

우리 나라 학생들의 과학적 소양 성취도

신동희 · 노국향

(단국대학교) · (한국교육과정평가원)

Korean Students' Achievement in Scientific Literacy

Shin, Donghee · Ro, Kooghyang

(Dankook University) · (Korea Institute of Curriculum & Evaluation)

ABSTRACT

OECD/PISA(Programme for International Student Assessment) is significant in that it is the first international comparative study assessing 15-year-old students' scientific literacy. Based on Korean students' results of percent correct in 35 science items, several characteristics such as followings were revealed. First, from the perspectives of science application area, Korean students showed the highest achievement in the area of 'science in technology' followed by in the areas of 'science in life and health' and 'science in earth and environment'. Male students achieved significantly better than female counterparts in all three areas. Second, the achievement in items of science knowledge was significantly higher than in items of scientific processes. Whereas the achievement difference between science knowledge- and scientific process items was larger for male students. Third, from the perspectives of application contexts, Korean students showed the highest achievement in the historical context and the lowest achievement in the personal context. Fourth, from the perspectives of item format, Korean students performed significantly better in open-constructed items rather than in multiple-choice items. Fifth, Korean students showed low performance in items of biotechnology and environment-related issue, which was more prominent for female students. Sixth, whereas male students performed significantly better than female students in most aspects, it is noteworthy that there was no significant gender differences in items of scientific processes and females performed significantly better than male students in open-constructed items which require long sentence.

Key Words: OECD/PISA, achievement, scientific literacy, gender differences, item format, items of scientific processes

I. 서론

과학적 소양은 이미 20여 년 전부터 우리 나라는 물론이고 미국을 중심으로 한 세계 각국의 과학 교육 과정에서 강조되어 오고 있는 과학 교육의 흐름이다. 이미 1920년대 John Dewey는 지금까지도 과학 교육 역사에서 가장 건설적인 아이디어로 평가받는 “과학적 정신 습관(scientific habits of the mind)”, 즉 학생들로 하여금 과학하는 방법을 알게 하는 방향으로 과학 교육이 이루어져야 함을 주장했다(Shamos, 1995). Dewey는 또한 오늘날 과학적 소양 교육을 촉발시킨 “과학적 태도”의 중요성을 주장했다.¹⁾ Dewey가 80년 전에 주장한 과학적 태도는 오늘날 우리가 말하는 과학적 소양과 매우 유사하다. 과학적 소양의 역사와 철학을 심층적으로 서술한 『The Myth of Scientific Literacy』(Shamos, 1995)에서는 과학과 관련된 기본 어휘, 과학하는 과정에 대한 이해, 사회에서의 과학과 기술의 영향을 이해하는 것 등을 과학적 소양의 3가지 요소로 보았다. 특히, 문화적 과학적 소양(cultural scientific literacy), 기능적 과학적 소양(functional scientific literacy) 단계를 거쳐 진정한 과학적 소양(true scientific literacy)에 이르게 되면 과학의 기초를 이루는 주요 개념을 알게 되고 과학적 탐구의 중요성을 깨닫게 된다고 하였다.

OECD가 주관하여 지난 1998년부터 실시되고 있는 읽기, 수학, 과학 영역의 국제 비교 연구인 PISA(Programme for International Student Assessment)는 만 15세 학생들이 가지고 있는 과학적 소양을 평가하는 최초의 국제 비교 연구라는 점에서 그 의의가 크다. 지금까지 과학적 소양을 성취도 평가의 목표로 하는 연구가 국내·외적으로 거의 이루어지지 않았고, 특히 객관적인 결과가 기대되는 대규모 국제 비교 연구에서 과학적 소양의 성취도를 연구의 목적으로 한 사례는 없었다. 미국 과학 교육계에서 1960년대와 1970년대의 과학 교육을 비판하면서 과학적 소

양을 전면적으로 부각시켜 1980년대 초 교육 과정 개혁의 계기가 된 것이 바로 국제 비교 연구 결과들이었다는 점을 볼 때, 지난 20년 동안 전 세계 과학 교육 과정의 흐름을 주도해 온 과학적 소양 교육의 효과를 국제적인 차원에서 비교할 필요성이 제기되었다. 구체적으로, Fensham(1995)은 제3차 수학·과학 국제 비교 연구(The Third International Mathematics and Science Study: TIMSS)에서 평가 전문가들의 주도로 연구가 설계됨에 따라 각국의 과학 교육 과정에 해박한 전문가들의 의견이 많이 반영되지 못했다고 비판하였다. 특히, 1995년 TIMSS 과학 문항에 세계적인 과학 교육의 흐름인 STS 측면을 반영한 문항의 수가 상대적으로 매우 적었음을 지적하면서, 전통적인 과학 지식 위주의 국제 비교 연구에서 벗어난 새로운 평가틀을 가진 국제 비교 연구의 필요성을 제기하였다.

이에 OECD 주관으로 만 15세 학생들이 지니고 있는 과학적 소양을 평가하고자 하는 목표를 가지고 PISA가 기획되어 세계 32개국이 참여한 가운데 2000년에 1주기 검사를 실시하였다. PISA는 과학 이외에도 읽기 및 수학적 소양을 함께 평가하는데, 1998년부터 2000년까지 실시된 1주기 연구(이하 PISA 2000)에서는 읽기가 주영역으로 약 130여 개의 평가 문항이 포함되었고 수학과 과학은 보조 영역으로 35개 정도의 문항이 포함되었다. 한편, 2001년부터 2003년까지 실시될 2주기 연구에서는 수학이 주영역으로, 마지막으로 2004년부터 2006년까지에 걸쳐 진행될 예정인 3주기 연구에서는 과학이 주영역으로 만 15세 학생들의 소양을 평가하게 된다.

PISA 2000의 과학 전문가 집단(Science Expert Group)은 과학적 소양을 “우리 주위의 자연과 인간 활동에 의한 자연의 변화에 대해 이해하고 결정을 내리는 데 도움을 주기 위하여, 과학적 지식을 활용하고 문제를 인식하며 증거를 바탕으로 결론을 내리는 능력”(노국향 외, 2000a, p. 76)이라고 정의하였다.

1) 과학적 태도를 지닌 사람은 다음과 같다. ① 새로운 증거에 준하여 의견을 변화시키려 한다. ② 편견을 갖지 않고 전체적인 진리를 찾는다. ③ 원인과 결과의 관계에 대한 개념을 지닌다. ④ 사실을 근거로 판단하는 습관을 지닌다. ⑤ 사실과 이론을 구분할 수 있다(Shamos, 1995).

PISA는 지난 20년 동안 과학 교육계에서 강조되어 온 과학적 소양을 평가의 목표로 과학의 적용 영역(생명 건강 과학, 지구 환경 과학, 과학 기술), 과학의 과정(과학적 지식 및 개념, 문제 인식, 증거 확인, 결론 도출, 의사 소통), 상황(개인적, 지역 공동체적, 지구적, 역사적) 등의 세 축으로 된 평가틀을 가지고 있다. PISA가 TIMSS를 비롯한 기존의 국제 비교 연구와 차별되는 것은 과학적 소양을 평가한다는 것 이외에 단편 지식이나 단순 탐구 기능과 관련된 문항이 거의 없고 서술형 문항이 전체 문항의 40%나 된다는 점이다(신동희, 1998).

이 연구에서는 우리 나라의 PISA 2000 결과를 가지고 우리 나라 학생들의 과학적 소양에 대해 다음의 문제를 중심으로 파악해 보고자 한다.

첫째, 과학적 소양을 평가하는 PISA 2000의 과학 평가틀에 근거한 우리 나라 학생들의 과학적 소양 성취도는 어떠한가?

둘째, 우리 나라 학생들에게 나타난 정답율이 높은 문항들과 정답율이 낮은 문항들의 특징은 각각 어떠한가?

셋째, PISA 2000 정답율 분석 결과, 우리 나라 학생들은 어떠한 성 차이를 보이는가?

II. 검사 방법

1. 검사 대상

PISA 2000 평가는 2000년 7월 국내에서 실시되었는데 이 평가에 참여한 학생은 만 15세 학생 총 5,027명이었다. 이들은 국내의 만 15세 학생을 대표하는 집단으로 학교급(중학교, 고등학교), 학교 교육 프로그램(일반계, 실업계), 학교가 속해 있는 지역의 도시화 정도(광역시, 중소 도시, 농어촌) 등을 기준으로 한 유층 비례 표집 방법에 의해 표집되었다.²⁾

표집은 학교 표집과 학생 표집의 두 단계를 거쳐 실시되었다. 먼저 학교 표집을 통해 전국 132개 고등학교와 12개의 중학교가 선정되었다. 특히 고등 학교

중에서 일반계 86개교, 실업계가 48개교를 선정함으로써 국내의 일반계와 실업계 고등학교의 구성 비율(64:35)이 정확히 반영되도록 하였다. 표본에 포함된 학교에 재학하는 만 15세 학생의 명단을 작성 한 후 각 학교에서 38명을 무작위로 선정하였다. 이러한 과정을 거쳐 표집된 학생은 여학생 2,244명 남학생 2,783명이었으며, 학년별로는 고등학교 1학년이 전체의 98%에 해당하는 4,936명, 고등학교 2학년이 26명, 중학생이 65명 등이었다.

PISA 검사 문항은 읽기, 수학, 과학 세 영역에 걸쳐 약 200개에 달하는데, 이들 문항을 9종의 검사지에 나누어 배정함으로써, 학생 당 검사 시간을 2시간 이내로 줄이고자 하였다. 과학 문항은 5종의 검사지에만 포함되었으므로 과학 문항에 응답한 학생은 전체의 약 5/9에 해당하는 2,651명이었다.

2. 검사 문항

PISA 2000의 보조 평가 영역인 과학은 12개 단원(unit) 안에 총 35개의 문항으로 구성되어 있다. 이들 과학 문항은 9종의 검사지 중 5종의 검사지에 분포되어 있다. 과학 문항을 과학의 내용 영역별, 과정별, 제시된 상황별, 문항의 유형별 등으로 정리하면 Table 1과 같다.

PISA 2000 과학 평가틀에서는 과학이 적용되는 영역을 생명 건강 과학, 지구 환경 과학, 과학 기술 등의 세 영역으로 구분하였는데, 생명 건강 과학 영역의 문항 수(37.2%) 및 지구 환경 과학 영역의 문항 수(37.2%)가 과학 기술 영역의 문항 수(25.6%)보다 많았다. PISA 과학 평가틀에서 구분한 과학의 과정은 1) 과학적으로 조사 가능한 문제 인식하기, 2) 과학적 조사에 필요한 증거 찾기, 3) 결론 도출 및 평가하기, 4) 타당한 결론을 가지고 의사소통하기, 5) 과학적 개념의 이해 표현하기 등이다. 이 중에서 1)번부터 4)번까지는 탐구에, 5)번은 지식에 해당된다. 따라서, PISA 2000의 과학 문항은 과학 탐구 기능과 관련된 문항이 60%, 과학 지식과 관련된 문항이

2) 구체적인 표집 방법은 노국항 외(2000b)를 참고한다.

Table 1. Composition of science items in PISA 2000

		Number of items	%	Total
Applied areas	Science in life and health	13	37.2	35(100%)
	Science in earth and environment	13	37.2	
	Science in technology	9	25.6	
Scientific processes	Recognizing scientifically investigable questions	5	14.3	35(100%)
	Identifying evidence needed in a scientific investigation	4	11.4	
	Drawing or evaluating conclusions	11	31.4	
	Communicating valid conclusions	1	2.8	
	Demonstrating understanding of scientific concepts	14	40.0	
Context	Personal	8	22.9	35(100%)
	Community	4	11.4	
	Global	17	48.6	
	Historical	6	17.1	
Item format	Open-constructed response	14	40.0	35(100%)
	Multiple choice	21	60.0	

40% 포함되어 있어 기존의 국제 비교 연구에서보다 탐구에 관한 문항이 더 많이 들어 있다.³⁾ PISA 2000 과학 평가들에서는 문항의 제시 상황을 개인적, 지역 공동체적, 지구적, 역사적 등 네 가지로 구분한다. 과학 문항에서는 무엇보다도 지구적 차원의 상황 안에서 가장 많은 문항(48.6%)이 제시되었고, 이어 개인적 차원(22.9%), 역사적 차원(17.1%), 공동체적 차원(11.4%) 등의 순으로 나타났다.

한편, PISA 2000 문항을 유형별로 살펴보면, 서술형 문항은 기존의 국제 비교 연구보다 더 많은 비율(34.3%)로 포함되었다.⁴⁾ 특히, PISA 2000에서 서술형 과학 문항의 경우, 적어도 10단어 이상을 사용하여 답해야 하는 것이 대부분이라는 점은 기존의 과학과 국제 비교 연구와 비교되는 주목할 만한 점이다.

3. 자료 분석 방법

PISA 검사에 대한 학생들의 답안은 채점 과정을

거쳐 전산 파일에 입력되었다. 입력된 자료를 이용하여 각 학생의 문항별 점수에 대한 정보 즉 틀린 문항에 대해서는 0점, 부분적으로 맞은 문항에 대해서는 해당 문항의 채점 기준에서 정한 점수(대개 1점 또는 2점), 그리고 완전한 정답에 대해서도 해당 문항의 채점 기준에서 정한 최고 점수(대개 1점, 2점 또는 3점)를 담은 점수 파일을 생성하였다.

이러한 문항별 점수 파일에 근거하여 학생별 백분율 점수를 구하였다. 백분율 점수는 학생이 배정 받은 검사 문항 중 몇 %를 맞추었는가를 나타내는 점수 체계이다. 예를 들어, 검사지 속에 포함된 문항이 모두 10개이고, 이 중 2점을 만점으로 하는 문항이 2개, 3점을 만점으로 하는 문항이 1, 그리고 나머지가 1점짜리 문항이라고 할 때, 이 검사의 만점은 14점이 된다. 학생 개인의 백분율 점수는 학생이 개별 문항에서 획득한 점수를 14로 나눈 뒤 100을 곱한 점수가 된다.

PISA 자료의 초기 분석에서 백분율 점수를 사용한

3) TIMSS의 경우, 과학 전체 문항은 지식에 관련된 문항이 약 70%, 탐구와 관련된 문항이 약 30%로 구성되어 있다.

4) TIMSS의 경우, 전체 과학 문항의 27%가 서술형 문항이며 전체 서술형 문항 중 약 36%는 단답형이다.

이유는 PISA에 사용된 과학 검사지가 5종이었고, 이들 검사지에 포함된 문항의 구성이 모두 다르기 때문이었다. 즉 어떤 유형의 검사지를 배정받았는가에 따라 학생이 받을 수 있는 점수가 서로 다르기 때문에 원점수로는 상호 비교가 어렵다. 따라서 전체 문항 중 몇 %에 정답을 하였는가하는 척도를 이용하여 5종의 검사지에 답한 학생들의 정답율을 상호 비교하고자 하였다.

Ⅲ. 검사 결과

1. 전체적인 과학적 소양 성취도

PISA 2000 결과 나타난 우리 나라 학생들의 과학 영역 평균 정답율은 평균 54.6%이고 표준 편차는 20.7%인 것으로 나타났다. 우리 나라 학생들의 과학 성취도 분포를 점수별로 살펴보면 Fig. 1과 같다. 가장 많은 수의 학생들이 약 50%의 정답율을 보였고, 정답율이 100% 또는 0%인 학생도 있었다. 성별 정답율 차이를 살펴보면, 남학생의 평균 정답율은 56.5%, 여학생의 평균 정답율은 52.5%로($F=25.26$)

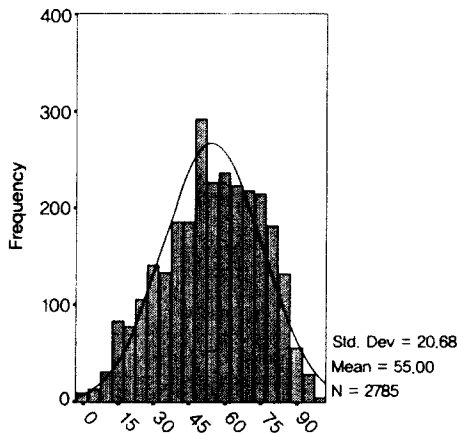


Fig. 1. Distribution of science achievement in PISA 2000

남학생이 여학생에 비해 통계적으로 유의미한 차이를 보이며 높은 성취도를 나타내고 있음을 알 수 있다.

2. 평가들에 근거한 과학적 소양 성취도

PISA 2000 과학 평가들의 세 개 축인 과학의 내용 영역, 과학의 과정, 상황 등에 따른 우리 나라 학생들의 정답율을 제시하면 다음과 같다.

가. 내용 영역별 과학적 소양 성취도: PISA 과학 평가들에서 구분한 생명 건강 과학, 지구 환경 과학, 과학 기술 등의 3개 내용 영역별 우리 나라 학생들의 정답율을 살펴보면 Table 2와 같다. 과학 기술 영역에서 문항 정답율이 가장 높았고(61.0%), 이어 생명 건강 과학 영역(58.7%), 지구 환경 과학 영역(53.4%)의 순으로 나타났다. 한편, 이들 각 내용 영역별 정답율에 대한 표준 편차가 모두 높게 나타났는데, 이는 정답율 분포(Fig. 2)를 통해서도 확인할 수 있다.

Fig. 2는 과학 기술 영역 9문항, 생명 건강 과학 영역 13문항, 지구 환경 과학 영역 13문항 각각에 대한 우리 나라 학생들의 평균 정답율 분포를 나타낸다.⁵⁾ Fig. 2에서 나타나듯이, 과학 기술 영역의 경우 거의 모든 문항의 정답율이 50% 이상으로 나타났고, 총 16개 중 11개의 문항에서 70%를 넘는 높은 정답율을 보이고 있다. 반면, 지구 환경 과학 영역의 경우 정답율이 50% 이하인 문항이 많이 포함된 것으로 나타났으며, 정답율의 범위가 가장 넓게 분포하고 있는 것이 특징이다. 한편, 생명 건강 과학 영역의 경우, 정답율이 50~75%의 범위에 있는 문항이 가장 많았다. 우리 나라 학생들의 영역별 과학적 소양 성취도 결과를 정리하면, 과학 기술 영역에서 가장 높은 정답율을 보인 문항이 많았고, 이어 생명 건강 과학, 지구 환경 과학 영역 순으로 나타났다.

내용 영역별 여학생과 남학생의 정답율 차이를 살

5) 다만, 진위형으로 출제된 문항의 경우, 하나의 문항에 2~4개의 하부 문항이 포함되어 있고 이들 하부 문항에 대한 정답율을 각각 분석하였으므로 실제 Fig. 2에는 과학 기술 영역에 16개, 생명 건강 과학 영역에 14개, 지구 환경 과학 영역에 15개의 점이 분포되어 있다.

Table 2. Mean and standard deviation(SD) in three applied science areas

	Total		Female		Male		F	p
	n	mean(SD)	n	mean(SD)	n	mean(SD)		
Science in life and health	2719	58.7(28.5)	1212	57.2(27.8)	1507	60.0(29.0)	6.162	.013*
Science in earth and environment	2730	53.4(26.9)	1219	50.8(27.2)	1511	55.5(26.4)	20.727	.000**
Science in technology	2623	61.0(34.1)	1157	56.5(34.8)	1466	64.6(33.2)	36.938	.000**

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

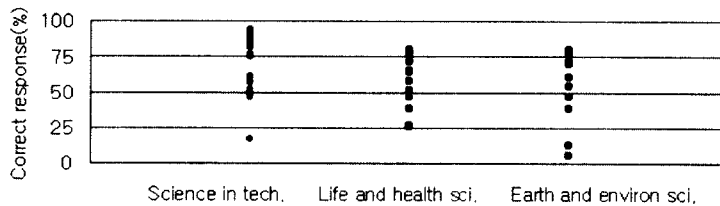


Fig. 2. Distribution of correct response(%) in three science areas

Table 3. Mean, standard deviation(SD), and t-value in science knowledge and scientific processes

	N	Mean(SD)	t*
science knowledge	2748	57.5(23.0)	15.773
scientific processes	2749	51.2(23.2)	

*Critical value of t distribution at $\alpha(.05 \text{ level}) = 1.645$

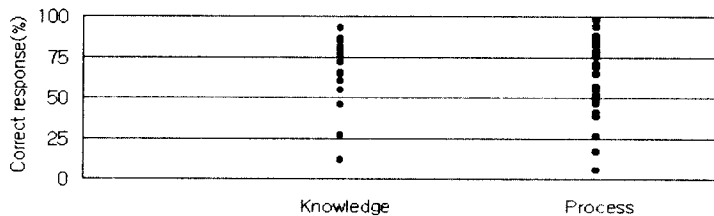


Fig. 3. Distribution of correct response(%) in science knowledge and process

퍼보면 이들 세 개 영역 모두 남학생이 여학생보다 의미 있는 차이를 보이며 높은 성취도 결과를 보여주고 있다. 특히, 과학 기술 영역의 경우 남학생과 여학생의 평균 정답을 차이가 가장 커서 거의 8%나 되었으며, 생명 건강 과학 영역의 경우 여학생과 남학생의 평균 정답을 차이는 약 2.8%로 세 개 영역 중 가장 적은 차이를 보였다.

나. 지식과 탐구별 과학적 소양 성취도: PISA 과학

평가들에서 구분한 문제 인식하기, 과학적 증거 찾기, 결론 도출 및 평가하기, 의사소통하기 등의 과학 탐구 과정과 과학 지식 문항에 대한 우리나라 학생들의 평균 정답율을 살펴보면 Table 3과 같다. 과학 지식 문항의 평균 정답율은 57.5%로 51.2%의 평균 정답율을 보인 과학 탐구 문항보다 의미 있는 차이 ($t=15.773$)를 보이며 높게 나타났다. 내용 영역에서와 마찬가지로 지식과 탐구별 정답율도 넓은 범위에 걸쳐 분포하고 있는데(Fig. 3), 과학 지식 문항의 정

답을 분포는 탐구 문항의 정답을 분포보다 좁은 범위에 걸쳐 나타나는 하지만, 뚜렷한 차이가 나타나지는 않는 것을 알 수 있다.

지식과 탐구 문항별 여학생과 남학생의 정답을 차이를 살펴보면(Table 4), 지식 문항의 경우 남학생이 여학생보다 의미 있는 차이를 보이면서 높은 성취도 결과를 나타냈지만, 탐구 문항의 경우 남학생과 여학생 사이에 의미 있는 차이를 보이지 않았다.

다. 상황별 과학적 소양 성취도: PISA 2000 과학

평가들에서 구분한 개인적, 지역 공동체적, 지구적, 역사적 등의 문제 제시 상황에 대한 우리나라 학생들의 평균 정답율을 살펴보면 Table 5와 같다. 우리나라 학생들은 역사적 상황의 문항에서 가장 높은 평균 정답율(62.0%)을 보였으며, 이어 지구적(51.4%), 지역 공동체적(47.9%), 개인적(44.6%) 상황 순으로 나타났다. 그러나, 가장 정답율이 낮았던 지구적 상황의 문항들에 대한 표준 편차가 가장 높게(37.2%) 나타났다. 이는 Fig. 4를 보면 더욱 잘 나타난다.

한편, 각 상황별 성 차이를 살펴보면(Table 5), 개

Table 4. Comparison of female and male students in achievement of science knowledge and scientific processes

	Total		Female		Male		F	p
	n	mean(SD)	n	mean(SD)	n	mean(SD)		
Science knowledge	2748	57.5(23.0)	1224	54.1(22.6)	1524	60.2(23.0)	47.793	.000*
Scientific processes	2749	51.2(23.2)	1224	50.3(23.0)	1525	51.9(23.3)	3.259	.071

*p<.001

Table 5. Mean and standard deviation(SD) in four applied contexts

	Total		Female		Male		F	p
	n	mean(SD)	n	mean(SD)	n	mean(SD)		
Personal	2147	44.6(37.2)	959	45.2(37.4)	1188	44.1(36.9)	.495	.482
Community	2665	47.9(33.2)	1187	45.7(32.7)	1478	49.7(33.5)	9.320	.002*
Global	2722	51.4(25.9)	1214	47.7(26.0)	1508	54.4(25.4)	45.795	.000**
Historical	1618	62.0(30.5)	728	61.2(29.6)	890	62.7(31.2)	1.087	.297

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

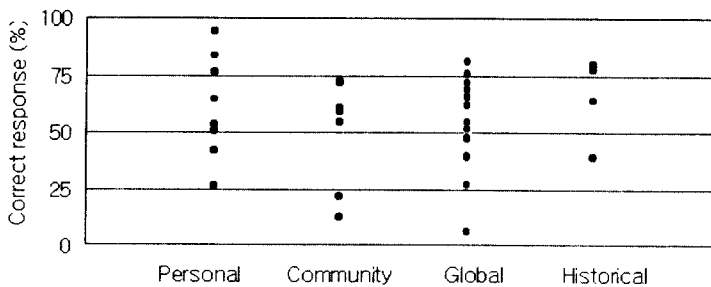


Fig. 4. Distribution of correct response(%) in item context

인적 상황을 제외한 나머지 세 개 상황에서 남학생이 여학생보다 더 높은 정답율을 나타냈으며, 특히 지역 공동체적 및 지구적 상황에서 남학생이 여학생보다 의미 있는 차이를 보이며 높은 성취도 결과를 보였다. 그러나, 개인적 상황에 있어서는 여학생의 정답율이 남학생보다 높게 나타났다.

라. 문항 유형별 과학적 소양 성취도: PISA 과학 문항을 선택형과 서술형 문항으로 구분하여 우리 나라 학생들의 평균 정답율을 살펴보면 Table 6과 같다. 선다형 문항의 평균 정답율은 60.4%로, 서술형 문항의 평균 정답율인 48.5%보다 의미 있는 차이 ($t = -27.607$)를 보이며 높게 나타났다. 문항 유형별

정답율 분포를 살펴보면, 서술형보다는 선택형 문항이 높은 정답율 범위에 있는 것으로 나타났다 (Fig. 5).

문항의 유형별 성 차이 결과를 살펴보면 Table 7과 같다. Table 7에서는 선택형 문항을 선다형 및 진위형으로 다시 세분하여 선다형, 진위형, 서술형 등의 문항 형태별 성 차이를 분석한 결과를 보여주는데, 이들 세 유형 모두 남학생이 여학생보다 의미 있는 차이를 보이며 높은 정답율을 보였다. 특히, 진위형 문항의 경우 성별 정답율 차이(6.5%)가 가장 크게 나타났으며, 선택형 문항의 성별 정답율 차이가 3.0%로 가장 작게 나타났다.

Table 6. Mean, standard deviation(SD), and t-value in multiple-choice and open-constructed items

	Mean (n=2785)	SD	t*
Multiple-choice	60.4	20.8	-27.607
Open-constructed	48.5	27.0	

*Critical value of t distribution at $\alpha(.05$ level) = 1.645

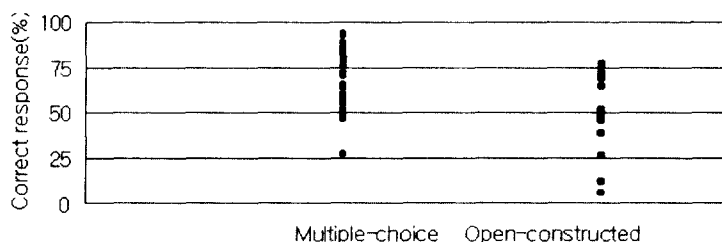


Fig. 5. Distribution of correct response(%) in item types

Table 7. Comparison of female and male students by item type

	Total		Female		Male		F	p
	n	mean(SD)	n	mean(SD)	n	mean(SD)		
Multiple-choice	1218	61.4(24.1)	1520	59.7(23.5)	1520	62.7(24.5)	10.148	.001*
True/False	1185	63.7(33.8)	1467	60.1(34.9)	1467	66.6(32.5)	24.086	.000**
Open-constructed	1217	49.3(26.5)	1498	46.8(26.6)	1498	51.4(26.2)	19.622	.000**

* $p < .01$, ** $p < .001$

3. 문항별 과학적 소양 성취도

PISA 2000에 포함된 35개 문항에 대한 우리나라 학생들의 평균 정답율 및 성별 정답율 차이를 정리하면 Table 8과 같다. 우리나라 학생들은 과학적 소양을 평가하는 35개 문항 중 23개 문항에서 50% 이상의 정답율을 보였으며, 이 중 정답율이 70%를 넘는 문항이 10개로 나타났다. 한편, 30% 이하의 낮은 정답율을 보인 문항이 5개로 나타났으며, 이 중 지구 환경 과학 영역의 2개 문항(12902, 25301)은 정답율이 각각 12.3%, 6.1%로 매우 낮았다.

성별 정답율 차이 측면에서 살펴보면, 35개 중 24개 문항에서 남학생이 여학생보다 더 높은 정답율을 보였고 이 중 12개 문항에서 의미 있는 차이로 남학생이 여학생보다 높은 정답율을 보였다. 한편, 10개 문항에서 여학생이 남학생보다 높은 정답율을 보였고, 이 중 1개 문항에서 의미 있는 차이로 남학생보다 높은 정답율을 보였다. 남학생과 여학생의 정답율이 같은 문항도 1개 나타났다.

이상 Table 8에 나타난 결과를 토대로 우리나라 학생들의 정답율이 높거나 낮은 문항 및 의미 있는 성 차이가 나타나는 문항들의 특징에 대해 보다 구체적으로 살펴보기로 한다.

가. 정답율이 낮은 문항: 정답율이 30% 이하인 5개 문항 중 정답율이 가장 낮은(6.1%) 문항 25301은 지구 환경 과학 영역에 포함되는 지구적 상황에서의 서술형 문항이다. 이 문항은 오존 형성 과정을 나타내는 만화 세 컷을 제시한 후 이를 설명하도록 하는 내용으로, 오존 형성 과정에 대해 적어도 세 개 문장을 서술해야 완전 점수를 받게 된다. PISA 2000 과학 문항 중 가장 긴 문장의 답안을 요구하며, 유일하게 의사 소통 능력을 평가하는 문항이기도 하다. 정답율이 12.1%에 불과한 문항 12902도 지구 환경 과학 영역에 포함되는 공동체 상황에서의 서술형 문항이다. 이 문항은 지구의 자전축, 적도, 북반구, 남반구 등을 표시하고 그 명칭을 묻는 지구 과학 지식 관련 문항

이다.⁶⁾ 이 밖에도 과학 기술 영역에 포함되어 있는 조력 발전 건설에 적합한 입지 조건에 대해 묻는 지역 공동체 상황의 진위형 문항(20901), 생명 건강 과학 영역에 포함되어 있는 실험 설계와 관련된 개인적 상황의 진위형 문항(13104) 및 생명 복제 실험에서 사용되는 '매우 작은 조직'에 대해 묻는 지구적 상황의 선다형 문항(12802) 등이 모두 30% 이하의 낮은 정답율을 보인 문항들이다.

나. 정답율이 높은 문항: PISA 2000 과학 문항 중 우리나라 학생들의 정답율이 가장 높은(93.4%) 문항은 TIMSS에 출제된 바 있던 과학 기술 영역에 포함된 열전도와 관련된 손가락 문항(25601)이다. 이 문항은 개인적 상황의 선다형 문항으로 열전도가 가장 잘 되는 물질로 만들어진 손가락을 찾아내는 지식 문항이다. 정답율이 매우 높은(85.7%) 또 다른 문항(21302)도 과학 기술 영역에 해당되는데, 섬유에 전기가 통하는지를 알아보는 실험 장비를 묻는 개인적 상황의 선다형 문항(21302)이다. 정답율이 80.9%로 높게 나타난 생명 건강 과학 영역의 문항(26801)은 주장에 대한 옳은 증거를 확인하는 지구적 상황의 선다형 문항이다. 이 밖에도 산육열 감염에 관련된 역사적 사실에 근거한 생명 건강 과학 영역에 포함된 선다형의 증거 확인 문항(19504), 산육열 감염 예방에 있어 고온 살균 효과에 대해 묻는 서술형 문항(19505), 지구의 기온 상승으로 해안 부근에 위치한 지역에 미치는 영향을 서술하도록 한 지구 환경 과학 영역의 지구적 상황의 문항(26901), 과학 기술 영역에서 질량을 정확하게 측정하는 실험 과정에 대한 개인적 상황의 선다형 문항(13301), 지구 환경 과학 영역에서 실제 일기 예보 자료를 해석하는 것과 관련된 지역 공동체 상황의 2개 문항(25202, 25203), 자외선의 영향으로 생길 수 있는 인간의 질병을 서술하도록 한 지구적 상황의 문항(25305) 등이 모두 70%를 넘는 높은 정답율을 보인 문항들이다.

다. 남학생이 여학생보다 유의미하게 높은 정답율을

6) 이들 두 개 문항에 대한 구체적 내용 및 분석 결과는 신동희 외(2002)에 제시되어 있다.

Table 8. Results of science item analysis in PISA 2000

Task title	ID	Area	Knowledge /Process ¹	Context	Item type ²	% Correct				χ^2	p
						Total	Female	Male	F-M		
Greenhouse	11403	Earth/Environment	Process 3	Global	O	69.3	63.1	74.1	-11.0	15.387	.000***
	11404	Earth/Environment	Process 3	Global	O	47.7	45.5	49.4	-3.9	9.317	.009**
	11405	Earth/Environment	Process 3	Global	O	38.7	38.7	38.7	0	.000	.995
Cloning	12801	Life/Health	Knowledge	Global	M	66.1	61.7	69.5	-7.8	10.921	.001**
	12802	Life/Health	Knowledge	Global	M	26.7	25.3	27.9	-2.6	1.399	.237
	12803	Life/Health	Process 1	Global	O/X	39.6	41.3	38.3	3.0	1.536	.215
Daylight	12901	Earth/Environment	Knowledge	Community	M	60.7	53.8	66.3	-12.5	17.962	.000***
	12902	Earth/Environment	Knowledge	Community	O	12.3	10.8	13.6	-2.8	4.116	.128
Good vibration	13102	Life/Health	Process 3	Personal	O	64.7	65.7	63.9	1.8	.562	.454
	13104	Life/Health	Process 1	Personal	O	26.4	25.4	27.1	-1.7	.601	.438
Research	13301	Science in technology	Process 2	Personal	M	75.4	76.4	74.6	1.8	.454	.501
	13303	Science in technology	Process 3	Personal	M	48.0	50.7	45.9	4.8	2.572	.109
	13304	Science in technology	Process 2	Personal	O/X	55.4	53.4	56.9	-3.5	1.337	.248
Semmelweis	19502	Life/Health	Process 3	Historical	O	38.9	38.4	39.3	-0.9	.152	.927
	19504	Life/Health	Process 2	Historical	M	79.5	81.5	77.8	3.7	3.509	.061
	19505	Life/Health	Knowledge	Historical	O	77.5	79.0	76.4	2.6	1.579	.209
	19506	Life/Health	Knowledge	Historical	M	64.3	59.6	68.1	-8.5	13.070	.000***
Tidal power	20901	Science in technology	Process 3	Community	O/X	21.6	18.5	24.2	-5.7	15.716	.000***
	20902	Science in technology	Process 3	Community	O	58.8	53.0	63.4	-10.4	18.584	.000***
Clothes	21301	Science in technology	Process 2	Personal	O/X	40.9	41.6	40.3	1.3	.186	.666
	21302	Science in technology	Knowledge	Personal	M	85.7	83.6	87.3	-3.7	2.979	.084
South rainea	25201	Earth/Environment	Process 3	Community	M	54.7	54.2	55.1	-0.9	.129	.720
	25202	Earth/Environment	Knowledge	Community	M	72.1	74.0	70.6	3.4	2.318	.128
	25203	Earth/Environment	Process 3	Community	O/X	72.4	72.8	72.1	0.7	.082	.774
Ozone	25301	Earth/Environment	Process 4	Global	O	6.1	7.3	5.1	2.2	8.372	.039*
	25302	Earth/Environment	Process 3	Global	M	54.6	52.3	56.5	-4.2	1.880	.170
	25305	Life/Health	Knowledge	Global	O	71.8	68.2	74.8	-6.6	5.947	.015*
	27003	Earth/Environment	Process 1	Global	O/X	62.0	59.6	63.8	-4.2	2.037	.154
Spoons	25601	Science in technology	Knowledge	Personal	M	93.4	94.6	92.4	2.2	2.225	.136
	26801	Life/Health	Process 2	Global	M	80.9	79.7	81.8	-2.1	.791	.374
Algae	26802	Life/Health	Process 2	Global	O	51.8	50.1	53.2	-3.1	1.043	.307
	26806	Life/Health	Knowledge	Global	M	65.1	59.8	69.4	-9.6	10.972	.001**
Earth's Temperature	26901	Earth/Environment	Knowledge	Global	O	76.1	71.7	79.7	-8.0	14.150	.000**
	26903	Earth/Environment	Knowledge	Global	O	47.2	42.5	50.9	-8.4	11.632	.001***
	26904	Science in technology	Knowledge	Global	O/X	51.8	40.0	61.2	-21.2	80.802	.000***

¹ 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

² O: Open constructed, M: Multiple-choice, O/X: True/False

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

나타내는 문항: 남학생과 여학생의 정답을 차이가 가장 큰 문항은 과학 기술 영역에 포함된 이산화탄소를 발생시키는 에너지원을 선택하도록 한 지구적 상황의 진위형 문항(26904)이다. 이 문항은 남학생의 정답율(61.2%)이 여학생의 정답율(40.0%)보다 21.2%나 높은 것으로 나타나, PISA 2000 과학 문항 중 우리나라 학생들의 성 차이를 가장 두드러지게 보여준다. 지구의 낮과 밤이 생기는 원인을 묻는 선다형 지식 문항(12901), 이산화탄소 배출량과 지구 평균 기온 상승 사이의 관계를 그래프를 보고 해석하는 두 개의 서술형 문항(11403, 11404), 지구의 기온이 상승할 때 해안 지방에 미치는 영향을 묻는 서술형 문항(26901), 산림이 손실되면 대기 중의 이산화탄소 양이 증가하는 이유를 묻는 서술형 문항(26903) 등도 모두 지구 환경 과학 영역 문항 중 남학생의 정답율이 여학생에 비해 의미 있게 높은 차이를 보인 문항들이다. 생명 건강 과학 영역의 문항 중에서 남학생이 여학생에 비해 의미 있는 차이로 높은 정답율을 나타낸 문항으로는 식물성 플랑크톤이 해수면 이하 100m 이내의 깊이에서만 살 수 있는 이유를 묻는 선다형 문항(26806), 항생제의 효과가 시간이 갈수록 저하되는 이유를 묻는 선다형 문항(19506), 오존층 파괴로 인간에게 생길 수 있는 질병을 묻는 서술형 문항(25305), 생명 복제와 관련된 선다형 문항(12801) 등이 있다. 이 밖에도 조력 발전소 건설의 입지 조건을 쓰는 서술형 문항(20901), 지구상에 조력 발전소의 수가 매우 적은 이유를 쓰는 서술형 문항(20902) 등도 과학 기술 영역 문항 중 남학생의 정답율이 여학생에 비해 의미 있는 차이로 높게 나타난 문항들이다.

라. 여학생이 남학생보다 유의미하게 높은 정답율을 나타내는 문항: PISA 2000에 포함된 35개 과학 문항 중 여학생의 정답율(7.3%)이 남학생의 정답율(5.1%)에 비해 의미 있는 차이로 높게 나타난 유일한 문항은 지구 환경 과학 영역에 포함된 지구적 상황의 서술형 문항(25301)이다. 이 문항은 PISA 2000 과학 문항 중 정답율이 가장 낮은(6.1%) 문항이면서 가장 긴 문장의 답안을 요구하는 문항이다.

또한, 이 문항은 PISA 2000 과학 문항 중 의사소통 능력을 측정하는 유일한 문항이기도 하다.

IV. 논 의

1. PISA 2000 과학 영역에서 나타난 전체적인 과학적 소양 성취도 경향

이상 살펴본 만 15세 학생들의 과학적 소양 성취도를 알아보고자 OECD 주관으로 실시하고 있는 국제 비교 연구인 PISA 1주기 연구 결과, 우리나라 학생들은 과학 영역에서 다음과 같은 경향을 보이는 것으로 나타났다.

첫째, PISA 2000 결과, 성취 수준이 매우 높거나 낮은 집단보다는 중간 정도의 성취 수준을 보이는 집단이 두드러지게 크다고 할 수 있다(Fig. 1). 과학 영역의 평균 정답율은 54.6%로 같은 국제 비교 연구로 교육 과정을 중심으로 한 TIMSS-R에 참가한 중학교 2학년 학생들이 보여준 평균 정답율인 65.5%(김성숙 외, 1999)보다 낮은 것으로 나타났다. 한편, TIMSS-R의 경우 가장 많은 학생들이 약 78%의 정답율에 집중되어 분포된 반면, PISA 2000에서는 약 50% 전후의 넓은 정답율 범위에 걸쳐 가장 많은 학생들이 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 평가의 목적과 대상이 전혀 다른 TIMSS-R과 PISA 2000의 결과를 단순 비교하는 데에 무리가 있을 수 있으나, 적어도 “모든 사람을 위한 과학 교육”과 맥을 같이 하는 과학적 소양의 평가 결과 많은 수의 우리나라 학생들이 어느 정도의 과학적 소양을 갖추고 있다고 판단할 수 있다.

둘째, 평가들의 내용 영역 측면에서 보면, 과학 기술 영역에서 가장 높은 성취도 결과가, 지구 환경 과학 영역에서 가장 낮은 성취도 결과가 나타났다(Table 2). 지구 환경 과학 영역의 성취도가 가장 낮게 나타난 결과는 TIMSS-R에서 지구 과학이 가장 높은 정답율을 나타낸 것(김성숙 외, 1999)과 대조적인데, 이는 PISA 지구 환경 과학에 포함된 대부분의 문항들이 전통적인 지구 과학 지식에 근거한 문항이라기보다는 지구 환경 문제 측면에서 접근한 것이 대부분이

있기 때문이다. 특히, PISA 지구 환경 과학 영역과 비슷한 TIMSS-R의 환경 영역에서 우리 나라 학생들이 낮은 정답율을 보인 것과 비슷한 결과이다.

셋째, 평가들의 과학의 과정 측면에서 보면, 과학 탐구 문항보다 과학 지식 문항에서 통계적으로 유의미하게 낮은 성취 결과가 나타났고(Table 3), 문항의 유형별로는 서술형보다 선택형 문항에서 통계적으로 유의미하게 높은 성취 결과가 나타났(Table 6). 특히, 정답율이 낮은 과학 탐구 및 서술형 문항들의 표준 편차가 정답율이 높은 과학 지식 또는 선택형 문항의 표준 편차보다 오히려 작게 나타난 것은 과학 탐구 또는 서술형 문항의 경우 성취도가 높은 학생들과 낮은 학생들의 차이가 더 많이 나타났음을 의미한다. 한편, PISA 2000의 문항 유형별 성취 결과는 선다형 문항의 정답율이 자유 반응형 문항의 정답율보다 유의미하게 높게 나타난 TIMSS-R의 결과와도 일치한다. 지난 수 십 년 동안 과학 교육에서 강조되어 온 과학 탐구 기능이 과학 지식보다 유의미하게 낮은 성취 결과를 보인 것은 여전히 지식 위주의 과학 교육이 이루어지고 있음이 드러난 결과이다. 또한, 최근 과학 교육계를 비롯한 교육계 전반에 걸쳐 수행평가가 부각됨과 더불어 그 장점이 더욱 인정받고 있는 서술형 문항의 성취도가 선택형 문항보다 훨씬 낮은 것도 우리 나라의 과학 교육이 오랫동안 지녀 온 문제점이 여전히 존재함을 드러내는 결과이다.

넷째, 평가들의 상황 측면에서 보면 역사적 상황의 문항에서 가장 높은 성취도를 보였고, 개인적 상황의 문항에서 가장 낮은 성취도를 보였다(Table 5). 다만, PISA 2000에 포함된 35개의 과학 문항 중 역사적 상황의 문항이 4개에 불과하므로 상황에 따른 성취 결과의 해석에는 한계가 있다.

다섯째, 정답율이 낮은 문항을 분석한 결과, 답안에 여러 항목을 써야 완전 점수를 받을 수 있는 서술형 문항, 우리 나라의 교육 과정에서 강조하고 있지 않은 생명 공학 및 환경 관련 문항 등에서 낮은 성취 경향을 보였다. 특히, PISA 2000 과학 문항 중 가장 긴 문장의 서술을 필요로 하는 의사 소통 능력을 측정하는 문항과 자전축, 적도, 북반구, 남반구 등을 그리도록 한 문항에서 매우 낮은 성취 결과가 나타난

점은 우리 나라 학생들이 정확한 과학 지식은 물론이고 표현 능력도 부족함을 보여준다.

여섯째, 정답율이 높은 문항을 분석한 결과, 과학 지식을 선다형으로 제시한 문항들에서 매우 높은 성취도 결과가 나타났다. 한편, 서술형 문항에서 높은 성취도를 보인 문항들의 경우, 대부분 단답형으로 서술하도록 제시된 문항들임을 알 수 있다.

2 PISA 2000 과학 영역에서 나타난 성별 과학적 소양 성취도 차이

이상 제시한 PISA 2000의 전체적인 과학적 소양 성취도 경향과 더불어, 성 차이 결과를 중심으로 과학적 소양 성취도를 논의하면 다음과 같다.

첫째, 기존의 과학 성취도에 있어서의 성 차이와 관련된 많은 연구 결과(우종욱 외, 1999; 이재천과 김범기, 1996; Hedges & Nowell, 1995; Mullis et al., 2000)에서와 마찬가지로, 남학생이 여학생보다 높은 성취도 결과가 나타났다. 과학적 소양을 평가하는 PISA 2000의 결과가 지금까지 전통적인 과학 지식 위주의 성취도에 있어서의 성 차이 연구와 같다는 것은 과학 분야에서는 과학적 지식은 물론이고 일상 생활에서의 과학 활용 능력도 남학생이 여학생보다 높음을 나타낸다. 특히, 1999년 실시된 TIMSS-R 결과에서도 이미 우리 나라가 (연구 결과가 인정된) 25개 국가 중 홍콩과 뉴질랜드에 이어 세 번째로 중학교 2학년 남녀 학생의 성취도 차이가 큰 국가임이 밝혀졌음을 볼 때(Mullis et al., 2000), 과학 성취도에 있어서의 성 차이는 이제 더 이상 논의를 미룰 수 없는 심각한 현상이 PISA 2000 결과에서도 다시 한번 입증된 셈이다.

둘째, 생명 건강 과학, 지구 환경 과학, 과학 기술 등 세 영역에서 모두 남학생의 성취도가 여학생보다 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다(Table 2). 이 세 영역 중 성 차이가 가장 작게 나타난 영역은 생명 건강 과학 영역으로 이는 물상이나 지구 과학보다 생물에서 성 차이가 가장 작다는 기존의 연구들(Becker, 1989; Beller & Gafni, 1996; Burkam et al., 1997; Fleming & Malone, 1983; Keeves

& Kotte, 1995; Lee & Burkam, 1996; Young & Fraser, 1994)과 같은 결과이다. 그러나 PISA 2000의 경우 생명 건강 과학 영역에서도 (다른 영역에 비해 차이가 작기는 하나) 유의미한 차이를 보이며 남학생의 성취도가 더 높았다는 점은 기존의 연구 결과와 다르다. 이는 PISA 2000의 생명 건강 과학 문항들이 전통적인 생물 내용과 관련된 것이라기보다는 건강, 환경, 생명 공학 등과 관련된 것이 대부분이었기 때문인 것으로 추측된다.

셋째, 과학 지식과 탐구 모두 남학생의 성취도가 여학생보다 높지만, 과학 탐구의 경우 그 차이가 유의미하지 않은 것으로 나타났다(Table 4). PISA 2000 결과 전체적으로 거의 모든 부분에서 남학생의 성취도가 여학생보다 유의미하게 높은 경향을 보인 것과는 대조적으로, 과학 탐구 문항에 있어서 의미 있는 성 차이가 나타나지 않은 점은 매우 주목할 만하다. 이는 1999년 고등 학생들의 과학 지식 성취 수준에 있어 유의미한 성 차이가 나타났다는 권재술 외(1999)의 연구 결과 및 과학 탐구 능력 결과, 문제 인식, 탐구 설계, 탐구 수행, 자료 해석, 결론 통합 등의 모든 단계에서 의미 있는 성 차이가 나타나지 않았다는 우중욱 외(1999)의 연구 결과와 일치한다. 또한, 중학교 3학년과 고등학교 1학년을 대상으로 한 과학적 소양에 있어서의 성 차이 연구(Manhart, 1998)에서 과학의 구조(constructs of science)에 있어서는 남학생들이, 과학적 탐구나 과학의 사회적 측면에 있어서는 여학생들이 더 높은 성취도를 보인다는 결과와도 일치한다. 과학 지식보다 탐구에서 여학생들이 강세를 보인다는 점은 흥미로운 결과이며, 과학 교육의 평가가 지식보다 탐구 기능을 더욱 강조하는 방향으로 가는 추세임을 반영할 때 성취도에 있어서의 성 차이가 점차 줄어들 수 있는 가능성이 보이는 부분이다.

넷째, 문항의 유형에 상관없이 남학생들의 성취 수준이 여학생들보다 유의미하게 높았다는 점(Table 7)은 선다형 문항에서는 여학생이, 서술형 문항에서는 남학생이 더 높은 성취 결과를 보인다는 연구 결과들(Bolger & Kellagen, 1990; Mazzeo et al., 1993; Murphy, 1982)과 상반된다. 선택형 문항에서

측정하기 어렵거나 불가능한 추론 능력 등을 평가할 수 있는 서술형 문항의 장점(Resnick & Resnick, 1992; Shavelson et al., 1990)에도 불구하고, 기존의 성 차이 연구에서 가장 보편적으로 사용되어 오고 있고 특히 대규모 연구에서 채점의 용이성 및 결과의 객관성 등으로 가장 많이 사용되어 오고 있는 선택형 문항 위주의 검사에서 남학생들이 높은 성취 결과를 보인다는 사실로 남학생들이 여학생들보다 과학 성취도가 높다고 결론짓는 것은 위험하다. 특히 정확하게 이해하고 있지 못해도 '추측하여(guess)' 답을 하는 경향이 있는 학생들에게 유리한 선택형 문항(Rowley, 1974)의 경우, 위험을 감수하고 '때려 맞추는' 성향이 짙은 남학생들에게 유리하게 작용할 수밖에 없다(Ben-Shakhar & Sinai, 1991; Hanna, 1986). 문항의 유형에 따른 성별 성취도 차이에 관한 심층 후속 연구가 이루어져 여학생과 남학생의 과학 성취 능력을 타당하게 측정하는 연구가 반드시 필요하다.

다섯째, 개인적 상황을 제외한 지역 공동체적, 지구적 및 역사적 상황에서 남학생들이 높은 성취 결과를 보였는데, 특히 지역 공동체적 및 지구적 상황의 문항에서 남학생들은 여학생들보다 통계적으로 유의미하게 높은 성취도를 나타냈다(Table 5). 네 가지 상황 중 여학생들의 성취도가 유일하게 높은 개인적 상황의 8개 문항 중 6개 문항이 과학 탐구 관련 문항이라는 점에서 남학생들에 비해 과학 지식보다는 과학 탐구 문항에서 높은 성취도를 보인 결과와 연결된다. 그러나, 앞에서 설명하였듯이 문항의 상황에 따른 성별 성취도 차이에 관한 논의는 그 해석에 신중해야 한다.

여섯째, 남학생들이 여학생들보다 유의미하게 높은 성취 결과를 보인 문항들은 지구 환경이나 생명 공학 관련 내용 또는 그래프 해석과 관련된 것으로 나타났다. 환경과 관련된 거의 모든 문항에서 남학생들의 성취도가 높았고, 이 중 절반이 넘는 문항에서 남학생들의 성취 결과가 통계적으로 유의미한 차이를 보이며 높게 나타났다. 아직까지 우리 나라 고등학교 1학년까지의 과학 교육 과정에서 환경 문제나 생명 공학 등을 많이 다루고 있지 않고 있고, 이러한 내용들

은 주로 대중 매체나 서적 등의 비정규 교육에서 접하고 있다. 따라서, 환경이나 생명 공학 등의 문항에서 남학생들의 성취도가 두드러지게 높게 나타난 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 있다. 한편, PISA 2000에 포함된 두 개의 그래프 해석 문항 모두 남학생들의 성취도가 유의미하게 높았다는 점도 시각화(visualuzation)과 관련된 문항에서 남학생들의 과학 성취도가 높게 나타난 Hamilton(1998)의 연구와 같은 맥락에서 고려될 수 있다.

일곱째, 여학생들이 남학생들보다 유의미하게 높은 성취 결과를 보인 유일한 문항은 PISA 2000 과학 문항 중 가장 정답율이 낮고 가장 긴 문장의 답안을 요구하는 서술형 문항이다. 이 문항은 특히 성취도가 높은 집단에서 여학생들의 성취도가 남학생들에 비해 높고, 성취도가 낮은 집단에서 여학생들의 성취도가 남학생들에 비해 낮게 나타난 문항으로 밝혀진 바 있다(신동희 외, 2002). 이와 같이 이 문항은 가장 긴 답안을 요구하는 서술형 문항일 뿐만 아니라, PISA 2000에 포함된 유일한 의사 소통 관련 문항이었음을 볼 때, 여학생들이 언어 표현 능력에서 남학생보다 앞선다는 기존의 연구(Murphy, 1982)와 연결되는 결과이다.

V. 결론 및 제언

과학 교육 분야에서 전 세계적으로 과학적 소양이 강조된 이래 처음으로 실시한 대규모 과학적 소양 평가 결과, 우리 나라 학생들이 가지고 있는 장점 및 단점이 다양하게 밝혀졌다. 과학적 소양의 평가 결과, 상위 성취 수준과 하위 성취 수준을 나타내는 학생들이 적고 대신 중간 정도 성취 수준을 나타내는 학생들이 많음을 통해 우리 나라 학생들의 과학적 소양 수준은 “모든 사람을 위한 과학 교육”의 취지에 부합하는 정도라고 말할 수 있다. 그러나, 문항의 유형별

로는 서술형 문항에서, 과학의 과정별로는 과학 탐구 문항에서 낮은 성취 결과를 보인 점은 우리 나라 과학 교육계가 오래 전부터 지적하고 있는 문제점들이 다시 한 번 나타난 결과이다. 또한, 환경이나 생명 공학 등 우리 나라 과학 교육 과정에서 상대적으로 소홀히 다루어지는 내용에 있어서 성취도가 낮게 나타난 점도 시사하는 바가 크다.

PISA 2000 결과 지금까지 전통적인 과학 지식의 평가에서와 마찬가지로, 과학적 소양에 있어서도 여전히 성별 성취도 차이가 존재함이 확인되었다. PISA 평가들에 근거한 대부분의 분야에서 여학생들의 성취도가 남학생들에 비해 낮게 나타난 가운데, 다소 고무적인 사실은 여학생들이 과학 교육에서 바람직하다고 여겨지고 있는 과학 탐구 능력에서 상대적으로 높은 성취도를 나타낸 것이다. 또한, 선택형보다 학생들의 능력을 보다 정확하게 타당하게 측정할 수 있다는 서술형 문항에서(박 정, 2001) 여학생들이 남학생들에 비해 상대적으로 높은 성취 결과를 보인 점도 매우 주목할 만하다. PISA 2000 결과 나타난 이런 결과를 계기로 지금까지 많은 연구 결과 밝혀진 여학생들의 과학 성취도를 재검토할 필요가 있다.

마지막으로 PISA 2000 과학 영역 결과를 토대로 우리 나라 과학 교육에 주는 의미를 다음과 같이 제안하고자 한다. 첫째, 우리 나라 학생들이 특히 낮은 성취도를 보였던 환경이나 생명 공학과 같은 새로운 과학 내용을 과학 교육 과정 개선에 적극적으로 반영할 것을 제안한다. 이미 지난 20세기 말부터 부각되어 온 환경이나 생명 공학 등의 쟁점은 21세기 인간의 삶에 중요한 영향을 주는 내용들이다. 따라서, 환경이나 생명 공학 등에 대한 지식이 대중 매체를 통해 부정확하게 전달되고 있는 현실을 파악하여 우리의 과학 교육계도 이러한 지식의 중요성을 깨달아 학교 과학 교육의 비중 있는 내용으로 포함되도록 해야 할 것이다.

둘째, 과학 성취도에 있어 성 차이 원인 파악에 우리 과학 교육계가 더 많은 관심을 가질 것을 기대한다. 무엇보다도 타당한 연구 방법을 사용해 과학 성취도에 성 차이가 존재하는지를 다양한 측면에서 파악하는 과정이 반드시 필요하다. 연구 대상의 규모나

표집의 대표성에 아무 문제가 없는 PISA 2000 국내 분석 결과에서 성 차이에 관한 여러 가지 쟁점이 부각되었으나, 과학이 보조 영역인 1주기에 35개라는 적은 수의 과학 문항이 포함되었다. 따라서, PISA 2000의 분석 결과를 근거로 우리 나라 학생들의 성차이 경향을 일반화하는 데는 다소 무리가 있을 수 있다. 그러나, 이 연구에서 확인된 성 차이 경향에 대한 심층적 후속 연구가 이어져 객관적인 입장에서 여학생과 남학생의 과학 성취도를 조망할 필요가 있다.

적 요

OECD에서 주관한 국제 비교 연구인 PISA는 만 15세 학생들의 과학적 소양을 평가하는 최초의 국제 비교 연구란 점에서 의미가 크다. 35개의 PISA 과학 문항에 대한 정답을 결과를 중심으로 우리 나라 학생들의 과학적 소양 성취도를 살펴본 결과, 다음과 같은 경향이 나타났다. 첫째, 과학의 적용 영역별로 살펴보면, 과학 기술, 생명 건강 과학, 지구 환경 과학 순으로 성취도가 높았고, 이 세 영역 모두 남학생이 여학생보다 유의미하게 높은 성취도가 나타났다. 둘째, 과학 지식보다는 과학 탐구에서 유의미하게 높은 성취도가 나타났으며, 특히 과학 지식 문항에 있어서 남학생이 여학생보다 유의미하게 높은 성취 결과를 보였다. 한편, 여학생들은 과학 탐구 문항에서 남학생들에 비해 상대적으로 높은 성취 결과를 보였다. 셋째, 상황별로 살펴보면, 역사적 상황에서 가장 높은 성취 결과를 보였고 개인적 상황에서 가장 낮은 성취 수준을 보였다. 지역 공동체 및 지구적 상황의 문항에서 남학생들이 여학생들보다 유의미하게 높은 성취 결과를 보인 반면, 개인적 상황의 문항에서는 여학생들이 남학생들보다 다소 높은 성취 결과가 나타났다. 넷째, 문항의 유형별로 살펴보면, 서술형보다는 선택형 문항에서 유의미하게 높은 성취 결과가 나타났고, 선다형과 진위형을 포함한 선택형 문항에서 남학생들이 여학생들보다 유의미하게 높은 성취 결과를 보였다. 한편, 우리 나라 학생들은 생명 공학과 환경에 관련된 문항에서 낮은 성취 결과가 나타났고, 특히 여학생의 경우 이러한 경향이 더욱 두드러졌다. 전반적

으로 모든 측면에서 남학생의 성취도가 여학생보다 의미 있게 높았지만, 과학 탐구 문항에서는 여학생과 남학생 사이에 의미 있는 성취도 차이가 나타나지 않았고, 긴 문장의 서술이 필요한 문항에서는 여학생이 남학생보다 의미 있게 높은 성취도를 나타냈다.

참 고 문 헌

- 김성숙, 유준희, 서동엽, 이춘식, 임찬빈(1999). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구 (TIMSS-R) 국내 평가 결과 분석 연구. 한국교육과정평가원 연구보고 PRE 99-7-1.
- 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.
- 노국향, 최승현, 신동희, 이소영(2000a). OECD의 학생 평가: 읽기, 수학, 과학 평가들 및 예시 문항. 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2000-3.
- 노국향, 최승현, 신동희, 이소영(2000b). 2000년 OECD 학업 성취도 국제 비교 연구. 한국교육과정평가원 연구보고 PRE 2000-8-1.
- 박 정(2001). 문항반응이론을 활용한 수행형 평가 문항 분석 방법. 교육학연구, 39(2), 215-232.
- 신동희(1998). OECD 주관 학생 성취도 국제 비교 연구-과학 영역을 중심으로. 한국과학교육학회지, 18(4), 651-656.
- 신동희, 박 정, 노국향(2002). OECD 주관 학생 성취도 국제 비교 연구(PISA 2000) 지구 환경 과학 영역에서의 과학적 소양 성 차이. 한국과학교육학회지, 22(1), 40-53.
- 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)
- 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.
- Ben-Shakhar, G., & Sinai, Y.(1991). Gender differences in multiple-choice tests: The role of differential guessing tendencies. *Journal of Educational Measurement*, 29, 1-17.
- Bolger, N., & Kellaghan, T.(1990). Method of measurement and gender differences in scholastic achievement. *Journal of Educational Measurement*, 27, 165-174.
- Burkam, D. T., Lee, V. E., & Smerdon, B. A. (1997). Gender and science learning early in high school: Subject matter and laboratory experiences. *Educational Research Journal*, 34(2), 297-331.
- Fensham, P. J.(1995). STS and comparative assessment of scientific theory. *Research in Science Education*, 25(1), 33-38.
- Fleming, M. L., & Malone, M. R.(1983). The relationship of student characteristics and student performance in science as viewed by meta-analysis research. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 481-495.
- 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.
- Hanna, G.(1986). Sex Differences in the Mathematics Achievement of Eighth Graders in Ontario. *Journal for Research in Mathematics Education*, 17(3), 231-237.
- Hedges, L. V., & Nowell, A.(1995). Sex differences in mental test scores, variability, and numbers of high scoring individuals. *Science*, 269, 41-45.
- Lee, V. E. & Burkam, D. T.(1996). Gender differences in middle grade science achievement: subject domain, ability level, and course emphasis. *Science Education*, 80(6), 613-650.
- Manhart, J. J.(1998). *Gender differences in scientific literacy*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education: ED420522.
- Mazzeo, J., Schmitt, A. P., & 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.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Fierros, E. G., Goldberg, A. L., & Stemler, S. E.(2000). *Gender differences in achievement: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*. TIMSS International Study Center, Boston College.
- Murphy, R. J. L.(1982). Sex differences in objective test performance. *British Journal of Educational Psychology*, 52, 213-219.
- Resnick, L. B., & Resnick, D. P.(1992). Assessing the thinking curriculum: New tools for educational reform. In B. R. Gifford & M. C. O'Connor (Eds.), *Changing assessments: Alternative views of aptitude, achievement, and instruction* (pp. 35-75). Boston: Kluwer.
- Rowley, G. L.(1974). Which Examinees are Most Favored by the Use of Multiple Choice Tests? *Journal of Educational*

한국과학교육학회지 제22권 제1호, pp. 76~92 (2002)

Measurement, 11(1), 15-23.

Shamos, M. H.(1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press.

Shavelson, R. J., Carey, N. B., & Webb, N. M. (1990). Indicators of science achievement: Options for a powerful policy instrument.

Phi Delta Kappan, 71, 692-697.

Young, D. J. & Fraser, B. J.(1994). Gender differences in science achievement: Do school effects make a difference? *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 857-871.