

〈해설〉

제3차 수학·과학 성취도 국제비교
반복연구(TIMSS-R)¹⁾ 중 화학 영역 성취도 분석전 경 문
(서울대학교)An Analysis of Chemistry Achievement in the Third International
Mathematics and Science Study-Repeat (TIMSS-R)Jeon, Kyungmoon
(Seoul National University)

I. 서 론

제3차 수학·과학 성취도 국제비교 반복연구(The Third International Mathematics and Science Study-Repeat; TIMSS-R)는 국제 교육성취도 평가협회(International Association for Evaluation of Education Achievement; IEA)의 주관 아래 1997년부터 추진된 연구로서, 1993년부터 1996년까지 실시된 제3차 수학·과학 국제비교 연구(TIMSS)의 후속 연구이다. 이 연구는 현재 실시되고 있는 각종 국제 비교 평가 중 가장 규모가 커, IEA 정회원 58개국 중 우리 나라, 미국, 영국, 일본 등 38개국²⁾이 참가하였다. TIMSS-R의 연구 목적은 국제 수준에서 합의된 교육과정 내용을 근거로 중학교 2학년 학생의 수학·과학 학업 성취도를 조사하고 TIMSS와 비교하여 성취도의 변동 추이를 살펴봄과 각종 배경 변인과 성취도와와의 연계 분석을 근거로 성취 결정 요인을 분석하는 것이다. 이를 통해 참가국들에게 주요 교육 정책을 점검할 수 있는 기회를 제공하고 교육 정책 수립에 대한 기초 자료를 제공하려는 것이다(IEA, 2000a).

국제 결과가 발표되기에 앞서 우리 나라에서는 이미 독자적으로 TIMSS-R 문항들을 제6차 교육과정과 연관지어 연구하였으며(명전옥과 유준희, 2000; 유준희, 김성숙, 서

동엽, 이춘식, 임찬빈, 2000; 홍미영과 전경문, 2002), 2000년 12월 국제 결과가 발표된 후에는 우리 나라 학생들의 과학 성취도의 상대적인 강약점을 탐색하였다(홍미영, 박정, 김성숙, 2001).

본 연구는 TIMSS-R 과학 성취도의 국제 결과 중 화학 영역에 대한 결과 분석 연구로서, 우리 나라 중학생의 화학 성취도의 국제 수준을 짚어보고, 정답률 분석을 통하여 화학 교육과정에 주는 시사점을 얻고자 하였다.

본 연구의 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 1) 화학 성취도의 국제 경향을 파악하고, 다른 과학 영역과 비교한다.
- 2) 우리 나라 중학생의 화학 성취도를 외국의 경우 및 다른 과학 영역과 비교한다.
- 3) 화학 문항의 학년 수준을 우리 나라 제6, 7차 교육과정의 측면에서 분석한다.
- 4) 문항별 정답률을 조사하고, 우리 나라 학생들의 정답률이 국제 평균보다 매우 높거나 정답률 차이가 상대적으로 작은 문항들의 특징을 조사한다.

II. 연구 방법

TIMSS-R의 검사 시행 과정, 자료 분석 과정, 평가를,

*2001.11.13(접수) 2002.1.2(1심) 2002.5.1(2심) 2002.12.24(3심) 2003.5.22(최종 통과)

**E-mail: kmjeon7@dreamwiz.com(전경문)

1) TIMSS 연구는 한국교육과정평가원에서 기본 사업으로 수행하였다.

2) 호주, 벨기에, 불가리아, 캐나다, 칠레, 사이프러스, 체코, 영국, 핀란드, 홍콩, 헝가리, 인도네시아, 이란, 이스라엘, 이태리, 일본, 요르단, 한국, 라트비아, 리투아니아, 마케도니아, 말레이시아, 몰도바, 모로코, 네덜란드, 뉴질랜드, 필리핀, 루마니아, 러시아, 싱가포르, 슬로바키아, 슬로베니아, 남아프리카, 대만, 튀니지, 태국, 터키, 미국(이상 영어 알파벳 순).

평가 도구 등 일반적인 연구 방법은 다른 연구(김성숙, 유준희, 서동엽, 이춘식, 임찬빈, 1999a, 1999b; 홍미영, 박정, 김성숙, 2001)에 이미 상세하게 기술되어 있으므로, 본 연구에서는 간략하게 소개한다.

1. 연구 대상

TIMSS-R은 만 13세 학생(중학교 2학년)을 대상으로 하였는데, 전 세계 38개국 6,347학교의 191,730명의 표본 중에서 최종적으로 6,076학교의 180,700명이 참가하였다. 우리 나라에서는 1999년 2월 본검사를 실시하였으며, 최종적으로 자료가 정상 처리된 학생은 전국 150개 학교의 6,114명이었다.

2. 평가 도구

TIMSS-R의 과학 문항은 6개 내용 영역(화학, 물리, 생물, 지구과학, 환경과 자원, 과학의 탐구와 본성)의 총 143문항으로 구성되어 있다. 이 중 화학 영역은 '물질의 분류', '물질의 구조', '화학 반응성과 변환', '에너지와 화학 변화'의 4개 소영역으로 세분되며, 총 19개 문항으로 되어 있다. 선택형 문항이 15개, 자유 반응형 문항이 4개이다(Table 1).

Table 1. Distribution of chemistry items by subcategory

Subcategory	Numbers of items
Classification of matter	Multiple choice 4
	Free response 1
Structure of matter	Multiple choice 3
	Free response 1
Chemical reactivity and transformation	Multiple choice 6
	Free response 2
Energy and chemical change	Multiple choice 2
	Free response 1
Total	19

3. 결과 분석 방법

TIMSS-R의 연구 대상은 제6차 교육과정 하에서 교육

받은 학생들이므로, 문항의 학년 수준 및 정답률이 높거나 낮은 일부 문항의 내용 분석은 우리 나라 제6차 과학과 교육과정 및 교과서를 중심으로 진행하였다. 초등학교의 경우 3학년에서 6학년까지의 자연과 교육과정 및 그에 따른 교과서, 실험관찰을 참고하였다. 중학교의 경우에는 2학년까지의 과학과 교육과정 및 그에 따른 교과서를 참고하였는데, 교과서 8종 중 현재 가장 많이 사용되고 있는 4종을 선정하였다. 또, 현재 초·중학교 대부분의 학년에서 이미 제7차 교육과정이 적용되고 있으므로, TIMSS-R 문항의 학년 수준을 제7차 교육과정의 측면에서도 분석하였다. 한편, 국제 결과 분석은 TIMSS 본부에서 발행한 국제 결과 보고서(IEA, 2000a)와 문항별 정답률 분석 자료(IEA, 2000b)를 바탕으로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 화학 성취도의 국제 경향

TIMSS-R에서 평균 500, 표준 편차 100을 기준으로 하여 평균 점수(average scale score)를 계산한 결과(Table 2), 과학 각 영역의 국제 평균 점수는 모두 488점이었다(IEA, 2000a). 화학 성취도가 가장 높은 나라는 대만(563), 성취도가 가장 낮은 나라는 남아프리카 공화국(350)으로, 그 점수 차이가 213점이었다. 이는 물리 262점, 생물 261점, 환경과 자원 영역 227점, 과학의 탐구와 본성 영역 221점 등에 비하여 비교적 국제적 차이가 작다고 볼 수 있다.

화학 성취도의 국제 경향을 과학 전체 성취도와 비교하면, 대만, 싱가포르, 헝가리, 일본, 우리 나라 등 화학 성취도가 최상위에 속하는 국가들의 경우 화학 성취도 역시 높다. 과학 전체 성취도와 비교할 때, 다른 영역에 비하여 화학 영역의 성취도가 특히 높은 국가는 불가리아, 슬로바키아 공화국, 러시아 공화국 등 동유럽 국가들이다. 이 국가들의 교육과정상의 특징을 살펴보면, 과학을 영역별로 분리해 가르치는 것이다(주로 물리, 화학, 생물, 지구과학). 과학을 영역별로 분리해서 가르치는 국가에서는 화학 개념의 도입 시기가 상대적으로 앞서기 때문에 개념에 대한 단순 지식을 묻는 문항의 정답률이 높게 나타나는 것으로 보인다. 예를 들어, 문항 'O15 중성 원자에 전자 하

Table 2. Average achievement in chemistry

Rank	Nation	Avg. scale score* of chemistry	Avg. scale score of science (Rank)
1	Chinese Taipei	563	569(1)
2	Hungary	548	552(3)
3	Singapore	545	568(2)
4	Finland	535	535(10)
5	Japan	530	550(4)
6	Bulgaria	527	518(17)
7	Slovak Republic	525	535(11)
8	England	524	538(9)
9	Korea, Rep. of	523	549(5)
10	Russian Federation	523	529(16)
	International Avg.	488	488

* Scale with a mean of 500 and standard deviation of 100.

Table 3. Korean students' average achievement in science content area

	Chemistry	Physics	Life science	Earth science	Environmental & resources issues	Scientific inquiry & nature of science
Average scale score	523	544	528	532	523	545
Rank	9	4	11	9	5	2

나가 더해진 것'의 국제 평균 정답률은 44%로서, 정답률이 40% 이하인 국가들이 매우 많다. 이는 개념을 배우지 않은 우리 나라 학생들의 평균 정답률도 31%에 불과하다. 그러나, 불가리아(67%), 헝가리(74%), 체코 공화국(73%), 슬로바키아 공화국(74%), 러시아 공화국(71%), 루마니아(73%), 슬로베니아(68%) 등 동유럽 국가들의 경우에만 이 문항을 옳게 답한 학생들이 2/3 이상이었다.

2. 우리 나라 학생들의 화학 영역 성취도

우리 나라 중학생들은 화학 영역에서 국제 순위 9위를 차지했다(Table 2). 평균 점수는 523점으로 국제 평균(488)보다 유의미하게 높으나, 1, 2위를 차지한 대만(563)과 헝가리(548)에 비해서는 통계적으로 유의미하게 낮았다(IEA, 2000a). 우리 나라의 화학 성취도를 다른 과학 영역과 비교해 보면(Table 3), 평균 점수(523)는 환경과 자원 영역(523)과 함께 가장 낮고 국제 순위(9위)도 생물 영

역(11위) 다음으로 가장 낮아, 다른 영역에 비하여 성취도가 낮은 편이라고 볼 수 있다.

이에 대한 원인으로는 우리 나라 학생들이 다른 나라에 비하여 상대적으로 다양한 주제를 학습하지 못한 것을 들 수 있다. TIMSS 평가들에 포함된 화학 주제 중 우리 나라 중학교 2학년까지의 교육과정에 명시된 주제(의도한 교육과정)는 50%에 불과하여, 다른 화학 우수 국가들에 비해 작은 경향이 있었다(Table 4). 예를 들면 우리 나라 교육과정에서는 '화학 결합', '원자의 구조', '주기율표' 등을 다루고 있지 않으나, 외국의 경우 이와 관련된 거의 대부분의 학습 주제들을 가르치고 있는 경우가 많았다(IEA, 2000a). '실행된 교육과정'은 '의도한 교육과정'과 다를 수 있으므로 TIMSS 평가를 중 이번 연구에서 문항으로 출제된 '물질의 분류', '물질의 구조', '화학 반응성과 변환', '에너지와 화학 변화' 영역에 대해 실제로 학습한 학생들의 비율이 어느 정도 되는지 교사 설문으로 조사하였다. 그 결과, 특히 '에너지와 화학 변화'를 실제로

Table 4. Percentage of topics intended to be taught (intended curriculum) and percentage of students taught chemistry topic (implemented curriculum)

Nation	Percentage of topics intended to be taught	Percentage of students taught chemistry topic			
		Classification of matter	Structure of matter	Chemical reactivity and transformation	Energy and chemical change
Chinese Taipei	58	100	97	100	84
Hungary	100	100	100	97	99
Singapore*	58	98	93	89	-
Finland	50	95	89	79	51
Japan	50	99	75	96	46
Bulgaria	100	99	99	99	87
England	42	98	84	94	73
Rep. of Korea	50	99	97	91	54
Russian Federation*	100	-	-	-	-
International Avg.	52	90	84	76	58

* Data are not available.

학습한 학생이 54%에 불과해 국제 평균(58%)보다도 낮은 것으로 드러났다.

우리 나라 학생들의 경우 다른 영역에 비해 상대적으로 우수한 영역은 '과학의 탐구와 본성' 영역이었다(Table 3, 평균 점수: 545, 국제 순위: 2위). 비록 '의도한 교육과정' 상 이 영역에서 다루는 주제 수는 국제 평균에 미치지 못했으나 '실행된 교육과정'에서는 91% 이상의 학생들이 관련 내용을 학습한 것으로 조사되었다(IEA, 2000a). 주로 개념 위주인 화학 영역은 교육과정에 구체적으로 명시되지 않을 경우 학습할 기회가 적으나, 제6차 교육과정(교육부, 1992)에서 기본적으로 강조하고 있는 탐구 영역에 대해서는 초등학교 때부터 모둠별 활동을 통해 실험 설계, 반복 측정, 측정, 실험 기구 사용 등을 자연스럽게 경험할 수 있었던 것으로 보인다.

3. 화학 문항별 정답률 분석

1) 문항의 학년 수준 분석

TIMSS-R 화학 영역 내의 문항별 정답률을 조사하여 국제 평균과 비교하였다(Table 5). 국제 평균은 4개 소영역(물질의 분류, 물질의 구조, 화학 반응성과 변환, 에너지와 화학 변화) 모두 45~50% 정도로 유사하였다. 우리나라의 경우 '에너지와 화학 변화' 영역에 대한 정답률(44%)은 국제 평균(45%)과 유사하게 매우 낮았고, 나머지 영역들은 60% 이상의 정답률을 나타내었다.

각 문항의 학년 수준을 본 연구의 대상 학생들이 이수한 제6차 교육과정을 기준으로 분석하였다. '물질의 분류'를 제외한 영역에서는 제6차 교육과정상 중학교 2학년 까지 다루어지지 않는 문항들이 나타났는데(총 6개 문항), 정답률이 가장 낮았던 '에너지와 화학 변화'에서는 3문항 중 2문항이 다루어지지 않았다. TIMSS-R 문항 개발 과정에서 실시한 설문 결과(Table 4), '에너지와 화학 변화'를 실제로 학습한 학생이 54%에 불과하다고 나오는 등 우리나라에서는 의도한 교육과정이나 실행된 교육과정에서 다루는 주제가 화학 영역 성취도가 우수한 다른 국가들에 비해 적은 것으로 나타났다. 이러한 경향은 제7차 교육과정에서 더욱 심화된 경향이 있다. 1997년 고시되어 현재 그에 따른 교과서가 개발 중에 있는 제7차 교육과정에 의거해 문항 내용을 분석한 결과, 중학교 2학년까지 다루어지지 않는 문항이 12개로서 제6차 교육과정에 비하여 오히려 늘어났다. 제7차 교육과정에서는 내용의 축소라는 개정 원칙으로 인해 주요 개념의 도입 시기가 초등학교 6학년 이후로는 한 학년 정도씩 늦춰졌기 때문이다. 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. TIMSS에서 제시한 화학 내용 영역들을 국제적인 교육과정 기준으로 본다면 화학 반응, 원자의 구조, 화학 반응과 에너지 개념 등이 우리나라에서는 상대적으로 늦게

Table 5. Average percent correct in chemistry topics

Topics	Items	Grade ¹⁾		Average percent Correct (%)				Level of Korea ²⁾
		6th	7th	Korea	Int. Avg.			
Classification of matter	C10 Substance type of black/white powder	4,7	3,4,8	83	75			
	K17 Reaction of chlorine and sodium	8	.	66	62	42	49	high
	L06 Filtration of mixtures	4,7	4,8	51		39		
	M10 Not a mixture	7	8	46		40		low
Structure of matter	G10 Atoms removed from chair	8	.	62		51		
	J03 Compounds, molecules, and atoms	8	.	60	60	45	46	
	O15 Neutral atom gains electron	.	.	31		44		low
	Q14 Sugar dissolving in water	6,7	7	88		45		high
Chemical reactivity and transformation	A09 Fanning a wood fire	6,8	6	81		75		low
	F06 Best reason for painting iron surfaces	.	.	73		67		low
	I10 Gas needed for rust to form	.	.	43		37		low
	M13 Candles burning in 3 jars	6,8	6	79		58		high
	N07 Example of chemical reaction	8	.	59	61	49	50	
	O11 Chemical change involving elements	8	.	48		37		
	Q15 Not a chemical change	8	.	62		41		high
	Z01 Galvanization of steel	.	.	63		37		
Energy and chemical change	H06 Burning wood absorbs/releases energy	6,8	6	65		55		
	K14 Reactions releasing energy	.	.	40	44	55	45	low
	R05 Small pieces of wood burn faster	.	.	28		24		low

1) on the 6th and 7th national curriculum in Korea.

2) high: Korean students' average is much higher than international value.

low: Korean students' average is lower than international value or is similar to it.

다루어지고 있다.

2) 개별 문항에 대한 학생들의 응답 분석

화학 문항에서 우리 나라 학생들의 정답률은 국제 정답률보다 평균적으로 10% 이상 높았다. 본 연구에서는 우리 나라 학생들의 정답률이 국제 평균보다 상대적으로 매우 높은 5개 문항과 정답률 차이가 상대적으로 작은 7개 문항에 대해 살펴보았다.

먼저, 우리 나라 학생들의 정답률이 국제 평균 정답률보다 20% 이상 높은 문항 5개 문항, 즉 우리 나라 학생들이 특히 잘하였다고 볼 수 있는 문항들에 대해, 제6차 교과서에서 다루어지는 방식 및 학생들의 오답 유형을 조사하였다. 우리 나라 학생들이 특히 잘하였다고 볼 수 있는 문항들은 Z01을 제외하고는 모두 교육과정에서 반복적으

로 다루거나(M13, Q14, Table 5), 문제에서 제시한 예시나 실험이 교과서와 동일한 경우(K17, M13, Q15)이었다(부록).

예를 들어 문항 Q14 '설탕이 물에 용해될 때 설탕 분자는 어떻게 되는가'에 대해 '용액 속에 녹아있다'고 바르게 응답한 학생은 우리 나라의 경우 88%나 되어, 국제 평균(45%)과의 차이가 43%로 가장 컸다. 주목할 만한 점은 우리 나라의 경우 다른 나라와는 달리 '물과 반응하여 새로운 원소를 만든다'고 오개념을 갖는 학생 비율이 작다는 것인데(우리 나라 7%, 국제 평균 34%), 이는 우리 나라에서 용해 전후의 질량 보존 개념이 초등학교 5학년 부터 중학교 1학년까지 매년 반복적으로 다루어지기 때문 일 것이다.

'염소와 나트륨이 반응하여 생긴 물질이 화합물'을 고

르는 문항 K17의 경우, 국내의 정답률 차이가 24%로 나타났다(우리 나라 66%, 국제 평균 42%). '염소'와 '나트륨'은 화학 변화를 설명할 때 제6차 중학교 2학년 교과서에 흔히 제시되는 과학적 상황의 소재이며(부록 1), 문제의 지문에 '반응'이라는 용어도 제시되었으므로 학생들이 정답인 '화합물'을 고르는 것이 그다지 어렵지 않았을 것이라고 해석할 수 있다.

중학교 2학년까지의 교육과정에서 다루지 않음에도 불구하고 우리 나라 학생들이 특히 잘한 문항 'Z01 철근의 도금 처리(우리 나라 정답률 63%, 국제 평균 정답률 37%)'를 살펴보면, 이 문항은 자유 반응형으로서 1) 철근의 도금 처리 이유와 2) 도금 작업 시간의 단축으로 인하여 예상되는 결과를 2가지 쓰도록 되어 있다. 이 문항의 특징은 과학 개념뿐만 아니라 기술 발달이 사회에 미치는 영향 등을 폭넓게 묻고 있는 것이다. '산화' 개념은 중학교 3학년에 나오는데 불구하고 '철근의 도금 처리 이유'를 묻는 1)번 소문항에서 우리 나라 학생들의 정답률이 비교적 높았던 원인으로는, 중학교 2학년 교과서 분석 결과 '화학 변화'를 설명하면서 '철이 녹스는 현상'을 예로 드는 경우가 많았으므로(부록) 교육과정이나 교과서에 명시되지 않은 경우라도 교사가 가르쳤을 가능성이 높다는 것을 들 수 있다. TIMSS-R 문항 개발 과정에서 실시한 설문 조사 결과(Table 4), 교사들이 '화학 반응과 변환' 영역에서 실제로 가르쳤다고 응답한 주제의 비율이 91%이었다는 점이 이를 뒷받침해 줄 수 있다. 또한, 이 문항은 '녹', '부식' 등의 용어가 나오면 만점으로 채점하였으므로, 일상 생활의 경험을 통해서도 비교적 쉽게 해결할 수 있는 것으로 보인다. 흥미로운 것은 '도금 작업 시간의 단축으로 인하여 예상되는 결과'를 묻는 2)번 소문항에서 우리 나라, 일본, 헝가리, 네덜란드 학생들은 '생산량 증대' 등 긍정적인 결과를 언급한 비율이 30% 이상으로 높은 반면, 호주, 캐나다, 핀란드, 대만에서는 '임금 삭감이나 실업률 증대'와 같은 부정적인 결과를 언급한 학생 비율이 더 높았다. 우리 나라 학생들이 과학과 기술의 긍정적인 효과에 대한 인식은 높으나 부정적인 효과에 대한 인식은 상대적으로 낮다는 것은 환경과 자원 영역에서도 나타났다(한국교육과정평가원, 2000). 따라서, STS 교육을 통하여 과학과 기술의 발전이 가져다주는 긍정적인 면과 부정적인 면을 모두 고려하여 의사 결정을 하도록 지도할 필요가 있다.

한편, 우리 나라 학생들의 정답률과 국제 평균 사이의

차이가 상대적으로 작거나(7% 미만) 우리 나라의 정답률이 오히려 낮은 문항은 총 7개였다. 이 문항들의 특징은 우리 나라 중학교 2학년까지의 교육과정에서 다루지 않은 내용(I10, K14, O15, R05)이거나 국제 평균 자체가 높은 경우(A09: 75%, F06: 67%)가 대부분이다(Table 5). 특히, 중학교 2학년까지 다루어지지 않는 문항들 중 '이온 개념'에 관한 문항 O15와 '화학 반응시 에너지 출입'에 관한 문항 K14에서는 우리 나라 학생들의 정답률이 국제 평균보다 오히려 낮았다.

'I10 금속을 녹슬게 하는 기체' 문항의 결과는 학생들로 하여금 보다 통합적으로 개념을 이해하도록 접근 방식을 개선할 필요성이 있음을 시사한다. 산소의 성질이나 연소 반응에 관한 내용은 초등학교에서부터 다루어지는데, 산화나 부식에 관한 내용은 학생들이 일상 생활에서 경험할 수 있음에도 불구하고 개념의 위계나 어려운 정도를 고려하여 중학교 3학년에 가서 따로 학습하도록 되어 있기 때문이다. 따라서, 산화에 대한 구체적인 내용을 다루지 않더라도, 산소를 처음 도입할 때 이에 관해 어느 정도 언급함으로써 산소의 역할에 대하여 다각적으로 이해할 수 있도록 할 필요가 있다.

'혼합물이 아닌 것'을 고르도록 한 문항 M10의 경우에는 교육과정에서 다루고 있음(부록)에도 불구하고 우리 나라 정답률이 46%로서 국제 평균(40%)과의 차이가 6%에 불과했다. 우리 나라는 초등학교에서부터 물질, 혼합물, 순물질 등의 용어를 구체적으로 정의하지 않은 채 반복적으로 사용하고, 그 예를 제시함으로써 학생들로 하여금 친숙해지도록 하고 있다. 제6차 교육과정의 중학교 1학년과 제7차 교육과정의 중학교 2학년에서는, 끓는점과 녹는점의 측정으로 이를 구분하도록 하고 있다. 따라서 교과서에서 제시한 전형적인 예 이외의 연기, 우유, 그림 물감 등이 혼합물이라고 생각한 학생들이 적었다. 또한, 중학교 교과서에서 '설탕물(혹은 소금물)'은 끓는점이 일정하지 않으므로 혼합물이라고 강조하고 있기 때문에, 학생들이 '설탕'을 '혼합물'로 잘못 알 수도 있다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구에서는 제3차 수학·과학 성취도 국제비교 반복 연구(TIMSS-R) 중 화학 영역에 대한 결과 분석을 실시하였다.

우리 나라 중학생의 화학 성취도는 평균 523점, 국제

순위 9위로서, 국제 평균보다는 높은 점수이나 1, 2위를 차지한 대만과 헝가리에 비해서는 유의미하게 낮은 점수를 나타내었다. 또한, 전체 과학 성취도가 5위를 차지했던 것에 비해 다소 뒤쳐지는 경향이 있었는데, 이는 학생들이 다른 나라에 비하여 상대적으로 다양한 주제를 학습하지 못한 것을 원인으로 들 수 있다. 우리 나라와 같이 통합형 과학 교육과정을 운영하는 국가들보다는 분리형 과학 교육과정을 운영하는 헝가리, 핀란드, 불가리아, 슬로바키아 공화국, 러시아 공화국 등의 화학 성취도가 다른 과학 영역에 비해 상대적으로 우수한 경향이 있었다.

소영역별로 문항의 정답률을 살펴본 결과에서는, 국제 평균은 4영역(물질의 분류, 물질의 구조, 화학 반응성과 변환, 에너지와 화학 변화) 모두 45~50% 정도로 유사했으나, 우리 나라의 경우 '에너지와 화학 변화(44%)'를 제외한 나머지 영역에서 60% 이상의 정답률을 나타내었다. 에너지와 화학 변화 영역에서 상대적으로 정답률이 낮은 것은 수업 시간에 다루지 않은 주제가 많았기 때문이라고 할 수 있다. 우리 나라 학생들이 특별히 잘하거나 상대적으로 못하는 문항들에 대한 학생들의 응답 분석 결과, 학습 경험이 정답률에 가장 큰 영향을 주며, 교과서에서의 개념 제시 방식, 일상 생활의 경험 등에서도 원인을 찾을 수 있었다.

한편, 우리 나라에서는 의도한 교육과정이나 실행된 교육과정에서 다루는 주제가 화학 영역 성취도가 우수한 다른 국가들에 비해 적으며, 화학 반응, 원자의 구조, 화학 반응과 에너지 등 주요 개념의 도입 시기가 상대적으로 늦은 것으로 나타났다. 이러한 경향은 내용이 축소되어 개정된 제7차 교육과정에서는 더욱 심화되었다.

위와 같은 결과를 고려할 때, 우리 나라의 제7차 과학과 교육과정 중 화학 영역에 대한 비판점을 찾을 수 있다. 즉, 축소된 내용 중 불필요하게 반복되거나 학생 수준에 맞지 않는 내용은 없는가 그리고 중요하게 가르쳐야 할 내용 중 빠진 것은 없는가 하는 것이다. 제7차 교육과정의 국민기본공통과정 중 3학년에서부터 6학년까지의 화학 내용에 대해 학생 수준에 비해 학습 내용의 수준이 너무 낮다는 의견이 이미 제기되고 있으며(이대형, 2001), 개념에 대한 학습을 하지 않고 단지 현상을 관찰하는 비슷한 수준의 유사 활동, 예를 들면 가루를 물에 녹이는 활동이 3학년과 5학년에서 반복됨을 지적할 수 있다. 또한, 화학 변화를 상변화, 용해 등의 물리 변화와 구별하기 위해서는 입자 개념이 선행되어야 한다는 선행 연구(Gabel,

1993; Noh & Scharmann, 1997) 결과 등으로 미루어 볼 때, 제7차 교육과정에서 중학교 수준으로 상향 이동된 분자 개념의 도입 시기를 다시 초등학교로 하향 조정하는 것을 고려해 볼 필요가 있다. 제7차 교육과정은 아직 부분적으로 시행되고 있으므로 비판하기에는 성급한 감이 있으나, 차후 현장 교사들의 의견이나 다각적인 교육과정 평가 결과를 반영하여 학습 내용의 수준과 개념 도입 시기를 재고해야 할 것이다.

국 문 요 약

본 연구의 목적은 1999년에 38개국이 참가하여 시행된, 제3차 수학·과학 성취도 국제비교 반복연구(TIMSS-R) 중 화학 영역 성취도를 분석하는 것이다. 우리 나라 중학교 2학년 학생의 화학 성취도를 외국 및 다른 과학 영역과 비교하고, 소영역(물질의 분류, 물질의 구조, 화학반응과 변환, 에너지와 화학 변화)별로 각 문항의 정답율을 분석하였다. 우리 나라 학생들의 화학 점수는 국제 평균보다 높았으나, 다른 과학 영역과 비교하면 그 성취 수준이 상대적으로 낮았다. 특히, 에너지와 화학 변화 영역에서 중학교 2학년까지의 교육과정상 다루지 않는 주제가 많았다. 화학 성취도에 영향을 미치는 주된 요인은 교육과정에 따른 학생들의 학습 경험이었다. 이에 대한 교육학적 함의를 논의하였다.

참 고 문 헌

- 교육부(1992). 중학교 교육과정. 서울: 대한교과서 주식회사.
- 김성숙, 유준희, 서동엽, 이춘식, 임찬빈(1999a). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구 국내 평가 결과 분석 연구. 한국교육과정평가원 연구보고서. 연구보고, RRE-99-7-1.
- 김성숙, 유준희, 서동엽, 이춘식, 임찬빈(1999b). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구 국내 평가 시행보고서. 한국교육과정평가원 연구보고서. 연구보고, RRE-99-7-2.
- 명전옥과 유준희(2000). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R): 한국 중학 2년생들의 지구과학 평가 결과 분석. 교과교육학연구, 4(1), 19-32.

- 유준희, 김성숙, 서동엽, 이춘식, 임찬빈(2000). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구 중 국내 결과에 대한 과학 성취도 분석. 교과교육학연구, 4(1), 51-68.
- 이대형(2001). 제7차 교육과정 중 초등학교 과학과 교육과정의 특징과 문제점. 화학세계, 41(10), 104-106.
- 홍미영, 박정, 김성숙(2001). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 과학 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 21(2), 328-341.
- 홍미영과 전경문(2002). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 중 제6차 교육과정상의 화학 문항에 대한 우리 나라 중학생의 응답 분석. 대한화학학회지, 46(2), 169-176.
- Gabel, D. L.(1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193-194.
- IEA(2000a). *TIMSS 1999 International Science Report*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- IEA(2000b). *TIMSS 1999 Percent of responses by item category for the science items*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Noh, T., & Scharmann, L. C.(1997). The instructional influence of a molecular level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem solving ability, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 199-217.

부 록

TIMSS 일부 문항과 관련된 교과서 내용 분석

학년	교과서 내용		해당문항				
			K17	M10	M13	Q15	Z01
초4	상태 변화	· 물의 상태 변화				○	
	혼합물	· 혼합물의 정의 없이 '혼합물을 분리하는 방법'을 설명		○			
초6	연소	· 연소의 정의 · 실험: 공기의 양에 따라 초가 꺼지는 시간 비교			○		
중1	상태 변화	· 물질의 상태 변화				○	
	혼합물	· 순물질과 혼합물의 구분 · 혼합물의 예: 설탕물		○			
중2	화학 변화	· 물리 변화와 화학 변화의 구분 · 화학 변화의 예: 염소와 나트륨의 반응, 연소, 철이 녹스는 현상 등	○			○	○