교육과정평가연구
The Journal of Curriculum and Evaluation
2018, Vol. 21, No. 4, pp. 151～176

2016년 국가수준 학업성취도 평가 결과에서 나타난 고등학생의 수학 학업 특성 분석1)

김 성 경(한국교육과정평가원 부연구위원)*

<요 약>

본 연구는 2009 개정 수학과 교육과정을 토대로 출제된 2016년 국가수준 학업성취도 평가의 고등학교 수학과 평가 결과를 분석하여 학생들의 학업 특성을 살펴보고 교수·학습에의 시사점을 도출하고자 하였다. 이를 위해 첫째, 2016년 고등학교 수학과의 검사 도구를 소개하고 학업성취도 점수, 성취수준별 비율, 내용 영역별 정답률, 성취수준별 대표문항을 중심으로 전반적인 평가 결과를 살펴보았다. 둘째, 7개의 내용 영역별로 상세한 평가 결과를 제시하였다. 서답형 문항의 경우 다양한 답안 유형이 나타난 문항을 중심으로 분석 결과를 제시하였다. 연구 결과는, 첫째, ‘보통학력’ 수준(47.63%)에 해당하는 학생의 비율이 가장 높았고, ‘기초학력’과 ‘기초학력 미달’에 해당하는 학생이 약 20%에 이르렀다. 둘째, 성취수준별 대표문항을 살펴본 결과, 우수학력 수준의 대표문항은 모든 내용 영역에 고르게 분포되었으나, 보통학력 대표문항은 ‘방정식과 부등식’, ‘집합과 명제’, ‘수열’ 영역에서 나타났고, 기초학력 대표문항은 ‘다항식’, ‘집합과 명제’ 영역에서만 나타났다. 셋째, 내용 영역별 정답률을 살펴본 결과 ‘다항식’ 영역에서의 정답률이 가장 높았고, ‘함수’ 영역에서의 정답률이 가장 낮았다. 넷째, 방정식과 부등식 영역에서 ‘이차함수와 이차방정식의 관계’, ‘이차함수와 이차부등식의 관계’는 방정식과 부등식 영역의 다른 성취기준에 비해 학생들이 어려워하는 내용이었다. 다섯째, 도형의 방정식 영역에서 ‘원과 직선의 위치 관계’에 대한 학생들의 성취가 낮았다. 마지막으로 함수 영역에서 합성함수의 역함수를 구하는 서술형 문항에 대한 분석 결과, 합성함수의 역함수를 표현하는 과정에서 기호를 정확하게 사용하지 못한 경우, 역함수의 성질을 옳게 적용하지 못한 경우, 역함수를 옳게 구하지 못한 경우가 대표적인 오답의 유형으로 확인되었다.

주제어 : 국가수준 학업성취도 평가, 성취기준, 2009 개정 수학과 교육과정

1) 이 연구는 한국교육과정평가원에서 수행한 “2016년 국가수준 학업성취도 평가 결과 분석-수학-”(임해미 외, 2016)의 내용 중 일부를 토대로 재분석한 것임.

* 제1저자 및 교신저자, kimsk@kice.re.kr

Ⅰ. 서론

우리나라에서 국가 수준의 교육과정을 바탕으로 교육의 질을 관리하고 책무성을 점검하는 평가로 국가수준 학업성취도 평가(이하 학업성취도 평가)가 대표적이다. 학업성취도 평가는 1998년 기본 계획이 수립된 이후 시행 시기에 따라 표집 규모, 평가 영역, 대상 등은 조금씩 달랐지만, 국가 교육과정에 제시된 성취기준의 도달 정도를 점검하기 위해 지속적으로 시행되고 있다(이명애 외, 2017). 교육은 의도를 지닌 활동이므로 학생들이 교육 목표에 어느 정도 도달했는지 점검하는 평가는 중요하기 때문이다. 다른 나라에서도 국가 또는 주단위의 평가를 통해 교육의 결과를 모니터링하고 있다. 예컨대 미국의 NAEP(National Assessment of Educational Progress), SBA(Smarter Balanced Assessment), PARCC(Partnership of Assessment Readiness of College and Career), 호주의 NAPLAN(National Assessment Program-Literacy and Numeracy), 뉴질랜드의 NCEA(National Certificates of Educational Achievement), 일본의 전국 학력·학습 상황 조사가 해당된다. 의도한 교육 목표에 학생들이 도달한 정도를 확인하고 그 결과를 교육과정, 교수·학습에 반영함으로써 끊임없이 교육의 질을 관리할 필요가 있다.

학업성취도 평가는 국가 수준의 교육과정에 기반하므로 교육과정이 개정되면 이를 평가에 반영하기 위해 평가틀, 성취기준 등을 개선하고 그에 따라 출제가 이루어진다(노은희 외, 2014; 정은영 외, 2010). 2015년부터 2009 개정 교육과정이 학업성취도 평가에 적용되기 시작하여 현재까지 이르고 있다.[2] 최근 학업성취도 평가의 가장 큰 변화는 일선 학교의 평가 시행에 대한 부담을 줄여주기 위해 2017년부터 전수 시행에서 표집 시행으로 바뀐 것이다(교육부, 2017). 2015년과 2016년의 평가 결과는 전수 시행[3]에서의 결과이므로 2009 개정 교육과정과 관련하여 우리나라 중학교 3학년과 고등학교 2학년 전체의 학업 성취에 대한 직접적인 정보를 제공한다고 볼 수 있다. 수학과의 경우 2009 개정 교육과정이 적용된 이후 학업성취도 평가의 결과에 대한 연구(이인호 외, 2016a; 임해미 외, 2017; 임해미, 2018; 박수민, 이광상, 2017; 이광상, 박수민, 2018)가 일부 이루어졌다. 임해미(2018)는 2015년 학업성취도 평가의 결

2) 2009 개정 교육과정은 2014년에 고등학교 1학년, 2015년에 고등학교 2학년, 2016년에 고등학교 3학년에 적용되어, 고등학교 2학년을 평가 대상으로 하는 학업성취도 평가에서는 2015년부터 2009 개정 교육과정을 반영하였다.

3) 전수 시행 시 학업성취도 평가는 중학교의 경우 모든 학교를 대상으로 하였고, 고등학교의 경우 일반고, 자율고, 특수목적고, 특성화고, 특수학교를 대상으로 하였으며, 특성화고(직업계열), 산업체고, 영재학교 등의 일부 학교는 대상에서 제외하였다(교육부, 2015a; 교육부, 2016).

과를 바탕으로 중학교 3학년의 수학과 교육과정 성취기준에 대한 이해도를 분석하였고, 박수민, 이광상(2017), 이광상, 박수민(2018)은 같은 해의 평가 결과로부터 고등학생들의 서답형 답안을 유형화하는 연구를 수행하였다. 2007 개정 교육과정을 기반으로 출제된 수학과의 평가에서 초등학생(조윤동, 고호경, 2012; 조윤동, 이광상, 2014; 조윤동, 조성민, 최인선, 2013), 중학생(이광상, 조윤동, 2014; 조윤동, 2012; 조윤동, 이광상, 2015), 고등학생(이광상, 2016)이 보인 학업 특성을 분석한 다양한 연구가 진행되었던 점을 고려하면, 2009 개정 교육과정이 적용된 2015년부터의 평가 결과에 대해서도 다각도에서의 연구가 필요하다. 2009 개정 교육과정 적용 이후 고등학생들의 평가 결과와 관련하여 서답형 문항 분석을 중심으로 주로 연구가 진행되었으므로 전반적인 평가 결과에 대한 분석이 이루어질 필요가 있다. 특히 학업성취도 평가의 중요한 목적 중 하나가 교육과정의 성취기준에 도달한 정도를 점검하는 것이므로 성취기준에 초점을 맞춘 연구가 진행되어야 한다.

이에 본 연구에서는 2016년 학업성취도 평가에서 고등학교 수학과 평가 결과를 분석하여 학생들의 학업 특성을 살펴보고 교수·학습에의 시사점을 도출하고자 한다. 이를 위해 첫째, 2016년 고등학교 수학과의 검사 도구를 소개하고 학업성취도 점수, 성취수준별 비율, 내용 영역별 정답률, 성취수준별 대표문항을 중심으로 전반적인 평가 결과를 살펴본다. 둘째, 7개의 내용 영역별로 평가 결과를 상세하게 분석한다. 내용 영역별로 2007 개정 교육과정에서 2009 개정 교육과정으로 바뀌면서 변화된 내용을 분석하고, 교육과정의 학습내용 성취기준 순으로 결과를 요약적으로 제시한다. 이때 교육과정 개정으로 많이 변화된 내용에서 학업 성취 결과를 분석하여 교육과정이 잘 안착되었는지 살피고, 정답률이 높거나 낮은 경우, 특정 학력 수준에서 정답률이 낮은 경우, 학력 수준 간 정답률 차이가 큰 경우 등을 중심으로 분석 결과를 제시한다. 서답형 문항의 경우 학생들의 다양한 답안 유형이 나타난 문항은 상세한 분석 결과를 제시한다. 마지막으로 분석 결과를 토대로 고등학교 수학과에 대한 교수·학습에의 시사점을 도출한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상

2016년 학업성취도 평가는 6월 21일(화)에 시행되었고, 고등학교의 경우 2학년을 대상으로 국어, 수학, 영어 교과에 대해 각각 60분 동안 평가가 진행되었다. 본 연구에서는 수학 교과에 응시한 고등학교 2학년 439,686명의 평가 자료를 활용하였다.

2. 검사 도구

학업성취도 평가에서 수학과는 내용 영역과 행동 영역의 2차원으로 이루어진 평가틀을 지속적으로 사용해왔다. 2009 개정 교육과정이 학업성취도 평가에 적용되기 시작한 2015년부터 고등학교 수학과는 7개의 내용 영역, 4개의 행동 영역으로 이루어진 평가틀을 사용하고 있다. 내용 영역은 '다항식', '방정식과 부등식', '도형의 방정식', '집합과 명제', '함수', '수열', '지수와 로그'로 구성되며, 행동 영역은 '계산', '이해', '추론', '문제해결'을 구성 요소로 한다.

2016년 3월에 평가 대상 학교의 교육과정 이수 현황을 조사하여, 응답한 1,843개교의 내용을 분석하여 시험 범위를 결정하였다(이인호 외, 2016b, pp. 65-66). 고등학교 수학과는 대부분의 학교에서 1학년 과정에 개설하는 2009 개정 수학과 교육과정의 과목 <수학Ⅰ>과 <수학Ⅱ>의 내용을 시험 범위로 하였다. 2016년에는 선다형 29문항, 서답형 4문항으로 총 33문항이 출제되었으며, 서답형의 각 문항은 2개의 하위문항으로 구성되어 하위문항을 기준으로 전체 문항은 총 37개이다.[4] 평가틀의 하위 영역별로 문항 수를 정리하면 <표 Ⅱ-1>과 같다.

<표 Ⅱ-1> 2016년 고등학교 학업성취도 평가의 영역별 하위문항 수

행동 영역 / 내용 영역	계산	이해	추론	문제해결	계
다항식	1	2	-		3 (8.11)
방정식과 부등식	3	3	-	2	8 (21.62)
도형의 방정식		3	2	3	8 (21.62)
집합과 명제	1	3	1	1	6 (16.22)
함수	-	2	1	1	4 (10.81)
수열	-	2	1	2	5 (13.51)
지수와 로그	2	1	-	-	3 (8.11)
계	7 (18.92)	16 (43.24)	5 (13.51)	9 (24.32)	37 (100.00)

출처: 임해미 외(2017, p. 9) 수정 ※ 괄호 안은 백분율임

3. 분석 방법

학업성취도 평가에서는 학업성취도의 변화 추이를 분석하기 위해 원점수를 척도점수로 변환한 점수체제를 사용하며, 2016년 학업성취도 평가의 점수는 평균 200점, 표준편차 30점, 범위 50~350점으로 척도화한 점수이다(박인용 외, 2017, pp.11-12). 그리고 학생들의 학업 성취 정도를 '우수학력', '보통학력', '기초학력', '기초학력 미달'의 4단계의 성취수준으로 구분하고 있다.[5] 우수학력은 평가 대상 학년급 학생들이 성취하기를 기대하는 기본 내용을 대부분

4) 이후에도 문항 수는 하위문항을 기준으로 한다.

(80%이상) 이해한 수준, 보통학력은 상당부분(50%이상 80%미만) 이해한 수준, 기초학력은 부분적으로(20%이상 50%미만) 이해한 수준을 의미한다(박인용 외, 2017, p.11). 또한 학업성취도 평가에서는 각 성취수준에 해당하는 학생들의 교과별 학업 특성을 보다 구체적으로 살펴보기 위해 '대표문항'이라는 개념을 활용하고 있다. 수학 교과에서 어떤 성취수준의 대표문항은 그 성취수준에 해당하는 학생의 정답률이 70% 이상, 그 아래 수준에 해당하는 학생의 정답률이 70% 미만인 문항을 의미한다(조영미, 이대현, 이봉주, 2004). 즉, 어떤 수준의 대표문항이라고 하면 그 수준에 해당하는 학생들의 대부분이 문항을 통해 측정하고자 한 성취기준에 도달했다고 보는 것이다.

본 연구에서는 학업성취도 점수, 성취수준별 비율, 내용 영역별 정답률, 성취수준별 대표문항을 중심으로 고등학교 수학과의 전반적인 평가 결과를 분석하였다. 다음으로 내용 영역별로 2007 개정 교육과정에서 2009 개정 교육과정으로 바뀌면서 변화된 내용을 살펴보고, 문항의 정답률, 변별도, 성취수준별 정답률을 분석하여 교육과정의 학습내용 성취기준 순으로 제시하였다. 정답률이 높거나 낮은 경우, 특정 학력 수준에서 정답률이 낮은 경우, 학력 수준 간 정답률 차이가 큰 경우 등을 중심으로 분석 결과를 제시하였다. 서답형 문항의 경우 전체 학생(439,686명) 중 일부 학생(7,179명)의 답안을 표집하여 학생들이 직접 작성한 답안의 유형을 분류하고 학업성취도 점수에 따른 답안 유형별 비율 분포 그래프를 도출하여 분석하였다. 다만 풀이 과정을 쓰는 서술형 문항인 서답형 2-(2)번의 경우 1,469명의 답안을 심층 분석의 대상으로 삼았다. 서답형 문항의 심층 분석 결과는 지면의 제약으로 다양한 답안 유형이 나타난 문항을 중심으로 상세한 분석 결과를 제시하였다.

Ⅲ. 2016년 국가수준 학업성취도 평가의 고등학교 수학과 평가 결과 개요

본 장에서는 2016년 학업성취도 평가에서 나타난 고등학생의 수학과 평가 결과의 개요를 살펴보고자 한다. 고등학교 수학과 학업성취도 점수, 성취수준별 비율, 내용 영역별 정답률, 성취수준별 대표문항 등 평가 결과의 개요를 제시한다.

1. 학업성취도 점수 및 성취수준별 비율

5) 학업성취도 평가에서는 앙고프(Angoff) 방법을 변형하여 성취수준별 분할 점수를 설정하여 성취수준을 구분하고 있으며, 2009 개정 교육과정의 도입 등으로 새로운 기준점이 필요하여 2015년에 교과별로 성취수준을 재설정하였고 2016년에는 동일한 점수를 적용하여 성취수준을 구분하였다(박인용 외, 2017, p. 11).

2016년 학업성취도 평가의 주요 결과를 살펴보면, 고등학교 2학년의 수학 평균은 196.76점, 표준편차 43.13점이었다. 성취수준에 따른 학생 수를 살펴보면, 우수학력 학생은 134,391명(30.57%), 보통학력 학생은 209,439명(47.63%), 기초학력 학생은 72,767명(16.55%), 기초학력 미달 학생은 23,089명(5.25%)이었다. 보통학력 수준에 해당하는 학생의 비율이 약 50%로 가장 높았고, 다음으로 우수학력, 기초학력, 기초학력 미달의 순이었다.

<표 III-1> 2016년 고등학교 2학년 학업성취도 평가 주요 결과

평균	표준편차	성취수준별 학생 수 (비율)				계
		우수학력	보통학력	기초학력	기초학력 미달	
196.76	43.13	134,391(30.57)	209,439(47.63)	72,767(16.55)	23,089(5.25)	439,686(100.00)

출처: 임해미 외(2017, p. 150)

2. 내용 영역별 정답률 및 성취수준별 대표문항

2016년 학업성취도 평가에서는 내용 영역의 성취기준 수를 고려하여 앞서 제시한 <표 II-1>과 같이 내용 영역별로 3~8문항이 출제되었다. 2016년의 문항을 내용 영역별로 전체 정답률과 성취수준별 정답률을 정리하면 <표 III-2>와 같다. 다항식 영역의 정답률이 73.59%로 가장 높았고, 집합과 명제, 수열, 방정식과 부등식, 지수와 로그, 도형의 방정식, 함수 영역의 순으로 정답률이 높았다. 성취수준별 정답률을 살펴보면, 우수학력, 보통학력, 기초학력 수준에서 모두 다항식 영역의 정답률이 가장 높았다. 우수학력, 보통학력, 기초학력 미달 수준에서는 함수 영역의 정답률이 가장 낮았고, 기초학력 수준에서는 도형의 방정식과 함수 영역의 정답률이 낮았다.

우수학력 학생들은 함수 영역을 제외한 내용 영역에서 80% 이상의 정답률을 보였으나, 함수 영역의 정답률은 68.96%로 다른 내용 영역에 비해 상대적으로 낮았다. 이는 함수 영역에서 우수학력 학생들이 낮은 성취를 보인 이유를 구체적으로 살펴볼 필요가 있음을 시사한다. 보통학력 학생들은 도형의 방정식(31.00%)과 함수(30.05%) 영역에서 특히 낮은 정답률을 보였다. 보통학력 수준을 고등학교 2학년 학생들이 성취하기를 기대하는 지식과 기능을 상당 부분(50%이상 80%미만) 이해하고 수행할 수 있는 수준으로 상정한 것을 고려하면, 보통학력 학생들은 두 영역에서 출제된 문항들과 관련된 지식 및 기능에서 낮은 성취를 보인 것으로 해석할 수 있다. 특히, 도형의 방정식 영역에서 우수학력 학생들과 정답률 차이가 약 50%p에 이르러 보통학력 학생과 우수학력 학생 간 격차가 큰 것을 알 수 있다.

<표 III-2> 2016년 고등학교 2학년 내용 영역별 정답률

내용 영역	정답률(%)	성취수준별 정답률(%)			
		우수학력	보통학력	기초학력	기초학력 미달
다항식	73.59	97.35	76.21	38.62	21.67
방정식과 부등식	59.75	93.64	57.64	18.41	11.93
도형의 방정식	42.14	80.23	31.00	14.16	9.70
집합과 명제	65.89	90.87	64.23	38.48	21.82
함수	38.48	68.96	30.05	16.04	8.39
수열	65.87	95.43	63.73	33.35	15.75
지수와 로그	52.52	82.98	46.47	25.50	15.20

2016년 학업성취도 평가 결과에서 나타난 대표문항을 정리하면 <표 Ⅲ-3>과 같다. 성취수준별 대표문항의 수는 우수학력 22문항, 보통학력 8문항, 기초학력 2문항이었다. 우수학력의 학생들이 70% 미만의 정답률을 보여 어느 수준의 대표문항도 아닌 문항이 5문항이었다. 우수학력의 대표문항은 모든 내용 영역에 고르게 분포되었으나, 보통학력 대표문항은 ‘방정식과 부등식’, ‘집합과 명제’, ‘수열’ 영역에서 나타났고, 기초학력 대표문항은 ‘다항식’, ‘집합과 명제’ 영역에서만 나타났다. ‘도형의 방정식’, ‘함수’, ‘지수와 로그’ 영역에서는 보통학력과 기초학력 수준의 학생들이 70% 이상의 정답률을 보인 문항이 하나도 없었다. ‘함수’와 ‘지수와 로그’ 영역의 경우 성취기준 수가 적으므로 출제되는 문항 수도 적기 때문에 대표문항이 수준별로 고르게 분포되기 어려운 점이 있다. 그러나 ‘도형의 방정식’ 영역은 보통학력 학생들의 평균 정답률(31.00%)이 낮을 뿐 아니라 8문항이 출제되었음에도 보통학력 학생들의 대부분이 해결한 문항이 없었다는 점은 이 영역에서 보통학력 학생들의 학력을 향상시키기 위한 노력이 필요함을 보여준다.

<표 III-3> 고등학교 수학과 성취수준별 대표 문항의 문항 번호

성취수준 / 내용 영역	우수학력	보통학력	기초학력	비선정 문항
다항식	11, 17	-	2	-
방정식과 부등식	15, 18, 25 서3-(1), 서3-(2)	4, 6, 8	-	-
도형의 방정식	9, 14, 16, 22, 26, 27	-	-	서4-(1), 서4-(2)
집합과 명제	23, 28, 서1-(1)	5, 서1-(2)	1	-
함수	13, 서2-(1)	-	-	24, 서2-(2)
수열	19, 29	7, 10, 20	-	-
지수와 로그	3, 12	-	-	21

출처: 동효관 외(2017, p.66)

Ⅳ. 2016년 국가수준 학업성취도 평가의 내용 영역별 결과

학업성취도 평가의 내용 영역인 다항식, 방정식과 부등식, 도형의 방정식, 집합과 명제, 함수, 수열, 지수와 로그의 순으로 평가 결과를 구체적으로 살펴보고자 한다. 우선 내용 영역별로 2009 개정 교육과정에서의 주요 변화를 분석하고, 교육과정의 학습내용 성취기준 순으로 문항 분석 결과를 제시하였다.

1. 다항식

2009 개정 수학과 교육과정의 다항식 영역에는 '다항식의 연산', '나머지 정리', '인수분해'가 포함된다(교육과학기술부, 2011, pp. 50-52). 2007 개정 교육과정과 비교하면 다항식의 약수와 배수에 대한 내용이 삭제되었고 유리식과 무리식도 함수 영역으로 이동되면서 무리함수와 유리함수를 이해하는 데 필요한 최소한의 내용만 다루는 것으로 축소되어 학습량 감축이 많이 이루어졌다(신이섭 외, 2011, pp. 67-69).[6]

2016년 학업성취도 평가에서 출제된 다항식 영역의 문항은 선다형 3개이고, 교육과정의 학습내용 성취기준 순으로 결과를 요약하면 <표 Ⅳ-1>과 같다.[7] 정답률은 64.28%~89.56%로 전반적으로 높았고, 변별도는 0.36~0.66으로 모든 문항에서 양호하였다. 다항식 영역에서 기초학력 대표문항이 1개, 우수학력 대표문항은 2개였다.

<표 Ⅳ-1> 다항식 영역의 문항별 평가 결과

내용	학습내용 성취기준	문항 번호	정답률 (%)	변별도	성취수준별 정답률(%)				대표 문항
					우수	보통	기초	기초 미달	
다항식의 연산	다항식의 덧셈과 뺄셈을 할 수 있다.	2	89.56	0.36	98.90	95.94	70.78	36.52	기초
나머지정리	나머지정리의 의미를 이해하고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.	11	64.28	0.66	98.81	65.80	13.53	9.49	우수
인수분해	다항식의 인수분해를 할 수 있다.	17	66.92	0.49	94.36	66.89	31.55	19.02	우수

6) 2016년 학업성취도 평가의 시험 범위는 2009 개정 수학과 교육과정의 <수학Ⅰ>과 <수학Ⅱ> 과목의 내용이다. 이 두 과목은 2007 개정 수학과 교육과정의 고등학교 <수학>에 대응시킬 수 있으므로 이 과목들 간 변화된 내용을 중심으로 살펴보았다.

7) 2009 개정 교육과정에 제시된 '학습내용 성취기준'의 순으로 결과를 제시하였고, 이후 다른 영역에서도 동일한 방법으로 기술하였다.

성취기준 '다항식의 덧셈과 뺄셈을 할 수 있다.'에 해당하는 문항(2번)은 전체 정답률이 약 90%에 이르렀고 기초학력 학생들도 70% 이상의 높은 정답률을 보였다. 대부분의 학생들이 주어진 다항식의 덧셈과 뺄셈을 할 수 있으나, 기초학력 미달에 해당하는 학생들의 경우 다항식의 사칙계산을 능숙하게 수행할 수 있도록 추가적인 지도가 필요하다. 성취기준 '나머지정리의 의미를 이해하고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.', '다항식의 인수분해를 할 수 있다.'을 평가하기 위한 문항 11번[8], 17번[9]의 결과를 살펴보면, 보통학력 학생들의 정답률이 60%대로 낮아지고 기초학력 학생들도 각각 13.53%, 31.55%로 정답률이 급격하게 낮아지는 것을 알 수 있다. 특히, 나머지정리는 인수분해, 방정식 문제 등을 해결하는 데 기초가 되는 내용인데 11번 문항의 경우 보통학력과 기초학력의 정답률 차이가 약 52%p로 선다형 문항 중 두 번째로 크게 나타났다. 나머지정리를 이해함에 있어서 보통학력과 기초학력 간 차가 크다는 것을 확인할 수 있고, 이는 기초학력 학생들에게 교수·학습 보완이 필요함을 시사한다.

2009 개정 교육과정에서 다항식 영역은 내용이 전반적으로 축소되어 다른 내용을 배우는 데 기초가 되는 필수적인 성취기준으로 구성되어 있다. 이 영역은 내용 영역 중 정답률이 가장 높았고(73.59%) 성취기준을 평가하는 각 문항의 정답률도 전반적으로 높은 편이다. 그러나 기초학력 미달에 해당하는 학생들에게는 다항식의 사칙계산, 기초학력 학생들에게는 나머지정리와 인수분해에 대한 이해를 높이는 노력을 기울일 필요가 있다.

2. 방정식과 부등식

2009 개정 수학과 교육과정의 방정식과 부등식 영역에서 가장 큰 변화는 '복소수와 이차방정식을 연계'한 것과 '이차방정식, 이차부등식, 이차함수의 통합 및 연계성을 강화'한 것이다(신이섭 외, 2011, pp. 67-70). 별도의 영역에서 다루던 '복소수'와 '이차방정식'을 복소수에 대한 학생들의 이해를 높이고 불필요한 계산을 줄이고자 '복소수와 이차방정식'으로 통합되었다. 또한 '이차방정식 및 이차부등식'과 별도의 영역에서 다루던 '이차함수의 활용'을 통합하여 이차방정식의 이론과 이차함수의 성질이 연계되도록 개정하였다(신이섭 외, 2011, pp. 69-70). 이에 방정식과 부등식 영역에는 '복소수와 이차방정식', '이차방정식과 이차함수', '여러 가지 방정식', '여러 가지 부등식'이 포함된다(교육과학기술부, 2011, pp. 50-52).

2016년 학업성취도 평가의 방정식과 부등식 영역에서는 선다형 6개, 서답형 2개의 총 8문항이 출제되었으며 평가 결과를 요약하면 <표 Ⅳ-2>와 같다. 정답률은 31.75%~73.14%이고,

8) 11번 문항은 '다항식 x^3-3x^2+ax+b는 $x+1$로 나누어떨어지고, $x-1$로 나누면 나머지가 4이다. 두 상수 a, b의 곱 ab의 값은?'이다.

9) 17번 문항은 '다항식 $2x^3-5x^2-4x+12$를 인수분해한 식이 $(2x+a)(x+b)^2$일 때, $(2a+b)$의 값은? (단, a, b는 상수이다.)'이다.

변별도는 0.52~0.71로 모든 문항에서 높게 나타났다. 방정식과 부등식 영역에서 보통학력 대표문항이 3개, 우수학력 대표문항은 5개였고, 우수학력 학생들의 정답률이 70% 미만인 어려운 문항은 없었다.

<표 IV-2> 방정식과 부등식 영역의 문항별 평가 결과

내용	학습내용 성취기준	문항 번호	정답률 (%)	변별도	성취수준별 정답률(%)				대표 문항
					우수	보통	기초	기초 미달	
복소수와 이차방정식	복소수의 뜻을 알고, 그 성질을 이해하고, 사칙계산을 할 수 있다.	8	70.32	0.64	99.25	76.86	18.32	6.42	보통
	이차방정식에서 판별식의 의미를 이해하고, 이를 설명할 수 있다.	18	66.57	0.60	99.26	65.48	24.93	17.37	우수
	이차방정식에서 근과 계수의 관계를 이해한다.	6	70.53	0.60	99.31	74.16	24.01	16.73	보통
이차방정식과 이차함수	이차함수와 이차방정식의 관계를 이해한다.	서답형 3-(1)	48.11	0.71	95.53	38.42	3.36	0.98	우수
	이차함수의 최대, 최소를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.	서답형 3-(2)	31.75	0.71	81.97	12.85	3.09	1.15	우수
여러 가지 방정식	간단한 삼차방정식과 사차방정식을 풀 수 있다.	15	59.86	0.53	90.98	55.73	25.86	23.29	우수
여러 가지 부등식	부등식의 성질을 이해하고, 절댓값을 포함한 일차부등식을 풀 수 있다.	4	73.14	0.54	97.60	78.82	29.17	17.88	보통
	이차함수와 이차부등식의 관계를 이해하고, 이차부등식과 연립이차부등식을 풀 수 있다.	25	38.01	0.52	77.66	24.87	10.80	12.12	우수

내용 요소별로 결과를 살펴보면, 우선 ‘복소수와 이차방정식’에서는 우수학력 학생들은 매우 높은 정답률을 보였고, 보통학력 학생들도 65% 이상의 정답률을 보여 대체로 해당 내용을 잘 이해하고 있는 것으로 나타났다. 이는 복소수와 이차방정식을 연계한 것이 보통학력 수준 이상의 학생들에게는 무리 없이 안착되고 있음을 시사한다. 그러나 복소수의 사칙계산과 관련된 8번 문항의 경우 보통학력과 기초학력의 정답률 차이가 약 58%p로 선다형 문항 중 가장 크게 나타났는데, 이는 기초학력 학생들은 고등학교 과정에서 새롭게 학습한 복소수의 사칙계산에 숙달되지 못했음을 의미한다. ‘복소수의 연산에 대한 성질을 부각시켜 불필요하고 복잡한 계산에 치우치지 않도록’ 복소수와 관련된 내용을 약화시킨 교육과정 개정의 의도(신이섭 외, 2011, p. 67)를 제대로 실현하기 위해서는 기초학력 수준 이하의 학생들이 복소수에 대한 성질을 충분히 이해하고 이를 바탕으로 사칙계산을 능숙하게 수행할 수 있도록 지도가 이루어져야 한다.

‘이차방정식과 이차함수’에서는 2개의 서답형 문항이 출제되었다. 서답형 문항은 선다형 문항에 비해 무응답의 비율이 높고 정답률이 전반적으로 낮은 점을 고려하면, 우수학력 학생들의 높은 정답률(81.97%~95.53%)은 이 수준의 학생들은 해당 내용을 잘 이해하고 있음을 시사한다. 이와 대조적으로 보통학력 학생들의 낮은 정답률(12.85%~38.42%)은 이차방정식과 이차함수의 연계성을 보다 강화했음에도 불구하고 이 내용을 이해하는 데 보통학력의 학생들은 어려움을 겪고 있음을 보여준다. 특히, 이차함수의 최대, 최소와 관련된 서답형 3-(2)번은 우수학력과 보통학력의 정답률 차이가 약 69%p로 전체 문항에서 가장 크게 나타났다.

‘여러 가지 방정식’에서는 우수학력 학생들의 정답률은 90.98%로 매우 높았으나 보통학력 학생들의 정답률은 55.73%에 그쳤다. 삼차방정식과 사차방정식을 풀기 위해서는 인수분해를 할 수 있어야한다. 다항식의 인수분해와 관련된 문항(17번)에서 보통학력 학생들의 정답률이 66.89%였던 것을 고려하면, 보통학력 수준 이하의 학생들이 인수분해를 보다 능숙하게 할 수 있도록 지도함으로써 삼차방정식 및 사차방정식에 대한 이해도를 높일 수 있을 것이다. 또한 인수분해와 여러 가지 방정식이 보다 연계되어 지도될 수 있는 방안을 모색할 필요도 있다.

‘여러 가지 부등식’에서는 절댓값을 포함한 일차부등식을 푸는 4번 문항의 정답률이 73.14%로 방정식과 부등식 영역에서 가장 높았다. 대부분의 학생들이 절댓값을 포함한 일차부등식을 잘 이해하고 있음을 보여준다. 연립이차부등식을 푸는 25번 문항의 정답률은 38.01%로 서답형 3-(2)번을 제외하면 이 영역에서 가장 낮았다. 2007 개정 교육과정에서는 이차부등식의 풀이 방법을 먼저 가르치고 함수 영역에서 이차함수 그래프와의 관계를 지도하였으나, 2009 개정 교육과정에서는 이를 통합하여 이차함수의 그래프를 활용하여 이차부등식을 풀이를 지도하도록 바뀌었다. 이차방정식, 이차부등식, 이차함수의 연계성을 강화하기 위한 이러한 변화에도 불구하고 ‘이차함수와 이차방정식의 관계’뿐 아니라 ‘이차함수와 이차부등식의 관계’도 방정식과 부등식 영역의 다른 성취기준에 비해 학생들이 어려워하는 내용임을 알 수 있다.

3. 도형의 방정식

2009 개정 수학과 교육과정의 도형의 방정식 영역에는 ‘평면좌표’, ‘직선의 방정식’, ‘원의 방정식’, ‘도형의 이동’, ‘부등식의 영역’이 포함된다(교육과학기술부, 2011, pp. 50-52). 일부 용어(내분점, 외분점, 원의 방정식)가 삭제되었으나, 교과용 도서나 수업 등에서 다루어질 수 있도록 허용하였다(신이섭 외, 2011, pp. 313-314).

2016년 학업성취도 평가의 도형의 방정식 영역에서는 선다형 6개, 서답형 2개의 총 8문항이 출제되었으며 평가 결과를 요약하면 <표 Ⅳ-3>과 같다. 정답률은 11.35%~61.14%로 정답률이 낮은 문항이 많았고, 변별도는 0.46~0.69로 모든 문항에서 높았다. 6개의 선다형 문항은 모두 우수학력 대표문항이지만, 2개의 서답형 문항은 우수학력 학생들의 정답률이 70%에 이

르지 못해 대표문항이 되지 못하였다. 앞서 기술한 바와 같이 도형의 방정식 영역에서 보통학력, 기초학력 수준의 대표문항은 없었다.

<표 Ⅳ-3> 도형의 방정식 영역의 문항별 평가 결과

내용	학습내용 성취기준	문항 번호	정답률 (%)	변별도	성취수준별 정답률(%)				대표 문항
					우수	보통	기초	기초 미달	
평면좌표	두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.	27	39.05	0.46	77.71	24.47	16.67	16.90	우수
	선분의 내분과 외분을 이해하고, 내분점과 외분점의 좌표를 구할 수 있다.	9	61.14	0.47	90.20	58.59	28.40	18.36	우수
직선의 방정식	여러 가지 직선의 방정식을 구할 수 있다.	14	55.48	0.65	96.57	46.71	16.45	18.77	우수
	점과 직선 사이의 거리를 구할 수 있다.	16	48.49	0.64	95.46	35.21	13.06	7.25	우수
원의 방정식	좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 이해한다.	22	35.53	0.50	76.36	20.26	12.85	7.92	우수
	좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 이해한다.	서답형 4-(2)	11.35	0.69	36.54	0.37	0.02	0.00	-
도형의 이동	원점, x축, y축, 직선 $y=x$에 대한 대칭이동의 의미를 이해하고, 이를 설명할 수 있다.	서답형 4-(1)	27.50	0.54	64.01	15.89	2.05	0.43	-
부등식의 영역	부등식의 영역의 의미를 이해한다.	26	49.19	0.60	91.37	39.32	12.93	7.53	우수

내용 요소별로 결과를 살펴보면, ‘평면좌표’에서 내분점과 외분점을 구하는 9번 문항의 정답률이 61.14%로 도형의 방정식 영역에서 가장 높았다. 이는 도형의 방정식 영역의 다른 내용과 비교하여 학생들이 내분과 외분을 잘 이해하고 있음을 의미한다. 두 점 사이의 거리를 구하는 27번 문항의 경우 문제를 해결하기 위해 원과 직선의 교점을 찾아야 하므로 전체 정답률(39.05%)이 낮게 나타났을 것이다. 그러나 우수학력의 정답률은 약 78%로 높았고, 보통학력의 정답률은 약 25%로 낮았으며 우수학력과의 정답률 차이가 약 53%p로 크게 나타났다.

‘직선의 방정식’의 평가 결과를 살펴보면, 우수학력 학생들의 정답률은 95% 이상으로 매우 높았는데 이는 직선의 방정식을 중학교에서부터 다루었기 때문으로 판단된다. ‘원의 방정식’에서는 원과 직선의 위치 관계와 관련된 선다형 22번의 정답률이 35.53%로 전체 29개의 선다형 문항 중 가장 낮았고([그림 Ⅳ-1] 참고), 서답형 4-(2)번은 11.35%로 전체 8개의 서답형 문

항 중 가장 낮았다. 이는 원과 직선의 위치 관계에 대한 학생들의 이해가 부족함을 의미한다.

22. 원 $x^2+y^2=20$ 에 접하고 기울기가 2 인 직선이 점 $(1, a)$ 를 지날 때, 양수 a 의 값은?

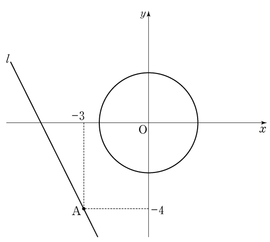
① 12 ② 13 ③ 14 ④ 15 ⑤ 16

[그림 Ⅳ-1] 2016년 고등학교 수학과 선다형 22번 문항

‘도형의 이동’에서는 대칭이동한 점의 좌표와 직선의 방정식을 구하는 서답형 문항이 [그림 Ⅳ-2]와 같이 출제되었고, 전체 정답률은 27.50%로 낮았다. 7,179명의 학생 답안 유형을 분류한 결과는 <표 Ⅳ-4>와 같다. 부분 점수를 받은 답안(유형2, 유형3)과 오답에 해당하는 답안(유형4)을 분석한 결과, 학생들이 ‘원점’, ‘x 축’, ‘y 축’, ‘직선 $y=x$’에 대한 대칭이동을 혼동하여 답안을 작성한 경우가 많음을 알 수 있었다. 또한 유형2에 속하는 학생들의 약 28%는 주어진 직선의 방정식도 원점에 대하여 대칭이동하였고, 유형3에 속하는 학생들의 약 76%는 주어진 점을 원점에 대하여 대칭이동한 후, 다시 $y=x$ 에 대하여 대칭이동하였다. 이 학생들은 문제를 주의 깊게 읽지 않았을 가능성이 크다. 그러므로 학생들이 대칭이동에 대한 의미를 명확하게 이해할 수 있도록 지도할 필요가 있고, 또한 주어진 문제에서 구하고자 하는 내용을 정확하게 파악하는 습관을 길러주는 지도도 요구된다.

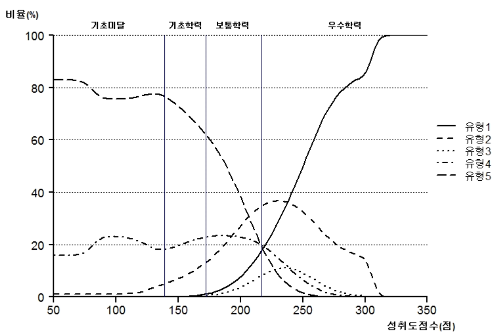
【서답형4】 그림과 같이 좌표평면 위에 원 $O: x^2+y^2=5$ 와 직선 $l: 2x+y+10=0$ 이 있고, 직선 l 위의 점 $\mathrm{A}(-3, -4)$ 가 있다. 물음에 답하시오.

(1) 점 A를 원점에 대하여 대칭이동한 점을 B, 직선 l 을 $y=x$ 에 대하여 대칭이동한 직선을 m 이라 할 때, 점 B의 좌표와 직선 m 의 방정식을 각각 구하시오.



[그림 Ⅳ-2] 2016년 고등학교 수학과 서답형 4-(1)번 문항

<표 Ⅳ-4> 2016년 고등학교 수학과 서답형 4-(1)번의 답안 유형

유형	내용	빈도	비율(%)	답안 유형별 비율 분포
유형1	$\mathrm{B}(3,4)$, $m: x+2y+10=0$을 모두 옳게 쓴 경우	1,029	14.33	
유형2	$\mathrm{B}(3,4)$만 옳게 쓴 경우	1,634	22.76	
유형3	$m: x+2y+10=0$만 옳게 쓴 경우	305	4.25	
유형4	그 외의 경우	1,369	19.07	
유형5	무응답	2,842	39.59	

출처: 임해미 외(2017, pp. 266, 268)

4. 집합과 명제

2009 개정 수학과 교육과정의 집합과 명제 영역에는 ‘집합’의 개념과 연산법칙, ‘명제’의 개념과 증명이 포함된다(교육과학기술부, 2011, pp. 59-62). 이전 교육과정에서 중학교 1학년과 고등학교 1학년에서 다루던 집합의 내용을 고등학교 교육과정으로 통합하였고, 명제 내용을 보완하고 증명 부분을 강화하였다(신이섭 외, 2011, p. 71).

2016년 학업성취도 평가의 집합과 명제 영역에서는 선다형 4개, 서답형 2개의 총 6문항이 출제되었으며 평가 결과를 요약하면 <표 Ⅳ-5>와 같다. 정답률은 43.70%~96.90%로 정답률이 높은 문항이 많았고, 변별도는 0.24~0.61로 모든 성취수준에서 정답률이 높게 나타난 1번 문항을 제외하고는 양호하였다. 집합과 명제 영역에서는 기초학력 대표문항 1개, 보통학력 대표문항 2개, 우수학력 대표문항 3개로 성취수준별로 대표문항이 고르게 나타났다. 7개의 내용 영역 중 모든 성취수준의 대표문항이 나타난 영역은 집합과 명제뿐이다.

‘집합’에서는 우수학력과 보통학력 학생들이 모두 매우 높은 정답률(88.74%~99.85%)을 보였고 기초학력 학생들도 다른 문항과 비교하여 높은 정답률(47.30%~94.18%)을 보였다. 이는 학생들이 집합의 내용을 잘 이해하고 있음을 시사한다. 이와 같은 결과는 2016년 학업성취도 평가에 응시한 고등학교 2학년 학생들이 중학교 1학년 시기에 2007 개정 교육과정 적용 대상으로 집합의 일부 내용을 중복하여 배웠기 때문일 수 있다. 그러므로 2009 개정 교육과정에서의 집합 내용에 대한 학생들의 이해도는 2017년 평가 결과에서 보다 면밀하게 살펴볼 필요가 있다.

<표 Ⅳ-5> 집합과 명제 영역의 문항별 평가 결과

내용	학습내용 성취기준	문항 번호	정답률 (%)	변별도	성취수준별 정답률(%)				대표 문항
					우수	보통	기초	기초 미달	
집합	두 집합 사이의 포함 관계를 이해한다.	1	96.90	0.24	99.85	99.58	94.18	63.90	기초
	집합의 연산을 할 수 있다.	5	81.81	0.50	98.61	88.74	47.30	30.04	보통
명제	명제의 역과 대우를 이해한다.	서답형 1-(1)	57.72	0.61	94.03	58.39	6.86	0.64	우수
	명제의 역과 대우를 이해한다.	서답형 1-(2)	68.59	0.58	98.46	75.42	14.85	2.20	보통
	필요조건과 충분조건을 이해한다.	28	43.70	0.32	71.27	33.21	32.39	14.07	우수
	절대부등식의 의미를 이해하고, 간단한 절대부등식을 증명할 수 있다.	23	59.78	0.60	96.12	57.23	16.48	7.90	우수

‘명제’에서 출제된 서답형 문항에 대한 우수학력 학생들의 정답률(94.03%~98.46%)은 매우 높았고, 보통학력과 기초학력 학생들의 정답률 차이(51.53%p~60.57%p)가 크게 나타났다. 주어진 명제의 대우를 구하는 서답형 1-(1)번의 경우 7,179명의 학생 답안 유형을 분류한 결과는 <표 Ⅳ-6>과 같다. 무응답을 제외하면 오답 중에서 ‘주어진 명제의 역 또는 이를 쓴 경우’(유형2)가 885명으로 가장 많았다. 또한 이 오답은 보통학력과 기초학력 학생들에게서 많이 나타났는데, 이는 이 수준의 학생들이 명제의 ‘역’, ‘이’, ‘대우’를 혼동하고 있음을 보여준다.

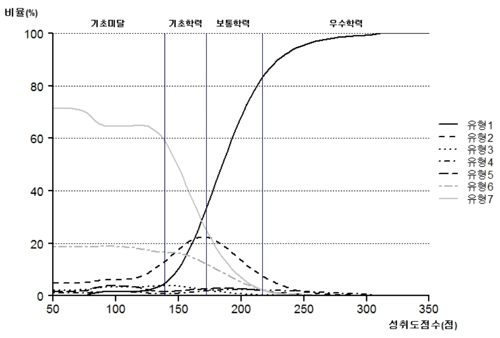
【서답형 1】 명제 ‘$x^2 - a \neq 0$ 이면 $x \neq 5$ 이다.’에 대하여 물음에 답하시오.

(1) 위의 명제의 대우가 ‘ $\boxed{\text{(가)}}$ 이면, $\boxed{\text{(나)}}$ 이다.’일 때, (가)와 (나)에 알맞은 식을 쓰시오.

(2) (1)에서 얻은 명제가 참이 되게 하는 실수 a의 값을 구하시오.

[그림 Ⅳ-3] 2016년 고등학교 수학과 서답형 1번 문항

<표 Ⅳ-6> 2016년 고등학교 수학과 서답형 1-(1)번의 답안 유형

유형	내용	빈도	비율(%)	답안 유형별 비율 분포
유형1	주어진 명제의 대우를 옳게 쓴 경우	4,185	58.30	
유형2	주어진 명제의 역 또는 이를 쓴 경우	885	12.33	
유형3	주어진 명제를 그대로 쓴 경우	96	1.34	
유형4	대우의 가정, 결론 중 하나만 옳게 쓴 경우	140	1.95	
유형5	명제와 그 대우의 관계(참과 거짓이 일치함)를 설명한 경우	150	2.09	
유형6	그 외의 경우	522	7.27	
유형7	무응답	1,201	16.73	

출처: 임해미 외(2017, pp. 224, 226)

5. 함수

2009 개정 수학과 교육과정에 따른 함수 영역의 변화는 유리함수와 무리함수에서 성취기준이 통합되고 그 내용이 약화된 것과 이전 교육과정에서는 함수에서 다루던 이차함수의 활용이 방정식과 부등식 영역으로 이동된 것이다(신이섭 외, 2011, p. 72). 이에 함수 영역에는 함수, 합성함수, 역함수, 유리함수, 무리함수가 포함된다(교육과학기술부, 2011, pp. 59-62).

2016년 학업성취도 평가 함수 영역에서는 선다형 2개, 서답형 2개의 총 4문항이 출제되었으며 평가 결과를 요약하면 <표 Ⅳ-7>과 같다. 정답률은 16.88%~52.07%로 대체로 낮았고, 변별도는 0.18~0.71로 24번 문항을 제외하고는 높았다. 우수학력 대표문항이 2개이고, 나머지 2개 문항은 우수학력 학생들의 정답률이 70%에 이르지 못하였으며 이는 많은 학생들이 함수에서 성취하기를 기대하는 내용에 대한 이해가 부족한 것으로 볼 수 있다.

함수 영역에서 출제된 서답형 문항은 [그림 Ⅳ-4]에 제시된 바와 같이 주어진 함수의 역함수를 구할 수 있는지를 평가하는 문항이고, 서답형 2-(1)번은 답만 쓰는 단답형, 서답형 2-(2)번은 풀이 과정과 답을 함께 쓰는 서술형 문항이다. 특히, 서답형 2-(2)번은 학업성취도 평가의 고등학교 수학과에서 처음으로 출제된 서술형 문항이다. 서술형 문항에서는 학생들의 풀이 과정을 직접 확인할 수 있으므로 학생들이 지닌 오개념, 절차적 오류 등에 대해 풍부한 정보를 얻을 수 있으므로 서술형 문항에 대한 분석 결과를 제시한다. 서술형 문항은 답안 유형을 분류하는 데 많은 시간이 소요되므로 앞서 기술한 바와 같이 심층 분석을 위해 표집한 7,179명의 답안 중 1,469명의 답안을 부분 표집하여 분석하였다. 서답형 2-(2)번의 학생 답안 유형을 분류한 결과는 <표 Ⅳ-8>과 같다.

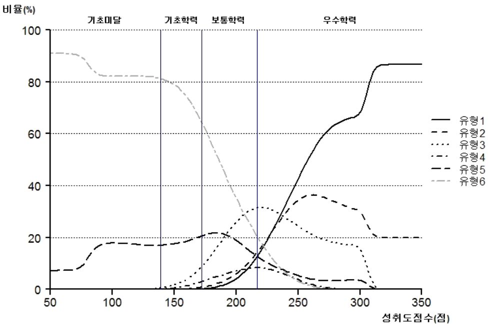
<표 Ⅳ-7> 함수 영역의 문항별 평가 결과

내용	학습내용 성취기준	문항 번호	정답률 (%)	변별도	성취수준별 정답률(%)				대표 문항
					우수	보통	기초	기초 미달	
함수	함수의 뜻을 알고, 그 그래프를 이해한다.	13	52.07	0.57	90.27	45.31	14.01	10.95	우수
	역함수의 뜻을 알고, 주어진 함수의 역함수를 구할 수 있다.	서답형 2-(1)	46.89	0.71	94.07	37.82	0.73	0.05	우수
	역함수의 뜻을 알고, 주어진 함수의 역함수를 구할 수 있다.	서답형 2-(2)	16.88	0.57	46.71	5.45	0.03	0.00	-
유리함수와 무리함수	무리함수 $y=\sqrt{ax+b}+c$의 그래프를 그릴 수 있고, 그 그래프의 성질을 이해한다.	24	36.50	0.18	54.10	28.59	33.84	14.21	-

> **【서답형 2】** 두 함수 $f(x)=\frac{1}{4}x+2$, $g(x)=2x-2$ 에 대하여 물음에 답하시오.
>
> (1) 함수 $f(x)$ 의 역함수를 구하시오.
>
> (2) 함수 $(f\circ g)^{-1}(x)$ 를 구하는 풀이 과정과 답을 쓰시오.

[그림 Ⅳ-4] 2016년 고등학교 수학과 서답형 2번 문항

<표 Ⅳ-8> 2016년 고등학교 수학과 서답형 2-(2)번의 답안 유형

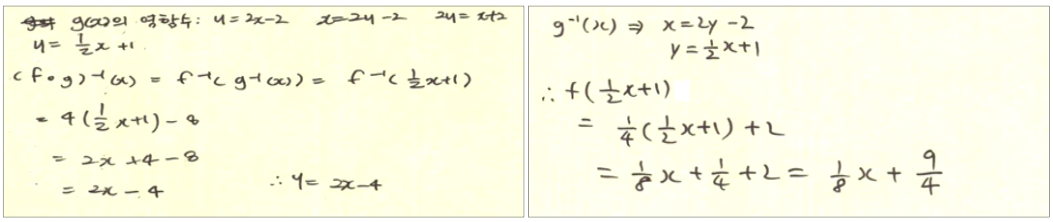
유형	내용	빈도	비율(%)	답안 유형별 비율 분포
유형1	함수 $(f\circ g)^{-1}(x)$를 옳게 구한 경우	126	8.58	
유형2	풀이 과정에서 일부 기호 사용이 바르지 않으나, 그 외의 풀이 과정과 답이 옳은 경우	108	7.35	
유형3	$(f\circ g)^{-1}=g^{-1}\circ f^{-1}$를 옳게 적용하지 못한 경우	262	17.84	
유형4	역함수를 옳게 구하지 못한 경우	68	4.63	
유형5	그 외의 경우	231	15.72	
유형6	무응답	674	45.88	

출처: 임해미 외(2017, pp. 241, 244)

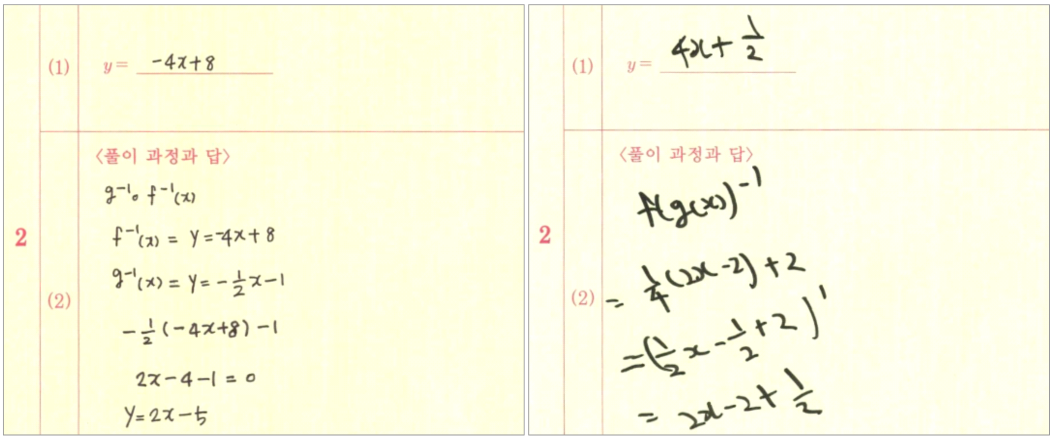
‘풀이 과정에서 일부 기호 사용이 바르지 않으나, 그 외의 풀이 과정과 답이 옳은 경우’(유형2)가 7.35%의 답안에서 나타났다. 예컨대 $(f \circ g)^{-1}(x) = (f \circ g(x))^{-1}$, $(f \circ g)^{-1}(x) = f(g(x))^{-1}$, $(f \circ g)^{-1}(x) = f^{-1}(g(x))$ 등으로 합성함수의 역함수를 표현하는 과정에서 기호를 정확하게 사용하지 못한 경우이다. 답안 유형별 비율 분포 그래프를 보면 이 유형은 대부분 우수학력 학생들에게서 나타났음을 알 수 있다. 이는 학생들이 합성함수와 역함수의 기호를 정확하게 사용할 수 있도록 지도가 이루어져야 함을 시사한다.

‘역함수의 성질 $(f \circ g)^{-1} = g^{-1} \circ f^{-1}$을 옳게 적용하지 못한 경우’(유형3)는 17.84%의 답안에서 나타났다. $f^{-1} \circ g^{-1}$, $f \circ g^{-1}$, $f^{-1} \circ g$, $g \circ f^{-1}$, $g^{-1} \circ f$, $g \circ f$ 중 하나를 구하려고 시도한 답안이고, 이 중에서 가장 많이 나타난 경우는 [그림 Ⅳ-5]의 왼쪽 사례와 같이 $(f \circ g)^{-1} = f^{-1} \circ g^{-1}$로 구한 경우이다. 무응답을 제외하면 이 유형은 가장 높은 비율의 답안 유형이다. 이는 많은 학생들이 역함수의 성질 $(f \circ g)^{-1} = g^{-1} \circ f^{-1}$이 성립하는 이유에 대한 관계적 이해 없이 공식으로 암기하여 사용하는 도구적 이해 수준에 머물러 있음을 보여준다.

‘역함수를 옳게 구하지 못한 경우’(유형4)는 4.63%의 답안에서 나타났다. ‘역함수의 성질 $(f \circ g)^{-1} = g^{-1} \circ f^{-1}$는 알고 있으나 f^{-1} 또는 g^{-1}를 옳게 구하지 못한 경우’와 함수 ‘$f \circ g$를 옳게 구하였으나 역함수를 옳게 구하지 못한 경우’를 이 유형으로 분류하였다. 주어진 함수의 역함수를 구하는 서답형 2-(1)번의 답안 분석에서 나타난 대표적인 오답 유형은 ‘역함수를 구하기 위해 x와 y를 바꾸었으나 y에 관한 식으로 옳게 나타내지 못한 경우’(9.17%), ‘계수를 역수로 고치거나 계수의 부호를 바꾼 경우’(7.02%)였다. [그림 Ⅳ-6]의 응답 사례를 살펴보면, 서답형 2-(2)번을 해결하는 과정에서도 y에 관한 식으로 옳게 나타내지 못하거나(왼쪽 사례), 계수를 역수로 고쳐서 역함수를 구하는 오류(오른쪽 사례)를 확인할 수 있었다. 전자는 등식의 성질을 이용하여 식을 정리하는 데 미숙한 것으로 볼 수 있고, 후자는 역함수의 개념을 전혀 이해하지 못하고 있는 것으로 판단된다.



[그림 Ⅳ-5] 서답형 2-(2)번 유형 3의 응답 사례(임해미 외, 2017, p. 243)



[그림 Ⅳ-6] 서답형 2-(2)번 유형 4의 응답 사례(임해미 외, 2017, p. 244)

6. 수열

수열 영역은 2007 개정 교육과정에서 고등학교 2학년 과정에서 주로 개설되는 과목 <수학 Ⅰ>의 내용이었으나, 2009 개정 교육과정에서는 고등학교 1학년 과정의 <수학 Ⅱ>로 이동되었다(신이섭 외, 2011, pp. 73-74). 이때 계차수열, 알고리즘과 순서도가 삭제되어 내용이 대폭 축소되어 수열 영역에는 ‘등차수열과 등비수열’, ‘수열의 합’, ‘수학적 귀납법’이 포함된다(교육과학기술부, 2011, pp. 59-62).

2016년 학업성취도 평가의 수열 영역에서는 선다형 5문항이 출제되었으며 평가 결과를 요약하면 <표 Ⅳ-9>와 같다. 정답률은 51.96%~78.88%로 대체로 높았고, 변별도는 0.47~0.53으로 모든 문항에서 높았다. 보통학력 대표문항 3개, 우수학력 대표문항 2개로 보통학력 대표문항이 많이 나타난 영역이다.

‘등차수열과 등비수열’에서 우수학력 학생들은 매우 높은 정답률(94.46%~99.21%)을 보였고, 보통학력 학생들도 높은 정답률(71.84%~87.11%)을 보였다. 보통학력 수준 이상의 학생들은 등차수열과 등비수열의 내용을 잘 이해하고 있는 것으로 판단된다. ‘수열의 합’에서는 등차수열과 등비수열의 문항과 비교하여 보통학력 학생들의 정답률이 낮았다. 이는 $\sum$의 성질, 자연수의 거듭제곱의 합을 적용한 여러 가지 수열의 합에 대한 보통학력 학생들의 이해를 높이기 위한 지원이 필요함을 시사한다. ‘수학적 귀납법’에서는 수열의 귀납적 정의를 이해하고 있는지 평가하기 위한 문항이 출제되었고 전체 정답률이 74.12%로 이 내용에 대한 학생들의 이해가 높은 것을 알 수 있다.

<표 Ⅳ-9> 수열 영역의 문항별 평가 결과

내용	학습내용 성취기준	문항 번호	정답률 (%)	변별도	성취수준별 정답률(%)				대표 문항
					우수	보통	기초	기초 미달	
등차수열과 등비수열	등차수열의 뜻을 알고, 일반항, 첫째항부터 제n항까지의 합을 구할 수 있다.	7	78.88	0.53	99.21	87.11	38.38	13.58	보통
	등비수열의 뜻을 알고, 일반항, 첫째항부터 제n항까지의 합을 구할 수 있다.	20	69.80	0.51	94.46	71.84	32.25	26.10	보통
수열의 합	$\sum$의 뜻을 알고, 그 성질을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.	19	58.51	0.52	94.75	49.23	31.98	15.39	우수
	여러 가지 수열의 첫째항부터 제n항까지의 합을 구할 수 있다.	29	51.96	0.47	89.92	40.20	26.25	18.77	우수
수학적 귀납법	수열의 귀납적 정의를 이해한다.	10	74.12	0.52	97.84	78.35	36.79	15.26	보통

7. 지수와 로그

2009 개정 수학과 교육과정의 지수와 로그 영역에는 지수의 확장과 지수법칙, 로그의 개념과 상용로그가 포함된다(교육과학기술부, 2011, pp. 59-62). 수열 영역과 마찬가지로 2007 개정 교육과정에서는 <수학Ⅰ> 과목의 내용이었으며, 고등학교 1학년 과정으로 이동되면서 상용로그의 지표와 가수 부분의 내용이 약화되었다(신이섭 외, 2011, pp. 74-75).

2016년 학업성취도 평가의 지수와 로그 영역에서는 선다형 3문항이 출제되었고, 평가 결과를 요약하면 <표 Ⅳ-10>과 같다. 3번과 12번 문항은 우수학력 대표문항이었으나, 21번 문항은 전체정답률이 38.95%로 낮았고 우수학력 학생들의 정답률도 70%에 이르지 못하였다. 거듭제곱근의 성질을 바탕으로 $\sqrt{2\sqrt[3]{8}}$ 의 값을 구하는 문제(3번), 로그의 성질을 바탕으로 $\log_2 9 \cdot \log_3 16$의 값을 구하는 문제(12번)에서 우수학력 학생들은 87% 이상의 높은 정답률을 보였다. 그러나 거듭제곱근의 뜻에 이해하는지 평가하는 문제(21번)에서는 약 65%의 정답률에 그쳤다. 이 문항의 경우 보통학력 학생들의 정답률도 30%에 이르지 못하였다. 많은 학생들이 거듭제곱근의 뜻을 이해하는 데 어려움을 보이고 있으므로 함수 $y=x^n$의 그래프를 이용하여 실수 a의 n제곱근 중 실수인 것을 구하는 과정에 대한 이해도를 높일 수 있는 교수·학습 보완이 요구된다.

<표 Ⅳ-10> 지수와 로그 영역의 문항별 평가 결과

내용	학습내용 성취기준	문항 번호	정답률 (%)	변별도	성취수준별 정답률(%)				대표 문항
					우수	보통	기초	기초 미달	
지수	거듭제곱과 거듭제곱근의 뜻을 알고, 그 성질을 이해한다.	3	63.90	0.61	97.47	64.62	16.27	12.05	우수
	거듭제곱과 거듭제곱근의 뜻을 알고, 그 성질을 이해한다.	21	38.95	0.28	64.24	27.72	32.51	14.01	-
로그	로그의 뜻을 알고, 그 성질을 이해한다.	12	54.70	0.45	87.25	47.07	27.74	19.53	우수

Ⅴ. 결론 및 논의

본 연구에서는 2009 개정 수학과 교육과정을 토대로 출제된 2016년 학업성취도 평가의 고등학교 수학과 평가 결과를 분석하였다. 우선 학업성취도 점수, 성취수준별 비율, 내용 영역별 정답률, 성취수준별 대표문항을 중심으로 고등학교 수학과의 전반적인 평가 결과를 분석하였다. 다음으로 내용 영역별로 교육과정 개정으로 많이 변화된 내용에서 학업 성취 결과를 분석하고, 정답률이 높거나 낮은 경우, 특정 학력 수준에서 정답률이 낮은 경우, 학력 수준 간 정답률 차이가 큰 경우 등을 중심으로 분석 결과를 제시하였다. 서답형 문항의 경우 학생들의 다양한 답안 유형이 나타난 문항을 중심으로 상세하게 살펴보았다. 이상의 고등학교 수학과 분석 결과를 바탕으로 다음과 같은 몇 가지의 결론을 도출하였다.

첫째, 2016년 학업성취도 평가에서 성취수준별 비율을 살펴본 결과 ‘보통학력’ 수준(47.63%)에 해당하는 학생의 비율이 가장 높았고, 다음으로 ‘우수학력’(30.57%), ‘기초학력’(16.55%), ‘기초학력 미달’(5.25%)의 순이었다. 기초학력과 기초학력 미달에 해당하는 학생이 약 20%에 이른다는 사실에 주목할 필요가 있다. 이 학생들은 고등학교 1학년을 마친 이후 성취하기를 기대하는 기본 내용을 부분적으로만 이해하는 수준이며, 다음 단계의 학습으로 나아가는 데 필요한 충분한 능력을 갖추지 못한 상태라고 볼 수 있다. 기초학력 미달 학생들뿐 아니라 기초학력에 해당하는 학생들도 결손이 있는 부분에 대한 학습 보정이 이루어지지 않으면 수학 학습을 포기할 가능성이 크기 때문에 지속적인 지원과 관심이 필요하다.

둘째, 성취수준별 대표문항을 살펴본 결과, 우수학력 수준의 대표문항은 모든 내용 영역에 고르게 분포되었으나, 보통학력 대표문항은 ‘방정식과 부등식’, ‘집합과 명제’, ‘수열’ 영역에서 나타났고, 기초학력 대표문항은 ‘다항식’, ‘집합과 명제’ 영역에서만 나타났다. 출제된 문항 수

를 고려할 때, ‘도형의 방정식’ 영역에서 보통학력 수준의 대표문항이 없었다는 결과는 주목을 요한다. 8문항이 출제되었음에도 불구하고 보통학력 수준의 학생들 대부분이 해결할 수 있는 문항이 없었다는 점은 이 영역에서 보통학력 학생들의 학력을 향상시키기 위한 노력이 필요함을 보여주기 때문이다.

도형의 방정식 영역에서 우수학력 학생들(80.23%)과 보통학력 학생들(31.00%)의 정답률이 차이는 약 50%p로 다른 영역과 비교하여 매우 크게 나타났다. 도형의 방정식은 기하적 대상을 방정식으로 나타내어 기하와 대수의 연결성을 경험하고 도형을 새로운 관점에서 다루어보는 내용 영역이다(교육부, 2015b). 보통학력 학생들이 우수학력 학생들에 비해 도형의 방정식에서 상대적으로 낮은 성취를 보이는 이유는 기하와 대수의 연결성을 이해하기 어려워서 일 것이다. 보통학력 학생들에게는 중학교에서 학습한 직선의 방정식에서 이러한 연결성을 충분히 경험할 수 있도록 지도할 필요가 있다.

셋째, 7개의 내용 영역에 대한 정답률을 살펴본 결과 ‘다항식’ 영역에서의 정답률이 가장 높았고, ‘함수’ 영역에서의 정답률이 가장 낮았다. 우수학력 학생들이 함수를 제외한 내용 영역에서 80% 이상의 정답률을 보였으나 함수 영역에서는 정답률이 70%에 이르지 못하여 상대적으로 낮은 성취를 보였다. 보통학력 학생들은 함수 영역에서 30% 정도의 매우 낮은 정답률을 보였다. 함수는 여러 가지 현상에서 대상 간의 연관성이나 종속성을 해석하고 예측하는 수단이 되고, 다양한 변화 현상에서의 수학적 관계를 이해하고 표현함으로써 문제를 해결하는 데 도움 되는 중요한 내용 영역이다(교육부, 2015b). 그러나 학업성취도 평가의 중학교 수학과 결과에서도 함수는 학생들의 성취가 가장 낮은 내용 영역이다(임해미, 2018).

함수 학습에서는 다양한 함수를 경험하는 것이 중요하므로(김남희 외, 2011), 일대일대응, 항등함수, 상수함수, 일대일함수, 합성함수, 역함수 등의 의미를 예를 통해 이해할 수 있도록 교수·학습이 이루어져야 한다. 특히 함수의 그래프는 공학적 도구 등을 활용하여 학생들이 다양한 그래프를 직접 그리고 조작할 수 있는 학습 환경을 제공할 필요가 있다. 또한 함수는 중학교에서부터 학생들이 어려워하는 내용 영역이므로 고등학교에서 교사들은 함수를 다룰 때 이전에 학습한 내용에 대한 학생들의 이해 수준을 면밀하게 점검하여야 한다. 교육과정 개정 시 수학과에서는 학습 부담을 경감하기 위해 서로 다른 학년군이나 학교급에 중복되는 내용이 있을 경우 이를 어느 한쪽에서 제외하는 경향이 있다. 그러나 학생들이 특히 이해하기 어려워하는 내용은 이전에 학습한 내용을 점검한 후 심화된 내용을 지도할 수 있는 장치를 마련하는 것도 학습 결손을 보정하는 하나의 방법이 될 수 있다.

넷째, 방정식과 부등식 영역에서는 2009 개정 교육과정에서 ‘이차방정식, 이차부등식, 이차함수의 통합 및 연계성을 강화’했음에도 불구하고 ‘이차함수와 이차방정식의 관계’, ‘이차함수와 이차부등식의 관계’는 방정식과 부등식 영역의 다른 성취기준에 비해 학생들이 어려워하는 내용이다. 특히 이 성취기준과 관련된 문항에서 보통학력 학생들의 성취가 낮으므로 보통

학력 수준 이하의 학생들에게 이차방정식, 이차부등식, 이차함수의 관계에 대한 이해도를 높일 수 있는 교수·학습 보완이 요구된다.

다섯째, 도형의 방정식 영역에서 '원과 직선의 위치 관계'에 대한 학생들의 성취가 낮았다. 원과 직선의 위치 관계와 관련하여 수학과 교육과정을 살펴보면, 2007 개정 교육과정 적용 시기에는 중학교 1학년에서 원의 반지름을 r, 원의 중심과 직선 사이의 거리 d라고 하고 r와 d의 대소 관계에 따라 원과 직선이 두 점에서 만나는 경우, 접하는 경우, 만나지 않는 경우로 구분하도록 지도하였다. 2009 개정 교육과정에서는 원과 직선의 위치 관계와 관련하여 중학교에서는 접선의 개념만 간단히 다루는 것으로 내용이 약화되었고(신이섭 외, 2011, pp. 56-57), 고등학교에서는 주로 판별식을 활용하여 원과 직선의 위치 관계를 지도한다. 원과 직선의 위치 관계를 파악하는 데는 '판별식을 활용하는 방법' 이외에도 '원의 반지름 r와 원의 중심과 직선 사이의 거리 d를 이용하는 방법'도 있고, 문제 상황에 따라 두 가지 방법을 적절히 활용하여 문제를 해결할 수 있다. 그런데 2009 개정 교육과정에서는 r와 d를 이용한 원과 직선의 위치 관계를 중학교에서 다루지 않으며, 고등학교의 경우 이 내용을 다루는 방법이 교과서에 따라 다르다. 예컨대 원과 직선의 위치 관계를 설명하는 본문에서 다루는 경우, 문제의 별해로 다루는 경우, 참고 사항으로 본문과 구별하여 다루는 경우, 언급하지 않는 경우 등이 있다. 원과 직선의 위치 관계에 대한 접근이 교과서에 따라 상이한 점은 해당 내용에 대한 학생들의 이해도에 영향을 줄 수 있다. 그러므로 도형의 방정식 영역에서 원과 직선의 위치 관계에 대한 학생들의 이해도를 높이는 방안으로 2007 개정 교육과정 적용 시 중학교에서 다루던 '원의 반지름 r와 원의 중심과 직선 사이의 거리 d를 이용한 원과 직선의 위치 관계'에 대한 내용을 고등학교로 이동하는 것을 생각해 볼 수 있다.

여섯째, 함수 영역에서 합성함수의 역함수를 구하는 서술형 문항에 대한 분석 결과, 합성함수의 역함수를 표현하는 과정에서 기호를 정확하게 사용하지 못한 경우(유형2), 역함수의 성질 $(f \circ g)^{-1} = g^{-1} \circ f^{-1}$을 옳게 적용하지 못한 경우(유형3), 역함수를 옳게 구하지 못한 경우(유형4)가 대표적인 오답의 유형으로 확인되었다. 답안 유형별 비율 분포 그래프를 보면 기호를 정확하게 사용하지 못한 유형2는 우수학력 학생들에게서 많이 나타났으며, 이는 선다형 문항에서 확인되지 못했던 수학 용어와 기호 사용에 대한 학생들의 부족한 능력을 보여준다. 수학적 의사소통 능력을 신장시키기 위해서는 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등의 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하도록 지도할 필요가 있다(교육과학기술부, 2011, p. 54). 한편 역함수의 성질을 옳게 적용하지 못한 유형3은 보통학력 학생들에게서 많이 나타났다. 이는 보통학력 학생들이 역함수의 성질 $(f \circ g)^{-1} = g^{-1} \circ f^{-1}$이 성립하는 이유에 대한 관계적 이해가 부족함을 보여준다. 단순히 공식으로 암기하여 사용하는 수준에서 나아가 이와 같은 성질이 성립하는 이유를 이해할 수 있도록 교수·학습의 보완이 필요하다.

참 고 문 헌

교육과학기술부(2011). **수학과 교육과정.** 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책8].

교육부(2015a). **2015년 「국가수준 학업성취도 평가」 중3·고2 시행.** 교육부 보도자료(2015. 6. 23.).

교육부(2015b). **수학과 교육과정.** 교육부 고시 제2015-74호 [별책 8].

교육부(2016). **2016년 국가수준 학업성취도 평가 실시.** 교육부 보도자료(2016. 6. 20.).

교육부(2017). **국가수준 학업성취도 평가 시도교육청별 자율 시행.** 교육부 보도자료(2017. 6. 14.).

김남희, 나귀수, 박경미, 이경화, 정영옥, 홍진곤(2011). **예비교사와 현직교사를 위한 수학교육과정과 교재연구.** 경문사

노은희, 김영란, 김경주, 조윤동, 이광상, 배주경, 황필아, 이정우, 서민철, 박주현, 이인호, 심재호, 김동영, 김현경(2014). **2009 개정 교육과정에 따른 국가수준 학업성취도 평가의 교과별 성취기준 개선.** 한국교육과정평가원 연구보고 CRE 2014-4.

동효관, 김경주, 강민경, 장의선, 성경희, 임해미, 김성경, 이재봉, 배주경, 김소연, 최병택, 최원호, 김용진, 이기영(2017). **2017년 국가수준 학업성취도 평가 출제 연구.** 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2017-2.

박수민, 이광상(2017). 국가수준 학업성취도 평가 결과와 연계한 서답형 답안 반응 유형 분석. **교육과정평가연구, 20**(2), 85-111.

박인용, 김완수, 서민희, 정혜경, 한정아(2017). **2016년 국가수준 학업성취도 평가 결과: 고등학교 학업성취도 결과.** 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2017-43-2.

신이섭, 황혜정, 김동원, 이동환, 송민호, 신항균, 장혜원, 김상미, 고호경, 김선희, 이환철, 방승진, 박혜숙, 이재학, 김영록, 도종훈, 김화경, 전철, 최홍원(2011). **2009 개정 교육과정에 따른 수학과 교육과정 연구.** 한국과학창의재단 정책연구 2011-11.

이광상(2016). 2014년 국가수준 학업성취도 평가의 고등학교 수학과 서답형 문항에 대한 반응 분석. **교육과정평가연구, 19**(3), 71-100.

이광상, 박수민(2018). 2015년 국가수준 학업성취도 평가의 고등학교 수학과 서답형 문항 분석. **수학교육학연구, 28**(2), 159-179.

이광상, 조윤동(2014). 2010-2012년 국가수준 학업성취도 평가 결과에 나타난 중학교 수학과 성취수준별 학업성취 특성. **학교수학, 16**(2), 237-257.

이명애, 동효관, 박인용, 김완수, 서민희, 정혜경, 김경주, 강민경, 장의선, 성경희, 임해미, 김

성경, 배주경, 김소연, 이재봉, 박지현, 양길석, 강태훈, 신영준(2017). **2015 개정 교육과정 적용에 따른 국가수준 학업성취도 평가 체제 발전 방안 연구.** 한국교육과정평가원 연구보고 CRE 2017-8.

이인호, 이광상, 임해미, 박수민(2016a). **2015년 국가수준 학업성취도 평가 결과 분석-수학-.** 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2016-31-3.

이인호, 이상일, 김승현, 서민철, 성경희, 이광상, 임해미, 동효관, 배주경, 김성혜, 최병택, 권경필, 최원호, 이기영(2016b). **2016년 국가수준 학업성취도 평가 출제 연구.** 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2016-8.

임해미(2018). 국가수준 학업성취도 평가를 통한 중학교 3학년의 수학과 교육과정 성취기준에 대한 이해도 분석. **교육과정평가연구, 21**(1), 219-241.

임해미, 김성경, 동효관, 박수민(2017). **2016년 국가수준 학업성취도 평가 결과 분석-수학-.** 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2017-95-3.

정은영, 남민우, 김도남, 김혜숙, 박가나, 이봉주, 권점례, 최원호, 이인호, 조보경, 송민영, 최인봉, 김희경, 김소영(2010). **국가수준 학업성취도 평가의 교과별 평가 틀 개발 연구.** 한국교육과정평가원 연구보고 CRE 2010-7.

조영미, 이대현, 이봉주(2004). **2003년 국가수준 학업성취도 평가 연구-수학-.** 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2004-1-4.

조윤동(2012). 2010, 2011년 학업성취도 평가에서 나타난 중학교 학생들의 학업 특성. **한국수학사학회, 25**(3), 97-117.

조윤동, 고호경(2012). 수학과 교수·학습 시사점 도출을 위한 2010, 2011년 국가수준 초등학교 학업성취도 평가 문항 내용 비교 분석. **수학교육, 51**(4), 395-413.

조윤동, 이광상(2014). 2010-2012년 국가수준 학업성취도 평가에서 나타난 초등학교 성취수준별 학업 특성. **수학교육, 53**(2), 219-237.

조윤동, 이광상(2015). 학업성취도 평가에서 답지 반응률 분포 그래프를 활용한 중학생의 수학과 학업 특성 분석. **수학교육학연구, 25**(1), 1-19.

조윤동, 조성민, 최인선(2013). 국가수준 학업성취도 평가에 나타난 지역 규모별 특성 분석 -2010년, 2011년 초등학교 수학과 결과를 중심으로. **수학교육, 52**(3), 303-317.

· 논문접수 : 2018.10.05. / 수정본접수 : 2018.11.21. / 게재승인 : 2018.11.22.

ABSTRACT

Analysis of High School Students' Learning Characteristic Appeared in the 2016 National Assessment of Educational Achievement

Seong-Kyeong Kim
Associate Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation

This study seeks to examine high school students' academic characteristics from the 2016 National Assessment of Educational Achievement, which was published based on the 2009-revised mathematic curriculum and derive implications for teaching and learning. To do so, first, the test tool for mathematics in the 2016 National Assessment of Educational Achievement was introduced, and overall assessment results were examined based on achievement score, percentage of achievement levels, correct answer rate in the content areas, and representative test items per each achievement level. Second, specific assessment results for seven content areas were suggested. The results showed that those with 'proficient level'(47.63%) accounted for the highest percentage of the students, while students with 'basic level' and 'below-basic level' accounted for 20%. Second, the results from examining representative test items per each achievement level showed that representative test items for advanced-level were evenly distributed, while representative test items for proficient level skewed towards topics 'equations and inequalities', 'sets and propositions', and 'sequence'; for basic level, only 'polynomials' and 'sets and propositions' were observed. Third, an analysis of correct answer rate in the content areas revealed that the correctness rate of the 'polynomial' area was the highest and correctness rate in 'functions' area was the lowest. Fourth, in the 'equations and inequalities' area, 'the relationship between quadratic functions and quadratic equations' and 'the relationship between quadratic functions and quadratic inequalities' was more difficult for students than other achievement standards in equations and inequalities area. Fifth, within 'Equations for geometric figures' area, students scored low in 'the positional relationship between a circle and a straight line'. Last, an analysis of essay type item asking for the reverse function of a composite function revealed that typical wrong answers occurred when symbols were used incorrectly to express the reverse function of a composite function, when the characteristics of reverse functions were not correctly applied, and when reverse functions were calculated inaccurately.

Key Words: National Assessment of Educational Achievement, Achievement standard, 2009 revised mathematic curriculum