

## TIMSS 2019의 4학년 물상과학 영역과 우리나라 과학 교육과정의 비교 분석

김선경 · 김현경\*

전북대학교 과학교육학부 화학교육전공 및 과학교육연구소

### The Relationship Analysis of the Korean Science Curriculum with the Physical Science Domains of the 4th Grade TIMSS 2019

Sun-Kyoung Kim · Hyun-Kyung Kim\*

Division of Science Education (Chemistry) and Institute of Science Education,  
Jeonbuk National University

**Abstract** : In this study, we analyzed the relationship between the physical science domain of TIMSS 2019 and the Korean science curriculum. Twelve subjects are presented in the physical science domain of the TIMSS 2019 4th grade evaluation framework. Research group consisting of elementary and middle school teachers and science education experts, a total of 12, participated to analyze in which grade these subjects were included in the Korea 2009 revised and 2015 revised science curriculum. As a results of analyzing whether the achievement standards of the TIMSS 2019 evaluation framework and Korean science curriculum are consistent, the subjects pertinent to chemistry like 'chemical changes in everyday life,' 'heat transfer,' and 'electricity and simple electrical circuits' appeared not covered at all until the 4th grade curriculum in Korea. Given that the TIMSS 2019 evaluation framework is an international achievement standard, we are proposing to improve the Korean curriculum as follows: first, for the development of the next science curriculum, there is a need for science curriculum organized from the 1st grade of elementary school to connect the content and scope of chemistry in elementary, middle, and high schools as a whole including the Nuri curriculum. 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.

**keywords** : TIMSS 2019, 2015 Revised Science Curriculum, Physical Science Domain, 4th Grade, Next Science Curriculum

## I. 서론

우리나라를 포함한 세계 각국에서는 사회·문화적 교육 여건의 변화 및 과학 기술의 발전 등과 같은 시대 변화에 부응하고 교육 수요자의 요구에 대응하기 위하여 교육과정 개정에 다차원적인 노력을 기울이고 있다. 그 중에서도 국제적인 수준에서 각국의 학업성취도와 교육제도, 정책, 환경을 분석하고 비교하는 국제비교 연구는 교육과정의 효과성과 적절성을 검토할 수 있

는 중요한 자료를 제공해준다(Park *et al.*, 2019).

TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study: 이하 TIMSS)는 수학·과학 분야의 학생 성취도와 교육 맥락에 대한 국제비교·추이 연구로서, 4년을 주기로 각 참여 국가 별 초4학년 과 중2학년 학생들의 수학·과학 성취도를 평가해 왔다. 이러한 결과를 제공하므로 참여 국가의 교육과정 과 학교교육의 효과성에 대한 직접적인 정보를 얻을 수 있다(Park *et al.*, 2019). 또한, TIMSS는 수학·과

\* 교신저자: 김현경 (chemkimhk@jbnu.ac.kr)

\*\* 2020년 11월 28일 접수, 2020년 12월 16일 수정원고 접수, 2020년 12월 22일 채택  
<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2021.45.1.1>

## 2 김현경

학 분야의 학생 성취도와 함께 성취도에 영향을 미치는 교육체제, 교육환경, 교수·학습 상황, 교사 변인 등 여러 교육 맥락들에 대한 정보 및 교육 효과의 추이를 국제적인 수준에서 비교·분석하는 것을 가능하게 하므로, 참여 국가의 교육과정의 적절성과 개선점을 확인하고 이와 관련하여 교육의 질 관리를 위한 시사점을 얻기 위한 목적에서 시행된다(Mullis & Martin, 2017a, 2017b, 2018).

최근 시행된 TIMSS 2019는 1995년 이후 7번째 주기에 해당하며 2017년부터 2020년까지 진행되며, 참여 국가들의 교육과정 변동 사항을 반영하여 직전 주기인 TIMSS 2015에서 평가들과 목표의 일부가 수정되었다. TIMSS 2019에 나타나는 가장 특징적인 변화는 기존의 지필 기반으로만 시행되던 평가 방식을 컴퓨터 기반 평가(eTIMSS)로 일부 전환했다는 점이다(Sang *et al.*, 2017, 2018). 우리나라에서도 TIMSS 2019를 지필 평가와 컴퓨터 기반 평가로 시행하였으며, 컴퓨터를 사용한 수학·과학 분야의 학생 성취도 평가와 관련한 추가적인 정보를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

이러한 변화를 감안하여도 지난 25년 동안 매 주기마다 지속적으로 이루어진 지필 평가를 통해 축적된 방대한 자료 및 국제 비교로서 TIMSS가 갖는 위상을 고려하면, TIMSS와 우리나라 교육과정의 연계성을 검토하는 것은 교육과정 개정의 방향성을 제시해줄 수 있다는 점에서 중요성을 갖는다.

TIMSS 평가들은 전 세계의 60여 개국 수학 및 과학 교육 전문가들의 합의로 만들어진 국제 공통 기준이자 현재의 수학과 과학 교육에서 추구하고 있는 가치가 반영된 성취기준이다. TIMSS의 평가들 및 평가 문항은 참여 국가의 추천을 받은 전문가로 구성된 TIMSS 수학·과학 문항검토위원회에서 참여 국가의 교육내용을 중심으로 논의·개정되며, 해당 학년 학생들이 필수로 알고 있어야 하는 내용들을 중심으로 평가내용이 선정된다. 즉, TIMSS 평가들에 포함된 내용은 전 세계적으로 시행 대상 학년인 4학년, 8학년 학생들이 알아야 하는 최소 필수 내용 지식이라 할 수 있다(Kim *et al.*, 2014). 따라서 TIMSS 과학 평가들의 각 평가 주제가 우리나라 과학과 교육과정에서 다루고 있는지 여부와 학년을 파악하는 것은 국제비교를 통해 우리나라 교육과정 내용 및 수준을 점검하는 기본 자료가 될 것이다(Kim & Lim, 2019a).

이러한 TIMSS 평가들의 중요성을 바탕으로, TIMSS 과학 평가들과 우리나라 과학과 교육과정 사이의 연계성을 분석하고 이 결과를 토대로 우리나라

과학과 교육과정과 학교 교육을 개선하기 위한 제안들이 제시되어 왔다(Dong, Lee, & Shin, 2013; Kim *et al.*, 2015; Kwak, 2017, 2018; Sang *et al.*, 2016). TIMSS 2015 과학 평가들과 우리나라 2009 개정 교육과정의 일치 정도를 분석한 선행연구 결과에 의하면, TIMSS 2015 과학 평가들 중에서 우리나라 과학과 교육과정의 해당 학년에서 다루지 않는 내용이 상당 부분 있는 것으로 나타났다(Kim *et al.*, 2014). 또한, TIMSS 평가 문항과 우리나라 교육과정의 일치도 분석(Test-Curriculum Matching Analysis: 이하 TCMA) 결과에서도 TIMSS 2015 과학 평가 문항과 우리나라 초등학교 4학년 교육과정 간 일치도는 33.9%로 국제의 평균 일치도보다 낮은 것으로 조사되었다(Sang *et al.*, 2016). 이러한 결과들은 우리나라 교육과정 및 교수·학습 방법, 교육정책 등을 개정할 때에 국제 동향을 분석하여 그 내용을 다루는 시기와 순서를 재검토할 필요성을 시사해준다(Sang *et al.*, 2016).

최근 TIMSS 2019 과학 평가들과 우리나라 과학과 교육과정의 연계성을 분석한 결과가 보고되었다(Kim & Lim, 2019a; 2019b). 초등학교 4학년의 경우 2015 개정 과학과 교육과정에서 통합 단원을 신설함으로써 새로운 성취기준이 추가되면서 이전 2009 개정 교육과정에서 다루지 않은 TIMSS 4학년 과학 평가들 중 일부 평가 목표가 우리나라 교육과정에도 포함된 것으로 확인되었다(Kim & Lim, 2019a). 특히 TIMSS 2019의 평가 대상인 우리나라 초등학교 4학년 학생들은 초등학교 3학년까지는 2009 개정 교육과정을 적용 받았고 4학년 때는 2015 개정 교육과정을 적용 받았음을 고려하면, TIMSS 2019 과학 평가들과 2009 개정 및 현행 2015 개정 과학과 교육과정의 주제별 내용을 더욱 면밀히 비교·분석할 필요가 있다.

TIMSS에서는 참여 국가의 교육과정 운영 체제를 파악하고 각국의 교육과정을 비교·분석하기 위해 국가교육과정 설문을 실시하는데, 여기에는 영역별, 주제별로 평가 대상 학생들이 해당 내용을 실제로 학습한 학년에 대한 조사가 포함된다. 설문내용은 이전 주기의 내용을 바탕으로 최근의 국제적인 교육과정 체제 및 내용의 변화 흐름에 따라 지속적으로 수정·보완된다. TIMSS 2019 교육과정 설문에서 과학 분야 중 초등학교 물상과학(physical science)\* 영역은 물리와 화학을 포함한 내용으로 다루고 있다. TIMSS 2019의 초등학교 4학년 물상과학 영역의 주제들로는 물질의 상태(고체, 액체, 기체)와 물질의 속성(부피, 모양), 물리적 성질(예: 무게/질량, 부피, 물질의 상태, 열전도성, 전기전도성)에 근거한 물체의 분류, 혼합물

\* TIMSS 2019에서 physical science를 물상과학으로 번역하여 사용하고 있으므로 본 논문에서도 물상과학으로 표기하였음.

과 화합물을 그 성분 물질로 분리하는 방법(예: 체로 거르기, 여과, 증발, 자석 이용하기), 자석의 성질(예: 같은 극끼리는 밀고, 다른 극끼리는 당김, 자석은 어떤 물체를 끌어당길 수 있음), 일상생활에서 물리 변화(예: 상태 변화, 용해), 일상생활에서 화학 변화(예: 부패, 연소, 녹슌, 조리), 일반적인 에너지원(예: 태양, 바람, 석유)과 에너지의 사용(난방, 냉방, 조명), 일상생활에서 빛과 소리(예: 그림자와 반사, 진동하는 물체는 소리를 냄), 열전도(예: 열이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 전달됨), 전기와 간단한 전기회로(예: 회로가 작동하려면 끊어지지 않아야 함), 물체를 움직이게 하는 힘(예: 중력, 밀어내는 힘/끌어당기는 힘) 또는 물체의 움직임을 변화시키는 힘(예: 마찰), 움직임을 쉽도록 도와주는 간단한 도구(예: 지레, 도르래, 바퀴, 경사로)가 있다.

본 연구에서는 교육과정 설문을 진행하여 물상과학 영역의 각 주제별 학습 시기를 확인함으로써 TIMSS 2019 과학 평가들과 우리나라 2009 개정 및 2015 개정 과학과 교육과정 사이의 일치성을 분석하였다. 그리고 TIMSS 평가 문항과 교육과정의 일치 여부를 분석하는 TCMA (Test-Curriculum Matching Analysis)를 함께 실시하여 주제별 교육과정의 일치성 분석을 고도화하였다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 초등학교 4학년 학생들이 TIMSS 2019 물상과학 영역의 평가 주제들에 대해 학습하였는지 여부를 조사하는 것에 더하여 이 주제에 포함된 개념들이 우리나라 초·중등 교육 과정 중 언제 다루어지는지 그 흐름을 전체적으로 파악함으로써 학습 시기 상에서 개념들 간의 상호 유기적인 관계성을 분석하고, 이러한 결과를 토대로 TIMSS 2019 평가들과 우리나라 교육과정에서 다루고 있는 물상과학 영역의 내용들 간의 차이점을 면밀히 분석하여 논의하고 앞으로 차기 교육과정 개선을 위한 시사점을 제시하고자 한다.

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 분석 대상\*

TIMSS 2019 평가 대상에 해당하는 4학년 학생들에게 적용된 교육과정을 기준으로 하여 자료를 분석하였다. TIMSS 2019의 초등학교 평가 대상 학생들에게 적용된 교육과정은 Table 1과 같다. 본검사가 실시된 2018년 당시 초등학교 4학년인 학생들은 초등학교 1~3학년 과정에서는 2009 개정 교육과정을 적용받았고 4학년 과정에서는 2015 개정 교육과정을 적용받았다. 따라서 초등학교 3학년 내용까지는 2009 개정 교육과정이 분석 대상이고, 초등학교 4학년 이후 내용부터는 2015 개정 교육과정이 분석 대상이 된다. 각 학년별 학습 내용에 TIMSS 2019의 초등학교 4학년 평가들에서 물리와 화학을 함께 다루는 물상 과학 영역의 하위 주제가 포함되어 있는지 검토하였다.

학습 시기는 개별 학년으로 구분하였다. 우리나라 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정은 학년군으로 구분되어, 초등학교는 1~2학년, 3~4학년, 5~6학년으로 구분되고, 중학교는 1~3학년으로 구분되어 있다. 그러나 TIMSS 2019 교육과정 설문의 학습 시기 조사들이 학년별로 구분되어 있고 우리나라 교과서들이 학년에 따라 학습 내용을 나누고 있으므로, 본 연구에서도 교육과정을 각 학년으로 구분하였다.

TIMSS 2019 과학 평가들의 초등학교 4학년 대상 물상 과학 영역은 총 12개의 주제로 분류되어 있고 이를 평가하기 위해 총 71개 문항이 출제되었다. 우선 각 주제를 TIMSS 평가 시기인 초등학교 4학년까지 학습된 상태를 다음의 3가지로 나누어 표시하였다. '거의 대부분의 학생이 학습함'은 해당 주제가 4학년 이전에 다루어지므로 이 주제에 속하는 문항은 거의 모든 4학년 학생들이 해결할 수 있을 것으로 예상할 수 있음을 나타낸다. '좀 더 능력 있는 학생만 학습함'은 4학년 이전에 일부 내용만 학습하고 나머지 내용은 아직 학습하기 전 또는 4학년이 학습하기에는

Table 1. Curriculum applied to students corresponding to the evaluation for the TIMSS 2019

연도	2015	2016	2017	2018
학년	1학년	2학년	3학년	4학년
교육과정	← 2009 개정		→ 2015 개정 →	

\* 이 논문은 한국교육과정평가원(연구보고 RRE 2019-10)의 데이터를 활용하여 수정·보완하여 재구성하였음.

UniqueID	Content Domain	Topic Area	Cognitive Domain	Label	Include item in TCMA?
SE51063	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Applying	Wooden and metal cubes on balance	No
SE51012	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Applying	Two metal bars	Yes
SE51115	Physical Science	Forms of Energy and Energy Transfer	Applying	Drops of wax on a metal frame	No
SE51180	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Reasoning	Object inside a wooden box	No
SE71115	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Knowing	Change where materials in objects stay	No
SE71140	Physical Science	Forces and Motion	Knowing	Cause of skydiver's fall	No
SE71128	Physical Science	Forms of Energy and Energy Transfer	Knowing	Energy change in a flashlight	No
SE71147	Physical Science	Forces and Motion	Applying	Why Mary's box is easier to move	No
SE61108	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Applying	Using object to sort cans	Yes
SE61109	Physical Science	Forms of Energy and Energy Transfer	Reasoning	Shadow of toy cast on screen	Yes
SE61080	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Knowing	Puddle of water on metal tray	Yes
SE61088	Physical Science	Forms of Energy and Energy Transfer	Knowing	Energy transformed to electricity	No
SE61151	Physical Science	Forms of Energy and Energy Transfer	Applying	Teacher plucked a guitar string	Yes
SE71129	Physical Science	Forms of Energy and Energy Transfer	Applying	Identify circuit with a lit bulb	No
SE71102	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Applying	Movement of Train Car A	Yes
SE71124	Physical Science	Forms of Energy and Energy Transfer	Reasoning	Relationship between force and sound	Yes
SE71112	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Applying	Material of Jenny's spoon	No
SE51059	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Knowing	Difference between ice and water	Yes
SE51142	Physical Science	Classification and Properties of Matter and Changes	Applying	Temperature which materials melt	No

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

어렵고 심화된 내용이라고 판단된 경우에 해당한다. '4학년까지 교육과정에 포함되지 않음'은 해당 주제가 TIMSS 평가 시기를 기준으로 아직 학습되지 않은 경우를 의미한다. 각 주제들이 구체적으로 2009 및 2015 개정 교육과정 상 어느 학년에서 다루어지는지는 해당 내용 요소가 가르쳐지는 학년에 '☑'로 표시함으로써 나타내었다

## 2. 연구 방법

초등학교 교사 4명과 중학교 교사 4명으로 이루어진 현장교사와 과학교육 전문가들이 세부전공을 고려하여 총 12명 참여해 TIMSS 2019 교육과정 설문에서 과학 분야 중 초등학교 물상과학 영역의 하위 주제들을 우리나라 2009 개정 과학과 교육과정 및 2015 개정 과학과 교육과정 중 어느 학년에서 다루고 있는지를 분석하였다. 교육과정 분석에서 교육과정 문서의 성취기준으로만 분석한 것이 아니라 성취기준 해설, 교수·학습 방법 및 유의사항과 평가 방법 및 유의사항에 서술된 내용을 포함하여 분석하였으며 교육과정을 구현한 교과서도 함께 분석하였다. 교육과정 개정에 의해 학습 내용의 이동, 삭제, 추가가 일어나므로, 내용 영역별 하위 주제의 학습 여부에 대한 보정 등도 확인하였다. 따라서 초·중학교 현직 교사들과 과학교육 전문가들의 개별 검토 및 여러 번의 협의 거쳐, 실제 학생들이 해당 주제를 학습하는 시기를 파악하여 작성하였다. 또한 국제본부에서 제공한 내용 영역별 하위 내용이나 우리나라 교육과정의 성취기준 또한 광범위한 측면이 있기에 해당 요소를 어느 학년에서 어느 수준으로 다루고 있는지에 관해서는 학교 현장 교사나 교육과정 및 교과교육 전문가들마다 견해가 다를 수 있으므로, 4~5회 이상의 전문가 논의 절차를 거쳐 95% 이상의 일치도를 보인 항목에

대해서만 최종 분석 결과를 도출하였다.

이 결과 자료에 대해 TIMSS 평가 문항과 교육과정의 일치 여부를 분석하는 방법인 TCMA (Test-Curriculum Matching Analysis)를 실시하였다. TCMA는 각 주제 내 하위 문항들에 대해 개별적으로 교육과정 내에 포함되어있는지 여부를 확인하는 것을 가능하게 한다. 즉, TIMSS 2019 교육과정 설문의 학습 시기 조사들에서 특정 주제를 TIMSS 평가 시기 이전에 우리나라 교육과정에서 다루는 것으로 분석되었더라도, 평가 대상 학생이 그 주제에 속하는 개별 문항을 해결하기 어려운 경우에는 TCMA 결과에서 'No'로 표시하고 이러한 조건에 해당하는 주제는 내용별 학습 시기 조사들에서도 따로 구분하여 분석하였다. TIMSS 2019 물상과학 영역의 71개 문항과 초등학교 4학년 학생들에게 적용된 교육과정 간 일치도를 Figure 1과 같이 분석하였다.

TCMA는 TIMSS에 참여한 모든 국가가 작성하므로 문항 내용별 국제 비교가 가능하며 참여 국가 간의 교육과정 일치 여부를 확인할 수 있다. 또한 각 참여 국가에서는 추이 문항에 대한 이전 주기의 TCMA 결과와 비교하여 교육과정 변화를 살펴볼 수 있으므로, 이러한 자료들을 근거로 국가 교육과정 개정을 위한 기초 자료를 마련할 수 있다.

## III. 연구 결과 및 논의

TIMSS 2019의 초등학교 4학년 물상과학 영역의 주제들을 2009 개정 과학과 교육과정 및 2015 개정 과학과 교육과정과 비교·분석하여 각 주제별로 교육과정과의 연계성을 분석한 결과가 Table 2에 제시되어 있다.

Table 2. TIMSS 2019 4th Grade Learning Period by Subject in Physical Science

주제	해당 주제를 학습했을 것으로 기대되는 4학년 학생들 비율			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
				← 2009 개정 교육과정 →				← 2015 개정 교육과정 →					
	거의 대부분의 학생들	좀 더 능력있는 학생들만	교육과정 포함되지 않음	초등학교					중학교				
				PP	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9
물질의 상태(고체, 액체, 기체)와 물질의 속성(부피, 모양)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
물리적 성질(예: 무게, 질량, 부피, 물질의 상태, 열전도성, 전기전도성)에 근거한 물체의 분류	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
혼합물과 화합물을 그 성분 물질로 분리하는 방법(예: 체로 거르기, 여과, 증발, 자석 이용하기)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
자석의 성질(예: 같은 극끼리 밀고, 다른 극끼리는 당김, 자석은 어떤 물체를 끌어당길 수 있음)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
일상생활에서 물리 변화(예: 상태 변화, 용해)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
일상생활에서 화학 변화(예: 부패, 연소, 녹슴, 조리)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
일반적인 에너지원(예: 태양, 바람, 석유)과 에너지의 사용(난방, 냉방, 조명)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
일상생활에서 빛과 소리(예: 그림자와 반사, 진동하는 물체는 소리를 냄)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
열전도(예: 열이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 전달됨)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
전기와 간단한 전기회로(예: 회로가 작동하려면 끊어지지 않아야 함)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
물체를 움직이게 하는 힘(예: 중력, 밀어내는 힘/끌어당기는 힘) 또는 물체의 움직임을 변화시키는 힘(예: 마찰)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
움직임이 쉽도록 도와주는 간단한 도구(예: 지레, 도르래, 바퀴, 경사로)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 1. 물질의 상태(고체, 액체, 기체)와 물질의 속성(부피, 모양)

이 주제에 대한 내용은 2009 개정 교육과정의 3학년 '우리 생활과 물질' 단원과 2015 개정 교육과정의 4학년 '물의 상태 변화' 단원에서 다루어진다. 3학년 '우리 생활과 물질' 단원에서는 물질의 세 가지 상태인 고체, 액체, 기체의 개념 및 용기에 따른 모양과 부피 변화에 대해 다루고 있다(Ministry of Education, 2015). 4학년 '물의 상태 변화' 단원에서는 물의 세 가지 상태에 대해 이해하도록 하고 있다. 따라서 '물질의 상태(고체, 액체, 기체)와 물질의 속성(부피, 모양)'에 관련된 문항은 TIMSS 2019 평가들과 우리나라 교육과정의 일치도가 높게 나타났으며, 우리나라 초등학교 4학년 학생들이 해결하는 데 문제가 없을 것으로 판단된다.

### 2. 물리적 성질(예: 무게/질량, 부피, 물질의 상태, 열전도성, 전기전도성)에 근거한 물체의 분류

이 주제에 관련된 내용은 2009 개정 교육과정의 3학년 '우리 생활과 물질' 단원과 2015 개정 교육과정의 4학년 '물체의 무게', 5학년 '온도와 열', 6학년 '전기의 이용' 단원에서 다루어지고 있다. 4학년에 제시된 '물체의 무게' 단원에서는 물체의 무게를 수평잡기 활동을 통해 비교하고 용수철 저울로 물체의 무게를 재는 원리를 이해하며, 5학년 '온도와 열' 단원에서는 고체 물질의 종류에 따라 열전도의 빠르기를 관찰한다. 6학년 '전기의 이용' 단원에서는 간단한 전기 회로를 구성하여 전구에 불을 켜보는 활동과 전자석을 만들어 영구자석과 비교해 보는 활동을 주로 다루고 있다(Ministry of Education, 2015). 무게/질량, 부피, 물질의 상태에 대한 개념은 초등학교 4학년 이전에 학습되는 반면 열전도성과 전기전도성에 관련된 개념은 초등학교 5, 6학년에서 다루어지고 있으므로, 이와 관련된 내용을 3~4학년으로 이동하는 방안에 대해 검토해 볼 필요가 있다.

### 3. 혼합물과 화합물을 그 성분 물질로 분리하는 방법(예: 체로 거르기, 여과, 증발, 자석 이용하기)

이 주제에 대한 내용은 2015 개정 교육과정의 4학년 '혼합물의 분리' 단원에서 다루어진다. '혼합물의 분리' 단원에서는 알갱이의 크기와 자석에 붙는 성질을 이용하여 고체 혼합물을 분리, 물에 녹는 물질과

녹지 않는 물질을 거름 장치를 꾸며 혼합물을 분리, 물을 증발시켜 물에 녹아 있는 고체 물질을 분리하는 방법을 학습한다(Ministry of Education, 2015). 따라서 우리나라 4학년 학생들이 문제를 해결하는 데 어려움이 없을 것으로 판단된다.

### 4. 자석의 성질(예: 같은 극끼리는 밀고, 다른 극끼리는 당김, 자석은 어떤 물체를 끌어당길 수 있음)

이 주제의 내용은 2009 개정 교육과정 3학년 '자석의 이용' 단원에서 다루어지는데, 두 종류의 극, 자석이 철로 된 물체를 끌어당기는 성질, 다른 자석을 끌어당기거나 밀어내는 성질, 나침반의 바늘이 일정한 방향을 가리키는 성질 등을 포함한다(Ministry of Education, Science and Technology, 2011). 이 주제는 우리나라 교과서 3학년에 제시되어 있으므로 TIMSS 2019 본검사 실시 이전에 모두 학습되는 것으로 분석되었다.

### 5. 일상생활에서 물리 변화(예: 상태 변화, 용해)

이 주제와 관련된 개념은 2015 개정 교육과정의 4학년 '물의 상태 변화' 단원과 5학년 '용해와 용액' 단원에서 다루어진다. 4학년 '물의 상태 변화' 단원에는 물과 얼음의 상태 변화에서 부피와 무게 변화 비교하기, 물이 증발할 때 및 끓을 때의 특징 관찰하기, 수증기가 응결되는 현상 관찰하기 등이 포함되며, 5학년 '용해와 용액' 단원에는 용해, 용액, 용질의 종류, 용질의 녹는 양, 용액의 진하기에 관련된 내용이 포함된다(Ministry of Education, 2015). TIMSS 2019 평가들의 학습 내용을 고려하여, 5학년에 제시된 '용해와 용액' 단원을 3~4학년으로 이동하는 방안에 대해 검토해 볼 필요가 있다.

### 6. 일상생활에서 화학 변화(예: 부패, 연소, 녹슴, 조리)

이 주제의 내용은 2015 개정 교육과정의 4학년 이전에는 포함되어 있지 않고, 6학년 '여러 가지 기체', '연소와 소화' 단원에 일부 제시되어 있다. '여러 가지 기체' 단원에서는 산소의 성질 알아보기 활동에서 '녹슴'에 대해 일부 다루며, '연소와 소화' 단원에서는 물질이 탈 때 나타나는 현상 관찰하기, 연소 후 생성되는 물질 확인하는 실험하기, 다양한 연소 물질에 의해 발생하는 화재 안전 대책 조사하기 등이 제시된다(Ministry of

Education, 2015). ‘부패’, ‘조리’에 의한 화학 변화에 관련된 부분은 초등학교에서 다루지 않고 있다.

### 7. 일반적인 에너지원(예: 태양, 바람, 석유)과 에너지의 사용(난방, 냉방, 조명)

이 주제도 마찬가지로 TIMSS 평가 시기 이전에 다루어지지 않으며, 2015 개정 교육과정의 6학년 ‘에너지와 생활’ 단원에서 학습된다. ‘에너지와 생활’ 단원에서는 에너지 형태(열에너지, 전기 에너지, 빛에너지, 화학 에너지, 운동 에너지, 위치 에너지), 에너지 전환, 에너지를 효율적으로 활용하는 사례를 조사하고 새로운 아이디어를 제안하도록 하고 있다(Ministry of Education, 2015). 따라서 ‘에너지’에 관련된 내용을 3~4학년으로 이동하는 방안이 검토해 볼 필요가 있다.

### 8. 일상생활에서 빛과 소리(예: 그림자와 반사, 진동하는 물체는 소리를 냄)

이 주제와 관련된 내용은 2009 개정 교육과정의 3학년 ‘소리의 성질’ 단원과 2015 개정 교육과정의 4학년 ‘그림자와 거울’ 단원에서 다루고 있다. 3학년 ‘소리의 성질’ 단원에서는 소리가 나는 물체는 떨림이 있다는 것을 여러 가지 물체에서 소리가 나는 현상의 관찰을 통해 배우며(Ministry of Education, 2015), 4학년 ‘그림자와 거울’ 단원에서는 평면거울, 빛의 반사, 그림자, 빛의 직진, 그림자 크기 등을 이해한다.

### 9. 열전도(예: 열이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 전달됨)

이 주제에 관련된 내용은 2015 개정 교육과정의 5학년 ‘온도와 열’ 단원에서 다루어진다. ‘온도와 열’ 단원에서는 물체를 가열하거나 냉각시키면 시간에 따라 물체의 온도가 달라지는 현상, 온도가 다른 두 물체가 접촉하면 온도가 같아지는 현상을 관찰하고, 이러한 물체의 온도 변화로부터 열의 이동을 추리하도록 하고 있다(Ministry of Education, 2015). 국제 공통 기준과의 일치도를 높이기 위해 해당 단원의 학년 배치를 재검토할 필요가 있다.

### 10. 전기와 간단한 전기회로(예: 회로가 작동하려면 끊어지지 않아야 함)

이 주제와 관련된 내용 또한 2015 개정 교육과정의 4학년까지 학습되지 않으며, 6학년 ‘전기의 이용’ 단

원에서 다루어지고 있다. ‘전기의 이용’ 단원에서는 전지와 전구, 전선을 연결하여 전구에 불이 켜지는 조건을 찾는 활동이 제시되어 있으며, 전기 회로가 제대로 작동하려면 전지, 전구, 전선이 서로 끊어지지 않고 연결되어야 한다는 것을 추리하도록 하고 있다(Ministry of Education, 2015). TIMSS 성취기준과 달리 우리나라 교과서는 관련된 내용을 6학년에서 다루고 있으므로, ‘전기의 이용’ 단원을 이전 학년으로 이동하는 방안이 검토해 볼 필요가 있다. 다만 4학년 수준에서 ‘전기의 이용’에 제시된 개념의 난이도가 높을 수 있으므로 학습의 적절성에 대한 논의도 함께 이루어질 필요가 있다.

### 11. 물체를 움직이게 하는 힘(예: 중력, 밀어내는 힘/끌어당기는 힘) 또는 물체의 움직임을 변화시키는 힘(예: 마찰)

이 주제의 내용은 초등학교 교육과정에서 다루지 않는다. 중학교 교육과정을 살펴보면, 2015 개정 교육과정의 중학교 1학년 ‘여러 가지 힘’ 단원에서 물질세계에 존재하는 여러 가지 힘 중에서 중력, 탄성력, 마찰력, 부력을 이해하고 이러한 힘의 특징과 힘이 작용하여 나타나는 현상을 다루고 있다(Ministry of Education, 2015). 우리나라 4학년 학생들이 이 문항을 해결하기 위해서는 4학년 ‘물체의 무게’ 단원과 5학년 ‘물체의 운동’ 단원을 학습할 때 ‘중력’과 ‘마찰’에 대한 내용을 추가로 제시하는 방법이 있다. 이때 ‘물체의 운동’ 단원을 4학년으로 이동하는 방안도 함께 검토해야 한다.

### 12. 움직임이 쉽도록 도와주는 간단한 도구(예: 지레, 도르래, 바퀴, 경사로)

이 주제에 관련된 내용도 마찬가지로 초등학교에서 학습하지 않고, 중학교 교육과정에서 다루게 된다. 2015 개정 교육과정의 중학교 3학년 ‘운동과 에너지’ 단원에서 일의 개념을 이용하여 중력에 의한 일과 중력에 대하여 한 일을 정량적으로 도입하고 있으며(Ministry of Education, 2015), 일의 원리와 도구의 사용은 다루지 않고 있다. 하지만 여전히 일부 교과서에서는 지레, 도르래, 바퀴, 경사로 등의 간단한 도구를 이용하여 작은 힘으로 일을 할 수 있는 방법이 제시되어 있다. TIMSS 2019에서는 이 주제를 4학년에서 학습되어야 할 내용으로 제안하고 있으므로, 해당 내용을 3~4학년 수준에 맞게 난이도를 낮추어 제시하는 방안을 검토해 볼 필요가 있다.

## IV. 결론 및 제언

TIMSS 2019의 평가 대상인 초등학교 4학년 학생들이 적용받은 우리나라 과학 교육과정을 분석한 결과, TIMSS 평가틀에 포함되어 있음에도 평가 시기 이전까지 학습하지 않는 내용들이 발견되었다.

특히 TIMSS 2019 평가 주제 중에서 우리나라 초등학교 4학년 교육과정까지 전혀 다루고 있지 않는 주제는 ‘일상생활에서 화학 변화’, ‘일반적인 에너지원과 에너지의 사용’, ‘열전도’, ‘전기와 간단한 전기회로’, ‘물체를 움직이게 하는 힘 또는 물체의 움직임을 변화시키는 힘’, ‘움직임이 쉽도록 도와주는 간단한 도구’ 이었다. 이외에 TIMSS 평가 시기 이전에 일부 내용은 학습하였으나 나머지 내용은 학습하기 전으로 분석된 주제로는 ‘물리적 성질에 근거한 물체의 분류’와 ‘일상생활에서 물리 변화’가 해당되었다. 또한 우리나라 초등학교 4학년 교육과정에서는 다루지 않고 있는 ‘전기전도성’, ‘용해’, ‘부패’, ‘중력’ 등의 용어들이 TIMSS 2019 4학년 과학 영역의 주제에 포함되어 있었다.

TIMSS 평가틀이 전 세계 교육 전문가들의 합의에 의해 마련된 국제 공통 성취기준이자 평가 대상 학생들이 알아야 하는 최소 필수 내용 지식이라는 점을 고려하면, TIMSS가 제안하는 해당 학습 시기(초등학교 4학년) 또는 그 전에 교육과정에서 다루어지지 않은 주제들과 용어들을 이전하여 교육과정에 도입할 것인지에 대한 논의가 요구된다. 이와 관련한 시사점 및 제언은 다음과 같다.

첫째, 현재 우리나라 과학과 교육과정은 정책상 초등학교 3학년부터 시작하도록 되어있으나, TIMSS 2019 교육과정 조사 결과와 같이 초등학교 1학년에서 시작하는 개선을 공론화할 필요가 있다. 또한 차기 교육과정 개발 시 초·중학교 및 고등학교 과학과 교육과정에 포함될 물상과학의 내용과 범위, 순서가 유치원 누리과정과 연계하여 전체적인 흐름이 상호 유기적으로 연결되도록 구성될 필요가 있다. 최근 2019 개정 누리과정과 초등학교 통합교과과정 과학교육 내용의 연계성 분석 연구에 따르면, 물리 영역은 유치원 교육내용이 초등학교 통합교과과정에서 확대/심화되는 반면 화학 영역은 연계되지 않고 유치원 교육내용이 초등학교 통합교과과정에서 소멸하는 것으로 나타났다(Choi, 2020).

둘째, 차기 교육과정 개정 시 주제 및 단원을 다루는 학년군을 재조정하는 논의가 필요하다. 고학년으로 올라갈수록 어려운 개념들이 포함되어 있으므로, 고학년의 학습 내용을 저학년으로 이동시키기 위해서는 학생들의 학습량 증가와 함께 학습 수준의 적합성 문

제를 반드시 고려해야 할 것이다. 한가지 가능한 대안으로 난이도 수준을 낮추면서 다루는 범위를 확장시키는 방안을 생각해볼 수 있다. 또한 개념을 단순화하거나 일부 내용만을 포함시키는 방안도 가능할 수 있다. 예를 들어 우리나라 교육과정에서 열전도성은 초등학교 5학년, 전기전도성은 초등학교 6학년에서 다루고 있는데, 열전도성과 전기전도성 유무에 따라 물체를 분류하는 내용으로 단원을 구성하여 3~4학년에서 학습하도록 제안할 수 있다.

셋째, 과학적 용어나 학문적 용어를 적절하게 도입하는 방안이다. TIMSS 평가틀과 우리나라 교육과정 일치도 분석 결과, TIMSS에서 명시한 용어가 우리나라 교육과정에 제시되어 있지 않은 경우를 찾아볼 수 있었다. 우리나라 초등학교의 과학과 교육과정에서는 특정한 이론적 개념이나 용어보다는 구체적인 조작과 현상 위주로 학습하는 것을 강조하며, 관련 내용을 학습함에도 불구하고 용어를 사용하지 않는 경우도 있다. 이는 초등학교 학생들에게 생소한 전문적이고 학문적인 용어를 사용하는 것이 학습 장벽을 높일 수 있으므로, 난이도에 맞게 실제 현상을 통해 이해를 돕는 것이 초등학교 과학 교육에 더 적합하다는 판단이 작용한 결과로 생각할 수 있다. 그러나 국제 수준에 맞게, 우리나라 초등학교 과학과 교육과정에서도 필수적인 개념들은 지도하고 표준적인 용어를 사용하는 것을 고려할 필요가 있다.

우리나라 교육과정을 반드시 TIMSS 평가틀에 맞추어 편성할 필요는 없지만 국제적인 흐름 및 우리나라의 교육여건과 학습자의 수준 등을 숙고하여 적절히 조절하는 것은 중요할 것이다.

## 국 문 요 약

본 연구에서는 TIMSS 2019 물상과학 영역과 우리나라 과학과 교육과정의 연계성을 분석하고자 하였다. TIMSS 2019 초등학교 4학년 과학 평가틀의 물상과학 영역에서는 12개의 주제가 제시되는데, 초중등학교 교사로 이루어진 현장교사와 과학교육 전문가 총 12명이 참여하여 이 주제들이 우리나라 2009 개정 및 2015 개정 과학과 교육과정에서 어느 학년에 포함되어 있는지 분석하였다. TIMSS 2019 평가틀의 성취기준과 우리나라 과학과 교육과정이 일치하는지 분석한 결과, TIMSS 2019 물상과학 평가 주제 중에서 우리나라 초등학교 4학년 교육과정까지 전혀 다루고 있지 않는 주제로 화학과 관련 있는 ‘일상생활에서 화학 변화’, ‘열전도’, ‘전기와 간단한 전기회로’ 내용이 두드러졌다.



TIMSS 2019 평가들이 국제 성취 기준임을 고려하면 우리나라 교육과정에 대한 시사점을 제안할 수 있으며, 다음과 같다. 첫째, 차기 과학과 교육과정 개발에서는 누리과정까지 연계하여 초·중학교 및 고등학교 화학의 내용과 범위가 전체적으로 연결되도록 현재 초등학교 3학년부터 시작하는 과학과 교육과정을 초등학교 1학년부터 시작하는 개선을 공론화할 필요가 있다. 둘째, 학습량 및 학습 수준의 적합성 문제를 고려하면서 난이도를 조정하거나 개념을 다양한 교수학습 방법으로 접근하면서 관련 주제를 다루도록 학년군을 재조정하는 방안을 생각할 수 있다. 셋째, 국제적인 흐름에 맞게 필수적인 개념 및 표준 용어들을 우리나라 과학과 교육과정에 도입하거나 구성되도록 하는 논의가 필요하다.

**주제어:** TIMSS 2019, 2015 개정 과학과 교육 과정, 물상과학 영역, 4학년, 차기 교육 과정

## References

- Choi, H. Y. (2020). A study on linkage analysis of the scientific education contents in the 2019 revised nuri curriculum and elementary school integrated curriculum: Focused on science concept. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(16), 341-363.
- Dong, H. K., Lee, I. H., & Shin, J. A. (2013). Characteristics of science achievement of Korean students in TIMSS 2011 and NAEA 2011. *Journal of Educational Evaluation*, 20(5), 1091-1114.
- 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, S. J., Kim, M. Y., Park, J. H., Jeon, K. H., Kim, M. J., & Seo, J. H. (2014). *The trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS 2015): A technical report of the TIMSS 2015 field survey and the results* (KICE Research Report, RRE 2014-3-1). Seoul, Korea: KICE.
- Kim, S. J., Lee, J. B., Park, J. H., & Lee, M. S. (2015). *Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS 2015 main survey* (KICE Research Report, RRE 2015-11-2). Seoul, Korea: KICE.
- Kwak, Y. S. (2017). Exploration of features of Korean eighth grade students' achievement and curriculum matching in TIMSS 2015 earth science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 9-16.
- Kwak, Y. S. (2018). Analysis of features of Korean eighth grades' TIMSS 2015 achievement in chemistry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(5), 625-633.
- Ministry of Education. (2015). *Overview of elementary and middle school curriculum* (Ministry of Education Notice 2015-74, No.1). Sejong, Korea: Author.
- Ministry of Education, Science and Technology. (2011). *Science and curriculum* (Ministry of Education, Science and Technology Notice No. 2011-361, Annex 9). Seoul, Korea: Author.
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (2017a). *TIMSS 2019 assessment frameworks*. Retrieved March 20, 2019, from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center, available at <http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (2017b, April). *TIMSS 2019 Overview eTIMSS and paperTIMSS Item development activities*. 2nd Meeting of National Research Coordinators, Hamburg, Germany, unpublished document.
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (2018, August). *TIMSS 2019 progress report*. 5th Meeting of National Research Coordinators, Stockholm, Sweden, unpublished.
- Park, S. W., Kim, H. K., Sang, K. A., Jeon, S. K., & Choi, I. S. (2019). *Trends in*

*International Mathematics and Science Study: TIMSS 2019 main survey* (KICE Research Report, RRE 2019-10). Jincheon, Korea: KICE.

Sang, K. A., Kim, H. K., Choi, J. S., & Lee, C. H. (2018). *Computer-based test items and e-assessment system of TIMSS 2019* (KICE Research Report. 2018, RRE 2018-13). Jincheon, Korea: KICE.

Sang, K. A., Kwak, Y. S., Choi, J. S., Park, S. W., & Jeon, S. K. (2017). *Preparation of TIMSS 2019: Technical report* (KICE Research Report, RRE 2017-5-2). Seoul, Korea: KICE.

Sang, K. A., Kwak, Y. S., Park, J. H., & Park, S. W. (2016). *The Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS): Findings from TIMSS 2015 for Korea* (KICE Research Report. 2016, RRE 2016-15-1). Seoul, Korea: KICE.

## 저 자 정 보

김 선 경

(전북대학교 과학교육학부  
박사과정)

김 현 경

(전북대학교 과학교육학부  
화학교육전공 및  
과학교육연구소 교수)