할 수 있도록 하였다.

셋째, 비교적 긴 응답을 요구하는 서술형 문항이나 자 또는 각도기 등과 같은 교구를 사용하여 푸는 문항을 국가수준의 대규모 평가에서 도입함은 효율성과 객관성 측면에서 볼 때 상당히 위험스러운 것이기는 하지만, 피평가자 스스로 반응하고 해결 방법을 구성해 나가는 능력을 평가하는 데 도움이 되리라는 판단 하에 이를 과감히 시행하였다.

넷째, 수학 영역에서 의사소통 영역을 설정한 것은 자신의 생각이나 사고 과정을 표현하는 능력을 중시하는 시대적 요구를 반영한 것이다. 이것은 교육성취도 평가가 시대적으로 요청되는 능력을 평가하는 데 주의를 기울이겠다는 입장의 표현이다. 부연 설명하면, 비록 교육과정에는 제시되어 있기는 하지만 그 비중이 낮은 행동 영역 중 중요하다고 판단되는 영역의 평가에 대해서는 교육과정에서보다 더 많은 비중을 실어줌으로써 교육과정 개정을 탐색하고 유도해 나가려는 교육성취도 평가의 목적을 반영한 것이다.

다섯째, 서술형 문항에 대한 채점 절차를 체계화함으로써 국가수준의 검사에서도 수행형 평가가 실제적으로 가능하도록 하였으며, 나아가 문제해결 유형 및 오류 유형 등을 코드화하여 학생의 사고 과정에 대한 보다 풍부한 정보를 얻도록 하였다. 이것은 교수-학습의 개선에 많은 시사점을 주리라 기대된다.

이처럼 새로 시작하는 국가수준 교육성취도 평가는 위에 언급한 몇 가지 점에서 기존의 몇몇 대규모 평가와는 차별화와 질적 제고를 추구하였다. 이러한 시도가 성공할지의 여부는 내년에 본검사를 시행해 보아야 알 수 있을 것이다. 그러나, 국가수준 교육성취도 평가는 현실적 제약으로 인해 몇 가지 제한점을 안고 있는데, 이 중에서 가장 큰 제한점은 외국의 NAEP나 Oregon 주 학업성취도 평가에서 사용하는 것과 같은 내용 체계 및 요소(content strand)를 개발하지 못하였다는 점이다. 그들은 초·중·고에 공통되는 내용 체계 및 요소를 개발하여 학생들의 성취도가 어떻게 발달하여 나가는지를 파악할 수 있도록 하고 있다. 이러한 내용 체계 및 요소를 개발하는 데 이들이 바친 시간이 몇 해가 되지만, 본 연구진들에게는 일년이라는 제한된 시간이 주어졌기 때문에 평가틀, 성취기준 및 예비문항 개발, 현장 적용 업무만도 너무나 벅찼다. 앞으로, 관련 전문가들이 노력해서 내용 체계 및 요소를 개발한다면 본 연구에서의 수학과 평가들의 완성도는 더욱 높아질 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

교육부(1998). 수학과 교육과정.

- 구광조, 오병승, 류희찬(1995). 수학교육과정과 평가의 새로운 방향. 경문사.
- 김명숙 외 4인(1998). 국가수준 교육성취도 평가 방안 연구. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 98-8.
- 김명숙 외 8인(1999). 국가수준 교육성취도 평가 연구 II : 사회·수학 영역 예비 문항 개발 및 현장 적용 연구. 한국교육과정평가원.
- 김성숙 외 5인(1998). 1998년도 초·중·고 학업성취도 평가 연구. 한국교육과정평가원.
- 김성숙, 임찬빈, 이춘식, 서동엽(1999). 교육 성취도 국제비교 연구: TIMSS-R. 한국교육과정평가원.
- 김정호 외 9인(1999). 국가교육과정에 근거한 성취기준 및 평가기준 개발 연구. 한국교육과정평가원.
- 신성균, 황혜정, 김수진, 성금순(1992). 교육의 본질 추구를 위한 수학 교육 평가 체제 연구 (III) - 수학과 평가 도구 개발 -, 한국교육개발원 연구자료 RM 92-5-2.
- 허경철 외 8인(1995). 고등학교 국어, 중학교 수학 교육과정 상세화 및 평가기준 개발 연구, 한국교육개발원 연구보고 RR 95-23.
- 황혜정, 서동엽, 최승현(1999). 초·중등학교 교과별 수행평가의 실제(5) -수학-, 한국교육과정평가원.
- National Council of Teachers of Mathematics(1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA : Author.