

우리나라 중학생들의 환경 영역 성취도 국제 비교 분석

정은영

한국교육과정평가원

An Analysis of Korean Middle School Student Achievement in Environmental Science in TIMSS 2003

Jeong, Eun Young

Korea Institute of Curriculum and Evaluation

Abstract: The purpose of this study was to analyze Korean middle school student achievement in environmental science based on the TIMSS 2003 (Trends in International Mathematics and Science Study), a student comparison of 46 participating nations. Korea ranked the fourth with a mean score of 554 in environmental science. However, all 3 environment science topics assessed in TIMSS are not included in the Korean science curriculum through 8th grade, even though they are included in most other participating nations' curricula. The average percent correct of items was analyzed according to the main topic, the item type and the cognitive domain. Items that showed differences between the average percent correct of Korea and the international average as well as differences between the average percent correct of boys and girls were further analyzed. Results revealed that Korean students performed better than the international average, especially in 'use and conservation of natural resources', multiple-choice items, and items requiring 'factual knowledge'. Also, male students demonstrated significantly higher achievement than female students. On the other hand, Korean students showed relatively lower achievement in constructed-response items, items that contained content they had not learned in science lessons and items requiring descriptions of the uses and effect of science and technology. Moreover, Korean student lacked understanding about acid rain, global warming, and ozone layer destruction. Korean female students showed relatively lower environmental conceptions and lower performance on items requiring data analysis than Korean male students. On the basis of these results, this study suggested that topics of environmental science be included in the science curriculum and taught in the science classroom to help middle school students more fully comprehend environmental issues.

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

I. 서론

학교 교육의 성과인 학업성취도를 자국의 수준에서 파악하는 데서 더 나아가 국제적인 수준에서 비교하고 다른 국가들의 교육 시스템과 관련하여 비교·분석하는 일은 그 필요성이 더욱 절실해지고 있다. 더구나 장기적인 학업성취도의 추이를 살펴볼 수 있다면 교육정책의 변화와 교육성과와의 관련성을 파악할 수 있는 중요한 정보가 될 수 있을 것이다(박정 등, 2003). 학업성취도 국제비교 연구의 필요성에 따라 국제교육

성취도평가협회(International Association for the Evaluation of Educational Achievement: IEA)에서는 1959년부터 이러한 연구를 수행해 오고 있으며 2003년에는 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구(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 파악하고 그 변화 과정을 살펴 각국의 교육현장과 정책에 도움이 되는 정보를 제공하는 것을 그 목적으로

*교신저자: 정은영(jey@kice.re.kr)

**2005.8.18(집수) 2006.1.3(1심통과) 2006.3.5(2심통과) 2006.3.9(최종통과)

하고 있다(Martin *et al.*, 2004). TIMSS 2003의 결과는 2004년 12월에 IEA에서 발표되었고 국내에서도 발표되었다(박정 등, 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. 특히 내용 영역 중에서 환경 영역의 경우 우리나라 과학과 교육과정에서는 별도로 설정되어 있지 않다. 우리나라의 제7차 과학과 교육과정은 그 내용 영역을 ‘에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구’로 구분하고 있다(교육부, 1997a). 그리고 제7차 교육과정에서는 중학교 재량활동의 선택 과목 교육과정으로 ‘환경’ 교과가 포함되어 있으나(교육부, 1997b), 국민공통기본교육과정에 속한 것이 아니므로 모든 중학생이 학습하지는 않는다. 환경교육은 국가와 사회의 요구로 모든 교과목에서 관련되어 이루어지도록 권장되고 있으나 어느 교과에서도 제대로 가르치지 못하고 있다는 점이 우리나라 환경교육의 문제점 중의 하나라고 할 수 있다(이미옥, 최돈형, 2005). 한편 오늘날 과학 교육이 추구해야 할 바를 구체적으로 제시한 미국의 ‘국가과학교육기준(National Science Education Standards)’에서는 내용 영역을 8개의 범주로 나누고 있는데, ‘환경’ 범주가 별도로 설정되어 있지는 않지만, 인구 변화, 자원, 환경 문제 등에 대해서 K-12 전체에 걸쳐서 ‘생물’ 범주와 ‘개인과 사회적 견지’ 범주에서 다루도록 권장하고 있다(NRC, 1996).

지속 가능한 미래 사회를 이끌어 가는 데 있어서 환경 문제의 해결은 필수적인데, 환경 문제가 점점 심각해지고 일상에서 환경 쟁점을 자주 접하게 되는 상황에서 학생들의 환경 소양 함양을 목적으로 하는 환경교육의 중요성은 더욱 강조되어야 할 것이다. 환경교육에서는 환경 쟁점에 대한 사려 깊은 의사결정을 하는 능력의 함양을 중요시하는데(Arvai *et al.*, 2004; NAAEE, 2004), 환경에 대한 이해를 깊이 있게 하고 환경문제에 대하여 정확하게 인식하기 위해서는 관련된 과학적 지식을 갖추어야 할 필요성도 결코 간과되어서는 안 된다(최석진, 1997; Ballantyne *et al.*, 1998; McComas, 2003).

이 연구에서는 TIMSS 2003의 환경 영역에서 우리나라 중학생들의 성취도를 국제 비교 분석함으로써 환경

관련 지식 측면에서 우리나라 중학생들이 다른 나라 학생들과 비교하여 상대적으로 우수한 부분과 취약한 부분을 파악하고자 하였다. 이를 위하여 우리나라 중학생들의 환경 영역 성취도의 국제 수준을 파악하면서 다른 나라의 과학 교육과정과 비교하고, 환경 영역의 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별로 문항의 정답률을 비교 분석하였으며, 우리나라 학생들의 정답률과 국제 평균 정답률의 차이가 큰 문항과 남·여학생의 정답률 차이가 큰 문항을 분석하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

TIMSS 2003은 4학년(만 9세)과 8학년(만 13세) 학생을 대상으로 시행되었는데 우리나라는 8학년 학생 대상의 연구에만 참여하였다. 8학년 학생 대상의 연구에는 46개국 7,093개 학교 219,608명의 학생이 참여하였는데, 우리나라에서는 2003년 4월에 2,593개 학교의 601,170명의 대상 모집단 중에서 149개 학교 5,478명(남학생 2,883명, 여학생 2,595명)을 대상으로 본검사가 실시되었다.

2. 평가 도구

TIMSS 2003에서는 과학 평가 도구를 개발하기 위한 기본 틀을 설정하면서, 참가국들의 교육과정을 근간으로 내용 영역(content domain)과 인지 영역(cognitive domain)으로 분류하였다. 내용 영역으로는 생물, 화학, 물리, 지구과학, 환경 등 5개 영역으로 구분하였고, 인지 영역으로는 사실적 지식, 개념 이해, 추론과 분석 등 3개 영역으로 구분하였다(Martin *et al.*, 2004). TIMSS 2003의 과학 평가도구는 총 189문항(선택형 109문항, 자유반응형 80문항)으로 구성되어 있는데, 이 중에서 환경 영역에 해당되는 문항은 총 27개(선택형 9문항, 자유반응형 18문항)로 전체 문항의 14.3%에 해당된다. 다른 내용 영역의 경우 선택형 문항이 더 많은 편인데, 환경 영역의 경우 자유반응형 문항이 선택형 문항보다 더 많았다. 또한 환경 영역의 문항들을 인지 영역에 따라 분류하면 ‘사실적 지식’, ‘개념 이해’, ‘추론과 분석’에 해당되는 문항 수는 각각 8, 3, 16문항으로, 다른 내용 영역에 비하여 추론과 분석에 해당되는 문항의 비율이 높은 편이다. 한편 환경 영역은 ‘인구 변화’, ‘천연 자원의 이용과 보존’, ‘환경 변화’ 등 3개의 주제로 구분되었다. 환경 영역의 문항을 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별로 구분하면 Table 1과 같다.

Table 1

Distribution of Environmental Science Items by Main Topic, Item Type and Cognitive Domain

| Main Topic | Number 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 |
| Changes in Population | 5 | 1 | 4 | . | . | 5 |
| Use and Conservation of Natural Resources | 11 | 3 | 8 | 1 | 3 | 7 |
| Changes in Environment | 11 | 5 | 6 | 7 | . | 4 |
| Total | 27 | 9 | 18 | 8 | 3 | 16 |

Table 2

Korean Students' Average Achievement in Science Content Areas

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

3. 분석 방법

TIMSS 본부에서 발행한 문항별 정답률 분석 자료로부터 TIMSS 2003의 환경 영역에 해당되는 총 27 문항의 정답률 정보를 얻었으며, 환경 영역의 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별 문항의 평균 정답률을 산출하고, 우리나라 학생들의 정답률과 국제 평균의 정답률의 차이 그리고 남·여학생의 정답률 차이를 산출하였다. 그리고 그 차이가 통계적으로 유의한지를 알아보기 위하여 t 검정을 하였다.

III. 결과 및 논의

1. 환경 영역 성취도의 국제 비교

TIMSS 2003에서는 본검사의 결과를 문항반응이론(IRT) 방법을 사용하여 평균 500, 표준편차 100의 척도로 나타내었는데, 각 내용 영역의 국제 평균은 474점으로 맞추어, 이를 기준으로 국가별로 표준 점수를 부여하였다. 내용 영역별 결과를 살펴보면 물리 영역의 성적이 싱가포르와 공동으로 1위를 차지하였고 화학 영역의 성적이 9위로 상대적으로 낮았으며, 환경 영역에서는 544점으로 4위를 기록하였다(Table 2).

환경 영역의 성적 순위 10위권까지에 해당되는 국가들의 성취도를 살펴보면 Table 3과 같다. 과학 전체 성취도 순위 1위인 싱가포르가 환경 영역에서도 1위를 차지하였고, 우리나라는 과학 전체 성취도에서 4위를 차지한 홍콩보다 점수가 낮게 나타나서 환경 영역에서는 4위를 차지하였다. 우리나라 중학생들의 환경 영역 성취도는 1, 2, 3위를 차지한 싱가포르, 대만,

Table 3

Average Achievement in Environmental Science

| Rank | Countries | Average Scale Scores of Environmental Science | Average Scale Scores of Science (Rank) |
|------|-----------------------|---|--|
| 1 | Singapore | 568 | 578 (1) |
| 2 | Chinese Taipei | 560 | 571 (2) |
| 3 | Hongkong | 555 | 556 (4) |
| 4 | Korea, Rep. of | 544 | 558 (3) |
| 5 | Estonia | 540 | 552 (5) |
| 6 | Netherlands | 539 | 536 (8) |
| 7 | Japan | 537 | 552 (5) |
| 8 | Australia | 536 | 527 (9) |
| 9 | United States | 533 | 527 (9) |
| 10 | Hungary | 528 | 543 (7) |

홍콩의 경우보다 유의하게 낮게 나타났고($p < .05$), 5, 6위를 차지한 에스토니아, 네덜란드의 경우와는 유의한 차이가 없었으며, 7위를 차지한 일본의 경우보다 유의하게 높게 나타났다($p < .05$). 한편 일본과 헝가리의 경우 전체 성적보다 환경 영역의 성적이 상대적으로 낮게 나타났고, 네덜란드의 경우에는 상대적으로 높게 나타났다.

각 국가의 과학 성취도를 비교할 때 교육과정에 명시된 학습 내용의 차이를 고려하는 것이 중요하다. 학생들이 내용, 기능과 과정을 배우는 기회는 각 국가의 교육과정의 목적과 과학 교육 정책과 관련되기 때문이다. 이와 같은 ‘의도한 교육과정(intended curriculum)’뿐

만 아니라, 교사들이 이를 해석하고 수정하여 실제로 수업에 적용한 ‘실행된 교육과정(implemented curriculum)’도 고려해야 할 필요가 있다. 교사가 제공한 수업이 결국 학생들이 배운 내용을 결정하기 때문이다(Martin *et al.*, 2004). 이러한 측면에서 TIMSS에서는 각 연구 참여국의 교육과정 전문가를 대상으로 교육과정 설문지를 통하여 과학 평가 도구에 포함된 주제들 중에서 8학년까지 과학 교육과정에 포함된 정도를 조사하고, 평가 대상 학생들에게 수학과 과학을 지도하는 교사들을 대상으로 교사 설문지를 통하여 그 주제들을 실제로 가르친 정도를 조사하였다. TIMSS 2003의 환경 영역의 주제로는 ‘인구 변화와 그로 인하여 환경에 미치는 영향’, ‘천연 자원의 이용과 보존’, ‘환경 변화’가 포함되어 있는데, 이 세 주제에 대한 설문 조사 결과는 Table 4와 같다.

이 결과에 따르면 환경 영역 성취도 1위를 기록한 싱가포르의 경우 8학년까지 의도한 교육과정에 환경 관련 주제가 명시되어 있고, 실행된 교육과정에서는 ‘인구 변화와 그 영향’ 주제를 실제로 가르치는 비율은 국제 평균보다 낮았지만 나머지 두 주제를 가르치는 비율은 국제 평균보다 비슷하거나 높게 나타났다. 이러한 경향은 3위를 차지한 홍콩의 경우에서도 유사하게 나타났다. 그리고 미국의 경우 의도한 교육과정에 환경 관련 주제가 명시되어 있을 뿐만 아니라, 실

행된 교육과정에서도 60% 이상의 학생들이 그 주제에 대하여 학습하고 있는 것으로 나타났다. 반면에 우리나라의 경우 10학년과 11학년에서 환경 관련 주제를 다루도록 의도되어 있는데, 실제로 그 주제를 학습한 비율은 20% 정도로 나타났다. 이는 환경 관련 주제가 8학년까지 과학과 교육과정에 명시되어 있지는 않지만 과학 교사들이 다른 주제와 관련지어 환경 문제에 대하여 가르치고 있음을 의미한다고 할 수 있다. 그런데 세 주제 모두 실제로 가르치고 있는 비율은 국제 평균보다 모두 낮게 나타났다.

Table 4를 보면 환경 영역 성취도 10위권에 속하는 국가들 중에서 8학년까지 의도한 교육과정에 환경 관련 주제 세 가지 모두 포함되어 있지 않은 국가는 대만과 우리나라뿐인 것으로 나타났다. 우리나라의 현행 제7차 과학과 교육과정을 살펴보면 중학교 과정에서 ‘환경’ 단원이 별도로 설정되어 있지 않다. 초등학교 6학년 과정의 ‘쾌적한 환경’ 단원에서 생태계와 환경오염을 다루도록 되어 있는데(교육부, 1997a), 환경 문제, 인구 변화 등에 대한 내용을 체계적이고 깊이 있게 다루고 있지는 않다. 환경 교과에서 인구 증가와 환경과의 관계, 인간 생활과 자원, 지구의 환경 문제 등에 대하여 다루고 있으나(교육부, 1997b), 선택 과목이므로 모든 중학생들이 학습하지는 않게 된다. 우리나라 과학과 교육과정에서는 10학년과 11학년에서

Table 4
Intended and Taught TIMSS Environmental Science Topics

| Countries | Topics | Trends in Human Population and its Effects on the Environment | | | Use and Conservation of Natural Resources | | | Changes in Environments | | |
|-----------------------|--------|---|-----------------|---|---|-----------------|---|-------------------------|-----------------|---|
| | | a | b | c | a | b | c | a | b | c |
| Singapore | ● | 8-10 | 27 (2.9) | ● | 8-10 | 57 (2.8) | ● | 8-10 | 60 (2.6) | |
| Chinese Taipei | ○ | 9 | - | ○ | 9 | - | ○ | 9 | - | |
| Hongkong | ● | 6 | 28 (4.6) | ● | 6 | 60 (5.0) | ● | 6 | 65 (5.0) | |
| Korea, Rep. of | ○ | 11 | 20 (3.0) | ○ | 11 | 22 (3.0) | ○ | 10 | 27 (3.3) | |
| Estonia | ● | 2, 8-9 | - | ● | 5-7 | - | ● | 6-11 | - | |
| Netherlands | ● | - | - | ● | - | - | ● | - | - | |
| Japan | ○ | - | 0 (0.0) | ● | 6, 9-12 | 2 (1.2) | ○ | 9-12 | 2 (1.2) | |
| Australia | ○ | - | 25 (3.2) | ○ | - | 46 (3.9) | ● | - | 40 (4.1) | |
| United States | ● | - | 62 (3.4) | ● | - | 73 (3.0) | ● | - | 71 (3.3) | |
| Hungary | ○ | 10 | - | ○ | 10 | - | ● | 8 | - | |
| International Avg. | | | 38 (0.7) | | | 56 (0.8) | | | 53 (0.7) | |

a : Student population intended to be taught topic through 8th grade

b : Grade(s) topic is intended to be taught

c : Percent of students taught the topic

- indicates comparable data are not available.

● All or almost all students, ○ Not included in the curriculum through 8th grade

환경 관련 주제를 다루는데, 다른 나라들의 경우와 비교해 볼 때 그 시기가 다소 늦다고 할 수 있다.

2. 환경 영역의 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별 정답률 분석

환경 영역에서 우리나라 학생의 평균 정답률은 51.7%로 국제 평균 정답률(38.7%)보다 유의하게 높게 나타났다($p < .01$). 인지 영역의 ‘개념 이해’를 제외하고 주제의 종류, 문항 유형, 인지 영역 등에 관계없이 우리나라의 정답률이 국제 평균보다 유의하게 높게 나타났다. TIMSS 2003에서 환경 영역의 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별 정답률을 비교하면 Table 5와 같다. 여학생 정답률에서 남학생 정답률을 뺀 값을 F-M 칸에 제시하고, 이 차이의 통계적 유의도 수치를 p값으로 나타내었다. 또한 우리나라 정답률과 국제 평균 정답률 차이를 t 검정한 결과도 p값으로 제시하였다.

주제별 결과를 살펴보면, 우리나라와 국제 평균 모두 ‘천연 자원의 이용과 보존’ 주제에서 가장 높은 정답률을 나타내었고, ‘인구 변화’ 주제에서 가장 낮은 정답률을 나타내었다. 우리나라와 국제 평균의 차이를 비교해 보면, 세 주제 모두에서 우리나라 학생들의 평균 정답률이 유의하게 높게 나타났는데, 특히 ‘천연 자원의 이용과 보존’ 주제에서 그 차이의 유의도가 더 크게 나타났다. 이 주제에 대해서는 우리나라와 국제 평균 모두 남학생의 성취도가 여학생의 성취도보

다 유의하게 더 높게 나타났는데, 우리나라의 경우 그 차이가 상대적으로 더 크게 나타났다.

문항 유형별 결과를 살펴보면, 선택형과 자유반응형 문항 모두에서 우리나라의 정답률이 국제 평균보다 .01 수준에서 유의하게 높게 나타났다. 그리고 우리나라와 국제 평균 모두 자유반응형 문항보다 선택형 문항에서 더 높은 정답률을 나타내었다. 그런데 우리나라의 경우 문항 유형에 따른 정답률 차이가 상대적으로 더 큰 것으로 나타났고, 이러한 차이는 여학생보다 남학생의 경우에 더 크게 나타났으므로, 우리나라 남학생들이 선택형 문항에서 더 높은 성취도를 나타내었다고 할 수 있다. 이러한 경향은 TIMSS-R의 문항을 분석한 결과(이미경 등, 2004), TIMSS-R과 PISA 2000 지구과학 영역의 문항을 분석한 결과(신동희, 박정, 2002) 등과 유사하다. 한편 자유반응형 문항에 대하여 국제 평균에서는 남·여학생의 정답률 차이가 유의하지 않았는데, 이는 선택형에서는 남학생의 성취도가 높으나 서술형 문항에서는 성차가 나타나지 않거나 여학생의 성취도가 높게 나타난 결과(DeMars, 1998)의 측면에서 해석될 수 있다. 그런데 우리나라 여학생들은 자유반응형 문항에서도 남학생들보다 유의하게 낮은 성취도를 나타내어 환경 영역의 학습에서 어려움을 겪고 있음을 시사한다.

인지 영역별 결과를 살펴보면, 우리나라와 국제 평균 모두 ‘사실적 지식’에 대한 정답률이 가장 높았고,

Table 5
Comparison of Environmental Science in TIMSS 2003 (% correct)

| | Korean | | | | | International | | | | | Korean-International | | | | |
|------------------|---|--------|------|------|---------|---------------|--------|------|------|--------|----------------------|---------|---------|------|------|
| | Total | Female | Male | F-M | p | Total | Female | Male | F-M | p | Total | p | Female | Male | |
| Main Topic | Changes in Population | 39.4 | 38.2 | 40.5 | -2.3 | .309 | 25.8 | 25.6 | 25.9 | -0.2 | .885 | 13.7 | .022* | 12.6 | 14.6 |
| | Use and Conservation of Natural Resources | 57.3 | 55.2 | 59.2 | -4.0 | .006** | 44.3 | 43.3 | 45.4 | -2.1 | .028* | 12.9 | .002** | 11.9 | 13.8 |
| | Changes in Environment | 51.6 | 50.0 | 53.1 | -3.1 | .100 | 39.1 | 38.1 | 40.0 | -1.9 | .093 | 12.6 | .011* | 11.9 | 13.1 |
| Item Type | Multiple-Choice | 63.8 | 61.3 | 66.2 | -4.9 | .025* | 49.0 | 47.3 | 50.6 | -3.3 | .025* | 14.9 | .004** | 13.9 | 15.6 |
| | Constructed-Response | 45.6 | 44.3 | 46.8 | -2.5 | .019* | 33.6 | 33.2 | 34.1 | -0.9 | .169 | 12.0 | <.001** | 11.1 | 12.7 |
| Cognitive Domain | Factual Knowledge | 63.5 | 61.5 | 65.3 | -3.9 | .094 | 49.4 | 48.3 | 50.4 | -2.1 | .154 | 14.1 | .021* | 13.1 | 15.0 |
| | Conceptual Understanding | 55.6 | 53.6 | 57.6 | -4.0 | .401 | 43.5 | 41.2 | 45.9 | -4.7 | .074 | 12.1 | .291 | 12.5 | 11.7 |
| | Reasoning and Analysis | 45.0 | 43.5 | 46.4 | -2.9 | .010* | 32.5 | 32.1 | 33.0 | -0.9 | .191 | 12.5 | <.001** | 11.4 | 13.4 |
| Total | 51.7 | 49.9 | 53.3 | -3.3 | <.001** | 38.7 | 37.9 | 39.6 | -1.7 | .009** | 12.9 | <.001** | 12.0 | 13.7 | |

Table 6
Difference between Korean and International Average in TIMSS 2003 Environmental Science Items

| Topics | Items | Item Type* | | Cognitive Domain** | | | Average Percent Correct (%) | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------------|----|--------------------|---|----|-----------------------------|--------|------|---------------|--------|------|------|------|------|
| | | A | B | a | b | c | Korean | | | International | | | | | |
| | | | | | | | Total | Female | Male | Total | Female | Male | | | |
| Changes in Population | S032122 Reason for increase in human population | | ○ | | | ○ | 35.2 | 35.6 | 34.7 | 28.5 | 29.4 | 27.6 | | | |
| | S032665A Effect of population in 2 countries/predict | | ○ | | | ○ | 51.9 | 47.5 | 55.7 | 32.4 | 31.1 | 33.7 | | | |
| | S032665B Effect of population in 2 countries/land use | | ○ | | | ○ | 38.7 | 40.1 | 37.6 | 18.2 | 19.3 | 17.1 | | | |
| | S032665C Effect of population in 2 countries/pollution | | ○ | | | ○ | 38.4 | 37.7 | 39.1 | 19.3 | 20.6 | 18.0 | | | |
| | S032620 Human population graphs | ○ | | | | ○ | 32.9 | 30.2 | 35.5 | 30.4 | 27.8 | 33.0 | | | |
| | subtotal | 1 | 4 | | | · | · | · | 5 | 39.4 | 38.2 | 40.5 | 25.8 | 25.6 | 25.9 |
| Use and Conservation of Natural Resources | S012042 Nonrenewable natural resource | ○ | | | | ○ | 68.6 | 63.3 | 73.7 | 52.2 | 50.0 | 54.5 | | | |
| | S022088A Positive/negative effect of dam | | ○ | | | ○ | 83.1 | 81.6 | 84.6 | 59.7 | 58.4 | 61.1 | | | |
| | S022088B Positive/negative effect of dam | | ○ | | | ○ | 40.5 | 36.6 | 44.5 | 43.7 | 41.2 | 46.3 | | | |
| | S022249A Two reasons for water shortage | | ○ | | | ○ | 73.8 | 72.0 | 75.4 | 62.1 | 62.9 | 61.2 | | | |
| | S022249B Two reasons for water shortage | | ○ | | | ○ | 63.5 | 60.8 | 66.0 | 47.5 | 48.2 | 46.8 | | | |
| | S032519 Effect of dam on wildlife | | ○ | | | ○ | 42.7 | 43.6 | 41.9 | 37.3 | 37.2 | 37.4 | | | |
| | S032555 Table of fertilizer/rice yield data | | ○ | | | ○ | 55.5 | 51.9 | 58.8 | 27.0 | 26.7 | 27.3 | | | |
| | S032063 Drinking water from sea water | | ○ | | | ○ | 21.6 | 19.5 | 23.5 | 9.5 | 8.4 | 10.8 | | | |
| | S032242 Renewable energy source | | ○ | | | ○ | 20.9 | 22.3 | 19.7 | 25.2 | 24.0 | 26.5 | | | |
| | S032510 Material that breaks down most quickly | ○ | | | | ○ | 82.5 | 80.6 | 84.2 | 70.3 | 69.7 | 70.9 | | | |
| | S032422 Group of renewable energy sources | ○ | | | | ○ | 77.3 | 75.3 | 79.4 | 53.1 | 49.5 | 56.7 | | | |
| | | subtotal | 3 | 8 | 1 | 3 | 7 | 57.3 | 55.2 | 59.2 | 44.3 | 43.3 | 45.4 | | |
| | Changes in Environment | S022240 Main cause of acid rain | ○ | | | | ○ | 40.3 | 35.1 | 45.1 | 32.6 | 31.3 | 33.9 | | |
| S012017 Increased carbon dioxide in atmosphere | | ○ | | | | ○ | 65.0 | 58.1 | 71.3 | 44.9 | 41.2 | 48.6 | | | |
| S022086 Hole in ozone layer | | | ○ | | | ○ | 68.4 | 64.7 | 71.9 | 42.1 | 39.6 | 44.5 | | | |
| S022244 Acid rain from sulfur dioxide | | | ○ | | | ○ | 46.1 | 42.1 | 49.9 | 21.7 | 20.0 | 23.5 | | | |
| S032120A Uses of science and technology/oil spills | | | ○ | | | ○ | 25.8 | 23.8 | 27.8 | 19.2 | 18.0 | 20.4 | | | |
| S032120B Uses of science and technology/global warming | | | ○ | | | ○ | 5.1 | 5.7 | 4.6 | 10.8 | 9.3 | 12.3 | | | |
| S032446 Activity to reduce air pollution in a city | | ○ | | | | ○ | 90.9 | 90.4 | 91.3 | 55.4 | 53.7 | 57.1 | | | |
| S032463 Soil change due to natural causes | | ○ | | | | ○ | 72.6 | 73.7 | 71.5 | 55.8 | 58.1 | 53.7 | | | |
| S032514 Growth of algae in a lake | | ○ | | | | ○ | 44.3 | 44.8 | 43.8 | 46.0 | 44.7 | 47.2 | | | |
| S032126 How volcanic eruption affects environment | | | ○ | | | ○ | 43.9 | 44.2 | 43.6 | 47.9 | 48.4 | 47.2 | | | |
| S032516 Effect of cutting down the trees | | | ○ | | | ○ | 65.3 | 67.5 | 63.4 | 53.2 | 54.6 | 51.7 | | | |
| | | subtotal | 5 | 6 | 7 | · | 4 | 51.6 | 50.0 | 53.1 | 39.1 | 38.1 | 40.0 | | |
| Total | | 9 | 18 | 8 | 3 | 16 | 51.7 | 49.9 | 53.3 | 38.7 | 37.9 | 39.6 | | | |

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

‘추론과 분석’에 대한 정답률이 가장 낮았다. 우리나라와 국제 평균의 차이를 비교해 보면, 우리나라 중학생들이 ‘사실적 지식’과 ‘추론과 분석’에 대한 문항들에서 유의하게 높은 성취도를 나타내었는데, 특히 ‘추론과 분석’ 영역에서 그 차이가 더 크게 나타났다. 인지 영역별 남·여학생의 성취도를 비교해 보면, 남학생의 성취도가 더 높게 나타났는데, 국제 평균의 경우 유의한 차이가 나타나지는 않았고 우리나라의 경우 ‘추론과 분석’에서 유의한 차이가 나타났다.

3. 문항 분석

TIMSS 2003 환경 영역에 해당되는 총 27문항 각각의 문항 내용, 문항 유형, 인지 영역, 우리나라와 국제 평균 정답률 등을 Table 6에 제시하였다.

우리나라의 정답률 범위는 5.1-90.9%로 지구 온난화를 해결하기 위해 과학과 기술을 이용하는 방법에 대하여 질문한 S032120B 문항의 정답률이 가장 낮았고, 도시의 공기 오염을 줄이는 데 도움이 되는 방법을 질문한 S032446 문항의 정답률이 가장 높았다. 국제 평균의 경우 정답률 범위는 9.5-70.3%로 바닷물로부터 식수를 만드는 방법을 질문한 S032063 문항의 정답률이 가장 낮았고, 땅에서 가장 빨리 분해되는 폐기물을 선택하도록 한 S032510 문항의 정답률이 가장 높았다. 한편 이산화탄소의 증가에 따른 영향을 질문한 S012017 문항에서 남·여학생의 정답률 차이가 가장 크게 나타났는데, 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 우리나라의 경우 13.2%, 국제 평균의 경우 7.4% 더 높게 나타났다.

환경 영역의 총 27문항 중에서 우리나라의 정답률이 국제 평균 정답률보다 낮게 나타난 문항과 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 5% 이상 높게 나타난 문항을 중심으로 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 우리나라의 정답률이 국제 평균 정답률보다 낮게 나타난 문항

환경 영역에서 우리나라가 4위의 성취도 순위를 기록한 결과와 연관되게, 우리나라의 정답률이 국제 평균 정답률보다 낮게 나타난 문항은 5문항(S022088B, S032242, S032120B, S032514, S032126)에 불과하였다. S032514 문항을 제외한 나머지 4개 문항의 유형이 모두 자유반응형인 점을 볼 때, 우리나라 학생들이 자유반응형 문항에서 상대적으로 어려움을 더 크게 겪었음을 알 수 있다. 이 문항들에 대한 학생들의 반응 결과를 분석하면 다음과 같다.

S022088 문항에서는 어느 계곡에 최근에 뱀이 건

설되었고 그 강 의 아래쪽에 농장이 있다는 것을 글과 그림으로 나타내고, 새로 건설된 댐이 이 농장의 농사에 긍정적 효과와 부정적 영향을 모두 미칠 수 있다고 명시한 뒤에, 댐이 농사에 미치는 긍정적인 효과와 부정적인 효과를 각각 서술하도록 하였다. 긍정적인 효과에 대해 질문한 A 문항의 경우, 우리나라의 정답률은 83.1%로 국제 평균 59.7%와 싱가포르 72.3%보다 높았다. 반면에 부정적인 효과에 대하여 질문한 B 문항에 대해서는 정답률이 40.5%로 문항 A의 경우보다 40% 이상 낮았고, 국제 평균(43.7%)보다 낮게 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 우리나라 학생들이 과학과 기술의 부정적인 영향에 대해서는 긍정적인 효과에 비하여 제대로 인식하지 못하고 있다고 할 수 있다. 이는 우리나라 중·고등학교 학생들이 과학과 기술의 유용성에 대한 인식은 높지만 과학의 부정적인 영향에 대한 인식이 높지 않아서 양면가치태도가 낮게 나타난 연구 결과(김희백, 이선경, 1996)와도 유사하다. 따라서 학생들이 과학과 기술의 긍정적인 측면과 부정적인 측면을 모두 인식하여 과학과 기술에 관련된 문제를 합리적으로 해결할 수 있도록 지도할 필요가 있다.

S032242 문항에서는 재생 가능한 에너지 자원 중 하나를 쓰고 사람들이 그 자원을 이용하는 방법을 한 가지 쓰도록 하였다. 이 문항의 경우 ‘재생 에너지’에 대한 정의를 분명하게 이해하지 못한다면, 학생들이 해결하기 어려운 문제가 된다. 제7차 교육과정의 환경 교과에서 재생 가능한 자원과 재생 불가능한 자원으로 자원을 분류하는 것에 대하여 학습하게 되어 있는데(교육부, 1997b), 재량 활동의 선택 과목 시간에 다루는 내용이므로 대부분의 중학생들은 수업 시간을 통하여 재생 에너지에 대하여 자세한 설명을 들을 기회가 거의 없었을 것으로 생각된다. 이를 반영하듯이, 우리나라의 정답률은 20.9%로 국제 평균보다 낮았으며 싱가포르의 경우(47.0%)와 차이가 크게 나타났다. 답을 지우거나 중간에 포기한 경우에 해당되는 비율이 41.5%로 아주 높았고, 아예 답하지 않은 비율도 16.2%로 나타난 것을 볼 때 우리나라 학생들이 이 문제에 대하여 어려워했음을 알 수 있다.

S032120B 문항에서는 지구 온난화를 해결하는 데 과학과 기술이 이용될 수 있는 방법을 서술하도록 하였다. 이 문항의 경우 우리나라 학생들의 정답률은 5.1%로 환경 영역의 문항들 중에서 가장 낮게 나타났는데 다른 문항의 정답률과 차이가 크게 나타났다. 국제 평균 정답률도 10.8%로 S032063 문항 다음으로 낮게 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 학생들이 지

구 온난화의 원인과 대책에 대하여 제대로 이해하지 못하고 있다고 할 수 있다. 제7차 환경과 교육과정의 내용 체계를 살펴보면 ‘지구의 환경 문제’ 영역에서 지구 온난화 방지를 위한 방안을 탐색하는 내용이 포함되어 있지만(교육부, 1997b), 환경 교과가 선택 과목이라서 일부 중학생들만 이러한 내용을 학습했을 것으로 생각된다.

S032514 문항에서는 호수에서 조류가 갑자기 많아진 이유를 선택하도록 하였다. 우리나라의 정답률은 44.3%로 국제 평균(46.0%)보다 다소 낮았고, 대만(72.0%), 홍콩(69.8%), 싱가포르(62.1%)의 경우와 차이가 크게 나타났다. 우리나라의 경우 40% 이상의 학생들이 그 이유로 기온 감소와 물의 양 감소를 선택한 것으로 나타나서 조류 증가의 원인을 제대로 파악하지 못하고 있다고 할 수 있다.

S032126 문항에서는 화산 폭발이 환경에 미치는 영향을 쓰도록 하였다. 우리나라의 정답률은 43.9%로 국제 평균(47.9%)보다 다소 낮았고, 싱가포르(78.1%)의 경우와 차이가 크게 나타났다. 화산 폭발에 대해서는 초등학교 5학년 과정에서 학습하기는 하나, 이를 환경과 관련지어서 학습하지는 않으므로, 우리나라 학생들이 이 문항에 답하기가 어려웠을 것이다.

이상의 분석 결과를 종합해 볼 때 우리나라 중학생들의 경우 자유반응형 문항 또는 과학 수업에서 학습하지 않은 내용이거나 과학과 기술의 이용 방법과 영향을 서술하는 문항에 대해서 국제 평균 정답률보다 낮은 정답률을 나타낸 경향이 있음을 알 수 있다.

2) 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 5% 이상 낮게 나타난 문항

TIMSS 2003 결과에서 지구과학, 물리, 환경 영역의 경우 여학생의 성취도가 남학생의 성취도보다 유의하게 낮게 나타났다(Martin *et al.*, 2004). 우리나라의 경우에도 이러한 경향이 나타났는데, 이와 일관되게 환경 영역의 대부분 문항에 대하여 우리나라 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 낮게 나타났다. 9개의 문항에서 우리나라 여학생의 정답률이 높게 나타나기는 했으나, 그 차이는 5% 미만이었다. 반면에 10개의 문항에서 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 5% 이상 낮게 나타났다. 이 10개의 문항을 문항 유형별로 살펴보면 선택형 문항 4문항, 자유반응형 문항 6문항이었다. 이는 여학생들이 서술형 문항에서 더 강세를 나타낸다는 연구 결과(신동희, 김동영, 2003; Bolger & Kellaghan, 1990; DeMars, 1998)와 상반된 것이라고 할 수 있다. 그런데 우리나라 중학교 과학 수업

에서 TIMSS 2003의 환경 영역에 포함된 주제에 대하여 많이 다루지 않고 있다는 점을 고려해 볼 때 학교 밖에서 습득한 지식에 대해서는 남학생의 성취도가 더 높게 나타난다는 연구 결과(Hamilton, 1998)의 맥락에서 여학생의 성취도가 상대적으로 낮게 나타난 원인을 찾아볼 수 있다.

여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 5% 이상 낮게 나타난 문항들에 대한 학생들의 반응 결과를 분석하면 다음과 같다.

환경 영역의 문항들 중에서 표나 그래프의 해석과 관련된 것으로 S032665A, S032620, S032555 문항이 포함되어 있다. 이 세 문항 모두에 대하여 국제 평균과 우리나라 모두 여학생의 정답률이 낮게 나타났는데, 우리나라의 경우 그 차이가 더 크게 나타났다. S032665A 문항에서는 가상의 두 국가에 대한 자료를 제시하고 10년 이후에 각 국가의 인구가 어떻게 변화하게 될 것인지를 예측하도록 하였다. 그리고 S032620 문항에서는 지난 300년 동안 세계 인구의 변화를 그래프로 잘 나타낸 것을 선택하도록 하였다. 또한 S032555 문항에서는 비료의 사용량과 벼 생산량에 관한 자료를 표 형태로 제시하고 비료 사용량이 벼 생산량에 미치는 영향을 서술하도록 하였다. 이와 같이 자료 해석과 관련된 문항에서 여학생의 정답률이 상대적으로 낮게 나타난 결과는 우리나라 남·여 중학생의 탐구 능력에 유의미한 차이가 있다는 연구 결과들(권재술, 김범기, 1994; 이연우, 우종욱, 1991)과도 일치되는데, 이러한 결과를 볼 때 여학생의 자료 해석 능력 함양을 위한 상세한 지도가 필요함을 시사받을 수 있다.

S012042 문항에서는 재생이 불가능한 천연 자원의 한 예로서 석유를 제시하고, 재생이 불가능한 천연 자원의 또 다른 예를 선택하도록 하였다. 우리나라의 정답률은 68.6%로 국제 평균 52.2%보다 높았다. 우리나라의 과학과 교육과정에서 천연 자원에 대하여 구체적으로 다루지는 않지만, 문항에서 석유를 예로 들고 있으므로 학생들이 정답인 ‘석탄’을 쉽게 선택했던 것으로 보인다. 그런데 답지 반응 분포를 살펴보면 우리나라와 국제 평균에서 오답인 ‘햇빛’에 대한 반응률이 각각 21.6%와 23.8%로 다소 높게 나온 것은 주목할 만하다. 즉, 햇빛을 재생 불가능한 자원으로 여기는 중학생들이 많다는 것이다. 이 문항의 경우 국제 평균과 우리나라 모두 남·여학생의 정답률 차이가 크게 나타난 편인데, 우리나라에서는 남학생의 정답률이 여학생의 정답률보다 10% 정도 높았다. 이 문항의 유형이 선택형이라는 것과 수업에서 학습하지 않은 내용을 다루고 있는 점 등에서 여학생의 정답률이

낮게 나타난 원인을 찾아볼 수 있다.

S022088 문항에서는 댐 건설이 환경(주변 농장의 농사)에 미치는 긍정적·부정적 영향에 대하여 서술하도록 하였는데, A와 B 문항 모두 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 다소 낮게 나타났고 부정적 영향을 서술하도록 한 B 문항의 경우 남·여학생의 정답률 차이가 8.2%로 A 문항의 경우(3.0%)보다 더 크게 나타났다.

S022249 문항에서는 불이 육지보다 지구의 표면을 차지하는 넓이가 더 크지만 일부 사람들이 식수난을 겪는 이유 두 가지를 쓰도록 하였고, 채점할 때에는 학생들이 쓴 이유 각각에 대하여 동일한 채점 기준을 적용하였다. 우리나라의 정답률은 73.8%, 63.5%로 국제 평균(62.1%, 47.5%)보다는 높았지만 싱가포르(87.0%, 73.3%)의 경우보다 낮았다. 응답 유형별 반응 분포를 살펴보면 바닷물은 사람이 마시기에 적합하지 않다고 답한 경우가 가장 많았다. 그 다음으로 우리나라의 경우 오염을 원인으로 설명한 경우가 많은 반면에, 싱가포르의 경우 물의 소비나 낭비에 대하여 언급한 경우가 많았다. 한편 국제 평균에서는 기후에 대해 언급했거나 강수량이나 물의 분포가 고르지 않기 때문이라고 응답한 경우가 많았다. 우리나라 학생들이 학교의 환경 관련 행사나 방송 매체 등을 통하여 수질 오염이나 식수난에 대해서 접하게 되므로, 이와 같은 결과가 나타났다고 본다. 이 문항의 경우 우리나라 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 3.4%, 5.2% 낮게 나타났는데, 국제 평균에서는 여학생의 정답률이 다소 높게 나타난 것과 대비를 이룬다.

S022240 문항에서는 산성비의 주된 원인을 선택하도록 하였다. 우리나라의 정답률은 40.3%로 국제 평균 32.6%보다 높았지만 싱가포르 61.4%보다는 매우 낮았다. 우리나라 학생들의 답지 반응 분포에서 흥미로운 사실은, 오답인 ‘스프레이 등에서 나오는 기체’를 정답으로 선택한 학생들이 43.2%로 가장 많았다는 것이다. 학생들이 일상생활에서 스프레이를 많이 접하고 있고 스프레이가 환경오염 물질이라는 것을 알고 있으나, 스프레이가 오존층을 파괴하는 것인지 산성비의 원인이 되는지에 대해서는 명확하게 알지 못하는 것으로 보인다. ‘산성비’의 정의나 그 발생 원인에 대한 체계적인 지식이 부족한 상태에서, ‘스프레이’와 같은 친숙한 소재가 포함된 답지를 정답으로 선택했을 가능성이 높다. 한편 우리나라 여학생의 정답률은 35.1%로 남학생의 정답률보다 10% 낮게 나타났다. 그리고 산성비와 관련된 또다른 문항인 S022244에서는 이산화황 기체로 인하여 산성비가 생기는 과정을

설명하도록 하였다. 이 문항에서도 우리나라 여학생의 정답률이 낮게 나타났는데, 그 차이가 7% 이상이었다. 산성비에 대해서는 초등학교 5학년 과정의 ‘용액의 변화’ 단원에서 산성과 염기성 용액에 대하여 학습하면서 언급되기는 하는데, 그 원인이나 현상에 대하여 상세하게 학습하지 않아서 우리나라 학생들의 정답률이 비교적 높지 않았고, 학교 수업에서 직접적으로 다루지 않는 내용에 대해서 여학생들이 더 어려워한 것으로 보인다.

S012017 문항에서는 화석 연료의 연소로 인해 대기 중 이산화탄소의 양이 증가되면 지구에 어떠한 영향을 미치는지를 질문하고 있다. 우리나라의 정답률은 65.0%로 국제 평균 44.9%보다 높았으나 싱가포르 83.2%보다는 낮았다. 답지 반응 분포에서 오답인 ‘대기 중에 오존이 더 많아진다’에 대한 우리나라 학생들의 반응률이 23.6%로 상대적으로 높게 나타난 것을 볼 때, 지구 온난화, 오존층 파괴 등의 환경오염 현상을 혼동하고 있다고 할 수 있다. 환경 단원을 학습한 고등학교 1학년 학생 대상의 연구에서 학생들이 오존층의 역할과 온실 효과를 혼동하는 것으로 나타났는데(한재영 등, 2000b), 환경 관련 주제에 대하여 상세하게 학습하지 않은 중학생들로서는 환경오염의 원인과 현상을 관련지어서 명확하게 인식하는 데 어려움이 크다는 것을 알 수 있다. 한편 이 문항의 경우 환경 영역의 문항들 중에서 남·여학생의 정답률 차이가 가장 크게 나타났는데, 우리나라의 경우 13.2%로 국제 평균 7.4%보다 그 차이가 더 크게 나타났다.

S022086 문항에서는 오존층에 ‘구멍’이 생기는 것이 인간에게 해로운 이유를 쓰도록 하였다. 우리나라의 정답률은 68.4%로 국제 평균 42.1%보다 높았으나 싱가포르 75.0%보다 낮았다. ‘오존층’에 대해서는 중학교 1학년의 ‘지구의 구조’ 단원에서 학습하게 되어 있으나 오존층 파괴로 인한 피해에 대해서 상세하게 다루지 않는데도 불구하고 정답률이 비교적 높게 나타났다. 이는 학생들이 일상생활에서 여러 매체를 통해 오존층 파괴로 인하여 피부암, 눈의 질환 등이 발생된다는 것을 알게 되었기 때문으로 보인다. 그런데 이 문항에 대하여 온실 효과와 관련하여 답한 경우가 6.5%로 나타나, 오존층 파괴와 온실 효과에 대한 이해가 부족함을 알 수 있다. 고등학생들을 대상으로 한 연구에서 오존층 파괴로 인한 피해를 질문하는 문항에 대해 기온이 상승하여 지구 온난화나 해수면 상승 등이 일어난다는 응답을 한 경우가 20% 이상 나타났고(한재영 등, 2000b; Boyes & Stanisstreet, 1998), PISA 2003의 결과에서 온실 효과의 원인을 질문한

문항에 대하여 우리나라 학생들 중에 오존층의 구멍이 커지고 있다는 것을 답으로 쓴 경우가 11%였다(곽영순, 2004). 이와 같이 답한 학생들은 오존층에 구멍이 생겨서 태양 에너지가 더 많이 유입되어 지구의 기온이 상승한다고 생각하는 것으로 보인다. 한편 이 문항의 경우 서술형 응답을 요구하고 있음에도 불구하고 우리나라와 국제 평균 모두 여학생의 정답률이 남학생의 정답률보다 낮게 나타났다.

이상의 문항 분석 결과를 종합해 볼 때 우리나라뿐만 아니라 국제 평균에서도 여학생들이 산성비, 지구 온난화, 오존층 파괴 등의 환경 문제에 대한 지식이 상대적으로 부족한 것으로 나타났는데, 우리나라의 경우 남·여학생의 정답률 차이가 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 고등학생을 대상으로 환경 관련 개념을 조사한 이전 연구(한재영 등, 2000a; Gambro & Switzky, 1996)에서 남학생의 성취도가 유의하게 높게 나타난 것과 일관된다고 할 수 있다. 또한 자료 해석과 관련된 문항에서 여학생의 정답률이 더 낮게 나타나는 경향이 있었고, 우리나라 여학생들은 학교 수업을 통하여 직접적으로 학습하지 않은 내용에 대하여 더 어려워하는 경향이 나타났다.

IV. 결론 및 제언

TIMSS 2003에서 우리나라 중학생들은 환경 영역에서 4위를 차지하여 과학 전체 순위 3위보다는 낮았지만 우수한 성적을 기록하였다. 그런데 환경 영역의 주제가 과학과 교육과정에 포함된 정도를 비교하고 환경 영역의 문항을 분석한 결과, 몇 가지 문제점이 파악되었다.

TIMSS 2003의 과학 교육과정에 대한 설문 조사 결과를 살펴보면 과학 성취도 순위 10위권에 속하는 국가들 중에서 8학년까지 의도한 교육과정에 TIMSS 2003의 환경 영역 주제 3가지 모두 포함되어 있지 않은 국가는 대만과 우리나라뿐인 것으로 나타났다. TIMSS 연구에서는 여러 국가들의 과학 교육과정과 수업 프로그램의 중요한 측면을 포괄하여 평가틀을 개발하고 그에 따라 평가 문항을 개발하고 있다. TIMSS 과학 평가틀에 환경 영역의 주제로 ‘인구 변화와 그로 인하여 환경에 미치는 영향’, ‘천연 자원의 이용과 보존’, ‘환경 변화’ 등이 포함되어 있고, TIMSS 2003에 참여한 대부분의 국가에서 8학년까지 과학과 교육과정에 환경 영역 주제가 일부 또는 3가지 모두 포함되어 있다는 점(Martin *et al.*, 2004)을 고려할 때, 우리나라 과학과 교육과정에 환경 관련 주제를 적극적으로 도입하되 그 시기를 앞당겨야 할 필

요성을 강조해야 할 것이다. NSES에 제시된 기준에서는 환경 관련 주제들 중에서 인구, 성장의 한계, 환경에 대한 인간의 영향 등에 중점을 두고 있는데 K-12 전체에 걸쳐서 주로 ‘생물’ 범주에서 다루면서도 ‘개인과 사회적 건지’ 범주와 ‘지구와 우주’ 범주에서도 다루게 되어 있어서 나선형의 통합적인 접근을 강조하고 있다(McComas, 2002). 이와 같이 과학과 교육과정의 내용 체계에서 ‘환경’ 영역을 별도로 설정하지 않더라도, 환경 관련 주제들이 우리나라 과학과 교육과정의 기존 내용 영역에 적합하게 통합되도록 하는 방안을 고려해야 할 것이다.

문항 분석 결과를 살펴보면 환경 영역의 27문항 중에서 5문항을 제외하고는 우리나라 학생들의 정답률이 국제 평균 정답률보다 높게 나타났다. 오존층에 구멍이 생기는 것이 인간에게 해로운 이유, 식수난을 겪는 이유, 도시의 공기 오염을 줄이는 데 도움이 되는 방법 등을 질문한 문항에 대해서 국제 평균 정답률과의 차이가 상대적으로 크게 나타났다. 이 문항 내용에 대해서는 학교 과학 수업 시간에 직접적으로 다루지는 않지만, 학교의 환경 관련 행사나 방송 매체 등을 통하여 접하는 내용이라서 비교적 쉽게 답했을 것으로 생각된다. 그런데 환경 관련 개념이 체계적으로 형성되지 않아서, 환경오염의 여러 현상에 대하여 혼동하는 경우를 찾아볼 수 있었다. 산성비의 주된 원인으로 스프레이에서 나오는 기체라고 답하거나, 대기 중 이산화탄소의 양의 증가로 인해 대기 중에 오존이 더 많아진다고 답하거나, 오존층 파괴로 인해 지구의 기온이 상승한다고 답하는 경우 등이 상대적으로 많이 나타났다. 이는 산성비, 지구 온난화, 오존층 파괴 등의 환경 문제에 대하여 명확하게 구분하여 이해하지 못하고 환경오염이 서로 관련되어 있다고 파악하는 경향이 있음을 시사한다. 이러한 경향은 환경 문제를 학습한 고등학생들에게도 나타나므로(한재영 등, 2000b), 환경 문제에 대하여 아직 학습하지 않은 중학생들로서는 개념 이해에 더 큰 어려움을 겪는 것으로 생각된다. 그리고 재생 에너지의 정의, 지구온난화 해결을 위한 방법, 댐 건설이 주변 농장의 농사에 미치는 부정적인 영향 등 과학 수업에서 학습하지 않은 내용이거나 과학과 기술의 이용 방법과 영향에 대해서는 이해 정도가 낮게 나타났다. 따라서 과학과 교육과정에 환경 관련 주제를 적극적으로 도입하여 학생들이 각 환경오염 현상의 원인, 현상, 대책 등에 대하여 명확하게 이해하고 과학과 기술의 긍정적·부정적 영향에 대하여 인식하게 하여 이를 바탕으로 환경 쟁점에 대한 합리적인 의사결정 능력을 갖추도록 안내해야 할 것이다.

TIMSS 2003의 환경 영역에서 여학생의 성취도가 남학생의 성취도보다 유의하게 낮게 나타났는데, 우리나라의 경우 그 차이가 더 크게 나타났다. 여학생들의 경우 산성비, 지구 온난화, 오존층 파괴 등과 관련된 지식과 자료 해석 능력이 상대적으로 부족한 것으로 나타났다. 여학생들이 서술형 문항에서 강세를 나타내는 경향이 있다는 선행 연구 결과(DeMars, 1998)와는 달리, TIMSS 2003 환경 영역에서 우리나라 여학생들은 자유반응형 문항에서도 남학생들보다 유의하게 낮은 성취도를 나타내었다. 학교 수업을 통하여 학습하지 않은 내용에 대하여 여학생의 성취도가 낮게 나타나는 경향이 있다는 연구 결과(Hamilton, 1998)를 고려해 볼 때 우리나라 여학생들의 성취도를 향상시키기 위해서 과학과 교육과정에 환경 관련 주제가 포함되고 보다 다양한 맥락에서 다양한 예를 접하면서 환경 관련 내용을 학습하도록 지도할 필요가 있다.

국문 요약

이 연구에서는 우리나라 중학생들의 TIMSS 2003 환경 영역 성취도의 국제 수준을 파악하고, 환경 영역의 주제가 의도한 교육과정과 실행된 교육과정에 포함된 정도를 국제 비교하며, 성취도 결과를 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별로 분석하고, 우리나라 학생들의 정답률과 국제 평균 정답률의 차이가 큰 문항과 남·여학생의 정답률 차이가 큰 문항을 분석하였다.

TIMSS 2003에서 우리나라 중학생들은 환경 영역에서 544점으로 4위를 기록하였다. 교육과정 비교 결과에서 TIMSS 2003에 참여한 대부분의 국가에서 8학년까지 과학과 교육과정에 환경 영역 주제가 일부 또는 3가지 모두 포함되어 있는 반면에, 우리나라의 경우 환경 영역의 세 주제 모두 의도한 교육과정에 포함되어 있지 않았다.

환경 영역에서 우리나라 학생의 평균 정답률은 51.7%로 국제 평균 정답률 38.7%보다 유의하게 높게 나타났다. 주제, 문항 유형, 인지 영역별 정답률을 비교하면, ‘천연 자원의 이용과 보존’ 주제에서, 선택형 문항에서, ‘사실적 지식’에 해당되는 문항에서 정답률이 더 높게 나타났고, 남학생의 성취도가 여학생의 성취도보다 유의하게 더 높았다.

문항을 분석한 결과, 우리나라 학생들은 자유반응형 문항, 과학 수업에서 학습하지 않은 내용이거나 과학과 기술의 이용 방법과 영향을 서술하는 문항 등에 대해서 어려움을 겪는 것으로 나타났고, 산성비, 지구 온난화, 오존층 파괴 등의 환경 문제에 대한 이해가 명확하지 않았다. 그리고 여학생들의 경우 환경 관련

개념과 자료 해석 능력이 상대적으로 부족한 것으로 나타났다.

이러한 결과에 근거하여 우리나라 과학과 교육과정에 환경 관련 주제를 적극적으로 도입하되 그 시기를 앞당기고, 학생들이 환경 문제의 원인, 현상, 대책 등을 명확하게 이해하고 과학과 기술의 긍정적·부정적 측면을 인식하도록 안내할 필요가 있음을 제안하였다.

참고 문헌

- 곽영순 (2004). PISA 검사 결과에서 드러난 만 15세 한국 학생들의 온실 효과에 대한 대안적 개념. 한국과학교육학회지, 24(3), 668-674.
- 권재술, 김범기 (1994). 초·중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 교육부 (1997a). 과학과 교육과정. 서울: 교육부.
- 교육부 (1997b). 중학교 재량활동의 선택과목 교육과정-한문, 컴퓨터, 환경, 생활 외국어. 서울: 교육부.
- 김희백, 이선경 (1996). 과학기술과 관련하여 사회적으로 쟁점화된 주제에 대한 중고등학생의 태도. 한국과학교육학회지, 16(4), 461-469.
- 박정, 한경혜, 정은영, 김경희 (2004). TIMSS 2003 결과 분석 및 논의. 학업성취도 국제비교연구 성과와 과제- 2003 TIMSS와 OECD/PISA 결과를 중심으로 (pp. 1-68). 한국교육과정평가원.
- 박정, 홍미영, 이봉주, 전현정 (2003). 수학과학 성취도 추이변화 국제비교 연구(TIMSS-2003)-본검사 시행 보고서. 한국교육과정평가원.
- 신동희, 김동영 (2003). 평가 방법에 따른 과학 성취도에서의 성 차이. 한국과학교육학회지, 23(3), 265-275.
- 신동희, 박정 (2002). 국제 비교 연구에 나타난 우리나라 학생들의 지구과학 성취도: 성 차이를 중심으로. 한국지구과학학회지, 23(3), 207-220.
- 이미경, 홍미영, 정은영 (2004). TIMSS-R 과학 성취도에서의 성 차이. 한국과학교육학회지, 24(6), 1235-1244.
- 이미옥, 최돈형 (2005). 환경과 교육과정의 국제 비교 연구. 한국환경교육학회 발표논문집.
- 이연우, 우종욱 (1991). 과학 탐구능력 측정을 위한 표준화 검사지 개발-중학교 2학년의 자료 분석과 해석 능력을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 11(1), 59-72.
- 최석진, 김정호, 이동엽, 장혜정 (1997). 우리나라 학교 환경교육 실태 조사 연구. 한국환경교육학회.
- 한재영, 강석진, 노태희 (2000a). 고등학생들의 화학 관련 환경 개념 및 환경에 대한 태도 조사. 한국과학교육학회지, 20(2), 344-355.
- 한재영, 정영선, 노태희 (2000b). 산성비, 오존층, 온실 효과에 대한 고등학생들의 개념. 한국과학교육학회지, 20(3), 364-370.
- Arvai, J. L., Campbell, V. E. A., Baird, A., &

Rivers, L. (2004). Teaching students to make better decisions about the environment: Lessons from the decision sciences. *Journal of Environmental Education*, 36(1), 33-44.

Ballantyne, R., Witney, E., & Tulip, D. (1998). Developing students' environmental knowledge through interactive worksheets. *Environmental Education and Information*, 17(1), 1-16.

Bolger, N., & Kellaghan, T. (1990). Method of measurement and gender differences in scholastic achievement. *Journal of Educational Measurement*, 27(2), 165-174.

Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1998). High school students' perceptions of how major global environmental effects might cause skin cancer. *Journal of Environmental Education*, 29(2), 31-36.

DeMars, C. E. (1998). Gender differences in mathematics and science on a high school proficiency exam: The role of response format. *Applied Measurement in Education*, 11(3), 279-299.

Gambro, J. S., & Switzky, H. N. (1996). A national survey of high school students' environmental knowledge. *Journal of Environmental Education*, 27(3), 28-33.

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., & Chrostowski, S. J. (2004). TIMSS 2003 international science report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the fourth and eighth grades. Boston: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.

McComas, W. F. (2002). The ideal environmental science curriculum: I. history, rationales, misconceptions & standards. *The American Biology Teacher*, 64(9), 665-672.

McComas, W. F. (2003). The nature of the ideal environmental science curriculum: Advocates, textbooks & conclusions. *The American Biology Teacher*, 65(3), 171-178.

NAAEE (North American Association for Environmental Education) (2004). Excellence in environmental education: Guidelines for learning (Pre K-12). www.naaee.org/npeee/learner_guidelines.html

National Research Council (1996). National science education standards. Washington, D. C.: National Academy Press.