

제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구의 지구과학 성취도 분석

명전옥·홍미영

(서울교육대학교)·(한국교육과정평가원)

An Analysis of Korean Middle School Students' Achievement of Earth Science in TIMSS-R

Myeong, Jeonok · Hong, Miyoung

(Seoul National University of Education) · (Korea Institute of Curriculum and Evaluation)

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyse students' achievement of 'Earth Science' in the Third International Mathematics and Science Study-Repeat(TIMSS-R), which was performed in 1999 with 38 nations participating. Korean 8th grade students' achievement of 'Earth Science' was compared with those of other countries and other content areas in science. Average percent correct of items in each subcategory was also analysed. Most of the 'Earth Science' topics were included in the intended curricula of Korea; they were taught to most of the students in science classes. Korean students' average scale score of 'Earth Science' was significantly higher than the international average, but in comparison with other science content areas, achievement of 'Earth Science' was relatively low. The teachers' confidence in teaching earth science was lower than their confidence in teaching other science areas. The paper presents the results of item analysis and their implications for science education.

Key Words: TIMSS-R, earth science achievement, middle school students, science teachers' confidence

I. 서론

국제교육성취도평가협회(International Association for Evaluation of Education Achievement: IEA)에서 주관한 제3차 수학·과학 성취도 국제

비교 반복연구(The Third International Mathematics and Science Study-Repeat: TIMSS-R)는 1999년도에 실시되었으며, 2000년 12월에 결과가 발표되었다. TIMSS-R은 1995년에 실시된 제3차 수학·과학 국제비교 연구(TIMSS)의 후속 연구이다.

*2002.5.6(접수) 2002.7.8(최종 통과)

**본 연구는 1998년~2000년 한국교육과정평가원에서 기본 사업으로 수행되었다.

TIMSS-R의 목적은 국제 수준에서 합의된 교육과정 내용을 근거로 8학년 학생(중학교 2학년)의 수학과 과학 학업 성취도와 4년간의 변동 추이를 살펴보고, 각종 배경 변인과 성취도와의 연계 분석을 근거로 성취 결정 요인을 분석하여 참가국에게 교육 정책 수립에 필요한 기초 자료를 제공하는 동시에 참가국들의 주요 교육 정책을 점검할 수 있는 기회를 제공하려는 것이다(IEA, 2000a). IEA의 보고에 의하면, TIMSS-R 연구는 현재 실시되고 있는 각종 국제 비교 평가 중 가장 큰 규모로서, IEA 정회원 58개국 중 최종 참가국은 우리 나라를 비롯한 미국, 영국, 일본 등 38개국이다.

국제 결과가 발표되기 앞서 이미 우리 나라에서는 독자적으로 TIMSS-R 문항들을 제6차 교육과정과 관련지어 연구하였으며(명전옥과 유준희, 2000; 유준희 등, 2000; 홍미영과 전경문, 2002), 최근에 국제 자료가 공개됨에 따라 각 내용 영역별, 성취 수준별 국제 비교 연구를 통하여 우리 나라 학생들의 상대적인 강약점을 탐색하는 연구가 수행되기 시작하였다(박정 등, 2001; 홍미영 등, 2001; 박정과 홍미영, 2002; 홍미영, 2002)

TIMSS-R의 과학 평가틀은 물리, 화학, 지구과학, 생물, 환경 및 자원, 과학의 탐구와 본성 등 총 6개 영역으로 이루어져 있다. 본 연구는 TIMSS-R 과학 성취도의 국제 결과 중 '지구과학' 영역의 결과에 대한 분석 연구이다. 본 연구의 목적은 TIMSS-R 본부에서 발표한 원 자료를 중심으로 재구성하여 우리 나라 중학생들의 지구과학 영역 성취도 수준을 알아보고, 소 영역별 성취도 분석을 통하여 우리 나라 과학 교육에 주는 시사점을 얻는 것이다.

본 연구의 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 1) 지구과학 성취도의 국제적인 경향을 파악하고, 이를 다른 과학 교과 영역과 비교한다.
- 2) 우리 나라 중학생의 지구과학 영역 성취도를 외국의 경우와 비교하고, 이를 다른 과학 교과 영역 및 교육과정과 관련지어 분석한다.
- 3) 지구과학 소영역별로 문항 수준에서의 정답률을 분석하고, 국제 평균보다 정답률이 특히 높거나 낮은 문항의 특징을 파악하고 이를 교수·학습

방법과 관련지어 분석한다.

II. 연구 방법

TIMSS-R의 본 검사 시행 과정, 자료 분석 과정, 평가틀 및 평가 도구 등 일반적인 연구 방법은 선행 연구(김성숙 등, 1999b; 유준희 등, 2000; 홍미영 등, 2001)에 이미 상세하게 기술되어 있으므로, 본 연구에서는 연구 대상과 평가도구, 지구과학 영역의 고유 분석 방법에 관해서만 간략하게 소개한다.

1. 연구 대상 및 시행 시기

TIMSS-R은 만 13세 학생(중학교 2학년생)을 대상으로 하였으며, 전 세계 38개국의 6,347,191,730명의 표본 중에서 최종적으로 6,076학교의 180,700명이 참가하였다. 우리 나라에서는 1999년 2월 본검사를 실시하였으며, 유층군집 표집 방법에 의해 표집된 전국 150개 학교의 6,114명의 자료가 분석되었다.

2. 분석 대상 문항

본 연구의 분석 대상 문항은 1999년에 시행한 TIMSS-R의 문항 중 지구과학 영역에 속하는 22문항이다. 이 중 선택형 문항은 17개이며, 자유 반응형 문항은 5개이다. 지구과학은 지구의 물리적 성질, 지구 대기권, 지구의 변화와 역사, 태양계와 우주 속의 지구라는 4 소영역으로 세분된다. 소영역별 문항 내용 및 형태, 개수는 Table 1에 제시되어 있다. 본 연구의 지구과학 문항 분석 대상은 선행 연구(명전옥과 유준희, 2000)와 차이가 있다. 선행 연구는 국내 자료만을 활용한 연구로서, 내용 영역을 제6차 교육과정 내용 영역에 따라 독자적으로 물리, 화학, 생물, 지구과학으로 분리하였다. 그러나, 본 연구에서는 국제간 비교를 위하여 TIMSS-R 평가틀에 따라 과학을 물리, 화학, 생물, 지구과학, 환경 및 자원, 과학의 탐구와 본성의 6영역으로 분류하였다. 그 결과 선행 연구에서 지구과학에 포함된 환경 관련 문항이 본 연구에서는 제외되었다.

3. 기타

정답률, 교육과정 종류, 의도된 교육과정, 실행된 교육과정, 교사들의 자신감에 대한 자료는 TIMSS 본부에서 발행한 국제 결과 보고서(IEA, 2000a)와 문항별 정답률 분석 자료(IEA, 2000b)를 바탕으로 하였다. 우리 나라 교육과정상 취급 학년, 공간 지각 능력의 필요성, 개별 문항에 대한 우리 나라 학생들의 반응에 대한 자료는 선행 연구(명전옥과 유준희, 2000; 박정 등, 2001)를 참고하였다.

Table 1. Distribution of earth science items by subcategories

Subcategories	Numbers of Items
Earth's physical features	Multiple-Choice 7
Earth's atmosphere	Multiple-Choice 2
	Free-Response 1
Earth processes and history	Multiple-Choice 5
	Free-Response 1
Earth in the solar system and the universe	Multiple-Choice 3
	Free-Response 3
Total	Multiple-Choice 17
	Free-Response 5

Ⅲ. 결과 분석

연구 결과는 지구과학 성취도의 국제적인 경향, 우리 나라 학생들의 지구과학 성취도, 지구과학 소영역 별 성취도 순으로 제시한다.

1. 지구과학 성취도의 국제적 경향

1999년에 실시한 TIMSS-R에서 평균 500, 표준 편차 100을 기준으로 하여 평균 점수(average scale score)를 계산하였으며, TIMSS-R 과학 각 영역의 국제 평균 점수는 모두 488점이다. TIMSS-R 참가국 중 지구과학 영역의 성취도가 가장 높은 국가는 헝가리로 560점, 가장 낮은 국가는 남아프리카 공화

국으로 348점으로 두 나라의 점수 차이는 212점이다. 국제 편차가 물리 262점, 생물 261점, 화학 213점, 환경과 자원 227점, 과학의 탐구와 본성 221점이므로 과학 6개 영역 중 지구과학 영역이 국제 편차가 가장 작다.

과학 전체 성적이 10위 안에 속하는 국가 가운데 과학 전체에 비하여 지구과학 성적이 특히 낮은 국가로, 싱가포르, 한국, 오스트리아를 들 수 있고, 지구과학 성적이 특히 높은 국가로 슬로베니아, 벨기에, 슬로바키아 공화국을 들 수 있다. 과학 전체 성적에 비하여 지구과학 성적이 높은 국가들의 교육과정상의 특징 중의 하나는 분리형 과학교육과정을 운영하고 있는 점이다. TIMSS-R 참가국 38개국 중 17개국에서 중 2학년에서 분리형 과학교육과정을 운영하고, 21개국에서 통합형 과학교육과정을 운영하고 있는데, 지구과학 순위 10위 권에 드는 국가 중 한국과 일본을 제외한 모든 국가가 분리형 교육과정을 운영하고 있다. 반면 과학 전체 성적에 비하여 지구과학이 상대적으로 낮은 싱가포르, 한국, 오스트리아 등은 통합형 교육과정을 운영하고 있다. 분리형 교육과정을 운영하고 있는 국가들은 지구과학과 화학, 생물 영역에서 강세를 나타내고 환경 및 자원 영역과 과학의 본성과 탐구 영역에서는 약세를 나타내는 경향이 있다.

2. 우리 나라 학생들의 지구과학 성취도

앞에서 지구과학 성취도의 범세계적인 경향을 살펴 보았다. 이제 우리 나라 학생들의 지구과학 성취도를 외국의 경우와 비교하고, 교육과정과 관련지어 분석하기로 한다.

우리 나라의 지구과학 평균 점수는 532점이며, 국제 순위는 9위로서 우리 나라의 과학 전체 순위인 5위보다 낮다(Table 2).

TIMSS-R에서는 교육과정을 의도한 교육과정, 실행된 교육과정, 성취한 교육과정으로 구분하였다. 우리 나라 학생들의 지구과학 영역의 성취도를 이해하기 위하여 의도한 교육과정과 실행된 교육과정을 살펴보기로 한다. TIMSS-R에서 다루어진 주제 중 각 나라의 교육과정에 명시된(의도한 교육과정) 과학 주

Table 2. Average achievement in earth science and science

Rank	Nation	Avg. Scale Score of Earth Science	Avg. Scale Score of Science(Rank)
1	Hungary	560	552(3)
2	Slovenia	541	533(13)
3	Chinese Taipei	538	569(1)
4	Slovak Republic	537	535(11)
5	Netherlands	534	545(6)
6	Japan	533	550(4)
7	Belgium	533	535(12)
8	Czech Republic	533	539(8)
9	Korea, Rep. of	532	549(5)
10	Russian Federation	529	529(16)
	International Avg.	488	488

제의 비율은 Table 3과 같다. 지구과학 주제의 비율을 보면, 우리 나라의 경우 100%로 국제 평균(72%) 보다는 높고, 지구과학 상위권 대부분의 국가들과 같다.

의도한 교육과정, 즉 교육과정 문서에서 명시된 우리 나라 지구과학 주제의 비율은 우리나라의 과학 전체 영역 가운데 가장 높다. 지구과학의 비율이 100%이고, 생물이 그 다음으로 71%, 화학이 70%, 물리와 과학의 탐구와 본성이 각각 50%, 환경 및 자원은 0%이다.

실행된 교육과정은 의도한 교육과정과 다를 수 있으므로, 지구과학을 주제별로 분리하여 TIMSS-R에 참가한 학생의 과학교사들에게 각 주제에 대하여 학생들의 학습 여부를 설문하여 실행된 교육과정을 살펴보았다(Table 3). 우리 나라의 경우 90%이상의 학생들이 '태양계와 우주 속의 지구'를 제외한 모든 주제를 실제로 학습하였다고 응답하여 국제 평균보다 더 높은 값을 나타낸다. '태양계와 우주 속의 지구' 주제를 학습한 학생의 비율은 우리 나라의 경우 52%에 불과하여 국제평균 71%에 못 미친다.

또 우리 나라에서 실행된 교육과정 비율을 살펴보면, 지구과학에서 실행된 비율이 과학 전체 영역 평균보다 더 높다.

지금까지 살펴본 바에 의하면, 교육과정에 명시된 주제의 비율뿐만 아니라 그 주제를 실제로 학습한 학생들의 비율 모두 지구과학 영역이 과학전체 평균 보다 높다. 그럼에도 불구하고 우리 나라의 학생들은 지구과학 영역의 성취도가 다른 과학 내용 영역에 비하여 상당히 낮다(Table 4). 이는 지구과학 수업이 다른 영역의 수업에 비하여 효과적이지 못하다는 것을 암시한다.

이러한 원인의 하나로 과학 교사들의 지구과학 수업에 대한 자신감 부족을 들 수 있다. TIMSS-R의 교사 배경 변인 설문에서는 소영역 일부(지구과학의 경우, '지구의 물리적 특징', '태양계와 우주 속의 지구')에 대한 교사들의 교수 자신감을 조사하였는데, 그 결과에 의하면 우리 나라 과학 교사들의 지구과학에 대한 교수 자신감이 국제 평균에 미치지 못하였다. 우리 나라의 경우 '지구의 물리적 특징' 주제에 대하여 잘 가르칠 자신이 있다고 답한 교사로부터 수업을 받는 학생은 전체의 26%, '태양계와 우주 속의 지구'의 경우는 22%로서, 국제 평균 35%와 32%보다 10% 정도나 낮다. 동양권, 특히 우리 나라 교사들의 교수 자신감에 대한 인식은 문화상 접점이 반영되었을 수 있겠으나, 이 비율은 우리 나라의 평균값 31%보다 낮으므로, 우리 나라 과학 교사들은 지구과

Table 3. Percentage of topics intended to be taught (intended curriculum) and percentage of students taught earth science topic (implemented curriculum)

Nation	Percentage of topics intended to be taught	Percentage of students taught earth science topic			
		Earth physical feature	Earth atmosphere	Earth process and history	Earth in the solar system and universe
Hungary	100	83	72	88	79
Slovenia*	100	-	-	-	-
Chinese Taipei*	25	-	-	-	-
Slovak Republic*	-	-	-	-	-
Netherlands	0	76	91	92	82
Japan	100	6	74	39	99
Belgium (Flemish)	0	93	45	64	16
Czech Republic	100	99	98	97	98
Rep. of Korea	100	91	98	95	52
Russian Federation*	100	-	-	-	-
International Avg.	72	77	73	71	71

* data are not available

Table 4. Korean students' average achievement in science content areas

	Earth Science	Life Science	Physics	Chemistry	Environmental & Resources Issues	Scientific Inquiry & Nature of Science
Average Scale Score	532	528	544	523	523	545
Rank	9	11	4	9	5	2

학 지도에 대한 자신감이 부족하다고 볼 수 있다.

3. 지구과학 소영역별 성취도

지금까지 우리나라 학생들의 지구과학 전체 성취도를 외국 및 타 과학영역과 비교하여 보았다. 그런데 우리나라 학생들의 지구과학 분야에서의 강점과 약점을 보다 자세히 이해하기 위해서는 우리나라와 국제 평균 성취도의 차이를 문항 수준에서 살펴볼 필요가 있다.

TIMSS-R의 과학 평가 틀에서 지구과학 영역은 '지구의 물리적 특징', '지구의 대기', '지구의 변화와 역사', '태양계와 우주 속의 지구' 4개의 소영역으

로 세분된다. 각 소영역의 문항 수, 정답률은 Table 5와 같다. 모든 소영역에서 우리나라의 정답률이 국제 평균 정답률보다 더 높지만, 정도에 있어서 소영역간 차이가 있다. 우리나라와 국제 평균 차이는 '지구의 대기' 영역이 17%(우리나라 64%, 국제 평균 47%)로서 가장 크고, 다음이 '지구의 물리적 특징' 16%(우리나라 68%, 국제 평균 52%), '지구의 변화와 역사' 8%(우리나라 66%, 국제 평균 58%), '태양계와 우주 속의 지구' 6%(우리나라 64%, 국제 평균 58%) 순이다. 우리나라의 경우는 소영역간 차이가 4%에 불과하나 국제 평균에서는 11%나 된다.

우리나라 학생들의 지구과학 영역 평균 정답률은

Table 5. Average percent correct in earth science topics

Topics	Items	Average Percent Correct(%)			
		International	Average	Korea	Average
Earth's physical features	A12 Changes in river shape/speed	57		61	
	B01 Layers of Earth	82		85	
	C07 True statement of mountain age	34		59	
	D03 Contour map showing river	37	52	50	66
	E12 Stone in underground caves	52		71	
	G11 Rock at bottom of lake/ocean	53		86	
	H04 Diagram of soil layers	48		53	
Earth's atmosphere	F05 Oxygen equipment on mountain tops	79		94	
	O12 Abundance of gases in atmosphere	28	47	53	64
	R04 Atmospheric conditions in jets	33		45	
Earth processes and history	B05 Elevation diagram of ind/temperature	47		55	
	E09 Time/temperature table	74		83	
	I16 Energy for Earth's water cycle	62	58	69	66
	J01 Earth's plates over millions of years	75		83	
	K15 Fossil fuels	52		63	
	Z02 Diagram of rain from sea	40		43	
Earth in the solar system and the universe	H03 Why moon shines	81		80	
	J06 Factor explaining seasons on Earth	26		30	
	J09 Life on other planets	66	58	77	64
	O14 Appearance of Jupiter and Moon	69		81	
	Q11 Earth year	55		61	
	Q16 Light from sun and moon	48		55	
Total			54		65

65%로서 국제 평균 54%보다 11% 더 높으며, 1문항(H03)을 제외한 모든 문항에서 국제 평균 보다 높다. 그러므로 여기에서는 우리 나라와 국제 평균 정답률 차이가 특별히 더 크거나 작은 문항, 그리고 국제 평균과 우리 나라 정답률이 모두 낮은 문항들의 특징에 대해서 지구과학 소영역별로 차례대로 논의하기로 한다.

1) 지구의 물리적 특징

이 영역에 속하는 문항은 7문항이다. 우리 나라가

국제 평균 정답률보다 평균 14% 더 높으며, 본 영역에 속하는 문항의 우리 나라와 국제 평균 정답률 차이는 4%에서부터 33%까지 있다.

우리 나라와 국제 평균 정답률의 차가 가장 큰 문항은 'G11 호수나 바다의 바닥에서 만들어진 암석'이다. 이 문항의 정답률은 우리 나라가 86%, 국제 평균이 53%로서 무려 33%의 차이를 나타낸다. 우리 나라에서는 초등학교와 중학교에서 반복 학습한다. 대부분의 문항에서 남학생의 정답률이 여학생 보다 더 높지만(명전옥과 유준희, 2000), 이 문항은 여학생이

남학생보다 더 높은(여학생의 정답률이 88%, 남학생의 정답률이 84%) 정답률을 나타내는데 이것은 국제적(여학생은 54%, 남학생은 53%)으로 같은 현상이다. 이 문항의 가장 큰 특징은 정답(퇴적암)을 암시하는 표현이 지시문에(...바다에 퇴적된) 들어있다는 것이다. TIMSS-R 본부에서는 문제의 지시문에 답에 대한 힌터를 제공하지 않는 것을 원칙으로 하고 있다. 따라서 본 문항의 우리 나라 정답률이 국제 평균에 비해 예외적으로 높은 이유는 영어를 우리 나라 말로 번역하는 과정에서 문제에 답에 대한 실마리를 제공하였기 때문이라고 해석할 수 있다.

두 번째로 정답률 차이가 큰 문항은 'C07 산이 만들어진 연대 비교'로서 우리 나라가 국제 평균보다 25% 더 높다. 본 내용은 우리 나라 제6차 교육과정 중학교 교과서에서 상당히 많은 지면을 할애하여 다루고 있다. 또 초등학교 교사용 지도서에서 시간의 경과에 따라 산이 낮아진다는 내용을 기술하고 있으므로 반복 학습한다고 볼 수 있다.

세 번째로 정답률 차이가 큰 문항은 'E12 지하 동굴 형성과 관련된 암석'으로 우리 나라와 국제 평균간 19%의 차이가 난다. E12는 객관식 단순 정보에 해당하는 문항으로 중학교 1학년에서 다루고 있다. 대부분의 교과서에서 언어적인 서술, 사진 혹은 그림과 같은 시각 자료, 화학식 등(때로는 실험도 행함) 다양한 방법을 이용하여 그 내용을 다루고 있으므로 학생들이 다양한 방식으로 구체적으로 학습한다고 볼 수 있다.

마지막으로, 문항 'A12 강의 흐름과 모습 변화'를 살펴보면, 우리 나라와 국제 평균간 차이가 평균보다 4% 작으므로 다른 문항에 비하여 우리 나라 학생이 취약한 문항이다. 문항 A12에 답하기 위해서는, 개념의 명칭을 묻는 단순 정보에 해당하는 앞의 E12나 G11과는 달리, 교과서에 기술된 정보를 종합하여야 한다. 본 문항의 정답률이 상대적으로 낮은 또 다른 이유는 문제부와 답부의 진술이 학생에게 어렵기 때문이다. 중학생과의 면담 결과 대표적인 반응은 다음과 같다.

“이 문제는 이해하기 어렵다.” “여기(문제 기술

된 내용)와 다르게 표현하는 것... 그것 역시 어려운데 ...산골짜기 계곡에서 흐르는 물은 좁고 빠르다. 강 하류에서의 물의 흐름은? 이라고 하면 글씨... 이런 말(표현)... 어떻게 다시 표현해야 할지 그것도 잘 모르겠다” ... 문제를 이해하는 게 골치 아파요.....계속해서 곰곰히 생각을 해야 할 것 같고 그런데 아무튼...더 이상...오래 생각하기 싫어요.

이 문항은 문제의 지시문이 학생이 이해하기 어렵게 기술되어 있을 뿐만 아니라 답부 역시 논리성이 결여되어 있다. ②번 “더 깊고 빠르다”에서는 모양을 먼저 유속을 나중에 표현하고, ③번 “더 느리고 폭이 넓다”에서는 유속을 먼저 모양을 나중에 표현하였다. 따라서 문제 지시문과 답부의 서술 때문에 정답률이 더 낮아졌다고 해석할 수 있다.

지금까지 지구의 물리적 특징 영역에서 우리 나라와 국제 평균 정답률 차이가 특별히 큰 문항을 살펴본 결과에 의하면 우리 나라 학생들은 객관식 문항, 단순 정보 이해, 반복 학습한 내용, 많은 지면을 통해 다양한 방식으로 학습한 내용에 대해서 강한 경향이 있다. 또 문제의 번역 과정에서 생기는 문화적, 표현의 차이가 정답률에 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다.

2) 지구의 대기

TIMSS-R에서 지구의 대기 영역으로 분류한 문항은 3문항이다. 대기 영역 가운데 문항 F05 높은 산을 오를 때 산소 장비를 사용하는 까닭'을 묻는 문항은 우리 나라 학생의 정답률이 94%로 지구과학 전체 문항 가운데 가장 높다. 국제 평균 정답률도 높은 편(79%)이지만 우리 나라가 국제 평균 보다 15% 더 높다. 본 문항은 객관식 단순 정보 이해에 해당하며 학교 학습뿐만 아니라 대중 매체를 통하여 접한 친숙한 내용이다. 일반적으로 학생에게 친숙한 내용은 정답률이 높은 경향이 있다(명전옥과 유준희, 2000). 본 문항의 정답률이 다른 문항에 비하여 상대적으로 더 높은 또 다른 이유는 문제의 지시문에 있는 “산소 장비”라는 말이 답에 대한 실마리를 제공하기 때문인 것으로 해석된다.

F05 문항에서 국내외 학생 모두 산소가 호흡에 필

요하다는 것을 비교적 잘 알고 있었다. 그러나 대기 중의 기체의 성분비에 대해서는 국내외적으로 많은 학생들이 오개념을 가지고 있다. O12 문항 “대기를 구성하는 기체에는 이산화탄소, 질소, 산소가 있다. 가장 많은 양을 차지하는 기체부터 차례대로 나열한 것은?”이라는 문제의 답으로 질소, 산소, 이산화탄소의 순으로 되어있는 정답을 선택한 학생의 비율은 우리나라가 53%이며 국제 평균은 28%이다. 95년 국제수학과학성취도에서도 이에 대응하는 문항이 있었는데 ‘공기 중에 가장 많은 기체’로서 산소, 질소, 이산화탄소, 수소 중에서 하나를 선택하는 것이었다. 정답을 선택한 우리나라 학생의 비율은 41%에 불과하였다 (국립교육과정평가원, 1996).

일반적으로 학생들은 친숙한 소재나 상황에 대해서는 비교적 높은 정답률을 보이지만, 같은 맥락에서 보기 중에 친숙한 내용이 있을 경우 그것을 답으로 택하는 오류를 범하기도 하는데(명전옥과 유준희, 2000), 본 문항이 그 한 예에 해당한다. 학생들에게 질소보다 산소가 더 친숙하고 더 중요하다고 인식되기 때문에 많은 학생이 대기 중에 산소가 제일 많다는 오개념을 가지고 있는 것으로 해석된다. 그 결과 대기 중에 많은 기체의 순으로 “산소, 질소, 이산화탄소”의 오답을 선택한 학생은 우리나라가 25%이며 국제 평균은 37%이다. 본 문항은 우리나라와 국제 평균 정답률과의 차이는 27%로서 대기 범주 중에서 가장 큰 차이를 나타낸다.

이 내용은 우리나라 중학교 2학년에서 취급하고 있다. 우리나라 학생들은 이 내용을 언어적인 기술, 표혹은 그래프와 같은 시각 자료와 구체적 실험을 통하여 학습하고 있다. 따라서 단순 정보에 속하는 내용을 시각적 자료와 구체적 실험 등 다양한 방법을 통하여 학습하기 때문에 국제 평균보다 훨씬 더 높은 정답률을 나타낸다고 해석할 수 있다.

문항 'R04 체트기 속에서 대기성분을 조절하는 까닭'은 우리나라 정답률 45%, 국제 평균 정답률 33%로서 국내의 정답률 차이는 12%이다. 국내의 모두 대기 영역 가운데 정답률이 가장 낮다. 본 문항은 우리나라 학생들이 익숙하지 않는 “~에 대한 이유를 적는” 주관식 서술형이다.

3) 지구의 변화와 역사

본 영역에 속하는 문항은 6문항이며 우리나라의 평균 정답률은 66%, 국제 평균 정답률의 평균은 58%이다. 우리나라 정답률이 국제 평균보다 평균 8% 더 높으며, 문항간 정답률 차이는 3%에서부터 11%로서 타 영역에 비하여 특별히 큰 정답률 차이를 보이는 문항은 없다.

본 영역에 속하는 문항 가운데 'Z02 물의 순환'은 지구과학 전체 문항 가운데 우리나라의 정답률이 두 번째로 낮은 문항이다. 본 문항은 주관식 서술형 문제해결에 해당하며, 우리나라 학생들이 반복 학습하는 내용이다. 우리나라 정답률 43%, 국제 평균 정답률 40%로서 국내외의 모두 낮은 정답률을 나타낸다. 우리나라와 국제 평균간 차이는 3%에 불과해 우리나라 학생이 타 문항에 비해 상대적으로 취약한 문항이라고 볼 수 있다. 본 문항은 우리나라 남녀 학생간 정답률 차이가 큰 것이 특징이다. 우리나라 여학생의 정답률은 36%, 남학생은 50%로서 남녀 학생의 정답률 차이는 국제 평균보다(국제 평균 여학생 정답률 37%, 남학생 43%) 크므로, 이 문항의 우리나라 정답률이 낮은 것은 여학생의 취약함에 있다고 볼 수 있다. 또 우리나라가 상대적으로 취약한 이유는 이 문항의 형태 때문인 것으로 해석된다. 선택형이나 주관식 단답형 문항에 익숙한 우리나라 학생들은 본 문항이나 앞의 문항 R04와 같이 지식을 종합 정리하여 답을 그림으로 표현하거나 이유를 설명하는 주관식 서술형 문항 유형에 익숙하지 않으므로(명전옥과 유준희, 2000), 다른 문항보다 상대적으로 더 낮은 정답률을 보인다고 해석할 수 있다.

4) 태양계와 우주 속의 지구

마지막으로 태양계와 우주 속의 지구 영역에 대하여 살펴보기로 한다. 이 영역에 속하는 문항은 6문항이며 우리나라와 국제 평균의 정답률 차이는 -1%에서부터 12%까지인데, 우리나라가 국제 평균보다 6% 더 높다. 이 차이는 지구과학 소영역 가운데 가장 작은 값으로 우리나라 학생들이 가장 취약한 영역이다. 본 영역에 속하는 문항 중 'J06 지구에서 계절의 변화가 생기는 중요 원인'은 우리나라 정답률 30%,

국제 평균 정답률 26%로 국내외적으로 모두 정답률이 가장 낮은 문항이다. 이 내용은 우리 나라 초등학교에서 다루고 있다. 태양계와 우주 속의 지구에 속하는 다른 문항들은 천문 현상에 대한 기술적인 내용을 묻는 문항이지만 본 문항은 공간지각능력이 필요하며 자연 현상의 원인과 결과에 대한 정확한 이해가 필요한 문항이다. 계절 변화의 원인에 대해서는 우리 나라뿐만(명전옥과 유준희, 2000) 아니라 외국 학생들도 상당수의 학생들이 오개념을 가지고 있다. 계절 변화의 원인으로 우리 나라 학생의 64%, 외국 학생의 58%가 '지구가 자전하기 때문'이라는 오답을 선택하였다.

본 내용은 우주 공간에서 일어나는 자연 현상의 원인과 결과에 대한 이해가 필요하다. 그런데 현상의 원인이 학생들이 직접 관찰할 수 없는 큰 규모이므로 교사는 주로 평면상의 그림이나 축소된 모형을 활용하여 가르치고 있다. 이때 실제 지구상의 관측자의 관점과 모형을 관찰할 때의 학생의 관점이 다르므로 학생들은 이해에 상당한 어려움을 겪게 된다. 명전옥(2001)은 본 내용과 같은 천체 운동의 효과적인 교수를 위해서는 2차원 평면과 3차원 모형 등 다양한 교수 자료의 활용뿐만 아니라 관점의 차이를 이해시키는 것이 필요하다는 제안을 하였다. 앞으로 보다 효과적인 교수 전략의 탐색을 위한 연구가 필요하다.

지금까지 행한 지구과학 영역의 문항 수준에서의 분석 결과를 보면 모든 문항에서 우리 나라가 국제 평균 정답률보다 높다. 우리 나라와 국제평균 정답률 간의 비교를 통하여 우리 나라 학생들이 상대적으로 더 강하거나 약한 문항, 국내의 학생 모두 오답률이 큰 문항의 특징을 요약한다.

(1) 우리 나라 학생들은 단순 정보 이해 수준의 문항에 강하나 복합 정보나 문제 해결 수준 문항에는 약하다.

(2) 객관식 선다형 문항에는 강하나 주관식 서술형 문항에는 약한 경향이 있다. 그러나 주관식 문항의 수가 적고 주관식 문항의 대부분 문제해결 수준에 해당하므로 일반화하기는 곤란하다.

(3) 우리 나라 학생들은 구체적이고 다양한 방식으로 학습한 내용, 반복 학습한 내용, 관심이 있고 일상에서 경험하는 친숙한 내용에는 강한 경향을 보인다.

(4) 반면에 공간지각능력이 요구되고, 정보를 관련시키고 통합하거나 인과 관계에 대한 설명식 이해가 요구되는 문항에는 약한 경향을 보인다.

(5) 친숙한 내용은 정답률이 높지만, 오답이 친숙할 경우에도 친숙한 오답을 선택하는 경향이 있다.

(6) 문제부에 단서를 제공한 경우에 예외적으로 높은 정답률을 나타낸다.

IV. 결론 및 시사점

지금까지의 연구에서 우리는 다음과 같은 결론 및 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 우리 나라 중학생의 지구과학 성취도는 평균 532점, 국제 순위 9위로서 국제 평균(488점)보다는 높지만 과학전체 성적(5위)에 비하여 낮다. TIMSS-R 지구과학 영역은 우리 나라의 교육 과정에 100% 명시되어 있고 대부분의 학생들이 TIMSS-R의 주제들을 학습하였다. 교육과정에 명시된 비율과 실제로 학생들이 학습한 주제의 비율이 다른 과학 영역보다 더 많다는 점을 고려한다면 우리 나라의 학생들은 다른 영역에 비하여 지구과학 영역의 성취도가 상대적으로 매우 낮다. 이는 지구과학 교수의 질이 다른 교과목에 비하여 낮기 때문이라고 해석할 수 있다.

지구과학 교수의 질이 다른 과목의 교수의 질에 비해 낮다고 보는 이유로는 과학 교사들의 지구과학 수업에 대한 자신감 부족을 들 수 있다. 과학 교사들은 과학 여러 주제 가운데 지구과학의 주제, 특히 태양계와 우주 속의 지구에 대한 자신감이 부족하였다. 우리 나라 초등 교사와 중등 과학 교사(예비교사)들의 지구과학 영역에 대한 자신감의 부족은 교사 자신들의 문제해결에 영향을 미치고(명전옥, 2001; Myeong, 2002), 결과적으로 초·중등 학생들의 문제해결력에 영향을 미치는 악순환을 계속하는 결과를 초래한다는 연구결과(채동현, 1996)가 있다. 지구과학 특히 태양계 속의 지구 영역에 대한 교사들의 자신감 부족의 원인을 분석하고 자신감을 높이기 위한 노력

이 요구된다.

둘째, 우리 나라 학생들은 단편적인 지식 이해에는 강하나 문제 해결에는 약한 것으로 나타났다. 우리나라에서 학생들에게 단편적인 지식을 전달하는 방식을 줄이고 추론이나 문제해결을 더욱 강조할 필요가 있다. 최근 우리 나라에서 국가수준에서는 대학수학능력시험의 도입 등을 통하여 사고력과 문제해결력을 강조하고 있지만 정작 교실 현장에서는 문제해결을 강조하는 비율이 오히려 과거보다 줄어들고 있다. 우리 나라 교사들이 과학수업 중 추론 및 문제 해결을 강조하는 비율은 6%인데, 이는 TIMSS-R 참가국 중 32위로서 최하위권에 속하며 과거 1995년의 13%보다 오히려 더 감소하였다(IEA, 2000a). 앞으로 사고력 및 문제해결력 지도 및 평가와 같은 혁신이 현장에 쉽게 파급되지 못하는 이유와 오히려 시대에 역행하는 현상이 일어나는 이유에 대한 연구가 필요하다.

셋째, 우리 나라 학생들은 객관식에 비하여 주관식 서술형에 더 약하다. 본 연구에 사용된 주관식 문항의 수가 적고 또 대부분의 주관식 문항이 문제 해결 수준에 해당하는 문항이므로 일반화하는데는 주의가 요구된다. 타 교과목과 추후 연구를 통하여 이러한 경향에 대한 일반화가 가능한지 관심을 가질 필요가 있다. 우리 나라 교실 현장에서의 평가가 주로 선다형 지필 평가이기 때문에 학생들도 선다형 문항에 친숙하고 그에 대비한 학습이 이루어지고 있다. 최근 제7차 교육과정에서의 수행 평가 등 다양한 현장 평가 방법의 요구는 바람직한 변화라고 볼 수 있다. 이러한 평가 방법의 변화가 실제로 학생들의 주관식 서술형 문제 해결 문항에 대한 성취도 변화를 초래하는지 7차 교육과정 시대의 학생들을 대상으로 한 연구와 그 이전 세대에 대한 비교 연구 결과가 기대된다.

넷째, 우리 나라 학생들은 단편적이고 기술적인 내용과 구체적이고 다양한 방식으로 반복 학습한 내용, 관심 있고 일상에서 친숙한 내용은 학습을 잘 하지만, 공간지각능력이 요구되고 인과 관계에 대한 이해가 요구되는 내용에는 약한 경향을 보인다. 공간지각 능력과 인과 관계에 대한 이해가 요구되는 내용은 일상에서 친숙한 예와 비유를 도입하고 다양한 교수전

략을 활용하여 교수할 필요가 있다. 특히 강의 위주의 개념 전달 방식을 줄이고 일상에서 쉽게 접할 수 있는 소재와 시청각 자료의 활용과 실험의 비중을 높일 필요가 있다. 최근 강조되고있는 STS 교육, 실험과 탐구를 강조하는 교육, 수행평가 등은 계속되어야 할 바람직한 방향이라고 생각된다.

다섯째, 국제 비교연구에서 발생할 수 있는 문제점을 살펴보기로 한다. 본 연구에 의하면 영어를 모국어로 번역하는 과정에서 정답률에 영향을 미치는 결과가 초래될 수 있음을 알 수 있다. 영어에 대응하는 단어가 없거나, 번역된 구나 문장의 표현이 원래의 표현보다 더 단순하고 쉬워지거나 더 복잡하고 추상적으로 변하여, 학생에게 더 쉽게 혹은 더 어렵게 변하는 것을 알 수 있다. 이는 모든 국제 비교연구에서 피할 수 없는 문제이다. 하지만 이러한 문제로 인하여 평균이 더 높아지거나 더 낮아지는 현상을 피하기 위하여 번역 과정에서 최선의 노력을 다할 필요가 있다.

적 요

본 연구의 목적은 1999년에 38개국이 참가하여 시행된, 제3차 수학·과학 성취도 국제비교 반복연구(TIMSS-R) 중 지구과학 영역 성취도를 분석하는 것이다. 우리 나라 중학교 2학년 학생의 지구과학 영역의 성취도를 외국 및 다른 과학 영역과 비교하고, 소영역별로 각 문항의 정답율을 분석하였다. 우리나라의 경우, 지구과학 영역은 의도한 교육과정에서 100% 다루어지고 있을 뿐만 아니라 실행된 교육과정을 통하여 대부분의 학생들이 학습하였다. 우리나라 지구과학 성적이 국제 평균보다는 유의미하게 높지만 과학전체 성적에 비해서는 낮았다. 한편 지구과학 지도에 대한 교사들의 자신감이 타 과학영역에 비하여 부족하였다. 논문은 문항 수준에서의 분석 결과와 이들이 과학 교육에 주는 시사점을 제시하였다.

참 고 문 헌

김성숙, 유준희, 서동엽, 이춘식, 임찬빈(1999a). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구 국내 평

- 가 시행보고서. 한국교육과정평가원 연구보고서. 연구보고 RRE- 99-7-2.
- 김성숙, 유준희, 서동엽, 이춘식, 임찬빈(1999b). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구 국내 평가 결과 분석 연구. 한국교육과정평가원 연구보고서. 연구보고 RRE- 99-7-1.
- 명전옥, 유준희(2000). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R): 한국 중학 2년생들의 지구과학 평가 결과 분석. 교과교육학연구, 4(1), 19-32.
- 명전옥(2001). 예비교사들의 지구과학 문제 해결 실패 요인: 달과 행성의 운동을 중심으로. 한국지구과학회지, 22(5), 339-349.
- 채동현(1996). 학생들의 달 위상변화의 원인에 대한 개념 조사. 초등과학교육, 15(1), 45-55.
- 박정, 홍미영, 김성숙(2000). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구 국내 평가 결과 분석 연구 II. 한국교육과정평가원 연구보고서. 연구보고 RRE-2000-7.
- 박정, 홍미영, 나귀수(2001). TIMSS-R 국제 기준에 따른 우리 나라 중학생의 수학·과학 성취도 분석. 한국교육과정평가원 연구보고서. 연구보고 RRE-2001-10.
- 박정, 홍미영(2002). 문항 유형에 따른 과학 능력 추정의 효율성 비교. 한국과학교육학회지, 22(1), 122-131.
- 배성열, 박윤배(2000). 교사들이 인식하는 과학과 목표의 영역별 중요도와 장애 요인. 한국과학교육학회지, 20(4), 572-581.
- 유준희, 김성숙, 서동엽, 이춘식, 임찬빈(2000). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구 중 국내 결과에 대한 과학 성취도 분석. 교과교육학연구, 4(1), 51-68.
- 홍미영, 박정, 김성숙(2001). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 과학 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 21(2), 328-341.
- 홍미영, 전경문(2002). 제3차 수학·과학 성취도 국제 비교 반복 연구(TIMSS-R) 중 제 6차 교육과정상의 화학 문항에 대한 우리나라 중학생의 응답 분석. 대한화학회지, 46(2), 169-176.
- 홍미영(2002). 우리 나라 중학생들의 과학의 탐구 및 본성 영역에서의 국제 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 22(2), 336-344.
- IEA(2000a). *TIMSS 1999 International Science Report*, Chestnut Hill, MA: Boston College.
- IEA(2000b). *TIMSS 1999 Percent of responses by item category for the science items*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Myeong, J.,(2002). Factors Affecting Earth Science Problem-Solving Performances of Elementary School Pre-service Teachers: A Study on the Motions of the Moon and the Planets. *Journal of The Korean Earth Science Society*, 23(2), 180-179.
- Schmidt, W. H., McKnight, C. C., Cogan, L. S., Jakwerth, P. M., & Houang, R. T. (1999). *Facing the Consequences: Using TIMSS for a closer look at U.S. mathematics and science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.