Journal of the Korean Chemical Society
2002, *Vol. 46, No. 2*
Printed in the Republic of Korea

제3차 수학 · 과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R)[1] 중 제6차 교육과정상의 화학 문항에 대한 우리 나라 중학생의 응답 분석

洪美英* · **田京紋**
한국교육과정평가원
(2001. 6. 11 접수)

The Analysis of the Korean Middle School Students' Responses to Chemistry Problems Under the 6th National Curriculum in the Third International Mathematics and Science Study-Repeat (TIMSS-R)

Mi-Young Hong* and Kyungmoon Jeon
Korea Institute of Curriculum & Evaluation, Seoul 110-230, Korea
(Received June 11, 2001)

요 약. 본 연구에서는 1999년에 국제적으로 실시된 제3차 수학 · 과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 중 우리 나라 중학교 2학년 학생들의 화학 성취도를 분석하였다. 총 143개 문항 가운데 '물질의 분류', '물질의 구조', '화학 반응과 변환', '물리적 성질과 변화', '열과 온도', '원자의 구성 입자', '오염', '과학적 방법', '과학적 측정' 영역에 속하는 31문항을 우리 나라 제6차 교육과정상의 화학 문항으로 선정하였다. 각 문항에 대한 정답률을 분석하여, 제6차 교육과정의 장단점을 논의하였다. 교육과정이나 교과서 개발에 대한 시사점을 제안하였다.

주요어: TIMSS-R, 중학생, 화학 성취도, 제6차 교육과정

ABSTRACT. In this study, the chemistry achievement of the Korean 8th grade students in the Third International Mathematics and Science Study-Repeat(TIMSS-R), which was administered internationally in 1999, was analyzed. By the 6th national curriculum, 31 chemistry problems were selected from the categories of 'classification of matter', 'structure of matter', 'chemical reactivity and transformations', 'physical properties and physical changes of matter', 'heat and temperature', 'subatomic particles', 'pollution', 'scientific method', and 'scientific measurements' among the total 143 problems. Based on the analysis of the percentage of correctness on each problem, the weak and strong points of the 6th curriculum were discussed. The implications for the development of national curriculum and textbook are suggested.

Key words: TIMSS-R, middle school student, chemistry achievement, the 6th national curriculum

서 론

교육 성취도에 대한 국제 비교 연구는, 교육 정책 수립을 위한 기초 자료를 수집하고 교육의 질을 관리하며 나아가 국가 경쟁력을 제고하는 데 도움을 줄 수 있다. 이에 우리 나라는 지난 20여 년 간 여러 가지 국제 비교 연구에 꾸준히 참여해왔다. 과학 성취도에 대해서도 국제 교육 성취도 평가 협회(IEA: International Association for Evaluation of Education Achievement)가 주관한 제2차 국제 과학 성취도 평가 연구(SISS: The Second

[1]본 연구는 한국교육과정평가원의 1998년~2000년도 기본 사업으로 수행된 것이다.

International Science Study)나 '제3차 수학 · 과학 국제 비교 연구(TIMSS: The Third International Mathematics and Science Study)' 등에 참여하여 우수한 성적을 낸 바 있다.[1]

최근에는 TIMSS의 후속 연구인 '제3차 수학 · 과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R: The Third International Mathematics and Science Study-Repeat)'에 참여하고 있다. 이 연구는 1998년부터 2001년까지 38개국을 대상으로 진행되는데, 우리 나라의 경우 지난 1999년에 본 검사를 실시하였다. TIMSS-R의 연구 목적은 중학생들의 수학 · 과학 성취도를 살펴보고, 각종 배경 변인을 조사하여 성취도 결정 요인을 분석하는 것이다.[2,3] 그러나 우리 나라의 과학과 교육과정에 대한 구체적인 시사점을 얻기 위해서는, 이러한 국제 비교 연구와 별도로 국내의 독자적인 연구를 진행할 필요가 있다. TIMSS-R의 내용 영역들-과학 문항의 경우 화학, 물리, 생물, 지구과학, 환경과 자원, 과학의 본성-은 교육과정 국제 비교 연구를 토대로 한 것이지만, 우리 나라 학생들이 이수해 온 과학과 교육과정과는 차이가 있기 때문이다. 예를 들어 TIMSS-R의 '물리'나 '과학의 본성' 영역에 속하는 문항이 제6차 교육과정에 의하면 '화학' 영역에 속하기도 한다.

따라서 본 연구에서는 TIMSS-R 문항을 제6차 과학과 교육과정의 내용 영역들에 의해 재분류하여 분석하였다. 본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

1. TIMSS-R 과학 문항 중 우리 나라 제6차 교육과정상의 화학 문항을 선정한다.

2. 우리 나라 중학교 2학년 학생들의 정답률을 조사한다.

3. 각 문항과 관련된 내용이 제6차 교육과정에서 어떻게 다루어지고 있는지 분석한다.

연구 내용 및 방법

연구 대상

본 연구에서는 제3차 수학 · 과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R)[4] 중 우리 나라 제6차 교육과정상의 화학 문항에 대하여 중학교 2학년 학생들의 정답률을 분석하였다. 2001년 6월 현재 초·중학교의 일부 학년에서는 이미 제7차 교육과정이 적용되고 있으나, TIMSS-R의 연구 대상은 제6차 교육과정을 이수한 학생들이므로 본 연구는 제6차 교육과정을 기준으로 진행하였다.

화학 영역 문항 선정

TIMSS-R의 과학 문항은 6개 내용 영역-화학, 물리, 생물, 지구과학, 환경과 자원, 과학의 본성-의 총 143문항으로 구성되어 있다. 이 가운데 우리 나라 제6차 교육과정상의 화학 영역에 해당하는 문항을 선정하였다. 각각 화학, 물리, 생물, 지구과학을 전공한 과학교육 전문가 4인이 제6차 교육과정 및 교과서를 토대로 논의하였다. 그 결과 TIMSS-R 내용 영역 중 화학 영역의 '물질의 분류', '물질의 구조', '화학 반응과 변환', 물리 영역의 '물리적 성질과 변화', '열과 온도', '원자의 구성 입자', 환경과 자원 영역의 '오염', 그리고 과학의 본성 영역의 '과학적 방법', '과학적 측정'에 속하는 총 31문항을 화학 문항으로 선정하였다.

결과 분석 방법

화학 문항으로 선정한 31문항에 대해 각 문항에서 요구하는 내용이 우리나라 제6차 교육과정상에서 어떻게 다루어지고 있는지 조사하였다. 이를 위해 초등학교의 경우 3학년에서 6학년까지의 자연과 교육과정 및 그에 따른 교과서, 실험관찰을 분석하였다. 중학교의 경우에는 본 연구의 대상 학년인 2학년까지의 과학과 교육과정 및 그에 따른 교과서를 분석하였는데, 교과서는 8종 중 현재 가장 많이 사용되고 있는 4종을 선정하였다 (*Table* 1). 각 문항에 대해 우리 나라 중학생들의 정답

Table 1. The 6th national curriculum and textbooks analysed in this study

	Curriculum		Textbooks
Elementary school	Nature		Nature 3-1. Workbook 3-1 Nature 3-2. Workbook 3-2 Nature 4-1. Workbook 4-1 Nature 4-2. Workbook 4-2 Nature 5-1. Workbook 5-1 Nature 5-2. Workbook 5-2 Nature 6-1. Workbook 6-1 Nature 6-2. Workbook 6-2
Middle school	Science	Science 1	Kang, *et al.*, Doosan Dong-a Kong, *et al.*, Jihaksa Kim, *et al.*, Keumsung Co. Jeong, *et al.*, Kyohak Co.
		Science 2	Kang, *et al.*, Doosan Dong-a Kong, *et al.*, Jihaksa Kim, *et al.*, Keumsung Co. Jeong, *et al.*, Kyohak Co.

률을 조사하고, 제6차 교육과정과 관련지어 논의하였다.

결과 및 논의

제6차 교육과정상의 화학 영역에 해당하는 분항들의 특성과 정답률을 TIMSS-R 소영역별로 제시하였다 (*Table* 2-6). 각 문항의 정답률은 최저 23.9%(I18, *Table* 6)에서 최고 95.1%(J04, *Table* 5)이었고, 평균 정답률은 57%이었다. 31개 분항 중 자유반응형 분항은 9분항이고 나머지 22분항은 모두 선다형이었는데, 선다형 분항의 평균(59%)이 자유반응형 분항(52%)에 비해 약간 높았다. 사지선다형(16문항)과 오지선다형(6문항)을 비교해보면, 사지선다의 평균(59%)이 오지선다(57%)에 비해 약간 높았다. 학년 수준에 따른 문항 분포를 살펴보면, 초등학교에서만 다루어지는 것이 2분항, 중학교에서만 다루어지는 것이 10분항, 초등학교와 중학교에서 모두 다루어지는 것이 7분항이었다. 본 연구의 대상 학년인 중학교 2학년까지의 교육과정에서 다루어지지 않는 것으로 분석된 문항도 12개나 되었는데, 특히 TIMSS-R 소영역 중 '화학 반응과 변환'과 '과학적 방법'에 속하는 분항들이 많았다. TIMSS-R의 평가틀을 교육과정 국제 비교 연구를 바탕으로 한 범용적인 것으로 간주한다면, 우리 나라 중학교 2학년까지의 교과서에서 다루어지지 않는 내용들에 대해 교육과정 포함 여부나 학년 수준을 재고할 필요가 있다. 물론, 국제비교 연구에서 우리 나라 학생들의 성취 수준이 대개 높았다는 점이나 외국의 경우 지역, 학교, 교사 등에 의해 교육과정이 달라 보다 많은 내용을 다루는 것처럼 나타났을 가능성도 있다는 점도 염두에 둘 필요가 있다. 학년 수준별 정답률은 초등학교(39%)나 중학교 1, 2학년에서만 다루어지는 내용(56%)보다 초등학교와 중학교에서 반복하여 다루어지는 내용(70%)에 관한 문항들이 더 높았다. TIMSS-R 소영역별로 비교해 보면, '화학 반응과 변환' 영역에 속하는 분항이 가장 많았다(11분항). 정답률이 가장 낮은 영역은 '오염(39%, 2문항)'이고 가장 높은 영역은 '열과 온도(64%, 1문항)'이었다. 그러나 중학교 2학년까지 다루어지지 않는 분항을 제외하면 '물질의 구조(70%)' 영역의 정답률이 가장 높았다.

물질의 분류 영역

'물질의 분류' 영역은 평균 정답률이 62%로 비교적 높은 편이었고, 특히 '흰색 알갱이와 검은색 알갱이로 이루어진 가루가 '혼합물'임을 선택하도록 한 문항 C10의 정답률이 매우 높았다(83.3%, *Table* 2). '혼합물'이라는 용어는 초등학교 4학년에서부터 '혼합물을 분리하는 방법'이라는 측면에서 다루어지며, 그 구체적인 정의는 중학교 1학년에서 다루어지기 때문일 것이다. 그러나 '혼합물이 아닌 것'을 고르도록 한 문항(M10)에서는 '설탕'으로 바르게 응답한 학생이 46%에 불과했다. 이는 문제에서 제시된 답부가 교과서에서 다루어지지 않은 일상적 상황의 소재인 연기, 우유, 그림 물감 등으로 구성되었기 때문일 수 있다. 혹은 학생들이 '설탕' 자체를 '혼합물'로 혼동할 소지도 있는 것으로 보인다. 분석에 사용된 모든 중학교 교과서에서 '설탕물(혹은 소금물)'은 끓는점이 일정하지 않으므로 혼합물이라고 강조하고 있기 때문이다. 이 영역 중 L06은 '거름장치를 사용하여 분리할 수 있는 혼합물'이 무엇인지를 고르도록 한 문항이다. '거름에 의한 분리'에 대해서는 초등학교(4학년)와 중학교(1학년) 교과서에서 모두 다루어짐에도 불구하고, 정답률은 51.0%에 불과했다. 정답(후추와 물)이 교과서에서 다루어지지 않은 소재이기 때문일 것이다. 오답 중에서는 '설탕물 수용액'을 선택한 학생이 가장 많았는데(30.5%), 이는 초·중학교의 모든 교과서에서 '거름'의 학습을 위해 물에 녹는 것(예: 소금)과 물에 녹지 않는 것(예: 모래)의 분리 실험을 제시하고 있기 때문에, 학생들이 '거름'과 '설탕물'을 단순히 연결시켜 응답한 것으로 보인다. 제6차 중학교 교육과정에서 학습량이 많다는 현장의 의견을 반영한 것은 바람직할 수 있으나, 이 결과는 '거름'의 교육

Table 2. Characteristics and average percent correct of each item in classification of matter

Item	Content	Type	Grade level		Percent correct (%)
			Ele	Mid	
C10	Substance type of black/white powder	Multiple choice	4	1	83.3
K17	Reaction of chlorine and sodium	Multiple choice	.	2	66.0
L06	Filtration of mixtures	Multiple choice	4	1	51.0
M10	Not a mixture	Multiple choice	.	1	45.8

Table 3. Characteristics and average percent correct of each item in structure of matter

Item	Content	Type	Grade level		Percent correct
			Ele	Mid	(%)
G10	Atoms removed from chair	Multiple choice	.	2	62.1
J03	Compounds, molecules, and atoms	Free response	.	2	60.4
O15	Neutral atom gains electron	Multiple choice	.	.	31.3
Q14	Sugar dissolving in water	Multiple choice	6	1	87.8

과정 포함 여부나 설명 방식에 대한 재고가 필요함을 시사한다.

물질의 구조 영역

'물질의 구조' 영역의 평균 정답률은 60%이었고, 중학교 2학년까지 다루어지지 않는 문항(O15)을 제외한 정답률은 70%로 가장 높았다. 특히, '설탕이 물에 용해될 때 설탕 분자는 어떻게 되는가(Q14)'에 대해 '용액 속에 녹아있다'고 바르게 응답한 학생이 87.8%로 가장 많았다(*Table* 3). 설탕 분자가 '사라졌다(1.2%)'거나 '물과 반응하여 새로운 원소를 만든다(6.7%)'라는 응답은 매우 적었다. 용해 전후의 질량 보존 개념이 초등학교 5학년에서 다루어지고, 중학교 1학년까지 매년 용해에 대한 학습이 진행되기 때문일 것이다. 그러나 학생들이 용해 현상을 분자 수준의 그림으로 잘 나타내지 못한다거나 화학 반응과 혼동하는 경향이 있다는 선행 연구 보고[18]를 고려할 때, 이 결과는 문항 Q14가 용해 현상을 분자 수준으로 이해하고 있는지 보다는 용해 전후의 물질 보존 개념을 묻고 있는 데에서 비롯되었을 가능성이 있다. 제6차 교육과정에 의하면 초등학교(6학년)에서는 용해 현상을 통해 분자의 존재를 추리하도록 지도하나, 오히려 중학교 1학년에서는 분자 모형에 대한 언급이 전혀 없다. 분석에 사용된 일부 교과서에 '알갱이(입자)'라는 용어나 그림이 제시되기도 하였으나, 이것이 미시적인 의미인지 거시적인 의미인지 모호하였다. 중학교에서는 원자, 분자, 화합물 등의 개념이 2학년에 가서야 다루어지기 때문이다. 따라서 본 연구에서 문항 Q14에 대한 정답률은 높았다 하더라도 용해 개념과 분자 모형에 대한 상·하급 학교간의 교육과정 연계성을 재고해 볼 필요가 있다.

화학 반응과 변환 영역

'화학 반응과 변환' 영역의 평균 정답률은 58%로 비교적 저조하였다. 이 영역은 문항수가 11개로 가장 많았는데(*Table* 4), 이 중 중학교 2학년까지에서 다루어지지 않는 문항이 5개나 되었으며, 이를 제외한 6개 문항의 평균 정답률은 66%였다. 이 영역에서 정답률이 가장 높은 문항은 연소 개념과 관련된 A09(나무 연소시에 공기를 불어 넣는 이유, 81.2%)와 M13(3개의 유리병 속에서 타고 있는 촛불, 79.2%)이었다. 연소의 조건

Table 4. Characteristics and average percent correct of each item in chemical reactivity and transformation

Item	Content	Type	Grade level		Percent correct
			Ele	Mid	(%)
A09	Fanning a wood fire	Multiple choice	6	2	81.2
F06	Best reason for painting iron surfaces	Multiple choice	.	.	72.9
H06	Burning wood absorbs/releases energy	Multiple choice	6	2	65.3
I10	Gas needed for rust to form	Multiple choice	.	.	42.5
K14	Reactions releasing energy	Multiple choice	.	.	40.4
M13	Candles burning in 3 jars	Free response	6	2	79.2
N07	Example of chemical reaction	Multiple choice	.	2	59.1
O11	Chemical change involving elements	Multiple choice	.	2	47.5
Q15	Not a chemical change	Multiple choice	.	2	62.0
R05	Small pieces of wood burn faster	Free response	.	.	27.8
Z01-1					63.1
-2	Galvanization of steel	Free response	.	.	60.8
-3					59.8

에 대해서는 6학년에서 다루어지고, 중학교 2학년에서는 모든 교과서들이 화학 반응의 예로 연소를 제시하고 있다. 특히, 문항 M13은 자유반응형임에도 불구하고 정답률이 매우 높았는데, 이는 '산소의 양에 따라 촛불이 꺼지는 시간을 비교'하도록 한 이 문항의 내용이 그대로 6학년 교과서에서 실험으로 다루어지기 때문일 것이다. 연소 개념과 관련된 내용임에도 불구하고, H06(나무를 태우는 반응에서의 에너지 출입)의 정답률은 다소 낮았다(65.2%). 연소 반응에서 빛과 열을 발생한다는 내용은 초·중학교에서 다루어지고, 에너지의 여러 유형에 대해서는 6학년 '에너지' 단원(물리 영역)에서 다루어지나, 일부 학생들은 이 두 내용을 연관짓지 못하는 것으로 보인다.

'원소에 생긴 변화 중 화학 변화인 것'을 선택하도록 한 O11에서는, 38.8%의 학생들이 '가열하여 증발시킨 것'으로 잘못 응답하였다. 화학 변화에 해당하는 것을 고르도록 한 N07의 경우에는 '철이 녹스는 것(59.1%)' 대신 '설탕이 용해된다(17.9%)', '양초가 녹는다(10.9%)', '물이 끓는다(6.3%)' 등 물리 변화를 선택한 학생도 많았다.[7-9] 화학 반응은 중학교 2학년에서 처음 다루어지며 주로 가열에 의한 빠른 반응(예: 연소)이 소개된다. 이로 인해 학생들은 '가열'을 곧 '화학 반응'으로 혼동하거나 녹스는 현상과 같이 느린 화학 반응에 대한 이해가 다소 부족한 것으로 보인다. '철의 표면에 페인트 칠을 하는 이유(I06, 73%)'나 '철근의 도금 처리 이유(Z01-1, 63%)'의 경우에는, 중학교 2학년까지 다루어지지 않는 내용임에도 불구하고 비교적 정답률이 높았다. 이는 학생들이 산화에 대한 과학적 지식을 학교에서 학습한 적은 없으나 녹, 페인트칠 등을 실생활에서 접할 기회가 많았기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 학생들이 '가열'과 '화학 반응'을 혼동한다거나(N07) 철이 녹스는 현상과 같이 느린 산화 반응에 대한 과학적 지식은 부족하나(I10, O11) 실생활 경험과 관련된 내용은 잘 알고 있다는(F06, Z01-1) 결과들을 종합해 볼 때, '연소', '화학 반응', '산화' 개념의 교육과정상의 연계성에 대해 검토해 볼 필요가 있다.

물질의 성질과 변화 영역

'물질의 성질과 변화' 영역의 평균 정답률은 58%이었는데, J04를 제외한 나머지 문항들의 정답률이 비교적 저조하였다(*Table* 5). '햇빛에 놓아 둔 풍선의 부피가 커진 이유를 설명하라'는 자유반응형 문항인 Z03은, 그 내용이 초등학교 4학년부터 중학교 2학년까지 2년 주기로 반복하여 다루어짐에도 불구하고 정답률이 50.1%에 불과했다. 특히, 이 문항의 정답자 가운데 '분자 운동'을 언급한 학생이 21.9%에 불과했다는 점은 대부분의 화학 개념이 분자 모형에 기초한다[10]는 맥락에서 볼 때 시사하는 바가 크다. 분석 결과 현행 중학교 교과서들이 정량적인 관계식(샤를의 법칙)만을 강조하는 경향이 있었는데, 정량적인 법칙의 도입에 앞서 분자 수준의 그림 등을 이용하여 정성적인 개념을 강조할 필요가 있을 것이다.[11,12] '물이 어는 동안의 질량 변화 및 그 이유'를 서술하도록 한 문항(Q18)도 정답률이 41.0%에 불과하였다. 54%의 학생들이 질량이 커지거나 작아진다고 응답하였고, '고체가 액체보다 무거기 때문에 물이 얼음으로 변하면 질량이 커진다' 등 다양한 오개념을 나타내었다.[13,14] 용해시의 질량 보존 개념은 용해 현상을 처음 다룰 때(초 5)부터 도입되는 것에 비해, 상태 변화 현상은 초등학교 4학년에서부터 다루어지나 상태 변화시의 질량 보존 개념은 중학교 1학년에서 도입된다.

'물이 가장 많이 증발했을 것으로 예상되는 그릇의 모양'을 선택하도록 한 J04 문항의 정답률은 95.1%로서 화학 영역 31문항 중에서 가장 높았다. 비록 본 연구에서 초·중학교 교육과정 및 교과서들이 '액체의 표면적에 따른 증발 속도'를 명시적으로 다루지는 않는 것으로 분석되었으나, 학생들은 실생활에서 이와 유사한 경험을 많이 하는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 5학년의 '날씨의 변화(지구과학 영역)' 단원의 교사용 지도서

Table 5. Characteristics and average percent correct of each item in physical properties and physical changes of matter

Item	Content	Type	Grade level		Percent correct
			Ele	Mid	(%)
B03	Greatest density from mass/volume table	Multiple choice	.	1	46.8
J04	Evaporation rate by surface area	Multiple choice	.	.	95.1
Q18	Mass of freezing water	Free response	.	1	41.0
Z03	Heat expansion of balloons	Free response	46	2	50.1

Table 6. Characteristics and average percent correct of each item in other areas

Area	Item	Content	Type	Grade level		Percent correct(%)
				Ele	Mid	
Heat and temperature	Y02	Temperature of boiling water	Free response	.	1	63.8
Subatomic particles	E07	Particles in nucleus of atom	Multiple choice	.	.	45.3
Pollution	I18	Acid rain from sulfur dioxide	Free response	56	.	23.9
	K16	Main cause of acid rain	Multiple choice	56	.	54.0
Scientific method	I11	Observation of bubbling electrode	Multiple choice	.	.	51.5
	N04	Evaporation of vinegar and oil	Multiple choice	.	.	59.3
	Y03	Freezing salt water experiment	Free response	.	.	47.3
Scientific measurement	K11	Temperature scale for boiling water	Multiple choice	.	.	40.2

에 '표면적이 클수록 물이 빨리 증발한다'는 내용을 소개하고 있으므로, 실제 수업에서는 이러한 내용이 교수되었을 가능성이 있다. TIMSS-R 문항 개발 과정에서 실시한 설문 조사 결과 '물리적 성질과 변화' 영역을 가르쳤다고 응답한 교사의 비율이 95%이었다는 점도 이러한 해석을 뒷받침해 줄 수 있을 것이다.

기타 영역

'열과 온도', '원자의 구성 입자', '오염', '과학적 방법', '과학적 측정' 영역의 결과는 *Table* 6에 제시하였다. TIMSS-R 내용들 중 '환경과 자원'에 해당하는 '오염' 영역의 평균 정답률이 다른 모든 영역들에 비해 가장 저조하였다(39%). 특히, '석탄이 연소할 때 발생되는 이산화황 기체가 산성비의 원인이 되는 과정을 설명하라'는 자유 반응형 문항인 I18은 제6차 교육과정상의 화학 영역 31문항 중 정답률이 가장 낮았다(23.9%). 학생들이 이 문항에 바르게 응답하기 위해서는 5학년 '산과 염기' 단원의 실험관찰에서 읽을거리로 간략히 다루어진, '산성비란 화석 연료의 연소 결과 발생한 기체가 빗물에 녹은 것'이라는 내용을 기억해야 한다. 설혹 그 내용을 기억했다고 해도 '이산화황'이라는 용어는 6학년 '환경오염과 자연보존' 단원에서 처음 도입되므로, 학생들이 두 학년의 내용을 서로 연결짓기 어려웠을 수도 있다. 가장 많이 나타난 오답 유형은 이산화황이 '증발하였다'거나 '구름을 형성한다'는 것이었는데(33%), 이는 5학년 '날씨의 변화' 단원의 학습 내용과 관련 있을 것으로 보인다. 이 단원에서 물의 순환을 설명할 때, '어떤 지역의 공기가 오염되면 물의 순환으로 인해 오염되지 않은 다른 지역에도 산성비가 내린다'는 것을 다루고 있다. 따라서 학생들이 '물의 순환' 개념을 빌어와 이산화황 자체가 순환하는 것으로 혼동할 소지가 있는 것으로 보인다. 5, 6학년에서 반복적으로 다루어지는 '산성비의 원인이 되는 기체가 무엇인지(K16)'에 대해서도 올바른 답을 고른 학생이 별로 많지 않았다(54.0%). 오답 중에서는 '스프레이에서 나오는 기체'에 대한 응답율(36.3%)이 가장 높았는데, 이는 학생들이 대중 매체나 과학 잡지 등을 통해 접한 스프레이, 프레온 가스, 오존 파괴 등에 대한 내용을 잘못 적용한 것으로 해석할 수 있을 것이다.

TIMSS-R 내용들 중 '과학의 본성'에 해당하는 '과학적 방법'이나 '과학적 측정' 영역에 해당하는 문항들은 우리 나라 교육과정이나 교과서에서 다루어지지 않는 것으로 조사되었다. 이 가운데 정답률이 가장 낮은 문항은 '물의 끓는점을 측정하기에 적합한 온도계'를 그림 가운데 선택하는 것이었는데(K11), 정답을 선택한 학생은 40%에 불과했으며 오답자 중 대부분의 학생들이 물의 녹는점(0 °C)과 끓는점(100 °C)이 포함된 온도계를 선택했다(38.6%). 제6차 교육과정에 의하면 온도계의 종류나 사용법은 4학년 '열과 물체의 변화' 단원에서 다루어지나, 온도계의 종류를 눈금의 범위와 연결지어 지도하고 있지는 않다. 1997년 고시되어 현재 그에 따른 교과서가 개발 중에 있는 제7차 교육과정[16]에서는 '온도 재기'를 하나의 독립된 단원으로 구성하였는데, 교과서 집필시 이 결과를 반영할 필요가 있다. I11은 실험 보고서에 '한쪽 전극에서 기포가 발생하였다'를 기록한 것이 관찰, 예측, 결론, 이론, 가설 중 어느 것에 해당하는지를 묻는 문항이었다. '관찰'이라고 바르게 응답한 학생은 51.5%이었으나 '결론'이라고 답한 학생도 42.8%나 되어, 관찰한 사실과 그것으로부터 내릴 수 있는 결론을 혼동하는 학생들이 상당수 있음을 알 수 있었다. 이는 제6차 교육과정상에서는 초등학교

저학년에서부터 '관찰' 능력을 강조하고 있으나, 관찰의 정의나 구체적인 방법에 대해 교과서에서 다루고 있지는 않기 때문인 것으로 보인다.[6]

결론 및 제언

본 연구에서는 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 중 제6차 교육과정상의 화학 문항에 대하여 우리 나라 중학교 2학년 학생들의 정답률을 분석하였다. 선정한 문항들 중 '화학 반응과 변환'에 속하는 것이 가장 많았으나, 이 영역에는 우리 나라 교육과정상 그 수준이 중학교 3학년 이상인 것도 많았다. '과학적 방법'이나 '과학적 측정' 영역에 해당하는 문항 내용도 우리 나라 교과서에서는 거의 다루어지지 않는 것으로 분석되었다. TIMSS-R 소영역들 가운데 정답률이 가장 높은 것은, 중학교 2학년까지 다루어지지 않는 문항을 제외하면, '물질의 구조' 영역이었다. 학년 수준에 따라서는 초등학교와 중학교에서 반복하여 다루어지는 내용의 정답률이 높았다.

개별 문항별로 살펴보면, 교과서에서 다루어진 내용이라 하더라도 문항의 소재가 교과서와 다른 일상적 상황으로 제시된 경우에는 정답률이 낮았다(예: 혼합물이 아닌 것, 거름장치를 사용하여 분리할 수 있는 혼합물). 일부 학생들은 문항의 내용보다는 그 소재에 근거해 응답하는 경향이 있었다(예: 거름장치로 분리할 수 있는 물질). 차시 학습의 주요 내용이 아니거나 두어가지 내용들을 서로 연결지어 응답해야하는 경우(예: 이산화황 기체와 산성비, 나무를 태우는 반응에서의 에너지 출입)에도 정답률이 낮았다. 반면, 학교에서 제대로 다루어지지는 않으나, 학생들이 실생활에서 접할 기회가 있기 때문에 정답률이 높은 경우도 있는 것으로 보인다(예: 표면적에 따른 물의 증발 속도, 철의 표면에 페인트칠을 하는 이유).

본 연구의 결과는 교육과정이나 교과서를 개발할 때 구체적으로 반영되어야 할 것이다. 먼저 우리나라 중학교 2학년까지의 교과서에서 다루어지지 않는 내용들에 대해 교육과정 포함 여부나 학년 수준을 재고할 필요가 있다. 특히, 현재 교과서 개발이 한창 진행중인 제7차 교육과정에서는 내용의 축소로 인해 주요 개념의 도입 시기가 오히려 더 늦춰졌는데, 그 효과에 대한 면밀한 분석이 요구된다. 예를 들면, 제6차 교육과정의 중학교 3학년에서 다루어지는 '원자의 구성 입자' 개념이 제7차 교육과정에서는 고등학교 1학년에서 다루도록 되어 있다. 6학년에서 다루어지는 '분자' 개념도 중학교 1학년에서 다루도록 되어 있다. 제7차 교육과정상의 저학년 화학 내용을 보면, 초보적인 현상 관찰이 중복되어 학습 수준이 매우 저하된 경향이 있다.

물론 TIMSS-R 과학과 평가틀에서 나온 주제들을 모두 다루는 것이 바람직한 것은 아니다. 적정 분량의 주제를 어느 정도로 깊이 있게, 그리고 어떤 방식으로 접근할 것인가가 더욱 중요하게 고려해야 할 사항이다. 여러 가지 내용들의 학년 수준간의 연계나 실생활과의 관련도 잘 고려해야 한다. 일례로 화학 반응을 설명할 때, 저학년에서 다룬 원소 개념뿐만 아니라 철이 녹스는 현상과 같이 학생들의 경험과 관련된 느린 산화 반응을 도입함으로써, 화학 반응이나 산화에 대한 이해를 도모할 수 있는지 연구해 보아야 한다.

추후 연구로는 무엇보다 TIMSS-R 국제 비교 결과를 분석·논의할 필요가 있다. TIMSS와 TIMSS-R의 정답률을 비교하거나, 학생들의 성별이나 배경 변인에 따라 TIMSS-R 화학 성취도를 비교하는 등 다각적인 분석도 요구된다. 또한, 현재 진행중인 제7차 교육과정에 의한 교과서 개발이 완료되면, TIMSS-R 문항과 관련된 내용에 대한 재분석을 시도해 보는 것도 의미있을 것이다.

인 용 문 헌

1. Beaton, E. A.; Martin, M. O.; Mullis, I. V. S.; Gonzalez, E. J.; Smith, T. A.; Kelly, D. L. *Science Achievement in the Middle School Year: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*; TIMSS International Study Center Boston College: Chestnut Hill, MA, 1996.
2. 김성숙; 이춘식; 임찬빈; 유준희; 서동엽 *제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 국내 평가 시행 보고서*. 한국교육과정평가원 연구보고, 1999.
3. 김성숙; 유준희; 서동엽; 이춘식; 임찬빈 *제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 국내 평가 결과 분석 연구*. 한국교육과정평가원 연구보고, 1999.
4. 박 정; 홍미영; 김성숙 *제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 국내 평가 결과 분석 연구 II*: 한국교육과정평가원 연구보고, 2000.
5. Schmidt, W. H.; McKnight, C. C.; Cogan, L. S.; Kakwerth, P. M.; Houang, R. T. *Facing the Consequences*; Kluwer Academic Publishers: Boston, 1999.
6. 교육부 *국민학교 교육과정*; 대한교과서 주식회사: 서울, 1992.

7. 노태희; 전경문 *한국과학교육학회지* **1997**, *17*, 313.
8. Haidar, A. H.; Abraham, M. R. *Journal of Research in Science Teaching* **1991**, *28*, 919.
9. Hesse, J. J.; Andersson, C. W. *Journal of Research in Science Teaching* **1992**, *29*, 277.
10. Gabel, D. L. *Journal of Chemical Education* **1993**, *70*, 193.
11. 노태희; 신경문 *화학교육* **1996**, *23*, 102.
12. Noh, T.; Scharmann, L. C. *Journal of Research in Science Teaching* **1997**, *34*, 199.
13. 홍미영 *고체, 액체, 기체 상태의 분자 운동에 대한 학생들의 개념 조사*. 서울대학교 석사 학위 논문, 1991.
14. Abraham, M. R.; Grzybowski, E. B.; Renner, J. W.; Marek, E. A. *Journal of Research in Science Teaching* **1992**, *29*, 105.
15. IEA *TIMSS 1999 International Science Report*; Boston College: Chestnut Hill, MA, 2000.
16. 교육부 *과학과 교육과정*; 대한교과서 주식회사: 서울, 1997.