

## PISA 2003에 나타난 우리나라 학생들의 수학적 소양의 특징

나 커 수\*

이 글에서는 PISA 2003(Programme for International Student Assessment 2003)에 나타난 우리나라 학생들의 수학적 소양의 특징을 자세하게 살펴보고자 한다. 우리나라 학생들의 수학적 소양 평균 점수, 수학적 소양 수준의 분포, PISA 평가틀에 따른 수학적 소양 수준, 수학적 소양의 추이 분석, 남녀학생의 수학적 소양의 차이 등을 분석함으로써 우리나라 학생들의 수학적 소양의 인지적 측면을 조사하고자 한다. 또한, 우리나라 학생들의 수학 학습에의 참여, 학생들의 자신에 대한 신념, 수학에 대한 불안감, 수학 학습 전략 등을 중심으로 수학적 소양의 정의적 측면에 대해 살펴보고자 한다. 그리고, 이를 바탕으로 수학교육 및 교육 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

### I. 들어가며

PISA(Programme for International Student Assessment)<sup>1)</sup>는 경제협력개발기구(OECD)에서 주관하는 학업성취도 국제 비교 연구이다. 이 연구의 목적은 참여국의 만 15세 학생들의 읽기, 수학, 과학 소양을 측정하여, 참여국의 교육 체계의 효과를 평가하고 참여국의 교육정책 입안에 도움이 되는 정보를 산출하는 것이다(이미경 외, 2004).

PISA는, 학교 교육에서 다룬 수학 내용에 초점을 두는 것이 아니라 학생들이 수학적 개념 및 절차들을 얼마나 잘 활용할 수 있는가에 초점을 둔다. 다시 말해서, 학교 교육과정에 근거한 지식보다는 실생활에 필요한 능력, 즉 지식을 상황과 목적에 맞게 활용할 수 있는 기본적인 ‘소양’을 강조한다. 또한, PISA는 학년에 관

계없이 만 15세 학생들을 대상으로 평가를 실시한다. OECD 국가들을 포함하여 PISA 참가국들은 학제와 의무 교육을 시작하는 연령 면에서 상당한 차이를 보인다. 따라서 학년을 기준으로 한 평가는 교육 연한의 측면에서 상당히 이질적인 집단을 상호 비교한다는 문제점을 가지고 있다(채선희 외, 2003). 만 15세라는 연령은 대부분의 OECD 국가에서 의무교육이 종료되는 시점이다. 의무교육이 종료되는 시점에서 평가를 실시하여 국가 교육 체제의 누적적인 성과를 점검하고자 하는 것이다.

PISA는 3년을 주기로 하여 실시되며, 주 영역과 보조 영역을 설정하여 각 주기마다 서로 다른 영역의 평가에 집중하고 있다. 제1주기인 PISA 2000에서는 읽기 영역이, 제2주기인 PISA 2003에서는 수학 영역이, 제3주기인 PISA 2006에서는 과학 영역이 주 영역이며, 각 주기에 나머지 영역은 보조 영역이 된다.

\* 청주교육대학교, gsna21@cje.ac.kr

1) 본 연구는 한국교육과정평가원의 2003년 기본 과제인 ‘OECD/PISA 학업성취도 국제비교 연구’의 일환으로 수행되었다.

이 글에서는 수학이 주 영역으로서 집중적으로 조사된 PISA 2003 결과에 나타난 우리나라 학생들의 수학적 소양의 특징을 자세하게 살펴보고자 한다. 이를 위하여 먼저 PISA 2003의 수학 평가틀에 대해 개략적으로 살펴보고, 다음으로 우리나라 학생들의 수학적 소양 평균 점수, 수학적 소양 수준의 분포, PISA 평가틀에 따른 수학적 소양 수준, 수학적 소양의 추이 분석, 남녀학생의 수학적 소양의 차이 등을 분석함으로써, 우리나라 학생들의 수학적 소양의 인지적 측면을 조사하고자 한다. 또한, 우리나라 학생들의 수학 학습에의 참여, 학생들의 자신에 대한 신념, 수학 학습 전략 등을 중심으로 수학적 소양의 정의적 측면에 대해 살펴보고자 한다. 그리고, 이를 바탕으로 수학교육 및 교육 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

## II. PISA 수학 평가 개관

### 1. 수학적 소양의 정의

PISA에서의 수학적 소양은, 다양한 상황에서 수학 문제를 제기하고 형식화하고 해결하고 해석함으로써, 여러 가지 아이디어를 효율적으로 분석하고 추론하고 의사소통을 하는 학생들의 능력과 관련되는 개념이다. PISA는 교실에서 다루는 전형적인 상황과 문제들이 아닌 실생활 문제에 초점을 맞추고 있다.

PISA에서의 수학적 소양은 다음과 같이 정의된다.

수학적 소양이란, 수학이 세계에서 담당하는 역할을 인식하고 이해하는 능력, 수학적으로 근거가 충분한 판단을 하는 능력, 건설적이고 사려 깊고 반성적인 시민으로서의 개인의 생활의 필요성을 만족시키는 방식으로 수학을 관련짓고

이용하는 능력 등을 말한다(OECD/PISA, 2004, p. 26).

이러한 정의를 더욱 상세하게 살펴보면, 먼저 '수학적 소양'은 수학 지식을 다양한 상황에서 반성적이고 통찰에 근거한 방식으로 기능적으로 사용하는 것을 말한다. 물론, 그러한 수학적 사용이 가능하고 유용하기 위해서는 많은 양의 기본 지식과 기능이 필요하며, 따라서 기본 지식과 기능은 수학적 소양의 일부분을 형성한다. 그러나 수학적 소양은 기본 지식과 기능을 전제로 하기는 하지만, 특별한 연산을 수행하고 특별한 방법을 실행하는 기능이나 절차, 수학적 사실로 환원되어서는 안 된다. 수학적 소양은 외부 상황의 필요성에 대응하여 기본적인 기능이나 절차, 사실들을 창조적으로 결합하는 것을 의미한다.

위의 정의에서 '세계'는 개인이 생활하는 자연적인, 사회적인, 문화적인 상황을 의미한다. 이러한 세계는 Freudenthal(1983)이 언급한 바와 밀접한 관련을 맺는데, Freudenthal에 따르면, 수학적 개념, 구조, 아이디어는 물리적, 사회적, 정신적 세계의 현상을 조직하기 위한 수단으로 발명된 것이다.

위의 정의에서 '개인의 생활'은 사적인 생활, 직업적 생활, 동료와 친척과의 사회 생활, 사회 공동체의 시민으로서의 생활을 모두 망라하는 개념이다. '수학을 관련짓고 이용하는 능력'은 수학을 통해 의사소통하고, 연결하고, 평가하고, 더 나아가서 수학을 감상하고 즐김으로써 수학과 개인 자신을 광범위하게 관련시키는 것을 포함한다.

따라서 수학적 소양의 정의는, 좁은 의미에서의 수학의 기능적 사용뿐만 아니라 장래의 공부를 위한 준비, 그리고 수학의 탐미적 요소와 오락적 요소까지를 포괄한다.

## 2. 수학 평가틀<sup>2)</sup>

수학 평가틀은 수학적 내용, 수학적 과정, 상황과 맥락의 삼원적 요소로 구성된다. 수학적 내용은 문제를 해결할 때에 가장 중요하게 사용되고 조직되어야 하는 수학적 주제들을 말한다. 수학적 과정은 문제가 발생한 상황을 수학과 연결하고 문제를 해결할 때 활성화되어야 하는 능력과 관련되며, 상황과 맥락은 문제가 제시되는 배경을 말한다.

### 가. 수학적 내용: 영역통합적 개념

수학 교과의 교육과정은 주로 내용 요소별로 구성되어 있으며, 이러한 내용 요소들은 다시 몇 개의 하위 영역으로 세분화된다. 오늘날 수학 교과 내의 하위 영역은 60개 내지 70개 정도의 주제로 분류되며, 특히 대수나 위상수학과 같은 몇 개의 과목들은 다시 여러 하위 영역들로 세분화된다. 또한 우리 주변 세계가 복잡해짐에 따라 수학의 내용 영역도 다양화되고 세분화되었으며, 복잡성 이론(complexity theory)이나 역동적 시스템 이론(dynamical systems theory) 등 이전에는 볼 수 없었던 완전히 새로운 영역이 등장하였다.

PISA 2003에서는 기존의 수학 평가와는 다른 접근 방식으로, 영역통합적 개념(overarching ideas)하에 수학 주제들을 분류하고 내용을 재조직하였다. PISA 2003 평가틀에서 제시하는 영역통합적 개념은 양(quantity), 공간과 모양(space and shape), 변화와 관계(change and relationships), 불확실성(uncertainty)의 네 가지이다.

양은 세계를 조직하기 위한 양화(quantifica-

tion)의 필요성에 초점을 두고 있다. 여기에서는 상대적 크기를 이해하고, 수적인 패턴을 인식하고, 양화 가능한 실세계 대상들의 속성과 양을 표현하기 위해 수를 사용하는 것이 중요하다.

공간과 모양의<sup>3)</sup> 주요 주제는 모양과 패턴 인식하기, 시각적 정보를 설명하고 기호화하고 해석하기, 모양의 동적인 변화 이해하기, 유사성과 차이점 인식하기, 상대적 위치 이해하기, 2차원 표현 방식과 3차원 표현 방식을 이해하고 그것들 사이의 관계 알기, 공간에서 항해하기(navigation through space) 등이다.

변화와 관계의 주요 주제는 이해하기 쉬운 형태로 변화를 표현하기, 기본적인 변화의 유형을 이해하기, 특정한 변화가 발생할 때 그 변화의 유형을 인식하기, 이러한 기법들을 외부 세계에 적용하기, 변화하는 세계를 자신에게 최대한 유리한 방향으로 통제하기 등이다.

불확실성과 가장 밀접한 관련을 가지는 현상은 통계와 확률 분야에서 주로 연구되고 있는 자료와 우연성이다. 불확실성의 주요 주제는 자료 수집, 자료 분석, 자료 제시와 자료의 시각화, 확률, 추론 등이다.

### 나. 수학적 과정

PISA 수학 평가에서는 학생들이 실세계 맥락에 토대를 둔 수학 문제에 직면하여, 수학적으로 조사할 수 있는 문제 상황의 특징을 인식하고 적절한 수학적 능력을 발휘할 것을 요구한다. 학생들이 이를 수행하기 위해서는 단계 과정의 ‘수학화’에 전념할 필요가 있으며 다양한 능력을 필요로 한다. PISA 2003에서는 이러한 능력을 8가지로 분류하고 있는데, 수학

2) PISA 2003 수학 평가틀에 대한 자세한 내용은 채선희 외(2003)를 참고하기 바란다.

3) PISA 2000에서는 ‘space and shape’를 ‘공간과 도형’으로 의역하였다(최승현 외, 2001). 그러나 PISA 2003에서는 ‘모양’이 ‘영역통합적 개념(overarching ideas)’의 의미를 더 잘 나타낸다고 판단하여 ‘공간과 모양’으로 의역하기로 하였다.

적 사고와 추론, 수학적 논쟁, 수학적 의사소통, 모델링, 문제 제기와 문제해결, 표현, 상정적·형식적·기법적인 언어와 조작의 활용, 보조 교구와 도구의 활용 등이 그것이다.

그러나 PISA 2003에서는 이러한 능력들을 개별적으로 평가하는 문항을 사용하지 않는다. 왜냐하면, 이러한 능력들은 많은 부분에서 중첩되며, ‘실제 상황’에서 수학을 할 때는 다양한 능력들이 동시에 필요하기 때문이다. 또한 개별적인 능력을 개별적인 문항으로 평가하고자 하는 시도는 수학적 소양 안에 불필요하고 인위적인 구획화를 초래하게 된다. 따라서 PISA 2003에서는 이러한 능력이 포괄하는 인지 능력을 세 가지의 ‘능력군’, 즉 ‘재생군’, ‘연결군’, ‘반성군’으로 제시하고 있다. 이러한 ‘재생’, ‘연결’, ‘반성’은 수학화의 정도에 따라 세 수준으로 구분된 것이다.

재생 능력군의 핵심어는 획득한 지식의 재생과 기계적 조작의 수행이라고 할 수 있다. 재생에 포함되는 능력으로는, 사실에 대한 지식, 일반적인 문제 표현에 대한 지식, 동치의 인식, 친숙한 수학적 대상과 성질의 회상, 기계적 절차의 수행, 표준 알고리즘과 기능의 적용, 표준 형태의 공식과 기호를 포함하고 있는 식의 조작, 계산의 실행 등을 들 수 있다.

연결 능력군의 핵심어는 숙달된 소재의 통합, 연결, 적절한 확장이라고 할 수 있다. 연결 능력에는 서로 다른 수학적 내용 영역들이나 다른 영역통합적 개념들 사이에서 관련성을 이끌어 내어 문제를 해결하는 능력, 문제를 해결하기 위해 정보를 조합하고 통합하는 능력이 포함된다.

반성 능력군의 핵심어는 고등 추론, 논증, 추상화, 일반화, 새로운 맥락에 적용할 수 있는 모델링이라고 할 수 있다. 반성 능력은 문제해결에서 요구되거나 사용되었던 과정에 대해 학생의 입장에서의 반성을 필요로 하며, 학생들로 하여금 문제를 수학화할 뿐만 아니라 독창적인 해결 모델을 개발할 것을 요구한다.

#### 다. 상황과 맥락

상황과 맥락은 문항이 배경으로 하고 있는 소재에 따라 구분된다. 상황은 과제가 위치하고 있는 세계의 일부분이며, 맥락은 상황보다 더 좁은 의미로서 어떤 상황 내의 특정한 장면(setting)을 말한다.

PISA 2003에서는 상황과 맥락을 개인적 상황, 교육적 상황, 직업적 상황, 공적 상황, 학문적 상황의 다섯 가지로 구분한다. 여기에서 개인적 상황은 학생들의 일상적인 개인 생활과, 교육적 상황은 학교 생활과, 직업적 상황은 일과 여가 활동 등과, 공적 상황은 지역 공동체 및 사회 생활과 각각 관련되며, 학문적 상황은 구체적인 실생활 장면이 결합되지 않은 수학-내적인(intra-mathematical) 맥락이나 실생활에서는 가능하지 않을 수도 있는 가상의 맥락인 수학-외적인(extra-mathematical) 맥락을 모두 포함하는 개념이다.<sup>4)</sup>

상황과 맥락은 학생들과 특정한 거리에 위치해 있다. 학생들이 각각의 상황에 대하여 느끼는 거리감은 다르며, 개인적 상황에서 학문적 상황으로 갈수록 학생들이 느끼는 거리감은 더 멀어진다. 상황에 대한 학생들의 거리감이 과제 수행에 어떤 영향을 미치는지는 명확하지

4) 제1주기인 PISA 2000에서는 ‘scientific situation’을 ‘과학적 상황’으로 의역할 경우에 협의의 자연과학적 상황을 연상하는 경향이 있어 ‘수학적 상황’으로 의역하였다(최승현 외, 2001). 그러나 본문에서도 설명한 바와 같이, 수학-내적인 맥락과 수학-외적인 맥락이 모두 ‘scientific situation’에 포함되므로, PISA 2003에서는 ‘학문적 상황’으로 의역하기로 한다.

않다. 학생들에게 ‘더 가까운’ 상황이 학생들의 흥미도와 성취도를 고취시키는 데 항상 긍정적인 영향을 주는 것은 아니다. 예를 들어, 여학생들은 기본적인 절차를 사용하는 문항에 친근감을 느끼지만, 여학생들의 이러한 경향은 문제해결에 오히려 장애로 작용하기도 한다.

PISA는 다양한 상황에서 가능한 한 문화적 편파성이 적은 내용으로 수학적 통찰력과 이해력을 평가하는 것을 목적으로 한다. 따라서 PISA에서는, 학생들이 느끼는 거리감에 관계없이, 실생활에서 발생할 가능성이 높고 문제를 해결하기 위해 수학을 활용하는 것이 의미 있는 상황들을 중요하게 인식한다. 예를 들어, 교통 안전, 인구 증가, 환경 오염 등과 같은 ‘실제적인’ 상황들을 다루고 있으며, 존재하지 않는 도시에서의 교통 상황 등과 같은 가상의 상황들을 다룬다.

### 3. PISA 2003의 수학 문항 유형

PISA 2003의 수학 문항 유형은, 선택형(multiple choice), 복합선택형(complex multiple choice), 단답형(short response), 폐쇄형 서술형(closed constructed response), 개방형 서술형(open constructed response)의 다섯 가지이다. 선택형 문항은 제시된 4-5개의 답안 중에서 정답을 선택하는 문항이다. 복합 선택형 문항은 대부분 한 문항 내에 3-5개의 하위 문항을 포함하며, 여러 개의 하위 문항에 대해 모두 정답을 한 경우에 맞은 것으로 인정된다. 따라서 복합 선택형 문항 하나에 속하는 하위 문항들 중에 하나라도 오답을 했다면, 복합 선택형 문항 자체에 대해서는 오답을 한 것으로 간주된다. 단답형 문항은 정답이 정해져 있는 문항이며, 폐쇄형 서술형 문

항과 개방형 서술형 문항은 정답의 방향이 정해져 있는가, 그렇지 않은가에 의해 구분된다.

### 4. 수학 문항 구성

PISA 2003의 수학적 소양 검사 도구는 총 44개의 과제, 85개의 문항으로 구성되어 있으며, 1개의 과제에 1~4개의 문항이 포함되어 있다. PISA 2000에서 사용했던 20개의 문항(11개 과제)과 2002년 예비검사에서 사용한 문항 65개(33개 과제)로 구성되어 있다. PISA 2000에서 사용했던 20개의 문항은 가교 문항이며<sup>5)</sup>, 나머지 65개의 문항은 2002년도 예비검사에서 사용한 문항 217개 중에서 본검사 문항으로 선정된 것이다. 85개의 문항을 수학 평가틀과 문항 유형에 따라 분류하면 <표 II-1>과 같다.

<표 II-1> 수학 평가틀과 문항 유형에 따른 PISA 2003 수학 문항 분포

차원	하위 영역	문항 수(%)	총계(%)
수학적 내용	양	23 (27.1)	85 (100)
	공간과 모양	20 (23.5)	
	변화와 관계	22 (25.9)	
	불확실성	20 (23.5)	
수학적 과정	재생	26 (30.6)	85 (100)
	연결	40 (47.0)	
	반성	19 (22.4)	
상황과 맥락	개인적	18 (21.2)	85 (100)
	교육적	15 (17.6)	
	직업적	5 (5.9)	
	공격	29 (34.1)	
	학문적	18 (21.2)	
문항 유형	선택형	17 (20.0)	85 (100)
	복합선택형	11 (12.9)	
	단답형	23 (27.1)	
	폐쇄형 서술형	13 (15.3)	
	개방형 서술형	21 (24.7)	

5) 가교 문항은 PISA 2000과 PISA 2003년에 공통으로 들어 있어 수학적 소양의 추이 분석이 가능하도록 하는 문항이다.

한편, <표 II-1>에서 알 수 있는 바와 같이, PISA 2003 본검사 수학 영역은 선택형 문항이 17개(20.0%), 복합 선택형 문항이 11개(12.9%), 단답형 문항이 23개(27.1%), 폐쇄형 서술형 문항이 13개(15.3%), 개방형 서술형 문항이 21개(24.7%)로 구성되어 있다.

특히 서술형 문항(폐쇄형 서술형 문항과 개방형 서술형 문항)은 그 비중이 40%로서, 대규모의 성취도 평가로서는 서술형 문항이 차지하는 비중이 매우 큼을 알 수 있다. PISA의 주요 목적이 학생들이 학교에서 배우는 교과서에서 다루는 전형적인 문제해결 능력의 평가가 아닌, 수학적 지식을 동원하여 다양한 상황의 문제를 해결할 수 있는가 하는 수학적 소양을 평가하는 데 있기 때문에, 서술형 문항이 차지하는 비중이 여타의 대규모 성취도 평가에 비해 크다고 할 수 있다.

### III. 우리나라 학생들의 수학적 소양 분석

#### 1. 수학적 소양 평균 점수 및 분포

PISA 2003에 참가한 국가는 OECD 국가 30개국, 비OECD 국가 11개국으로, 총 41개국이며, 결과 분석 대상 국가는 40개 국가이다.<sup>6)</sup> 우리나라의 학생들은 PISA 2003 결과 분석 대상 40개국 중에서 최상위권에 속한 것으로 나타났다.

수학적 소양 평균 점수로 보았을 때, 홍콩, 핀란드, 우리나라 순으로 나타났으며, 홍콩, 핀

란드, 우리나라의 평균 점수 차이는 95% 신뢰도 수준에서 통계적으로 유의미한 것은 아니다.

따라서 홍콩이나 핀란드의 만 15세 학생들의 수학적 소양이 우리나라 학생들보다 통계적으로 의미 있는 수준에서 높다고 말할 수 없다.<sup>7)</sup> 한편, PISA 2000에서 우리나라 학생들의 평균 점수는 홍콩, 일본에 이어 세 번째로 높은 것으로 나타난 바 있다(최승현 외, 2001).

PISA 2003에서 우리나라에 이어 평균 점수가 높은 나라는 네덜란드, 리히텐슈타인, 일본, 캐나다, 벨기에, 마카오-중국, 스위스, 호주, 뉴질랜드 등이다. 이 중에서 홍콩, 핀란드, 우리나라, 네덜란드, 리히텐슈타인, 일본의 평균 점수 차이는 95% 신뢰도 수준에서 통계적 유의미성이 없는 것으로 나타났다.

다음의 <표 III-1>은 PISA 2003 참가국의 수학적 소양 분포를 백분위(퍼센타일)로 나타낸 것이며(OECD/PISA 2004), 순위는 상위 5%(95백분위) 학생의 점수를 기준으로 한 것이다. <표 III-1>에서 우리나라 95백분위에 해당하는 점수 690은, 우리나라의 상위 5% 학생들이 690점을 받았음을 의미한다. 이 표를 통하여, 한 국가 내에서의 PISA 점수의 상대적 분포, 즉 한 국가 내에서 가장 높은 수준의 수행과 가장 낮은 수준의 수행을 보이는 학생들의 수학적 소양 차이를 알 수 있다.

<표 III-1>에서 상위 5%(95th)에 속하는 학생들을 중심으로 살펴보았을 때, 우리나라의 수학적 소양은 홍콩, 벨기에에 이어 일본과 함께 세 번째로 높은 수준이며, 특히 일본과 비교해서는 상위 10% 학생들의 점수는 일본이 더 높지만 상위 25%의 점수는 우리나라가 더 높다.

6) OECD 국가인 영국은 PISA 2003에 참여하였지만, 응답률이 너무 낮아서 결과 분석에서 제외되었다. 따라서 이하의 분석은 영국을 제외한 40개국을 대상으로 한 것이다.

7) 본 연구에 제시된 점수, 정답률, 통계적 유의미성 등은 OECD/PISA 본부에서 발간한 보고서 *PISA 2003 Initial Report*(OECD/PISA, 2004)에서 인용한 것이다.

<표 III-1> PISA 2003 참가국의 수학적 소양 분포

순위	국가명	평균 점수 (표준편차)		백분위 점수						95th-5th
		5th	10th	25th	75th	90th	95th			
1	홍콩-중국	550	(100)	374	417	485	622	672	700	326
2	벨기에	529	(110)	334	381	456	611	664	693	360
3	한국	542	(92)	388	423	479	606	659	690	302
3	일본	534	(101)	361	402	467	605	660	690	329
5	리히텐슈타인	536	(99)	362	408	470	609	655	686	325
6	스위스	527	(98)	359	396	461	595	652	684	325
7	네덜란드	538	(93)	385	415	471	608	657	683	298
8	뉴질랜드	523	(98)	358	394	455	593	650	682	324
9	핀란드	544	(84)	406	438	488	603	652	680	274
10	호주	524	(95)	364	399	460	592	645	676	311
11	캐나다	532	(87)	386	419	474	593	644	673	286
12	체코	516	(96)	358	392	449	584	641	672	314
13	마카오-중국	527	(87)	382	414	467	587	639	668	286
14	덴마크	514	(91)	361	396	453	578	632	662	301
14	스웨덴	509	(95)	353	387	446	576	630	662	309
14	독일	503	(103)	324	363	432	578	632	662	338
17	오스트리아	506	(93)	353	384	439	571	626	658	305
17	아이슬란드	515	(90)	362	396	454	578	629	658	295
19	프랑스	511	(92)	352	389	449	575	628	656	304
20	슬로바키아	498	(93)	342	379	436	565	619	648	306
21	노르웨이	495	(92)	343	376	433	560	614	645	301
22	헝가리	490	(94)	335	370	426	556	611	644	309
23	룩셈부르크	493	(92)	338	373	430	557	611	641	303
23	아일랜드	503	(85)	360	393	445	562	614	641	281
25	폴란드	490	(90)	343	376	428	553	607	640	297
26	미국	483	(95)	323	356	418	550	607	638	315
27	라트비아	483	(88)	339	371	424	544	596	626	287
27	스페인	485	(88)	335	369	426	546	597	626	291
29	이탈리아	466	(96)	307	342	400	530	589	623	316
30	러시아	468	(92)	319	351	406	530	588	622	304
31	터키	423	(105)	270	300	351	485	560	614	344
32	포르투갈	466	(88)	321	352	406	526	580	610	289
33	그리스	445	(94)	288	324	382	508	566	598	310
34	우루과이	422	(100)	255	291	353	491	550	583	328
35	세르비아	437	(85)	299	329	379	493	546	579	280
36	태국	417	(82)	290	316	361	469	526	560	270
37	브라질	356	(100)	203	233	286	419	488	528	326
38	멕시코	385	(85)	247	276	327	444	497	527	280
39	튀니지	359	(82)	229	256	303	412	466	501	273
40	인도네시아	360	(81)	233	260	306	412	466	499	266
OECD 평균		500	(100)	332	369	432	571	628	660	328

또한, 하위 5%(5th), 하위 10%(10th), 하위 25% (25th)에 속하는 우리나라 학생들의 수학적 소양은 편란드에 이어 두 번째로 높은 수준임을 알 수 있다.

이와 같은 결과를 우리나라 학생들의 평균 점수와 비교해 보면, 우리나라의 상위권 학생들과 하위권 학생들의 수학적 소양은 평균 점수와 일관되게 각각 세 번째, 두 번째로 높은 점수를 기록했음을 알 수 있다.

이는 PISA 2000과 TIMSS-R에서 우리나라 상위권 학생들이 우리나라와 평균 점수가 비슷한 국가들의 상위권 학생들에 비해 다소 낮은 수학적 성취도를 나타낸 결과(박정 외, 2001; 최승현 외, 2001)와 대비되는 결과이다. 실제로 PISA 2000 수학 영역에서, 우리나라 학생들의 평균 점수는 일본, 홍콩에 이어 세 번째로 높은 수준이었지만 상위 5% 학생들의 점수는 일곱 번째로 높은 수준으로서, 우리나라 학생들의 평균적인 수학적 소양에 비하여 상위 학생들의 수학적 소양은 상대적으로 낮은 것으로 보고되었다(최승현 외, 2001). PISA 2000에서 나타났던 이와 같은 왜곡된 현상이 PISA 2003에서 다소 개선되었다고 할 수 있다.

이와 같은 결과가 어디에서 기인하는가에 대해서는 본격적인 분석이 이루어져야 하겠지만, 우리나라에서 1990년대 후반부터 적극적으로 실시하고 있는 영재교육 정책에서 한 요인을 찾을 수 있을 것으로 생각된다.

그러므로, 1990년대 후반부터 실시되고 있는 영재교육 정책을 지속 내지는 확장함으로써, 미래 사회의 과학 기술 문명을 이끌어 갈 학생들을 교육하는 데에 소홀함이 없도록 해야 할 것이다.

한편, 우리나라와 일본 학생들을 비교해 보면, 상위 5%, 상위 10%, 상위 25% 수준에서는 우리나라와 일본 학생들의 수학적 소양은 비슷

하지만, 하위 5%, 하위 10%, 하위 25% 수준에서는 우리나라 학생들이 일본 학생들보다 높은 수학적 소양을 나타냈다. 이러한 특징으로부터, 우리나라의 상위권 학생들과 일본의 상위권 학생들의 수학적 소양은 비슷하지만 우리나라의 하위권 학생들의 수학적 소양이 일본의 하위권 학생들보다 높음으로 인해, 전체적인 평균 점수에서 우리나라는 세 번째, 일본은 여섯 번째로 나타났다고 할 수 있다.

한편, 한 국가내 상위 학생들(상위 5% 학생들)과 하위 학생들(하위 5% 학생들)의 수학적 소양 차이를 살펴보면, 우리나라는 302점으로서 OECD 국가들의 평균 차이인 328점 보다 적게 나타난다. 우리나라의 상·하위 학생들 사이의 점수 차이는 평균 점수가 높은 다른 상위권 국가들 중에서 적은 편이며, 동아시아의 상위 국가인 홍콩(326점), 일본(329점)보다 적게 나타난다.

이로부터 우리나라에서는 상·하위 학생들 사이의 수학적 소양 불균형이 다른 국가들에 비해서 다소 완화된 양상을 보임을 알 수 있다. 이러한 특징은 PISA 2000에서도 비슷하게 나타난 바 있다(노국향, 2001).

비슷한 수준의 평균 점수를 나타낸 국가들일지라도 한 국가 내 학생들 사이의 수학적 소양 차이는 매우 다르게 나타난다.

예를 들어, 수학 전체 평균 점수에서 홍콩에 이어 두 번째로 높은 점수를 보인 편란드의 경우에는 상위 5%, 상위 10%, 상위 25%에 속하는 학생들의 점수는 다른 상위권 국가에 비해 다소 떨어지지만, 하위 5%, 하위 10%, 하위 25%에 속하는 학생들의 점수가 다른 나라에 비해 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 편란드 학생들의 수학적 소양 불균형이 평균 점수가 높은 상위 국가들 중에서 가장 작음을 의미한다.

## 2. 수학 평가틀에 따른 수학적 소양 분석

### 가. 수학적 내용별 수학적 소양 분석

수학적 내용의 하위 영역인 공간과 모양, 변화와 관계, 양, 불확실성 영역에서의 수학적 소양의 상대적 비교는 우리나라의 수학과 교육과정에 내재되어 있는 강점과 약점, 그리고 교육과정의 효과에 대한 시사점을 제시하므로 정책적으로 매우 중요하다. 그러나 수학의 네 영역 사이의 점수를 직접적으로 비교하는 것은 바람직하지 않으며, 통계적인 유의미성을 중심으로 살펴보는 것이 적절하다.

우리나라의 내용 영역별 평균 점수를 다른 국가들과 비교해 보면, 공간과 모양 영역에서 우리나라는 홍콩, 일본에 이어 세 번째로 나타났으며, 홍콩, 일본, 우리나라의 수학적 소양의 차이는 통계적으로 유의미하지 않다. 변화와 관계 영역에서는 네덜란드에 이어 두 번째로 나타났으며, 네덜란드와 우리나라의 수학적 소양의 차이는 통계적으로 유의미한 수준이 아니다. 양 영역에서는 핀란드, 홍콩에 이어 세 번째로 나타났으며, 핀란드, 홍콩, 우리나라의 수학적 소양의 차이는 통계적으로 유의미한 수준이 아니다.

그러나 불확실성 영역에서는 홍콩, 네덜란드, 핀란드, 캐나다에 이어 다섯 번째로 나타났으며, 우리나라의 점수는 홍콩, 네덜란드, 핀란드 보다 통계적으로 유의미하게 낮은 수준으로 나타났다. 이러한 결과로부터 우리나라 학생들은 네 개의 영역 중에서 유일하게 불확실성 영역에서 다른 상위권 국가들에 비해 통계적으로 낮은 수준임을 알 수 있다.

한편, 우리나라 학생들의 수학적 소양을 공간과 모양, 변화와 관계, 양, 불확실성으로 나

누어 각 영역별 수학적 소양 차이를 비교한 결과, 공간과 모양, 변화와 관계, 양 사이에는 통계적 유의미성이 나타나지 않은 반면, 불확실성 영역은 공간과 모양, 변화와 관계 영역에 비해 통계적으로 유의미하게 낮은 수준으로 나타났다(OECD/PISA, 2004).

우리나라의 내용 영역별 수학적 소양을 다른 나라와 비교한 결과, 그리고 우리나라 자체 내에서 비교한 결과, 양자 모두로부터 불확실성 영역이 취약한 것으로 나타났다. 내용 영역별 분석 결과로 나타난 이러한 특징은, 우리나라의 수학과 교육과정에 시사점을 준다고 할 수 있다. PISA 2003의 불확실성 영역은 제7차 교육과정의 확률과 통계 영역과 매우 밀접한 관련을 맺는바, 확률과 통계 영역의 교육과정 및 교과서에 개선의 여지가 있음을 시사한다고 할 수 있다.

PISA 2003에서 분석된 83개의 문항 중에서 우리나라의 정답률이 국제 정답률보다 낮은 문항은 5개이며, 이 중에서 3개의 문항이 불확실성 영역에 속해 있다. 특히, 불확실성 영역에 속하는 복합 선택형 문항에서 우리나라 학생들은 매우 낮은 정답률을 나타냈다. 우리나라 학생들은 불확실성 영역에 속하는 3개의 복합 선택형 문항인 복권 추첨, 키 재기, 교통 수단에서 매우 낮은 정답률(각각 29.5%, 14.2%, 27.1%)을 나타냈다.<sup>8)</sup> 또한 이 세 문항에 대한 우리나라의 정답률은 국제 평균 정답률보다 통계적으로 유의미한 수준에서 각각 7.9%, 2.4%, 20.7% 낮은 것으로 나타났다. 복권 추첨은 특정 번호가 뽑힐 가능성에 대한 문제이며, 키 재기는 평균에 대한 개념적 사고를 요구하는 문항이며, 교통 수단은 대표값으로서의 평균, 최빈값 등의 의미에 관련된 문항이다. 우리나라

8) 이 세 문항은 모두 비공개 문항이므로, 여기에서 그 내용을 자세히 기술할 수 없다. 비공개 문항은 PISA 2006에서 활용할 것을 대비하여 철저한 비공개를 원칙으로 하는 문항이다.

라 학생들이 불확실성 영역의 복합 선택형 문항에서 낮은 수학적 소양을 나타냈다는 것은, 불확실성 개념과 관련된 문제의 참·거짓을 정확하게 판단하거나 추론하지 못함을 의미한다.

#### 나. 수학적 과정별 수학적 소양 분석<sup>9)</sup>

수학적 과정의 하위 영역은 재생, 연결, 반성이며, 세 하위 영역의 정답률의 평균과 표준편차는 <표 III-2>와 같다.

수학적 과정에 따른 우리나라 학생들의 정답률의 평균 차이는 신뢰도 99% 수준에서 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. Schéfe 검증법을 이용한 사후 검정 결과, 재생 영역과 연결 영역( $p<.001$ ), 재생 영역과 반성 영역( $p<.001$ )

의 정답률이 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 재생 영역의 정답률은 연결 영역에 비하여 통계적으로 유의미하게 높은 수준이며(21.9% 차이), 또한 반성 영역에 비해서도 통계적으로 유의미하게 높은 수준이다(31.3% 차이).

표준편차는 재생 영역에서 작게 나타났으며, 연결 영역, 반성 영역 순으로 높아졌다. 이는 재생 영역에 속하는 문항의 정답률은 대체로 높으며 문항들 사이의 정답률 차이가 크지 않음을 의미하며, 반성 영역에 속하는 문항들의 정답률은 대체로 낮으며 문항들 사이의 정답률 차이도 큼을 의미한다.

[그림 III-1]은 수학적 과정의 하위 영역 각각

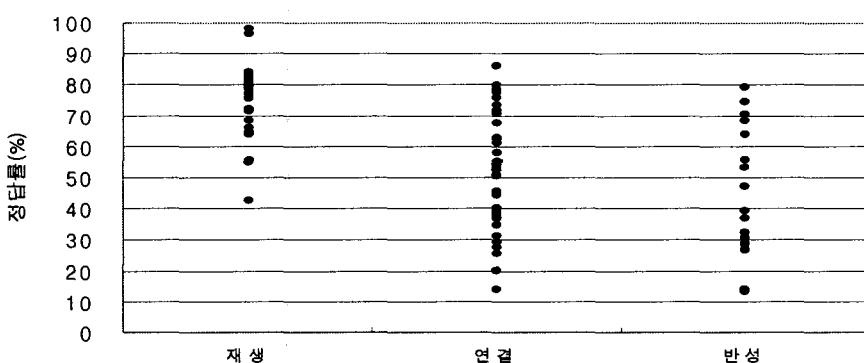
<표 III-2> 수학적 과정에 따른 정답률의 평균과 표준편차

수학적 과정	국내(N1)=1,656		국제2) (N=81,502)	
	평균 정답률(%)	표준편차	평균 정답률(%)	표준편차
재생	74.4	12.1	63.3	15.4
연결	52.5	18.1	42.6	15.7
반성	43.1	20.6	32.8	16.4

1) 평균 사례수

2) 한국 자료가 포함된 총 40개국의 결과

(국내:  $F= 21.051$ ,  $p<.001$ )



[그림 III-1] 수학적 과정에 따른 정답률의 분포

9) PISA 2003을 주관하는 OECD/PISA 본부에서는 수학 평가를의 삼차원인 수학적 내용, 수학적 과정, 상황과 맥락 중에서 수학적 내용 차원에서만 결과를 분석하였다. 이하에서 제시된 수학적 과정, 상황과 맥락, 문항 유형별 수학적 소양에서 제시된 통계적 유의미성은 국내 PISA 연구팀(이미경 외, 2004)에서 분석한 것이다.

에 속하는 문항들에 대한 우리나라 학생들의 정답률을 나타낸 것이다. 재생, 연결, 반성으로 갈수록 정답률이 낮아지는 경향이 있음을 쉽게 알 수 있다. 이러한 특징은 재생, 연결, 반성으로 갈수록 문항이 복잡해지며 독창적이고 고차원적인 해결 방법이 필요하기 때문에 나타난다고 할 수 있다.

한편, 재생, 연결, 반성으로 갈수록 정답률이 낮아지는 경향은, 우리나라 학생들에게서만 나타나는 고유한 특징이라기보다는 국제적으로 나타나는 현상이다. 재생 영역, 연결 영역, 반성 영역의 국제 평균 정답률은 각각 63.3%, 42.6%, 32.8%이며, 각각의 영역에서 우리나라의 국내 정답률에 비해 10% 정도 낮게 나타났다. 각 영역에서의 국제 정답률의 표준편차는 비슷하게 나타났으며, 이는 국내 정답률의 표준편차가 영역별로 다소 차이가 났던 것과는 대조를 이룬다.

#### 다. 상황과 맥락별 수학적 소양 분석

PISA 2003에서 상황과 맥락은 개인적 상황, 교육적 상황, 직업적 상황, 공적 상황, 학문적 상황의 다섯 가지의 하위 영역으로 구분된다. 상황과 맥락에 따른 정답률의 평균과 표준편차는 <표 III-3>와 같다. 우리나라 학생들의 상황과 맥락의 하위 영역별 정답률은 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 문제의 상황과 맥락이 우리나라 학생들의 문제 해결에 별다른 영향을 미치지 않음을 의미한다. 우리나라 학생들이 가장 높은 정답률을 보인 영역은 직업적 상황(63.7%)이며, 그 다음으로는 개인적 상황, 교육적 상황, 공적 상황, 학문적 상황 순으로 각각 59.2%, 58.4%, 56.1%, 54.1%의 정답률을 나타냈다. 가장 높은 결과를 나타낸 직업적 상황과 가장 낮은 결과를 나타낸 학문적 상황 사이의 정답률 차이는 9.6%이다.

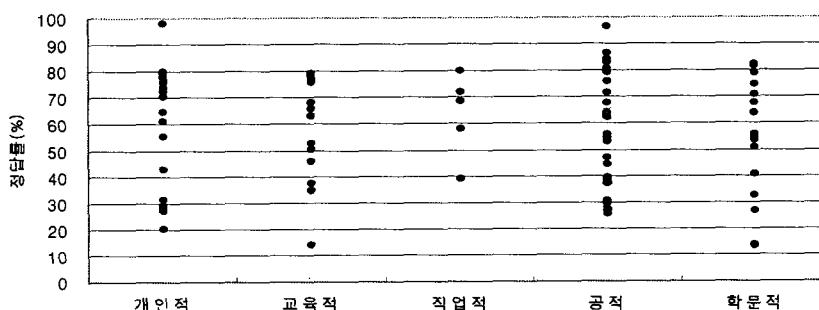
다음의 [그림 III-2]는 상황과 맥락의 하위 영

<표 III-3> 상황과 맥락에 따른 정답률의 평균과 표준편차

상황과 맥락	국내(N=1,655)		국제1) (N=81,348)	
	평균 정답률(%)	표준편차	평균 정답률(%)	표준편차
개인적 상황	59.2	23.4	51.6	21.0
교육적 상황	58.4	19.5	44.2	18.3
직업적 상황	63.7	15.8	53.7	19.3
공적 상황	56.1	20.8	47.2	20.7
학문적 상황	54.1	22.2	41.5	17.6

1) 한국 자료가 포함된 총 40개국의 결과

(국내: F= 0.279, p>.001)



[그림 III-2] 상황과 맥락에 따른 정답률의 분포

역에 속하는 각 문항에 대한 우리나라 학생들의 정답률을 나타낸 것이다. 직업적 상황에 속하는 5개 문항들에 대한 정답률이 한 문항을 제외하고 모두 50% 이상이며, 이는 직업적 상황의 평균 정답률이 가장 높게 나타난 사실과 일관되는 결과이다. 반면에 학문적 상황에서 정답률이 다소 낮은 것은, PISA 2003 수학 문항 중에서 매우 낮은 정답률을 보인 두 문항, 온도계 귀뚜라미(2) 문항과 이산화탄소(3) 문항이 학문적 상황에 속해 있기 때문인 것으로 판단된다.

#### 라. 문항 유형별 수학적 소양 분석

수학 문항 유형은 선택형, 복합 선택형, 단답형, 폐쇄형 서술형, 개방형 서술형으로 구분된다. 문항 유형에 따른 정답률의 평균과 표준편차를 나타내면 다음의 표와 같다.

우리나라 학생들의 문항 유형에 따른 정답률의 평균 차이는 신뢰도 95% 수준에서 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. Schéfe 검증법을 이용한 사후 검정 결과, 선택형 문항과 복합 선택형 문항( $p<.05$ ), 선택형 문항과 개방형 서술형 문항( $p<.001$ ), 단답형 문항과 개방형 서술형 문항( $p=.001$ )의 정답률이 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 선택형 문항의 평균 정답률은 복합 선택형 문항에 비하여 유의미하게 높은 수준이며(21.9% 차이), 개방형 서술형 문항에 비해서도 높은 수준이다(28% 차이). 또한, 단답형 문항의 평균 정답률은 개방형 서술형에 비해 유의미하게 높은 수준으로 나타났다(21.2%).

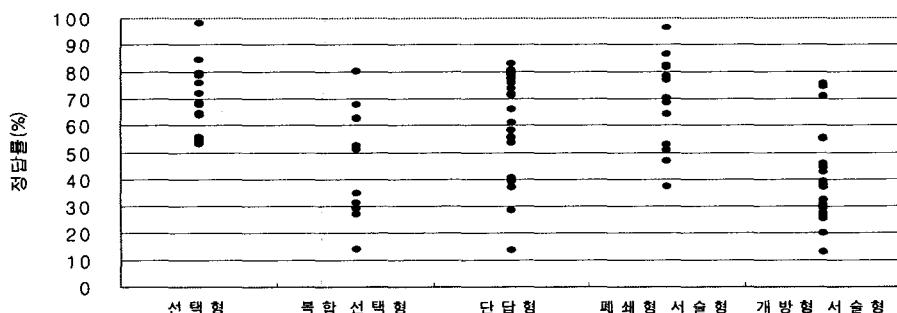
[그림 III-3]은 각각의 문항 유형에 속하는 문항들에 대한 우리나라 학생들의 정답률 분포를 나타낸 것이다. 평균 정답률이 60% 이상으로

<표 III-4> 문항 유형에 따른 정답률의 평균과 표준편차

문항 유형	국내(N=1,655)		국제1) (N=81,444)	
	평균 정답률(%)	표준편차	평균 정답률(%)	표준편차
선택형	68.7	12.8	54.2	16.8
복합 선택형	46.8	20.6	40.2	14.2
단답형	61.9	19.4	53.2	17.1
폐쇄형 서술형	68.8	17.5	59.2	19.0
개방형 서술형	40.7	17.8	29.2	14.2

1) 한국 자료가 포함된 총 40개국의 결과

(국내:  $F= 8.896$ ,  $p<.001$ )



[그림 III-3] 문항 유형에 따른 정답률의 분포

나타난 단답형, 폐쇄형 서술형, 선택형 문항들의 정답률은 주로 50% 이상에서 나타나는 반면, 평균 정답률이 낮게 나타난 복합 선택형 문항들과 개방형 서술형 문항들의 정답률은 50% 이하에서 더 많이 나타나고 있다.

우리나라의 학생들이 선택형, 단답형, 폐쇄형 서술형 문항에서 높은 정답률을 나타내고, 개방형 서술형에서 낮은 정답률을 나타낸 것은 충분히 예측된 결과이다. 그러나, 복합 선택형 문항들에서의 낮은 정답률은 또 다른 해석을 필요로 한다. 복합 선택형 문항은 한 문항에 대해 4개 또는 5개의 하위 문항을 문제의 형식으로 제시하면서 그 문제가 참인지 거짓인지를 판단하도록 요구한다. 그리고 각각의 문제(하위 문항)의 참·거짓을 모두 옳게 답한 경우에만 그 문항에 옳게 답한 것으로 인정한다. 그러므로, 복합 선택형 문항에서 정답률이 낮다는 것은, 우리나라 학생들이 어떤 하나의 개념이나 원리와 관련하여 일관적이고 논리적인 추론을 하는 능력이 다소 미흡함을 의미한다고 할 수 있다.

### 3. 수학적 소양 추이 분석

PISA 2000과 PISA 2003의 수학적 소양 추이 분석은 수학적 내용 영역에 대해서만 수행되었다. 제1주기인 PISA 2000에서는 수학이 보조 영역이었으므로, 네 개의 내용 영역 중에서 공간과 모양, 변화와 관계에 대해서만 평가가 실시되었다. 따라서 PISA 2000과 PISA 2003의 수학적 소양 추이 변화는 공간과 모양, 변화와 관계 영역에 대해서만 살펴볼 수 있다.

공간과 모양 영역에서 우리나라 학생의 평균 점수는 PISA 2000에서는 538점이었던 것이 PISA 2003에서는 552점으로 14점 상승하였지만, 이 차이는 신뢰도 95% 수준에서 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다(OECD/

PISA, 2004). 따라서 우리나라의 2003년에 만 15세인 학생들과 2000년에 만 15세 학생들의 공간과 모양에서의 수학적 소양에는 통계적으로 유의미한 차이가 존재하지 않는다고 할 수 있다. 다시 말해서, 2003년에 만 15세인 우리나라 학생들의 공간과 모양에서의 수학적 소양은 2000년에 만 15세인 학생들과 비교했을 때, 높아졌거나 낮아졌다고 할 수 없다. 한편, 공간과 모양 영역의 수학적 소양 변화를 백분위별로 살펴보면, 상위 5%, 상위 10%, 상위 25%, 하위 25%, 하위 10%, 하위 5% 모두에서 수학적 소양 차이가 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다.

변화와 관계 영역에서 우리나라 학생의 평균 점수는 2000년에 530점이었던 것이 2003년에는 548점으로 18점 상승하였으며, 이러한 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다(OECD/PISA, 2004). 따라서 2003년에 만 15세인 우리나라 학생들의 변화와 관계 영역의 수학적 소양은 2000년에 만 15세인 학생들에 비해 통계적으로 유의미하게 높아졌다고 할 수 있다.

변화와 관계 영역의 수학적 소양 변화를 백분위별로 살펴보면, 상위 5%, 상위 10%, 상위 25% 학생들의 변화와 관계 수학적 소양은 PISA 2003에서 통계적으로 유의미하게 높아졌으며, 하위 5%, 하위 10%, 하위 25% 학생들의 수학적 소양은 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않는다. 따라서 PISA 2003에서 우리나라의 변화와 관계의 평균 수학적 소양이 높아진 것은, 주로 상위권 학생들(상위 5%, 상위 10%, 상위 25% 학생들)에 의해 주도되었다고 할 수 있다.

### 4. 수학적 소양의 성별 차이

<표 III-5>은 PISA 2003 참가국의 남녀 학생

<표 III-5> 수학적 소양 평균의 성별 차이

순위	국가명	전체		성별 차이		
		평균 점수 (표준편차)		남학생	여학생	차이 (남-여)
1	리히텐슈타인	536 (99)		550	521	29 *
2	한국	542 (92)		552	528	23 *
3	마카오-중국	527 (87)		538	517	21 *
4	그리스	445 (94)		455	436	19 *
5	슬로바키아	498 (93)		507	489	19 *
6	이탈리아	466 (96)		475	457	18 *
7	룩셈부르크	493 (92)		502	485	17 *
7	스위스	527 (98)		535	518	17 *
7	덴마크	514 (91)		523	506	17 *
10	브라질	356 (100)		365	348	16 *
11	터키	423 (105)		430	415	15 *
11	체코	516 (96)		524	509	15 *
11	아일랜드	503 (85)		510	495	15 *
14	뉴질랜드	523 (98)		531	516	14 *
15	포르투갈	466 (88)		472	460	12 *
15	튀니지	359 (82)		365	353	12 *
15	우루과이	422 (100)		428	416	12 *
18	캐나다	532 (87)		541	530	11 *
18	멕시코	385 (85)		391	380	11 *
20	러시아	468 (92)		473	463	10 *
21	독일	503 (103)		508	499	9 *
21	스페인	485 (88)		490	481	9 *
21	프랑스	511 (92)		515	507	9 *
24	일본	534 (101)		539	530	8
24	헝가리	490 (94)		494	486	8 *
24	오스트리아	506 (93)		509	502	8
24	벨기에	529 (110)		533	525	8
28	핀란드	544 (84)		548	541	7 *
28	스웨덴	509 (95)		512	506	7 *
30	미국	483 (95)		486	480	6 *
30	노르웨이	495 (92)		498	492	6
30	폴란드	490 (90)		493	487	6
33	호주	524 (95)		527	522	5
33	네덜란드	538 (93)		540	535	5
35	홍콩-중국	550 (100)		552	548	4
36	인도네시아	360 (81)		362	358	3
36	라트비아	483 (88)		485	482	3
38	세르비아	437 (85)		437	436	1
39	태국	417 (82)		415	419	-4
40	아이슬란드	515 (90)		508	523	-15 *
	OECD평균	500 (100)		506	494	11

\* 남학생이 우수한 순위임. 정적 표시는 남학생의 수학적 소양 평균이 여학생보다 더 높은 경우이며, 부적 표시(-)는 여학생의 평균이 더 높은 경우임.

\*: 성별 차이가 통계적으로 유의미한 경우임.

의 평균과 그 차이를 나타낸 것이다(OECD/PISA 2004). 우리나라 남학생과 여학생의 평균 점수 차이는 23점이며, 남학생의 평균 점수가 여학생의 평균 점수보다 통계적으로 유의미한 수준에서 높은 것으로 나타났다. 또한, 우리나라의 남녀학생의 수학 평균 점수 차이는 PISA 2003 참가국 중에서는 두 번째로, 그리고 OECD 국가 중에서는 가장 큰 것으로 나타났다.

PISA 2003에서의 이러한 결과는 PISA 2000에서와 거의 동일한 결과로, PISA 2000에서도 우리나라 남녀학생의 평균 점수 차이는 27점으로서 OECD 국가들 중에서 가장 크게 나타난 바 있다(최승현 외, 2001). PISA 2003에서의 남녀학생의 평균 점수 차이인 24점은 PISA 2000의 27점에 비해 3점 정도 줄어들었지만, 남녀 학생의 수학적 소양 불균형의 문제는 별로 개선되지 않았다고 할 수 있다.

수학적 소양은 개별 학생의 장래 직업에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 국가의 경제와 사회를 위해 개발되고 활용되어야 할 인적 자원과 밀접한 관련을 맺는다. 우리나라의 남녀학생의 수학적 소양 차이는, 광범위한 사회적·문화적 맥락이나 교육 정책과 교육 실천의 결과일 수 있다. 우리나라는 적어도 만 15세 학생들의 수학적 소양의 성별 불균형을 개선하는 데 있어서 별다른 성공을 거두지 못하고 있다고 할 수 있다. 따라서 남녀학생의 수학적 소양 불균형을 개선하기 위한 다양한 정책과 실천이 절실히 필요하다고 하겠다.

PISA 2003에 참여한 우리나라 학생들의 98%는 대부분 고등학교 1학년 학생들이며, 이 학생들은 「2003년 국가수준 학업성취도 평가 연구」에 참여하였다. 연구 결과에 따르면, 2003년에 고등학교 1학년 학생들의 남녀학생의 성취도 차이는, 평균 360점, 표준편차 8.5의 척도 점수로 비교했을 때, 남학생이 360.46, 여학생

이 360.48점으로 여학생이 0.02점 높았으나 통계적으로 유의미한 차이는 아닌 것으로 나타났다(조영미 외, 2004). 「2003년 국가수준 학업성취도 평가 연구」에서는 학교에서 학습하는 내용을 중심으로 평가를 하고 있고, PISA 2003에서는 학교 교육과정과는 무관하게 실생활을 포함한 다양한 상황에서 수학 지식을 적용할 수 있는 수학적 소양 평가를 주요 목적으로 한다는 점을 고려해 볼 때, 남학생이 여학생에 비해 학교에서 다루어 본 적이 없는 참신한 문제를 더 잘 해결함을 알 수 있다.

또한, PISA 2003에 참여한 우리나라 학생들은 2002년에 중학교 3학년이었다. 「2002년 국가수준 교육성취도 평가 연구」 결과에 따르면, 2002년 당시 중학교 3학년 학생들의 남녀학생의 성취도 차이는 100점을 기준으로 했을 때, 여학생 평균은 50.63점, 남학생 평균은 49.95점으로 여학생이 남학생보다 0.68점 높으며 이는 통계적으로 유의미한 수준은 아닌 것으로 나타났다(조영미 외, 2003). 모집단이 거의 동일한 학생들을 대상으로 하여 1년의 시간 차이를 두고 실시된 두 평가 결과를 비교해 볼 때, 학년 급이 올라갈수록 성취도 차이는 커지는 경향이 있음을 알 수 있으며, 이러한 경향성은 선행 연구에서 이미 보고된 바 있다(나귀수 외, 2001).

한편, 높은 수학적 소양 수준을 나타낸 국가들의 남녀학생의 점수 차이를 살펴보면, 홍콩은 4점, 핀란드는 7점, 네덜란드는 5점, 리히텐슈타인은 29점, 일본은 8점, 캐나다는 11점, 벨기에는 8점, 마카오-중국은 21점, 스위스는 17점, 호주는 5점, 뉴질랜드는 14점이며, 이 중에서 남학생의 수학적 소양이 통계적으로 유의미하게 높은 국가는 핀란드, 리히텐슈타인, 캐나다, 마카오-중국, 스위스, 뉴질랜드 등이다.

PISA 2000에서 우리나라와 함께 남녀학생들의 점수 차이가 27점으로 가장 크게 나타났던

오스트리아는, PISA 2003에서 남녀학생의 점수 차이가 8점으로 감소하였으며, 이와 같은 점수 차이는 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 이로부터, 우리나라와 달리 오스트리아의 경우에는 남녀학생의 수학적 소양 불균형의 문제를 극복하기 위한 정책적 노력이 어느 정도 성공적으로 작용했음을 알 수 있다.

#### IV. 수학적 소양과 배경변인

PISA 2003에서는 주 영역인 수학에 대한 다양한 배경변인을 복합적으로 조사하였다. PISA 2003에서는 학습 심리적 배경과 수학적 소양, 사회경제적 배경과 수학적 소양, 학교 배경과 수학적 소양 등을 큰 범주로 하여, 각각의 범주에 속한 다양한 배경변인을 조사하였다. PISA 2003에서 조사한 다양한 배경변인은 우리나라 학생들의 수학에 대한 정의적 측면을 포함하여 수학교육이 실제로 이루어지고 있는 학교·현장에 대한 상세한 정보를 제공한다.

학습 심리적 배경의 하위 항목으로는, 수학 학습에의 참여(수학에 대한 흥미와 즐거움, 수학에 대한 도구적 동기), 학생들의 자기자신에 대한 신념(수학에 대한 자기-개념, 수학에 대한 자기-효능감), 수학에 대한 불안감, 수학 학습 전략(학습 과정에 대한 통제 전략, 암기 전략, 정교화 전략), 학습자 특성과 수학적 소양와의 관계, 학습자 특성에 있어서의 남녀학생의 차이, 학교에 대한 태도와 소속감(학교에 대한 태도, 학교에 대한 소속감) 등을 조사하였다. 사회경제적 배경의 하위 항목으로는, 부모의 사회경제적 지위와 수학적 소양, 부모의 교육 수준과 수학적 소양, 문화적 자산과 수학적 소양,

경제 사회 문화적 배경과 수학적 소양 등을 조사하였다. 학교 배경의 하위 항목으로는 학교 및 교실 수업 분위기(교사의 지원, 학생 행동, 수업 분위기, 교사 행동, 교사의 사기와 열의)와 수학적 소양, 학교의 교육적 자원(물리적 자원, 교육적 자원, 인적 자원)과 수학적 소양, 학교의 자율성(학교장의 의사결정권)과 수학적 소양 등을 조사하였다.

이하에서는 PISA 2003에서 조사된 다양한 배경변인 중에서 수학 학습에의 참여, 학생들의 자기 자신에 대한 신념, 수학 학습 전략 등의 학습 심리적 배경에 대해 살펴보기로 한다. 우리나라와 유사하게 최상위권의 수학적 소양 수준을 나타낸 홍콩, 페란드, 네덜란드, 리히텐슈타인, 일본을 중심적으로 살펴보기로 한다.<sup>10)</sup> 이는 우리나라의 학습 심리적 배경변인 지표를 수학적 소양이 유사하게 높은 국가들의 배경변인 지표와 전체적으로 비교함으로써, 우리나라 학생들의 학습 심리적 배경의 특징을 보다 구체적으로 파악하기 위해서이다.

다음의 <표 IV-1>은 수학 학습에의 참여(수학에 대한 흥미와 즐거움, 수학에 대한 도구적 동기), 학생들의 자기 자신에 대한 신념(수학에 대한 자기-개념, 수학에 대한 자기-효능감), 수학에 대한 불안감, 수학 학습 전략(학습 과정에 대한 통제 전략, 암기 전략, 정교화 전략)에 대한 우리나라의 지표를 제시한 것이다(이미경 외, 2004 참고).

##### 1. 수학 학습에의 참여

수학 학습에의 참여와 관련해서는 수학에 대한 흥미와 즐거움, 수학에서의 도구적 동기 변인이 조사되었다.

10) 이 글에서 다루지 못한 배경변인에 대한 자세한 내용은 이미경 외(2004)를 참고하기 바란다.

<표 IV-1> 학습 심리적 배경변인 지표

순 위	수학 학습에의 참여				수학에서의 자기 개념				수학에 대한 불안감	
	종교 출처		도구적 동기		자기 개념		자기 효능감			
	국가	평균 (표준오차)	국가	평균 (표준오차)	국가	평균 (표준오차)	국가	평균 (표준오차)	국가	평균 (표준오차)
1	튀니지	0.94 (0.02)	멕시코	0.58 (0.02)	미국	0.25 (0.02)	리히텐슈타인	0.53 (0.05)	튀니지	0.62 (0.02)
2	인도네시아	0.74 (0.02)	튀니지	0.52 (0.02)	덴마크	0.24 (0.02)	슬로바키아	0.39 (0.03)	브라질	0.57 (0.02)
3	태국	0.71 (0.01)	태국	0.49 (0.01)	캐나다	0.19 (0.01)	헝가리	0.36 (0.02)	태국	0.49 (0.01)
4	멕시코	0.58 (0.02)	브라질	0.48 (0.02)	멕시코	0.17 (0.02)	스위스	0.32 (0.03)	멕시코	0.47 (0.02)
5	브라질	0.57 (0.02)	인도네시아	0.46 (0.01)	튀니지	0.15 (0.02)	미국	0.27 (0.02)	일본	0.44 (0.02)
6	터키	0.55 (0.03)	덴마크	0.37 (0.02)	독일	0.15 (0.02)	캐나다	0.25 (0.02)	한국	0.41 (0.01)
7	덴마크	0.41 (0.02)	아이슬란드	0.31 (0.02)	뉴질랜드	0.15 (0.02)	오스트리아	0.16 (0.02)	프랑스	0.34 (0.02)
8	우루과이	0.36 (0.02)	뉴질랜드	0.29 (0.02)	스위스	0.13 (0.02)	체코	0.16 (0.02)	터키	0.34 (0.03)
9	러시아	0.25 (0.02)	우루과이	0.27 (0.02)	호주	0.13 (0.02)	독일	0.15 (0.02)	인도네시아	0.34 (0.01)
10	홍콩-중국	0.22 (0.02)	포르투갈	0.27 (0.02)	리히텐슈타인	0.13 (0.03)	홍콩-중국	0.11 (0.03)	우루과이	0.30 (0.02)
11	포르투갈	0.16 (0.02)	캐나다	0.23 (0.01)	러시아	0.13 (0.02)	룩셈부르크	0.10 (0.02)	이탈리아	0.29 (0.01)
12	마카오-중국	0.13 (0.03)	터키	0.23 (0.02)	스웨덴	0.13 (0.02)	호주	0.10 (0.02)	스페인	0.28 (0.01)
13	뉴질랜드	0.12 (0.02)	호주	0.23 (0.02)	그리스	0.11 (0.02)	마카오-중국	0.08 (0.03)	세르비아	0.28 (0.03)
14	스위스	0.12 (0.02)	미국	0.17 (0.02)	인도네시아	0.11 (0.02)	폴란드	0.05 (0.02)	마카오-중국	0.24 (0.04)
15	폴란드	0.11 (0.02)	노르웨이	0.15 (0.02)	오스트리아	0.07 (0.02)	아이슬란드	0.04 (0.02)	홍콩-중국	0.23 (0.02)
16	그리스	0.10 (0.02)	아일랜드	0.10 (0.02)	룩셈부르크	0.07 (0.02)	스웨덴	0.03 (0.03)	그리스	0.16 (0.02)
17	리히텐슈타인	0.09 (0.05)	라트비아	0.07 (0.02)	브라질	0.04 (0.02)	우루과이	0.02 (0.02)	포르투갈	0.15 (0.02)
18	스웨덴	0.09 (0.02)	핀란드	0.06 (0.01)	아이슬란드	0.03 (0.02)	뉴질랜드	0.01 (0.02)	러시아	0.14 (0.01)
19	이탈리아	0.07 (0.02)	폴란드	0.04 (0.02)	폴란드	0.03 (0.02)	프랑스	-0.01 (0.02)	라트비아	0.12 (0.02)
20	라트비아	0.05 (0.02)	스웨덴	0.02 (0.02)	세르비아	0.02 (0.02)	세르비아	-0.02 (0.03)	벨기에	0.09 (0.02)
21	프랑스	0.04 (0.02)	체코	0.01 (0.02)	터키	0.02 (0.03)	아일랜드	-0.03 (0.02)	아일랜드	0.07 (0.02)
22	독일	0.04 (0.02)	러시아	-0.01 (0.02)	우루과이	0.02 (0.02)	스페인	-0.04 (0.02)	슬로바키아	0.04 (0.02)
23	미국	0.04 (0.02)	마카오-중국	-0.03 (0.03)	핀란드	0.01 (0.02)	벨기에	-0.04 (0.02)	폴란드	0.04 (0.02)
24	슬로바키아	0.03 (0.02)	독일	-0.04 (0.02)	이탈리아	0.00 (0.02)	노르웨이	-0.04 (0.02)	헝가리	-0.01 (0.02)
25	호주	0.01 (0.02)	스위스	-0.04 (0.02)	네덜란드	0.00 (0.02)	포르투갈	-0.06 (0.02)	룩셈부르크	-0.01 (0.02)
26	캐나다	-0.01 (0.01)	리히텐슈타인	-0.05 (0.04)	벨기에	-0.03 (0.02)	덴마크	-0.07 (0.02)	캐나다	-0.04 (0.01)
27	아일랜드	-0.05 (0.02)	슬로바키아	-0.05 (0.02)	아일랜드	-0.03 (0.02)	러시아	-0.08 (0.02)	체코	-0.05 (0.02)
28	세르비아	-0.06 (0.02)	그리스	-0.05 (0.02)	슬로바키아	-0.05 (0.02)	네덜란드	-0.09 (0.02)	호주	-0.05 (0.01)
29	스페인	-0.07 (0.02)	스페인	-0.05 (0.02)	태국	-0.09 (0.01)	이탈리아	-0.11 (0.02)	노르웨이	-0.05 (0.02)
30	아이슬란드	-0.11 (0.02)	프랑스	-0.08 (0.02)	체코	-0.09 (0.02)	라트비아	-0.11 (0.03)	뉴질랜드	-0.10 (0.02)
31	한국	-0.12 (0.02)	헝가리	-0.11 (0.02)	라트비아	-0.11 (0.02)	핀란드	-0.15 (0.02)	미국	-0.10 (0.02)
32	벨기에	-0.17 (0.02)	홍콩-중국	-0.12 (0.02)	헝가리	-0.15 (0.02)	터키	-0.18 (0.05)	아이슬란드	-0.20 (0.02)
33	노르웨이	-0.17 (0.02)	이탈리아	-0.15 (0.02)	프랑스	-0.17 (0.02)	멕시코	-0.22 (0.02)	독일	-0.25 (0.02)
34	체코	-0.19 (0.02)	세르비아	-0.20 (0.03)	노르웨이	-0.18 (0.02)	그리스	-0.26 (0.02)	오스트리아	-0.27 (0.02)
35	네덜란드	-0.20 (0.02)	네덜란드	-0.26 (0.02)	포르투갈	-0.18 (0.02)	튀니지	-0.29 (0.02)	스위스	-0.29 (0.02)
36	헝가리	-0.21 (0.02)	벨기에	-0.32 (0.02)	스페인	-0.19 (0.02)	인도네시아	-0.31 (0.01)	핀란드	-0.31 (0.01)
37	핀란드	-0.24 (0.02)	룩셈부르크	-0.41 (0.02)	마카오-중국	-0.20 (0.03)	브라질	-0.38 (0.02)	리히텐슈타인	-0.35 (0.05)
38	룩셈부르크	-0.26 (0.02)	한국	-0.44 (0.02)	홍콩-중국	-0.26 (0.02)	한국	-0.42 (0.02)	네덜란드	-0.38 (0.02)
39	오스트리아	-0.28 (0.02)	오스트리아	-0.49 (0.03)	한국	-0.35 (0.02)	태국	-0.52 (0.02)	덴마크	-0.46 (0.02)
40	일본	-0.39 (0.03)	일본	-0.66 (0.03)	일본	-0.53 (0.02)	일본	-0.53 (0.04)	스웨덴	-0.49 (0.02)
	OECD 평균	0.00 (0.00)	OECD 평균	0.00 (0.00)	OECD 평균	0.00 (0.00)	OECD 평균	0.00 (0.00)	OECD 평균	0.00 (0.00)

<표 IV-1> 학습 심리적 배경변인 지표(계속)

순위	수학 학습 전략					
	통제 전략		암기 전략		정교화 전략	
	국가	평균 (표준오차)	국가	평균 (표준오차)	국가	평균 (표준오차)
1	튀니지	0.68 (0.02)	멕시코	0.56 (0.02)	튀니지	0.94 (0.02)
2	브라질	0.57 (0.02)	인도네시아	0.50 (0.02)	멕시코	0.85 (0.02)
3	오스트리아	0.52 (0.02)	브라질	0.48 (0.02)	브라질	0.76 (0.02)
4	세르비아	0.50 (0.02)	태국	0.47 (0.02)	태국	0.62 (0.02)
5	멕시코	0.45 (0.02)	튀니지	0.43 (0.02)	인도네시아	0.52 (0.01)
6	인도네시아	0.38 (0.02)	미국	0.31 (0.02)	터키	0.44 (0.03)
7	독일	0.38 (0.02)	그리스	0.20 (0.02)	세르비아	0.41 (0.02)
8	그리스	0.27 (0.02)	호주	0.17 (0.01)	슬로바키아	0.38 (0.01)
9	터키	0.26 (0.03)	캐나다	0.16 (0.01)	우루과이	0.36 (0.02)
10	리히텐슈타인	0.25 (0.06)	우루과이	0.16 (0.02)	그리스	0.33 (0.02)
11	이탈리아	0.21 (0.02)	헝가리	0.16 (0.02)	폴란드	0.25 (0.01)
12	우루과이	0.20 (0.02)	폴란드	0.15 (0.01)	미국	0.18 (0.02)
13	스위스	0.19 (0.01)	뉴질랜드	0.13 (0.02)	포르투갈	0.16 (0.02)
14	프랑스	0.15 (0.02)	슬로바키아	0.13 (0.01)	러시아	0.14 (0.02)
15	포르투갈	0.14 (0.02)	아일랜드	0.11 (0.02)	뉴질랜드	0.13 (0.02)
16	룩셈부르크	0.08 (0.02)	터키	0.10 (0.02)	체코	0.13 (0.01)
17	슬로바키아	0.07 (0.01)	스페인	0.07 (0.02)	라트비아	0.13 (0.02)
18	마카오-중국	0.07 (0.02)	오스트리아	0.06 (0.02)	스페인	0.09 (0.02)
19	캐나다	0.06 (0.01)	이탈리아	0.03 (0.02)	캐나다	0.08 (0.01)
20	헝가리	0.06 (0.01)	마카오-중국	-0.03 (0.04)	덴마크	0.07 (0.01)
21	체코	0.06 (0.02)	아이슬란드	-0.03 (0.02)	호주	0.06 (0.01)
22	호주	0.01 (0.01)	러시아	-0.04 (0.02)	마카오-중국	0.04 (0.03)
23	미국	0.01 (0.02)	룩셈부르크	-0.05 (0.02)	이탈리아	0.04 (0.02)
24	아이슬란드	0.00 (0.02)	체코	-0.05 (0.02)	홍콩-중국	0.00 (0.02)
25	아일랜드	-0.01 (0.02)	세르비아	-0.05 (0.02)	스웨덴	-0.02 (0.02)
26	스페인	-0.02 (0.02)	프랑스	-0.06 (0.02)	스위스	-0.06 (0.02)
27	폴란드	-0.03 (0.01)	독일	-0.06 (0.02)	아이슬란드	-0.06 (0.02)
28	태국	-0.03 (0.02)	스웨덴	-0.08 (0.02)	프랑스	-0.10 (0.02)
29	뉴질랜드	-0.03 (0.01)	벨기에	-0.09 (0.01)	리히텐슈타인	-0.10 (0.05)
30	벨기에	-0.05 (0.01)	포르투갈	-0.11 (0.02)	헝가리	-0.10 (0.01)
31	홍콩-중국	-0.07 (0.02)	노르웨이	-0.12 (0.02)	아일랜드	-0.14 (0.02)
32	러시아	-0.09 (0.02)	라트비아	-0.14 (0.02)	핀란드	-0.14 (0.01)
33	덴마크	-0.19 (0.01)	홍콩-중국	-0.15 (0.02)	노르웨이	-0.16 (0.02)
34	노르웨이	-0.26 (0.02)	네덜란드	-0.16 (0.02)	벨기에	-0.17 (0.01)
35	라트비아	-0.26 (0.01)	스위스	-0.19 (0.02)	룩셈부르크	-0.25 (0.02)
36	네덜란드	-0.27 (0.02)	핀란드	-0.19 (0.01)	네덜란드	-0.26 (0.02)
37	스웨덴	-0.40 (0.01)	덴마크	-0.27 (0.02)	오스트리아	-0.27 (0.03)
38	핀란드	-0.48 (0.01)	리히텐슈타인	-0.32 (0.05)	독일	-0.31 (0.02)
39	한국	0.49 (0.02)	한국	-0.35 (0.02)	한국	-0.39 (0.02)
40	일본	-0.54 (0.02)	일본	-0.56 (0.02)	일본	-0.75 (0.02)
	OECD 평균	0.00 (0.00)	OECD 평균	0.00 (0.00)	OECD 평균	0.00 (0.00)

Schoenfeld(1985)는 문제해결에 성공하기 위한 요인으로 자원(resource), 발견술(heuristic), 통제(control), 신념 체계(belief system)를 제시하였다. 여기에서 ‘자원’은 문제를 해결하기 위해 학생이 사용할 수 있는 도구와 기법으로서, 문제와 관련된 수학적 지식, 알고리즘, 법칙에 대한 이해 등을 말하며, ‘발견술’은 생소하고 비정형적인 문제를 해결하기 위한 전략과 기술로서, 유추, 일반화, 특수화, 보조 문제 이용하기, 거꾸로 풀기 등을 의미한다. ‘통제’는 자원과 전략의 선택과 수행에 관한 전반적인 결정 능력으로서 계획하기, 감시와 평가, 의사 결정, 의식적인 메타인지적 결정 등을 말하여, ‘신념 체계’는 학습자가 수학에 대해 가지고 있는 가치관이나 선입견을 말한다.

수학에 대한 흥미와 즐거움, 수학에서의 도구적 동기 등은 위의 네 가지 요인 중에서 신념 체계에 해당한다고 할 수 있다.

#### 가. 수학에 대한 흥미와 즐거움

수학에 대한 흥미 및 즐거움과 관련된 설문 내용은, “나는 수학에 대한 것을 읽기를 좋아 한다”, “나는 수학 수업 시간이 기다려진다”, “나는 즐겁기 때문에 수학을 한다”, “나는 수학에서 배우는 것들에 대해 흥미가 있다”로 구성되어 있다.

OECD 국가들의 수학 흥미도 지표의 평균을 0.00으로 상정했을 때, 우리나라 학생들의 흥미도 지표는 -0.12로서, 40개의 참가국들 중에서 31번째로 나타났다. 이것은 PISA 2000에서의 흥미도 지표인 -0.27(조사 대상 국가 20개국 중에서 두 번째로 낮게 나타남)에 비해서는 다소 개선된 것이라고 할 수도 있지만, 우리나라 학생들의 수학에 대한 흥미도와 즐거움은 여전히 낮은 수준이다.

우리나라를 비롯하여 최상위 수준의 수학적

소양을 나타낸 핀란드, 네덜란드, 일본의 지표는 각각 -0.24(37째), -0.20(35번째), -0.39(40번째)로서, PISA 2003 참가국가 중에서 최하위권에 속해 있으며, 홍콩은 0.22(10번째), 리히텐슈타인은 0.09(17번째)로서 그리 높지 않은 흥미도 지표를 나타냈다. 이로부터, 전반적으로 보았을 때, 학생 자신이 인식하는 수학에 대한 흥미도와 높은 수학적 소양의 달성을 별다른 관련성을 가지지 않음을 알 수 있다.

#### 나. 수학에 대한 도구적 동기

수학에 대한 도구적 동기와 관련된 설문 내용은, “수학 과목에서의 노력이 가치있는 것은, 수학이 장래의 직업에 도움이 되기 때문이다”, “수학을 배우는 것은 나중에 공부하려는 과목에 도움이 되기 때문에 중요하다”, “수학은 나중에 공부할 것에 필요하기 때문에 중요한 과목이다”, “직업을 얻는데 도움이 될 많은 것들을 수학에서 배울 수 있을 것이다”로 구성되어 있다.

우리나라의 수학에 대한 도구적 동기 지표는 -0.44로서 40개의 참가국 중에서 38번째이다. 우리나라와 비슷한 수학적 소양 수준을 나타낸 홍콩, 네덜란드, 일본, 리히텐슈타인의 지표는 각각 -0.12(32번째), -0.26(35번째), -0.66(40번째), -0.05(26번째)로서 OECD 평균 지표에 미치지 못하는 하위권에 속해 있으며, 핀란드의 도구적 동기 지표는 0.06(18번째)로서 다소 낮은 지표를 나타냈다. 이로부터, 학생 자신이 인식하는 수학에 대한 도구적 동기는 높은 수학적 소양 수준의 달성에 별다른 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

#### 2. 학생들의 자신에 대한 신념

PISA 2003에서는 수학과 관련된 학생들의

자신에 대한 신념을 조사하기 위하여 수학에서의 자기-개념(self-concepts)과 수학에서의 자기-효능감(self-efficacy)을 조사하였다. 자기-개념 및 자기-효능감은 Schoenfeld(1985)가 문제해결의 성공 요인으로 제시한 자원, 발견술, 통제, 신념 체계의 네 가지 요인 중에서 신념 체계에 해당한다고 할 수 있다.

#### 가. 수학에 대한 자기-개념

수학에 대한 자기-개념과 관련된 설문 내용은, “나는 수학을 잘하지 못한다”, “나는 수학에서 좋은 성적을 얻는다”, “나는 수학을 빨리 배운다”, “나는 수학이 내가 가장 잘하는 과목 중의 하나라고 믿는다”, “나는 수학 수업 시간에 가장 어려운 내용까지도 이해한다”로 구성되어 있다.

우리나라의 수학에 대한 자기-개념 지표는 -0.35로서 40개의 참가국들 중에서 39번째로 매우 낮게 나타났다. 우리나라와 유사한 수학적 소양 수준을 나타낸, 홍콩은 -0.26(38번째), 편란드는 0.01(23번째), 네덜란드는 0.00(25번째), 리히텐슈타인은 0.13(10번째), 일본은 -0.53(40번째)로 나타났다. 동아시아의 홍콩, 한국, 일본의 수학적 자기-개념 지표는 각각 38번째, 39번째, 40번째로 최하위 수준으로 나타났으며, 유럽의 편란드, 네덜란드, 리히텐슈타인의 수학적 자기-개념 지표는 OECD 평균보다 약간 높은 수치를 나타냈다.

이로부터 동아시아의 홍콩, 한국, 일본의 학생들의 수학적 소양 수준은 PISA 2003 참가국 중에서 최상위의 수준이지만, 학생들은 수학을 하는 자기 자신에 대해 매우 부정적인 개념을 가지고 있음을 알 수 있다. 이와는 대조적으로 최상위의 수학적 소양 수준을 나타낸 유럽의 편란드, 네덜란드, 리히텐슈타인의 학생들은 약간은 긍정적인 자기-개념을 가지고

있다고 할 수 있다.

#### 나. 수학에 대한 자기-효능감

PISA 2003에서는 수학에 대한 자기-효능감과 관련된 학생들의 인식을 조사하기 위하여, 7개의 수학 과제를 제시하고 그 과제를 하는 것에 대해 얼마나 자신이 있는가를 질문하고 있다. 제시된 7개의 과제는, ① 한 장소에서 다른 장소까지 가는데 걸리는 시간을 알기 위하여 열차 시간표 활용하기, ② 30% 세일을 한 TV의 가격이 얼마나 싼지 계산하기, ③ 마루를 모두 덮기 위해 필요한 타일(한 변의 길이가 1인 정사각형 타일)의 개수 계산하기, ④ 신문에 제시된 그래프 이해하기, ⑤ 방정식 풀기, 예를 들어  $3x + 5 = 17$ 에서  $x$  구하기, ⑥ 1:10000 축도인 지도에 나타난 두 지점 사이의 실제 거리 구하기, ⑦ 방정식 풀기, 예를 들어  $2(x+3)=(x+3)(x-3)$ 에서  $x$  구하기, ⑧ 어떤 차의 기름 소비율 계산하기 등이다.

자기-효능감은 수학 학습에서 직면하는 어려움을 극복하는데 있어서의 자신감을 의미한다. 우리나라의 자기-효능감 지표는 -0.42로서 40개의 참가국들 중에서 37번째로 매우 낮게 나타났다. 우리나라와 유사한 수학적 소양 수준을 나타낸 홍콩은 0.11(11번째), 편란드는 -0.15(31번째), 네덜란드는 -0.09(28번째), 리히텐슈타인은 0.53(1번째), 일본은 -0.53(40번째)으로 나타났다.

우리나라와 일본의 지표는 OECD 평균 지표인 0.00에 비해 매우 낮은 수치이며, 편란드와 네덜란드의 지표는 OECD 평균 지표에 약간 못 미치는 정도이다. 이는, 편란드와 네덜란드의 학생들이 우리나라와 일본의 학생들보다 더 긍정적인 자기-효능감을 가지고 있음을 의미한다. 한편, 리히텐슈타인은 PISA 2003 참가국 중에서 가장 높은 자기-효능감 지표를 나타냈으

며, 홍콩은 참가국 중에서 11번째로 높은 자기-효능감을 나타냈다. 동일한 동아시아 문화권에 속해 있지만, 홍콩의 학생들은 우리나라와 일본의 학생들에 비해 훨씬 높은 자기-효능감을 가지고 있다고 할 수 있다.

### 3. 수학에 대한 불안감

수학에 대한 불안감과 관련된 설문 내용은, “나는 종종 수학 수업이 어려울 것이라고 걱정 한다”, “나는 수학 숙제를 해야 할 때 매우 긴장한다”, “나는 수학 문제를 풀 때 매우 신경질적이 된다”, “나는 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낀다”, “나는 수학 과목에서 나쁜 성적을 받을까봐 걱정이 된다” 등이다.

우리나라의 불안감 지표는 0.44이며, 40개의 참가국들 중에서 6번째로서 높게 나타났다. 우리나라와 유사한 수학적 소양 수준을 나타낸 홍콩은 0.23(15번째), 핀란드는 -0.31(36번째), 네덜란드는 -0.38(38번째), 리히텐슈타인은 -0.35(37번째), 일본은 0.41(5째)로 나타났다.

동아시아권에 속하는 우리나라, 홍콩, 일본의 불안감은 상대적으로 높게 나타난 반면, 핀란드, 리히텐슈타인, 네덜란드의 불안감은 매우 낮게 나타났다. 동일한 수학적 소양 수준을 보인 국가들이라고 하더라도, 학생들의 수학에 대한 불안감은 국가가 속한 문화권에 따라 매우 다르게 나타난다고 할 수 있다. 이러한 원인이 무엇인가에 대해서는 보다 심층적인 분석이 필요하다고 하겠다.

### 4. 학생들의 학습 전략

PISA 2003에서는 학생들의 학습 전략을 조사하기 위하여 학습 과정의 통제 전략, 암기 전략, 정교화 전략 등을 조사하였다. 통제 전략

은 Schoenfeld(1985)가 문제해결의 성공 요인으로 제시한 자원, 발견술, 통제, 신념 체계의 네 가지 요인 중에서 ‘통제’에 해당한다고 할 수 있다. 암기 전략은 Skemp(1987)가 제시한 도구적 이해와 밀접한 관련을 맺으며, 정교화 전략은 Polya(1957)가 제시한 ‘반성 단계’와 밀접한 관련을 맺는다.

#### 가. 통제 전략

PISA 2003에서 수학에 대한 통제 전략과 관련된 설문 내용은, “나는 수학 시험공부를 할 때, 공부해야 할 가장 중요한 것이 무엇인가를 찾기 위해 노력한다”, “나는 수학 공부를 할 때, 내가 이미 공부한 내용을 기억하고 있는지 스스로 점검한다”, “나는 수학 공부를 할 때, 아직도 제대로 이해하지 못한 개념이 무엇인지 를 파악하려고 노력한다”, “나는 수학에서 이해하지 못하는 것이 있을 때, 항상 그 문제를 명확하게 이해하기 위해 더 많은 정보를 찾는다”, “나는 수학 공부를 할 때, 배워야 할 것이 무엇인지를 정확하게 파악하고 시작한다”로 구성되어 있다. 이와 같은 통제 전략은, Schoenfeld(1985)가 문제해결의 성공 요인으로 제시한 자원, 발견술, 통제, 신념 체계의 네 가지 요인 중에서 통제와 밀접한 관련을 맺는다고 할 수 있다.

우리나라의 통제 전략 지표는 -0.49이며, 40개의 참가국들 중에서 39번째로서 상대적으로 낮게 나타났다. 우리나라와 유사한 수학적 소양 수준을 나타낸 홍콩은 -0.07(31번째), 핀란드는 -0.48(38번째), 네덜란드는 -0.27(36번째), 리히텐슈타인은 0.25(10번째), 일본은 -0.54(40번째)로 나타났다.

최상위권의 수학적 소양 수준을 나타낸 6개의 국가 중에서 리히텐슈타인을 제외한 나머지 5개 국가의 통제 전략 지표는 최하위권이라고

할 수 있다. 이로부터 통제 전략이 높은 수학적 소양 수준에 미치는 영향은 상대적으로 적다고 할 수 있다.

#### 나. 암기 전략

암기 전략에 대한 학생 설문지 내용은, “어떤 수학 문제는 너무 자주 풀어봐서, 잠을 자면서도 풀 수 있을 것 같다”, “나는 수학 공부를 할 때 문제의 답을 무조건 외우려고 한다”, “어떤 수학 문제를 푸는 방법을 기억하기 위하여, 나는 비슷한 문제들을 계속해서 반복한다”, “나는 수학을 배우기 위하여 풀이 절차의 모든 단계를 기억하려고 노력한다”로 구성되어 있다.

암기 전략에 있어서 우리나라의 지표는 -0.35로서 참가국 중에서 39번째를 나타냈다. 우리나라와 유사한 수학적 소양을 나타낸 국가들을 살펴보면, 홍콩이 -0.15(33번째), 핀란드가 -0.19(36번째), 네덜란드는 -0.16(34번째), 리히텐슈타인이 -0.32(38번째), 일본이 -0.56(40번째)로서, 참가국 중에서 상대적으로 매우 낮은 지표를 나타내고 있다. 이로부터 PISA 2003에서 최상위의 수학적 소양 수준을 나타낸 국가들의 암기 전략 지표는 최하위 수준임을 알 수 있다. 이는 암기 전략이, 높은 수준의 수학적 소양에 거의 영향을 미치지 않음을 의미한다.

Skemp(1987)는 이해를 ‘관계적 이해’와 ‘도구적 이해’의 두 가지로 구분하면서, 진정한 이해는 관계적 이해임을 강조하고 있다. 여기에서, 관계적 이해는 무엇을 해야 할지 그리고 왜 그런지를 모두 알고 있으면서 일반적인 수학적인 관계로부터 특수한 규칙이나 절차를 연역할 수 있는 상태를 의미하며, 도구적 이해는 이유는 모르는 채 암기한 규칙을 문제해결에 적용하는 것을 의미한다. 이해를 관계적 이해와 도구적 이해의 두 가지로 분류하여 생각할 때, PISA 2003에서 조사된 암기 전략은 ‘도구적 이해’의

개념과 밀접하게 관련된다고 할 수 있다. 또한, 최상위의 수학적 소양 수준을 나타낸 국가들의 암기 전략 지표가 PISA 2003 참가국 중에서 최하위 수준으로 나타난 것은, 관계적 이해가 진정한 이해임을 주장한 Skemp의 견해와 일관된다고 할 수 있다.

한편, 보통 우리나라의 교육 방식의 특징을 흔히 ‘암기 위주의 주입식 교육’으로 언급하면서 비판하고는 한다. 그러나, PISA 2003에 나타난 우리나라 학생들의 암기 전략 지표는, 적어도 수학 교과에 있어서는 우리나라 학생들이 암기식 방법으로 공부하고 있지 않으며, 암기식 방법이 수학 학습에서의 성공에 거의 영향을 미치지 않고 있음을 드러내고 있다. 이는 또한 우리나라의 수학 교사들이 암기식 방법으로 수학을 지도하고 있지 않음을 의미한다고 할 수 있다. 이와 같은 결과는, 우리나라 인문계 고등학교 수업의 특징을 ‘암죽식 수업’으로 분석하면서, ‘암죽식 수업’은 ‘암기위주의 주입식 교육’과는 매우 다른 특징을 나타낸다고 보고한 이인효(1990)의 연구와 일맥상통한다고 할 수 있다. 그러므로, 우리나라의 교육 방식을 ‘암기 위주의 주입식 교육’으로 비판적으로, 또는 냉소적으로 규정하는 세간의 비판적인 인식은 재고될 필요가 있다.

#### 다. 정교화 전략

정교화 전략에 대한 학생 설문지 내용은, “나는 수학 문제를 풀 때, 종종 새로운 해결 방법을 생각한다”, “나는 내가 배운 수학이 일상생활에서 어떻게 활용될 수 있을지를 생각한다”, “나는 새로운 수학 개념을 내가 이미 알고 있는 것들과 관련지어 이해하려고 노력한다”, “나는 수학 문제를 풀 때, 그 해결 방법을 다른 흥미로운 문제들에 어떻게 적용할 것인가에 대해 자주 생각한다”, “나는 수학을 배울 때,

다른 과목들에서 배운 것들과 수학 내용을 관련짓기 위해 노력한다”로 구성되어 있다.

이와 같은 설문 내용을 살펴보면, PISA 2003에서 조사된 정교화 전략은 Polya(1957)가 문제 해결의 마지막 단계로 강조한 ‘반성 단계(looking back)’와 밀접한 관련을 맺는다고 할 수 있다. Polya는 문제해결의 네 단계를 ‘문제의 이해-해결 계획의 수립-수립된 계획의 실행-반성’으로 제시했으며, 반성 단계에서는 문제해결의 전 과정을 처음부터 검토하고, 다른 해결 방법이 있는가를 알아보고, 여러 가지 해결 방법 중에서 어떤 방법이 가장 좋은가를 생각하며, 문제해결의 결과와 방법을 다른 문제에 활용할 수 있는가에 대해 생각하는 것이 중요하다.

정교화 전략에 있어서 우리나라의 지표는 -0.39로서 참가국 중에서 39번째를 나타냈다. 우리나라와 유사한 수학적 소양을 나타낸 국가들의 정교화 전략 지표는, 핀란드가 -0.14(32번째), 네덜란드는 -0.26(36번째), 리히텐슈타인이 -0.10(29번째), 일본이 -0.75(40번째)로서, 참가국 중에서 상대적으로 매우 낮은 수치를 나타내고 있으며, 홍콩은 0.00(24번째)으로서 OECD 평균 지표를 나타내고 있다. 이로부터 정교화 전략이 높은 수학적 소양에 미치는 영향은 다소 적음을 알 수 있다.

이상에서는 여러 학습 심리적 배경변인에서 나타난 우리나라의 지표를 살펴보았다. 우리나라의 지표는, 수학에 대한 흥미와 즐거움, 수학에 대한 도구적 동기, 수학에 대한 자기-개념, 수학에 대한 자기-효능감, 수학에 대한 불안감, 학습 과정에 대한 통제 전략, 암기 전략, 정교화 전략 등의 학습 심리적 배경에 있어서 전체적으로 매우 부정적인 양상을 나타냈다. 이 중에서, 특히 수학에 대한 흥미와 즐거움, 수학에 대한 도구적 동기, 수학에 대한 자기-개념, 수학에 대한 자기-효능감의 부정적인 양상과 관

련해서는 보다 근원적인 원인을 파악하고 이를 개선할 수 있는 구체적인 방안을 모색할 필요가 있다.

또한 우리나라의 지표를 비슷한 수학적 소양 수준을 나타낸 국가들과 비교한 결과, 우리나라와 일본의 PISA 2003 참가국 사이의 상대적 서열 순위는 비슷하게 나타났지만, 구체적인 학습 심리적 배경변인 지표에 있어서는 일본의 수치가 우리나라보다 더 부정적으로 나타났다. 특히, 수학에 대한 흥미와 즐거움에 있어서 우리나라 PISA 2003 참가국 중에서 10번째로 낮은 지표를 나타낸 반면에 일본은 가장 낮은 지표를 나타냄으로써, 우리나라의 흥미도 지표가 일본에 비해 다소간은 긍정적인 양상을 보이고 있다.

한편, PISA 2003에서 가장 높은 수학적 소양 수준을 나타낸 홍콩은 우리나라 및 일본과 동일한 동아시아권에 속해 있지만, 학습 심리적 배경변인의 지표는 우리나라와 일본과는 매우 다른 양상을 보이고 있다. 이는 홍콩의 독특한 정치적, 사회적, 문화적 상황이 전형적인 동아시아 국가와는 상당한 부분에서 차이가 나는 데서 그 원인의 일부를 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

PISA 2003에서 두 번째로 높은 수학적 소양 수준을 나타낸 핀란드와 우리나라의 학습 심리적 배경변인 지표를 비교해 보면, 수학에 대한 흥미와 즐거움, 자기-효능감, 학습 과정에 대한 통제 전략, 암기 전략, 정교화 전략에 있어서는 우리나라와 매우 비슷한 양상을 보이고 있다. 특히, 수학에 대한 흥미도와 즐거움에 있어서는 우리나라가 핀란드보다 약간 더 높은 지표를 나타냈으며, 이는 우리나라의 학생들이 핀란드의 학생들보다 수학에 대해 약간 더 높은 흥미도를 가지고 있음을 의미한다. 그러나, 수학에 대한 도구적 동기, 수학에 대한 자기-개념

에 있어서, 핀란드는 OECD 평균 지표보다 높은 지표를 나타내고 있으며, 우리나라에 비해 상당히 긍정적인 양상을 보이고 있다. 우리나라와 핀란드의 차이가 가장 큰 배경변인은 수학에 대한 불안감으로서, 우리나라의 지표는 0.41로서 PISA 2003 참가국 중에서 여섯 번째로 높은 수치를 나타낸 반면에, 핀란드의 지표는 -0.31로서 PISA 2003 참가국 중에서 다섯 번째로 낮은 불안감 지표를 나타냈다.

PISA 2003에서 네 번째로 높은 수학적 소양 수준을 나타낸 네덜란드의 학습 심리적 배경변인 지표를 비교해 보면, 수학에 대한 흥미와 즐거움, 수학에 대한 도구적 동기, 학습 과정에 대한 통제 전략, 암기 전략, 정교화 전략에 있어서는 우리나라와 매우 비슷한 양상을 보이고 있다.<sup>11)</sup> 특히, 수학에 대한 흥미도와 즐거움에 있어서는 우리나라가 네덜란드보다 약간 더 높은 지표를 나타냈으며, 이는 우리나라의 학생들이 네덜란드의 학생들보다 수학에 대해 약간 더 높은 흥미도를 가지고 있음을 의미한다. 그러나, 수학에 대한 자기-개념 및 자기-효능감에 있어서는, 네덜란드가 우리나라보다 약간 더 긍정적인 양상을 보이고 있다. 우리나라와 네덜란드의 차이가 가장 큰 배경변인은 수학에 대한 불안감으로서, 우리나라의 지표는 0.41로서 PISA 2003 참가국 중에서 여섯 번째로 높은 수치를 나타낸 반면에, 네덜란드의 지표는 -0.3으로서 PISA 2003 참가국 중에서 세 번째로 낮

은 불안감 지표를 나타냈다.<sup>12)</sup>

## V. 논의 및 제언

### 1. 논의

이 절에서는 PISA 2003에서 우리나라의 학생들이 높은 수학적 소양 정도를 나타낸 원인이 무엇인가를 살펴보기로 한다. 이하에서 논의되는 원인은 수학적 소양 수준의 결과를 놓고 그 원인이 무엇인가를 거꾸로 거슬러 올라가서 추적하는 방식을 취하고 있다. 또한 이하에서 논의되는 원인들은 독립적인 것이 아니라, 우리나라의 전체 교육 시스템 안에서 서로 불가분의 관계를 가지고 있다.<sup>13)</sup>

첫째, 우리나라 학생들은 문제해결에 필요한 원천이라고 할 수 있는 기본 지식을 많이 가지고 있다. PISA는 실생활에 필요한 능력, 즉 수학적 지식을 상황과 목적에 맞게 활용하여 문제를 해결하는 능력을 강조한다.

위에서 언급한 바와 같이 Schoenfeld(1985)는 문제해결에 성공하기 위한 요인으로 자원(resource), 발견술(heuristic), 통제(control), 신념 체계(belief system)를 제시하였다. 위의 IV장에서 살펴본 바와 같이, Schoenfeld의 문제해결 성공 요인의 일부인 ‘통제’ 및 ‘신념 체계’와 관련된 여러 배경변인에 대한 우리나라의 지표는 거의

11) 장경윤(2004)은 네덜란드의 수학에 대한 흥미와 도구적 동기 지표가 우리나라와 유사하게 매우 저조하게 나타난 점을 주목하면서, 국제 수학교육계의 주목을 받고 있는 네덜란드의 수학교육, 즉, 현실주의적 수학교육(RME: Realistic Mathematics Education)의 교육적 효과에 대한 세심한 연구가 필요함을 지적하였다.

12) PISA 2003에서 다섯 번째로 높은 수학적 소양 수준을 나타낸 리히텐슈타인은, 인구가 약 3만 5천명인 작은 국가이며, 경우에 따라서는 스위스의 한 주로 취급되는 국가이므로 우리나라와의 비교를 별도로 논하지 않기로 한다.

13) 한편, 이하에서 제시되는 내용은 보다 체계적이고 심층적인 조사를 통해서 논의되어야 한다. 그럼에도 불구하고 아래의 논의를 제시하는 것은, PISA 2003에서 나타난 우리나라 학생들의 수학적 소양의 특징이 어디에서 기인하는가에 대한 기초 아이디어를 제공하고 심층적인 조사의 단초를 제공한다는 의미에서도이다. 그러므로, 이하에서 논의되는 내용에 대한 보다 확실한 증거를 얻기 위해서는 심층적이고 체계적인 조사가 필요하다고 하겠다.

최하위 수준인 것으로 나타났다.

그럼에도 불구하고 우리나라 학생들이 최상위권의 수학적 소양 수준을 나타낸 것은, 우리나라의 학생들이 문제해결의 성공 요인 중에서 ‘자원’에 해당하는 수학적 지식 및 알고리즘에서 강점을 가지고 있기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 우리나라 학생들은 다른 국가의 학생들 보다 더 수준이 높고 심도 있는 수학적 지식을 가지고 있으며, 이로 인해 우리나라 학생들은 높은 수학적 소양 수준을 나타낼 수 있었다는 것이다.

이러한 판단은 우리나라의 교육과정과 다른 나라의 교육과정 비교로부터 가능하다. 수학과 교육과정을 비교했을 때, 우리나라는 미국(캘리포니아주), 영국, 일본 등에 비해 더 많은 수학적 주제를 더 깊이 있게 배우며, 동일한 주제라도 더 빠른 학년에 도입하는 것으로 나타났다(나귀수 외, 2003). 이는 우리나라의 만 15세 학생들이 다른 나라의 만 15세 학생들보다 보다 높은 수준의 수학적 지식을 더 많이 가지고 있으며, 더 깊이 있게 이해하고 있음을 의미한다. 이와 같이, 우리나라의 학생들은 문제해결의 자원이라고 할 수 있는 수학적 지식을 많이 가지고 있기 때문에 PISA 2003에서 최상위권의 높은 수학적 소양을 나타냈다고 할 수 있다.

둘째, 우리나라의 학생들은 다른 나라의 학생들에 비해 더 많은 시간을 수학 공부에 투자하는 것으로 나타났다. 우리나라의 학생들이 학교에서 1주일에 수학 공부에 투자하는 시간은 정규 수업 시간과 보충 수업을 포함하여 모두 6.2시간이며(OECD/PISA, 2004), 이는 OECD 국가별 평균 시간인 3.8시간보다 훨씬 많은 것이다. 또한 우리나라 학생들이 학교 밖에서 수학 공부에 투자하는 시간은 1주일에 4.3시간으로서 OECD 국가별 평균 시간인 3.1시간보다 다소 많은 것이다. 학생들이 수학 공부에 투자

하는 시간이 많으면 많을수록 수학 문제 해결에 능숙해지는 것은 당연한 결과이다.

우리나라 학생들이 다른 OECD 국가들보다 수학 공부에 많은 시간을 투자하는 것은, 대학 입학을 위한 각종 시험에서 수학이 갖는 우세한 선발 기능 때문이기도 하다. 우리나라에서는 장래 좋은 직장을 갖고 윤택한 삶을 영위하기 위해서는 소위 좋은 대학의 좋은 학과에 가는 것이 어느 정도 필요하다. 이와 같은 우리나라의 독특한 상황에서 좋은 대학의 좋은 학과에 진학하기 위해서, 학생들은 대학 입시에서 우세한 선발 기능을 담당하고 있는 수학 교과에 많은 시간을 투자할 수밖에 없는 사회적 맥락에 위치하고 있는 것이다.

이는 우리나라 학생들이 수학에 대한 흥미도, 수학에 대한 도구적 동기, 수학에 대한 자기-개념 등의 학습 심리적 배경변인에서 매우 부정적인 양상을 나타냈음에도 불구하고, 수학적 소양 수준은 높은 사실을 설명해 주기도 한다. 우리나라 학생들은 전반적으로 수학을 열심히 공부하고는 있지만, 수학 공부가 즐거워서 하는 것이 아니라 장래의 좋은 직장과 윤택한 삶을 위해서 청소년기라는 현실을 회생하고 있는 것이다.

셋째, 우리나라 수학 교사들이 지니고 있는 수준 높은 ‘교수학적 내용 지식(pedagogical content knowledge)’이 학생들의 높은 수학적 소양에 모종의 역할을 했을 것으로 판단된다.

Ma(1999)는 중국 상하이의 초등학교 교사와 미국 초등학교 교사를 대상으로 심층 면담을 실시하여 초등학교 수학에 대한 교사의 교수학적 내용 지식(pedagogical content knowledge)을 조사하였다. 이 연구에서는 중국의 교사들이 기본적인 수학 내용에 대해 미국의 교사들보다 심층적인 이해를 하고 있음이 드러났다. 박경미(2004)는, Ma의 연구에서 사용한 동일한 면

담 주제를 가지고 우리나라의 교사에게 심층 면담을 실시한 결과, 우리나라의 초등학교 교사들도 중국 교사들과 유사한 높은 수준의 교수학적 내용 지식을 가지고 있음을 확인하였다고 보고하였다.

가르치고 배우는 활동은 반드시 특정한 내용을 매개로 하여 이루어지는 만큼, 수학 교사들의 수준 높은 교수학적 내용 지식은 우리나라 학생들의 높은 수학적 소양에 모종의 역할을 했을 가능성이 크다.

## 2. 제언

현대 사회에서의 수학, 과학의 역할이 증대됨에 따라, 모든 성인들이 수학적으로, 과학적으로 소양을 갖추는 것은 거의 필수적인 일이 되었다. 따라서 한 국가의 훌륭한 수학적 소양은 그 국가가 국제 경쟁력과 장래의 선진화된 공학 분야에서 적극적인 역할을 할 수 있음을 의미한다. 반대로, 수학적 소양에서의 결함은 개인들의 노동 시장과 수입, 사회에의 적극적인 참여 능력 등에 있어서 부정적인 결과를 가져올 수 있다. 따라서 국가가 학생들에게 수학적 소양을 얼마나 잘 제공하고 있는가를 관리하는 것은 매우 중요한 일이며, 교육자들과 정책 입안자들은 수학교육의 중요성을 더욱 절실히 인식할 필요가 있다.

이하에서는 PISA 2003 수학 평가로부터 얻을 수 있는 시사점을 살펴보기로 한다. PISA 2003 결과로부터의 시사점은, 남녀학생의 수학적 소양 불균형 해소, 수학과 교육과정에서의 확률과 통계 분야의 개선, 상위권 학생들을 위한 교육 정책의 지속적 추구, 그리고 수학에 대한 흥미 및 자신감 증진을 위한 개선 방안 마련의 네 가지로 살펴볼 수 있다.

첫째, 우리나라의 남녀학생의 수학적 소양의

평균 점수 차이는 23점으로서 PISA 2003 참가국 중에서는 두 번째로 큰 것으로 나타났으며, OECD 국가 중에서 가장 큰 것으로 나타났다. 우리나라는 PISA 2000에서도 OECD 국가 중에서 남녀학생의 수학적 소양 차이가 가장 큰 국가로 보고되었다. 이러한 결과는 우리나라에서 2000년 이후 2003년에 이르기까지 남녀학생의 수학적 소양 불균형의 문제를 해결하기 위한 정책적 노력들이 성공적이지 못했거나, 또는 별다른 정책적 노력을 기울이지 않았음을 반증한다고 할 수 있다.

PISA 2000에서 우리나라와 함께 남녀학생의 수학적 소양 차이가 가장 크게 나타났던 오스트리아는, PISA 2003에서 남녀학생의 수학적 소양 차이가 통계적으로 유의미하지 않은 수준으로 줄어들었다. 이외에서도 PISA 2000에서 남녀학생의 점수 차이가 크게 나타났던 포르투갈, 스페인, 독일, 프랑스에서도 남녀학생의 점수 차이가 의미있게 줄어든 것으로 나타났다. 이들 국가들은 우리나라와 달리 남녀학생의 수학적 소양 불균형의 문제를 극복하기 위한 정책적 노력이 어느 정도 성공했음을 알 수 있다.

PISA 2003에서 남녀학생의 수학적 소양 차이는 국가마다 다른 양상으로 나타나고 있으며, 이로부터 남녀학생의 수학적 소양 불균형의 문제를 극복하는 데 있어서의 성공이 국가마다 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 일부 국가들은, 정책적 노력의 직접적인 결과로서 또는 우호적인 사회적 맥락으로 인해, 남학생과 여학생 모두에게 공평한 이익을 주는 학습 환경을 제공하는 것으로 나타났다(OECD/PISA, 2004).

PISA 2003의 결과는, 남녀학생의 수학적 소양 차이가 남학생과 여학생의 선천적인 능력 차이에 의한 불가피한 결과는 아니라는 점을

시사하고 있다. 남학생과 여학생의 수학적 소양 차이는, 다양한 교육 프로그램, 학교 체제, 학생 개인의 노력에 따라 변할 수 있다는 사실에 주목할 필요가 있다. PISA 2003의 결과는 남학생과 여학생의 관심, 학습 양식, 심지어는 타고난 능력에서의 차이로 인한 불가피한 결과로 오랫동안 간주되어 온 남녀학생의 수학적 소양 차이가 효과적인 정책과 실천을 통해 극복될 수 있음을 시사한다.

우리나라 남녀학생의 수학적 소양의 불균형을 개선하기 위한 보다 근본적이고 효과적인 정책과 실천이 절실히 필요하며, 이를 위해서는 먼저 남녀학생간의 수학적 소양 차이가 어디에서 기인하는지 그 원인을 다각적으로 탐색할 필요가 있다. 또한 효과적인 정책을 마련함에 있어서 남녀학생의 수학적 소양 차이가 적게 나타난 국가들을 벤치마킹할 필요가 있다.

둘째, PISA 2003의 수학 내용 영역인 공간과 모양, 변화와 관계, 양, 불확실성 중에서, 우리나라 학생들은 불확실성 영역에서 상대적으로 낮은 수학적 소양을 나타냈다. 공간과 모양, 변화와 관계, 양 영역에서는 PISA 2000에서 참가국들 중에서 가장 상위권의 수준을 나타냈지만, 불확실성 영역에서는 다른 상위권 국가들에 비해 통계적으로 유의미하게 낮은 수학적 소양을 나타냈다. 또한 우리나라 자체 내에서 비교한 결과, 공간과 모양, 변화와 관계, 양 사이에는 통계적으로 유의미한 차이가 없지만, 불확실성은 공간과 모양, 변화와 관계에 비해 통계적으로 유의미하게 낮은 수준인 것으로 나타났다.

PISA 2003의 불확실성 영역은 제7차 교육과정의 확률과 통계 영역과 매우 밀접한 관련을 맺는바, 위의 결과는 확률과 통계 영역의 교육과정 및 교과서에 개선의 여지가 있음을 시사한다고 할 수 있다. 우리나라 학생들은 특히 불확실성 영역의 복합 선택형 문항에서 낮은

수학적 소양을 나타냈는데, 이는 우리나라 학생들이 불확실성 개념과 관련된 문제의 참·거짓을 정확하게 판단하거나 추론하지 못함을 의미한다. 실제로, 우리나라의 확률과 통계 영역의 교육과정과 교과서는 확률과 통계와 관련된 개념과 사고보다는 알고리즘을 통한 과도한 계산, 조합론 위주의 내용이 주로 다루어지고 있다는 문제점이 지속적으로 제기되어 왔다(우정호, 1998). PISA 2003의 결과는 이러한 주장을 다소간은 뒷받침한다고 할 수 있으며, 우리나라의 확률과 통계 교육과정을 더욱 바람직한 방향으로 개선할 필요가 있음을 시사한다.

셋째, PISA 2000에서 다소 왜곡된 현상을 드러냈던 우리나라 상위권 학생들의 수학적 소양은 PISA 2003에서 바람직한 방향으로 개선된 것으로 나타났다. PISA 2000에서 우리나라 상위권 학생들은 우리나라와 전체 평균 점수가 비슷한 다른 국가의 상위권 학생들에 비해 다소 떨어지는 수학적 소양을 나타냈다. 그러나 PISA 2003에서 우리나라의 상위권 학생들의 수학적 소양은 전체 평균 점수가 비슷한 다른 국가들의 상위권 학생들과 거의 비슷한 수학적 소양을 나타냈다.

이와 같은 결과가 어디에서 기인하는 가에 대해서는 본격적인 분석이 이루어져야 하겠지만, 우리나라에서 1990년대 후반부터 적극적으로 실시하고 있는 영재교육 정책에서 한 요인을 찾을 수 있을 것으로 생각된다.

그러므로, 1990년대 후반부터 실시되고 있는 영재교육 정책을 지속 내지는 확장함으로써, 미래 사회의 과학 기술 문명을 이끌어 갈 학생들을 교육하는 데에 소홀함이 없도록 해야 할 것이다.

한편, 우리나라의 상·하위 학생들의 점수 차이는 PISA 2003 참가국들 중에서 네 번째로 적게 나타났으며, OECD 국가 평균 차이보다

적은 것으로 나타났다. 또한 우리나라와 전체 평균 점수가 비슷한 국가들 중에서도 적게 나타났으며, 동아시아의 상위 국가인 홍콩, 일본 보다 적은 것으로 나타났다. 이로부터 우리나라에서는 상·하위 학생들 사이의 수학적 소양 불균형이 다른 국가들에 비해서는 다소 완화된 양상을 보임을 알 수 있다.

그러므로, 상위 학생들에 대한 정책적 배려와 더불어 하위 학생들에 대해서도 지속적인 정책을 실시함으로써, 상대적으로 바람직하게 나타나고 있는 현상을 지속시키도록 노력해야 할 것이다.

넷째, 우리나라의 학습 심리적 배경변인 지표는, 수학에 대한 흥미와 즐거움, 수학에 대한 도구적 동기, 수학에 대한 자기-개념, 수학에 대한 자기-효능감, 수학에 대한 불안감, 학습 과정에 대한 통제 전략, 암기 전략, 정교화 전략 등의 학습 심리적 배경에 있어서 전체적으로 매우 부정적인 양상을 나타냈다. 이 중에서, 특히 수학에 대한 흥미와 즐거움, 수학에 대한 도구적 동기, 수학에 대한 자기-개념, 수학에 대한 자기-효능감의 부정적인 양상과 관련해서는 보다 근원적인 원인을 파악하고 이를 개선할 수 있는 구체적인 방안을 모색할 필요가 있다.

한편, PISA 2000에서는 수학이 보조 영역이었던 관계로, 여러 학습 배경변인 중에서 수학 흥미도 지표만 조사되었다. OECD 국가들의 수학 흥미도 지표의 평균을 0.00으로 상정했을 때, 우리나라의 PISA 2000에서의 흥미도 지표는 -0.27(조사 대상 국가 20개국 중에서 두 번째로 낮게 나타남)이었던 것이 PISA 2003에서는 -0.12로서, 40개의 참가국들 중에서 31번째로 나타났다. 이로부터 우리나라 학생들의 수학에 대한 흥미도와 즐거움은 2000년에 비해 다소 개선되었았다고 할 수 있지만, 우리나라 학

생들의 수학에 대한 흥미도와 즐거움은 여전히 낮은 수준이다.

수학에 대한 흥미도 및 자기-개념 등을 향상 시킬 수 있는 방안은, 교수-학습 자료의 측면과 교수-학습 방법의 측면에서 고려해 볼 수 있다. 교수-학습 자료의 측면에서는 학생들이 더욱 흥미를 느낄 수 있는 소재를 도입해야 할 것이다. 실제로, 제7차 교육과정 및 교과서에서는 학생들의 흥미를 높이기 위하여 실생활의 소재를 도입하여 수학적 개념을 이끌어내고, 학습한 개념을 실생활의 문제해결에 적용하도록 하기 위해 다양한 시도를 하였다. 이에 덧붙여, 학생들이 흥미를 느낄 수 있는 소재를 지속적으로 발굴하여 학생들의 수학에 대한 흥미도를 향상시켜야 할 것이다. 물론, 이와 같이 학생들의 수학에 대한 흥미도를 추구하는 과정에서 가르치고 배워야 할 수학 내용의 본질이 왜곡되지 않도록 세심한 주의를 기울여야 한다.

교수-학습 방법의 측면에서, 학생들의 수학에 대한 흥미도 및 자기-개념을 향상시킬 수 있도록 하기 위해서는 의미있는 교수-학습 방법을 다양하게 구현할 필요가 있다. 교사가 의미있는 교수-학습 방법을 실제 수업에서 구현하기 위해서는, 학생들이 많은 활동을 경험할 수 있도록 해야 하며, 그러한 활동에는 또한 많은 시간이 필요하다. 따라서 국가적인 차원에서 교수-학습 내용의 양을 다소간 줄이는 방안을 적극적으로 검토할 필요가 있다. 교사가 특정 수학 주제에 대해 의미있는 방식으로 교수 방법을 구현할 수 있도록 하기 위해서는, 국가적 수준에서 학교수학의 내용을 전반적으로 줄이는 방안과, 국가에서는 필수적인 학교 수학의 내용을 제시하고 일정 정도의 교수-학습 내용의 선택권을 교사에게 부여하는 방안을 고려해 볼 수 있다.

## 참고문헌

- 나귀수 · 한경혜 · 황혜정(2001). 2001년 국가수준 학업성취도 평가 연구 -수학-. 한국교육과정평가원.
- 나귀수 · 황혜정 · 임재훈(2003). 수학과 교육과정에서의 내용 비교 연구 -우리나라, 미국의 캘리포니아주, 영국, 일본을 중심으로-. *수학교육학연구*, 13(3), 403-428.
- 노국향 · 최미숙 · 최승현 · 박경미 · 신동희(2001). PISA 2000 평가 결과 분석 연구 (총론) -국내 학생의 일기, 수학, 과학적 소양 성취도 및 배경 변인의 영향 분석-. 한국교육과정평가원.
- 박경미(2004). 수학 성취도 국제비교 연구의 전망과 과제. 학업성취도 국제비교연구 성과와 과제-2003 TIMSS와 OECD/PISA 결과를 중심으로-. 한국교육과정평가원 세미나 자료집.
- 박정 · 홍미영 · 나귀수 · 김성숙(2001). TIMSS-R 국제성취수준에 따른 우리나라 학생들의 수학 · 과학 성취도. 한국교육과정평가원.
- 우정호(1998). 학교수학의 교육적 기초. 서울 대학교출판부.
- 이미경 · 곽영순 · 민경석 · 채선희 · 최성연 · 최미숙 · 나귀수(2004). PISA 2003 결과 분석 연구 -수학적 소양, 읽기 소양, 과학적 소양 수준 및 배경변인 분석-. 한국교육과정평가원.
- 이봉주 · 조영미 · 도종훈 · 나귀수(2003). 2002년 국가수준 교육성취도 평가 연구(II) -수학-. 한국교육과정평가원.
- 이인효(1990). 인문계 고등학교 교직문화 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 조영미 · 이대현 · 이봉주(2004). 2003년 국가수준 학업성취도 평가 연구 -수학-. 한국교육과정평가원.
- 장경윤(2004). 국제평가에 나타난 한국 수학교육의 실태와 전망. 학업성취도 국제비교연구 성과와 과제-2003 TIMSS와 OECD/PISA 결과를 중심으로-. 한국교육과정평가원 세미나 자료집.
- 채선희 · 나귀수 · 곽영순 · 김재철 · 윤준채 · 최성연(2003). 2003년도 OECD 학업성취도 국제비교 연구 -PISA 2003 본검사 시행-. 한국교육과정평가원.
- 최승현 · 노국향 · 박경미(2001). PISA 2000 수학 평가 결과 분석 연구. 한국교육과정평가원.
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Dordrecht, The Netherlands: D. Reidel Publishing Company.
- Ma, L. (1999). *Knowing and teaching elementary mathematics-teacher's understanding of fundamental mathematics in China and the United States*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- OECD/PISA(2004). *Learning for tomorrow's world - First results from PISA 2003*. OECD/PISA.
- Polya, G. (1986). *어떻게 문제를 풀 것인가*. (우정호, 역). 서울: 천재교육. (영어 원작은 1957년 출판).
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. N.Y.: Academic Press.
- Skemp, R. R. (2000). 수학학습 심리학. (황우형, 역). 서울: 사이언스북스. (영어 원작은 1987년 출판).

# A Profile of Mathematical Literacy on Korean Students in PISA 2003

Na, GwiSoo (Cheongju National University of Education)

This study intends to examine the characteristics of mathematical literacy on Korean Students in PISA 2003(Programme for International Student Assessment 2003). We study the mean performance, the distribution of student performance, the student performance in terms of mathematics contents and process and situation and item-format, the differences in mean scores between PISA 2000 and PISA 2003, and the

gender differences in student performance. In addition to, we study students' engagement with mathematics, students' beliefs about themselves, students' anxiety in mathematics, and students' learning strategies. Finally, we discuss the reasons of the characteristics of mathematical literacy on Korean students in PISA 2003, and suggest the implications for mathematics educators and educational policy-makers.

\* **Key words** : PISA(OECD 국제학업성취도 평가), mathematical literacy(수학적 소양), student performance(학생 성취도), students' learning attitudes(학생들의 학습 태도)

논문접수 : 2005. 4. 4.

심사완료 : 2005. 4. 30.