

## 학업성취도 평가 결과에 기반한 중학교 교육과정 성취기준별 성취 특성 분석

이재봉<sup>1</sup>, 구자욱<sup>1\*</sup>, 최원호<sup>2</sup>, 심규철<sup>3</sup>, 신명경<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국교육과정평가원, <sup>2</sup>순천대학교, <sup>3</sup>공주대학교, <sup>4</sup>경인교육대학교

### Analysis of Achievement Characteristics by Achievement Standard of the Middle School Curriculum Based on the National Assessment of Educational Achievement

Jaebong Lee<sup>1</sup>, Jaok Ku<sup>1\*</sup>, Wonho Choi<sup>2</sup>, Kew-Cheol Shim<sup>3</sup>, Myeong-Kyeong Shin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute for Curriculum and Evaluation, <sup>2</sup>Sunchon National University,

<sup>3</sup>Kongju National University, <sup>4</sup>Gyeongin National University of Education

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 28 July 2020

Received in revised form

26 August 2020

7 September 2020

Accepted 18 September 2020

##### Keywords:

National Assessment of Educational Achievement(NAEA), achievement standard, middle school, achievement characteristics

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the characteristics of students' academic achievement of middle school science curriculum achievement standards in the 2009 revised national curriculum and to generate implications for curriculum improvement. Based on the results of the 2015-2018 National Assessment of Educational Achievement (NAEA), we analyzed middle school students' mastery of 84 curriculum achievement standards. In the analysis, we used representative item information by achievement level and correct answer rate and checked the validity of the determination of mastery. According to the results of the analysis, 15 of the 84 achievement standards could not determine the degree of achievement. In science, many achievement standards could be mastered only by above-average group students. By achievement level, there were six achievement standards that advanced achievement-level students did not achieve, 38 achievement standards judged to represent mastery by advanced achievement-level students, 23 achievement standards judged to represent mastery by proficient achievement-level students, and two achievement standards judged to represent mastery by basic achievement-level students. By content area, the number of achievement standards corresponding to advanced and proficient levels was similar in the areas of motion and energy and earth and space domains. In the material and life domains, there were more achievement standards corresponding to advanced levels. Accordingly, it is necessary to reinforce customized teaching and learning activities in relation to achievement standards that were under-achieved.

## 1. 서론

OECD 국가를 포함하여 세계 많은 국가에서 각국의 교육과정의 실행을 점검하고 학교 교육의 책무성을 살피기 위해 국가 단위에서 학업성취도 평가를 실시하고 있다. 예를 들어, 미국의 NAEP(National Assessment of Educational Progress)는 학생이 다양한 과목에서 무엇을 할 수 있는지 측정하여 학업을 수행하는 방식에 대한 정보를 제공하고, 정책입안자, 연구원 및 교육자가 교육 향상에 대한 신뢰할 수 있는 데이터를 확보하고자 학업성취도 평가를 실시하고 있다(NCES, 2020). 이와 유사하게 영국에서는 NCA(National Curriculum Assessment), 독일에서는 IQB(the Institute for Educational Quality Improvement) 등의 학업성취도 평가를 시행하고 있다.

우리나라의 국가수준 학업성취도 평가(이하 학업성취도 평가)는 1998년 한국교육과정평가원에서 수립한 기본계획을 바탕으로 2000년에 처음 시행된 후 현재까지 매년 5개 교과(중학교의 경우 국어, 사회, 수학, 과학, 영어)에 대해 시행하고 있다. 학업성취도 평가는 지난 20년 동안 질 높은 평가 문항을 통해 국가 수준에서 우리나라

학생들의 학업성취도 및 성취도 추이를 파악하고, 학업성취에 영향을 미치는 교육 맥락 변인의 효과를 분석하여 교육 개선을 위한 정책 수립의 기초 자료를 제공하여 왔다(Ku *et al.*, 2019).

학업성취도 평가의 결과는 학생들의 학업성취 특성을 살펴볼 수 있는 중요한 기초자료로서, 평가 결과를 활용하여 교육과정에서 목표로 하는 바에 대한 학생들의 이해도를 파악하고, 교육과정 적용 상황을 점검하여 향후 교육과정 개정을 위한 시사점을 제공해 줄 수 있다. 학업성취도 평가는 그동안 평가 시행의 주요 목적에 따라 전수 또는 표집 평가로 시행되어 왔다. 전수 평가에서는 개별 학교에 대한 학교 교육의 책무성 점검을 주요 목적으로 한다고 하면, 표집 평가에서는 국가 수준에서의 교육과정 점검 기능이 보다 강조된다고 할 수 있다. 따라서 최근 2017년부터 학업성취도 평가가 다시 표집 평가로 전환되면서 국가 수준의 교육 정책 지원이라는 평가의 목적이 다시 강조되고 있으며, 특히 국가 단위의 교육과정에 근거하여 평가되는 학업성취도 평가의 특성을 고려할 때 평가 결과는 교육과정의 질 관리를 위해 다양하게 활용될 필요가 있다. 이러한 측면에서 학업성취도 평가 결과를 분석하여 교육과정 또는 교육과정 성취기준에 대한 개선점

\* 교신저자 : 구자욱 (kujaok@kice.re.kr)

\*\* 본 논문은 '국가수준 학업성취도 평가 결과에 기반한 2009 개정 교육과정의 학업성취 특성 및 추이 분석(한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2019-7)'의 내용을 보완·수정하였음.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2020.40.5.473>

을 도출할 필요가 있다.

학업성취도 평가 결과를 활용한 학생의 교과별 학업성취와 관련하여 매년 문항별 학생 응답 특성과 성취수준별 비율 분석 결과 등이 보고되고 있으며(Lee *et al.*, 2017, 2018; Lee, *et al.*, 2019), 이와 더불어 학업성취도 변화 추이를 파악하기 위한 연구가 수행되어 왔다(Kim *et al.*, 2013). 예를 들어 Kim *et al.*(2013)의 연구에서는 2007 개정 교육과정이 적용된 3년간(2010~2012년)의 학업성취도 평가 결과를 바탕으로 학교급, 교과별 학업성취의 추이를 심층적으로 분석하였는데, 과학에서는 3년간 출제된 100개 내외의 문항을 성취수준별로 분류하여, 학생들의 성취특성을 분석하고 우수학생도 숙달하지 못한 어려운 성취기준이 무엇인지 확인하였다. 전체적인 학업성취도 평가 결과에 대한 추이와 더불어 평가 문항의 특성에 대한 연구(Kim *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2017; Lee & Lee, 2015; Lee, 2019) 등도 꾸준히 수행되어 오고 있다.

그러나 많은 전문가들이 교육과정의 내용의 변화가 타당한 근거를 가지고 이루어지지 못하고 있다고 생각하고 있는 상황에서(Lee *et al.*, 2010), 학업성취도 평가가 기능을 다하고 있는지에 대해 고민해 볼 필요가 있다. 학업성취도 평가가 그동안 교육과정 개선을 위해 직접적으로 환류되는 사례나 환류 체계가 마련되지 못했다는 지적이 있다(Kim, 2017). 학업성취도 평가와 유사한 국제 학업성취도 평가인 TIMSS에서는 평가 모형에서 학생들의 성취도를 설명할 수 있는 포괄적인 요소로 교육과정을 상징하고, 의도된 교육과정, 실행된 교육과정, 성취된 교육과정으로 분류하여 성취모형을 제시하고, 국가별 교육 내용에 대한 점검과 개선 정보를 제공하는 것을 목표로 하고 있다(Sang *et al.*, 2016). 학업성취도 평가가 앞서 논의한 바와 같이 전수 평가에서 표집 평가로 전환되면서 학교교육의 책무성을 점검하고 학생 개개인의 기초학력을 보장하는 기능보다는 국가 단위의 교육적 성과나 교육과정을 점검하는 기능을 강화할 필요가 있다. 즉, 최근 평가 체제의 변화에 따라 교육과정에 대한 교육적 환류 기능을 보강해야 하며, 이를 위해서는 교육과정 성취기준에 대한 보다 구체적인 정보를 제공할 필요가 있다.

본 연구에서는 2009 개정 교육과정이 적용된 4년간의 학업성취도 평가의 문항별 평가 결과를 종합하여 교육과정의 각 성취기준에 대한 학생들의 성취 특성을 분석하여 교육과정 및 교수·학습 과정에 대한 개선 방안을 마련하고자 하였다. 구체적으로는 2015~2018년에 출제된 학업성취도 평가 문항에 대한 평가 결과를 분석하여 2009 개정 교육과정에 따른 각 교과의 성취기준별 출제 문항 및 평가 결과 정보를 종합하고, 교육과정의 성취기준별로 우리나라 학생들의 학업성취

특성을 분석할 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 분석 대상

학업성취도 평가에서는 과학과에 대한 학생의 학업성취 결과를 교육과정 내용에 대한 도달 정도에 따라 우수학력, 보통학력, 기초학력, 기초학력 미달의 4가지 성취수준으로 보고한다. 이러한 학업성취도 평가의 4가지 성취수준은 현재 개별 학교 단위에서 시행되고 있는 성취평가제에서 학생의 교과별 성취기준 도달 정도를 몇 개의 수준(예: A-B-C-D-E 등)으로 나눈 것과는 구별되며, 국가 수준에서 교육과정 내용에 대한 도달 정도를 나타내는 척도로 사용되고 있다. 이하의 논의에서 성취수준은 학업성취도 평가에서 설정한 4가지 성취수준을 의미한다. 학업성취도 평가에서의 성취수준은 우수학력의 경우 중학교 학생들이 성취하기를 기대하는 기본 내용의 대부분인 80% 이상을 이해한 수준을 의미하고, 보통학력은 상당 부분인 50~80%를 이해한 수준이며, 기초학력은 부분적으로 즉 20~50%를 이해한 수준을 의미한다(Kim *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2019). 구체적으로는 평가 결과를 바탕으로 개별 학생의 원점수를 척도점수로 변환한 후 분할점수를 기준으로 4단계의 성취수준으로 구분하는데, 2009 개정 교육과정에 따른 성취수준 분할점수는 2015년에 시행된 학업성취도 평가 결과를 바탕으로 수정된 Angoff 방법을 사용하여 설정하였으며, 이를 위해 교과 및 평가 전문가가 문항 특성, 교육과정, 성취기준 등을 고려하여 수차례 협의를 거친 바 있다(Kim & Jeong, 2018). 그리고 2016년 이후에 시행된 학업성취도 평가에 대해서는 동등화 과정을 통해 매년 동일한 능력 수준을 비교할 수 있도록 분할점수가 새롭게 산출된다.

본 연구에서는 학업성취도 평가 결과를 기반으로 교육과정 성취기준에 대한 학생들의 성취 특성을 파악하기 위해, 2015년부터 2018년까지 4년간 출제된 공개 문항의 평가 결과를 교육과정 성취기준별로 분류하여 분석하였다. 본 연구의 분석 대상이 된 문항의 영역별, 성취수준별 대표문항 수는 Table 1과 같다. 여기서 성취수준별 대표문항이란 성취기준별로 학생들의 특성을 진술하기 위해 각 성취수준별로 정답률이 일정 수준 이상인 문항을 선정할 것을 의미한다. 과학과에서는 선다형의 경우 정답률 기준이 74%이고, 서답형의 경우 65%를 기준으로 한다(Lee *et al.*, 2019). 예를 들어 특정 선다형 문항에서 우수학력, 보통학력, 기초학력 학생들이 모두 74%의 정답률을 넘은

Table 1. Research subjects: 2015-2018 questions based on 2009 revised national curriculum

영역	출제 문항 수	성취수준별 대표문항 수			특정 학력 대표문항으로 선정되지 못한 문항 수	출제된 교육과정 성취기준 수
		기초학력	보통학력	우수학력		
과학의 본성	4	1	3	-	-	2
운동과 에너지	44	2	17	16	9	24
물질	44	2	17	23	2	21
생명	44	-	7	31	6	14
지구와 우주	40	2	11	15	12	18
계	176	7	55	85	29	79

\* 서답형 문항은 하위 문항을 기준으로 선정하였으며, 비공개 가교 문항은 분석 대상에서 제외함.

경우, 이 문항은 기초학력 대표문항으로 선정되지만, 만약 보통학력은 74% 이상이고 기초학력은 74% 미만일 경우 보통학력 대표문항으로 선정된다. 일부 문항의 경우에 우수학력 학생들도 대표문항 선정 기준이 되는 정답률에 미치지 못할 때에는 어떤 학력의 대표문항으로도 선정되지 않는다.

2015~2018년 학업성취도 평가에서 중학교 과학은 6월에 3학년을 대상으로 평가가 시행되기 때문에 중학교 1, 2학년 전 범위 및 3학년의 '2. 화학 반응에서의 규칙성' 단원까지가 평가 범위이다. 2009 개정 과학과 교육과정에서 중학교에 해당하는 총 117개의 성취기준 중에 86개(과학의 본성 2개, 운동과 에너지 27개, 물질 22개, 생명 15개, 지구와 우주 20개)의 성취기준이 평가 범위에 해당한다. 86개의 성취기준 중에 4년간 출제된 성취기준은 79개이며, 출제된 문항 중 공개된 문항은 176개이었다. 성취수준별 대표문항 분포를 보면, 우수학력 대표문항이 85개로 가장 많았으며, 보통학력 대표문항은 55개, 기초학력 대표문항은 7개였다. 출제 문항 중 29개가 특정 학력의 대표문항으로 선정되지 못하였다.

## 2. 분석 절차 및 방법

중학교 과학과 교육과정 성취기준에 대한 각각의 학업성취 특성을 파악하기 위해 평가 범위에 해당하는 86개 중 과학의 본성에 대한 2개를 제외한 84개의 성취기준별로 학업성취도 평가 문항을 연결하고, 학업성취도 평가 결과인 정답률, 대표문항 정보 등을 이용해 성취수준별로 숙달 여부를 분석하였다. 숙달이란 사전적으로 '익숙하게 통달함'을 의미하는데, 본 연구에서도 해당 성취수준 집단이 각 성취기준에 대해서 충분히 이해하고 수행할 수 있을 정도로 익힌 상태를 의미하였고, 이러한 성취수준별 숙달 여부에 대한 분석 절차는 Figure 1과 같다. 숙달 여부에 대한 초안 판단과 최종 판정을 담당한 연구진은 전공을 고려하여 5명(물리 1명, 화학 1명, 생물 1명, 지구과학 2명)으로 구성하였다.

1단계에서는 먼저 학업성취도 평가 성취기준과 2009 개정 교육과정 성취기준을 연결하였다. 현재 학업성취도 평가의 출제기준인 학업성취도 평가 성취기준은 Noh *et al.*(2014)의 연구에 따라 '국가 교육과정에 따른 성취기준'을 통합·분리·재진술한 것으로 두 성취기준을 연결하는 작업이 추가적으로 필요하였다. 이후 교육과정 성취기준별로 2015~2018년에 출제된 문항 및 평가 결과를 정리한 후, 성취수준별 대표문항 정보와 내용 및 행동 영역, 정답률을 활용하여 각 성취기준에 대한 성취수준별 숙달 여부를 분석한 1차 초안을 완성하였다 (Figure 2). Figure 2에서 '우수이상'은 우수학력도 숙달하지 못하는

것으로 판단된 성취기준을 의미하며, 최종 결과 정리과정에서 '숙달 집단 없음'으로 표현하였다. 분석 과정에서는 Table 2와 같은 분석기준을 사용하였는데, 성취기준별로 성취기준에 해당하는 문항들이 모두 성취수준별 대표문항 정보가 일치하는 경우(A), 성취수준별 대표문항 정보가 상이한 경우(B), 특정 성취기준에 대해 문항이 공개되지 않는 등의 이유로 성취수준별 숙달 여부에 대한 판단이 불가한 경우(C)로 유형화하였다. 또한 각각의 유형별로도 세부 유형을 나누어 분석하였는데, 예를 들면 정답률 차이가 커서 성취수준별 대표문항 정보가 서로 다른 경우(B에 해당)에는 평가 문항의 내용을 분석하여 문항별로 평가 내용이 포괄하는 범위가 다르거나 서로 병렬적인 경우, 문항의 내용적인 측면의 차이로 인해 정답률 차이가 큰 경우, 문항의 형식적인 측면의 차이로 인해 정답률 차이가 큰 경우로 분류하여 숙달 여부 판단 기준을 설정하였다. 이러한 분석 과정(Figure 1)과 분석틀(Table 2)은 과학과 연구진뿐만 아니라 5개 교과(국어, 사회, 수학, 과학, 영어) 연구진이 모여서 논의한 결과를 토대로 설정되었으며, 교과별로 동일한 분석의 절차와 기준을 사용하였다.

중영역	교육과정 성취기준	학업성취도 평가 정보				숙달 여부 분석 결과		
		연도 (문항번호)	행동 영역	정답률	대표 문항 정보	최소 숙달 집단	판단 기준	의견
힘과 운동	과9131. 일과 일률의 정의뿐만 아니라, 일과 에너지의 관계를 안다.	2017(7)	이해	42.62	우수 이상	우수이상	A-2	일률에 관한 문항은 없었으나 7번 문항으로 보아 일과 에너지 사이의 관계를 정확히 이해하지 못한
	과9133. 운동 에너지와 위치 에너지를 알고 역학적 에너지 보존법칙을 이해한다.	2017(서1)	결론 도출 및 평가	27.26	우수 이상	우수	B-4a	운동에너지, 위치에너지의 의미나 둘 사이의 전환에 대해서는 우수 학력 학생들만 이해하고 있음
		2018(3)	탐구 설계 및 수행	55.10	우수			
		2015(2)	이해	61.11	우수			

Figure 2. The example of mastery analysis

2단계는 1단계에서 도출한 집단별 숙달 여부 초안(Figure 2)에 대해 외부 전문가 3명과 함께 협의회를 통해 검토하고 수정하여 2차 분석 자료를 산출하였다. 1단계와 2단계에서 판단 불가에 해당하는 성취기준은 총 14개로 한 문항도 출제되지 않은 경우(C-1)가 7개, 문항이 출제되었으나 해당 문항의 평가 내용이 지엽적이어서 성취기준에 대한 숙달 여부를 판단하기에 부족한 경우(C-2)가 6개였다. 출제된 문항이 해당 성취기준뿐만 아니라 다른 성취기준의 내용을 포함하고 있어 어떤 성취기준의 영향으로 평가 결과가 도출되었는지 판단하기 어려운 경우(C-3)가 1개였다. C-2의 경우를 예를 들어 보면, 운동과 에너지 영역의 '과9095. 파동의 진행에서 반사와 굴절 현상을 이해

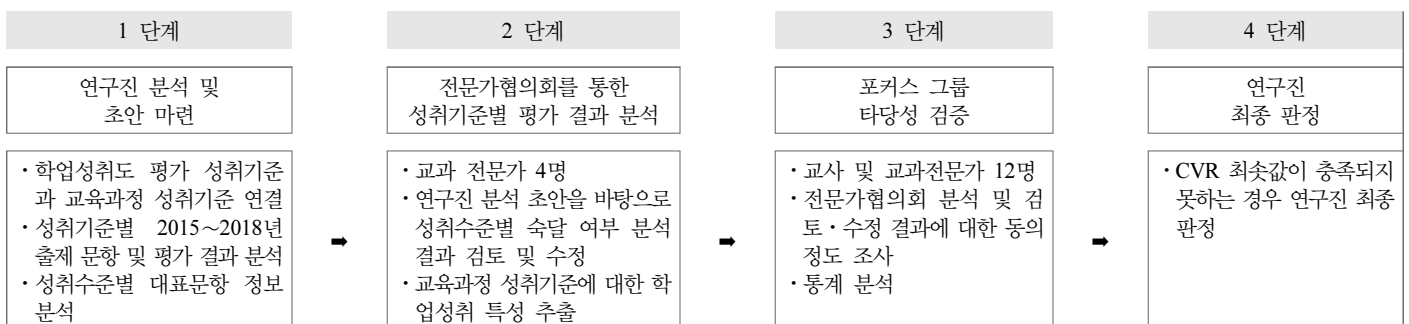


Figure 1. Procedures for analyzing mastery of achievement standards

Table 2. Criteria for analysis and judgment of mastery of achievement level

코드	설명	세부 코드	설명	판단기준	
A	성취수준별 대표문항 정보가 일치한 경우	A-1	· 문항이 2개 이상 출제된 경우	· 해당 대표문항 정보를 그대로 준용	
		A-2	· 문항이 1개 출제된 경우	· 해당 대표문항 정보를 활용하여 종합적으로 판단	
		B-1	· 문항별 평가 내용이 포괄하는 범위가 다른 경우	· 성취기준의 내용을 더 포괄하는 문항에 가중치를 두어 판단	
		B-2	· 문항별 평가 내용이 서로 병렬적인 경우	· 해당 문항들에 대해 모두 숙달한 집단을 선택함	
B	성취수준별 대표문항 정보가 상이한 경우	B-3	B-3a	· 문항 내용 측면에서 평가 내용이 어렵거나 자료와 소재가 친숙하지 않은 경우	· 난도가 높은 문항을 배제하고 하위 수준 대표문항에 가중치를 두어 판단
			B-3b	· 문항 내용 측면에서 자료가 친숙한 경우	· 난도가 낮은 문항을 배제하고 상위 수준 대표문항에 가중치를 두어 판단
		B-4	B-4a	· 문항 형식 측면에서 복잡하거나 합답형 및 서답형인 경우	· 난도가 높은 문항을 배제하고 하위 수준 대표문항에 가중치를 두어 판단
			B-4b	· 문항 형식 측면에서 문항 구성이 단순하거나 선지 구성상 정답 추정이 용이한 경우	· 난도가 낮은 문항을 배제하고 상위 수준 대표문항에 가중치를 두어 판단
C	판단 불가	C-1	· 성취기준에 해당하는 출제 문항이 없는 경우(비공개포함)	· 판단 불가로 판정	
		C-2	· 출제된 문항만으로 성취기준 숙달 여부를 판단하기 어려운 경우		
		C-3	· 2개 이상의 성취기준에 해당하며 어떤 성취기준의 영향으로 결과가 도출되었는지 판단하기 어려운 경우		

한다.’는 성취기준은 파동이 진행하면서 매질이 다른 경계면을 만났을 때, 일부는 반사하고 일부는 굴절하게 되는데, 반사와 굴절이 어떻게 일어나는지 설명할 수 있어야 한다. 이 성취기준에 따라 출제된 문항은 2015년에 1개였으나, 해당 문항에서는 굴절 현상에서 입사각과 굴절각의 크기를 비교하고 그 이유를 설명하도록 하고 있어 반사 현상에 대한 이해를 파악할 수 없어 출제된 문항만으로 성취기준 숙달 여부를 판단하기 어려운 경우로 분류하였다.

3단계에서는 2단계에서 산출한 자료에 대해서 학업성취도 평가 출제 및 검토, 교육과정 관련 연구 등에 참여한 경험이 있는 교사 및 교수 등으로 12명의 포커스 그룹을 구성하고(전공 영역을 고려), 2차 자료에 대한 동의 정도를 리커트 4점 척도(4: 매우 동의한다~1: 전혀 동의하지 않는다)로 조사하여 숙달 여부 판정의 타당성을 점검하였다. 3단계 포커스 그룹 타당성 검증에 대해 척도 평균, 내용타당도 비율(Content Validity Ratio: CVR), 합의도(Degree of consensus), 변동계수(Coefficient of Variation: CV) 등을 산출하였다.

내용타당도 비율(CVR)은 전체 응답자 수 대비 타당하다고 응답한 수의 비율로, 모든 응답자가 타당하다고 응답하였을 경우에는 1이고, 절반만 타당하다고 응답하였을 경우에는 0인데, 보통 응답자의 수에 따라 충족해야 하는 내용타당도 비율의 기준값이 달라진다(Lawshe, 1975). 즉, 응답자수에 따라 정해지는 기준값 이상이 되어야 내용타당도가 확보된 것으로 해석될 수 있는데, 본 연구에서는 응답자가 12명이므로, 0.56이 그 기준이 된다. 합의도와 변동계수는 포커스 그룹의 합의 정도를 판단하는 기준이 된다. 합의도는 4분위수를 이용하여 계산하며, 합의도가 높아 75 백분위와 25 백분위가 일치하면 1이다(Lee, 2006). 변동계수는 표준편차를 산술평균으로 나눈 값으로, 변동계수가 0.5 이하인 경우 합의로 안정성이 높다고 할 수 있는데, 0.8 이상인 경우 추가 설문이 필요하다(Noh, 2006; English & Kernan, 1976).

마지막 단계에서는 3단계 포커스 그룹의 내용타당도, 합의도, 변동계수에서 특이한 반응이 있는 경우 연구진이 전문가와 포커스 그룹의

의견을 종합하여 확정하였다. 본 연구에서는 척도 평균은 3.2~4였으며, 내용타당도가 0.56 미만으로 나타난 4개의 성취기준을 제외하고 내용타당도는 0.67~1, 합의도는 0.69~1, 변동계수는 0~0.26으로 분석 결과는 타당한 것으로 나타났다. 내용타당도가 0.56 미만으로 나타난 운동과 에너지 영역 2개, 생명 영역 1개, 지구와 우주 영역 1개 성취기준에 대해서는 연구진이 전문가협의회와 포커스 그룹 의견 조사에서 개진된 의견을 종합적으로 고려하여 최종 판정을 내렸다.

### III. 연구결과

2015~2018년 학업성취도 평가 결과를 분석하여 2009 개정 교육과정의 성취기준별로 최소 숙달 집단을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 2009 개정 과학과 교육과정에서 중학교 학업성취도 평가 출제 범위에 해당하는 84개 성취기준(86개 중 과학의 본성 2개 제외) 중 최종적으로 판단 불가인 성취기준은 총 15개였다. 판단 불가인 15개 중에 학업성취도 평가에서 한 문항도 출제가 되지 않은(비공개 포함) 성취기준이 7개(C-1)였으며, C-2와 C-3에 해당하여 숙달 여부를 판단하기 어려운 성취기준이 7개, 타당성 검증 과정에서 합의도가 낮아 판단 불가로 분류한 것이 1개였다.

성취수준별 숙달 여부를 살펴보면, 우수학력도 숙달하지 못해 숙달 집단이 없는 성취기준은 6개였으며, 우수학력 학생까지 숙달한 것으로 판단된 성취기준은 38개, 보통학력 학생까지 숙달한 것으로 판단된 성취기준은 23개로 나타났다. 또한 기초학력 학생까지 숙달한 것으로 판단된 성취기준은 2개로 나타나, 다른 성취수준 집단이 숙달한 성취기준의 수에 비해 상대적으로 적었다. 우수학력 학생조차 숙달되지 못한 것으로 판단된 성취기준 6개 중 운동과 에너지 영역이 3개로 가장 많았다. 우수학력 학생까지 숙달한 것으로 판단된 38개의 성취기준 중에 운동과 에너지 영역이 8개, 물질 영역이 12개, 생명 영역이 11개, 지구와 우주 영역이 7개였다. 보통학력 학생까지 숙달한 것으로 판단된 성취기준 23개 중 운동과 에너지 영역이 9개, 물질 영역이

Table 3. Results of mastery group analysis of achievement standards

영역	숙달 집단 없음		우수학력		보통학력		기초학력		판단 불가		계	
	빈도	비율	빈도	비율	빈도	비율	빈도	비율	빈도	비율	빈도	비율
운동과 에너지	3	11.1%	8	29.6%	9	33.3%	1	3.7%	6	22.2%	27	100.0%
물질	0	0.0%	12	54.5%	8	36.4%	0	0.0%	2	9.1%	22	100.0%
생명	1	6.7%	11	73.3%	0	0.0%	0	0.0%	3	20.0%	15	100.0%
지구와 우주	2	10.0%	7	35.0%	6	30.0%	1	5.0%	4	20.0%	20	100.0%
계	6	7.1%	38	45.2%	23	27.4%	2	2.4%	15	17.9%	84	100.0%

8개, 지구와 우주 영역이 6개였으며, 생명 영역에서는 이에 해당하는 성취기준이 없었다. 기초학력 학생까지 모두 숙달한 것으로 판단된 성취기준은 운동과 에너지, 지구와 우주 영역에서 각각 1개였다. 영역별로는 운동과 에너지, 지구와 우주 영역에서는 우수학력과 보통학력에 해당하는 성취기준 개수가 비슷하였으나, 물질과 생명 영역에서는 우수학력에 해당하는 성취기준이 많았고 특히 생명 영역에서는 거의 대부분이 우수학력에 해당하였다.

### 1. 운동과 에너지 영역

운동과 에너지 영역에서 교육과정 성취기준에 대한 숙달 여부를 판정한 결과는 Table 4와 같다. 힘과 운동에서는 여러 가지 힘의 특징과 한 물체에서 작용하는 두 개의 힘의 합력의 경우에는 보통학력 학생도 숙달할 수 있는 수준이나 ‘과9035. 물체의 운동을 관찰하여 힘의 작용에 대하여 알고, 이를 통해 힘과 운동의 관계를 안다.’는 성취기준의 경우 우수학력 학생도 숙달하지 못하는 성취기준으로 나타났다. 물체의 운동 상태를 보고 힘과 운동 상태와의 관계를 이끌어 내는 것은 우수학력도 숙달하기 어려운 내용이고 특히 속력이 감소하는 상황에서의 힘과 운동 방향 사이의 관계를 잘 이해하고 있지 못한 것으로 나타났다. 힘과 운동에 대한 선행 연구들(Kim, 2009; Paik, Jung, & Ha, 2007)에서도 물체의 운동과 힘의 방향을 제대로 연결시키지 못하는 경우가 많았으며, 특히 힘과 운동 방향이 반대인 경우에 그러한 특징이 두드러졌다. 2015 개정 과학과 교육과정에 의하면 힘과 운동 상태와의 관계에 대한 내용이 중학교에서 축소되고 고등학교 「통합과학」과 「물리학 I」로 이동하였는데, 이러한 변화는 학업성취도 평가 결과와 부합되는 것이라 할 수 있다.

일과 에너지 전환에서는 성취기준별로 숙달 여부가 서로 다르게 나타났는데, 특히 ‘과9131. 일과 일률의 정의를 알고, 일과 에너지의 관계를 안다.’는 성취기준에서 일과 에너지 사이의 관계를 정량적으로 이해하는 것은 우수학력에서도 숙달하기 어려운 성취기준으로 나타났다. 이 성취기준은 해당 단원에서 핵심적인 내용이므로 학생의 이해를 도울 수 있는 교수·학습 자료나 방법을 개발하여 학생의 어려움을 도와줄 필요가 있다. 선행 연구들에서 학생들의 에너지 개념의 발달 단계에 대해서 연구하였는데(Kim *et al.*, 2016; Liu & McKeough, 2005; Neumann *et al.*, 2013), 대체로 에너지 종류, 에너지의 전달과 전환, 에너지 보존의 순이었다. 이러한 특징이 Table 4에서도 유사하게 나타나고 있는데, 과9131과 같이 어려운 성취기준이 해당 단원의 맨 처음에 제시되는 것이 바람직하지에 대해서는 고려가 필요하다.

전기와 자기에서는 6개의 성취기준 중에 4개의 성취기준이 우수학

력 학생만 숙달할 수 있는 성취기준으로 나타나 중학교 학생에게 매우 어려운 단원임을 알 수 있다. 전기와 자기 단원의 경우 2015 개정 교육과정에서도 거의 유사한 수준으로 내용을 유지하고 있으므로 향후 교육과정 개정 시 성취기준의 내용과 범위를 보다 쉽게 조정할 필요성이 있다. Jho(2015)도 교과서에 제시된 실험과 활동이 실제 수행 결과와 일치하지 않아서 또는 관찰된 결과로부터 결론에 이르는 추론 과정이 생략되거나 충분히 제시되지 않아 학생들이 겪는 문제점을 지적하기도 하였다.

빛과 파동에서도 성취수준별 숙달 여부를 판정할 때, 판정 가능한 3개의 성취기준 중에 2개가 우수학력에 해당하고, 1개가 우수학력에서도 숙달하기 어려운 성취기준으로 나타났다. 특히 ‘과9093. 여러 가지 거울과 렌즈를 통해 나타나는 상을 관찰하고, 평면거울과 볼록렌즈에 의한 상의 생성 원리를 이해한다.’는 성취기준의 경우, 문항 분석 결과에 의하면 많은 학생이 거울과 렌즈의 특징과 쓰임새 등은 이해할 수 있으나 상이 생기는 원리의 경우 우수학력 학생도 이해하기 어려운 내용이었다. 중학생 학생들은 상에 대한 이해가 실제로 매우 부족하고 특히 광선 추적에 대해서는 많은 오개념을 가지고 있는 경우가 많다(Lee *et al.*, 2004). 물체가 보이는 원리에 대한 성취기준도 우수학력 학생만이 숙달하는 성취기준으로 나타났는데, Lee(2019)는 성취수준별 시각의 개념에 대해서 분석하여 제시한 바 있다. 2015 개정 교육과정에서 상의 생성 원리와 관련하여 볼록렌즈에 의한 상의 생성 원리가 삭제되고 평면거울에서 상이 생기는 원리만을 다루도록 한 것은 학업성취도 평가 결과와 부합하는 내용이지만 상은 여전히 학생이 어려워하는 내용이므로 상의 원리를 다루는 것에 대한 타당성을 재검토해 볼 필요성이 있다.

### 2. 물질 영역

물질 영역의 교육과정 성취기준에 대한 숙달 여부를 판정한 결과는 Table 5와 같다. 분자 운동과 상태 변화의 성취기준 중에 숙달 여부를 판정할 수 있는 6개의 성취기준 중에서 5개의 성취기준이 우수학력 학생만 숙달할 수 있는 성취기준으로 나타나 관련된 성취기준이 중학교 학생에게 매우 어려운 내용임을 알 수 있다. 우수학력의 경우만 증발이나 확산에서 분자(입자)가 스스로 운동하고 있음을 알고, 압력과 기체의 부피 사이의 관계나 온도와 기체의 부피 사이의 관계에서 분자(입자) 모형을 사용해 설명할 수 있으며, 상태 변화 과정에서도 분자배열의 차이와 에너지 출입을 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 이것은 Park, Park, & Kang(2013)에 의하면, 이 단원을 이해하는 데에 요구되는 인지적 수준과 학생들의 인지적 수준이 일치하지 않는다고 지적하였는데, 예를 들면 많은 성취기준들이 초기 형식적 조작 수준



Table 4. Results of mastery group analysis of achievement standards in motion and energy domains

중영역	교육과정 성취기준	판단 기준	타당성 검증 결과				숙달 여부		
			척도 평균	CVR	합의도	CV	우수	보통	기초
힘과 운동	과9032. 중력, 탄성력, 마찰력, 전기력, 자기력 등 여러 가지 힘의 특징을 알고 이들이 주변의 현상을 이해하는데 어떻게 활용되는지 이해한다.	A-2	3.7	0.83	0.94	0.18	○	○	
	과9033. 한 물체에 작용하는 두 힘의 합력을 구할 수 있고 알짜 힘을 안다.	A-2	3.9	1.00	1.00	0.07	○	○	
	과9035. 물체의 운동을 관찰하여 힘의 작용에 대하여 알고, 이를 통해 힘과 운동의 관계를 안다.	A-1	3.9	1.00	1.00	0.07			
일과 에너지 전환	과9135. 에너지 전환의 예를 일상생활에서 찾고, 전환 과정에서 에너지가 보존됨을 이해한다.	A-2	3.7	0.83	0.94	0.18	○	○	○
	과9134. 빛에너지, 열에너지, 전기 에너지, 소리 에너지, 신재생 에너지 등 여러 형태의 에너지 종류와 특징을 알고, 인류의 미래에서 에너지의 중요한 역할을 이해한다.	B-1	3.6	0.83	0.75	0.19	○	○	
	과9133. 운동 에너지와 위치 에너지를 알고 역학적 에너지 보존법칙을 이해한다.	B-4a	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
	과9131. 일과 일률의 정의를 알고, 일과 에너지의 관계를 안다.	A-2	3.7	1.00	0.75	0.13			
열과 우리생활	과9051. 온도를 분자 운동 모형으로 이해하고, 온도가 우리 생활에 미치는 영향을 안다.	A-2	3.6	0.67	0.94	0.22	○	○	
	과9052. 물체 사이의 온도가 다르면 열평형 상태에 도달할 때까지 열의 이동이 일어남을 이해한다.	A-2	4.0	1.00	1.00	0.00	○	○	
	과9053. 열의 이동 방법에는 전도, 대류, 복사가 있음을 알고 각각의 특징을 안다.	A-1	4.0	1.00	1.00	0.00	○	○	
	과9055. 냉난방 기구 사용, 주방 기구 사용, 단열과 폐열의 활용, 지구 온난화 같은 일상생활에서 열에너지와 관련된 사례를 열의 이동 방법과 관련지어 이해한다.	A-1	4.0	1.00	1.00	0.00	○	○	
	과9054. 물체에 따라 비열과 열팽창 정도가 다름을 알고, 이를 활용한 예를 안다.	B-2	3.8	1.00	1.00	0.10	○		
전기와 자기	과9155. 자기장 내의 전류가 흐르는 도선에 작용하는 힘의 특성을 진술할 수 있다.	A-2	4.0	1.00	1.00	0.00	○	○	
	과9156. 자석을 이용하여 전류가 발생하는 현상을 정성으로 진술할 수 있다.	B-4a	3.7	0.83	0.94	0.18	○	○	
	과9151. 정전기 유도에 의해 물체가 대전되는 과정을 이해하고, 대전된 전하의 종류에 따라 두 물체 사이에는 서로 밀거나 당기는 정전기력이 작용함을 안다.	B-1	3.8	0.83	1.00	0.15	○		
	과9152. 저항, 전류, 전압 사이의 관계를 알고, 이를 적용하여 저항의 직렬연결과 병렬연결의 특징을 이해한다.	B-2	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
	과9153. 가정에서 전기 에너지가 다양한 형태의 에너지로 전환되어 사용되고 있음을 알고 이를 전기 소비 전력과 관련지어 설명할 수 있다.	A-2	3.8	1.00	0.94	0.12	○		
	과9154. 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 특성을 진술할 수 있다.	B-2	3.5	0.67	0.75	0.23	○		
	과9091. 물체를 보는 원리를 안다.	A-2	3.3	0.50*	0.69	0.27	○		
빛과 파동	과9096. 소리가 들리는 과정을 알고 파동의 진폭, 진동수, 파형으로부터 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 안다.	B4-a	3.8	1.00	1.00	0.10	○		
	과9093. 여러 가지 거울과 렌즈를 통해 나타나는 상을 관찰하고, 평면거울과 볼록 렌즈에 의한 상의 생성 원리를 이해한다.	B-2	3.8	0.83	1.00	0.17			

\* CVR 0.56 미만이지만 연구진 최종 판정으로 우수로 유지함.

이처럼 중학교 1학년 학생들은 대부분 구체적 조작기 수준에 머물러 있는 경우도 있다는 것이다. 따라서 적절한 모형이나 비유를 활용할 필요가 있다. 이러한 측면에서 2015 개정 교육과정에서는 특히 물질 영역에서 입자 모형을 사용하여 현상을 설명하는 부분이 강조되어 있지만, 모형을 개발하고 사용하는 능력(기능)을 보다 향상시킬 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다.

물질의 구성과 물질의 특성 단원의 경우 많은 성취기준이 보통학력 학생도 숙달할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 ‘과9122. 여러 가지 순물질의 녹는점과 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등을 측정하고, 이들이 물질의 특성이 될 수 있음을 이해한다.’와 ‘과9123. 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리한다.’는 성취기준은 숙달 수준이 우수학력으로 나타나 중학생들이 특별히 어려워하는 내용이었다. 과9122에서

여러 가지 물질의 특성 중에 밀도가 물질의 특성임을 이해하는 내용에 대해서 특히 학생들이 어려워하는 특성을 보였다. 따라서 밀도의 경우 물질의 질량과 부피를 동시에 고려해야 하는 어려운 개념이므로 이에 대한 교수·학습방법을 마련할 필요가 있다. 혼합물의 분리의 경우 2015 개정 교육과정에서 특정한 성질만을 이용하는 경우로 한정하여 제시하여 학습량을 줄였는데, 이것은 평가 결과와 부합하는 교육과정 변화 내용이다.

화학 반응의 규칙성에서는 5개의 성취기준 중에 4개의 성취기준이 우수학력 학생만 숙달할 수 있는 성취기준으로 나타나 물질 영역에서는 가장 어려운 단원이었다. 화학 반응의 규칙성에서도 모형의 사용이 강조되지만, 실험과 모형을 통해 일정성분비 등을 추론하는 것은 중학생에게 어려운 주제이다(Paik et al., 2010). 관련된 성취기준이

Table 5. Results of mastery group analysis of achievement standards in materials domains

중영역	교육과정 성취기준	판단 기준	타당성 검증 결과				숙달 여부		
			적도 평균	CVR	합의도	CV	우수	보통	기초
분자 운동과 상태 변화	과9065. 상태 변화에서 관찰되는 현상적 변화를 분자 모형을 이용하여 분자 배열의 차이로 설명한다.	A-1	3.8	1.00	1.00	0.10	○	○	
	과9061. 증발 또는 확산 현상을 통하여 분자가 운동하고 있음을 알고, 모형을 이용하여 분자 운동을 설명한다.	A-2	4.0	1.00	1.00	0.00	○		
	과9062. 압력과 기체의 부피의 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아내고, 압력 변화에 따른 기체 분자의 배열 및 운동 상태 변화를 분자 모형으로 설명한다.	A-2	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
	과9063. 온도와 기체의 부피의 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아내고, 온도 변화에 따른 기체 분자의 배열 및 운동 상태 변화를 분자 모형으로 설명한다.	A-2	4.0	1.00	1.00	0.00	○		
	과9064. 여러 가지 물질의 용해, 응고, 액화, 기화, 승화 현상을 관찰하고, 상태 변화가 물리적 변화임을 안다.	A-1	3.8	0.83	1.00	0.17	○		
	과9067. 상태에 따른 분자 배열의 차이와 열에너지 관계를 분자 운동으로 설명한다.	B-2 B-4a	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
	물질의 구성	과9081. 모든 물질은 원소로 이루어져 있음을 알고, 대표적인 여러 가지 원소를 원소 기호로 나타낸다.	B-2	3.6	0.67	0.94	0.22	○	○
과9082. 원소는 물질을 구성하는 원자로 구성되고 원자는 원자핵과 전자로 구성되어 있음을 알고, 이를 모형으로 사용하여 나타낸다.		A-2	3.8	0.83	1.00	0.17	○	○	
과9084. 이온의 형성을 모형으로 나타내고, 양금 생성 반응을 통해 이온의 종류를 안다.		A-2	3.8	1.00	1.00	0.10	○	○	
과9085. 우리 주변에 이온이 존재함을 알고, 이온이 사용되는 예를 안다.		A-2	3.7	0.67	1.00	0.21	○	○	
과9083. 원자가 전자를 잃으면 양(+)이온, 전자를 얻으면 음(-)이온이 됨을 알고, 원소 기호를 사용해 이온식으로 나타낸다.		A-2	3.6	0.67	0.94	0.22	○		
물질의 특성	과9121. 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 물질들을 순물질과 혼합물로 구분하고 그 차이를 이해한다.	A-2	3.9	1.00	1.00	0.07	○	○	
	과9124. 우리 주변에서 사용되는 혼합물 분리의 예를 안다.	A-1	4.0	1.00	1.00	0.00	○	○	
	과9122. 여러 가지 순물질의 녹는점과 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등을 측정하고, 이들이 물질의 특성이 될 수 있음을 이해한다.	B-3b	3.5	0.83	0.75	0.19	○		
	과9123. 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리한다.	A-2	3.8	0.83	1.00	0.17	○		
화학 반응의 규칙성	과9161. 일상생활에서 물리적 변화와 화학적 변화의 예를 안다.	B-3a	3.9	0.83	1.00	0.08	○	○	
	과9162. 화학 반응을 모형으로 설명하고, 이를 통해 화학적 변화는 물질을 구성하는 입자의 종류와 배열이 달라지는 것임을 이해한다.	B-3b	3.4	0.83	0.75	0.26	○		
	과9163. 간단한 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낸다.	A-2	3.8	0.83	1.00	0.15	○		
	과9164. 화학 반응에서 질량 보존의 법칙과 일정 성분비의 법칙을 모형으로 통해 이해한다.	B-1	3.8	1.00	1.00	0.10	○		
	과9165. 화학반응식에서 계수의 의미를 설명할 수 있다.	A-2	3.8	0.83	1.00	0.15	○		

모두 2015 개정 교육과정에서도 그대로 유지되고 있으며, ‘화학 반응의 규칙과 에너지 변화’로 단원명이 변경되어 기체 반응의 법칙이나 화학 반응에서의 에너지 출입도 다루도록 하고 있어 중학생들의 학습에 부담이 클 것으로 예상된다. 따라서 2009 개정 교육과정에서 숙달 수준이 우수학력으로 나타난 성취기준이 2015 개정 교육과정에서 유지되는 경우는 보통학력 학생들의 학습 능력에서 부족한 점을 중심으로 교수·학습 방법을 개선하여 좀 더 많은 학생들이 숙달할 수 있도록 도와주어야 할 것이다.

### 3. 생명 영역

생명 영역의 교육과정 성취기준에 대한 숙달 여부를 판정한 결과는 Table 6과 같다. Table 6을 보면 생명 영역에서의 성취기준별 숙달

여부 판정 결과가 다른 영역에 비해 적었다. 이는 학업성취도 평가가 3학년을 대상으로 6월에 시행되어 3학년 생명 영역에 대한 성취기준이 모두 출제 범위에 해당하지 않기 때문이다. 그러나 ‘생식과 발생’이나 ‘유전과 진화’의 경우 중학교 학생이 배워야 할 중요한 개념이므로, 이러한 부분은 학업성취도 평가 체제를 개선할 때 고려될 필요가 있다.

생명 영역에서 숙달 여부가 판단된 성취기준이 모두 우수학력이거나 우수학력 학생도 성취하기 어려운 성취기준으로 나타났다. 각 단원별 분석 결과를 종합해 보면 광합성 단원에서는 우수학력만이 생물의 유기적 구성 단계와 각각의 단계에 해당하는 예시를 관련지을 수 있고, 잎의 구조와 기능을 광합성과 연관시키거나 토양과 뿌리 사이의 물의 이동, 줄기에서의 물과 양분의 이동, 관다발의 구조와 기능을 이해하고 있었다. 호흡은 광합성과 달리 항상 일어나고 있는

Table 6. Results of mastery group analysis of achievement standards in life domains

중영역	교육과정 성취기준	판단 기준	타당성 검증 결과				숙달 여부		
			척도 평균	CVR	합의도	CV	우수	보통	기초
광합성	과9042. 세포가 모여 조직을 이루며, 조직이 모여 기관을 이루는 식물체의 유기적 구성단계를 안다.	A-1	3.7	0.83	0.94	0.18	○		
	과9043. 식물 뿌리에서의 물과 무기양분의 흡수, 줄기에서의 물과 양분의 이동 그리고 잎의 증산작용 등을 광합성과 관련지어 이해한다.	B-2	4.0	1.00	1.00	0.00	○		
	과9044. 광합성이 일어나는 장소, 광합성에 필요한 물질과 광합성으로 생성되는 물질을 안다.	A-1	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
	과9046. 식물의 호흡과 광합성의 관계를 이해한다.	B-2	4.0	1.00	1.00	0.00	○		
소화·순환·호흡·배설	과9111. 세포가 모여 조직을 이루며, 조직이 동물체모여 기관을 이루는 유기적 구성 단계를 안다.	A-1	3.8	1.00	0.94	0.12	○		
	과9112. 체내에 들어온 음식물이 소화 기관을 지나면서 소화되는 과정을 이해한다.	C-2 →B-2	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
	과9113. 혈액의 성분과 기능을 알고, 혈액 순환과 관련지어 심장과 혈관의 구조와 기능을 이해한다.	B-2	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
	과9114. 호흡 기관의 구조와 기능을 이해하고, 동물의 체내에서 에너지가 생성됨을 안다.	B-2	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
	과9115. 배설 기관의 구조와 기능을 이해한다.	A-1	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
	과9116. 소화, 순환, 호흡, 배설의 관계를 통합적으로 이해한다.	A-1	3.8	1.00	1.00	0.10			
자극과 반응	과9141. 눈, 코, 귀, 혀, 피부 감각기의 구조와 기능을 안다.	C-2 →B-2	3.8	1.00	1.00	0.10	○		
	과9143. 체내·외 환경 변화에 대한 신경과 호르몬의 조절 작용으로 항상성이 유지됨을 이해한다.	B-2	3.8	1.00	1.00	0.10	○		

현상이라는 것을 중학생들은 이해하기 어려워하였다. 또한 우수학력 학생만 광합성에 영향을 미치는 요인과 실험 설계에 필요한 변인을 구별하여 실험을 옳게 설계할 수 있었다. 광합성 단원의 경우, 선행 연구에서 관련 단원에 대한 네트워크 분석을 실시한 결과에 의하면 개념의 수가 많고, 단원 간 중복되는 경우가 있어서 개념의 수를 조절하고, 단원을 재구성할 필요성이 제기되기도 하였다(Kwon, Park, & Kim, 2018).

소화·순환·호흡·배설에서는 관련 성취기준이 모두 우수학력만 숙달하였거나, 우수학력 학생도 숙달하기 어려운 성취기준인 것으로 나타났다. 이를 성취수준별로 살펴보면, 보통학력 학생은 영양소 검출 방법과 그에 따른 영양소 검출 결과를 연관시키는 것을 어려워하고, 우수학력 학생은 혈액의 구성 성분과 각각의 외형적 특징, 기능을 연결시킬 수 있으며, 심장의 위치와 혈액의 흐름의 방향을 연관시켜 이해할 수 있으나 보통학력 학생은 혈구의 종류와 특징, 혈관의 구조적 특징을 이해하는 수준이었다. 또한 우수학력 학생은 세포 호흡에서 만들어진 에너지와 그 이용을 이해하고 있으며, 호흡 운동 시 호흡 기관의 움직임과 폐에서의 공기의 이동 방향을 연관시킬 수 있으나 보통학력 학생은 세포 호흡에 관여하는 기체와 영양소를 이해하지 못하고, 호흡 운동 시 폐의 부피 변화에 따른 공기의 이동 방향을 이해하는 수준이었다. 무엇보다도 ‘과9116. 소화, 순환, 호흡, 배설의 관계를 통합적으로 이해한다.’는 성취기준의 경우 우수학력 학생도 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계의 통합적인 관계를 이해하기 어려운 것으로 나타났다. 이러한 통합적인 이해에 대한 어려움은 Mathai & Ramadas(2009)도 지적하였는데, 구조와 기능을 연결시키는 것이 필요함을 강조하였다. 2015 개정 교육과정에서 중학교 ‘동물과 에너지’ 단원에서는 감각기관을 중점적으로 다루고, 고등학교 생명과학에서

는 물질대사를 통한 에너지 생성과 연계하여 통합적으로 이해할 수 있도록 하여 학습량을 적정화하였지만, 학업성취도 평가 결과에 의하면 생명 영역의 성취기준 대부분이 학생에게는 어려운 성취기준인 것으로 나타나 이에 대한 추가 연구가 필요하다.

자극과 반응은 성취기준이 많은 내용요소를 포괄적으로 제시하고 있어 성취기준의 숙달 여부를 판단하는 데 있어서 제한적이고, 분석에 어려움이 있었다. 즉 분석을 위해서는 보다 다양한 문항의 출제가 이루어져야 하나 출제된 문항 수의 한계로 분석에 한계가 있었다. 분석에 의하면 우수학력 학생들은 눈의 기능을 이해하고 귀의 구조와 기능을 연결하여 이해하고 있었으며, 보통학력 학생들은 귀의 구조와 기능을 연결하기 어려워하고 코의 기능 정도만을 이해하는 것으로 나타났다. 또한 우수학력 학생들만 혈당량 조절을 위한 호르몬(인슐린)의 분비 과정을 이해하고 신경과 호르몬에 의해 체온에 대한 항상성 조절이 일어난다는 것을 이해하는 것으로 나타났다. 앞서 지적한 것과 같이 자극과 반응과 같은 생명 영역의 성취기준은 다양한 내용요소를 포함하고 있고 매우 포괄적이다. 유사하게 자극과 반응 단원에 대한 개념의 연계성을 언어네트워크로 분석한 논문(Seo & Kim, 2020)에 의하면, 초등학교에서 중학교로 가면서 개념 수가 갑자기 많아지고 있었으며, 초·중·고등학교에서 기본 내용이 반복적으로 다루어지고 있었다. 따라서 초중고의 개념의 위계와 연계를 검토할 필요가 있어 보인다.

#### 4. 지구와 우주 영역

지구와 우주 영역에서 교육과정 성취기준에 대한 숙달 여부를 판정한 결과는 Table 6과 같다. 지구와 우주 영역에서는 기관과 우리 생활



Table 7. Results of mastery group analysis of achievement standards in earth and space domains

중영역	교육과정 성취기준	판단기준	타당성 검증 결과				숙달 여부		
			척도 평균	CVR	합의도	CV	우수	보통	기초
지구계와 지권의 변화	과9027. 지진이나 화산 활동을 포함한 지구 환경의 변화가 우리 생활에 미치는 영향을 이해하고 대책을 안다.	B-4a	3.8	0.83	1.00	0.17	○	○	○
	과9022. 지구계의 구성 요소가 지권, 수권, 기권, 생물권, 외권임을 알고 각 권의 특징과 지구계 내에서 물질과 에너지 순환이 일어남을 안다.	B-2	3.8	1.00	0.94	0.12	○	○	
	과9025. 지진파를 이용하여 지구의 내부의 층상 구조를 탐사하는 방법을 알고, 각 층의 특징을 이해한다.	B-1	3.4	0.67	0.75	0.23	○	○	
	과9026. 판구조론의 발달 과정을 과학사적 관점에서 이해하고, 판의 운동과 지진, 화산 활동을 연계하여 설명한다.	B-4a	3.3	0.67	0.71	0.23	○	○	
	과9023. 지권은 다양한 암석과 광물로 구성되어 있으며, 지권을 이루는 물질은 순환하고 있음을 이해한다.	B-3a	3.8	1.00	1.00	0.10	○		
	과9024. 광물과 암석이 우리 생활의 여러 분야에 다양하게 이용되고 있음을 안다.	A-2	3.9	1.00	1.00	0.07	○		
수권의 구성과 순환	과9072. 지구계의 구성 요소로 빙하를 이해하고, 빙하의 형성과 분포, 물리적 특성을 알고, 이를 기후 변화 해석 등에 활용할 수 있음을 이해한다.	B-4a	3.7	0.83	0.94	0.18	○	○	
	과9071. 지구계의 구성 요소인 수권은 담수와 해수, 빙하, 지하수로 이루어짐을 알고, 물이 소중한 자원임을 이해한다.	A-2	3.8	0.83	1.00	0.17	○		
	과9075. 해수 순환의 원리와 순환의 기능에 대해 알고, 우리나라 주변 해류의 종류와 특성에 대해 이해한다.	A-1	4.0	1.00	1.00	0.00	○		
기권과 우리 생활	과9102. 태양이 지구계의 주요한 에너지원이며 위도에 따른 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지의 평형을 이해한다.	A-1	3.8	1.00	1.00	0.10	○	○	
	과9103. 탄소의 순환 과정을 알고, 탄소 순환을 지구 온난화와 관련지어 이해한다.	A-2	4.0	1.00	1.00	0.00	○	○	
	과9104. 대기 중의 수증기량과 이슬점, 포화 수증기량, 상대습도, 단열팽창 및 응결 현상의 관계를 이해하고, 구름의 생성과 강수과정에 대해 안다.	B-2	4.0	1.00	1.00	0.00	○		
	과9105. 기압의 개념과 크기 및 단위에 대해 알고, 지표면의 차등가열에 따른 온도 차이로 인해 기압의 변화가 발생하여 바람이 불게 됨을 안다.	B-2	3.7	0.83	0.94	0.18	○		
	과9106. 대기 대순환과 순환의 분포가 생기는 원인을 알고, 대기 대순환과 해양의 표층 순환을 관련지어 이해한다.	A-1	4.0	1.00	1.00	0.00	○		
	과9101. 기권은 기온의 연직 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분됨을 알고 각 층의 특징에 대해 이해한다.	A-2	3.3	0.50*	0.69	0.32			
	과9107. 기단과 전선, 고기압과 저기압에서 나타나는 기상 현상을 알고 이를 날씨의 변화와 관련지으며, 기상 현상이 우리 생활에 미치는 영향을 이해한다.	A-1	4.0	1.00	1.00	0.00			

\* CVR 0.56 미만이지만 연구진 최종 판정으로 유지함(가교문항 정보도 활용함).

단원이 우수학력이나 우수학력도 숙달하기 어려운 성취기준이 많은 것을 볼 수 있다. 지구계와 지권의 변화에서는 ‘과9023. 지권은 다양한 암석과 광물로 구성되어 있으며, 지권을 이루는 물질은 순환하고 있음을 이해한다.’와 ‘과9024. 광물과 암석이 우리 생활의 여러 분야에 다양하게 이용되고 있음을 안다.’가 우수학력이 숙달할 수 있는 성취기준인 것으로 나타났는데 우수학력의 경우만 변성암, 화성암, 퇴적암을 명확히 구분할 수 있고, 조암광물과 지권을 이루는 물질이 순환하고 있음을 명확히 이해하고 있으며, 광물과 암석이 사용되는 분야도 우수학력만이 숙달하고 있었다. 광물과 암석에 대해서는 중학 생들이 오개념이 많고 흥미와 이해도도 낮으므로(Cho, Hwang, & Kim, 2003), 이에 대한 교수학습 지원이 요구된다. 2015 개정 교육과정에서 지권의 변화 단원이 일부 재조정되기는 하였으나 대부분 지진과 탐사나 판구조론에 관한 내용이라 학생이 실제로 어려워하는 ‘과9023’과 ‘과9024’는 거의 동일하게 유지되고 있다. 해당 내용은 중학교에서 핵심적으로 다루어야 할 내용이므로 학생의 어려움을 해소할 수 있는 방안이 마련될 필요성이 있다.

수권의 구성과 순환에서는 공개된 문항만으로 숙달 정도를 판정하기 어려운 성취기준이 많았다. 이는 성취기준별로 출제된 문항이 적

었기 때문이다. 이 단원에 대한 평가 결과를 분석해 보면 우수학력 학생만이 지구계의 구성 요소인 수권이 무엇으로 구성되는지, 각각의 분포 양상이 어떠한지를 설명할 수 있고, 해수 순환의 특성과 우리나라 주변의 해류 특성과 운동에 대해서 설명할 수 있음을 알 수 있었다.

기권과 우리 생활에서는 ‘과9101. 기권은 기온의 연직 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분됨을 알고 각 층의 특징에 대해 이해한다.’와 ‘과9107. 기단과 전선, 고기압과 저기압에서 나타나는 기상 현상을 알고 이를 날씨의 변화와 관련지으며, 기상 현상이 우리 생활에 미치는 영향을 이해한다.’의 경우 우수학력 학생도 숙달하기 어려운 성취기준이었다. 즉 기권의 연직 분포와 각 층에서의 특징을 명확히 설명하거나 기단과 전선에서 나타나는 기상 현상을 날씨의 변화와 관련지어 설명하는 것은 우수학력 학생조차 이해하기 어려운 것으로 나타났다. 이 단원의 성취기준 중에 ‘과9103’, ‘과9106’의 탄소 순환과 대기 대순환이 2015 개정 교육과정에서는 고등학교에서 다루도록 하고 있으나 이들 성취기준보다는 더 어려워하는 성취기준인 ‘과9101’이나 ‘과9107’은 그대로 유지되고 있으므로 이들 내용에 대한 적절성을 검토하는 것이 필요하다. 두 성취기준은 매우 중요한 기본 개념으로 학생들에게 제시되는 내용이나 진술을 학생들의 이해

수준에 맞출 수 있도록 안내하는 것이 바람직할 것이다.

#### IV. 결론 및 제언

국가 수준에서의 학업성취도 평가는 교육과정의 실행 정도를 평가하는 중요한 잣대라는 데 의미가 크다. 이로 인해 세계 많은 국가에서 자국의 교육 성과를 분석하기 위해 국가나 지방 정부 단위에서 학업성취도 평가를 실행하고 있다. 우리나라에서 학업성취도 평가가 시행된 지는 20여년이 넘었지만 최근 들어 학교 교육에 대한 책무성을 점검하는 것뿐만 아니라 교육과정 개선에 대한 직접적인 환류 기능을 강화해야 한다는 요구가 많이 있다. 특히 최근 표집 평가로 전환되면서 이러한 요구는 더욱 강해지고 있다. 이에 본 연구에서는 2009 개정 교육과정이 적용된 2015년부터 2018년까지의 4년 동안의 학업성취도 평가 결과를 분석하여 2009 개정 교육과정 성취기준에 대한 학생들의 성취 특성을 분석하고 시사점을 도출하고자 하였다. 분석에 있어서는 객관적인 학업성취도 평가 결과를 바탕으로 전문가 집단이 교육과정 성취기준별로 숙달 여부를 판정하고, 이에 대한 타당성 검증 절차를 통해 교육과정 성취기준에 대한 학생들의 학업특성을 보다 타당하고 신뢰로운 분석 결과로 도출하고자 하였다. 이렇게 학업성취도 평가 결과에 기초하여 성취기준별로 분석한 결과는 과학 교육과정 및 교수·학습 개선에 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

연구 결과를 종합해 보면 몇 가지 시사점을 도출해 볼 수 있다. 첫째, 84개의 성취기준 중에서 6개의 성취기준이 우수학력도 숙달하기 어려운 성취기준으로 나타났다. 운동과 에너지 영역에서는 물체의 운동을 힘과 관련지어 설명하는 것이나 일과 일률의 개념을 알고 일과 에너지의 관계를 정량적으로 이해하는 부분, 거울과 렌즈에서 상의 생성 원리를 이해하는 부분이었다. 생명 영역에서는 소화, 순환, 호흡, 배설의 관계를 통합적으로 이해해야 하는 부분이 어려운 내용이었으며, 지구와 우주 영역에서는 기권과 우리 생활에서 기권의 연직 분포와 각 층의 특징, 기단과 전선, 고기압과 저기압에서의 기상 현상을 이해해야 하는 부분이 어려운 내용이었다. 이러한 성취기준은 대부분의 학생이 교육과정에서 요구하는 수준까지 도달하기 어려운 내용으로 원인을 밝혀 교육과정에서 관련 내용을 조정할 필요가 있으며, 만약 그것이 교육과정상 핵심적인 성취기준이라면 학생의 어려움을 해결할 수 있는 교수·학습 자료를 개발·보급할 필요가 있다. 둘째, 교육과정의 내용 적절성에 대한 지속적인 점검과 연구가 필요하다. 본 연구의 분석 결과에 의하면 중학교 과학에서 우수학력 학생만 숙달할 수 있다고 판단되는 성취기준의 개수가 38개로 전체 성취기준 중에 45.2%에 이르렀다. 물론 앞서 2009 개정 교육과정을 기준으로 해당 성취기준들이 중학교 학생에게 적합한지 여부를 분석한 후, 이 결과를 바탕으로 2015 개정 교육과정 성취기준과 연계 검토하였는데, 2015 개정 교육과정에서 교육내용을 적정화하여 일부 해소된 부분이 있다. 그러나 개별 성취기준별로 보다 심도있는 연구가 필요하다. 예를 들면, 최근 들어 주요 개념들에 대한 학습발달단계를 규명하려는 연구들이 진행되고 있는데, 다양한 성취기준에 대한 보다 폭넓은 학습발달단계 연구나 성취기준 도달 정도에 대한 연구를 진행하고, 이를 바탕으로 교육과정 시 학습 요소 선정이나 단원의 배치가 이루어질 필요가 있다. 과학에 대한 학생의 이해 정도뿐만 아니라, 과학에 대한 자신감 등이 낮은 것으로 볼 때, 중학교 과학에서 배워야

할 핵심적인 교육내용에 해당하는 것이 무엇인지 대해서도 재점검할 필요가 있다. 셋째, 학업성취도 평가에서 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해서는 시행 시기나 문항 수에 대한 조정이 필요하다. 현재 교육과정에서는 교과별로 학업성취도 평가를 실시하고, 이 결과를 활용하여 학력의 질 관리뿐만 아니라 교육과정의 적절성 확보 및 개선에 활용하도록 하고 있다. 이러한 역할을 충실하게 수행하기 위해 위해서는 학업성취도 평가 체계를 개선할 필요가 있다. 현재 학업성취도 평가가 6월에 시행되기 때문에 출제 범위에 해당하지 않는 성취기준은 점검이 어려우며, 영역별로 출제 범위의 편차가 있다. 예를 들어 생명 영역에서는 생식, 유전에서, 지구와 우주 영역에서는 천문에 해당하는 내용을 점검하고 있지 못하며, 향후에도 교육과정이 변경되더라도 여전히 출제 범위에 포함되지 않는 영역이 존재하게 된다. 또한 성취기준별로 1~2문항만 출제될 경우 출제된 문항만으로 해당 성취기준에 대한 숙달 여부를 판단하기 어려운 경우가 많기 때문에 학업성취도 평가를 통해 교육과정에 대한 피드백을 주기 위해서는 성취기준 당 출제 문항 수를 늘릴 수 있는 방안을 구안할 필요가 있다.

본 연구에서는 최근 실시된 학업성취도 평가 결과를 바탕으로 과학과 교육과정 성취기준에 대한 학업성취 특성을 분석하고 시사점을 도출하였다. 이러한 분석 결과는 중학생들의 과학에 대한 학업성취 특성을 보여주는 매우 객관적이며 중요한 정보로 교육과정 및 교수·학습의 개선 방향을 설정하는 데 중요한 정보로 활용되기를 바란다. 교과별 성취기준에 대한 학업성취 특성 분석 결과를 바탕으로 학업성취가 상대적으로 낮은 성취기준에 대한 맞춤형 교수·학습 활동을 강화하고, 교육과정 개정 시 학생들의 성취 특성을 개선할 수 있도록 성취기준의 구체성, 영역 간 분배, 성취기준 간 연계성 등에 대한 개선이 필요한 것으로 보인다.

#### 국문요약

본 연구는 2009 개정 교육과정의 과학과 교육과정 성취기준에 대한 학생들의 학업성취 특성을 분석하여 교육과정 개선에 대한 시사점을 마련하는 것이다. 이를 위해서 2009 개정 교육과정에 따라 시행된 2015~2018년 학업성취도 평가 결과를 바탕으로 중학교 과학과 교육과정 성취기준 84개에 대한 숙달여부를 성취수준별(우수학력, 보통학력, 기초학력 등)로 분석하였다. 분석에서는 성취수준별 대표문항 정보, 정답률 등을 활용하고, 포커스 그룹을 이용하여 숙달여부 판정에 대한 타당성을 점검하였다. 분석 결과를 보면 84개의 성취기준 중에 숙달여부를 판정할 수 없는 성취기준은 15개였다. 성취수준별로 보면 우수학력도 숙달하지 못한 성취기준은 6개였으며, 우수학력 학생까지 숙달한 것으로 판단된 성취기준은 38개, 보통학력 학생까지 숙달한 것으로 판단된 성취기준은 23개, 기초학력 학생까지 숙달한 것으로 판단된 성취기준은 2개였다. 우수학력도 숙달하지 못하였거나 우수학력 학생들만 숙달한 성취기준이 전체 성취기준의 절반 이상으로 과학에 대한 학생들의 전반적인 이해도 향상을 위한 노력이 필요하다. 영역별로 살펴보면, 운동과 에너지, 지구와 우주 영역에서는 우수학력과 보통학력에 해당하는 성취기준의 개수가 비슷하였으나, 물질과 생명 영역에서는 우수학력에 해당하는 성취기준이 가장 많았고 특히 생명 영역에서는 거의 대부분이 우수학력에 해당하였다. 우

수학적 학생들도 성취하기 어려운 6개의 성취기준은 대부분의 학생이 교육과정에서 요구하는 수준까지 도달하기 어려운 내용이므로 교육과정에서 관련 내용을 조정하거나 학생의 어려움을 해결할 수 있는 교수·학습 자료를 개발·보급할 필요가 있다.

**주제어** : 국가수준 학업성취도 평가, 중학생, 과학 학업성취, 성취기준

## References

- Cho, K. S., Hwang, J. H., & Kim, C. B. (2003). Cognition of middle school students about 'The material and change of the earth's crust'. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 24(3), 128-134.
- English, J. M., & Kernan, G. L. (1976). The prediction of air travel and aircraft technology to the year 2000 using the delphi method. *Transportation Research*, 10(1), 1-8.
- Jho, H. (2015). Analysis of electricity and magnetism presented in middle-school textbooks from the perspective of the history of science. *New Physics: Sae Mulli*, 65(10), 982-993.
- Kim, J. (2009). Comparison of concepts on force between gifted students and college students. *Sae Mulli*, 58(4), 403-408.
- Kim, H., & Jeong J. (2018). A study on the standard setting for the national assessment of educational achievement according to the revised science curriculums. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(5), 305-330.
- Kim, H., Lee, I., Lee, B., Lee, K., & Sim, J. (2015). Analysis of the characteristics of national assessment of educational achievement (NAEA) items for science subject through the use of option response rate distribution curve. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(1), 121-130.
- Kim, D., Kim, D., Kim, Y., Kim, J., Lee, J., Seo, M., Jo, Y., Lee, K., Lee, I., Sim, J., Bae, J., Jung, G., Choi, W., & Park, Y. (2013). A study of the features of educational achievement and development of the national assessment of educational achievement (NAEA). Korea Institute for Curriculum and Evaluation (KICE) Research Report RRE 2013-4.
- Kim, K. (2017). A study on the functions of quality management of curriculum by national assessment of educational achievement. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 20(4), 145-173.
- Kim, K., Song, M., Kim, Y., Choi, H., Shin, J., Park, I., Kim, J., & Kim, S. (2012). Analysis of the national assessment of educational achievement test result in 2011. Korea Institute for Curriculum and Evaluation (KICE) Research Report ORM 2012-1-1.
- Kim, Y., Kang, N. H., Kang, H., Maeng, S., & Lee, J. K. (2016). Item response analysis of energy as a cross-cutting concept for grades 3 to 9. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(6), 815-833.
- Kwon, H. S., Park, I., & Kim, Y. (2018). An analysis of semantic network in photosynthesis unit on middle school textbook based on the 2009 revised national science curriculum. *Biology Education*, 46(1), 63-70.
- Ku, J., Kim, K. J., Kim, J.-S., Park, S. B., Park, J., Sung, K., Lee, K. S., Lee, S., Lee, J., Jang, E.-S., Kang, J., Choi, W., Shim, K.-C., & Shin, M.-K. (2019). The analysis of the characteristics and trends of academic achievement based on the results of the national assessment of educational achievement in the 2009 revised curriculum. Korea Institute for Curriculum and Evaluation (KICE) Research Report RRE 2019-7.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*, 28(4), 563-575.
- Liu, X., & McKeough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 493-517.
- Lee, B., & Lee, I. (2015). Analysis on the characteristics of national assessment of educational achievement (NAEA) items for science subject: with a focus on optics. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(3), 465-475.
- Lee, J., Choi, W., Kim, Y., Lee, K., Dong, H., & Park, H. (2017). Analysis of the national assessment of educational achievement test result in 2016 -science-. Korea Institute for Curriculum and Evaluation (KICE) Research Report ORM 2017-95-4.
- Lee, J., Choi, W., Kim, Y., Lee, K., Dong, H., & Park, H. (2018). Analysis of the national assessment of educational achievement test result in 2017 -science-. Korea Institute for Curriculum and Evaluation (KICE) Research Report ORM 2018-81-4.
- Lee, J. Choi, W., Shim, K.-C., Shin, M.-K., & Park, H. (2019). Analysis of the national assessment of educational achievement test result in 2018 -science-. Korea Institute for Curriculum and Evaluation (KICE) Research Report ORM 2019-45-4.
- Lee, J., Kim, Y. J., Paik, S. H., & Lee, K. Y. (2010). An Analysis of content-related issues of curriculum for the improvement of contents in science education. *Journal of Science Education*, 34(1), 140-154.
- Lee, J., Nam, K., Son, J., & Lee, S. (2004). An analysis of the type of teacher and student's concept on ray-tracing and spectrum in the middle school. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(6), 1189-1205.
- Lee, J. (2019). Analysis of middle school students' vision concepts by achievement level. *New Physics: Sae Mulli*, 69(7), 727-736.
- Lee, K., Dong, H., Choi, W., Kwon, K., Lee, I., & Kim, Y. (2017). Exploring a learning progression for eight core concepts of middle school science using constructed response items in the national assessment of educational achievement (NAEA). *Journal of Science Education*, 41(3), 382-404.
- Lee, J. (2006). Delphi method. Seoul: Kyoyookbook.
- National Center for Education Statistics (NCES). (2020). About NAEP. Retrieved May 10, 2020, from <https://nces.ed.gov/nationsreportcard/>.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162-188.
- Noh, S. (2006). Delphi technique: predict the future with professional insights. *Planning and Policy*, 299, 53-62.
- Noh, E., Kim, Y., Kim, K., Cho, Y., Lee, K. S., Bae, J., Hwang, P., Lee, J., Seo, M., Park, J., Lee, I., Shim, J., Kim, D., & Kim, H. (2014). Improvement of achievement standards of national assessment of educational achievement for 2009 revised curriculum. Korea Institute for Curriculum and Evaluation (KICE) Research Report CRE 2014-4.
- Mathai, S., & Ramadas, J. (2009). Visuals and visualization of human body systems. *International Journal of Science Education*, 31(3), 439-458.
- Park, J., Park, Y., & Kang, S. (2013). Analysis of the level of cognitive demands about concepts of the changes of state and kinetic theory on 'science I' textbooks in junior high school (III). *Journal of the Korean Chemical Society*, 57(5), 640-655.
- Paik, S. H., Jung, Y. K., & Ha, K. M. (2007). Analysis of middle school students' conceptions by science historical viewpoints about motions of object. *Korean Journal of Teacher Education*, 23(4), 155-170.
- Paik, S. H., Kim, H. S., Han, Y. H., & Kim, S. H. (2010). A comparison of instruction effectiveness between the experiment of precipitation and the experiment with ball and stick model related to 'law of definite proportions'. *Journal of the Korean Chemical Society*, 54(3), 338-349.
- Sang, K., Kwak, Y., Park, J. H., & Park, S. (2016). The trends in international mathematics and science Study (TIMSS): findings from TIMSS 2015 for Korea. Korea Institute for Curriculum and Evaluation (KICE) Research Report RRE 2016-15-1.
- Seo, K., & Kim, Y. (2020). Changes in articulation of stimulus and reaction unit concepts according to revision of curriculum using semantic network analysis. *Biology Education*, 48(1), 20-37.

## 저자정보

- 이재봉(한국교육과정평가원 연구위원)  
 구자옥(한국교육과정평가원 연구위원)  
 최원호(순천대학교 교수)  
 심규철(공주대학교 교수)  
 신명경(경인교육대학교 교수)