

TIMSS 2003 지구과학 영역 문항 및 성취도 분석

곽영순* · 정은영

한국교육과정평가원, 110-230 서울 종로구 삼청동 25-1

An analysis of Earth Science Items and Achievement in TIMSS 2003

Youngsun Kwak* and Eun Young Jeong

Korea Institute of Curriculum and Evaluation, Seoul 110-230, Korea

Abstract: This study examined students' achievement of Earth science in the Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) that was conducted with 46 participating countries in 2003) and analyzed average percent-correct items for Earth science were analyzed in terms of subcategory, item type and cognitive domain. In addition, items showing a gender difference and a big difference in the test scores of Korean and international students were analyzed. Korean students performed higher than the international average, especially in the astronomy-related topic and in the cognitive domain of 'reasoning and analysis'. In an analysis of the five items that Korean students scored lower than the international average, Korean students performed not so well in demonstrating what they understood with drawings and writings. Korean female students showed a difficulty more than male students did in multiple-choice items that asked recalling of factual knowledge and demonstrated lack of confidence in the items that they have not learned yet. Based on the result, content organization of Earth science curriculum and ways to improve teaching and learning methods were recommended.

Keywords: TIMSS 2003, Earth science achievement, international comparison, gender difference, curriculum revision

요약: 본 연구에서는 2003년도에 46개국에 참여한 TIMSS 2003 연구에서 지구과학 영역의 성취도를 주제별, 문항 유형별, 인지영역별로 분석하였다. 또한 문항 수준에서 국제평균과의 정답률 차이가 큰 문항과 남녀 정답률 차이가 큰 문항을 분석하였다. 우리나라 학생들은 모든 유형별로 국제평균보다 유의하게 높은 정답률을 나타내었고, 인지 영역별로는 우리나라 중학생들은 지구과학 영역에서 천문학 관련 주제 및 추론과 분석 영역에서 강세를 나타내었다. 우리나라의 정답률이 국제평균 정답률보다 낮게 나타난 5개 문항을 분석한 결과, 우리나라 중학생은 이해하고 있는 내용을 그림이나 도식으로 표현하는 데 미숙함을 알 수 있었다. 우리나라 여학생들은 사실적 지식을 묻는 선택형 문항에서 남학생들보다 정확한 정보를 회상해 내는 데 어려움을 겪고 있으며, 학습하지 않은 내용에 대하여 어려워하는 경향이 남학생보다 크다는 것을 추정할 수 있다. 연구 결과를 토대로 우리나라 교육과정의 지구과학 내용 구성과 교수학습 방법 개선에 대한 제언을 제시하였다.

주요어: TIMSS 2003, 지구과학 성취도, 국제비교, 성차, 교육과정 개정

도 입

학교 교육의 성과인 학업성취도를 국제적인 수준에서 비교함으로써 우리나라 학생들의 강점과 약점을 파악하고 우리나라 교육의 문제점을 진단하는 데 시사점

을 얻을 수 있다. 학업성취도 국제비교연구의 필요성에 따라 국제교육성취도평가협회(International Association for the Evaluation of Educational Achievement: IEA)에서는 1959년부터 이러한 연구를 수행해 오고 있으며 2003년에는 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교연구(Trends in International Mathematics and Science Study: 이하 TIMSS 2003)를 시행하였다. 이 연구는 국제 수준에서 합의된 교육과정 내용을 토대로 한 종단적 연구로, 연구 참여국들의 수학과 과학 성취도를 파

*Corresponding author: kwak@kice.re.kr

Tel: 82-2-3704-3577

Fax: 82-2-3704-3570

악하고 그 변화 과정을 살펴 각국의 교육현장과 정책에 도움이 되는 정보를 제공하는 것을 그 목적으로 하고 있다(Martin et al., 2004). TIMSS 2003의 결과는 2004년 12월에 IEA에서 발표되었고 국내에서도 발표되었다(박정 외, 2004).

TIMSS 2003에서 우리나라 중학생의 과학 성취도는 평균 558점으로 연구에 참여한 46개국들 중에서 싱가포르, 대만에 이어 3위를 차지하였다. 그리고 TIMSS 1995와 1999에 비해 성취도 점수가 높아졌고 순위도 높아졌다. 이와 같이 전체적으로 보면 우수한 결과를 나타냈지만, 내용 영역별(생물, 물리, 화학, 지구과학, 환경) 성취도 결과나 남·여학생의 성취도를 비교해 보면 몇 가지 문제점을 찾아볼 수 있다.

남·여학생의 성취도를 비교해보면 국제 평균에서는 과학 성취도 전체 결과에서 남학생의 성취도가 여학생의 성취도보다 유의하게 높게 나타났다. 그리고 5개 내용 영역 중에서 지구과학, 물리, 환경 영역의 경우 남학생의 성취도가 여학생의 성취도보다 유의하게 높게 나타난 반면에, 생물 영역에서는 여학생의 성취도가 유의하게 높았다. 그런데 우리나라의 경우 화학 영역을 제외하고 4개의 내용 영역에서 남학생의 성취도가 여학생의 성취도보다 유의하게 높게 나타났다(홍미영 외, 2006). 정은영(2005)은 우리나라 여학생들이 생물 영역에서 남학생들보다 낮은 성취도를 나타낸 원인을 학습하지 않은 내용에 대하여 상대적으로 낮은 성취도를 나타내는 경향이 남학생보다 여학생이 더 크다는 점에서 찾고 있다.

이와 같이 TIMSS 2003 국제 결과 보고서에는 내용 영역별 성취도 결과와 남·여학생의 성취도 비교 결과 등을 제시하고 있는데, 각 내용 영역별 상세 분석 및 문항에 대한 상세한 정보를 제공하지는 않고 있다. 한편 국내에서 TIMSS 2003의 공개 문항에 대한 분석 자료집을 작성한 바 있으나(박정 외, 2004), 공개된 문항에 대한 분석 결과에만 국한되어 있다. 따라서 각 내용 영역별로 보다 상세하게 국제 결과

를 분석할 필요가 있다.

이 연구는 TIMSS 2003의 과학성취도 국제비교 결과 중 우리나라 중학생들의 지구과학 영역 성취도를 분석한 것이다. 즉, 우리나라 중학생들의 지구과학 영역 성취도를 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별로 살펴보고, 우리나라 학생들의 정답률과 국제평균 정답률의 차이가 큰 문항과 남·여학생의 정답률 차이가 큰 문항을 분석하였다. 이를 토대로 우리나라 지구과학 교육과정과 교수학습에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

연구방법 및 절차

TIMSS 2003은 4학년(만 9세)과 8학년(만 13세) 학생을 대상으로 시행되었는데 우리나라는 8학년 학생들만 참여하였다. 우리나라에서는 2003년 4월 중학교 3학년을 대상으로 본검사를 실시하였으며, 최종적으로 자료가 정상 처리된 학생은 유층군집 표집 방법에 의해 표집된 전국 149개 중학교의 5,478명이었다.

TIMSS 2003의 과학영역 문항은 생물, 화학, 물리, 지구과학, 환경 등 5개 영역으로 구분되며, 총 189문항(선택형 109문항, 자유반응형 80문항)으로 구성되었다. 이 중 지구과학 영역은 3개의 소주제로 구분되고, 총 29개의 문항(선택형 22문항, 자유반응형 7문항)으로 전체 문항의 16%에 해당된다. 또한 TIMSS 2003 과학문항은 인지영역별로 (1)사실적 지식, (2)개념 이해, (3)추론과 분석으로 구분하고 있다. TIMSS 2003 지구과학 영역의 소주제 및 문항 정보는 Table 1과 같다.

TIMSS 본부에서 발행한 문항별 정답률 분석 자료를 토대로 지구과학 영역 29문항에 대한 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별 평균 정답률을 산출하였다. 나아가 지구과학 영역의 각 문항별로 우리나라 학생들의 정답률과 국제평균 정답률 차이를 살펴보고, 남·여학생의 정답률 차이를 산출하였다.

Table 1. Distribution of earth science items by subcategory, item type and cognitive domain

Subcategory	Numbers of Items	Number of Items by Item type		Number of Items by Cognitive Domain		
		Multiple-Choice	Constructed-Response	Factual Knowledge	Conceptual Understanding	Reasoning and Analysis
Earth's structure and physical features	7	5	2	4	1	2
Earth processes, cycles and history	11	9	2	3	5	3
Earth in the solar system and universe	11	8	3	4	6	1
Total	29	22	7	11	12	6

연구결과 및 논의

TIMSS 2003에서 지구과학 영역 성취도의 국제 비교, 우리나라 중학생의 지구과학 영역의 성취도 결과 및 문항 수준의 분석 결과를 차례로 논의하면 다음과 같다.

지구과학 영역 성취도의 국제 비교

TIMSS 2003에서 전체 과학영역 성취도 및 지구과학 영역 성취도 분석 결과는 Table 2와 같다.

과학영역별로 우리나라 학생들의 성취도를 살펴보면, 우리나라 학생들은 물리 영역에서 가장 높은 점수를 기록하였으며, 상대적으로 화학과 지구과학 영역에서 최상위권인 싱가포르, 타이완, 홍콩, 에스토니아 등에 비해 낮은 점수를 기록하였다(Table 3 참조).

Table 2. Average achievement in earth science

Rank	Countries	Avg. Scale Scores of Earth Science	Avg. Scale Scores of Science (Rank)
1	Estonia	558	552(5)
2	Singapore	549	578(1)
2	Hongkong	549	556(4)
4	Chinese Taipei	548	571(2)
5	Korea, Rep. of	540	558(3)
6	Hungary	537	543(7)
7	Netherlands	534	536(8)
8	United States	532	527(9)
9	Sweden	532	524(11)
10	Australia	531	527(9)
11	Japan	530	552(5)
	International Average	474	474

과학영역 전체로 볼 때, 우리나라 학생들은 46개 참가국 중 3위를 차지했지만, 지구과학 영역에서는 5위를 차지하여, 과학 전체 성취도 순위에 비하여 낮게 나타났다.

주제별, 문항 유형별, 인지 영역별 정답률

TIMSS 2003 지구과학 문항들을 주제별, 문항유형별, 인지영역별로 구분하여 정답률을 살펴보면 다음과 같다.

지구과학 영역에서 우리나라 학생의 평균 정답률은 57.4%로 국제평균 정답률인 46.0%보다 높게 나타났다. 주제의 종류, 문항 유형, 인지 영역 등에 관계없이 우리나라의 정답률이 국제평균보다 높게 나타났다.

주제별 평균 정답률을 살펴보면, 국내와 국제 모두 천문분야(태양계와 우주 속의 지구)의 정답률이 가장 높고, 이어서 지구의 운동, 순환과 역사, 지구의 구조와 물리적 특징 등의 순으로 정답률이 높게 나타났다. 지구과학 영역의 세 주제 모두에서 우리나라의 정답률이 국제평균보다 높게 나타났는데, ‘태양계와 우주 속의 지구’에서는 그 차이가 통계적으로 유의하지 않았다.

주제별 남녀 성차를 살펴보면, 국제 수준에서는 천문 분야에서 남녀 정답률 차이가 큰 반면에, 우리나라 중학생들은 지구의 구조와 물리적 특징 및 천문 분야에서 여학생들의 정답률이 남학생들의 정답률보다 더 낮게 나타났다. 이는 문항의 특성과도 관련이 있을 수 있는데, ‘문항 분석’에서 보다 자세하게 논의하겠다. 남·여학생의 주제별 정답률을 비교해보면 세 주제 모

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

	Earth Science	Life Science	Chemistry	Physics	Environmental science
Average Scale Score	540	558	529	579	544
Rank	5	3	9	1	4

Table 4. Average percent correct by main topic

Main topics	Korean					International					Korea-Int'l				
	Tot	F	M	F-M	p	Tot	F	M	F-M	p	Tot	p	F	M	p
Earth's structure and physical features	49.8	45.4	54.0	-8.6	<.001**	37.5	36.2	38.8	-2.6	.023*	12.3	.010*	9.3	15.2	.010*
Earth processes, cycles and history	59.3	57.0	61.3	-4.3	.063	46.8	45.6	48.1	-2.5	.017*	12.4	<.001**	11.4	13.3	.303
Earth in the solar system and universe	62.3	57.9	66.3	-8.4	<.001**	52.7	50.3	55.2	-4.9	<.001**	9.5	.085	7.7	11.1	.004**
Total	57.4	53.8	60.8	-7.0	<.001**	46.0	44.3	47.6	-3.3	<.001**	11.4	<.001**	9.5	13.1	<.001**

* $p < .05$ ** $p < .01$.

Table 5. Average percent correct by item type

Item type	Korean					International					Korea-Int'l	
	Tot	F	M	F-M	p	Tot	F	M	F-M	p	Tot	p
Multiple-Choice	60.1	56.7	63.3	-6.6	<.001**	49.6	47.8	51.4	-3.6	<.001**	10.5	.002**
Constructed-Response	52.0	48.0	55.8	-7.8	.002**	38.7	37.3	40.1	-2.9	.027*	13.3	<.001**

* $p < .05$ ** $p < .01$.

Table 6. Average percent correct by cognitive domain

Cognitive domain	Korean					International					Korea-Int'l	
	Tot	F	M	F-M	p	Tot	F	M	F-M	p	Tot	p
Factual Knowledge	57.9	53.5	62.0	-8.5	.001**	49.8	47.9	51.7	-3.8	.006**	8.0	.131
Conceptual Understanding	56.0	52.4	59.4	-7.0	.001**	43.3	41.9	44.8	-2.9	.005**	12.7	<.001**
Reasoning and Analysis	59.4	57.2	61.4	-4.2	.131	44.6	42.9	46.3	-3.4	.011*	14.8	.013*

* $p < .05$ ** $p < .01$.

두에서 남학생의 정답률이 높게 나타났는데, 우리나라의 경우 국제평균보다 그 차이가 상대적으로 더 크게 나타났다. 그런데 '지구의 운동'과 '순환과 역사'에서는 그 차이가 통계적으로 유의하지 않았다.

문항 유형별 정답률을 살펴보면, 우리나라와 국제 평균 모두 선택형 문항의 정답률이 자유반응형 문항의 정답률보다 높게 나타났고, 우리나라의 경우 두 가지 문항 유형 모두에서 국제평균보다 유의하게 높은 정답률을 나타냈다($p < .01$). 문항 유형에 관계없이 남학생의 정답률이 유의하게 높게 나타났는데, 우리나라의 경우 국제평균보다 그 차이가 더 크게 나타났다. 한편 국제평균의 경우 자유반응형 문항에서는 남녀학생의 정답률 차이가 상대적으로 작았다.

인지 영역별 결과를 살펴보면, 국제평균에서는 사실적 지식, 추론과 분석, 개념 이해 등의 순으로 정답률이 높게 나타난 반면에, 우리나라 중학생들은 지구과학 영역에서 추론과 분석, 사실적 지식, 개념 이해 등의 순으로 높은 정답률을 기록하였다. 세 가지의 인지 영역 모두에서 우리나라의 정답률이 국제평균보다 높게 나타났는데, 사실적 지식에서는 그 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 모든 인지 영역에서 남학생의 정답률이 여학생보다 더 높게 나타났다. 우리나라의 경우 국제평균보다 남녀 차이가 더 크게 나타났는데, 추론과 분석에서는 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다. 이는 추론과 분석 영역에서는 우리나라 여학생이 남학생과의 차이가 비교적 작게 나타남을 의미한다. 이러한 결과가 나타난 원인은 문항의 특성과 관련지어 '문항 분석'에서 자세하게 논의하겠다.

문항 분석

TIMSS 2003 지구과학 문항들의 정답률을 분석한 결과는 Table 7과 같다. 국제평균 정답률과 우리나라 학생들의 평균 정답률을 비교해 보면, 문항별로 우리나라 학생들이 국제평균보다 약 11.4% 정도 높은 정답률을 기록하였다.

지구과학 영역의 총 29개 문항 중 1) 우리나라의 정답률이 국제평균 정답률보다 낮게 나타난 문항, 2) 우리나라와 국제평균 정답률과의 차이가 큰 문항, 3) 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 10% 이상 높게 나타난 문항을 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 우리나라의 정답률이 국제평균 정답률보다 낮게 나타난 문항

지구과학 영역에서 우리나라가 5위의 성취도 순위를 기록한 결과와 일관되게, 우리나라의 정답률이 국제평균 정답률보다 낮게 나타난 문항은 5개 문항(S032150, S032651B, S032660, S032019B, S032663)에 불과하였다. 이 문항들에 대한 학생들의 반응 결과를 분석하면 다음과 같다.

S032150 문항은 태양이 어느 범주에 속하는지를 고르도록 한 선택형 문항인데, 우리나라 학생들은 국제평균보다 31.7% 더 낮은 정답률을 기록하여, 국제평균과 비교하여 가장 정답률 차이가 큰 문항으로 드러났다. 사실적 지식을 묻는 문항인데, 우리나라 학생들 대부분이 정답인 항성 대신에 행성(46.7%)이라고 답한 것으로 나타났다. 항성이라는 한자식 표현에 익숙하지 않았거나, 태양도 별이라는 사실적 지식을 미처 기억해내지 못한 것으로 추정된다.

Table 7. Difference between Korean and International Average in TIMSS 2003 Earth Science Items (% Correct)

Main topics	No. of Item	Items	Item Cognitive Type* Domain**	Average percent Correct (%)												
				Korea			International average			Korea-Intl						
				Tot	F	M	F-M	Tot	F	M	F-M	Tot	F-M	Tot		
Earth's structure and physical features (7)	S012030	Stone in underground caves	A	a	78.5	76.0	80.7	-4.7	45.4	46.2	-0.8	45.8	45.4	46.2	-0.8	32.7
	S012006	Changes in river shape/speed	A	c	60.6	56.0	64.9	-8.9	50.2	53.4	-3.2	51.8	50.2	53.4	-3.2	8.8
	S022275	Abundance of gases in atmosphere	A	a	36.4	33.1	39.6	-6.5	27.7	29.4	-3.4	27.7	26.0	29.4	-3.4	8.7
	S032660	Location of fresh water on Earth	A	a	22.6	21.8	23.3	-1.5	32.7	32.9	-0.5	32.7	32.4	32.9	-0.5	-10.1
	S032651A	Topographic map of Tiger Island/identify X	B	c	60.8	57.7	63.4	-5.7	37.9	41.1	-6.5	37.9	34.6	41.1	-6.5	22.9
	S032651B	Topographic map of Tiger Island/river path	B	c	19.8	19.0	20.5	-1.5	20.5	21.7	-2.4	20.5	19.3	21.7	-2.4	-0.7
	S032650	Two changes in atmospheric conditions	B	b	55.2	49.5	60.8	-11.3	38.3	38.4	-0.3	38.3	39.1	38.4	-0.3	16.9
	S032115	Percentage of fresh water on earth	A	a	54.0	42.2	65.0	-22.8	44.0	48.3	-8.8	44.0	48.3	-8.8	10.0	
	S012027	Time/temperature table	A	c	87.2	91.5	83.1	8.4	72.6	72.5	0.3	72.6	72.5	0.3	14.6	
	S022074	Fossil fuels	A	a	55.9	49.5	61.8	-12.3	51.5	54.0	-5.0	51.5	49.0	54.0	-5.0	4.4
Earth processes, cycles and history (11)	S012013	True statement of mountain age	A	b	42.4	45.5	39.4	6.1	29.6	31.9	-4.5	29.6	27.4	31.9	-4.5	12.8
	S012018	Substance NOT a fossil fuel	A	a	71.0	66.4	75.3	-8.9	60.9	62.3	-1.4	61.6	60.9	62.3	-1.4	9.4
	S012041	Rock at bottom of lake/ocean	A	a	85.2	84.5	85.9	-1.4	53.7	55.1	-2.7	53.7	55.1	52.4	2.7	31.5
	S032656	Pacific Ring of Fire	A	b	62.4	59.6	65.1	-5.5	47.8	50.1	-4.6	47.8	45.5	50.1	-4.6	14.6
	S022294	Energy for Earth's water cycle	A	a	71.4	63.7	78.8	-15.1	65.1	68.9	-7.6	65.1	61.3	68.9	-7.6	6.3
	S032652	Map of the world with lines of latitude	A	c	64.5	61.9	66.9	-5.0	47.7	48.3	-1.3	47.7	47.0	48.3	-1.3	16.8
	S032060	Order of steps in the water cycle	B	b	77.8	74.5	80.9	-6.4	61.6	62.5	-1.8	61.6	60.7	62.5	-1.8	16.2
	S032654	Location of jungle on temperature/elevation diagram	A	c	53.6	47.7	59.0	-11.3	46.1	49.2	-6.1	46.1	43.1	49.2	-6.1	7.5
	S032019A	Causes of weathering/ physical	B	b	32.9	32.4	33.3	-0.9	16.7	16.7	-0.1	16.7	16.6	16.7	-0.1	16.2
	S032019B	Causes of weathering/ chemical	B	b	6.7	7.0	6.4	0.6	7.9	8.0	-0.2	7.9	7.8	8.0	-0.2	-1.2
Earth in the solar system and universe (11)	S022283	Appearance of Jupiter and Moon	B	b	83.3	78.7	87.6	-8.9	64.8	66.4	-3.3	64.8	63.1	66.4	-3.3	18.5
	S022290	Earth year	A	a	65.9	60.1	71.4	-11.3	54.9	59.1	-8.4	54.9	50.7	59.1	-8.4	11
	S022078	Light from sun and moon	B	b	65.5	60.1	70.6	-10.5	48.6	51.1	-5.0	48.6	46.1	51.1	-5.0	16.9
	S032663	Seasons caused by tilt of Earth's axis	A	b	40.2	37.2	42.9	-5.7	41.4	41.9	-0.9	41.4	41.0	41.9	-0.9	-1.2
	S032151	Major causes of tides	A	a	47.3	43.8	50.3	-6.5	41.0	44.9	-7.7	41.0	37.2	44.9	-7.7	6.3
	S032150	Sun is an example of a star	A	a	28.7	21.9	35.1	-13.2	60.4	63.2	-5.7	60.4	57.5	63.2	-5.7	-31.7
	S032301	The surface temperatures of Venus and Mercury	A	c	69.6	66.8	72.2	-5.4	35.9	38.2	-4.6	35.9	33.6	38.2	-4.6	33.7
	S032437	Why the moon changes shape	A	b	57.5	53.0	61.7	-8.7	49.8	51.7	-3.6	49.8	48.1	51.7	-3.6	7.7
	S032160	Difference between planets and moons	A	a	77.3	78.6	76.2	2.4	59.6	59.2	0.8	59.6	60.0	59.2	0.8	17.7
	S032532	Position of the moon during solar eclipse	B	b	59.4	50.3	68.5	-18.2	53.1	59.0	-11.6	53.1	47.4	59.0	-11.6	6.3
S032714	Direction dropped ball will fall	A	b	90.1	86.9	93.2	-6.3	70.5	72.5	-4.0	70.5	68.5	72.5	-4.0	19.6	
	Total***			57.4	53.8	60.8	-7.0	46.0	47.6	-3.3	46.0	44.3	47.6	-3.3	11.4	

*A: Multiple-Choice Item, B: constructed-Response Item
 **a: Factual Knowledge, b: Conceptual Understanding, c: Reasoning and Analysis

S032651B 문항은 어느 섬의 지형도를 주고 강물이 주어진 두 지점에서 흘러 갈 강물의 방향과 경로를 표시하게 한 자유반응형의 추론과 분석을 요구하는 문항으로 우리나라 학생들은 국제평균보다 0.7% 낮은 정답률을 기록하였다. 이 문항은 연계된 문항으로 바로 앞 문항은 특정 지점(주변보다 높은 봉우리) X를 주고 이 지점이 어떤 지형적 특성이 있는지를 질문한 것인데, 이 문항의 정답률은 국제평균보다 22.9%나 높게 나타났다. 따라서 S032651B 문항의 경우 우리나라 학생들은 강물의 방향과 경로를 도식화하여 그리도록 한 자유반응형 문항에 익숙하지 않아서 국제평균보다 정답률이 낮게 나타난 것으로 추정된다. 즉, 개념은 이해하고 있으면서도 자신이 알고 있는 것을 그림이나 도식으로 표현해내는 능력이 다소 부족한 것으로 보인다.

S032660 문항은 지구상에 대부분의 담수(민물)가 있는 장소를 고르는 선택형의 사실적 지식을 묻는 문항으로 우리나라 학생은 국제평균보다 10.1% 더 낮은 정답률을 나타내었다. 대부분의 학생들이 극지방의 빙하라는 정답 대신에 강이나 해양이라고 답하여 잘못 알고 있음을 짐작할 수 있었다.

S032019B 문항은 암석의 화학적 풍화의 사례를 적도록 요구한 자유반응형의 개념 이해를 묻는 문항으로 우리나라 학생들은 국제평균보다 1.2% 낮은 정답률을 기록하였으며, 많은 학생들이 답을 적지 못했다(63%). 반면에 암석의 물리적 풍화 사례를 적도록 한 S032019A 문항의 경우 우리나라 학생들의 정답률이 국제평균보다 16.2% 더 높게 나타났다. 이는 우리나라 교육과정에서는 중학교1학년 3단원에서 풍화를 다루지만, 물리적 풍화와 화학적 풍화로 구분하기보다는 유수, 지하수, 바람, 빙하, 해수의 작용과 관련지어 '물리적 풍화' 위주로 지도한다. 따라서 일부 학생들의 경우 물리적, 화학적 풍화라는 용어 자체가 낯설었을 것으로 생각된다.

S032663 문항은 태양 둘레를 공전하는 지구의 궤도를 그림으로 보여주고, 지구 자전축의 경사 때문에 나타나는 현상을 고르도록 한 선택형의 개념 이해를 묻는 문항인데, 우리나라 학생들은 국제평균보다 1.2% 더 낮은 정답률을 기록하였다. 정답은 계절의 변화인데, 우리나라 학생들은 '지구 자전축'에서 자전이라는 용어 때문에 낮과 밤의 변화를 선택한 학생이 많았다(41.1%).

이상의 분석 결과를 종합해 볼 때 우리나라 중학

생은 특정 지구과학의 사실적 지식 측면에서 그릇된 정보를 지니고 있는 것으로 보이며(예: 담수의 출처, 항성으로서의 태양 등), 이해하고 있는 내용을 그림이나 도식으로 표현하는 데 미숙함을 알 수 있다.

2) 우리나라의 정답률이 국제평균 정답률보다 20% 이상 높은 문항

지구과학 영역의 총 29문항 중 4개 문항(S032301, S012030, S012041, S032651A)의 경우 우리나라 학생의 정답률이 국제평균 정답률보다 20%이상 높게 나타났다.

S032301 문항은 대기조성, 태양으로부터의 평균거리, 공전주기 등의 자료를 주고, 금성의 표면 온도가 수성의 표면 온도보다 더 높은 이유를 고르도록 한 선택형 문항으로 '추론과 분석' 영역의 문항이다. 이 문항에 대하여 우리나라 학생들은 국제평균보다 33.7% 더 높은 정답률을 나타내어, 국제평균과 비교하여 정답률 차이가 가장 큰 문항이다. 우리나라 학생들의 정답률이 이렇게 높은 이유로는 온실효과를 설명하면서 흔히 금성과 지구의 평균온도를 비교하고, 그 원인이 금성의 대기 중에 있는 많은 양의 이산화탄소가 온실 효과를 일으키기 때문이라는 설명을 많은 학생들이 접한 것으로 보인다.

S012030 문항은 대부분의 지하 동굴을 만드는 암석이 무엇인지에 대한 사실적 지식을 묻는 선택형 문항으로, 국제평균보다 우리나라 학생들의 정답률이 32.7% 더 높은 것으로 나타났다. 많은 우리나라 학생들은 석회암이 지하수에 녹아서 지하 동굴이 형성된다는 사실을 파악하고 있었던 것으로 추정된다. 정답을 제외하고, 우리나라 학생들은 화강암이라는 오답이 가장 많았고(15.4%), 국제수준에서는 사암이라는 오답이 가장 많았다(22.1%).

S012041 문항은 호수나 바다의 바닥에 퇴적된 물질이 압력을 받아 단단해진 암석이 무엇인지에 대한 사실적 지식을 묻는 선택형 문항으로, 국제평균보다 우리나라 학생들의 정답률이 31.5% 더 높은 것으로 나타났다. 이는 퇴적암의 정의에 해당하는 질문으로 대부분의 우리나라 학생들은 퇴적암의 의미를 파악하고 있었던 것으로 추정된다.

S032651A 문항은 어느 섬의 지형도에 주어진 X 지점이 어떤 지형적 특징을 지니고 있는지를 묻는 자유반응형의 추론과 분석 유형의 문항으로, 국제평균보다 우리나라 학생들의 정답률이 22.9% 더 높은

것으로 나타났다. 앞서 논의한 것처럼, X 지점은 주변에서 가장 높은 지점에 해당되며, 대부분의 우리나라 학생들은 등고선도에서 가장 높은 지점을 쉽게 찾아낸 것으로 보인다.

또한, S032714문항은 지구의 서로 다른 세 장소에서 사람이 공을 들고 서 있는 모습을 나타낸 그림에서, 세 사람이 각각 공을 놓을 때 중력 때문에 공이 떨어지는 방향을 가장 잘 나타낸 그림을 고르도록 한 선택형 문항으로, 국제평균보다 우리나라 학생들의 정답률이 19.6% 더 높은 것으로 나타났다. 지구 상에서 중력을 받아서 떨어지는 물체의 방향을 묻는 개념 이해형 문항에서 우리나라 학생들은 90.1%의 평균 정답률을 기록하여 대부분의 학생들이 중력의 방향을 제대로 파악하고 있는 것으로 나타났다. 이 문항에서 이렇게 높은 정답률을 나타낸 것은 중학교 1학년 힘 단원에서 중력의 방향을 구체적으로 배우기 때문인 것으로 추정된다.

이상의 분석 결과를 종합해 볼 때 우리나라 중학생은 선택형 문항에서 강세를 나타내며, 주어진 자료나 그림을 해석하여 결론을 도출하는 영역에서 다른 나라 학생보다 뛰어난 것을 알 수 있다. 이는 인지 영역 별 분석 결과와도 일치하는 것이다.

3) 남학생과 여학생의 정답률 차이가 큰 문항

지구과학 영역 문항들 중 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 10%이상 높게 나타난 문항은 총 9개(S032115, S032532, S022294, S032650, S032150, S022074, S022290, S032654, S022078) 문항이다.

S032115 문항은 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 22.8% 더 높게 나타났는데, 지구 전체의 물에서 담수(민물)가 차지하는 비율을 고르도록 한 선택형 문항으로 사실적 지식의 회상을 요구한 문항이다. 우리나라의 많은 여학생들이 담수의 비율이 70%라고 응답하였다.

S032532 문항은 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 18.2% 더 높게 나타났는데, 태양과 지구를 주고, 그림에 일식이 일어날 수 있는 달의 위치를 그리도록 한 자유반응형의 개념 이해를 묻는 문항이다. 우리나라 여학생이 남학생에 비해 일식이 일어날 수 있는 조건을 도식화하는데 미숙한 것으로 나타났다.

S022294 문항은 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 15.1% 더 높게 나타난 것으로, 지구상에서 물의 순환을 일으키는 에너지의 근원을 고르도록 한

선택형의 사실적 지식을 묻는 문항이다. 많은 여학생들이 바람 또는 밀물과 썰물이 물의 순환을 일으키는 에너지원이라고 응답하였다.

S032650 문항은 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 11.3% 더 높게 나타났는데, 높은 산에 올라감에 따라 변하게 될 대기조건 두 가지와 이러한 두 가지 조건을 갖춘 높은 고도에서 살아남으려면 무엇을 준비해 가야 할지를 적도록 한 자유반응형의 개념 이해를 묻는 문항이었다. 많은 여학생들이 응답을 시도하지 않은 것으로 나타났다.

S032150 문항은 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 13.2% 더 높게 나타난 것으로, 태양이 어느 범주에 속하는지를 고르도록 한 선택형의 사실적 지식을 묻는 문항이다. 이 문항은 국제평균과 비교하여 우리나라 학생들이 가장 낮은 정답률을 기록한 문항이기도 하다. 특히 우리나라 여학생들 중 다수가 태양을 행성이라고 응답하여, 국제평균보다 31.7%나 더 낮은 정답률을 기록하였다.

S022074 문항은 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 12.3% 더 높게 나타났는데, 화석연료의 출처를 고르도록 한 선택형의 사실적 지식을 묻는 문항이다. 생물체의 유해가 정답인데, 상당수의 여학생들이 화산을 답으로 선택하였다.

S022290 문항은 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 11.3% 더 높게 나타났는데, 지구의 1년이 어느 정도의 시간에 해당되는지를 고르도록 한 선택형의 사실적 지식을 묻는 문항이다. 많은 여학생들이 1년이란 지구가 자전축을 따라 한 바퀴 도는 시간이라는 오개념을 갖고 있는 것으로 나타났다.

S032654 문항은 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 11.3% 더 높게 나타났는데, 산의 양쪽 사면의 각 고도에서 일반적인 바람의 방향, 강수, 평균 기온 자료를 주고, 정글(밀림 지대)이 만들어질 가능성이 가장 높은 지역을 고르도록 한 선택형의 추론과 분석형 문항이다. 이 문항에서 여학생들은 기온 자료만 고려하여 가장 기온이 높은 지역을 고른 것으로 나타났다.

S022078 문항은 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 10.5% 더 높게 나타났는데, 태양과 달에서 오는 빛이 지구에 도달하는 시간에서 차이가 생기는 이유를 적도록 한 자유반응형의 개념 이해를 묻는 문항이다. 많은 학생들이 공란으로 남겨두거나 답을 적지 못한 것으로 나타났다.

이상의 분석 결과를 종합해 볼 때 우리나라 중학교 여학생들은 사실적 지식을 묻는 선택형 문항에서 남학생들보다 정확한 정보를 회상해 내는 데 실패하고 있음을 알 수 있다. 즉, 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 10%이상 높게 나타난 문항은 총 9개 문항 중 5개가 사실적 지식을 묻는 선택형 문항이었다. 특히 여학생들은 태양을 행성으로 분류하거나, 화석 연료의 출처가 화산이라고 생각하거나, 지구의 1년이 지구가 자전축을 돌기 때문에 생긴다거나, 물의 순환을 일으키는 에너지원이 바람이나 조석이라고 생각하거나 지구상 담수의 비율이 70%에 달한다고 생각하는 등 특정 지식에 대한 오개념을 지니고 있는 것으로 추정된다. 이 밖에도 일식이 일어날 수 있는 달의 위치를 그리는 도식화 문제나 고도에 따른 대기 조건 변화, 태양과 달에서 출발한 빛이 도달하는 시간차에 대한 이유 등을 적도록 한 자유반응형 문항에서도 여학생은 무응답의 비율이 높았다. 밀림 형성 지역을 추론하도록 한 문항에서는 한 가지 변인만을 고려하여 오답을 선택하는 경향을 나타내었다. 이들 9개 문항에서 다루어진 대부분의 주제는 초등학교에서 다루었지만 중학교 교육과정에서는 아직 접하지 않은 내용(예: 천체의 운동, 물의 순환과 날씨 변화 등)이다. 즉, 이러한 내용은 제7차 교육과정의 9학년에서 다루어지며, 학습하지 않은 내용에 대하여 어려워하는 경향은 여학생의 경우 더 크게 나타남을 추정할 수 있다(Hamilton, 1998). 성급한 일반화를 이끌어내서는 곤란하지만, 여학생의 경우 정확한 정보를 토대로 관련된 변인을 종합적으로 고려하여 자신의 생각을 표현하도록 하는 교육기회가 제공되어야 할 것으로 보인다.

한편, 지구과학 영역 문항들 중 우리나라 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 높게 나타난 문항은 총 4개(S012027, S012013, S032160, S032019B) 문항이다.

S012027 문항은 어떤 장소의 3일 동안의 시간에 따른 기온 변화 자료를 보고 바람이 점점 차갑게 불기 시작하는 때를 고르도록 한 선택형의 추론과 분석을 요구하는 문항인데, 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 8.4% 더 높게 나타났다. 이 문항은 온도 수치가 가장 급격하게 떨어지는 시점을 고르는 문제로서 여학생이 좀더 꼼꼼하게 수의 크기를 비교하는 경향을 지닌 것으로 보인다.

S012013 문항은 울퉁불퉁하고 뾰족한 산과 평탄하

고 동글한 두 개의 산 그림을 주고, 산에 대한 옳은 설명을 고르도록 한 선택형의 개념 이해를 묻는 문항인데, 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 6.1% 더 높게 나타났다. 우리나라의 많은 남학생들이 두 산이 다른 방법으로 형성된 것이라고 응답하였다. 즉, 시간의 흐름에 따라 풍화 침식되어 평탄화되어 낮아진다는 단순한 설명보다는 두 산의 기원이 다르다고 추정한 것으로 보인다.

S032160 문항은 태양계 내의 행성과 위성의 주요한 차이를 고르도록 한 선택형의 사실적 지식을 묻는 문항인데, 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 2.4% 더 높게 나타났다. 상당수의 남학생이 '모든 행성에는 대기가 있으나 위성에는 대기가 없다'는 답지를 선택한 것으로 나타났다.

S032019B 문항은 암석의 화학적 풍화의 사례를 적도록 요구한 자유반응형의 개념 이해를 묻는 문항인데, 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 0.6% 더 높게 나타났다. 우리나라 학생들은 국제평균보다 1.2% 낮은 정답률을 기록한 문항이기도 하다. 대부분의 남학생들이 답을 적지 않은 것으로 나타났다.

문항수가 적어서 일반화하기는 어렵지만, 우리나라 여학생들은 꼼꼼한 계산을 요구하는 문항이나 현상의 직접적인 원인을 찾는 데 능숙함을 알 수 있다. 실제로 두 개의 산의 모습에 대한 옳은 설명을 고르는 문항의 경우에는 국제 수준에서는 여학생이 남학생보다 4.5% 더 낮은 정답률을 기록하였다. 반면에 우리나라 남학생들은 두 산의 기원이 다르다고 추정된 답이 많았다. 이는 남학생들이 더 많은 배경 지식을 동원한다는 것으로 설명할 수도 있을 것이다.

결론 및 제언

이 연구에서는 TIMSS 2003 과학 성취도 결과에서 우리나라 중학생의 지구과학 영역 성취도 결과를 분석함으로써 우리나라 과학 교육과정과 교수·학습 방법에 대한 시사점을 제시하고자 하였다.

지구과학 영역에 해당되는 총 29문항에 대한 정답률에 근거하여 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별 경향을 살펴보고, 국제 평균 정답률과의 차이와 남·여학생의 정답률 차이를 비교한 결과 및 논의를 종합하면 다음과 같다.

지구과학 영역의 3개 주제 모두에서 우리나라의 정답률이 국제평균보다 높게 나타났다. 이는 우리나

라 교육과정에서 지구과학 영역별 내용이 나선형 교육과정의 형태로 초등학교에 이어서 중학교에서도 반복되어 다루어지고 있기 때문일 것이다. 두 가지 문항 유형 모두에서 국제평균보다 유의하게 높은 정답률을 나타내었고, 세 가지의 인지 영역 모두에서 우리나라의 정답률이 국제평균보다 높게 나타났다.

우리나라의 정답률이 국제평균 정답률보다 낮게 나타난 문항들을 분석한 결과, 우리나라 중학생은 특정 지구과학의 사실적 지식 측면에서 그릇된 정보를 지니고 있으며, 이해하고 있는 내용을 그림이나 도식으로 표현하는 데 미숙함을 알 수 있다. 우리나라의 정답률이 국제평균 정답률보다 20% 이상 높은 문항들을 분석한 결과, 우리나라 중학생은 선택형 문항에서 강세를 나타내며, 주어진 자료나 그림을 해석하여 결론을 도출하는 영역에서 다른 나라 학생보다 뛰어난 것을 알 수 있다. 이는 인지 영역별 분석 결과와도 일치하는 것이다.

남학생과 여학생의 정답률 차이가 큰 문항들을 분석한 결과를 살펴보면, 우리나라 중학교 여학생들은 사실적 지식을 묻는 선택형 문항에서 남학생들보다 정확한 정보를 회상해 내는 데 어려움을 겪는 반면에, 꼼꼼한 계산을 요구하는 문항이나 현상의 직접적인 원인을 찾는 데 남학생보다 능숙함을 알 수 있었다.

TIMSS 2003 지구과학 영역의 성취도 분석 결과를 토대로 우리나라 교육과정의 지구과학 내용 구성과 교수·학습 방법에 대한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, TIMSS와 같은 국제비교 결과를 토대로 과학 교육과정의 지구과학 영역 내용 구성의 연계성과 범위를 재고해 보아야 한다.

TIMSS 2003의 지구과학 영역에는 지표면과 물리적 특징, 지구상의 물, 지구의 대기, 지구의 물 순환, 암석의 생성과 순환 과정, 일기 자료와 일기 변화, 수억 년에 걸친 지질과정, 화석과 화석연료의 형성, 지구상의 현상 설명, 지구의 물리적 특징, 항성으로서의 태양 등의 주제가 포함되었다. 제7차 교육과정 구성에서는 초등학교에서 다루는 내용을 중학교에서 범위와 수준을 확장 심화하여 다루는 나선형 교육과정을 취함으로써 비슷한 내용을 초, 중, 고등학교에서 반복해서 다루어 중복의 문제가 많이 제기되었다. 즉, 초등학교에서 처음으로 개념이 도입되어, 중학교에서 반복 학습이 이루어진 후, 고등학교의 1학년에서 종합되는 등의 순으로 전개되는 경우가 많았다. 2007년 2월에 고시된 새 교육과정의 지구과학 영역

은 7학년(지각의 물질과 변화, 지각 변동과 판구조론), 8학년(태양계, 별과 우주), 9학년(대기의 성질과 일기 변화, 해수의 성분과 운동), 10학년(지구계, 천체의 운동) 등으로 구성되어 있다. 즉, 7학년에는 지질과 지구 물리를 집중적으로 학습하고, 8학년에는 천문, 9학년에는 유체를 집중 학습하도록 내용이 구성되어 있다. 중학교 4학년으로 간주한 10학년 지구계 단원에서는 지금까지 배운 내용을 다시 반복하는 것이 아니라, 각 권의 상호작용에 비추어 종합적으로 이해할 기회를 제공할 수 있도록 내용을 구성하였다(이범홍 외, 2005). 개정된 교육과정이 적용된 이후에 중학교 2학년을 대상으로 실시되는 TIMSS 평가에서는 학생 성취도에서 지구과학 주제 영역별로 편향된 결과가 산출될 수도 있다. 그러나 TIMSS와 같은 국제평가 대비용 내용 구성보다는 학생의 학습 필요와 지구과학 내용의 위계를 고려하여 내용을 선정하고 조직해야 할 것이다. 이러한 내용 구성에서 TIMSS 과학 평가들이나 다른 국가의 과학 교육과정에 제시된 내용 체계를 참조할 수 있을 것이다.

둘째, 문항유형별 학생 반응을 살펴볼 때, 학생들이 자신의 생각을 서술형으로 진술하고, 다양한 표상수단을 동원하여 의사소통하는 능력을 신장하는 데 중점을 두어야 할 것이다. 문항수가 적어서 일반화하기는 어렵지만, 상당수의 우리나라 학생들, 특히 여학생들은 이해하고 있는 내용을 서술하거나 그림이나 도식으로 표현하는 데 미숙함을 알 수 있다. 특히 자신의 생각을 글로 서술하거나 그려내는 문항에서 여학생의 무응답 비율이 높았다(이미경 외, 2004a; 신동희와 박정, 2002). 개정되는 교육과정에서는 과학 논술이 강화된다(김주훈 외, 2006). 이러한 추세를 반영하여 학생들이 장문의 지문을 읽어내고 이를 바탕으로 자신이 이해한 내용이나 해결책을 서술형으로 설득력있게 표현하도록 하는 교육기회가 제공되어야 할 것이다. 교수학습 방법 측면의 변화와 연계하여 과학 평가 방법도 학생의 과학적인 생각을 논리적으로 표현할 수 있도록 논술형 등을 포함하여 다양화해 나가야 할 것이다.

셋째, 여학생의 지구과학 영역 성취도 향상 방안을 모색할 필요가 있다. 문항 분석 결과, 우리나라 여학생의 무응답률도 높았고, 특정 영역에서 그릇된 정보를 지니고 있는 여학생의 비율이 남학생보다 많은 것으로 나타났다. 여학생의 반응 경향에서 초등학교 때 학습한 내용을 상기해서 응답하거나, 자신의 생각

을 글이나 그림으로 표현하거나, 다양한 변인을 고려하여 종합적으로 결론을 도출하는 등의 측면에서 성급하게 판단하거나 문항을 풀려고 시도조차 하지 않아서 답안을 공란으로 남겨둔 여학생의 비율이 남학생보다 높았다. 특히 다른 과학 영역보다 지구과학 영역에서 남녀 격차가 가장 크게 나타난 점을 주목해야 할 것이다. 이는 남학생이 과학에 대하여 더 긍정적인 태도를 가지고 있어서 높은 과학 성취도를 나타낸다고 해석할 수도 있을 것이다(Weinburgh, 1995). 이러한 맥락을 고려하여 여학생이 과학 지식을 장기간 보유하고, 문제해결 과정에서 관련된 정보를 종합적으로 해석해내며, 과학에 대한 자신감을 지닐 수 있도록 그동안 다각도로 진행되어온 우리나라의 성차 해소 노력의 성과를 평가하고(이미경 외, 2004b; 한국교육과정평가원, 2004) 다른 나라의 사례를 분석하는 등의 노력이 요구된다.

참고문헌

- 김주훈, 홍미영, 이미경, 정은영, 박영순, 심재호, 이창훈, 최원호, 박순경, 2006, 고등학교 과학과 선택 중심 교육과정 개선 방안 연구. 한국교육과정평가원, RRC 2006-7, 391 p.
- 박정, 정은영, 김경희, 한경혜, 2004, TIMSS 2003 공개문항 분석자료집. 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2004-27, 294 p.
- 신동희, 박정, 2002, 국제 비교 연구에 나타난 우리나라 학생들의 지구과학 성취도: 성 차이를 중심으로. 한국지구과학회지, 23(3), 207-220.
- 이미경, 박영순, 민경석, 채선희, 최성연, 최미숙, 나귀수, 2004a, PISA 2003 결과분석 연구. 한국교육과정평가원, RRE 2004-2-1, 326 p.
- 이미경, 홍미영, 정은영, 2004b, TIMSS-R 과학 성취도에서의 성 차이. 한국과학교육학회지, 24(6), 1235-1244.
- 이범홍, 김주훈, 이양락, 홍미영, 이미경, 이창훈, 신일용, 심재호, 박영순, 2005, 과학과 교육과정 개선 방안 연구. 한국교육과정평가원, RRC 2005-7, 327 p.
- 정은영, 2005, TIMSS 2003에서 우리나라 중학생들의 생물 영역 성취도 분석. 한국생물교육학회지, 33(3), 277-290.
- 홍미영, 이미경, 정은영, 박영순, 2006, TIMSS 2003 성취 수준에 따른 우리나라 중학생들의 과학 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 26(2), 246-257.
- 한국교육과정평가원, 2004, 남·여학생의 학력 차이, 무엇이 문제인가? 세미나 자료집. 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2004-5, 165 p.
- Hamilton, L.S., 1998, Gender Differences on High School Science Achievement Tests: Do Format and Content Matter? Educational Evaluation and Policy Analysis, 20 (3), 179-195.
- Martin, M.O., Mullis, I.V.S., Gonzalez, E.J., and 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. TIMSS & PIRLS International Study Center, 468 p.
- Weinburgh, M., 1995, Gender Differences in Student Attitudes toward Science: A Meta-Analysis of the Literature from 1970 to 1991. Journal of Research in Science Teaching, 32 (4), 387-398.

2007년 1월 22일 접수
2007년 3월 14일 수정원고 접수
2007년 5월 30일 채택