한국수학사학회지 *The Korean Journal for History of Mathematics*
제23권 제4호 (2010년 11월), 59-82

초 · 중 · 고등학생의 수학과 내용 영역별 학업성취도 비교 분석[1)]

—2003~2008년 국가수준 학업성취도 평가 결과를 중심으로—

A Comparative Analysis on Educational Achievement in Mathematics Classifying by Content Areas of the Primary and Secondary School Students

이봉주 Bongju Lee

이 연구의 목적은 초 · 중 · 고등학생의 수학과 학업성취도 비교 분석을 통해 효과적인 교수 · 학습을 위한 시사점을 도출해 보는 것이다. 분석을 위한 근거 자료는 지난 2003년부터 2008년까지 6년 동안 실시된 국가수준 학업성취도 평가 결과를 활용하였다. 먼저, 2003년부터 2008년까지의 학업성취도 평가에 이용된 모든 선다형 문항을 내용 영역별로 분류하여 문항별 정답률을 조사하고, 연도별 평균 정답률이 가장 낮은 내용 영역들을 도출하였다. 다음으로, 가장 낮은 정답률을 표시한 내용 영역별 문항을 질적으로 분석하였다. 마지막으로, 6년 동안 출제된 모든 문항에 대하여 전체 학생의 내용 영역별 평균 정답률을 산출함으로써 학교급별 학생이 가장 어려워하는 내용 영역에 대한 정보를 제공하였다.

The Purpose of this study is to draw a few lessons for the effective teaching and learning throughout a comparative analysis on the results of the educational achievement on Mathematics of the primary and secondary school students. The primary sources for this research are based on the results of the six-times national level tests performed annually by all level students from 2003 to 2008. In order to achieve this goal, I, firstly, extract the lowest content area in terms of the annual average of the right answer ratio after examining the ratio of right answers to each math problem by classifying all multiple-choice questions of the educational achievement tests from 2003 to 2008 into the relevant content areas. Next, the characteristics of the content area which distinguish the lowest right answer ratio are qualitatively analyzed. Lastly, information on the content area which the school students of all classes feel very difficult to solve is provided via reckoning the average right answer ratio per each content area against all math questions at the last six-times of the national level tests.

Keywords: 수학 학업성취도 (educational achievement in mathematics), 내용 영역(content area), 교수 · 학습(teaching and learning)

MSC: 97D30 ZDM: C13
제출일: 2010년 9월 25일 수정일: 2010년 11월 1일 게재확정일: 2010년 11월 7일

1 서론

세계의 각국은 국가수준에서 교육의 질을 체계적으로 관리하고 학교교육의 책무성 강화 정책을 마련하기 위한 여러 가지 방안을 모색하고 있다. 미국에서도 정기적으로 국가수준 성취도 평가를 실시하여 성취수준을 점검하고 교육의 질을 관리하고 있다. 미국에서는 교육이 주 단위에서 이루어지고 있으나 국가 차원에서 교육의 질을 관리하기 위해 1969년부터 4, 8, 12학년을 대상으로 읽기, 쓰기, 수학, 과학, 지리 등의 국가교육향상평가(National Assessment of Educational Progress, NAEP)를 실시해 오고 있다. NAEP 초창기에는 국가수준에서만 시행되었지만 1990년에 주수준의 실험평가가 실시되었다. 그 이후 읽기, 쓰기, 수학, 과학에서의 주수준 평가가 NAEP의 주요한 요소가 되었다[14, 15]. 그 이후 NAGB(2005)에 따라 모든 주가 매 2년마다 실시되는 4학년과 8학년의 읽기와 수학 과목에는 의무적으로 참여하여야 하고, 다른 과목에는 지원으로 참여하고 있다[16]. 학업성취도 평가는 학습자의 교육목표 성취 정도를 알아보는 것으로 학교, 교육청 또는 국가수준에서 시행될 수 있다(Hughes, 1989, [13]). 교육과정 평가는 교육과정의 개선을 위한 정보와 교육과정의 효과성을 판단하기 위한 정보를 체계적으로 수집하는 것이다(Tyler, 1981, [17]). 이러한 의미에서 국가수준으로 실시되는 학업성취도 평가 결과는 교육목표가 교수·학습 과정을 통하여 성취된 정도를 체계적이고 총체적으로 확인하여 교육과정 평가에 정보를 제공한다. 국가수준 학업성취도 평가(이하 학업성취도 평가)는 이러한 맥락에서 매우 중요한 역할을 하고 있다.

우리나라에서도 이와 같은 학업성취도 평가의 중요성을 인식하여 한국교육과정평가원에서 1998년 기본 계획을 수립하였다[4, 8, 9]. 이 기본 계획에 따라 1999년에 수학과와 사회과의 평가틀과 성취기준을 마련함으로써 예비 문항을 개발하고 교육성취도에 영향을 주는 예비 배경변인 조사도구를 개발하여 현장에 적용해 보는 것에 초점을 두었다. 이를 토대로 2000년에 수학과와 사회과의 본검사지를 구성한 후 본검사를 시행하고 그 결과를 처음으로 분석·보고하게 되었다[5]. 원래 기본 계획은 수학과의 경우 2년 주기로 실시하기로 하였으나 학업성취도 평가의 중요성이 도래함에 따라 2000년 이후부터 매년 시행되고 있다[11]. 이와 같이 수학과 학업성취도 평가는 수학과 교육과정에서 규정하고 있는 교육목표에 대한 초·중·고등학생의 학업 성취 정도를 국가수준에서 종합적으로 평가하여 제반 교육정책에 필요한 구체적이고 실증적인 자료를 산출하는 것을 기본 목적으로 매년 시행되고 있다. 특히 2003년을 학업성취도 평가 결과의 추이분석을 위한 기준년도로 설정

1) 이 연구는 한국교육과정평가원에서 2003년부터 2008년까지 시행한 국가수준 학업성취도 평가 연구의 결과보고서[2, 3, 6, 7, 10, 12]에 제시된 자료를 바탕으로 이루어졌다. 2009년 국가수준 학업성취도 평가 연구 결과 분석은 2010년 기본과제로 수행되고 있어 보고서로 출판되지 않았기 때문에 이 연구에서 제외되었다. 이 연구 분석에서 이용된 모든 문항은 한국교육과정평가원 홈페이지(www.kice.re.kr)의 학업성취도평가 기출 문제에서 다운로드받을 수 있다.

한 이후 매년 시행하고 그 결과를 분석·보고하고 있다[2, 3, 6, 7, 10, 12]. 이러한 점에서 국가수준 학업성취도 평가는 매우 풍부하고 유용한 자료를 제공할 수 있으므로, 그 결과를 다양한 측면에서 분석하여 제공함으로써 초·중·고등학교의 수학과 교수·학습에 실제적인 도움을 줄 수 있는 정보를 추출할 필요가 있다.

그리하여 이 연구에서는 지난 2003년부터 2008년까지 실시된 수학과 학업성취도 평가 결과를 종합하여 내용 영역별 초·중·고등학생의 학업성취도를 비교 분석함으로써 교수·학습을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 이를 위해 지난 6년간의 결과 자료를 토대로 각 학교급의 학생이 가장 어려워하는 내용 영역을 파악하고, 각 내용 영역에서 낮은 정답률을 나타낸 문항을 질적으로 분석한다.

2 연구 방법

2.1 평가 내용 영역

2008년까지의 수학과 학업성취도 평가[2)]에서는 교육과정의 내용을 반영할 수 있도록 제7차 수학과 교육과정 [1] 의 내용 영역 구분을 평가 틀로 사용하였다. 초·중·고등학교 각각에 대한 내용 영역별 평가 요소[3)]를 간략하게 제시하면 표 1과 같다.

표 1: 학교급에 따른 수학과 내용 영역별 평가 요소

내용 영역	평가 요소		
	초등학교	중학교	고등학교
수와 연산	다섯 자리 이상의 수, 자연수의 사칙계산, 여러 가지 분수, 분모가 같은 분수의 덧셈과 뺄셈, 비와 몫으로서의 분수, 소수점 이하 세 자리 소수의 이해, 분수와 소수의 크기 비교, 소수의 덧셈과 뺄셈, 약수와 배수, 약분과 통분, 분모가 다른 분수의 덧셈과 뺄셈, 분수의 곱셈, 분수와 소수의 곱셈과 나눗셈, 소수와 분수, 분수와 소수의 나눗셈	집합, 자연수의 성질, 십진법과 이진법, 정수와 유리수의 개념과 대소 관계, 정수와 유리수의 사칙계산, 유리수와 소수, 유리수와 순환소수, 제곱근과 실수, 근호를 포함한 식의 계산	집합의 연산 법칙, 명제의 뜻과 역·이·대우, 필요조건, 충분조건, 실수의 연산에 관한 성질, 복소수의 기본 성질

2) 고등학교의 경우에는 2009년 국가수준 학업성취도 평가 연구부터, 초·중학교의 경우 2010년 연구부터 2007년 개정 수학과 교육과정의 내용 영역으로 구분하고 있다.

3) 평가의 범위는 초등학교 6학년의 경우 4~6학년, 중학교 3학년의 경우 1~3학년, 고등학교 1학년의 경우 1학년 과정이다. 평가 시기가 10월 중순이므로 시험을 치르는 해당 학년의 10월 중순 이후에 학습한 내용은 평가 요소에서 제외되었다.

도형	각과 여러 가지 삼각형, 내각의 크기, 여러 가지 사각형, 공간 감각, 직육면체와 정육면체의 성질, 합동과 대칭, 각기둥과 각뿔의 성질	기본도형, 작도와 합동, 평면도형의 성질, 입체도형의 성질, 삼각형과 사각형의 성질, 도형의 닮음, 닮음의 응용, 피타고라스의 정리 및 활용	평면좌표, 직선의 방정식, 원의 방정식, 도형의 이동
측정	시간, 각도, 무게, 어림하기, 평면도형의 둘레, 넓이, 여러 가지 단위, 여러 가지 도형의 넓이, 겉넓이와 부피, 측정값	다각형과 각의 크기, 도형의 길이 · 넓이 · 부피, 근삿값과 오차, 근삿값의 덧셈과 뺄셈	부등식의 영역, (부채꼴의 넓이와 호의 길이, 기둥과 뿔의 겉넓이와 부피)
확률과 통계	꺾은선그래프, 여러 가지 그래프로 나타내기, 자료의 표현, 비율그래프	도수분포와 그래프, 상대도수의 분포와 누적도수의 분포, 확률과 그 기본 성질	분산과 표준편차, (확률과 그 기본 성질, 도수분포표에서 평균, 상관도와 상관표, 누적도수 분포표)
문자와 식	문제해결 방법	문자의 사용과 식의 계산, 일차방정식, 일차방정식의 활용, 식의 계산, 미지수가 2개인 연립일차방정식, 연립일차방정식의 활용, 일차부등식과 연립일차부등식, 일차부등식과 연립일차부등식의 활용, 다항식의 곱셈과 인수분해, 이차방정식, 이차방정식의 활용	다항식과 그 연산, 나머지 정리, 인수분해, 약수와 배수, 유리식과 무리식, 방정식, 부등식
규칙성과 함수	규칙 찾기, 규칙과 대응, 규칙적인 무늬 만들기, 비와 비율, 비례식, 규칙과 대응	함수와 그 그래프, 일차함수와 그 그래프, 일차함수의 활용, 이차함수와 그 그래프	함수의 뜻과 그래프, (이차함수의 활용)

초등학교에서 문자와 식 영역의 평가 요소는 하나이지만 그림 그리기, 규칙 찾기, 표 만들기, 거꾸로 생각하기 등 다양한 문제해결 방법이 제시되었다. 고등학교의 경우 확률과 통계 영역 및 규칙성과 함수 영역에서 중학교 과정의 내용 요소를 포함하고 있고, 측정 영역에서도 2003년과 2004년에 중학교 과정의 내용 요소를 포함시켰다.

2.2 연구 대상

학업성취도 평가에서는 2008년까지 해마다 초등학교 6학년, 중학교 3학년, 고등학교 1학년을 대상으로 비례유층 표집을 통해 평가를 시행하고 그 결과를 분석하였다.[4] 2003년부터 2008년까지 학업성취도 평가 대상 학생 수는 <표 2>와 같다.

4) 2009년에는 이전과 같은 학년의 전체 학생을 대상으로 평가를 실시하였고, 2010년에는 초등학교 6학년, 중학교 3학년, 고등학교 2학년의 전체 학생을 대상으로 평가를 실시하였다.

표 2: 연도별 연구 대상 학생 수

학교급 \ 연도	2003	2004	2005	2006	2007	2008
초등학교 6학년	7,720	7,977	7,622	22,828	21,959	26,446
중학교 3학년	5,726	6,276	6,327	19,163	19,668	31,940
고등학교 1학년	2,721	16,372	13,528	14,468	24,063	29,722

2.3 평가도구 개발

2003년부터 2008년까지 학업성취도 평가의 평가도구 개발 절차는 [그림 1]과 같이 요약될 수 있다. 수학과 학업성취도 평가도구는 선다형 30문항, 서답형 6문항으로 구성되지만, 이 연구에서는 선다형 30문항을 대상으로 비교 분석하였다.

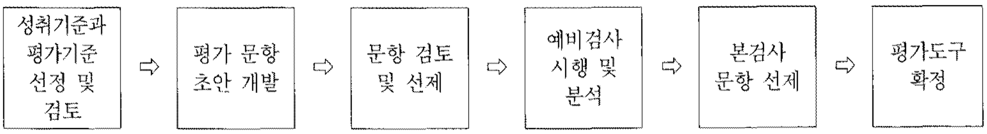


그림 1: 학업성취도 평가도구 개발 절차

2.4 자료 분석

2003년부터 2008년까지의 학업성취도 평가에 이용된 모든 선다형 문항을 내용 영역별로 분류하여 문항별 정답률을 조사하고 연도별 내용 영역의 평균 정답률을 산출한다. 그리고 내용 영역별로 여섯 해에 걸쳐 가장 낮은 정답률을 나타내는 문항의 특성을 질적으로 분석한다. 마지막으로 내용 영역별로 여섯 해에 걸친 모든 문항의 전체 평균 정답률을 산출함으로써 각 학교급의 학생이 가장 어려워하는 내용 영역에 대한 정보를 제공한다.

3 연구 결과

3.1 초등학교 내용 영역별 학업성취도 비교 분석

수와 연산 영역

초등학교 6학년 학생의 수와 연산 영역에 대한 학업성취도는 <표 3>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 46.3% ~ 98.0%로, 연도별 평균 정답률 분포는 69.23% ~ 81.06%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 초등학교 6학년 학생을 대상으로 수와 연산 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 30문항에 대한 전체 평균 정답률은 75.66%이었다.

표 3: 초등학교 6학년 학생의 연도별 수와 연산 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	1	98.0	69.23	2005	1	95.8	81.06	2007	1	89.0	78.38
	2	76.0			2	89.3			2	68.2	
	3	46.3			5	75.8			5	76.2	
	4	72.3			9	83.6			11	89.2	
	5	75.1			18	60.8			19	79.3	
	6	47.7									
2004	1	89.6	71.00	2006	1	93.4	77.24	2008	1	83.1	75.42
	2	78.1			2	86.9			2	73.7	
	3	72.5			5	64.2			3	89.3	
	23	43.8			10	90.0			5	67.1	
					28	51.7			6	63.9	
전체 평균 정답률(%)						75.66					

수와 연산 영역의 30문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2003년의 3번으로, 간단한 수로 이루어진 사칙계산의 혼합연산을 하는 문제이다. 사칙연산이 혼합된 계산에서는 곱셈이나 나눗셈을 먼저 해야 하는데 앞에서부터 차례로 계산하였을 경우에 답지 ③의 결과가 나올 수 있다. 이로부터 약 45%의 학생이 혼합계산에서 계산 순서에 혼란을 가지고 있음을 알 수 있고, 이는 혼합계산 지도에서 계산 순서를 좀 더 강조하여 지도할 필요가 있음을 시사한다.

<2003년 3번> 다음을 바르게 계산한 것은 어느 것입니까?

$$4+3\times 12-8\div 2$$

① 16 ② 36 ③ 38 ④ 72 ⑤ 80

답지 반응 분포(₩%)	①	②	③	④	⑤
	2.5	46.3	44.6	1.0	5.7

도형 영역

초등학교 6학년 학생의 도형 영역에 대한 학업성취도는 <표 4>와 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 31.9% ~ 88.8%로, 연도별 평균 정답률 분포는 55.80% ~ 79.58%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 초등학교 6학년 학생을 대상으로 도형 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 33문항에 대한 전체 평균 정답률은 73.24%이었다.

도형 영역의 33문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2005년의 29번으로, 다각형의 대각선의 개수를 구하는 문제이다. 이 문제는 정삼각형, 정사각형, 정오각형의 대각선의 개수를 세어서 규칙을 찾고 그 규칙에 따라 정팔각형의 대각선의 개수를 구하거나 정팔각형에 직접 대각선을 그어서 답을 구할 수 있다. 이 문제를 해결하지 못한 학생은 정팔각형이나 대각선의 개념을 이해하지 못하였거나 대각선의 개수를 세는 과정에서 실수를 하였을 가능성이 있다. 이는 도형의 기본 개념 또는 문제해결 전략을 좀 더 강조하여 지도할 필요가 있음을 시사한다.

표 4: 초등학교 6학년 학생의 연도별 도형 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	7	59.6	79.58	2005	6	88.1	55.80	2007	4	80.9	70.95
	8	89.6			19	64.1			6	66.5	
	9	78.1			22	58.0			12	68.6	
	10	76.0			23	36.9			20	63.8	
	11	84.6			29	31.9			22	85.9	
	12	89.6							24	60.0	
2004	4	79.8	75.0	2006	6	88.8	79.46	2008	4	72.8	77.08
	5	81.5			9	81.2			8	81.4	
	16	85.2			18	94.8			9	68.9	
	18	57.8			23	70.7			11	80.8	
	24	70.7			24	61.8			20	82.3	
									24	76.3	
전체 평균 정답률(%)					73.24						

표 5: 초등학교 6학년 학생의 연도별 측정 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	13	93.2	63.80	2005	3	85.3	72.48	2007	3	71.8	72.60
	14	94.1			10	81.0			7	71.0	
	15	53.5			11	76.2			10	75.2	
	16	77.6			20	64.2			15	71.2	
	17	35.2			24	48,4			23	83.4	
	18	29.2			25	57.9			25	63.0	
					26	70.3					
2004	6	88.8	68.52	2006	3	81.5	77.60	2008	10	62.6	72.20
	7	85.5			7	95.7			12	90.2	
	15	81.5			15	93.3			13	73.8	
	17	58.6			19	71.1			15	71.5	
	19	64.2			25	67.2			17	71.0	
	26	32.5			27	56.8			18	64.1	
전체 평균 정답률(%)					71.20						

<2005년 29번> 정팔각형에서 그을 수 있는 대각선은 모두 몇 개입니까?

① 8개 ② 15개 ③ 20개 ④ 25개 ⑤ 40개

답지 반응 분포(W%)	①	②	③	④	⑤
	20.1	17.1	31.9	15.0	15.5

측정 영역

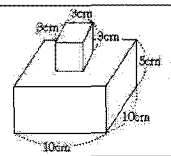
초등학교 6학년 학생의 도형 영역에 대한 학업성취도는 <표 5>와 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 29.2% ~ 95.7%로, 연도별 평균 정답률 분포는 63.80% ~ 77.60%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 초등학교 6학년 학생을 대상으로 측정 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 37문항에 대한 전체 평균 정답률은 71.20%이었다.

측정 영역의 37문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2003년의 18번으로, 입체도형의

겉넓이를 구하는 문제이다. 아래에 있는 직육면체의 겉넓이와 위에 있는 정육면체의 겉넓이의 합에서 두 육면체가 겹쳐 있는 부분의 넓이를 두 번 빼야 주어진 입체도형의 겉넓이를 구할 수 있다. 그러나 약 43%의 학생은 겹쳐 있는 부분의 넓이를 고려하지 않고 단순하게 두 육면체의 겉넓이를 더한 답지를 선택하였다. 이는 다소 복잡한 모양의 입체도형을 추론하는 것에 대한 지도가 더 필요함을 시사한다.

<2003년 18번> 다음 입체도형의 겉넓이는 몇 ㎠ 입니까?

① 400㎠ ② 436㎠ ③ 445㎠
④ 454㎠ ⑤ 463㎠



답지 반응 분포(W%)	①	②	③	④	⑤
	5.2	29.2	16.4	42.8	6.3

확률과 통계 영역

초등학교 6학년 학생의 확률과 통계 영역에 대한 학업성취도는 <표 6>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 31.6% ~ 95.3%로, 연도별 평균 정답률 분포는 64.50% ~ 81.97%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 초등학교 6학년 학생을 대상으로 확률과 통계 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 23문항에 대한 전체 평균 정답률은 73.72% 이었다.

표 6: 초등학교 6학년 학생의 연도별 확률과 통계 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	19	89.6	81.97	2005	4	85.5	74.25	2007	9	84.4	79.48
					12	82.7			14	63.3	
	20	72.2			14	75.1			21	85.9	
	21	84.1			28	53.7			29	84.3	
2004	9	64.4	64.50	2006	11	95.3	69.18	2008	14	76.7	75.00
	10	90.7			14	73.6			19	69.0	
	20	71.3			21	68.8			23	82.4	
	25	31.6			29	39.0			29	71.9	
전체 평균 정답률(%)				73.72							

확률과 통계 영역의 23문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2004년의 25번으로, 여러 가지 통계 그래프 중에서 목적과 용도에 적절한 그래프를 선택할 수 있는지를 측정하는 문제이다. 그림이 아닌 명칭이 사용됨으로 인해 정답률이 낮은 것으로 해석된다. 한편 오답지 ①번인 막대그래프의 선택률이 정답률보다 17% 정도 높게 나타났다. 막대그래프는 각 부분의 상대적인 크기를 비교하는 데 적절하고, 띠그래프와 원그래프 등의 비율그래프는 전체에 대한 각 부분의 비율을 한 눈에 알아보는 데 적절하다. 이로부터 약 50%가 이러한 두 그래프의 차이점을 이해하지 못한 것으로 볼 수 있다. 이는 목적과 용도에 적절한 그래프를 선택할 수 있도록 하는 지도가 더 필요함을 시사한다.

표 7: 초등학교 6학년 학생의 연도별 문자와 식 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	22	77.2		2005	13	57.4		2007	13	89.1	
	23	56.0			15	80.9			16	41.3	
	24	74.2	61.72		16	62.4	68.32		26	77.2	60.90
	25	59.8			17	87.9			28	69.0	
	26	41.4			27	53.0			30	27.9	
2004	11	98.3		2006	13	57.3		2008	16	50.5	
	12	72.8									
	13	79.4			16	70.8			22	76.6	
	21	63.8	65.90		17	82.3	59.86		26	65.8	63.92
	27	44.5			26	45.7			27	65.6	
	28	41.3									
	29	61.2			30	43.2			30	61.1	
전체 평균 정답률(%)						63.59					

<2004년 25번> 진호는 6학년 학생들이 좋아하는 계절을 조사하여 그래프로 나타내려고 합니다. 전체에 대한 각 부분의 비율을 한눈에 알아보는 그래프로 가장 적절한 것은 어느 것입니까?
① 막대그래프 ② 꺾은선그래프 ③ 띠그래프 ④ 줄기와 잎 그림 ⑤ 그림그래프

답지 반응 분포(W%)	①	②	③	④	⑤
	48.4	9.1	31.6	2.6	8.2

문자와 식 영역

초등학교 6학년 학생의 문자와 식 영역에 대한 학업성취도는 <표 7>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 27.9% ~ 98.3%로, 연도별 평균 정답률 분포는 59.86% ~ 68.32%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 초등학교 6학년 학생을 대상으로 문자와 식 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 32문항에 대한 전체 평균 정답률은 63.59%이었다.

문자와 식 영역의 32문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2007년의 30번으로, 피구나 축구 두 종목에 대한 학생의 선호도를 고려하여야 해결할 수 있는 논리적 추론에 해당하는 문제이다. 식 만들기와 그림 그리기의 두 가지 문제해결 전략을 사용할 뿐만 아니라 추론과 논리적 관계를 파악하여야 해결할 수 있다. 이로부터 대부분의 학생이 추론을 통한 문제해결에 취약한 것을 알 수 있다. 이는 다양한 문제해결 전략을 활용하여 문제를 해결할 수 있는 문제해결능력을 향상시킬 수 있는 지도가 좀 더 집중적으로 이루어져야 할 필요가 있음을 시사한다.

<2007년 30번> 효정이네 반 학생들이 좋아하는 운동경기에 대해 조사한 것입니다. 피구와 축구를 모두 좋아하지 않는 학생은 몇 명입니까?

- 축구를 좋아하는 학생은 19명입니다.
- 피구를 좋아하는 학생은 10명입니다.
- 피구를 좋아하지 않는 학생은 25명입니다.
- 축구와 피구를 모두 좋아하는 학생은 7명입니다.

① 13명 ② 15명 ③ 19명 ④ 22명 ⑤ 25명

답지 반응 분포(W%)	①	②	③	④	⑤
	27.9	25.0	12.5	17.4	16.0

규칙성과 함수 영역

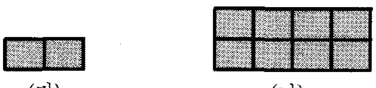
초등학교 6학년 학생의 규칙성과 함수 영역에 대한 학업성취도는 <표 8>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 34.4% ~ 95.3%로, 연도별 평균 정답률 분포는 55.20% ~ 83.20%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 초등학교 6학년 학생을 대상으로 규칙성과 함수 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 24문항에 대한 전체 평균 정답률은 73.62%이었다.

표 8: 초등학교 6학년 학생의 연도별 규칙성과 함수 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률(%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률(%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률(%)	평균 정답률(%)
2003	27	93.6	83.20	2005	7	85.8	74.20	2007	8	64.9	75.38
	28	83.5			8	76.8			17	63.8	
	29	74.6			21	71.2			18	93.5	
	30	81.1			30	63.0			27	79.3	
2004	8	87.5	55.20	2006	4	95.3	81.90	2008	7	83.4	71.83
	14	34.4			8	84.5			21	78.7	
	22	60.3			12	86.7			25	70.9	
	30	38.6			20	61.1			28	54.3	
전체 평균 정답률(%)					73.62						

규칙성과 함수 영역의 24문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2004년의 14번으로, 두 넓이의 비를 비의 값으로 나타내는 문제이다. (나)에 대한 (가)의 넓이를 비의 값으로 나타내어야 하기 때문에 1 : 4의 값인 0.25가 정답이지만 많은 학생이 4 : 1의 값인 4를 선택하였다. 이로부터 학생이 두 양 사이의 관계를 비로 나타낼 수는 있지만 그 정확성이나 엄밀성에서 부족함을 알 수 있다. 이는 기준량과 비교하는 양을 혼동하지 않도록 하는 지도가 더 필요함을 시사한다.

<2004년 14번> (나)의 넓이에 대한 (가)의 넓이를 비의 값으로 바르게 나타낸 것은 어느 것입니까?



(가) (나)

① 0.25 ② 2 ③ 4 ④ 8 ⑤ 16

답지 반응 분포(₩%)	①	②	③	④	⑤
	34.4	6.7	47.1	7.7	4.0

위에서 비교 · 분석한 2003년부터 2008년까지의 학업성취도 평가 결과를 토대로 내용 영역별 초등학교 6학년 학생의 학업성취도를 요약 · 정리하면 다음과 같다. 수와 연산 영역의 전체 평균 정답률은 75.66%, 도형 영역은 73.24%, 측정 영역은 71.20%, 확률과 통계 영역은 73.72%, 문자와 식 영역은 63.59%, 규칙성과 함수 영역은 73.62%로, 초등학교 6학년 학생은 수와 연산 영역에서 학업성취도가 가장 높고 문자와 식 영역에서 학업성취도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 문자와 식 영역의 문제를 해결하기 위해서는 다른 영역에서 학습한 내용을 토대로 문제해결 전략을 선택하고 적용하거나 문제해결 과정의 타당성을 검토하는 다소

복잡한 수학적 사고가 필요하기 때문인 것으로 해석된다. 이로부터 초등학교 6학년 학생의 학업성취도를 향상시키기 위해서는 문자와 식 영역을 좀 더 집중적으로 지도할 필요가 있음을 알 수 있다.

3.2 중학교 내용 영역별 학업성취도 비교 분석

수와 연산 영역

중학교 3학년 학생의 수와 연산 영역에 대한 학업성취도는 <표 9>와 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 32.9% ~ 90.4%로, 연도별 평균 정답률 분포는 48.65% ~ 66.52%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 중학교 3학년 학생을 대상으로 수와 연산 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 29문항에 대한 전체 평균 정답률은 58.94%이었다.

표 9: 중학교 3학년 학생의 연도별 수와 연산 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	1	45.8	48.65	2005	5	76.8	58.85	2007	2	60.9	54.68
	2	46.8			9	57.1			11	58.4	
	3	53.6			10	49.0			18	50.9	
	4	59.6			20	52.5			24	48.5	
	6	36.4									
	7	49.7									
2004	1	90.4	62.07	2006	1	83.6	66.52	2008	1	86.1	64.60
	2	77.2			5	74.4			2	36.9	
	5	52.5			9	61.4			3	69.3	
	10	72.0			16	71.0			11	66.1	
	19	32.9			25	42.2					
	28	47.4									
전체 평균 정답률(%)						58.94					

수와 연산 영역의 29문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2004년의 19번으로, 이진법으로 나타낸 수와 십진법으로 나타낸 수에서 자릿값의 크기를 찾는 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 각 답지의 수를 하나의 진법으로 통일하여야 한다. 이로부터 중학교 3학년 학생이 이진법을 통해 십진법의 체계를 되돌아보고 자리잡기의 원리를 이해하는 데 어려움을 가지고 있음을 알 수 있다. 이는 십진법과 이진법의 구조가 동일하다는 점을 파악하게 함으로써 이진법의 자리 수에 대한 이해를 도울 수 있는 지도의 필요성을 시사한다.

<2004년 19번> 다음 밑줄 친 숫자가 나타내는 수 중에서 가장 큰 값을 나타내는 것은? ① $\underline{1}1100_{(2)}$ ② $\underline{1}011_{(2)}$ ③ $\underline{1}0$ ④ $7\underline{9}$ ⑤ $3\underline{2}1$					
답지 반응 분포(₩%)	①	②	③	④	⑤
	45.2	5.7	4.5	11.4	32.9

도형 영역

중학교 3학년 학생의 도형 영역에 대한 학업성취도는 <표 10>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 28.3% ~ 92.1%로, 연도별 평균 정답률 분포는 49.66% ~ 69.42%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 중학교 3학년 학생을 대상으로 도형 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 38문항에 대한 전체 평균 정답률은 59.89%이었다.

표 10: 중학교 3학년 학생의 연도별 도형 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	23	36.5	49.66	2005	4	92.1	69.42	2007	8	76.1	63.91
									10	68.0	
	27	40.7			12	81.7			13	83.6	
	28	57.9			19	64.2			15	56.9	
	29	68.3			22	54.9			19	60.1	
									23	55.4	
	30	44.9			23	54.2			29	47.3	
2004	3	91.4	55.30	2006	2	84.3	55.91	2008	6	69.3	64.93
	4	54.0			10	51.9			7	77.8	
	13	50.5			13	50.1			8	69.1	
	15	50.1			15	57.7			9	84.8	
	23	61.4			23	45.6			10	57.0	
	26	51.4			27	54.4			15	50.0	
	30	28.3			29	47.4			29	46.5	
전체 평균 정답률(%)						59.89					

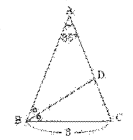
도형 영역의 28문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2004년의 30번으로, 도형의 닮음을 이용하여 해를 구하는 문제이다. 두 삼각형이 닮음이라는 것이 풀이 과정에서 제시되어 있으므로, 선분 CD의 길이를 구하기 위해서는 닮음인 도형의 길이의 비가 같음을 비례식으로 세우고 이차방정식을 풀어야 한다. 이로부터 이 문제를 해결하지 못한 대부분의 학생이 비례식을 세우는 과정이나 이차방정식 풀이 과정에서 오류를 범했음을 추측할 수 있다.

<2004년 30번> 영희는 문제를 다음과 같이 풀다가 중간에 그만 두었다. 이 풀이에 이어 계속 문제를 풀어 $\overline{CD}$의 길이를 구하면?

이등변삼각형 ABC에서 $\angle A = 36^\circ$이므로 한 밑각의 크기는 $\frac{180^\circ - 36^\circ}{2} = 72^\circ$이다.

또한, $\angle ABD = \angle DBC = \frac{72^\circ}{2} = 36^\circ$이므로 $\triangle ABC \sim \triangle BCD$ (AA 닮음)이다.

?



① $\frac{-3+3\sqrt{5}}{2}$ ② $\frac{-3+4\sqrt{5}}{2}$ ③ 6 ④ $\frac{-3+\sqrt{5}}{2}$ ⑤ $\frac{-2+\sqrt{5}}{2}$

답지 반응 분포(₩%)	①	②	③	④	⑤
	28.3	23.8	10.6	27.2	9.5

측정 영역

중학교 3학년 학생의 측정 영역에 대한 학업성취도는 <표 11>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 16.1% ~ 80.7%로, 연도별 평균 정답률 분포는 38.90% ~ 74.80%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 중학교 3학년 학생을 대상으로 측정 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 21문항에 대한 전체 평균 정답률은 51.99%이었다.

표 11: 중학교 3학년 학생의 연도별 측정 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	5	27.2	38.90	2005	13	73.1	45.76	2007	3	79.2	65.90
	24	47.8			24	39.3			22	52.9	
	25	47.7			25	59.0			28	65.6	
	26	32.9			26	41.3					
					27	16.1					
2004	6	75.9	74.80	2006	12	51.9	44.37	2008	12	52.8	50.73
	14	80.7			26	40.0			13	48.1	
	16	67.8			28	41.2			22	51.3	
전체 평균 정답률(%)						51.99					

측정 영역의 21문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2005년의 27번으로, 근삿값의 표현을 이해하고 있는지를 측정하는 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 $a \times \frac{1}{10^n}(0 \le a < 1,\ n = 1, 2, \cdots)$로 나타내어진 근삿값에서 유효숫자를 파악할 수 있어야 한다. 그러나 오답지 ②와 ③의 선택률이 정답률보다 약 2배 이상 더 높은 것으로 나타났다. 이로부터 약 80% 이상의 학생이 근삿값의 표현에 익숙하지 않음을 알 수 있다. 근삿값은 과학에서 양을 재고 표현할 때 사용되는 등 도구적 성격이 강하므로, 학생이 근삿값을 암기할 내용으로 인식하기보다 근삿값의 필요성과 오차 개념의 중요성을 이해할 수 있도록 지도할 필요가 있다.

<2005년 27번> 정연이가 과학 실험에서 어떤 물질의 질량을 재었더니 $3.0 \times \frac{1}{10^2}$(g)이었다. 정연이는 소수점 아래 몇째 자리에서 반올림했을까?

① 첫째 자리 ② 둘째 자리 ③ 셋째 자리 ④ 넷째 자리 ⑤ 다섯째 자리

답지 반응 분포(W%)	①	②	③	④	⑤
	9.2	39.8	31.7	16.1	3.1

확률과 통계 영역

중학교 3학년 학생의 확률과 통계 영역에 대한 학업성취도는 <표 12>와 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 24.2% ~ 79.5%로, 연도별 평균 정답률 분포는 48.90% ~ 62.42%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 중학교 3학년 학생을 대상으로 확률과 통계 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 29문항에 대한 전체 평균 정답률은 58.82%이었다.

확률과 통계 영역의 29문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2003년의 22번으로, 학생

표 12: 중학교 3학년 학생의 연도별 확률과 통계 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	19	61.3	48.90	2005	3	73.7	60.54	2007	5	48.4	62.42
	20	45.1			11	67.6			7	76.8	
	21	65.0			15	52.6			9	72.9	
	22	24.2			21	53.8			21	68.5	
					29	55.0			27	45.5	
2004	7	55.4	58.12	2006	8	54.9	59.70	2008	5	64.5	61.28
	8	79.5			11	69.1			18	72.9	
	17	71.7			19	50.4			19	75.6	
	25	33.5			21	67.1			26	45.4	
	29	50.5			22	57.0			27	48.0	
전체 평균 정답률(%)						58.82					

에게 익숙한 상황 속에서 확률을 구하는 문제로 조건부 확률의 성격을 내포하고 있다. 조건부 확률은 중학교에서 본격적으로 다루어지지 않지만 확률의 정의와 곱을 응용하여 해결할 수 있을 것으로 예측되어 출제되었다. 그러나 학생은 A와 B 가게의 메뉴를 합하면 9가지이고 그 중에서 A의 치즈버거를 먹는 것으로 생각하여 오답지 ④를 정답지보다 더 많이 선택한 것으로 보인다. 이로부터 학생이 확률의 정의에서 '모든' 경우의 수를 고려하는 데 집중하게 되어 오류가 나타난 것으로 해석할 수 있다.

<2003년 22번> 현준이네 동네에는 햄버거 가게 A, B가 나란히 있다. 두 가게의 메뉴가 다름과 같을 때, 현준이가 가게 A에서 치즈버거를 사 먹을 확률은? (단, 현준이가 가게 A를 이용할 가능성과 가게 B를 이용할 가능성이 같고, 각 햄버거를 좋아하는 정도도 같다.)

A	B
불고기버거	불고기버거
치즈버거	치즈버거
새우버거	크랩버거
김치버거	라이스버거
	치킨버거

① $\frac{1}{2}$ ② $\frac{1}{4}$ ③ $\frac{1}{8}$ ④ $\frac{1}{9}$ ⑤ $\frac{1}{20}$

답지 반응 분포(₩%)	①	②	③	④	⑤
	8.5	13.4	24.2	36.2	0.1

문자와 식 영역

중학교 3학년 학생의 문자와 식 영역에 대한 학업성취도는 <표 13>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 26.1% ~ 85.6%로, 연도별 평균 정답률 분포는 57.58% ~ 66.86%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 중학교 3학년 학생을 대상으로 문자와 식 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 37문항에 대한 전체 평균 정답률은 61.69%이었다.

문자와 식 영역의 37문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2004년의 27번으로, 복잡한 연립방정식을 풀 수 있는지를 측정하는 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 연립방정식의 해의 뜻을 알고, 계수가 소수일 경우와 분수일 경우의 연립방정식을 풀 수 있어야 한다. 이로부터 학생에게 간단한 연립방정식의 풀이뿐만 아니라 응용된 문제를 해결할 수 있는 전략을 지도할 필요가 있음을 알 수 있다.

표 13: 중학교 3학년 학생의 연도별 문자와 식 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	8	60.7	57.58	2005	1	85.6	66.63	2007	1	83.2	60.01
	9	70.6			6	69.0			4	60.2	
	10	52.6			7	71.7			6	57.1	
	11	61.4			8	64.0			14	66.9	
	12	45.9			14	70.0			16	82.3	
	13	54.3			16	63.5			25	39.3	
					28	42.6			26	31.1	
2004	9	84.8	58.40	2006	3	64.6	58.15	2008	4	59.9	66.86
	18	57.9			4	81.5			14	69.3	
	20	64.8			6	57.4			16	68.6	
	27	26.1			14	63.9			20	81.2	
					18	43.0			21	67.6	
					20	38.5			23	69.1	
									24	52.3	
전체 평균 정답률(%)				61.69							

<2004년 27번> 세연이와 정균이는 서로 다른 연립방정식을 풀었는데, 해가 같았다고 한다. 다음 세연이와 정균이의 문제에서 $a-b$의 값을 구하면?

• 세연이의 문제 $\begin{cases} 0.4x+0.3y=0.5 \\ ax+y=5 \end{cases}$ • 정균이의 문제 $\begin{cases} 2x+by=7 \\ \frac{1}{4}x-\frac{1}{2}y=1 \end{cases}$

① −3 ② 0 ③ 1 ④ 3 ⑤ 6

답지 반응 분포(%)	①	②	③	④	⑤
	9.6	14.8	24.4	24.8	26.1

규칙성과 함수 영역

중학교 3학년 학생의 규칙성과 함수 영역에 대한 학업성취도는 <표 14>와 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 23.6% ~ 81.9%로, 연도별 평균 정답률 분포는 36.84% ~ 54.13%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 중학교 3학년 학생을 대상으로 규칙성과 함수 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 26문항에 대한 전체 평균 정답률은 49.18%이었다.

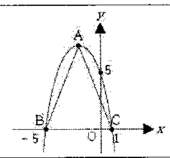
규칙성과 함수 영역의 26문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2003년의 17번으로, 이차함수를 활용하여 문제를 해결할 수 있는지를 측정하는 것이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 이차함수식을 구한 다음 꼭짓점을 구하는 형태로 바꾸고 삼각형의 넓이를 구하는 단계를 거쳐야 한다. 이로부터 학생에게 조건을 만족시키는 이차함수식을 구하는 전략뿐만 아니라 다른 영역과 연결시킨 응용문제를 해결할 수 있는 전략을 지도할 필요가 있음을 알 수 있다.

표 14: 중학교 3학년 학생의 연도별 규칙성과 함수 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	14	37.9	36.84	2005	2	81.9	54.13	2007	12	53.9	51.95
	15	39.4			17	51.5			17	61.7	
	16	40.2			18	46.2			20	51.4	
	17	23.6			30	36.9			30	40.8	
	18	43.1									
2004	11	56.5	52.16	2006	7	53.0	52.40	2008	17	53.5	49.95
	12	55.8			17	62.6			25	40.9	
	21	41.3			24	50.2			28	47.7	
	22	59.5			30	43.8			30	57.7	
	24	47.7									
전체 평균 정답률(%)						49.18					

<2003년 17번> 오른쪽 그림은 꼭지점이 A이고, x축과의 교점이 B$(-5,0)$, C$(1,0)$인 이차함수의 그래프이다. $\triangle$ABC의 넓이를 구하면?

① 18 ② 21 ③ 24 ④ 27 ⑤ 30



답지 반응 분포(W%)	①	②	③	④	⑤
	11.8	31.4	25.1	23.6	7.9

위에서 비교 · 분석한 2003년부터 2008년까지의 학업성취도 평가 결과를 토대로 내용 영역별 중학교 3학년 학생의 학업성취도를 요약 · 정리하면 다음과 같다. 수와 연산 영역의 전체 평균 정답률은 58.94%, 도형 영역은 59.89%, 측정 영역은 51.99%, 확률과 통계 영역은 58.82%, 문자와 식 영역은 61.69%, 규칙성과 함수 영역은 49.18%로, 중학교 3학년 학생은 문자와 식 영역에서 학업성취도가 가장 높고 규칙성과 함수 영역에서 학업성취도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 초등학생과는 달리 중학생이 문자와 식 영역에서 학업성취도가 낮지 않은 이유는 문제해결에 초점을 맞추는 초등학교 과정에서와는 달리 중학교 과정에서 문자와 식에 관한 수학적 개념과 절차를 다루고 있기 때문으로 보인다. 반면에 중학생은 중학교에서 새롭게 도입되는 함수의 개념을 이해하는 데 어려움이 있기 때문에 규칙성과 함수 영역에서 학업성취도가 가장 낮은 것으로 해석된다. 이는 중학교 3학년 학생의 학업성취도를 향상시키기 위해서는 규칙성과 함수 영역의 지도에 세심한 주의가 필요함을 시사한다.

3.3 고등학교 내용 영역별 학업성취도 비교 분석

수와 연산 영역

고등학교 1학년 학생의 수와 연산 영역에 대한 학업성취도는 <표 15>와 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 29.5% ~ 87.8%로, 연도별 평균 정답률 분포는 39.74% ~ 64.52%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 고등학교 1학년 학생을 대상으로

표 15: 고등학교 1학년 학생의 연도별 수와 연산 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	7	29.5	39.74	2005	1	52.9	63.76	2007	1	82.9	55.32
	8	41.0			3	67.2			4	41.5	
	9	48.1			8	87.8			5	47.3	
	22	34.5			14	45.7			7	45.4	
	23	45.6			15	65.2			15	59.5	
2004	1	66.1	55.92	2006	1	68.4	64.52	2008	1	66.2	55.28
	2	86.3			2	84.5			2	58.8	
	5	59.4			7	68.8			3	65.4	
	11	45.9									
	23	37.9			14	52.4			5	46.0	
	24	39.9			15	48.5			15	40.0	
전체 평균 정답률(%)						55.76					

수와 연산 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 31문항에 대한 전체 평균 정답률은 55.76% 이었다.

수와 연산 영역의 31문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2003년의 7번으로, 주어진 문장의 참 또는 거짓을 판별하는 문제이다. 답지 반응 분포에서 3의 배수 집합과 6의 배수 집합의 포함관계나 차집합에 대한 이해가 부족하다는 것을 알 수 있다. 이는 기초적인 배수, 정삼각형, 이등변삼각형, 차집합 등과 같은 용어에 대한 학생의 개념적인 이해가 이루어져야 함을 시사한다.

<2003년 7번> <보기>에서 참인 명제를 모두 고르면?

Ⅰ. 3의 배수이면 6의 배수이다.
Ⅱ. 정삼각형은 이등변삼각형이다.
Ⅲ. 두 집합 A, B에 대하여 $A-B=\varnothing$이면 $A=B$이다.

① Ⅰ ② Ⅱ ③ Ⅲ ④ Ⅰ, Ⅱ ⑤ Ⅱ, Ⅲ

답지 반응 분포(W%)	①	②	③	④	⑤
	8.0	**29.5**	11.3	23.9	27.0

도형 영역

고등학교 1학년 학생의 도형 영역에 대한 학업성취도는 <표 16>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 33.4% ~ 71.6%로, 연도별 평균 정답률 분포는 48.50% ~ 56.66%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 고등학교 1학년 학생을 대상으로 도형 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 45문항에 대한 전체 평균 정답률은 52.59%이었다.

도형 영역의 45문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2007년의 26번으로, 두 원의 위치 관계[5]에 대한 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 원의 방정식을 이해와 함께 논리적인

5) 두 원의 위치 관계는 2007년 수학과 개정 교육과정에서 중학교 1학년의 평면도형의 성질 내용으로 포함되어 있다.

표 16: 고등학교 1학년 학생의 연도별 도형 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	4	70.5	48.50
	15	57.5	
	16	45.8	
	17	39.0	
	18	42.7	
	27	35.5	
2004	7	71.5	56.66
	8	58.4	
	12	57.8	
	13	68.6	
	14	52.9	
	21	47.7	
	25	39.7	
2005	5	59.9	51.25
	13	67.0	
	16	49.9	
	17	37.9	
	19	39.6	
	20	58.1	
	26	48.3	
	30	49.3	
2006	4	61.7	50.80
	12	62.7	
	17	58.3	
	19	43.4	
	24	49.1	
	27	45.5	
	29	49.5	
	30	36.2	
2007	2	71.6	54.01
	8	69.1	
	14	62.4	
	16	45.2	
	17	51.5	
	24	53.9	
	26	33.4	
	30	45.0	
2008	7	59.3	53.79
	8	68.5	
	9	54.9	
	13	49.3	
	14	45.9	
	16	52.3	
	19	42.7	
	24	57.4	
전체 평균 정답률(%)			52.59

이해가 필요하다. 이로부터 고등학교에서 처음으로 도입되는 원의 방정식에 대한 이해를 바탕으로 비정형적인 문제를 해결할 수 있는 능력을 향상시키기 위해서 논리적인 이해력을 길러줄 수 있는 교수 · 학습이 필요함을 알 수 있다.

<2007년 26번> 두 원 $(x+1)^2+y^2=1$, $x^2+y^2-6x-6y+2=0$의 공통접선의 개수는?
① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4

답지 반응 분포(W%)	①	②	③	④	⑤
	7.9	15.9	29.2	33.4	13.3

측정 영역

고등학교 1학년 학생의 측정 영역에 대한 학업성취도는 <표 17>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 23.3% ~ 65.2%로, 연도별 평균 정답률 분포는 39.70% ~ 52.05%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 고등학교 1학년 학생을 대상으로 측정 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 18문항에 대한 전체 평균 정답률은 47.67%이었다.

측정 영역의 18문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2006년의 8번으로, 조건을 만족시키는 부등식의 영역에서 최댓값을 구하는 문제이다. 이 문제는 교과서에서 다루는 전형적인 식의 최댓값을 구하게 하고 있다. 이로부터 고등학교 1학년 과정에서 처음 도입되는 부등식의 영역에서 식의 최댓값과 최솟값을 구하는 응용문제를 다루어 볼 기회를 많이 제공할 필요가 있음을 알 수 있다.

표 17: 고등학교 1학년 학생의 연도별 측정 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	5	59.4	52.05	2005	7	46.1	48.17	2007	22	41.5	43.55
	26	65.2			18	40.7			23	45.6	
	28	51.6			21	57.7					
	29	32.0									
2004	9	58.7	50.20	2006	8	23.3	39.70	2008	21	49.1	49.20
	15	43.3			21	47.2			22	49.3	
	16	62.6			22	48.6					
	26	36.2									
전체 평균 정답률(%)						47.67					

<2006년 8번> 좌표평면 위에서 원점 O에 대하여 점 $P(x, y)$가 $\overline{OP} \le 1$을 만족할 때, $3x-4y$의 최댓값은?
① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

답지 반응 분포(₩%)	①	②	③	④	⑤
	17.0	14.6	21.1	23.4	23.3

확률과 통계 영역

고등학교 1학년 학생의 확률과 통계 영역에 대한 학업성취도는 <표 18>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 20.3% ~ 80.1%로, 연도별 평균 정답률 분포는 32.45% ~ 60.55%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 고등학교 1학년 학생을 대상으로 확률과 통계 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 17문항에 대한 전체 평균 정답률은 51.72%이었다.

표 18: 고등학교 1학년 학생의 연도별 확률과 통계 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	3	48.5	56.65	2005	6	80.1	54.10	2007	6	71.9	60.55
	13	49.1			22	54.1			27	49.2	
	14	69.3			29	28.1					
	25	59.7									
2004	6	43.5	50.25	2006	6	74.0	51.65	2008	11	44.6	32.45
	17	53.4			9	29.3			30	20.3	
	18	61.7									
	27	42.4									
전체 평균 정답률(%)						51.72					

학업성취도 평가가 10월에 시행됨으로 인하여 고등학교 확률과 통계 영역의 문제는 모두 중학교 과정에서 다루었던 문제들로 이루어져 있다. 이러한 관점에서 중학교 확률과 통계 영역의 전체 평균 정답률인 58.82%와 비교해 볼 때 다소 더 낮아졌음을 알 수 있다. 이는 학생이 어느 수학적 내용을 학습한 시점에서 멀어질수록 동일한 문제를 해결하는 데 상대적으로 더 어려움을 가지는 것을 시사한다. 따라서 중요한 수학적 개념을 학생에게 반복하여 인식시켜 주어야 할 필요가 있다.

표 19: 고등학교 1학년 학생의 연도별 문자와 식 영역 문항 정답률

연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)	연도	문항 번호	정답률 (%)	평균 정답률(%)
2003	1	66.0	58.52	2005	2	68.4	52.14	2007	3	72.8	50.30
	2	76.6			9	58.8			10	56.0	
	10	53.5			10	53.6			11	52.5	
	11	57.8			11	49.3			13	52.1	
	12	54.6			12	48.3			18	47.4	
	24	42.6			24	44.2			19	32.7	
					25	42.4			21	50.5	
									25	56.0	
									29	32.7	
2004	3	47.3	40.77	2006	3	82.2	52.57	2008	4	62.5	56.22
	4	45.7			5	66.6			6	72.6	
	19	48.5			10	50.2			10	60.2	
	20	47.3			11	55.4			17	48.4	
	28	30.6			18	38.3			18	55.6	
	29	25.2			23	35.0			23	62.9	
					25	40.3			25	54.2	
									26	49.6	
									29	40.0	
전체 평균 정답률(%)						51.99					

문자와 식 영역

고등학교 1학년 학생의 문자와 식 영역에 대한 학업성취도는 <표 19>와 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 25.2% ~ 82.2%로, 연도별 평균 정답률 분포는 40.77% ~ 58.52%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 고등학교 1학년 학생을 대상으로 문자와 식 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 44문항에 대한 전체 평균 정답률은 51.99%이었다.

문자와 식 영역의 44문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2004년의 29번으로, 이차방정식의 두 근과 계수의 관계를 이용하는 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 부등식을 만족시키는 자연수 를 구하여 근과 계수의 관계 및 3차식의 인수분해 공식을 적용할 수 있어야 한다. 이 문제에서는 주어진 부등식의 인수분해가 다소 까다로웠기 때문에 부등식을 만족하는 자연수를 구하는 과정에서 학생이 어려워한 것이라 해석해 볼 수 있다.

<2004년 29번> 부등식 $3a^2-a-10<0$을 만족하는 자연수 a에 대하여 x의 이차방정식 $x^2+2ax+a-5=0$의 두 근을 α, β라 할 때, $\alpha^3+\beta^3$의 값은?

① -32 ② -27 ③ 27 ④ 28 ⑤ 32

답지 반응 분포(₩%)	①	②	③	④	⑤
	25.2	18.7	20.7	13.0	13.0

규칙성과 함수 영역

고등학교 1학년 학생의 규칙성과 함수 영역에 대한 학업성취도는 <표 20>과 같다. 2003년부터 2008년까지 평가된 문항 전체의 정답률 분포는 25.3% ~ 70.4%로, 연도별 평균 정답률 분포는 42.48% ~ 49.58%로 나타났다. 2008년까지 6년 동안 고등학교 1학년 학생을 대상으로 규칙성과 함수 영역의 학업성취도를 측정하기 출제된 24문항에 대한 전체 평균 정답률은 46.28%이었다.

표 20: 고등학교 1학년 학생의 연도별 규칙성과 함수 영역 문항 정답률

연도	문항번호	정답률(%)	평균 정답률(%)	연도	문항번호	정답률(%)	평균 정답률(%)	연도	문항번호	정답률(%)	평균 정답률(%)
2003	6	47.5	48.16	2005	4	60.9	49.58	2007	9	39.0	46.73
	19	53.1			23	47.1			12	52.2	
	20	49.9			27	48.7			20	70.4	
	21	55.3			28	41.6			28	25.3	
	30	35.0									
2004	10	60.9	45.20	2006	13	55.5	44.80	2008	12	59.7	42.48
	22	46.0			16	51.7			20	44.7	
	30	28.7			20	44.6			27	33.2	
					28	27.4			28	32.3	
전체 평균 정답률(%)					46.28						

규칙성과 함수 영역의 24문항 중에서 정답률이 가장 낮은 문항은 2007년의 28번으로, 중학교 3학년에서 학습한 이차함수의 그래프의 성질을 이해하고 이차함수의 최대와 최소를 바탕으로 옳은 설명을 찾는 문제이다. $x=2$에서 최댓값 3을 가진다는 조건을 이용하여 3개의 미지수에 대한 성질을 추론해야 하고, 세 개의 성질 중에서 옳은 것을 모두 정확하게 찾아야 하기 때문에 학생이 어려워한 것으로 해석된다.

<2007년 28번> 실수 전체의 집합에서 정의된 이차함수 $y=ax^2+bx+c$가 $x=2$에서 최댓값 3을 가질 때, <보기>에서 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. $a<0$ ㄴ. $4a+b=0$ ㄷ. $4a-c=-3$

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답지 반응 분포(W%)	①	②	③	④	⑤
	12.8	13.5	25.4	22.4	25.3

위에서 비교 · 분석한 2003년부터 2008년까지의 학업성취도 평가 결과를 토대로 내용 영역별 고등학교 1학년 학생의 학업성취도를 요약 · 정리하면 다음과 같다. 수와 연산 영역의 전체 평균 정답률은 55.76%, 도형 영역은 52.59%, 측정 영역은 47.67%, 확률과 통계 영역은 51.72%, 문자와 식 영역은 51.59%, 규칙성과 함수 영역은 46.28%로, 고등학교 1학년 학생은 수와 연산 영역에서 학업성취도가 가장 높고, 중학교 3학년 학생과 마찬가지로 규칙성과 함수 영역에서 학업성취도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이로부터 중학교 과정에서부터 가지고 있는 함수 개념의 이해에 대한 어려움이 여전히 유지되고 있음을 알 수 있다. 이는 고등학교 1

학년 학생의 학업성취도를 향상시키기 위해서는 중학교 과정에서부터 규칙성과 함수 영역에 대한 개념 지도에 초점을 맞추어 지도하고 고등학교 과정에서도 이 영역에 대한 학생의 이해를 돕기 위한 교수 · 학습 전략이 고려되어야 할 필요가 있음을 시사한다.

4 결론

학업성취도 평가는 국가수준에서 우리나라 초 · 중 · 고등학교의 교육성취 정도를 종합적으로 평가하여 여러 가지 교육정책에 필요한 구체적이고 실증적인 자료를 산출함을 목적으로 한국교육과정평가원이 시행하는 대규모 평가이다. 특히 학업성취도 평가 결과를 추이분석을 위한 기준을 2003년으로 설정하고 동등화를 위해 매년 가급적 동일한 난이도를 유지하기 위해 노력하고 있다. 따라서 이러한 학업성취도 결과를 다양한 측면에서 조명한다면 우리나라 초 · 중 · 고등학생의 학업성취도에 대한 실제적인 정보를 탐색하여 교수 · 학습에 활용할 수 있을 것이다. 이러한 점에 착안하여 이 연구에서는 지난 2003년부터 2008년까지 실시된 수학과 학업성취도 평가 결과를 종합하여 내용 영역별 초 · 중 · 고등학생의 학업성취도를 비교 분석함으로써 효과적인 교수 · 학습을 위한 시사점을 도출하였다. 초 · 중 · 고등학생의 학업성취도를 내용 영역별로 비교 분석한 연구 결과 및 시사점을 간략하게 정리하면 다음과 같다.

먼저, 초등학교 6학년의 경우 내용 영역별 전체 평균 정답률을 토대로 학생이 가장 어려워하는 내용 영역은 문자와 식 영역으로 나타났다. 다음으로 어려워하는 내용 영역은 측정 영역임을 알 수 있었다. 이는 문제해결 전략을 선택하고 적용하거나 문제해결 과정의 타당성을 검토하는 등의 다소 복잡한 수학적 사고가 필요한 문자와 식 영역의 지도와 여러 가지 도형의 넓이와 부피를 구하기 위해 추론과 수학 공식이 필수적인 측정 영역의 지도에 좀 더 세심한 주의를 기울여야 함을 시사한다.

다음으로, 중학교 3학년의 경우 내용 영역별 전체 평균 정답률을 토대로 학생이 가장 어려워하는 내용 영역은 규칙성과 함수 영역으로 나타났다. 다음으로 어려워하는 영역은 초등학생과 마찬가지로 측정 영역이었다. 이는 중학교에서 새롭게 도입되는 함수의 개념을 이해시키는 데 중점을 두어 지도해야 함을 시사한다. 동시에 초등학교에서부터 추론과 여러 가지 공식을 활용하는 측정 영역에서 여전히 어려움이 지속되고 있으므로 측정 영역에 대한 지도가 초등학교에서부터 집중적으로 이루어져야 하고 중학교에서도 필요한 공식은 반복적으로 다룸으로써 학생이 익숙해지도록 다루어 줄 필요가 있음을 시사한다.

마지막으로, 고등학교 1학년의 경우 내용 영역별 전체 평균 정답률을 토대로 학생이 가장 어려워하는 내용 영역은 중학생과 마찬가지로 규칙성과 함수 영역으로 나타났다. 다음으로 어려워하는 영역은 초 · 중학생과 마찬가지로 측정 영역으로 나타났다. 이로부터 초등학교와 중학교에서 이루어지는 선수학습의 중요성을 알 수 있다. 이는 새로운 수학적 개념이나 성질을 처음으로 다루는 단계에서부터 학생의 이해를 돕기 위한 효과적인 교수 · 학습 전략을

도입하여 지도하는 데 주력할 필요가 있음을 시사한다.

이 연구에서는 다년간 이루어진 국가수준 수학과 학업성취도 평가 결과를 종합하여 보고서에서 다루지 않은 다른 측면을 고찰함으로써 교수·학습이 이루어지는 동안 교사가 좀 더 주의를 기울일 필요가 있는 측면에 대한 정보를 제공하였다. 2003년을 기점으로 하여 해마다 동등한 검사지를 구성하고 내용 영역별로 난이도를 고르게 출제하도록 가급적 노력하고 있는 것을 고려할 때, 6년 동안 이루어진 평가 결과를 내용 영역별로 분류하여 살펴본 전체적인 경향 분석은 의미가 있을 것이다. 풍부하고 유용한 자료를 제공하고 있는 학업성취도 평가 결과를 다양한 측면에서 분석함으로써 효과적인 교수·학습을 위한 시사점을 도출하는 노력이 계속적으로 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

1. 교육부, 수학과 교육과정, 서울: 대한교과서주식회사, 1997.
2. 고정화·도종훈·이학렬·조지민·김명화·최인봉·송미영·김수진, 2006년 국가수준 학업성취도 평가 연구 -수학-, 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2007-3-4, 2007.
3. 고정화·서보억·이학렬·양길석·송미영·최인봉·김희경·유진은, 2007년 국가수준 학업성취도 평가 연구 -수학-, 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2008-5-3, 2008.
4. 김명숙·노국향·박정·부재율··양길석, 국가수준 교육성취도 평가 방안 연구, 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 98-8, 1998.
5. 김명숙·황혜정·최승현·이명희·강운선·박선미·김재춘·박정·설현수. 국가수준 교육성취도 평가 연구 II : 사회·수학 영역 예비 문항 개발 및 현장 적용 연구. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 99-9-1. 1999.
6. 김선희·고정화·조영미·구자형·이양락·구자형·이양락·조지민·송미영·시기자·김수진, 2004년 국가수준 학업성취도 평가 연구 -수학-, 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2005-1-4, 2005.
7. 김선희·권점례·고정화·김경리·조지민·박정·김수진, 2005년 국가수준 학업성취도 평가 연구 -수학-, 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2006-1-3, 2006.
8. 김성숙·백순근·채선희, 1998년도 초·중·고 학업성취도 평가 연구, 한국교육과정평가원, 1998.
9. 노국향·박정·부재율, 국가수준 교육성취도 평가 방안 연구, 한국교육과정평가원, 1998.
10. 이봉주·권점례·최익준·정은영·최인봉·김희경·김소영·유진은, 2008년 국가수준 학업성취도 평가 연구 -수학-, 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2009-9-3, 2009.
11. 이봉주·조영미·도종훈·나귀수·이윤주·정구향·채선희·김경희·김재철·손원숙·이교희, 2002년 국가수준 교육성취도 평가 연구(II), 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2003-1-4, 2003.
12. 조영미·이대현·이봉주·구자형·정구향·김경희·김재철·반재천·민경석, 2003년 국가수준 학업성취도 평가 연구 -수학-, 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2004-1-4, 2004.
13. A. Hughes, *Testing for language teachers*, Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
14. NAGB, *Background information framework for the national assessment of educational progress*, National Assessment Governing Board, U.S.: Department of Education, 2003.
15. NAGB, *Science framework for the 2005 national assessment of national progress*, National Assessment Governing Board, U.S.: Department of Education, 2004.

16. NAGB, *No Child Left Behind Act of 2001*,. Retrieved September, 2005, from the World Wide Web: http://www.nagb.org, 2005.
17. R. W. Tyler, Specific approaches to curriculum development. In H. A. Giroux, A. N. Penna, & W. Pinar (Eds), *Curriculum and instruction* (pp. 17-30). Berkeley, CA: McCutchan Publishing Co, 1981.

이봉주 한국교육과정평가원
Korea Institute for Curriculum and Evaluation
E-mail: yibongju@kice.re.kr