

수학 · 과학 성취도 추이변화 국제 비교 연구(TIMSS 2003)에서 우리나라 중학생들의 과학 성취도 분석

정은영* · 박 정 · 김경희

한국교육과정평가원

An Analysis of Korean Middle School Student Science Achievement in Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS 2003)

Jeong, Eun Young* · Park, Chung · Kim, Kyung Hee

Korea Institute of Curriculum and Evaluation

Abstract: In this study, Korean middle school student science achievement results in the "Trends in International Mathematics and Science Study" (TIMSS 2003) were analyzed according to international benchmarks, content area, gender and student attitudes toward science. Overall Korea ranked the third internationally and had a mean score of 558. Korean students achieved top ranking in physics, but fell to the ninth place in chemistry. Unlike their counter parts in similar countries such as Singapore and Chinese Taipei, Korean students did not reach the highest benchmark. Compared to previous assessment, Korean girls showed improved performance; however, significant gender differences still exist in Korea; apparent from the better performance of boys than girls in the study. It is also noteworthy that Korean students were found to have the lowest self-confidence in learning science, a lower valuing science, and less enjoying learning science even though they produced high achievement scores.

Key words: TIMSS, TIMSS 2003, science achievement, international comparison, middle school students

I. 서 론

학교 교육의 성과인 학업성취도를 자국의 수준에서
만 점검하는 것이 아니라 국제적인 수준에서 비교하
고 교육과정과 교육 체제와 관련하여 분석하며 장기
적인 학업성취도의 추이를 살펴볼 수 있다면 교육정
책의 변화와 교육성과와의 관련성을 파악할 수 있는
중요한 정보를 얻을 수 있을 것이다. 이러한 학업성취도
국제 비교 연구의 필요성에 따라 국제교육성취도평가
협회(International Association for the Evaluation of
Educational Achievement: IEA)의 주관 하에 수학과
학 성취도 국제 비교 연구(the Third International
Mathematics and Science Study)가 수행되고 있다.
1990년도에 시작하여 연구의 방향성이 확고해지고 방
법의 타당성이 입증되어 온 이 국제 비교 연구는 1995
년도의 1차 연구, 1999년도의 반복연구에 이어서 2003

년에는 추이 변화 연구가 수행되었다(박정 등, 2003).

수학과 과학 성취도 추이변화 국제 비교 연구(Trends
in International Mathematics and Science Study:
TIMSS 2003)는 국제 수준에서 합의된 교육과정 내
용을 토대로 한 종단적 연구로, 연구 참여국들의 수학과
과학 성취도 및 추이 변화를 비교할 뿐만 아니라,
수학과 과학 성취도의 변화에 영향을 미치는 관련 변
인들과의 관계를 포괄적으로 파악함으로써 각 국의
교육정책 수립과 교육의 질 개선에 도움이 되는 정보
를 제공하는 것을 그 목적으로 하고 있다(Martin *et al.*, 2004).

2001년부터 준비하여 2002년에 예비검사, 2003년
에 본검사를 시행한 TIMSS 2003의 결과가 2004년
12월에 발표되었다. 이제 그 결과를 통하여 각 국의
과학 성취도 및 배경 변인을 국제 비교함으로써 우리
나라 중학생들의 과학 성취도 수준을 파악하고 우리

*교신저자: 정은영(jey@kice.re.kr)

*2005.7.16(접수) 2005.11.14(1심통과) 2005.12.28(2심통과) 2006.1.6(최종통과)

나라 과학 교육에 대한 비판적인 점검을 하여 국제 비교 연구의 의미를 실현해야 할 필요성이 제기된다. 한편 1999년에 시행된 TIMSS-R의 결과에서 우리나라 중학생들의 과학 성취도를 전반적으로 분석한 연구(홍미영 등, 2001)와 내용 영역별로 분석한 연구가 수행되었는데(명전옥, 홍미영, 2002; 유준희, 2001; 전경문, 2003; 홍미영, 2002), TIMSS 2003 결과를 통하여 추이 변화도 함께 살펴볼 수 있게 되었다.

국제 결과 발표 직후에 국내에서 세미나를 개최하여 우리나라 중학생들의 결과를 중심으로 TIMSS 2003의 결과를 발표한 바 있다(박정 등, 2004b). 미국의 경우 National Center for Education Statistics(2004)에서 TIMSS 2003의 주요 결과를 중심으로 자료집을 발간하면서 인종, 빈곤의 정도, 부모가 태어난 국가 등에 따른 학생들의 성취도를 분석하여 제시함으로써 미국 교육의 문제점에 대한 진단을 하였다. 그리고 수학교육 전문가와 과학교육 전문가들이 모여서 국제 비교 연구 결과에 대한 논의를 하면서, 미국의 과학 성취도가 향상된 점, 인종에 따른 성취도 차이가 줄어든 점 등에 대해서는 긍정적인 평가를 한 반면에, 과학 성취도 순위가 높지 않은 것에 대하여 미래의 과학 기술 사회에서 국가 경쟁력에 문제가 될 것으로 여기고 우려한 바 있다(Wheeler & Pratt, 2004).

TIMSS 1999의 결과를 토대로 연구 참여국에서는 자신의 국가와 다른 국가의 결과를 비교하거나(Paik, 2004; Shen, 2005), 배경 변인에 대한 연구(Papanastasiou, 2002), 교육과정 비교 연구(Schmidt et al., 2005) 등을 수행하였다. 국내에서도 TIMSS 1999의 결과를 활용하여 배경 변인에 대한 연구 결과를 발표하였다(박정 등, 2000). TIMSS 2003의 결과에 대해서도 연구 참여국에서는 이러한 연구를 지속적으로 수행하고 있을 것으로 생각된다. 이러한 연구는 국제 비교 연구의 목적에 부합되며 자국의 교육과정과 교육 정책에 시사점을 도출하기 위한 노력이라 할 수 있다.

TIMSS 2003의 결과에 근거하여 배경 변인에 대한 연구, 교육과정 비교 연구 등에 앞서서 우선 TIMSS 2003의 과학 성취도 결과를 우리나라의 결과를 중심으로 살펴봄으로써 전반적인 문제점을 고찰할 필요가 있다고 생각된다. 이 연구에서는 TIMSS 2003 결과에서 우리나라 중학생들의 과학 성취도의 국제적 수준 및 추이 변화를 파악하고, 내용 영역별 성취도 및 남·여학생의 성취도 차이를 분석하며, 과학의 정의적 영역에서 성취를 비교하였다. 이를 통하여 우리나라 과학 교육과정과 교수·학습 방법, 과학 교육 정책 및 질 개선 등에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

II. 연구 방법

TIMSS 2003의 시행에 대해서는 박정 등(2003)의 보고서에 상세한 내용이 수록되어 있는데, 여기에서는 연구 대상, 평가 도구와 설문지를 중심으로 간략하게 그 방법을 소개한다.

1. 연구 대상

TIMSS 2003은 4학년(만 9세)과 8학년(만 13세) 학생을 연구 대상으로 하고 있는데, 우리나라는 8학년 학생 대상의 연구에만 참여하였다. 우리나라에서는 중학교 2학년 과정을 마친 학생들을 대상으로 2003년 2월에 본검사를 시행할 예정이었으나, 2월에 수업을 하지 않는 학교가 있어서 TIMSS 본부와 협의하여 2003년 4월에 3학년 학생들을 대상으로 실시하였다. 본부와 협의 과정에서 중학교 2학년 말과 중학교 3학년 초를 거의 같은 시기로 볼 수 있다고 상정하였고, 그에 따른 성취 향상에 대한 우려는 없었다.

TIMSS 2003 시행을 위한 표집은 캐나다 통계청에서 담당하였다. 캐나다 통계청은 학교 표집 지침서(school sampling manual)를 만들어서 각 국의 연구조정관(National Research Coordinator: NRC)이 각 국의 상황을 고려하여 표집 계획을 세울 수 있도록 협조하였으며, 각 국의 표집 계획과 표집 결과를 점검하였다.

TIMSS 2003에서 사용하는 표집 방법은 TIMSS 1999의 경우와 마찬가지로 3단계 유층화 군집표집으로, 1단계 표집단위는 개별 중학교, 2단계 표집단위는 학교 내의 학급, 3단계 표집단위는 표집된 학급 내의 모든 학생들이다.

TIMSS 2003의 8학년 학생 대상 연구에서는 46개 국가 7,093개 학교 219,608명의 학생이 본검사와 설문 조사에 참여하였다. 우리나라에서는 2,593개 학교의 601,170명의 대상 모집단 중에서 149개 학교 5,478명(남학생 2,883명, 여학생 2,595명)이 참여하였다.

2. TIMSS 2003의 과학 평가 도구

TIMSS 2003의 과학 평가 도구의 내용 영역은 5개 영역-생물, 화학, 물리, 지구과학, 환경-으로 구분되고, 총 189문항(선택형 109문항, 자유반응형 80문항)으로 구성되어 있다. 생물 영역의 문항이 54문항으로 가장 많았고, 그 다음으로 물리 영역의 문항이 많았으며, 환경 영역의 문항이 가장 적었다. 내용 영역별로 선택형 문항과 자유반응형 문항의 비율에 차이가 있는데, 대부분 영역의 경우 선택형 문항의 비율이 높은 편이었다. 특히 지구과학 영역의 경우 그 비율이 가장 높

Table 1
Distribution of Science Items by Content Area, Item Type and Cognitive Domain

Content Area	Numbers of Items (%)	Numbers of Items by Item Type(%)		Numbers of Items by Cognitive Domain(%)		
		Multiple-Choice	Constructed-Response	Factual Knowledge	Conceptual Understanding	Reasoning and Analysis
Life Science	54 (28.6)	29 (53.7)	25 (46.3)	22 (40.7)	20 (37.0)	12 (22.2)
Chemistry	31 (16.4)	20 (64.5)	11 (35.5)	7 (22.6)	16 (51.6)	8 (25.8)
Physics	46 (24.3)	28 (60.9)	18 (39.1)	7 (15.2)	22 (47.8)	17 (37.0)
Earth Science	31 (16.4)	22 (71.0)	9 (29.0)	12 (38.7)	12 (38.7)	7 (22.6)
Environmental Science	27 (14.3)	10 (37.0)	17 (63.0)	9 (33.3)	3 (11.1)	15 (55.6)
Total	189(100.0)	109 (57.7)	80 (42.3)	57 (30.2)	73 (38.6)	59 (31.2)

았다. 한편 환경 영역의 경우 자유반응형 문항의 수가 선택형 문항의 수보다 더 많았다. 또한 TIMSS 2003의 과학 평가 도구에서는 인지 영역으로 ‘사실적 지식’, ‘개념 이해’, ‘추론과 분석’을 설정하고 있는데, 각각에 해당되는 문항 수는 57, 73, 59문항으로, ‘개념 이해’에 해당되는 문항이 가장 많았다. 내용 영역 별로 각 인지 영역에 해당되는 문항의 비율에 차이가 있는데, 물리 영역과 화학 영역의 경우 ‘개념 이해’에 해당되는 문항의 비율이 높았고, 환경 영역의 경우 ‘추론과 분석’에 해당되는 문항이 가장 많았다. TIMSS 2003 과학 평가 도구의 문항 구성은 Table 1과 같다.

3. TIMSS 2003에서 학생들의 정의적 영역에 대한 설문지

TIMSS 2003에서는 학생들이 수학과 과학을 배우는 교육적 상황에 대한 정보를 얻기 위하여 교육과정 전문가, 학생, 수학 교사, 과학 교사, 학교장을 대상으로 설문을 실시하였다. 이 논문에서는 학생들의 정의적 영역에 대한 설문 조사 결과를 분석하였으므로 이에 해당되는 내용만을 소개한다.

학생들의 정의적 성취를 조사하기 위한 문항으로는 과학 학습에 대한 자신감과 관련된 문항 4개(나는 과학을 잘 한다/나는 반 친구들에 비해 과학이 더 어렵게 느껴진다/과학은 내가 잘 하는 과목이 아니다/나는 과학 내용을 빨리 배운다)와 과학에 대한 가치를 질문하는 문항 7개(나는 학교에서 과학 수업을 더 많이 했으면 한다/나는 과학 공부하는 것이 즐겁다/나는 과학을 배우는 것이 일상생활을 하는 데 도움이 된다고 생각한다/나는 다른 과목을 배우는 데 과학이 필요하다고 생각한다/원하는 대학에 들어가기 위해 나는 과학을 잘 해야 할 필요가 있다/나는 과학과 관련된 직업을 갖고 싶다/원하는 직업을 얻기 위해서 나는 과학을 잘 해야 할 필요가 있다)가 포함되었고,

과학 학습을 즐거워하는지를 질문하였다.

4. 본검사 및 설문 조사 실시

본검사 및 설문 조사에는 총 2시간 30분 정도가 소요되었는데, 검사 준비 15분, 검사 실시 90분, 설문 조사 30분, 그리고 휴식 시간 20분이었다.

5. 분석 방법

본검사의 결과는 문항반응이론(IRT) 방법을 사용하여 평균 500, 표준편차 100의 척도로 나타내었다. 그리고 각 내용 영역의 국제 평균은 474점으로 맞추어, 이를 기준으로 국가별로 표준 점수를 부여하였다.

성취수준 설정을 위해서는 75점의 동급간의 고정된 네 개의 점수인 625, 550, 475, 400을 사용하였다. 각 점수는 수월 수준(Advanced International Benchmark), 우수 수준(High International Benchmark), 보통 수준(Intermediate International Benchmark), 기초 수준(Low International Benchmark)의 기준점이다. 2000년 보고서까지는 상위 10%, 상위 25%, 상위 50%, 하위 25% 수준으로 구분하였는데, TIMSS 2003부터 이전의 구분 방식과 점수를 고려하면서 이와 같이 고정된 점수를 사용하여 능력수준을 구분하였고, 이후의 추이변화 결과에서 이 점수를 기준으로 학생 비율을 표기하는 것으로 결정하였다.

학생들의 정의적 성취를 조사하기 위한 각 설문 문항에 대하여 학생들이 ‘매우 그렇다’, ‘그렇다’, ‘그렇지 않다’, ‘전혀 그렇지 않다’의 4점 척도로 응답한 결과를 토대로 척도 평균을 산출하였다. 그리고 그 정도에 따라 학생들을 ‘상’, ‘중’, ‘하’로 구분하여 과학 학습에 대한 자신감 지수(Index of Students' Self-Confidence in Learning Science : SCS)와 과학에 대한 가치 인식 지수(Index of Students' Valuing Science : SVS)를 산출하였다. 지수의 ‘상’은 과학 교

과에 대한 자신감이 강하거나 가치 인식이 높은 것을 의미하고 지수가 낮을수록 자신감이 약하거나 가치 인식이 낮다고 할 수 있다.

III. 결과 및 논의

TIMSS 2003에서 우리나라 중학생들의 과학 성취도의 국제 수준을 파악하고, 성취수준별 성취도, 내용 영역별 성취도, 남·여학생의 성취도, 정·적 영역의 결과 등을 분석하면서, TIMSS 1995와 TIMSS 1999 결과와의 비교를 통하여 그 추이 변화를 살펴본 결과는 다음과 같다. 결과 및 논의는 우리나라를 중심으로 과학 성취도 10위권에 든 국가(싱가포르, 대만, 한국, 홍콩, 에스토니아, 일본, 헝가리, 네덜란드, 미국, 호주)의 결과를 중심으로 서술하였다.

1. 과학 성취도 전체 결과와 추이 변화

TIMSS 2003에서 국제 평균 점수는 474점으로 나타났다는데, 연구에 참여한 46개국 중에서 23개국의 경우 국제 평균보다 유의하게 높은 것으로 나타났고, 18개국의 경우 국제 평균보다 유의하게 낮게 나타났다. 우리나라 중학생의 과학 성취도는 평균 558점으로 싱

가포르, 대만에 이어 3위를 차지하였다(Table 2). 과학 성취도 성적 1위인 싱가포르의 경우 578점, 2위인 대만의 경우 571점으로 우리나라의 과학 성취도보다 유의하게 높게 나타났다. 한편 4위인 홍콩의 경우 556점으로 나타났는데, 우리나라의 경우와 유의한 차이가 있지는 않았다. 그러나 우리나라의 성취도는 5위 이하의 국가들과는 유의한 차이가 있었다.

Table 2
Distribution of Science Achievement in TIMSS 2003

Rank	Countries	Average. Scale Score
1	Singapore	578 (4.3)
2	Chinese Taipei	571 (3.5)
3	Korea, Rep. of	558 (1.6)
4	Hongkong	556 (3.0)
5	Estonia	552 (2.5)
5	Japan	552 (1.7)
7	Hungary	543 (2.8)
8	Netherlands	536 (3.1)
9	United States	527 (3.1)
9	Australia	527 (3.8)
International Avg.		474 (0.6)

() Standard errors

Table 3
Trends in Science Achievement

1995			1999			2003		
Rank	Countries	Avg. Scale Score	Rank	Countries	Avg. Scale Score	Rank	Countries	Avg. Scale Score
1	Singapore	580	1	Chinese Taipei	569	1	Singapore	578
3	Japan	554	2	Singapore	568	2	Chinese Taipei	571
4	Korea, Rep. of	546	3	Hungary	552	3	Korea, Rep. of	558
5	Hungary	537	4	Japan	550	4	Hongkong	556
6	England	533	5	Korea, Rep. of	549	5	Japan	552
7	Belgium	533	6	Netherlands	545	7	Hungary	543
9	Russian Federation	523	9	England	538	8	Netherlands	536
12	United States	513	12	Belgium	535	9	United States	527
16	Hongkong	510	15	Hongkong	530	9	Australia	527
-	Netherlands	541	16	Russian Federation	529	16	Belgium	516
-	Australia	514	18	United States	515	17	Russian Federation	514
	Chinese Taipei	◇	7	Australia	*	-	England	544
International Avg		521	International Avg		524	International Avg		474

- did not satisfy guidelines for sample participation rates

◇ did not participate in TIMSS

* difference of population coverage

TIMSS 1995, TIMSS 1999, TIMSS 2003에서 과학 성취도 결과의 추이 변화를 살펴보면(Table 3), 우리나라의 경우 1995년부터 2003년에 이르기까지 성취도가 높아졌음을 알 수 있다. TIMSS 1995에서는 546점, TIMSS 1999에서는 549점, TIMSS 2003에서는 558점으로 나타났다. TIMSS 2003의 결과는 1995년에 비해서는 12점, 1999년에 비해 9점 증가하였는데, 이러한 차이는 국제 평균보다 유의하게 높았다. 그리고 전체 순위는 TIMSS 2003에서 가장 높게 나타났다. 과학 성적이 우수한 다른 국가들의 성취도 추이 변화를 살펴보면, 홍콩과 미국의 경우 성취도 향상의 폭이 크게 나타난 반면에, 벨기에와 러시아연방의 경우 성취도가 큰 폭으로 낮아졌고, 일본의 경우에는 성취도가 다소 낮아졌음을 알 수 있다.

최근 우리나라 사회에서 제기되는 학력 저하의 우려와는 달리, TIMSS 2003에서는 우리나라 중학생들이 우수한 성취를 나타내었다고 할 수 있다. 그러나 국제 비교 연구에서의 우수한 성취 결과를 평가 내용과 성취수준의 의미에 비추어 파악하여, 국내에서 염려하는 학력 저하의 내용 및 수준과의 관계를 분석함으로써 우리나라 과학 교육의 개선 방향을 모색할 필요가 있다(박정 등, 2004b).

2. 성취수준별 과학 성취도 결과와 추이 변화

TIMSS 2003에서는 내용 지식의 폭과 깊이, 문제 상황, 과학 탐구 기능의 수준, 표와 그래프의 복잡성, 응답 내용의 수준 등에 근거하여, 전체 성취점수를 수월 수준, 우수 수준, 보통 수준, 기초 수준의 네 개의 기준점을 중심으로 구분하였다(Martin *et al.*, 2004).

이와 같이 성취수준을 설정함으로써, 각 성취수준에 해당하는 학생이 무엇을 알고 무엇을 할 수 있는지를 제시하여 교수학습에 도움이 되는 구체적인 정보를 제공하고자 하였다. Table 4는 과학 성취도에서 각 성취수준에 도달한 학생들의 분포를 누적 비율로 제시한 것이다.

TIMSS 2003에서 수월 수준에 속하는 우리나라 학생의 비율이 17%, 우수 수준 57%, 보통 수준 88%, 기초 수준 98%로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 우리나라 중학생의 과반수 이상이 국제 기준의 우수 수준 이상에 속하는 것으로 나타나서 성적이 우수한 편이라고 할 수 있다. 그런데 수월 수준의 학생 비율을 살펴보면 싱가포르나 대만에 비교하여 상대적으로 낮게 나타났다. 싱가포르의 경우 그 비율이 33%로, 1/3 정도가 국제 기준의 수월 수준에 속하는 것으로 나타났다. 대만의 경우 26%로 나타났다. 그리고 두 국가 모두 약 1/3 정도가 국제 기준의 우수 수준에 도달한 것으로 나타났다. 한편 보통 수준 또는 기초 수준에 도달한 학생의 비율은 우리나라의 경우와 비슷하였다. 이러한 결과를 볼 때 우리나라 중학생의 과학 성취도가 싱가포르와 대만보다 낮은 것은 우수 수준에 도달한 학생의 비율이 낮은 데서 기인하였음을 알 수 있다. 우리나라 중학생의 과학 성취도가 높기는 하나, 수월 수준의 학생들이 상대적으로 적게 나타났다는 것은 수월성 교육의 필요성을 강하게 뒷받침한다고 생각한다.

성취수준별 학생 비율의 추이 변화를 살펴보면 (Table 5), 과학 성취도 결과의 추이 변화와 유사한 경향을 찾아볼 수 있다. 과학 성취도가 전체적으로 많

Table 4
Percentages of Students Reaching TIMSS 2003 International Benchmarks of Science Achievement

Countries	Advanced International Benchmark (625)	High International Benchmark (550)	Intermediate International Benchmark (475)	Low International Benchmark (400)
Singapore	33 (1.6)	66 (2.3)	85 (1.7)	95 (0.8)
Chinese Taipei	26 (1.5)	63 (1.9)	88 (1.1)	98 (0.4)
Korea, Rep. of	17 (0.9)	57 (1.1)	88 (0.7)	98 (0.4)
Hongkong	13 (1.2)	58 (1.9)	89 (1.4)	98 (0.7)
Estonia	13 (1.0)	52 (1.6)	88 (1.2)	99 (0.3)
Japan	15 (0.7)	53 (1.1)	86 (0.8)	98 (0.3)
Hungary	14 (1.1)	46 (1.7)	82 (1.1)	97 (0.6)
Netherlands	6 (0.8)	43 (2.4)	85 (1.7)	98 (0.7)
United States	11 (0.8)	41 (1.7)	75 (1.4)	93 (0.8)
Australia	9 (1.1)	40 (2.0)	76 (1.9)	95 (0.8)
International Avg.	6 (0.1)	25 (0.2)	54 (0.2)	78 (0.2)

() Standard errors

Table 5

Trends in Percentages of Students Reaching TIMSS 2003 International Benchmarks of Science Achievement in 1995, 1999, and 2003

Countries	Advanced			High			Intermediate			Low						
	International Benchmark (625)			International Benchmark (550)			International Benchmark (475)			International Benchmark (400)						
	2003	1999	1995	2003	1999	1995	2003	1999	1995	2003	1999	1995				
Singapore	33	29	29	66	60	64	85	84	91	▼	95	95	99	▼		
Chinese Taipei	26	27	◇	63	61	◇	88	86	◇		98	96	▲	◇		
Korea, Rep. of	17	19	17	57	50	▲ 50	▲ 88	81	▲ 81	▲	98	96	▲ 95	▲		
Hongkong	13	7	▲ 7	▲ 58	40	▲ 33	▲ 89	80	▲ 70	▲	98	96	90	▲		
Japan	15	16	18	▼	53	52	54	86	84	85	98	97	97			
Hungary	14	19	▼ 12		46	53	▼ 44	82	83	80	97	96	95			
Netherlands	6	14	▼ 12	▼	43	50	48	85	83	82	98	96	96			
United States	11	12	11		41	37	38	75	67	▲ 68	▲	93	87	▲ 87	▲	
Australia	9	-	10		40	-	36	76	-	69	▲	95	-	89	▲	
International Avg.	7	9	▼ 11	▼	30	30	37	▼	61	58	▲ 69	▼	84	81	▲ 90	▼

- indicates comparable data are not available.
 ◇ did not participate in TIMSS
 ▲ 2003 significantly higher (p<.05)
 ▼ 2003 significantly lower (p<.05)

이 향상된 국가인 홍콩의 경우 각 성취수준에 도달한 학생의 비율도 대부분 유의하게 증가한 반면에, 성취도가 다소 낮아진 네덜란드, 일본, 헝가리의 경우 수월 수준에 도달한 학생의 비율이 유의하게 감소하였다.

우리나라의 경우 수월 수준에 속하는 학생의 비율이 TIMSS 1999에서는 19%였으나 TIMSS 2003에서는 17%로, 통계적으로 유의하지는 않지만 다소 감소하였다. 반면에 다른 성취수준에 도달한 학생의 비율은 유의하게 증가하였다. 우수 수준에 도달한 학생의 비율이 50%에서 57%로 증가한 것은 고무적인 결과라고 할 수 있지만, 우리나라 중학생들 중에서 수월 수준에 속한 학생 집단이 다소 감소한 결과에 대해서는 경각심을 가질 필요가 있다. 국민의 과학적 소양 수준도 높아야 하지만, 사회지도층을 구성할 집단의 과학적 소양 수준이 매우 높아야 하기 때문이다. 과학 기술 문명 시대에 이들의 판단이 국가의 주요 정책이나 의사결정에 영향을 많이 미치며, 그러한 결과가 국력과 국민의 생활에 영향을 크게 줄 것이라는 측면에서 볼 때 과학 성적이 우수한 국가들 중에서 우리나라 학생들의 상위 집단의 비율이 낮은 것은 큰 우려를 불러일으킨다(김찬중, 2004). 따라서 우수한 학생을 양성하기 위한 노력에 박차를 가할 필요가 있다.

3. 내용 영역별 성취도 결과와 추이 변화

TIMSS 2003의 과학 성취도 결과를 내용 영역인

생물, 화학, 물리, 지구과학, 환경 영역별로 제시하면 Table 6과 같다. 각 내용 영역의 국제 평균은 474점으로 맞추어져 있다.

과학 성취도의 순위가 높은 국가들이 각 내용 영역에서도 성취도 순위가 높은 경향이 있으나 모든 내용 영역에 대하여 그 순위가 동일하게 나타나지는 않았다.

생물에서는 전체 성취도 순위와 유사한 경향이 나타났다. 싱가포르가 569점으로 가장 높고 그 다음으로 대만(563점), 우리나라(558점), 홍콩(551점) 순으로 높게 나타났다. 화학 영역의 경우 대만(584점)이 싱가포르(582점)보다 높게 나타났고 우리나라의 경우 529점으로 홍콩, 헝가리, 일본보다 낮게 나타났다. 물리 영역의 경우 우리나라는 싱가포르와 함께 579점으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 대만(569점), 일본(564점), 홍콩(555점) 순으로 높게 나타났다. 지구과학 영역의 경우 에스토니아가 558점으로 가장 높게 나타났고 그 다음으로 홍콩과 싱가포르가 549점으로 높게 나타났으며 대만(548점), 우리나라(540점) 순으로 높게 나타났다. 환경 영역의 경우에도 전체 성취도 성적 순위와 유사한 경향이 나타났는데, 싱가포르가 568점으로 가장 높고 그 다음으로 대만(560점), 홍콩(555점), 우리나라(544점) 순으로 높게 나타났다.

Table 6에서는 국가별로 상대적으로 성취도가 높은 내용 영역과 낮은 내용 영역을 알아볼 수 있다. 우리나라의 경우 물리 영역의 점수가 579점으로 연구에 참

Table 6
Average Achievement in Science Content Areas

Content Areas Countries	Life Science	Chemistry	Physics	Earth Science	Environmental Science
Singapore	569 (1)	582 (2)	579 (1)	549 (2)	568 (1)
Chinese Taipei	563 (2)	584 (1)	569 (3)	548 (4)	560 (2)
Korea, Rep. of	558 (3)	529 (9)	579 (1)	540 (5)	544 (4)
Hongkong	551 (4)	542 (6)	555 (5)	549 (2)	555 (3)
Estonia	547 (6)	552 (4)	544 (6)	558 (1)	540 (5)
Japan	549 (5)	552 (4)	564 (4)	530(11)	537 (7)
Hungary	536 (8)	560 (3)	536 (8)	537 (6)	528(10)
Netherlands	536 (8)	514(13)	538 (7)	534 (7)	539 (6)
United States	537 (7)	513(16)	515(14)	532 (8)	533 (9)
Australia	532(10)	506(17)	521(10)	531(10)	536 (8)

() Rank

여한 국가들 중에서 가장 높게 나타난 반면에 화학 영역의 경우 529점으로 다른 영역에 비하여 낮게 나타났는데, 이는 화학 영역의 성취도가 가장 높은 대만의 경우(584점)보다 무려 55점이나 낮은 점수였다. 한편 싱가포르의 경우 내용 영역별로 점수의 차이가 있고 지구과학 영역의 점수가 다른 영역에 비하여 상대적으로 낮게 나타났지만 모든 내용 영역에서 1위 또는 2위의 성적을 나타냈다. 대만의 경우 화학 영역의 점수가 상대적으로 높고 지구과학 영역의 점수가 상대적으로 낮게 나타났다.

이와 같이 내용 영역별로 성취도의 차이가 생기는 것은 의도한 교육과정이나 교과서에서 강조하는 내용, 교육과정의 실행에서 강조되는 부분, 특정 주제가 도입되는 학년, 실행된 교육과정과 TIMSS에서 측정되는 내용간의 일치도 등과 같은 여러 가지 요인과 관련이 있을 수 있다. 따라서 각 국가의 과학 성취도를 비교할 때 교육과정에 명시된 학습 내용의 차이를 고려할 뿐만 아니라, 교사들이 ‘의도한 교육과정(intended curriculum)’을 해석하고 수정하여 실제로 수업에 적용한 ‘실행된 교육과정(implemented curriculum)’도 고려해야 할 필요가 있다(Martin *et al.*, 2004). 이러한 측면에서 TIMSS에서는 교육과정 설문지를 통하여 과학 평가 도구에 포함된 주제들 중에서 8학년까지 과학 교육과정에 포함된 정도를 조사하고, 교사 설문지를 통하여 그 주제들을 실제로 가르친 정도를 조사하였다. 그 결과를 내용 영역별로 살펴보면(Table 7), 우리나라의 과학 교육과정에서 물리 영역의 주제는 모두 포함되어 있는 반면에, 환경 영역의 주제는 포함되어 있지 않지만, 실제로 가르친 비율은 의도한 교육과정의 경우와 차이가 있었다. 우리나라의 경우

국제 평균에 비교하여 교육과정에서 다루는 주제의 비율이 전반적으로 낮게 나타났는데, 물리 영역의 경우 국제 평균보다 높게 나타나서 우리나라 물리 영역의 성취도가 높게 나타난 원인을 짐작해 볼 수 있게 한다. 한편 우리나라에서는 중학교 과학과 교육과정에서 ‘환경’ 단원이 별도로 설정되어 있지 않음에도 불구하고 환경 영역의 성취도가 상대적으로 낮게 나타나지는 않았다. 이는 다른 내용 영역이나 다른 교과에서 관련된 내용을 부분적으로 다루고 있기 때문으로 보인다. 환경 영역을 제외한 다른 내용 영역들 중에서 화학 영역의 경우 교사가 실제로 가르치는 비율이 44%로 상대적으로 낮게 나타났다. 이로 인하여 우리나라 중학생의 화학 영역의 성취도가 상대적으로 낮게 나타났다고 볼 수 있다.

Table 8은 TIMSS 1999와 TIMSS 2003에 공통적으로 포함된 문항에 대한 평균 정답률의 추이를 나타낸 것이다. TIMSS 1999와 TIMSS 2003에 공통적으로 포함된 문항은 총 74문항으로, 생물 17문항, 화학 14문항, 물리 22문항, 지구과학 12문항, 환경 9문항이 이에 해당된다.

국제 평균을 살펴보면 TIMSS 2003에서는 TIMSS 1999보다 유의하게 증가한 것으로 나타났으나, 우리나라의 경우 정답률이 1% 감소한 것으로 나타났다. 국제 평균에서는 생물과 지구과학 영역의 정답률이 유의하게 증가하였으나, 우리나라의 경우 화학 영역에서는 61%에서 54%로 유의한 감소가 나타났고 나머지 4개의 내용 영역에서는 TIMSS 1999와 TIMSS 2003의 결과에 유의한 차이가 나타나지는 않았다.

TIMSS 2003의 결과에서 우리나라 중학생들의 화학 영역 성취도가 다른 내용 영역에 비하여 낮게 나타났

Table 7

Percentage of TIMSS Science Topics intended to be taught up to 8th Grade(Intended Curriculum) and Percentage of Students taught the TIMSS Science Topics(Implemented Curriculum)

Countries	Overall (44 topics)		Life Science (12 topics)		Chemistry (8 topics)		Physics (10 topics)		Earth Science (11 topics)		Environmental Science (3 topics)	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Singapore	77	58	58	67	88	75	90	77	73	17	100	48
Chinese Taipei	70	78	100	-	88	90	70	68	45	-	0	-
Korea, Rep. of	52	54	58	49	38	44	100	68	27	64	0	23
Hongkong	64	53	67	63	25	59	60	70	82	21	100	51
Estonia	100	73	100	61	100	84	100	54	100	95	100	-
Japan	73	52	58	39	88	80	80	68	82	46	33	1
Hungary	91	84	100	83	100	97	90	81	91	71	33	-
Netherlands	73	58	92	73	75	33	70	52	45	59	100	-
United States	95	79	100	86	75	73	100	70	100	86	100	69
Australia	55	52	58	51	50	58	60	50	55	53	33	37
International Avg.	71	67	73	70	70	70	75	66	66	61	69	49

a : Intended Curriculum, b : Implemented Curriculum
 - indicates comparable data are not available.

고, 추이 변화 결과에서 화학 영역의 성취도가 유의하게 감소한 것은, 우리나라 학생들이 다른 나라의 학생들에 비하여 화학 영역에서 상대적으로 다양한 주제를 학습하지 못하는 것에서 그 원인을 찾아볼 수 있다. TIMSS 2003 과학 평가 도구에 포함된 화학 영역의 주제들 중에서 물질의 입자 구조, 산과 염기, 화학 변화, 산화 반응 등의 주제는 8학년까지의 과학 교육과정에서 명시되어 있지 않고, 과학 교사 대상의 설문 결

과에서도 실제로 가르쳤다는 응답률이 40% 이하로 나타났다(Martin *et al.*, 2004). 이러한 경향은 TIMSS 1999의 결과에서도 나타났는데(전경문, 2003), 추이 변화 결과에서 화학 영역의 성취도가 유의하게 감소했다는 것은 제7차 과학과 교육과정의 화학 영역의 내용 체계에 대한 숙고의 필요성을 시사한다. 우리나라 과학 교육과정에 제시된 학습 내용과 양, 개념 도입 시기 등이 과연 적절한지에 대한 심도 있는 논의가 필요

Table 8

Trends in Average Percent Correct in Science Content Areas

Countries	Overall (74 items)		Life Science (17 items)		Chemistry (14 items)		Physics (22 items)		Earth Science (12 items)		Environmental Science (9 items)						
	2003	1999	2003	1999	2003	1999	2003	1999	2003	1999	2003	1999					
	Singapore	67	67	65	66	70	65	▲	68	69	65	63	68	73	▼		
Chinese Taipei	66	67	62	64	71	72		62	64	69	71	70	69				
Korea, Rep. of	63	64	64	62	54	61	▼	68	67	67	67	58	58				
Hongkong	61	59	61	59	▲	57	56	61	62	64	65	62	55	▲			
Japan	61	63	▼	61	63	▼	59	61	65	68	▼	62	66	▼	54	50	▲
Hungary	62	63	61	61	66	67	62	63	66	70	▼	52	53				
Netherlands	61	61	66	63	53	53	65	64	62	61	58	59					
United States	58	57	63	61	55	55	57	54	▲	60	58	▲	55	54			
Australia	57	-	61	-	53	-	59	-	57	-	56	-					
International Avg.	52	52	▲	52	52	▲	52	52	53	52	55	54	▲	47	47		

- indicates comparable data are not available.
 ▲ 2003 significantly higher than 1999 (p<.05)
 ▼ 2003 significantly lower than 1999 (p<.05)

하고, 이에 근거하여 교육과정 내용 체계의 개선이 이루어져야 할 것이다.

4. 남·여학생의 성취도 결과와 추이 변화

TIMSS 2003 결과의 성별에 따른 과학 성취도를 살펴보면(Table 9), 국제 평균에서 남학생의 평균 척도 점수가 477점으로 여학생의 경우(471점)보다 6점이 높았고 이는 통계적으로 유의한 차이인 것으로 나타났다. 연구에 참여한 46개국 중에서 28개국의 경우 남학생의 성취도가 여학생의 성취도보다 유의하게 높았다. 우리나라의 경우 남학생의 성취도(564점)가 여학생의 경우(552점)보다 유의하게 높게 나타났고, 그 차이가 12점이었다. 과학 성취도 1위인 싱가포르와 2위인 대만의 경우 남·여학생의 과학 성취도 차이가 각각 3점, 1점으로 나타났는데, 이 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 9에는 TIMSS 2003에서 성별에 따른 과학 성취도 결과뿐만 아니라, 여학생과 남학생의 과학 성취도 추이 변화가 TIMSS 2003 결과와의 차이로 제시되어 있다. 1995년, 1999년, 그리고 2003년에 걸친 여학생과 남학생의 과학 성취도 차이를 살펴보면, 우리나라 남·여학생의 과학 성취도 차이가 각각 28, 21, 12점으로 점점 감소하는 추세에 있다. 우리나라 여학생의 과학 성취도는 1995년에 비하여 22점, 1999년에 비

하여 14점 향상되었고, 남학생의 경우는 1995년에 비하여 6점, 1999년에 비하여 5점 상승하여 여학생의 과학 성취도는 1999년에서 2003년에 이르는 동안 상당한 향상을 보이고 있다. 따라서 남학생과 여학생의 점수 차이가 크게 줄어들고 있는 것은 여학생의 성취가 증가하기 때문이라고 할 수 있다. 우리나라 남·여학생의 과학 성취도 차이가 감소하기는 하였으나, 그 차이가 여전히 크게 나타난 결과를 볼 때, 여학생의 과학 성취도를 향상시키기 위한 방안을 모색하고 실천에 옮기는 노력이 지속적으로 필요하다고 할 수 있다.

내용 영역별 남·여학생의 성취도를 비교해 보면, 전체 결과에서 남학생의 과학 성취도가 여학생의 경우보다 높게 나타난 것과 일관되게 남학생의 성취도가 높게 나타난 내용 영역이 많았다. Table 10에서 국제 평균을 살펴보면 5개 내용 영역 중에서 지구과학, 물리, 환경 영역의 경우 남학생의 성취도가 여학생의 성취도보다 유의하게 높았고, 생물 영역의 경우에만 여학생의 성취도가 유의하게 높았으며, 화학 영역에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 특히 지구과학 영역과 물리 영역에서 남·여학생의 차이가 각각 16점, 12점으로 크게 나타났다. 이전의 TIMSS 연구에서도 지구과학과 물리 영역에서 남학생의 성취도가 높게 나타나고 생물 영역에서는 여학생과 남학생의 성취도가 유사하게 나타나는 경향을 찾아볼 수 있다.

Table 9
Trends in Average Science Achievement by Gender

Countries	Girls		Boys			Gender Difference			
	2003 Avg. Scale Score	1999 to 2003 Difference	1995 to 2003 Difference	2003 Avg. Scale Score	1999 to 2003 Difference	1995 to 2003 Difference	1995	1999	2003
Singapore	576(4.0)	19(8.8) ▲	3(7.8)	579(5.0)	1(10.9)	-8(8.6)	-14	-21	-3
Chinese Taipei	571(3.8)	10(5.5)	◇	572(3.8)	-6(6.6)	◇	◇	-17	-1
Korea, Rep. of	552(2.1)	14(4.4) ▲	22(3.2) ▲	564(1.9)	5(4.0)	6(3.4)	-28	-21	-12
Hongkong	552(3.4)	29(5.7) ▲	60(7.4) ▲	561(3.8)	24(6.2) ▲	36(7.4) ▲	-33	-14	-9
Japan	548(3.0)	5(4.0)	3(3.5)	557(2.7)	0(4.1)	-7(3.6) ▼	-19	-14	-9
Hungary	530(3.4)	-10(5.5)	5(4.8)	556(3.0)	-10(5.4)	7(4.7)	-24	-26	-26
Netherlands	528(3.3)	-8(8.0)	0(6.5)	543(3.8)	-11(8.2)	-11(8.3)	-26	-18	-15
United States	519(3.2)	14(5.8) ▲	14(6.3) ▲	536(3.4)	11(6.3)	16(6.9) ▲	-15	-20	-16
Australia	517(4.6)	--	10(6.0)	537(4.6)	--	18(7.1) ▲	-12	--	-20
International Avg.	471(0.7)	7(1.2) ▲	3(1.3) ▲	477(0.7)	0(1.2)	-5(1.4) ▼	-17	-16	-6

() Standard errors

-- indicates comparable data are not available.

◇ did not participate in TIMSS

▲ 2003 significantly higher (p<.05)

▼ 2003 significantly lower (p<.05)

Table 10
Average Achievement in Science Content Areas by Gender

Content Areas	Life Science		Chemistry		Physics		Earth Science		Environmental Science	
	girls	boys	girls	boys	girls	boys	girls	boys	girls	boys
Singapore	571	566	584	581	578	579	542	556	▲ 566	569
Chinese Taipei	563	562	589	▲ 579	568	571	542	554	▲ 561	558
Korea, Rep. of	555	562	▲ 527	531	575	582	▲ 527	552	▲ 538	548
Hongkong	550	552	541	543	549	561	▲ 539	558	▲ 554	557
Japan	547	551	549	555	560	568	524	536	▲ 533	540
Hungary	531	542	▲ 551	569	▲ 522	551	▲ 520	555	▲ 515	541
Netherlands	534	539	510	519	▲ 529	548	▲ 523	545	▲ 529	548
United States	534	540	▲ 506	519	▲ 509	523	▲ 519	546	▲ 527	539
Australia	527	538	498	515	▲ 510	532	▲ 516	547	▲ 528	543
International Avg.	476	▲ 473	474	474	468	480	▲ 466	482	▲ 472	476

▲ significantly higher than other gender (p<.05)

우리나라의 경우 화학 영역을 제외하고 4개의 내용 영역에서 남학생의 성취도가 여학생의 성취도보다 유의하게 높게 나타났다. 특히 지구과학 영역의 경우 점수 차이가 25점으로 남·여학생의 국제 평균 성취도 차이인 16점보다 크게 나타났다. 한편 국제 평균에서는 생물 영역의 경우 여학생의 성취도가 더 높게 나타났으나 우리나라에서는 남학생의 성취도가 더 높게 나타났다. 이는 여학생들이 생물 영역의 학습에 흥미가 있고 강세를 보인다는 기존의 연구 결과(심규철 등, 2001; Bell, 2001; Lee & Burkam, 1996; Maitra & Kumari, 1996; Taber, 1991)와 일관되지 않은 결과라고 할 수 있다.

5. 정의적 영역의 결과

TIMSS 2003에서 학생들이 과학에 대한 자신의 능

력을 어떻게 인식하고 있는지를 탐색하기 위하여 과학 학습에 대한 자신감 지수(SCS)를 산출하였다. Table 11에는 과학을 단일 과목으로 가르치는 국가들 중에서 과학 성취도 10위권에 속하는 국가의 자료가 제시되어 있다. 에스토니아, 헝가리, 네덜란드의 경우 과학의 내용 영역별로 교과를 분리하여 가르치고 있어서 Table 11에 결과를 제시하지 않았는데, 이 국가들의 경우 SCS 지수가 ‘상’인 학생들의 비율이 국제 평균과 비슷하거나 다소 높게 나타났다.

우리나라 학생들의 과학 학습에 대한 자신감은 국제 수준에 비해 매우 낮고 연구 참여국들 중에서 가장 낮게 나타났다. 우리나라뿐만 아니라 홍콩, 대만, 일본 등 동양권 국가들의 경우 SCS 지수가 ‘상’인 학생들의 비율이 국제 평균에 비해 매우 낮은 편이었다. 다만 싱가포르의 경우 국제 평균보다는 낮았지만 그

Table 11
Index of Students' Self-Confidence in Learning Science(SCS) and Science Achievement

Countries	High		Medium		Low	
	percent of students	average achievement	percent of students	average achievement	percent of students	average achievement
Singapore	45 (0.8)	601 (4.4)	37 (0.6)	562 (4.9)	18 (0.6)	553 (5.0)
Chinese Taipei	28 (1.0)	616 (3.3)	38 (0.7)	560 (4.3)	34 (1.1)	548 (3.3)
Korea, Rep. of	20 (0.7)	612 (2.2)	42 (0.7)	556 (2.0)	38 (0.9)	533 (2.1)
Hongkong	32 (1.1)	582 (3.3)	47 (0.8)	546 (3.6)	21 (1.0)	540 (2.9)
Japan	20 (0.9)	595 (2.7)	46 (0.8)	551 (1.8)	34 (1.0)	529 (2.3)
United States	56 (0.9)	548 (3.4)	31 (0.7)	507 (3.4)	13 (0.6)	495 (3.4)
Australia	49 (1.4)	550 (4.0)	34 (1.1)	513 (3.6)	17 (0.9)	499 (4.8)
International Avg.	48 (0.2)	490 (0.8)	38 (0.2)	445 (0.9)	13 (0.1)	430 (1.2)

() Standard errors

Table 12
Index of Students' Valuing Science(SVS) and Science Achievement

Countries	High		Medium		Low	
	percent of students	average achievement	percent of students	average achievement	percent of students	average achievement
Singapore	62 (1.0)	599 (3.9)	33 (0.9)	551 (4.6)	6 (0.4)	505 (7.3)
Chinese Taipei	26 (1.0)	600 (4.5)	49 (0.8)	571 (3.6)	25 (1.0)	544 (3.8)
Korea, Rep. of	19 (0.7)	600 (2.1)	55 (0.7)	559 (1.8)	26 (0.8)	529 (2.6)
Hongkong	40 (0.9)	574 (3.1)	51 (0.8)	549 (3.3)	9 (0.5)	523 (4.9)
Japan	17 (0.8)	586 (3.3)	56 (0.8)	555 (1.8)	27 (1.0)	526 (2.8)
United States	47 (0.8)	543 (3.6)	37 (0.6)	520 (3.2)	16 (0.6)	503 (3.8)
Australia	36 (1.2)	551 (3.7)	37 (1.0)	522 (4.1)	27 (1.0)	506 (5.0)
International Avg.	57 (0.2)	497 (0.8)	31 (0.2)	450 (1.0)	12 (0.1)	463 (1.6)

() Standard errors

차이가 크지 않았다. 반면에 미국과 호주의 경우 이 비율이 국제 평균보다 높았다.

TIMSS 1999에서는 과학에 대한 자아개념(self-concept in sciences: SCS) 지수를 산출했는데, 이와 관련된 문항(과학이 어렵지 않다면 과학을 훨씬 더 좋아할 것 같다/ 열심히 공부해도 반 친구들을 따라가지 못한다/ 모든 과목을 다 잘 할 수는 없으므로 내 경우에는 단지 과학에 재능이 없을 뿐이다/ 과학에 약하다)이 TIMSS 2003의 설문 문항과 동일하지는 않지만, 그 내용이 유사하다고 할 수 있다. TIMSS 1999의 결과에서도 동양권 국가의 경우 이 지수의 '상'에 해당되는 학생의 비율이 낮게 나타났다(박정 등, 2004a; Martin *et al.*, 2000). 우리나라의 경우 이 지수의 '상', '중', '하'에 해당되는 학생의 비율이 12%, 20%, 8%로 나타났는데, TIMSS 2003의 결과(20%, 42%, 38%)와 비교해 볼 때 '하'에 해당하는 학생의 비율이 4년 전보다 훨씬 높아졌음을 알 수 있다. 한편 미국, 호주, 홍콩 등의 경우에는 큰 차이가 나타나지 않았고, 싱가포르의 경우 '상'에 해당되는 학생의 비율이 증가하였다.

Table 11을 보면 과학 학습에 대한 자신감이 높은 학생들이 상대적으로 많은 국가의 성취도가 반드시 높게 나타나지는 않았다. 오히려 자신감이 낮은 동양권 국가의 성취도가 높게 나타났다. 우리나라를 포함한 동양권 국가들에서는 SCS 지수가 '상'인 학생들의 비율은 낮았지만 이 학생들의 성취도는 국제 평균에 비해 매우 높게 나타났다. 한편 한 국가 내에서 SCS와 과학 성취도를 비교해 보면 SCS가 높을수록 성취도가 높은 경향이 나타나서, 과학 학습에 대한 자신감과 과학 성취도와의 정적인 관련성이 있음을 알 수 있다.

동양권 국가의 학생들이 과학 학습에 대한 자신감

이 낮게 나타나는 현상은 겸양을 미덕으로 생각하는 정서가 반영되었기 때문으로 볼 수도 있다. 그러나 우리나라의 경우 SCS 지수의 '상'에 해당되는 학생의 비율이 연구 참여국들 중에서 가장 낮고 TIMSS 1999에 비하여 과학 학습에 대한 자신감이 부족한 학생들이 많아진 결과를 고려해 볼 때, 학생들이 과학 학습의 다양한 기회를 통하여 성취감을 느낄 수 있도록 하기 위한 방안을 모색할 필요성이 제기된다.

TIMSS 2003에서 과학에 대한 가치 인식 지수(SVS)를 산출하여 비교한 결과를 살펴보면(Table 12), 과학 학습에 대한 자신감 지수(SCS)의 결과와 마찬가지로 미국과 호주의 경우 SVS 지수의 '상'에 해당되는 학생의 비율이 높았고, 동양권 국가에서는 그 비율이 낮았다. 우리나라의 경우 그 비율이 19%로, 일본 다음으로 낮게 나타났다. 그런데 싱가포르의 경우 그 비율이 62%로 가장 높게 나타나서 다른 동양권 국가들과 차이를 보였다.

TIMSS 1999에서는 학생들의 과학에 대한 유용성과 선호도 인식을 조사하기 위하여 6개의 문항(과학을 좋아한다/ 과학 공부하는 것을 즐긴다/ 과학이 지루하다/ 과학은 쉬운 과목이다/ 과학은 모든 사람의 생활에 중요하다/ 과학과 관련된 직업을 원한다)을 질문하고, 그 결과에 기초하여 과학에 대한 긍정적 태도(Positive Attitudes Towards the Sciences: PATS) 지수를 산출하였다. 이 결과에서 우리나라의 경우 PATS 지수의 '상'에 해당되는 비율이 일본과 함께 10%로 가장 낮게 나타났다(박정 등, 2004a; Martin *et al.*, 2000).

이상의 결과를 볼 때 우리나라 중학생들이 인식하는 과학의 유용성 및 선호도는 4년 이전이나 현재나 다른 국가들에 비해 매우 낮다고 할 수 있다. 한편 과학 학습에 대한 자신감 지수의 비교 결과와 마찬가지로

Table 13
Trends in "I Enjoy Learning Science"

Countries	Agree A Lot			Agree A Little			Disagree					
	2003 percent of students	1999 percent of students	1995 percent of students	2003 percent of students	1999 percent of students	1995 percent of students	2003 percent of students	1999 percent of students	1995 percent of students			
Singapore	42	33	▲ 31	▲	41	54	▼ 59	▼	17	13	▲ 10	▲
Chinese Taipei	16	18	◇	◇	34	53	▼	◇	49	29	▲	◇
Korea, Rep. of	9	5	▲ 6	▲	29	28	34	▼	62	67	▼ 60	60
Hongkong	21	17	▲ 15	▲	48	56	▼ 53	▼	31	27	▲ 32	32
Japan	19	8	▲ 8	▲	40	42	45	▼	41	49	▼ 47	▼
United States	35	25	▲ 24	▲	37	50	▼ 50	▼	27	25	27	27
Australia	29	-	16	▲	38	-	50	▼	33	-	35	35
International Avg.	44	32	▲ 23	▲	33	47	▼ 49	▼	23	21	▲ 28	▼

- indicates comparable data are not available.

◇ did not participate in TIMSS

▲ 2003 significantly higher ($p < .05$)

▼ 2003 significantly lower ($p < .05$)

로, 과학에 대한 가치 인식 지수가 높은 학생들의 과학 성취도가 높게 나타나는 경향이 있었다.

과학에 대한 가치 인식의 추이 변화를 살펴보기 위하여 1995, 1999, 2003년에 공통적으로 질문한 '나는 과학 공부하는 것이 즐겁다'는 설문 문항에 대하여 동의하는 정도의 변화를 분석하였다. 그 결과(Table 13), 국제 평균에서는 77%의 학생들이 과학 학습이 '매우 즐겁거나 즐겁다'라고 응답한 반면에, 우리나라 경우는 38% 학생들만이 과학 학습이 즐겁다고 응답하였고, 특히 '매우 그렇다'라고 강하게 동의한 학생의 비율은 9%로 연구 참여국들 중에서 가장 낮았다. 그 비율의 추이 변화를 살펴보면 국제 평균에서는 강하게 동의한 학생들의 비율이 유의미하게 증가한 반면에, 약하게 동의한 학생들의 비율은 유의미하게 감소하였다. 우리나라의 경우 강하게 동의한 학생의 비율이 유의미하게 증가하기는 하였으나, 약하게 동의한 학생의 비율이 1995년에 비해 5% 감소하여, 전체적으로는 과학 학습의 즐거움에 대한 인식에 큰 변화가 없다고 할 수 있다.

우리나라 중학생들의 과학에 대한 태도가 매우 낮게 나타난 결과의 원인을 여러 측면에서 찾아볼 수 있는데, TIMSS 결과에 국한하여 살펴본다면 하나의 원인으로 과학 수업 활동을 들 수 있다. TIMSS 연구에서는 학생 대상 설문에서 교사의 시범 실험, 학생의 실험이나 연구 활동 수행 등의 빈도를 조사하였는데, 우리나라의 경우 1995, 1999, 2003 모두 그 빈도가 과학 성적이 우수한 다른 나라들에 비하여 낮게 나타났다. 반면에 싱가포르의 경우 국제 평균보다 높게 나

타났다(박정 등, 2004a). 과학에 대한 태도가 비교적 긍정적인 것으로 나타난 미국의 경우 과학 수업 시간 동안 실험 활동의 빈도가 상대적으로 높게 나타난 점(Martin *et al.*, 2004), 그리고 학생들이 과학을 좋아 하는 주된 이유로 실험을 든다는 연구 결과(이미경, 정은영, 2004; 한국과학교육단체총연합회, 2002) 등에 비추어 볼 때, 우리나라 과학 수업에서 실험 활동을 보다 적극적으로 도입할 필요성이 제기된다. 한편 TIMSS 2003의 설문 결과를 살펴보면 '과학 수업 중에 과학에서 배운 내용을 일상생활과 연관시키는 활동을 어느 정도 하고 있는가'라는 질문에 대하여 거의 매시간 또는 두 시간에 한번 이상 활동한다고 응답한 학생의 비율이 36%로, 일본의 경우(27%)보다는 다소 높았으나 국제 평균(57%)보다 낮았고, 홍콩(61%)이나 싱가포르(58%)와의 차이가 큰 편이었다(Martin *et al.*, 2004). 따라서 과학 교사가 과학 학습 내용을 일상생활과 관련지어서 지도하기 위하여 더욱 많은 노력을 기울임으로써 학생들의 과학에 대한 흥미와 자신감을 북돋을 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 결론 및 제언

TIMSS 2003에서 우리나라 과학 성취도는 3위를 차지하여 TIMSS 1999에서 5위였던 것보다 더 우수한 결과를 얻었다. 그러나 그 결과에 대하여 흠족해하기 보다는 우리나라 중학생의 과학 성취도에 대해서 짚고 넘어가야 할 문제들을 간과하지 않아야 할 것이다.

무엇보다도 수월 수준에 해당되는 학생의 비율이 과학 성취도 1위, 2위인 싱가포르, 대만에 비하여 낮다는 점을 주목해야 한다. 이러한 결과는 수월성 교육 면에서 이 국가들에 뒤지고 있음을 시사한다고 볼 수 있다. 성취수준별 과학 성취도 결과를 살펴보면, 우리나라 중학생의 과반수 이상이 우수 수준에 도달하는 것으로 나타나서 성적이 우수한 편이라고 할 수 있으나, 싱가포르나 대만과 비교할 때 수월 수준의 학생 비율은 상대적으로 낮았다. 그리고 TIMSS 1999와 비교하여 2003의 수월 수준 학생 비율은 통계적으로 유의하지는 않지만 다소 감소하였고, 우수 수준에 도달한 학생의 비율은 유의하게 증가하였다. 오늘날 과학 교육의 목적으로 ‘과학적 소양(scientific literacy)’의 함양을 강조한다는 점을 고려할 때 전체 학생들의 전반적인 과학 성취도가 다른 나라들에 비하여 높게 나타난 것은 높이 평가할만하다. 그런데 과학 성취도가 월등하게 우수한 학생들이 미래의 과학 기술 사회에서 훌륭한 과학 기술인으로서 주도적인 역할을 할 것이라는 측면에서 본다면, 수월 수준에 해당되는 학생들이 과학 성취도가 우수한 다른 국가들에 비하여 상대적으로 적다는 것은 앞으로의 국가 경쟁력 증진에 걸림돌로 작용할 것으로 우려된다. 그러므로 전반적인 과학 성취도 향상을 위한 노력뿐만 아니라 과학 성취도가 우수한 학생들이 보다 많아지고 그 학생들의 과학 성취도가 더욱 증진되도록 과학 교육 정책이 마련되어야 하고 차별화된 교수학습 방법과 자료의 개발 및 적용이 필요하다고 생각된다.

둘째, 내용 영역별 성취도 결과의 비교를 통하여 우리나라 과학 교육과정에서의 시사점을 찾아낼 필요가 있다. TIMSS 2003에서 우리나라 중학생들은 물리 영역에서 연구 참여국 가운데 가장 높은 점수를 받았지만, 화학 영역의 성취도 순위는 9위로 나타났다. 내용 영역별 과학 성취도 결과의 추이 변화에서도 화학 영역의 성취도가 유의하게 감소하였다. TIMSS 연구에서는 여러 국가들의 과학 교육과정과 수업 프로그램의 중요한 측면을 포괄하여 평가틀을 개발하고 그에 따라 평가 문항을 개발하는데, 평가 문항이 각국의 과학 교육과정과 반드시 일치하지는 않는다. 우리나라 학생들의 화학 영역 성취도가 상대적으로 낮게 나타난 것은 TIMSS 2003 과학 평가도구의 화학 영역의 주제들 중에서 우리나라 제7차 중학교 과학과 교육과정에서 다루지 않는 주제가 다른 내용 영역의 경우에 비해 많았기 때문이라고 할 수 있다. 이와 같이 학생들이 학습하지 않은 내용에 대해서 성취도가 낮게 나타나는 것은 당연한 결과라고 할 수 있다. 그

렇다고 해서 과학 교육과정에 많은 내용을 모두 담고 학생들에게 많은 내용을 모두 가르칠 수는 없다. 다른 국가의 과학 교육과정에 제시된 내용 체계를 비교하면서 어떤 내용을 추가하거나 강조할 것인지에 대한 논의와 함께 학생들의 인지 발달과 학습 내용의 위계를 고려하여 언제 어떻게 어떤 과학 내용을 가르칠 것인지에 대한 심도 있는 논의가 필요하다고 본다. 차기 교육과정 개정의 목소리가 높아지고 있고 이에 대한 연구가 수행되고 있는 상황에서 이러한 논의의 중요성은 더욱 강조되어야 할 것이다.

셋째, 우리나라 남·여학생의 과학 성취도 차이가 감소하는 추세에 있기는 하지만 여전히 그 차이가 비교적 큰 편이라는 점도 간과해서는 안 될 것이다. 성별에 따른 과학 성취도 결과에서, 우리나라 남학생의 성취도가 여학생의 경우보다 유의하게 높았다. 그리고 내용 영역별 남·여학생의 성취도를 비교하면, 국제 평균에서는 지구과학, 물리, 환경 영역의 경우 남학생의 성취도가 유의하게 높았으나 생물 영역의 경우 여학생의 성취도가 유의하게 높았다. 그런데 우리나라에서는 화학 영역을 제외한 4개의 내용 영역에서 남학생의 성취도가 유의하게 높게 나타났다. 국제 비교 연구 결과에서 우리나라 남·여학생의 과학 성취도 차이가 상대적으로 크게 나타나면서 그 원인 진단과 대책을 위한 여러 연구가 수행되었다. TIMSS 1999의 국내 연구 결과 분석(김성숙 등, 1999; 박정 등, 2000), TIMSS 1999에서 문항 유형, 성취수준, 내용 영역별 성 차이 분석(이미경 등, 2004), TIMSS 2003의 생물 영역 성취도 분석(정은영, 2005) 등을 통하여 여학생들은 수업 시간에 직접적으로 다루지 않는 내용의 문항에서 비교적 낮은 성취도를 나타내는 경향이 있음을 밝혔다. 그리고 여학생 친화적 과학활동 프로그램이 개발되어 현장에 보급되고 있으며(진영석, 신영준, 2004), 남·여학생의 학력 차이에 대한 세미나가 개최되기도 하였다(이화여자대학교, 한국교육과정평가원, 2004). 앞으로도 우리나라 남·여학생의 과학 성취도 차이의 원인에 대한 심층적인 분석과 대책 제안 및 현장 교육에의 적용을 통하여 여학생들이 과학에 관심과 흥미를 갖고 자기 주도적으로 과학 학습을 하도록 안내해야 할 것이다. 한편 교수학습 방법과 자료의 개발 및 보급에 그치지 않고, 교사 연수와 교과 모임 등을 통하여 여학생의 과학 학습 동기를 부여하고 흥미와 관심을 이끌어내기 위한 다양하고 실제적인 방법을 교사들이 공유함으로써 그 효과를 극대화할 수 있다고 본다. 또한 남·여학생의 성취도 차이가 적게 나타난 싱가포르와 대만 등의 국가들을 벤치마킹

할 필요도 있다고 생각된다.

넷째, 우리나라 학생들이 과학에 대한 긍정적인 태도를 갖도록 하기 위하여 지속적인 노력이 필요하다. TIMSS 2003 결과에서 우리나라 학생들의 과학 학습에 대한 자신감, 과학에 대한 가치 인식, 과학 학습의 즐거움 등 정의적 영역의 성취가 국제 수준에 비해 매우 낮게 나타났고 이러한 경향은 TIMSS 1999 결과에서도 나타났다. 과학에 대한 태도는 과학 성취도와 양적인 상관관계가 있고(안계원, 정영란, 1996; 이경훈, 1998), 정의적 영역에 대한 성취 그 자체도 학교교육의 중요한 목표이다. 따라서 학생들이 과학 교과에 대하여 흥미와 자신감을 가지고 학습하고 과학을 공부하는 것이 중요하다는 인식을 할 수 있도록 하기 위한 방안을 모색할 필요가 있다. 그 방안으로 과학 수업에 실험 활동을 보다 적극적으로 도입하고 일상생활과 관련지어 과학 내용을 지도하기 위한 노력을 더욱 기울일 것을 제안한다.

한편 TIMSS에서는 수학과 과학 성취도 평가뿐만 아니라 교육과정 전문가, 학교, 교사, 학생 대상의 설문 조사도 실시하였으므로, 그 결과를 활용함으로써 성취도와 그 추이 변화의 국제 비교뿐만 아니라 배경 변인에 대한 연구를 수행할 수 있다. TIMSS 결과에 근거하여 여러 연구 참여국의 과학 교육과정 내용이 나 교수·학습 방법 또는 교사 변인 비교, 과학 성취도에 영향을 미치는 배경 변인 분석 등의 연구를 후속 연구로 제안한다.

국문 요약

이 연구는 수학과 과학 성취도 추이변화 국제 비교 연구(TIMSS 2003)에서 우리나라 중학생들의 과학 성취도의 국제적 수준 및 추이 변화를 파악하고, 내용 영역별 성취도 및 남녀학생의 성취도 차이를 분석하며, 과학의 정의적 영역에서 성취를 비교함으로써 우리나라 과학 교육 개선에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

우리나라 중학생의 과학 성취도는 558점으로, 싱가포르, 대만에 이어 3위를 차지하였다. 그리고 TIMSS 1995, TIMSS 1999, TIMSS 2003에 이르면 과학 성취도 점수가 높아졌고 전체 순위도 높아졌다. 우리나라 중학생들은 물리 영역에서 연구 참여국 가운데 가장 높은 점수를 받았지만, 화학 영역의 성취도 순위는 9위로 나타났고, 추이 변화 결과에서 화학 영역의 성취도가 유의하게 감소하였다. 한편 수월 수준의 학생 비율이 싱가포르나 대만에 비교할 때 상대적으로 낮았고, 우리나라 남녀학생의 과학 성취도 차이가 점

점 줄어드는 추세에 있기는 하나, 여전히 그 차이가 비교적 큰 편이었다. 또한 과학 학습에 대한 자신감, 과학에 대한 가치 인식, 과학 학습의 즐거움 등 정의적 영역에서의 성취가 매우 낮은 편이었다. 이러한 결과에 근거하여 수월성 교육, 과학 교육과정 내용 체계에 대한 논의, 여학생의 과학 성취도 향상 방안, 과학에 대한 태도 향상 방안 등의 필요성이 제기된다.

참고 문헌

- 김성숙, 유준희, 서동엽, 이춘식, 임찬빈 (1999). 제3차 수학과 과학 성취도 국제 비교 반복 연구 국내 평가 결과 분석 연구. 한국교육과정 평가원.
- 김찬중 (2004). 국제 과학 성취도 연구의 전망과 과제. 학업성취도 국제비교연구 성과와 과제-2003 TIMSS와 OECD/PISA 결과를 중심으로, (pp.150-168). 한국교육과정평가원.
- 명전옥, 홍미영 (2002). 제3차 수학과 과학 성취도 국제 비교 반복 연구의 지구과학 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 22(3), 649-638.
- 박정, 정은영, 김경희, 한경혜 (2004a). 교사, 수업, 그리고 학생성취. 한국교육과정평가원.
- 박정, 한경혜, 정은영, 김경희 (2004b). TIMSS 2003 결과 분석 및 논의. 학업성취도 국제비교연구 성과와 과제-2003 TIMSS와 OECD/PISA 결과를 중심으로, (pp.1-68). 한국교육과정평가원.
- 박정, 홍미영, 김성숙 (2000). 제3차 수학과 과학 성취도 국제 비교 반복 연구 국내 평가 결과 분석 연구II. 한국교육과정평가원.
- 박정, 홍미영, 이봉주, 전현정 (2003). 수학과 과학 성취도 추이변화 국제비교 연구(TIMSS-2003)-본검사 시행 보고서. 한국교육과정평가원.
- 심규철, 소금현, 김현섭, 장남기 (2001). 중학교 과학 영재의 과학에 대한 흥미 연구 1-영재와 일반 학생의 비교 연구-. 한국과학교육학회지, 21(1), 122-134.
- 유준희 (2001). 제3차 수학과 과학 학업 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 결과 중 물리 영역 성취도 분석을 통한 교육과정 개선 연구 과제의 추출. 한국과학교육학회지, 21(4), 757-772.
- 안계원, 정영란 (1996). 중학생의 과학에 관련된 태도, 과학성적, 과학 탐구능력, 과학교사의 과학에 대한 태도의 상관관계. 한국과학교육학회지, 16(4), 410-416.
- 이경훈 (1998). 고등학생의 과학에 관련된 태도와 과학 성취도와의 관계. 한국과학교육학회지, 18(3), 415-425.
- 이미경, 정은영 (2004). 학교 과학 교육에서 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 요인 조사. 한국과학교육학회지, 24(5), 946-958.
- 이미경, 홍미영, 정은영 (2004). TIMSS-R 과학 성취도에서의 성 차이. 한국과학교육학회지, 24(6), 1235-1244.

이화여자대학교, 한국교육과정평가원 (2004). 남·여 학생의 학력 차이, 무엇이 문제인가?

전경문 (2003). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 중 화학 영역 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 23(3), 299-307.

전영석, 신영준 (2003). 여학생 친화적 과학활동 프로그램의 운영과 평가. 한국과학교육학회지, 24(3), 442-458.

정은영 (2005). TIMSS 2003에서 우리나라 중학생들의 생물 영역 성취도 분석. 한국생물교육학회지, 33(3), 277-290.

한국과학교육단체총연합회 (2002). 초·중등학생의 과학선호도 증진 정책 연구. 국가과학기술자문회의.

홍미영 (2002). 우리나라 중학생들의 과학적 탐구 및 과학의 본성 영역에서의 국제 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 22(2), 336-344.

홍미영, 박정, 김성숙 (2001). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 과학 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 21(2), 328-341.

Bell, J. F. (2001). Investigating Gender Differences in the Science Performance of 16-Year-Old Pupils in the UK. International Journal of Science Education, 23(5), 469-486.

Gonzales, P., Guzman, J. C., Partelow, L., Pahlke, E., Jocelyn, L., Kastberg, D., & Williams, T. (2004). Highlights from the Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2003. National Center for Educational Statistics.

Lee, V. E., & Burkam, D. T. (1996). Gender Differences in Middle Grade Science Achievement: Subject Domain, Ability Level, and Course Emphasis. Science Education, 80(6), 613-650.

Maitra, K., & Kumari, H. (1996). Gender Differences in the Perceptions of Choice of Subjects Pertaining to Science. Gifted Education International, 11(2), 86-90.

Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J.,

Gregory, K. D., Smith, T. A., Kelly, D. L., Chrostowski, S. J., Garden, R. A., & O'Connor, K. M. (2000). TIMSS International Science Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade. Boston: Boston College, Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy.

Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., & Chrostowski, S. J. (2004). TIMSS 2003 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eight Grades. Boston: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.

Paik, S. J. (2004). Korean and US Families, Schools, and Learning. International Journal of Educational Research, 41(1), 71-90.

Papanastasiou, C. (2002). School, Teaching and Family Influence on Student Attitudes toward Science, Based on TIMSS Data for Cyprus. Studies in Educational Evaluation, 28(1), 71-86.

Schmidt, W. H., Wang, H. C., & McKnight, C. C. (2005). Curriculum Coherence: An Examination of US Mathematics and Science Content Standards from an International Perspective. Journal of Curriculum Studies, 37(5), 525-559.

Shen, C. (2005). How American Middle Schools Differ From Schools of Five Asian Countries: Based on Cross-National Data from TIMSS 1999. Educational Research and Evaluation, 11(2), 179-199.

Taber, K. S. (1991). Gender Differences in Science Preferences on Starting Secondary School. Research in Science and Technological Education, 9(2), 245-252.

Wheeler, G., & Pratt, H. (2005). What is working-What needs to be done. The Journal of BSCS : The Natural Selection, Winter 2005, 14-15.