

# OECD 주관 학생 성취도 국제 비교 연구(PISA 2000) 지구 환경 과학 영역 성취도에서의 성(性) 차이

신동희\* · 박 정 · 노국향  
\*(단국대학교) · (한국교육과정평가원)

## Gender Differences in Achievement of Earth and Environmental Area in PISA 2000

Shin, Donghee\* · Park, Chung · Ro, Kooghyang  
\*(Dankook University) · (Korea Institute of Curriculum & Evaluation)

### ABSTRACT

This study was based on the analysis of earth and environmental science items in PISA 2000 data. The purpose of this study was to identify i) gender differences in scientific literacy, ii) item characteristics that favored either female or male, and iii) misconceptions that 15-years-old Korean students have in the field of earth and environmental science. The results revealed significant gender differences. Overall, male students demonstrated higher level of achievement than female students. On the other hand, amongst high ability students, female students outperformed male students in open-constructed items. Female students tended to score higher on items that required long answers or items related to scientific processes, whereas male students outperformed female students in science knowledge or items that required data interpretation. The study also revealed that a majority of Korean students had misconceptions in fundamental earth and environmental science knowledge, such as the direction of earth's axis and equator, and the causes of Greenhouse Effect.

**Key Words:** earth and environmental science, gender differences, scientific literacy, item characteristics, misconceptions

### I. 서 론

일반적으로 남학생이 여학생보다 과학에 대해 더 긍정적인 태도를 가지고 있고, 과학 성취도도 더 높다는 것을 당연하게 인식하는 경향은 과학 관련 직업 선택에까지 영향을 미쳐 과학 관련 직업에서도 남성

이 여성에 비해 압도적으로 많은 현실로 자연스럽게 연결된다. 성 차이가 나는 원인에 대한 접근 방법은 선천적인 시-공간 능력의 차이, 생활 경험의 차이, 정형화된 성 역할, 학교 내외에서의 과학에 대한 참여도 차이 등으로 정리되고 있다(Meece & Jones, 1996). 그러나, 성 차이의 원인을 분석하기에 앞서, 현

제 당연하게 받아들여지고 있는 과학에서의 성 차이가 과연 존재하는가 자체도 사실 논란의 여지가 있을 수 있다.

이는 과학에 대한 태도보다 과학 성취도 측면에서 더욱 그러한데, 여학생 스스로 남학생보다 과학 성취도가 낮다는 것을 거부감 없이 받아들이고 나아가 진로 선택에까지 영향을 준다는 측면에서 과학 성취도에서의 성 차이 존재 여부에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 특히, 과학 분야 종사자의 수가 과학 기술의 향상으로 이어지고 나아가 국가 경쟁력 신장과 연결된다는 측면에서 본다면 여학생과 남학생들의 '진정한' 과학 성취 능력을 비교해 볼 필요가 있다.

대부분의 과학 성취도 성 차이 연구에서는 지구 과학, 물리, 화학 등의 영역에서 여학생이 남학생보다 뒤떨어진다는 결과를 보여주고 있다(권재술 외, 1999; 우종욱 외, 1999; Becker, 1989; Hedges & Nowell, 1995; Steinkamp & Maehr, 1983). 특히, 능력이 낮은 집단에서는 여학생과 남학생의 성취도가 큰 차이를 나타내지 않지만, 능력이 우수한 집단의 남학생의 경우 동일 집단의 여학생보다 통계적으로 유의미하게 높은 성취도 결과를 나타낸 연구도 보고된 바 있다(Dimitrov, 1999). 반면, 비교적 연구 대상의 규모나 지역이 작은 수준에서 이루어지는 이들 성 차이 관련 연구 결과를 전체적인 경향으로 일반화시키는 것은 위험하다는 주장도 제기되고 있다(McArthur, 1996). 그러나, 많은 국가들이 참여하는 대규모의 과학과 국제 비교 연구에서 나타나는 성 차이의 경우, 연구 결과의 객관성이 높아 여학생과 남학생의 과학 성취도 경향을 비교적 정확하게 파악하는데 근거 자료로 활용할 수 있다.

1991년의 국제 교육 향상 평가(International Assessment of Educational Progress: IAEP)에서 남학생이 여학생에 비해 두드러지게 앞선 영역은 지구 과학과 물리 영역이었다(Beller & Gafni, 1996). 1995년 실시한 제3차 수학·과학 국제 비교 연구(Third International Mathematics and Science Study: TIMSS)에서도 이와 비슷한 결과

가 나타났는데, 우리 나라를 비롯한 많은 참여 국가의 초등 및 중등 학교급 모두 지구 과학, 물리, 화학 영역에서 남학생의 성취도가 유의미하게 높은 반면, 생물, 과학의 본성 및 환경 영역에서는 여학생과 남학생 사이에 의미 있는 성취도 차이를 보이지 않았다(Beaton et al., 1996). 1999년 실시한 제3차 수학·과학 국제 비교 반복 연구(Third International Mathematics and Science Study-Repeat: TIMSS-R)에서도 이와 유사한 경향이 나타났다. 즉 거의 모든 참여국에서 여학생의 과학 성취도가 남학생에 비해 낮은 것으로 발표되었다. 특히, 우리나라의 경우 남학생과 여학생의 성취도 차이가 큰 국가들 중 하나였으며, 지구 과학 영역에서도 남학생이 여학생에 비해 높은 성취도 결과를 나타낸 바 있다(Martin et al., 2000).

이상 예로 든 성 차이 연구에서 사용한 검사 도구들은 예외 없이 학교 교육 과정에 근거한 과학적 지식 또는 과학 탐구 능력을 묻고 있다. 한편, 모든 사람을 위한 과학 교육 차원에서 강조되어 온 과학적 소양에 있어서도 여전히 남학생이 여학생보다 우수한 결과를 나타낼 것인지에 대한 연구는 거의 없다. 과연 남학생은 여학생보다 학교에서 배우는 과학 지식이 아닌 생활 속에서의 과학 지식 및 활용 능력을 강조하는 과학적 소양을 더 잘 갖추고 있는가를 파악해 볼 필요가 있다.

OECD(Organization for Economic Cooperation and Development) 주관으로 지난 1998년 시작된 학생 성취도 국제 비교 연구인 PISA(Programmes for International Student Assessment)는 읽기, 수학, 과학을 평가 영역으로 하고 있는데, 이들 세 영역 모두 '소양'을 평가한다. PISA 1주기(1998-2000) 연구를 위해 국내에서는 1999년 예비 검사를 거쳐, 2000년 7월에 본검사를 실시하였다.<sup>1)</sup> 학교에서 다루는 과학적 지식에 초점을 두는 기존의 국제 비교 연구와 달리 '과학적 소양'의 평가를 위해 과학적 소양의 내용 영역을 지구 환경 과학(Science in Earth and Environment), 생명 건강 과학(Science in

1) 이하 PISA 2000으로 부르기로 한다.

Life and Health Sciences), 과학 기술(Science in Technology) 등으로 구분하였다.

이 연구에서는 PISA 2000에 출제된 지구 환경 과학 영역에 대한 우리 나라 학생들의 과학적 소양 평가 결과를 토대로 남학생과 여학생의 과학적 소양 수준을 비교하고자 한다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 과학 지식에 근거한 평가에서와 마찬가지로 과학적 소양 평가에서도 여학생과 남학생의 성취도가 차이가 나는가?

둘째, 여학생과 남학생에게 유리한 문항의 특징은 각각 어떠한가?

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 검사 도구

PISA 2000 과학 평가들은 크게 내용 영역(지구 환경 과학, 생명 건강 과학, 과학 기술), 과학의 과정(과학적으로 조사 가능한 문제 인식하기, 결론 도출 및 평가하기, 과학적 조사에 필요한 증거 확인하기, 의사 소통하기, 과학적 지식 이해하기), 상황(개인적, 지역적, 공동체적, 세계적) 등의 세 축으로 구분된다(OECD, 1999). 이 연구에서는 총 35개 PISA 과학

문항 중 약 37.2%에 해당하는 13개의 지구 환경 과학 문항을 분석한다(Table 1). 이들 문항은 모두 글, 그림, 도표, 그래프 등의 형식의 상황 제시 본문과 이들 상황에 관련된 문항으로 이루어진 과제(task) 형식으로 제시되어 있다<sup>2)</sup>. PISA 2000에서 지구 환경 과학에 포함되는 과제는 온실 효과, 낮의 길이, 반도 지역, 오존, 지구의 기온 등 5개이다.

13개 지구 환경 과학 문항에는 PISA 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 지식을 묻는 문항이다. PISA 과학 평가들에서 정의한 과학적 조사에 필요한 증거 확인 능력에 해당되는 문항의 경우 지구 환경 과학 영역에 포함되지 않았다. 문항 유형별로 살펴보면, 서술형 문항 7개, 선다형 문항 4개, 진위형 문항 2개 등으로 구성되어 있는데, PISA 과학 문항의 총 14개 서술형 문항의 50%가 지구 환경 과학 영역의 문항이다.

PISA 2000에 사용된 문항은 읽기, 수학, 과학 영역에 걸쳐 총 300여 개에 달한다. 제한된 검사 시간을 효율적으로 사용하면서도 검사의 범위를 넓히기 위해 PISA 문항을 9종의 검사지에 적절하게 배분하였다. 이 과정에서 과학 문항은 5종의 검사지에 포함되었다.

Table 1. Earth and environmental science items in PISA 2000

		E/T*
Scientific Process/ Knowledge	Recognizing scientifically investigable questions (Process 1)	1/5
	Identifying evidence needed in a scientific investigation (Process 2)	0/4
	Drawing or evaluating conclusions (Process 3)	6/11
	Communicating valid conclusions (Process 4)	1/1
Demonstrating understanding of scientific concepts (Knowledge)		5/14
Open-constructed response		7/14
Item Format	Multiple choice	4/14
	True/False	2/7
Total		13/35

\* E/T = Earth and environmental science items/Total items

2) PISA 2000 과학적 소양 평가들과 문항에 대한 구체적인 설명과 예시는 노국향 외(2000a)를 참고한다.

또한, 이들 5종의 검사지에 35개의 과학 문항이 모두 포함되는 것이 아니라, 3종 또는 4종의 검사지에 각각 다르게 분배됨으로써 실제로 하나의 과학 문항 당 최소 1,100명의 학생들이 응답을 하도록 설계하였다.

## 2. 검사 대상

PISA 2000은 2000년 7월에 실시되었는데 이 평가에 참여한 학생은 만 15세 학생 총 5,027명이었다. 이들은 국내의 만 15세 학생을 대표하는 집단으로 학교급(중학교, 고등 학교), 학교 교육 프로그램(일반계, 실업계), 학교가 속해있는 지역의 도시화 정도(광역시, 중소 도시, 농어촌) 등을 기준으로 한 유층 비례 표집 방법에 의해 표집되었다<sup>3)</sup>. 표집은 학교 표집과 학생 표집의 두 단계를 거쳐 실시되었다. 먼저 학교 표집을 통해 전국 132개 고등 학교와 12개의 중학교가 추출되었고, 고등 학교 중 일반계가 86개고, 실업계가 48개교를 선정함으로써 국내 일반계와 실업계 고등 학교의 구성 비율(64:35)를 정확히 반영하였다. 다음으로는 표본에 포함된 학교에 재학하는 만 15세 학생의 명단을 작성 한 후 이들 중 38명을 무작위로 선정하였다. 이러한 과정을 거쳐 표집된 학생은 여학생 2,244명 남학생 2,783명이었다.

## 3. 자료 분석 방법

PISA 2000 지구 과학 문항에 대한 학생들의 응답 자료는 채점 과정을 거쳐 SPSS Window Program (Version 10)과 PARSCALE (Version 3.2, Muraki & Bock, 1998)을 사용하였다. PARSCALE은 문항 반응 이론(item response theory)<sup>4)</sup>에 의한 자료 분석을 할 수 있는 컴퓨터 프로그램으로 선다형 문항의 분석 외에도 서술형 문항을 분석할 수 있다. 분석은 크게 세 유형으로 실시되었다.

첫째, 13개 지구 환경 과학 문항 반응을 근거로 남녀 학생의 지구 환경 과학 점수를 100점 만점으로 환

산, 산정하여 전체적인 성취도를 비교하였다.

둘째, 각 문항별로 정답을 및 문항 반응 유형을 분석함으로써, 남학생과 여학생의 문항 반응 양상과 오개념의 내용들을 분석하였다. 문항의 정답율은 전체 응답자 중 정답을 한 피험자의 비율을 나타낸다. PISA 2000 지구 환경 과학 문항 중 정답, 오답 외에 부분 점수가 부여되는 서술형 문항의 경우에는 완전 점수를 받은 학생에 한하여 문항에 정답을 한 것으로 간주하고 정답율을 산정하였다.

셋째, 여학생과 남학생의 각 문항에 대한 반응 차이를 비교하기 위하여 문항 반응 이론에 의한 문항 분석을 하였다. 문항 반응 이론은 각 문항의 난이도나 변별도에 따라 학생들의 수행 정도를 설명할 수 있는 특징과 검사를 받은 집단에 따라 난이도와 변별도가 변화하지 않는 장점을 지니므로 자료 분석 결과 해석의 신뢰성을 높일 수 있다. 이 연구에서는 남학생과 여학생의 각 문항에 대한 반응 정도를 파악하기 위하여 각 집단별 문항 난이도와 변별도에 의한 문항 특성 곡선(item characteristic curve)을 사용하여 여학생과 남학생이 각 문항에서 어떻게 다르게 반응하는지를 살펴보았다.

## III. 연구 결과

### 1. 지구 환경 과학 정답율에서의 성 차이

각 학생이 응답한 문항에 근거하여 지구 환경 과학 점수를 100점 만점으로 환산하였다. 예를 들어 해당 검사지에 포함된 지구 환경 과학 문항에 모두 정답을 한 경우는 100점으로, 6개 중 5개를 맞추었을 경우는 84점, 하나도 맞추지 못했을 경우에는 0점으로 환산하였다. 2점 혹은 3점 만점인 문항이 포함되어 있을 경우에는 각 학생에게 주어진 문항에 대해 받을 수 있는 만점을 기준으로 각 학생이 실제로 획득한 점수의 백분율을 계산하였다. Table 2에서 볼 수 있는 바와 같이 전체 학생의 지구 환경 과학 점수는 53.4점이었

3) 구체적인 표집 방법은 노국향 외(2000b)를 참고한다.

4) 문항 반응 이론에 대한 자세한 설명은 이종성(1990)과 성태제(2000)를 참고한다.

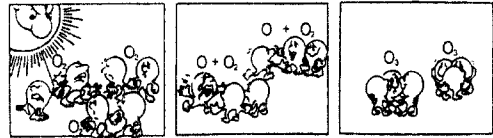
으며, 남녀 학생별로 남학생은 55.5점, 여학생은 50.8로 남학생이 여학생보다 유의미한 차이를 보이며 높은 점수를 나타냈다.

PISA 2000에 포함된 13개의 지구 환경 과학 문항의 성격과 형태 그리고 국내 학생들의 정답율을 정리하면 Table 3과 같다. 문항의 정답율이 6.1%에서 76.1%의 범위 내에 골고루 분포되어 있다는 점으로 미루어 볼 때, PISA 2000에 사용된 지구 환경 과학 문항이 다양한 수준의 난이도를 포함하고 있음을 알 수 있다. 이 중 정답율이 특히 낮은 문항은 25301, 12902으로 전체 학생의 약 6%와 12%만이 정답을 한 것으로 밝혀졌다. 이들 문항은 지구 환경 과학 영역 뿐 아니라 전체 과학 문항 중에서도 가장 정답율이 낮은 문항들이다. 한편 정답율이 높은 문항은 26901, 25203, 25204 등이었는데, 이들 문항에 대해서는 전체 학생의 70% 이상이 정답을 한 것으로 나타났다. 이들 문항 중 정답율이 40% 이하인 세 개 문항(25301, 12901, 11405)과 정답율이 70% 이상인 세 개 문항(25202, 25203, 26901)에 대해 보다 구체적으로 살펴보기로 한다.

가. 정답율이 낮은 문항 지구 환경 과학 영역에서는 물론이고 PISA 과학 문항 중 우리 나라 학생들의 정답율이 가장 낮은 문항(문항 25301)은 “오존” 과제에 포함된 의사 소통 능력과 관련된 서술형 문항이다. 이 문항은 산소 원자와 산소 분자를 의인화하여 대기 중에서 오존이 형성되는 과정을 나타내는 세 컷의 만화로 제시하고, 이 만화의 내용을 토대로 대기 중의 오존 형성 과정을 설명할 것을 묻는 서술형 문

항이다. 이 문항은 PISA 2000 과학 서술형 문항 중 가장 긴 답안을 요구하며, 채점 기준도 완전 점수, 부분 점수 2, 부분 점수 1, 영점 등 PISA 2000 과학 문항 중 구조화 및 위계화가 가장 세분화되어 있다.<sup>5)</sup> 무엇보다도 가장 특징적인 것은 PISA 2000의 전체 과학 문항 중 여학생의 정답율이 남학생의 정답율보다 높은 세 개 문항 중 하나이며, 이 세 개 문항 중 유일하게 여학생이 남학생보다 통계적으로 유의미하게 높은 정답율(Table 3)을 나타낸 문항이다. 이 문항을 소개하면 다음과 같다. 다만, 전체 본문의 내용은 지면상 여기에 제시하지 않기로 한다.<sup>6)</sup>

본문에서는 대기 중에서 오존이 형성되는 과정에 대하여 언급하지 않았다. 실제로 날마다 어느 정도의 오존은 생성되기도 하고 분해되기도 한다. 다음은 오존이 생성되는 과정을 그린 만화이다.



여러분의 삼촌이 이 만화의 의미를 파악하려고 애쓰고 있다고 가정해 보자. 그러나 삼촌은 학교에서 과학을 배우지 않았기 때문에 이 만화에 담긴 의미를 이해하지 못한다. 삼촌은 실제로 ‘공기 중에는 이런 꼬마들이 없는데 이들은 도대체 무엇을 나타내며, 이상한 기호 O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>는 무엇일까? 또 이 만화가 어떤 과정을 나타내는 것인가?’ 등을 궁금하게 여기고 “애야, 이리 와서 이 만화 좀 설명해 보렴.”하고 말하였다. 삼촌이 다음과 같은 상황을 알고 있다고 가정하자.

Table 2. Earth & environmental science scores

	Mean (%)	Standard deviation	F	p
Female (n=1219)	50.8	27.2	20.727	.000*
Male (n=1511)	55.5	26.4		
Total (n=2730)	53.4	26.9		

\*p<.01

5) 즉, 완전 점수(3으로 시작되는 코드), 두 유형의 부분 점수(2와 1로 시작되는 코드), 영점(0으로 시작되는 코드) 등으로 구성되어 있다.  
6) 이 문항은 PISA 본부에서 공개가 허용된 문항 중 하나이다.

**Table 3.** Results of earth and environmental science item analysis in PISA 2000

Task title	ID	Item description	Item type <sup>1</sup>	Knowledge /Process <sup>2</sup>	% Correct			$\chi^2$	p
					Female	Male	Total		
Greenhouse	11403	Data(graph) interpretation	O	Process 3	63.1	74.1	69.3	15.387	.000**
	11404	Comparison of two graphs	O	Process 3	45.5	49.4	47.7	9.317	.009**
	11405	Identify factor that causes the Greenhouse Effect	O	Process 3	38.7	38.7	38.7	.000	.995
Daylight	12901	Reason why day and night occur on Earth	M	Knowledge	53.8	66.3	60.7	17.962	.000**
	12902	Draw and label the Earth's axis, the Northern and Southern hemisphere, and the Equator	O	Knowledge	10.8	13.6	12.3	4.116	.128
South Rainea	25201	Data(table) interpretation	M	Process 3	54.2	55.1	54.7	.129	.720
	25202	Data interpretation & application	M	Knowledge	74.0	70.6	72.1	2.318	.128
	25203	Inferring based on given data	T/F	Process 3	72.8	72.1	72.4	.082	.774
Ozone	25301	The way ozone is formed in the atmosphere.	O	Process 4	7.3	5.1	6.1	8.372	.039*
	25302	Inferring based on a given information	M	Process 3	52.3	56.5	54.6	1.880	.170
	27003	Recognizing scientific problems	T/F	Process 1	59.6	63.8	62.0	2.037	.154
Earth's Temperature	26901	Effects of earth's temperature on certain part of the world	O	Knowledge	71.7	79.7	76.1	14.150	.000**
	26903	Relationship between the loss of forest and the amount of CO2	O	Knowledge	42.5	50.9	47.2	11.632	.001**

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

2 Process 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

\*p<.05, \*\*p<.01

Shaded area means items that female students outperformed male students.

○ O는 산소를 나타낸다.  
○ 원자와 분자가 무엇인지 알고 있다.  
오존 지문의 5행과 6행에 사용된 것과 같은 방식으로, 원자와 분자라는 용어를 사용하여 삼촌에게 이 만화가 나타내는 의미를 설명하시오.

위의 문항에 대한 채점 기준 코드별 우리 나라 학생들의 답안 경향을 정답율을 근거로 살펴보면 Table 3과 같다.

완전 점수를 받기 위해서는 만화 세 컷에 묘사되어

있는 1) 산소 분자들이 산소 원자로 분리된다, 2) 햇빛의 영향으로 산소 분자들이 분리된다, 3) 산소 원자들은 다른 산소 분자들과 결합하여 오존 분자들을 형성한다 등의 세 가지 측면을 원자와 분자 등의 과학적인 용어를 사용하여 모두 답안에 제시해야 한다. 이 세 가지 측면을 모두 올바르게 서술하여 완전 점수(코드 31)를 받은 학생이 전체의 6.1%에 불과하고, 이 중 두 가지 측면을 올바르게 서술한 학생은 전체의 6.5%, 한 가지 측면만을 올바르게 서술한 학생은 전체의 21.2%인 것으로 나타났다. 그리고, 거의 70%

**Table 4.** Distribution of scores in marking codes for item 25301

Marking code	Explanation	Female (N = 493)	Male (N = 611)	Total (N = 1104)
Full credit	31 Gives an answer in which the following three aspects are mentioned: o First aspect: an oxygen molecule or some oxygen molecules (each consisting of two oxygen atoms) are split into oxygen atoms. o Second aspect: the splitting (of oxygen molecules) takes place by the influence of sunlight. o Third aspect: the oxygen atoms combine with other oxygen molecules to form ozone molecules.	7.3	5.1	6.1
Partial credit (2)	21 First and second aspects only correct	2.6	1.5	2.0
	22 First and third aspects only correct	2.0	5.6	3.7
	23 Second and third aspects only correct	1.0	0.7	0.8
Partial credit (1)	11 First aspect only correct	0	1.0	0.5
	12 Second aspect only correct	0.6	18.0	1.1
	13 Third aspect only correct	17.4	21.3	19.6
No credit	01 None of the three aspects correct	44.8	35.7	39.8
	99 Missing	24.1	68.9	26.4
	Total	100(%)	100(%)	100(%)

에 가까운 학생들은 세 가지 측면 중 하나도 올바르게 서술하지 않았거나(39.8%), 공란(26.4%)으로 남겨둔 것으로 나타났다.

두 가지 측면을 옳게 서술하여 부분 점수를 받은 답안 중 첫 번째와 세 번째 측면을 옳게 서술하고 햇빛의 영향으로 산소 분자들이 분리된다는 두 번째 측면의 내용에 대한 언급이 없는 경우가 3.7%로 가장 많았다. 한 가지 측면을 옳게 서술하여 부분 점수를 받은 답안 중, 산소 원자들은 다른 산소 분자들과 결합하여 오존 분자들을 형성한다는 세 번째 측면만을 옳게 서술한 답안이 전체의 19.6%로 가장 많았고, 첫 번째 측면이나 두 번째 측면만을 옳게 서술한 답안은 각각 0.5%, 1.1%로 적었다. 이상의 결과로 볼 때, 대부분의 우리나라 학생들은 햇빛의 영향으로 산소 분자들이 분리된다는 두 번째 측면에 대해 알지 못했고, 산소 원자들이 다른 산소 분자들과 결합하여 오존 분자를 형성한다는 세 번째 측면에 대해 알고 있는 학생들이 가장 많은 것으로 나타났다.

성 차이 측면에서 살펴보면, 세 가지 측면을 모두 옳게 서술하여 완전 점수를 받은 학생 중에는 여학생이 더 많았으나, 한 가지 또는 두 가지 측면을 옳게 서술하여 부분 점수를 받거나 영점을 받은 학생 중에는 남학생이 더 많았다. 한편, 여학생(24.1%)보다 많은 남학생(28.3%)들은 문제를 풀 시도를 전혀 하지 않고 답안을 공란으로 남겨 두었다.

PISA 과학 문항 중 정답율이 매우 낮은(12.3%) 또 다른 문항(12092)도 지구 환경 과학 영역에 속해 있는데, 이 문항은 지구와 태양이 그려진 그림을 제시하고, 지구의 자전축, 북반구, 남반구, 적도 등을 명칭과 함께 나타내도록 요구하고 있다. 성 차이 측면에서 살펴보면, 남학생의 정답율(13.6%)이 여학생의 정답율(10.8%)보다 높게 나타났으나, 통계적으로 의미 있는 차이를 나타내지 않았다(Table 3).

완전 점수를 받기 위해서는 자전축, 북반구, 남반구, 적도 등의 네 가지 사항을 그림에 올바르게 표시하고 그 명칭을 적어야 하는데, 특히 지구의 자전축이 수

직선에서 태양을 향해 10° ~ 45°의 범위에 기울어지게 그리고 적도도 수평선으로부터 태양을 향해 10° ~ 45°의 범위 내에서 기울어지게 그려야 한다. 우리 나라 학생들의 12.3%만이 이 네 가지 사항을 모두 옳게 그려 완전 점수를 받았다.

부분 점수를 받은 답안 중 북반구, 남반구, 자전축을 옳게 표시하고 적도만 틀리게 표시한 답안에 주는 코드 11을 받은 학생들이 17.6%로 가장 많았고, 적도, 북반구, 남반구를 옳게 표시하고 자전축만 옳게 표시하지 못한 답안에 주는 코드인 12를 받은 학생들은 1.3%, 적도와 자전축을 옳게 표시했지만 북반구와 남반구를 옳게 표시하지 못한 답안에 주는 코드인 13을 받은 학생들은 0.5%인 것으로 각각 나타났다. 이 문항을 통해 우리 나라 학생들은 북반구와 남반구를 가장 잘 알고 있고, 자전축보다는 적도의 위치와 방향을 더 잘 알고 있는 것으로 나타났다. 특히, 자전축이나 적도를 잘못 표시한 답안은 대부분 그 위치는 잘 알고 있었으나 방향에 대해 부정확하게 알고 있음이 드러났다.

한편, 영점을 받은 답안 중 북반구와 남반구를 모두 옳게 표시하고 자전축과 적도를 옳게 표시하지 못한 답안에 주는 코드 01을 받은 학생들이 24.6%로 가장 많았다. 이는 부분 정답 답안에서 나타난 것과 같이 우리 나라 학생들이 북반구와 남반구의 위치는 잘 알고 있으나, 적도와 자전축의 위치와 방향에 대해서 정확히 알고 있지 못함이 나타난 것이다.

PISA 2000 지구 환경 과학 문항 중 정답율이 낮은(38.7%) 또 하나의 문항(11405)은 “온실 효과” 과제에 속한 온실 효과에 영향을 주는 요인에 대해 서술하는 문항이다(Table 3). 이 문항의 경우 여학생과 남학생의 정답율이 모두 38.7%이다(Table 3).

완전 점수는 두 가지 답안 유형으로 나뉘는데, 온실 효과의 요인으로 태양으로부터 오는 에너지나 복사열을 언급한 답안에는 코드 11을, 대기 중의 수증기, 구름, 화산 폭발 등의 자연적 요소나 대기 오염, 배기 가스의 양, CFC's, 자동차의 수 등 오염 물질의 가능

성을 언급한 답안에는 코드 12를 준다. 약 38.7%의 학생들이 완전 점수를 받았는데, 온실 효과의 요인으로 태양열이나 지구 복사열을 언급한 답안(9.8%)보다는 자연적 요소나 오염 물질로 인한 온실 효과를 언급한 답안(28.9%)이 훨씬 더 많았다. 특히, 이 문항의 경우 영점 답안의 유형을 주목할 만한데, 오존층의 구멍이 커지고 있음을 온실 효과의 원인으로 쓴 답안에 주는 코드 03을 받은 학생들이 37.4%로 가장 많았다.

나. 정답율이 높은 문항 PISA 2000 지구 과학 문항 중 가장 정답율이 높은(76.1%) 문항(문항 26901)은 지구의 기온 상승으로 극지방의 빙하가 녹아 해안이나 해안 부근의 여러 나라에 미치는 광범위한 영향을 묻는 서술형 문항이다. 이 문항의 경우 해수면이 상승한다거나 해안선 부근은 물에 잠길 것이라는 등 홍수의 가능성에 대해 언급한 답안에 완전 점수가 주어지는데, 여학생과 남학생의 정답율에 있어 통계적으로 유의미한 성 차이가 나타났다. 이 밖에도 정답율이 70%를 넘는 문항으로 “반도 지역” 과제에 속한 두 문항(25202, 25203)이 있는데, 이들 두 문항은 모두 객관식이며 표로 주어진 자료를 해석하는 문항들이다. 특히, 이 두 문항 모두 여학생의 정답율이 남학생의 정답율보다 높은 문항인 것이 주목할 만하다. 이 밖에도 그래프로 주어진 자료 해석 문항(11403)도 정답율이 거의 70% 가까이 되었으며, 남학생이 여학생에 비해 통계적으로 의미 있는 차이로 높은 정답율을 보였다(Table 3).

## 2. 성취 수준에 따른 성 차이

PISA 2000 지구 환경 과학 영역의 평균 정답율은 53.4%인데, 여학생 평균은 50.8점, 남학생 평균은 55.5점으로 지구 환경 과학 소양에 있어 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있다(Table 2).<sup>7)</sup> 또한 앞 절에서 논의한 13개의 지구 환경 과학 문항 중 남학생

7) 생명 건강 과학과 과학 기술 영역에서도 남학생의 성취도가 여학생의 성취도보다 높게 나타났으며, 특히 과학 기술 영역의 경우 가장 큰 성취도 차이를 보였다.



이 여학생보다 높은 정답율을 보인 문항 수는 9개이고, 이 중 5개 문항의 경우 남학생과 여학생이 의미 있는 차이를 보였다(Table 3). 한편, 여학생의 성취도가 더 높은 문항 수는 3개로 나타났으며, 이 중 한 개 문항의 경우 의미 있는 차이로 여학생이 더 높은 성취도 결과를 보였다.

남학생의 성취도가 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 CO<sub>2</sub>가 증가하는 이유를 묻는 서술형의 지식 문항(26903) 등이 있다(Table 2).

여학생의 성취도가 남학생의 성취도에 비해 의미 있는 차이로 높게 나타난 유일한 문항은 PISA 2000 과학 문항 중 평균 정답율이 가장 낮은(6.1%) 문항(25301)이었던 대기 중 오존 형성 과정을 서술하도록 한 문항이다(Table 2)<sup>8)</sup>. 이 문항은 PISA 과학 문항 중 가장 긴 답안을 요구하는 서술형 문항인 점이 주목할 만하다.

이상에서 관찰된 남녀 학생의 성취 수준 차이가 능력 수준에 관계없이 일관된 현상인지 아니면 능력 수준에 따라 다른 양상을 보이는지를 살펴보기 위해 문항 반응 이론을 사용하였다. 문항 반응 이론은 피험자 능력 수준에 따른 문항에 대한 반응 확률을 제시해 준다. Fig. 1은 선다형 문항과 서술형 문항 자료들을 모두 분석할 수 있는 일반화 부분 점수 모형(generalized partial credit model)을 사용하여 문항의 변별도와 난이도를 산출한 후에 곡선화한 것이다. 서술형 문항과 선다형 문항의 공통된 문항 특성 곡선을 그리기 위하여 서술형 문항의 경우도 선다형 문항처럼 문항의 변별도와 난이도만을 사용하였다<sup>9)</sup>. Fig. 1의 문항 특성 곡선은 문항에 대한 반응율(Y축)과 능력(X축)과의 관계를 나타내는 것으로, 능력이

높아질수록 문항에 대한 점수를 받을 확률이 높아지는 것을 알 수 있다. 일반적으로 문항이 어려워지면 곡선이 오른쪽으로 나타나서 능력이 같을 경우 왼쪽에 곡선이 나타나는 경우보다 점수를 받을 확률이 낮아진다. 또한 문항의 변별도는 문항 특성 곡선의 기울기를 의미하는데, 곡선의 기울기가 클수록 문항의 변별도가 높아 능력이 낮은 학생과 높은 학생을 잘 변별할 수 있다는 것을 의미한다.

Fig. 1에서 점선은 여학생의 문항 특성 곡선이고, 실선은 남학생의 문항 특성 곡선이다. 전체적인 곡선의 특징은 Table 4에서 나타났듯이 남학생이 여학생보다 정답 반응 확률이 높다. 그러나, 전체적으로 볼 때, 능력 수준이 높은 여학생들은 동일한 능력의 남학생들과 정답 반응율이 같거나, 오히려 능력이 높은 여학생들의 정답 반응율이 더 큰 것으로 보인다. 이러한 경향은 특히 문항의 유형에 따라 더욱 특징적으로 나타나는데, Fig. 1의 왼쪽에 정렬되어 있는 7개의 서술형 문항(11403, 11404, 11405, 12902, 25301, 26901, 26903)의 경우 예외 없이 능력 수준이 낮은 단계의 여학생들이 남학생보다 정답을 맞출 확률이 낮은 경향을 보이지만, 능력 수준이 높은 단계의 여학생들은 남학생보다 정답을 맞출 확률이 높은 경향을 보인다. 특히, 문항 25301에서 이러한 경향이 두드러진다. 이와는 대조적으로 선택형과 진위형을 포함한 객관식 문항(12901, 25201, 25202, 25203, 25302, 27003)의 경우, 문항 25201을 제외하고 모두 능력 수준이 높은 단계에서 남학생이 여학생보다 정답을 맞출 확률이 높은 경향을 보인다.

이상의 결과는 문항의 변별도 결과와 연결하여 설명될 수 있는데, 7개의 서술형 문항의 경우 예외 없이 여학생의 문항 특성 곡선 기울기가 남학생의 문항 특성 곡선 기울기보다 더 크게 나타난다. 반면, 6개의 객관식 문항의 경우 남학생의 문항 특성 곡선의 기울기가 여학생의 문항 특성 곡선의 기울기보다 더 크게 나타난다. 이는 서술형 문항에서는 능력 수준이 높은

8) 이 문항은 PISA 2000 전체 과학 문항 중에서 유일하게 여학생의 성취도가 남학생의 성취도에 비해 의미 있는 차이로 높게 나타난 문항이다.

9) 서술형 문항을 위한 문항 반응 이론에 대한 설명은 박 정(2000)을 참고한다.

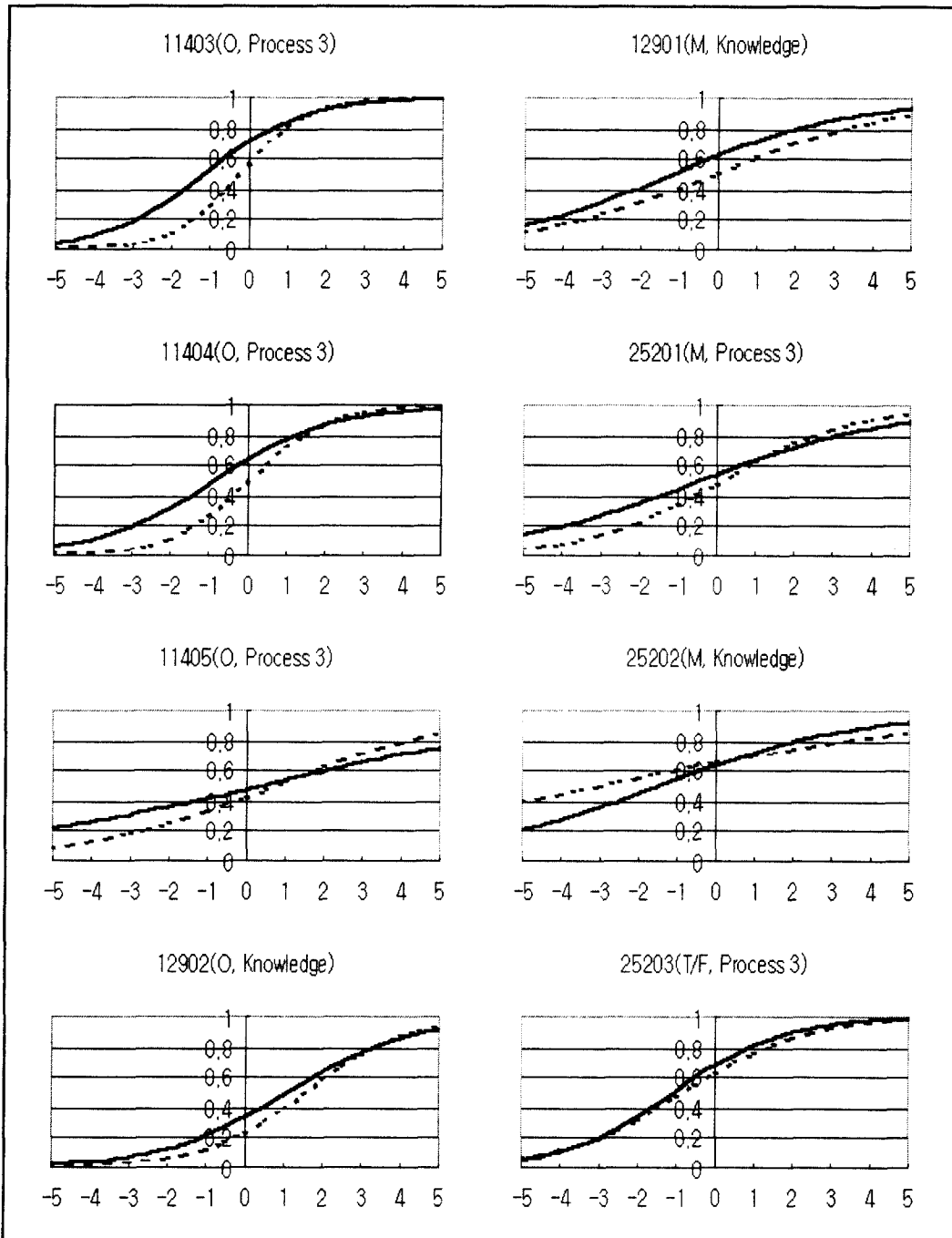


Fig. 1. Item characteristic curves of 13 earth & environmental science items

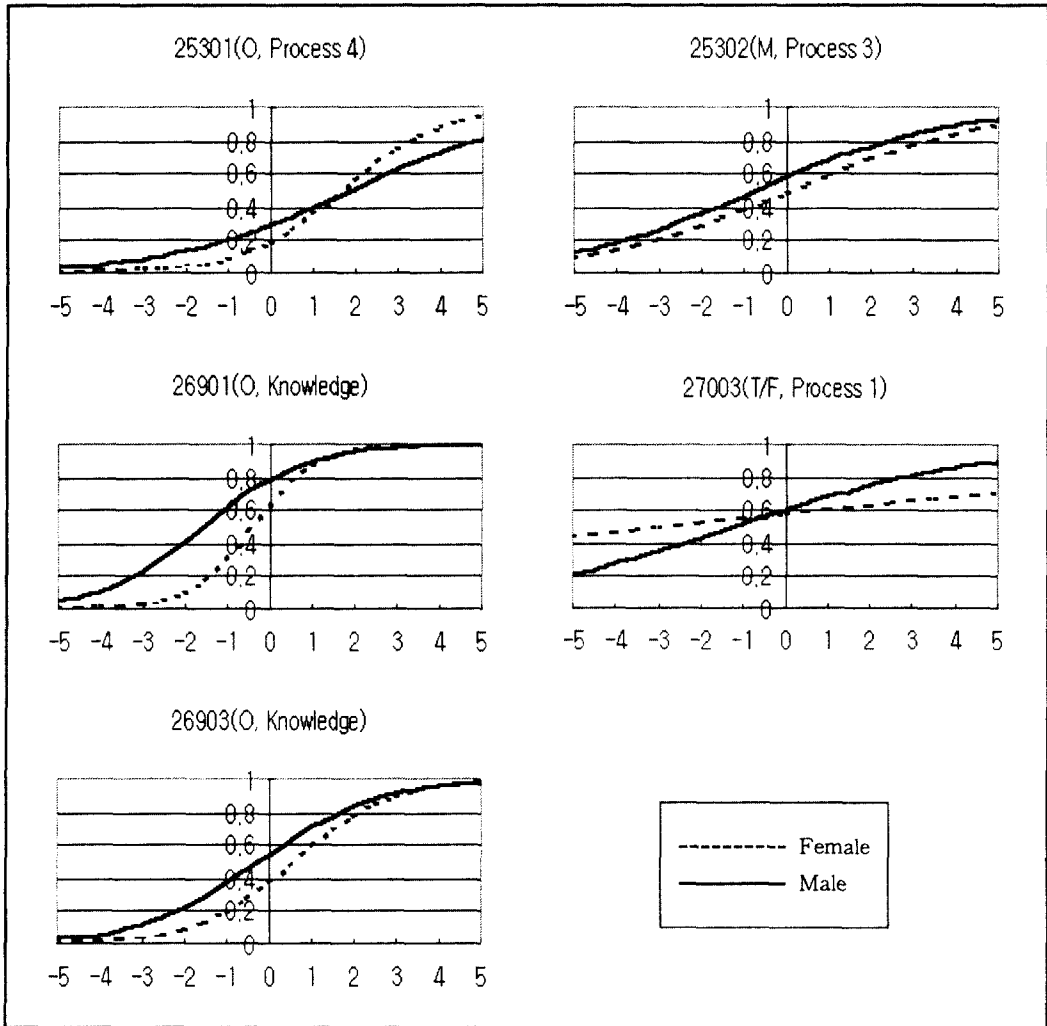


Fig. 1. Continued

여학생과 능력 수준이 낮은 여학생의 성취도 차이가 능력 수준이 높은 남학생과 능력 수준이 낮은 남학생의 성취도 차이보다 더 크고, 객관식 문항의 경우 그 반대의 경향이 있음을 의미한다. 다시 말해, 서술형 문항의 경우 남학생보다는 여학생의 능력을 더 정확하게 변별하는 데 적합하고, 객관식 문항의 경우 여학생보다는 남학생의 능력을 더 정확하게 변별하는 데 적합한 문항인 것으로 나타났다.

#### IV. 논 의

만 15세 학생들의 과학적 소양을 평가하는 PISA 2000에 포함된 지구 환경 과학 문항에 대한 우리나라 학생들의 정답율을 근거로 여학생과 남학생의 반응의 경향을 살펴본 결과, 다음과 같은 특징이 드러났다. 첫째, 기존의 학교 교육 과정에 근거한 지구 과학 지식 위주의 평가 연구(권재술 외, 1999; 우종욱

외, 1999; Beaton et al., 1996; Beller & Gafni, 1996; Martin et al., 2000; Preece et al., 1999) 에서와 마찬가지로, 지구 환경 과학 분야의 소양 평가에서도 남학생들의 '평균' 성취 결과는 여학생들에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 즉, 남학생들은 지식적 측면에서뿐만 아니라 과학적 소양 측면에서도 여학생보다 성취도 결과가 높다고 할 수 있다.

둘째, 높은 성취 능력을 가진 학생들과 낮은 성취 능력을 가진 학생들의 성취도 차이는 남학생보다는 여학생에게 더 두드러지게 나타났다. 특히, 높은 성취 능력을 가진 집단의 여학생들이 동일 집단의 남학생들보다 뛰어난 결과를 나타냈는데, 이러한 경향은 특히 객관식 문항보다는 서술형 문항에서 더욱 두드러졌다. 반면, 낮은 성취 능력을 보이는 학생 집단에서는 남학생이 여학생보다 더 나은 결과를 보였는데, 이러한 경향도 객관식 문항보다는 서술형 문항에서 두드러지게 나타났다. 특히, PISA 2000 과학 서술형 문항 중 가장 긴 답안을 요구하는 문항(25301)에서 가장 두드러졌다. 이러한 결과는 상위권 남학생들과 상위권 여학생들이 객관식 문항에 있어서는 의미 있는 성취도 차이를 나타내지 않지만, 주관식 문항의 경우 상위권 남학생들이 상위권 여학생들보다 통계적으로 유의미하게 높은 성취도를 보였다는 Dimitrov(1999) 및 Hedges & Nowell(1995) 등의 연구와 대비되는 결과이다.

셋째, 여학생들은 긴 문장의 서술을 요구하는 문항 또는 자료 해석을 제외한 과학의 과정과 관련된 문항에, 남학생들은 과학적 지식을 묻는 문항 또는 그래프 해석과 관련된 문항에 더 유리한 경향을 나타냈다. 긴 문장을 요구하는 서술형 문항에서 여학생들이 더 유리하게 나타난 결과는 언어 능력에 있어서는 여학생들이 남학생들보다 낫다는 연구(Murphy, 1982; Peterson & Livingstone, 1982)와 연결하여 의미를 부여할 수 있다. 그러나, 자료 해석을 제외한 과학의 과정과 관련된 문항에 있어 여학생들이 더 유리한 것으로 나타난 결과는 이재천·김범기(1996) 및 우종욱 외(1999) 등의 연구 결과와 다르다.

넷째, 지구 과학 관련 지식에 관한 문항의 경우, 우

리 나라 학생들을 상대로 이미 조사된 오개념이 PISA 2000 결과에서도 여전히 나타났다. 예를 들어, 정답율이 매우 낮았던(12.3%) 지구의 자전축, 적도, 북반구, 남반구를 표시하는 문항의 경우, 이미 초등학교에서 학습한 내용임에도 불구하고 자전축과 적도의 방향에 대한 오개념이 나타났다. 오답의 대부분이 자전축과 적도의 방향이 잘못된 답안이었으며, 이는 이미 수 년 전 지구의 자전축과 관련해 다양한 오개념을 가지고 있다고 밝힌 우종욱 외(1995)의 연구 결과와 일치한다. 정답율이 낮은(38.7%) 다른 문항에서도 오개념이 나타났는데, 온실 효과의 요인을 묻는 문항에서 오존층의 구멍이 커지고 있음을 온실 효과의 원인으로 쓴 답안이 상당히 많았다는 점은 우리나라 중·고등 학생들이 온실 효과와 오존층 파괴를 연결 지어 생각하려는 경향이 있다고 밝힌 제귀연·안희수(1999)의 연구 결과와 일치한다.

## V. 결론 및 제언

PISA 2000 지구 과학 문항 분석 결과, 성취도에 있어서 남학생들의 평균 정답율이 여학생들보다 높게 나타난 결과는 과학 성취도에 있어서 예상된 결과이므로 큰 의미가 없다고도 할 수 있다. 다만, 과학 지식 위주의 평가가 아닌 과학적 소양의 평가에서도 여전히 남학생의 평균 정답율이 여학생보다 높게 나타난 점은 새로운 결과이다. 그러나, 과학 성취도에 있어서의 성 차이를 언급할 때 간과하기 쉬운 것이 바로 집단의 평균이 여학생 또는 남학생의 능력을 대표하는 경향이 있다는 점이다. 집단의 평균으로 그 집단에 속한 개인의 속성을 확립적으로 대표하는 것은 위험하다(Halpern, 1997). 이 연구에서 밝혀진 바와 같이 비록 집단의 평균은 남학생이 더 높게 나타났으나, 상위권의 여학생이 상위권의 남학생보다 더 높은 성취 능력을 보인다는 것은 여학생의 평균 정답율이 남학생보다 더 낮다는 것 이상의 의미를 지닌다. 특히, 최근 많은 교육학자들에 의해 바람직하다고 평가 받는 서술형 문항에서 상위권 여학생들의 능력이 더욱 높게 나타난 사실은 매우 주목할 만한 현상이다. 또한, 여학생들이 과학적 지식보다는 과학적 소양에

서 매우 중요시되는 과학의 과정에 남학생보다 더 높은 성취도 결과를 나타낸 것도 여학생들의 과학 탐구 능력을 새로운 각도에서 해석할 수 있는 중요한 계기가 될 수 있다.

이 연구에서 밝혀진 결과는 비교적 적은 수의 문항에 근거한 것이기 때문에 지구 환경 과학 영역 또는 과학 영역 전체로 일반화하는데 한계가 있다. 그러나, PISA 2000에 사용된 문항이 세계 30여 개국의 전문가들이 협력하여 개발하였고, 예비 검사와 본검사를 거쳐 문항의 질을 검증하였으며, 평가에 참여한 학생들이 우리 나라의 만 15세 학생을 대표하는 대표성 있는 집단을 고려할 때, 이 연구의 결과는 여학생과 남학생의 능력을 비교적 객관적으로 조망할 수 있는 충분한 근거 자료가 될 수 있을 것이다. 이 연구 결과에서 밝혀진 남학생과 여학생의 성취 차이를 토대로 다음과 같은 후속 연구들이 지속되기를 기대한다.

첫째, 여학생에게 높은 성취도 결과가 나타난 문항에 대한 심층 연구가 필요하다. 과학 영역이 보조 영역이었던 PISA 2000에서는 과학 문항의 수가 적었다는 한계가 있다. 따라서, 여학생에게 유리하게 작용했던 문항들의 특징을 살린 문항들을 개발해 PISA 2000의 결과를 검증할 필요가 있다.

둘째, 문항 유형과 여학생과 남학생의 성취 결과의 관계에 대한 연구가 필요하다. 특히, 상위권 여학생과 상위권 남학생, 하위권 여학생과 하위권 남학생 등으로 구분하여 문항 각 집단의 능력을 가장 잘 파악할 수 있는 문항의 유형을 밝혀낼 필요가 있다.

마지막으로, 우리 나라에서 20년 이상 지속되어 오고 있는 지구 과학 관련 오개념 연구 결과가 현장에서 이루어지는 교수-학습 상황에 실질적으로 반영될 수 있는 방안을 강구해야 할 것이다. 특히, 이 연구 결과 국내 학생들이 기본적인 지구 과학 지식에 대한 정확한 개념을 갖지 못하고 있다는 사실이 드러났으므로 이 부분에 대한 관심이 요구된다.

## 적 요

이 연구의 목적은 만 15세 학생들의 과학적 소양을

평가하는 학생 성취도 국제 비교 연구인 PISA 2000의 지구 환경 과학 영역에 해당하는 13개 문항에 대한 우리 나라 여학생과 남학생의 성취도 차이, 여학생과 남학생에게 유리한 문항의 특징, 우리 나라 학생들이 가지는 지구 과학 관련 오개념 등을 파악하는 것이다. 이를 위해 13개 지구 환경 과학 문항의 정답을 및 문항 반응 이론에 의한 정답 반응율을 분석하였다. 분석 결과, 남학생의 평균 정답율이 여학생의 평균 정답율보다 통계적으로 의미 있는 차이를 보이며 높게 나타났으나, 성취 능력이 높은 집단에서는 여학생이 남학생보다 전반적으로 높은 성취 수준의 경향을 보였다. 특히, 문항의 유형에 따라 여학생과 남학생의 정답 반응 경향이 뚜렷하게 차이가 났는데, 성취 능력이 높은 여학생의 경우 서술형 문항에서 가장 높은 성취도 결과를 나타냈다. 여학생에게 유리하게 작용한 문항은 긴 문장의 서술이 필요하거나 과학의 과정과 관련되는 경향을 보였고, 남학생에게 유리하게 작용한 문항은 과학적 지식을 묻거나 자료 해석과 관련되는 경향을 보였다. 한편, 우리 나라 학생들 중에는 지구의 자전축, 적도의 방향, 온실 효과의 원인 등 지구 환경 과학 관련 오개념을 지니고 있는 학생들이 매우 많다는 것도 밝혀졌다.

## 참 고 문 헌

- 노국향, 최승현, 신동희, 이소영(2000a). OECD의 학생 평가: 읽기 수학 과학 평가들 및 예시 문항. 한국교육과정평가원 연구 자료 ORM 2000-3.
- 노국향, 최승현, 신동희, 이소영(2000b). 2000년 OECD 학업 성취도 국제 비교 연구. 한국교육과정평가원 연구보고 PRE 2000-8-1.
- 권재술, 최병순, 권치순, 양일호, 이경호, 김지나(1999). 초, 중, 고 학생들의 과학 지식 성취 수준 추이 분석을 위한 종단적 연구. 한국과학교육학회지, 19(2), 185-193.
- 박 정(2000). 다분 문항 반응 이론 모형. 교육과학사.
- 성태제(2000). 문항 반응 이론의 이해와 적용. 교육과학사.
- 우종욱, 이항로, 민준규(1995). 계통도를 이용한 중,

- 고등 학생들의 지구와 달의 운동에 관한 개념 유형 연구. 한국과학교육학회지, 15(4), 379-393.
- 우종욱, 김범기, 허명, 김찬중, 양일호, 최관순, 김태선 (1999). 초, 중, 고 학생들의 과학 탐구 능력 추이 분석을 위한 종단적 연구. 한국과학교육학회지, 19(2), 173-184.
- 이재천, 김범기(1996). 고등 학생들의 과학에 대한 정의적 인식과 과학 탐구 능력 및 과학 학습 성취도의 구조 분석. 한국과학교육학회지, 16(3)
- 이종성 역(1990). 문항 반응 이론과 응용. 서울: 태광문화사.
- 계귀연, 안희수(1999). 온실 효과에 대한 학생들의 개념 분석. 한국과학교육학회지, 19(4), 585-594.
- Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I.V.S., Gonzales, E. J., Smith, T. A., & Kelly, D. L.(1996). *Science achievement in the middle school years: IEA's Third International Mathematics and Science Study*. Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy, Boston College.
- Becker, J. R.(1989). Gender and science achievement: A reanalysis of studies from two meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 141-169.
- Beller, M., & 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.
- Dimitrov, D. M.(1999). Gender differences in science achievement: Differential effect of ability, response format, and strands of learning outcomes. *School Science and Mathematics*, 99(8), 445-450.
- Halpern, D. F.(1997). Sex difference in intelligence. *American Psychologist*, 52(10), 1091-1102.
- Hedges, L. V., & Nowell, A.(1995). Sex differences in mental test scores, variability, and numbers of high scoring individuals. *Science*, 269, 41-45.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzales, E. J., Gregory, K. D., Smith, T. A., Chrostowski, S. J., Garden, R. A., & O'Connor, K. M. (2000). *TIMSS 1999: International Science Report*. International Study Center Boston College Lynch School of Education.
- McArthur, J. M., & Wellner, K. L.(1996). Reexamining spatial ability within a Piagetian Framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1065-1082.
- Meece, L. M., & Jones, M. G.(1996). Gender differences in motivation and strategy use in science: Are girls rote learners? *Journal of Research in Science Teaching*, 33(4), 393-406.
- Muraki, E., & Bock, R. D.(1998). *PARSCALE: IRT based test scoring and item analysis of graded open-ended exercises and performance tasks*. Chicago, IL: Scientific Software.
- Murphy, R. J. L.(1982). Sex differences in objective test performance. *British Journal of Educational Psychology*, 52, 213-219.
- Preece, P. F. W., Skinner, N. C., & Riall, R. A. H.(1999). The gender gap and discriminating power in the National Curriculum Key Stage three science assessments in England and Wales. *International Journal of Science Education*, 21(9), 979-987.
- Steinkamp, M. W., & Maehr, M. L.(1983). Affect, ability and science achievement: A quantitative synthesis of correlational research. *Review of Educational Research*, 53, 369-396.