

An Analysis of the Korean Science Curriculum on the Life Science and Biology Domains of TIMSS 2019

Hyun-Kyung Kim¹⁾ · Jin-Su Jeong^{*2)}

¹⁾Jeonbuk National University · ²⁾Daegu University

우리나라 과학과 교육과정과 TIMSS 2019 생명과학 영역의 관계 분석

김현경¹⁾ · 정진수^{*2)}

¹⁾전북대학교 · ²⁾대구대학교

<ABSTRACT>

The purpose of this study was to analyze the Korean Science Curriculum on the life science and biology domains of TIMSS 2019. For this purpose, eight teachers and two science education experts participated. The results of this study are as follows. First, among the TIMSS 2019 evaluation topics, topics not covered at all in the Korean school curriculum were ‘major body structures and their functions in humans, other animals and plants’, ‘relationships in ecosystems’, ‘human health’, ‘differences among major taxonomic groups of organisms’, and ‘role of variation and adaptation in survival/extinction of species’. Second, as an alternative to the problem of suitability of learning volume and level of learning, it is possible to think of a method to readjust the grade of dealing with related concepts by lowering the difficulty or simplifying the concept. Third, it is necessary to discuss about introducing essential concepts and standard terms into Korea science curriculum according to international trends. The results of this study have implications for the development of science curriculum, textbook development, and teaching and learning strategies.

key words: TIMSS 2019, Korean science curriculum, life science domain, 2007 revised, 2009 revised, 2015 revised science curriculum

※ 이 논문은 한국교육과정평가원(연구보고 RRE 2019-10)의 일부 내용을 발췌 수정 보완하여 작성하였음.

* Corresponding Author : Jin-Su Jeong, jjjs@daegu.ac.kr

Received November 30, 2020; Reviewed December 14, 2020 Corrected December 15, 2020; Accepted December 15, 2020

© 2020. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. Introduction

TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study)는 국제교육성취도평가협회(International Association for the Evaluation of Educational Achievement; 이하 IEA)가 주관하여 1995년부터 4년마다 4학년과 8학년 학생을 대상으로 수행하는 수학·과학 성취도 국제 평가이다(IEA, 2020). TIMSS는 참여한 국가들이 수학과 과학의 학생 성취도와 관련 변인들의 관계를 과학적으로 모니터링할 수 있도록 객관적인 자료를 제공한다(Martin et al., 2016). 특히 TIMSS는 참여한 국가의 수학·과학 교육과정을 기반으로 시행하기 때문에 참여국의 교육과정 적용과 실행의 적절성을 확인하고 이에 대한 정책 결정과 교육의 질 관리에 기여하고 있다(Harris & Sass, 2011; Kim & Lim, 2019b).

이에 따라 우리나라도 TIMSS가 처음 시작된 TIMSS 1995로부터 TIMSS 2019까지 지속해서 참여하여 그 결과를 교육 정책 수립, 교육과정 개정, 교수·학습 방법과 환경 개선의 근거 자료로 활용하고 있다(Kwak & Shin, 2017; Sang et al., 2016). TIMSS 2019는 2017년부터 2020년까지 4년에 걸쳐 평가 기반 구축, 예비 검사, 본검사, 결과 분석 및 보고의 순으로 평가가 진행되었다. TIMSS 2019는 기존의 지필 평가에서 컴퓨터 기반 TIMSS(이하 eTIMSS)로 평가 방식이 바뀌었다는 점에서 이전 주기의 TIMSS와 차별성을 갖는다(Mullis & Martin, 2017; Park et al., 2019). TIMSS 2019 평가의 시작 연도인 2017년에는 TIMSS 2015에서 수집한 교육과정 관련 정보를 토대로 평가틀을 개정하고 예비 검사를 위해 평가도구를 개발하였다. 2018년에는 소규모 표집 학생들에게 eTIMSS에 따라 새롭게 개발한 평가 문항과 설문 문항을 투입하여 문항의 양호도를 점검하고, 본검사에 사용할 최종 문항을 확정하였다. 우리나라는 IEA의 연구 추진 일정과 초·중등학교의 학사 일정을 고려하여 2018년 말에 본검사를 실시하였고, 2019년 본검사 시행이 완료된 후에는 구성형 문항에 대한 학생 답안 채점과 각종 검사 자료 입력, 성취도와 설문 자료를 통

합한 국가 데이터베이스의 작성 및 검증 등의 후속 작업을 진행하였으며, 2020년 말에 최종 결과를 발표하였다(Park et al., 2019).

TIMSS 2019의 성취도 평가틀은 이전과 같이 크게 내용 영역과 인지 영역으로 구분하여 만들었다. 국제본부는 이전 주기의 내용 영역과 인지 영역을 개정하여 새로운 수학·과학 교육 동향에 따라 평가틀(안)을 제안하였고, 각국 수학·과학 교육 전문가들이 각 참여국의 교육과정을 기반으로 평가틀(안)을 검토하여 최종 평가틀을 확정하였다. 4학년 과학의 내용 영역 중 생명과학 내용은 전체의 45%, 물상과학 내용은 35%, 지구과학 내용은 20%를 차지하였다. 그리고 8학년 과학은 생명과학 내용이 35%, 화학 내용은 20%, 물리학 내용은 25%, 지구과학 내용은 20%를 차지하였다(Park et al., 2019).

특히 생명과학 내용 영역의 경우, 4학년의 평가틀은 생물의 특성과 생명 활동, 한살이, 생식과 유전, 생물과 환경의 상호 작용, 생태계, 건강 등의 하위 요소를 포함하였다. 8학년의 경우는 생물의 특성과 생명 활동, 세포와 그 기능, 생활사, 생식과 유전, 다양성, 적응과 자연 선택, 생태계, 건강 등의 하위 요소를 포함하였다(Park et al., 2019).

국제 평가의 특성상 TIMSS도 모든 국가의 교육 내용을 포함할 수는 없다. 하지만 해당 학년의 학생들이 필수적으로 알고 있어야 하는 내용을 중심으로 평가내용을 선정하려고 노력한다. TIMSS의 평가내용은 전 세계 60여 참가국의 수학·과학 교육 전문가들의 합의에 따라 만들어진 국제 공통 기준안이자 현재의 수학·과학 교육에서 추구하는 가치가 반영된 성취기준이라고 할 수 있다(Mullis & Martin, 2013). 즉, TIMSS의 평가내용은 시행 대상 학년인 4학년 또는 8학년 학생들이 알아야 하는 최소 필수 내용이라고 할 수 있다(Kim et al., 2014). 따라서 TIMSS의 평가내용이 우리나라 과학과 교육과정에서 다루어지는지를 확인하는 것, 그리고 다루어지는 학년을 분석하는 것은 우리나라 과학과 교육과정의 내용과 수준을 점검하는 기본 연구로서 그 의미가 크다고 할 수 있다. 이러한 TIMSS 평가 내용 분석의 중요성에 기초하여 TIMSS 내용과 우리나라 교육과정 연계성을 분석하는 연구들이 지속적으로 시행되어 왔다(Kim & Lim, 2019a). 이 중

IEA의 평가문항과 교육과정의 일치도 분석 (Test-Curriculum Matching Analysis, 이하 TCMA) 결과에 의하면 우리나라 초등학교 과학과 교육과정과 TIMSS 2015 평가 문항의 일치도는 33.9%에 그쳤고, 중학교의 경우에도 일치도가 75.5%에 그쳐서 그 수준이 국제 평균보다 낮은 것으로 나타났다(Sang et al., 2016). 그리고 Kim et al. (2014)의 연구에 따르면 지난주기인 TIMSS 2015 평가내용 중 특히 생명과학 분야가 우리나라 교육과정의 내용과 일치하지 않는 부분이 많은 것으로 나타났다.

현재 우리나라의 경우, TIMSS 2019가 완료되고 있는 시점과 맞물려 2015 개정 과학과 교육과정의 적용 결과를 평가하고, 새로운 과학과 교육과정을 개발하기 위해서 관련 연구를 활발하게 진행하는 시점에 있다. 그리고 4차 산업혁명 시대의 도래에 따라 새로운 과학교육의 방향을 정립하려는 노력이 활발하게 이루어지고 있다(Byeon, 2020; Kim & Ryu, 2019; Lee & Jeon, 2018). 이때 TIMSS 2019의 생명과학 분야의 평가내용과 평가 대상 학생들이 학습한 2007, 2009, 2015 개정 과학과 교육과정의 내용을 비교 분석하고, 이를 토대로 우리나라 과학과 교육과정 내용의 적절성과 학습 시점의 적절성을 검토하는 것은 매우 의미 있는 연구라고 할 수 있다.

이에 따라 이 연구는 TIMSS 2019의 4학년과 8학년 생명과학 영역의 주제별 내용과 2007, 2009, 2015 개정 과학과 교육과정에 따라 학습한 학생들의 학습 내용 및 시기와의 관계를 면밀하게 분석하고자 한다. 그리고 이러한 분석결과를 토대로 새로운 과학과 교육과정의 개정에 필요한 시사점들을 제시하고자 한다.

II. Materials and Methods

1. Participants and Materials

초등학교 교사 4명과 중학교 교사 4명, 그리고 과학교육 전문가 2명이 참여하였다. 이들은 TIMSS 2019의 4학년과 8학년 생명과학 영역의 주제별 내

용이 우리나라 과학과 교육과정 중 어느 학년에서 얼마나 충분히 다루어지고 있는지를 분석하였다.

분석 대상은 TIMSS 2019 교육과정 설문 조사의 생명과학 영역에 해당하는 주제들이다. 4학년의 경우, ‘생물과 주요 생물 집단(예: 포유류, 조류, 곤충, 꽃이 피는 식물)의 물리적 특성’, ‘인간, 다른 동물, 식물의 주요 구조와 기능’, ‘일반적인 식물과 동물(예: 꽃이 피는 식물, 나비, 개구리)의 한살이’, ‘식물과 동물에 유전된 형질의 특징’, ‘생물과 환경 사이의 상호작용(예: 생물이 환경에 살아가는 데 도움이 되는 형태적 특징과 행동)’, ‘생태계에서 관계(예: 간단한 먹이사슬, 포식자와 피식자의 관계, 경쟁)’, ‘건강(질병과 전염과 예방, 건강을 증진시키는 일상적인 행동)’ 7개 주제에 대해서 분석하였다. 그리고 8학년의 경우에는 ‘생물의 주요 분류군 간 차이(식물, 동물, 균류, 포유류, 조류, 파충류, 어류, 양서류)’, ‘인간 및 다른 생물들의 주요 기관과 기관계(구조 및 기능, 생명 활동)’, ‘세포와 세포의 구조와 기능, 세포 수준에서의 호흡과 광합성 과정’, ‘생활사, 유성 생식과 유전(유전된 형질 대 획득/학습된 형질 비교)’, ‘종들의 생존/멸종 과정에서 변이와 적응의 역할(화석상의 증거 포함)’, ‘생태계에서 개체군 간 상호 의존성(예: 에너지 흐름, 먹이 그물, 경쟁, 포식, 생태계에서 인간의 영향)’, ‘건강(예: 감염성 질병의 원인, 감염 방법, 예방, 면역)과 건강을 위한 식사와 운동 및 생활 방식의 중요성’ 7개 주제에 대해서 분석하였다.

이 주제들이 우리나라 과학과 교육과정의 어느 학년에서 다루어지고 있는가를 분석하기 위해서 TIMSS 2019의 시행 대상 4학년과 8학년 학생들에게 적용된 교육과정을 찾아 <Table 1>과 같이 표시하였다.

TIMSS 2019 본검사에 참여한 4학년 학생들은 초등학교 3학년까지 2009 개정 과학과 교육과정을 적용받았고, 4학년 때는 2015 개정 과학과 교육과정을 적용받았다. 그리고 8학년 학생들은 초등학교 3학년까지 2007 개정 과학과 교육과정을 적용받았고, 이후 중학교 2학년까지 2009 개정 과학과 교육과정을 적용받았다.

<Table 1> Curriculum applied to students in grades corresponding to the evaluation for the TIMSS 2019

Subject to evaluation	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
					1th Grade	2th Grade	3th Grade	4th Grade
4th Grade		-				2009 Revised		2015 Revised
	1th Grade	2th Grade	3th Grade	4th Grade	5th Grade	6th Grade	7th Grade	8th Grade
8th Grade		2007 Revised				2009 Revised		

2. Analysis Methods

TIMSS 2019 본검사의 평가 대상 학생들에게 적용된 교육과정에 따라 학년을 나누어 4학년과 8학년 학생들에게 적용된 교육과정의 내용을 분석하였다. 초등학교 학습 내용의 경우 학생들의 학습 경험을 고려하여 초등학교 1~3학년은 2009 개정 교육과정, 초등학교 4학년 이후 내용은 2015 개정 교육과정을 대상으로 하였다. 중학교 학습 내용의 경우는 초등학교 1~3학년은 2007 개정 과학과 교육과정, 초등학교 4학년~중학교 3학년은 2009 개정 과학과 교육과정, 고등학교 1~3학년은 2015 개정 과학과 교육과정을 분석 대상으로 하였다. 2009 개정 과학과 교육과정과 2015 개정 과학과 교육과정을 초등학교의 경우 1~2 학년군, 3~4 학년군, 5~6 학년군으로 구분했고, 중학교는 중1~3 학년군으로 구분했다. 그러나 학년별로 학습하는 내용을 명확하게 구분할 수 있으므로 초등학교와 중학교 교육과정을 모두 학년별로 구분하여 분석하였다.

TIMSS 2019 본검사 평가 대상 학생들에게 적용된 교육과정에 따라 해당 주제가 가르쳐지는 학년

에 <Table 2>와 <Table 3>과 같이 ‘√’로 표시하였다. 그리고 TIMSS 2019 평가 시기 이전 학습 여부를 표시하는 칸에는 ‘○’, ‘△’, ‘×’ 중 하나를 표시하였다. ‘○’는 평가 대상 학생들이 해당 주제를 TIMSS 2019 평가 시기 이전에 모두 학습했다는 것을 나타낸다. ‘△’는 해당 주제를 부분적으로 학습했다는 것이고, ‘×’는 TIMSS 평가 시기를 기준으로 아직 학습하지 않았다는 것을 나타낸다.

또한, TIMSS 2019의 생명과학 영역의 주제별 학습 여부 분석의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해서 ‘평가문항과 교육과정의 일치도 분석(TCMA)’을 병행해서 실시하였다. TIMSS에 참여한 모든 국가는 문항별로 해당 학년 학생들의 학습 여부를 TCMA로 분석한다. 본검사가 시행된 2018년을 기준으로 당시 초등학교 4학년과 중학교 2학년 학생들에게 적용된 교육과정과 TIMSS 2019 평가 문항과의 일치도를 [Figure 1]과 같이 분석하였다. 해당 문항 해결에 필요한 내용을 모두 다루고 있으면 TCMA 분석틀에 ‘Yes’라고 표시했고, 전혀 다루지 않은 경우는 ‘No’라고 표시했다.

이 연구에서는 TCMA 분석과 TIMSS 2019 교육

1	Uniquell	Subje	Block	Block Seq	Format	Key	Maximum Point	Content Domain	Topic Area	Cognitive Domain	Label	Include item in TCMA?
300	SE52076	S	SE05	01	MC	A	1	Biology	Human Health	Knowing	Best source of carbon	Yes
301	SE52272	S	SE05	02	CR	X	1	Biology	Ecosystems	Reasoning	Trout and frog populations	Yes
302	SE52085A	S	SE05	03	CR	X	1	Biology	Diversity, Adaptation	Reasoning	Crocodile facts: Why?	No
303	SE52085B	S	SE05	03	CR	X	1	Biology	Diversity, Adaptation	Reasoning	Crocodile facts: Advantages	No
304	SE52094	S	SE05	04	CR	X	1	Biology	Life Cycles, Reproduction	Applying	Similarity between birds	Yes
305	SE52248	S	SE05	05	MC	B	1	Biology	Diversity, Adaptation	Applying	Cavefish with no eyes	No
315	SE62274	S	SE06	02	CR	X	2	Biology	Cells and Their Functions	Knowing	Raw materials for photosynthesis	Yes
316	SE62284	S	SE06	03	MC	B	1	Biology	Life Cycles, Reproduction	Applying	Hair color of young rabbits	No
317	SE62098A	S	SE06	04	CR	X	2	Biology	Cells and Their Functions	Applying	Plant and animal cells	Yes
318	SE62098B	S	SE06	04	CR	X	2	Biology	Cells and Their Functions	Applying	Plant and animal cells	Yes
329	SE52090A	S	SE07	01	MC	A	1	Biology	Human Health	Knowing	Influenza: Cause	Yes
330	SE52090B	S	SE07	01	CR	X	1	Biology	Human Health	Applying	Influenza: How is it spread?	No
331	SE52262	S	SE07	02	MC	A	1	Biology	Characteristics and Life Cycles	Applying	Biceps and triceps	Yes
332	SE52267	S	SE07	03	MC	C	1	Biology	Life Cycles, Reproduction	Knowing	Acquired characteristics	No
333	SE52273	S	SE07	04	CR	X	2	Biology	Ecosystems	Reasoning	Flooding leads to shoreline erosion	No
344	SE72070	S	SE08	01	MC	D	1	Biology	Ecosystems	Applying	Symbiosis between clownfish and sea anemones	Yes
345	SE72400	S	SE08	02	CR	X	1	Biology	Characteristics and Life Cycles	Knowing	Match organs to body functions	Yes
346	SE72024	S	SE08	03	MC	D	1	Biology	Cells and Their Functions	Knowing	Removal of chloroplasts	Yes
347	SE72462	S	SE08	04	MC	C	1	Biology	Ecosystems	Applying	Largest transfer of energy in an ecosystem	No
348	SE72443	S	SE08	05	MC	B	1	Biology	Life Cycles, Reproduction	Knowing	Human DNA	Yes

[Figure 1] Test-Curriculum Matching Analysis(TCMA) of TIMSS 2019 science assessment

<Table 2> TIMSS 2019 4th grade learning period by subject in life science

Subject	Learning Years	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	Applied Curriculum	2009 Revised	2015 Revised Curriculum								
	Before the TIMSS	Elementary School Grade				Middle School Grade			High School Grade		
		3	4	5	6	1	2	3	1	2	3
Physical characteristics of living things and major groups of living things (e.g., mammals, birds, insects, flowering plants)	△	✓	✓			✓					✓
Major body structures and their functions in humans, other animals and plants	×				✓		✓	✓			
Life cycles of common plants and animals (e.g., flowering plants butterflies frogs)	○	✓	✓								
Characteristics of plants and animals that are inherited	△	✓	✓					✓			
Interactions between organisms and their environments (e.g., physical features and behaviors that help living things survive in their environments)	△	✓	✓	✓		✓			✓		
Relationships in ecosystems (e.g., simple food chains, predator-prey relationships, competition)	×			✓					✓	✓	
Human health (e.g., transmission and prevention of diseases, everyday behaviors that promote good health)	×			✓	✓					✓	

과정 설문 중에서 생명과학 내용별 학습 학년의 분석 내용을 비교함으로써 분석의 타당도와 신뢰도를 높였다. 그런데 국제본부에서 제공한 생명과학 영역의 주제별 내용과 우리나라 교육과정의 성취 기준의 기술 방식이 포괄적이어서 어느 학년에서 어느 수준으로 다루고 있는지 평가할 때 전문가에 따라 견해가 다를 수 있었다. 따라서 이 연구에서는 전문가들의 개별 분석이 95% 이상 일치할 때까지 4~6회 반복 분석하여 최종 분석결과를 도출하였다.

III. Results and Discussions

1. TIMSS 2019 4th Grade Learning Period by Subject in Life Science

TIMSS 2019의 초등학교 생명과학 영역의 7개 주제를 2009 개정 과학과 교육과정 및 2015 개정 과학과 교육과정과 비교하여 각 주제에 해당하는 학년을 분석한 결과는 <Table 2>와 같다.

1) Physical Characteristics of Living Things and Major Groups of Living Things

TIMSS 2019의 ‘생물과 주요 생물 집단(예: 포유류, 조류, 꽃이 피는 식물)’의 물리적 특성’에 관련된 내용은 우리나라 2009 개정 과학과 교육과정의 3학년 ‘동물의 생활’ 단원과 2015 개정 과학과 교육과정의 4학년 ‘식물의 생활’ 단원에 일부 포함되어 있다(MEST, 2011; MOE, 2015). 3학년에 제시된 ‘동물의 생활’, 4학년에 제시된 ‘식물의 생활’ 단원을 살펴보면, 여러 가지 동물과 식물을 관찰하여 특징에 따라 분류해 보는 활동이 포함되어 있다. 하지만 포유류, 조류 등의 생물학적 분류 체계와 각 분류군의 특징은 다루지 않았다. 따라서 차기 교육과정을 개정할 때 3~4학년의 과학과 교육과정 내용에 포유류, 조류 등과 같은 분류군의 특징과 분류 체계를 생명과학 용어와 함께 추가하는 것을 검토할 필요가 있다고 할 수 있다.

2) Major Body Structures and Their Functions in Humans, Other Animals and Plants

TIMSS 2019가 제시한 ‘인간, 다른 동물, 식물의 주요 구조와 기능’의 경우 우리나라 과학과 교육과정으로 볼 때, 4학년 학생들은 이 내용에 대해 학습하지 못한 상태로 시험을 치러야 했다. 왜냐하면 우리나라 2015 개정 과학과 교육과정은 이 내용을 6학년 내용으로 일부 포함하고 있기 때문이다. 6학년에 제시된 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원에서 학생들은 우리 몸에 있는 각 기관인 뼈와 근육, 소화 기관, 순환 기관, 호흡 기관, 배설 기관, 감각 기관 등의 생김새와 위치에 대해 이해하고 각 기관의 기능을 학습한다. 그리고 6학년의 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 식물의 뿌리, 줄기, 잎, 꽃과 같은 기관의 구조와 기능을 학습한다(MOE, 2015). 그뿐만 아니라 인간 이외의 동물의 주요 구조와 기능에 대해서는 교육과정에서 다루지 않고 있다. 따라서 인간 이외의 동물의 구조의 기능에 관한 내용을 초등학교 교육과정에 추가하는 것과 인간이나 식물의 주요 구조와 기능에 대한 단원을 3, 4학년으로 이동하는 방안에 대해 검토할 필요가 있다. 이때 학습량이 과

다하게 증가하지 않도록 주의해야 하며 초등학생들의 선행 지식과 인지적 수준을 면밀하게 고려해야 할 것이다.

3) Life Cycles of Common Plants and Animals

‘일반적인 식물과 동물(예: 꽃이 피는 식물, 나비 개구리)의 한살이’에 관련된 내용은 2009 개정 과학과 교육과정의 3학년 ‘동물의 한살이’ 단원과 2015 개정 과학과 교육과정의 4학년 ‘식물의 생활’ 단원에서 다루어진다. ‘동물의 한살이’ 단원의 경우 3학년에서 동물을 직접 기르면서 한살이 과정을 관찰하게 되어 있다. ‘식물의 한살이’ 단원의 경우는 4학년에서 식물을 기르면서 한살이 과정을 관찰하고 식물에 따라 한살이 과정에 차이가 있다는 내용을 다루고 있다.

4) Characteristics of Plants and Animals that are Inherited

‘식물과 동물에 유전된 형질의 특징’에 관련된 내용은 2009 개정 과학과 교육과정의 3학년 ‘동물의 한살이’ 단원과 2015 개정 과학과 교육과정의 4학년 ‘식물의 한살이’ 단원에서 부분적으로 다루고 있다. 3, 4학년에 제시된 ‘동물의 한살이’, ‘식물의 한살이’ 단원을 살펴보면, 학생들이 여러 가지 생물의 한살이 과정을 관찰하면서 식물과 동물이 부모와 닮은 자손을 번식시킨다는 것을 이해할 수 있다. 하지만 동물과 식물의 특징 중 그들 부모로부터 물려받은 것과 그렇지 않은 것을 구별하는 내용은 2015 개정 과학과 교육과정의 중학교 3학년에서 다루고 있다. 이처럼 초등학교에서 동물과 식물의 한살이를 다루고 있는 있지만, 생식과 유전의 개념을 충분히 제시하지 않아서 학생들이 생물의 한살이가 생식과 유전에 어떻게 관련되는지를 알지 못하는 경향이 있다. 초등학교 수준에서는 구체적이고 현상적인 내용 중심으로 과학을 가르치는 것을 권장하며, 이론적인 과학 개념을 가르치는 것은 지양하는 것이 바람직하다. 따라서 초등학교 3~4학년에서 꽃잎의 수, 꽃잎의 색깔, 눈 색, 머리카락 색 등과 같은 식물과 동물의 형질들이 부모로부터 자손에게 유전된다는

것을 현상 중심으로 추가해서 학습할 수 있도록 교육과정을 개선하는 방안을 검토할 필요가 있다.

5) Interactions between Organisms and Their Environments

‘생물과 환경 사이의 상호작용(예: 생물이 환경에 살아가는 데 도움이 되는 형태적 특징과 행동)’에 관련된 내용은 2009 개정 과학과 교육과정의 3학년 ‘동물의 생활’ 단원과 2015 개정 과학과 교육과정의 4학년 ‘식물의 생활’ 단원에서 일부 다루고 있으나 문제 해결에 충분한 수준은 아니다. 3, 4학년에 제시된 ‘동물의 생활’, ‘식물의 생활’ 단원을 살펴보면, 동물과 식물의 생김새와 생활 방식이 환경과 관련되어 있다는 것을 학습하지만, 과학 용어를 도입하여 개념적으로 학습하는 수준은 아니다. 예를 들어, 지렁이의 생김새와 생활 방식은 땅의 환경에 적응한 결과이며, 선인장의 생김새와 생활 방식은 사막의 환경에 적응한 결과로만 간단하게 제시되어 있다. 그리고 이 내용은 5학년의 ‘생물과 환경’ 단원에서 비로소 철새의 이동, 밤송이의 가시, 겨울잠을 자는 다람쥐 등을 예로 들며, 생물은 생김새와 생활 방식 등을 통해 환경에 적응한다는 것을 보다 구체적으로 제시하고 있다. 시험 대상인 4학년 학생들은 5학년에 포함된 내용을 아직 학습하지 않았기 때문에 이 주제와 관련된 문항을 해결하는 데 어려움을 느낄 수 있었다. 따라서 5학년 ‘생물과 환경’ 단원에서 다루는 ‘생물의 환경에 대한 적응’에 관한 내용을 3~4학년으로 이동하는 방향을 고려해 볼 필요가 있다. 이때 학습할 단원의 내용을 아래 학년으로 이동함에 따라서 아래 학년의 학습량이 증가하는 문제가 발생한다는 점을 유의해야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 생물과 지구과학 영역을 저학년에 더 많이 배치하고, 물리와 화학 영역을 고학년에 더 많이 배치하는 방안을 신중하게 논의해 볼 필요가 있다고 할 수 있다.

6) Relationships in Ecosystems

우리나라의 과학과 교육과정은 ‘생태계에서 관계(예: 간단한 먹이 사슬, 포식자와 피식자의 관계, 경

쟁)’에 관련된 내용을 4학년까지 다루지 않는다. 이 내용은 2015 개정 과학과 교육과정의 5학년에 다룬다. 5학년에 제시된 ‘생물과 환경’ 단원을 살펴보면, 생물 요소와 비생물 요소, 환경 요인이 생물에 미치는 영향, 생태계의 구조와 기능, 먹이 사슬과 먹이 그물, 생태계 평형, 환경오염이 생물에 미치는 영향, 생태계 보전을 위한 노력 등을 학습하게 된다(MOE, 2015). 그뿐만 아니라 ‘포식자’라는 용어를 사용하고 있지 않기 때문에, 학생들이 ‘포식자’라는 용어 자체에 대한 이해가 부족할 가능성도 있다. 또한, 생태계 내 경쟁에 관한 내용을 깊이 있게 다루지는 않는다. 따라서 우리나라 초등학교 교육과정은 생태계의 구성 요소와 그 관계 중심으로 구성되어 있는데 이 내용을 포식자, 경쟁 등과 같은 구체적인 개념을 사용하여 가르치는 방안을 검토해 볼 필요가 있다.

7) Human Health

‘건강(질병과 전염과 예방, 건강을 증진시키는 일상적인 행동)’에 관련된 내용은 2015 개정 교육과정의 5, 6학년에 일부 다루고 있어서 시험 대상 4학년 학생들이 시험 이전에 배우지 못하는 내용이다. 초등학교의 과학과 교육과정에서는 건강과 관련된 단원이 별도로 구성되어 있지 않다. 그러나 5학년에 제시된 ‘다양한 생물과 우리 생활’ 단원에서 세균과 관련하여 질병에 관한 내용을 일부 다루고 있고, 6학년에 제시된 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원에서 건강한 생활 습관에 관한 내용을 간략하게 다루고 있다. 따라서, 이 주제는 초등학교 4학년 학생들이 배우지 않은 내용으로 관련 단원의 학년 이동을 검토할 필요가 있다. 그리고 건강한 생활의 중요성을 고려할 때, 감염성 질병의 전염, 증상 및 예방, 건강을 유지하는 방법 등에 대해 차기 개정 과학과 교육과정에서 좀 더 강조하여 다룰 필요가 있다.

2. TIMSS 2019 8th Grade Learning Period by Subject in Life Science

TIMSS 2019의 중학교 생명과학 영역의 7개 주제

를 2007 개정 교육과정, 2009 개정 교육과정 및 2015 개정 교육과정의 해당 학년을 비교하여 분석한 결과는 <Table 3>과 같다.

1) Differences among Major Taxonomic Groups of Organisms

‘생물의 주요 분류군 간 차이’에 관련된 내용을 체계적으로 학습하는 단원은 2009 개정 과학과 교

육과정의 중학교 3학년 ‘유전과 진화’ 단원이다. 따라서 TIMSS 2019 대상 8학년 학생들은 이 내용을 충분히 배우지 못하고 시험을 본 것이다. 이 내용에 대해서 2007 개정 과학과 교육과정은 초등학교 3학년의 ‘동물의 세계’ 단원에서 비슷한 특징을 가진 동물을 묶어보는 활동, 2009 개정 과학과 교육과정 초등학교 4학년의 ‘식물의 생활’ 단원에서 여러 가지 식물의 공통점과 차이점을 찾아보는 내용, 초등학교 6학년의 ‘생물과 우리 생활’ 단원에서 균류, 원

<Table 3> TIMSS 2019 8th grade learning period by subject in life science

Subject	Learning Years	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	Applied Curriculum	2007 Revised	2009 Revised Curriculum						2015 Revised Curriculum		
	Before the TIMSS	Elementary School Grade				Middle School Grade			High School Grade		
		3	4	5	6	1	2	3	1	2	3
Differences among major taxonomic groups of organisms (plants, animals, fungi, mammals, birds, reptiles, fish, amphibians, insects)	×							✓			✓
Major organs and organ systems in humans and other organisms (structure/function, life processes)	△			✓			✓			✓	
Cells, their structure and functions, including respiration and photosynthesis as cellular processes	○			✓		✓	✓				✓
Life cycles, sexual reproduction, and heredity (inherited versus acquired/learned characteristics)	△	✓	✓					✓		✓	
Role of variation and adaptation in survival/extinction of species (including fossil evidence)	×							✓	✓		
Interdependence of populations of organisms in an ecosystem (e.g., carbon and water cycles, energy flow, food webs, competition, predation, human impacts on ecosystems)	△				✓				✓	✓	
Human health (e.g., causes, transmission, and prevention of common infectious diseases, immunity) and the importance of diet, exercise, and other lifestyle choices in maintaining health	△			✓	✓					✓	

생생물 등에 관한 내용에서 일부 학습하지만 충분하지는 않다(MEST, 2011). 중학교 2학년 학생들은 초등학교 과정을 통해서 동물과 식물, 균류 등의 특징이 무엇인지 학습했지만, 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 어류를 분류하는 분류 기준 개념과 관련 과학 용어를 학습하지는 못한다. 따라서 중학교 3학년 이전 시기에 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 어류 등을 포함하는 분류 체계와 각 분류군의 특징 등을 적절한 수준으로 용어와 함께 가르칠 필요가 있다고 할 수 있다. 물론 생물 분류와 관련된 지식 위주의 학습이 학생들의 흥미를 떨어뜨릴 수 있으므로 주의 깊은 검토가 필요하다.

2) Major Organs and Organ Systems in Humans and Other Organisms

‘인간 및 다른 생물들의 주요 기관과 기관계(구조 및 기능, 생명 활동)’에 관련된 내용은 2009 개정 교육과정의 초등학교 5학년과 중학교 2학년 과정에서 부분적으로 다루고 있다. 초등학교 5학년의 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원에서는 우리 몸에 있는 각 기관의 생김새와 위치, 기본적인 기능에 대해 다루며 안정된 몸 상태 유지를 위한 반응을 학습한다. 중학교 2학년은 ‘소화·순환·호흡·배설’ 단원에서 생명 활동에 필요한 에너지 공급과 관련하여 각 기관의 유기적 관련성과 기능을 배우고, ‘자극과 반응’ 단원에서는 신경계와 감각기의 구조와 기능, 내분비계의 작용을 배운다(MEST, 2011). 2015 개정 과학과 교육과정 고등학교 2학년 생명과학 I의 ‘항상성과 몸의 조절’에서는 신경계와 내분비계의 조절작용과 항상성에 대해 학습한다(MOE, 2015). 그러나 우리나라 교육과정에서는 인간을 제외한 척추동물의 기관과 기관계의 구조와 기능에 관한 내용은 다루지 않고 있다. 따라서 교육과정을 개정할 때 학습량 증가의 문제도 동시에 고려하면서 인간 이외의 척추동물 기관계를 인간과 비교하며 학습하는 내용을 추가하는 것에 대해서 논의할 필요가 있다.

3) Cells, Their Structure and Functions

‘세포와 세포의 구조와 기능, 세포 수준에서의 호

흡과 광합성 과정’의 내용은 2009 개정 과학과 교육과정의 초등학교 5학년, 중학교 1, 2학년 과정에서 다루고 있다. 초등학교 5학년의 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서는 식물세포를 관찰하며 식물체가 세포로 이루어져 있다는 것을 배우면서 세포핵을 관찰하도록 하였다. 중학교 1학년 ‘광합성’ 단원에서는 식물세포의 구조를 동물세포와 비교하고 있고, 세포가 모여 조직을 이루고, 조직계, 기관이 되는 유기적 구성 단계를 이룬다는 것을 배운다. 또 광합성의 기본 과정과 식물 호흡의 기본 과정을 배우며 두 과정의 관련성을 다루고 있다. 중학교 2학년 ‘소화·순환·호흡·배설’ 단원에서는 각 기관의 유기적 관련성을 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위한 것으로 정리하며 세포 호흡을 다루고 있다(MEST, 2011). 그러나 세포 분열에 관련된 내용은 2009 개정 과학과 교육과정과 2015 개정 과학과 교육과정에서 중학교 3학년에서 다루고 있어 세포가 분열하여 그 수가 늘어난다는 것을 2학년 이전 시기에 다루는 것에 대해 검토해 볼 필요가 있다.

4) Life Cycles, Sexual Reproduction, and Heredity

‘생활사, 유성 생식과 유전(유전된 형질 대 획득/학습된 형질 비교)’에 대한 내용은 2007 개정 과학과 교육과정 초등학교 3학년 ‘동물의 한살이’, 2009 개정 과학과 교육과정의 초등학교 4학년 ‘식물의 한살이’에서 일부 다룬다. 그러나 유성 생식과 유전에 대해서는 2009 개정 과학과 교육과정의 중학교 3학년 과정에 포함되어 있다. ‘생식과 발생’ 단원에서 체세포 분열과 생식 세포 분열을 배우며 무성생식과 유성생식의 차이점을 배운다. ‘유전과 진화’ 단원에서는 멘델의 법칙을 통해 유전의 기본 원리를 이해하고, 사람의 유전 현상과 형질을 배우게 되며 용불용설과 관련하여 획득형질을 다루므로 유전에 관련된 내용을 중학교 2학년 학생들이 해결하기에는 어려움이 있었을 것이다. 유전 학습 개념과 원리가 어려워져서 중학교 3학년 이전 과정에서 배우기에는 적합하지 않더라도 초등학교의 식물세포를 관찰하는 ‘식물의 구조와 기능’ 단원이나, 중학교 과정에서 식물세포나 동물세포에 관한 내용을 다루는 단원에서 핵에 생명 활동을 조절하는 유전물질이 존재한

다는 것을 간략하게 알려주는 정도로 교육과정을 개선할 필요가 있다고 할 수 있다.

5) Role of Variation and Adaptation in Survival/Extinction of Species

‘종들의 생존/멸종 과정에서 변이와 적응의 역할 (화석상의 증거 포함)’에 관련된 내용은 우리나라 과학과 교육과정으로 볼 때 TIMSS 2019 대상 8학년 학생들이 학습하지 못한 내용이다. 종들의 변이와 유전, 진화의 증거, 상사 기관, 상동 기관, 공동조상의 개념은 2009 개정 과학과 교육과정의 중학교 3학년 ‘유전과 진화’ 단원에서 다루고 있어서 중학교 2학년 학생들이 관련된 문제를 해결하기는 어려웠을 것으로 추정된다. 2015 개정 과학과 교육과정에서는 중학교 1학년 과정으로 관련 내용이 이동하기는 했지만 ‘변이’에 대한 것을 제외한 다른 진화와 관련된 내용이 모두 고등학교 과정으로 이동했기 때문에 초등학교나 중학교 1, 2학년 과정에서 일부 보충할 수 있도록 개선하는 방안이 요구된다.

6) Interdependence of Populations of Organisms in an Ecosystem

‘생태계에서 개체군 간 상호 의존성(예: 에너지 흐름, 먹이 그물, 경쟁, 포식, 생태계에서 인간의 영향)’에 관련한 내용은 2009 개정 과학과 교육과정의 초등학교 6학년의 ‘생물과 환경’ 단원에는 생산자, 소비자, 분해자, 비생물적 환경 요인을 다루며 이 내용을 부분적으로 다룬다. 또한, 인간의 생활이 생태계에 미치는 영향과 생태계 보전을 위해 인간이 해야 하는 노력을 배운다(MEST, 2011). 그러나 생태계에서 에너지 흐름, 생태 피라미드를 해석하는 것, 개체군의 크기를 제한시키는 요인에 대한 것 등은 2015 개정 교육과정 고등학교 1학년 통합과학 ‘생태계와 환경’ 단원에서 다루고 있다. 또 ‘포식’, ‘경쟁’과 같은 용어는 고등학교 2학년 생명과학 I ‘생태계와 상호작용’에서 다루고 있다(MOE, 2015). 그러므로 초등학교 6학년의 ‘생물과 환경’ 단원에서 경쟁, 포식과 같은 용어를 도입하는 것과 생태 피라미드와 에너지의 흐름을 관련지어 설명하는 내용을

추가하는 것을 검토해 볼 필요가 있다.

7) Human Health

‘건강(예: 감염성 질병의 원인, 감염 방법, 예방, 면역)과 건강을 위한 식사와 운동 및 생활 방식의 중요성’에 대한 내용은 2009 개정 과학과 교육과정 초등학교 5학년의 ‘우리 몸의 구조와 기능’과 초등학교 6학년의 ‘생물과 우리 생활’에서 부분적으로 다루고 있다. ‘우리 몸의 구조와 기능’에서는 건강한 생활 습관이 우리 몸의 기관을 원활하게 기능하도록 돕는다는 내용을 다루며, ‘생물과 우리 생활’에서는 세균이 건강에 미치는 영향을 포함하고 있다(MEST, 2011). 그러나 더 자세한 내용은 2015 개정 과학과 교육과정 고등학교 2학년 생명과학 I의 ‘항상성과 몸의 조절’ 단원에서 감염성 질병의 원인과 예방, 몸의 방어 기작과 면역을 다루고 있어서(MOE, 2015) 중학교 2학년 학생들이 관련 문제를 해결하기 어려울 수 있었다. 그러므로 초등학교 6학년의 ‘생물과 우리 생활’에서 바이러스와 관련된 감염 및 전염을 초등학생이 이해할 수 있는 수준에서 가르치는 방안을 검토해 볼 필요가 있다.

IV. Conclusions and Implications

TIMSS 2019의 생명과학 영역의 내용을 주제별로 2007, 2009, 2015 개정 과학과 교육과정 4학년과 8학년의 내용과 비교 분석하였다.

분석결과, 평가 대상 학생들이 평가 시기 이전에 모두 학습한 주제는 4학년의 경우 ‘일반적인 식물과 동물의 한 살이’로 2009 개정 과학과 교육과정의 3학년 ‘동물의 한살이’ 단원과 2015 개정 과학과 교육과정의 4학년 ‘식물의 생활’ 단원에서 다루어졌다. 8학년의 경우에는 ‘세포와 세포의 구조와 기능, 세포 수준에서의 호흡과 광합성 과정’으로 2009 개정 과학과 교육과정의 초등학교 5학년, 중학교 1, 2학년 과정에서 다루어졌다.

그리고 평가 대상 학생들이 평가 이전에 부분적으로 학습한 주제는 4학년의 경우 ‘생물과 주요 생물 집단의 물리적 특성’으로 2009 개정 과학과 교육

과정의 3학년 ‘동물의 생활’ 단원과 2015 개정 과학과 교육과정의 4학년 ‘식물의 생활’ 단원에 일부 포함되어 있다. 그리고 ‘식물과 동물에 유전된 형질의 특징’은 2009 개정 과학과 교육과정의 3학년 ‘동물의 한살이’ 단원과 2015 개정 과학과 교육과정의 4학년 ‘식물의 한살이’ 단원에서 부분적으로 다루어졌다. 또한 ‘생물과 환경 사이의 상호작용’은 2009 개정 과학과 교육과정의 3학년 ‘동물의 생활’ 단원과 2015 개정 과학과 교육과정의 4학년 ‘식물의 생활’ 단원에서 일부 다루어졌다.

8학년의 경우 교육과정에서 부분적으로 다루어진 주제는 먼저, ‘인간 및 다른 생물들의 주요 기관과 기관계’로 2009 개정 과학과 교육과정의 초등학교 5학년과 중학교 2학년 과정에서 부분적으로 포함되어 있다. 그리고 ‘생활사, 유성 생식과 유전’은 2007 개정 과학과 교육과정 초등학교 3학년 ‘동물의 한살이’와 2009 개정 과학과 교육과정 초등학교 4학년 ‘식물의 한살이’에서 일부 다루어졌다. ‘생태계에서 개체군 간 상호 의존성’은 2009 개정 과학과 교육과정 초등학교 6학년의 ‘생물과 환경’ 단원에 부분적으로 포함되어 있다. 또한 ‘건강과 건강을 위한 식사와 운동 및 생활 방식의 중요성’은 2009 개정 과학과 교육과정 초등학교 5학년의 ‘우리 몸의 구조와 기능’과 초등학교 6학년의 ‘생물과 우리 생활’에서 부분적으로 다루어졌다.

한편, 평가 시기 이전에 평가 대상 학생들이 학습하지 못한 생명과학 주제는 4학년의 경우 ‘인간, 다른 동물, 식물의 주요 구조와 기능’, ‘생태계에서의 관계’, ‘건강’ 등의 주제이다. 그리고 8학년의 경우는 ‘생물의 주요 분류군 간 차이’, ‘종들의 생존/멸종 과정에서 변이와 적응의 역할’ 주제가 우리나라 교육과정으로 볼 때 TIMSS 2019 대상 학생들이 학습하지 못한 내용이었다.

결론적으로 4학년의 경우에는 7개 생명과학 영역의 주제 중 평가 대상 학생들이 평가 시기 이전에 모두 학습한 것은 1개에 불과했고, 3개 주제는 부분적으로 학습한 경우이고, 나머지 3개 주제의 경우는 평가 대상 학생들이 TIMSS 2019 평가 시기 이전에 그 내용을 학습하지 못한 것으로 나타났다. 8학년의 경우에도 그 양상은 크게 다르지 않았는데, 7개 주제 중 평가 시기 이전에 모두 학습한 것은 1개, 부

분적으로 학습한 주제는 4개, 평가 시기 이전에 그 내용을 학습하지 못한 것은 2개로 나타났다.

TIMSS 2019의 생명과학 영역의 주제들이 전 세계 교육 전문가들의 합의에 따라 마련된 국제 공통 기준이고, 평가 대상 학생들이 알아야 하는 최소 필수 내용이라는 점을 고려한다면, 차기 우리나라 과학과 교육과정을 개정할 때 TIMSS가 제안하는 생명과학 영역 주제들의 학습 시기나 학습 내용에 대해서 논의가 필요하다고 할 수 있다. 이러한 논의에서 단원의 학년 재조정으로 야기되는 학생들의 학습량 증가와 학습 수준의 적합성 문제를 반드시 고려해야 할 것이다. 이때 한가지 가능한 대안은 개념의 수준을 낮추면서 교육과정이 포괄하는 개념의 범위를 확장하는 방안을 생각해볼 수 있다.

한편, 적절한 과학 용어를 현행 교육과정보다 확대하여 도입하는 방안도 논의할 필요가 있다고 할 수 있다. TIMSS에서 명시한 과학 용어가 우리나라 과학과 교육과정에 제시되어 있지 않은 경우가 다수 있었다. 우리나라 과학과 교육과정은 어려운 과학 용어를 도입하는 것을 지양하고 구체적인 현상 위주로 개념 학습이 일어날 수 있도록 학습 내용을 구성하는 것을 강조한다. 이는 학생들에게 생소한 과학 용어를 사용하는 것이 학습 장벽을 높일 수 있다는 판단에서 비롯된 것이지만 국제 수준에 맞게 필요한 용어를 도입하는 것도 고려할 필요가 있다고 할 수 있다.

References

- Byeon, J. H. (2020). The effects of science-focuses STEAM program and liberal art-focused steam program on the affective properties of high school students. *Brain, Digital, & Learning*, 10(3), 307-319.
- Harris, D. N., & Sass, T. R. (2011). Teacher training, teacher quality and student achievement. *Journal of Public Economics*, 95(7-8), 798-812.
- IEA. (2020). *Trends in international mathematics and science study*. Retrieved from the IEA website, <https://www.iea.nl/studies/iea/timss>
- Kim, H. K., & Lim, H. J. (2019a). Comparison

- between TIMSS 2019 science framework and korea elementary school science curriculum. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(21), 497-516.
- Kim, H. K., & Lim, H. J. (2019b). Comparison of TIMSS 2019 science framework and korean middle school science curriculum. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(18), 1221-1242.
- Kim, J. I., & Ryu, K. S. (2019). Development of STEAM integrated teaching materials using solid crystal structure. *Brain, Digital, & Learning*, 9(3), 241-251.
- Kim, S. J., Kim, M. Y., Park, J. H., Jeon, K. H., Kim, M. J., & Seo, J. H. (2014). *International comparison of changes in mathematics and science achievement trends: TIMSS 2015 preliminary examination and results analysis* (RRE 2014-3-1). Seoul: KICE.
- Kwak, Y. S., & Shin, Y. J. (2017). Analysis of features of korean eighth grade students' TIMSS 2015 achievement in life science. *Biology Education*, 45(3), 390-403.
- Lee, H. N., & Jeon, J. D. (2018). The effects of steam program on pre-service teachers' science self-efficacy and steam literacy. *Brain, Digital, & Learning*, 8(2), 69-77.
- 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 Student Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results>
- Ministry of Education (2015). *Overview of elementary and middle school curriculum*. Ministry of Education Notice 2015-74, No. 1.
- Ministry of Education, Science and Technology (2011). *Science and curriculum*. Ministry of Education, Science and Technology Notice No. 2011-361, Annex 9.
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (2013). *TIMSS 2015 assessment frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (2017). *TIMSS 2019 overview eTIMSS and paper TIMSS item development activities*. 2nd Meeting of National Research Coordinators, Hamburg, Germany, April 23-28, 2017, unpublished document.
- Park, S. U., Kim, H. K., Sang, K. A., Jeon, S. K., & Choi, I. S. (2019). *Trends in international mathematics and science study: TIMSS 2019 main survey*. (RRE 2019-10). Seoul, Korea: KICE.
- Sang, K. A., Kwak, Y. S., Park, J. H., & Park, S. U. (2016). *The trends in international mathematics and science study (TIMSS): Finding from TIMSS 2015 for Korea*. (RRE 2016-15-1). Seoul: KICE.
- [저자의 소속과 직위]
- 김현경 : 전북대학교 과학교육학부 화학교육전공 및 과학교육연구소, 교수, 제1저자
- 정진수 : 대구대학교 과학교육학부 생물교육전공, 교수, 교신저자