

국제 비교 연구에 나타난 우리 나라 학생들의 지구과학 성취도: 성 차이를 중심으로

신동희^{1,*} · 박 정²

¹단국대학교 과학교육과, 140-714 서울특별시 용산구 한남동 산 8

²한국교육과정평가원, 110-230 서울특별시 종로구 삼청동 25-1

Korean Students' Achievement of Earth Science in International Comparative Studies: From the Perspectives of Gender Differences

Donghee Shin^{1,*} · Chung Park²

¹Department of Science Education, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

²Korea Institute of Curriculum and Evaluation,
25-1 Samchung-dong, Choongro-ku, Seoul 110-230, Korea

Abstract : The purpose of this study was to verify the trends of Korean students' achievement of earth science, especially the gender differences, in recent two international comparative studies, TIMSS-R (The Third International Mathematics and Science Study-Repeat) and PISA 2000 (Programme for International Student Assessment). To achieve this purpose, the 33 earth science items in TIMSS-R and 13 earth and environmental science items in PISA 2000 were analyzed. As a result of the comparison between Korean- and international percent correct, Korean students showed especially higher achievement in close-ended items or items required 'understanding of simple information.' Korean students, in particular Korean male students, also showed higher achievement in items of data interpretation. On the other hand, Korean students, in particular Korean female students, showed relatively lower achievement in astronomy items. The serious gender differences occurred in all aspects of items, regardless of item content, item format, and performance expectations.

Keywords : international comparative studies, earth science, close-ended items, understanding of simple information, gender differences

요약 : 이 연구에서는 최근 수행된 국제 비교 연구인 TIMSS-R과 PISA 2000에 나타난 우리 나라 학생들의 지구 과학 영역에 대한 전체적인 성취도 및 성 차이 경향을 파악하였다. 이를 위해 1999년에 실시된 TIMSS-R에 포함된 33개의 지구 과학 관련 문항과 2000년에 실시된 PISA에 포함된 13개의 지구 환경 과학 문항에 대한 국제 및 국내 평균 정답율을 비교하였다. 분석 결과, 우리 나라 학생들은 문항 유형별로는 선택형 문항에서, 수행 영역별로는 단순 정보 이해 문항에서 국제 평균 정답율에 비해 큰 차이를 보이며 높게 나타났다. 또한, 우리 나라 학생들은 그래프 해석, 표 해석 등 자료 해석과 관련된 문항에서 국제 평균보다 특히 높은 정답율을 나타냈는데, 이러한 경향은 남학생들에게 더 두드러졌다. 한편, 우리 나라 학생들은 천문학 문항에서 상대적으로 가장 낮은 점수를 나타냈으며, 이는 특히 여학생에게 더 심하게 나타났다. 우리 나라 여학생들은 문항의 내용, 유형, 수행 영역 등 모든 부분에서 남학생들보다 낮은 정답율을 보여 심각한 성 차이를 드러냈다.

주요어 : 국제 비교 연구, 지구 과학, 선택형, 단순 정보 이해, 성 차이

서론

지난 30여 년 동안 국내 과학 교육계에서 다양한

문제점들이 꾸준히 지적되고 있음에도 불구하고, 과학과 관련된 국제 비교 연구에서 우리 나라 학생들은 예외 없이 뛰어난 결과를 보여주고 있다. 이렇게 우수한 결과는 대중 매체 수준에서 일시적 관심을 보여왔을 뿐 국내 과학 교육 학계에서 그 원인과 실

체에 대해 체계적으로 심층 분석한 경우는 드물었다. 이는 많은 시간, 비용, 노력을 동원하여 국가 차원에서 실시하는 국제 비교 결과를 다각도로 심층 분석하여, 자국의 교육 개혁에 적극적으로 반영하고 있는 선진 외국의 정책과 크게 대비되는 현실이다. 1984년에 실시된 SISS(The Second International Science Study)를 토대로 학교 효과와 과학 성취도에서의 성 차이에 관해 심층 분석한 호주의 연구(Young & Fraser, 1994), 1991년 실시된 IAEP(International Assessment of Educational Progress) 결과를 토대로 성 차이를 심층 분석한 미국의 연구(Beller & Gafni, 1996), 1995년 실시된 TIMSS(The Third International Mathematics and Science Study) 결과를 토대로 학생들이 과학적 설명을 해 나가는 형태에 대해 심층 분석한 이스라엘의 연구(Zuzovsky & Tamir, 1999) 등은 모두 대규모의 국제 비교 연구에 참여한 국가들마다 자국 학생들의 성취 수준 및 경향을 구체적인 수준에서 파악한 예들이다.

우리 나라의 경우, 1981년 실시된 SISS 이래로 1995년의 TIMSS, 1999년의 TIMSS-Repeat(TIMSS 반복 연구, 이하 TIMSS-R), 그리고 2000년의 PISA(Programme for International Student Assessment, 이하 PISA 2000)에 이르기까지 지난 20년 동안 꾸준히 국제 비교 연구에 참여하고 있다. 그러나, 이들 국제 비교 연구에 나타난 우리 나라 학생들의 성취 경향을 심층 분석하는 연구는 김성숙 외(1999)의 TIMSS-R 국내 결과가 나오기 시작하면서 본격화되었고, 이어 TIMSS-R 지구 과학 문항의 국내 결과를 토대로 국내 학생들의 정답을 경향을 분석한 연구(명전옥과 유준희, 2000), 문항 반응 이론을 활용하여 TIMSS-R에 포함된 수행형 문항과 선다형 문항의 특징을 분석한 연구(박 정, 2001), PISA 국내 결과를 토대로 우리 나라 학생들의 과학 성취도 경향을 분석한 연구(신동희와 노국향, 인쇄 중), PISA 2000 지구 환경 과학 영역 문항을 가지고 국내 학생들의 성취도 결과를 성 차이 측면에서 분석한 연구(신동희 외, 심사 중) 등이 진행되어 오고 있다. 이상과 같이, 대규모 국제 비교 연구 결과를 우리 나라 학생들의 과학 성취 특성과 연결짓는 연구는 TIMSS-R과 PISA 2000 실시가 마무리된 이후 최근 2년 동안 집중되었다.

우리 나라 학생들은 최근의 국제 비교 연구에서 모두 두각을 나타냈는데, 중학교 2학년 학생들을 대

상으로 교육 과정에 근거한 과학 지식을 평가하는 TIMSS-R에서는 싱가포르, 헝가리, 일본에 이어 4위를 차지했고(Martin *et al.*, 2000), 대부분이 고등학교 1학년 학생인 만 15세 학생들을 대상으로 과학적 소양을 평가하는 PISA 2000에서는 1위를 차지하였다(OECD, 2001). 그러나, 성 차이 측면에서 살펴보면 1995년의 TIMSS에 이어 1999년의 TIMSS-R에서도 남학생이 여학생보다 유의미하게 높은 성취도를 나타낸 국가 중 하나로 나타났다. 이러한 성 차이는 PISA 2000 과학 영역에서 더욱 심각하게 드러나 우리 나라 학생들은 전체 평균에서 1위를 차지함과 동시에 성 차이에서도 세계 1위를 차지하는 문제점을 드러냈다. 지구 과학 영역의 경우도 마찬가지여서, TIMSS-R에서 우리 나라 학생들의 평균 정답율은 여학생이 60%, 남학생이 65%로 남학생이 여학생보다 통계적으로 의미 있는 차이로 높은 정답율을 나타냈으며(Mullis *et al.*, 2000), PISA 2000의 지구 환경 과학 영역에서도 우리 나라 학생들의 평균 정답율은 여학생이 50.8%, 남학생이 55.5%로 역시 남학생이 의미 있는 차이로 높은 정답율을 나타냈다(신동희 외, 심사 중). 특히, PISA 2000에서 지구 환경 과학은 생명 건강 과학이나 과학 기술 영역보다 성 차이가 더 크게 나타나는 영역으로 밝혀진 바 있다(신동희와 노국향, 인쇄 중).

이 연구는 1999년 중학교 2학년 학생을 대상으로 실시한 TIMSS-R과 2000년 대부분 고등학교 1학년 학생을 대상으로 실시한 PISA 등 최근의 국제 비교 연구 결과를 토대로 지금까지 일부 진행되고 있는 국내 결과 위주의 분석에 추가하여, 국제 결과와 함께 비교함으로써 우리 나라 학생들의 지구 환경 과학 성취도에서 나타난 장점과 단점을 파악하고자 한다. 특히, 무엇보다도 심각한 문제점으로 부각된 성 차이 측면에서 여학생과 남학생의 지구 환경 과학 성취 능력을 보다 구체적으로 논의하고자 한다. 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, TIMSS-R과 PISA 2000의 국제 평균과 비교할 때, 우리 나라 학생들에게 우수한 또는 상대적으로 열등하다고 드러난 지구 환경 과학 관련 문항들의 특징은 어떠한가?

둘째, TIMSS-R과 PISA 2000의 국제 평균과 비교할 때, 우리 나라 학생들에게 성 차이가 두드러지게 나타난 지구 환경 과학 관련 문항들의 특징은 어떠한가?

셋째, 이상의 국제 비교 연구 결과를 통해 우리 나라 과학 교육은 어떠한 방향으로 개선되어야 하는가?

자료 분석 방법

분석 자료

이 연구에 사용된 TIMSS-R 분석 자료는 지구 과학 관련 문항에 대한 학생들의 반응이다. TIMSS-R은 39개 참가국에서 중학교 2학년 학생들의 수학과 과학 성취도를 비교하기 위한 연구로 1999년에 시행되어, 2000년 12월에 국제 결과가 발표되었다. 우리나라는 학교의 도시화 정도(대도시, 중소 도시, 농어촌)와 학교 설립 유형(남, 여, 공학)에 따른 유층화 군집 표집 방법에 의해 전국 150개 학교 6,258명의 중학교 2학년 학생들이 표집되었고, 분석에 사용된 학생수는 6,114명으로 남학생이 3,069명, 여학생이 3,045명이다. TIMSS-R의 과학 성취도 평가를 위하여 사용된 문항은 선다형 104문항, 자유 반응형(수행형)이 39문항이었다(김성숙 외, 1999).

PISA 2000은 OECD가 주관하는 학업 성취도 국제 비교 연구로 우리 나라를 비롯한 세계 31개국의 만 15세 학생들을 대상으로 2000년 7월에 실시되었다. 우리나라는 학교급(중학교, 고등 학교), 학교 교육 프로그램(일반계, 실업계), 학교가 속해 있는 지역의 도시화 정도(광역시, 중소 도시, 농어촌) 등을 기준으로 한 유층 비례 표집 방법에 의해 만 15세 학생 총 5,027명이 표집되었다. 표집은 학교 표집과 학생 표집의 두 단계를 거쳐 실시되어, 먼저 학교 표집을 통해 전국 132개 고등 학교와 12개의 중학교가 추출되었고, 고등 학교 중 일반계 86개교, 실업계 48개교를 선정함으로써 국내 일반계와 실업계 고등 학교의 구성 비율(64:35)을 반영하였다. 다음으로는 표본에 포함된 학교에 재학하는 만 15세 학생의 명단을 작성한 후 이들 중 38명을 무작위로 선정하였다. 이러한 과정을 거쳐 표집된 학생은 여학생이 2,244명, 남학생이 2,783명이었다(노국향 외, 2000).

분석 문항

이 연구에서 분석하는 문항은 TIMSS-R에 포함된 146개의 과학 문항 중 대기 과학, 지질 과학, 천문학

등 전통적 지구 과학 내용과 관련된 25개 문항 및 지구 환경 과학과 관련된 8개 문항 등 총 33개의 지구 환경 과학 문항들(Table 4), PISA 2000에 포함된 35개의 과학 문항 중 13개의 지구 환경 과학 문항들(Table 8)이다.

33개의 TIMSS-R 지구 환경 과학 문항은 대기 과학 영역의 7개 문항, 지질 과학 영역의 12개 문항, 천문학 영역의 6개 문항, 환경 관련 영역의 8개 문항 등으로 구성되어 있다.¹⁾ TIMSS-R 과학 평가들에서 구분한 행동 영역별로 살펴보면, 단순 정보의 이해와 관련된 13문항, 복잡 정보 이해와 관련된 10문항, 이론화 및 문제 해결과 관련된 9문항, 과학의 과정과 관련된 1문항 등으로 구성되어 있다. TIMSS-R 과학 평가들에서 구분한 자연 조사 및 의사 소통 등의 수행 영역과 관련된 문항들은 지구 과학 관련 문항에 포함되지 않았다. 한편, 문항의 유형별로 살펴보면 9개의 서술형 문항과 24개의 선다형 문항으로 구성되어 있다.

13개의 PISA 2000 지구 환경 과학 문항에는 과학 평가들에서 정의한 탐구 기능 중 과학적으로 조사 가능한 문제 인식 능력을 묻는 1문항, 결론 도출 및 평가 능력을 묻는 6문항, 의사 소통 능력을 묻는 1문항 등 탐구와 관련하여 총 8문항이 포함되어 있으며, 나머지 5문항은 과학 지식을 묻는 문항이다. 한편, 지구 환경 과학 영역에는 PISA 과학 평가들에서 정의한 과학적 조사에 필요한 증거 확인 능력에 해당되는 문항이 포함되지 않았다.²⁾ 문항 유형별로 살펴보면, 서술형 문항 7개, 선다형 문항 4개, 진위형 문항 2개 등으로 구성되어 있다. 이들 문항은 모두 글, 그림, 도표, 그래프 등의 형식의 상황 제시 본문과 이들 상황에 관련된 문항으로 이루어진 과제(task) 형식으로 제시되어 있다. PISA 2000에서 지구 환경 과학에 포함되는 과제는 온실 효과, 낮의 길이, 반도 지역, 오존, 지구의 기온 등 5개이다.

분석 방법

TIMSS-R과 PISA 2000의 지구 환경 과학 관련 문항들에서 우리 나라 학생들의 국제적인 성취 수준과 남녀 학생의 차이를 분석하기 위하여 문항 수준에서의 평균 정답율을 비교, 분석하였다. 각 문항에 대한

1) TIMSS-R 과학 평가들에 대한 구체적인 것은 김성숙 외(1999)를 참고한다.

2) TIMSS-R 과학 평가들에 대한 구체적인 것은 노국향 외(2000)을 참고한다.

국제 평균 정답율과 국내 평균 정답율 및 남녀 학생의 평균 정답율은 국제 연구 본부에서 분석한 결과를 사용하였다. 각 문항에서 국내 여학생과 남학생의 정답율 차이를 살펴보고자 두 집단 간 평균 비교를 위한 t-검정을 실시하였다.³⁾

자료 분석 결과

TIMSS-R 자료 분석 결과

TIMSS-R 자료 분석 결과는 33개 지구 과학 관련 문항 각각에 대한 국내 및 국제 평균 정답율, 그리고 여학생과 남학생의 평균 정답율에 근거한 분석 내용을 제시하였다. 또한 지구 과학 내용 영역별, 행동 영역별, 문항 유형별로 국내 및 국제 평균 정답율에 근거한 자료분석 결과를 제시하였다.

가. 지구 과학 내용 영역별 자료 분석 결과

천문학, 환경 과학, 지질 과학, 대기 과학 등 지구 과학 관련 내용 영역별 국내 학생들의 평균 정답율 및 국제 평균 정답율은 Table 1과 같다. 모든 내용 영역에 있어서 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율보다 높게 나타났다. 또한, 국내 및 국제 평균에 있어 남학생들이 여학생들보다 모든 내용 영역에서 높은 정답율을 나타냈으나, 그 차이는 국제 평균보다는 국내 평균에서 더욱 큰 것으로 나타났다.

국내 학생들의 경우, 대기 과학 문항의 정답율이 66.3%로 가장 높았고, 이어 지질 과학(65.9%), 천문학(64.1%), 환경 과학(60.3%) 문항의 순으로 정답율이 높았다. 이러한 정답율 경향은 여학생과 남학생이 동일한 것으로 나타났다. 반면, 국제 평균 정답율의 경우, 여학생과 남학생 모두 천문학 문항의 정답율이 57.5%로 가장 높았고, 이어 대기 과학(52.2%), 지질 과학(50.7%), 환경 과학(45.9%)의 순으로 정답율이

높았다. 국제 평균 정답율 경향도 여학생과 남학생이 동일한 것으로 나타났다. 성 차이 측면에서 살펴보면, 남학생이 여학생보다 높은 정답율을 나타냈는데, 국내 평균 성 차이가 국제 평균 성 차이보다 큰 것으로 나타났다. 특히, 우리나라의 경우 천문학 문항에서의 성별 정답율 차이가 7.7%나 되는 것으로 나타난 점이 주목할 만하다. 국내·외 모두 대기 과학 문항에서 성별 정답율 차이가 가장 적은 것으로 나타났다.

국제 평균 정답율과 국내 평균 정답율에 있어 가장 큰 차이를 보인 내용 영역은 지질 과학 영역으로, 우리나라 학생들은 국제 평균보다 13.4%나 높은 정답율을 보였으며, 남학생의 차이(13.7%)는 여학생의 차이(12.9%)보다 더 컸다. 한편, 국내 평균 정답율과 국제 평균 정답율의 차이가 가장 작게 나타난 내용 영역은 천문학으로 6.6%로 나타났다.

나. 행동 영역별 자료 분석 결과

TIMSS-R의 과학 평가들에서 구분한 단순 정보 이해, 복합 정보 이해, 이론화와 문제 해결, 과학의 과정, 자연 조사, 의사 소통 등의 행동 영역을 기준으로 국내 및 국제 평균 정답율을 살펴보면 Table 2와 같다. 다만, 33개의 지구 과학 관련 문항 중 자연 조사나 의사 소통 등에 해당되는 문항은 없고, 과학의 과정 행동 영역에 해당되는 문항이 1개(E03)에 불과하다. 따라서, 이들 '이론화와 문제 해결' 및 '과학의 과정' 등 과학 탐구 기능과 관련된 2개 행동 영역에 해당되는 문항들을 묶어 단순 정보 이해, 복합 정보 이해, 탐구 등의 3개 행동 영역을 기준으로 국내 및 국제 평균 정답율을 살펴보기로 한다.

국내 학생들의 성별에 관계없이 모든 행동 영역에 있어서 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율보다 높게 나타났다. 또한, 국내 및 국제 평균에 있어 남학생들이 여학생들보다 모든 수행 영역에서 높은 정

Table 1. Comparison of Earth Science Contents in TIMSS-R (% Correct)

Mean Type	Korean				International				Korean-International		
	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male
Astronomy	64.1	60.2	67.9	-7.7	57.5	55.3	59.8	-4.5	6.6	4.9	8.1
Environmental Science	60.3	57.7	62.9	-5.2	48.0	45.9	50.2	-4.3	12.3	11.8	12.7
Geology	65.9	63.6	68.1	-4.5	52.5	50.7	54.4	-3.7	13.4	12.9	13.7
Meteorology	66.3	64.3	68.2	-3.9	54.0	52.2	55.7	-3.5	12.3	12.1	12.5

3) PISA 2000 참여국 전체 성취도에 대한 원자료는 2002년 1월 현재 미공개 상태이므로 이 연구에서는 국내 성취도 자료에 대한 유의미도 검증만 실시하였다.

Table 2. Comparison of Performance Expectations in TIMSS-R (% Correct)

Mean Type	Korean				International				Korean-International		
	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male
Simple Information	67.4	65.1	69.6	-4.5	51.9	49.8	54.0	-4.2	15.5	15.3	15.6
Complex Information	64.7	61.6	67.7	-6.1	55.1	52.5	57.7	-5.2	9.6	9.1	10.0
Process	60.0	57.5	62.4	-4.9	50.6	49.3	52.1	-2.8	9.4	8.2	10.3

답을 나타냈으나, 그 차이는 지구 과학 내용 영역 별 정답을 결과에서와 마찬가지로 국제 평균보다는 국내 평균에서 더욱 큰 것으로 나타났다.

국내 평균 정답율은 단순 정보 이해(67.4%), 복합 정보 이해(61.6%), 탐구(60.0%) 등의 순으로 높게 나타난 반면, 국제 평균 정답율은 복합 정보 이해(55.1%), 단순 정보 이해(51.9%), 탐구(49.3%) 등의 순으로 높게 나타났다. 국내·외를 막론하고 여학생들과 남학생들의 정답율 차이가 가장 큰 행동 영역은 복합 정보 이해였다. 탐구 문항에 있어 우리 나라 여학생들은 남학생들보다 평균 4.9% 낮은 정답율을 보인 반면, 국제 평균을 살펴보면 그 차이가 2.8%로 나타나 단순 정보 이해나 복합 정보 이해보다 성 차이가 적게 나타나는 행동 영역임을 보여주었다. 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율에 비해 가장 높은 행동 영역은 단순 정보 이해로 그 차이가 15.5%였고, 탐구 영역은 그 차이가 9.4%로 가장 작았다.

다. 문항 유형별 자료 분석 결과

문항의 유형에 관계없이 여학생과 남학생 모두 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율보다 높게 나타났다(Table 3). 또한, 국내 및 국제 평균에 있어 남학생들이 여학생들보다 서술형 및 선다형 모두 높은 정답율을 나타냈으나, 그 차이는 내용 및 행동 영역 별 정답을 결과에서와 마찬가지로 국제 평균보다는 국내 평균에서 더 큰 것으로 나타났다. 우리 나라 학생들은 성별에 관계없이 서술형 문항(60.6%)에서보다는 선다형 문항(65.7%)에서 더 높은 정답율을 나타냈다. 이러한 경향은 국제 평균 결과에서도 같게 나

타났지만, 두 유형별 정답율 차이에 있어서는 국내 평균 정답율 차이(4.9%)가 국제 평균 정답율 차이(1.0%)보다 큰 것으로 나타났다. 특히, 우리 나라와는 달리 여학생들의 국제 평균 정답율에 있어 선택형과 서술형 문항 간 차이가 거의 나타나지 않는 점(0.1%)은 주목할 만하다. 한편, 서술형에서의 국내 및 국제 평균 정답율 차이가 8.9%인 반면, 선다형에서의 국내 및 국제 평균 정답율 차이는 13.0%로 그 차이가 더 크게 나타난 점은 주목할 만하다.

라. 문항 수준의 자료 분석 결과

TIMSS-R에 포함된 35개 지구 과학 관련 내용 문항들에 대한 국내 및 국제 평균 정답율과 성별 평균 정답율을 정리하면 Table 4와 같다. Table 4를 토대로 국내 및 국제 평균 정답율을 전체적으로 비교하고 성 차이 측면에서도 논하기로 한다.

1) 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율보다 낮은 문항

우리 나라 학생들은 문항 H03과 W01(2)를 제외한 나머지 문항에서 국제 평균보다 높은 정답율을 보였다. 지구 과학 문항의 경우 우리 나라 학생들의 평균 정답율이 국제 평균 정답율에 비해 평균적으로 11.7%의 차이를 보이며 높은 정답율을 나타낸 것과는 달리, 문항 H03과 W01(2)의 경우 국제 평균 정답율에 비해 각각 1.4%, 15.2%의 차이를 보이며 낮게 나타났다.⁴⁾

문항 H03는 스스로 빛을 내지 못하는 달이 밤에 밝게 보이는 이유를 묻는 선택형 문항이다. 우리 나라 학생들의 평균 정답율이 국제 평균 정답율에 비해

Table 3. Comparison of Item Types in TIMSS-R (% Correct)

Mean Type	Korean				International				Korean-International		
	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male
Open-ended	60.6	57.9	63.1	-5.2	51.7	50.3	53.2	-2.9	8.9	7.6	9.9
Multiple-choice	65.7	63.1	68.2	-5.1	52.7	50.4	54.9	-4.5	13.0	12.7	13.3

4) 문항 H03는 공개가 허용되지 않은 문항이므로 이 논문에서 구체적인 채점 기준을 제시할 수 없음을 밝힌다.

Table 4. Differences between Korean and International Mean in TIMSS-R Earth Science Items (% Correct)

ID	Simple Description	Area ¹	PE ²	Type ³	Korean			International			Korean-International					
					Total	Female	Male	Total	Female	Male	Total	Female	Male			
					F-M	p	F-M	F-M	p	F-M	p	F-M	p			
A12	River flow in V-shaped valley	G	CI	M	60.5	60.6	60.4	0.2	.974	57.3	55.7	58.8	-2.9	3.2	4.9	1.6
B01	Earth's inner structure	G	SI	M	85.0	79.8	90.0	-10.2	.000***	82.2	79.9	84.6	-4.7	2.8	-0.1	5.4
B05	Wind direction and average temperature in mountain	G	TAS	M	55.2	50.5	59.8	-9.3	.000***	47.1	45.9	48.3	-2.4	8.1	4.6	11.5
C07	Mountain forming age	G	CI	M	59.1	59.9	58.4	1.5	.513	34.5	31.7	37.2	-5.5	24.6	28.2	23.9
C11	Effect of CO ₂ increase	E	CI	M	56.8	50.6	62.8	-12.2	.000***	45.9	41.0	50.9	-9.9	10.9	9.6	11.9
D03	Direction of river flow	G	TAS	M	50.1	43.3	56.9	-13.6	.000***	37.0	32.9	41.2	-8.3	13.1	10.4	15.7
E09	Earth's temperature change	M	TRS	M	83.2	84.0	82.5	1.5	.106	74.1	74.0	74.3	-0.3	9.1	10.0	8.2
E12	Limestone	G	SI	M	71.3	69.6	73.0	-3.4	.209	51.7	50.6	52.8	-2.2	19.6	19.0	20.2
F04	Area of soil erosion	G	SI	M	82.9	82.0	83.6	-1.4	.282	67.9	66.3	69.5	-3.2	15	15.9	14.1
F05	Use of oxygen supplier in high mountain climbing	M	CI	M	93.5	93.0	93.9	-0.9	.369	78.8	78.2	79.4	-1.2	14.7	14.8	14.5
G11	Definition of sedimentary rock	G	SI	M	86.2	88.1	84.3	3.8	.012*	53.5	54.2	52.8	1.4	32.7	33.9	31.5
G12	Non-recyclable resources	E	SI	M	81.8	79.6	84.0	-4.4	.006**	54.0	51.3	56.8	-5.5	27.8	28.3	27.2
H03	Reason why the moon looks brighter at night	A	CI	M	80.1	77.2	82.9	-5.7	.000***	81.5	78.8	84.2	-5.4	-1.4	-1.6	-1.3
H04	Organic-rich soil layer	G	SI	M	52.5	52.5	52.6	-0.1	.930	48.2	44.8	51.6	-6.8	4.3	7.7	1.0
I16	Energy of water cycle	M	SI	M	68.5	61.8	75.1	-13.3	.000***	62.0	57.3	66.7	-9.4	6.5	4.5	8.4
I17	The oldest animal in the earth	G	SI	M	41.2	33.6	48.7	-15.1	.000***	23.5	20.7	26.3	-5.6	17.7	12.9	22.4
I18	Acid rain	E	TAS	O	23.9	21.4	26.3	-4.9	.112	23.6	21.3	26.1	-4.8	0.3	0.1	0.2
J01	Movement of plates	G	CI	M	83.0	82.3	83.6	-1.3	.787	74.7	75.4	74.1	1.3	8.3	6.9	9.5
J06	Reason of weather change	A	CI	M	30.1	28.4	31.8	-3.4	.302	26.5	23.4	29.5	-6.1	3.6	5.0	2.3
J08	UV protection cream	M	SI	M	77.0	80.2	73.8	6.4	.042*	62.0	62.0	61.9	0.1	15.0	18.2	11.9
J09	Interpretation of an unknown planet	A	TAS	O	76.8	77.0	76.6	0.4	.959	65.9	68.2	63.8	4.4	10.9	8.8	12.8
K15	Production of fossil fuel	G	SI	M	63.5	61.0	65.9	-4.9	.153	52.3	49.7	55.2	-5.5	11.2	11.3	10.7
K16	Reason of acid rain	E	SI	M	54.0	51.8	56.3	-4.5	.218	33.1	31.4	35.1	-3.7	20.9	20.4	21.2
O10	Ozone hole	E	TAS	O	67.4	60.8	73.8	-13	.000***	49.4	46.8	51.9	-5.1	18.0	14.0	11.9
O12	Major gas in the atmosphere	M	SI	M	53.4	50.2	56.6	-6.4	.124	28.3	26.8	29.9	-3.1	25.1	23.4	26.7
O14	The relative size of planets	A	TAS	O	81.4	75.7	86.9	-11.2	.000***	68.7	67.0	70.5	-3.5	12.7	8.7	16.4
Q11	Meaning of one year in the earth	A	CI	M	60.6	53.1	68.1	-15	.000***	54.5	49.2	59.9	-10.7	6.1	3.9	8.2
Q16	Distance between two planets	A	CI	O	55.4	50.0	60.8	-10.8	.001**	48.0	44.9	51.1	-6.2	7.4	5.1	9.7
R04	Differences of gas component	M	TAS	O	45.2	44.8	45.6	-0.8	.731	32.9	30.8	35.1	-4.3	12.3	14.0	10.5
R06	Greenhouse effect	E	SI	M	46.5	41.7	51.4	-9.7	.005**	33.4	29.5	37.5	-8.0	13.1	12.2	13.9
W1-1	Positive effect of dam in valley	E	TAS	O	85.4	85.8	85.0	0.8	.676	66.2	65.4	67.0	-1.6	19.2	20.4	18
W1-2	Negative effect of dam in valley	E	TAS	O	33.4	34.1	32.7	1.4	.600	48.6	45.6	51.5	-5.9	-15.2	-11.5	-18.8
W2-1	Reason of drinking water shortage-1	E	TAS	O	85.0	83.1	86.8	-3.7	.033*	70.2	70.7	69.8	0.9	14.8	12.4	17.0
W2-2	Reason of drinking water shortage-2	E	TAS	O	68.9	68.3	69.4	-1.1	.557	56.0	56.1	55.8	0.3	12.9	12.2	13.6
Z02	Water cycle	M	TAS	O	43.3	36.4	50.0	-13.6	.000***	39.7	36.5	42.8	-6.3	3.6	-0.1	7.2

¹A: Astronomy, E: Environmental science, G: Geology, M: Meteorology

²PE: Performance Expectations, SI: Understanding of Simple Information, CI: Understanding of Complex Information, TAS; Theorizing, analyzing, and solving problems, TRS: Using tools, routine procedures, and science processes

³O: Open-ended, M; Multiple-choice, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

15.2%나 낮게 나타난 문항 W01(2)는 계곡에 건설된 댐을 그림으로 주고, 계곡에 댐을 건설하였을 때 계곡 부근의 농장의 농사에 미치는 부정적인 효과를 서술하도록 한 서술형 문항이다. 이 문항은 특히 남학생의 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율보다 18.8%나 낮게 나타나 여학생의 평균 정답율 차이인 11.5%보다 훨씬 컸다. 한편, 이 문항과 같은 상황에서 댐 건설이 농사에 미치는 긍정적인 효과를 서술하도록 한 문항 W01(1)의 경우, 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율에 비해 19.2%나 되는 차이를 보이며 높게 나타난 결과와 대비된다. 문항 W01(2)의 채점 기준 코드별 평균 정답율은 Table 5와 같다.

문항 W01(2)의 채점 기준 코드별 정답율을 살펴보면, 33.3%나 되는 국내 학생들이 오답에 해당되는 코드 70의 답안을 써서, 이 문항에 대한 정답율이 낮은 원인이 되었다. 다시 말해, 우리 나라 학생들은 “홍수” 또는 “댐이 터진다” 등 그저 댐 건설에 따른 부정적인 영향만을 언급하고 농사에의 영향과 연관 짓지 않은 답안이 많았다.

2) 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율보다 크게 높은 문항

35개 지구 과학 관련 문항 중 국내 평균 정답율과 국제 평균 정답율에 있어 가장 큰 차이(32.7%)를 보이며 높게 나타난 문항은 퇴적암의 정의를 묻는 선다형 문항인 G11이다. 이 문항은 국내와 국제 평균 정답율에 있어 모두 여학생이 높게 나타난 문항이기도 하다. 문항 G11에 이어 국내와 국제 평균 정답율의 차이가 큰(27.8%) 문항은 재생 불가능한 천연 자원을 묻는 선다형 문항인 G12이다. 다음으로 국내와

국제 평균 정답율 차이가 큰(25.1%) 문항은 대기를 구성하는 기체에 대해 묻는 선다형 문항인 O12로 나타났다. 이 밖에도 그림을 보고 산이 만들어진 연대를 비교하는 선다형 문항인 C07, 산성비의 원인을 묻는 선다형 문항인 K16, 지하 동굴을 이루는 암석에 대해 묻는 선다형 문항인 E12, 계곡에 댐을 건설했을 때 계곡 주변 농장의 농사에 주는 긍정적 효과에 대해 묻는 서술형 문항인 W01(1), 지구에서 가장 오래 살아 온 동물에 대해서 묻는 선다형 문항인 I17 등은 국내와 국제 평균 정답율 차이가 각각 24.6%, 20.9%, 19.6%, 19.2%, 17.7% 등으로 크게 나타났다.

3) 여학생의 평균 정답율이 남학생의 평균 정답율보다 높은 문항

우리 나라의 경우, 33개 문항 중 여학생의 평균 정답율이 남학생보다 높은 문항은 8개(A12, C07, E09, G11, J08, J09, W01(1), W01(2))이고, 나머지 문항에서 남학생의 평균 정답율이 더 높게 나타났다. 이 중에서 국제 평균 정답율 측면에서 보면, 여학생이 남학생보다 높은 평균 정답율을 나타내는 문항은 6개(G11, J01, J08, J09, W02(1), W02(2))로 다소 차이가 있다. 국내 정답율 결과, 여학생이 남학생보다 높은 정답율을 보인 8개 문항 중 통계적으로 유의미한 차이를 보이며 높은 정답율을 보인 문항으로는 G11과 J08이 있다. 이들 두 개 문항은 모두 선다형 문항으로, 문항 G11은 퇴적암의 정의를, 문항 J08은 햇빛 차단제를 바르는 이유를 묻고 있다. 이 밖에도 그림을 보고 산이 만들어진 연대를 묻는 선다형 문항인 C07, 강의 흐름과 모습의 변화에 대해 묻는 선다형 문항인 A12, 기온 변화 자료를 보고 날씨를 추측하

Table 5. Marking Guide of Hem W01 (2)

	Code	Description	% Correct	
			Korean	International
Correct response	10	Mentions the dam breaking (resulting in flooding)	17.2	24.5
	11	Mentions the river drying up or decreasing water supply	10.4	17.5
	12	Mentions a soil-related problem of the dam	0.7	2.6
	13	Mentions upsetting ecological balance	4.8	1.4
	19	Other correct	0.2	2.7
Incorrect response	70	Mentions a negative effect but it does not clearly address the issue of farming or the effect of the dam	33.3	9.6
	71	Response indicates a misconception of how dam functions (controlled release of water)	20.5	7.0
	79	Other incorrect (including crossed out/erased, stray marks, illegible, or off task)	5.5	17.1
Non-response	99	Blank	7.4	17.7

는 선다형 문항인 E09, 특정 행성에 관한 정보를 제시한 후 그 행성에 인간이 살 수 없는 이유를 서술하는 J09, 댐 건설의 긍정적 및 부정적 효과에 대해 서술하는 W01 등의 문항들에서 여학생들이 남학생들보다 높은 정답율을 나타냈다. 한편, 판의 이동에 대해 묻는 선다형 문항인 J01, 식수난이 생기는 두 가지 원인을 서술하도록 한 W02 등의 문항들은 국내 결과와는 달리 여학생의 국제 평균 정답율이 남학생보다 높은 문항들이다.

4) 남학생의 평균 정답율이 여학생의 평균 정답율보다 유의미하게 높은 문항

국내 남학생의 평균 정답율이 여학생보다 높게 나타난 27개 문항 중 통계적으로 유의미한 차이를 나타내는 문항은 B01, B05, C11, D03, G12, H03, I16, I17, O10, O14, Q11, Q16, R06, W2(1), Z02 등 15개 문항이다. 이들 문항 중 선다형 문항으로는 지구의 내부 구조를 묻는 B01, 산의 고도에 따른 바람의 방향과 평균 기온을 알아내는 B05, 이산화탄소 양의 증가가 대기에 미치는 영향을 묻는 C11, 등고선을 보고 강물이 흐르는 방향을 예측하는 문항인 D03, 재생 불가능한 자원을 묻는 G12, 달이 밤에 밝게 보이는 이유를 묻는 H03, 물의 순환을 일으키는 에너지를 묻는 문항인 I16, 지구에서 가장 오래 된 동물을 묻는 I17, 지구의 1년이라는 시간 단위에 대해 묻는 Q11, 지구 온난화로 발생하는 현상을 묻는 R06 등 10개 문항이 있다. 한편, 남학생이 의미 있는 차이를 보이며 높은 정답율을 나타낸 문항 중 서술형 문항으로는 오존층의 구멍이 인간에게 해로운 이유를 묻는 O10, 지구에서 본 목성과 달의 크기에 대해 서술하는 O14, 태양 빛이 달을 거쳐 지구로 오기까지 걸리는 시간을 서술하는 Q16, 식수난이 생기는 원인을 서술하는 W02(1), 물의 순환 과정을 그리도록 한 Z02 등 5개 문항이 있다.

5) 국내 및 국제 성 차이의 경향이 크게 다른 문항 국제 평균 정답율의 성 차이와 국내 평균 정답율

의 성 차이는 문항에 따라 그 경향이 다르게 나타나는데, B01, B05, I17, O10, O14, W02(1), Z02 등은 국내 여학생과 남학생의 성 차이가 국제 평균 성 차이보다 두드러지게 커서 국내 여학생들의 평균 정답율이 남학생들의 평균 정답율보다 낮았다. 한편, C07, H04, J08, W2(1) 등은 국제 평균 여학생들의 정답율보다 국내 평균 여학생들의 정답율이 상대적으로 높게 나타난 문항들이다.

PISA 2000 자료 분석 결과

PISA 2000 자료 분석 결과, 13개 지구 환경 과학 문항 각각에 대한 국내 및 국제 평균 정답율과 행동 영역별, 문항 유형별로 국내 및 국제 평균 정답율에 근거한 분석 내용을 제시하였다.⁵⁾

가. 지식과 탐구 과정별 자료 분석 결과

PISA의 과학 평가들에서 구분한 결론 도출하기, 의사소통하기, 증거 확인하기, 문제 인식하기 및 과학 지식 이해하기 등의 5가지 과정을 기준으로 국내 및 국제 평균 정답율을 살펴보면 Table 6과 같다. 다만, 13개의 지구 과학 관련 문항 중 의사 소통하기 과정과 관련된 문항이 1개에 불과하므로 이들 결론 도출, 의사 소통, 증거 확인, 문제 인식 등에 해당되는 8개 문항을 묶어 과학 탐구로, 과학 지식의 이해에 해당되는 5개 문항을 지식으로 다시 구분하여 국내 및 국제 평균 정답율을 살펴보았다.

국내 여학생들과 남학생들의 평균 정답율은 지식과 탐구 문항 모두에서 국제 평균 정답율보다 높게 나타났다. 또한, 국내 및 국제 평균에 있어 남학생들이 여학생들보다 과학 지식과 탐구 문항에서 모두 높은 정답율을 나타냈으나, 그 차이는 국제 평균보다는 국내 평균에서 더욱 큰 것으로 나타났다. 특히, 국내·외를 막론하고 과학 탐구보다는 과학 지식 문항에서 여학생들과 남학생들의 정답율 차이가 큰 것으로 나타났다. 탐구 문항에 대한 국제 평균 정답율에 있어

Table 6. Comparison of Knowledge and Scientific Process in PISA 2000 (% Correct)

MeanType	Korean				International				Korean-International		
	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male
Knowledge	56.1	52.6	58.9	-6.3	44.9	42.5	47.5	-5.0	11.2	10.1	11.4
Scientific Processes	54.9	52.8	56.5	-3.7	41.9	41.8	42.2	-0.6	13.0	11.0	14.3

5) PISA 지구 환경 과학 문항은 13개에 불과하고, 천문, 대기, 지질, 환경 등으로 뚜렷이 구분하기가 어려운 문항이 많아 지구 과학 내용 영역별 평균 정답율 분석은 실시하지 않았다.

Table 7. Comparison of Item Type in PISA 2000 (% Correct)

MeanType	Korean				International				Korean-International		
	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male
Open-ended	47.0	43.7	49.5	-5.7	37.0	35.7	38.4	-2.7	10.0	8.0	11.1
Close-ended*	65.2	63.2	66.8	-3.6	50.1	49.4	51.1	-1.7	15.1	13.8	15.7

*Close-ended = Multiple choice + True/False

서 여학생과 남학생의 평균 정답을 차이는 0.6%로 매우 작았다.

나. 문항 유형별 자료 분석 결과

TIMSS-R 결과에서와 마찬가지로, 문항의 유형에 관계없이 여학생과 남학생 모두 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율보다 높게 나타났다(Table 7). 또한, 국내 및 국제 평균에 있어 남학생들이 여학생들보다 서술형 및 선택형 모두 높은 정답율을 나타냈으나, 그 차이는 국제 평균보다는 국내 평균에서 더 큰 것으로 나타났다. PISA 지구 환경 과학 문항 중 진위형 문항이 2개에 불과하므로, 선다형과 진위형 문항을 묶어서 선택형으로 구분하였다.

우리 나라 학생들은 성별에 관계없이 서술형 문항(47.0%)에서보다는 선택형 문항(65.2%)에서 더 높은 정답율을 나타냈다. 이러한 경향은 국제 평균 결과에서도 같게 나타났지만, 두 유형별 정답율 차이에 있어서는 국내 평균 정답율 차이(18.2%)가 국제 평균 정답율 차이(13.1%)보다 큰 것으로 나타났다. 특히, 우리 나라와는 달리 여학생들의 국제 평균 정답율에 있어 선택형과 서술형 문항 간 차이가 거의 나타나지 않는 것(0.1%)은 주목할 만하다. 한편, 서술형에서의 국내 및 국제 평균 정답율 차이가 10.0%인 반면, 선택형에서의 국내 및 국제 평균 정답율 차이는 15.1%로 더 큰 것으로 나타났다.

다. 문항 수준의 자료 분석 결과

PISA에 포함된 13개 지구 환경 과학 문항들에 대한 국내 및 국제 평균 정답율과 성별 평균 정답율을 정리하면 Table 8과 같다. Table 8을 토대로 국내 및 국제 평균 정답율을 전체적으로 비교하고 성 차이 측면에서도 논하기로 한다.

우리 나라 학생들은 대기 중에서 오존이 형성되는 과정을 묻는 서술형 문항인 25301을 제외한 12개 문항에서 국제 평균 정답율보다 높은 정답율을 나타냈

다. 이 문항은 특히 남학생보다 여학생들이 국제 평균 정답율에 비해 더 큰 차이(6.6%)를 보이며 낮은 정답율을 보였다.

13개 지구 환경 과학 관련 문항 중 국내 평균 정답율과 국제 평균 정답율에 있어 가장 큰 차이(23.1%)를 보이며 높게 나타난 문항은 지구에서 밤과 낮이 생기는 원인을 묻는 선다형 문항 12901이었다. 이 밖에도 지문에 주어진 정보를 근거로 추론하는 진위형 문항인 25302, 두 개의 지구 온도 변화 관련 그래프를 해석하는 서술형 문항인 11404, 과학적 문제를 인식하는 진위형 문항인 27703, 주어진 그림과 표를 근거로 추론하는 진위형 문항인 25203, 지구 온난화의 영향에 대한 서술형 문항인 26901, 그래프 해석 문항인 11403 등이 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율보다 크게 높게 나타난 문항들이다.

남학생이 여학생보다 높은 정답율을 보인 문항 수는 9개이고, 이 중 5개 문항의 경우 남학생과 여학생이 의미 있는 차이를 보였다. 한편, 여학생의 정답율이 더 높은 문항 수는 3개로 나타났다. 남학생의 정답율이 여학생의 성취도에 비해 의미 있는 차이로 높게 나타난 문항 5개를 살펴보면, 그래프나 표 등의 자료 해석과 관련된 서술형 문항(11403, 11404), 밤과 낮이 생기는 원인을 묻는 선다형의 지식 문항(12901), 극지방의 얼음이 녹아 생기는 현상을 묻는 서술형의 지식 문항(26901), 산에 불이 나면 대기 중의 CO₂가 증가하는 이유를 묻는 서술형의 지식 문항(26903) 등이 있다. 통계적으로 유의미하지는 않지만, 여학생의 정답율이 남학생의 정답율보다 높게 나타난 문항들은 온실 효과의 원인을 알아내는 서술형 문항인 11405, 자료 해석과 관련된 선다형 문항인 25202, 주어진 자료를 바탕으로 추론하는 문항 25203 등이 있다. 한편, 그래프 해석과 관련된 문항 11403과 11404은 국제 평균 정답율에서보다 더 큰 성 차이를 보이며 국내 여학생들이 남학생들에 비해 두드러지게 낮은 정답율을 보였다.

Table 8. Differences between Korean and International Mean in PISA 2000 Earth and Environmental Science Items (% Correct)

Task title	ID	Simple Description	Knowledge /Process ²	Type ³	Korean			International			Korean-International					
					Total	Female	Male	F-M	p	Total	Female	Male	F-M	Total	Female	Male
Greenhouse	11403	Data(graph) interpretation	Process 3	O	69.5	63.1	74.5	-11.4	.000***	55.0	54.3	55.9	-1.6	14.5	8.8	18.6
	11404	Comparison of two graphs	Process 3	O	58.2	54.7	61.1	-6.4	.009**	38.0	37.7	38.5	-0.8	20.2	17.0	22.6
	11405	Identify factor that causes the Greenhouse Effect	Process 3	O	31.3	32.2	30.3	1.9	.995	24.1	24.1	24.2	-0.1	7.2	8.1	6.1
Daylight	12901	Reason why day and night occur on Earth	Knowledge	M	61.5	54.2	67.4	-13.2	.000***	38.4	33.7	43.2	-9.5	23.1	20.5	24.2
	12902	Draw and label the Earth's axis, the Northern and Southern hemisphere, and the Equator	Knowledge	O	22.4	19.9	24.4	-4.5	.128	16.9	14.7	19.2	-4.5	5.5	5.2	5.2
South Rainea	25201	Data(table) interpretation	Process 3	M	55.2	54.8	55.5	-0.7	.720	48.0	46.0	50.2	-4.2	7.2	8.8	5.3
	25202	Data interpretation & application	Knowledge	M	73.0	74.9	71.4	3.5	.128	72.0	73.4	70.8	2.6	1.0	1.5	0.6
	25203	Inferring based on given data	Process 3	T/F	73.4	73.8	73.1	0.7	.774	54.2	55.4	53.2	2.2	19.2	18.4	19.9
Ozone	25301	The way ozone is formed in the atmosphere	Process 4	O	23.5	22.1	24.5	-2.4	.039*	27.6	28.7	26.8	1.9	-4.1	-6.6	-2.3
	25302	Inferring based on a given information	Process 3	M	55.3	52.7	57.3	-4.6	.170	34.8	34.7	35.0	-0.3	20.5	18.0	22.3
	27003	Recognizing scientific problems	Process 1	T/F	72.7	68.7	75.9	-7.2	.154	53.4	53.1	53.9	-0.8	19.3	15.6	22
Earth's Temperature	26901	Effects of earth's temperature on certain part of the world	Knowledge	O	76.4	71.7	80.1	-8.4	.000***	57.5	54.0	61.2	-7.2	18.9	17.7	18.9
	26903	Relationship between the loss of forest and the amount of CO ₂	Knowledge	O	47.4	42.5	51.3	-8.8	.001**	39.9	36.5	43.3	-6.8	7.5	6.0	8.0

¹A; Astronomy, E; Environmental science, G; Geology, M; Meteorology

²Process 1: Recognizing scientifically investigable questions, Process 2: Identifying evidence needed in a scientific investigation, Process 3: Drawing or evaluating conclusions, Process 4: Communicating valid conclusions

³O; Open-constructed, M: Multiple-choice, T/F: True/False

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

논 의

TIMSS-R과 PISA 2000 분석 결과, 국내 평균 정답율과 국제 평균 정답율을 비교함으로써 나타난 우리 나라 학생들의 강점과 약점을 중심으로 논의하기로 한다.

전체적 특징

우리 나라 학생들은 2개의 국제 비교 연구에서 다음과 같은 일반적 성취 경향을 보였다.

첫째, 우리 나라 학생들은 대기 과학, 지질 과학, 천문학, 환경 과학 등의 순으로 높은 정답율을 보인 반면, 외국 학생들은 천문학, 대기 과학, 지질 과학, 환경 과학 등의 순으로 높은 정답율을 보였다(Table 1). 특히, 천문학 영역의 국내 평균 정답율은 국제 평균 정답율보다는 높지만 대기 과학, 지질 과학, 환경 과학 영역에서 보인 국제 평균 정답율과의 차이보다 훨씬 작아 우리 나라 학생들은 천문학 영역에서 상대적으로 낮은 성취도를 나타냈다.

둘째, TIMSS-R 결과, 우리 나라 학생들은 단순 정보 이해 문항에서, 외국 학생들은 복합 정보 이해 문항 문항에서 가장 높은 정답율을 나타냈다. 한편, 탐구 문항은 국내와 국제 평균 정답율 차이가 가장 작게 나타났다(Table 2). 다시 말해, 우리 나라 학생들의 전체 평균 정답율을 높이는데 크게 기여한 문항이 단순 정보 이해와 관련된 문항임이 드러났다. 이는 단순 정보 이해에 관련된 지식 문항이 전혀 포함되지 않은 PISA 2000에서 우리 나라 학생들은 탐구 문항보다도 지식 문항에서 국제 평균 정답율에 비해 상대적으로 낮은 차이를 보인 점(Table 6)과 대비할 수 있다. 결국, 우리 나라 과학 교육이 여전히 단순 지식의 이해를 가장 강조하고 있음이 다시 한 번 나타난 셈이다.

셋째, 우리 나라 학생들은 외국 학생들에 비해 서술형보다는 선택형에서 더 높은 정답율을 나타냈다(Table 3, Table 7). 다시 말해, 서술형 문항보다는 선택형 문항이 우리 나라 학생들의 전체 평균을 높이는 데 더 많이 기여한 것으로 나타났다. 물론, 외국의 경우도 선택형 문항이 서술형 문항보다 높은 정답율을 보이고 있으나, 우리 나라보다 문항 유형간 차이가 훨씬 작고, 특히 TIMSS-R의 경우 그 차이는 1점에 불과하다. 최근 과학 교육계를 비롯한 교육계 전반에 걸쳐 수행 평가가 부각됨과 더불어 그 장점이

더욱 인정받고 있는 서술형 문항의 성취도가 선택형 문항보다 낮은 것도 우리 나라의 과학 교육이 오랫동안 지녀 온 문제점이 여전히 존재함을 드러내는 결과이다.

넷째, TIMSS-R과 PISA 2000의 지구 과학 관련 문항 46개 중 우리 나라 학생들의 평균 정답율이 외국 학생들에 비해 낮은 문항은 모두 3개인데, 이 중 우리 나라 학생들이 국제 평균 정답율보다 15.2% 낮은 정답율을 보인 댐 건설이 주변의 농사에 주는 부정적 영향을 서술하는 TIMSS-R의 문항이다. 이 문항은 댐 건설과 농사를 연결하여 답해야 하는 문항으로 채점 기준별 정답율 분석 결과, 우리 나라 학생들은 댐 건설의 영향을 농사와 연결하여 종합적으로 서술하지 않고 ‘댐의 붕괴’ 식의 불완전한 답안이 많았다는 것이 드러났다. 이 문항을 통해 우리 나라 학생들은 상황에 맞는 종합적 답안 서술에 문제가 있음이 나타났다.

다섯째, 우리 나라 학생들은 대체적으로 문항 유형별로는 선택형에서, 내용별로는 지질 과학에서, 수행 영역별로는 단순 정보 이해나 자료 해석과 관련된 문항에서 특히 높은 정답율을 보였다. 이는 국내 평균 정답율이 국제 평균 정답율보다 크게 높은 14개 문항들의 분석 결과 나타난 특징이다. 구체적으로, 지질 과학 분야의 단순 정보 이해와 관련된 선택형 문항에서 우리 나라 학생들은 외국의 학생들에 비해 월등히 잘했고, 탐구 기능 중에서는 특히 그래프나 정보 해석과 관련된 문항에서 강세를 보였다.

성 차이

우리 나라 여학생과 남학생들은 2개의 국제 비교 결과 다음과 같은 차이를 나타냈다.

첫째, 우리 나라 여학생과 남학생들은 모두 국제 평균 정답율보다 높은 정답율을 나타냈으나, 그 차이는 남학생의 경우 더 크게 나타났다. 이러한 경향은 내용 영역별(Table 1), 문항 유형별(Table 3, Table 7), 행동 영역별(Table 2, Table 6) 정답율에서 모두 공통적으로 나타나 국내 평균 정답율을 높이는 데 남학생들이 크게 기여하였다.

둘째, 우리 나라 여학생들은 외국의 여학생들에 비해 천문학 영역에서 남학생들보다 큰 차이를 보이며 낮은 정답율을 나타냈다(Table 1). 이는 지구와 달의 운동에 관한 개념 연구에서 남학생이 여학생보다 더 발달된 개념을 가지고 있다는 우종욱 외(1995)의 연

구와 비슷하며, 국내 여학생들이 남학생들보다 대기 과학, 지질 과학 등의 영역보다 천문학 영역에서 남학생들보다 낮은 성취도를 보여주고 있음이 다시 나타난 결과이다.

셋째, TIMSS-R 결과, 국내·외를 막론하고 여학생들은 복합 정보 이해에서 남학생들에 비해 특히 낮은 정답율을 나타냈다(Table 2). 이는 PISA 2000 결과에서도 복합 정보 이해와 관련된 지식 문항에서 여학생들이 특히 더 낮은 정답율을 나타낸 것과 비슷한 결과이다(Table 6). 외국의 경우 탐구 문항에서 여학생과 남학생의 차이가 가장 작게 나타났는데, 이는 TIMSS-R과 PISA 2000에서 공통적으로 나타났다. 우리나라의 경우, TIMSS-R에서는 나타나지 않았지만 PISA 2000 결과 지식보다는 탐구 문항에서 여학생들이 남학생들보다 상대적으로 높은 성취도를 보인 것으로 나타났다. 이는 과학적 소양을 평가하려는 PISA 2000의 문항 특성과 연관지어 설명할 수 있는데, 과학의 구조(constructs of science)에 있어서는 남학생들이, 과학적 탐구나 과학의 사회적 측면에 있어서는 여학생들이 더 높은 성취도를 보인다는 Manhart(1998)의 연구 결과와 맥을 같이 한다.

넷째, 문항의 유형별 성 차이 경향은 TIMSS-R과 PISA 2000 결과가 다소 다르게 나타났다. TIMSS-R의 경우, 우리나라 여학생들은 선택형보다는 서술형 문항에서 남학생에 비해 상대적으로 높은 정답율을 보인 외국의 여학생들과는 달리 선택형과 서술형 모두 남학생과의 차이는 거의 비슷한 차이로 낮은 정답율을 보였다(Table 3). PISA 2000의 경우, 문항 유형별 우리나라와 외국의 여학생들이 나타내는 경향이 비슷해, 서술형과 선택형에서 모두 여학생들의 평균 정답율이 남학생들보다 낮았다(Table 7). 이는 선다형 문항에서는 여학생이, 서술형 문항에서는 남학생이 더 높은 성취 결과를 보인다는 연구 결과들(Bolger & Kellagen, 1990; Mazzeo et al., 1993; Murphy, 1982)과 차이가 난다. 따라서, 문항의 유형별 성 차이에 관해서는 두 개의 국제 비교 연구 결과가 일관성 있는 경향을 보여주지 못한다.

다섯째, 우리나라 여학생이 남학생보다 유의미한 차이를 보이며 높은 정답율을 보인 두 개 문항 중 하나는 햇빛 차단제를 바르는 이유를 묻는 문항으로 학생들의 경험이나 관심이 성취도에 직접적인 영향을 줄 수 있음이 나타난 셈이다. 이는 과학 교육 현장에서 여학생에게 친근한 상황을 많이 도입해 여학생들

의 과학 성취도를 높일 수 있다는 연구 결과(최경희와 김경미, 2001; Bentley & Watts, 1986)와 연결되어 심각한 성 차이를 드러내고 있는 우리나라의 과학 교육 문제점을 해결하는 데 시사점을 제공한다고 할 수 있다.

여섯째, 우리나라 남학생들은 천문학과 관련된 모든 문항(TIMSS-R의 6문항)에서 여학생보다 높은 정답율을 나타냈으며, 이 중 4개 문항에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 또한, 우리나라 남학생들은 환경과 관련된 대부분의 문항에서도 여학생보다 유의미하게 높은 정답율을 나타냈다. 아직까지 우리나라 고등 학교 1학년까지의 과학 교육 과정에서 환경 문제 등을 직접적으로 많이 다루고 있지 않고 있고, 주로 대중 매체나 서적 등의 비정규 교육에서 접하고 있다. 따라서, 환경 관련 문항에서 남학생들의 성취도가 높다는 점은 남학생들이 여학생들보다 과학에 대해 개인적이면서 자발적인 차원에서 많은 관심을 가지고 있음을 나타낸 결과라고 추측할 수 있다. 이러한 결과는 남학생들이 학교 밖에서 습득한 지식에서 여학생들보다 성취도가 높았다는 Hamilton(1998)의 연구 결과와도 연결될 수 있으며, 남학생들이 생소한(novelty) 상황에서 더욱 잘 한다는 Haggerty(1987)의 연구와도 일맥 상통한다. 천문학 문항에서 여학생의 정답율이 남학생보다 낮게 나타난 점은 여학생들이 천문학을 싫어한다는 일반적인 견해에 근거하여 해석할 수도 있으나, 이에 대한 전문적인 선행 연구가 거의 없기 때문에 추후 심층적으로 연구되어야 할 부분이다.

일곱째, 지구의 기온 변화와 관련된 복잡한 그래프를 해석하는 문항, 그림 등의 주어진 자료를 보고 추측하는 문항에서도 우리나라 남학생들이 여학생들보다 특히 잘 한 것으로 드러났다. 이는, 시각화(visualization)와 관련된 문항에서 남학생들의 과학 성취도가 높게 나타난 Hamilton(1998)의 연구와 같은 맥락에서 고려될 수 있다.

여덟째, 산의 고도에 따른 바람의 방향을 추측하거나 등고선을 보고 강물이 흐르는 방향을 예측하는 등 공간 지각 능력이 필요하다고 판단되는 문항들에서도 남학생이 여학생보다 의미 있는 차이를 보이며 높은 정답율을 나타냈다. 공간 지각 능력에 관한 많은 연구 결과를 토대로 남성이 여성보다 공간 지각 능력에서 우수하다고 결론 지은 Maccoby and Jacklin(1974)의 주장과 연결될 수 있다.

결론 및 제언

우리 나라 학생들의 강점과 약점을 세계적 수준에서 파악하기에 국제 비교 연구만큼 효과적인 것은 없다. 특히, 세계 유수의 과학 교육 전문가들이 체계적으로 장기간에 걸쳐 설계한 평가들, 예비 검사 및 지속적인 수정과 보완을 통해 타당성이 입증된 검사 문항, 한 국가를 대표하기에 가장 적절하게 표집된 검사 대상 등 시간, 노력, 비용을 들여 진행되는 국제 비교 연구의 결과는 우리의 과학 교육 현실을 파악할 수 있는 가치 있는 기초 자료를 제공해 줄 수 있다. 최근 우리 나라가 참가한 대규모의 국제 비교 연구 결과 우리 나라 학생들에게 드러난 문제점을 중심으로 정리하고 이를 바탕으로 우리 나라 과학 교육이 나아갈 방향을 제언하기로 한다.

첫째, 지구 과학 성취도에서의 성 차이이다. 우리나라는 전 세계적으로 과학에서의 성 차이가 가장 심하게 나타나는 국가 중 하나임이 최근의 국제 연구 결과 다시 한 번 밝혀졌는데, 이는 국제 비교 연구 결과 드러난 여러 가지 문제점 중 가장 심각한 것으로 우리 나라 과학 교육 학계의 관심이 절실하게 요구된다. 이 연구 결과 알 수 있듯이 지구 과학 영역에서도 예외는 아니어서 내용 영역별, 문항 유형별, 수행 영역별 등에 관계없이 남학생들이 여학생들보다 높은 성취도를 보였다. 결국 우리 나라 학생들이 전 세계적으로도 손꼽히는 과학 성취도를 나타내는 데는 여학생들보다는 남학생들의 역할이 훨씬 컸음을 나타낸다. 특히 과학 교육에서의 성 차이는 과학 지식의 평가에서뿐만 아니라 과학적 소양의 평가에서 오히려 더 심각하게 나타난 점도 주목하여야 한다. 과학 교육에서의 성 차이와 관련된 후속 연구가 이어져 정확한 실태 및 원인을 파악하고 대책을 마련해야 할 것이다.

둘째, 우리 나라 학생들이 세계적으로 두각을 나타낼 수 있는 데 가장 크게 기여한 것은 복합 정보 이해 또는 과학의 탐구와 관련된 문항들이 아니라 단순 정보 이해와 관련된 문항들이라는 사실은 우리나라의 과학 교육에 주는 시사점이 크다. 이는 지난 30년 간 꾸준히 과학 탐구 기능을 강조해 오고 있는 우리의 과학 교육 방향과는 전혀 다른 식의 결과로 실질적으로 우리의 학교 과학 교육의 질이 크게 향상되지 못했음이 드러난 셈이다. 그러나, 지구 과학 관련 문항만을 분석한 이 연구의 한계를 인식하고

추후 과학 전체 문항들에 대한 보다 심층적인 분석을 통해 우리 나라 학생들의 수행 능력에 대한 보다 정확한 실태 파악이 이루어져야 할 것이다.

셋째, 우리 나라 학생들은 서술형 문항보다는 선택형 문항에서 외국 학생들에 비해 두드러지게 잘 했다. 이 결과 역시 우리 나라 학생들이 선택형 중심의 대규모 국제 비교 연구에서 두각을 나타내는 중요한 원인이 될 수 있다. 이는 선택형 위주의 과학 평가로부터 점차 벗어나고자 하는 현재 우리의 노력이 지속될 필요가 있음을 시사한다.

참고문헌

- 김성숙·임찬빈·이춘식·유준희·서동엽, 1999, 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 연구 (TIMSS-R) 국내 평가 결과 분석 연구. 한국교육과정평가원 연구보고 99-7-1, 503p.
- 노국향·최승현·신동희·이소영, 2000, 2000년 OECD 학업 성취도 국제 비교 연구. 한국교육과정평가원 연구보고 PRE 2000-8-1, 386p.
- 명진옥·유준희, 2000, 제3차 수학 과학 학업 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 중 중학 2학년생들의 지구 과학 평가 결과 분석. 한국교과교육학회지, 4(1), 19-32.
- 박 정, 2001, 문항 반응 이론을 활용한 수행형 평가 문항 분석 방법. 교육학연구, 39(2), 215-232.
- 신동희·노국향, 2000, 우리 나라 학생들의 과학적 소양 성취도 결과 분석. 한국과학교육학회지, 인쇄 중.
- 신동희·박 정·노국향, 2000, PISA 2000 지구 환경 과학 영역에서의 남녀 학생 성취도 차이. 한국과학교육학회지, 심사 중.
- 우종욱·이항로·민준규, 1995, 계통도를 이용한 중, 고등 학생들의 지구와 달의 운동에 관한 개념 유형 연구. 한국과학교육학회지, 15(4), 379-393.
- 최경희·김경미, 2001, 여학생에게 친근한 과학 학습 내용 및 방법을 적용한 수업이 여학생들의 과학 학습 태도에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 12(1), 149-159.
- Beller, M. and Gafni, N., 1996, The 1991 International Assessment of Educational Progress in mathematics and science: The gender differences perspective. Journal of Educational Psychology, 88, 365-377.
- Bentley, D. and Watts, D.M., 1986, Courting the positive virtues: A case for feminist science. European Journal of Science Education, 8, 121-134.
- Bolger, N. and Kellaghan, T., 1990, Method of measurement and gender differences in scholastic achievement. Journal of Educational Measurement, 27, 165-174.
- Haggerty, S.M., 1987, Gender and science achievement: A case study. International Journal of Science Education, 9, 271-279.
- 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.
- Maccoby, E.E. and Jacklin, C.N., 1974, *The psychology of sex differences*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Manhart, J.J., 1998, Gender differences in scientific literacy. Paper presented at the Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education: ED 420522.
- Martin, M.O., Mullis, I.V.S., Gonzales, E.J., Gregory, K.D., Smith, T.A., Chrostowski, S.J., Garden, R.A., and O'Connor, K.M., 2000, *TIMSS 1999: International Science Report*. International Study Center Boston College Lynch School of Education, 397 p.
- Mazzeo, J., Schmitt, A.P., and Bleistein, C.A., 1993, Sex-related performance differences on constructed-response and multiple-choice sections of advanced placement examinations (College Board Report No. 92-7). New York: College Entrance Examination Board, 37 p.
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Fierros, E.G., Goldberg, A.L., and Stemler, S.E., 2000, Gender differences in achievement: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). *TIMSS International Study Center*, Boston College, 169 p.
- Murphy, R.J.L., 1982, Sex differences in objective test performance. *British Journal of Educational Psychology*, 52, 213-219.
- OECD, 2001, *Knowledge and skills for life: First results from PISA 2000*. Paris: OECD Publications. 322 p.
- Young, D. and Fraser, B.J., 1994, Gender differences in science achievement: Do school effects make a difference? *Journal of Research in Science Teaching*, 31(8), 857-871.
- Zuzovsky, R. and Tamir, P., 1999, Growth patterns in students' ability to supply scientific explanations: findings from the Third International Mathematics and Science Study in Israel. *International Journal of Science Education*, 21(10), 1101-1121.

2001년 11월 9일 원고 접수
2002년 1월 15일 수정원고 접수
2002년 1월 25일 원고 채택