



## TIMSS 2015 중학교 2학년 지구과학 영역에 대한 우리나라 학생들의 성취 특성 및 교육과정 연계성 탐색

곽영순\*

한국교육과정평가원

### Exploration of Features of Korean Eighth Grade Students' Achievement and Curriculum Matching in TIMSS 2015 Earth Science

Youngsun Kwak\*

Korea Institute for Curriculum and Evaluation

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 3 January 2017

Received in revised form

15 January 2017

Accepted 2 February 2017

##### Keywords:

TIMSS, Earth science,  
Test-curriculum matching, Solid  
earth, Atmosphere and oceans,  
universe, Constructed response  
items

#### ABSTRACT

The result of TIMSS 2015 was announced at the end of 2016. In this research, we conducted test-curriculum matching analysis for 8th grade earth science and analyzed Korean students' percentage of correct answers and responses for TIMSS earth science test items. According to the results, Korean students showed high percentage of correct answers when the item topics are covered in the 2009 revised science curriculum, and Korean students revealed their weakness in constructed response items since the percentage for correct answers on constructed response items is half that of multiple choice items. Depending on the earth science topic, for 'solid earth' area, which includes earth's structure and physical features, as well as earth's processes and history, students showed high percentage of correct answers for multiple choice items. Students, however, showed low percentage of correct answers for items that require applying knowledge to everyday situations and connecting with other areas of science such as biology. For 'atmosphere and ocean' areas, which include earth's processes and cycles, students showed low percentage of scores for climate comparison between regions, features of global warming, etc. For the area of 'universe', students showed high percentage of scores for the earth's rotation and revolution, the moon's gravity, and so on because they have learned these topics since primary school. Discussed in the conclusion are ways to secure content connection between the primary and middle school earth science curriculums, ways to develop students' science-inquiry related competencies, and so on to improve middle school earth science curriculum as well as teaching and learning.

## I. 서론

국가 단위에서 교육정책의 실행 실태나 정책의 효과를 파악하기 위해 국내외 학업성취도평가를 통해 학교 교육의 현황을 파악하는 것은 중요하고 의미 있는 일이다. 국내 학업성취도 평가와 더불어 다양한 국제 학업성취도 평가를 통해 각국의 국가 교육 경쟁력을 세계 여러 나라와 비교·분석하여 해당 국가의 교육경쟁력 확보를 위한 기초자료를 마련하기도 한다. 이러한 국제 수준의 학업성취도 평가 중 하나인 수학·과학 성취도 국제비교 연구(Trends in International Mathematics and Science Study: 이하 TIMSS)는 학생들의 수학·과학 성취도와 이에 영향을 주는 교육맥락 변인을 파악하여 각국의 교육 정책 수립 및 교육의 질 개선에 유용한 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다(Mullis & Martin, 2013). TIMSS는 국제교육성취도평가협회(IEA)에서 추진하는 대표적인 연구로, 연구 참여국들의 교육과정을 기반으로 초등학교 4학년과 중학교 2학년 학생들의 수학·과학 성취도를 평가하고 있으며, 참여국의 교육과정 및 학교교육의 효과성에 대한 직접적인 정보를 제공해준다(Kim & Cho, 2013; Yoo, 2001). 우리나라는 TIMSS 1995 이래로 꾸준히 국제평균(500점)을 크게 상

회하는 높은 성취도로 참여국 중에서 최상위권을 유지하고 있다. 또한 TIMSS는 우리나라 학생들의 수학·과학 성취도를 국제 수준에서 확인하는 데서 머물지 않고 교육과정, 교수·학습 방법, 학교교육 환경, 교육정책 등의 관련성에 대한 다각적인 분석을 통해 우리나라 수학·과학 교육 개선에 기여해왔다(Hong *et al.*, 2001; Hong *et al.*, 2006; Jeon & Park, 2015).

TIMSS는 평가를 및 문항개발, 예비검사, 본검사, 결과 분석의 순서로 4년 주기로 수행되는 연구이다. 2016년 11월말에 TIMSS 2015 결과 발표가 있었다. TIMSS 2015 결과는 TIMSS 2011 이후 4년 만에 우리나라 학생들의 수학·과학 성취 특성의 변화를 점검하고, TIMSS 1995 이후 약 20년간의 장기적인 성취도 변화추이를 확인할 수 있다는 점에서 큰 의의를 가진다.

TIMSS의 경우 성취도 추이를 파악하기 위해 매 평가주기마다 평가틀을 수정·보완하는데, 이는 평가틀에 대한 TIMSS 참여국들의 검토 의견을 반영함과 동시에 수학·과학 교육의 국제 변화 동향에 부응하려는 것이다(Kim *et al.*, 2012; Mullis *et al.*, 2009). TIMSS 2015의 평가틀은 TIMSS 2011에서 사용된 평가틀을 유지하면서 성취 수준 등을 부분적으로 수정·보완하였다. TIMSS는 교육과정을 기반

\* 교신저자 : 곽영순 (kwak@kice.re.kr)  
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.1.0009

으로 하는 평가이므로 성취도 평가들은 참여국들에서 가르치는 수학·과학 교육과정 내용을 중심으로 구성한다(Hong *et al.*, 2006; Jeong *et al.*, 2006). TIMSS 2015 과학 성취도 평가들은 크게 내용영역과 인지영역으로 구분한다(Song *et al.*, 2016). 내용영역은 참여국의 교육과정에 근거하여 학년 및 교과에 따라 다르게 구성한다. TIMSS 2015의 중학교 2학년 과학의 내용영역은 생물, 화학, 물리, 지구과학의 4개 영역으로 구성되었다. 중2 과학 내용영역의 경우 전체 문항 중, 생물 영역의 문항이 36%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 이어서 물리 영역의 문항이 24%이고, 지구과학 영역은 21%, 화학 영역은 19%를 차지한다. TIMSS 2015 과학과 인지영역 평가를 역시 기존 평가주기와 마찬가지로 알기(Knowing), 적용하기(Applying), 추론하기(Reasoning)의 3개 영역으로 구성되며, 초등학교 4학년과 중학교 2학년에 공통으로 적용된다(Kim *et al.*, 2015). 인지영역별로 살펴보면, 중학교 2학년의 경우에는 적용하기 문항의 비중이 41%로 가장 높았으며, 알기 36%, 추론하기 23% 순으로 나타났다. TIMSS 2015에 나타난 우리나라 학생들의 과학 성취도 및 주요 결과를 살펴보면 다음과 같다.

먼저 TIMSS 2015에 나타난 우리나라 학생들의 과학 성취도를 살펴보면, 초등학교 4학년과 중학교 2학년 학생들의 과학 성취도 평균은 이전 주기인 TIMSS 2011과 유사한 수준이지만, 국제 순위는 초등학교 4학년의 경우 과학 2위, 중학교 2학년의 경우 과학 4위로 모두 TIMSS 2011에 비해 1단계씩 낮아졌다. 성취수준별로는 초등학교 4학년 과학에서 수월 수준 학생 비율이 29%, 기초수준 학생 비율은 4%로 TIMSS 2011과 동일하다. 중학교 2학년의 경우 수월 수준 학생 비율은 과학 19%, 기초수준 학생 비율은 12%로 TIMSS 2011과 거의 유사한 비율을 유지하였다.

TIMSS 2015에서 과학 내용영역별로 우리나라 학생들의 성취도를 살펴보면, 초등학교 4학년 학생들은 ‘생명과학’ 영역에서는 싱가포르(607점), 대한민국(581점), 러시아연방(569점)의 순으로 나타났고, ‘물상과학’ 영역에서는 싱가포르(603점), 대한민국(597점), 일본(587점), 대만(568점)의 순으로 나타났고, ‘지구과학’ 영역에서는 대한민국(591점), 홍콩(574점), 일본(563점)의 순으로 나타났다. 내용영역별 평균 정답률로부터 우리나라 학생들이 어려움을 겪은 영역을 확인할 수 있다. 우리나라 학생들의 정답률을 살펴보면, 생명과학 영역에서는 66%, 물상과학에서는 67%, 지구과학에서는 66%의 정답률을 나타내었으며, 세 영역에 대해 고른 정답률을 나타내어 특별히 어려워하는 영역은 없는 것으로 나타났다.

중학교 2학년 학생들의 경우, 생물 영역에서는 554점으로 전체 참여국 중 4위, 화학 영역에서는 550점으로 7위, 물리 영역은 564점으로 3위, 지구과학 영역은 554점으로 6위를 나타내었다. 우리나라 학생들의 정답률을 살펴보면, 지구과학, 물리, 생물 영역에서 56~57%의 정답률을 나타내었고, 화학 영역에서는 52%로 과학 내용영역 중 가장 낮은 정답률을 나타내었다. 따라서 우리나라 중2 학생들의 경우 화학 영역(정답률 52%) 문항을 가장 어려워했음을 알 수 있다.

이에 본 연구에서는 우리나라 중학교 2학년 지구과학 영역을 중심으로 TIMSS 2015 문항과 우리나라 교육과정의 일치도를 분석하고, TIMSS 2015 지구과학 평가들의 평가주제별로 우리나라 학생들의 정답률과 응답경향을 분석하고자 한다. 교육과정 일치도를 분석함에

있어서 제7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지를 분석대상으로 삼았다. 특히 2015 개정 교육과정의 지구과학 구성 영역과 핵심개념을 TIMSS 2015 지구과학 평가주제와 연계하여 분석하였다.

이를 토대로 우리나라 중학교 지구과학 교육과정 개정에 주는 시사점을 도출하고자 한다. 즉, 본 연구의 목적은 TIMSS 2015 결과 중, 중학교 2학년 지구과학 영역에서 우리나라 학생들의 성취도 분석을 통해 학생들의 성취도에 영향을 준 교육과정 관련 변인을 파악함으로써 중학교 지구과학 교육과정 개선 및 교수학습 개선에 주는 시사점을 도출하려는 것이다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. TIMSS 2015 지구과학 영역의 평가주제

TIMSS 2015의 중학교 2학년 과학 성취도 평가들은 생물, 화학, 물리, 및 지구과학의 4개 영역으로 구성되며, TIMSS 2015에서 평가한 지구과학 영역의 평가주제를 살펴보면 Table 1과 같다.

Table 1. Assessment topics for TIMSS 2015 earth science area

내용영역	주제
지구과학	1) 지구의 구조와 물리적 특징
	2) 지구의 변화, 순환 및 역사
	3) 지구의 자원 및 그 활용과 보존
	4) 태양계와 우주에서 지구

※ 자료출처: Kim *et al.*, 2015a, p.16; Mullis & Martin, 2013, p.12, p.30

TIMSS 2015의 중학교 2학년 과학 내용영역별 문항 수를 살펴보면 Table 2와 같다.

Table 2. Distribution of assessment items for TIMSS 2015 eighth grade science

중2 내용영역	TIMSS 2015 문항수 (선다형/구성형)*	비율
생물	75(36/39)	36%
화학	44(23/21)	19%
물리	56(33/23)	24%
지구과학	45(29/16)	21%
계	220(121/99)	100%

※ 자료출처: Kim *et al.*, 2015a, p.16; Mullis & Martin, 2013, p.12, p.30

\* 문항 수는 하위문항을 포함한 숫자임

Table 2에서 볼 수 있듯이 TIMSS 2015 중학교 2학년 과학 문항들 중 지구과학 영역은 21%를 차지하며, 하위문항을 포함하여 전체 220개 문항들 중, 45개 문항이 출제되었다.

### 2. 2015 개정 교육과정의 지구과학 영역 내용 구성

2015 개정 교육과정에서는 지구과학 영역을 크게 고체지구, 대기 및 해양(유체지구), 및 우주(천문)의 3개 영역으로 구성하고 각 영역별로 핵심개념을 추출하였다(Table 3 참조).

Table 3. Core concepts for earth science in 2015 revised curriculum

영역	핵심개념
고체 지구	지구계와 역장 판구조론 지구 구성 물질 지구의 역사
대기와 해양	해수의 성질과 순환 대기의 운동과 순환 대기와 해양의 상호 작용
우주	태양계의 구성과 운동 별의 특성과 진화 우주의 구조와 진화

이렇게 추출된 영역과 핵심개념을 초중고의 모든 지구과학 교과와 영역에 배치하는 것이 아니라 핵심개념의 수준과 위계를 고려하여 학교급별 지구과학 내용을 구성하였다. 예컨대 고체지구 영역의 판구조론은 학교급별로 Table 4와 같이 개념을 순차적으로 다룰 수 있도록 배치하였다(KOFAC, 2015). Table 4에서 볼 수 있듯이 판구조론을 구성하는 개념들 중 초등학교 3~4학년군에서는 화산활동, 지진, 지진 대처 방법 등을 다루고, 초등학교 5~6학년군에서는 판구조론 관련 개념을 다루지 않으며, 중학교 1~3학년군에서는 지진대, 화산대, 지진의 진도와 규모, 판의 개념, 베게너의 대륙이동설 등을 다루고, 고등학교 통합과학에서는 판구조론, 판의 경계 일어나는 현상 등을 다루고, 지구과학 I에서는 대륙 이동과 판구조론, 지질 시대와 대륙 분포, 맨틀 대류와 플룸구조론 등을 다루고, 지구과학 II에서는 한반도의 판구조 환경을 중심으로 다룬다(KOFAC, 2015).

이러한 2015 개정 지구과학 영역 핵심개념과 내용 구성에 비추어 볼 때 TIMSS 2015 지구과학 영역 평가주제를 Table 5와 같이 연계할 수 있다.

Table 5에서 볼 수 있듯이 TIMSS 2015 지구과학 평가주제는 각각 우리나라 2015 개정 교육과정의 고체지구, 대기와 해양, 우주 등에 해당한다.

### 3. 분석 대상과 방법

TIMSS 2015 시험은 중학교 2학년 교육과정을 이수한 학생들을 대상으로 실시하므로, 우리나라의 경우 2014년 12월에 실시하였다. TIMSS 2015에서 중학교 2학년으로 평가에 참가한 학생들이 학습한 과학과 교육과정을 개관하면 Table 6과 같다.

Table 4. Deployment of concepts related to plate tectonics in 2015 revised 3-12 science curriculum

영역	핵심개념	내용 요소					
		초등학교		중학교	통합과학	지구과학 I	지구과학 II
		3~4학년	5~6학년	1~3학년			
고체 지구	판구조론	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 화산 활동</li> <li>· 지진</li> <li>· 지진 대처 방법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지진대</li> <li>· 화산대</li> <li>· 진도와 규모</li> <li>· 판</li> <li>· 베게너의 대륙이동설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 판구조론</li> <li>· 판의 경계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대륙 이동과 판구조론</li> <li>· 지질 시대와 대륙 분포</li> <li>· 맨틀 대류와 플룸구조론</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지질도의 기본 요소</li> <li>· 한반도의 지사</li> <li>· 한반도의 판구조 환경</li> </ul>	

Table 5. Matching analysis between TIMSS 2015 earth science assessment topics and core concepts in 2015 revised earth science curriculum

TIMSS 2015 지구과학 평가주제	2015 개정 교육과정의 지구과학 구성	
	영역	핵심개념
1) 지구의 구조와 물리적 특징	고체지구	지구 구성 물질
2) 지구의 변화, 순환 및 역사	고체지구	지구의 역사
	대기와 해양	해수의 성질과 순환 대기의 운동과 순환
3) 지구의 자원 및 그 활용과 보존	고체지구	지구 구성 물질
4) 태양계와 우주에서 지구	우주	태양계의 구성과 운동

Table 6. Science curriculum completed by the eighth grade students participated in TIMSS 2015

구분	2007	2008	2009	2010년	2011	2012	2013	2014년 12월*	2015년
	초1	초2	초3	초4	초5	초6	중1	중2	중3
중2	제7차 교육과정			2007 개정	2007 개정	2007 개정	2009 개정	2009 개정	2009 개정

\*TIMSS 2015 본검사 시행

Table 6에서 볼 수 있듯이, TIMSS 2015에서 중학교 2학년으로 참여한 학생들은 과학과 2007 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정으로 학습하였다. 이에 본 연구에서는 TIMSS 2015 지구과학 영역의 평가주제와 2015 개정 교육과정의 지구과학 내용 구성에서 출발하여, TIMSS 2015에서 사용된 지구과학 영역의 전체 문항들을 평가주제별로 재분류하였다. 또한, 중학교 현장교사 6명과 초등학교 현장교사 4명이 참여하여 제7차 교육과정, 2007개정 교육과정, 2009 개정 교육과정 및 2015 개정 교육과정에 걸쳐서 TIMSS 2015에서 출제된 지구과학 영역의 평가주제를 어떻게 다루는지를 분석하고 이에 비추어 우리나라 학생들의 정답률과 응답경향을 분석하였다. 즉, TIMSS 2015에서 출제된 중학교 지구과학 문항의 주제들과 우리나라 교육과정과의 내용 일치도를 분석하고, 이를 학생들의 문항별 정답률과 관련지어 그 결과를 해석하고 우리나라 중학교 지구과학 교육과정 개정에 주는 시사점을 도출하고자 한다.

Table 7. Percentages of eighth grade students taught the TIMSS earth science topics

국가	T11 중2 과학 성취도 상위 10개국(성취도 순)										
	싱가포르	일본	대만	대한민국	슬로베니아	홍콩	러시아 연방	영국	카자흐스탄	아일랜드	국제평균
평가주제를 학습한 학생 비율	28	77	5	64	87	34	-	77	40	34	68
지구과학 영역 정답률	59	61	62	57	59	57	52	53	48	55	45
지구과학 영역 평균점수	565	574	581	554	564	558	532	536	508	542	500

※ 자료출처: Martin *et al.*, 2016

Table 8. Test-Curriculum Matching Analysis for Earth's structure and physical features

평가주제	문항주제	제7차 교육과정	2007개정 교육과정	2009 개정 교육과정	2015 개정 교육과정
지구의 구조와 물리적 특징	-지구 대기 조성과 기온 분포 -지구 대기 성분 변화	7학년, 지구의 구조: -대기권 기온의 연직 분포, 대기 조성	9학년, 대기의 성질과 일기 변화: -대기의 조성, 대기의 층별 특징	7학년, 지구계와 지권의 변화: -기권의 특징, 기온의 연직 분포 8학년, 기권과 우리 생활: -기권의 특징과 대기 조성, 지구의 복사 평형과 온실효과	9학년, 기권과 날씨: -기권의 층상 구조와 특징 -온실효과, 지구온난화
	-토양과 지하수의 특성	7학년, 지구의 구조: -지구 내부의 층상 구조	7학년, 지각의 물질과 변화: -풍화작용, 토양의 생성 과정, 토양의 중요성	7학년, 지구계와 지권의 변화: -풍화와 토양의 생성 과정 학습 -화산 활동	7학년, 지권의 변화: -풍화, 토양의 생성 과정 -화산 활동
	-강물이 흐르는 방향	7학년, 3단원, 지각의 물질, 유수의 작용	7학년, 지각 변동과 판구조론: -화산 활동	7학년, 수권의 구성과 순환: -지하수	
		7학년, 3단원, 지각의 물질, 유수의 작용	4학년, 5단원, 지표의 변화, 강 주변 지형	초3-4, 강 주변 지형	초3-4, 강 주변 지형

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. TIMSS 2015 지구과학 문항과 교육과정의 일치도 분석 결과

TIMSS의 경우 참여국의 교육과정을 토대로 평가를 실시하며, TIMSS 결과로부터 참여국들은 교육과정 개선 및 질관리 정보를 얻기도 한다. IEA에서는 TIMSS 평가 내용 중 ‘해당 학년말까지 가르치려고 의도한 TIMSS 수학·과학의 주제 수’와 평가문항과 교육과정의 일치도 분석 결과(Test-Curriculum Matching Analysis: TCMA) 등을 통해 TIMSS 평가문항과 참여국의 교육과정 일치도를 분석한다(Kim *et al.*, 2012). TIMSS 2015에서는 교사 설문을 통해 과학 내용영역별 평가주제를 가르친 학생의 비율을 조사하였는데, 과학 성취도 상위 10개국을 중심으로 지구과학 영역에 대해 조사한 결과를 살펴보면 Table 7과 같다.

우리나라의 중학교 과학 교사들은 지구과학 영역의 경우 약 64%의 학생들에게 가르쳤다고 응답하였고 이는 국제평균과 유사하다. 과학 성취도 상위 10개국의 응답결과를 살펴보면, 싱가포르나 대만은 평가주제를 학습한 학생 비율이 상대적으로 매우 낮음에도 불구하고 지구과학 영역의 정답률과 평균점수는 다른 국가들보다 더 높게 나타났다. 상위 10개국 중 지구과학 평가주제를 학교교육과정을 통해 가장 많이 가르친 국가는 일본과 영국인 것으로 나타났다.

#### 2. TIMSS 2015 지구과학 영역 평가주제별 교육과정 일치도 분석: 지구의 구조와 물리적 특징<sup>1)</sup>

TIMSS 2015 지구과학 영역에서, ‘지구의 구조와 물리적 특징’ 평가주제에서 출제된 문항주제를 우리나라 교육과정에서 어떻게 다루는지를 분석한 결과는 Table 8과 같다.

지구 대기 조성과 기온 분포, 지구 대기 성분 변화 등과 같은 주제에 대해 우리나라 학생들은 선택형이나 구성형 문항을 막론하고 60-80%의 정답률을 나타내었다. 교육과정 상의 내용 변천 과정에서 볼 수 있듯이, 이러한 내용은 7학년, 즉 중1의 지구의 구조나 기권의 특징 등에서 다루거나, 8학년 혹은 9학년의 기권과 날씨 부분에서 다룬다. 2015 개정 교육과정에서는 관련 내용을 9학년 마지막 단원으로 이동하였으므로, 다음 평가주기인 TIMSS 2019에서 우리나라 학생들의 정답률 하락이 예상된다.

토양의 특성을 묻는 구성형 문항에 대한 우리나라 학생들의 정답률은 약 30% 수준에 머물고 있다. 토양 단면과 관련된 내용은 7학년에서 지구계, 지각의 물질, 지권의 변화 등에서 다룬다. 이 주제는 제7차 교육과정에서부터 2015 개정 교육과정에 이르기까지 7학년에서 꾸준히 다루는 주제이다. 하지만, 이 문항에 대한 우리나라 학생들의 정답률은 약 30% 수준에 머물고 있는데 그 까닭은 우리나라 교육과정에

1) 평가주제별 하위문항의 특성을 논의함에 있어서 일부 문항은 TIMSS의 다음 평가주기에도 재사용하는 까닭에 비공개이므로 하위문항별 내용을 상세히 논의하지 않고 간략하게 주제 중심으로 제시한다.

서는 토양의 단면이 실제로 주변 생태계나 식물에 어떤 의미가 있는지를 직접적으로 다루지 않기 때문이다. 토양 관련 내용은 초등학교 3학년의 지표의 변화 단원에서 흙의 생성과 흙의 중요성을 다루기도 한다.

지하수의 특성이나 강물이 흐르는 방향에 대한 우리나라 학생들의 정답률은 선택형 문항의 경우 약 80%, 구성형 문항의 경우 약 40% 정도의 정답률을 나타내었다. 지하수 특성은 직접 다루지는 않으며 7학년 지구 내부의 층상 구조를 배울 때 깊이에 따른 압력과 온도의 변화를 다루면서 지하수의 특성을 간접적으로 다룰 수도 있다. 강물이 흐르는 방향의 경우 과학과 2007 개정, 2009 개정 등에서 직접적으로 관련 내용을 다루지는 않고, 사회과에서 등고선을 다룰 때 배운다고 교사들은 분석하였다. 요컨대 지구의 구조와 물리적 특징의 경우, 우리나라 중학교교육과정에서 대부분의 문항주제를 다루고 있지만, 기권과 관련된 일부 내용은 중학교 3학년 과정에서 다루는 것으로 나타났다.

**3. TIMSS 2015 지구과학 영역 평가주제별 교육과정 일치도 분석: 지구의 변화, 순환 및 역사**

TIMSS 2015 지구과학 영역에서, ‘지구의 변화, 순환 및 역사’ 평가 주제에서 출제된 문항주제를 우리나라 교육과정에서 어떻게 다루는지를 분석한 결과는 Table 9와 같다

퇴적과 풍화, 대륙이동, 지진 발생과 지각의 구성, 지층의 상대연대 등과 같은 주제에 대한 우리나라 학생들의 정답률은 선택형 문항인 경우 70-80%, 구성형 문항의 경우 25-44%의 정답률을 나타내었다. 지진 발생의 원인이나 지각의 구성에 대한 구성형 문항의 경우 우리나라 학생들의 정답률은 선택형에 비해 절반 정도로 떨어진다. 물의

순환과 담수와 염수와 같은 주제의 문항은 선택형 문항으로, 우리나라 학생들은 선택형 문항인 경우 34-55%의 정답률을 나타내었다.

높새바람, 해양성 기후와 대륙성 기후, 위도별 기후 특성, 온실효과 등과 같은 주제의 문항에 대한 우리나라 학생들의 정답률은 선택형 문항인 경우 50-75%, 구성형 문항의 경우 10-15%의 정답률을 나타내었다. 특히 그래프를 보고 해석하는 문항의 경우 약 50%의 정답률을 나타내었다. 한편, 자신의 답변에 대한 이유를 설명하거나 주장에 대한 논거를 제시하는 구성형 문항에 대해 우리 학생들은 10-15%의 낮은 정답률을 나타내었다. 과학교사들은 높새바람, 지역별 기후 비교, 기후 그래프 해석, 지구온난화의 특징 등은 7학년 사회(지리 영역) 교과에서 다룬다고 설명하였다. 요컨대 지구의 변화, 순환 및 역사의 경우, 우리나라 중학교 교육과정에서 대부분의 문항주제를 다루고 있지만, 기권과 관련된 일부 내용과 기후와 날씨 해석과 관련된 부분은 과학과에서 직접적으로 다루기보다는 사회과 지리영역에서 다루고 있는 것으로 나타났다.

**4. TIMSS 2015 지구과학 영역 평가주제별 교육과정 일치도 분석: 지구의 자원 및 그 활용과 보존**

TIMSS 2015 지구과학 영역에서, ‘지구의 자원 및 그 활용과 보존’ 평가 주제에서 출제된 문항주제를 우리나라 교육과정에서 어떻게 다루는지를 분석한 결과는 Table 10과 같다

나무와 토양의 관계, 종이 재활용, 환경과 비료, 자동차와 대기오염, 석유 생성 등과 같은 주제에 대한 우리나라 학생들의 정답률은 선택형 문항의 경우 50-60%, 구성형 문항의 경우 20-30%의 정답률을 나타내었다. 이는 우리나라 과학과 교육과정의 지구과학 영역에서 종이 재활용이나 나무와 토양의 관계에 대한 내용을 직접적으로 다루지

Table 9. Test-Curriculum Matching Analysis for Earth's processes, cycles, and history

평가주제	문항주제	제7차 교육과정	2007개정 교육과정	2009 개정 교육과정	2015 개정 교육과정
지구의 변화, 순환 및 역사	-퇴적과 풍화 -대륙이동 -지진 발생과 지각의 구성 -지층의 상대연대	7학년, 지각의 물질: -풍화, 유수의 작용 -화성암의 생성 과정 8학년, 지구의 역사와 지각변동: -판구조와 대륙 이동설 -표준화석과 시상화석	7학년, 지각의 물질과 변화: -풍화작용 지표의 평탄화 과정 -화성암의 생성 과정 7학년, 지각 변동과 판구조론: -대륙이동설, 화산과 지진 -조산운동과 조륙운동, 습곡, 단층, 부정합의 생성 과정	7학년, 지구계와 지권의 변화: -풍화와 침식 활동에 의한 변화 -판구조론의 발달 과정, 판의 운동과 지진, 화산 활동 -퇴적암의 특징과 화석	7학년, 지권의 변화: 풍화와 토양의 생성 과정 대륙이동설, 지진과 화산 퇴적암의 특징과 화석
	-물의 순환 -담수와 염수	9학년, 물의 순환과 날씨 변화: -증발, 응결, 강수, 구름 생성 -물 순환의 근원 에너지	9학년, 대기의 성질과 일기 변화: -지구의 열수지, 구름의 생성과 강수	7학년, 지구계와 지권의 변화: -물질과 에너지의 순환, 지구계의 상호 작용 8학년, 기권과 우리 생활: -응결, 강수 등 물의 순환 과정 -지구계의 주요 에너지원, 물의 순환 과정과 열의 출입	9학년, 기권과 날씨: -구름 생성과 강수, 물의 순환 과정에서 증발과 응결
		7학년, 해수의 성분과 운동: 교사의 설명에 의한 간접 학습 가능	9학년, 해수의 성분과 운동: 물의 분포와 수자원	7학년, 수권의 구성과 순환: 담수와 해수	8학년, 수권과 해수의 순환: 해수, 담수의 분포
	-높새바람 -해양성 기후와 대륙성 기후 -위도별 기후 특성 -온실효과	9학년, 물의 순환과 날씨 변화: -비의 생성 과정 -대기 대순환 -기온 변화 비교 -기후 조건 -날씨 변화	9학년, 대기의 성질과 일기 변화: -지구의 열수지, 구름의 생성과 강수 -위도별 기압, 바람, 강수 분포, 대기 대순환 -일기도 해석과 일기 변화	8학년, 기권과 우리 생활: -구름의 생성과정 -날씨 변화의 특징 -기단의 특징 -온실효과에 따른 지구온난화 7학년, 수권의 구성과 순환: 빙하와 기후변화	9학년, 기권과 날씨: -구름의 생성과 강수 과정 -온실효과, 지구온난화 -계절별 일기도

Table 10. Test-Curriculum Matching Analysis for Earth's resources, their use, and conservation

평가주제	문항주제	제7차 교육과정	2007개정 교육과정	2009 개정 교육과정	2015 개정 교육과정
지구의 자원 및 그 활용과 보존	-나무와 토양의 관계 -종이 재활용 -환경과 비료 -자동차와 대기오염 -석유 생성	7학년, 지각의 물질: -풍화와 토양의 생성 과정에서 간접 학습 가능 8학년, 혼합물의 분리: -원유의 분리 과정에서 간접 학습 가능	7학년, 지각의 물질과 변화: -풍화와 토양의 생성 과정에서 간접 학습 가능	7학년, 지구계와 지권의 변화: -풍화와 토양의 생성에서 간접 학습 가능	7학년, 지권의 변화: -풍화, 토양의 생성 과정에서 간접 학습 가능
	-태양에너지 -에너지원의 종류 -담수화 -원자력 발전소	9학년, 일과 에너지(물리): -에너지 학습에서 간접 학습 가능	9학년, 일과 에너지: -에너지 학습에서 간접 학습 가능	9학년, 일과 에너지 전환: -대체 에너지, 신재생 에너지	10학년(통합과학), 발전과 신재생에너지: -태양에너지, 신재생 에너지
		7학년, 해수의 성분과 운동: -해수의 이용에서 간접 학습 가능	9학년, 해수의 성분과 운동: -물의 분포, 수자원	7학년, 수권의 구성과 순환: -담수화 과정, 해양자원	8학년, 수권과 해수의 순환: -자원으로서의 물의 중요성

않으며, 이러한 내용은 주로 고등학교 지구과학에서 다룬다. 특히 자동차와 대기오염, 석유 생성 등의 주제는 우리나라 과학과 교육과정에서 명시적으로 다루지 않는다고 교사들은 분석하였다. 석유 생성의 경우 중학교 과학과 교육과정에서 명시적으로 다루고 있지는 않지만 화석을 배울 때 함께 다룬다고 교사들은 분석하였다. 또한 환경과 비료 등과 같은 주제는 통합적 사고가 필요한 부분으로, 각각을 별개로 학습한 학생들이 관련 내용을 실생활에 적용하여 추론하는 부분에서 어려움을 겪은 것으로 보인다.

신재생 에너지 중 태양에너지, 담수화 공장, 원자력 발전소 등의 주제에 대한 우리나라 학생들의 정답률은 선택형 문항의 경우 70-80%, 구성형 문항의 경우 40-50%의 정답률을 나타내었다. 요컨대 지구의 자원, 자원 활용과 보존 등의 경우, 우리나라 중학교 과학과 교육과정에서는 환경오염의 영향, 신재생에너지 활용의 장단점 등의 내용을 직접적으로 다루지는 않고 간접적으로 다루거나 상식 차원에서 다루고 있는 것으로 나타났다.

**5. TIMSS 2015 지구과학 영역 평가주제별 교육과정 일치도 분석: 태양계와 우주에서 지구**

TIMSS 2015 지구과학 영역에서, ‘태양계와 우주에서 지구’ 평가

주제에서 출제된 문항주제를 우리나라 교육과정에서 어떻게 다루는지를 분석한 결과는 Table 11과 같다.

태양계 행성과 위성의 공전, 지구와 달의 중력, 달의 인력과 지구, 달의 위상변화, 지구 자전 및 공전, 행성들의 자전 및 공전주기 등과 같은 주제에 대한 우리나라 학생들의 정답률은 선택형 문항인 경우 60-80%, 구성형 문항의 경우 20-4%의 정답률을 나타내었다. 지구 자전 및 공전과 관련된 내용은 초등학교 과학과 교육과정의 계절의 변화 단원에서 다룬다. 지구와 달의 중력, 지구 자전과 공전의 효과 등은 초등학교 태양의 가족, 태양계와 별 등의 단원에서 다루고 중학교 교에서도 태양계를 주제로 다룬다. 지구 자전으로 인해 낮과 밤이 생긴다는 것은 초등학교 지구와 달 단원에서 이미 학습한 내용이기도 하다. 다만, 지구와 달의 중력 비교의 경우 중력을 학습하는 단원과 행성의 공전을 학습하는 단원이 분리되어 있으며, 이들 내용을 명시적으로 연계하여 다루지는 않는다. 요컨대 ‘태양계와 우주에서 지구’의 경우, 지구 자전과 공전의 효과 등은 초등학교 과학과 교육과정에서 다룬 것이고, 보다 심화된 행성의 운동이나 달의 위상변화 등은 우리나라의 경우 중학교 3학년 과학과 교육과정에서 다루는 것으로 나타났다.

Table 11. Test-Curriculum Matching Analysis for Earth in the solar system and the universe

평가주제	문항주제	제7차 교육과정	2007개정 교육과정	2009 개정 교육과정	2015 개정 교육과정
태양계와 우주에서 지구	-태양계 행성과 위성의 공전 -지구와 달의 중력 -달의 인력과 지구 -달의 위상변화 -지구 자전 및 공전 -행성의 자전주기와 공전주기	7학년(물리), 힘: -중력	7학년(물리), 힘과 운동: -중력, 방향이 변화하는 운동	7학년(물리), 힘과 운동: -중력, 중력의 크기 비교	7학년(물리), 여러 가지 힘: -중력, 중력의 크기 비교
		7학년, 해수의 성분과 운동: -밀물과 썰물, 해수의 운동	9학년, 해수의 성분과 운동: -해류와 조석 현상		8학년, 수권과 해수의 순환: -수권과 해수의 순환, 조석 현상
		8학년, 지구와 별: -지구의 모양 -행성의 특징	8학년, 태양계: -달의 물리적 특성 -지구 모양 논쟁, 태양계 특성 -태양계를 구성하는 천체의 특성	9학년, 태양계: -달의 모양과 크기, 천체의 공전 -달의 모양 변화와 생활에 미치는 영향 -행성들의 분류와 특징 -지구 자전으로 인해 나타나는 현상 -지구 공전으로 인해 나타나는 현상 -행성, 달의 모양 변화 9학년, 외권과 우주개발: -계절에 따른 별자리	8학년, 태양계: -지구와 달 -지구 자전에 의한 천체의 겉보기 운동 -지구 공전에 의한 별자리 변화 -달의 위상 변화 -행성의 특징
		9학년, 태양계의 운동: -지구의 공전 -지구의 자전과 일주운동, 지구의 공전 -지구의 공전과 계절 변화 -달의 위상 변화와 달의 운동 -행성들의 공전 주기와 궤도 크기			

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 TIMSS 2015 결과 중에서, 우리나라 중학교 2학년 지구과학 영역을 중심으로 TIMSS 2015 문항과 우리나라 교육과정의 일치도를 분석하고, TIMSS 2015 지구과학 평가주제별로 우리나라 학생들의 정답률과 응답경향을 분석하였다. 연구결과에 따르면, 교육과정에서 다른 문항일수록 우리나라 학생들의 정답률이 높게 나타났으며, 우리나라 학생들의 경우 선택형 문항에 비해 자유롭게 답을 적도록 한 구성형 문항의 정답률이 절반 정도로 떨어지는 것으로 나타났다. 지구과학 평가주제별로는, 지구의 구조와 물리적 특징, 지구의 변화와 역사 등을 포괄하는 ‘고체 지구’ 영역의 경우 교육과정에서 다른 선택형 문항의 정답률은 높은 반면에, 실생활과 연계된 문항이나 생물 등 다른 과학영역과 연계된 문항의 경우 정답률이 낮게 나타났다.

지구의 순환을 포괄하는 ‘대기와 해양’ 영역의 경우, 지역별 기후 특성이나 지구온난화 등에 대한 우리나라 학생들의 정답률이 낮게 나타났는데 일부 내용은 중학교 사회과 지리 영역에서 다루는 것으로 나타났다. 태양계와 우주에서의 지구를 포괄하는 ‘우주’ 영역의 경우, 지구의 자전과 공전, 달의 중력 등은 초등학교에서부터 학습한 내용이어서 높은 정답률을 나타내었으나, 우리나라 중학생들은 자기 주장의 근거를 설명하는 구성형 문항에서 취약한 것으로 드러났다. TIMSS 2015 지구과학 문항의 특성과 우리나라 학생들의 응답경향을 분석한 결과를 토대로 우리나라 중학교 지구과학 교육과정 및 교수학습 개선에 주는 시사점을 제안하면 다음과 같다.

첫째, 초등학교와 중학교교육과정에서 지구과학 내용의 연계성을 확보하고 수준을 차별화할 필요가 있다. 우리나라 중학교 지구과학 영역 교육과정 내용을 살펴보면, 제7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정에 이르기까지 단원의 순서가 바뀌는 정도로 거의 비슷한 내용을 유지하고 있음을 알 수 있다. 한편, TIMSS 문항에 대한 학생들의 응답률에서도 알 수 있듯이 우주 영역과 관련된 지구과학 내용은 초등학교에서 이미 다른 내용을 심화한 형태로 다시 다룬다. 현장교사들은 중학교 지구과학 영역의 경우 “초등학교 지구과학 내용에 비해 크게 어려워지거나 수준이 점프하지 않는다.”고 진단하였다(Sang *et al.*, 2016). 특히 TIMSS 2015에 참여한 중학생들의 경우 2009 개정 교육과정에서 중학교 1학년 1단원인 지구계를 포함하여 지구과학 관련 내용을 중학교 1, 2학년에서 풍부하게 학습하였기 때문에 과학 지식과 관련된 문항에서 상대적으로 높은 정답률을 나타낸 것으로 보인다. 따라서 TIMSS 평가문항과 우리나라 교육과정 일치도 분석 결과를 토대로, TIMSS 평가주제에 비추어 우리나라 교육과정에서 누락되거나 상급 학년에서 다루는 내용 등에 대해 내용의 전개 순서와 수준을 논의할 필요가 있다(Kim *et al.*, 2015; Yoo, 2001).

둘째, 다른 과학 영역은 물론 과학과 실생활, 과학과 타(他)교과 등과의 융·복합적 교육내용 선정과 교수학습이 필요하다. 특히 다른 과학영역과의 연계, 실생활 적용 등에 초점을 두고 중학교 지구과학 내용의 범위와 수준을 재구성할 필요가 있다(Kim *et al.*, 2015). TIMSS 지구과학 문항의 특징은 지구의 층상구조와 지하수 혹은 나무와 토양의 관계 등과 같이 단원이나 과학 영역들 간의 내용을 연계하거나 학습한 과학 내용을 실제로 문제해결에 적용하도록 요구하는 문항이 출제되며, 이들 문항에서 우리나라 학생들은 상대적으로 낮은

정답률을 나타내었다. 과학교사들은 TIMSS 문항은 “난이도가 높지는 않지만, 여러 교과 영역의 개념들이 혼재된 융합형 문항과 실제 상황과 관련된 적용 및 응용 문항이 많아서” 우리나라 과학과 교육과정과 학교평가 문항 등의 변화가 필요하다고 분석하였다. 물론 TIMSS의 출제경향을 따라 중학교 지구과학 교육과정을 개정해야 하는 것은 아니지만, 중학교 수준에서 다루어야 할 지구과학의 핵심개념을 엄선하고, 이를 문제해결에 적용하는 능력을 길러줄 수 있도록 교육과정의 범위와 수준을 조정함에 있어서 TIMSS의 출제경향을 참조할 수 있을 것이다. TIMSS 문항을 비롯하여 미래사회로 갈수록 융·복합적인 지식과 사고력, 문제해결력 등을 요구하므로, 학습한 과학지식과 내용을 실생활 및 문제해결에 적용할 수 있도록 중학교 지구과학 교수학습의 방향을 전환할 필요가 있다.

셋째, 학교평가에서 서술형 문항의 출제 경향을 바꿀 필요가 있다. TIMSS 지구과학 문항은 끝이 열린 서술형 문항이 많은데, 이와 같은 서술형 문항에 대한 우리나라 학생들의 정답률은 매우 낮다(Kim & Cho, 2013). 예컨대 TIMSS 2015 지구과학 문항 중에는 제시된 기후 자료가 옳거나 옳지 않을 수 있는 이유를 설명하도록 요구하거나, 달의 공전과 관련된 주장의 진위를 판단하고 그 이유를 설명하게 하는 등과 같이 자신의 입장을 고르고 그 논거를 제시하도록 요청하는 문항이 출제되는데, 우리나라 학생들은 이러한 문항에서 10-20% 정도의 낮은 정답률을 나타내었다. 실제로 학생들의 답안을 살펴보면 무응답인 경우가 많고, 우리나라 학생들은 답안에서 제시문을 재진술하는 경우가 많이 발견된다(Kim *et al.*, 2012). 우리나라도 학교평가에서 서술형 평가를 강조하고 많이 출제하지만, 학교시험에서 “답이 열려 있는 문항을 출제할 경우 채점기준을 만들기도 어렵고 정답 여부에 대한 학생들의 논란과 불만이 많아서” TIMSS 문항처럼 출제하지 못하고 대개는 답이 명확한 단답형 위주로 출제한다고 과학교사들은 말한다. 그러다보니, 우리나라 학생들은 “자기 나름의 생각을 적고 그 이유를 답하는 능력”을 기르기가 어려운 실정이라고 교사들은 진단하였다. 따라서 우리나라 과학과 학교 평가의 출제경향을 바꾸어서 학생들이 나름의 논거를 들어서 자신의 답안을 설명하고 과학적 지식을 논리적으로 표현할 수 있는 능력(Hong *et al.*, 2006)을 길러줄 필요가 있다.

끝으로, 학교 과학교육을 통해 체계적이고 명시적으로 변인통제, 실험설계 등과 같은 과학탐구 관련 역량을 길러줄 필요가 있다. TIMSS 평가에서 우리나라 학생들은 과학실험에서 종속변인을 찾고, 변인을 통제하고, 실험을 설계하는 등과 같은 능력을 요구하는 문항에 대해 상대적으로 낮은 정답률을 나타내었다. 이는 학교 과학수업이나 탐구활동에서 관련된 탐구역량이나 요소를 소극적으로 지도한 데서 비롯된 것으로 보인다. 따라서 학교 과학수업을 통해 탐구활동과 실험설계 등과 같은 경험에 자주 노출시키고(Hong *et al.*, 2006), 나아가 학생들이 과학적으로 사고하고 추론하는 방법을 적극적으로 가르칠 필요가 있다. 미래사회로 갈수록 과학지식의 암기보다는 이를 과학적 문제해결에 활용하는 적용하기와 추론하기 역량이 더 증시된다(Lee *et al.*, 2012; NRC, 2013; MOE, 2014). 특히 학생들이 2015 개정 과학과 교육과정에서 강조되는 핵심역량 중 추론하기, 모델링 등과 같은 역량을 과학수업을 통해 연습하고 개발할 기회를 가져야 할 것이다(KICE, 2013; KOFAC, 2015). 즉, 학교 과학수업을 통해 과학개념과 아이디어를 활용한 추론 능력, 추론에 대해 효과적으로

의사소통하는 능력, 주어진 지식과 시간을 효과적으로 활용하는 능력 등과 같은 광범한 과학적 사고방식과 과학 역량을 길러줄 필요가 있을 것이다.

## 국문요약

4년 주기로 반복되는 TIMSS 연구는 2016년 말에 TIMSS 2015 결과를 발표하였다. TIMSS 2015에서 우리나라 중학교 2학년의 과학 성취도는 이전 주기인 TIMSS 2011의 평균점수와 유사하며, 참여국 중 4위로 TIMSS 2011에 비해 1단계가 낮아졌다. 본 연구에서는 우리나라 중학교 2학년 지구과학 영역을 중심으로 TIMSS 2015 문항과 우리나라 교육과정의 일치도를 분석하고, TIMSS 2015 지구과학 평가들의 평가주제별로 우리나라 학생들의 정답률과 응답경향을 분석하였다. 교육과정 일치도를 분석함에 있어서 제7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지를 분석대상으로 삼았다. 연구결과에 따르면, 교육과정에서 다룬 문항일수록 우리나라 학생들의 정답률이 높게 나타나며, 우리나라 학생들의 경우 선택형 문항에 비해 자유롭게 답을 적도록 한 구성형 문항의 정답률이 절반가량으로 떨어지는 것으로 나타났다. 지구과학 평가주제별로는, 지구의 구조와 물리적 특징, 지구의 변화와 역사 등을 포괄하는 '고체 지구' 영역의 경우 교육과정에서 다루어진 선택형 문항의 정답률은 높은 반면에, 실생활과 연계된 문항이나 생물 등 다른 과학영역과 연계된 문항의 경우 정답률이 낮게 나타났다. 지구의 순환을 포괄하는 '대기와 해양' 영역의 경우, 지역별 기후 비교나 지구온난화의 특징 등에 대한 우리나라 학생들의 정답률이 낮게 나타났는데 일부 내용은 중학교 사회과 지리 영역에서 다루는 것으로 나타났다. 태양계와 우주에서의 지구를 포괄하는 '우주' 영역의 경우, 지구의 자전과 공전, 달의 중력 등은 초등학교에서부터 학습한 내용이어서 높은 정답률을 나타내었다. 연구결과를 토대로 우리나라 중학교 지구과학 교육과정 개선 및 교수학습 개선 방안을 초등학교와 중학교교육과정에서 지구과학 내용의 연계성 확보, 학교 평가에서 서술형 문항의 출제 경향 변화의 필요성, 과학탐구 관련 역량 신장의 필요성 등의 측면에서 제안하였다.

**주제어** : TIMSS, 지구과학, 평가문항과 교육과정의 일치도, 고체 지구, 대기와 해양, 우주, 서술형 문항

## References

Hong, M. Y., Jeong, E. Y., Lee, M. K., & Kwak, Y. (2006). Analysis of Korean Middle School Student Science Achievement at International

- Benchmarks in TIMSS 2003. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(2), 246-257.
- Hong, M. Y., Park, C., Kim, S. S. (2001). An Analysis of Science Achievement of The Third International Mathematics and Science Study - Repeat (TIMSS-R). *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(2), 328-341.
- Jeon, S. S., & Park, J. H. (2015). The Analysis of Relationship between Science Contents and Cognitive Domain of Students in Elementary Schools Through Multiple Choice items of TIMSS 2011. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(3), 487-498.
- Jeong, E. Y., Park, C., Kim, K. H. (2006). An Analysis of Korean Middle School Student Science Achievement in Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS 2003). *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(1), 99-113.
- KICE (2013). Exploration of the direction of national-level curriculum for the future society - Science. (Research Report CRC 2013-23). Seoul: KICE.
- Kim, J., Kim, S., & Dong, H. (2015). International Comparison of Cognitive Attributes using Analysis on Science Results at TIMSS 2011 Based on the Cognitive Diagnostic Theory. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(2), 267-275.
- Kim, M., & Cho, J. (2013). An Analysis of the Properties of Affective Achievement in Science Based on TIMSS and Science Teachers' Perception. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 46-62.
- Kim, S., Park, J. H., Kim, H., Jin, E., Lee, M., Kim, J. Y., Ahn, Y., K., & Seo, J. H. (2012). Findings from TIMSS for Korea: TIMSS 2011 international results. (Research Report RRE 2012-4-3). Seoul: KICE.
- KOFAC (2015). Development Research of Draft of 2015 revised subject curriculum II - Science Curriculum. (Research Report BD15110002). Seoul: KOFAC.
- Lee, K., Kwak, Y., Lee, S., & Choi, J. (2012). Design of the competencies-based national curriculum for the future society. (Research Report RRC 2012-4). Seoul: KICE.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Hooper, M. (2016). TIMSS 2015 International Results in Science. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- MOE (2014). Announcement of Major Issues of 2015 Integrated Curriculum of liberal arts and general science courses(2014. 9. 24.). MOE press release.
- Mullis *et al.* (2009). PIRLS 2011 assessment framework. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (2013). TIMSS 2015 Assessment Frameworks. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- NRC (National Research Council) (2013) Next Generation Science Standards. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- 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. (Research Report RRE 2016-15-1). Seoul: KICE.
- Song, E., Je, M., Cha, K., & Yoo, J. (2016). Analysis of the Verbs in the 2009 Revised National Science Curriculum-from the Viewpoint of Cognitive Domain of TIMSS Assessment Framework. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(4), 607-616.
- Yoo, J. H. (2001). Analysing the Results of Physics - related Areas in the Third International Mathematics and Science Study - Repeat (TIMSS-R) for the Implications in the Curriculum Research. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(4), 757-772.