

TIMSS에 대한 소개와 TIMSS가 한국 수학교육에 주는 시사점

박 만구, 전 경 순, 정 인철¹⁾

I. TIMSS란 무엇인가?

본 논문의 목적은 국제적인 관심을 불러일으키는 반면, 우리 나라에는 비교적 잘 알려지지 않은 TIMSS (The Third International Mathematics and Science Study)를 소개하고, 이 연구가 한국 수학교육에 주는 시사점을 논하는 것이다. 이 논문은 세 부분, 즉 TIMSS에 대한 조직과 구성, 이 연구에 출제된 세 개의 표본 집단별 지필 문항 및 기타 병행 연구 분석, 그리고 한국 수학교육에 주는 시사점으로 구성되어 있다.

TIMSS는 IEA²⁾의 주관 하에 실시된 수학과 과학에 대한 초등 및 중등학교 학생들의 학업에 대한 성취를 다양한 관점에서 분석한 국제 연구로써 1994년과 1995년에 걸쳐 실시되었다. 이 연구를 주관한 IEA는 1950년대 후반 벨기에에서 조직된 비상업적인 국제 연구 기관으로서 교육에 관한 문제점들을 해결하여 개인의 복지와 전체 사회의 복리를 높이는 것을 도모하기 위해 설립되었고, 다음 세 가지를 주 목적으로 한다: (1) 국제적인 규모로 교육에 관계된 제 연구를 실시한다.

(2) 교육 체제의 전반적인 문제점을 조사하여 교육발전에 기여한다. (3) IEA 참가국들간의 상호 협력적인 연구를 돕는다 (Mcknight, Crosswhite, Dossey, Kifer, Swafford, Travers, and Cooney, 1987).

과거에도 TIMSS와 비슷한 성격을 가진 국제 비교 연구가 이 IEA의 주관 하에 두 차례³⁾ 있었다. 하지만 TIMSS는 그 규모나 자료 분석 면에서 앞 선 두 연구에 비하여 크게 진일보하였다. 미국의 보스턴 대학에 있는 TIMSS 국제연구소가 IEA와 더불어 시험 진행, 분석, 그리고 보고를 포함해 전반적인 사항을 주관하였다. 특히, 좀 더 객관적이고 다각적인 연구를 위해 TIMSS 국제연구소는 독일 Hamburg의 'The IEA Data Processing Center', 캐나다 Ottawa의 'Statistics Canada', 미국의 뉴저지주 프린스턴의 'Educational Testing Service', 그리고 호주에 있는 'Australian Council for Educational Research'와 긴밀한 연계 하에 현재까지도 후속 연구를 진행하고 있다. 현재는 TIMSS에 이어 TIMSS-R⁴⁾

1)The Univ. of Georgia, USA

2. The International Association for the Evaluation of Educational Achievement

3. 1960년 중반에 'International Study of Achievement in Mathematics' 그리고 1980년 중반 The Second International Mathematics Study (SIMS)가 실시되었다.

4. The Third International Mathematics and

(1998-1999)이 진행되고 있다.

TIMSS에 참가한 총 국가 수는 우리 나라를 비롯 41개국이며, 참가한 학생의 수도 약 50만 명에 이른다. 이 연구는 각 나라에서 표본 집단 I (3-4학년), 표본 집단 II (7-8학년), 그리고 표본 집단 III (12학년)으로 구분하여 실시되었고⁵⁾ 지필 검사와 함께 각 나라의 교육 과정과 교과서 분석도 이루어졌다. 또한, 연구 기간 동안 학생, 교사, 그리고 학교장으로부터 수학과 과학의 교수 및 학습에 관한 설문 조사를 통해 교수법에 대한 연구, 수업 활동, 학교의 특성, 학생들의 수학에 대한 태도, 학부모의 자녀에 대한 기대 등에 관한 자료들도 수집되었다. 이러한 방법으로 수학과 과학의 교수와 학습에 영향을 줄 수 있는 약 1,500개의 범주에 해당하는 자료를 수집하여 분석하였다. 이 외에 독일, 일본, 그리고 미국의 실제 수업 상황을 직접 비디오에 담아 수학 교육에 대한 질적인 연구자료로 활용했다. TIMSS는 그 자료의 방대함과 결과의 다양한 분석으로 참가한 나라들에게 수학과 과학 교육 정책 수립에 대한 제조명의 기회를 제공하고 있다.

지금부터는 국제적으로 주 관심의 대상인 지필 평가와 기타 병행된 연구들에 대하여 소개하고자 한다.

II. 지필 검사 문항 분석과 기타 병행 연구 소개

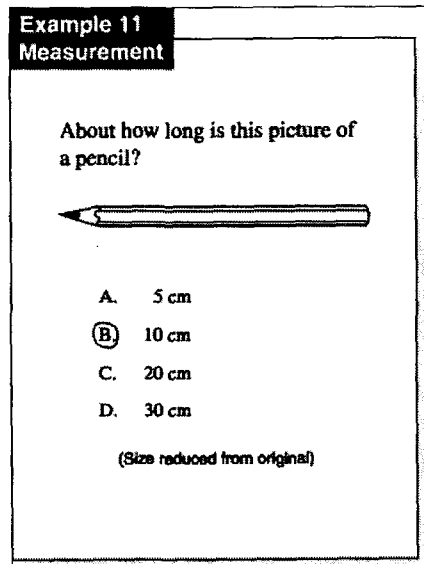
TIMSS 지필 검사의 소개는 첫째, 어떠한 유형의 문제들이 각 표본 집단에서 채택되었는지 알아보고, 둘째, 그러한 문제들에 대해서 TIMSS 참가국 학생들이 어떤 식으로 대답했는지를 분석하고, 셋째, 이 분석을 바탕

Science Study-Repeated

5. 우리 나라는 초등에서는 3학년과 4학년, 중등에서는 중학교 1학년과 2학년, 그리고 고등학교 3학년에 각각 해당된다.

으로 한국 수학교육에 대한 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다. 특히, 문제 분석에 있어서는 미국 학생들의 경우를 참고하기로 하는데, 이는 특별히 한국 및 다른 참가국들의 결과가 구체적으로 자료화 되어있지 않아서이기도 하고, 또 미국의 경우를 토대로 우리나라가 얻을 수 있는 정보들이 많다고 판단되어서이다.

표본 집단 I의 예:




위의 문제는 사지선다형의 문제로서, 그림으로 주어진 연필의 길이를 개측하여 'Cm' 단위로 대답을 요구하였다. 이 문제에 대한 국제 평균 정답률은 77%였고, 미국 학생들은 55%의 정답률을 보였다. 이러한 국제 수준에 미치지 못하는 결과에 대해 미국 학자들은 자국 학생들의 낮은 결과를 비판하기보다는 이러한 결과에 대한 근본적인 이유를 찾으려 하고 있으며, 실제로 사회 문화적인 요인들이 수학 교육에 미치는 영향에 대한 활발한 토론이 일고 있다. 예를 들어, 미국이 다른 국가들과는 달리 미터법이 아닌 inch, foot, mile, pound 등을 사용하고 있다는 사실이 지적되고 있으며, 따라서, 학자들은 미

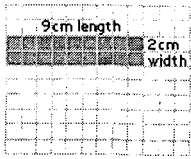
국 학생들이 일상 생활에서 사용하는 단위인 inch와 문제에서 주어진 단위인 Cm 사이에서 어려움을 겪었을 것으로 예상하였다. 바꾸어 말하면 우리는 다음과 같은 질문을 던져 볼 수 있을 것이다. 한국의 초등학교 4학년 학생들에게 이 문제를 inch의 단위로써 대답하라고 주어진다면 어떠한 결과가 있을 것인가? 아마도 많은 학생들이 익숙하지 않은 inch라는 단위에 의해 이 문제를 푸는데 어려움을 겪을지도 모른다고 생각한다. 이러한 의미에서 위 문제는 한국의 교사들에게 수학 교수에 있어 학생들이 가지고 있는 사회 문화적인 교육 환경에 대한 고려의 필요성을 시사해 준다고 하겠다. 여기서 우리는 한국 학생들에게 inch라는 단위를 가르치자는 내용을 주장하는 것이 아니라, 위 미국 학생들의 예를 통해 한국 수학교육이 얼마나 우리 학생들의 생활과 밀접한 관계를 갖는지, 그리고 한국 사회의 특성들과 어느 정도 잘 접목되는 내용들을 다루고 있는지 검토해보자는 필요성을 제안하는 것이다.

표본 집단 II의 예:

Example Item 28 Measurement
New Rectangle



a. In the space below, draw a new rectangle whose length is one and one half times the length of the rectangle above, and whose width is half the width of the rectangle above. Show the length and width of the new rectangle in centimeters on the figure.



b. What is the ratio of the area of the new rectangle to the area of the first one?

Show your work. $new\ A = 18cm^2 \div 3 = \frac{6}{3}$ or $\frac{3}{1}$
 $old\ A = 24cm^2 \div 3 = \frac{8}{3}$ or $\frac{3}{4}$

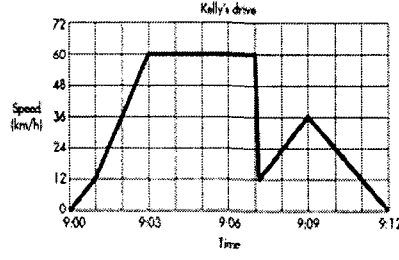
Performance Category: Solving Problems

위의 문제는 간단한 서술형으로써, 학생들이 직접 그림을 그리고(문제 a), 질문에 대한 답을 직접 작성하도록(문제 b) 요구하였다. 문제 a는 주어진 직사각형의 그림을 보고, 가로와 세로 길이의 비를 이해하는 것이며, 문제 b는 직사각형의 면적에 대한 이해와 함께, 두 도형 사이의 면적의 비에 대한 이해를 요구하고 있다. 문제 a에 대한 국제 평균 정답률은 16%였으며, 문제 b의 정답률은 10%였다. 사지선다형과 비교하여, 이러한 서술형에 대한 전체 TIMSS 참가 학생들의 결과는 전반적으로 좋지 않았다. 여기서 미국의 예를 살펴보자. 이 문제에 대한 미국 학생들의 정답률도 국제 정답률에 그리 크게 차이는 없으나, 일반적으로 미국 학생들은 위와 유사한 서술형 문제들에 있어 국제 평균 정답률보다 높은 결과를 나타냈다. 위의 문제는 시험에 출제되는 수학 문제들의 유형이 주로 사지선다형이 될 때 알아내기 힘든 정보들, 특히 학생들이 어떻게 문제들을 이해했나에 대한 결과는 물론, 그들이 어떻게 그 문제들을 잘못 이해하고 있는 가라는

FIGURE 3:
EXAMPLE 2: MATHEMATICS GENERAL KNOWLEDGE ITEM

Kelly went for a drive in her car. During the drive, a cat ran in front of the car. Kelly slammed on the brakes and missed the cat.

Slightly shaken, Kelly decided to return home by a shorter route. The graph below is a record of the car's speed during the drive.



What was the maximum speed, in kilometers per hour, of the car during the drive?

Correct Answer: 60 km/h U.S. Average: 83 percent International Average: 74 percent

SOURCE: Third International Mathematics and Science Study, 1994-1995.

표본 집단 III의 예:

과정의 정보까지 나타내 주는 항목으로 평가되고 있다. 한국 수학교육에서 잘 이루어지지 않고 있는 “쓰기 수학”(Writing in Mathematics)에 대한 필요성을 나타내 주는 좋은 자료라고 생각되어 소개하였다.

앞 문제는 단답형 문제로서, 복잡해 보이는 문제의 구성과는 달리 비교적 간단한 답을 요구하고 있다. 주어진 그래프에서 함수의 최대값, 즉 차의 최고 속도를 찾도록 학생들에게 묻고 있는데, 이 문제에 대한 국제 정답률을 74%였다. 참고로, 미국 학생들은 85%의 정답률을 보였다. 일반 평가와 우수 집단 평가의 두 부분으로 구성된 표본 집단 III의 지필 평가에 한국과 모든 아시아 국가들은 참가하지 않았으며, 전체 참가국 41개국 중 21개 국가의 학생들만이 일반 평가에, 16개국만이 우수집단 평가에 참가하였다. 따라서 이와 관련된 한국 학생들의 결과에 대해서는 말할 수 없으나, 주어진 문제를 현재 한국 고등학교 3학년의 교육 과정의 내용과 비교해 볼 수 있는 좋은 기회라 생각하여 소개하였다.

지금까지 지필 평가의 문항으로 어떠한 문제들이 제시되었는지에 대하여 알아보았다. 하지만 TIMSS는 앞서도 언급했듯이 지필 평가 외에 참가한 각 나라의 교육과정에 대한 분석, 학생, 교사, 그리고 학교의 관리자에 대한 설문 조사를 실시했다. 그리고 독일, 일본과 미국의 수학 수업에 관한 비디오 테이프 연구와 더불어 사례 연구를 함께 하였다.

각 나라의 학생들이 무엇을 배우고 있는가를 밀도 있게 조사하기 위해 491가지 교육과정 내용이 분석되었고, 628가지 교과서의 분석이 동시에 병행되었다. 각 나라 교육과정 분석은 두 가지 이유에서 실시되었는데 첫째는, 이러한 분석이 없이는 서로 다른 체제를 가진 각 나라의 학생들에게 어떻게 그들의 학년 수준에 적절한 문제를 골라 평가할 것인가가 불가능하기 때문이며, 둘째는, 평가문항을 작성함에 있어서 각국의 특이한 문화적

사회적 차이를 최소화하고 각 나라의 학생들에게 가능한 공통적인 문항을 출제하기 위해서였다. 각국의 설문 조사는 지필 평가의 결과를 분석하는데 필요한 외적인 요인을 알아보기 위하여 실시되었는데, 그 내용으로는 학교 외의 활동, 가정에서의 생활, 수학과 과학에 대한 학생들의 태도, 가정에서 사용하는 언어의 종류⁶⁾, 계산기와 컴퓨터의 사용, 학생들의 수학 숙제 및 방과 후 학습 시간 등을 포함하고 있다. 교사들에 대한 설문 조사는 다방면에 걸친 것으로, 교사들이 수학과 관련하여 교육받은 내용, 현재 지도하고 있는 과목 및 시간, 특정한 교육 자료에 대한 사용, 수학 내용 지도, 숙제에 관련된 전반적인 태도, 그리고 기타 학급 경영에 대한 질문들을 포함하고 있다.

학교 경영자들에 대한 설문은 교사들이 가르칠 과목의 내용 선정에 관한 권한, 교사들의 수업 배정, 교사들의 재교육, 그리고 학생들이 졸업할 하기 위해 이수해야 하는 것에 대한 물음이었다. 비디오 테이프 연구는 독일, 일본, 그리고 미국의 실제 학교 교실에서 수학 수업이 어떻게 이루어지고 있는가에 대한 것을 보기 위한 것으로, 교사의 수업 기술 및 학생들의 활동에 중점을 두었다. 이 비디오 연구에서는 각 나라의 전형적인 교사의 수업을 선정하여 분석하였고, 수업 후 간단한 설문 조사를 통하여 수업을 한 교사들의 의견도 조사하였다.

III. TIMSS가 한국 수학교육에 주는 시사점

TIMSS는 그 자료의 범위나 분석 방법에서 기존의 연구들과는 비교할 수 없을 만큼

6. 이러한 문항은 우리 나라와 같은 동일 언어사용 국가의 경우에는 적합하지 않으나, 미국의 경우 적지 않은 수의 학생들이 가정에서 영어 외의 다른 언어를 사용하고 있다.

방대한 것이었다. 그러나, 일부에서는 그 자료 수집에 투자한 노력과 비용에 비해 연구 결과의 유용성에 대한 비판도 있다. 특히, 지필 평가로 나타난 국가간 서열에 대한 결과를 가지고 과연 얼마나 객관적으로 각 나라 학생들의 수학 실력을 측정할 수 있는가에 대한 문제를 제기하는 비판의 소리도 많다. 그러나, 이러한 일부의 비판 속에서도, TIMSS 결과를 통하여 각 나라가 나름대로 수학교육의 현실을 되돌아 볼 수 있다는 긍정적인 면은 누구도 부인하지 않을 것이다.

TIMSS의 결과에 대해 미국 내에서는 긍정적인 분석과 부정적인 분석이 동시에 일고 있다. 한 예로, 올해 미국 National Research Council의 개최 모임에서 참가자들은 TIMSS의 결과가 연구에 참여한 모든 국가들에게 자기 나라의 실정에 맞는 의미 있는 물음을 제공해 줄 수 있다고 주장했다. TIMSS의 지지자들은 특히, 이 연구의 혁신적인 규모와 다방면에 걸친 연구 내용의 유용성에 높은 평가를 하고 있다. 하지만, 이 연구의 결과가 교육의 발전에는 그리 큰 공헌을 하지 못한다고 비난을 하는 사람들도 있다. 예를 들어, 하버드 대학의 Howard Gardner 교수는 뉴욕 타임스에 기고한 글에서, 특히 지필 평가에 근거한 TIMSS의 결과는 결코 학생들의 수학적 사고를 측정할 수 없다고 비판하였다.

이와 같이 아직도 많은 사람들이 TIMSS의 결과를 어떻게 해석할 것인가에 대한 공방을 벌이고 있다. 하지만, 우리는 TIMSS가 국가들간의 단순한 석차를 비교하기 위한 것이 아닌, 각 나라에서 이루어지고 있는 학교 수학의 모습을 가능한 그대로 보여 주려고 시도했던 것으로 보아야 할 것이다. 미국내의 수학교육자들은 자국 학생들의 수학 성적이 다른 많은 국가의 학생들에 비하여 뒤떨어진다고 하는 것은 인정하면서도, TIMSS 결과만을 가지고 자기 학생들의 수학 실력에 대하여 결론을 내리는데 주저하고 있다. 나아가 Schmidt, McKnight, Valverde, Huang,

그리고 Wiley (1997) 등의 교육학자들은 각 국가간의 사회 문화적 배경의 차이의 중요성을 강조하면서, 이러한 국가간의 비교 연구의 목적은 교육과정, 교육 체제, 국가 목표와, 그리고 어떻게 국가의 목표에 이러한 것들이 조화를 이루고 있는가를 보는 것이라고 주장했다. 아무튼, TIMSS 자료를 가지고 어떠한 결론을 내리느냐는 각 연구자가 어떠한 관점을 가지고 분석하느냐에 따라 크게 달라질 수 있을 것이다.

TIMSS는 특히 한국 수학 교육에 어떠한 시사점을 주는가에 대해 생각해 보자. 사실 우리나라는 다음의 표에서 볼 수 있는 바와 같이 거의 최상위권의 성적을 거두었다.

표 4. 수학과 평가에서 얻은 성적

| | 표본 집단 I | 표본 집단 II | 표본 집단 III |
|-------|------------|-------------|--------------|
| 싱가포르* | 625 | 643 | - |
| 한국* | 611 | 607 | - |
| 일본 | 597 | 605 | - |
| 미국 | 545 | 500 | 461 |

* 싱가포르가 1위, 그리고 한국이 2위를 차지했다.

- 아시아 지역의 고등학교 학생들은 이 연구에 참여치 않았음.

위에 나타난 국가별 비교 성적만으로 보면, 우리나라의 학생들은 문제가 없는 것으로 생각할 수도 있을 것이다. 하지만 이 성적이 우리나라 수학 교육 전반에 관한 질문에 대해서는 긍정적인 대답을 준다고 보기는 어렵다. 여기서 우리나라 학생들이 거둔 성적에 대한 만족보다는 왜 그러한 성적을 올릴 수 있었는가에 대하여 생각해 보아야 할 것이고, TIMSS의 결과가 보여 주지 못한 한국 수학 교육 사회가 안고 있는 다른 많은 문제들을 생각해 볼 수 있어야 할 것이다.

우리 나라가 TIMSS에서 좋은 결과를 얻을 수 있었던 것에 대해 다음과 같은 이유들을 들고자 한다. 첫째, 한국의 수학 교육 과정이 다른 많은 나라들에 비하여 높은 수준

의 수학적 지식들을 요구하고 있으며, 둘째, 전반적으로 한국의 수학 교사들이 높은 수준의 수학적 지식을 소유하고 있고, 셋째, 대학 입시와 경쟁적인 사회 제도로 인한 학부모와 학생들의 수학에 대한 높은 관심, 그리고 넷째, 한국 학생들이 수학 학습에 할애하는 절대 시간이 많기 때문이다.

실제로 한국 학생들의 수학에 대한 개인적 그리고 사회적 요구는 미국 학생들의 그것과는 비교도 될 수 없을 만큼 크다고 본다. 단적으로, TIMSS에서 비교한 것을 보면, 미국의 고등학교 학생 중 55%가 매일 세 시간 이상 일을 하고 있는 것으로 나타나 있다. 우리 나라 고등학생들에 대한 자료는 나와 있지 않으므로 정확히 말할 수는 없지만, 우리의 사정과는 너무도 다름을 알 수 있다. 정규 수학 수업 외에 수학을 공부하는데 할애하는 시간을 고려해 볼 때, 우리 나라의 학생들이 좋은 성적을 거두는 것은 어찌 보면 당연한 일일 것이다.

우리는 앞서 TIMSS가 지필 검사를 포함한 총괄적인 연구였음을 언급하였다. 따라서, 일부 한정된 지필 검사의 결과를 가지고 각 나라 학생들의 수학의 실력을 단정적으로 말한다는 것을 많은 무리가 있다. Nunes, Schleimann, 그리고 Carraher (1993)는 정규 학교 교육을 받는 브라질의 학생들과 거리에서 사탕을 파는 아이들이 사용하는 수학을 비교 연구한 결과, 학교 교실 안에서의 수학과 거리의 일상 생활에서의 수학에 대하여 두 집단이 다르게 인식하고 있음을 보여 주었다. TIMSS 결과에도 같은 논리를 적용할 수 있다. 즉, 학교에서 가르치는 내용에 뛰어난 학생들이 졸업 후에도 실제 생활에서 뛰어난 실력을 발휘하리라는 것을 보장할 수는 없다. 실제로, 미국 학생들이 전반적으로 초등학교에서 고등학교까지 수학과 과학의 평가에서 부진한 성적에도 불구하고, 많은 대학과 대학원의 수학 분야에서 뛰어난 많은 인재들이 공부하고 있고, 지금까지 미국이 전 세계의 경제를 이끌어 왔음을 우리는 다

시 한 번 생각해 보아야 한다. 현재 미국은 TIMSS의 결과를 계기로 자기 나라 수학 교육에 대한 다각적인 반성이 일고 있으며, 어떻게 하면 학생들의 수학 실력을 신장시킬 수 있는가에 대한 연구를 계속하고 있다.

결론적으로, 사회 문화적으로나 학교 교육의 체제 등이 완전히 다른 상황에서, TIMSS의 결과를 단편적인 점수의 비교로 보는 것은 크게 의미 있는 일은 아니다. 일부에서는 TIMSS의 연구를 무가치한 것으로 여기는 사람도 있지만, 우리 나라의 사정에 비추어 학습 지도 방법이나 교육과정의 개발 등 한국 수학 교육 발전에 도움이 될 수 있는 계기로 삼는 것이 바람직할 것이다. 이런 의미에서, 본 논문이 우리 나라의 수학 교사나 수학 교육자들에게 TIMSS에 관한 관심을 불러일으키는 계기가 됨은 물론, 한국 수학교육 발전에 조금이나마 보탬이 되길 바란다.

참 고 문 헌

- McKnight, C. C., Crosswhite, F. J., Dossey, J. A., Kifer, E., Swafford, J. O., Travers, K. J., & Cooney, T. J. (1987). *The underachieving curriculum: Assessing U.S. school mathematics from an international perspective*. Champaign, IL: Stipes Publishing Company.
- Nunes, T., Schleimann, A. D., & Carraher, D. W. (1993). *Street mathematics and school mathematics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schmidt, W. H., McKnight, C. C., Valverde, G. A., Huang, R. T., & Wiley, D. E. (1997). *Many vision, many aims: A cross-cultural investigation of curricular intensions in school mathematics*. Boston, MA: Kluwer Academic Press.

Stevenson, W. H. (1998). A TIMSS Primer: Lesson and implications for U.S. education.

TIMSS International Study Center. (1998, September 14). About TIMSS and TIMSS data. Retrieved October 25, 1998 from the World Wide Web: <http://www.csteep.bc.edu/timss>

National Council of Teachers of Mathematics. (1998, February 28). TIMSS releases. Retrieved October 25, 1998 from the World Wide Web: <http://www.nctm.org/publications/releases>

Introduction of the TIMSS and its Implications for Korean Mathematics Education

Mangoo Park, Kyungsoon Jeon and Inchul Jung¹⁾

ABSTRACT

The purpose of this paper was to introduce 'The Third International Mathematics and Science Study' (TIMSS) to the mathematics education society in Korea, and to address current discussion about the TIMSS from the view of three Korean authors who are currently enrolled in an American university. This paper consisted of three parts: (1) The structure and organization of the TIMSS, (2) The analyses on test items from three populations of student groups, curricula and textbooks, questionnaires from students and teachers, video study, and case studies, (3) The discussion of various perspectives for mathematics education in Korea. The authors pointed out that the TIMSS was not just an international comparison study designed for ranking each of the 41 participating countries, but a study providing some insights for Korean mathematics education.

1) The university of Georgia ; mpark@coe.uga.e, kjeon@coe.uga.e, ijung@hotmail.com