



PISA

방정식과 불평등

수학 학습 기회 형평성 제고 방안

연구자료 ORM 2017-22



Programme for International Student Assessment



PISA

방정식과 불평등

수학 학습 기회 형평성 제고 방안

본 번역본은 OECD의 동의를 거쳐 발간되었으며, OECD의 공식 번역은 아닙니다. 번역의 질이나 원본과의 일치성에 대한 책임은 전적으로 번역자에게 있습니다. 원본과 번역본에서 상이한 부분이 있을 경우 원본의 내용만이 유효한 것으로 고려됩니다.



더 나은 삶을 위한 더 나은 정책

이 보고서는 OECD 사무총장의 권한으로 발행되었으며, 본 보고서에 실린 견해 및 논점은 OECD 회원국의 공식적인 견해와 일치하지 않을 수 있음을 알려드립니다.

이 보고서와 보고서에 포함된 지도에는 특정 영토의 주권 및 소속을 옹호하는 의도가 없음을 알리며, 국제경계 및 도시, 지역 및 영토의 이름 등에서도 특정 집단을 지지하는 의도가 없음을 알려드립니다.

ISBN 979-11-5788-418-6

이스라엘에 대한 통계 자료는 이스라엘의 유관기관의 책임 하에 획득하였음을 알려드립니다. 이 보고서에서 사용된 통계 자료에는 골란 고원, 동예루살렘 및 서안지구의 주권 및 기타 사항에 대한 어떠한 시사점도 포함되어 있지 않음을 알려드립니다.



OECD 보고서에 대한 정정사항은 다음 웹페이지에 등재되어 있습니다: www.oecd.org/publishing/corrigenda.

OECD 가 영어와 프랑스어로 발간한 원본의 제목은 다음과 같습니다.

영어: PISA Equations and Inequalities: Making Mathematics Accessible to All

프랑스어: PISA Tous égaux face aux équations? Rendre les mathématiques à tous – Principaux résultats

©[2016] OECD

©2017 한국교육과정평가원(KICE)

서론

PISA는 오랜 시간 동안 축적된 결과를 통해 사회 취약 계층에 속하는 학생들이 사회 경제적 혜택층에 속한 또래보다 수학 성취도 면에서 뒤처지는 경향을 밝혀냈다. 비록 국가별로 나타나는 성취도의 격차는 다양하지만 그럼에도 불구하고 우리에게 남겨진 질문은 “교사와 학교가 어느 정도까지 이에 대응할 수 있는가?”라는 것이다.

PISA 보고서 ‘PISA 방정식과 불평등: 수학 학습 기회 형평성 제고 방안’은 이 질문에 대한 답을 밝히려는 시도이다. 사회 취약 계층 학생들과 사회 경제적 혜택층 학생들이 동일한 시간 동안 수학 수업을 듣는다는 점에서 교육 시스템에 의해 제공되는 수학 교육의 양적인 형평성은 일반적으로 잘 유지되고 있는 반면, 학습 경험의 질적인 측면에서는 두 사회적 계층 간에 매우 큰 차이가 있음을 PISA 데이터를 통해 확인할 수 있다. 이러한 불평등은 학생들의 재능을 싹히는 결과를 초래한다.

사회 취약 계층의 학생들은 간단한 사실과 성질을 학습하고 기본적인 응용 수학 문제를 푸는 동안 사회 경제적 혜택층의 학생들은 수학자들처럼 사고하고, 개념을 깊이 이해하며 고차원적인 수학 추론 능력을 신장시키는 수학 학습을 경험한다.

이러한 차이는 중요한 문제를 야기하는데, 이는 순수수학 개념 및 문제에 노출되는 정도와 PISA에서 높은 성취도를 얻는 것 사이에 높은 상관관계가 있기 때문이다. PISA 데이터는 수학 수업에서 모든 학생들이 도전적인 과제와 개념 지식에 노출되도록 하는 것이 학생들의 성취에 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준다. 또한 학교 수학 수업에서 다루는 내용과 학생 혹은 학교의 사회 경제적 배경 특성 간 상관관계가 더 크게 나타나는 나라에서는 이른 나이부터 학생의 진로를 결정지어 상이한 교육 프로그램에 참여하게 하거나, 선발 입학 학교에 다니는 학생의 비율이 높거나, 능력이 낮은 학생을 다른 학교로 보내는 것으로 나타났다.

수학 교육이 교육에서의 불평등을 완화하기보다 때때로 강화시킨다는 것을 보여준다는 면에서 본 보고서의 결과가 한편으로 실망스럽기도 하지만, 다른 한편으로는 양질의 수학 교육과 교육적 정책 및 실행이 사회적 불평등을 완화하기 위한 해결 방안의 필수 요소임을 알려주고 있다. 교육 정책 입안자들은 핵심적인 수학적 아이디어를 깊이 있게 다룰 수 있는, 보다 야심차고 일관성 있는 수학 성취기준을 개발하고, 학습 주제 간의 연관성을 높이는 한편 개발된 성취기준과 교수 체제와 맞출 수 있다. 또한 트랙의 수와 계층화된 학제를 줄이거나 그 영향력을 약화시킬 수도 있을 것이다. 교사는 학생에게 정형화된 문제 대신 도전적이고 열려있는 과제를 부여하여 학생들이 고차원적인 수학 지식과 기술을 습득하게 하고, 수학에 대한 긍정적인 태도를 신장시키며, 핵심 개념을 다양한 난이도 수준에서 학습할 기회를 제공함과 동시에 수학에 어려움을 겪고 있는

학생들에게 맞춤형 지원을 제공할 수 있을 것이다. 수학에 대한 학부모의 기대와 태도 역시 중요하다. 그리고 우리 모두는 학생들의 학습 성과뿐 아니라 학생들의 학습 기회에 대해서도 모니터링하고 분석하는 것에 더 힘을 기울여야 한다.



Andreas Schleicher
Director for Education and skills

감사의 글

이 보고서는 PISA 및 OECD 사무국 참여 국가들의 협력을 통해 개발되었다. 이 보고서의 작성자는 Mario Piacentini와 Chiara Monticone 이고, Judit Pal 과 Bonaventura Pacileo 의 지원과 Marilyn Achiron 의 감수를 거쳐서 작성되었다. 또한, 보고서의 작성에 있어 OECD 사무국의 Andreas Schleicher, Montserrat Gomendio, Yuri Belfali, Miyako Ikeda, Francesco Avvisati, Francesca Borgonovi, Alfonso Echazarra, Tue Halgreen, Richard Lee, Daniel Salinas, Javier Suarez-Alvarez, Pablo Zoido 와 William Schmidt 의 감수 및 의견을 참고하였다. 통계, 편집 및 사무 업무에는 Marika Boiron, Rose Bolognini, Claire Chetcuti, Juliet Evans, Helene Guillou, Dario Laudati, Giannina Rech 의 지원이 있었다. 이 보고서의 개발 방향은 PISA 이사회와 이사장 Lorna Bertrand (영국) 의 인도를 받았고, 유럽 연합 집행위원회 또한 보고서의 개발에 큰 지원을 하였다.¹

1. 이 보고서는 유럽연합과의 공동 출자로 작성되었으며, 이 보고서에 실린 견해 및 논점은 유럽연합의 공식적인 견해와 일치하지 않을 수 있음을 알려드립니다.

목차

요약.....	13
참고사항	31
CHAPTER 1 수학 학습 기회의 중요성과 측정 방법	35
일상 생활에서 수학적 기능의 중요성.....	38
수학 지식과 수학 소양 사이의 관계	42
학습 기회의 개념	44
PISA의 학습 기회 측정 방식.....	47
PISA 2012의 학습 기회 측정법.....	62
순수수학 및 응용수학에 대한 노출	62
수학 친숙도.....	63
수학 문제에 대한 학생의 노출도	63
CHAPTER 2 수학 노출도 및 친숙도의 차이	71
국가 내에서 수학 내용에 접근하는 차이	73
개별 학생 요인 및 수학 내용에 대한 접근성.....	81
■ 수학 학습 기회에서의 성차.....	81
■ 이민자 출신 학생들의 수학 개념에 대한 친숙도.....	83
■ 취학 전 교육 경험과 수학 친숙도	85
학부모 선호도, 학교의 학생 선발, 수학 학습 기회	87
학습 기회의 형평성과 학생 분반.....	90
■ 유급을 통한 종적 계층화	92
■ 학교 간 및 학교 내 횡적 계층화	94
■ 전학을 통한 선별	104
학습 기회의 형평성과 학생 지도교재 및 관행이 어떻게 관련되는가	108

CHAPTER 3 학교에서의 수학 노출도와 PISA 성취도	123
수학 교육과정과 PISA 분야별 성취도	125
학습 기회와 수학 성취도의 차이	133
■ 학습 시간의 차이	133
■ 수학 노출도 및 친숙도 차이	136
학습 기회 수학 이해력 및 사회 경제적 지위 사이의 상관관계	151
PISA 수학 과제 예시	158
CHAPTER 4 학습 기회와 수학에 대한 태도	165
국가 및 하위 집단별 수학 학습 동기와 자아 신념의 차이	169
학습 기회와 수학에 대한 태도 간 관계	175
■ 순수수학에 대한 노출, 수학에 대한 친숙도 및 수학에 대한 태도	175
■ 응용수학에 대한 노출 및 수학에 대한 태도	180
■ 수학 평가와 불안감	180
수학에 대한 노출과 수학에 대한 태도 간 관계에 영향을 미치는 매개 변인	182
■ 수학을 열심히 하고 준비도가 높은 동료의 이점과 잠재적 단점	182
■ 부모의 참여와 자녀의 수학 불안감	186
■ 교사의 교수 활동 및 수학에 대한 태도	190
수학 지식 및 수학에 대한 참여도 함양	195
CHAPTER 5 수학 학습 기회 확대를 위한 정책 전략	201
모든 학생을 위한 일관된 기준, 틀, 교재의 개발	202
내용 지식을 넘어서는 수학적 능력 개발 지원	205
수학 노출도 면에서 형평성에 대한 복선형 학제의 영향 감소	207
학급 내 이질성 처리 방식 학습	208
■ 이질적 학급에 대한 효과적 지도	209
■ 어려움을 겪고 있는 학생에 대한 개별화된 지원 제공	209
교육과정 및 교수법의 혁신을 통한 수학에 대한 긍정적인 태도 배양	210
학습 기회의 추적 및 분석	211
Annex A LIST OF TABLES AVAILABLE ON LINE	217

표

표 5.1 수학 학습 기회를 확대하기 위한 정책 제언 203

박스

박스 1.1. 국제성인역량조사(PIAAC) 39

박스 1.2. PISA 2012의 학습 기회 측정 방법 48

박스 1.3. 실세계 맥락 문제의 장점과 잠재적 단점 58

박스 2.1. 사회 경제적 지위의 개념과 PISA의 측정 방식 74

박스 2.2. 학교 간/학교 내 복선형 학제의 국제적 추세 96

박스 3.1. PISA 과제 수준에 따른 성취도 분석 147

박스 3.2. 수학 교육과정에 고차적 사고 기능을 포함하는 방법 153

박스 3.3. 기본 수학 능력 156

박스 4.1. 수학에 대한 태도 분석 결과 168

박스 4.2. 교육과정 목표로서 수학에 대한 긍정적인 태도의 함양 175

그림

그림 1.1 분석틀 38

그림 1.2 업무에서 사용된 수리력 40

그림 1.3 교육 기간과 수리력, 경제 및 사회적 지위 사이의 관계 41

그림 1.4 PISA 수학 소양 모델 43

그림 1.5 교육과정 및 수업에 대한 표준화 정책 46

그림 1.6 주당 수학 수업 시간에 대한 2003년과 2012년 사이의 추이 49

그림 1.7 대수 및 기하에 대한 친숙도 51

그림 1.8 순수수학과 응용수학에 대한 노출도 사이의 관계 52

그림 1.9 학년별 수학 수업에서 수학 내용에 대한 노출도 OECD 평균 (23개국) 54

그림 1.10a 수학 수업에서 대수 문장제에 대한 노출도 55

그림 1.10b 수학 수업에서 실세계 맥락의 문제에 대한 노출도 57

그림 1.10c 수학 수업에서 절차적 수학 문제에 대한 노출도 59

그림 1.10d 수학 수업에서 순수수학 문제에 대한 노출도 60

그림 2.1 학교 내 및 학교 간 수학 친숙도 차이 75

그림 2.2 학생 및 학교의 사회 경제적 지위에 의해 설명되는 수학 친숙도의 차이 76

그림 2.3 부모의 교육 수준에 따른 수학 개념의 친숙도 77

그림 2.4 학생의 사회 경제적 지위에 따른 학교에서의 수학 학습 시간 78

그림 2.5a 학생의 사회 경제적 지위에 따른 응용수학에 대한 노출도 79

그림 2.5b 학생의 사회 경제적 지위에 따른 순수수학에 대한 노출도 80

그림 2.6 성별 수학 개념에 대한 친숙도 82

그림 2.7	학교별 평균 수학 친숙도에 따른 이민자 출신 학생 비율	84
그림 2.8	수학 친숙도와 유치원 교육.....	86
그림 2.9	학부모의 사회 경제적 지위에 따른 학교 선호도	88
그림 2.10	성적에 따른 학생 선발과 수학 친숙도의 형평성	89
그림 2.11	거주 지역 요건과 수학 친숙도의 형평성.....	91
그림 2.12	학생 선발 및 분반.....	92
그림 2.13	교육 수준에 따른 수학 친숙도와 사회 경제적 지위	93
그림 2.14	유급과 수학 친숙도의 형평성	95
그림 2.15	복선형 학제 시작 연령과 수학 친숙도의 형평성	97
그림 2.16	사회 취약 계층 학생 및 수학 친숙도가 저조한 학생들이 실업계 학교에 집중되는 비율.....	98
그림 2.17	학습 환경에 대한 능력 차이의 영향	100
그림 2.18a	학교의 사회 경제적 지위에 따른 능력별 학급 편성.....	102
그림 2.18b	능력별 학급 편성 및 수학 친숙도.....	103
그림 2.19	학생의 능력에 맞춰 학업 성취도 기준을 조정할 필요에 대한 교사의 신념	105
그림 2.20	학교의 사회 경제적 지위에 따른 능력별 과제 배정.....	106
그림 2.21	학교 전학과 수학 친숙도의 형평성	107
그림 2.22a	학교의 사회 경제적 지위에 따른 교사 당 학생 수	109
그림 2.22b	학교의 사회 경제적 지위에 따른 자격 조건이 잘 갖춰진 교사 비율	110
그림 2.23a	학교의 사회 경제적 지위에 따른 인지 활성화 전략의 사용과 학생의 수학 성취도	112
그림 2.23b	학교의 사회 경제적 지위에 따른 인지 활성화 전략의 사용과 학생의 수학 친숙도	113
그림 2.24	학생의 사회 경제적 지위에 따른 학교의 규율적 분위기와 수학 친숙도	115
<hr/>		
그림 3.1	수학 내용 영역별 성취도	127
그림 3.2	PISA 내용 영역별 문항 난이도	128
그림 3.3a	변화와 관계 영역에서 2003 년과 2012 년의 성취도 변화,	129
그림 3.3b	양 영역에서 2003 년과 2012 년 성취도 변화	130
그림 3.3c	공간과 모양 영역에 대한 2003 년과 2012 년 성취도 변화	131
그림 3.3d	불확실성과 자료 영역에 대한 2003 년과 2012 년 성취도 변화	132
그림 3.4	성취도와 학교 수업 시간 사이의 관계	134
그림 3.5	학교 요인 반영 이후 수업 시간과 수학 성취도.....	135
그림 3.6	수학 수업 시간, 성취도 및 규율적 분위기	137
그림 3.7	성취도와 방과후 수업 시간의 관계	138
그림 3.8a	순수수학 노출도와 성취도 사이의 관계.....	139
도표 3.8b	응용수학 노출도와 성취도 사이의 관계.....	140
그림 3.8c	수학 친숙도와 성취도 사이의 관계	142
그림 3.9	응용수학 및 순수수학 노출도와 수학 성취도.....	143

그림 3.10	순수수학에 대한 노출도와 상위/하위 성취수준에 속할 가능성.....	144
그림 3.11	순수수학에 대한 노출도에 따른 학년 간 수학 성취도 차이.....	146
그림 3.12	문항 난이도에 따른 수학 친숙도와 PISA 문항 점수.....	149
그림 3.13	수학 친숙도와 어려운 문제의 성취도	150
그림 3.14	수학 친숙도와 가장 어려운 문제의 해결 능력.....	152
그림 3.15	사회 경제적 지위에 따른 수학 친숙도별 성취도 차이.....	154
그림 3.16	문항 난이도별 사회 경제적 지위와 수학 성취도	155
그림 3.17	사회 경제적 지위와 기본 수학 능력별 PISA 수학 과제별 성취도.....	157
<hr/>		
그림 4.1	학습 기회와 수학에 대한 태도 간 직접적·간접적 관계.....	169
그림 4.2	수학에 흥미가 있다고 응답한 학생의 비율 변화(2003 년과 2012 년 결과 비교)	170
그림 4.3	학생의 사회 경제적 지위에 따른 수학에 대한 자아 개념	172
그림 4.4	학생의 성별에 따른 수학 불안감.....	173
그림 4.5	학생의 성별 및 사회 경제적 지위에 따른 STEM 분야에 대한 학습계획, 동기, 직업 전망.....	174
그림 4.6	순수수학에 대한 노출도와 학생들의 자아 개념	176
그림 4.7	수학 친숙도와 수학에 대한 자아 개념 간 관계.....	178
그림 4.8	성취수준별 수학 친숙도 및 수학 불안감.....	179
그림 4.9	수학 수업에서의 수학 노출도와 학생들의 자아 개념 간 관계	181
그림 4.10	수학 불안감 및 수업에서 가르친 내용과 평가 내용 간 차이.....	182
그림 4.11	학교의 수학 친숙도별 수학 학습 동기 및 동료 집단의 태도.....	183
그림 4.12	친구와 비교할 때의 수학에 대한 자아 개념 및 상대적 수학 친숙도	185
그림 4.13	수학 친숙도별 방과후 부모와 함께 공부하는 시간.....	187
그림 4.14	성취수준별 부모의 수학에 대한 태도 및 학생의 수학 불안감	189
그림 4.15	수학 친숙도별 교수 활동과 학생들의 수학 불안감 간 관계.....	191
그림 4.16	수학 친숙도별 교수 활동과 학생들의 수학에 대한 자아 개념 간 관계.....	192
그림 4.17	수학에 대한 흥미와 수업 시간 중 컴퓨터의 활용	193
그림 4.18	수학 과제 맥락별 사회 경제적 지위에 따른 학생 집단 간 성취도 격차.....	196
그림 4.19	수학 흥미도에 따른 순수수학 노출도와 성취도 간 관계	197

최신 OECD 보고서를 받아 보십시오:



http://twitter.com/OECD_Pubs



<http://www.facebook.com/OECDPublications>



<http://www.linkedin.com/groups/OECD-Publications-4645871>



<http://www.youtube.com/oecdlibrary>



<http://www.oecd.org/oecddirect/>

이 책에는...

StatLinks 

인쇄된 페이지에서 마이크로소프트 Excel® 파일을 다운로드할 수 있는
기능이 있습니다!

표나 그래프 하단부에서 **StatLinks**  를 찾으십시오. 해당 Excel® 스프레드시트를 다운로드하기 위해서는 인터넷 브라우저에 <http://dx.doi.org> 를 입력한 후 해당 링크를 입력하거나, e-book 에 있는 링크를 클릭하시기 바랍니다.

요약

수리력이 현대의 업무에서 차지하는 비중이 점점 확대됨에 따라, 학생들에게도 계산 및 논리적 추론과 수학을 사용하여 익숙하지 않은 문제들을 해결할 수 있는 능력을 갖추 필요성이 요구되고 있다. 그러나, PISA 2012의 결과에 따르면 대부분의 국가에서 15세 학생 중 소수만이 핵심적인 수학 개념을 이해하고 사용할 수 있는 것으로 나타났다. 평균적으로 OECD 국가의 학생 중 30% 미만이 산술평균의 개념을 이해하는 것으로 나타났으며, 50% 미만이 다각형의 개념을 사용할 수 있는 것으로 나타났다.

"학습 기회"는 교실에서 가르친 내용과 학생이 내용을 학습하는 데 걸린 시간을 의미한다. 학습 기회는 학생들에게 불평등하게 주어지며, 심지어 같은 학교에 다니는 학생들조차 동등한 학습 기회를 갖지 못하는 것으로 나타난다. 이러한 학습 기회의 불평등을 완화하는 건 불가능하지 않다. PISA 결과에 따르면 사회 경제적 혜택층 학생들과 사회 취약 계층 학생들간의 수학 성취도 격차가 학생의 수학에 대한 친숙도와 연관되어 있는 것으로 나타난다. 그에 따라, 사회 취약 계층 학생들의 수학 학습 기회를 증진시킨다면 수학 성취도의 불평등과 평균 성취도를 상당히 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다. 이는 집중적이고 일관된 교육과정, 능력에 따른 학생 분반 정책의 효과에 대한 철저한 평가, 이질적인 학생 그룹을 가르치는 교사에 대한 지원 강화를 통하여 성취될 수 있다.

복선형 학제와 능력별 학급 편성이 학생들의 수학에 대한 노출도와 교사의 지도 관행에 영향을 준다.

OECD 국가를 대상으로 한 조사에서 학생 및 학교의 사회 경제적 차이가 수학 개념에 대한 친숙도 격차의 약 9%를 설명하는 것으로 나타났다. 어떤 국가는 20%를 설명하기도 한다. 복선형 학제, 성적에 따른 입시, 성취도가 낮은 학생이나 문제 학생을 다른 학교로 전학시키는 교육 제도 수준의 정책 또한 수학 개념에 대한 노출도의 편차를 초래하는 요인으로 지목되었다. PISA 2012의 결과에 따르면 OECD 국가에서 학생 및 학교의 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 끼치는 영향의 국가 간 차이 54%는 실업계 및 인문계 학교 계열로 분류되는 나이에서 기인하는 것으로 나타났다.

어떤 국가에서는 복선형 학제가 학교 내의 능력별 학급 편성제로 대체된 바 있다. OECD 국가의 학생 중 70% 이상이 수학에서 능력별 학급 편성제를 시행한다고 응답한 학교를 다니는 것으로 나타났다. 하지만 이러한 능력별 학급 편성제는 복선형 학제만큼이나 사회 취약 계층 학생들에게 수학에 대한 학습 기회를 제한한다.

복선형 학제 시작 연령을 늦추거나 능력별 학급 편성을 줄이는 것이 학생들의 사회 경제적 지위가 학습 기회에 행사하는 영향을 완화할 수는 있으나, 교사들에게 더 이질적 학급을 지도해야 한다는 부담을 지게 된다. 교사들은 일반적으로 평등한 학습 기회를 제공하는 것에 동의한다: OECD 국가의 학생들 중 약 70%가 교사들이 학생들의 수준과 필요에 맞춰 학업 성취도 기준을 설정해야 한다고 대답한 학교에 다니고 있다. 하지만 학생들의 수준과 욕구에 맞추는 동시에 교실에 있는 학생 전체를 위한 수업을 진행하기는 상당히 어려운 일이다. 따라서 학업 능력이 이질적인 학급을 지도하는 교사에게 조 편성의 자율성이나 협동 학습과 같이 학생 전체의 학습 기회를 제고할 수 있는 교수법을 시도할 수 있도록 하는 지원이 필요하다.

수학 개념과 절차에 대한 노출은 학생들의 성취에 영향을 주지만, 그 자체만으로 고차적 사고 기능을 제고하지는 않는다.

PISA 결과는 수학 수업 시간의 효용성이 교실의 규율적 분위기의 영향을 크게 받는다는 이전의 연구결과를 재확인하였다. 그리고 시간의 양보다 수업의 내용이 더 중요하다는 것도 밝혀졌다.

(일차방정식과 이차방정식 같은) 순수수학 과제 및 절차에 대한 노출도는 성취도가 높은 학생들이 수학 수업을 더 많이 제공하는 학교에서 공부할 가능성을 감안하더라도, 학생의 성취도와 상당히 강한 상관관계를 갖는다. 이와는 반대로 (열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기 등의) 간단한 응용수학 문제에 대한 노출도는 학생의 성취도와 상대적으로 약한 상관관계를 갖는다. 이는 수학 수업에서 실생활 관련 내용을 포함한다고 해서 자동적으로 정형적인 문제가 좋은 문제로 탈바꿈하지 않는다는 것을 보여준다. 즉, 수학 수업에서 잘 설계된 도전적인 문제들을 사용하는 것이 학생들의 성취도에 상당한 영향을 줄 수 있다.

핵심 개념과 절차의 숙달은 수학 학습에서 필수적이거나, 복잡한 문제 해결에는 불충분하다. PISA 결과는 방정식과 공식에 대한 노출도가 문제의 주요 용어들을 말하고 수업 시간에 배운 절차를 응용해야 하는 문제를 해결하는 데 도움을 줄 수 있다는 것을 보여준다. 하지만 이러한 절차에 대한 노출도가 단순히 높아진다고 해서 학생들이 능숙하게 사고하고 추론하는 기술을 획득하는 것은 아니다. 문제해결을 위한 전략 - 즉, 학생들에게 질문하고, 연결하고 예측하며, 복잡한 문제를 개념화하고 모델링하는 방법 등 - 을 학생들에게 가르치는 데에는 상당한 시간이 소요되며, 사회 취약 계층 학생들이 모인 학교에서 상당한 어려움을 수반한다. 이 때, 재구성된 교과서, 수업 자료, 교사 연수 등을 사용하여 이러한 교수법을 기존의 교육과정에 통합하는 데 필요한 시간을 최소화할 수 있다.

복잡한 수학에 대한 노출은 학생들의 태도에 영향을 줄 수 있다

학생들에게 비교적 복잡한 수학 주제들을 제시하는 것은 자신감이 부족한 학생들의 자신감을 더욱 저하시킬 우려도 있지만, 어려운 주제들을 다룰 준비가 되어 있는 학생들에게는 수업 태도와 자신감을 제고할 기회가 될 수 있다. OECD 국가의 학생들을 대상으로 시행한 조사에서 복잡한 수학 개념에 대한 노출은 일반적으로 성취도가 저조한 학생들에게는 낮은 자신감/높은 불안감을, 성취도가 높은 학생들에게는 높은 자신감/낮은 불안감을 주는 것으로 나타났다. PISA에서는 학생들을 소규모 그룹으로 편성하거나 학생들의 필요에 맞는 도움을 제공하는 것, 그리고 수업 내용과 평가 내용의 불일치를 줄임으로써 학생들의 자신감과 문제해결 능력을 제고할 수 있다는 결과를 도출하였다. 또한, 수학 교실에서 컴퓨터를 사용할 때 학생들의 참여도가 높아진다는 것을 확인할 수 있다. 더구나 학부모의 수학 불안감이 학생들에게도 비의도적으로 전달될 수 있다는 PISA 결과는 교사가 학부모와 협력하여 학생들의 수학에 대한 태도를 제고할 수 있다는 것을 보여준다.

이스라엘에 대한 통계 자료는 이스라엘의 유관기관의 책임 하에 획득하였음을 알려드립니다. 이 보고서에서 사용된 통계 자료에는 골란 고원, 동예루살렘 및 서안지구의 주권 및 기타 사항에 대한 어떠한 시사점도 포함되어 있지 않음을 알려드립니다.

■ 표 0.1 [1/2] ■
수학 학습 기회 개요

- 수학 수업 시간/노출도가 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학 수업 시간/노출도가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학 수업 시간/노출도가 OECD 평균 보다 낮은 국가들

	정규수업 중 주당 수학 수업 시간 (분)		응용수학에 대한 노출도		순수수학에 대한 노출도	
	2012	2003년 과 2012년 사이의 차이	수업 시간에 "열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기" 등의 문제를 주로 다룬다고 대답한 학생 비율	지수	수업 시간에 " $6x^2 + 5 = 29$ " 와 같은 문제를 주로 다룬다고 대답한 학생 비율	지수
	분	차이	%	평균 지수	%	평균 지수
OECD 평균	218	13	17.1	0.00	61.6	0.00
칠레	398	m	28.1	-0.03	55.4	-0.10
캐나다	314	91	13.7	-0.10	59.5	-0.09
아랍에미리트	311	m	18.1	0.07	58.4	-0.10
포르투갈	288	93	7.3	-0.37	48.0	-0.35
싱가포르	288	m	12.4	0.31	74.8	0.33
페루	287	m	20.9	0.13	62.9	0.11
튀니지	276	26	14.3	-0.20	46.7	-0.30
마카오-중국	275	3	11.9	-0.11	68.3	0.21
상하이-중국	269	m	14.2	0.18	67.0	0.06
아르헨티나	269	m	15.7	-0.16	50.4	-0.25
홍콩-중국	268	-2	6.5	-0.14	64.4	0.15
콜롬비아	263	m	21.5	-0.16	42.5	-0.39
카타르	259	m	26.1	0.09	50.1	-0.28
이스라엘	254	m	15.2	-0.39	65.4	0.03
미국	254	33	11.4	-0.08	65.5	0.09
멕시코	253	18	17.7	0.18	56.7	-0.03
아이슬란드	244	-10	23.6	0.20	72.3	0.23
대만	243	m	8.7	-0.11	59.6	-0.04
뉴질랜드	241	1	13.4	-0.05	48.4	-0.27
호주	236	6	15.7	-0.10	51.1	-0.17
일본	235	18	17.5	-0.18	69.4	0.19
이탈리아	232	19	11.7	-0.42	71.7	0.22
영국	230	m	18.8	0.03	62.0	0.02
요르단	227	m	24.6	0.30	55.2	-0.22
베트남	227	m	8.7	-0.23	68.0	0.17
덴마크	224	18	25.0	0.27	46.3	-0.37
라트비아	224	10	11.2	0.02	59.9	-0.01
에스토니아	223	m	18.1	0.07	62.5	0.03
러시아	222	15	25.4	0.18	75.0	0.29
벨기에	217	21	12.6	-0.23	62.6	-0.09
브라질	215	4	25.8	0.05	38.1	-0.56
대한민국	213	-33	24.3	0.40	79.4	0.43

참고: 응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

정규 학교 교육에서 주당 수학 수업 시간에 대한 2012년 OECD 평균은 OECD 국가 전체를 기준으로 한 평균값이다. 표 1.6에서 제시한 OECD 평균값은 PISA 2003 와 PISA 2012 에 모두 참여한 국가들을 기준으로 한 값이다.

통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다.

이 표에서 국가 순서는 정규 수학 수업 시간을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 1.6, 1.9a and 1.9b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377644>

■ 표 0.1 [2/2] ■
수학 학습 기회 개요

- 수학 수업 시간/노출도가 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학 수업 시간/노출도가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학 수업 시간/노출도가 OECD 평균 보다 낮은 국가들

	정규수업 중 주당 수학 수업 시간 (분)		응용수학에 대한 노출도		순수수학에 대한 노출도	
	2012	2003 년과 2012 년 사이의 차이	수업 시간에 "열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기" 등의 문제를 주로 다룬다고 대답한 학생비율	지수	수업 시간에 " $6x^2 + 5 = 29$ " 와 같은 문제를 주로 다룬다고 대답한 학생비율	지수
OECD 평균	218	13	17.1	0.00	61.6	0.00
리히텐슈타인	211	-5	13.8	0.01	76.2	0.22
스페인	210	34	17.7	0.17	74.1	0.27
인도네시아	209	-23	20.2	0.05	53.5	-0.15
그리스	209	22	12.8	-0.41	67.5	0.05
코스타리카	208	m	23.3	-0.37	57.1	-0.06
프랑스	207	-1	15.9	-0.05	64.9	0.02
스위스	207	8	17.7	-0.02	62.7	0.01
태국	206	-18	11.6	0.40	53.0	-0.09
룩셈부르크	205	4	20.0	-0.28	52.8	-0.25
말레이시아	201	m	10.7	0.00	59.8	-0.02
노르웨이	199	33	17.8	0.18	57.8	0.00
폴란드	198	-7	21.2	0.48	61.8	0.09
독일	197	14	15.4	0.06	68.9	0.13
키프로스 ¹	189	m	22.5	-0.17	60.4	-0.04
아일랜드	189	-2	20.0	0.14	68.1	0.14
카자흐스탄	183	m	35.9	0.51	68.6	0.16
체코	182	14	11.0	-0.25	54.2	-0.09
스웨덴	182	17	22.1	0.33	45.0	-0.25
슬로바키아	181	-18	15.4	0.05	57.1	-0.11
핀란드	175	19	21.1	0.23	61.3	0.00
터키	172	-28	17.0	-0.17	58.8	-0.10
리투아니아	172	m	16.6	0.19	65.3	0.13
알바니아	171	m	16.6	0.22	69.5	0.15
네덜란드	171	21	6.8	0.22	64.6	-0.01
루마니아	169	m	19.1	0.10	60.6	-0.07
슬로베니아	160	m	17.7	0.04	67.2	0.20
오스트리아	156	-10	19.0	-0.03	63.8	-0.03
우루과이	156	-27	12.5	-0.51	58.0	-0.06
세르비아	154	m	19.9	-0.24	60.5	-0.08
헝가리	150	-13	19.9	0.11	67.4	0.14
크로아티아	147	m	17.6	-0.04	67.8	0.19
몬테네그로	142	m	30.1	0.06	59.8	-0.09
불가리아	134	m	19.3	0.00	65.4	0.06

1. 터키 측에서 제시한 참고 사항: 이 문서에서 "키프로스"로 표기된 정보는 키프로스 섬의 남단부를 지칭한다. 키프로스 섬에 거주하는 터키 및 그리스 국적인 전체를 대표하는 집단이 없기 때문이다. 터키는 북키프로스 터키 공화국을 승인하고 있다. UN 내에서 양측에 공평하고 영속적인 해결책이 고안되기 전까지 터키는 "키프로스 문제"에 관해 현재 입장을 고수할 것이다. 유럽연합과 유럽연합의 OECD 회원국에서 제시한 참고사항: 키프로스 공화국은 터키를 제외한 모든 UN 회원국이 승인한 국가이다. 이 문서에서 제시된 정보는 키프로스 공화국 정부의 통계 아래에 있는 지역에 대한 정보이다.

참고: 응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다

순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다

정규 학교 교육에서 주당 수학 수업 시간에 대한 2012 년 OECD 평균은 OECD 국가 전체를 기준으로 한 평균값이다. 표 1.6 에서 제시한 OECD 평균값은 PISA 2003 와 PISA 2012 에 모두 참여한 국가들을 기준으로 한 값이다 통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다.

이 표에서 국가 순서는 정규 수학 수업 시간을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 1.6, 1.9a and 1.9b.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377644>

■ 표 0.2 [1/2] ■
수학에 대한 친숙도 개요

- 수학에 대한 친숙도가 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학에 대한 친숙도가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학에 대한 친숙도가 OECD 평균 보다 낮은 국가들

지수	수학 친숙도						
	산술평균		일차 방정식		벡터		
	개념을 들어보지 못한 학생 비율	개념을 (잘) 이해하는 학생 비율	개념을 들어보지 못한 학생 비율	개념을 (잘) 이해하는 학생 비율	개념을 들어보지 못한 학생 비율	개념을 (잘) 이해하는 학생 비율	
평균 지수	%	%	%	%	%	%	
OECD 평균	0.00	30.8	29.4	12.8	41.8	34.9	20.3
대한민국	1.34	52.4	13.2	0.9	69.0	34.4	2.7
상하이-중국	1.12	7.4	68.3	50.1	8.5	7.1	74.7
대만	0.95	9.6	46.2	21.1	23.9	19.6	19.4
스페인	0.82	20.0	34.9	12.3	41.8	31.3	28.5
일본	0.79	1.2	76.1	1.6	69.1	31.6	9.6
마카오-중국	0.52	22.7	35.7	1.3	72.3	33.3	20.8
홍콩-중국	0.50	15.8	44.7	31.7	28.4	45.1	13.0
베트남	0.43	20.1	25.6	64.9	4.2	5.1	60.4
라트비아	0.41	5.2	62.9	3.3	49.1	43.4	8.9
에스토니아	0.35	4.8	59.2	1.0	63.7	39.7	6.3
헝가리	0.33	33.4	19.4	5.4	52.8	7.2	45.6
키프로스 ¹	0.31	15.0	38.1	26.5	23.0	7.6	41.0
그리스	0.31	9.5	44.5	18.4	23.4	5.6	46.4
체코	0.26	8.7	52.3	2.7	59.5	48.6	11.8
벨기에	0.11	33.2	28.5	29.7	21.9	25.2	36.6
핀란드	0.11	67.0	3.3	7.9	33.4	60.1	2.6
터키	0.10	4.7	49.3	6.4	26.4	4.6	42.1
이스라엘	0.10	20.6	46.0	16.4	53.9	65.7	10.0
프랑스	0.09	38.0	21.3	10.5	44.3	24.8	48.9
독일	0.09	50.4	17.3	6.2	63.6	42.0	14.4
오스트리아	0.05	53.4	14.8	10.9	51.3	28.5	30.1
리히텐슈타인	0.04	60.0	10.8	16.2	50.7	38.3	27.3
미국	0.03	42.5	18.7	3.2	56.8	31.5	12.7
싱가포르	0.02	35.8	26.0	2.4	62.6	15.1	44.0
아이슬란드	0.02	30.1	32.5	53.0	8.2	73.6	2.8
슬로바키아	-0.04	11.7	47.1	4.5	57.0	51.1	12.3
이탈리아	-0.04	10.3	56.6	19.5	36.8	17.9	36.2
슬로베니아	-0.06	15.5	39.6	2.2	64.2	17.1	28.9
러시아	-0.07	2.3	74.2	1.5	70.8	2.8	65.1
우루과이	-0.07	54.8	6.4	18.7	26.4	14.9	35.0
아랍에미리트	-0.08	13.7	52.9	8.1	55.0	29.9	27.1
캐나다	-0.10	45.3	14.6	5.8	55.6	32.4	13.2
리투아니아	-0.12	17.7	36.8	15.1	35.1	57.9	3.0

1 표 0.1 [2/2]의 참고사항 1 번을 참조할 것.

참고: 수학에 대한 친숙도는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등의)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

이 표에서 국가 순서는 수학에 대한 친숙도를 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 1.7 and 1.8.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377650>

■ 표 0.2 [2/2] ■
수학에 대한 친숙도 개요

- 수학에 대한 친숙도가 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학에 대한 친숙도가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학에 대한 친숙도가 OECD 평균 보다 낮은 국가들

	수학 친숙도						
	지수	산술평균		일차방정식		벡터	
		개념을 들어보지 못한 학생 비율	개념을 (잘) 이해하는 학생 비율	개념을 들어보지 못한 학생 비율	개념을 (잘) 이해하는 학생 비율	개념을 들어보지 못한 학생 비율	개념을 (잘) 이해하는 학생 비율
평균 지수	%	%	%	%	%	%	
OECD 평균	0.00	30.8	29.4	12.8	41.8	34.9	20.3
크로아티아	-0.14	9.8	49.3	1.4	72.0	3.5	55.9
스위스	-0.18	51.0	11.1	21.1	31.2	45.5	17.3
포르투갈	-0.18	30.9	20.9	16.8	24.5	8.4	47.3
불가리아	-0.19	9.7	53.7	5.4	57.5	9.7	40.7
세르비아	-0.26	12.6	38.0	1.6	64.2	3.2	58.0
폴란드	-0.27	1.8	65.7	20.0	15.8	16.3	21.6
칠레	-0.27	28.8	17.4	4.9	49.7	16.5	30.4
덴마크	-0.31	10.4	42.1	11.0	38.8	54.1	3.3
영국	-0.32	40.3	18.6	11.3	35.9	18.4	27.0
호주	-0.34	43.2	15.5	9.2	47.1	31.1	12.9
아일랜드	-0.34	38.6	22.1	11.8	38.0	58.1	4.0
루마니아	-0.34	5.6	54.3	5.3	52.7	7.4	39.8
요르단	-0.38	7.8	66.1	9.2	60.3	33.1	18.7
코스타리카	-0.39	46.4	12.3	27.3	23.7	39.7	25.2
튀니지	-0.40	12.2	46.3	47.6	12.3	33.2	19.6
콜롬비아	-0.42	21.9	18.2	12.6	28.4	25.5	26.4
네덜란드	-0.43	27.5	25.0	10.2	42.5	58.0	8.2
몬테네그로	-0.47	24.9	22.4	3.9	59.5	9.0	44.6
카자흐스탄	-0.48	5.8	53.6	6.9	47.8	5.5	54.4
멕시코	-0.48	18.7	17.9	9.0	30.0	27.2	10.5
스웨덴	-0.49	65.3	3.8	39.0	8.6	71.5	3.4
뉴질랜드	-0.53	49.2	10.2	13.0	36.7	34.0	13.0
페루	-0.56	15.2	25.1	7.1	35.4	29.6	18.8
브라질	-0.57	29.1	17.5	28.5	12.9	36.8	11.4
룩셈부르크	-0.58	56.7	10.4	27.8	27.7	39.0	28.3
아르헨티나	-0.60	58.7	7.5	27.6	23.8	38.6	19.0
알바니아	-0.62	5.6	52.7	6.6	42.6	3.1	58.3
태국	-0.72	5.4	31.0	3.4	34.9	16.3	22.8
카타르	-0.83	19.1	35.9	15.3	44.3	27.8	24.5
말레이시아	-0.85	54.3	3.9	9.1	35.7	30.1	10.2
인도네시아	-0.90	5.0	27.2	8.6	19.6	20.2	11.1
노르웨이	m	m	m	m	m	m	m

참고: 수학에 대한 친숙도는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13 개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.
 이 표에서 국가 순서는 수학에 대한 친숙도를 내림차순으로 정렬한 것이다.
 출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 1.7 and 1.8.
 StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377650>

■ 표 0.3 [1/2] ■

학생 및 학교의 특성에 따른 수학 학습 기회의 변화량

- 사회 경제적 지위와 수학 친숙도 간의 상관관계가 OECD 평균 보다 낮은 국가들
- 사회 경제적 지위와 수학 친숙도 간의 상관관계가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 사회 경제적 지위와 수학 친숙도 간의 상관관계가 OECD 평균 보다 높은 국가들

	학생 및 학교의 사회 경제적 특성에 의해 설명되는 수학 친숙도의 변화 비율(%)	사회 경제적 혜택층 학생과 사회 취약 계층 학생 간의 편차				수학에 대한 친숙도		
		정규 학교 교육에서 주당 수학 수업 시간 (분)	응용수학에 대한 노출도	순수수학에 대한 노출도	수학에 대한 친숙도	차이 (성별)	차이 (비이민자 - 이민자)	차이 (유치원 교육 유무)
		%	차이	차이	차이	차이	차이	차이
OECD 평균	8.5	7	0.23	0.44	0.45	-0.15	0.17	0.29
리히텐슈타인	24.5	-15	0.36	0.28	0.60	0.06	0.48	c
헝가리	21.4	3	0.07	0.41	0.85	-0.25	-0.07	c
오스트리아	18.6	-3	0.11	0.51	0.77	-0.07	0.30	0.23
독일	16.3	-11	0.11	0.44	0.61	-0.12	0.29	0.37
슬로베니아	15.3	19	0.22	0.35	0.43	-0.15	0.13	0.11
벨기에	14.4	31	0.19	0.69	0.76	-0.09	0.33	0.51
대만	13.7	57	0.50	0.59	0.74	-0.17	c	0.34
네덜란드	12.6	-10	0.06	0.63	0.42	-0.08	0.25	0.26
대한민국	12.5	24	0.55	0.42	0.63	-0.11	c	0.05
칠레	12.4	-20	0.22	0.50	0.59	-0.06	-0.01	0.32
슬로바키아	11.8	6	-0.10	0.36	0.50	-0.22	c	0.51
브라질	11.6	18	0.19	0.19	0.46	-0.12	0.08	0.18
스위스	11.4	-15	0.15	0.50	0.61	-0.04	0.31	0.44
크로아티아	11.2	31	0.08	0.32	0.45	-0.16	0.11	0.17
일본	10.7	53	0.33	0.40	0.33	0.00	c	0.94
이탈리아	10.5	4	0.04	0.38	0.40	-0.08	0.42	0.38
포르투갈	10.5	20	0.36	0.66	0.74	-0.24	0.15	0.22
터키	10.3	37	-0.01	0.48	0.45	-0.37	c	0.25
태국	10.2	34	0.28	0.42	0.35	-0.26	c	0.16
세르비아	10.1	16	-0.02	0.26	0.43	-0.21	-0.14	0.14
우루과이	9.8	6	-0.05	0.39	0.54	-0.18	c	0.30
불가리아	9.2	16	0.17	0.52	0.58	-0.34	c	0.22
싱가포르	8.7	30	0.11	0.33	0.54	-0.20	0.00	0.58
룩셈부르크	8.4	3	0.34	0.58	0.50	-0.03	0.03	0.05
체코	7.9	4	0.04	0.40	0.27	-0.12	0.16	0.30
스페인	7.8	-4	0.07	0.31	0.79	-0.21	0.44	0.48
루마니아	7.6	9	0.22	0.50	0.59	-0.16	c	0.26
몬테네그로	7.6	21	0.14	0.25	0.39	-0.15	-0.04	0.14
콜롬비아	7.5	17	0.27	0.18	0.39	-0.03	c	0.14
상하이-중국	7.4	11	0.13	0.09	0.55	-0.15	c	0.85
페루	7.3	23	0.43	0.51	0.47	-0.11	c	0.16
미국	6.6	24	0.31	0.36	0.60	-0.24	-0.02	0.15
호주	5.5	3	0.37	0.62	0.34	-0.09	-0.22	0.19

참고: 수학에 대한 친숙도는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13 개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.
 응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다
 순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다
 통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다.
 이 표에서 국가 순서는 학생 및 학교의 사회 경제적 특성에 의해 설명되는 수학 친숙도의 변화 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.
 출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 2.2, 2.3, 2.4a and 2.10.
 StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/88893377666>

■ 표 0.3 [2/2] ■

학생 및 학교의 특성별 수학 학습 기회의 편차 개요

- 사회 경제적 지위와 수학 친숙도 간의 상관관계가 OECD 평균 보다 낮은 국가들
- 사회 경제적 지위와 수학 친숙도 간의 상관관계가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 사회 경제적 지위와 수학 친숙도 간의 상관관계가 OECD 평균 보다 높은 국가들

	학생 및 학교의 사회 경제적 특성에 의해 설명되는 수학 친숙도의 변화 비율(%)	사회 경제적 혜택층 학생과 사회 취약 계층 학생 간의 차이				수학에 대한 친숙도		
		정규 학교 교육에서 주당 수학 수업 시간 (분)	응용수학에 대한 노출도	순수수학에 대한 노출도	수학에 대한 친숙도	차이 (성별)	차이 (비이민자 - 이민자)	차이 (유치원 교육 유무)
		%	차이	차이	차이	차이	차이	차이
OECD 평균	8.5	7	0.23	0.44	0.45	-0.15	0.17	0.29
리투아니아	5.4	5	0.20	0.28	0.23	-0.33	0.11	0.13
아일랜드	5.1	1	0.28	0.44	0.35	-0.15	0.03	0.05
영국	5.0	-8	0.26	0.36	0.32	-0.15	0.04	0.33
뉴질랜드	4.9	3	0.56	0.72	0.33	-0.12	-0.10	0.21
러시아	4.8	20	0.22	0.35	0.36	-0.20	0.19	0.21
폴란드	4.7	9	0.24	0.30	0.41	-0.21	c	0.21
아르헨티나	4.7	65	0.24	0.35	0.31	-0.17	0.28	0.26
인도네시아	4.4	27	0.33	0.27	0.18	-0.04	c	0.14
코스타리카	4.2	22	0.19	0.42	0.32	-0.09	0.23	0.16
아랍에미리트	4.1	-5	0.42	0.55	0.28	-0.35	-0.42	0.33
카타르	3.9	-5	0.24	0.48	0.32	0.02	-0.48	0.32
그리스	3.7	10	-0.04	0.48	0.41	-0.32	0.36	0.34
아이슬란드	3.5	3	0.53	0.40	0.33	-0.32	0.46	0.38
라트비아	3.3	13	0.20	0.43	0.31	-0.36	0.29	-0.06
카자흐스탄	3.2	37	0.18	0.25	0.22	-0.10	0.11	0.18
마카오-중국	2.8	8	0.14	0.05	-0.27	0.00	-0.24	0.46
이스라엘	2.7	18	0.13	0.44	0.32	-0.16	0.07	0.66
스웨덴	2.7	-6	0.45	0.40	0.26	-0.17	0.16	0.23
캐나다	2.6	11	0.41	0.43	0.29	-0.18	-0.04	0.07
베트남	2.6	21	-0.02	0.40	0.24	-0.19	c	0.22
튀니지	2.2	21	0.30	0.50	0.12	-0.12	c	0.12
멕시코	1.9	11	0.15	0.23	0.18	-0.10	0.22	0.14
요르단	1.6	3	0.55	0.54	0.33	-0.53	-0.04	0.25
핀란드	1.4	5	0.36	0.40	0.23	-0.24	0.29	0.10
덴마크	1.2	-1	0.16	0.16	0.20	-0.03	0.21	0.42
홍콩-중국	1.2	8	0.23	0.23	-0.24	0.05	-0.11	0.33
말레이시아	0.6	33	0.50	0.59	0.11	-0.07	0.02	0.03
에스토니아	0.6	4	0.29	0.29	0.13	-0.21	0.23	-0.15
키프로스 ¹	0.2	6	0.41	0.54	0.11	-0.43	0.32	0.24
알바니아	m	m	m	m	m	-0.01	c	0.14
프랑스	w	18	0.32	0.54	0.64	-0.16	0.21	0.62
노르웨이	m	2	0.27	0.28	m	m	m	m

1. 표 0.1 [2/2]의 참고사항 1 번을 참조할 것.

참고: 수학에 대한 친숙도는 수학 개념(지수학, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13 개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다.

이 표에서 국가 순서는 학생 및 학교의 사회 경제적 특성에 의해 설명되는 수학 친숙도의 변화 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 2.2, 2.3, 2.4a and 2.10.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377666>

■ 표 0.4 [1/2] ■

학생의 사회 경제적 지위에 따른 수학에 대한 친숙도 변화량 개요

- 수학 친숙도가 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학 친숙도가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학 친숙도가 OECD 평균 보다 낮은 국가들

	개념을 (잘) 이해하는 학생의 비율								
	산술평균			일차방정식			벡터		
	사회 취약 계층 학생	사회 경제적 혜택층 학생	차이 (혜택층 - 취약 계층)	사회 취약 계층 학생	사회 경제적 혜택층 학생	차이 (혜택층 - 취약 계층)	사회 취약 계층 학생	사회 경제적 혜택층 학생	차이 (혜택층 - 취약 계층)
	%	%	% 차이	%	%	% 차이	%	%	% 차이
OECD 평균	20.4	39.9	19.5	29.9	54.3	24.5	12.1	29.8	17.7
불가리아	31.7	72.5	40.8	35.8	75.3	39.5	19.7	60.7	41.0
루마니아	36.9	74.7	37.8	37.8	72.6	34.7	28.5	54.3	25.8
슬로바키아	28.9	63.0	34.1	41.7	72.0	30.4	5.3	21.6	16.3
폴란드	48.8	82.1	33.4	10.0	22.0	12.0	12.1	33.4	21.3
대만	31.4	62.5	31.1	10.9	41.1	30.1	11.4	28.5	17.1
크로아티아	35.3	66.1	30.8	61.6	83.1	21.5	45.3	67.7	22.5
그리스	30.5	60.3	29.8	16.6	33.2	16.6	31.6	63.4	31.8
키프로스¹	24.6	54.2	29.7	10.3	41.6	31.2	25.8	60.2	34.4
세르비아	24.0	53.6	29.6	53.4	77.2	23.8	47.2	70.7	23.5
에스토니아	46.4	75.0	28.6	54.6	73.6	19.0	4.2	9.1	4.9
러시아	57.3	85.9	28.6	55.8	84.2	28.4	51.6	78.8	27.3
이스라엘	29.8	58.4	28.5	41.1	67.2	26.1	6.0	16.6	10.6
포르투갈	8.7	37.0	28.4	16.9	34.7	17.8	28.3	65.8	37.4
체코	39.4	66.9	27.5	46.5	70.8	24.3	4.7	21.7	17.1
터키	38.1	65.6	27.5	22.1	34.7	12.6	31.4	56.7	25.3
스페인	21.7	49.1	27.5	27.5	56.2	28.7	15.8	42.3	26.5
카자흐스탄	38.7	66.0	27.3	34.8	60.3	25.6	41.7	66.7	25.0
상하이-중국	54.3	81.3	27.0	5.3	12.8	7.5	57.7	87.1	29.4
슬로베니아	26.3	53.2	26.9	50.0	76.9	27.0	11.2	47.4	36.2
덴마크	29.1	55.9	26.8	26.6	52.8	26.2	1.7	6.6	4.8
튀니지	34.5	59.4	24.9	9.1	17.7	8.7	16.6	23.2	6.6
라트비아	49.1	73.8	24.8	38.9	59.7	20.8	3.7	13.1	9.5
리투아니아	25.0	48.3	23.3	25.4	46.4	20.9	0.8	5.4	4.6
싱가포르	14.9	37.9	23.0	45.3	78.4	33.1	27.6	57.7	30.1
대한민국	3.9	26.5	22.6	51.0	84.5	33.4	0.7	5.6	4.9
이탈리아	45.2	67.4	22.2	25.0	49.6	24.6	25.9	47.3	21.4
헝가리	9.3	31.4	22.1	32.7	72.7	40.0	29.9	60.6	30.7
미국	9.8	31.6	21.7	42.6	71.4	28.7	7.5	17.7	10.3
페루	15.0	36.6	21.6	23.6	50.5	26.9	9.6	30.0	20.4
베트남	15.9	37.5	21.6	2.6	6.1	3.5	45.6	73.1	27.5
브라질	10.3	30.6	20.3	7.7	21.0	13.3	5.7	23.2	17.5
오스트리아	5.5	25.5	20.0	30.1	71.2	41.1	15.2	49.7	34.5

1. 표 0.1 [2/2]의 참고사항 1 번을 참조할 것.

참고: 통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다.

이 표에서 국가 순서는 사회 경제적 혜택층과 사회 취약 계층 학생 간에 산술평균을 이해하는 학생들의 비율 차이를 내림자순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, 표 2.4b.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377670>

■ 표 0.4 [2/2] ■

학생의 사회 경제적 지위에 따른 수학에 대한 친숙도 변화량 개요

- 수학 친숙도가 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학 친숙도가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학 친숙도가 OECD 평균 보다 낮은 국가들

	개념을 (잘) 이해하는 학생의 비율								
	산술평균			일차방정식			벡터		
	사회 취약 계층 학생	사회 경제적 혜택층 학생	차이 (혜택층 - 취약 계층)	사회 취약 계층 학생	사회 경제적 혜택층 학생	차이 (혜택층 - 취약 계층)	사회 취약 계층 학생	사회 경제적 혜택층 학생	차이 (혜택층 - 취약 계층)
	%	%	% 차이	%	%	% 차이	%	%	% 차이
OECD 평균	20.4	39.9	19.5	29.9	54.3	24.5	12.1	29.8	17.7
인도네시아	20.4	40.2	19.9	14.9	26.9	11.9	8.2	15.4	7.2
태국	23.6	43.2	19.7	27.8	47.0	19.2	13.4	37.7	24.3
아일랜드	12.3	31.9	19.6	25.7	51.4	25.7	3.3	5.1	1.8
벨기에	19.7	39.1	19.3	16.2	27.3	11.1	24.9	47.9	23.0
일본	66.6	84.3	17.8	57.1	77.7	20.6	4.3	14.8	10.5
아이슬란드	26.3	42.7	16.3	5.3	13.9	8.6	2.0	5.4	3.4
영국	11.2	27.6	16.3	24.2	51.1	26.9	17.2	38.4	21.2
요르단	57.6	72.6	15.0	48.5	68.7	20.2	14.2	23.7	9.6
리히텐슈타인	4.0	18.8	14.8	34.6	62.6	28.0	18.2	36.3	18.0
호주	8.4	23.1	14.6	30.1	63.9	33.8	8.7	18.1	9.3
뉴질랜드	3.5	17.9	14.5	20.5	54.3	33.8	5.8	22.6	16.7
네덜란드	19.3	32.9	13.7	29.8	59.1	29.3	5.4	12.5	7.2
칠레	12.1	25.3	13.2	31.3	70.4	39.1	15.0	46.9	32.0
프랑스	17.0	30.1	13.2	36.3	54.8	18.5	27.3	72.1	44.7
콜롬비아	13.7	26.1	12.4	19.5	41.8	22.3	16.9	38.9	22.0
룩셈부르크	6.0	17.8	11.8	16.7	37.4	20.7	12.6	45.3	32.7
스위스	6.4	17.7	11.2	19.3	46.7	27.5	11.8	26.1	14.3
몬테네그로	17.0	28.1	11.1	47.0	69.4	22.3	33.8	55.2	21.4
코스타리카	7.7	18.1	10.4	12.5	38.4	25.9	15.1	36.7	21.6
캐나다	9.8	19.8	10.0	41.1	69.5	28.5	8.4	17.9	9.5
멕시코	14.4	23.9	9.5	21.2	42.6	21.4	5.6	17.4	11.8
독일	13.5	22.2	8.8	48.0	72.9	24.8	11.6	17.4	5.9
홍콩-중국	40.8	49.0	8.2	18.3	40.8	22.5	8.0	21.3	13.4
마카오-중국	32.1	39.5	7.4	71.7	72.0	0.3	14.1	28.6	14.5
카타르	29.0	35.8	6.7	30.0	49.1	19.2	15.6	30.4	14.7
핀란드	1.8	6.4	4.6	22.3	45.0	22.7	1.3	4.3	3.1
우루과이	3.9	8.2	4.3	16.3	38.5	22.2	20.8	51.4	30.6
아랍에미리트	48.5	51.9	3.4	42.3	62.2	19.9	16.0	36.4	20.4
아르헨티나	5.8	8.9	3.0	17.3	32.4	15.1	11.2	27.0	15.8
스웨덴	2.8	5.5	2.8	5.6	12.0	6.4	2.2	4.8	2.6
말레이시아	3.8	4.5	0.7	21.8	54.1	32.4	6.2	17.2	11.0
노르웨이	m	m	m	m	m	m	m	m	m

참고: 통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다.

이 표에서 국가 순서는 사회 경제적 혜택층과 사회 취약 계층 학생 간에 산술평균을 이해하는 학생들의 비율 차이를 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, 표 2.4b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377670>

■ 표 0.5 [1/2] ■

수학 학습 기회와 형적 계층화의 관계 개요

복선형 학제 시작 나이	실업계 학교에 재학중인 학생 비율			특정 수업 혹은 교육과정 전체에서 능력별 학급 편성을 시행하는 학교에 재학중인 학생 비율		
	전체 학생	사회 취약 계층 학생	수학 진속도가 낮은 학생	전체 학생	사회 취약 계층에 속하는 학교에 재학중인 학생	전반적으로 수학 진속도가 낮은 학교에 재학중인 학생
	%	%	%	%	%	%
OECD 평균	14.5	19.8	21.3	74.1	78.2	79.1
세르비아	74.4	87.9	86.9	94.8	98.3	97.9
크로아티아	70.1	89.7	90.4	92.0	99.1	100.0
오스트리아	69.3	79.2	89.5	28.1	62.9	57.9
몬테네그로	66.0	81.5	76.6	93.1	95.6	92.9
슬로베니아	53.2	74.9	74.7	49.5	50.6	38.9
이탈리아	49.6	68.1	65.6	75.9	80.8	80.1
벨기에	44.0	64.0	69.6	79.4	87.9	78.3
불가리아	40.8	55.2	48.6	93.1	91.9	92.9
터키	38.1	43.5	55.1	75.8	74.1	88.4
대만	34.5	49.9	41.7	80.5	83.6	75.9
체코	31.0	33.7	33.7	41.2	44.6	35.2
콜롬비아	25.2	19.3	17.6	93.6	89.4	94.4
멕시코	25.2	19.3	21.5	73.7	78.4	82.7
일본	24.2	36.3	30.6	63.1	64.5	73.7
네덜란드	22.2	38.5	37.7	93.6	94.5	95.0
상하이-중국	21.2	29.5	36.4	94.1	94.2	87.3
인도네시아	20.2	18.6	17.1	75.4	75.1	86.4
대한민국	19.9	37.7	34.2	90.1	83.7	77.2
태국	19.6	21.4	26.0	76.3	69.7	77.7
포르투갈	16.7	27.9	29.4	61.7	80.4	74.3
프랑스	15.3	23.2	27.4	56.2	68.7	74.4
룩셈부르크	14.5	16.0	14.3	67.9	80.6	86.0
아르헨티나	14.5	16.7	16.0	85.5	87.3	84.1
헝가리	14.3	30.4	31.7	76.7	72.6	73.9
그리스	13.5	22.5	24.8	18.6	32.0	34.1
말레이시아	13.3	13.4	13.8	95.9	97.7	100.0
호주	10.9	14.1	14.1	98.4	99.5	99.4
키프로스 ¹	10.8	20.3	19.7	50.9	60.8	66.7
스위스	10.7	10.6	13.4	85.0	92.4	98.8
코스타리카	9.1	8.1	5.7	60.4	50.9	47.6
알바니아	8.4	m	8.3	99.9	m	100.0
슬로바키아	8.2	13.2	14.6	71.6	70.4	77.7
카자흐스탄	7.7	8.1	7.6	97.6	100.0	100.0
러시아	4.1	6.2	4.8	96.0	92.7	100.0

1. 표 0.1 [2/2]의 참고사항 1 번을 참조할 것.

이 표에서 국가 순서는 실업계 학교에 재학 중인 학생 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 2.16, 2.17 and 2.19a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377680>

■ 표 0.5 [2/2] ■

수학 학습 기회와 성적 계층화의 관계 개요

	복선형 학제 시작 나이	실업계 학교에 재학중인 학생 비율			특정 수업 혹은 교육과정 전체에서 능력별 학급편성을 시행하는 학교에 재학중인 학생 비율		
		전체 학생	사회 취약 계층 학생	수학 진속도가 낮은 학생	전체 학생	사회 취약 계층에 속하는 학교에 재학중인 학생	전반적으로 수학 진속도가 낮은 학교에 재학중인 학생
OECD 평균	15	14.5	19.8	21.3	74.1	78.2	79.1
이스라엘	15	3.1	5.2	7.1	98.3	98.5	100.0
칠레	16	2.8	4.3	3.7	64.3	77.1	77.8
아랍에미리트	15	2.7	1.6	4.4	86.2	91.9	81.7
독일	10	2.0	3.3	4.9	68.1	82.5	84.2
마카오-중국	15	1.6	3.0	1.8	66.1	56.8	77.1
우루과이	11	1.4	2.0	1.9	91.1	93.3	97.0
영국	16	1.1	1.5	1.4	99.3	99.5	99.6
라트비아	16	0.9	1.2	0.7	82.2	88.4	88.2
아일랜드	15	0.8	2.1	1.3	99.2	100.0	100.0
스페인	16	0.7	1.6	1.5	92.4	96.0	94.0
리투아니아	16	0.6	1.3	1.3	84.1	83.8	96.2
에스토니아	15	0.4	1.0	0.0	89.1	82.1	91.5
스웨덴	16	0.4	0.1	0.4	84.3	79.0	87.5
폴란드	16	0.1	0.0	0.0	57.6	51.6	30.2
브라질	15	0.0	0.0	0.0	81.6	80.2	83.2
뉴질랜드	16	0.0	0.0	0.0	98.7	99.4	100.0
핀란드	16	0.0	0.0	0.0	64.5	51.6	60.2
캐나다	16	0.0	0.0	0.0	92.9	94.6	94.9
노르웨이	16	0.0	0.0	m	45.8	59.5	m
루마니아	14	0.0	0.0	0.0	90.3	86.7	91.7
아이슬란드	16	0.0	0.0	0.0	87.1	98.2	100.0
카타르	15	0.0	0.0	0.0	91.6	92.8	93.5
덴마크	16	0.0	0.0	0.0	75.9	77.2	85.9
리히텐슈타인	15	0.0	0.0	0.0	59.9	c	100.0
요르단	16	0.0	0.0	0.0	81.7	85.3	92.2
베트남	15	0.0	0.0	0.0	93.1	87.9	88.3
미국	16	0.0	0.0	0.0	93.9	94.9	79.9
싱가포르	12	0.0	0.0	0.0	97.2	97.9	100.0
튀니지	m	0.0	0.0	0.0	82.3	80.2	100.0
홍콩-중국	15	0.0	0.0	0.0	91.0	97.7	100.0
페루	16	0.0	0.0	0.0	86.8	84.4	83.8

이 표에서 국가 순서는 실업계 학교에 재학 중인 학생 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 2.16, 2.17 and 2.19a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377680>

■ 표 0.6 [1/2] ■

수학 학습 기회와 수학 성취도의 관계 개요

- 수학 내용 영역별 성취도가 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학 내용 영역별 성취도가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학 내용 영역별 성취도가 OECD 평균 보다 낮은 국가들

	수학 내용 영역별 성취도				다음의 지수가 1 단위 상승할 때 나타나는 수학 성취의 변화:			수학 친숙도와 관련된 사회 경제적 혜택층 학생과 사회 취약 계층 학생의 성취도 차이 비율
	변화와 관계	양	공간과 모양	불확실성과 자료	응용수학에 대한 노출	순수수학에 대한 노출	수학 친숙도	
	평균 점수	평균 점수	평균 점수	평균 점수	점수 변화	점수 변화	점수 변화	
OECD 평균	493	495	490	493	9	30	41	18.8
대한민국	559	537	573	538	28	61	55	33.7
뉴질랜드	501	499	491	506	26	42	55	14.4
호주	509	500	497	508	21	37	55	20.7
대만	561	543	592	549	27	47	51	22.2
스위스	530	531	544	522	10	36	50	29.5
리히텐슈타인	542	538	539	526	15	33	49	33.9
헝가리	481	476	474	476	2	28	48	29.0
싱가포르	580	569	580	559	8	44	48	19.1
독일	516	517	507	509	3	35	48	29.9
슬로베니아	499	504	503	496	4	28	48	19.2
프랑스	497	496	489	492	20	33	47	22.3
이탈리아	477	491	487	482	1	31	47	21.6
포르투갈	486	481	491	486	8	29	47	26.3
네덜란드	518	532	507	532	2	44	46	22.5
크로아티아	468	480	460	468	10	26	45	23.3
미국	488	478	463	488	13	31	44	27.4
슬로바키아	474	486	490	472	-10	30	43	13.6
영국	496	494	475	502	20	32	43	15.3
스웨덴	469	482	469	483	10	20	43	14.9
벨기에	513	519	509	508	12	38	42	28.2
오스트리아	506	510	501	499	8	31	41	31.3
브라질	368	389	378	400	4	9	40	26.5
페루	349	365	370	373	5	33	40	19.3
폴란드	509	519	524	517	12	26	40	14.9
캐나다	525	515	510	516	15	28	40	16.4
룩셈부르크	488	495	486	483	10	27	40	17.6
아일랜드	501	505	478	509	16	28	40	12.2
카타르	363	371	380	382	2	38	40	19.3
칠레	411	421	419	430	10	24	39	22.7
체코	499	505	499	488	-4	26	39	13.6
태국	414	419	432	433	12	30	39	25.9
세르비아	442	456	446	448	-3	17	38	18.7
우루과이	401	411	413	407	-8	20	38	15.5

참고: 응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

수학에 대한 친숙도는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

이 표에서 제시된 경제 권역 중 마카오-중국 및 홍콩-중국에서만 사회 취약 계층 학생들이 혜택층 학생들보다 수학 친숙도에서 더 높은 지수를 보였다. 해당 권역의 사회 경제적 혜택층 학생들과 취약 계층 학생들의 수학 친숙도 차이를 제거하면, 사회 취약 계층 학생의 성취도 차이가 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 해당 권역에서 마이너스 비율이 보고된 이유를 설명해준다.

통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다.

이 표에서 국가 순서는 수학 친숙도 지수가 1 단위 상승할 때 나타나는 수학 성취도 점수의 변화량을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 3.2a, 3.7 and 3.16.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377691>

■ 표 0.6 [2/2] ■

수학 학습 기회와 수학 성취도의 관계 개요

- 수학 내용 영역별 성취도가 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학 내용 영역별 성취도가 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학 내용 영역별 성취도가 OECD 평균 보다 낮은 국가들

	수학 내용영역별 성취도				다음의 지수가 1 단위 상승할 때 나타나는 수학 성취의 변화:			수학 친숙도와 관련된 사회 경제적 혜택층 학생과 사회 취약 계층 학생의 성취도 차이 비율
	변화와 관계	양	공간과 모양	불확실성과 자료	응용수학에 대한 노출	순수수학에 대한 노출	수학 친숙도	
	평균 점수	평균 점수	평균 점수	평균 점수	점수 변화	점수 변화	점수 변화	
OECD 평균	493	495	490	493	9	30	41	18.8
터키	448	442	443	447	-4	29	38	19.6
리투아니아	479	483	472	474	8	33	36	9.7
일본	542	518	558	528	24	34	36	13.2
인도네시아	364	362	383	384	6	13	36	14.9
아랍에미리트	442	431	425	432	10	36	36	12.9
불가리아	434	443	442	432	-3	28	35	13.7
상하이-중국	624	591	649	592	-5	2	35	11.0
아이슬란드	487	496	489	496	12	31	34	18.6
스페인	482	491	477	487	-4	24	34	23.1
핀란드	520	527	507	519	24	31	34	11.3
콜롬비아	357	375	369	388	7	15	34	19.8
이스라엘	462	480	449	465	-4	29	32	7.4
러시아	491	478	496	463	4	29	32	14.4
몬테네그로	399	409	412	415	5	24	30	15.8
그리스	446	455	436	460	-10	25	29	9.4
베트남	509	509	507	519	-2	25	29	7.9
라트비아	496	487	497	478	7	29	28	8.7
에스토니아	530	525	513	510	7	16	28	5.1
말레이시아	401	409	434	422	16	40	27	3.6
덴마크	494	502	497	505	2	7	26	7.1
멕시코	405	414	413	413	5	21	26	7.0
요르단	387	367	385	394	8	28	24	15.8
키프로스 ¹	440	439	436	442	8	32	24	2.1
마카오-중국	542	531	558	525	-3	17	23	-21.0
코스타리카	402	406	397	414	-3	16	23	7.6
루마니아	446	443	447	437	4	21	23	11.1
아르헨티나	379	391	385	389	2	17	21	8.2
카자흐스탄	433	428	450	414	-2	19	20	7.9
홍콩-중국	564	566	567	553	5	38	18	-6.0
튀니지	379	378	382	399	1	26	16	3.1
알바니아	388	386	418	386	-1	-3	-2	m
노르웨이	478	492	480	497	15	30	m	m

1. 표 0.1 [2/2]의 참고사항 1 번을 참조할 것.

참고: 응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

수학에 대한 친숙도는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

이 표에서 제시된 경제 권역 중 마카오-중국 및 홍콩-중국에서만 사회 취약 계층 학생들이 혜택층 학생들보다 수학 친숙도에서 더 높은 지수를 보였다. 해당 권역의 사회 경제적 혜택층 학생들과 취약 계층 학생들의 수학 친숙도 차이를 제거하면, 사회 취약 계층 학생의 성취도 차이가 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 해당 권역에서 마이너스 비율이 보고된 이유를 설명해준다.

통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다. 이 표에서 국가 순서는 수학 친숙도 지수가 1 단위 상승할 때 나타나는 수학성취도 점수의 변화량을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 3.2a, 3.7 and 3.16.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377691>

■ 표 0.7 [1/2] ■

수학 학습 기회와 수학 성취도의 관계 개요

- 수학에 대한 태도가 긍정적인 학생의 비율이 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학에 대한 태도가 긍정적인 학생의 비율이 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학에 대한 태도가 긍정적인 학생의 비율이 OECD 평균 보다 낮은 국가들

	"나는 수학을 좋아하기 때문에 수학 공부를 한다"에 그렇다, 또는 매우 그렇다라고 답한 학생 비율	"나는 그냥 수학을 잘 하지 못한다"에 그렇지 않다, 전혀 그렇지 않다고 답한 학생 비율	"나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다"에 그렇다, 또는 매우 그렇다라고 답한 학생 비율	수학 친숙도 지수가 1 단위 상승할 때 나타나는 자아 개념/불안감의 변화			
				수학에 대한 자아 개념		수학 불안감	
				수학 성취도 요인 반영 이전	수학 성취도 요인 반영 이후	수학 성취도 요인 반영 이전	수학 성취도 요인 반영 이후
OECD 평균	%	%	%	지수 변화	지수 변화	지수 변화	지수 변화
OECD 평균	38.1	57.3	59.5	0.10	-0.10	-0.12	0.07
알바니아	70.3	39.4	66.8	0.11	0.11	-0.26	-0.26
대한민국	30.7	42.6	76.9	0.29	0.04	-0.14	-0.04
세르비아	26.8	52.1	62.6	0.19	0.03	-0.24	-0.09
요르단	64.9	48.9	77.5	0.13	0.03	-0.09	-0.05
싱가포르	72.2	62.3	60.7	0.17	0.03	-0.22	-0.06
대만	40.3	39.9	71.5	0.25	0.02	-0.12	0.03
터키	52.7	47.6	66.7	0.12	0.01	-0.18	-0.04
아랍에미리트	63.9	62.7	68.1	0.11	0.01	-0.21	-0.05
베트남	67.4	75.5	72.1	0.07	0.00	-0.08	-0.01
홍콩-중국	54.9	50.1	68.9	0.06	0.00	-0.10	-0.05
페루	62.7	51.2	72.9	0.09	0.00	-0.12	-0.03
이스라엘	39.8	73.5	66.6	0.08	0.00	-0.07	0.02
말레이시아	73.4	48.3	76.6	0.05	-0.01	-0.08	-0.01
루마니아	57.8	48.9	76.8	0.03	-0.02	-0.14	-0.07
러시아	42.9	57.7	57.8	0.09	-0.02	-0.11	0.01
콜롬비아	51.3	56.5	64.4	0.09	-0.03	-0.14	-0.01
몬테네그로	34.0	51.8	65.0	0.10	-0.03	-0.13	0.01
스페인	37.0	50.5	68.0	0.14	-0.03	-0.08	0.04
이탈리아	45.8	52.8	73.2	0.16	-0.03	-0.10	0.06
멕시코	52.8	47.0	77.5	0.07	-0.04	-0.07	0.03
아이슬란드	47.7	63.8	45.2	0.18	-0.04	-0.24	-0.04
키프로스 ¹	47.1	59.1	68.0	0.08	-0.04	-0.11	0.01
상하이-중국	49.3	53.1	53.4	0.06	-0.04	-0.11	0.00
불가리아	39.2	43.7	70.2	0.04	-0.04	-0.15	0.01
튀니지	58.0	45.2	79.4	0.02	-0.05	0.01	0.05
코스타리카	47.5	55.8	72.4	0.07	-0.05	-0.05	0.05
마카오-중국	42.3	51.6	70.4	0.04	-0.05	-0.08	0.01
포르투갈	45.5	51.5	69.7	0.17	-0.05	-0.11	0.04
브라질	56.4	44.0	71.4	0.05	-0.06	-0.14	0.01
그리스	51.7	56.5	72.7	0.07	-0.06	-0.10	0.03
태국	70.6	24.2	73.0	-0.03	-0.07	-0.04	0.01
카자흐스탄	72.6	63.0	55.2	-0.02	-0.07	-0.05	0.01

1. 표 0.1 [2/2]의 참고사항 1 번을 참조할 것.

참고: 수학에 대한 친숙도는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등의)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. 수학에 대한 자아 개념은 다음 설문에 동의한 학생 응답에 기반하였다: "나는 그냥 수학을 잘 하지 못한다"; "나는 수학에서 좋은 성적을 받는다"; "나는 수학을 빨리 배운다"; "나는 항상 수학이 내가 가장 잘하는 과목 중의 하나라고 믿어 왔다"; "나는 수학 수업 시간에 아주 어려운 내용까지도 이해한다".

수학 불안감은 다음 설문에 동의한 학생 응답에 기반하였다: "나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다"; "나는 수학 숙제를 해야 할 때 매우 긴장한다"; "나는 수학 문제를 풀 때 매우 긴장한다"; "나는 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낀다"; "나는 수학에서 성적이 나쁠까 봐 걱정된다".

"나는 수학을 좋아하기 때문에 수학 공부를 한다"에 그렇다, 매우 그렇다라고 답한 학생 비율의 OECD 평균은 OECD 국가 전체를 기준으로 한다. 표 4.1에서 제시한 OECD 평균은 PISA 2003 및 PISA 2012에 모두 참여한 국가들을 기준으로 하였다.

통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다.

이 표에서 국가 순서는 수학 성취도 요인을 반영 이후 수학에 대한 친숙도가 1 단위 상승할 때 나타나는 수학에 대한 자아 개념의 변화를 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 4.1, 4.2, 4.3, 4.6 and 4.9.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377700>

■ 표 0.7 [2/2] ■

수학 학습 기회와 수학 성취도의 관계 개요

- 수학에 대한 태도가 긍정적인 학생의 비율이 OECD 평균 보다 높은 국가들
- 수학에 대한 태도가 긍정적인 학생의 비율이 OECD 평균과 통계학적으로 차이가 없는 국가들
- 수학에 대한 태도가 긍정적인 학생의 비율이 OECD 평균 보다 낮은 국가들

	"나는 수학을 좋아하기 때문에 수학 공부를 한다"에 그렇다, 또는 매우 그렇다라고 답한 학생 비율	"나는 그냥 수학을 잘 하지 못한다"에 그렇지 않다, 전혀 그렇지 않다고 답한 학생 비율	"나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다"에 그렇다, 또는 매우 그렇다라고 답한 학생 비율	수학 친숙도 지수가 1 단위 상승할 때 나타나는 자아 개념/불안감의 변화			
				수학에 대한 자아 개념		수학 불안감	
				수학 성취도 요인 반영 이전	수학 성취도 요인 반영 이후	수학 성취도 요인 반영 이전	수학 성취도 요인 반영 이후
	%	%	%	지수 변화	지수 변화	지수 변화	지수 변화
OECD 평균	38.1	57.3	59.5	0.10	-0.10	-0.12	0.07
헝가리	27.5	53.7	62.0	0.12	-0.08	-0.20	0.03
슬로베니아	27.1	54.7	61.3	0.14	-0.08	-0.13	0.03
카타르	60.6	53.2	68.6	0.02	-0.08	-0.15	0.00
라트비아	38.6	59.1	57.1	0.06	-0.08	-0.13	-0.02
인도네시아	78.3	39.0	76.7	-0.08	-0.08	-0.05	0.01
일본	30.8	45.9	70.4	0.02	-0.09	-0.02	0.07
아일랜드	37.0	60.1	69.8	0.11	-0.09	-0.14	0.06
호주	39.0	63.4	59.7	0.19	-0.11	-0.18	0.08
캐나다	36.6	63.4	59.6	0.15	-0.11	-0.17	0.06
크로아티아	20.9	55.1	66.4	0.12	-0.11	-0.14	0.09
미국	36.6	66.7	57.3	0.12	-0.11	-0.16	0.08
폴란드	36.1	46.3	57.4	0.19	-0.11	-0.22	0.08
핀란드	28.8	58.6	51.7	0.14	-0.12	-0.11	0.07
칠레	42.3	40.1	72.3	0.10	-0.12	-0.09	0.04
에스토니아	38.1	50.5	53.8	0.07	-0.12	-0.18	0.01
프랑스	41.5	57.7	64.5	0.14	-0.12	-0.06	0.12
네덜란드	32.4	62.6	36.9	0.01	-0.12	-0.05	0.08
벨기에	28.8	61.3	58.2	0.04	-0.12	-0.02	0.14
뉴질랜드	38.2	59.0	62.1	0.11	-0.12	-0.16	0.09
영국	40.8	67.5	47.3	0.12	-0.13	-0.14	0.09
덴마크	56.9	71.0	38.6	0.09	-0.13	-0.14	0.07
슬로바키아	27.9	46.8	57.6	0.05	-0.13	-0.10	0.11
우루과이	50.6	47.2	76.7	0.06	-0.13	-0.12	0.07
체코	30.3	57.6	55.3	0.10	-0.13	-0.08	0.12
스웨덴	37.0	64.9	42.3	0.09	-0.13	-0.11	0.09
아르헨티나	37.9	37.8	80.0	-0.06	-0.14	-0.08	0.00
리투아니아	47.6	53.4	57.4	0.07	-0.14	-0.17	0.01
룩셈부르크	35.3	61.3	55.9	0.00	-0.15	-0.09	0.09
스위스	48.5	65.8	49.2	0.05	-0.16	-0.09	0.13
독일	39.0	64.9	53.2	0.04	-0.24	-0.11	0.17
오스트리아	23.8	63.1	55.4	-0.01	-0.25	-0.02	0.22
리히텐슈타인	56.2	65.6	49.8	-0.10	-0.32	0.02	0.25
노르웨이	32.2	57.0	53.5	m	m	m	m

참고: 수학에 대한 친숙도는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. 수학에 대한 자아 개념은 다음 설문에 동의한 학생 응답에 기반하였다: "나는 그냥 수학을 잘 하지 못한다"; "나는 수학에서 좋은 성적을 받는다"; "나는 수학을 빨리 배운다"; "나는 항상 수학이 내가 가장 잘하는 과목 중의 하나라고 믿어 왔다"; "나는 수학 수업 시간에 아주 어려운 내용까지도 이해한다".

수학 불안감은 다음 설문에 동의한 학생 응답에 기반하였다: "나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다"; "나는 수학 문제를 해야 할 때 매우 긴장한다"; "나는 수학 문제를 풀 때 매우 긴장한다"; "나는 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낀다"; "나는 수학에서 성적이 나쁠까 봐 걱정된다".

"나는 수학을 좋아하기 때문에 수학 공부를 한다"에 그렇다, 매우 그렇다라고 답한 학생 비율의 OECD 평균은 OECD 국가 전체를 기준으로 한다. 표 4.1에서 제시한 OECD 평균은 PISA 2003 및 PISA 2012에 모두 참여한 국가들 기준이다.

통계적으로 유의한 값들은 볼드체로 표기되어 있다.

이 표에서 국가 순서는 수학 성취도 요인 반영 이후 수학에 대한 친숙도가 1 단위 상승할 때 나타나는 수학에 대한 자아 개념의 변화를 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 4.1, 4.2, 4.3, 4.6 and 4.9.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377700>

참고사항

표에 제시된 수치의 기반이 되는 데이터

부록 A에 제시된 표의 기반이 되는 데이터는 www.oecd.org/PISA에서 확인할 수 있다.

이 보고서에서는 4 가지 기호를 사용하여 결측치를 나타내고 있다:

- a 이 범주는 해당 국가에 적용할 수 없으며, 따라서 데이터가 없는 경우.
- c 신뢰성 있는 데이터를 제공할 수 있는 관찰 근거가 없거나 충분하지 않은 경우 (즉, 유효한 데이터를 제공하는 학생 수가 30 명 이하, 또는 학교 수가 5 개 이하인 경우).
- m 데이터 자체가 없는 경우: 해당 국가에서 데이터를 제공하지 않았거나 데이터 수집 후 출판 과정에서 기술적인 문제로 인해 데이터를 제거한 상황
- w 해당 국가의 요청으로 인해 데이터를 고의로 누락하거나 수집하지 않은 경우

대상 국가

이 보고서는 64 개의 국가 및 경제 권역에 대한 데이터를 포함하고 있다. OECD 회원국 34 개국 (검은색 표기) 및 30 개의 비회원국 (파란색 표기)을 포함한다.

그림에서 국제 평균

이 보고서에서는 대부분의 지표에 대하여 OECD 평균을 제시하고 있다. OECD 평균은 대부분의 경우, 각국의 데이터에 대한 산술평균이다. OECD 평균이 여러 범주를 포함하는 방식으로 계산되었을 경우, 해당 도표의 아래쪽에 각주를 표시하였다.

데이터 반올림

그림에 제시된 수치를 합산할 경우, 반올림으로 인해 총합이 나오지 않을 수도 있다. 이 보고서에서 제시된 총합, 차, 평균은 항상 실제 데이터에 기반하여 계산되며, 계산 후에 반올림되었다. 그리고 이 보고서에 제시된 표준오차는 항상 소수점 아래 첫 번째 혹은 두 번째 자리로 반올림되어 있다(즉, 표준오차로 제시된 0.00 은 표준오차가 없다는 것이 아니라 0.005 보다 작다는 것이다).

볼드체 표기

이 보고서에서는 통계적으로 유의한 (유의수준 5% 기준) 차이 및 변화사항에 한정하여 논의하고 있다. 이러한 사항은 도표와 표에서 각각 어두운 색과 볼드체로 표기되어 있다.

학생 데이터 보고 방식

이 보고서에서 PISA 모집단의 약칭으로 "만 15 세"를 사용한다. PISA 의 모집단은 평가를 시행했을 때 15 세 3 개월에서 16 세 2 개월 사이의 나이와 최소 6 년의 정식 교육을 받은 학생들을 포함하며, 정식 교육 기관의 유형, 전일제인지 반일제인지, 일반 프로그램인지 직업 프로그램인지, 공립·사립·외국인 학교 등에 상관 없이 모집단을 규정한다

학교 데이터 보고 방식

PISA 평가가 시행된 학교에 대한 정보는 해당 학교의 교장이 학교 설문지를 작성하는 방식으로 제공되었다. 보고서에 이러한 정보가 포함되었을 경우, 해당 학교에 재학중인 15 세 학생의 수에 비례하여 가중치를 부과하였다.

보고서에 사용된 지수

이 보고서에 제시된 분석의 경우 연구진에서 개발한 지수를 포함할 수 있다. 이러한 지수는 학생 및 학교 설문에서 획득한 여러 관련 정보를 하나의 척도상으로 제시하기 위함이다. 보고서에서 제시된 지수의 산출 과정 및 기술적인 관련사항은 *PISA 2012 Technical Report* (OECD, 2014)를 참조한다:

- 응용수학에 대한 노출도
- 순수수학에 대한 노출도
- 수학에 대한 친숙도
- 도구적 동기
- 내재적 동기
- 수학 불안감
- 수학에 대한 자신감 지수
- 규율적 분위기 지수
- PISA 경제·사회·문화적 지위 지수 (ESCS)

학생의 성취도의 구분

이 보고서에서는 PISA 를 통해 조사된 학생의 성취도 수준을 지칭하기 위해 다음 약칭을 사용한다:

- 성취도 우수 학생들은 PISA 평가에서 성취수준 5 수준 또는 6 수준 이상의 성적을 획득한 학생들이다.
- 성취도 저조 학생들은 PISA 평가에서 성취수준 1 수준 이하의 성적을 획득한 학생들이다.
- 성취도 최고 수준 학생들은 해당 국가에서 성취도 상위 10% 이내에 있는 학생들이다.
- 성취도 최저 수준 학생들은 해당 국가에서 성취도 하위 10% 이내에 있는 학생들이다.

학생의 사회 경제적 지위에 의한 구분

- **사회 경제적 혜택층 학생**은 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상으로 해당 국가에서 상위 25% 이내에 위치한 학생이다.
- **사회 취약 계층 학생**은 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상으로 해당 국가에서 하위 25% 이내에 위치한 학생이다.
- **사회 경제적 혜택층 학교**는 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 높은 학교이다.
- **사회 취약 계층 학교**는 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 학교이다.

수학 친숙도에 따른 학생과 학교의 구분

- **수학 친숙도가 높은 학생**은 해당 국가에서 수학 친숙도 지수가 상위 25% 이내에 있는 학생이다.
- **수학 친숙도가 낮은 학생**은 해당 국가에서 수학 친숙도 지수가 하위 25% 이내에 있는 학생이다.
- **수학 친숙도가 높은 학교**는 학생들의 평균 수학 친숙도 지수가 해당 국가의 평균보다 유의하게 높은 학교이다.
- **수학 친숙도가 낮은 학교**는 학생들의 평균 수학 친숙도 지수가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 학교이다.

보고서에서 사용된 약어

% dif.	퍼센트 차이	S.E.	표준 오차
Dif.	차이	OTL	학습 기회
ESCS	PISA 경제·사회·문화적 지위 지수		
ISCED	국제표준교육분류		

추가 사항

PISA의 평가 도구나 분석 절차에 대한 정보는 *PISA 2012 Technical Report* (OECD, 2014)를 참고한다.

StatLinks

이 보고서에서는 OECD StatLinks 서비스를 활용하고 있다. 각각의 도표 및 표 아래에 관련 데이터를 정리한 Excel™ 파일로 연결되는 영구적인 URL을 제시하였다. 또한, e-book 사용자들은 인터넷 브라우저를 열어놓은 경우 해당 링크를 클릭하여 Excel 파일을 새 창으로 불러올 수 있다.

이스라엘에 관한 참고사항

이스라엘에 대한 통계 자료는 이스라엘의 유관기관의 책임 하에 획득하였음을 알려드립니다. 이 보고서에서 사용된 통계 자료에는 골란 고원, 동예루살렘 및 서안 지구의 주권 및 기타 사항에 대한 어떠한 시사점도 포함되어 있지 않음을 알려드립니다.

참고자료

OECD (2014), *PISA 2012 Technical Report*, PISA, OECD, Paris, www.oecd.org/PISA/PISAproducts/PISA-2012-technical-report-final.pdf.

수학 학습 기회의 중요성과 측정 방법

이 장에서는 수리력과 문제해결능력을 함양하는 데 있어 수학적 지식의 중요성을 논의한다. "학습 기회"의 개념을 제시하고, 학습 기회의 측정이 교육과정 및 성취도를 국제적인 시각에서 비교하는 데 핵심적인 역할을 수행한다는 것을 주장할 것이다. PISA 2012 데이터에 따르면, 수학 개념의 노출도와 수학 문제의 제시 형식 등에서 각국의 교육 제도에 사이에 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다.

이스라엘에 대한 통계 자료는 이스라엘의 유관기관의 책임 하에 획득하였음을 알려드립니다. 이 보고서에서 사용된 통계 자료에는 골란 고원, 동예루살렘 및 서안 지구의 주권 및 기타 사항에 대한 어떠한 시사점도 포함되어 있지 않음을 알려드립니다.

수학을 가르치는 교사는 크나큰 기회를 갖고 있다. 만약 교사가 수업 시간을 기계적인 연습으로 채운다면, 학생들의 흥미를 말살함과 동시에 학생들의 지적 발달을 촉진할 수 있는 귀중한 기회를 무의미하게 날리게 될 것이다. 하지만 학생들의 지식 수준에 맞는 문제를 제공하여 호기심을 유발하고 적절한 발문으로 문제를 해결하도록 도울 수 있다면, 학생들에게 자유로운 사고에 다다른 능력과 길을 보여주게 될 것이다(Polya, 1973).

각국은 학생과 사회적 요구에 맞춰 끊임없이 교육과정을 개정하고 있다(Cai and Ni, 2011; Usiskin and Willmore, 2008). 교육과정 개정은 역사적으로 다양한 요인에 기반하여 이루어졌으며, 그 중에서 다음 두 가지 사항에 주목할 수 있다: 첫째는 의무교육을 마쳤음에도 불구하고 기본적인 수학마저 활용할 수 없는 학생들을 배출하고 있다는 것을 보여준 국가 및 국제 수준 수학 성취도 평가 결과이고, 둘째는, 사회 취약 계층에 속하는 학생들이 양적, 질적인 면에서 상당히 취약한 수학교육을 받는다는 것이다. 즉, 모든 학생에게 양질의 교육을 제공한다는 교육 이념에 반대되는 현상이 나타났다.

데이터로 본 상황

- 수리력은 많은 직업 상황에 활용되며 성공적인 취업에서 건강, 사회적 참여에 이르기까지 다양한 방면에서 성인의 삶에 핵심적인 역할을 수행한다.
- 2012년 자료에 의하면 OECD 국가의 만 15세 학생들은 학교에서 평균적으로 1주일에 3시간 32분을 수학 수업에 참여하는 것으로 나타났으며, 이는 2003년 대비 주당 13분이 증가한 것이다.
- 평균적으로 OECD 국가의 학생 중 30% 미만이 산술평균의 개념을 이해하는 것으로 나타났으며, 50% 미만이 다각형과 약수의 개념을 잘 알고 있는 것으로 나타났다.
- 대수 및 기하 개념에 대한 친숙도의 평균은 국가 간에 상당한 양의 차이가 존재한다. 대수 개념에 대한 친숙도는 마카오-중국에서 가장 높고, 기하 개념에 대한 친숙도는 상하이-중국에서 가장 높았다.
- 응용수학과 순수수학에 대한 노출도 사이의 상관관계는 미미한 것으로 나타나, 두 교수법이 교육 제도 수준에서 상호 보완적이지 않은 것으로 나타났다.

수학에 대한 학생들의 교실 경험에 대한 국제 데이터는 교육 개혁에 책임이 있는 교육 정책 입안자와 전문가들이 수학에 대해 생각하는 바가 학생들과 다르다는 것을 보여준다는 점에서 상당히 가치가 있다(Schoenfeld, 1983; Brown et al., 2008). 수학자들은 수학 문제를 푸는 과정이 흥분되는 발견의 과정이고 정신적 훈련이라 생각할 수 있지만, 대다수의 학생들은 의무교육과정의 일환으로 습득할 때까지 반복학습이 필요한 일련의 사실로 인식하는 경향이 있다(Echazarra et al., 2016).

수학 교사들의 노력에도 불구하고 수학적 문제 해결에 노출되지 않은 - 대부분의 경우 사회 취약 계층에 속하는 - 학생들은 "자유로운 사고에 다다른 능력과 길"을 함양할 기회가 주어지지 않았다(Polya, 1973).

인생 전반에 걸쳐 수학적 추론 능력이 차지하는 중요성을 고려할 경우, 의무교육을 완료한 후에 추가적인 교육을 받지 않는 학생들과 지식과 자신감면에서 성장이 느린 학생들에게도 수학 교육과정은 풍부하고 도전적인 것이 될 필요가 있다.

정책적 시사점

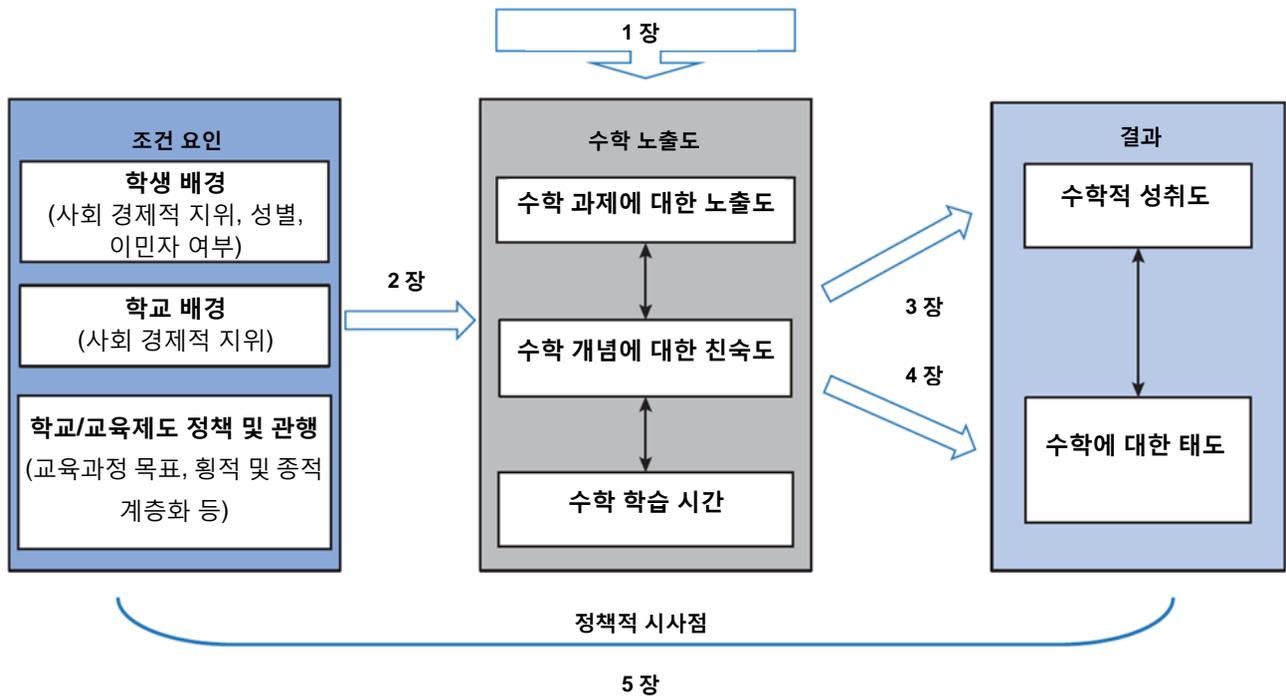
- 모든 학생들은 성인기의 삶을 위해 수학이 필요하다. 따라서 수학 내용에 대한 접근에서의 사회 경제적 불평등을 줄이는 것이 사회적 이동을 촉진할 수 있는 중요한 정책이 된다.
- 대부분의 국가에서 소수의 학생만이 기본 수학적 개념을 활용할 수 있다고 답한 것으로 나타남에 따라, 핵심적인 수학적 아이디어에 집중하고 여러 과제를 연결하여 수학을 가르치는 방법을 확장해야 할 필요가 있다.
- 의도된 교육과정, 실행된 교육과정, 성취된 교육과정 사이에 상당한 수준의 차이가 존재한다는 것은 학생들의 수학 내용 노출도 현황을 정기적으로 확인하는 것이 중요함을 시사한다.
- 수학 교육과정의 성취기준, 틀, 수업 자료를 국제적으로 비교하는 것은 수학 교육과정에서 일관성을 제고하는 개혁을 어떻게 이루어나갈 수 있는지 각국에 도움을 줄 수 있다.

수학 학습 기회의 형평성을 보장하는 데에는 수학 교육과정의 내용과 융통성 외에도 사회 경제적 배경에 따라 학습교재가 학생들의 기능에 얼마나 잘 맞는지, 다양한 수준의 학생들의 학습 욕구를 교사가 얼마나 이해하고 관리할 수 있는지에 대한 고찰도 필요하다. 교육과정이 상세하고 융통성이 있다 하더라도 수학 교사들은 성취도가 저조한 학생들에게 충분한 접근성을 보장하는 것과 동시에 성취도가 높은 학생들에게 충분한 효과를 제공할 수 있는 수업을 구상하는 데 상당한 어려움을 겪을 수 있다.

이 보고서에서는 PISA 2012의 데이터를 통해 수학 수업 시간과 학생들에게 노출된 수학 내용을 포함하여 수학 학습 기회를 설명한다. 이는 학생들이 수업 시간에 배운 수학 지식을 이용하여 실생활 문제를 해결하는 능력에 학교, 학생, 교육 제도별 특성이 어떻게 영향을 주는지를 보여준다. 그림 1.1은 이 보고서의 분석틀을 제시하고 있다. 이 장에서는 학습 기회의 개념을 소개하고, PISA 2012에서 수업 내용과 수학 노출도를 계산하는 데 사용된 방법을 제시하고, 이러한 방법을 사용하여 수학 교육과정에 대한 국제 수준의 차이를 어떻게 알아낼 수 있는지를 소개한다. 2 장에서는 이러한 국제적 차이를 야기하는 학생, 학교, 교육제도 수준의 변수들을 살펴볼 것이며, 3 장에서는 순수수학과 응용수학에 할애된 시간의 양이 학생들의 PISA 성취도에 얼마나 영향을 주는지 살펴본다. 4 장에서는 수학 내용에 대한 노출도와 수학 성취도와 밀접하게 관련이 있는 수학에 대한 자신감 및 불안감과 같은 수학에 대한 태도 사이의 관계를 살펴본다. 5 장에서는 이 보고서에서 제시한 내용이 제안하는 정책적 시사점을 토론한다.

■ 그림 1.1 ■

분석틀



일상 생활에서 수학적 기능의 중요성

수학 교사들이 자주 대답해야 하는 질문 중 하나는 수학이 세상을 살아가는 데 얼마나 쓸모가 있는 지이다. 이는 학생 뿐 아니라 부모와 정책 입안자들 또한 학교에서 배우는 내용과 실생활에서 필요한 양을 다루는 능력 사이의 차이점을 우려할 때 등장하는 문제이기도 하다. 사실 학생들에게 대수와 기하를 배워야 하는 이유를 설명하기 어려울 수도 있지만, 수학은 모든 중등 교육에서 핵심적인 비중을 차지하는 교과이다. 하지만 이것으로 답이 될 수 있을까? 모든 학생들이 간단한 계산을 하는 것을 넘어 상당한 분량의 수학을 배울 필요가 있을까?

수학이 교육과정에서 핵심적인 역할을 한다는 근거의 하나는 플라톤에게서 비롯된 견해로, 수학교육이 고차적인 사고 기능을 증진시킬 수 있다는 것이다. 즉, 수학을 잘 하는 사람들은 일반적으로 사고 기능 또한 높고, 수학교육을 받은 사람들이 사고 기능을 잘 학습한다는 것이다. 이는 수학을 가르치는 이유를 실용적인 목적에서 찾기보다 수학을 배운다는 행위 그 자체에서 찾는 견해이다.

추상적인 정신적 대상을 다루는 수학교육의 효과 이외에도 직관적이고 실용적인 차원에서 수학을 배우는 것은 비교적 타당한 수준에서 더 많은 이익이 존재한다. 바로 수학이 길잡이 역할을 한다는 것이다: 학교에서 배운 수학은 양을 다루는 능력의 기반이 되며, 이는 대부분의 직업에서 필수적이다. 실제로 수학 시험 점수는 과학 및 전문직종으로 이어질 수 있는 고등 교육 프로그램의 입시에서 결정적인 요인이 된다.

STEM (과학, 기술, 공학, 수학) 전문가의 수요는 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 유럽연합 지역에서 STEM 전문가의 수요는 경제위기에 의한 악영향에도 불구하고 2013 년에 2000 년 대비 12% 증가하였다(European Parliament, 2015). 또한, 여러 기관들은 인재를 채용하기 위해 입사 시험에서 수학 및 언어 능력 검사를 엄격한 잣대로 사용하기도 한다(Schmitt, 2013).

양을 다루는 능력의 가치 또한 최근 증가하였다. 현대 사회는 "데이터가 넘쳐 흐르고 있으며" (Steen, 2001), 일상 생활에 필요한 수리력 수준 또한 증가하고 있다. "지수적 성장" 혹은 "적합선" 등의 개념을 이해함으로써 변수의 변화율을 예상하고, 동전의 확률을 계산하는 등의 방법은 일상 생활에서 결정과 선택을 하는 데 필수적인 역할을 수행한다. 비록 컴퓨터의 등장으로 기계적인 계산 능력의 중요성이 반감되었다고 할 수 있지만, 수를 이해하는 것 자체의 중요성은 디지털 시대에 더욱 확장되었다고 볼 수 있다. 실제로, 수학을 사용하여 정보기술을 다룰 수 있는 사람들이 늘어날수록 업무 능력에서 비판적인 사고 능력과 이해력이 증가하는 것으로 나타났다(OECD, 2015).

OECD 국제성인역량조사 (PIAAC) 는 업무 및 일상생활에서 양을 다루는 능력의 가치를 평가할 수 있는 도구를 제공하였다(BOX 1.1). 이 조사는 수리력의 평가를 목적으로 하는데, 수리력은 "수학적 정보 및 아이디어에 접근, 사용, 해석 및 소통하여 성인이 참여하는 다양한 상황에 필요한 수학적 대처를 할 수 있는 능력"으로 정의된다(OECD, 2013a). 따라서 수리력은 기본적인 계산 뿐 아니라 통계학적 정보의 측정, 사용 및 해석, 도형, 도안, 위치, 방향의 이해 및 사용; 양적인 수학적 정보에 대한 비판적 평가 등 다양한 능력을 포함하는 개념이다(Gal and Tout, 2014). 이 조사는 각 국가별로 현지화한 일련의 문제에 성인들이 답한 것으로부터 수리력을 측정하였다.

박스 1.1. 국제성인역량조사(PIAAC)

국제성인역량조사는 국제성인역량평가 프로그램 (PIAAC) 의 일환으로 진행되는 국제 설문조사이다. 본 조사는 사회 및 경제활동에 필요한 핵심 인지능력 및 업무능력을 조사하는 데 목적을 두고 있다. 본 조사는 만 16 세 이상 65 세 이하 성인들을 대상으로 진행되며, 어휘력과 수리력, 기술활용능력에 대한 평가 외에도 이러한 능력을 직장, 가정, 사회에서 어떻게 사용하는지에 대한 정보를 수집한다.

1 차 국제성인역량조사는 2011 년과 2012 년에 걸쳐 24 개의 국가 및 지역에서 시행되었다. 2 차 국제성인역량조사의 결과는 2016 년 6 월에 발표되었으며, 9 개의 지역을 추가하였다.

출처:

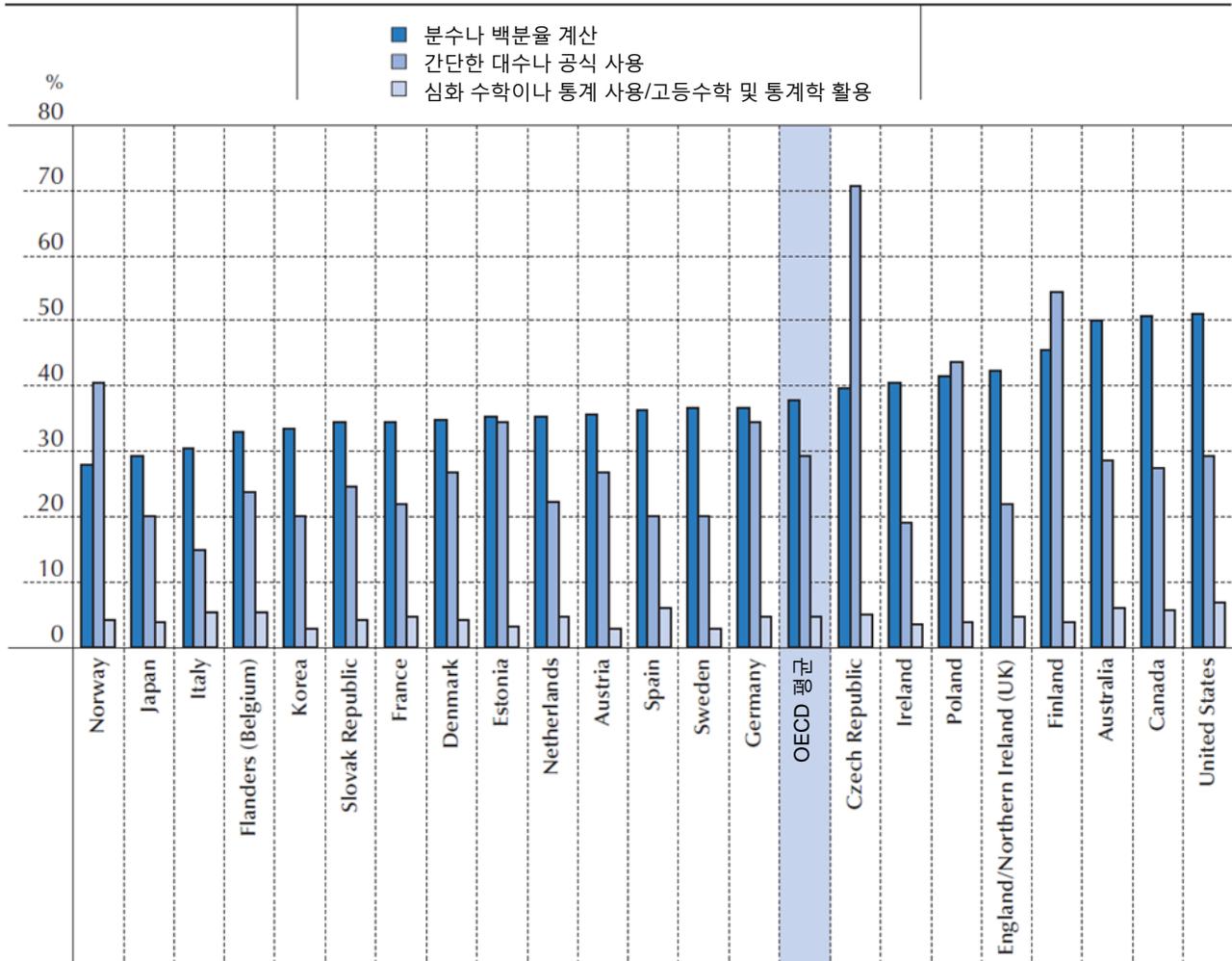
<http://www.oecd.org/site/piaac/>

그림 1.2는 국제성인역량조사에서 다양한 수리력이 업무 상황에서 사용된 정도를 보여준다. OECD 국가에서 평균적으로 만 16세 이상 65세 이하 성인의 38%가 1주일에 적어도 한 번씩 분수, 소수, 백분율 개념을 업무에 활용하고, 29%가 간단한 대수 및 공식, 4%가 심화된 수학 개념을 사용한다고 응답하였다. 에스토니아, 독일, 노르웨이, 폴란드에서는 노동인구 세 명 중 한 명 이상이 매주, 혹은 매일 업무 상황에서 대수를 활용하였고, 체코와 핀란드에서는 두 명 중 한 명이 응답하였다. 업무상 수학의 활용은 고소득 직종에만 나타나는 현상이 아니다: OECD 국가에서 평균적으로 소득 상위 25% 이상의 노동자들 중 36%가 업무 중 대수를 활용한다고 응답하였고, 하위 25%에서는 18%가 그렇다고 응답하였다(표 1.1b).

■ 그림 1.2 ■

업무에서 사용된 수리력

업무 중 1주일에 적어도 한 번 이상 다음의 수리력을 활용한다고 대답한 비율



참고: 이 보고서에 포함된 OECD 국가는 다음과 같다: 호주, 오스트리아, 폴란드(벨기에), 캐나다, 체코, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 독일, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 대한민국, 네덜란드, 노르웨이, 폴란드, 슬로바키아, 스페인, 스웨덴, 잉글랜드/북아일랜드 (영국) 및 미국.

이 표에서 국가 및 경제 권역 순서는 업무 중에 분수나 백분율 개념을 사용하거나 계산한다고 응답한 노동자의 비율을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, Survey of Adult Skills (PIAAC) (2012), Table 1.1a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933376861>

개인생활이나 업무 및 공공이익 분야에서 중요한 결정을 내릴 때에는 더 정교한 양적 추론 능력이 필요하다(Schoenfeld, 2002). 예를 들어, 건강의 적신호에 대한 인지는 수리력이 약한 사람들에게서 덜 정확하게 나타나며 (Carman and Kooreman, 2014), 수리력이 낮으면 환자 선택 기회와 약물 이행 및 치료 기회가 줄어드는 것으로 나타났다(Nelson et al., 2008). 국제성인역량조사의 결과에 의하면 높은 수리력은 노동시장의 참여, 수입, 건강, 봉사활동, 정치적 자기효능감, 다른 사람을 신뢰하는 수준 등과 강한 상관관계가 있었다(그림 1.3). 수리력이 평균보다 50 점 이상 높은 사람들은 평균 수준의 응답자보다 직업이 있을 확률이 27%, 높은 수준의 연봉을 받을 확률이 55% 높은 것으로 나타났다. 이는 2년 동안 추가로 교육을 이수하는 것과 같은 효과이다.

■ 그림 1.3 ■

교육 기간과 수리력, 경제 및 사회적 지위 사이의 관계

교육 기간과 수리력이 표준편차 1 만큼 증가할 때 각 항목의 실현 가능성 증가; OECD 평균 (22 개국)

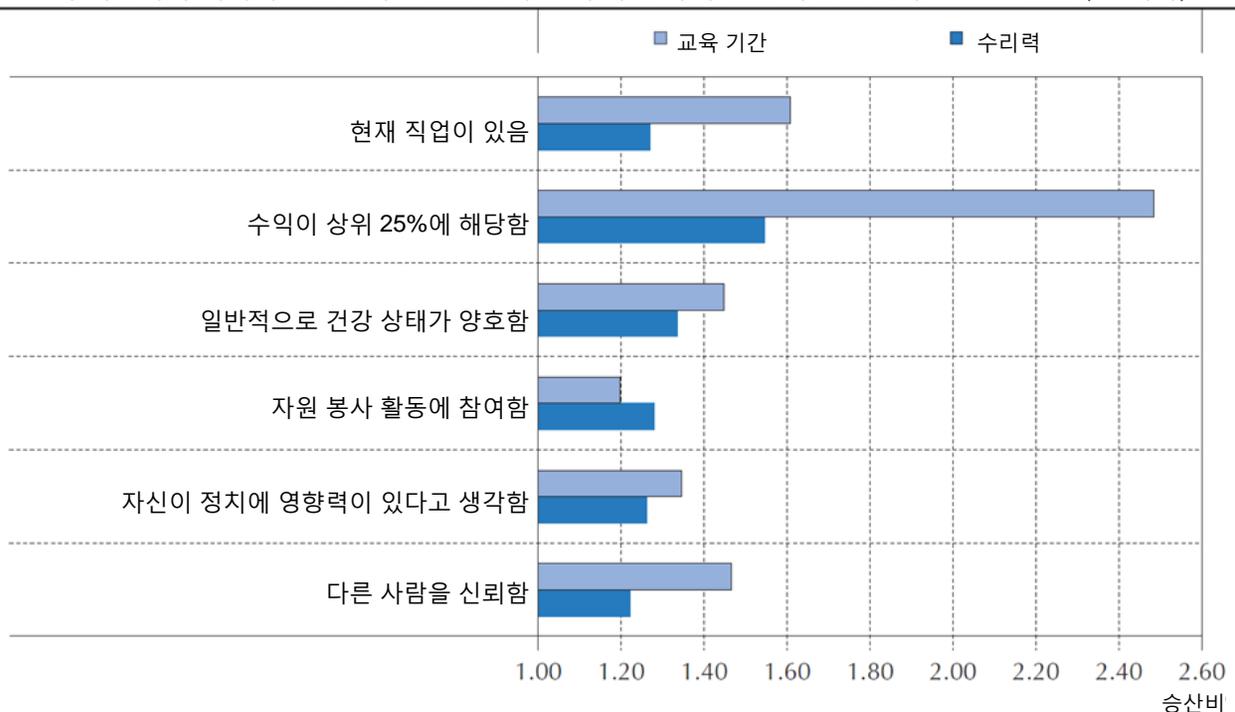


도표 읽는 법: "현재 직업이 있음" 항목에서 "수리력"에 대응하는 승산비 1.27은 국제성인역량조사(PIAAC)에서 수리력의 표준편차가 1 높은 사람의 고용 확률이 27% 높다는 것을 의미한다

참고: "교육 기간"의 평균 표준편차는 3.7 년이고, "수리력"의 평균 표준편차는 51 점이다.

이 보고서에 포함된 OECD 국가는 다음과 같다: 호주, 오스트리아, 플랑드르 (벨기에), 캐나다, 체코, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 독일, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 대한민국, 네덜란드, 노르웨이, 폴란드, 슬로바키아, 스페인, 스웨덴, 잉글랜드/북아일랜드 (영국) 및 미국.

출처: OECD, Survey of Adult Skills (PIAAC) (2012), Table 1.2.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933376878>

국제성인역량조사 결과는 상관관계로만 봐야 하며, 인과관계로 해석해서는 안 된다. 하지만 국제성인역량조사의 데이터는 고등 수학교육에 많이 참여할수록 고용시장에서의 성공률이 높아진다는 학계의 발견과 일치하는 내용이다(Joensen and Nielsen, 2009; Levine and Zimmerman, 1995). Rose and Betts (2004)는 미국 학교의 졸업생들이 10년 후에 기록한 소득 수준에 대한 추적 조사를 시행하였는데, 최하위 소득계층 출신 학생들과 중산층 출신 학생들을 비교한 결과, 수학교육 이수 정도가 최종 소득 수준 격차의 약 27%에 달하는 영향을 준다는 것을 발견하였다.

수학 지식과 수학 소양 사이의 관계

많은 전문가들은 전통적인 수학 교육과정에서 현장에서 사용되는 수학 능력과 동떨어진 내용을 강조하기 때문에 학생들을 좌절하게 한다고 주장한다(Steen, 2001). 학교에서 가르치는 형식적인 수학은 일관성과 보편성에 중점을 둔 반면, 업무 과정에서 요구되는 문제 해결은 실용적인 접근방식과 신속성, 효율성에 중점을 둔 기술이 필요하다는 것이다(Hoyles et al., 2010). 이는 수학 교육과정에서 수리력을 증진하는 데 가장 큰 도움이 되는 내용을 선별하기 어렵기 때문에 인기 있는 주장이다. 실용적인 수학은 지속적으로 변동하는 개념이기도 한데, 사회, 기술, 수학 관행에서의 변화에 따라 업무 과정에서 문제를 해결하는 데 유용한 많은 수학 주제 중 어떤 것이 중요한지가 계속 변하고 있기 때문이다.

하지만 전문가들의 주장대로, 실생활에서 사용되는 수리력과 학교에서 배우는 수학 사이에 그렇게 큰 격차가 존재한다고 볼 수 있는가? 이 질문은 PISA 성취도 평가와 학교에서 수학 노출도 사이의 관계를 살펴봄으로써 확인할 수 있다. PISA는 학생들의 수학 소양을 평가한다. 수학 소양은 국제성인역량조사에서¹ 측정하는 '수리력'의 개념과 흡사하지만, 학교에서 습득한 수학 지식과 더 큰 연관성을 가진다.

PISA의 수학 평가들에서는 수학 소양을 다음과 같이 정의하고 있다:

"수학 소양은 다양한 맥락에서 수학을 형식화하고, 이용하고, 해석하는 개인적인 능력이다. 여기에는 현상을 기술하고 설명하며 예측하기 위해 수학적 추론과 수학적 개념, 절차, 사실, 도구를 사용하는 것이 포함된다. 수학 소양은 개인이 실세계에서 수학의 역할을 인식하고, 건설적이고 참여적이며 반성적인 시민에게 요구되는 근거 있는 판단과 결정을 할 수 있도록 도와준다." (OECD, 2013b).

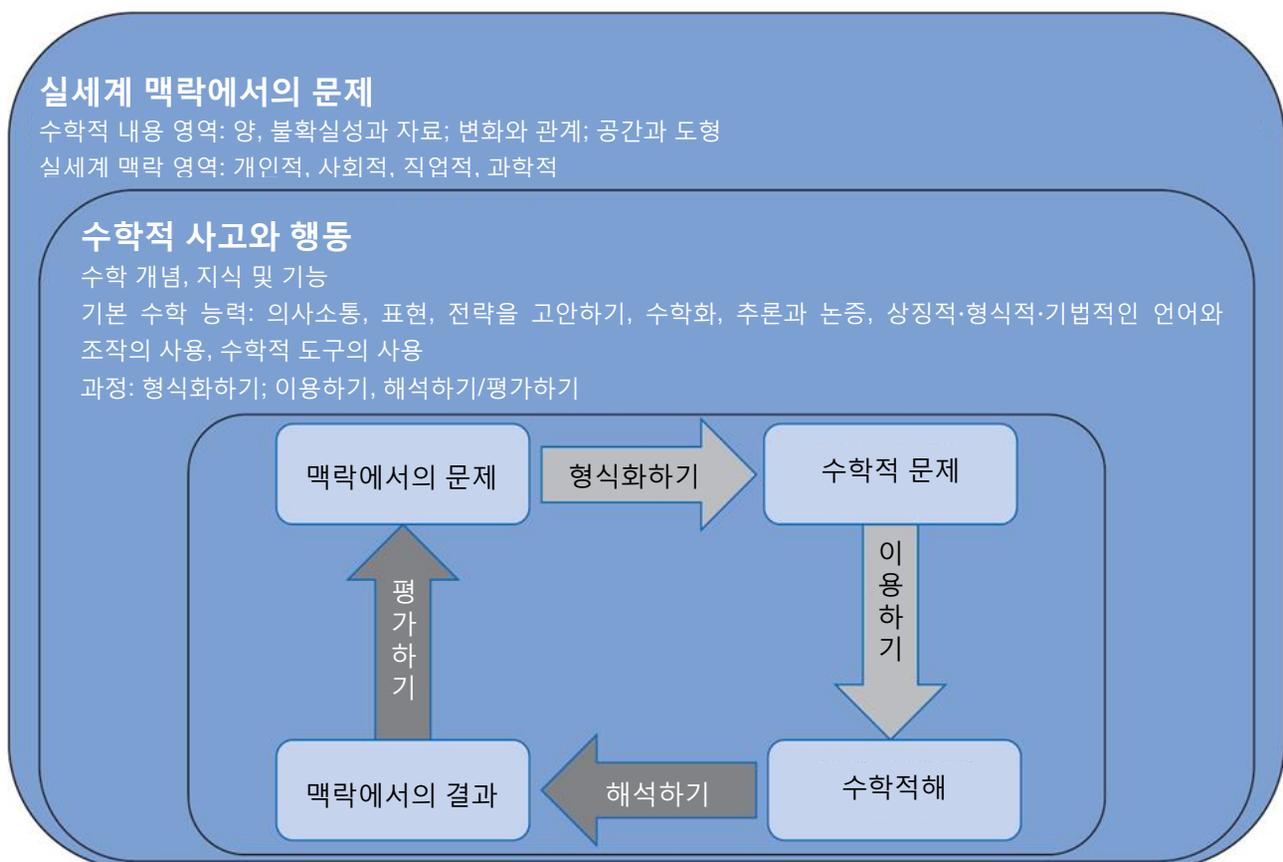
PISA는 수학 교육과정을 이수한 뒤 학생들이 알고 있는 지식이 아니라 학생들이 실생활의 문제를 해결하는 데 학교에서 배운 내용들을 적용할 수 있는 능력이 있는 지에 초점을 두고 있다(OECD, 2013b; Cogan and Schmidt, 2015). 학생들이 알아야 하고 할 수 있는 것이 무엇인지 성취수준별로 기술하면서 PISA 수학 평가들에서는 학생들의 성취도를 평가하는 데 대수, 기하 혹은 다른 수학 영역을 기반으로 설명하는 대신 "주요 아이디어" (핵심 개념)를 설명하고 있다. 그러나 수학 교육과정의 구조, 수학 개념의 학습, 수학 문제를 푸는 데 할애한 시간이 학생의 수학 소양에 아무런 영향을 미치지 않는다는 것은 아니다.

수학 소양과 수학 지식·수학 개념과 절차에 대한 친숙도로 정의된 - 은 실제로 밀접한 관계를 맺고 있다. 수학 내용 영역과 개념은 자연 및 사회 현상을 설명하고 해석하는 데 도구로서 개발되어 왔다(OECD, 2013b). 이렇게 요약된 수학 내용이 학생들에게 노출될 경우, 학생들은 실제적인 문제들의 기반이 되는 구조를 이해하는 능력을 배양하게 되며, 이전에 추상화한 것과 관련시켜 새로운 상황에 대응하는 능력을 학습하게 된다(Roterham and Willingham, 2010).

그림 1.4 는 학교에서 배운 수학 내용을 활용하여 실세계 맥락에서의 문제를 해결하는 과정을 간단히 요약하여 제시하고 있다. 첫 번째 단계에서 학생들은 수학 지식을 사용하여 문제를 수학적으로 분석하고 수학적 표현으로 문제를 형식화한다. 그림 1.4 에서 화살표는 학생들이 수학 개념, 절차, 사실, 도구를 활용하여 해답을 구하는 과정을 보여준다. 이 단계에서는 수학적 추론, 조작, 변환, 계산 능력이 주를 이룬다. 그 다음에서는 그 결과가 기존의 문제로 해석되어야 한다. 수학적 과정을 통해 얻은 해답을 기존 문제 상황에 맞게 재해석한다. 이렇듯 수학적 과정은 각 주제에 대한 문제 해결자의 지식과 기본 수학 능력에 따라 좌우된다.

■ 그림 1.4 ■

PISA 수학 소양 모델



수학 내용에 대한 노출을 통해 학생들은 수학에 대한 형식화하기, 이용하기, 해석하기 과정을 경험하게 된다. 하지만 수학 소양은 지식의 습득 및 연습 이상을 필요로 한다. 학생들은 실제 상황을 다루고 문제를 해결하고 판단을 내리는 데 수학이 어떤 식의 도움을 줄 수 있는지 인지하는 것을 배워야 한다. *어떤* 기본 능력을 배양할 지 결정한 이후에는, 학생의 문제해결 능력을 신장할 수 있도록 이러한 기본 능력을 *어떻게* 가르칠 지에 대한 고찰이 필요하다. 즉, 교사들은 수업 내용을 신중히 선택해야 할 뿐만 아니라 학생들의 능력에 맞춰 내용의 전달 방식을 최적화해야 한다.

PISA 2012 는 학생들이 학습할 기회를 가진 수학 유형에 대한 정보를 포함하고 있다. 삶을 위해 필요한 수학적 기술에 초점을 둔 평가에서 도출된 이러한 정보는 학교에서 배우는 수학과 학교 밖에서 사용하는 수학의 관계를 확인할 수 있게 해준다.

학습 기회의 개념

"학습 기회 (OTL)" 개념은 학교에서 학생이 배운 것이 수업에서 가르친 내용과 그 내용을 배우는 데 걸린 시간과 관련된다는 개념을 말한다(Cogan and Schmidt, 2015; Schmidt and Maier, 2009). 학습 기회에 대해 가장 많이 인용되는 정의는 1964년 제 1차 국제수학연구 (First International Mathematics Study (FIMS))의 일환으로 Husen이 제출한 보고서로, "특정 주제를 학습할 수 있는 기회나 시험에 나오는 특정 문제를 풀이하는 방법을 학습할 기회가 있었는가"이다(Husen, 1967, pp. 162-163, cited in Burstein, 1993). 학습 기회에 대한 연구는 제 1차 국제수학연구로부터 시작되었고, 시험을 치르는 모든 학생들이 시험에 제시된 문제 유형을 해결하는 방법을 학습할 기회가 동등하지 않다는 것을 알게 되었다(Floden, 2002).

Carroll (1963)이 제시한 학교 교육모델은 학습 기회의 분석에 필요한 이론적인 기반을 제공한다. 이 모델에서는 적성과 능력 등 학습의 핵심 요인을 구성하는 요소들을 시간에 따라 나타내고 있다. 그래서 연구의 초점을 "학생들이 무엇을 배울 수 있는가?"에서 "학생들이 이 개념을 배우는 데 얼마나 오랜 시간이 필요한가?"로 이동시킨다. 다음의 관계가 이 모델의 요소들을 나타낸다:

$$\text{학습} = f \left[\frac{\left(\begin{array}{c} \text{학습 기회 또는} \\ \text{학습에 할애한 시간의 양} \end{array} \right) * \left(\begin{array}{c} \text{지속 시간 또는} \\ \text{실제 학습에 사용된 시간의 양} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{c} \text{적성 또는} \\ \text{실제 학습에 필요한 시간} \end{array} \right) * \left(\begin{array}{c} \text{교육의 질} * \text{이해 능력} \end{array} \right)} \right]$$

적성, 능력, 지속 시간은 학생 요인이며, 학습 기회와 교육의 질은 교육 제도에 의해 성립된 상황 내에서 교사들이 통제하는 요인이다. Carroll의 연구 이후 여러 문헌 연구는 수학 내용의 학습에 사용된 시간의 양과 시간의 조직 방식이 학생의 성취도에 영향을 주는 주요 요인이라는 결론을 제시하였다(Carroll, 1989; Scheerens and Bosker, 1997; Marzano, 2003). 학습 기회의 개념은 비교적 최근에 등장한 개념인데도 불구하고 학계와 교육계의 사고 방식에 상당한 영향을 끼쳤다(Marzano, 2003).

학교 교육과정은 교육내용과 각 주제에 할당된 시간에 의해 교육제도에서 정한 교육목표를 정의하는 경향이 있다. 의도된 교육과정 외에도 학생들의 수학 학습에 중요한 것은 실행된 교육과정의, 즉 교사들이 실제로 가르친 내용이다. 모든 교사들이 단일화된 수학 교육과정을 전달하지는 않는다. 모든 국가의 교육제도에서 의도된 교육과정과 실행된 교육과정 사이에 상당한 차이점이 존재한다(Floden, 2002; Schmidt et al., 1997; Schmidt et al., 2001). 구조화된 교과서를 사용하는 경우에도 교육 내용의 범위는 교사가 결정하는 사항이다(Doyle, 1992; Valverde et al., 2002). 야심차게 준비한 많은 내용을 학생들이 따라갈 수 없는 경우나 교육과정 자체를 긴밀하게 따라갈 수 없는 경우 등이 있기 때문에 교사는 의도된 교육과정과 다른 교육을 시행할 수 있는 것이다. 예를 들어, 학생들이 나중에 동일한 주제를 다시 배우게 된다는 것을 교사가 알기 때문에 특정 주제를 지도하지 않을 수도 있다. 교실에서 가르친 것과 가르친 방법에서 시작하여 성취된 교육과정(학생들이 실제로 배운 것)은 학생들의 능력, 적성, 학습태도와 긴밀한 연관성을 보인다.

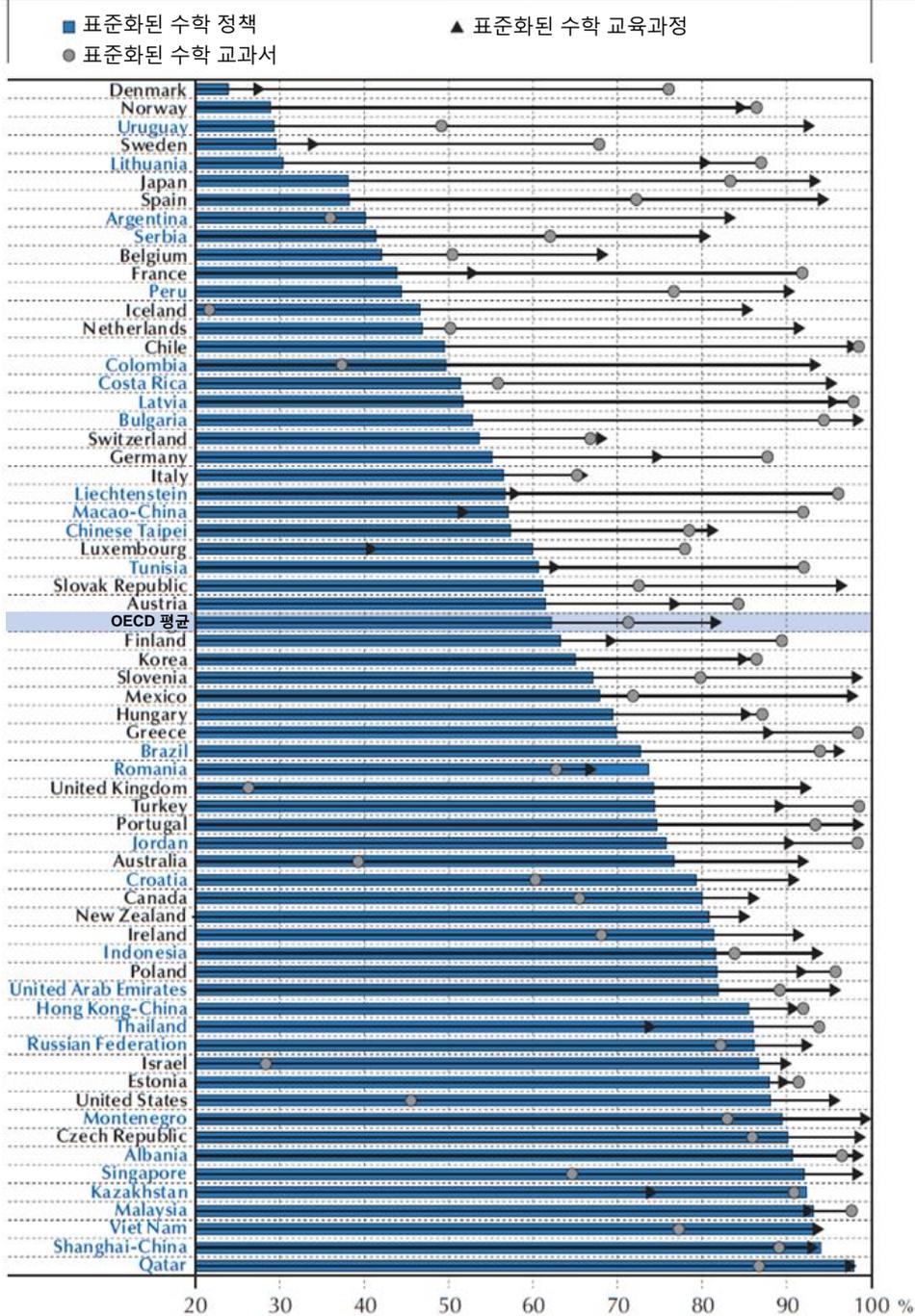
학생들의 학습 기회는 의도된 교육과정과 실행된 교육과정에 좌우된다. 특정 개념이 교육과정에 포함되어 있지 않거나 교사들이 지도하지 않으면 학생들은 그 개념에 노출되지 않을 수 있다. 2011 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구(TIMSS 2011)의 결과(Mullis et al., 2012)에 따르면, 핵심적인 주제들이 대부분의 국가에서 의도된 교육과정에 포함되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 학년마다 핵심 주제들을 분배하는 데 있어서는 국가별로 상당한 차이가 존재하며, 실제로 각 학년에서 해당 주제들을 가르친 교사의 비율에서도 상당한 차이가 나타났다(표 1.3). 분수와 같은 기본적인 주제를 8학년에 배운 학생의 비율은 비교적 낮은(50% 이하) 것으로 나타났는데, 이는 대부분의 교육과정에서 분수를 비교적 이른 학년에 다루도록 배정한다는 것을 확인하였다(대부분의 경우 7학년 이전에 분수 개념을 학습하는 편이다). 이와는 대조적으로 일차방정식과 넓이, 둘레 및 부피 계산 공식은 대부분의 국가에서 8학년에 다루어지고 있다. 그러나 홍콩-중국, 일본, 노르웨이, 슬로베니아, 스웨덴, 대만, 우크라이나에서는 8학년 정규 교육과정에 일차방정식이 포함됨에도 불구하고 8학년생 중 50% 미만의 학생들이 일차방정식을 학습하고 있었다. 이는 특히 교육과정에 어느 정도 유연성이 있는 경우, 교사의 결정에 의해 특정 주제를 다루지 않거나 이전이나 이후 학년에서 다루는 경향을 보여준다.

그리고 교육과정의 표준화 정책(예를 들어 한 학교의 전체 학급에서 공통 교육과정을 시행하는 정책) 등은 수업 내용을 결정하는 자유를 제한할 수 있다. 그림 1.5는 수학 교육과정의 표준화에서 상당한 국가적 차이가 있다는 것을 확인할 수 있다. OECD 국가의 학생 중 약 60%가 표준화된 수학 교육과정과 교재, 그리고 교직원 훈련 과정 등을 진행하는 학교에 재학 중인 것으로 나타났다. 이러한 정책은 북유럽 국가에서 비교적 드물게 나타나지만, 아시아 회원국 및 비회원국에서는 흔하게 나타나는 현상이다. 덴마크, 룩셈부르크, 스웨덴을 제외한 모든 회원국 및 비회원국에서 대다수의 학생들을 월별로 정해진 내용이 있는 수학 교육과정을 따르는 것을 의무화한 학교에 다니고 있는 것으로 나타났다.

■ 그림 1.5 ■

교육과정 및 수업에 대한 표준화 정책

수학 교수 학습, 교육과정, 교과서에 대해 표준화 정책을 시행하는 학교에 재학 중인 학생의 비율



참고: 표준화된 수학 정책은 공통된 교재가 있고, 교사 연수 등을 통해 학교 교육과정을 운영하는 것을 의미한다. 표준화된 교육과정은 최소 월별 단위로 수학 교사가 가르쳐야 할 내용을 명시한다. 이 도표에 제시된 데이터는 모두 학교장응답에 의하여 도출되었다.

이 표에서 국가 순서는 표준화된 수학 정책을 사용하는 학교에 재학중인 학생 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 1.5.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933376885>

교과서는 의도된 교육과정과 실행된 교육과정 사이의 관계에서 핵심적인 역할을 수행한다. 교과서는 교사들이 가르칠 주제를 선택하고 순서, 수업 방법 등을 결정하는 데 영향을 준다(Freeman and Porter, 1989; Grossman and Thompson, 2008; Johansson, 2005; Reys et al., 2003; Stathopoulou, Gana and Chaviaris, 2012). 대부분의 국가에서 학교는 학교 내 모든 학급에 공통된 교과서를 사용하는 편이지만 (도표 1.5), 교과서를 선택할 때 교사의 영향력이 상당히 큰 것으로 나타났다. 평균적으로 OECD 국가에 재학 중인 학생의 77%가 수학 교과서를 교사들이 선택하는 학교에 재학 중이며, 학교의 교장과 이사회 등의 영향력은 비교적 작은 것으로 나타났다(표 1.4). 그리스, 요르단, 룩셈부르크, 말레이시아에서만 재학생의 80% 이상이 국정 교과서를 사용하는 학교에 재학하고 있다.

PISA의 학습 기회 측정 방식

국제 비교를 위해 학습 기회의 측정은 두 가지 측면에서 적절하다. 첫째는 성취도에서 국제적인 차이를 주도하는 요인을 찾는다는 점에서, 둘째는 실행된 교육과정에서 국가 간, 국가 내 차이의 요인을 찾는다는 점에 있다. 국제 성취도 비교에서 학습 기회의 개념을 포함하지 않을 경우, 학습 기회가 학생이나 교육 제도의 다른 특성으로 치부될 가능성이 있다(Schmidt et al., 2014). 학생들에게 학습 기회로 주어진 내용의 공통점과 차이점 등을 고려할 경우, 각 국가는 교육과정의 개정이나 학습 기회의 형평성을 평가할 수 있는 배경을 제공받게 된다.

학습 기회의 측정에는 두 가지 방법이 있다. 첫 번째는 제 1차 국제수학연구 (FIMS) 와 같은 초기 연구에서 채택한 방법으로, 교실 수준에서 학생의 학습 내용에 대한 노출도를 교사 설문을 통해 수집하는 방법이다. 두 번째는 PISA 2012 에서 채택한 방법으로, 각 주제별로 예시 문제를 선택하여 학생들에게 수업 시간에 이와 비슷한 내용을 배운 적이 있는지를 질문하는 방법이다. 두 방법 모두 장점과 단점이 있다. 전달된 교육과정을 알기 위해서는 교사 설문이 더 정확할 것이다. 학생 설문은 장점은 (학생들이 설문에서 나온 질문과 수업 시간에 다른 내용 사이의 유사성을 객관적으로 알 수 있다는 전제 하에) 특정 주제를 배우는 데 할애한 시간의 양을 더욱 신뢰할 수 있는 방식으로 측정할 수 있다는 것이다.

PISA 2012 의 학생 설문은 수업 시간에 다양한 수학 문제 유형을 접한 정도, 형식적인 수학 내용에 대한 친숙도, 특정 수학 문제의 풀이 방식을 지도 받은 빈도 등에 대한 질문이 포함되어 있다. 각 질문에 대한 대답은 박스 1.2 와 같이 학습 기회에 대한 다양한 수치 및 지수 등을 형성하는 데 사용되었다.

학생 자기 보고 설문의 결과를 통해 수학 내용에 대한 노출도에서 교육 제도 간에 상당한 차이가 있다는 것을 확인할 수 있다. 이는 PISA 에서 학습 기회를 측정하는 가장 간단한 지수, 즉 주당 수학 수업에 할애된 시간에서 극명히 드러났다. 2012 년을 기준으로 OECD 국가의 만 15 세 학생들의 수학 수업 시간은 평균적으로 1 주일에 3 시간 32 분인 것으로 나타났다(그림 1.6). 그러나 이러한 평균에는 상당한 학교 제도 사이의 차이가 감추어져 있다. 캐나다의 만 15 세 학생들의 수학 수업 시간은 평균적으로 1 주일에 5 시간 이상이지만, 헝가리 학생들의 수학 수업 시간은 매주 2 시간 30 분인 것으로 나타났다.

박스 1.2. PISA 2012의 학습 기회 측정 방법

PISA 2012에서는 수학 학습 기회를 다양한 척도를 통하여 평가하였다.

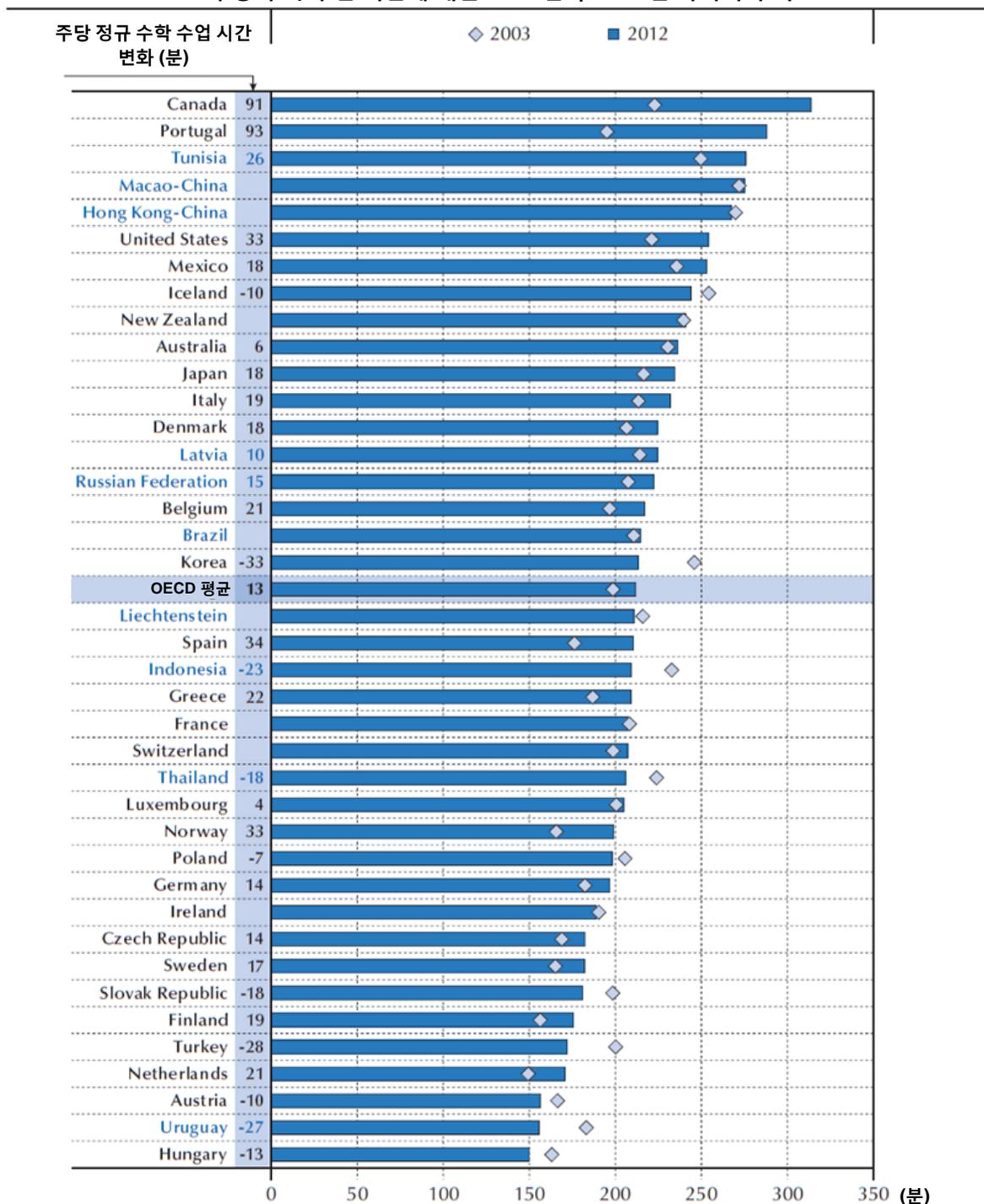
- **주당 정규 수학 수업 시간 (분)**
- 학교에서 다양한 수학 과제에 대한 **노출도** (1장의 끝부분에 포함된 질문 1)로 이 척도에서 두 가지 지수를 형성하였다(두 지수 모두 OECD 평균 0, 표준편차 1로 정규화되었다):
 - **응용수학에** 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하거나 세금을 추가하면 컴퓨터가 얼마나 더 비싸지는지를 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다
 - **순수수학에** 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.
- **수학 개념에 대한 친숙도:** (1장의 끝부분에 포함된) 질문 2에서는 학생들에게 13개 수학 개념에 대한 친숙도를 평가하도록 지시하였다. 이 질문에 대한 대답은 **수학 친숙도 지수**를 형성하는 데 사용되었고, 이 지수는 OECD 평균 0, 표준편차 1로 표준화되었다. 이 보고서에 포함된 분석은 다음 개념에 대한 친숙도 내용 중 일부이다.
 - 대수: 지수함수, 이차함수, 일차방정식 개념에 대한 친숙도의 평균
 - 기하: 벡터, 다각형, 합동인 도형, 코사인의 개념에 대한 친숙도의 평균

친숙도에 대한 질문에는 또한 세 개의 허위 질문, 즉 존재하지 않는 허위 개념 3가지를 포함하였다. 허위 개념에 대해 잘 안다고 답한 학생들의 대답은 자기 보고의 과장 정도를 평가하는 데 사용되었다. 과장 정도는 **수학 친숙도 지수**를 교정하는 데 이용되었다.

- 수학 수업과 시험에서 **특정 유형의 수학 과제**에 대한 경험 빈도는 다음과 같은 하위 척도를 포함하고 있다:
 - 대수 문장제 (질문 3a): "A는 B보다 두 살 더 나이가 많고, B의 나이는 C의 나이의 4배이다. B가 30세일 때 C의 나이는 얼마인가?"
 - 절차적 문제: 일차방정식의 풀이 혹은 직육면체의 부피를 구하는 문제 (질문 3b).
 - 순수수학 문제: 기하학적 원리를 이용하여 피라미드의 높이를 구하는 문제 혹은 소수 개념을 이용하여 문제를 해결하는 문제 (질문 3c).
 - 실세계 맥락의 문제: 그래프에서 변동 추세를 해석하는 문제 (질문 3d).

■ 그림 1.6 ■

주당 수학 수업 시간에 대한 2003 년과 2012 년 사이의 추이



참고: 각 국가의 이름 옆의 수치는 수학 수업 시간이 2003 년과 2012 년 사이에 통계적으로 유의한 경우의 값이다.

PISA 2003 과 2012 모두에서 비교 가능한 결과가 있는 국가만이 포함되어 있다.

이 표에서 국가 순서는 2012 년 기준으로 정규 수학 수업 시간을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 1.6.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933376897>

수학 수업 시간은 지난 10년간 꾸준히 증가하였으며, OECD 국가 평균을 볼 때 2003년에 비하여 2012년에 대비 13분 증가한 것으로 확인되었다. 수학 수업 시간의 증가폭은 특정 국가에서 더욱 크게 나타나기도 하였다. 예를 들어, 캐나다와 포르투갈에서는 2003년 대비 1.5시간이 증가하였으며, 노르웨이, 스페인, 미국에서는 적어도 30분이 증가하였다. 이외에도 11개 국가에서 15분 이상의 증가를 기록하였다. 2003년 대비 감소를 기록한 국가는 대한민국이 유일하였는데, 2003년에 세계에서 5번째로 수학 수업시간이 많았던 대한민국은 2012년에 30분 이상을 감축하였다.

교육 제도 간에는 수학 수업 시간뿐 아니라 각 주제에 할애하는 시간의 배분에도 차이가 있는 것으로 나타났다. PISA에서는 이차함수, 무리수, 코사인 등 형식적 수학 주제에 대한 친숙도를 측정하였다(수학 친숙도 지수에 대한 내용은 박스 1.2 참조). 평균적으로 OECD 국가의 학생 중 30% 미만이 산술평균의 개념을 잘 이해하는 것으로 나타났으며, 50% 미만이 다각형과 약수의 개념을 잘 알고 이해하는 것으로 나타났다(표 1.7).

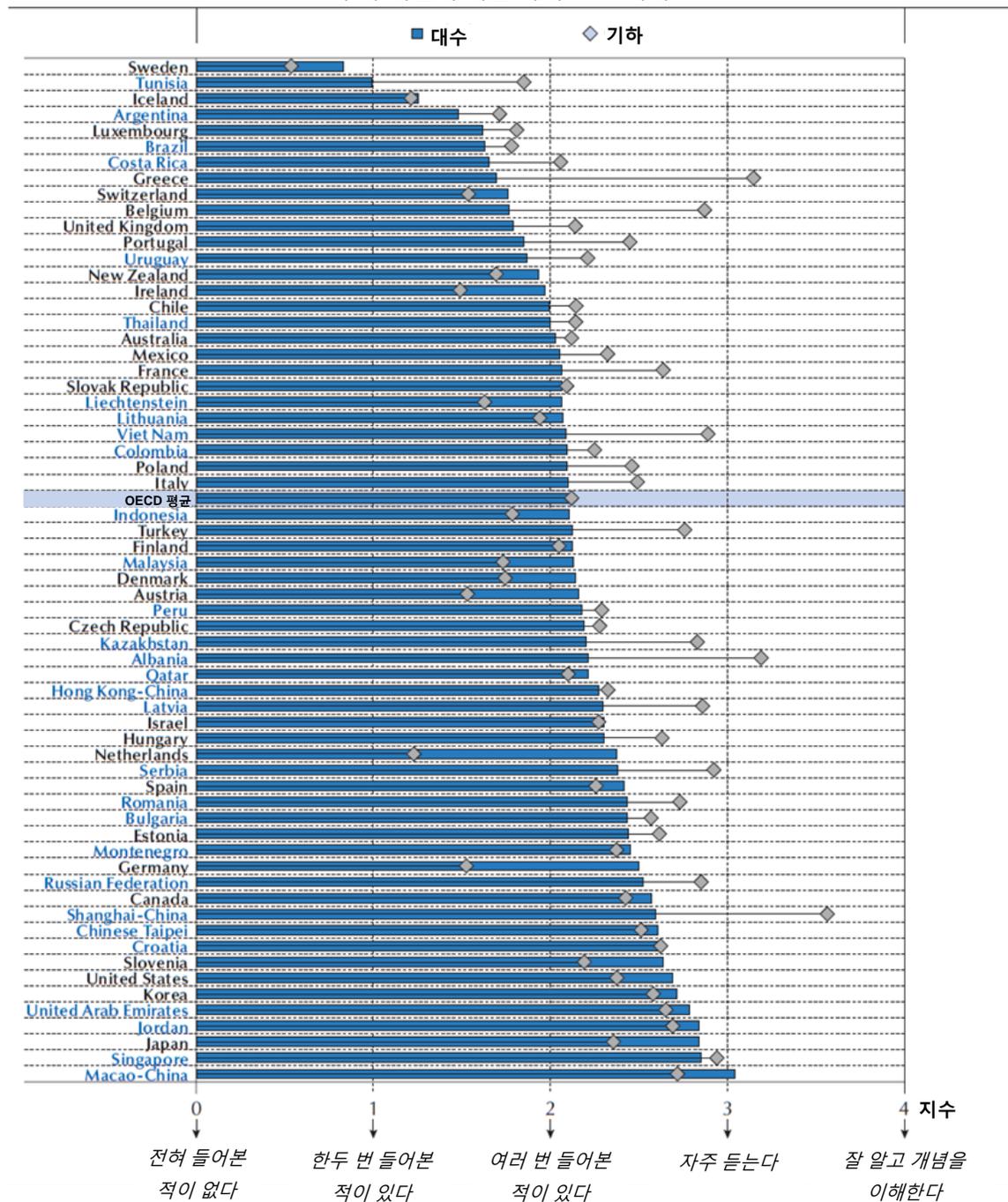
수학 개념에 대한 친숙도는 홍콩-중국, 일본, 대한민국, 마카오-중국, 상하이-중국, 스페인, 대만에서 가장 높게 나타났다(표 1.8). 그림 1.7는 일본, 마카오-중국, 싱가포르가 일차방정식, 이차함수, 지수함수 등의 대수 개념에 대한 친숙도가 비교적 높다는 것을 보여 준다. 벡터, 다각형, 합동인 도형, 코사인 등의 기하 개념에 대해서는 상하이-중국의 노출도가 가장 높은 수치를 기록하였다. 아시아 지역에서 심화 수학 개념에 대한 노출도가 높게 나타나는 이유는 아시아 국가의 수학 교육과정이 상당히 학문적인 성격을 띠고(Morris and Williamson, 2000), 교사 양성 프로그램에서 고등수학에 중점을 두며(Ding et al., 2013), 학생들이 시험을 위해 알 필요가 있는 모든 주제를 교사들이 다 알고 있을 것을 요구하는 고부담 시험 문화(Yang, 2014) 등을 꼽을 수 있다.

한편, 스웨덴 학생들의 대부분은 이러한 대수 및 기하 개념들에 노출된 적이 거의 없거나 한두 번 있다고 응답하였다. 특정 국가에서는 대수 개념에 대한 친숙도가 높게 나타났고, 다른 국가에서는 기하 개념에 대한 친숙도가 높게 나타난 적도 있었다. 예를 들어, 그리스의 학생들은 기하 개념에 대한 노출도가 OECD 최고 수준이었지만, 대수에 대한 노출도는 OECD 평균을 밑돌았다.

PISA 2012에는 또한 수학 수업이 응용수학이나 순수수학에 더 집중하는지에 대한 설문이 포함되었다(질문 1 참고). 이 질문에 대한 학생들의 응답에서 순수수학에 대한 노출도 지수와 응용수학에 대한 노출도 지수를 계산할 수 있었다(박스 1.2).

순수수학에 대한 노출도는 대한민국, 러시아, 싱가포르 및 스페인에서 가장 높게 나타났다. 응용수학에 대한 노출도는 카자흐스탄, 대한민국, 폴란드, 태국에서 가장 높게 나타났다(그림 1.8). 모든 교육 제도에서 순수수학에 대한 노출도 평균과 응용수학에 대한 노출도 평균 사이의 관련성은 거의 없었다.

■ 그림 1.7 ■
대수 및 기하에 대한 친숙도
 수학 개념에 대한 자기 보고 지식



참고: 기하에 대한 친숙도는 벡터, 다각형, 합동인 도형, 코사인의 개념에 대한 친숙도의 평균을 지칭한다. 대수에 대한 친숙도는 지수함수, 이차함수, 일차방정식에 대한 친숙도의 평균을 지칭한다.

이 표에서 국가 순서는 대수에 대한 친숙도를 기준으로 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 1.8.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933376907>

■ 그림 1.8 ■

순수수학과 응용수학에 대한 노출도 사이의 관계



순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하거나 세금을 추가하면 컴퓨터가 얼마나 더 비싸지는지를 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 1.9a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933376914>

그리스, 홍콩-중국, 이탈리아, 일본, 마카오-중국, 미국, 베트남 등의 교육 제도에서는 응용수학보다 순수수학에 시간을 더 많이 할애하였고, 브라질, 덴마크, 요르단, 멕시코, 몬테네그로, 카타르, 루마니아, 슬로바키아, 스웨덴, 태국, 및 아랍에미리트에서는 응용수학에 비중을 더 할애하는 것으로 나타났다(표 1.9a).

순수수학과 응용수학 사이의 적절한 균형은 수학교육에 대한 대중적인 논의 중 가장 논란이 많은 주제 중 하나이다. "예시보다는 기반이 되는 개념에 집중을 해야 한다" (Munson, 2010) 고 주장하는 집단과 "알고리즘은 해롭고" 학생들은 "교과서와 문제집에서 배우는 것보다 개인의 계산 방식을 찾는 것에 집중"하여야 한다(Kami and Dominick, 1998: 132) 고 주장하는 집단 사이에 소위 "수학 전쟁"이 지속되고 있다. 이 논란의 중심에는 교과서에 포함된 문제의 구조, 제시 방법, 유형; 모든 학생들이 배워야 하는 내용과 유형, 적절한 문제 유형; 학습과 문제해결에서 강조되는 표현 방법 등에 대한 논란이 자리하고 있다(Goldin, 2008; Schoenfeld, 2004).

이러한 "전통적" 수학교육과 "개혁적" 수학교육의 사이의 논란은 교육과정의 개정, 교수법의 혁신 방향, 현직교사나 예비교사의 교육 내용 등에 지대한 영향력을 행사하였다(Klein, 2003; Schoenfeld, 2004). 특정 수학교육과정에서는 두 극단 사이의 중용을 추구하여, 심화 수학 개념의 엄밀성과 실생활 맥락에서 수학을 활용할 기회 모두를 강조하였다. 예를 들어 독일에서는 최근에 재정된 수학 "교육 표준" (OECD, 2011) 의 6 가지 기초능력 중 하나로 실생활 문제를 해석하고 이해하기 위한 모델 구성 능력을 선정하였다.

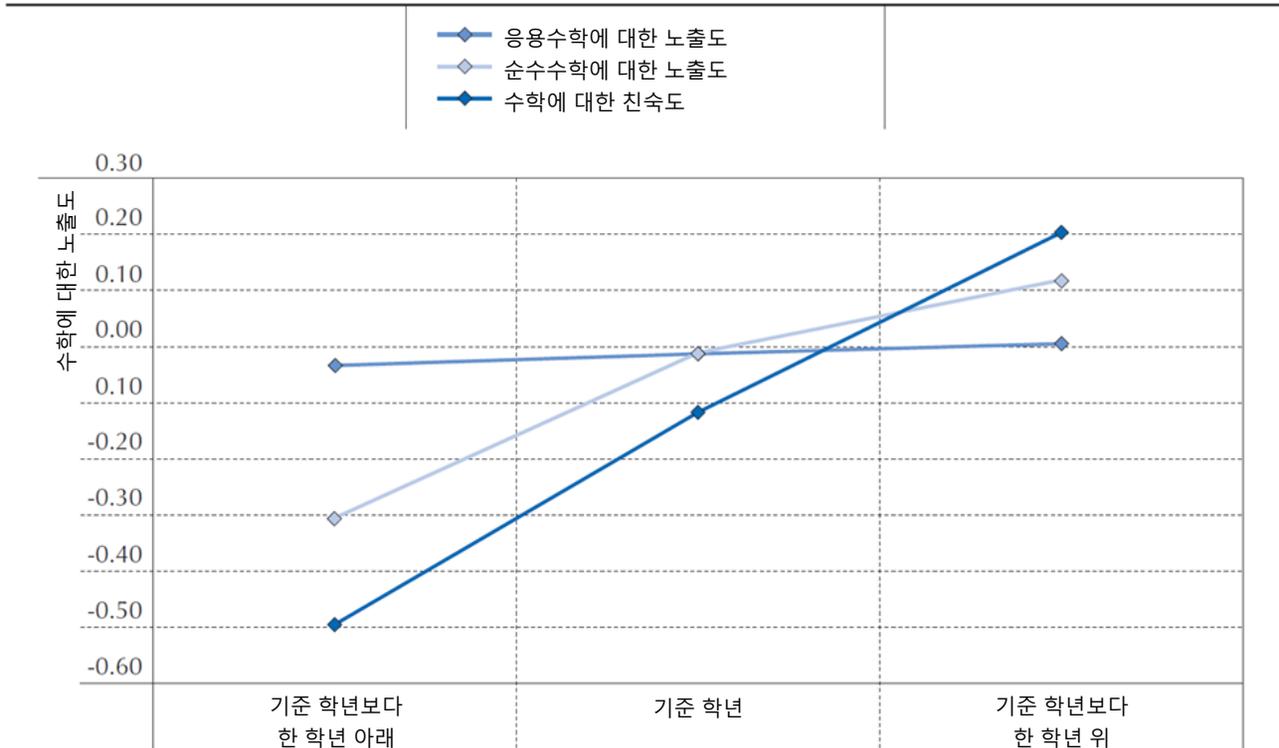
수학에 대한 노출도는 고학년이 될수록 증가하는 편이지만, 증가폭은 내용 영역에 따라 차이를 나타낸다(그림 1.9). 순수수학에 대한 노출도와 수학 친숙도 지수는 고학년이 될수록 지속적으로 증가한다. 이러한 증가폭은 수학 친숙도 지수에서 특히 높게 나타나는데, 이는 해당 지수를 산출하는 데 포함된 13 개의 수학 개념이 포괄적인 지식을 포함하기 때문이다. 이와 달리 *순수수학에 대한 노출도*는 만 15 세 학생들이 평균적으로 어려움을 느낄 만한 대수 개념(일차방정식, 이차방정식)에 기반하고 있다.

반대로 응용수학에 대한 노출도는 저학년과 고학년에서 별다른 차이를 보이지 않았다. 이는 PISA 에서 *응용수학에 대한 노출도*가 간단한 수리력을 요구하는 비교적 간단한 맥락 문제에 대한 노출도를 자기 보고하는 형태로 응답하는 것에 기반하고 있기 때문일 가능성이 있다. 응용수학에 대한 노출도의 차이는 국가 간에 관측될 수 있다. 네덜란드의 학생들은 응용수학에 대한 노출도가 높게 나타나고, 고학년이 될수록 노출도가 높아지는 것으로 나타났다. 반대로 체코, 슬로바키아에서는 고학년의 교사들이 PISA 에 제시된 것과 같은 응용수학 문제에 덜 집중하는 것으로 나타났다(표 1.10).

수학은 일반적으로나 구체적으로 가르치기 상당히 어렵다. 연구결과에 따르면 수학교육의 일반적이면서 구체적으로 가르치기 위해서는 개념과 현상에 대한 다양한 표현(수치적, 언어적, 상징적, 시각적) 과 이 표현들 사이의 연결 및 전이가 반드시 필요하다(Janvier, 1987). PISA 2012 에서 학습 기회에 대한 질문들은 수학 문제가 학생들에게 제시되는 방법에서 나타나는 국제적 차이를 설명하고자 하였다(박스 1.2).

■ 그림 1.9 ■

학년별 수학 수업에서 수학 내용에 대한 노출도 OECD 평균 (23 개국)



참고: 기준 학년은 PISA에 참여한 학생들이 가장 많은 학년을 의미한다.

순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하거나 세금을 추가하면 컴퓨터가 얼마나 더 비싸지는지를 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

수학 친숙도는 (지수함수, 약수, 이차함수 등의) 수학 개념에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

순수수학, 응용수학에 대한 노출도와 수학 친숙도에 대한 OECD 평균은 세 학년 (기준 학년보다 한 학년 아래, 기준 학년, 기준 학년보다 한 학년 위)에 통계적으로 유효한 수의 학생을 포함하고 있는 국가들을 대상으로 계산되었다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 1.10.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933376925>

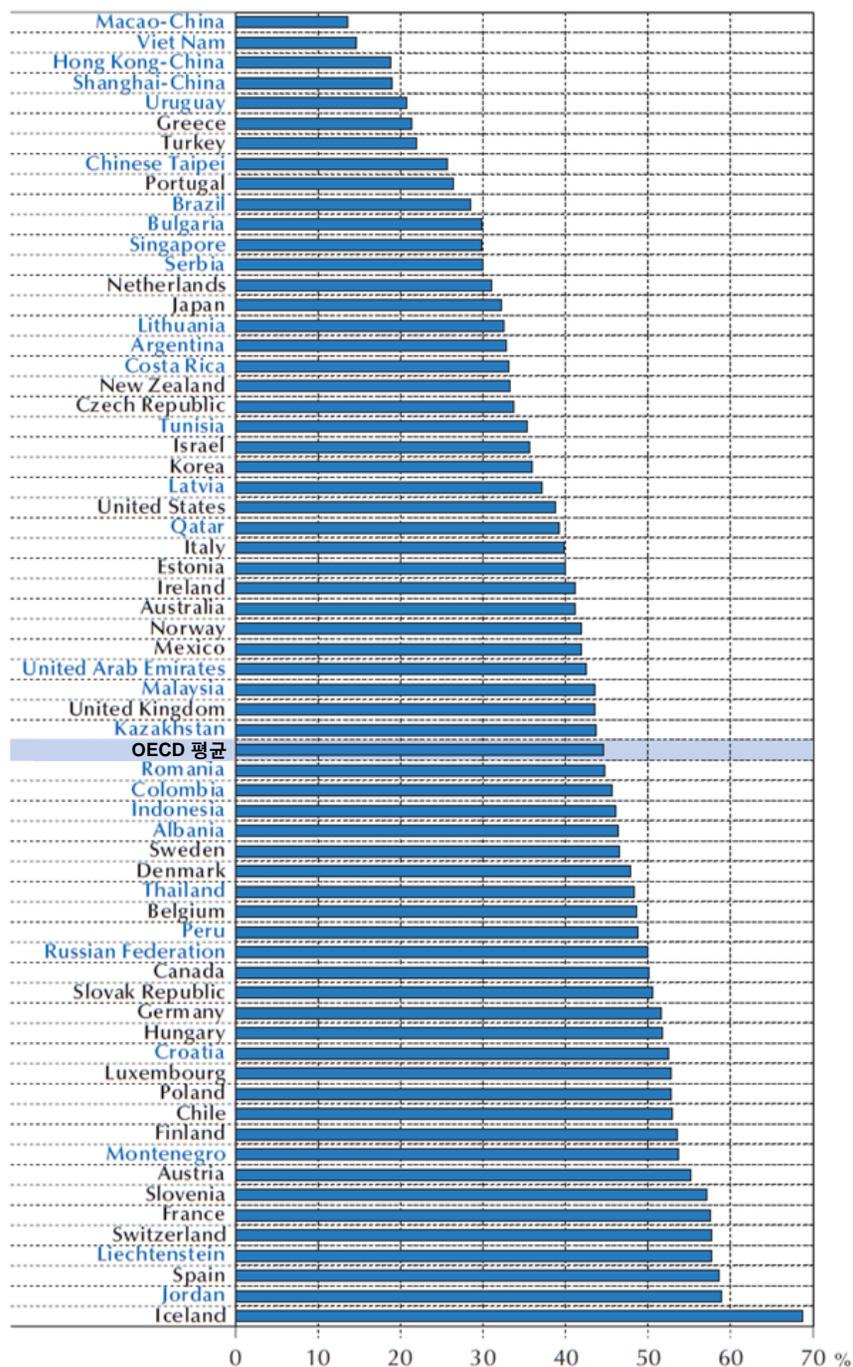
문장제는 수학 교육과정을 통틀어 활용되고 있다. 문장제는 학생들의 경험과 수학 문제를 연결시키고 학생들은 공감할 수 있는 배경을 제공하려는 교사에 의해 개발된다(질문 3a 참조). OECD 국가에서 평균적으로 87%는 문장제를 수업 시간에 몇 번 풀어본 경험이 있는 것으로 나타났고, 79%는 시험에서 문장제를 풀어본 경험이 있는 것으로 나타났다(표 1.11a). 홍콩-중국, 마카오-중국, 상하이-중국, 베트남에서는 대수 문장제를 자주 듣는다고 답한 학생이 20% 미만으로 나타났다(그림 1.10a).

다른 설문 문항에서는 수학 수업이나 시험에서 PISA에서 사용한 수학 문제와 같이 특정 유형의 수학 과제에 학생들이 노출된 정도를 조사하였다(질문 3d 참조). 이러한 문제들은 수학 지식을 적용하여 일상 생활이나 업무 상황에서 한 도표의 변동추세를 해석하는 작업과 같은 문제를 상정하고 해당 문제에 대한 해답을 찾는 과제를 제시한다.

■ 그림 1.10a ■

수학 수업에서 대수 문장제에 대한 노출도

수학 수업 중 대수 문장제에 자주 노출된다고 응답한 학생의 비율



참고: 대수 문장제의 예는 다음과 같은 문제를 지칭한다: "A는 B보다 두 살 더 나이가 많고, B의 나이는 C의 나이의 4배이다. B가 30세일 때 C의 나이는 얼마인가?"

이 표에서 국가 순서는 수학 수업 중 대수 문장제에 자주 노출된다고 응답한 학생 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 1.11a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933376935>

대부분의 수학 교사들은 PISA 에서 제시한 수학 문제와 유사한 문제들을 수업 시간에 제한적으로 사용한다. 학생 중 21%만이 이러한 유형의 문제를 수업 시간에 자주 풀어본 경험이 있다고 응답하였으며 (그림 1.10b), 45%는 가끔 이러한 문제들을 풀 기회가 있다고 응답하였다(표 1.11b). 실생활 맥락에서 해석과 추론을 요구하는 응용수학 문제들은 시험에서 거의 사용되지 않는 것으로 나타났다.

PISA 에서 제시한 수학 문제들은 "수학적 모델링", 즉 실세계와 수학을 연결하는 능력을 필요로 한다. 수학적 모델링에 대한 토론과 관심은 지난 몇 십 년 간 상당히 활발하게 증가하였는데 (Blum and Borromeo Ferri, 2009), 기계적 연습의 반복보다 학생과 교사에게 더 어려울 수 있다는 이유로 인해 실제 수업 시간에서는 거의 활용되지 않고 있다. 수학 성취도가 높은 국가에서도 PISA 에 포함된 문제처럼 실세계 맥락의 수학 문제에 대한 노출도가 낮게 나타난 바 있다(그림 1.10b). 그러나 이러한 결과를 맥락 문제들에 대한 노출도가 수학 성취도에 악영향을 준다는 의미로 받아들여져서는 안 될 것이다: 오히려 맥락을 이용하는 것은 상대적으로 수학적 지식 기반이 약한 학생들을 대상으로 복잡한 수학 개념의 접근성을 증진하기 위한 방식으로 더 활용될 수 있다고 해석하는 것이 더 나을 것이다(맥락을 설정한 문제에 대한 노출도와 국가 내의 성취도 격차에 대한 관계는 표 3.8b 를 참고). 수학을 가르치는 것은 상당히 복잡한 과정이고, 과제 수행 동안 학생들이 실세계와의 연결성 외에 성취도에 영향을 주는 요인들은 얼마든지 있다(Mosvold, 2008). 또한, 교실에서 실세계 맥락에 효과적으로 적용하는 것은 학생들이 특정 상황에서 배운 개념들을 다른 상황에서 유사한 문제에 적용하는 역량에 대한 교사들이 지원 능력에 달려 있다(박스 1.3 참조).

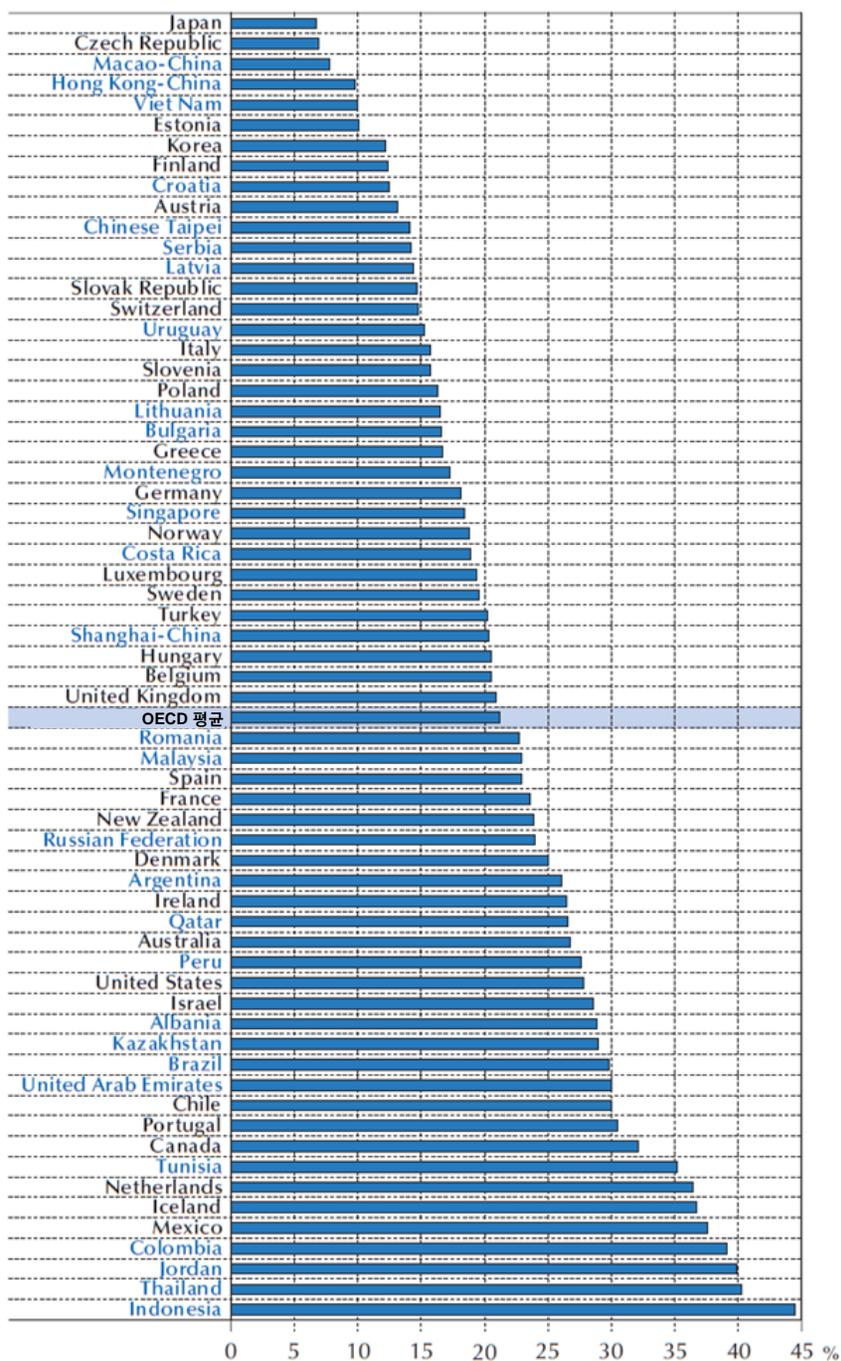
수학 수업에서 가장 흔히 찾아볼 수 있는 문제의 유형은 절차적 지식을 적용하는 정형화된 문제들이다(질문 3b 참조). PISA 설문 결과에 의하면 OECD 국가 중 68%의 학생들이 이러한 유형의 문제들을 수업 시간에 자주 접할 기회가 있었다고 응답하였고(그림 1.10c), 또 다른 25%의 학생들은 가끔 접할 기회가 있었다고 응답하였다(표 1.11c). 약 90%의 학생들은 이러한 유형의 문제들이 시험에 가끔씩 출제된다고 응답하였다(표 1.11c). 절차적 지식에 대한 수학 문제들을 자주 접한다고 응답한 학생들의 국가에서는 수학 수업에서 대수 문장제를 자주 사용하는 것으로 나타났다(표 1.12).

수학적 모델링에 비해 절차적 수학 문제가 많다는 현실은 학생들이 해당 절차와 개념 사이의 연결을 인식하지 못할 경우 상당한 문제를 초래할 수 있다는 문제점이 있다. 예를 들어, 많은 경우 학생들은 방정식의 개념에 대한 이해 없이 해를 구하는 연산 과정을 주목한다(Niss, 1987). 절차적 지식과 개념적 지식 사이의 관계에 대해서는 일반적으로 절차적 지식에 집중하기 전에 개념적 지식을 먼저 개발해야 한다는 의견이 주를 이루고 있다(Grouws and Cebulla, 2000; NCTM, 2000, 2014). 최근에 이루어진 연구에서도 개념적 이해와 절차적 유창성이 수학 성취도에 동일한 영향력을 행사한다는 것을 강조한다(Rittle-Johnson et al., 2015). 결국 둘 다 장기적으로 문제해결 능력의 향상에 기여하는 것이다.

■ 그림 1.10b ■

수학 수업에서 실세계 맥락의 문제에 대한 노출도

수학 수업에서 실세계 맥락의 문제에 자주 노출된다고 응답한 학생의 비율



참고: 실세계 맥락의 문제들은 차트에서 변동추세를 해석하는 것과 같이, 일상생활이나 업무 과정에서 나타날 수 있는 문제들에 대한 해답을 수학 지식의 적용을 통해 풀어내는 문제들을 말한다.

이 표에서 수학 수업 중 실세계 맥락의 문제에 자주 노출된다고 응답한 학생 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 1.11b.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933376946>

박스 1.3. 실세계 맥락 문제의 장점과 잠재적 단점

수학 교사와 과학 교사들은 학생들에게 새로운 내용을 가르칠 때 구체적이고 의미있는 실세계 예시를 수업에 도입하는 경우가 많다(Rivet and Krajcik, 2008). 이러한 문제의 장점으로는 첫째, 구체적인 예시들이 추상적인 표현보다 다루기 쉽고, 학생들이 기존에 가지고 있는 지식과 새로운 지식을 연결하는 데 도움을 준다. 예를 들어, 간단한 확률 이론에 대한 수업에서 교사는 주사위를 굴려 확률 개념을 소개할 수 있다. 두 번째로, 실세계에 기반한 예시들은 학생들에게 동기를 부여하는 효과를 갖는다. 학생들은 일상 생활에서 기인한 문제들을 풀 때 쉽게 몰입할 수 있다(Hiebert et al., 1996). 잘 설계된 실생활 과제는 학생들에게 수학의 유용성을 각인시킬 수 있는 측면도 있다(Trafton et al., 2001).

이러한 장점에도 불구하고 구체적인 예시들에 상당한 단점이 있음을 제안한 연구도 있다. 예를 들어, 학습 내용과 직접적인 연관이 없는 정보들은 학습자의 관심을 다른 데로 돌려서 해당 내용에 대한 기억력의 감퇴를 초래할 수 있다("흥미로운 디테일 효과"; Day et al., 2015; Harp and Mayer, 1998). 구체적인 맥락을 사용하여 수학을 설명할 경우 특히 성취도가 낮은 학생들은 해당 상황과 표면적으로 달라진 상황에서는 수학적 지식을 적용하지 못할 가능성이 있다. 대학생 및 고등학생들을 대상으로 한 실험에서, Kaminski et al.(2008)은 실세계를 바탕으로 하는 예시 1, 2, 3 개를 학습할 때 다른 상황에서 해당 지식을 적용하는 능력이 현저히 낮게 나타났지만, 포괄적인 예시 1 개를 학습하였을 때 해당 지식을 적용하는 능력이 높게 나타났다는 발견을 하였다. 이러한 이유로 실세계 맥락 문제들은 (불필요한 요소들을 모두 제외한 경우) 상당히 잘 만들어져 있고, 교사들이 해당 지식을 적용하는 능력을 제고하는 수단, 예를 들어 구체적 예시를 제공하고 동일한 주제에 대해 포괄적인 예를 제공할 때만 학생들에게 확실한 장점을 제공할 수 있다고 할 수 있다.

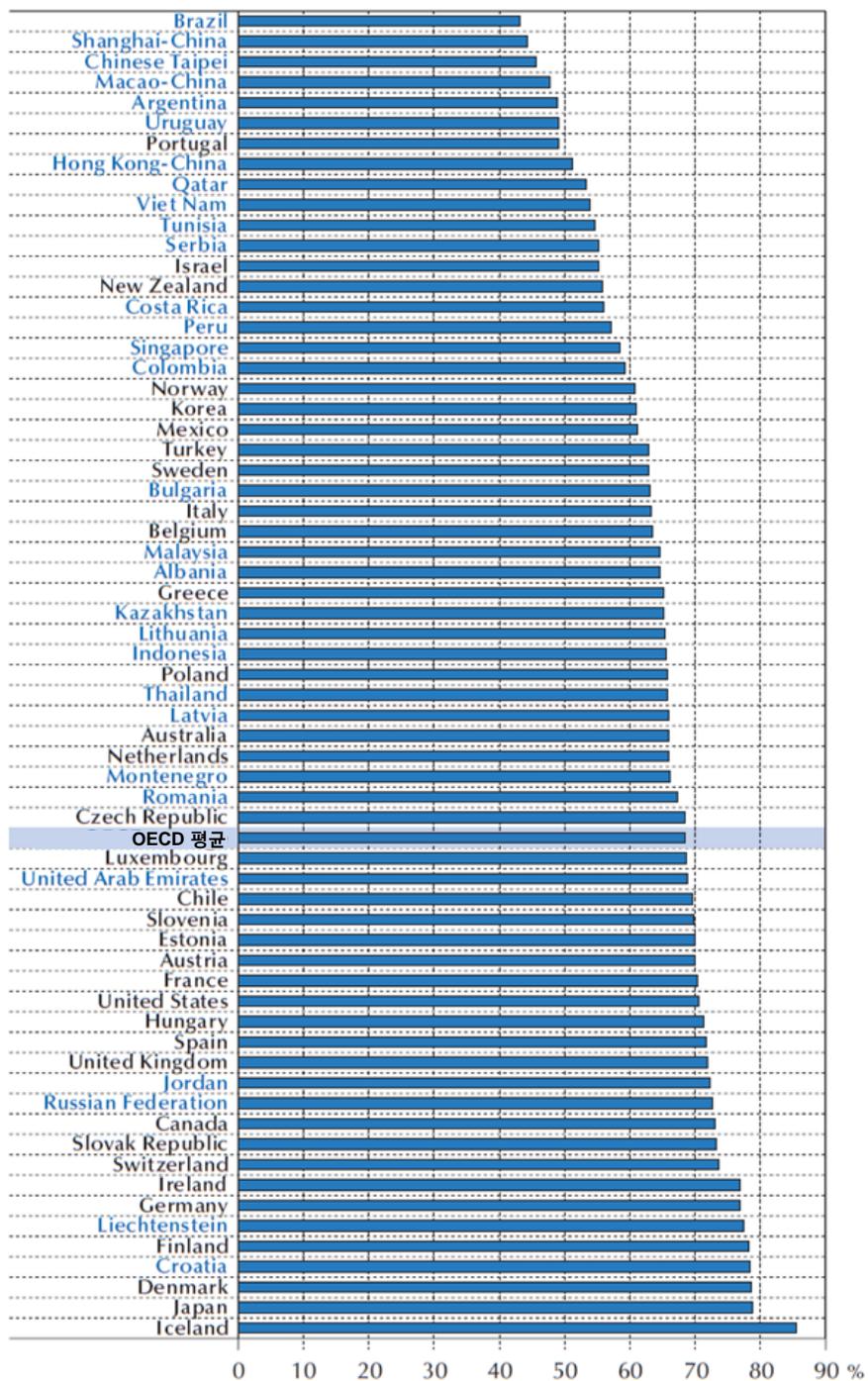
실세계에 기반한 서술형 문제들을 가장 많이 활용하는 국가는 네덜란드로 (Hiebert et al., 2003), 대부분의 교과서에서 실세계에 기반한 예시들을 활용하고 있다(Mosvold, 2008). 다른 국가들 또한 실세계에 기반한 예시들의 활용을 증진하는 계획을 시행 중에 있다. 예를 들어, 싱가포르는 싱가포르 수학 평가 및 교수학 프로젝트 (Singapore Mathematics Assessment and Pedagogy Project; SMAPP) 를 통해 실세계 수학을 포함하는 새 평가 제도를 개발하여 교사들이 수업에서 사용할 수 있는 실세계 과제들을 제공하고 있다. SMAPP 평가들에 따르면, 좋은 수학 문제는 관련 데이터를 이용하여 실생활과 연결되고 교육과정과 연관성이 명확해야 하고, 다양한 수학적 능력 및 내용 지식을 평가할 수 있어야 하며, 학생의 교육경험을 증진하고, 다양한 난이도를 포함해야 한다. SMAPP 에서 사용하는 문제들은 수학자로 구성된 팀에 의해 개발되어 현직 교사들이 검토하고, 실제 수업에 적용해 본 후 수정되었다. 일본 또한 최근 교육과정의 개정과 함께 실세계와 연결된 수학적 활동을 도입하였다.

PISA 학생 설문에는 또한 순수수학 문제가 포함되었다(질문 3c 참조). 이 문제들은 일반적으로 탄탄한 개념적 지식과 자동화되지 않은 절차의 사용을 요구하며, 적용할 계산 과정의 의도적 선택, 반성, 순서를 정하는 과정을 필요로 한다. OECD 국가의 학생 4 명 중 3 명이 이러한 문제들을 수학 시간에 자주 접하거나 가끔 접할 기회가 있다고 응답하였고 (표 1.11d), 3 명 중 2 명 이상이 학교 시험에서 가끔씩 이러한 문제들을 접할 기회가 있다고 응답하였다. 핀란드, 노르웨이, 스웨덴에서는 이러한 문제에 대한 노출도가 상대적으로 저조하게 나타났다.

■ 그림 1.10c ■

수학 수업에서 절차적 수학 문제에 대한 노출도

수학 수업에서 절차적 수학 문제에 자주 노출된다고 응답한 학생의 비율



참고: 절차적 수학 문제의 예시에는 일차방정식 문제나 정육면체의 부피를 구하는 문제 등이 포함된다.

이 표에서 국가 순서는 수학 수업 중 절차적 수학 문제에 자주 노출된다고 응답한 학생 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.

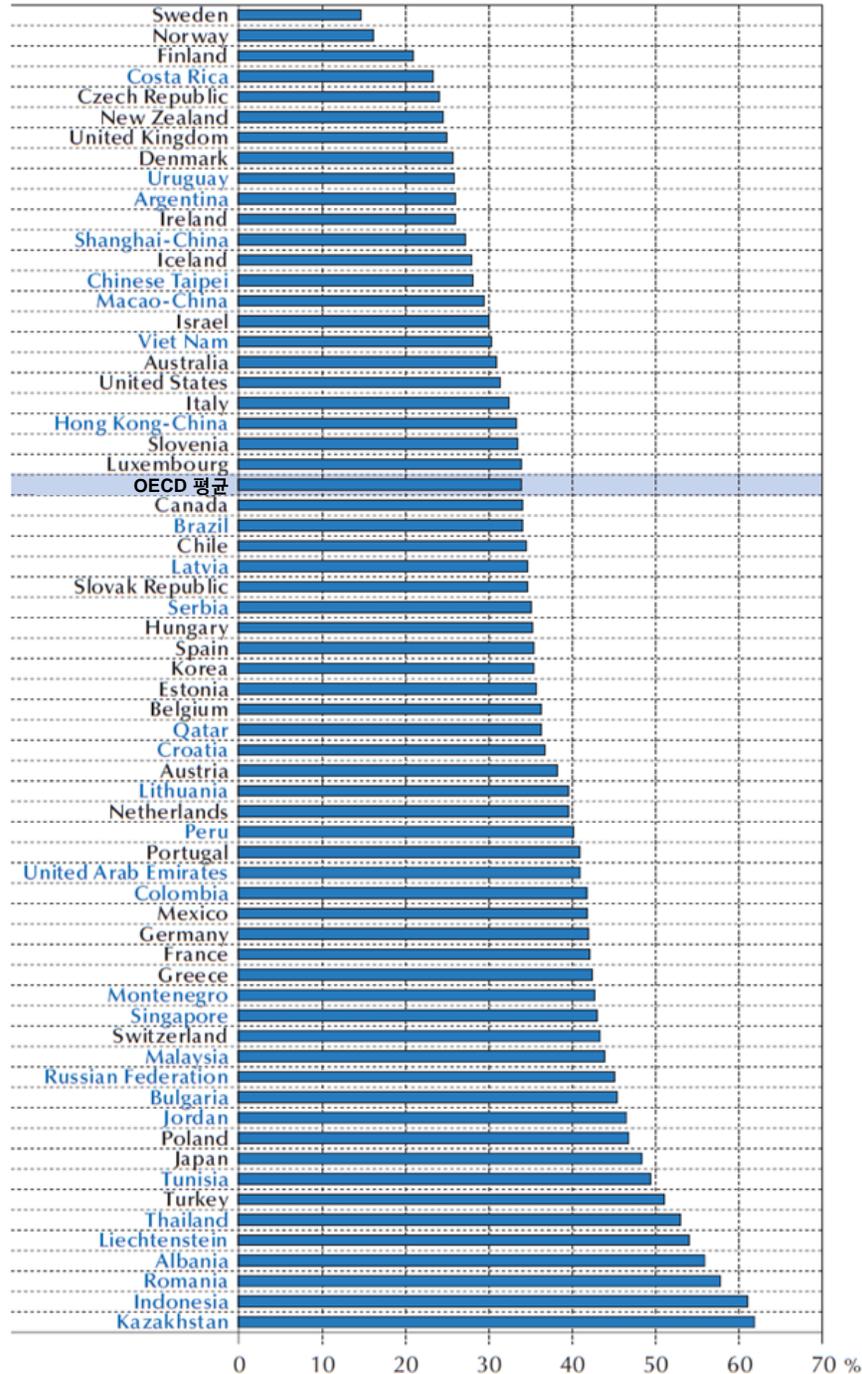
출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 1.11c.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933376953>

■ 그림 1.10d ■

수학 수업에서 순수수학 문제에 대한 노출도

수학 수업 중 순수수학 문제에 자주 노출된다고 응답한 학생의 비율



참고: 순수수학 문제는 실제적인 응용을 참고하지 않고 수학 지식만을 활용하여 해답을 찾는 문제들을 말한다(예를 들어, 기하 공식을 이용하여 각뿔의 높이를 찾는 문제 등).

이 표에서 국가 순서는 수학 수업 중 순수수학 문제에 자주 노출된다고 응답한 학생 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 1.11d.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933376962>

PISA에서는 수학 수업의 강도, 범위, 표현에서 국제적인 차이에 대하여 상당한 양의 데이터를 수집하였다. 이러한 데이터는 각 교육 제도 별로 학습 기회 상에서 상당한 차이가 있음을 보여주고 있다. 이러한 데이터는 PISA 수학평가의 학생 성취도에 대한 데이터(3장)와 함께 활용하거나 학습 기회가 사회 경제적 지위에 따라 어떻게 분포되는지(2장)에 대한 데이터를 참고할 때 정책적인 효용성이 높다. 수학 개념에 대한 지식이 비정형 수학 문제의 해결 및 교실 밖 복잡한 환경에서 수학을 적용하는 능력에 핵심적인 역할을 수행한다는 가정을 한다면, 학생의 사회 경제적 지위에 따른 수학 지식 접근에서의 차이는 학생의 성취도 및 사회 경제적 성공에 대한 차이로 이어질 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

PISA 2012의 학습 기회 측정법

PISA 2012 학생 설문에서는 학습 기회를 평가하기 위해 6 가지의 질문을 제시하였다. 박스 1.2에서는 이러한 질문에 대한 응답이 다양한 지수로 어떻게 계산되었는지를 확인할 수 있다. 학생 설문에서 제시한 질문들은 다음과 같다.

순수수학 및 응용수학에 대한 노출

이 질문에서는 특정 유형의 응용수학 및 순수수학 과제들을 수업 시간에 접할 수 있는 기회의 빈도를 질문하였다. 이 질문의 a) 에서 f) 항목까지의 학생 응답사항은 *응용수학에 대한 노출도*를 계산하는 데 사용되었고, g) 에서 i) 항목까지의 응답사항은 *순수수학에 대한 노출도*를 계산하는 데 사용되었다.

질문 1

학교에서 다음과 같은 유형의 수학 문제를 얼마나 자주 접해 보았습니까?

(각 항목에서 하나를 골라 표시하십시오.)

		자주 배웠다	가끔 배웠다	거의 배우지 않았다	전혀 배우지 않았다
응용수학 문제					
a)	열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
b)	세금을 추가하면 컴퓨터가 얼마나 더 비싸지는지 계산하기	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
c)	어떤 마룻바닥을 완전히 덮는 데 필요한 1 제곱미터 단위의 타일 개수 계산하기	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
d)	자료에서 제시된 과학적 표 이해하기	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
e)	축척이 1:10000 인 지도상에서 두 지점 간의 실제 거리 찾기	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
f)	전자 제품의 주당 소비 전력 계산하기	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
순수수학 문제					
g)	$6x^2 + 5 = 29$ 에서 x^2 을 구하는 것과 같은 방정식 풀기	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
h)	$2(x + 3) = (x + 3)(x - 3)$ 에서 x 를 구하는 것과 같은 방정식 풀기	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
i)	$3x + 5 = 17$ 에서 x 를 구하는 것과 같은 방정식 풀기	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

수학 친숙도

이 문제는 수학 교육과정에서 다루는 다양한 수학개념에 대한 학생의 친숙도를 평가한다.

질문 2

수학적 개념에 대해 생각해볼 때, 다음 용어는 얼마나 익숙합니까?

(각 항목에서 하나를 골라 표시하시오.)

	전혀 들어본 적이 없다	한두 번 들어본 적이 있다	여러 번 들어본 적이 있다	자주 듣는다	잘 알고 개념을 이해한다
a) 지수함수	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b) 약수	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c) 이차함수	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
d) 일차방정식	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
e) 벡터	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
f) 복소수	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
g) 유리수	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
h) 무리수	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
i) 다각형	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
j) 합동인 도형	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
k) 코사인	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
l) 산술 평균	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
m) 확률	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

수학 문제에 대한 학생의 노출도

다음 네 가지 질문은 다양한 수학 문제 유형을 학교에서 경험했는지 확인하기 위한 것이다. 각 질문은 해당 문제에 대한 간단한 설명과 2 개의 예시를 포함한다. 학생들은 문제를 읽어야 하지만 문제를 풀어야 하는 것은 아니다.

질문 3a: 대수 문장제

상자에 문제가 연달아 제시되어 있습니다. 여러분은 제시된 문제를 이해하고 적절히 계산을 해야 합니다. 문제는 대개 실제 상황에 관한 것인데, 문제에 나타난 수, 사람, 장소는 지어낸 것입니다. 필요한 모든 정보는 제시되어 있습니다. 여기에 2 가지 예가 있습니다:

1. A는 B보다 두 살 많고, B의 나이는 C의 나이의 4 배이다. B가 30 세일 때 C의 나이는 얼마인가?
2. A는 텔레비전과 침대를 구입했다. 625000 원인 텔레비전을 10% 할인 받았다. 침대는 200000 원이다. 그는 배송비로 20000 원을 지불했다. A는 얼마를 냈는가?

이러한 서술 문제 유형을 학교에서 경험했는지 확인하기 위한 것입니다. 문제를 풀지 마시오!

(각 항목에서 하나를 골라 표시하시오.)

		자주 본다	가끔 본다	거의 보지 않는다	전혀 보지 않는다
a)	수학 수업 시간에 이러한 문제 유형을 얼마나 자주 봅니까?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
b)	학교 시험에서 이러한 문제 유형을 얼마나 자주 봅니까?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

질문 3b: 절차적 수학 문제

다음은 수학 능력을 알아보는 또 다른 문항 예시입니다.

- 1) $2x + 3 = 7$ 에서 x 를 구하여라.
- 2) 세 모서리의 길이가 각각 3m, 4m, 5m 인 직육면체 상자의 부피를 구하여라.

이러한 문제 유형을 학교에서 경험했는지 확인하기 위한 것입니다. 문제를 풀지 마시오!

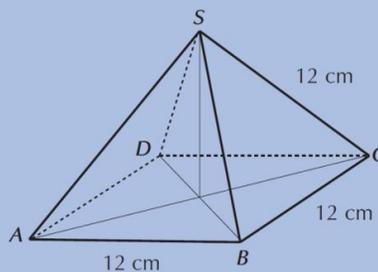
(각 항목에서 하나를 골라 표시하시오.)

		자주 본다	가끔 본다	거의 보지 않는다	전혀 보지 않는다
a)	수학 수업 시간에 이러한 문제 유형을 얼마나 자주 봅니까?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
b)	학교 시험에서 이러한 문제 유형을 얼마나 자주 봅니까?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

질문 3c: 순수수학 문제

다음 유형의 문제에서는 수학적 지식을 이용해서 결론을 도출해야만 합니다. 실제적인 적용 방법은 제시되어 있지 않습니다. 여기에 2 가지 예가 있습니다.

예시 1) 여기에서는 기하학적 원리를 이용해야 합니다.



피라미드의 높이를 구하여라.

예시 2) 여기에서는 소수가 무엇인지 알아야 합니다.

임의의 수 n 에 대하여 $(n+1)^2$ 은 소수인가?

이러한 문제 유형을 학교에서 경험했는지 확인하기 위한 것입니다. 문제를 풀지 마시오!
(각 항목에서 하나를 골라 표시하시오.)

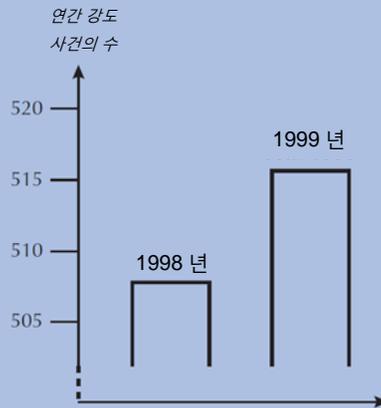
		자주 본다	가끔 본다	거의 보지 않는다	전혀 보지 않는다
a)	수학 수업 시간에 이러한 문제 유형을 얼마나 자주 보니까?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
b)	학교 시험에서 이러한 문제 유형을 얼마나 자주 보니까?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

질문 3d: 실세계 맥락의 문제

이런 유형의 문제에서는 일상 생활이나 일터에서 발생하는 문제들에 대한 유용한 답을 찾기 위하여 적절한 수학적 지식을 적용해야 합니다. 자료와 정보는 실제 상황에 대한 것입니다. 여기에 2 가지 예가 있습니다.

예시 1

어떤 TV 기자가 아래 그래프를 보여 주면서 다음과 같이 말하였다. “1998 년과 1999 년 사이에 연간 당도 사건 빈도가 급격하게 증가하였습니다.”



그래프에 대한 기자의 해석이 적절하다고 생각하는지 쓰시오.

제시한 답에 대한 이유를 설명하시오.

예시 2

여러 해 동안 정상인의 최대 심장 박동수와 연령 간의 관계를 다음 공식으로 나타내어 왔다.

정상인의 최대 심장 박동수=220-연령

최근 연구에서는 이 공식을 약간 수정해야 한다고 한다. 새로운 공식은 다음과 같다.

정상인의 최대 심장 박동수=208-(0.7 × 연령)

새로운 공식을 도입한 결과, 어떤 연령 이후부터 정상인의 최대 심장 박동수가 증가하는가? 풀이 과정을 나타내시오.

이러한 문제 유형을 학교에서 경험했는지 확인하기 위한 것입니다. 문제를 풀지 마시오!

(각 항목에서 하나를 골라 표시하십시오.)

		자주 본다	가끔 본다	거의 보지 않는다	전혀 보지 않는다
a)	수학 수업 시간에 이러한 문제 유형을 얼마나 자주 보니까?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
b)	학교 시험에서 이러한 문제 유형을 얼마나 자주 보니까?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

참고

1. OECD 국제성인역량조사에서는 수리력을 "성인 생활의 다양한 상황에서 필요한 수학적 요구를 처리하기 위하여 수학 정보와 아이디어에 접근하고 사용하며 해석하고 의사소통 할 수 있는 능력" 으로 정의하였다(OECD, 2012).

참고자료

Blum, W. and **R. Borromeo Ferri** (2009), "Mathematical modelling: can it be taught and learnt?", *Journal of Mathematical Modelling and Application*, Vol. 1/1, pp. 45-58.

Brown, M., P. Brown, and **T. Bibby** (2008), "'I Would Rather Die': Reasons given by 16-Year-Olds for Not continuing Their Study of Mathematics". *Research in Mathematics Education*, Vol. 10/1, pp. 3-18, <http://dx.doi.org/10.1080/14794800801915814>.

Burstein, L. (1993), "Prologue: Studying learning, growth, and instruction cross-nationally: Lessons learned about why and why not engage in cross-national studies", in L. Burstein (ed.), *The IEA Study of Mathematics III: Student Growth and Classroom Processes*, Pergamon Press, New York, NY, pp. 27-49.

Cai, J. and **Y. Ni** (2011), "Investigating curricular effect on the teaching and learning of mathematics in a cultural context: Theoretical and methodological considerations", *International Journal of Educational Research*, Vol. 50, pp. 65-70.

Carman, K.G. and **P. Kooreman** (2014), "Probability perceptions and preventive health care", *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 49/1, pp. 43-71.

Carroll, J.B. (1963), "A model of school learning", *Teachers College Record*, Vol. 64, pp. 723-733.

Carroll, J.B. (1989), "The Carroll Model: A 25-year retrospective and prospective view", *Educational Researcher*, Vol. 18/1, pp. 26-31.

Cogan, L.S. and **W.H. Schmidt** (2015), "The concept of opportunity to learn (OTL) in international comparisons of education", in K. Stacey and R. Turner (eds.), *Assessing Mathematical Literacy*, Springer International Publishing, Cham, Switzerland, pp. 207-216.

Day, S.B., B.A. Motz, and **R.L. Goldstone** (2015), "The cognitive costs of context: The Effects of concreteness and Immersiveness in Instructional Examples", *Frontiers in Psychology*, 6 (December), <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01876>.

Ding, M., Y. Li, X. Li and **J. Gu** (2013), "Knowing and understanding instructional mathematics content through intensive studies of textbooks", in Y. Li and R. Huang (eds.), *How Chinese Teach Mathematics and Improve Teaching*, Routledge, New York, NY, pp. 66-82.

Doyle, W. (1992), "curriculum and pedagogy", in P.W. Jackson (ed.), *Handbook of Research on Curriculum*, MacMillan, New York, NY, pp. 486-516.

Echazarra, A., et al. (2016), 'How Teachers Teach and Students Learn'. OECD Education Working Papers. Paris: Organisation for Economic co-operation and Development. <http://www.oecd-ilibrary.org/content/workingpaper/5jm29kpt0xxx-en>.

European Parliament (2015), "Encouraging STEM studies for the Labour Market", Study for the EMPL committee, Policy Department Economic and Scientific Policy, Brussels.

Floden, R.E. (2002), "The measurement of opportunity to learn", in A.c. Porter and A. Gamoran (eds.), *Methodological Advances in Cross-National Surveys of Educational Achievement*, Board on International comparative Studies in Education, National Academy Press, Washington, Dc, pp. 231 -266.

Freeman, D.J. and **A.C. Porter** (1989), 'Do Textbooks Dictate the Content of Mathematics instruction in Elementary Schools?' *American Educational Research Journal*, Vol. 26/3, pp. 403-21.

Gal, I. and **D. Tout** (2014), "Comparison of PIAAC and PISA frameworks for numeracy and mathematical literacy", *OECD Education Working Papers*, No. 102, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jz3wl63cs6f-en>.

Goldin, G.A. (2008), "Perspectives on representation in mathematical learning and problem solving", in L.D. English (ed.), *Handbook of International Research in Mathematics Education* (2nd ed.), Routledge, New York, NY, pp. 176-201.

Grossman, P. and **C. Thompson** (2008), 'Learning from Curriculum Materials: Scaffolds for New Teachers?' *Teaching and Teacher Education*, Vol. 24/8, pp. 2014-26, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2008.05.002>.

Grouws, D.A. and **K.J. Cebulla** (2000), *Improving Student Achievement in Mathematics*, international Bureau of Education (iBE), Geneva, Switzerland.

Harp, S.F. and **R.E. Mayer** (1998), "How Seductive Details Do Their Damage: A Theory of Cognitive interest in Science Learning", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 90/3, pp. 414-34, <http://dx.doi.org/10.1037/00220663.90.3.414>.

Hiebert, J., et al. (2003), "Teaching Mathematics in Seven Countries: Results from the TIMSS 1999 Video Study", March 26, <https://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=2003013>.

Hiebert, J., et al. (1996), "Problem Solving as a Basis for Reform in Curriculum and instruction: The Case of Mathematics", *Educational Researcher*, Vol. 25/4, pp. 12-21, <http://dx.doi.org/10.2307/1176776>.

Houang, R.T., and **W.H. Schmidt** (2008), TIMSS international curriculum analysis and measuring educational opportunities, Retrieved from [www.iea.nl/fileadmin/user_upload/iRC2008/Papers/TiMSS Mathematics/Houang Schmidt.pdf](http://www.iea.nl/fileadmin/user_upload/iRC2008/Papers/TiMSS_Mathematics/Houang_Schmidt.pdf).

Hoyles, C., et al. (2010), *Improving mathematics at work: The need for techno-mathematical literacies*, Routledge, London.

Husen, T. (ed.) (1967), *International Study of Achievement in Mathematics: A Comparison of Twelve Countries* (Vol. i), Wiley and Sons, New York, NY.

Jacob, B. (1999), "instructional materials for K-8 mathematics classrooms: The California adoption", in E. Gavosto, S. Krantz and W. McCallum (eds.), *Contemporary Issues in Mathematics Education*, Mathematical Sciences Research institute Publications, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 109-122.

Janvier, C. (ed.) (1987), *Problems of Representations in the Teaching and Learning of Mathematics*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

Joensen, J.S. and **H.S. Nielsen** (2009). "is there a Causal Effect of High School Math on Labor Market Outcomes?" *Journal of Human Resources*, Vol. 44/1, pp. 171-198.

Johansson, M. (2005), *Mathematics Textbooks-the Link between the Intended and the Implemented Curriculum*, Paper Presented to 'the Mathematics Education into the 21st Century Project' Universiti Teknologi, Malaysia.

Kamii, C. and **A. Dominick** (1998), "The harmful effects of algorithms in grades 1- 4", in L.J. Morrow and M.J. Kenney (eds.), *The Teaching and Learning of Algorithms in School Mathematics*, 1998 Yearbook, National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA, pp. 131-140.

Kaminski, J.A., V.M. Sloutsky, and **A.F. Heckler** (2008), 'The Advantage of Abstract Examples in Learning Math', *Science*, Vol. 320/5875, pp. 454-55, <http://dx.doi.org/10.1126/science.1154659>.

- Klein, D.** (2003), "A brief history of American K-12 mathematics education in the 20th century", in J.M. Royer (ed.), *Mathematical Cognition*, Information Age Publishing, Greenwich, cT, pp. 175-225.
- Levine, P. B. and D.J. Zimmerman** (1995), "The Benefit of Additional High-School Math and Science classes for Young Men and Women", *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 13/2, pp. 137-149.
- Marzano, R.** (2003), *What Works in Schools: Translating Research into Action*, Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria, VA.
- Morris, P. and J. Williamson** (eds.) (2000), *Teacher Education in the Asia-Pacific Region: A Comparative Study*, Falmer Press, New York, NY.
- Mosvold, R.** (2008), "Real-Life connections in Japan and the Netherlands : National Teaching Patterns and cultural Beliefs", pp. 1-18, <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/185486>.
- Mullis, I.V.S., et al.** (2012), *TIMSS 2011 Encyclopedia: Education Policy and Curriculum in Mathematics and Science, Volumes 1 and 2*, Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study center, Boston college, <http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/encyclopedia-timss.html>.
- Munson, A.** (2010), "Bourbaki at seventy-five: Its influence in France and beyond", *Journal of Mathematics Education at Teachers College*, Vol. 1/2, pp. 18-21.
- NCTM** (ed.) (2000), *Principles and Standards for School Mathematics*, National council of Teachers of Mathematics, Reston, VA.
- NCTM** (ed.) (2014), *Principles to Actions: Ensuring Mathematical Success for All*, National council of Teachers of Mathematics, Reston, VA.
- Nelson, W.L., et al.** (2008), clinical implications of numeracy: Theory and practice, *Annals of Behavioral Medicine*, Vol. 35, pp. 261-274.
- Niss, M.** (1987), "Application and modelling in mathematics curricula - state and trends", *International Journal for Mathematical Education in Science and Technology*, Vol. 18/4, pp. 487-505.
- OECD** (2015), *Students, Computers and Learning: Making the Connection*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>.
- OECD** (2013a), *Technical Report of the Survey of Adult Skills*, OECD Publishing, Paris, <http://www.oecd.org/site/piaac/Technical%20Report17Oct13.pdf>.
- OECD** (2013 b), *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en>.
- OECD** (2012), *Literacy, Numeracy and Problem Solving in Technology-Rich Environments*. Paris: Organisation for Economic co-operation and Development, <http://www.oecd-ilibrary.org/content/book/9789264128859-en>.
- OECD** (2011), *Lessons from PISA for the United States: Strong Performers and Successful Reformers in Education*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264096660-en>.
- Polya, G.** (1973), *How to solve it: A new aspect of mathematical method*, Princeton university Press, Princeton, New Jersey.
- Reys, R., et al.** (2003), 'Assessing the Impact of "Standards"-Based Middle Grades Mathematics curriculum Materials on Student Achievement', *Journal for Research in Mathematics Education*, pp. 74-95.
- Rittle-Johnson, B., M. Schneider and J.R. Star** (2015), "Not a one-way street: Bidirectional relations between procedural and conceptual knowledge of mathematics", *Educational Psychology Review*, Vol. 27/4, pp. 587-597.

Rivet, A.E. and J.S. Krajcik (2008), "Contextualizing instruction: Leveraging Students' Prior Knowledge and Experiences to Foster Understanding of Middle School Science", *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1): 79-100, <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20203>.

Rose, H. and J.R. Betts (2004), "The Effect of High School Courses on Earnings", *The Review of Economics and Statistics*, 86(2): 497-513.

Roterham, A.J. and D.T. Willingham (2010), "'21st-century' skills: Not new, but a worthy challenge", *American Educator*, Vol. 34/1, pp. 17-20.

Scheerens, J. and R. Bosker (1997), *The Foundations of Educational Effectiveness*, Elsevier, New York, NY.

Schmidt, W.H. and A. Maier (2009), "Opportunity to learn", in G. Sykes, B. Schneider and D.N. Plank (eds.), *Handbook of Education Policy Research*, Routledge, New York, NY.

Schmidt, W.H., C.C. McKnight, R.T. Houang, H. Wang, D.E. Wiley, L.S. Cogan, R.G. Wolfe (2001), *Why Schools Matter: A Cross-National Comparison of Curriculum and Learning*, Jossey-Bass, San Francisco, CA.

Schmidt, W.H., C.C. McKnight, G. Valverde, R.T. Houang and D.E. Wiley (eds.) (1997), *Many Visions, Many Aims: A Cross-National Investigation of Curricular Intentions in School Mathematics*, Springer, Berlin.

Schmidt, W., P. Zoido and L. Cogan (2014), "Schooling Matters: Opportunity to Learn in PISA 2012", *OECD Education Working Papers*, No. 95, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5k3v0hldmchl-en>.

Schmitt, N. (ed) (2013), *The Oxford Handbook of Personnel Assessment and Selection*, Oxford University Press, Oxford, England.

Schoenfeld, A. (1983), Problem solving in the mathematics curriculum: A report, recommendations, and an annotated bibliography, Mathematical Association of America, Washington, DC.

Schoenfeld, A. (2002), "Making mathematics work for all children: issues of standards, testing, and equity", *Educational Researcher*, Vol. 31/1, pp. 13-2.

Schoenfeld, A. (2004), "The math wars", *Educational Policy*, Vol. 18/1, pp. 253-286.

Stathopoulou, C., E. Gana, and P. Chaviaris (2012), "Curriculum, Textbooks, Mathematics Teaching: What Really Happens in the Classroom?", *Quaderni di Ricerca in Didattica (Mathematics)*, Vol. 22/1, http://www.academia.edu/download/30869446/CiEAEM_63_Pproceedings_QRDM_issue_22_Suppl.pdf#page=252.

Sted0y, I.M. (ed.) (2004), *Mathematics Education - The Nordic Way*, NTNU-trykk, Trondheim, Norway.

Steen, L.A. (ed.) (2001), *Mathematics and Democracy: The Case for Quantitative Literacy*, National Council on Education and the Disciplines, Princeton, NJ.

Trafton, P.R., B.J. Reys, and D.G. Wasman (2001), "Standards-Based Mathematics Curriculum Materials: A Phrase in Search of a Definition", *The Phi Delta Kappan*, Vol. 83/3, pp. 259-64.

Usiskin, Z. and E. Willmore (Eds.) (2008), *Mathematics curriculum in Pacific Rim countries — China, Japan, Korea, and Singapore*, Charlotte, NC: information Age Publishing.

Valverde, G., L.J. Bianchi, R. Wolfe, W.H. Schmidt and R.T. Houang (2002), *According to the Book: Using TIMSS to Investigate the Translation of Policy Into Practice Through the World of Textbooks*, Springer, Berlin.

Yang, X. (2014), "Conception and characteristics of expert mathematics teachers in China", *Perspektiven der Mathematikdidaktik Series*, Springer Spektrum, Wiesbaden, Germany

수학 노출도 및 친숙도의 차이

수학 노출도는 국가 간 보다 국가 내에서 차이가 두드러진다. 이 장에서는 학생의 사회 경제적 지위 및 성별, 이민자 여부 및 유치원 재학 여부 등의 요인들에 따라 수학 내용에 대한 접근성 및 노출도가 어떻게 달라지는지를 살펴볼 것이다. 그리고 학생 분반 제도 및 교수 자원과 관행을 포함한 학교별/교육 제도별 요인이 학생의 사회 경제적 지위에 따라 수학 학습 기회에 미치는 영향을 분석할 것이다.

이스라엘에 대한 통계 자료는 이스라엘의 유관기관의 책임 하에 획득하였음을 알려드립니다. 이 보고서가 보고서에서 사용된 통계 자료에는 골란 고원, 동예루살렘 및 서안지구의 주권 및 기타 사항에 대한 어떠한 시사점도 포함되어 있지 않음을 알려드립니다.

학교에서 수학 내용에 대한 접근성이 충분하지 않을 경우, 어린 학생들은 사회 경제적으로 취약한 삶으로 내몰릴 수 있다. 누가 수학을 배우는지, 학습한 수학의 질이 어떠한지는 교육제도, 사회적 통합, 경제적 생산성에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 모든 학생에게 동등한 학습 기회를 제공할 수 없는 교육 제도는 사회적 불평등을 완화하기는커녕 강화하는 결과를 초래할 수도 있다. 교육을 통해 자아실현과 사회적 유동성을 더 이상 이룰 수 없는 상황에서 학생의 재능은 낭비되고 사회적 박탈감은 커진다. 사회 취약 계층 학생들이 학교에서 낙제할 경우 차후에 빈곤, 건강문제 또는 범죄와 같은 다양한 사회적 문제들을 야기할 가능성이 있다(Schoenfeld, 2002; OECD, 2012).

이 장에서는 국가 내에서 일어나는 학습 기회 차이를 중점적으로 다룰 것이다. 모든 교육 제도를 통해 사회 경제적 취약 계층에 속하는 어린 학생들은 수학 내용에 대한 접근성에서 상당한 불이익을 당하는 것으로 나타났다. 이는 다수의 연구에서 사회 경제적 지위와 중등학교 수학 성취도, 지속시간 사이에 강한 관련성이 존재한다는 결과를 확인해 주는 것이다(Crosnoe and Schneider, 2010).

사회 경제적 혜택층 학생들은 수학 학습을 시작할 때부터 상당한 이익을 선점한다: 이들은 정규 교육이든 비형식 교육이든 양질의 교육기회를 선점하며, 방과후 프로그램을 사용할 수 있는 기회를 선점한다(Downey, von Hippel and Broh, 2004; Entwisle, Alexander and Olson, 2005; Lareau, 2011; NICHD Early Child Care Network, 2005). 이 학생들의 부모 또한 교육 제도를 거쳐 더 좋은 경험의 우위를 선점하였고, 이로 인해 자녀들이 고등교육과 직업시장에서의 성공을 거둘 것이라 더 기대하고 있다(Morgan, 2005).

데이터로 본 상황

- OECD 국가에서 국가 내 수학 친숙도 차이의 9%가 학생의 사회 경제적 지위와 특정 학교에서 사회 경제적 이익이 집중되는 현상으로 설명이 가능하다. 에스토니아와 말레이시아에서는 학생과 학교의 사회 경제적 지위의 차이가 수학 친숙도 차이를 1% 미만으로 설명하지만, 헝가리와 리히텐슈타인에서는 20% 이상을 설명하는 것으로 나타났다.
- 최소 한 명의 부모가 대졸 이상인 학생 중 70%가 일차방정식의 개념을 잘 알고 있거나 자주 들어본 적 있다고 응답하였으며, 부모의 교육 수준이 초등학교 졸업 이하인 학생의 응답율은 52%에 불과하였다.
- 학생 및 학교의 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 미치는 영향의 54%는 학생들이 실업계와 인문계 학교로 계열이 분류되는 연령의 차이와 같은 교육 제도로 설명된다.
- OECD 국가에서는 평균적으로 능력별 반편성이 사회 경제적 지위가 높은 학교보다 사회 취약 계층에 속하는 학교에서 더 많이 시행되는 것으로 나타났다.
- 평균적으로 사회 경제적 지위가 높은 학교에서 교사들이 인지활성화 전략을 시행할 시 학생들의 수학 친숙도에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났지만, 사회 취약 계층에 속하는 학교에서는 그렇지 않았다.

PISA 설문 결과에 따르면 학생의 사회 경제적 지위(박스 2.1)와 학생의 수학 친숙도 사이의 관련성은 국가 간에 큰 차이를 보였다. 이는 국가 교육 제도의 조직에 따라 지식에 대한 접근을 완화 또는 심화할 수 있음을 제안한다.¹ 특히 사회 취약 계층 학생들 사이에서는 수학 학습 기회의 불평등을 축소하는 데 학생의 능력과 준비도에 따라 학생들을 선발하는 메커니즘이 상당한 역할을 하는 것으로 보인다.

정책적 시사점

- 수학에 대한 노출도와 친숙도가 학생들의 사회 경제적 지위에 상당한 관련이 있는 것으로 나타남에 따라, 교육 제도와 정책은 모든 학생들에게 수학 개념을 배우고 수학 과제에 도전하는 관행을 경험할 수 있도록 하는 목표를 설정해야 한다.
- 모든 학생들에게 동등한 수학 학습 기회를 제공하기 위해서는 복선형 학제에 따라 학생들을 분류하는 시기를 늦추거나 성취도가 저조한 학생들에게 맞춤형 학습을 제공하는 노력이 필요하다.
- 다문화 환경에서 일하는 교사들을 대상으로 더 전문적인 연수가 제공되어야 하며, 특히 사회 취약 계층 학교 교사에게 이는 더 절실하다.
- 모든 학생들은 수학적 추론과 문제 해결을 중시하는 교육 방식의 장점을 취해야 한다. 그리고 정책 입안자, 학교 당국, 교사들은 특히 사회 취약 계층 학생들을 대상으로 핵심적인 수학 개념을 가르치는 것을 소홀히 하지 않도록 주의해야 한다.

국가 내에서 수학 내용에 접근하는 차이

다양한 학생들의 필요를 모두 충족시킴과 동시에 학교 전체의 성취도를 높게 유지하는 것은 상당히 어려운 과제이다(OECD, 2004). 수학 학습 기회의 국가 내 차이는 다음과 같은 다양한 요인과 관련된 것으로 분석할 수 있다: 지역별/학군별 사회경제 및 문화적 특성; 교직원의 자질 및 교육 정책의 선별적 적용; 학교의 재정 및 인적자원 분배; 그리고 특정 프로그램에서 잠재성과 흥미에 따라 학생 분반을 시행하는 것과 같은 교육 제도 요인 등(OECD, 2013A).

그림 2.1에서는 학생의 수학 지식에 대한 자기보고 결과를 통해 국가 내에서 차이가 나타나는 정도가 국가별로 차이를 보여준다: 각 막대의 길이는 *수학 친숙도 지수*의 차이를 보여주며, 리히텐슈타인, 스페인은 인도네시아보다 국가 내 수학 친숙도의 차이가 약 4 배 이상인 것으로 나타났다. OECD 국가 내 수학 친숙도의 차이의 약 86%가 같은 학교에 다니는 학생들의 차이로 나타났고, 약 14%는 학교간 차이에 의한 것으로 나타났다. 오스트리아, 독일, 헝가리, 리히텐슈타인, 카타르에서는 국가별 차이의 약 25%가 학교간 차이에 의한 것으로 나타났다. 덴마크, 핀란드, 말레이시아, 스웨덴, 튀니지는 가장 포괄적인 교육 제도를 갖고 있는데 학교간 수학 친숙도 차이가 약 5% 미만으로 나타났다.²

박스 2.1. 사회 경제적 지위의 개념과 PISA의 측정 방식

PISA에서는 사회 경제적 지위를 학생, 학교, 교육 제도에 대한 여러 요인을 망라하는 폭넓은 개념으로 사용하고 있다. 학생의 사회 경제적 지위는 부모의 직업 및 교육 수준, 소유한 부동산의 수와 유형을 통한 부의 측정, 가정에서 제공할 수 있는 교육 지원 등을 망라한 *PISA 경제·사회·문화적 지위 지수 (ESCS)*를 사용하여 측정하였다. ESCS 지수는 국제 비교가 가능하도록 만들어졌다(*PISA 2012 Technical Report*, OECD, 2014a 참조). 사회 경제적 혜택층 학생들은 해당 국가에서 ESCS 지수 상으로 상위 25%에 해당하는 학생이며, 사회 취약 계층 학생들은 해당 국가에서 ESCS 지수 상으로 하위 25%에 해당하는 학생들이다. 사회 경제적 혜택층 (혹은 사회 취약 계층) 학교는 해당 학교 학생들의 평균 ESCS 지수가 해당 국가 평균보다 유의하게 높은 (낮은) 학교이다.

PISA에서는 지속적으로 학생, 학교, 교육제도의 차원에서 사회 경제적 지위와 성취도의 관계를 확인하였다. 비교적 높은 사회 경제적 지위가 교육에 있어 다양한 자원을 제공할 수 있다는 사실을 재확인해 주었다. 하지만 PISA의 ESCS 지수에서 측정할 수 없는 다른 사회 경제적 요인의 영향을 보여주기도 한다. 예를 들어, 교육 제도 차원에서 사회 경제적 지위가 높아지면 부의 양과 교육 예산도 높아지는 관계가 존재한다. 학교에서는 사회 경제적 지위가 학생의 성취도에 영향을 줄 수 있는 안전한 환경 같은 사회적 요인, 도서관, 박물관과 같은 교육 자원의 접근성 등과 연관이 있는 것으로 나타난다. 개별 학생들에게서는 사회 경제적 지위가 일반적으로는 교육에 대한 부모의 태도, 특수하게는 자녀의 교육 참여 정도 등과 연관이 있는 것으로 나타난다.

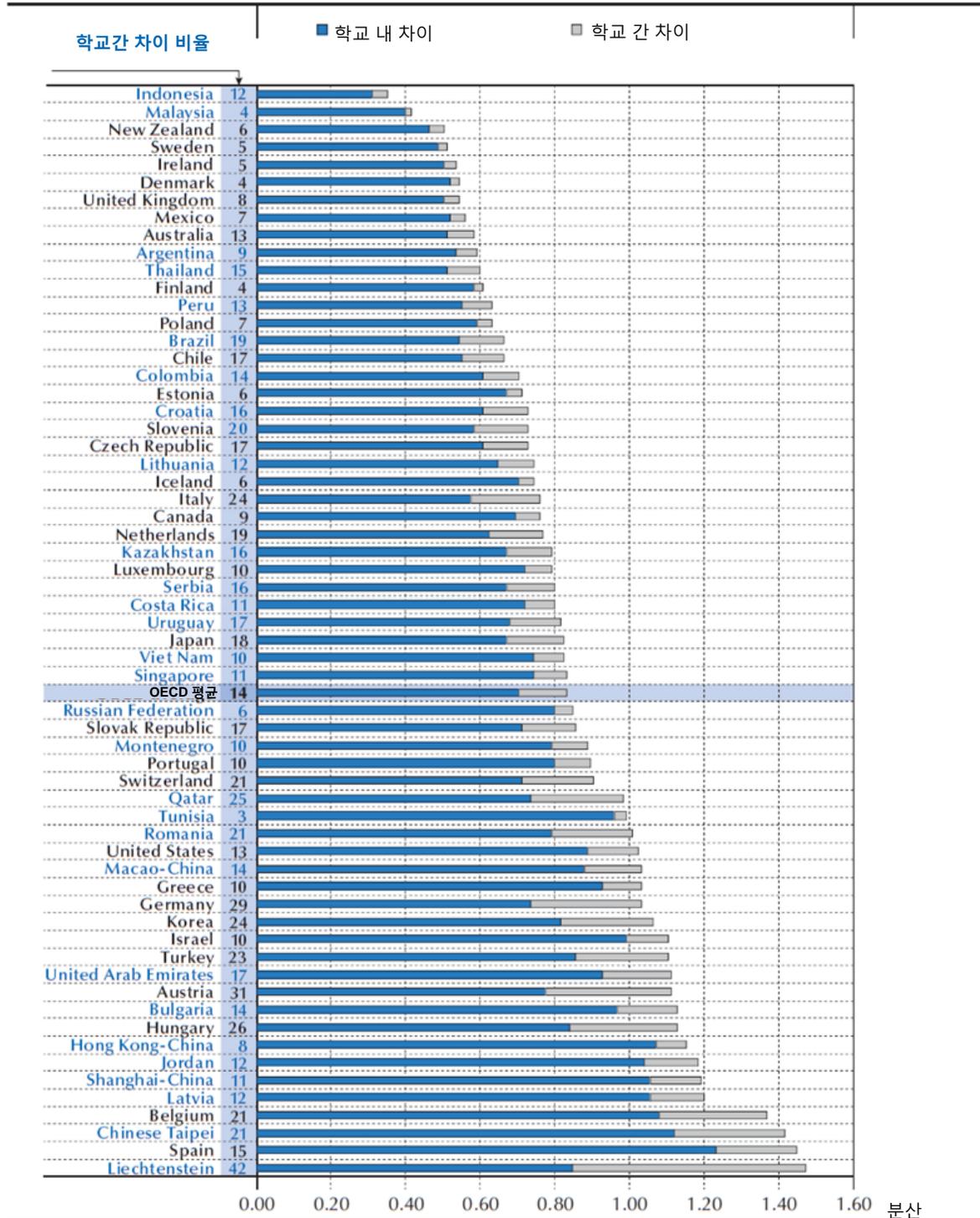
출처:

OECD (2013a).

OECD 국가에서 학생의 사회 경제적 지위는 국가 내에서 학생의 수학 친숙도 차이의 약 4%를 설명할 수 있는 것으로 나타났다: 같은 학교에 재학중인 학생들은 사회 경제적 지위가 비슷할 것이라는 점을 (그림 2.2)³ 고려할 경우 그 비율은 두 배로 늘어난다. 학생의 사회 경제적 지위에 학교의 사회 경제적 지위가 누적되는 효과의 영향은 오스트리아, 헝가리, 리히텐슈타인에서 특히 크다. 포르투갈과 스페인에서 학교의 사회 경제적 지위는 개별 학생의 사회 경제적 지위와 거의 관련이 없으며, 이로부터 사회 취약 계층 학생들은 어느 학교에 다니든 수학에 대한 접근성에서 피해를 보고 있음을 알 수 있다. 이와 상반되는 예로, 체코, 네덜란드, 일본에서는 사회 경제적 지위에 따른 분반이 학교 간에서 이루어지는 것으로 나타난다.

■ 그림 2.1 ■

학교 내 및 학교 간 수학 친숙도 차이



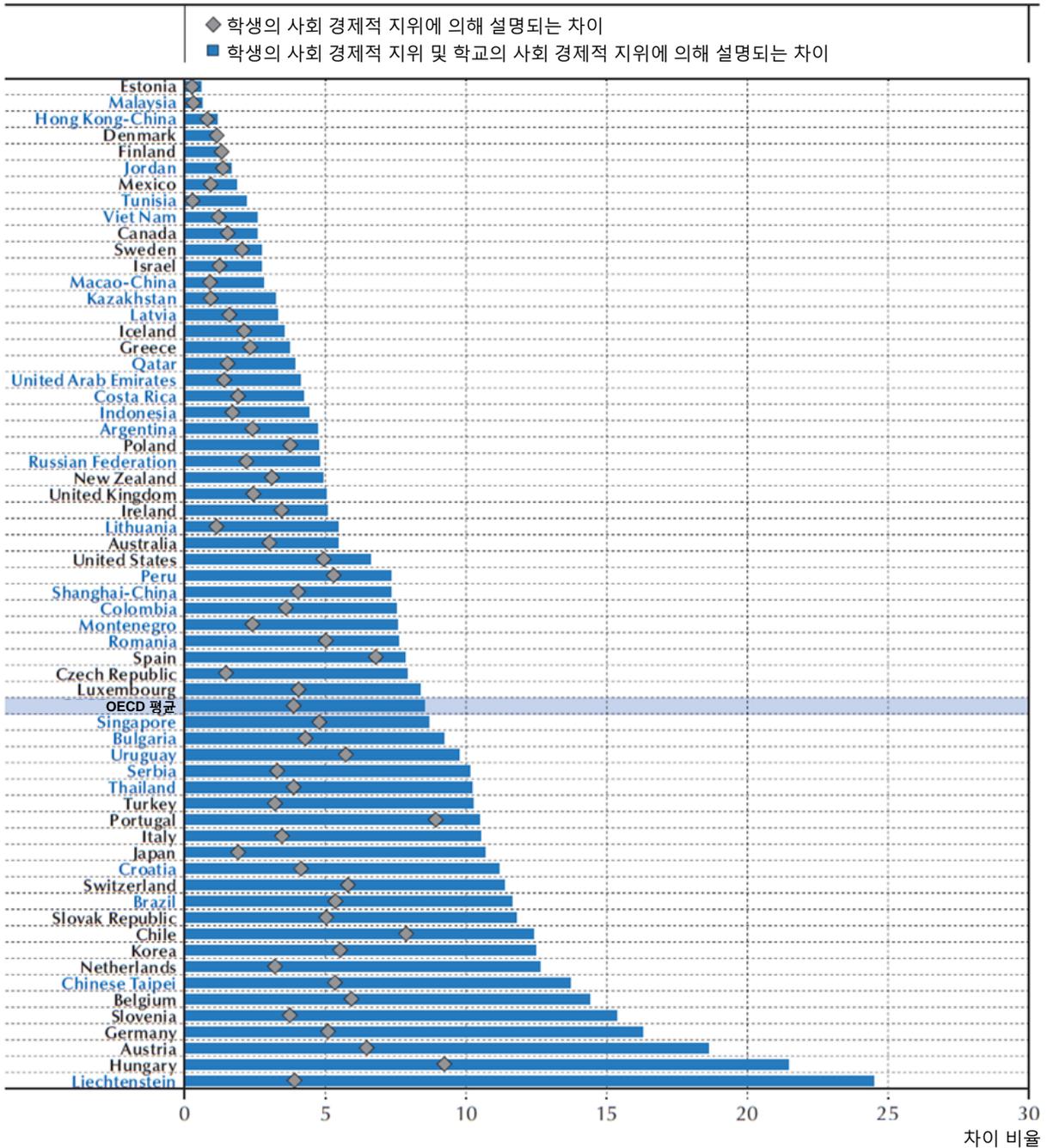
참고: 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. 이 표에서 국가 순서는 수학 친숙도 지수를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.1.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933376973>

■ 그림 2.2 ■

학생 및 학교의 사회 경제적 지위에 의해 설명되는 수학 친숙도의 차이



참고: PISA 경제·사회·문화적 지위 지수 (ESCS) 에 의해 설명되는 전체 차이 비율은 선형모형에 따라 계산하였다. 수학 친숙도와 ESCS 사이의 관계는 모든 국가 및 경제 권역에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

프랑스 학교의 사회 경제적 지위에 따른 예상치는 해당 국가의 요청에 따라 삭제되었다. 학생들의 사회 경제적 지위는 해당 국가 내의 수학 친숙도 차이 중 6.7%를 설명할 수 있다.

이 표에서 국가 순서는 학생 및 학교의 사회 경제적 지위에 의해 설명되는 수학 친숙도 차이를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.2.

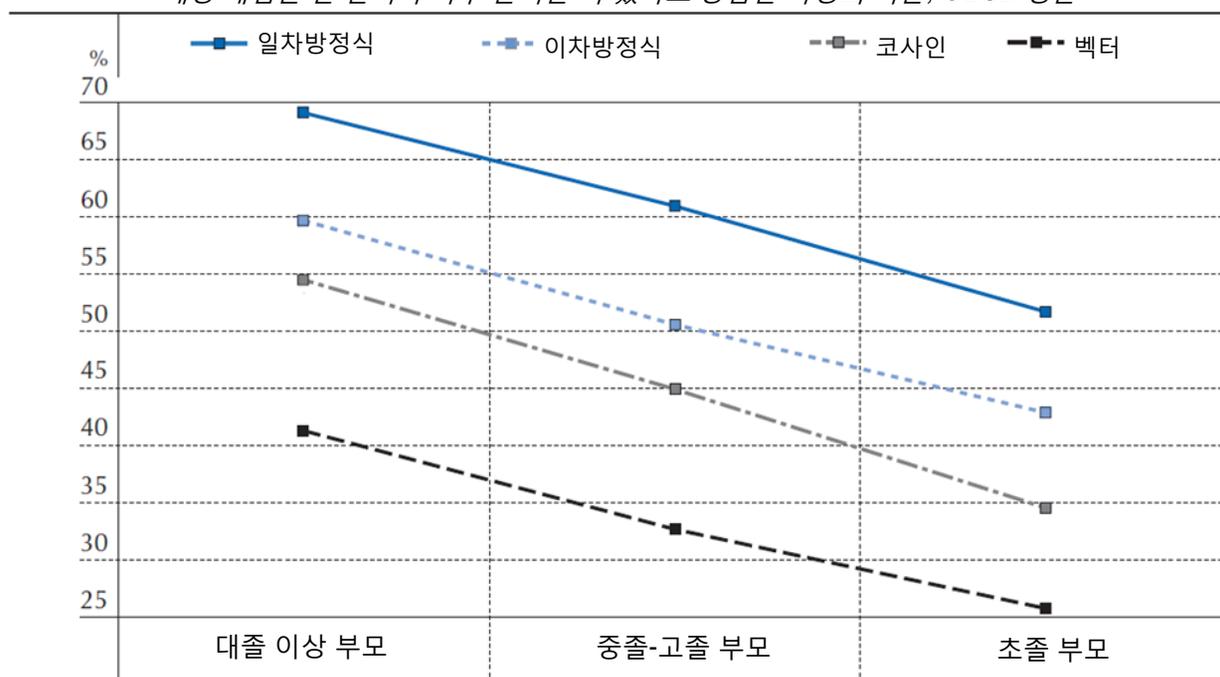
StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933376988>

그림 2.3에서는 학생의 사회 경제적 지위와 관련한 수학 친숙도의 차이 정도를 제시하고 있다. 부모 중 최소 한 명이 대졸 이상인 학생 중 70%가 일차방정식의 개념을 잘 알고 있거나 자주 들어본 적이 있다고 응답하였으며, 부모의 교육 수준이 초등학교 졸업 이하인 학생의 응답율은 52%에 불과하였다. 이와 비슷한 맥락으로, 부모가 고학력인 학생들 중 55%, 저학력인 학생 중 35%가 코사인 개념을 잘 알고 있거나 자주 들어본 적이 있다고 응답하였다.

■ 그림 2.3 ■

부모의 교육 수준에 따른 수학 개념의 친숙도

해당 개념을 잘 알거나 자주 들어본 적 있다고 응답한 학생의 비율, OECD 평균



출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.5a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933376994>

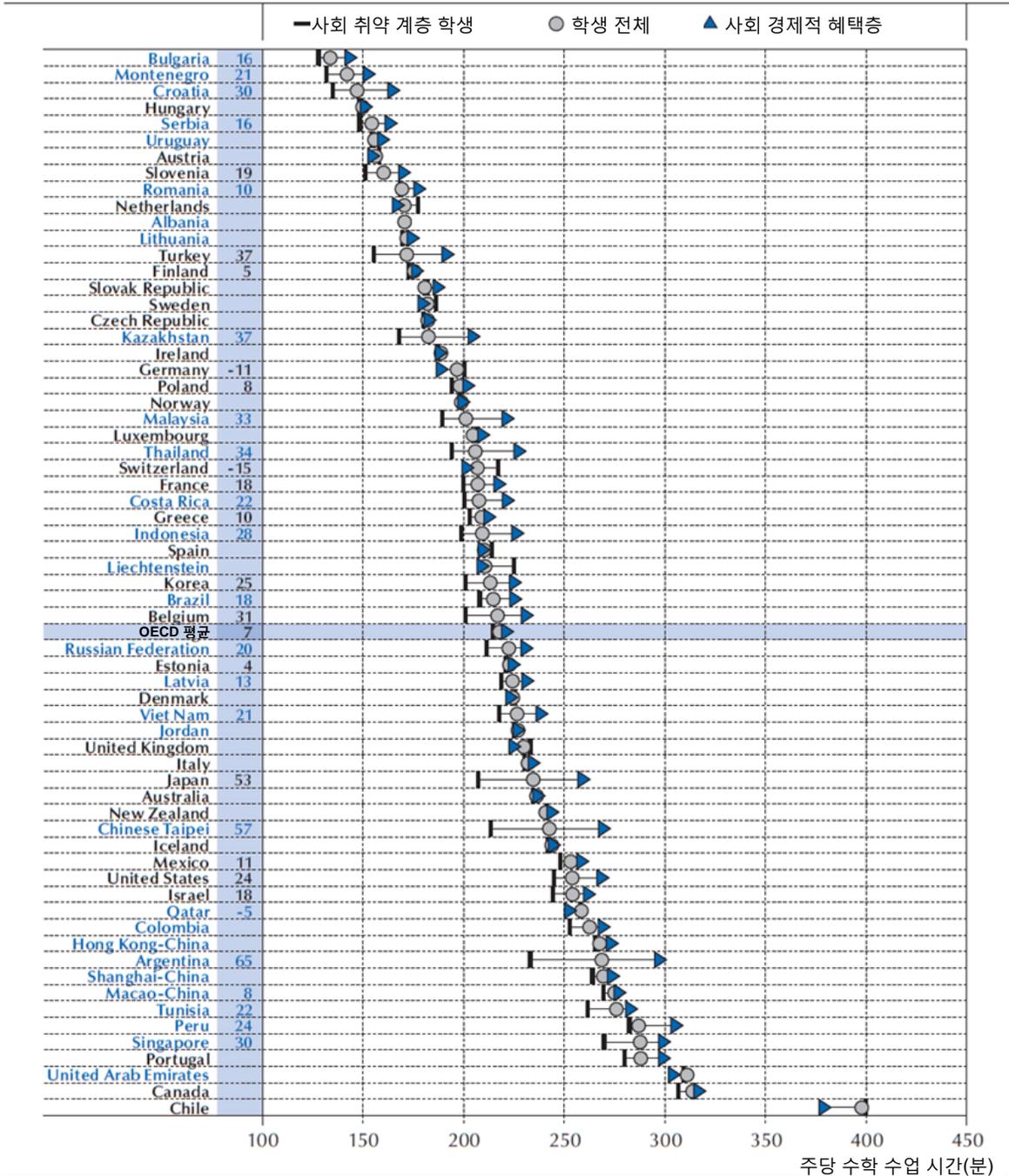
수학 학습 기회의 차이는 수학 수업에 할애된 시간과 강한 관련은 없는 것으로 나타났다(그림 2.4). 실제로 2012년에 OECD 국가에서 사회 취약 계층 학생들의 주당 수학 수업 시간이 일반적으로 사회 경제적 혜택층 학생들보다 7분 더 짧은 것으로 나타났다(표준편차의 1/10에 해당). 하지만 예외인 국가들도 있었는데, 아르헨티나, 일본, 대만에서는 사회 취약 계층 학생들이 사회 경제적 혜택층 학생들보다 주당 수학 수업 시간이 한 시간 정도 짧은 것으로 나타났다.

사회 취약 계층과 사회 경제적 혜택층 간에 수학 친숙도의 차이에 영향을 주는 것은 수학 수업 시간의 양보다 수학 수업이 어떻게 진행되었는가에 있다. 그림 2.5a와 2.5b는 사회 취약 계층 학생들이 PISA 설문에 포함된 순수수학 및 응용수학 문제들에 더 적게 노출되었음을 보여준다(순수수학 노출도와 응용수학 노출도에 대한 정의는 1장 참고). 아이슬란드, 요르단, 대한민국, 뉴질랜드, 대만에서 특히 사회 취약 계층 학생들과 사회 경제적 혜택층 학생들 간에 응용수학 노출도 차이가 0.5 이상(OECD 평균의 표준편차 1/2 값; 그림 2.5a 참고)이었다.

■ 그림 2.4 ■

학생의 사회 경제적 지위에 따른 학교에서의 수학 학습 시간

학습에서 1 주일에 할애하는 수학 수업 시간 (분)



참고: 사회 취약 계층 학생들은 해당 국가에서 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상으로 하위 25% 이내에 위치한 학생들이다. 사회 경제적 혜택층 학생들은 ESCS 상으로 상위 25%에 해당하는 학생들이다.

각 국가/경제 권역의 이름 옆의 수치는 사회 경제적 혜택층 및 사회 취약 계층 학생들의 수학 수업 시간이 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

이 표에서 국가 순서는 2012 년 기준 수학 수업에 할애된 수학 수업 시간을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.3.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377006>

■ 그림 2.5a ■

학생의 사회 경제적 지위에 따른 응용수학에 대한 노출도

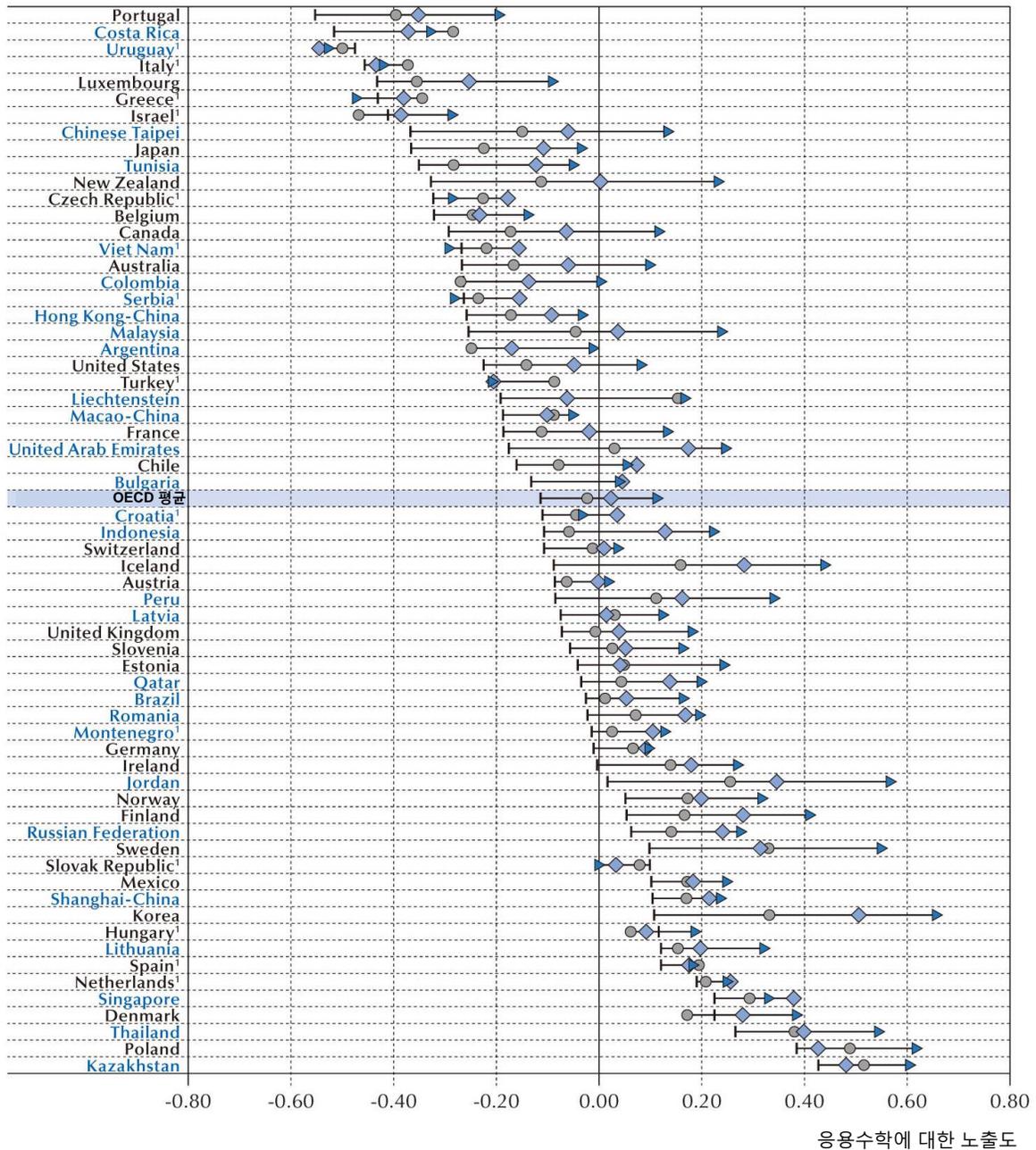
PISA 경제·사회·문화적 지위 지수 (ESCS)

- 하위 25% (사회 취약 계층 학생)

● 하위 25~50%

◆ 상위 25 ~ 50%

▲ 상위 25% (사회 경제적 혜택층 학생)



1. PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상으로 하위 25%와 상위 25%에 해당하는 수치의 차이는 통계학적으로 유의하지 않았다.

참고: 응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하거나 세금을 추가하면 컴퓨터가 얼마나 더 비싸지는지를 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

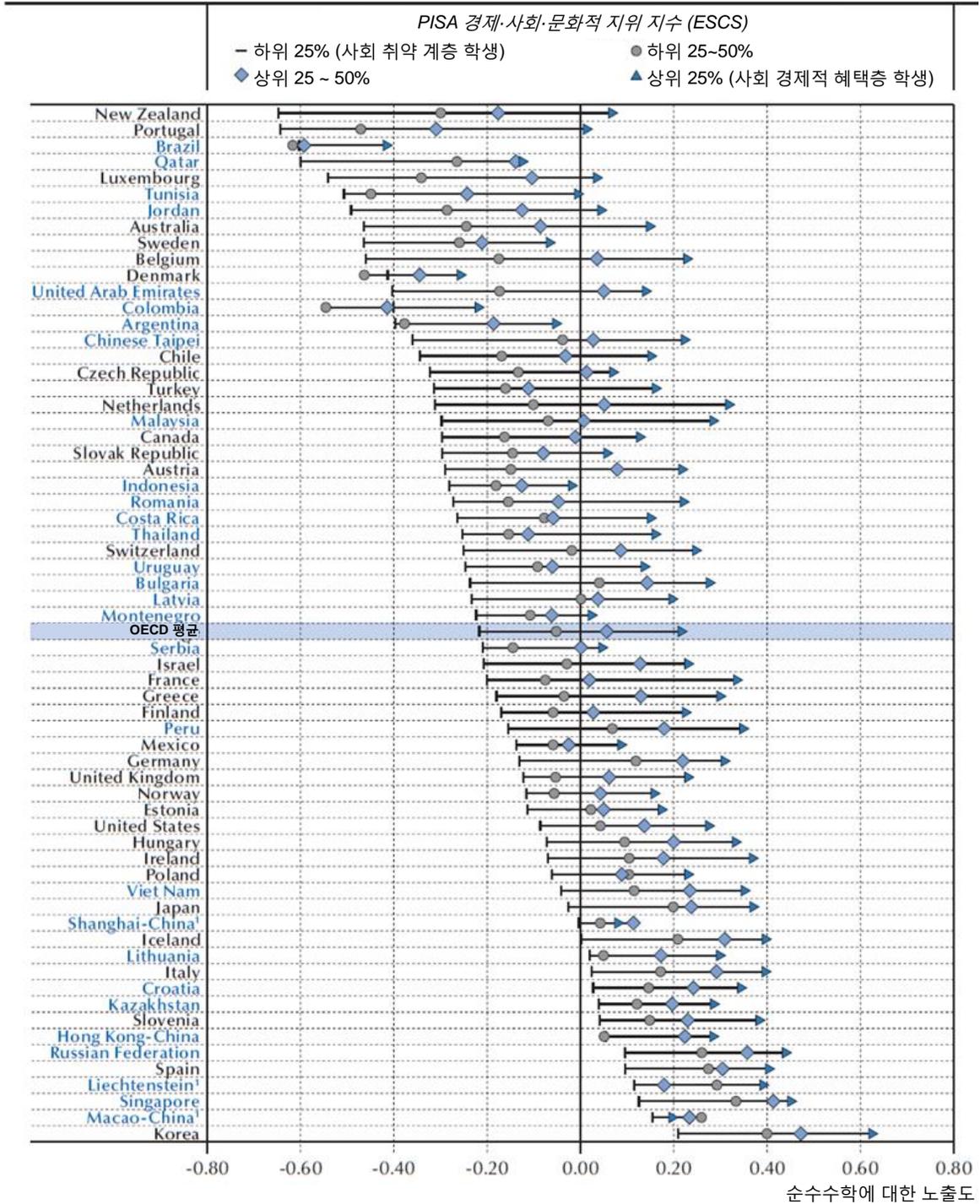
이 표에서 국가 순서는 ESCS 상으로 하위 25%에 해당하는 학생들의 평균 응용수학에 대한 노출도를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.4a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377010>

■ 그림 2.5b ■

학생의 사회 경제적 지위에 따른 순수수학에 대한 노출도



1. PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상으로 하위 25%와 상위 25%에 해당하는 수치의 차이는 통계학적으로 유의하지 않았다. 순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다. 이 표에서 국가 순서는 ESCS 상으로 하위 25%에 해당하는 학생들의 평균 순수수학에 대한 노출도를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.4a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377022>

순수수학 과제(함수 및 방정식)에 대한 노출도에서 나타나는 차이는 훨씬 큰 수준으로 나타났으며, 마카오-중국, 리히텐슈타인, 상하이-중국을 제외한 모든 국가에서 통계적으로 유의하게 나타났다(그림 2.5b). OECD 국가의 평균을 보면 사회 경제적 혜택층 학생들과 사회 취약 계층 학생들 사이에서 순수수학에 대한 노출도의 차이가 표준편차의 0.44로 나타났다. 기준 학년과 한 학년 낮은 학생들 사이의 차이는 표준편차의 0.29로 나타났다(1장, 표 1.10). 벨기에, 뉴질랜드에서 사회 취약 계층과 사회 경제적 혜택층 학생들 간에 순수수학 노출도의 차이는 표준편차의 2/3를 초과하는 것으로 나타났다. 해당 설문문에 포함된 63개국 중 49개국에서 사회 취약 계층 학생들이 OECD 평균보다 순수수학 노출도에서 더 적은 노출도를 기록한 것으로 나타났다(그림 2.5b).

이 데이터는 사회 취약 계층 학생들이 학교에서 수학을 학습하며 보내는 시간이 효율적이지 않다는 것을 제시한다. 비슷하게 시간 투자를 하는 경우에도 사회 취약 계층에 해당하는 학생들은 여전히 핵심 수학 개념에 대한 지식이 저조한 것으로 나타났고, 방정식을 푸는 데 할애하는 시간과 비교적 간단한 응용수학 문제들을 푸는 데 할애하는 시간도 상대적으로 저조한 것으로 나타났다. 결국 이 학생들이 학교에서 보내는 수많은 시간 동안 무엇을 하고 무엇을 배우는 걸까? 수학 성취도 격차가 다른 요인에 의한 것일까 아니면, 학교와 학교 제도가 어떻게 조직되었는지, 수학을 어떻게 가르치고 있는지와 더 관련이 있는 것일까?

개별 학생 요인 및 수학 내용에 대한 접근성

수학 학습 기회에서의 성차

대부분의 국가에서 수학 및 관련 분야는 남성에게 의해 지배된다고 해도 과언이 아니다. 선천적으로 여학생들이 남학생들보다 수학을 잘 못하는 것은 아니다. 대부분의 연구 결과는 입학 시험에서 수학 성적에 성차가 존재하지 않는다는 것을 보여준다(Fryer and Levitt, 2010). 하지만 PISA에 참여하는 대부분의 국가에서 여학생들은 남학생들보다 성취도가 떨어지는 것으로 나타났고, 특히 성취도가 높은 그룹에서 더 심하게 나타났다(OECD, 2014b). 수학 능력과 수학에 대한 불안감 사이의 차이는 수학 성취도 성차에 상당히 큰 영향을 행사하는 요인이며, 차후의 직업 선택 및 학업 성취도를 예견하는 것으로 나타났다(4장, [Bandura et al., 2001; Dweck, 2007; Eccles, 2007; Hausler and Hoffmann, 2002]).

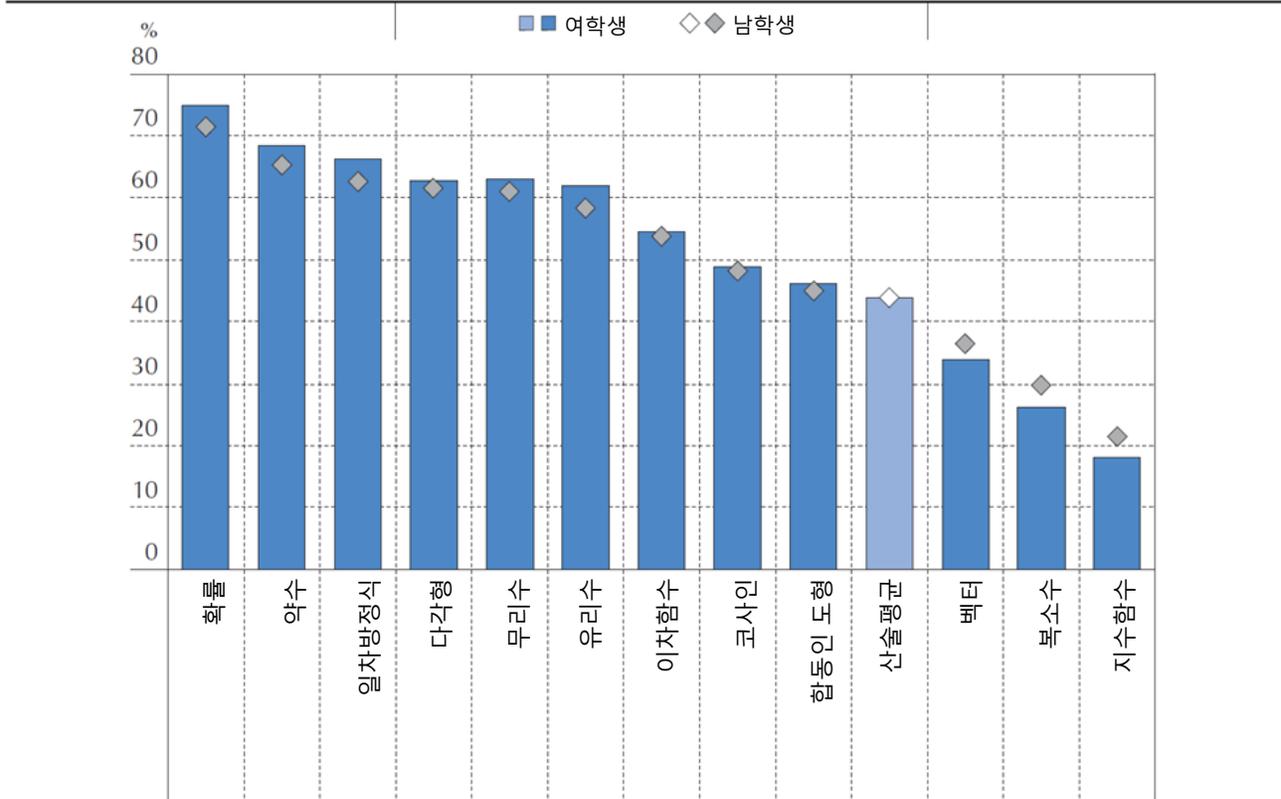
수학 성취도에서 성차는 수학적 기능을 연습할 기회의 차이에서 기인하는 것으로 보인다. PISA 설문 결과에 따르면, 학교 밖에서 수학적 기능을 개발할 기회가 남학생과 여학생 사이에 다르다는 것이 나타났다. 예를 들어, 여학생들은 남학생들보다 체스, 컴퓨터 프로그래밍, 수학 경시대회 및 방과후 활동으로 수학 관련 활동에 덜 참여하는 것으로 나타났다(OECD, 2015a).

학교에서의 수학 학습 기회는 어떨까? 그림 2.6에서는 성차가 대부분의 국가에서 크지 않음에도 불구하고 여학생들이 남학생보다 수학 개념을 잘 알거나 자주 접해 보았다는 대답을 더 많이 한 것을 보여준다. 여학생들은 남학생들보다 특히 만 15세 학생들에게 자주 노출되는 개념에서 더 높은 친숙도를 보고하는 것으로 나타났다. 예를 들어, OECD 국가에서 평균적으로 여학생의 75%와 남학생의 71%가 확률에 대한 친숙도를 높게 보고하였다. 여학생들의 친숙도가 높게 나타나는 현상은 태국, 요르단, 및 아랍에미리트에서 특히 강하게 나타나는데, 격차가 15%이상이었다(표 2.5b). 반면에 여학생의 28%와 남학생의 30%가 더 어려운 개념인 복소수에 친숙하다고 보고하였다. 특히 독일, 리히텐슈타인, 룩셈부르크에서 남학생의 친숙도는 여학생들보다 10%이상 높았다. 이러한 노출도의 차이는 성차의 일반적인 경향을 보여주는데, 남학생들은 성취도의 최상위 수준과 최하위 수준을 모두 차지하는 것으로 나타났다.

■ 그림 2.6 ■

성별 수학 개념에 대한 친숙도

해당 개념을 잘 알거나 자주 들어본 적이 있다고 응답한 학생 비율, OECD 평균



참고: 성별에 따른 차이가 통계학적으로 유의할 경우, 더 어두운 색으로 표기하였다.

이 표에서 국가 순서는 해당 개념에 대한 남학생들의 친숙도를 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.5b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377036>

비록 여학생들이 남학생보다 일차방정식, 이차방정식 풀이와 같은 순수수학 문제들에 더 높은 친숙도를 나타냈지만, 응용수학에 대한 차이는 상대적으로 적은 것으로 나타났다: 실제로 대부분의 국가에서 여학생과 남학생은 노출도에서 차이가 없는 것으로 나타났다(OECD, 2015a). 여학생과 남학생이 유급 및 실업계에 진학할 가능성의 차이 또한 수학적 개념 및 순수수학 과제에 대한 친숙도에 존재하는 성차의 일부만을 설명할 뿐이다(OECD, 2015a).

이민자 출신 학생들의 수학 개념에 대한 친숙도

대부분의 PISA 참여국에서 외국 태생의 학생들은 현지 학생들보다 상대적으로 수학 성취도가 낮게 나타났으며, 해당 국가에서 태어났지만 부모가 이민자인 학생들은 앞의 두 그룹 사이의 성취도를 보였다(OECD, 2015b). OECD 국가에서 평균적으로 이민자 출신 학생들은 현지 학생들보다 성취도 하위 25%에 위치할 확률이 1.7 배 더 높은 것으로 나타났다(OECD, 2013a). 두 그룹 사이의 성취도 격차는 읽기능력보다 수학 능력에서 더 약하게 나타나는 것으로 보아 이민자 출신 학생들의 성취도를 저해하는 가장 큰 요인 중 하나가 언어 능력이라는 점을 시사한다.

이민자 출신 학생들은 중등 학교에서 배우는 수학 개념 (일차방정식, 지수함수, 약수, 이차함수 등) 에서 친숙도가 현저히 낮다. 이민자 출신 학생들과 현지 학생들의 수학 개념에 대한 친숙도 격차는 특히 스페인, 이탈리아에서 (표준편차 0.5 이상) 크게 나타났는데, 이 두 국가는 지난 10 년간 OECD 국가 중 이민자의 수가 가장 큰 증가를 보인 국가이다(표 2.7). 대부분의 국가에서 이민자 출신의 부모를 둔 학생들은 외국에서 태어난 학생들보다 높은 수학 친숙도를 보고한 것으로 나타났다. 이는 해당 국가에 늦게 이민 온 학생들이 수학 내용을 학습할 기회에서 피해를 보거나, 모국에서 배운 내용과 이민 온 국가에서 배우는 내용의 불일치를 증가시킨다는 결과를 제시하는 것으로 보인다.

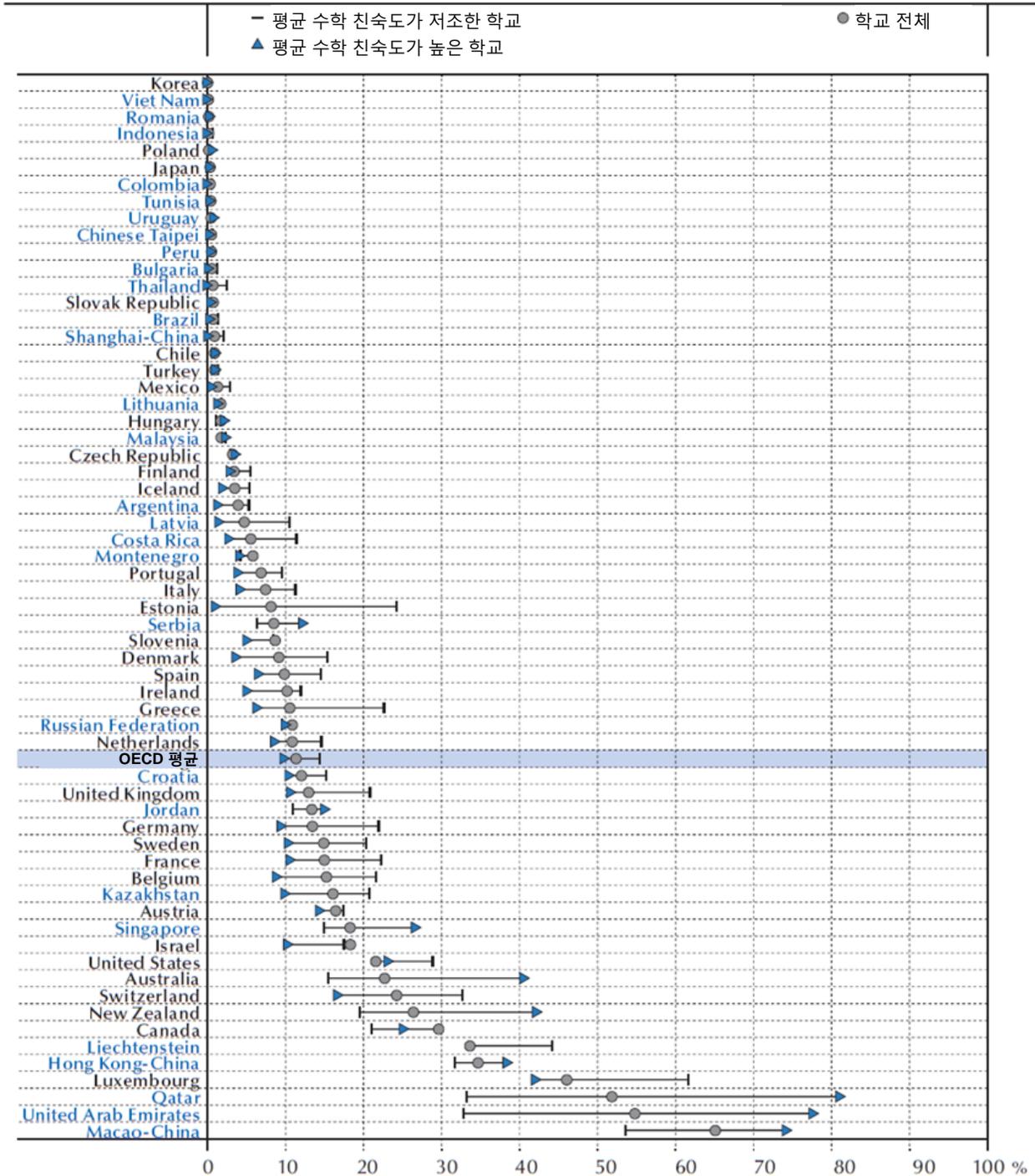
모국과 이민 온 국가 사이에 수학교육의 질과 교육과정의 깊이 및 범위의 차이가 존재할 경우 학생들이 고등 수학에 해당하는 내용을 준비하는 데 장애가 될 가능성이 있다. 이민자 출신 학생들, 특히 난민 학생들은 또한 이민 과정에서 정규교육을 받지 못할 확률이 더 높다. OECD 국가의 이민자 출신 학생 여섯 명 중 최소한 한 명이 2 개월 이상의 학습 공백을 경험한 것으로 나타났다(OECD, 2015b). 하지만 이러한 차이 외에도 사회 취약 계층 학교에 이민자 출신 학생들이 집결되는 현상 또한 이 학생들이 개념에 친숙하지 않은 이유를 설명할 수 있다. 이민자 출신 학생들은 자주 교사가 교체되고 수학 학습시간의 효율성이 저조하며 학습 자원의 질이 저조한 학교에 대부분 집결되는데 (OECD, 2013a), 이러한 환경에서는 이민자 학생들이 가진 불리한 점을 극복할 수 있는 지원을 제공받기가 상당히 어려운 실정이다.

그림 2.7 에서는 이민자 출신 학생들이 수학 개념에 대한 노출도가 상대적으로 낮게 나타난 학교에 집결되는 현상을 보여준다. OECD 국가에서 평균적으로 수학 친숙도가 비교적 저조한 학교의 재학생 중 14%가 이민자 출신이며, 평균적으로 수학 친숙도가 비교적 높게 나타나는 학교의 재학생 중 10%가 이민자 출신으로 나타났다. 그리스에서는 특히 수학 개념에 대한 친숙도가 비교적 저조한 학교의 재학생 4 명 중 1 명이 이민자 출신으로 나타났고, 이는 평균적으로 수학 친숙도가 비교적 높게 나타나는 학교의 재학생 16 명 중 1 명이 이민자 출신이라는 결과와 상당히 대조된다.

에스토니아, 리히텐슈타인, 룩셈부르크, 스위스는 이민자 학생이 한 학교에 집결되는 것과 그 학교의 수학 친숙도 평균 간에 관련성이 큰 것으로 나타났다. 또한 이들 국가에서는 수학 친숙도가 높고 낮은 학교 간의 이민자 학생 비율 차이가 15% 이상이었다. 이러한 차이는 이민자 학생 간의 수학 계층화 및 특정 학교 집결 현상을 반영한 것이다(그림 2.7).

■ 그림 2.7 ■

학교별 평균 수학 친숙도에 따른 이민자 출신 학생 비율



참고: 수학 친숙도가 낮은 (높은) 학교는 학생의 평균 수학 친숙도 지수가 국가 평균대비 통계적으로 유의하게 낮은 (높은) 학교를 말한다. 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등의)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. 이 표에서 국가 순서는 학교별 이민자 출신 학생 비율을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.6.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377049>

학생들의 인증 및 언어적 배경이 확대됨에 따라 교사와 학교 운영에 상당한 부담이 가해지고 있다. 대부분의 경우 교실에서 문화적 다양성을 조정하는 것이 상당히 어렵다는 것과 준비가 필요하다는 사실을 인지하고 있다. 2013 OECD 교수학습국제조사⁴ (TALIS)에 참석한 21개국에서 평균 12%의 교사들이 다문화 환경에서 학생들을 지도하는 데 추가적인 전문성 계발이 필요하다고 응답하였다(OECD, 2015b). 이탈리아에서는 27%, 멕시코에서는 33%의 교사들이 가르칠 준비가 되어 있지 않음을 느낀다고 응답하였다.

일반적으로 수학은 문화, 신념, 가치 등의 영향에서 벗어난 과목이고 수학 자체가 보편 언어이기 때문에 공통 언어가 없어도 가르칠 수 있다고 여겨진다. 실제로 수학에 대한 문화적 신념은 교수 관행에 영향을 주고 교실과 학습에서 이민자 학생의 참여에도 영향을 주는 경우가 많다(Gorgorio and Planas, 2005). 이민자 출신 학생들은 기초지식 외에도 문제 해결 전략에서 현지 학생들과 차이를 보이는 경우가 있다. 예를 들어, 수학 교사들은 나눗셈 알고리즘을 다양한 표현 방법 중 선택하여 사용할 수 있고, 이 선택은 해당 국가의 문화적 특성에 의해 좌우되는 경우가 많다. 이러한 접근 방법의 문화적 차이를 정확히 인지하지 않거나 문화적 차이를 경시하는 교사들은 보편적인 능력 및 평등을 내세우며 (Abreu, 2005) 학생들의 수학 지식과 경험에 따라 수학을 가르칠 준비가 잘 되어 있지 않다.

OECD 국가에서 평균적으로 4%의 학생만이 인증적 이질성이 학습에 있어 심각한 장애물이 된다고 인지하는 학교장의 학교를 다니는 것으로 나타났다(표 2.8). 사회 취약 계층 학교 (즉 재학생의 사회 경제적 지위가 해당 국가의 평균보다 통계학적으로 유의하게 낮은 학교) 교장들은 사회 혜택층 학교의 교장들보다 인증의 다양성이 학습에 심각한 장애를 초래한다고 더 많이 응답한 것은 놀랍지 않다. 이는 특히 벨기에에서 두드러지게 나타나는 현상인데, 벨기에의 사회 취약 계층에 속하는 학교 교장 중 약 20%가 인증의 이질성이 학습에 심각한 장애를 초래한다고 응답하였다. 이러한 인식은 학습 및 언어 능력에서 가장 취약한 이민자 출신 학생들이 사회 취약 계층 학교에 집중되는 경향을 보인다는 사실을 반영한다. 이러한 학교의 교장들은 또한 사회 취약 계층 학교들이 인증 차이를 학습에 대한 장애에서 학습 자원으로 전환할 수 있도록 하는 지원이 더 필요하다고 응답하였다(OECD, 2015b).

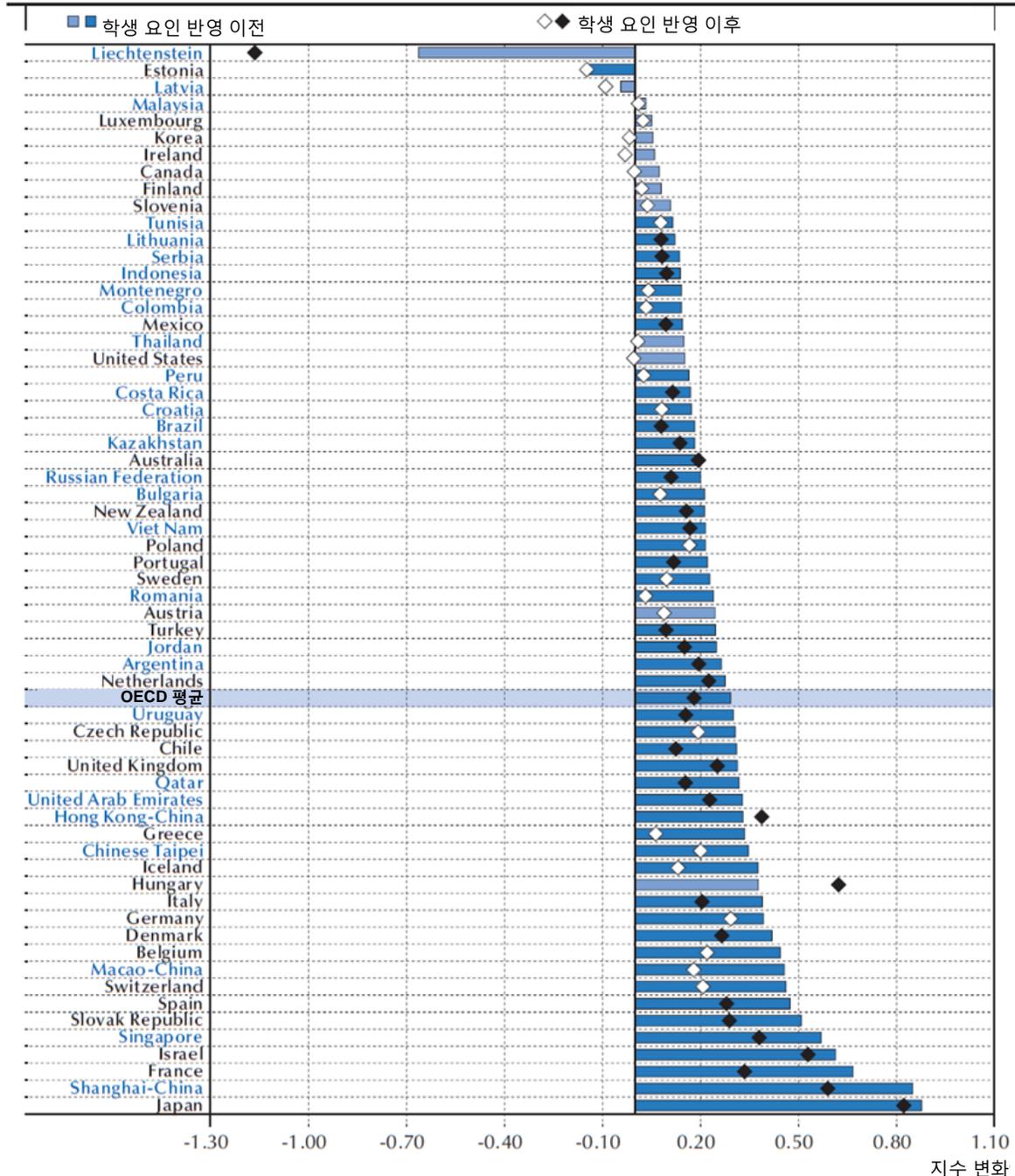
취학 전 교육 경험과 수학 친숙도

영유아들도 복잡하고 어려운 수학 개념을 배울 잠재성을 갖고 있으며 (Sarama and Clemens, 2010), 유치원 교육이 학생의 수학 소양의 기반을 마련하는 데 큰 도움을 줄 수 있다. 유치원 교육과 이후의 성적 사이의 관계를 조명하는 것은 하지만 상당히 어려운 일인데, 이는 유치원 교육의 여부가 사회 경제적 혜택과 자주 관계를 맺고 있기 때문이다. 사회 취약 계층 학생들이 유치원 교육을 시작할 즈음에는 이미 규칙성, 모양, 공간관계, 크기 비교, 셈과 같은 개념들을 집에서 놀이를 통해 배울 기회가 적을 경우가 많기 때문에 사회 혜택층 학생들보다 뒤떨어진다고 볼 수 있다.

■ 그림 2.8 ■

수학 친숙도와 유치원 교육

유치원 교육을 받았을 경우의 수학 친숙도 지수 변화



참고: 수학 친숙도 지수는 (지수함수, 약수, 이차함수 등의) 수학 개념에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

"학생 요인"은 학생의 성별, 사회 경제적 지위, 이민자 여부, 가정에서 사용하는 언어 등의 요인을 포함한다. 통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

표에서 국가 순서는 학생 요인 반영 이전 유치원 교육 여부를 포함했을 때 수학 친숙도 지수의 변화를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.9 b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377056>

다양한 실험연구의 결과를 통해 이러한 제한점을 극복한 결과 영유아 교육에서 시행된 정책이 일반적으로 상당한 양의 이익을 초래할 수 있다는 것과 이러한 이익이 저소득 가정의 아동에게 특히 더 크게 나타날 수 있다는 것을 보여주었다(Heckman and Carneiro, 2003; Blau and Currie, 2006; Cunha et al., 2006).

15 세를 기준으로 유치원 교육을 받은 학생들은 유치원 교육을 받지 않은 학생들보다 수학 친숙도가 더 높은 것으로 나타났다(그림 2.8). 하지만 성별, 사회 경제적 지위, 이민자 여부 등의 다양한 학생 요인을 반영한 뒤에도 유치원 교육을 받은 학생들이 가지는 지식적 이점은 상당한 편이다(OECD 국가 평균 표준차이의 약 1/5). 유치원 교육을 거의 보편적인 수준으로 실시하는 헝가리와 같은 나라에서는 유치원 교육의 유무가 학생의 성취도에 상당한 영향을 주는 것으로 나타났다. 2012 년 기준 OECD 국가 중 사회 취약 계층 학생들의 89%와 사회 혜택층 학생의 96%가 최소 1 년의 유치원 교육을 받은 것으로 나타났다(표 2.9a).

불행히도 사회 취약 계층 학생들에게 제공되는 유치원 교육은 질이 상대적으로 떨어지는 것으로 나타났다. 예를 들어, 미국 지역에서 시행된 연구에 따르면 가난한 지역 학생들은 비교적 부유한 지역 학생들보다 교육 관련 자격이 미비한 교사들에게 지도를 받을 가능성이 더 높았다(Clifford et al., 2005; Sarama and Clemens, 2010). 유치원의 수학 교수법은 차후의 학습을 위한 기반을 마련하는 데 차이를 양산할 수 있다: 유치원 수준의 수학 활동에서 내용은 핵심이 아니며 소근육 발달 및 읽기 등에 집중한다. 실험 연구 결과에 따르면 수학 개념 및 절차의 학습을 명확히 시작하지 않고 수학 활동에 참여하는 의지가 부족할 때 인지능력의 발달에 충분한 기회를 제공할 수 없다(Clemens and Samara, 2011). 하지만 같은 연구에서는 영유아기에 수, 공간, 기하, 측정, 수학적 사고를 경험하게 할 경우 가난한 지역 학생들에게 상당한 교육적 이점을 제공할 수 있다는 것을 보여주었다.

학부모 선호도, 학교의 학생 선발, 수학 학습 기회

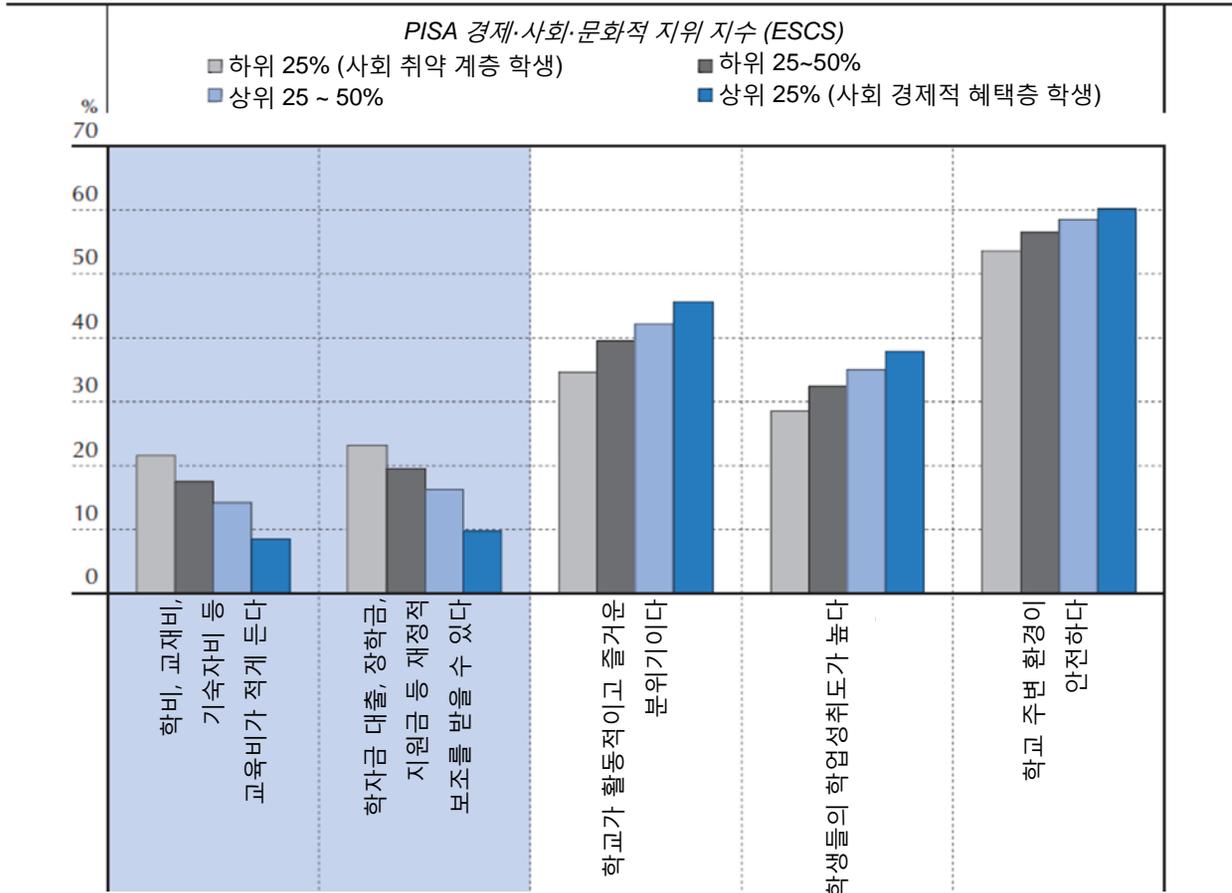
최근 이루어진 다양한 교육제도의 개정에 의해 학부모와 학생들에게 학교를 선택할 자유를 더 많이 제공한 바 있다(Heyneman, 2009). 특히 복선형 학제가 이른 시기에 시행되는 교육제도와 학생의 성적에 따라 학생을 선발하지 않는 교육제도에서는 학부모의 배경과 선호도가 학교의 선택에 큰 영향력을 행사한다. 부모의 학교 선택 기준은 사회 경제적 지위가 학습 기회에 주는 영향의 한 부분으로 해석할 수 있는데, 이는 비교적 부유한 부모들이 자식의 학교를 선택하는 데 필요한 정보를 더 많이 획득할 수 있기 때문이다.

모든 학부모가 자식에게 최선의 교육을 제공하고 싶은 마음이기 는 하지만, 학교의 선택에 있어 학교의 질만을 고려할 수 있는 상황은 아니다. 그림 2.9 에서는 학부모 설문 이 시행된 11 개 국가에서 사회 취약 계층에 속하는 부모들이 자녀의 학교를 선택할 때 재정적인 요인에 더 큰 중요성을 부여하는 것으로 나타난 결과를 제시하고 있다.

■ 그림 2.9 ■

학부모의 사회 경제적 지위에 따른 학교 선호도

설문이 시행된 11 개국에서 자녀의 학교를 선택할 때 다음과 같은 조건이 "매우 중요하다"고 응답한 부모를 가진 학생 비율



참고: 학생의 사회 경제적 지위에 따른 학부모의 학교 선택 시 결정요인에 대한 학부모 응답.

이 표에는 학부모 설문이 시행된 국가 중 다음의 국가에서 획득한 자료만이 포함되어 있다: 벨기에 (플랑드르 지역), 칠레, 크로아티아, 독일, 홍콩-중국, 헝가리, 이탈리아, 대한민국, 마카오-중국, 멕시코, 포르투갈.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.11.

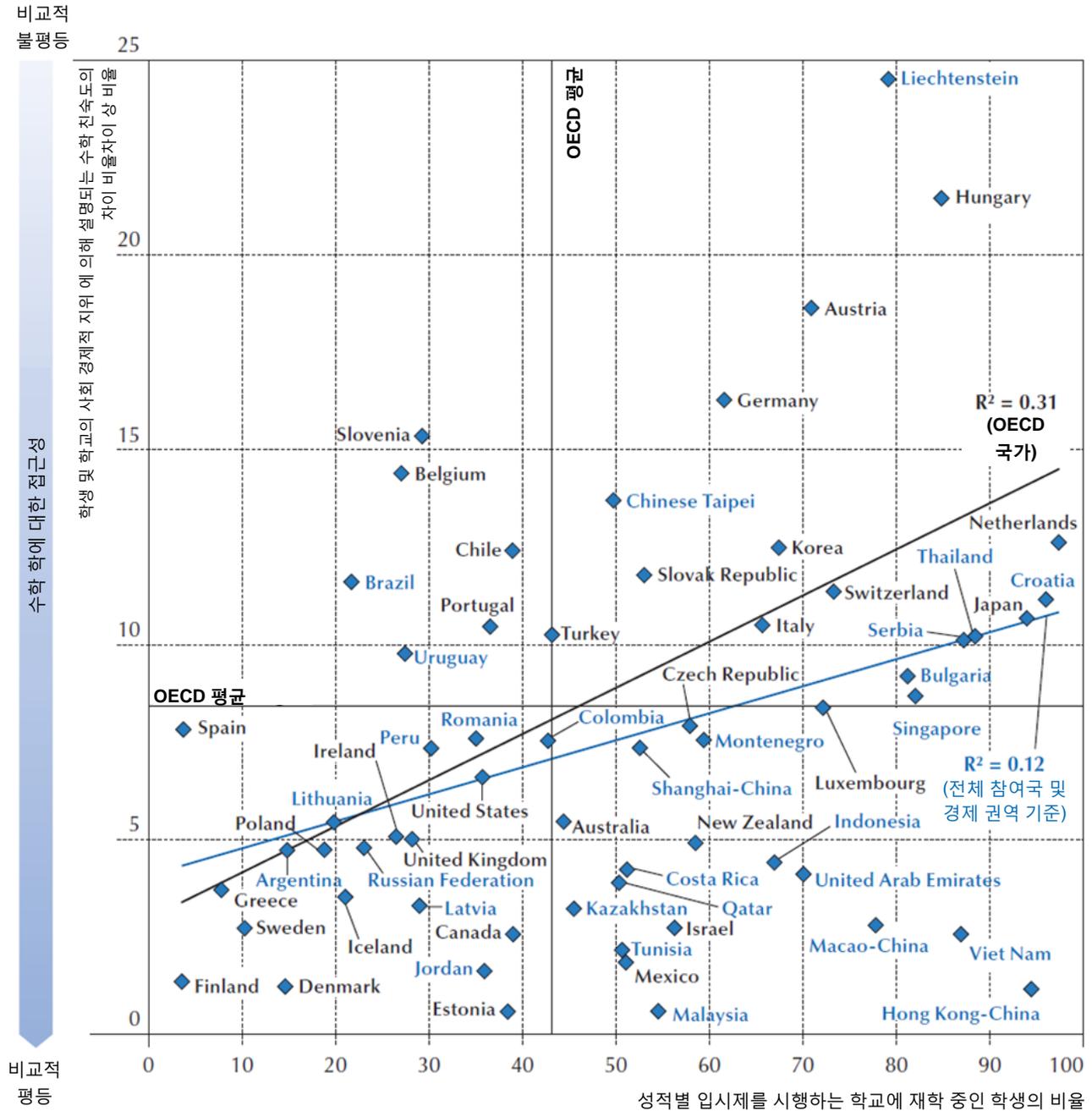
StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377063>

학생의 성취도에 따라 학생을 선발하는 제도는 사회 경제적 불평등을 유지하는 데 유사한 효과를 가진다. 성적별 입시제도를 시행하는 학교들은 평균 성취도가 다른 학교들보다 더 높은 편이지만, 성적에 따라 학생을 선발하는 교육 제도에서는 학생 및 학교의 사회 경제적 지위가 학생의 성취도에 행사하는 영향이 더 큰 편이다(OECD, 2013b). 더구나 성적에 따른 선발 제도를 시행하는 교육 제도는 또한 성년기의 사회 경제적 지위에서 더 큰 불평등으로 이어진다(Burgess, Dickson and Macmillan, 2014).

성적에 따른 학생 선발 제도는 수학 학습 기회의 불평등과도 관련된다. 그림 2.10 에 제시된 것처럼, 크로아티아, 홍콩-중국, 일본, 네덜란드에서 약 90%의 학생이 선발 제도를 시행하는 학교, 즉 학생의 성취도와 추천서 등이 입시과정에서 고려되는 학교에 재학 중인 것으로 나타났다.

■ 그림 2.10 ■

성적에 따른 학생 선발과 수학 친숙도의 형평성



참고: 수학 친숙도 지수는 (지수합수, 약수, 이차함수 등의) 수학 개념에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

학생 선발 제도가 있는 학교는 학생의 성취도와 추천서 등이 입사과정에서 고려되는 학교에 재학 중인 것으로 정의하였다.

이 표의 세로축은 학생 및 학교의 사회 경제적 지위에 따라 설명할 수 있는 수학 친숙도 지수의 차이 비율을 제시한다. 해당 비율이 높을수록 학생의 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 더 큰 영향을 주는 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.12.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377079>

OECD 국가 중 학생의 사회 경제적 지위와 수학 친숙도 사이의 관계에서 차이의 약 31%가 선발 제도를 시행하는 학교에 재학 중인 학생의 비율을 통해 설명되는 것으로 나타났다(PISA에 참여한 국가 전체에서는 그 차이의 12%가 설명된다).

거주 지역에 따른 입학 제도는 거주지역별 경제적 분리가 심각하지 않은 경우 학생 가족의 사회 경제적 지위가 학교 선택에 가지는 영향이 상대적으로 감소하는 것으로 나타났다. 그림 2.11에 따르면 그리스, 폴란드, 미국 학생 중 70% 이상이 거주지역을 입시 기준에 포함시킨 학교에 다니는 것으로 나타났다. OECD 국가에서 거주 지역을 입학 기준에 포함시키는 학교에 다니는 학생의 비율이 커질수록 가족의 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 가지는 영향이 감소하는 것으로 나타났다. 학교의 입학 요건은 (학생 및 학교의 사회 경제적 지위로 설명되는 수학 친숙도 지수의 국가 내 차이로 정의되는) 수학에 대한 접근성에서의 국가 간 차이의 약 28%를 설명할 수 있었다. 거주지역에 따른 입학 요건과 수학 학습 기회의 형평성 사이의 관계는 분석 범위를 설문 참여국 전체로 확대하였을 때 약화되었는데, 이는 OECD 협력국의 경우 OECD 국가보다 유사한 배경의 사람들이 동일 지역에 사는 경향이 더 큰 것으로 보인다.

학습 기회의 형평성과 학생 분반

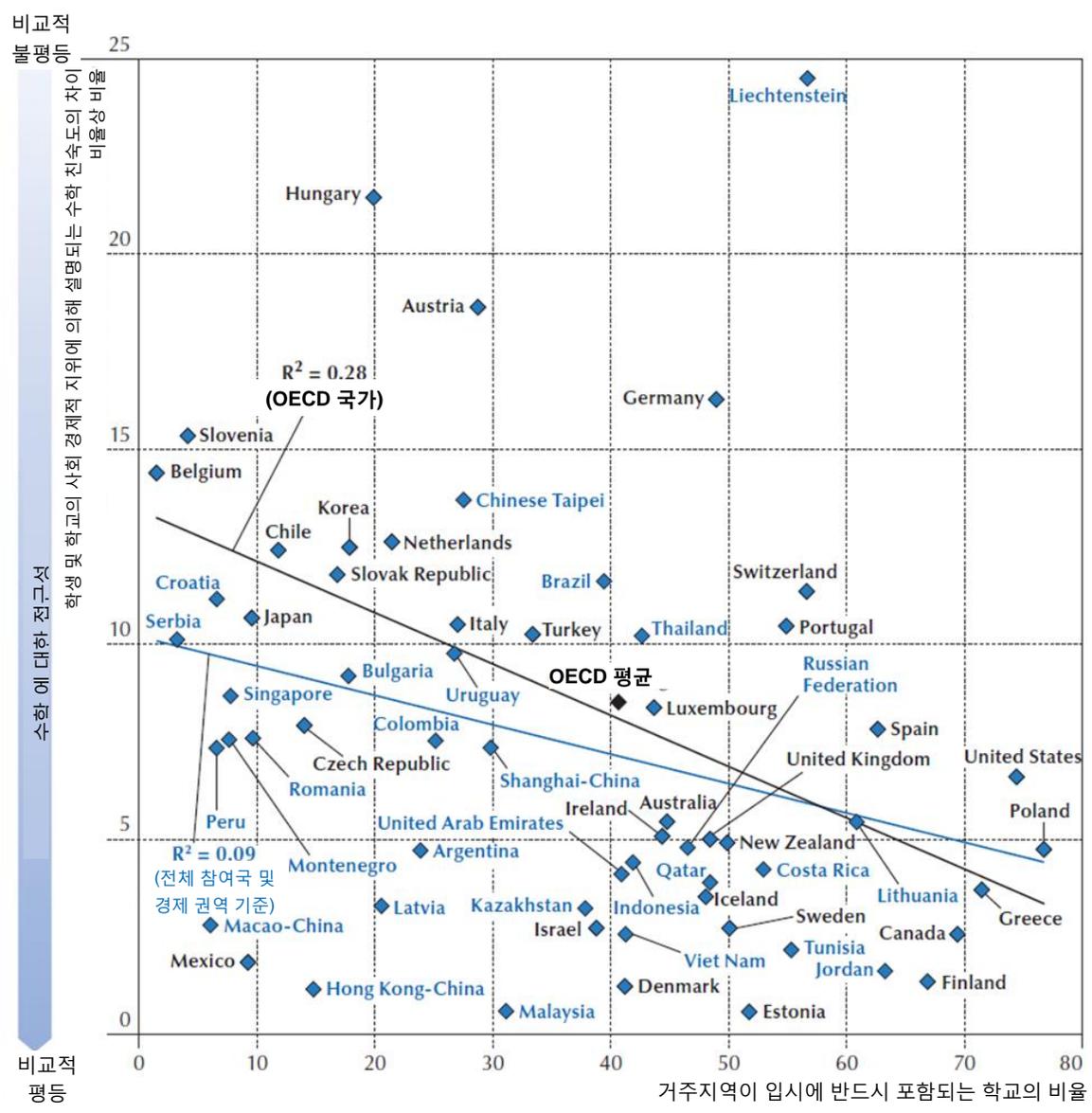
대부분의 교육 제도에서는 학생의 성취도에 따라 동질 학급의 분반 제도를 시행하여 교육의 효율성을 제고하는 시도를 지속하고 있다. PISA에서는 교육 제도 및 학교 자체에서 학생들을 어떻게 그룹화하고 선발하는지, 즉 종적 및 횡적 계층화에 대한 데이터를 수집하였다(그림 2.12). 종적 계층화는 학생이 교육 제도를 거쳐 성장하는 방법을 말하며, 공교육 제도의 시작 연령 및 유급 등을 포함하는 정책에 영향을 받는다. 횡적 계층화는 교육 수준 또는 학년 내에서 학생의 능력 혹은 흥미에 따른 분반을 말한다.

종적 및 횡적 계층화는 동전의 양면과 같은 문제인데, 이는 어떤 학생들에게 어떤 교육 기회를 제공하는가를 선택할 수 있는 기회를 제공하는 것이다. 이러한 결정은 학생들의 능력에 국한되지 않고 다양한 요인에 의해 결정된다. 어린 학생들은 아직 자신의 잠재력을 개발하는 중에 있는 경우가 많다. 이 선택은 또한 주관적인 의견에 따라 이루어지는데, 학생과 부모의 교육 필요에 대한 신념, 교사, 학교 운영진, 정책 입안자들이 다양한 성취도와 준비도가 다른 학생들을 같은 교실에서 수업하도록 하는 것의 단점에 대한 의견 등을 포함한다. 결과적으로 분반 제도를 통해 학년을 높여감에 따라, 학생들이 한 선택이 차후의 선택에 영향을 주는 복잡한 결정들을 능동적으로, 혹은 수동적으로 내려야 하는 상황에 봉착하게 되는 것이다(Crosnoe and Schneider, 2010; Morgan, 2005).

중등 교육에서 학생들을 계열별로 분리하는 교육 제도 (예로 실업계 및 인문계)에서는 학생의 사회 경제적 지위가 계열 선택에 상당한 영향을 주고, 사회 경제적 지위에 따른 학습 기회의 차이는 여전히 관찰된다. 예를 들어, 사회 취약 계층 학생들은 수학 수업이 선택사항일 경우 비교적 덜 어려운 수학 수업을 선택하는 경향이 있다(Csikszentmihalyi and Schneider, 2000).

■ 그림 2.11 ■

거주 지역 조건과 수학 친숙도의 형평성



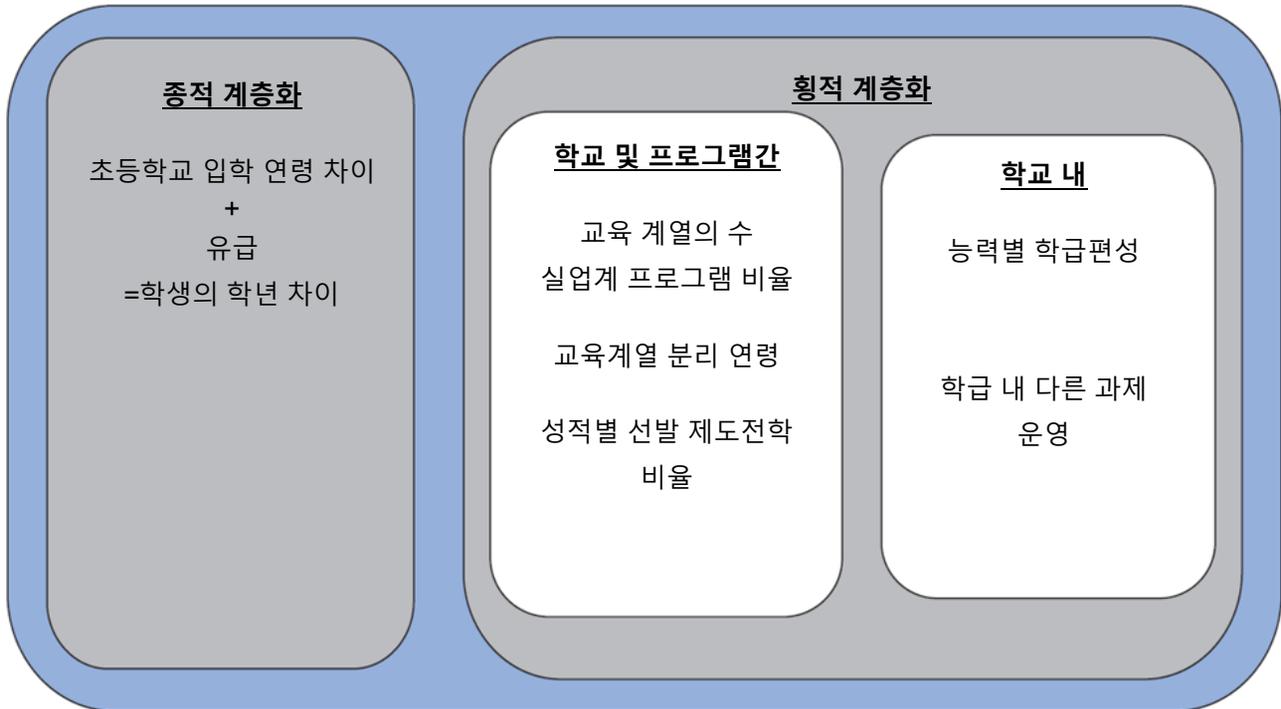
참고: 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13 개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. 이 표의 세로축은 학생 및 학교의 사회 경제적 지위에 따라 설명할 수 있는 수학 친숙도 지수의 차이 비율을 제시한다. 해당 비율이 높을수록 학생의 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 더 큰 영향을 주는 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.13.
StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377086>

사회 경제적 지위가 학생의 교육 경력에서 수학 내용에 접근하는 것에 미치는 누적 효과는 PISA 자료를 통해 쉽게 확인할 수 있다. PISA의 대상 연령은 15 세 3 개월부터 16 세 2 개월까지의 학생들로 구성되어 있으며, 이로 인해 여러 교육 제도에서 중학교와 고등학교 직전과 직후의 학생들을 한 번에 살펴볼 수 있다는 장점이 있다.

■ 그림 2.12 ■

학생 선발 및 분반



출처: OECD (2013).

중학교에서 고등학교로 입학하면서 학생들의 수학 친숙도 차이는 점점 벌어져 사회 경제적 지위와 관련성이 더 커진다(표 2.14). 그림 2.13에서는 학생들이 초등 및 중학교에서 유급을 한 경험이 있는가를 감안하였을 때⁵ 중학교 마지막 학년 학생들보다 고등학교 첫 학년 학생들 사이에서 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 끼치는 영향이 더 크게 나타난다는 것을 보여준다. 이는 한 교육 제도 내에서 분반의 선택 및 "영구성"이 강해짐에 따라 사회 경제적 지위가 수학 학습 기회에 끼치는 영향이 더 커진다는 것을 재확인할 수 있다.

이러한 딜레마는 횡적 이동이 없는 경직된 체계에서는 해결될 수 없는데, 이는 학교에서 좋은 성적을 거둬 동기부여를 제공하지 않고 학생들의 의사를 반영하지 않기 때문이다. 오히려 교육 제도의 유연성 (계열 및 분반을 교체할 기회를 제공)과 객관성 (계열 및 분반을 부모의 의사 및 배경에 따라 결정하지 않고 학생의 성적과 관심을 반영하는 것)을 제고함에 따라 사회 경제적 지위와 학습 기회 격차의 관계를 약화시킬 수 있다.

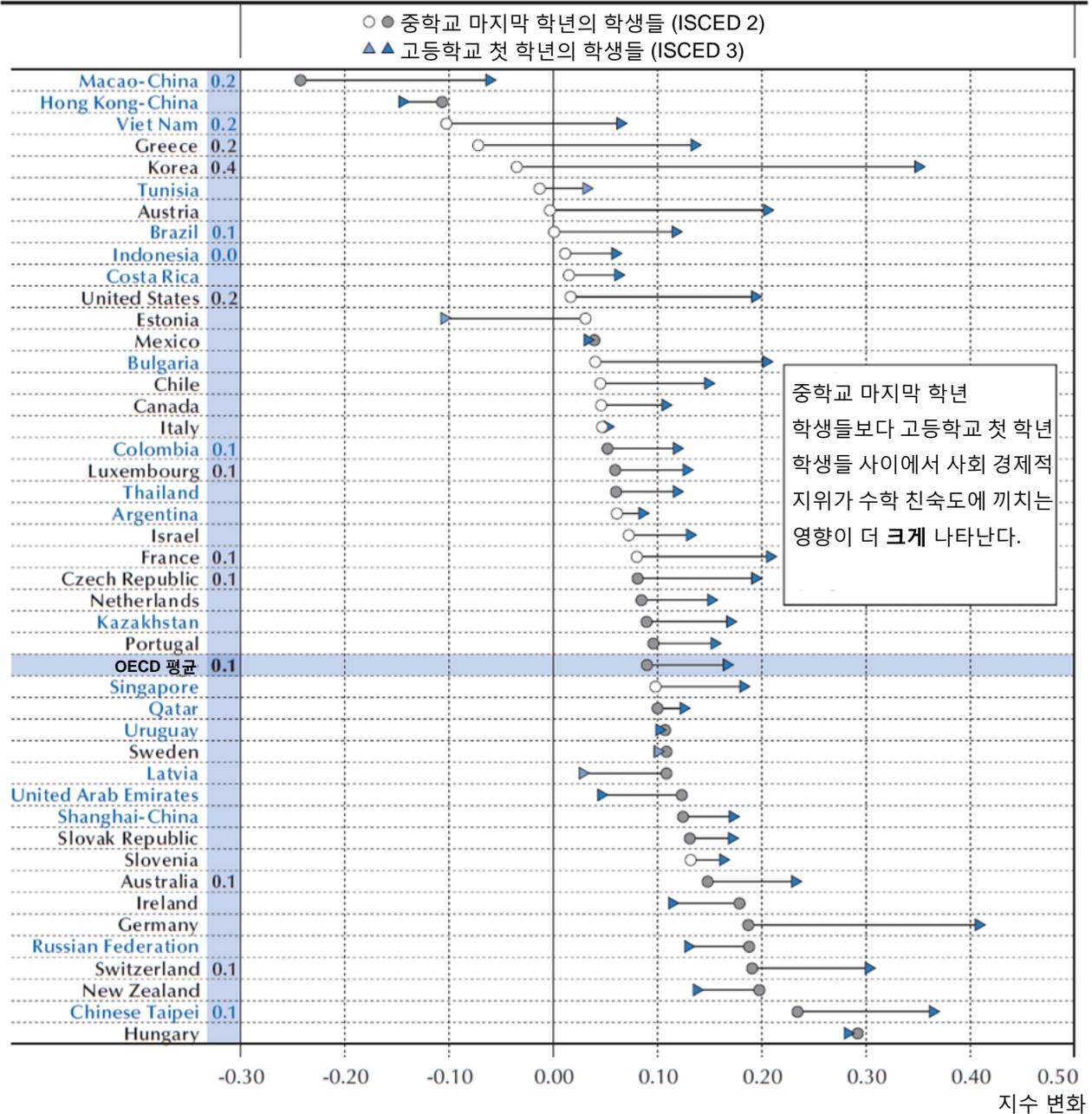
유급을 통한 종적 계층화

종적 계층화의 한 형태인 유급은 성취도가 낮은 학생들에게 수업 내용을 다시 한 번 학습할 기회를 주기 위하여 자주 사용되는 제도이다. OECD 평균적으로 초등교육, 중학교 및 고등학교에서 최소 한 번 유급을 한 경험이 있는 학생들은 13%였다(OECD, 2013c: 도표 IV.2.2). 하지만 유급은 성취도가 떨어지는 학생들을 도와주려는 의도보다 교실에서 부적절한 행동을 하는 학생들을 처벌하는 용도로 사용될 가능성도 있다(National Research Council, 1999).

■ 그림 2.13 ■

교육 수준에 따른 수학 친숙도와 사회 경제적 지위

PISA 경제·사회·문화적 지위 지수 (ESCS)가 1 단위 상승할 시 수학 친숙도 지수의 변화



참고: 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등의)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

이 분석에는 유급 여부 (즉, 초등교육, 중학교 및 고등학교 과정에서 최소 한 번 유급을 한 경험이 있는지)가 포함되었다.

통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

각 국가 이름 옆의 수치는 고등학교(ISCED 3) 학생들과 중학교(ISCED 2) 학생들의 평균 지수에 통계학적으로 유의한 변화가 일어난 경우 제시되었다.

가용한 데이터를 제공한 국가만이 분석에 포함되었다.

이 표에서 국가 순서는 중학교 마지막 학년 학생들(ISCED 2) 기준으로 평균 지수 변화를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.14.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377092>

여러 연구를 통해 유급은 학생들에게 별다른 이점을 제공하지 못한다는 결과를 확인할 수 있다. 실제로 유급은 학생들이 자퇴를 하거나 학교생활을 불필요하게 오래 지속하는 경우, 직업을 갖는 시간이 짧아지는 것과 관련된다(Allen et al., 2009; Alexander, Entwisle and Dauber, 2003; Ikeda and Garcia, 2014; Jacob and Lefgren, 2009; Manacorda, 2010). 또한 유급은 교육제도 자체에서도 상당히 비용이 많이 드는데, 이는 1 년의 교육과정을 추가적으로 학생에게 제공하는 비용 외에도 해당 학생이 경제 활동에 참여하는 시점을 늦추기 때문이다(OECD, 2011).

이전의 PISA 결과에서는 유급이 교육 제도의 형평성과 부정적인 관계가 있다는 것을 보여주었는데, 유급하는 학생들이 많은 교육제도는 학생의 사회 경제적 지위가 성취도에 더 강한 영향을 주었다(OECD, 2013c: 그림 IV. 1.4). 이와 동시에 유급률은 학생의 사회 경제적 요인에 큰 영향을 받는다(Corman, 2003). OECD 국가에서 평균적으로 사회 취약 계층 학생들은 같은 성취수준의 혜택층 학생들보다 유급 확률이 1.5 배 더 높은 것으로 나타났다(OECD, 2013c). 이민자 학생들은 현지 학생들보다 유급률이 두 배 높은 것으로 나타났는데, 이는 이민자 학생들의 성적 및 사회 경제적 지위 요인들을 분석에 반영한 이후의 결과이다(OECD, 2015b).

그림 2.14 에서는 OECD 국가에서 유급이 수학에 대한 접근성의 형평성과 부적인 관계를 갖는다는 것을 보여주고 있다. 학생의 사회 경제적 지위가 수학 개념에 대한 친숙도에 행사하는 영향력에서 차이의 38%는 유급 경험이 있는 학생의 비율의 차이로 설명할 수 있다(PISA 참여국을 전체적으로 살펴보면 그 관계는 비교적 약화된다).

OECD 국가에서 관찰된 유급과 수학 학습 기회의 형평성 사이의 관계는 인과 관계를 나타낸다고 볼 수 없다. 유급이 특정 교육제도의 상황 내에서는 사회 경제적 불평등의 원인이 아니라 증상으로 준비도의 차이를 나타내는 것일 수도 있기 때문이다. 하지만 유급이 수학적 개념의 학습을 증진한다는 증거가 없는 상태에서 유급 제도를 유지하는 경제적 및 사회적 비용을 정당화하기는 어려운 것으로 보인다.

학교 간 및 학교 내 횡적 계층화

횡적 계층화는 학생들의 성취도에 따라 차별화된 교육과정을 제공한다는 목표가 사회 경제적 지위에 따라 학생들을 분리한다는 결과를 야기함에 따라 교육의 불평등과 관련된 것으로 분석되었다(Hanushek and Woessmann, 2010; van de Werfhorst and Mijs, 2010; 박스 2.2 참고).

복선형 학제를 통한 선발

복선형 학제는 (실업계/인문계로 학생들을 진학시키거나 입시를 학생의 성적에 기반하는) 상당히 흔한 제도이지만, 학습에 긍정적인 영향을 준다는 연구 결과는 찾아보기 힘든 편이다(Michaelowa and Bourdon, 2006).

2

수학 노출도 및 친숙도 차이

■ 그림 2.14 ■

유급과 수학 친숙도의 형평성

비교적
평등

수학에 대한 접근성

비교적
평등

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45

OECD 평균

(OECD 국가)

$R^2 = 0.38$

(전체 참여국 및 경제 권역 기준)

$R^2 = 0.09$

(OECD 평균)

Hungary

Portugal

Chile

Spain

France

Belgium

Uruguay

Brazil

Switzerland

Germany

Peru

Austria

China Taipei

Korea

Slovak Republic

Romania

Singapore

United States

Liechtenstein

Bulgaria

Shanghai-China

Croatia

Thailand

Poland

Ireland

Slovenia

New Zealand

Australia

Serbia

Italy

Netherlands

Turkey

Colombia

Argentina

Costa Rica

1

2

3

Greece

Sweden

Czech Republic

Canada

Latvia

Jordan

Qatar

Indonesia

India

Finland

Israel

Denmark

Viet-Nam

Mexico

Hong Kong-China

Kazakhstan

Lithuania

United Arab Emirates

Estonia

1. Montenegro

2. United Kingdom

3. Russian Federation

유급을 경험한 학생의 비율

참고: 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. 이 표의 세로축은 학생 및 학교의 사회 경제적 지위에 따라 설명할 수 있는 수학 친숙도 지수의 차이 비율을 제시한다. 해당 비율이 높을수록 학생의 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 더 큰 영향을 주는 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.15.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377108>

방정식과 불평등: 수학 학습 기회 형평성 제고 방안

95

박스 2.2. 학교 간/학교 내 복선형 학제의 국제적 추세

학교 간/학교 내 복선형 학제는 학생들의 성취도에 따라 차별화된 교육과정을 제공하는 데 목표를 두는 제도로, OECD 국가에서 상당히 흔하게 시행된다. 몇몇 국가에서는 또한 학교간 복선형 학제의 분기 시점을 늦추거나 폐지됨에 따라 학교 내의 능력별 학급편성이 증가하는 추세이기도 하다.

1960년대 이후 핀란드, 프랑스, 독일, 노르웨이, 폴란드, 스페인, 스웨덴, 영국, 미국 등의 선진국에서는 복선형 학제의 분기 시점을 늦추거나 통합고등학교 등을 운영하고 있다(Arigo et al., 2005; Heidenheimer, 1974; Lucas, 1999; Pischke and Manning, 2006; Pekkarinen, Uusitalo and Kerr, 2009). 동시에 프랑스, 독일, 영국, 미국 등 같은 나라에서 능력별 학급편성과 교내 복선형 학제가 더 널리 시행되고 있다(Duru-Bellat and Suchaut, 2005; Feinstein and Symons, 1999; Lucas, 1999; Kammerer, Koller and Trautwein, 2002).

국제적으로 수업별 복선형 학제를 시행하는 비율이 높은 국가들은 전통적인 영미권 국가들(호주, 캐나다, 뉴질랜드, 미국, 영국)이며, 비율이 중간인 국가들은 북유럽 및 기타 통합고등학교 등을 운영하는 국가들(아이슬란드, 노르웨이, 폴란드, 스페인, 스웨덴)이다. 비율이 낮은 국가들은 덴마크, 핀란드 외에도 인문계/실업계 분반을 시행하는 국가들(즉 오스트리아, 독일, 그리스 및 일본)이 포함된다.

출처:

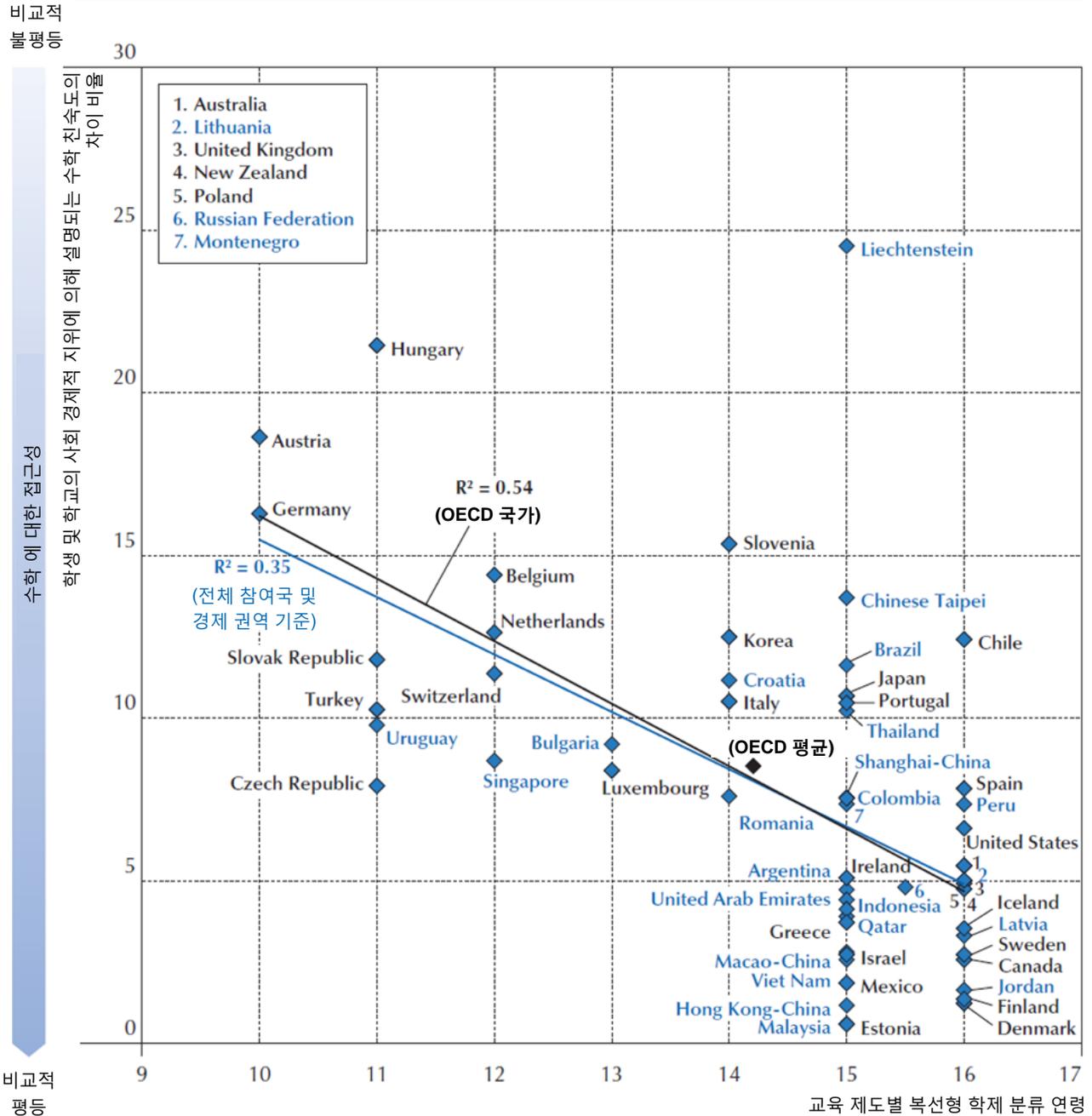
Chmielewski (2014).

실제로 복선형 학제가 교육 기회의 불평등, 즉 학생의 성취도 (Hanushek and Woessmann, 2006)와 고등교육 및 급여와 같은 이후의 결과 면에서 가정 배경을 반영한다는 연구 결과는 상당수 있다(Ammermuller, 2005; Brunello and Checchi, 2007; Ferreira and Gignoux, 2014; Horn, 2009; Schutz, ursprung and Woessmann, 2008; Woessmann et al., 2009). 이전의 PISA 결과는 또한 교육 제도 차원에서 복선형 학제에 따른 조기 분반과 교육의 형평성 사이에 부적적인 관련성을 보여주었다(OECD, 2013c).

PISA 2012에서도 복선형 학제에 따른 조기 분반이 수학 학습 기회에 불평등과 연관된다는 것을 확인할 수 있다. 복선형 학제에 따라 학생들이 선별되는 시기와 수학에 대한 접근성의 형평성 사이에는 상당히 강한 관계가 존재하는 것을 확인할 수 있다: OECD 국가에서 학생 및 학교의 사회 경제적 지위에 따른 수학 친숙도의 차이의 54%는 학생들이 실업계 및 인문계 학교 계열로 분류되는 시점에서 기인하는 것으로 나타났다(그림 2.15). PISA에 참여한 국가를 기준으로 이 상관관계는 비교적 약한 편이지만 수학에 대한 접근성에서 형평성 차이의 35%는 여전히 계열이 분리되는 연령의 차이로 설명된다. 오스트리아, 독일 등 복선형 학제를 매우 이른 시기에 시작하는 국가에서는(그림 2.1에서 국가 내 수학 친숙도의 전체 변화로 측정된 바와 같이) 전반적인 학습 기회에서의 차이가 상당히 강하게 나타나는 편이다.

■ 그림 2.15 ■

복선형 학제 시작 연령과 수학 친숙도의 형평성



참고: 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등의)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

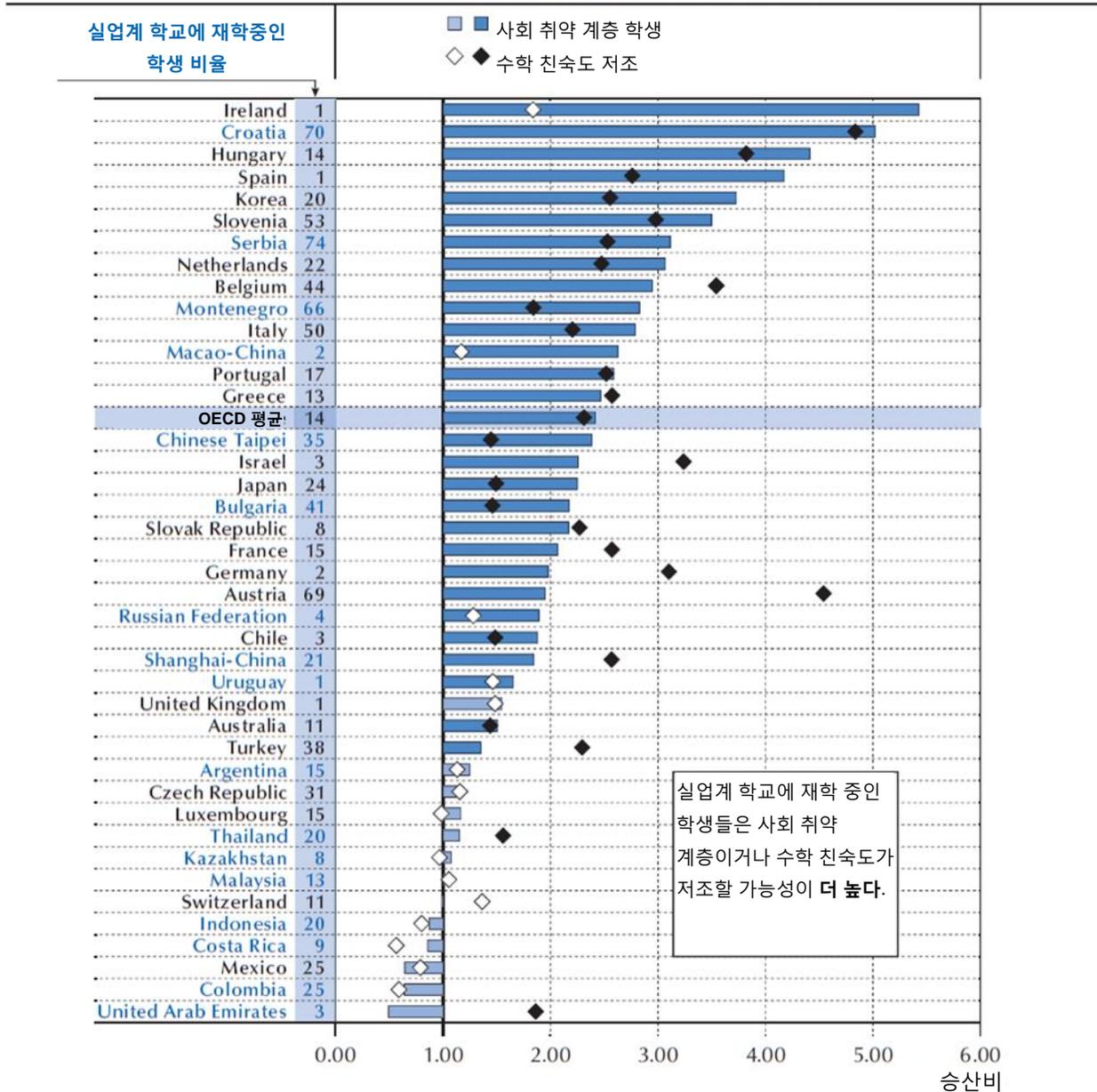
이 표의 세로축은 학생 및 학교의 사회 경제적 지위에 따라 설명할 수 있는 수학 친숙도 지수의 차이 비율을 제시한다. 해당 비율이 높을수록 학생의 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 더 큰 영향을 주는 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.16.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377117>

■ 그림 2.16 ■

사회 취약 계층 학생 및 수학 친숙도가 저조한 학생들이 실업계 학교에 집중되는 비율
 실업계 진학과 수학 친숙도 저조 및 사회 취약 계층이 되는 것의 관계



그래프 읽는 법: 사회 경제적 지위에 대한 승산비가 2 일 경우 실업계에 재학 중인 학생은 실업계 재학생이 아닌 학생보다 사회 취약 계층일 확률이 두 배에 해당한다. 사회 경제적 지위에 대한 승산비가 0.5 일 경우 실업계에 재학 중인 학생은 실업계 재학생이 아닌 학생보다 사회 취약 계층일 확률이 50% 더 낮다는 것을 의미한다.

참고: 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등의)에 대한 친숙도를 학생들이 13 개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

수학 친숙도가 낮은 학생들은 수학 친숙도 지수상으로 하위 25%에 해당하는 학생들을 말한다. 사회 취약 계층 학생들은 해당 국가에서 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상으로 하위 25% 이내에 위치한 학생들이다. 통합형 학교에 재학 중인 학생들은 실업계 재학생으로 간주하지 않았다.

통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

이 표에서 국가 순서는 사회 취약 계층에 대한 승산비를 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.17.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377124>

학생들이 분반되는 첫 연령은 상당히 중요하다고 볼 수 있는데, 이는 어린 학생들이 아직 부모에게 의존하는 경우가 많고 사회 경제적 혜택층에 해당하는 부모일수록 학생의 흥미를 증진하기 위해 더 나은 위치를 선점하고 있을 가능성이 높기 때문이다. 학생들이 성장함에 따라 교육자들이 객관적인 평가로 학생의 능력에 대해 더 많은 정보를 제공할 수 있게 되고, 학생들 또한 그들의 흥미 및 장래 희망을 위해 어떤 교육을 선택해야 하는지에 대한 정보를 더 널리 획득할 수 있게 되므로, 복선형 학제 시작 연령은 문제가 된다.

복선형 학제가 학습 기회의 형평성에 가지는 영향은 또한 학교의 학생 구성 및 비중과 관련된다. 평균적으로 OECD 국가에서 학생 7명 중 1명이 실업계 학교에 재학 중이며, 오스트리아, 크로아티아, 몬테네그로, 세르비아, 슬로베니아에는 두 명 중 한 명이 실업계 학교에 재학 중이다(표 2.17).

그림 2.16 에서는 대부분의 국가에서 실업계 학교에 재학 중인 학생들이 인문계 학생들보다 사회 취약 계층이면서 수학 친숙도가 저조한 경향이 더 많은 것으로 나타났다. 크로아티아, 헝가리, 아일랜드, 대한민국, 네덜란드, 세르비아, 슬로베니아, 스페인에서 실업계에 재학 중인 학생들은 인문계 재학생들보다 사회 취약 계층 출신일 확률이 3 배 이상 더 높은 것으로 나타났다. 또한 오스트리아, 벨기에, 크로아티아, 독일, 헝가리, 이스라엘에서 실업계에 재학 중인 학생들은 인문계 재학생들보다 수학 친숙도가 저조할 확률이 3 배 이상 더 높은 것으로 나타났다.

학교 내 능력별 학급 편성

학교 내에서 능력별 학급 편성은 학생들의 학습 준비도에 대한 차이를 보정하는 또 다른 방법이다. 몇몇 국가에서 복선형 학기제에 따른 분류 시기가 늦춰지거나 폐지됨에 따라 학교 내 능력별 학급 편성이 증가하였다(박스 2.2).

PISA 2012 에서는 학교장들에게 학급 내의 계층화가 학습에 지장을 주는 정도를 알려 달라고 요청하였다. 그림 2.17 에서는 이에 따라 사회 취약 계층 학교의 교장들이 사회 경제적 혜택층 학교의 교장들보다 더 자주 계층화가 학습에 지장을 준다고 응답한 것을 보여준다. 칠레, 크로아티아, 그리스, 태국, 우루과이의 학생 중 30% 이상이 학생의 계층화가 학습에 심각한 지장을 준다고 응답한 교장이 있는 사회 취약 계층 학교에 재학 중인 것으로 나타났다.

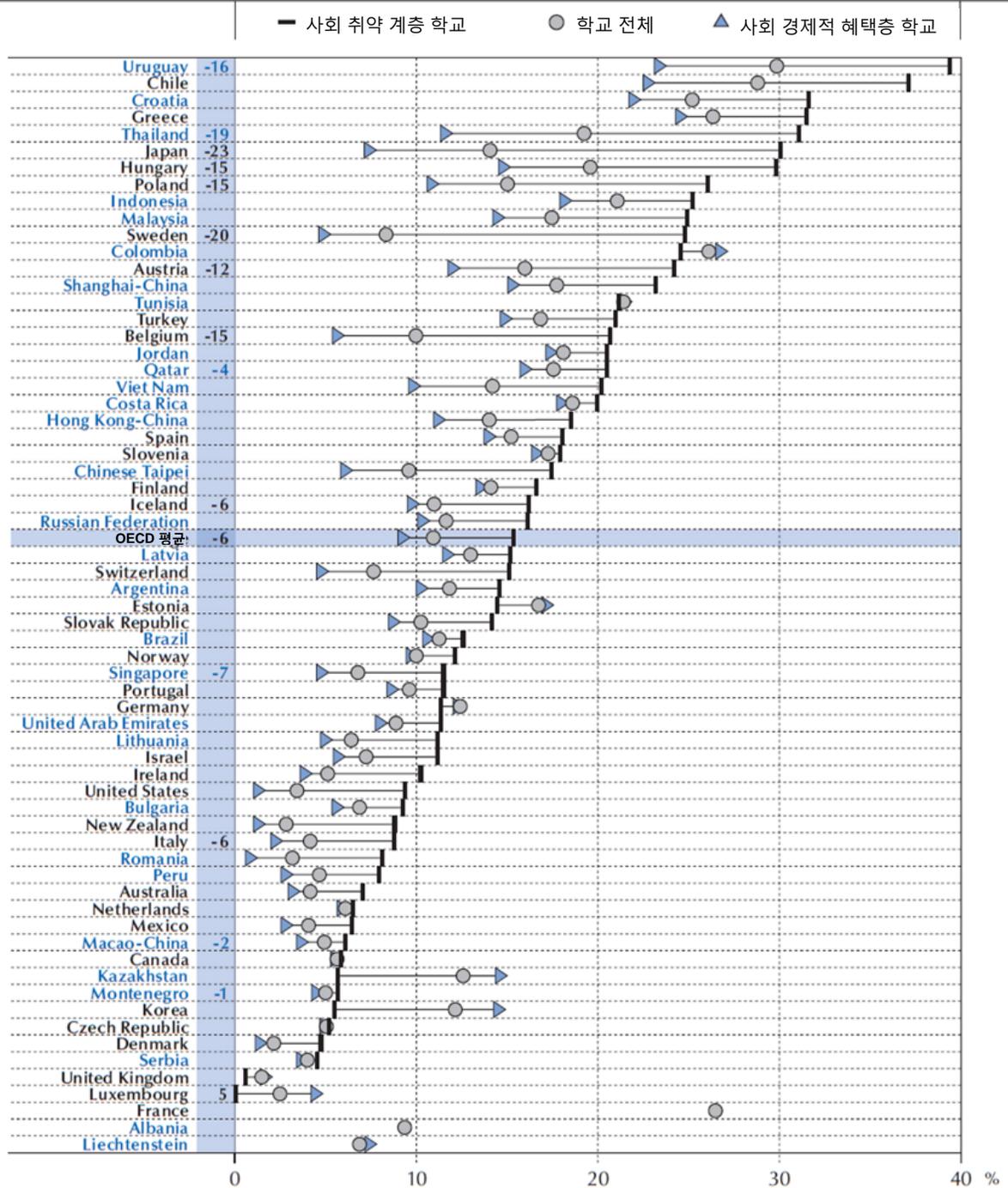
능력별 학급 편성은 OECD 에서 비교적 흔하게 시행되는 제도인데 학생의 70% 이상이 수학 수업에서 능력별 학급 편성을 시행한다고 응답한 학교장의 학교를 다니는 것으로 나타났다(그림 2.18a). 호주, 아일랜드, 이스라엘, 카자흐스탄, 말레이시아, 뉴질랜드, 러시아, 싱가포르, 영국에서는 95% 이상의 학생들이 능력별 학급 편성을 시행하는 학교에 다니고 있다.

능력별 학급 편성이 학생의 성취도에 주는 영향은 아직 불분명하다. 대부분의 연구에서 성취도가 높은 학생들이 능력별 학급편성에서 긍정적인 영향을 받는다는 결과를 찾은 바 있지만, 성취도가 낮은 학생들을 대상으로는 아직 확실한 결론이 나오지 않은 상태이다(Argys, Rees and Brewer, 1996; Betts and Shkolnik, 2000; Collins and Gan, 2013; Figlio and Page, 2002; Zimmer, 2003). 더군다나 능력별 학급 편성은 복선형 학제와 마찬가지로 사회 경제적 불평등을 심화하는 것으로 보이며, 이는 성취도 하반에 편성되는 사회 취약 계층 학생의 수가 전체 사회 취약 계층 학생 대비 높은 비율을 보이는 것에서 확인할 수 있다(Braddock and Dawkins, 1993; Oakes, 2005).

■ 그림 2.17 ■

학습 환경에 대한 능력 차이의 영향

교장이 학급 내 능력 차이가 학습에 심각한 지장을 준다고 대답한 학교에 재학 중인 학생의 비율



참고: 사회 취약 계층 (혜택층) 학교들은 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 (높은) 학교를 말한다. 각 국가/경제 권역의 이름 옆의 수치는 사회 경제적 혜택층 및 사회 취약 계층 학교의 결과가 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

이 표에서 국가 순서는 학급 내 능력 차이가 학습에 심각한 지장을 준다고 학교장이 응답한 학교에 재학 중인 학생 비율을 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.18.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377131>

실제로 Chmielewski (2014) 는 교육제도 20 개를 대상으로 시행한 연구에서 학생의 사회 경제적 지위와 수학 성취도의 관계가 복선형 학제보다 능력별 학급 편성을 시행할 경우 더 강하게 나타난다는 것을 발견하였다.

PISA 2003 결과는 능력별 학급편성에 따른 수학 수업의 유형 또한 학생의 사회 경제적 지위에 영향을 받는다는 것을 보여준다. 자료를 제공한 9 개국 중 호주, 독일, 그리스, 헝가리, 아이슬란드, 대한민국, 영국, 미국의 사회 경제적 혜택층 학생들은 사회 취약 계층 학생들보다 심화 수학 수업을 받고 있다고 보고하는 경향이 있었다(표 2.20a). 학생의 수학 성취도를 반영할 경우, 헝가리, 대한민국, 미국의 사회 경제적 혜택층 학생들은 사회 취약 계층 학생들보다 심화 수학 수업을 받을 확률이 50% 더 높았다; 그리스, 아이슬란드의 사회 경제적 혜택층 학생들은 수학 성취도를 반영한 경우 심화 수학 수업을 받을 가능성이 두 배 더 높은 것으로 나타났다(표 2.20b).

그림 2.18a 에서는 평균적으로 OECD 국가에서 능력별 학급 편성이 사회 취약 계층 학교에서 사회 경제적 혜택층 학교보다 비교적 더 많이 시행되는 것으로 나타났다. 오스트리아, 칠레, 크로아티아, 독일, 아이슬란드, 룩셈부르크, 멕시코, 포르투갈, 스위스에서는 사회 취약 계층 학교 외 사회 경제적 혜택층 학교에서 능력별 학급 편성을 시행할 비율이 10% 이상 차이가 나는 것으로 나타났다.

또한, 그림 2.18b 에서는 평균적으로 OECD 국가에서 능력별 학급 편성이 학생들의 수학 친숙도에 악영향을 행사한다는 것을 보여준다. 오스트리아와 스위스에서 능력별 학급 편성을 시행하는 학교에 다니는 학생들은 능력별 학급 편성을 시행하지 않는 학교에 다니는 학생들보다 평균적으로 표준편차의 40% 이상 수준으로 수학 친숙도가 떨어지는 것으로 나타났다.

하지만 능력별 학급 편성이 성취도가 저조한 학생들을 더욱 격리시키는 역할을 하는지, 또는 학교의 입학 성적을 보여주는 수단으로써 사회 취약 계층 학교에서 성취도가 낮은 학생들에게 더 많은 지원을 할애하는 데 사용되는지의 여부는 아직 확실하지 않다. 그림 2.18b 에서는 또한 비슷한 사회 경제적 지위를 가진 학교에 재학 중인 학생들에게서 같은 성별 및 사회 경제적 지위를 가진 학생들을 비교할 경우, 능력별 학급 편성과 수학 친숙도 사이의 부적 관계가 약화되거나 통계적으로 유의하지 않은 수준이 되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 능력별 학급 편성과 수학 친숙도의 상관관계가 대개 부적임을 시사한다. 능력별 학급 편성이 사회 취약 계층 학교에서 자주 사용되고 영재 학생들에게 고등 교육을 제공하는 방식과 달리, 수학 친숙도가 저조한 학생들을 추려내 더 많은 연습을 시키는 방식으로 사용되기 때문이다.

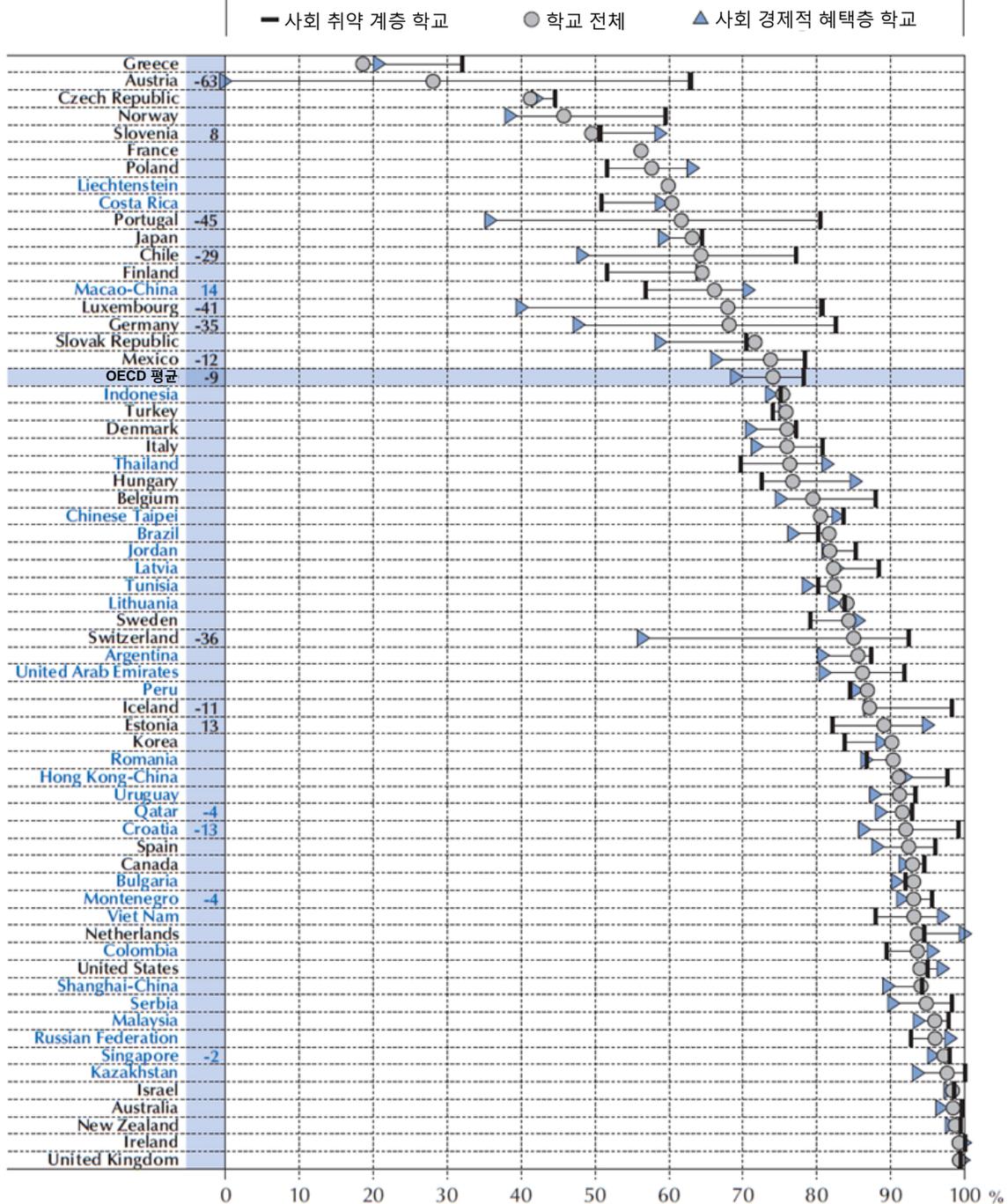
이질 학급의 지도

교사들은 공평한 교육 기회를 제공하고자 하지만, 학생들의 수준과 욕구에 맞추는 동시에 교실에 있는 학생 전체를 위한 수업을 진행하기는 상당히 어려운 일이다. 이런 상황에서 교사들이 사용할 수 있는 가장 간단한 전략은 성취도가 낮은 학생들을 지도할 때마다 더 쉬운 문제를 다루는 것이다. 교장들의 응답에 따르면, 대부분의 국가에서 최소 절반 이상의 학생들이 교사가 학생들의 수준과 필요에 맞춰 학업 성취도 기준을 설정해야 한다고 대답한 학교를 다니고 있다(OECD 국가 평균으로는 약 70%의 학생들이 이러한 학교에 재학 중이다 [그림 2.19]).

■ 그림 2.18a ■

학교의 사회 경제적 지위에 따른 능력별 학급 편성

수학 수업에서 능력별 편성을 시행한다고 응답한 교장의 학교를 다니는 학생의 비율



참고: 사회 취약 계층 (혜택층) 학교들은 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 (높은) 학교를 말한다. 각 국가/경제 권역의 이름 옆의 수치는 사회 경제적 혜택층 및 사회 취약 계층 학교의 결과가 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

이 표에서 국가 순서는 능력별 학급 편성을 시행하는 학교에 재학 중인 학생 비율을 오름차순으로 정렬한 것이다.

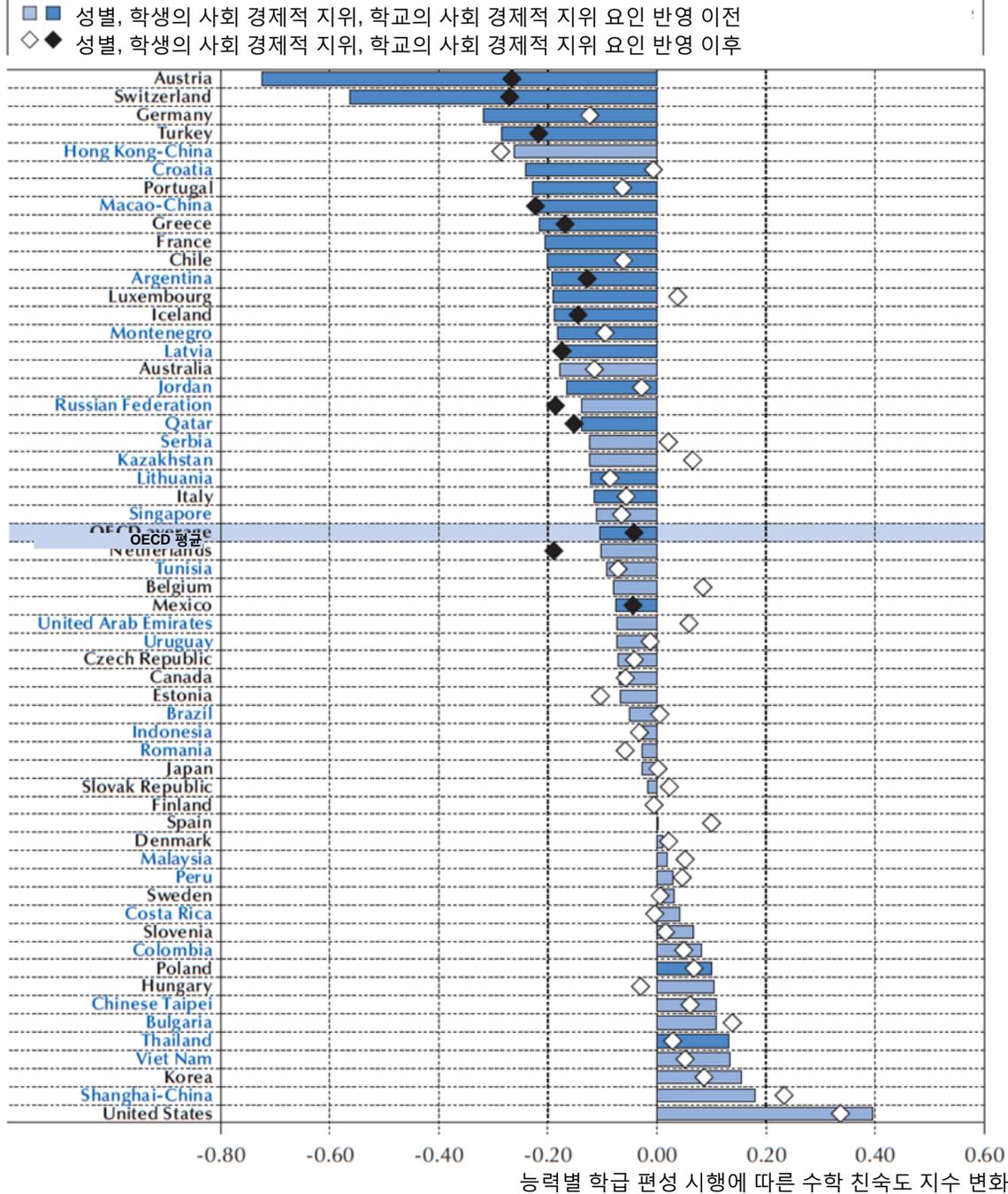
출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.19a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377148>

■ 그림 2.18b ■

능력별 학급 편성 및 수학 친숙도

능력별 학급 편성 시행에 따른 학생의 수학 친숙도 변화



참고: 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. 학교의 평균 수학 친숙도는 그 학교 재학생 전체의 수학 친숙도 지수를 평균한 값이다.

통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

이 표에서 국가 순서는 성별, 사회 경제적 지위 요인을 반영하기 전 능력별 학급 편성 시행과 관련된 수학 친숙도의 변화를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD PISA 2012 Database, Table 2.19b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377150>

교실에서 가르치는 문화 및 이질성의 차이는 몬테네그로, 러시아, 대부분의 아시아 경제 권역에서 오스트리아, 독일, 룩셈부르크보다 교사들이 학업 성취도 기준의 설정에 더 열린 자세를 갖는 이유를 설명해준다. 하지만 교사들의 신념은 근무 환경에 따라 좌우되기도 하며, 대부분의 국가에서 사회 취약 계층 학교의 교사들은 사회 경제적 혜택층 학교의 교사들보다 학업 성취도 기준을 더 기꺼이 조정하려 한다.

같은 학급의 이질적 학생들을 지도하는 또다른 방법은 서로 다른 과제를 배정하는 것이다. 평균적으로 OECD 국가의 30%의 학생들이 학생 과제의 배정이 차별적으로 이루어진다고 응답하였다(그림 2.20). 과제의 차별 배정은 물론 사회 경제적 혜택층 학교보다 사회 취약 계층 학교에서 더 자주 일어나는 편이다. 오스트리아, 불가리아, 독일, 네덜란드, 포르투갈, 루마니아, 세르비아, 슬로바키아, 슬로베니아, 아랍에미리트에서 학생 과제의 배정이 차별적으로 이루어진다고 응답한 사회 경제적 혜택층 및 사회 취약 계층 학생들의 차이는 최소 20%에 달했다(그림 2.20). 학생 능력에 따른 차별적인 과제 배정은 성취도가 저조한 학생들의 교육 필요를 더 잘 충족시킬 수는 있지만, 동시에 성취도가 낮은 학생들의 학습 기회를 상대적으로 박탈하는 길이 될 수도 있다.

전학을 통한 선별

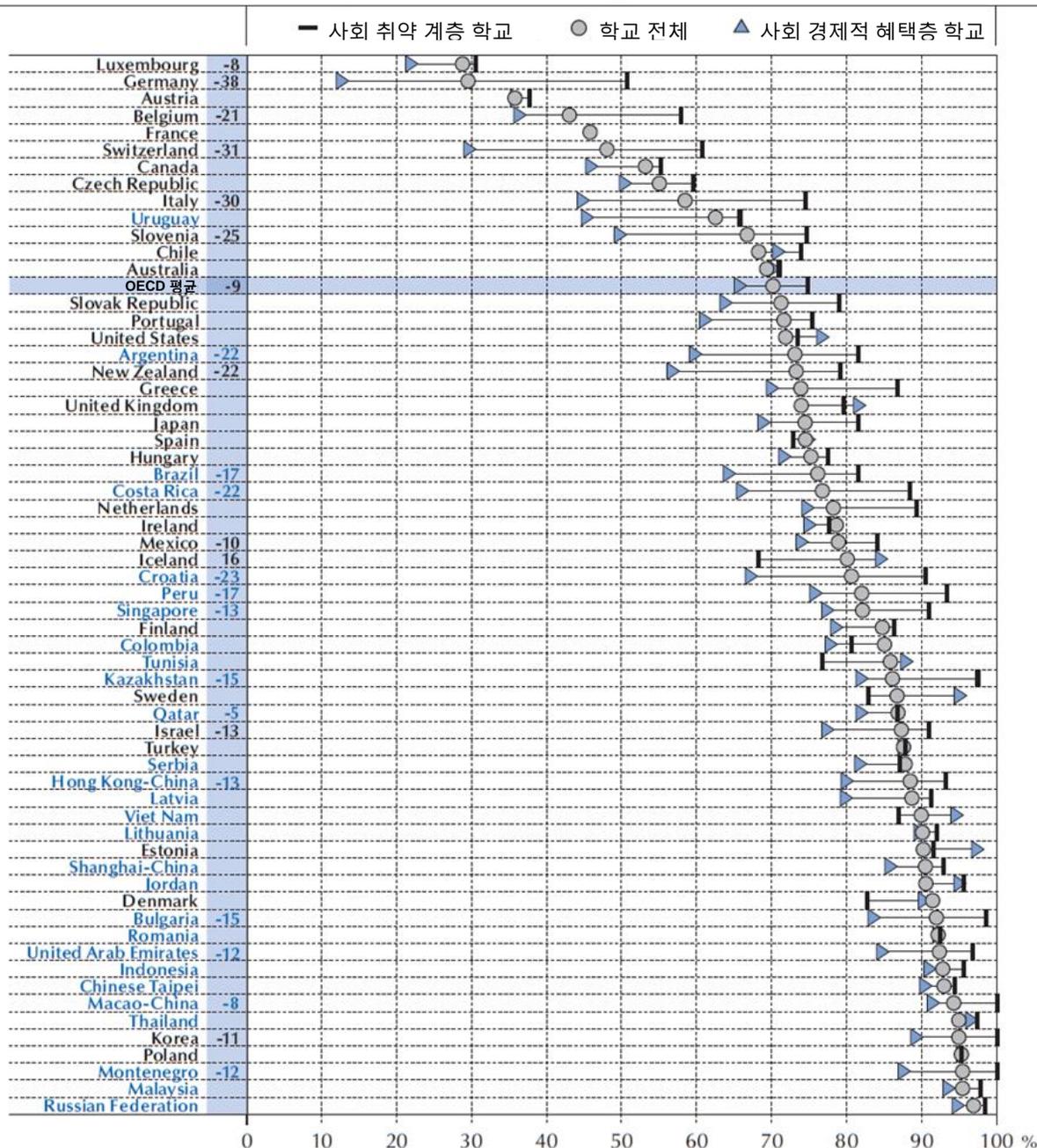
학생들을 성적별로 분반하는 더 극단적인 방법 중 하나는 성취도가 저조한 학생들을 다른 학교로 전학하게 하는 것이다(OECD, 2013c: 그림 IV.2.6). 이 극단적인 분반책은 의외로 자주 사용된다. 오스트리아, 마카오-중국, 슬로베니아, 대만의 학생 중 70% 이상이 성취도가 저조한 학생들을 전학시킬 의향이 있다고 교장이 대답한 학교에 재학 중이다(표 2.23). 이 정책의 목적은 표준화 시험에서 성취도가 저조하게 나타나는 학교의 학습환경을 보전하기 위함이나 학습장애 등 특별한 경우의 학생들을 적절한 학교로 배정하기 위함이다.

교육 제도 차원에서 볼 때 학생과 학교의 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 영향을 끼치는 정도는 성취도가 낮은 학생들을 전학시키는 관행과 정적인 관계를 가진다. 그림 2.21 에서 볼 수 있는 것과 같이, OECD 국가 중 학생과 학교의 사회 경제적 지위가 수학 친숙도에 미치는 영향에서 차이의 약 42%가 성취도가 저조한 학생들을 전학시킬 가능성이 높은 학교에 재학중인 학생 비율로 설명된다(참여국 전체를 기준으로 분석할 때 차이의 16%가 설명된다). 이러한 관계는 비교적 설명하기가 쉬운 편인데, 다른 학교로 강제로 전학되거나 전학을 강요받는 학생들은 대부분의 경우 가난한 편이기 때문이다. 그러나 이렇게 강제적으로 전학 당하는 데에서 오는 학습 기회의 손실과 사회적 낙인은 학생의 조기 자퇴나 사회적 소외 등의 결과로 이어질 수 있다(Books, 2010).

■ 그림 2.19 ■

학생의 능력에 맞춰 학업 성취도 기준을 조정할 필요에 대한 교사의 신념

교사들이 학생들의 수준과 필요에 맞춰 학업 성취도 기준을 설정해야 한다고 대답한 학교를 다니고 있는 학생 비율



참고: 본 그림에서 제시하는 학생 비율은 교사들이 학생들의 수준과 필요에 맞춰 학업 성취도 기준을 설정해야 하는가에 대해 수학 교사들의 의견이 그렇다/매우 그렇다에 모였다고 응답한 교장이 속한 학교를 다니고 있는 학생의 비율이다.

사회 취약 계층 (해택층) 학교들은 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 (높은) 학교를 지칭한다.

각 국가/경제 권역의 이름 옆의 수치는 사회 경제적 해택층 및 사회 취약 계층 학교의 결과가 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

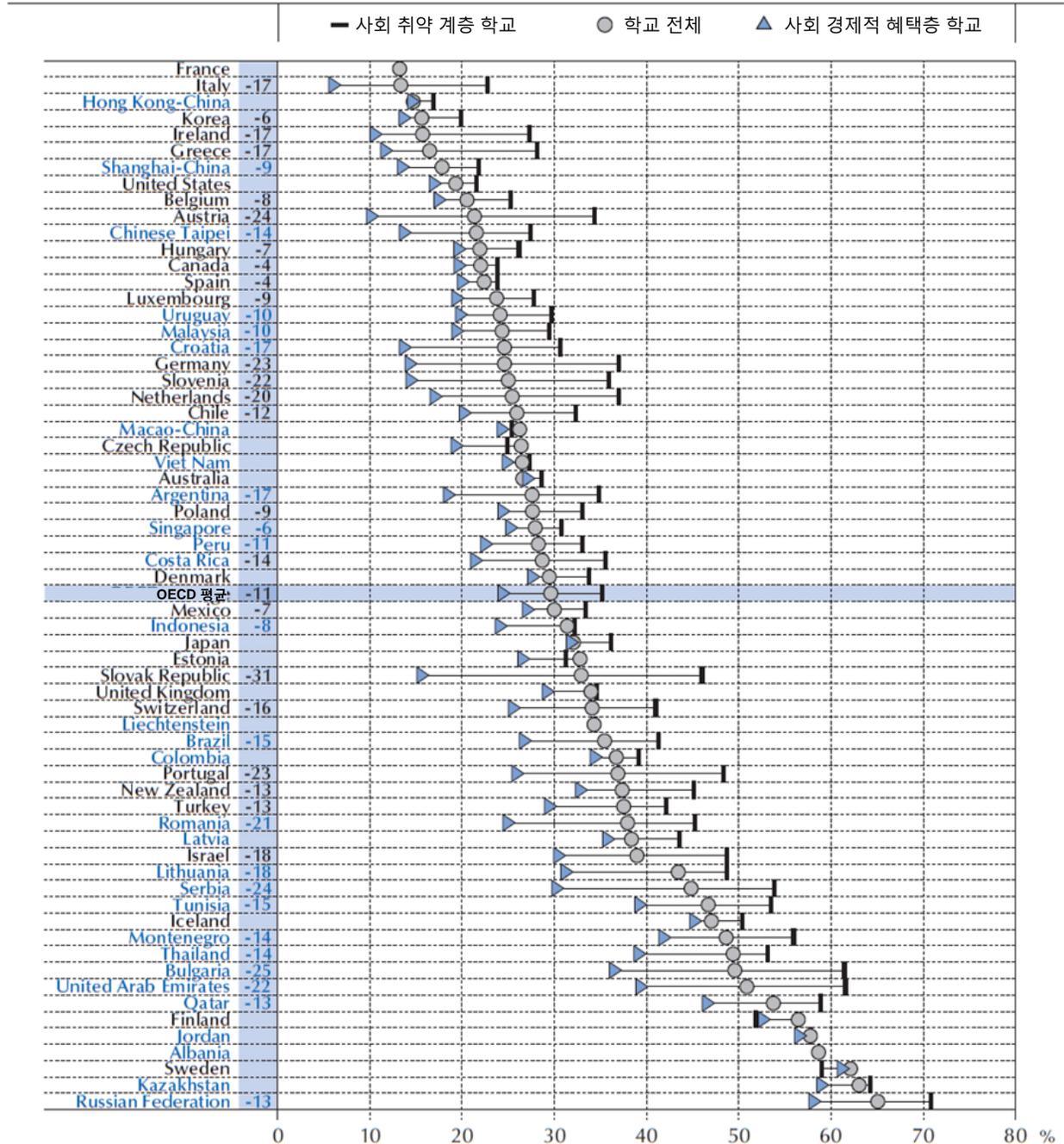
이 표에서 국가 순서는 교사들이 학생들의 수준과 필요에 맞춰 학업 성취도 기준을 설정해야 하는가에 대해 수학 교사들의 의견이 그렇다/매우 그렇다에 모였다고 응답한 교장이 속한 학교를 다니고 있는 학생의 비율을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.21.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377168>

■ 그림 2.20 ■

학교의 사회 경제적 지위에 따른 능력별 과제 배정
학생 과제의 배정이 차별적으로 이루어진다고 응답한 학생 비율



참고: 과제의 차별적 배정은 학생의 자기보고응답에 따라 측정되었다.

사회 취약 계층 (혜택층) 학교들은 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 (높은) 학교를 지칭한다. 각 국가/경제 권역의 이름 옆의 수치는 사회 경제적 혜택층 및 사회 취약 계층 학교의 결과가 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

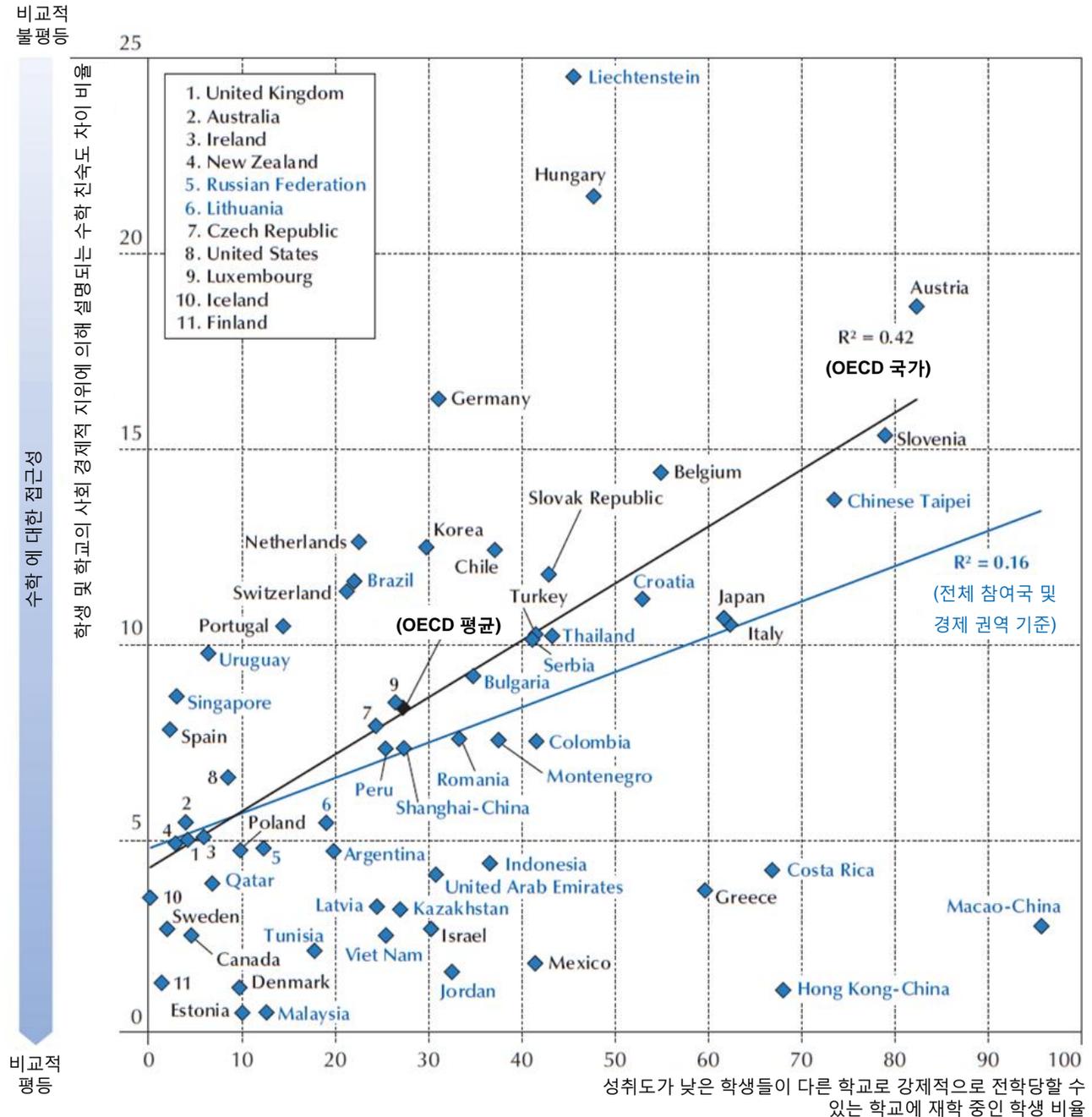
이 표에서 국가 순서는 능력별 과제 배정을 시행하는 학교에 재학생인 학생 비율을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.22.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377173>

■ 그림 2.21 ■

학교 전학과 수학 친숙도의 형평성



참고: 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.23.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377186>

학습 기회의 형평성과 학생 지도교재 및 관행이 어떻게 관련되는가

교사들은 동질 학급 편성과 차별적인 과제 배정 외에도 더 직접적으로 수학 과제의 양과 질, 특정 지도관행 등을 통해 학생들의 수학 내용에 대한 접근에서 형평성에 영향을 줄 수 있다. 효과적인 지도는 학생의 성취도에 대해 학교 내에서 가장 중요한 요인이다(Chetty, Friedman and Rockoff, 2014; Rivkin, Hanushek and Kain, 2005). 성취도가 낮은 학생들과 사회 취약 계층 학생들은 자질이 높은 교사로부터 가장 많은 이익을 얻을 수 있지만(Gamoran, 1993; Nye, Konstantopoulos and Hedges, 2004), 대부분의 경우 자질이 부족한 교사들에게서 가르침을 받는 경우가 많다(Lankford, Loeb and Wyckoff, 2002).

역사적으로 가난한 지역의 학교들은 교사 인력 및 잦은 교체 등에서 상당한 문제를 겪어왔다. 교사들은 사회 경제적 지위가 더 높은 학생들을 지도하는 것을 선호하기 때문에 학교를 이동할 수도 있지만(Hanushek, Kain and Rivkin, 2004), 사회 취약 계층 학교의 교사 대부분은 학생 생활 지도 문제, 동료 의식 부재, 리더십 부족, 잦은 학생 교체, 일반 안전 문제 등으로 사회 취약 계층 학교들을 피하는 편이다(Gregory, Skiba and Noguera, 2010). 사회 취약 계층 학교에 재학 중인 학생들은 부유한 학교 학생들보다 매년 교사가 교체되고 신입 교사에게 지도 받을 가능성이 더 높은 편이다(Simon and Johnson, 2015).

그림 2.22a에서는 비록 차이가 상당히 적기는 하지만, 대부분의 국가에서 사회 취약 계층 학교의 학생당 교사 수가 사회 경제적 혜택층 학교보다 비슷하거나 더 많은 수임을 보여준다. OECD 국가에서는 사회 경제적 취약 계층 학교보다 사회 경제적 혜택층에 속하는 학교에서 교사 당 학생 수가 1명 더 많은 것으로 나타났다. 브라질과 터키가 예외를 보였는데, 이들의 경우 사회 취약 계층 학교에서 교사당 학생 수가 7~8명 더 많은 것으로 나타났다.

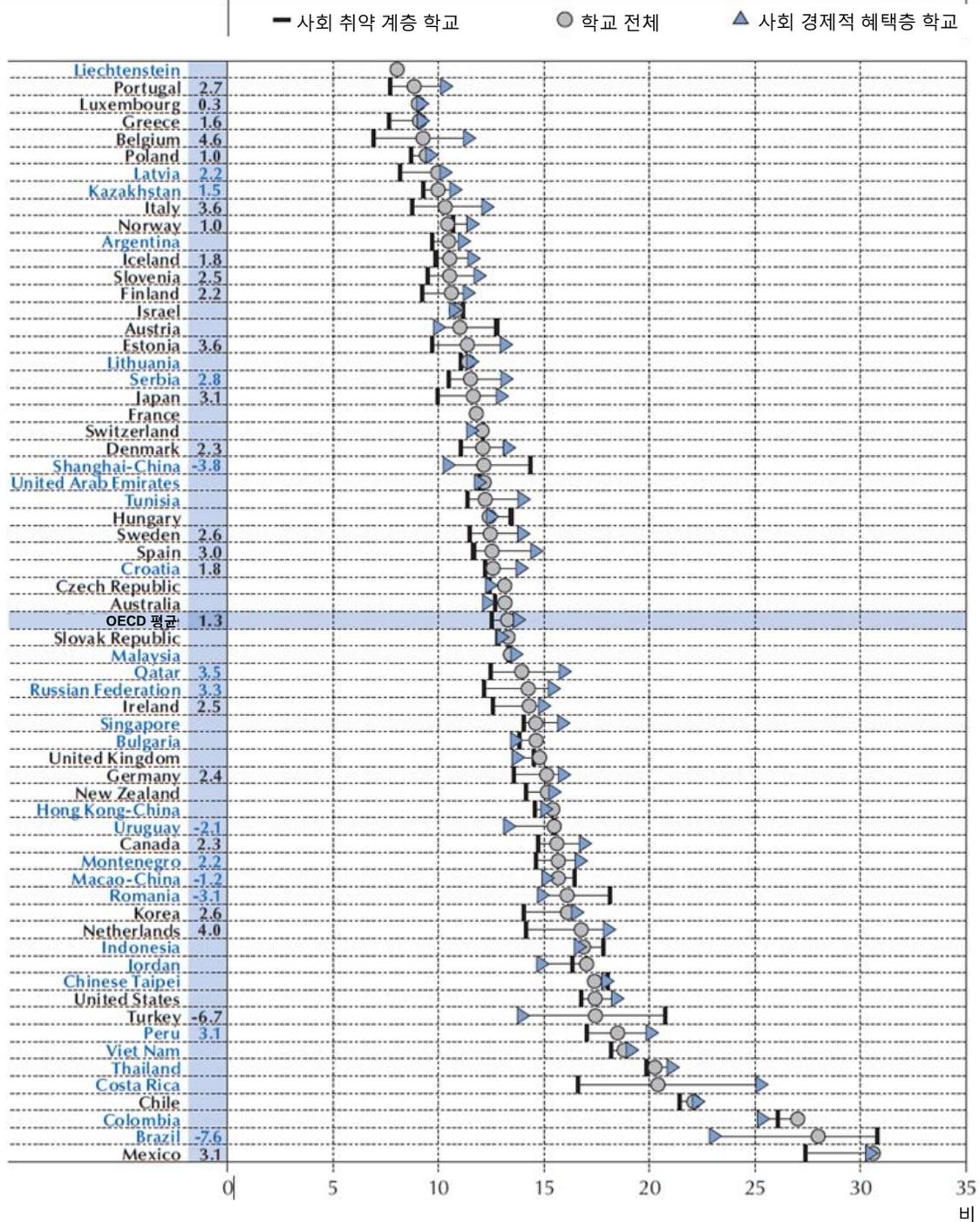
비록 사회 취약 계층 학교들에서 일반적으로 교사당 학생 비율을 (다소) 적게 제시하고 있지만, 사회 취약 계층 학교에서 근무하는 수학 교사들은 일반적으로 자격 조건을 덜 갖춘 편이다. 그림 2.22b에서는 수학을 전공한 교사가 있는 학교의 학생 비율이 사회 취약 계층 학교보다 사회 경제적 혜택층 학교에서 더 높게 나타나는 점을 보여준다. 평균적으로 OECD 국가에서 자격 조건을 갖춘 수학 교사의 비율은 사회 경제적 혜택층 학교에서 사회 취약 계층 학교보다 8% 더 크며, 이것이 학습 기회에 존재하는 불평등을 심화시키는 요인이 될 수 있다. 이와는 달리 핀란드, 아이슬란드, 마카오-중국, 스페인, 아랍에미리트에서는 사회 취약 계층 학교에서 자격 조건을 더 많이 갖춘 교사들을 보유한 편이다.

학습 기회에는 교사의 자격 조건 외에도 지도 관행이 상당한 영향력을 행사한다. PISA는 교사들이 인지 활성화 전략, 즉 어려운 과제와 이전에 학습한 지식 및 고등 사고 능력의 활성화를 포함하는 수업을 얼마나 자주 사용하는지 학생에게 설문하였다(Lipowsky et al., 2009). 특히 수학 교사가 수업 중 다음과 같은 일을 얼마나 자주 사용하였는지 질문하였다:

- 학생들이 꼼꼼히 생각해야 하는 질문을 한다
- 학생들이 시간을 연장해서 생각해야 하는 문제를 제공한다.

■ 그림 2.22a ■

학교의 사회 경제적 지위에 따른 교사 당 학생 수



참고: 사회 취약 계층 (혜택층) 학교들은 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 (높은) 학교를 말한다. 각 국가/경제 권역의 이름 옆의 수치는 사회 경제적 혜택층 및 사회 취약 계층 학교의 결과가 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

이 표에서 국가 순서는 교사 당 학생 수를 오름차순으로 정렬한 것이다.

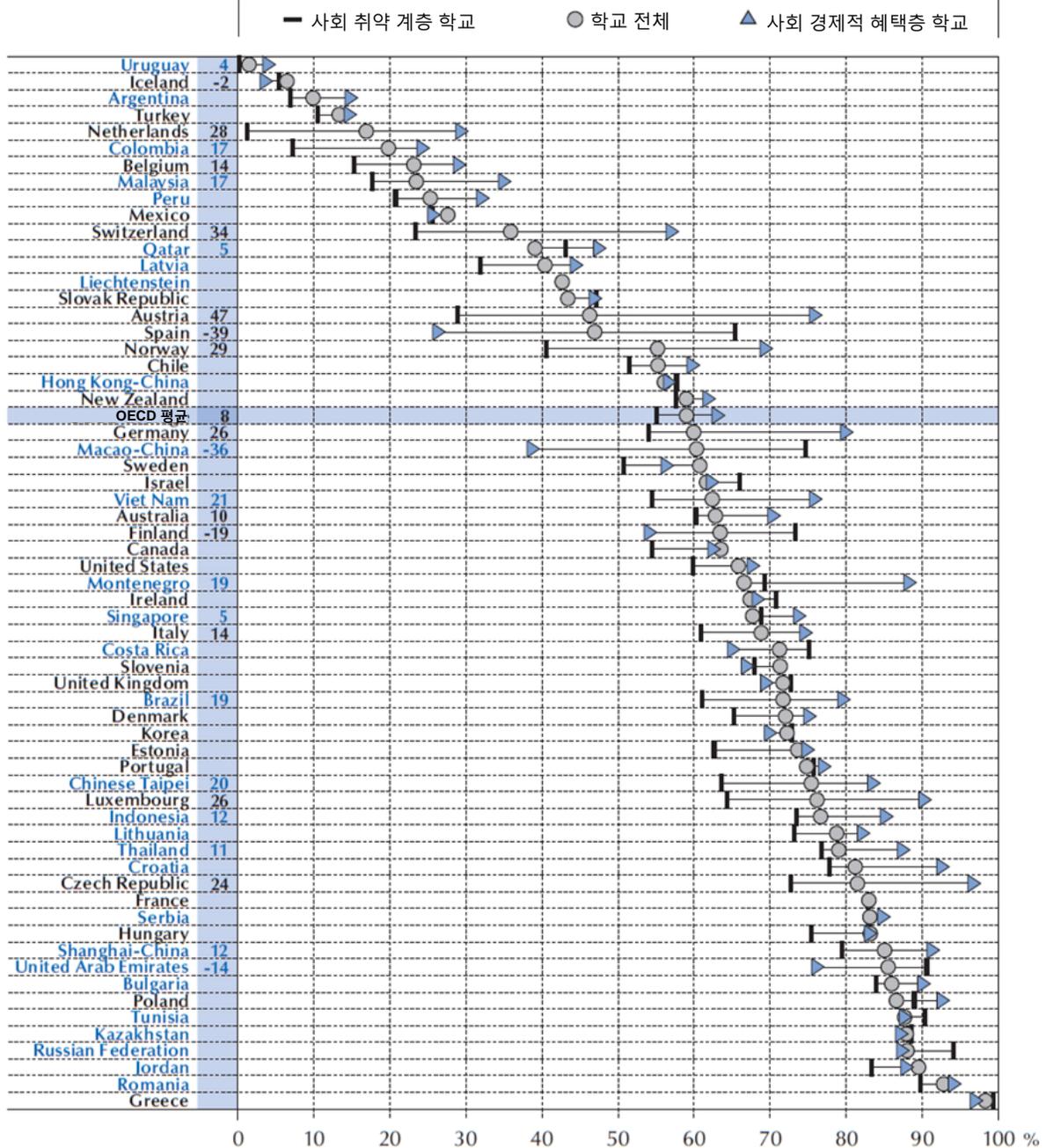
출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.24.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377197>

■ 그림 2.22b ■

학교의 사회 경제적 지위에 따른 자격 조건이 잘 갖춰진 교사 비율

수학 교사의 자격 조건이 잘 갖춰져 있다고 응답한 교장의 학교를 다니는 학생 비율



참고: 자격 조건이 잘 갖춰진 교사들은 고등교육에서 수학을 전공한 교사들을 말한다(ISCED 5A). 이 그림에 제시된 자료는 모두 학교장 응답에 의해서 도출되었다.

사회 취약 계층 (혜택층) 학교들은 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 (높은) 학교를 말한다. 국가명 옆의 수치는 사회 경제적 혜택층 및 사회 취약 계층 학교의 결과가 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

이 표에서 국가 순서는 자격 조건을 갖춘 교사의 비율을 오름차순으로 정렬한 것이다.

Source: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.24.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377200>

- 학생들이 자신만의 절차를 정하여 복잡한 문제를 해결하도록 한다.
- 즉시 분명하게 해결할 방법이 없는 문제를 제시한다.
- 학생들이 개념을 이해했는지 알아보기 위해 여러 다른 상황에서 문제를 제시한다.
- 학생들이 이전의 실수로부터 배울 수 있도록 돕는다.
- 학생들이 문제를 어떻게 풀었는지 설명하도록 한다.
- 학생들이 배운 내용을 새로운 상황에 적용해야 하는 문제를 제시한다.
- 여러 가지 다른 방법으로 해결할 수 있는 문제를 제시한다.

이전의 PISA 설문 분석 결과에 따르면 교사가 인지 활성화 전략을 자주 사용한다고 응답한 학생들은 일반적으로 문제 해결의 지속시간과 개방성에서 모두 높은 수치를 기록하였으며, 수학을 다른 과목보다 더 좋아할 가능성이 높았고, 다른 과목보다 수학을 미래 직업에 대해 더 필요한 것으로 여길 가능성이 높았다(OECD, 2013b).

인지 활성화 전략은 사회 취약 계층 학교보다 사회 경제적 혜택층 학교에서 더 자주 사용되는 경향이 있다(표 2.25a). 이는 특히 교육과정의 필수과정을 넘어 문제 해결 능력을 기르는 전략에서 두드러지게 나타나는 현상이다. 예를 들어, OECD 평균적으로 교사가 답이 한 번에 보이지 않는 문제들을 제시한다고 대답한 학생들은 사회 취약 계층 학교보다 사회 경제적 혜택층 학교에서 7% 더 높게 나타났고, 학생들이 배운 내용을 새로운 상황에 적용해야 하는 질문들을 제시하는 경우에는 사회 취약 계층 학교보다 사회 경제적 혜택층 학교에서 5% 더 높게 나타났다. 이와는 다르게, "학생들의 실수를 발판으로 삼아 지도한다"는 전략은 사회 경제적 혜택층 학교보다 사회 취약 계층 학교에서 더 자주 나타났다. 이는 이 학습 전략이 성취도가 낮은 학생들을 대상으로 자주 사용되기 때문이다.

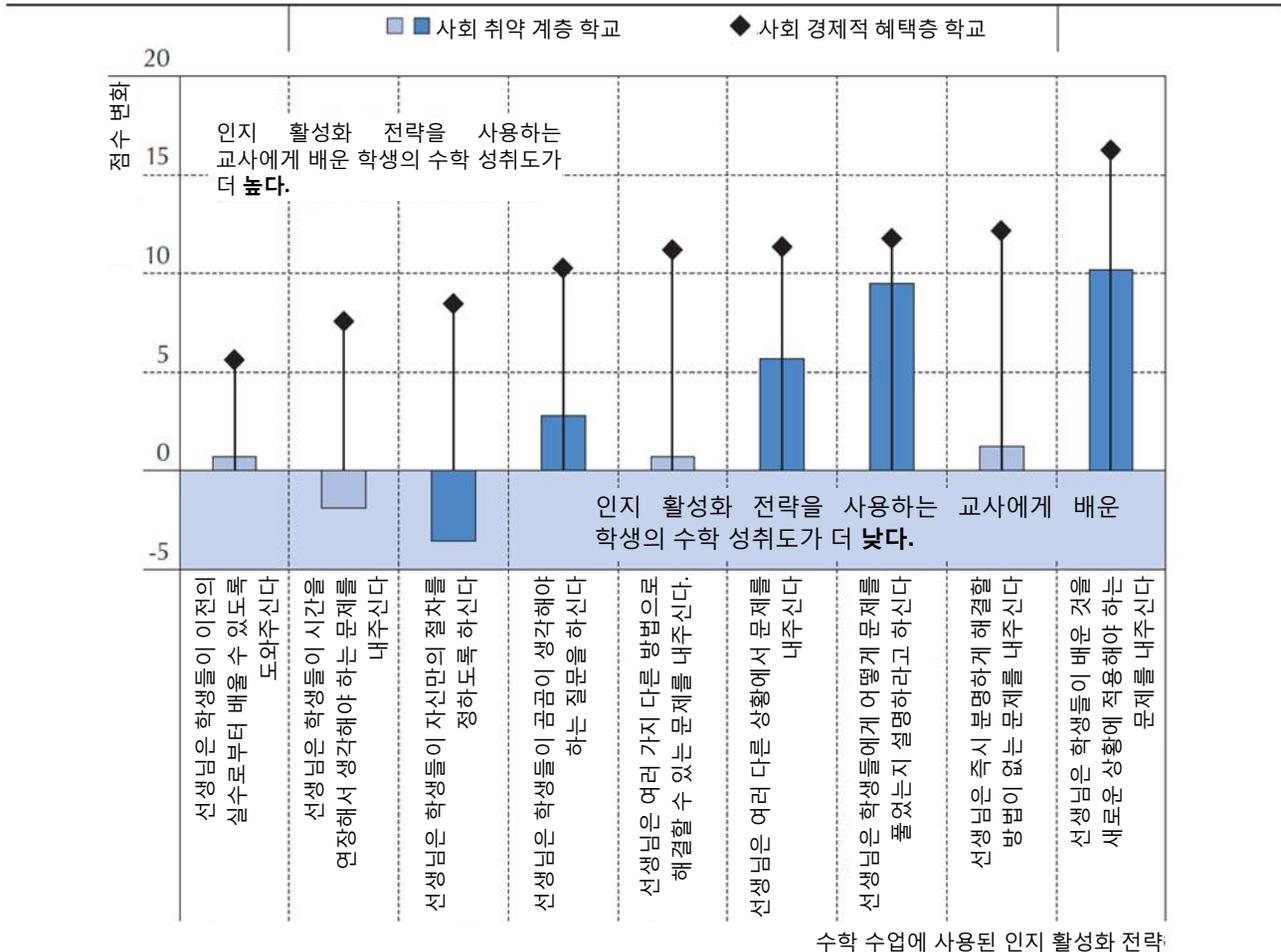
인지 활성화 전략과 수학 성취도 사이의 정적인 상관관계는 이전 연구들을 통하여 입증된 바 있다(Echazarra et al., 2016; Lipowsky et al., 2009). 그렇다면 인지 활성화 전략과 학습 기회 사이의 관계는 무엇인가? 그리고 이 관계는 학교의 사회 경제적 상황에 따라 어떻게 달라지는가? 그림 2.23a에서는 인지 활성화 전략에 대한 노출도에 따라 수학 성취도가 변하는 정도를 제시하고 있으며, 그림 2.23b에서는 수학 친숙도의 변화량을 제시하고 있다. 평균적으로 OECD 국가의 교사들은 인지 활성화 전략을 시행할 때 사회 경제적 혜택층과 사회 취약 계층 학교 모두에서 학생들의 수학 점수를 더 높여주는 것으로 나타났다. 하지만 사회 취약 계층 학교에서는 인지 활성화 전략 9개 중 4개만이 점수에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 사회 경제적 혜택층 학교에서 인지 활성화 전략 9개 모두가 수학 점수에 긍정적인 영향을 주는 것과 상반되는 결과라 할 수 있다. 또한, 사회 경제적 혜택층 학교에서는 사회 취약 계층 학교와 비교하여 수학 성취도면에서 더 큰 수준의 영향을 받는 것으로 나타났다.⁶

학교의 사회 경제적 지위에 따른 인지 활성화 전략의 효과에 대한 차이는 수학 친숙도에서 더욱 두드러지게 나타난다. 평균적으로 OECD 국가에서 인지 활성화 전략이 수학 학습 기회에 주는 영향은 사회 경제적 혜택층 학교에서 불확실하게 나타나는 것으로 보인다. 즉, 특정 전략은 친숙도를 증진할 수 있지만 다른 전략들은 친숙도에 영향을 덜 주거나 영향을 주지 않는 것으로 보인다.

■ 그림 2.23a ■

학교의 사회 경제적 지위에 따른 인지 활성화 전략의 사용과 학생의 수학 성취도

수학 교사의 인지 활성화 전략의 사용에 따른 수학 점수의 변화량, OECD 평균



참고: 사회 취약 계층 (혜택층) 학교들은 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 (높은) 학교를 말한다. 사회 취약 계층 학교에 대한 통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다. 사회 경제적 혜택층 학교에 대한 값은 모두 통계적으로 유의하다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.25b.

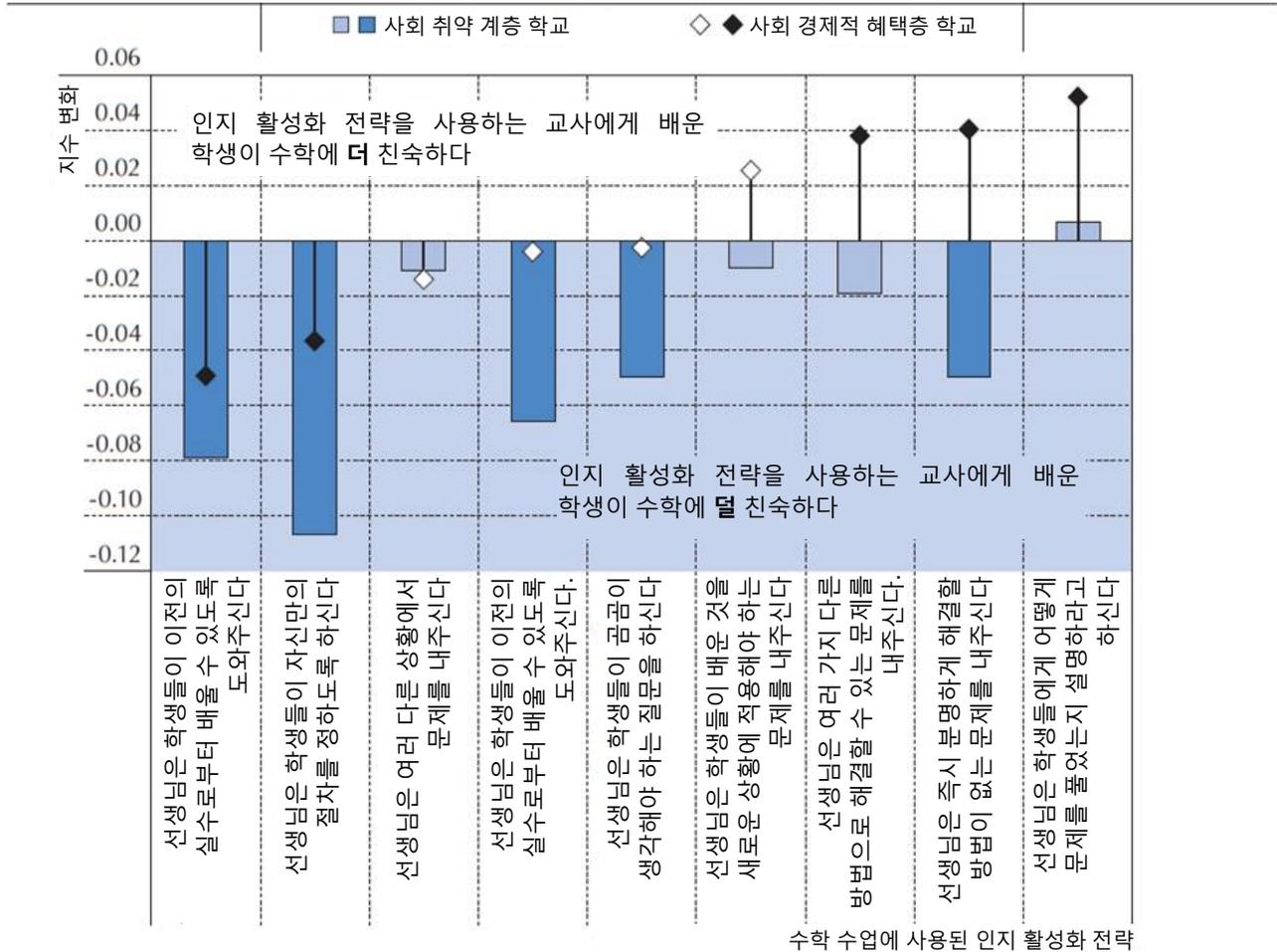
StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377210>

하지만 평균적으로 OECD 국가에서 사회 취약 계층 학생들의 수학 친숙도를 증진시키는 것과 연관된 인지 활성화 전략은 찾아볼 수 없다. 사회 취약 계층 학교에서 9개 전략 중 5개의 전략에 노출된 학생들은 노출되지 않은 학생들보다 친숙도가 낮게 나타나며, 나머지 4개의 전략은 수학 친숙도에 유의한 변화를 주지 못하는 것으로 나타났다.

■ 그림 2.23b ■

학교의 사회 경제적 지위에 따른 인지 활성화 전략의 사용과 학생의 수학 친숙도

인지 활성화 전략의 사용에 따른 수학 친숙도 지수 변화량, OECD 평균



참고: 사회 취약 계층 (혜택층) 학교들은 학생들의 평균 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)가 해당 국가의 평균보다 유의하게 낮은 (높은) 학교를 말한다. 통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.25c.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377223>

전반적으로 교사는 사회 경제적 혜택층 학교 학생들에게 교육과정 내용을 깊이 있게 이해하도록 인지 활성화 전략을 사용하고 문제해결 능력 신장을 돕고 있다는 것을 알 수 있다. 반면 사회 취약 계층 학교에서는 사고와 추론을 강조하는 전략을 사용하는 것에 대한 지불 대가, 즉 진도를 마치지 못한다는 등의 한계가 있을 수 있다.

사회 취약 계층 학교에서 인지 활성화 전략을 사용하는 것은 왜 그리 어려울까? 한 가지 이유는 이러한 전략이 수학 개념 및 절차에서 이런 견고한 기반을 구축한 학생들에게 더 효과적이라는 것이다. 다른 이유로는 무질서하고 소란스러운 교실에서 학생들에게 오랜 시간 동안 사고를 필요로 하는 문제들을 제시하거나 문제에 대해 반성하는 것이 상당히 어려워질 수도 있다. 하지만 이러한 어려움이 사회 취약 계층 학교 수학 교사들이 인지 활성화 전략과 문제해결을 채택하지 않아야 한다는 결론으로 이어져서는 안 될 것이다. 인지 활성화 전략의 문제해결 시간적 비용은 문제의 효율적인 구성과 긍정적인 학습 태도 등을 장려함으로써 최소화할 수 있기 때문이다.

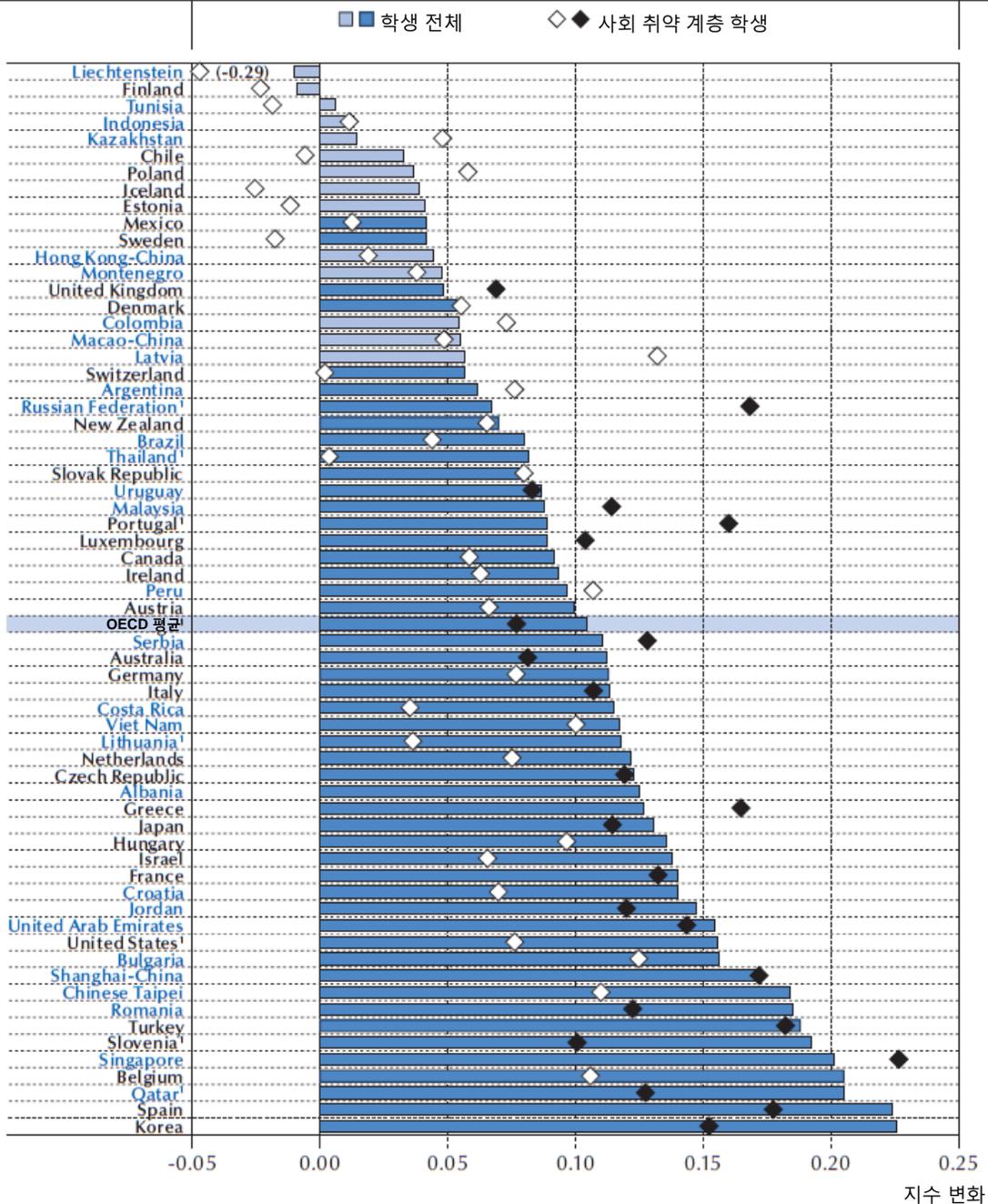
이전의 PISA 보고서에서는 학교의 규율적 분위기가 사회 경제적 배경과 정적인 연관이 있다는 것을 보고한 바 있다(OECD, 2013b). 대부분의 국가에서 더 나은 규율적 분위기는 비슷한 사회 경제적 배경의 학생과 학교를 비교한 후에도 수학 친숙도와 정적인 상관관계를 보여준 바 있다(표 2.26). 또한, 그림 2.24 에서는 평균적으로 OECD 국가에서 규율적 분위기와 수학 친숙도 사이의 상관관계가 사회 취약 계층 학생들 사이에서 상대적으로 약하게 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이는 수학에 더 긍정적인 태도를 가진 학생들이 선호하는 학습 환경에서 더 많은 이익을 찾을 수 있기 때문이다.

앞의 분석에 따르면, 수학에 대한 접근성은 개인, 학교, 교육 제도별로 불균등하게 분포되어 있다는 것을 알 수 있다. 수학 친숙도는 학생의 사회 경제적 지위와 강한 관계를 가지며, 대부분의 국가에서 교육 제도가 형성된 과정을 살펴볼 때 수학에 대한 접근성에서 사회 경제적 불평등을 심화하게끔 형성되어 있다는 것을 확인할 수 있다. 학생들을 유급, 복선형 학제, 성적에 따른 선발, 전학 등으로 동질 그룹에 배치하는 것은 성취도 분포의 불균등 외에도 수학 내용에 대한 접근성의 불평등 및 그에 따른 수학 소양의 불평등과도 관련이 있다. 이는 수학 성취도가 낮은 학생들에게 그들의 능력 및 욕구에 맞는 교육을 제공하는 것이 대안의 개별화된 접근으로 적절하다는 것을 시사한다(5 장 참고).

■ 그림 2.24 ■

학생의 사회 경제적 지위에 따른 학교의 규율적 분위기와 수학 친숙도

규율적 분위기 지수가 1 단위 상승할 때 수학 친숙도 지수의 변화



1. 사회 취약 계층 학생들과 학생 전체 사이의 차이는 통계적으로 유의하다.

참고: 규율적 분위기 지수는 수학 수업을 방해하는 행위가 수학 시간에 얼마나 자주 일어나는지에 대한 학생들의 자기보고 응답에 의해 도출되었다. 지수값이 높으면 규율적 분위기가 학습에 긍정적인 방향으로 형성된다는 것을 보여준다.

통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

이 표에서 국가 순서는 규율적 분위기 지수가 1 단위 변할 때 수학 친숙도 지수의 변화를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 2.26.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377232>

참고

- 1 장에서 살펴본 것처럼 PISA 2012에서는 수학 노출도 및 친숙도의 측정에 대한 다양한 척도들을 제공하고 있다. 2장에서 제시한 분석 대부분은 수학 친숙도에 기반하였는데, 이는 수학 친숙도가 학생의 학교 경력에 대한 수학 학습 기회를 더 잘 나타내는 척도임과 동시에 PISA의 친숙도 측정 방식이 노출도보다 더 많은 문항을 포함함에 따라 통계적으로 더 높은 수준의 신뢰성 및 변동을 제공하기 때문이다.
2. 수학 친숙도 지수에서 나타나는 학교내 차이가 비교적 크게 나타나는 이유는 설문의 해석에서 학생들이 혼함과 혼하지 않음을 정의하는 방식과 같이 어느 정도의 주관성이 작용한다는 것으로 설명할 수 있다.
3. 수학 학습 기회의 형평성(학교 및 학생의 사회 경제적 지위에 의해 설명되는 수학 친숙도 차이 비율)은 1 단계 선형회귀 분석을 통하여 이루어졌는데, 이는 기존의 PISA 2012 보고서 분석에 사용된 교육 형평성의 정의(학생의 사회 경제적 지위에 의해 설명되는 수학 성취도상의 변동 비율)와 일관성을 유지하기 위함이다(OECD, 2013a). 수학적 내용의 접근성에 대한 형평성과 교육제도별 계층화 지표의 상관관계는 2 단계 선형회귀모형을 통해 계산된 형평성의 정의(예로 그림 2.1) 보다 더 높은 신뢰도를 제공한다.
4. OECD 교수학습국제조사 (TALIS)는 각국 주요 학교들의 교사와 교장을 대표적인 표본으로 시행된 국제조사이다. 2013년에는 34 개국의 국가에서 초등학교, 중학교, 고등학교를 대상으로 조사를 시행하였다. TALIS에서는 교사와 학교를 대상으로 근무 환경과 학습 환경에 대한 질문을 제시하며, 사범 교육 및 전문성 계발 연수, 교사가 제공하는 칭찬과 피드백의 종류, 학교 분위기, 학교 리더십, 교사의 교육 신념 및 교수 관행 등과 같은 주제를 설문한다. 2013년에 이루어진 TALIS 조사에서는 특정 국가에서 2012년 PISA에 참여한 학교를 대상으로 해당 조사를 시행하여 추가적인 정보를 제공하였다.
5. 학생들이 학교를 거쳐 성장하면서 사회 경제적 지위를 통해 받는 영향이 대부분의 경우 어느 정도 과소평가된 가능성이 있는데, 이는 중학교와 고등학교 사이에 학교를 자퇴하는 학생들을 현재의 설문 방법으로 관측할 수 없기 때문이다. 자퇴율은 일반적으로 사회 취약 계층 학생들 사이에서 훨씬 더 높게 나타난다.
6. 이러한 결과는 어느 정도 조심스럽게 해석할 필요가 있는데, 이 관계가 가르친 방법이 성적에 미치는 영향 때문에 일어나는지, 학생들의 능력에 따라 교수 전략을 다르게 시행한 결과에 따라 일어나는지 구별할 수 없기 때문이다.

참고자료

Abreu, G. (2005), "Cultural identities in the Multiethnic Mathematical Classroom", paper presented at CERME 4 (Fourth Congress of European Research in Mathematics Education) - Working group 10: Mathematics education in multicultural settings.

Alexander, K.L., D.R. Entwisle and S.L. Dauber (2003), *On the Success of Failure: A Reassessment of the Effects of Retention in the Primary School Grades*, Cambridge university Press, Cambridge, UK.

Allen, C.S., Q. Chen, V.L. Willson and J.N. Hughes (2009), "Quality of research design moderates effects of grade retention on achievement: A meta-analytic, multi-level analysis", *Educational Evaluation and Policy Analysis*, Vol. 31/4, American Educational Research Association, Washington, DC, pp. 480-99, <http://dx.doi.org/doi:10.3102/0162373709352239>.

Ammermüller, A. (2005), "Educational opportunities and the role of institutions", *ZEW Discussion Papers*, No. 05-44, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung/Centre for European Economic Research, Mannheim, <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp0544.pdf>.

- Argys, L.M., D. I. Rees and D.J. Brewer** (1996), "Detracking America's schools: Equity at zero cost?" *Journal of Policy Analysis and Management*, Vol. 15/4, John Wiley & sons, Inc., 623-45, [http://dx.doi.org/doi:10.1002/\(SICI\)1520-6688\(199623\)15:4<623::AID-PAM7>3.0.CO;2-J](http://dx.doi.org/doi:10.1002/(SICI)1520-6688(199623)15:4<623::AID-PAM7>3.0.CO;2-J).
- Ariga, K., G. Brunello, R. Iwahashi and L. Rocco** (2005), "Why is the timing of school tracking so heterogeneous?", *IZA Discussion Paper*, No.1854, Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit /institute for the study of Labor, Bonn, <http://ftp.iza.org/dp1854>.
- Bandura, A., C. Barbaranelli, G. Caprara and C. Pastorelli** (2001), "self-efficacy beliefs as shapers of children's aspirations and career trajectories", *Child Development*, Vol. 72/1, John Wiley & sons, Inc., pp. 187-206, <http://dx.doi.org/doi:10.1111/1467-8624.00273>.
- Betts, J.R. and J.L. Shkolnik** (2000), "The effects of ability grouping on student achievement and resource allocation in secondary schools", *Economics of Education Review*, Vol. 19/1, Elsevier, Amsterdam, pp. 1-15, [http://dx.doi.org/doi:10.1016/S0272-7757\(98\)00044-2](http://dx.doi.org/doi:10.1016/S0272-7757(98)00044-2).
- Blau, D. and J. Currie** (2006), "Chapter 20. Pre-school, day care, and after-school care: Who's minding the kids?" in E. Hanushek and F. Welch (eds.), *Handbook of the Economics of Education*, Vol. 2, Elsevier, Amsterdam, pp. 1 163-1278, [http://dx.doi.org/doi:10.1016/S1574-0692\(06\)02020-4](http://dx.doi.org/doi:10.1016/S1574-0692(06)02020-4).
- Braddock, J.H. and M.P. Dawkins** (1993), "Ability grouping, aspirations, and attainment: evidence from the National Educational Longitudinal study of 1988", *The Journal of Negro Education*, Vol. 62/3, pp. 324, <http://dx.doi.org/doi:10.2307/2295468>.
- Brunello, G. and D. Checchi** (2007), "Does school tracking affect equality of opportunity? New international evidence," *Economic Policy*, Vol. 22/52, pp. 782-861, <http://dx.doi.org/doi:10.1111/j.1468-0327.2007.00189.x>.
- Burgess, S., M. Dickson and L. Macmillan** (2014), "selective schooling systems increase inequality", *IZA Discussion Papers*, No. 8505, Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit /institute for the study of Labor, Bonn, <http://ftp.iza.org/dp8505.pdf>.
- Chetty, R., J. Friedman and J. E. Rockoff** (2014), "Measuring the impacts of teachers II: Teacher value-added and student outcomes in adulthood," *American Economic Review*, Vol. 104/9, pp. 2633-79, <http://dx.doi.org/doi:10.1257/aer.104.9.2633>.
- Chmielewski, A.K.** (2014), "An international comparison of achievement inequality in within- and between- school tracking systems", *American Journal of Education*, Vol. 120/3, pp. 293-324, <http://dx.doi.org/doi:10.1086/675529>.
- Claudia, B. and E.A. Parrado** (2006), "Educational achievement of immigrant-origin and native students: A comparative analysis informed by institutional theory", in D.P. Baker and A.W. Wiseman (eds.), *The Impact of Comparative Education Research on Institutional Theory (International Perspectives on Education and Society*, Vol. 7, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, UK, pp. 335-366.
- Clements, D.H. and J. Sarama** (2011), "Early childhood mathematics intervention." *Science*, Vol. 333/6045, pp. 968-70, <http://dx.doi.org/doi:10.1126/science.1204537>.
- Clifford, R.M., O. Barbarin, F. Chang, D. Early, D. Bryant, C. Howes, M. Burchinal and R. Pianta** (2005), "What is pre-kindergarten? Characteristics of public pre-kindergarten programs", *Applied Developmental Science*, Vol. 9/3, pp. 126-43.
- Collins, C.A. and L. Gan** (2013), "Does sorting students improve scores? An analysis of class composition." *NBER Working Paper*, No. 18848. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://www.nber.org/papers/w18848>.

- Corman, H.** (2003), "The effects of state policies, individual characteristics, family characteristics, and neighbourhood characteristics on grade repetition in the united states." *Economics of Education Review*, Vol. 22/4, pp. 409-20, [http://dx.doi.org/doi:10.1016/s0272-7757\(02\)00070-5](http://dx.doi.org/doi:10.1016/s0272-7757(02)00070-5).
- Crosnoe, R. and B. Schneider** (2010), "Social Capital, Information, and Socioeconomic Disparities in Math Coursework", *American Journal of Education*, Vol. 117/1, pp. 79-107, <http://dx.doi.org/doi:10.1086/656347>.
- Csikszentmihalyi, M. and B. Schneider** (2000), *Becoming Adult: How Teenagers Prepare for the World of Work*, Basic Books, New York, NY.
- Cunha, F., J.J. Heckman, L. Lochner and D.V. Masterov** (2006), "Chapter 12. interpreting the evidence on life cycle skill formation", in E. Hanushek and F. Welch (eds.), *Handbook of the Economics of Education*, Vol. 1, Elsevier, Amsterdam, pp. 697-812, [http://dx.doi.org/doi:10.1016/s1574-0692\(06\)01012-9](http://dx.doi.org/doi:10.1016/s1574-0692(06)01012-9).
- Downey, D.B., P.T. von Hippel and B.A. Broh** (2004), "Are schools the great equalizer? Cognitive inequality during the summer months and the school year", *American Sociological Review*, Vol. 69/5, pp. 613-35, <http://www.jstor.org/stable/3593031>.
- Duru-Bellat, M. and B. Suchaut** (2005), "organisation and context, efficiency and equity of educational systems: What Pisa tells us", *European Educational Research Journal*, Vol. 4/3, pp. 181-94, <http://dx.doi.org/doi:10.2304/eeerj.2005.4.3.3>.
- Dweck, C.S.** (2007), "is math a gift? Beliefs that put females at risk", in S.J. Ceci and W.M. Williams (eds.), *Why Aren't More Women in Science?: Top Researchers Debate the Evidence*, American Psychological Association, Washington, DC, pp. 47-55.
- Eccles, J.S.** (2007), "Where are all the women? Gender differences in participation in physical science and engineering", in *Why Aren't More Women in Science?: Top Researchers Debate the Evidence*, in S.J. Ceci and W.M. Williams (eds.), *Why Aren't More Women in Science?: Top Researchers Debate the Evidence*, American Psychological Association, Washington, DC, pp. 199-210.
- Echazarra, A., D. Salinas, I. Méndez, V. Denis and G. Rech** (2016), "How teachers teach and students learn: successful strategies for school", *OECD Education Working Papers*, No. 130, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jm29kpt0xxx-en>.
- Entwisle, D.R., K.L. Alexander and L.S. Olson** (2005), "First grade and educational attainment by age 22: A new story", *American Journal of Sociology*, Vol.110/5, The University of Chicago Press Journals, Chicago, Il, pp. 1458-1502, <http://dx.doi.org/doi:10.1086/428444>.
- Feinstein, L. and J. Symons** (1999), "Attainment in secondary school." *Oxford Economic Papers*, Vol. 51/2, Oxford University Press, Oxford, UK, 300-321, <http://dx.doi.org/doi:10.1093/oepp/51.2.300>.
- Ferreira, F.H.G. and J. Gignoux** (2014), "The measurement of educational inequality: Achievement and opportunity", *The World Bank Economic Review*, Vol. 28/2, pp. 210-46, <http://dx.doi.org/doi:10.1093/wber/lht004>.
- Figlio, D.N. and M.E. Page** (2002), "School choice and the distributional effects of ability tracking: Does separation increase inequality?", *Journal of Urban Economics*, Vol. 51/3, pp. 497-514, <http://dx.doi.org/doi:10.1006/juec.2001.2255>.
- Fryer, R.G. and S.D. Levitt** (2010), "An empirical analysis of the gender gap in mathematics." *American Economic Journal: Applied Economics*, Vol. 2/2, pp. 210-40, <http://dx.doi.org/doi:10.1257/app.2.2.210>.
- Gamoran, A.** (1993), "Alternative uses of ability grouping in secondary schools: Can we bring high-quality instruction to low-ability classes?" *American Journal of Education*, Vol. 102/1, pp. 1-22, <http://dx.doi.org/doi:10.1086/444056>.

- Gorgorió, N.** and **N. Planas** (2005), "Social representations as mediators of mathematics learning in multiethnic classrooms", *European Journal of Psychology of Education*, Vol. 20/1, pp. 91–104, <http://dx.doi.org/doi:10.1007/BF03173213>.
- Gregory, A., R.J. Skiba** and **P.A. Noguera** (2010), "The achievement gap and the discipline gap: Two sides of the same coin?", *Educational Researcher*, Vol. 39/1, 59–68, <http://dx.doi.org/doi:10.3102/0013189X09357621>.
- Hanushek, E.A., J.F. Kain** and **S.G. Rivkin** (2004), "Why public schools lose teachers", *The Journal of Human Resources*, 39 (2): 326–54, <http://dx.doi.org/doi:10.2307/3559017>.
- Hanushek, E.A.** and **L. Woessmann** (2010), "The economics of international differences in educational achievement", *NBER Working Paper*, No. 15949, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://www.nber.org/papers/w15949>.
- Hanushek, E.A.** and **L. Woessmann** (2006), "Does educational tracking affect performance and inequality? Differences-in-differences evidence across countries", *The Economic Journal*, Vol. 116/510, pp. C63–76, <http://dx.doi.org/doi:10.1111/j.1468-0297.2006.01076.x>.
- Häussler, P.** and **L. Hoffmann** (2002), "An intervention study to enhance girls' interest, self-concept, and achievement in physics classes", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 39/9, pp. 870–88, <http://dx.doi.org/doi:10.1002/tea.10048>.
- Heckman, J.** and **P. Carneiro** (2003), "Human capital policy", in J.J. Heckman, A.B. Krueger and B.M. Friedman (eds.), *Inequality in America: What Role for Human Capital Policy?*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Heidenheimer, A.J.** (1974), "The Politics of educational reform: explaining different outcomes of school comprehensivization attempts in Sweden and West Germany", *Comparative Education Review*, Vol. 18/3, 388–410, <http://dx.doi.org/doi:10.1086/445795>.
- Heyneman, S.P.** (2009), "International perspectives on school choice." in M. Berends, M.G. Springer, D. Ballou and H.J. Walberg (eds.), *Handbook of Research on School Choice*, Routledge, Abingdon.
- Horn, D.** (2009), "Age of selection counts: A cross-country analysis of educational institutions", *Educational Research and Evaluation*, Vol. 15/4, pp. 343–66, <http://dx.doi.org/doi:10.1080/13803610903087011>.
- Ikeda, M.** and **E. Garcia** (2014), "Grade repetition: A comparative study of academic and non-academic consequences", *OECD Journal: Economic Studies*, Vol. 2013/1, http://dx.doi.org/10.1787/eco_studies-2013-5k3w65mx3hnx.
- Jacob, B.A.** and **L. Lefgren** (2009), "The effect of grade retention on high school completion", *American Economic Journal: Applied Economics*, Vol. 1/3, pp. 33–58, <http://dx.doi.org/doi:10.1257/app.1.3.33>.
- Kämmerer, E., O. Köller** and **U. Trautwein** (2002), "Effekte Innerer Und äußerer Leistungsdifferenzierung Auf Selbstbezogene Fähigkeitskognitionen, Die Wahrgenommene Unterrichtspartizipation Und Die Wahrgenommene Soziale Akzeptanz", *Psychologie in Erziehung Und Unterricht*, Vol. 49/4, pp. 273–86.
- Lankford, H., S. Loeb** and **J. Wyckoff** (2002), "Teacher sorting and the plight of urban schools: A descriptive analysis", *Educational Evaluation and Policy Analysis*, Vol. 24/1, pp. 37–62, <http://dx.doi.org/doi:10.3102/01623737024001037>.
- Lareau, A.** (2011), *Unequal Childhoods: Class, Race, and Family Life*, 2nd ed., University of California Press, Berkeley, <http://www.jstor.org/stable/10.1525/j.ctt1ppgj4>.
- Lipowsky, F., K. Rakoczy, C. Pauli, B. Drollinger-Vetter, E. Klieme** and **Kurt R.** (2009), "Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean theorem", *Learning and Instruction*, Vol. 19/6, pp. 527–37, <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.learninstruc.2008.11.001>.

Lucas, S.R. (1999), *Tracking Inequality: Stratification and Mobility in American High Schools*, *Sociology of Education Series*, Teachers College Press, New York, NY.

Manacorda, M. (2010), "The cost of grade retention", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 94/2, pp. 596–606, http://dx.doi.org/doi:10.1162/REST_a_00165.

Michaelowa, K. and **J. Bourdon** (2006), "The impact of student diversity in secondary schools: An analysis of the international PISA data and implications for the German education system", HWWI Research Paper, No. 3-2, Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut, Hamburg, http://www.hwwi.org/fileadmin/migrated/tx_wilpubdb/HWWI_Research_Paper_3-2.pdf.

Morgan, S.L. (2005), *On the Edge of Commitment: Educational Attainment and Race in the United States*, Stanford University Press, Palo Alto, CA .

National Research Council (1999), *High Stakes: Testing for Tracking, Promotion, and Graduation*. National Academies Press, Washington, DC, <http://www.nap.edu/catalog/6336>.

NICHD Early Child Care Network (2005), *NICHD Study of Early Child Care and Youth Development (SECCYD)*. Guilford Press, New York, NY, <https://www.nichd.nih.gov/research/supported/Pages/seccyd.aspx>.

Nye, B., S. Konstantopoulos and **L.V. Hedges** (2004), "How large are teacher effects?" *Educational Evaluation and Policy Analysis*, Vol. 26/3, pp. 237–57, <http://dx.doi.org/doi:10.3102/01623737026003237>.

Oakes, J. (2005), *Keeping Track: How Schools Structure Inequality*, 2nd ed., Yale University Press, New Haven, CT/London.

OECD (2015a), *The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229945-en>.

OECD (2015b), *Immigrant Students at School: Easing the Journey towards Integration*, OECD Reviews of Migrant Education, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264249509-en>.

OECD (2014a), *PISA 2012 Technical Report*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA-2012-technical-report-final.pdf>.

OECD (2014b), *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do (Volume I, Revised edition, February 2014): Student Performance in Mathematics, Reading and Science*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208780-en>.

OECD (2013a), *PISA 2012 Results: Excellence through Equity (Volume II): Giving Every Student the Chance to Succeed*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201132-en>.

OECD (2013b), *PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III): Students' Engagement, Drive and Self-Beliefs*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201170-en>.

OECD (2013c), *PISA 2012 Results: What Makes Schools Successful (Volume IV): Resources, Policies and Practices*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201156-en>.

OECD (2012), *Equity and Quality in Education: Supporting Disadvantaged Students and Schools*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264130852-en>.

OECD (2011), "When Students Repeat Grades or Are Transferred Out of School: What Does it Mean for Education Systems?", *PISA in Focus*, No. 6, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5k9h362n5z45-en>.

OECD (2004), *Learning for Tomorrow's World: First Results from PISA 2003*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264006416-en>.

- Pekkarinen, T., R. Uusitalo and S. Kerr** (2009), "School tracking and intergenerational income mobility: Evidence from the Finnish comprehensive school reform", *Journal of Public Economics*, Vol. 93/7–8, pp. 965–73, <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.jpubeco.2009.04.006>.
- Pischke, J. and A. Manning** (2006), "Comprehensive versus selective schooling in England in Wales: What do we know?" *NBER Working Paper*, No. 12176, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://www.nber.org/papers/w12176>.
- Rivkin, S.G., E.A. Hanushek and J.F. Kain** (2005), "Teachers, schools, and academic achievement", *Econometrica*, Vol. 73/2, pp. 417–58, <http://dx.doi.org/doi:10.1111/j.1468-0262.2005.00584.x>.
- Sarama, J. and D.H. Clements** (2010), "Preschool mathematics curricula", in B. Reys, R. Reys and R. Rubenstein (eds), *Mathematics Curriculum: Issues, Trends, and Future Directions*, National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA, pp. 115–26.
- Schoenfeld, A.H.** (2002), "Making mathematics work for all children: Issues of standards, testing, and equity", *Educational Researcher*, Vol. 31/1, pp. 13–25, <http://dx.doi.org/doi:10.3102/0013189X031001013>.
- Schütz, G., H.W. Ursprung and L. Woßmann** (2008), "Education policy and equality of opportunity", *Kyklos* Vol. 61/2, pp. 279–308, <http://dx.doi.org/doi:10.1111/j.1467-6435.2008.00402.x>.
- Simon, N.S. and S.M. Johnson** (2015), "Teacher turnover in high-poverty schools: What we know and can do", *Teachers College Record*, Vol. 117/3, <https://www.tcrecord.org/library/abstract.asp?contentid=17810>.
- van de Werfhorst, H.G. and J.J.B. Mijs** (2010), "Achievement inequality and the institutional structure of educational systems: A comparative perspective", *Annual Review of Sociology*, Vol. 36/1, pp. 407–28, <http://dx.doi.org/doi:10.1146/annurev.soc.012809.102538>.
- Woessmann, L., E. Luedemann, G. Schuetz, and M.R. West** (2009), *School Accountability, Autonomy and Choice Around the World*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK/Northampton, MA.
- Zimmer, R.** (2003), "A new twist in the educational tracking debate", *Economics of Education Review*, Vol. 22/3, pp. 307–15, [http://dx.doi.org/doi:10.1016/S0272-7757\(02\)00055-9](http://dx.doi.org/doi:10.1016/S0272-7757(02)00055-9).

학교에서의 수학 노출도와 PISA 성취도

이 장에서는 학생들이 학교에서 획득할 수 있었던 수학 학습 기회가 PISA에서의 성취도와 가장 어려운 문제를 풀 수 있는 능력에 어떻게 영향을 주었는지를 분석할 것이다. 결론적으로 순수수학에 대한 노출도가 더 어려운 수학 문제를 풀 수 있는 능력과 강한 관계가 나타나는 것으로 나타났다. 사회 취약 계층 학생들은 기호 논리를 사용하고 절차적 유창성을 갖고 수학적 모델링을 하는 방법을 학습할 기회가 상대적으로 적기 때문에 수학 문제를 푸는 데 필요한 필수 능력이 상대적으로 부족한 편이다.

이스라엘에 대한 통계 자료는 이스라엘의 유관기관의 책임 하에 획득하였음을 알려드립니다. 이 보고서에서 사용된 통계 자료에는 골란 고원, 동예루살렘 및 서안 지구의 주권 및 기타 사항에 대한 어떠한 시사점도 포함되어 있지 않음을 알려드립니다.

학계에서는 수학을 가르치는 방법에 대해 의견이 분분한 상황이지만, 수학 교사들은 일반적으로 수학이 "쓸모 있도록" 가르쳐야 한다고 입을 모은다(Freudenthal, 1968; Gardiner, 2004). 즉 수학은 학생들이 "어려운" 문제를 능숙하고 유연하게 해결하도록 도와야 한다(Schoenfeld, 1994; Schoenfeld, 2004). 능숙한 수학 능력은 계산을 손쉽고 빠르게 하는 능력을 지칭하고, 유연한 해결 능력은 익숙한 문제 외에도 똑같은 원리로 만들어진 참신한 문제들을 해결할 수 있는 능력을 말한다(Rosenberg-Lee and Lovett, 2006).

하지만 오늘날의 수학 교육과정은 학생들이 어려운 문제를 유연하고 능숙하게 해결할 수 있도록 개발되고 시행되고 있는가? 이 질문에 대한 답은 PISA 자료의 분석을 통해 얻을 수 있다. PISA에서는 학생들에게 실생활에서 마주할 수 있는 수학 문제들을 해결하라고 하고 있으며, 이러한 문제들은 비록 학교에서 배운 문제들과 비슷한 난이도를 가지고 있지만 상당히 다른 형태를 가지고 있다. 즉, 수학에 대한 노출도가 다른 학생들이 PISA에서 제시하는 문제들에 대하여 어떤 성취를 보이는가를 분석함으로써, 이 장에서는 학생들이 학교에서 배운 수학을 적용할 수 있는지에 대한 새로운 증거를 제시하고자 한다.

PISA 자료를 통해 인과관계를 보여줄 수는 없지만, 분석 결과는 순수수학에 대한 노출도와 학생의 수학 성취도 사이에 정적인 관계가 존재한다는 것을 보여준다. 이는 "똑똑한" 학생들이 같은 학교에 다닐 확률이 높아서만이 아니다. 오히려 같은 학교에 재학 중인 학생들 사이에서도 순수수학에 높은 빈도로 노출된 학생들이 PISA 설문에서 더 높은 성취도를 보인다. 이 장에서는 특히 사회 취약 계층 학생들의 수학적 성취도면에서 각국의 학생들과 교육 제도의 강점 및 약점을 내용 영역별로 비교 분석할 것이다.

데이터로 본 상황

- 평균적으로 OECD 국가에서 대수 연산에 대한 친숙도를 요구하는 수학 문제들에 대한 학생들의 성취도가 2003 년과 2012 년 사이에 증가한 것으로 나타났으며, 기하에 대한 친숙도를 요구하는 문제의 성취도는 하락하였다.
- 오스트리아, 크로아티아, 대한민국, 루마니아, 상하이-중국, 대만에서는 읽기 수업을 한 시간 줄여 수학 수업에 추가적으로 배정할 때 수학 성취도가 읽기 성취도 대비 10 점 이상 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 이러한 수업 시간의 변화에 따른 성취도의 효과는 대다수 다른 국가에서 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다.
- 순수수학 개념 및 문제에 노출되는 정도가 PISA 결과와 높은 상관관계를 보여주었고, 문제의 난이도가 높아질 때 순수수학에 대한 노출도의 영향이 더 커지는 것으로 나타났다. 이와는 반대로 간단한 응용수학에 대한 노출도는 학생의 성취도와 상대적으로 약한 상관관계를 보여주고 있다.
- 평균적으로 OECD 국가에서 사회 경제적 혜택층 학생과 사회 취약 계층 학생 간의 성취도 차이 중 약 19%는 사회 취약 계층 학생들의 수학 친숙도가 비교적 저조한 것으로 나타나는 현상에 의해 설명할 수 있다. 사회 취약 계층 학생들은 수학적 기호 및 계산 등의 능숙함을 요구하는 과제 및 실세계 수학적 모델 구축이 필요한 과제에서 상대적으로 낮은 성취도를 보이는 것으로 나타났다.

정책적 시사점

- 학생들이 수학 내용에 충분한 시간 동안 노출되는 것이 중요하지만, 가장 중요한 것은 수학 수업 시간을 효율적으로 사용하는 것에 있다.
- 형식적인 수학 노출도는 어느 정도의 수준에 이르기까지 수학적 성취도를 향상시킨다. 모든 학생들이 수학적 성취도의 기반을 형성할 수 있도록 시간 및 주제 면에서 일관적이고 핵심 수학 개념에 집중하는 교육과정에 노출되어야 한다.
- 수학 친숙도가 높다고 가장 복잡한 수학 문제들을 해결하는 데 충분하지는 않다: 학생들의 추론 능력을 자극하고 수학 개념에 대한 이해, 창의성 및 문제 해결 능력을 증진하는 문제에 노출시킬 필요가 있다.
- 사회 취약 계층 학생들은 절차적 수학 기능 외에도 수학적 모델링 능력을 함양할 수 있는 기회를 제공하는 정책으로부터 가장 큰 이익을 받을 것으로 예상된다.

수학 교육과정과 PISA 분야별 성취도

PISA 는 수학, 읽기, 읽기 과학 성취도 이외에도 수학 내용 영역별 성취도, 즉 수학의 "핵심 개념" 들을 포함하는 주요 분야에 대한 성취도의 평가를 제공하고 있다(Steen, 1990; OECD, 2013a):

- **변화와 관계:** 변화와 관계에 대한 문제들은 수학적 모델을 통해 학생들이 변화를 기술하고 예측하는 능력을 요구한다. 대수가 적용되어야 하는 경우가 종종 있다.
- **공간과 모양:** 공간과 모양에 대한 문제들은 원근법 혹은 투시법의 이해, 지도 제작 및 해석, 테크놀로지를 활용하거나 활용하지 않은 도형의 변환, 입체 형상의 다각도별 해석, 도형 묘사 등을 포함한다. 공간과 모양은 기하학과 밀접한 관련이 있는 "핵심 개념"들이다.
- **양:** 양에 대한 문제들은 수와 연산에 대한 지식을 다양한 상황에서 적용하는 능력을 요구한다.
- **불확실성과 자료:** 불확실성과 자료에 관한 문제들은 과정에서 나타나는 격차, 불확실성과 측정 오차, 확률에 대한 지식과 관련된다. 이 분야는 확률과 통계와 강한 관련성이 있다.

PISA 문항에는 4 가지 내용 영역별 문제가 고르게 포함되어 있다(OECD, 2013a).

내용 영역은 모든 PISA 참여국의 수학 교육과정과 관련된다. 학생들은 문제 해결에 필요한 개념, 계산, 상황이 친숙할 경우에 그렇지 않은 경우보다 더 높은 점수를 기록한다. 그에 따라, 4 가지 내용 영역(PISA 의 수학 내용 분류)의 성취도를 국가별로 비교할 경우 만 15 세 학생에게 유용한 내용, 각국의 수학적 교육과정에서 우선 순위, 문항 난이도 등에 대한 차이를 분석할 수 있다(OECD, 2014).

예를 들어, 어떤 내용 영역에서 상대적으로 성취도가 낮게 나타날 경우 교육과정에 불균형이 존재한다는 것을 유추할 수 있으며, 이는 교육과정의 개정으로 이어질 수 있다(Cosgrove et al., 2004).

상하이-중국은 수학 내용 영역 각각에서 다른 모든 국가보다 상당히 높은 성취도를 기록하였다. 상하이-중국의 성취도는 상대적으로 *공간과 모양*에서 월등한 성취도를 보였으며, *변화와 관계*에서 비교적 약한 편이다(그림 3.1). 기하 지식의 적용이 필요한 과제에서는 다른 아시아 국가에서 상대적으로 높은 수준의 성취도를 기록하였다.

산술 및 대수 분야보다 기하 분야에서 국제적 차이가 두드러지게 나타나는 것으로 확인되었다(French, 2004). 수학·과학 성취도 추이 변화 국제 비교 연구(TIMSS 2011)에서는 특정 아시아 지역의 학생들이 비교적 높은 수준의 공간 수학에 노출된다는 것을 보여주었다. 예를 들어, 홍콩-중국에서는 입체도형과 이에 대한 평면적인 표현 사이의 관계를 7학년 학생들, 즉 약 13세 학생들에게 노출시키는 것으로 나타났다. 대만에서는 도형의 "변환, 대칭, 회전"을 9학년 과정, 즉 15세 학생들에게¹ "이차함수" 주제를 가르칠 때 같이 다루는 것으로 나타났다.

한편으로 아일랜드는 공간과 모양 영역에서 비교적 낮은 성취도를 기록하였다(그림 3.1). 이러한 결과는 아일랜드의 중등기하자격시험(Junior Certificate Geometry)이 전통적인 유클리드 기하학에 중점을 두어 시각화 기술을 더 강조하는 PISA의 공간과 모양 분야와 차이가 있다는 것으로 해석할 수 있을 것이다(Shiel, 2007).

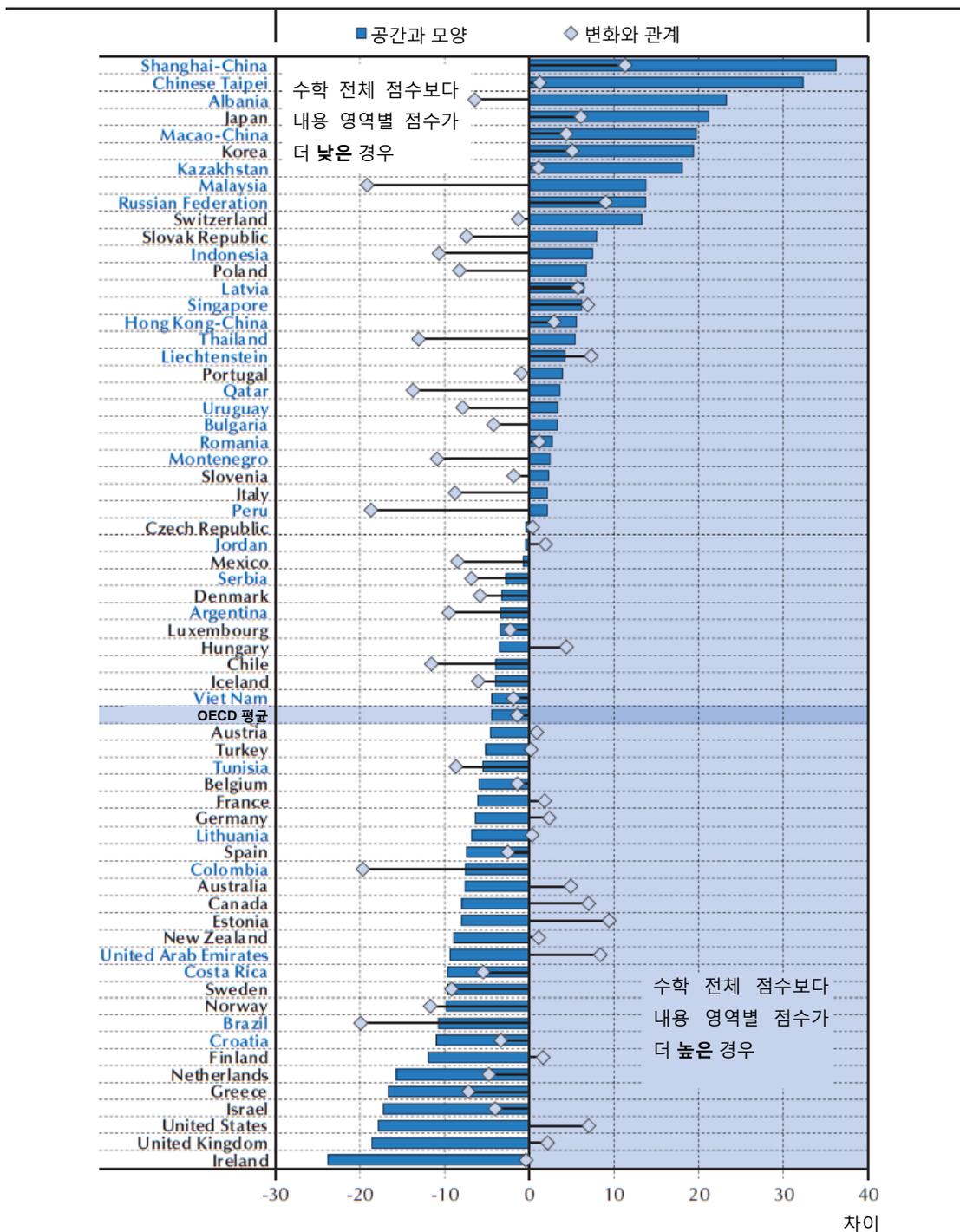
하지만 국가별 성취도 차이를 해당 국가의 교육과정에서 대수, 기하, 양, 통계 분야에 부여하는 중요성의 차이로만 해석해서는 안 된다: 이러한 국가별 성취도 차이는 각 문항의 난이도와 같이 기타 요인들에 의해 나타날 가능성도 있기 때문이다. 문항의 난이도는 정답률을 통해 알 수 있다. 이 보고서에서 제시하는 난이도 분석은 정답률의 로그변환(로짓)을 사용하는데, 이 때 로짓 값이 양수일 경우 정답률이 50% 이상, 음수일 경우 50% 이하를 나타낸다.²

그림 3.2는 *공간과 모양*, *변화와 관계* 영역의 문항들이 평균적으로 *양*, *불확실성과 자료*의 문항보다 상대적으로 높은 난이도를 기록하였다는 것을 보여준다. 예로 회전문 2번 질문은 (이 장의 끝에 첨부된 별첨 문서 참조) 공간과 모양 영역에 속하는 과제로 *불확실성과 자료* 영역의 차트 1번 문항보다 난이도 척도 면에서 520점 더 높은 점수를 기록하였다. 아시아 국가에서 대수와 기하 지식을 요구하는 문항에 더 높은 성취도를 보인 이유가 회전문과 같이 비교적 어려운 문제들을 해결하는 능력이 더 높은 것으로 설명될 수 있다.

■ 그림 3.1 ■

수학 내용 영역별 성취도

수학 전체 점수와 내용 영역별 점수의 차이



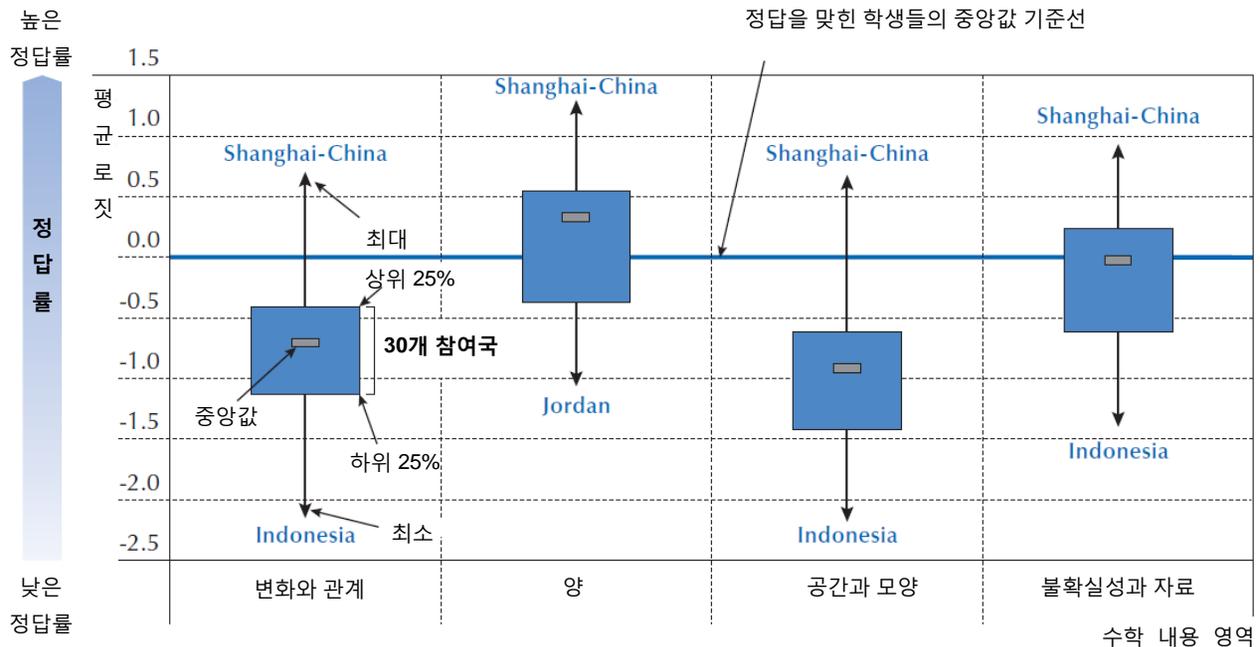
이 표에서 국가 순서는 공간과 모양 점수와 수학 전체 점수 차를 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.1.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377248>

■ 그림 3.2 ■

PISA 내용 영역별 문항 난이도 전체 참여국 및 경제 권역 기준 차이



도표를 읽는 법: 이 도표는 62 개 PISA 참여국을 기준으로 한 평균 로짓의 분포를 나타낸 상자그림이다. 예를 들어, *변화와 관계* 분야에서 인도네시아는 로짓이 최저를 기록하였고 (-2.20), 상하이-중국은 전체 참여국 대비 최대 로짓 (0.72) 을 기록하였다. 참여국에서 하위 1/4 은 로짓이 최저값과 상자대비 최저값 (-1.13) 사이에 위치하였으며, 상위 1/4 은 상자 최대값을 초과하는 로짓을 기록하였다(-0.41). 참여국 중 1/2 은 로짓이 상자 내부 (-1.13 과 -0.41 사이) 에 위치하였다: 도표에 제시된 수평선은 전체 참여국의 중양값 (-0.71) 을 나타낸다.

참고: 로짓은 정답률의 로그값을 나타낸다. 로짓이 0 일 경우 정답률이 50%에 해당한다. 로짓이 높을/낮을 경우 정답률이 높은/낮은 것을 의미하며, 그에 따라 해당 문제의 난이도가 낮은/높은 것을 의미한다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.2 b.

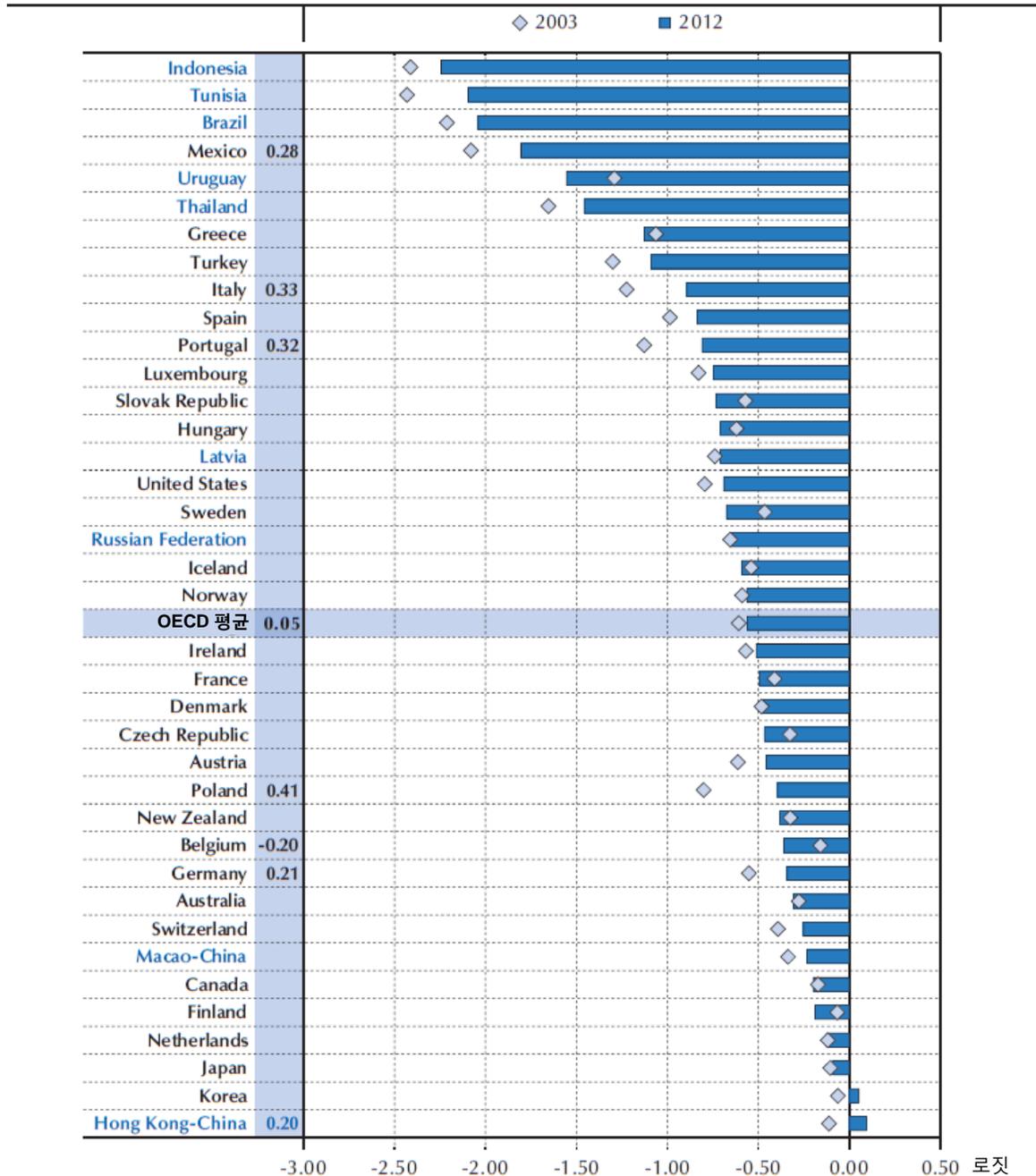
StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377254>

각국에서 내용 영역에 따라 성취도가 변화한 정도를 살펴보면 수학 수업의 핵심에서의 차이와 관련된 흥미로운 경향을 알 수 있다. 그림 3.3a-d 는 2003 년과 2012 년 평가 모두에서 사용된 31 개 문항에 대한 OECD 국가별 성취도 변화를 보여준다. OECD 평균적으로 *변화와 관계* 문항에 대한 정답률은 증가하였고, *불확실성과 자료* 문항의 정답률은 그대로 유지되었으며, *양*, 특히 *공간과 모양*에서 정답률이 감소한 것을 확인할 수 있다.

*변화와 관계*에 대한 정답률은 이탈리아, 폴란드, 포르투갈에서 상당한 증가를 기록하였다(폴란드에서는 특히 로짓이 0.4 이상 증가하였는데, 이는 이 문항들에 정답을 한 학생 비율이 7 점이나 증가하였다는 것으로 해석할 수 있다: 표 3.3a 및 3.3.b 참고). 체코, 프랑스, 슬로바키아, 스웨덴, 우루과이에서는 *공간과 모양* 영역에서 성취도가 급감하였다(우루과이에서는 특히 0.5 로짓 이상의 감소가 관측되었는데, 이 문항들에 정답을 한 학생 비율이 7 점 감소 기록하였다는 것을 말한다: 그림 3.3a 및 3.3b 참조).

■ 그림 3.3a ■

변화와 관계 영역에서 2003 년과 2012 년의 성취도 변화



참고: 로짓은 정답률의 로그값을 나타낸다. 로짓이 0 일 경우 정답률이 50%에 해당한다. 로짓이 높을/낮을 경우 정답률이 높은/낮은 것을 의미하며, 그에 따라 해당 문제의 난이도가 낮은/높은 것을 의미한다.

로짓은 2003 년과 2012 년에서 사용된 변화와 관계 영역의 공통 문제 7 개를 기준으로 계산하였다.

PISA 2003 과 2012 모두에서 비교 가능한 결과가 있는 국가만이 포함되어 있다.

OECD 평균은 29 개국의 평균을 의미한다.

국가명 옆의 수치는 평균 로짓이 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

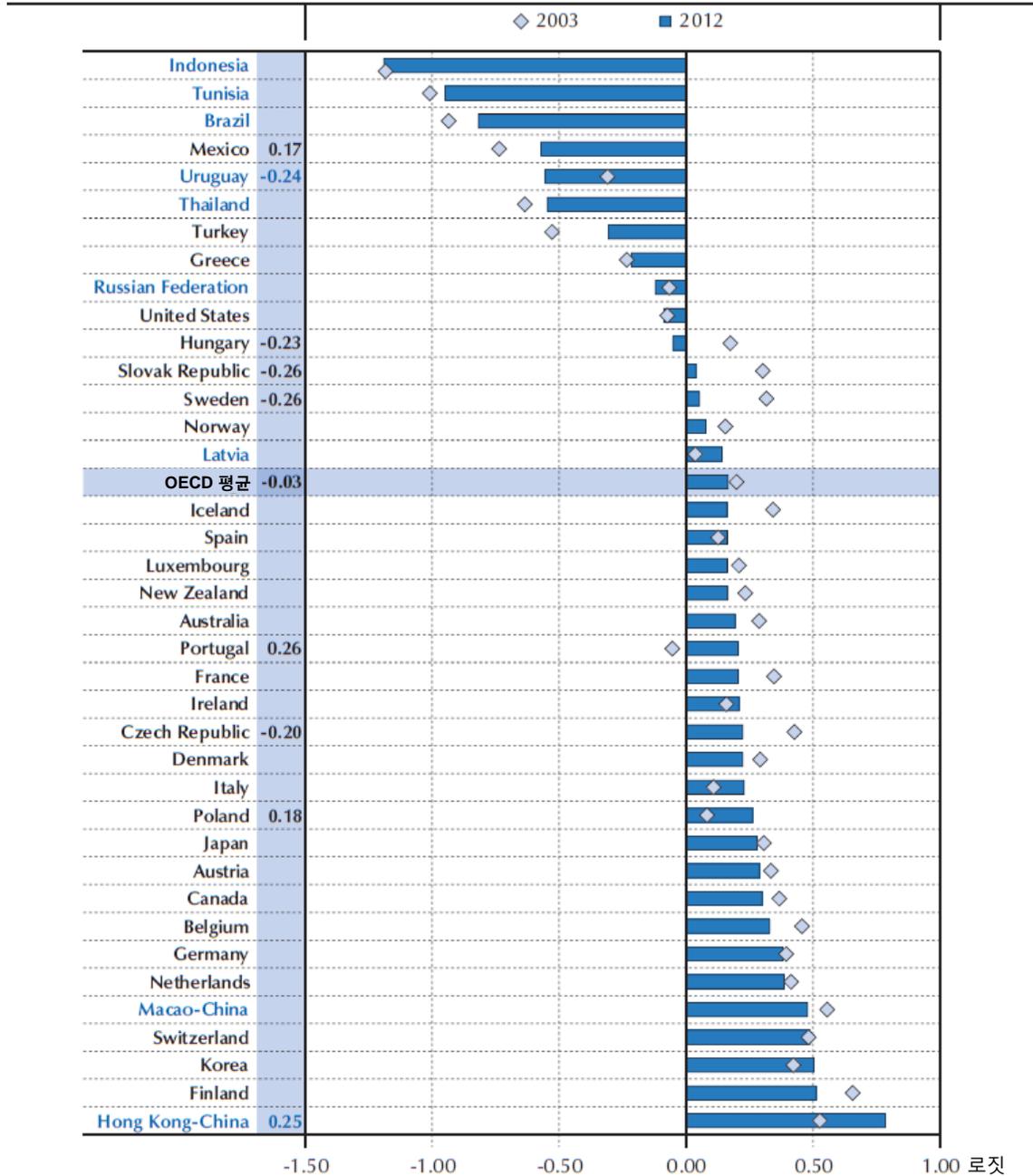
이 표에서 국가 순서는 2012 년 변화와 관계 영역에 대한 평균 로짓을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.3a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377262>

■ 그림 3.3b ■

양 영역에서 2003 년과 2012 년 성취도 변화



참고: 로짓은 정답률의 로그값을 나타낸다. 로짓이 0 일 경우 정답률이 50%에 해당한다. 로짓이 높을/낮을 경우 정답률이 높은/낮은 것을 의미하며, 그에 따라 해당 문제의 난이도가 낮은/높은 것을 의미한다.

로짓은 2003 년과 2012 년에서 사용된 양 영역의 공통문제 7 개를 기준으로 계산하였다.

PISA 2003 과 2012 모두에서 비교 가능한 결과가 있는 국가만이 포함되어 있다.

OECD 평균은 29 개국의 평균을 의미한다.

국가명 옆의 수치는 평균 로짓이 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

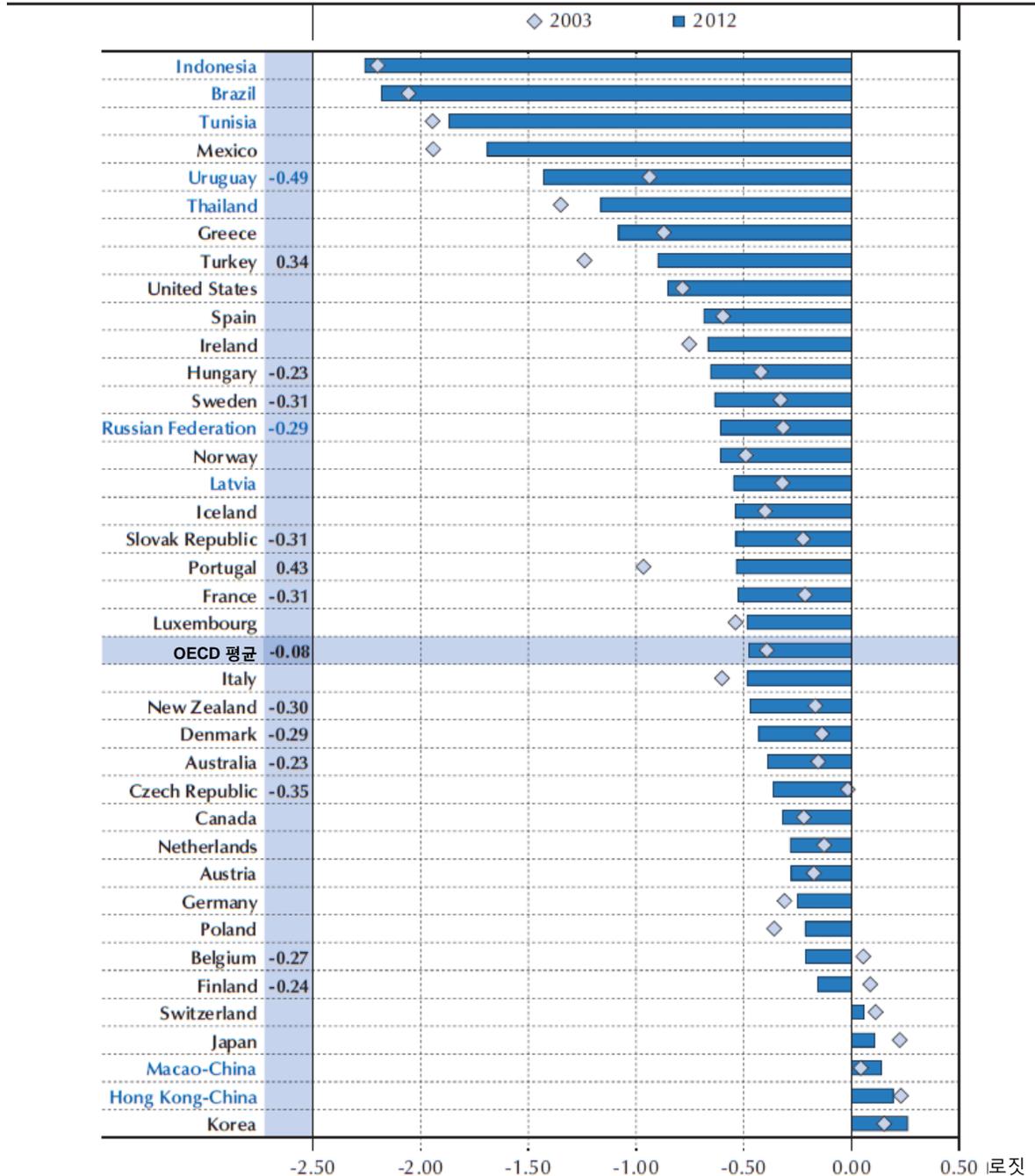
이 표에서 국가 순서는 2012 년 양 영역에 대한 평균 로짓을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.3a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377278>

■ 그림 3.3c ■

공간과 모양 영역에 대한 2003 년과 2012 년 성취도 변화



참고: 로짓은 정답률의 로그값을 나타낸다. 로짓이 0 일 경우 정답률이 50%에 해당한다. 로짓이 높을/낮을 경우 정답률이 높을/낮은 것을 의미하며, 그에 따라 해당 문제의 난이도가 낮을/높은 것을 의미한다.

로짓은 2003 년과 2012 년에서 사용된 공간과 모양 영역의 공통 문제 7 개를 기준으로 계산하였다.

PISA 2003 과 2012 모두에서 비교 가능한 결과가 있는 국가만이 포함되어 있다.

OECD 평균은 29 개국의 평균값을 의미한다.

국가명 옆의 수치는 평균 로짓이 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

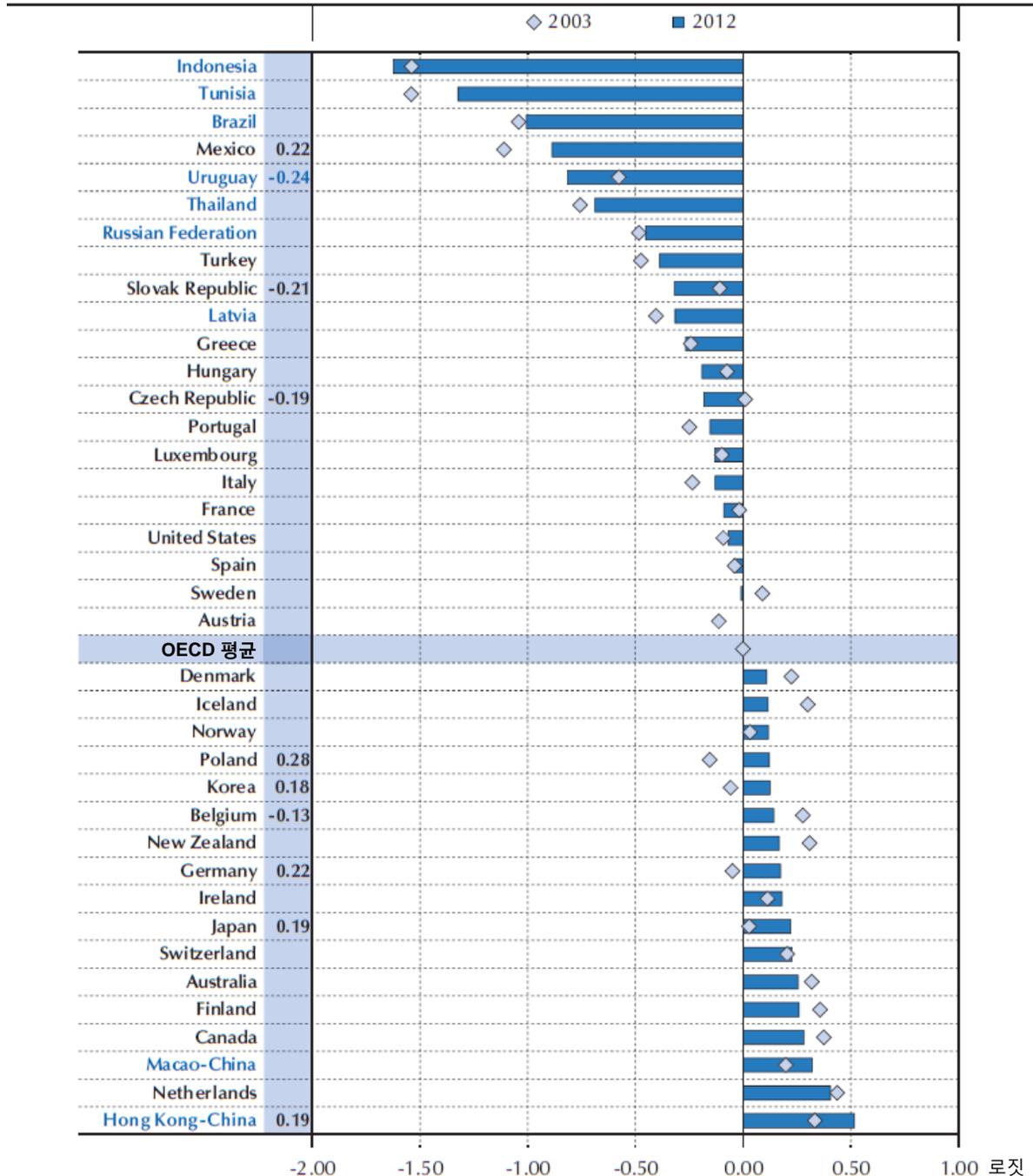
이 표에서 국가 순서는 2012 년 공간과 모양 영역에 대한 평균 로짓을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.3a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377284>

■ 그림 3.3d ■

불확실성과 자료 영역에 대한 2003 년과 2012 년 성취도 변화



참고: 로짓은 정답률의 로그값을 나타낸다. 로짓이 0 일 경우 정답률이 50%에 해당한다. 로짓이 높을/낮을 경우 정답률이 높은/낮은 것을 의미하며, 그에 따라 해당 문제의 난이도가 낮은/높은 것을 의미한다.

로짓은 2003 년과 2012 년에서 사용된 불확실성과 자료 영역의 공통 문제 7 개를 기준으로 계산하였다.

PISA 2003 과 2012 모두에서 비교 가능한 결과가 있는 국가만이 포함되어 있다.

OECD 평균은 29 개국의 평균을 의미한다.

국가명 옆의 수치는 평균 로짓이 통계적으로 유의한 경우 제시되었다.

이 표에서 국가 순서는 2012 년 불확실성과 자료 영역에 대한 평균 로짓을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.3a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377292>

공간과 모양 영역에서 성취도가 급감한 것은 해당 국가의 교육과정에서 기하를 덜 강조한 결과로 해석할 수 있다(Lehrer and Chazan, 1998). 이러한 성취도 감소는 기하가 학생들이 배우는 수학의 시각적 기원이 되기 때문에 상당히 의미가 깊다고 할 수 있다. 학생들은 마음 속으로 변형 등의 과정을 통한 최종 결과물을 "보고" 각각의 구성 요소를 분석하고, 그 관계를 추론하게 된다. 이러한 능력은 과학자들뿐만이 아니라 모든 사람들이 일상생활에서 자주 사용하는 필수적인 능력이라고 할 수 있다.

학습 기회와 수학 성취도의 차이

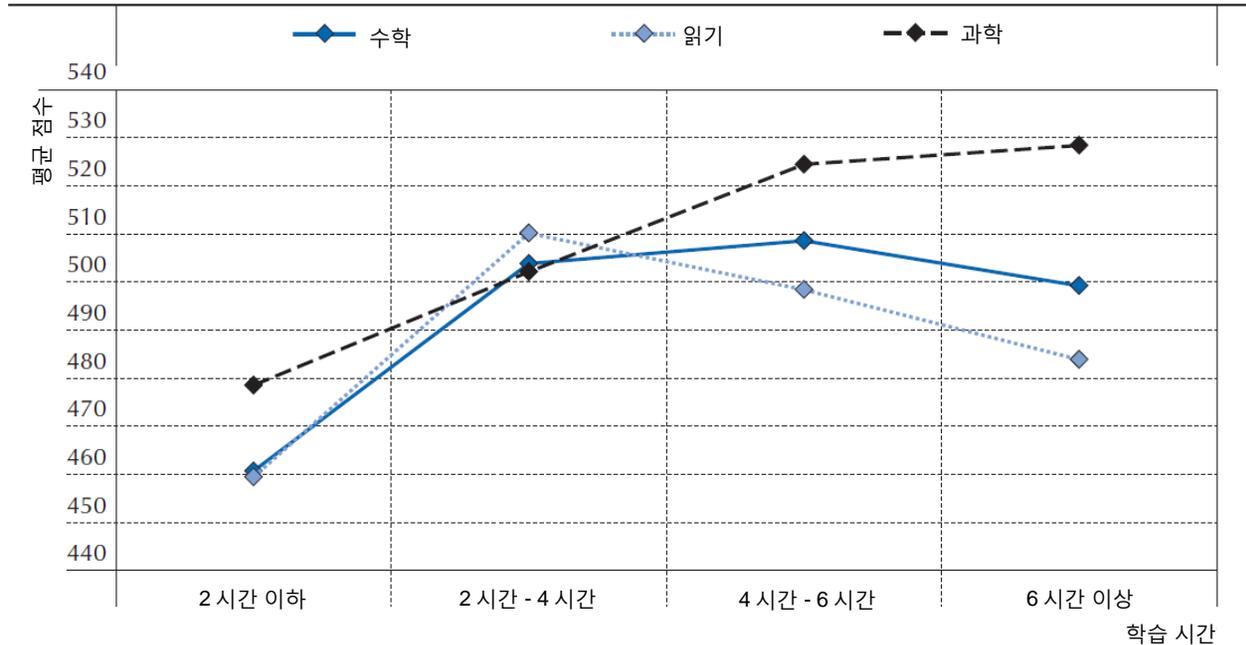
학습 시간의 차이

학생들의 학습 시간은 학습 기회를 구성하는 주요 요인 중 하나이다(Carroll, 1963; Gromada and Shewbridge, 2016). PISA 2012에서는 OECD 평균적으로 수학은 1 주일에 3 시간 38 분, 언어는 3 시간 20 분, 과학은 3 시간 20 분의 수업 시간이 할애된다고 하였다. 하지만 학습시간은 국가 내에서도 상당한 차이를 보인다(OECD, 2013b, Table IV.3.21).

평균적으로 OECD 국가에서 정규 수학 수업 시간은 사회 경제적 지위와 같은 학생 및 학교 요인을 반영한 후에도 수학 성취도와 정적인 상관관계가 존재한다(OECD, 2013b, Table IV.1.12c). 하지만 그림 3.4는 이러한 상관관계가 선형적이지 않다는 것을 제시한다. 주당 4 시간까지는 학습 시간이 증가할 때 PISA 과목에서 상당한 성취도 향상이 일어나지만 학습 시간이 주당 4 시간을 초과하면 과학 성취도의 향상폭이 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 읽기 성취도는 오히려 감소하는 것을 확인할 수 있다. 수학 성취도 또한 주당 학습시간이 6 시간을 초과하면 성취도가 다소 감소하는 것으로 나타났다. PISA 2006 또한 수학 및 읽기 성취도가 주당 학습시간이 6 시간을 초과할 시 감소되기 시작한다는 것을 확인하였다(OECD, 2011). 세 과목에서 이러한 차이를 설명할 수 있는 요인 중 하나는 정규 과학 수업 시간이 많은 학생들은 과학에 대한 흥미를 개발할 수 있는 학교 환경을 가지고 있어 심화반에서 추가로 과학 수업을 듣는 경우가 많지만, 수학이나 언어의 정규 수업 시간이 많은 학생들은 보충 수업을 받는 경우가 많다는 것으로 설명할 수 있을 것이다.

보충 수업 외에도 여러 학생 및 학교별 요인이 학습 시간과 성취도 사이의 상관관계에 영향을 행사할 수 있다. 예를 들어, 성취도가 높은 학생들은 인문계 학교에 재학하고 질 좋은 교육을 받으며, 좋은 수업 환경에서 상대적으로 많은 수업 시간을 획득할 확률이 높다. 그래서 학습 시간과 성취도 사이의 상관관계는 학습 시간이 길어질 경우 성취도가 높아지는지, 성취도가 높은 학생들이 다른 이유로 학습 시간을 길게 배정받는지 말하기는 어렵다. 많은 연구에서 학습시간이 성취도에 미치는 인과관계를 밝히기 위해 학생 및 학교요인을 분석에 반영하거나(Lavy, 2015; Rivkin and Schiman, 2015) 교육제도 개정이나 등교 취소 등 학생, 학부모, 학교의 탓이 아닌 학습시간의 차이를 설명하는 외부요인을 살펴보았다(Bellei, 2009; Lavy, 2012; Marcotte, 2007; Marcotte and Hemelt, 2008; Pischke, 2007).

■ 그림 3.4 ■
성취도와 학교 수업 시간 사이의 관계
OECD 평균



참고: 과목별 OECD 평균은 시간 범주 4 개에서 모두 유효한 점수를 제시할 수 있는 국가에 한해 계산하였다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.4a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377309>

이러한 연구에서는 일반적으로 수업 시간과 성취도 사이에서 정적인 상관관계를 재확인하였다.

Rivkin and Schiman (2015)의 연구에서 채택한 접근법과 유사하게 그림 3.5에서는 수학 수업 시간이 언어 수업 시간 대비 1 시간 증가할 때 수학 및 읽기 점수의 변동 차가 어떻게 되는지를 통해 수업 시간과 성취도 사이의 상관관계를 알아내고자 하였다.⁴ 이 분석에서 제시한 예상치는 같은 학교와 학년에 재학 중인 학생들 사이에서 성취도 및 수업 시간의 차이에 기초하며, 이는 성취도가 높은 학생들이 학습 시간이 높은 학교 및 학년으로 분반되는 경우가 많다는 사실에서 기인하는 영향을 최소화하기 위한 조치이다.

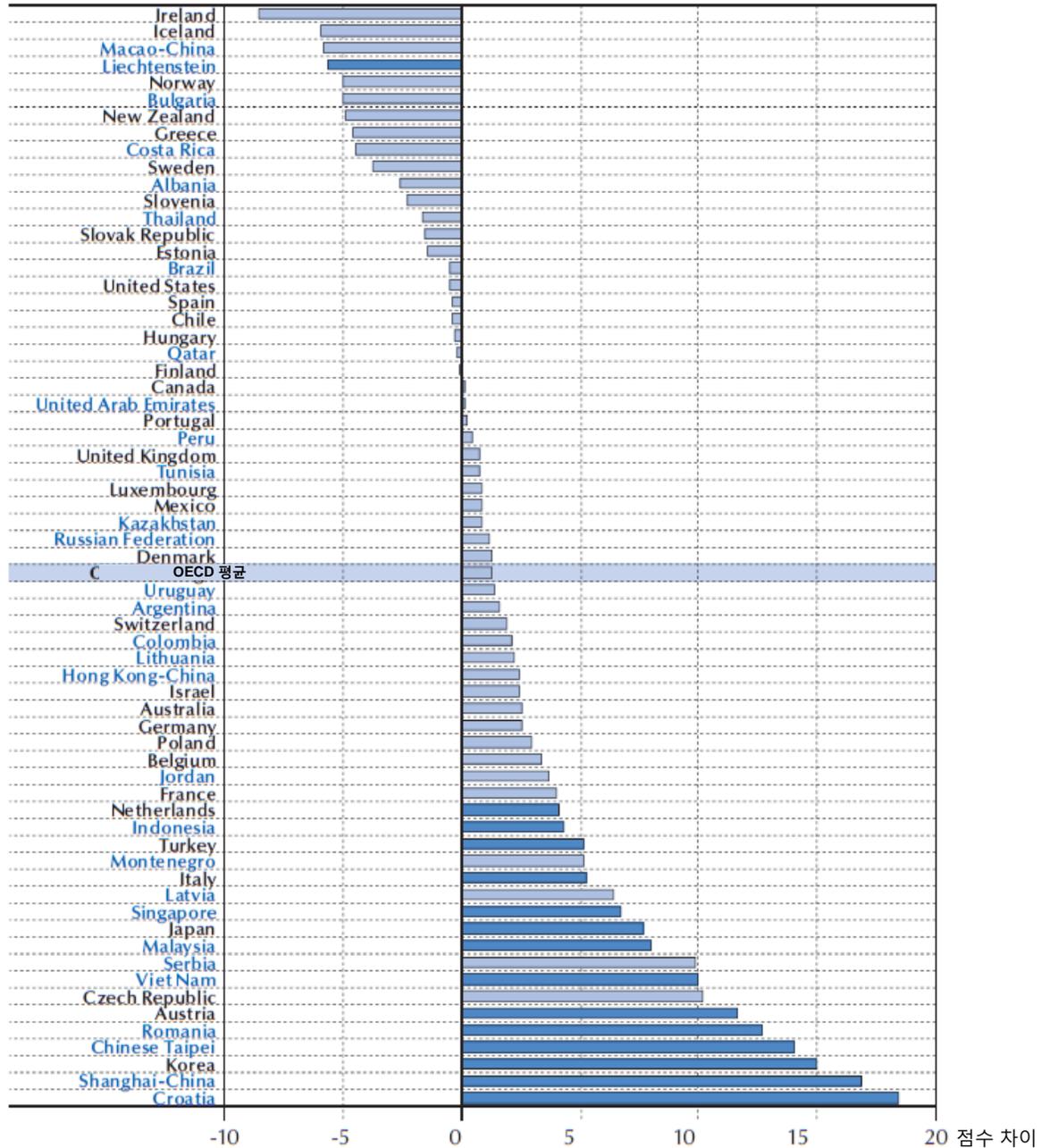
그에 따라 그림 3.5에서는 수학 수업 시간이 언어 수업 시간보다 1 시간 증가할 시 (즉, 학생들이 1 주일에 받는 수학 수업 시간이 언어 수업 시간보다 1 시간 더 많을 때) 수학 성취도가 언어 성취도 대비 상대적으로 증가한다는 것을 제시한다. 이러한 결과는 오스트리아 (12 점 증가), 크로아티아 (18 점), 인도네시아 (4 점), 이탈리아 (5 점), 일본 (8 점), 대한민국 (15 점), 말레이시아 (8 점), 네덜란드 (4 점), 루마니아 (13 점), 상하이-중국 (17 점), 싱가포르 (7 점), 대만 (14 점), 터키 (5 점), 베트남 (10 점)에서 나타났다.

전체적으로 수업 시간과 성취도 사이의 관계를 분석하면 각 과목별 수업 시간을 조정할 경우 소수 국가에서만 학생들의 성취도 증가를 관측할 수 있다는 것과 수업 시간의 조정이 성취도에 큰 영향을 주지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 양질의 교육을 제공하는 학교에서 수업 시간이 더 길다는 것을 고려할 경우 수업 시간과 성취도 사이의 관계가 상대적으로 약하게 나타난다는 것을 보여준다.

■ 그림 3.5 ■

학교 요인 반영 이후 수업 시간과 수학 성취도

수학 수업 시간이 읽기 수업 시간보다 1 시간 많을 때 수학 성취도와 읽기 성취도 사이의 점수 차



참고: 이 그림에서는 읽기 수업 시간 대비 수학 수업 시간이 1 시간 증가할 때 수학 성취도와 읽기 성취도 사이에 일어나는 점수 차이의 변화를 보여준다. 예를 들어 네덜란드에서는 위와 같은 상황에서 학생의 수학 성취도가 읽기 성취도 대비 4 점 이상 증가하는 것을 알 수 있다. 학생 성취도와 수업 시간 사이의 차이는 같은 학년과 학교에 재학 중인 학생들의 평균값에 기반하여 계산되었으며, 수업 시간과 학생 성취도 사이에 영향을 줄 수 있는 요인들을 분석에 반영하였다. 차이값이 통계적으로 유의할 경우 더 어두운 색으로 표기하였다.

이 표에서 국가 순서는 수학 수업 시간이 증가할 때 수학과 읽기 점수 차를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.5.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377313>

이러한 결과는 PISA 설문이 학생들이 수업에 집중할 시간이 아니라 단순히 수업 시간 배정을 측정했다는 것을 생각하면 놀라운 결과가 아니다.

수업 시간의 효율성이 떨어지는 경우에는 수업 시간을 늘린다고 해서 학습 기회가 늘어나는 것은 아니다(Gromada and Shewbridge, 2016). 오히려 긍정적인 교실 환경, 즉 학생 태도 및 교사-학생관계 개선 등이 수업 시간 연장과 함께 성취도에 긍정적인 영향을 행사한다(Rivkin and Schiman, 2015). 도표 3.6 에서는 주당 수학 수업 시간별 수학 성취도 및 *규율적 분위기 지수*의 분포를 보여준다.⁵ 대한민국의 설문 결과에 의하면 수학 노출도가 높은 학생들은 두 점수가 높고 긍정적인 학습 분위기를 즐기는 것으로 나타났다. 이는 교실의 규율적 환경이 수업 시간을 연장했을 때 성취도에 더 긍정적인 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다. 이와는 반대로, 스위스에서는 수업 시간이 연장되었을 때 성취도와 학습 분위기가 낮게 나타났는데, 이는 성취도가 저조한 학생들에게 수업 시간이 상대적으로 길더라도 학습 분위기가 조성되지 않는 환경에서 수업 시간의 연장은 별다른 효력을 발휘하지 못한다는 것을 시사한다.

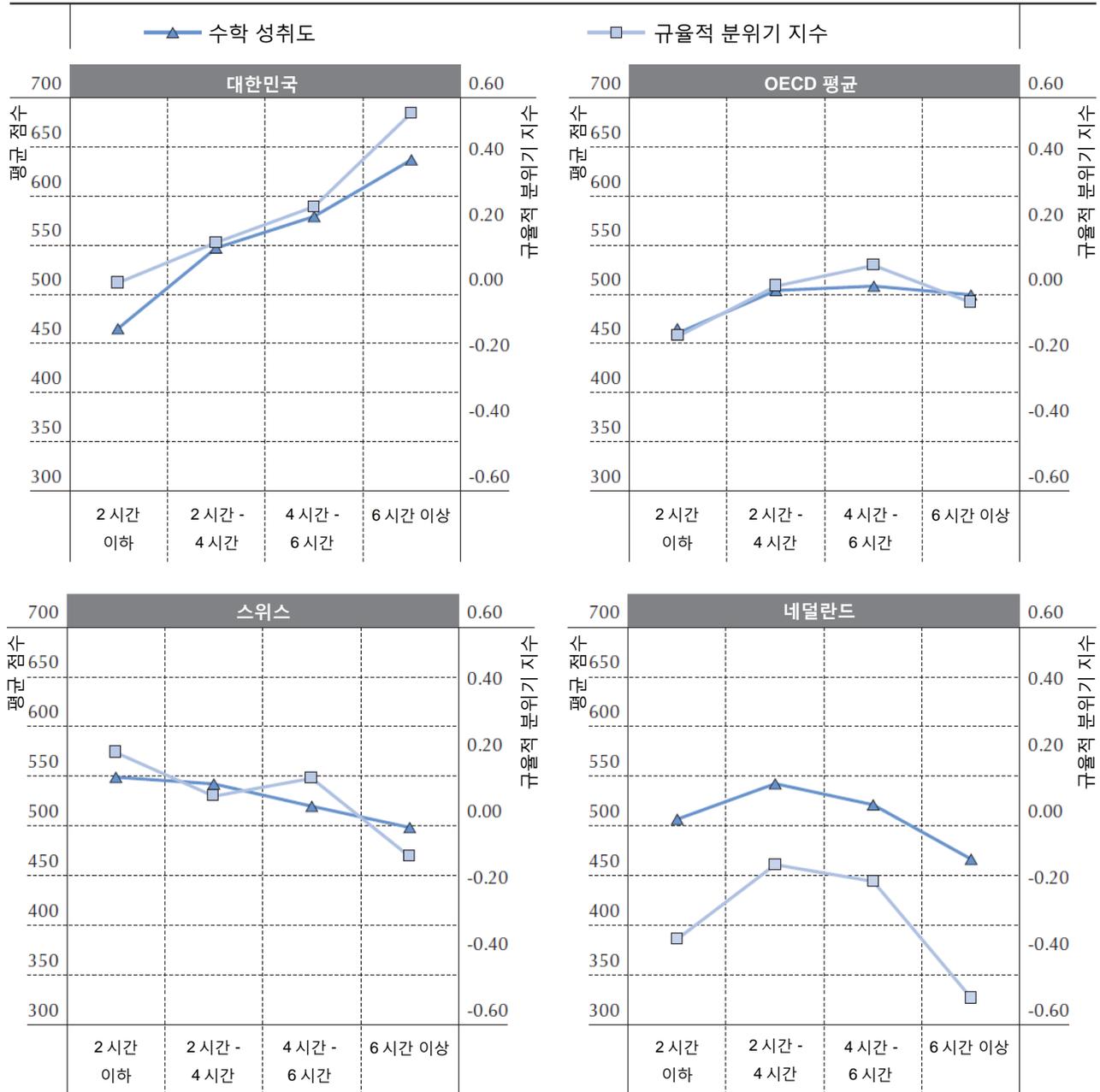
학생들은 정규 수업 외에도 추가적인 보충수업을 받을 기회가 점점 더 많이 주어지고 있다(Kidron and Lindsay, 2014). PISA 2012 에서는 학생들이 방과후 학교나 가정, 혹은 학원 등지에서 보충 수업을 받는 정보를 수집하였다. 평균적으로 OECD 국가 학생의 38%가 방과후 수학 수업을 받는다고 응답하였고, 27%와 26%는 각각 언어 및 과학 방과후 수업을 받는다고 응답하였다(OECD, 2013b: Table IV.3.25).

평균적으로 OECD 국가에서는 모든 과목에 대해서 방과후 보충 수업의 양과 성취도 사이에 부적인 상관관계가 존재하였다(그림 3.7). 물론 이러한 결과는 인과관계로 해석해서는 안 되는데, 이는 성취도가 저조한 학생들이 보충 수업이나 개인 교습 등에 참석할 가능성이 더 높기 때문이다. 하지만 일본과 대한민국의 경우 예외에 해당하는데, 이 두 국가에서는 방과후 보충 수업을 수강하는 학생들의 성취도가 높게 나타나기 때문이다(표 3.4b). 일본과 대한민국의 경우, 방과후 수업이 학생들의 성취도를 높이고, 학업을 증진시키고, 대입과 같이 고부담 시험에서 좋은 점수를 받을 수 있도록 의도된 경우가 많다(Park, 2013).

수학 노출도 및 친숙도 차이

학습 기회는 학생이 주어진 내용을 학습하는 데 소비한 시간뿐 아니라 학교에서 가르친 내용 그 자체도 의미한다. 국제적 및 국가적 수준의 여러 연구에서 수학 (Dumay and Dupriez, 2007; Rowan, Correnti, and Miller, 2002; Schmidt et al., 2001; Schmidt et al., 2011) 과 과학 (Sousa and Armor, 2010) 의 교육 내용과 성취도 사이에 정적인 상관관계가 존재한다는 것을 보여준 바 있다. 이 장에서는 수학 노출도와 친숙도, 노출도와 성취도 사이의 상관관계를 분석한 기존의 PISA 2012 분석 결과를 확장하고자 한다(OECD, 2014; Schmidt, Zoido and Cogan, 2014; Schmidt et al., 2015).

■ 그림 3.6 ■
수학 수업 시간, 성취도 및 규율적 분위기
주당 시간



참고: 규율적 분위기 지수는 수학 수업을 방해하는 행위가 수학 시간에 얼마나 자주 일어나는지에 대한 학생들의 자기보고 응답에 의해 도출되었다.

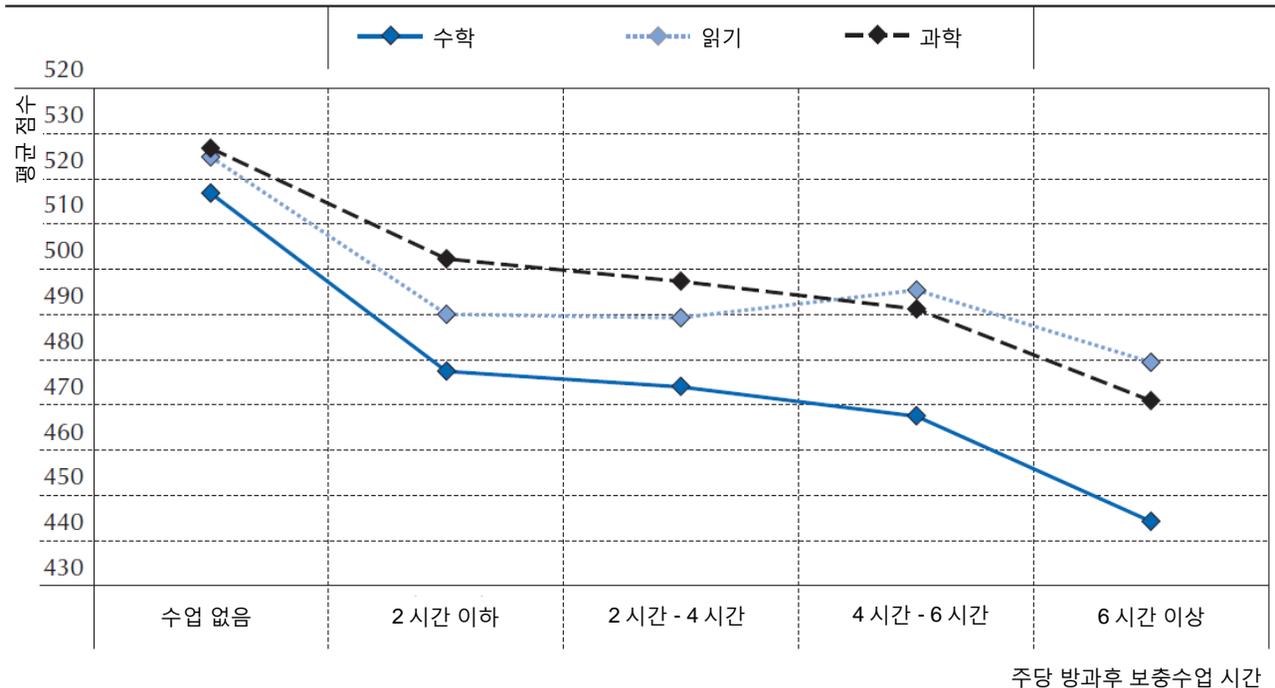
규율적 분위기 지수의 OECD 평균은 시간 범위 4 개에서 모두 유효한 점수를 제시할 수 있는 국가에 한해 계산하였다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Tables 3.4a and 3.6.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377320>

PISA 결과에 의하면, 수학 성취도는 순수수학과 응용수학에 대한 노출도 및 수학 개념에 대한 친숙도와 관련이 있었다.

■ 그림 3.7 ■
성취도와 방과후 수업 시간의 관계
주당 시간, OECD 평균



참고: 방과후 수업은 학생들이 학교에서 배우는 과목에 대해 방과후에 참여한 수업을 지칭한다. 이 수업은 집, 학교, 학원 등에서 이루어지는 수업이 포함된다.

과목별 OECD 평균은 시간 범주 4 개에서 모두 유효한 점수를 제시할 수 있는 국가에 한해 계산하였다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.4b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377330>

첫째, 그림 3.8a 에서 순수수학에 대한 노출도가 높을수록 수학 성취도가 높아진다는 것을 보여준다. 평균적으로 OECD 국가에서 순수수학 노출도가 1 단위 상승할 때 수학 성취도 점수가 30 점 상승하는 것을 확인할 수 있다. 순수수학 노출도와 성취도 사이의 관계는 대한민국, 네덜란드, 뉴질랜드, 싱가포르, 대만 등에서 특히 높게 나타났는데, 순수수학에 대한 노출도가 1 단위 상승할 때 수학 성취도 점수가 40 점 이상 높아지는 것을 확인하였다.

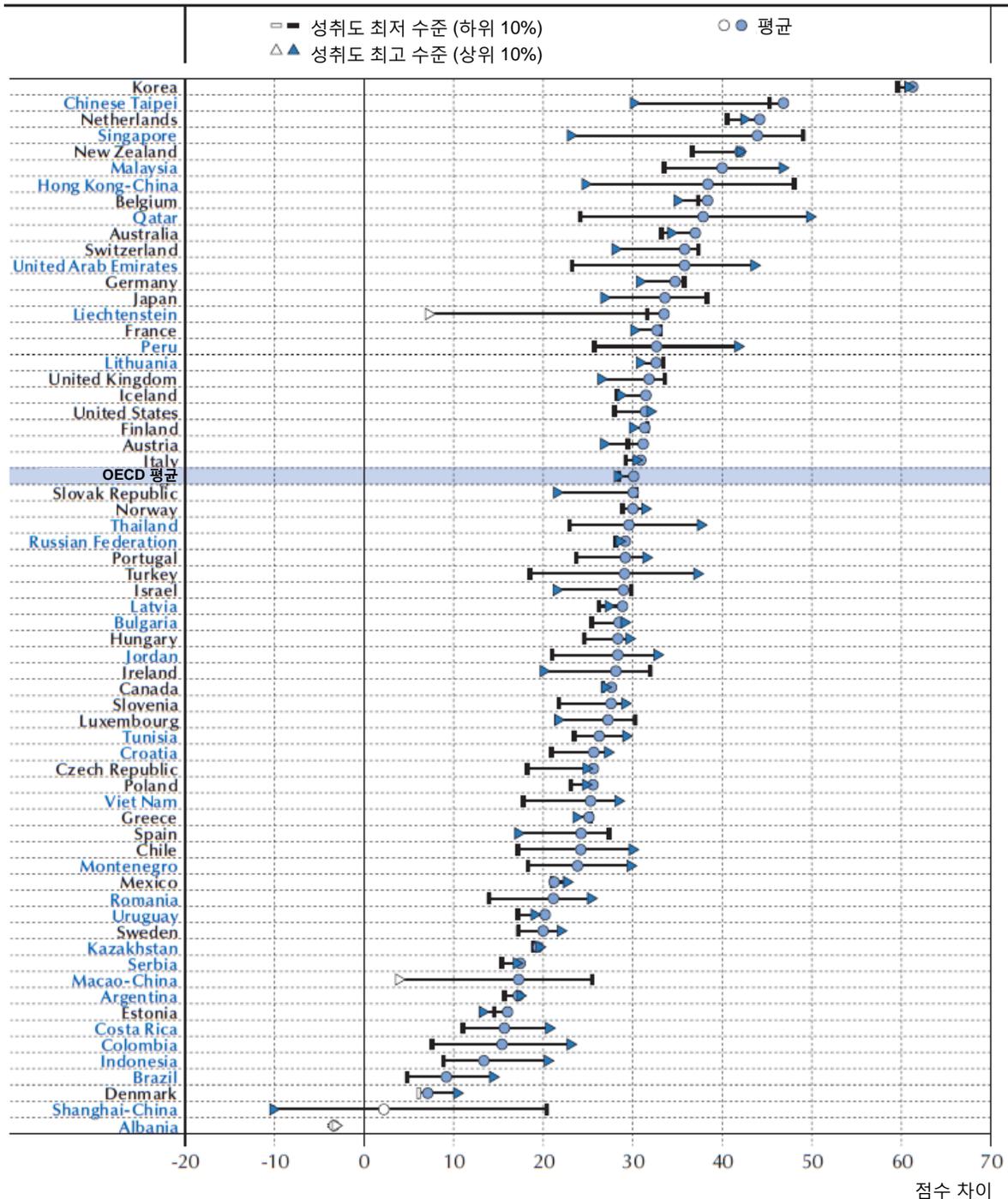
둘째, 응용수학 노출도 또한 대부분의 국가에서 수학 성취도와 정적인 관계(그림 3.8b) 를 맺고 있었다. 하지만 순수수학 노출도에 비해 비교적 약하게 나타났다. 평균적으로 OECD 국가에서 응용수학에 대한 노출도가 1 단위 상승할 때 수학 성취도 점수가 9 점 상승하는 것을 확인할 수 있다. 이 효과는 호주, 핀란드, 일본, 대한민국, 뉴질랜드, 대만, 영국 등에서 (20 점 이상) 가장 높게 나타났고, 그리스, 상하이-중국, 슬로바키아, 스페인, 터키, 우루과이 등에서 부적인 상관관계를 보였다.

응용수학 노출도와 수학 성취도 사이의 관계는 순수수학의 경우보다 더 약했다(혹은 부적인 관계를 보인 경우도 있었다). 이는 역 인과관계 때문일 가능성이 있다.

■ 그림 3.8a ■

순수수학 노출도와 성취도 사이의 관계

순수수학에 대한 노출도가 1 단위 상승할 때 수학 성취도의 점수 변화



참고: 순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다. 이 표에서 국가 순서는 순수수학에 대한 노출도가 1 단위 변할 때 수학 성취도 점수의 변화 정도를 오름차순으로 정렬한 것이다.

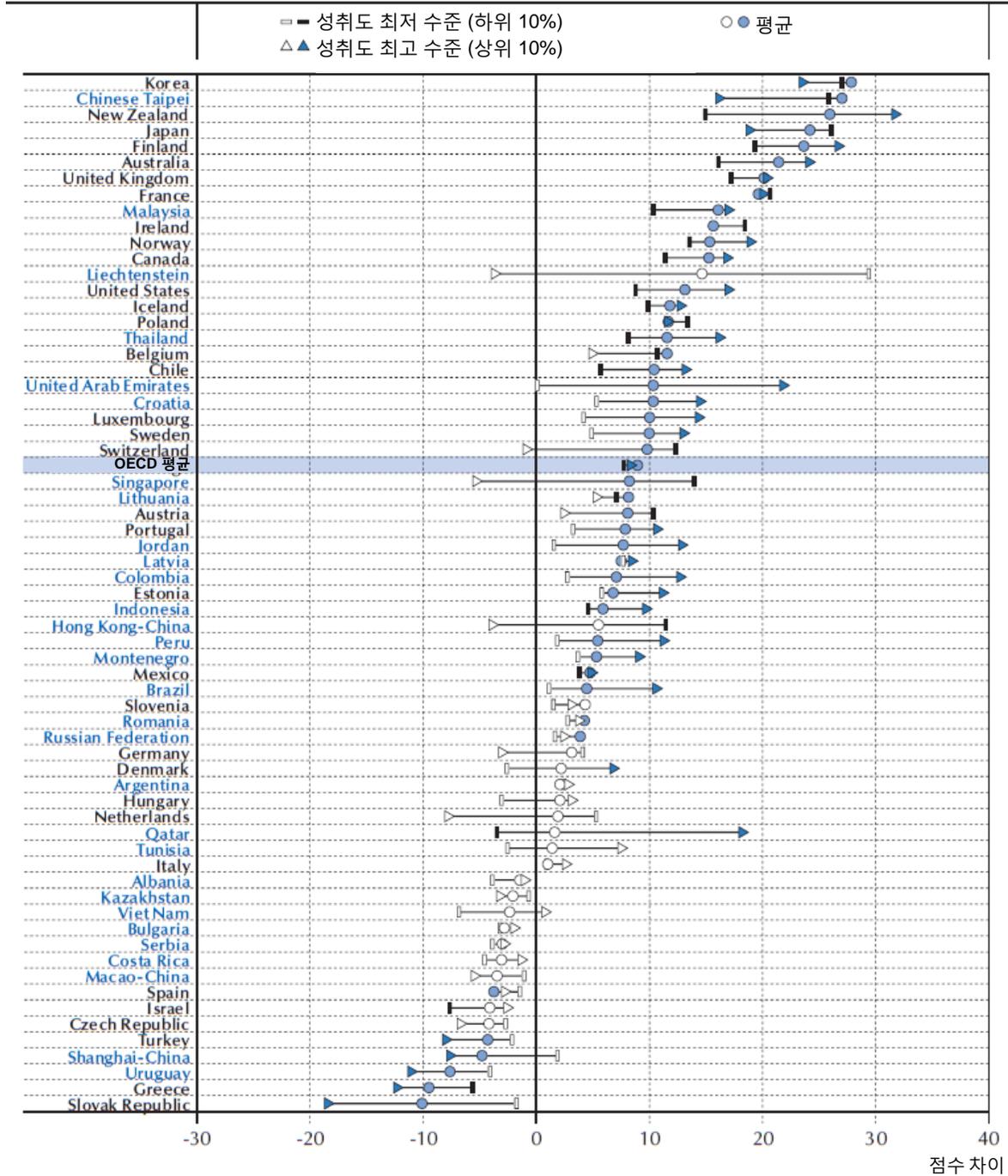
출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.7.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377349>

■ 도표 3.8b ■

응용수학 노출도와 성취도 사이의 관계

응용수학에 대한 노출도가 1 단위 상승할 때 수학 성취도 점수 변화



참고: 응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하거나 세금을 추가하면 컴퓨터가 얼마나 더 비싸지는지를 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다. 통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

이 표에서 국가 순서는 응용수학에 대한 노출도가 1 단위 변화할 때 수학 성취도 점수 변화를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.7.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377355>

PISA 에서 응용수학 노출도를 측정하기 위해 사용하는 과제들은 만 15 세 학생을 기준으로 비교적 쉬운 편인데 (열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하기 등), 성취도가 낮은 학생들은 성취도가 높은 학생들보다 이러한 문제들에 노출되었을 가능성이 더 높다고 볼 수 있다.

셋째, 수학 성취도는 또한 수학 개념에 대한 친숙도와 더 관련이 있다(그림 3.8c), 수학 개념에 대한 친숙도는 학생의 학업 전반에 걸친 누적된 수학 학습 기회를 더 잘 보여줄 수 있는 척도이다. OECD 평균적으로 수학 친/숙도가 1 단위 상승할 때 (수학 개념을 "자주", "몇 번" 들어본 적 있는지의 차이; 1 장 참고) 수학 성취도 점수가 41 점의 상승되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 관계는 호주, 대한민국, 뉴질랜드, 대만 등에서 특히 높게 나타났다(50 점 이상 증가).

PISA 에서는 수학 수업이나 시험에서 대수 문장제, 절차적 계산 문제, 특정 상황을 부여한 문제, 순수수학 문제 등에 얼마나 자주 노출되었는지를 질문하였다(1 장 박스 1.2 및 1 장 마지막 문제들 참조). 표 3.8a ~ 3.8d 에서는 수학 시간에 이러한 문제에 대해 더 빈번하게 노출된 학생들이 그렇지 않은 학생들보다 더 높은 성취도를 보였다는 것을 제시한다. 문제 유형별로 살펴보면 평균적으로 OECD 국가에서 수학 노출도와 성취도 사이의 상관관계는 계산 문제에서 가장 높게 나타났고 상황을 부여한 문제에서 가장 낮게 나타났다. 이는 순수수학에 대한 노출도가 응용수학에 대한 노출도보다 성취도에 더 밀접한 연관이 있다는 것을 지지한다. 이러한 결과로 말미암아 단순히 실생활 예시를 사용해서 정형적인 문제를 도전적인 문제로 변형하는 것으로는 수학 소양을 단련하는 데 충분하지 않다는 것을 확인할 수 있다. 학생, 특히 성취도가 낮은 학생들은 또한 특정 상황에서 배운 지식을 다른 상황으로 전환하는 데 상당한 어려움을 겪을 수도 있기 때문이다(1 장 박스 1.3 참조). 이러한 결과를 해석할 때 순수수학에 대한 노출도의 측정이 응용수학이나 특정 상황이 주어진 문제에 대한 노출도 측정보다 훨씬 쉽다는 것을 기억해야 하는데, 이는 응용수학 문제들이 더 모호하고 다양한 형태로 나타나기 때문이다.

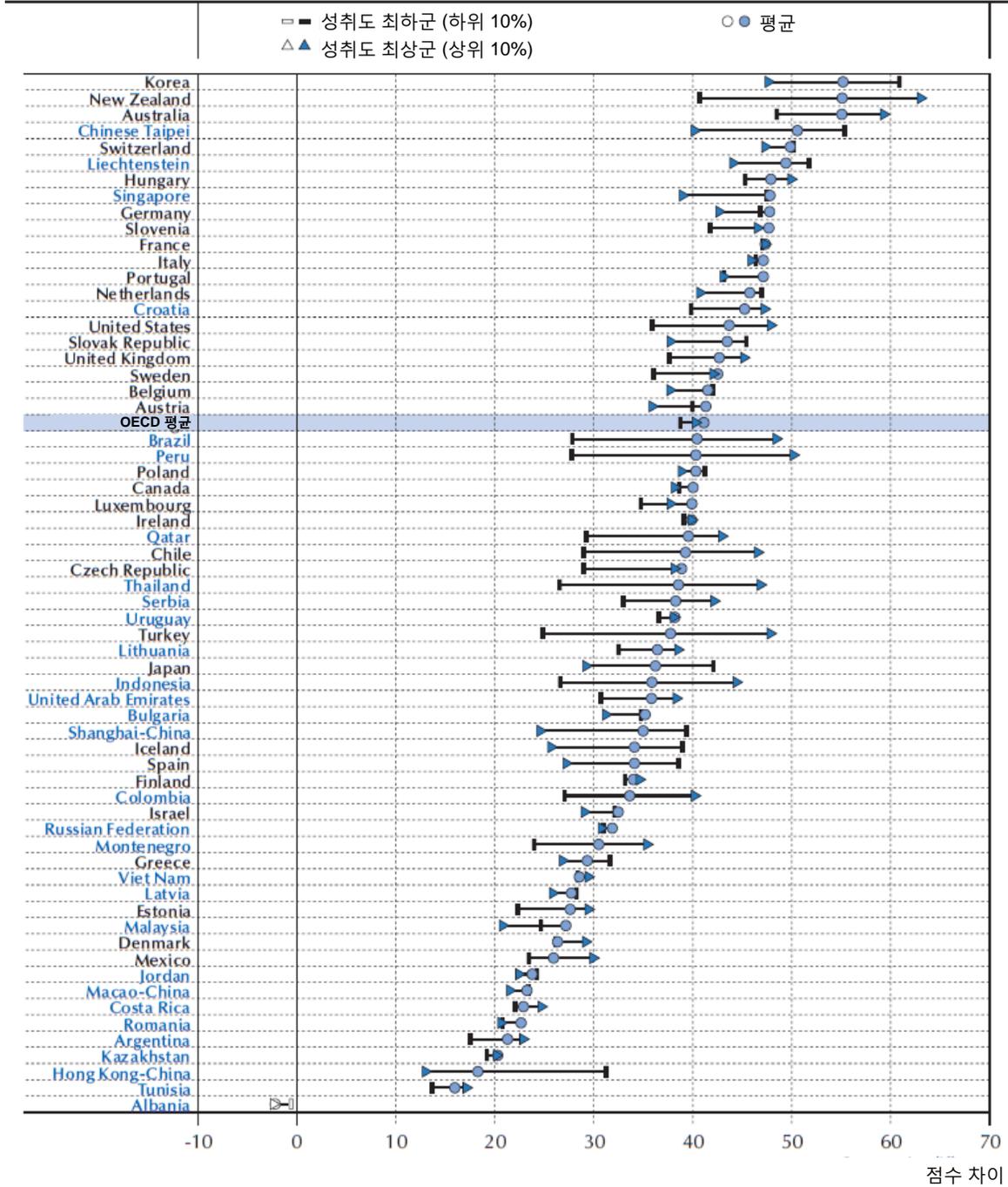
대부분의 국가 및 경제 권역에서 학습 기회와 수학 성취도 사이의 관계는 성취도가 낮은 학생들보다 성취도가 높은 학생들 사이에서 더 강하게 나타나는 편이다(그림 3.8a, 3.8b, 3.8c). 브라질, 뉴질랜드, 페루, 태국, 터키에서는 성취도 상위 10%의 학생들이 성취도 하위 10% 학생들에 비해 수학 친숙도의 영향이 20 점 이상 더 큰 것을 확인할 수 있다. 이러한 국가들에서는 성취도가 높은 학생들이 배운 내용을 더 잘 활용한다는 것 외에도 이 학생들에게 더 높은 수준의 교육과정을 제공하는 가능성 또한 생각해볼 수 있을 것이다(표 3.7).

하지만 특정 국가에서는 이와 반대되는 현상이 나타나는데, 성취도가 낮은 학생들에게 수학 노출도/친숙도와 성취도의 관계가 더 강한 것이다. 예를 들어, 홍콩-중국, 리히텐슈타인, 마카오-중국, 상하이-중국, 싱가포르, 대만 등에서는 순수수학에 대한 노출도에 따라 성취도가 높은 학생들보다 성취도가 낮은 학생들에서 최소 15 점 이상 더 높게 나타났다(그림 3.8a 및 표 3.7). 아마도 이 국가에서는 수학 개념이 학생들이 접근하기 쉬운 방식으로 지도되어 성취도가 낮은 학생들이 더 많은 이득을 보고, 그래서 교육과정 및 교수법을 통해 성취도 격차를 좁힐 수 있다는 것을 시사한다.

■ 그림 3.8c ■

수학 친숙도와 성취도 사이의 관계

수학 친숙도 지수가 1 단위 상승할 시 수학 성취도 점수 변화:



참고: 수학 친숙도 지수는 수학 개념 (지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13 개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. OECD 평균은 33 개국의 평균을 의미한다.

통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

이 표에서 국가 순서는 수학 친숙도 지수가 1 단위 변할 때 수학 성취도 점수 변화를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.7.

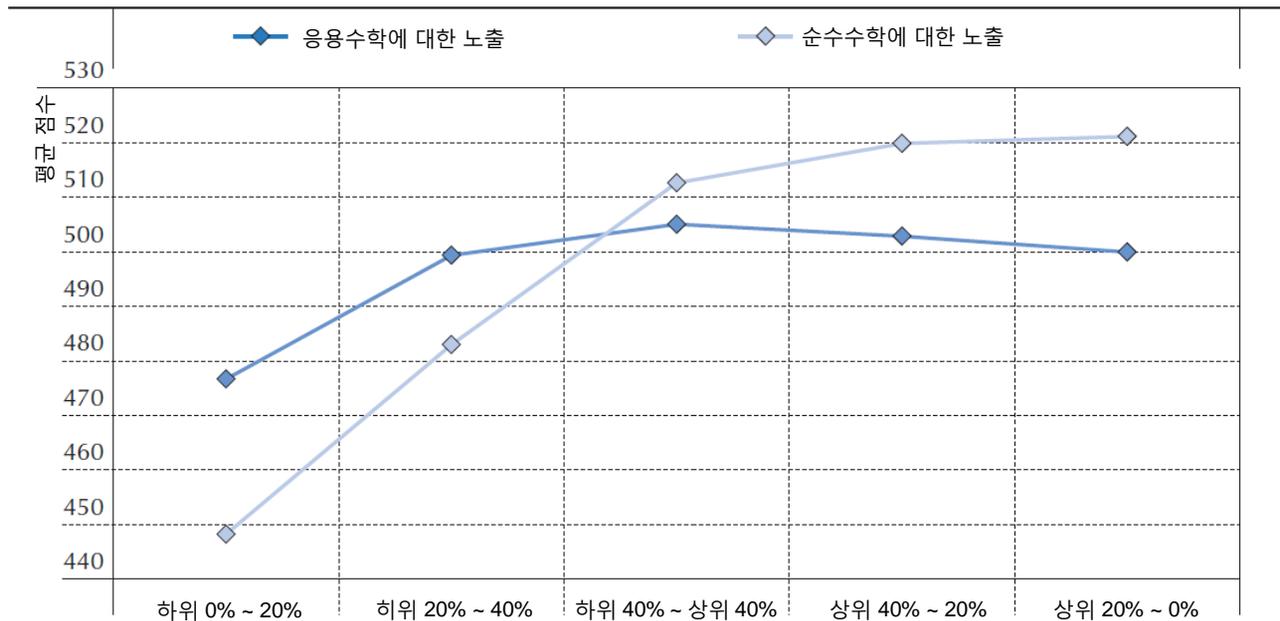
StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377366>

5장에서는 이러한 정책적 시사점 및 예시 등을 논의할 것이다.

수학 노출도 및 성취도 사이의 관계는 노출 빈도에 따라 다르다. 그림 3.9에서는 순수수학에 대한 노출도가 높을수록 수학 성취도 향상이 상대적으로 낮아진다는 것을 보여준다. 또한 응용수학에 대한 노출도는 성취도 하위 40%까지는 수학 성취도를 증가시키지만, 상위 40% 이내에서는 성취도를 다소 감소시킨다는 것을 확인할 수 있다. 물론 응용수학에 대한 노출도가 높을수록 수학 성취도에 악영향이 간다는 것을 인과관계로 해석해서는 안 될 것이다: 이는 오히려 PISA에서 응용수학에 대한 노출도를 측정하는 문제들이 쉬운 편에 속해 성취도가 낮은 학생들에게 더 접근성이 높을 가능성을 시사한다고 볼 수 있다.

■ 그림 3.9 ■

응용수학 및 순수수학 노출도와 수학 성취도
OECD 평균



참고: 응용수학에 대한 노출도는 열차 시간표를 활용하여 한 장소에서 다른 장소까지 가는 데 걸리는 시간을 계산하거나 세금을 추가하면 컴퓨터가 얼마나 더 비싸지는지를 계산하기와 같은 응용 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

순수수학에 대한 노출도는 대수 지식(일차방정식, 이차방정식)이 필요한 수학 문제를 학교에서 경험한 정도에 대한 학생 응답에서 도출하였다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.9.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377377>

수학 노출도는 성취도 평균 외에도 학생이 하위 성취수준 (즉, 1 수준 이하) 에 속할 가능성이나 상위 성취수준 (즉, 5 수준 이상) 에 속할 가능성과도 연관이 있다. 그림 3.10에서는 평균적으로 OECD 국가에서는 순수수학에 대한 노출도가 1 단위 증가할 때 상위 성취수준에 속할 확률이 2배로 증가하는 것과 해당 학생이 하위 성취수준에 속할 가능성이 반으로 줄어든다는 것을 보여준다.

■ 그림 3.10 ■

순수수학에 대한 노출도와 상위/하위 성취수준에 속할 가능성
순수수학에 대한 노출도가 1 단위 상승할 때 상위/하위 성취수준에 속할 가능성의 변화

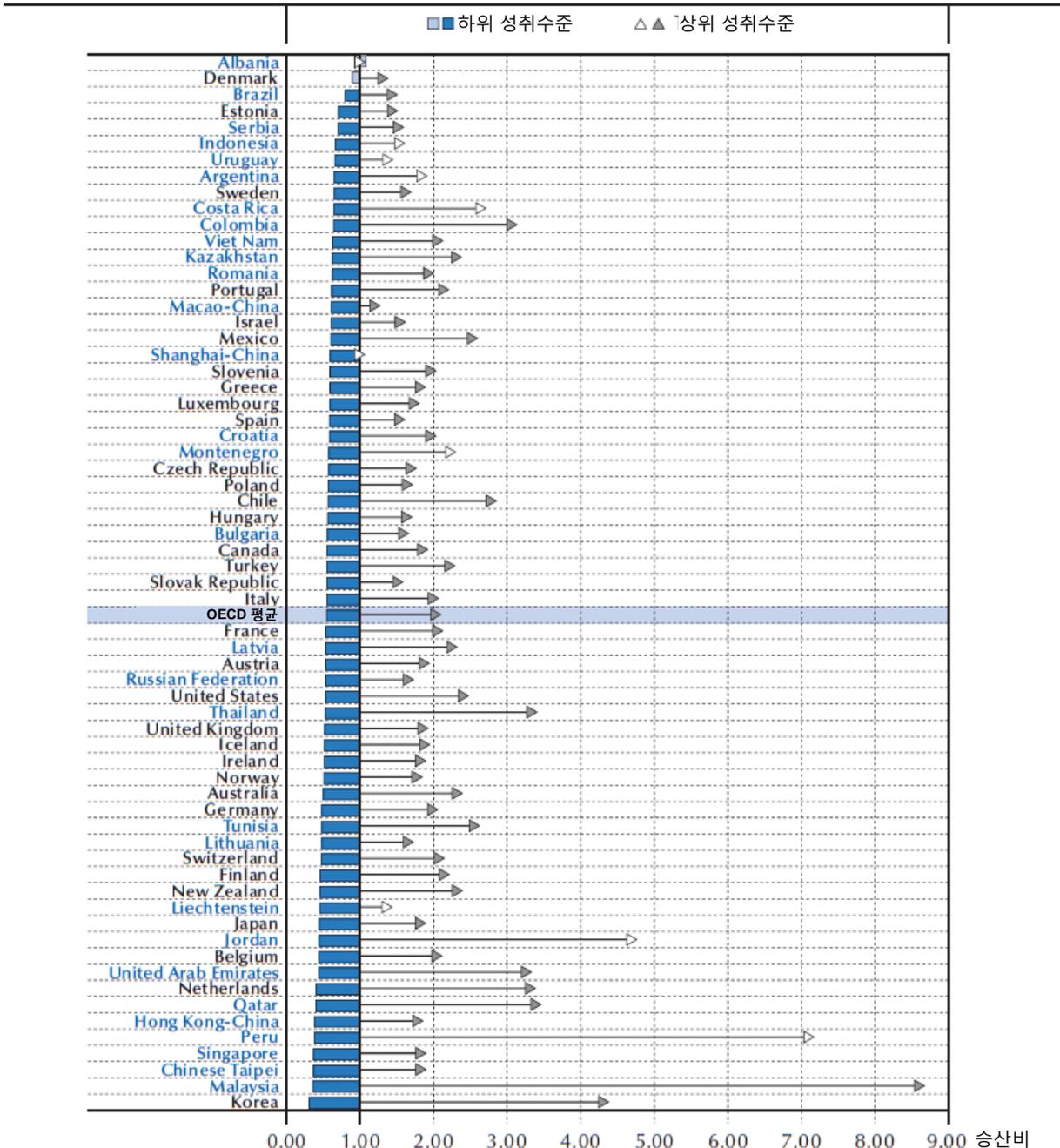


도표 읽는 법: 상위 성취수준에 대한 승산비가 2 일 경우 순수수학에 대한 노출도가 1 단위 상승할 때 상위 성취수준에 속할 확률이 2 배가 된다는 것을 시사한다. 유사하게 하위 성취수준에 대한 승산비가 0.5 일 경우 순수수학에 대한 노출도가 1 단위 상승할 때 하위 성취수준에 속할 확률이 0.5 배가 된다는 것을 시사한다.

참고: 하위 성취수준은 PISA 성취수준에서 2 수준 미만에 속하는 학생들이다. 상위 성취수준은 PISA 성취수준에서 5 수준 이상에 속하는 학생들이다.

통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

이 표에서 국가 순서는 순수수학에 대한 노출도에 따라 하위 성취수준에 속할 가능성의 변화를 내림차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.10.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377389>

콜롬비아, 대한민국, 말레이시아, 네덜란드, 카타르, 태국, 아랍에미리트에서는 *순수수학에 대한 노출도*가 1 단위 상승할 때 상위 성취수준에 속할 가능성이 3 배로 상승하였다.

수학 노출도와 PISA 성취도 간의 정적인 관계는 인과관계로 해석되어서는 안 되는데, 원인과 결과의 방향이 불투명하기 때문이다. 수학 노출도가 높아질수록 학생의 성취도가 높아질 가능성이 높지만, 동시에 성취도가 높고 동기부여가 충분한 학생들이 수학 노출도가 높은 학교로 배정되거나 분반될 경우가 있는 것이다.

인과관계 문제는 같은 학교를 다니는 학생에게 수학 노출도의 차이가 주는 영향을 분석함으로써 상쇄할 수 있는데, 이를 통해 학교 요인에 의한 영향을 제외할 수 있기 때문이다. PISA에서는 학교별로 설문대상 집단에 속하는 학생들을 무작위로 선택하기 때문에, 대부분의 PISA 참여국에서는 같은 학교에서 학년이 다른 학생들을 비교할 수 있다. 1 장에서 (그림 1.9) 설명된 바와 같이, 고학년 학생들은 순수수학에 대한 노출도가 높은 편이다. 순수수학에 대한 노출도와 성취도 사이의 관계를 살펴보기 위해, 같은 학교에서 다른 학년에 재학 중인 학생들의 노출도 차이를 분석해볼 것이다. 이 방법은 지금까지 제시된 학교요인(예를 들어, 성취도가 높은 학생들이 특정 학교에 몰리는 현상 등) 간의 차이를 설명할 수 있지만 학교 내의 분반 제도 (예를 들어, 학교내에서 능력별 학급 편성) 등을 설명할 수는 없다.

그림 3.11에서는 OECD 국가에서 고학년 학생들이 같은 저학년 학생들보다 수학 성취도가 29 점 더 높은 것을 확인할 수 있는데, 이는 고학년 학생들이 순수수학에 대한 노출도가 더 크기(지수상으로 1 점) 때문이다.⁶ 대한민국, 룩셈부르크, 말레이시아, 카타르, 스페인 등의 국가에서는 같은 학교에 재학 중인 학생들 사이에는 노출도에 따라 성취도가 50 점 이상 차이가 났다. 이는 모든 학생들이 일관된 교육과정을 제공하는 것이 수학 성취도에 중요하다는 것을 보여준다.

수학 친숙도와 문제해결 능력

수학 친숙도가 어려운 문제의 해결 능력과 관련이 있는지 분석하기 위해 PISA에서는 다양한 난이도 혹은 여러 능력을 요구하는 과제에 대한 학생들의 성취도를 분석하였다(과제 수준에 대한 세부사항은 박스 3.1 에서 확인할 수 있다). 수학 친숙도와 노출도가 높아진다고 학생들이 어려운 수학 문제를 해결하는 데 필요한 모든 능력을 갖추게 되는 것일까?

그림 3.12에서는 수학 개념에 대한 친숙도가 높아질수록 평균적으로 OECD 국가에서 정답률이 상승하는 것을 보여준다(PISA 지필평가⁷ 기준). 이 관계는 어려운 과제에서 더 강하게 나타나는 편이다. 예를 들어, *수학에 대한 친숙도가* 1 단위 상승할 때 **아치** 문제 2 번처럼 어려운 문제 (PISA 난이도 785) 에 대한 정답을 맞힐 가능성은 두 배 이상 (2.6 배) 증가하지만, 음반 차트 문제 1 번처럼 쉬운 문제 (PISA 난이도 348) 를 풀 가능성은 단지 1.5 배 증가한다.

■ 그림 3.11 ■

순수수학에 대한 노출도에 따른 학년 간 수학 성취도 차이

순수수학에 대한 노출도가 1 단위 상승할 때 같은 학교의 다른 학년 사이의 수학 성취도 점수 변화

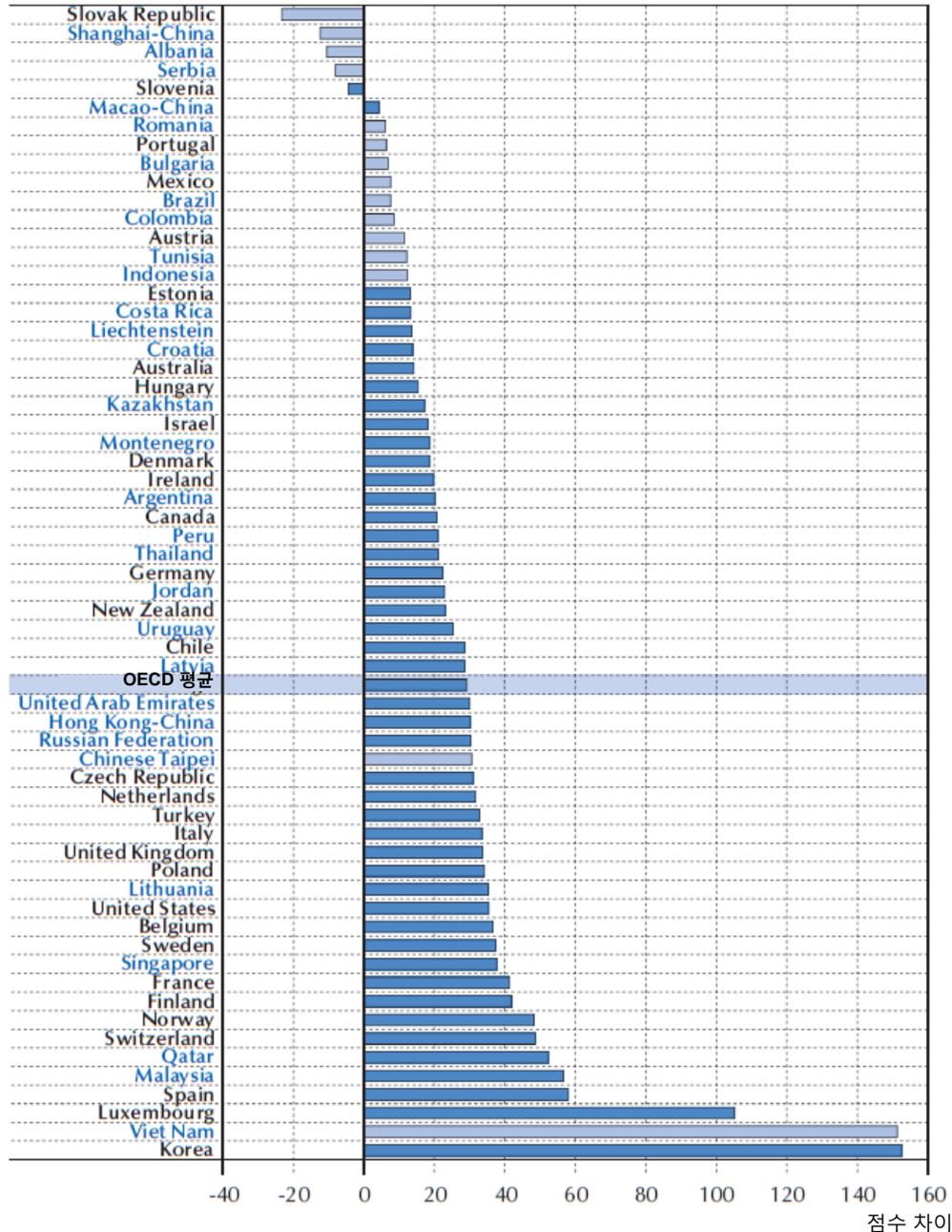


도표 읽는 법: 평균적으로 OECD 국가에서 순수수학에 대한 노출도가 1 단위의 차이가 날 때 만 15 세 학생들은 같은 학교의 한 학년 아래 학년보다 수학 성취도가 29 점 더 높다. 이러한 관측은 학교간 요인 차이에 의한 영향을 제외한 순수수학에 대한 친숙도가 수학 성취도에 주는 영향의 척도라고 해석할 수 있다

참고: 이 분석에는 기준 학년과 한 학년 위/아래 학년에 재학 중인 학생들이 포함되었다.

통계적으로 유의한 값은 더 어두운 색으로 표기하였다.

이 표에서 국가 순서는 학년 간 점수 차이를 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.11.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/88893377391>

박스 3.1. PISA 과제 수준에 따른 성취도 분석

PISA의 장점 중 하나는 평가 문항들이 응답 유형, 문제 상황, 내용 지식 및 인지과정 면에서 상당한 다양성을 제공한다는 것이다. PISA 수학 과제는 학생에게 다음과 같은 요구사항에 의해 분류될 수 있다:

- 수학 내용 영역 지식 즉, *변화와 관계, 공간과 모양, 양, 불확실성과 자료에 대한 지식*. 이러한 "핵심 개념"은 전통적인 수학 주제 즉 대수, 함수, 기하, 측정에 대한 개념적 이해를 돕는다.
- 개인 생활, 사회 환경, 직업, 과학/기술 등의 맥락에서 수학을 다루는 능력.
- 수학 모델링에 필요한 전 과정, 즉 형식화하기, 이용하기, 해석하기에 몰입하는 능력

PISA 문항은 난이도를 기준으로 순위가 매겨져 있다. 문항 난이도는 시험이 치뤄진 이후에 계산되는데, 문항 난이도와 학생의 점수 모두를 동시에 분석하는 문항 반응 이론 (Item Response Theory)을 활용한다. 정답률이 낮을수록 문항의 난이도는 상승한다. 예를 들어, 총 점수 348점인 학생은 차트 문제 1번 (별첨 문제 참조)의 정답을 할 확률은 62% (이 확률은 점수 설계에서 PISA 협회에 의해 선택됨)이다.⁸ 그에 따라 이 문항은 PISA 난이도상으로 348 점을 부여 받았다. 과제 수준별 성취도 분석은 내용 영역과 인지 과정별 각국의 상대적인 장점 및 단점 등을 평가할 수 있도록 도와준다. 이 절에서는 다양한 난이도의 그에 따라 PISA 과제 4 개에서 학생들의 성취도를 분석한다:

설명	수학적 내용	수학적 과정	국제 정답률
음반 차트 문제 1			
학생들에게 4개 밴드의 CD 판매량을 보여주는 막대그래프가 제시된다. 학생들은 간단한 질문에 대답하기 위해 그래프에서 자료를 확인하고 추출해야 한다.	불확실성과 자료	형식화하기	87%
주입 속도 문제 1			
본 과제에서는 수액의 낙수량 (분당 방울) 을 계산하는 공식을 제시한다. 학생들은 해당 공식을 4개의 변수를 통해 해석하고 다른 변수의 변동이 없을 시 한 변수의 변동이 다른 변수에 미치는 영향을 설명해야 한다.	변화와 관계	이용하기	22%

...

설명	분야	과정	국제 정답률
회전문 문제 2			
본 과제에서는 회전문을 제시하고 회전문의 지름과 칸막이의 위치에 대한 정보를 제시한다. 학생들은 공기가 통하지 않을 수 있도록 각 통로의 호에 대한 최대 길이를 계산해야 한다. 이 때, 학생들은 원형 기하학 (원주 공식) 외에도 논리추론을 사용하여 수학 모델을 구축해야 한다. 본 과제에서는 학생들에게 힌트를 주지 않기 때문에 학생들이 각자의 접근법을 형성해야 한다.	공간과 모양	형식화하기	3%
아치 문제 2			
본 문제에서는 문제에서 주어진 도표를 해석하는 데 필요한 기술적 용어들을 제공한다. 그 후, 학생들은 삼각함수나 피타고라스의 정리 등에 대한 절차적 지식을 활용하여 기하학적 모델을 형성하고 특정 길이를 구해야 한다.	공간과 모양	형식화하기	5%

아치 문제를 해결할 수 있는 학생들은 전문 용어들을 포함하는 지문을 해석할 수 있고 절차적 지식 (삼각비, 피타고라스의 정리 등)을 이용하여 길이를 구할 수 있다.

수학 용어, 사실, 절차 등에 대한 지식은 학생의 전체적 성취도에 긍정적인 영향을 주며, 어려운 문제를 해결하는 데에도 큰 도움을 준다. 결국 학생들이 어려운 수학 문제를 해결하는 능력을 증진하기 위해서는 수학 교육과정의 범위를 늘리고 학생들에게 절차적 능력을 연습할 기회를 더 많이 주는 것이 정당처럼 보일 수 있다. 하지만 이는 부분적으로만 사실이라고 할 수 있다. 학생들이 문제해결 능력을 갖추는 데에는 절차적 지식과 연습 이외에도 다른 것이 필요하기 때문이다.

예를 들어, 주입 속도 문제 1 번과 회전문 문제 2 번을 비교해보면 두 문제 모두 친속도와 정답률 사이에 강한 관계를 볼 수 있다. 둘 다(실제 난이도는 상이하지만) 상당히 어려운 문제이며, 학생들이 생소한 문제를 해결하기 위해 기존의 지식을 동원해야 하는 문제들이다(문제 전체는 이 장의 별첨 문서 참조).

주입 속도 문제 1 번은 5 수준의 문제로, 지문에 있는 공식 $\left(\text{Drip rate} = \frac{dv}{60n} \right)$ 을 활용해야 하는 문제이다. 회전문 문제 2 번은 가장 어려운 문제로, 6 수준의 상단에 해당하는 난이도이다. 이 문제에서 학생들은 복잡한 기하추론에 몰입해서 알고는 있지만 지문에 주어지지 않은 공식을 활용하여 계산을 해야 한다.

■ 그림 3.12 ■

문항 난이도에 따른 수학 친숙도와 PISA 문항 점수

OECD 평균 (31 개국)

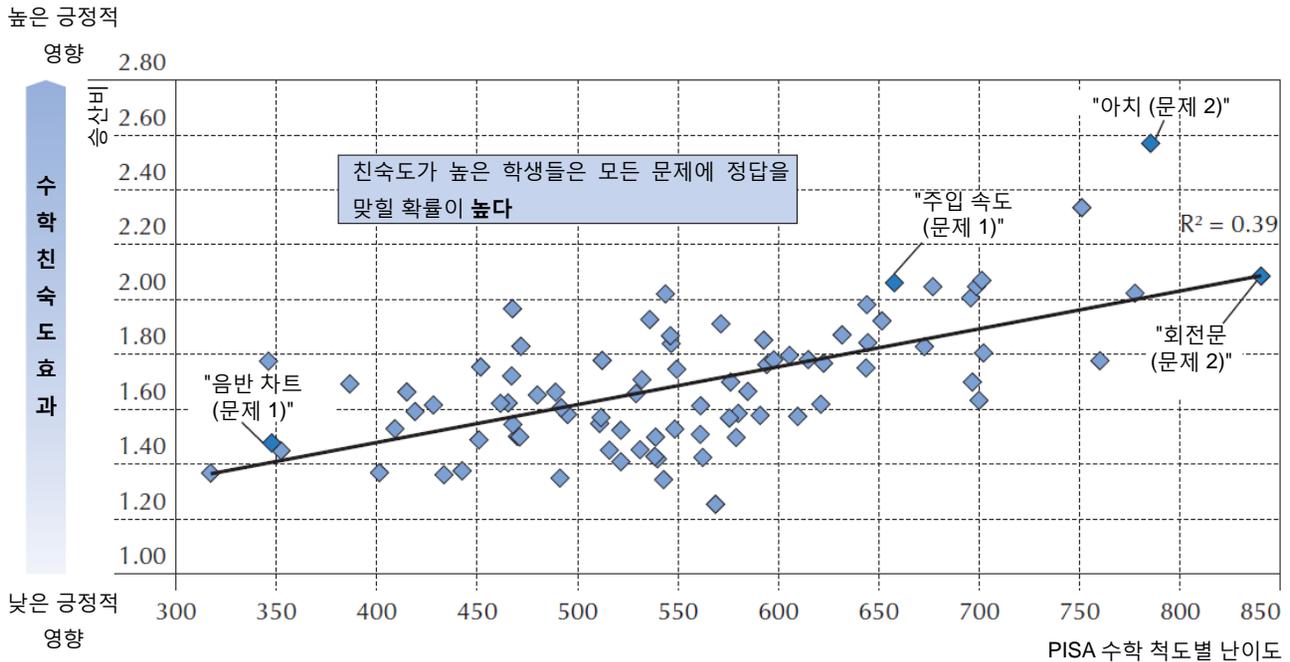


도표 읽는 법: 세로축에서 1 이상의 값은 수학 친숙도 지수가 1 단위 증가하였을 때 해당 문제에 정답을 맞힐 확률이 높아짐을 의미한다.

참고: 이 보고서에 포함된 OECD 국가는 다음과 같다: 호주, 오스트리아, 벨기에, 캐나다, 체코, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 독일, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 대한민국, 네덜란드, 폴란드, 슬로바키아, 스페인, 스웨덴, 미국, 그리스, 헝가리, 룩셈부르크, 뉴질랜드, 포르투갈, 슬로베니아, 스위스, 터키, 이스라엘, 아이슬란드. 이 보고서에는 상기의 국가에서 시행된 문항만이 포함되어 있다.

문항 난이도의 최댓값은 0.62가 설정되었는데, 이는 수학 점수가 600점인 학생이 난이도 600에 해당하는 질문에 정답을 제시할 확률이 62%라는 것을 의미한다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.12.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377406>

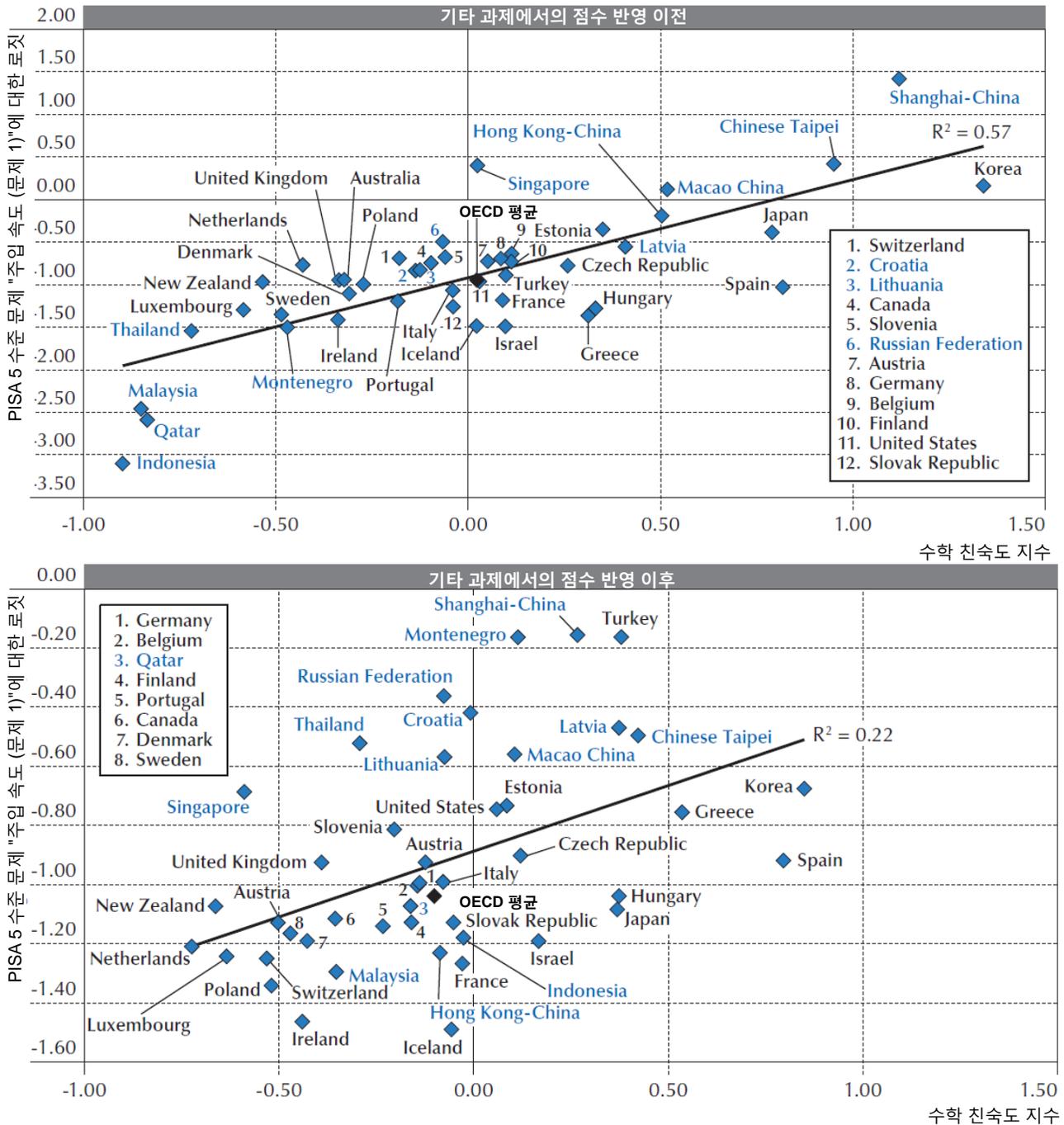
지문에서 제시된 효율적인 회전문을 설계하는 내용을 기하 용어로 바꾸고 다시 여러 절차를 거쳐야 해결할 수 있다. 높은 사람만이 실제 상황을 수학적 모델로 해석할 수 있다.

수학적 능력이 그림 3.13의 상단부에서는 수학 친숙도가 높은 학생들이 주입 속도 문제 1 번과 같은 비교적 어려운 과제를 해결할 가능성이 높다는 것을 보여준다. 국가별 친숙도 차이가 정답률의 차이 중 57%를 설명할 수 있다. 친숙도와 주입 속도 문제의 정답률 사이에 존재하는 상관관계는 친숙도가 정답률에 인과관계를 가지는 가능성 또는 PISA에서 성취도가 높은 국가들이 (교사의 자질, 부모/학생의 동기, 혹은 기타 이유로 인해) 더 어려운 수학 교육과정을 채택한 국가라는 것을 의미할 수도 있다. 주입 속도 문제 1 번의 국가별 정답률과 친숙도의 관계를 보면, *다른 모든 수학 과제의 정답률에 대한 국가별 성취도를 분석 반영한 후 인과관계의 방향성을 정할 수 있다.* 다른 과제에 대한 정답률을 분석에 반영한 후에도 수학 친숙도는 주입 속도 문제의 정답률과 정적인 관계를 보였으며, 정답률에서 제도별 변화를 22% 설명할 수 있었다(그림 3.13의 하단부).

■ 그림 3.13 ■

수학 친숙도와 어려운 문제의 성취도

PISA 5 수준 문제 "주입 속도 (문제 1)"에 대한 국가별 로짓 평균



참고: 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등)에 대한 친숙도를 학생들이 13개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. 로짓은 정답률의 로그값을 나타낸다. 로짓이 0일 경우 정답률이 50%에 해당한다. 로짓이 높을/낮을 경우 정답률이 높을/낮은 것을 의미하며, 그에 따라 해당 문제의 난이도가 낮을/높은 것을 의미한다.

OECD 국가 평균은 가용한 데이터를 제공한 31개국의 평균을 의미한다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.13.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377412>

이는 높은 수학 친숙도가 현실적인 상황에 절차적 지식을 적용하는 문제에 대한 정답률을 설명하는 데 비교적 큰 비중을 차지한다는 것을 시사한다.

비슷한 맥락에서 그림 3.14의 상단부는 수학 친숙도가 높은 국가의 학생들이 회전문 문제 2번을 해결할 가능성이 높음을 보여준다. 하지만 다른 과제에서의 정답률을 반영한 후 국가별 평균 수학 친숙도는 정답률과 상관관계가 없다(그림 3.14의 하단부). 학생들의 평균 수학 성취도를 반영할 경우, 주입 속도 문제에서는 수학 친숙도가 증가할수록 정답을 제시할 확률이 높아지는 것과 정적인 관계를 확인할 수 있지만 상대적으로 고등 추론 능력을 요구하는 회전문 문제 2번에서는 그렇지 않음을 확인할 수 있다.

과제별 친숙도와 성취도 사이의 관계가 다른 것은 친숙도가 PISA 성적을 증진하는 역할을 수행할 수 있지만 친숙도가 전부는 아니라는 것을 시사한다. 이 분석은 학생 수준에서 시행되었을 경우 비슷한 결과를 제시한다. 다른 과제의 성적을 반영한 이후 수학 친숙도는 OECD 국가 31개국 중 13개국에서 주입 속도 문제에서 정답률과 정적인 관계를 보였으며, 회전문 문제에 대해서는 4개국만이 정적인 관계를 보였다(표 3.15). 전체 성취도를 반영하기 전이나 후에도 수학 노출도는 문제의 핵심 용어를 말해주고 학교에서 배운 절차를 적용하는 주입 속도 문제를 해결하는 데 도움을 줄 수 있다. 하지만 수학 노출도 하나만으로는 수학적으로 추론하고 사고하는 능력을 요구하는 회전문과 같이 문제를 해결하는 데 충분하지 않을 수 있다.

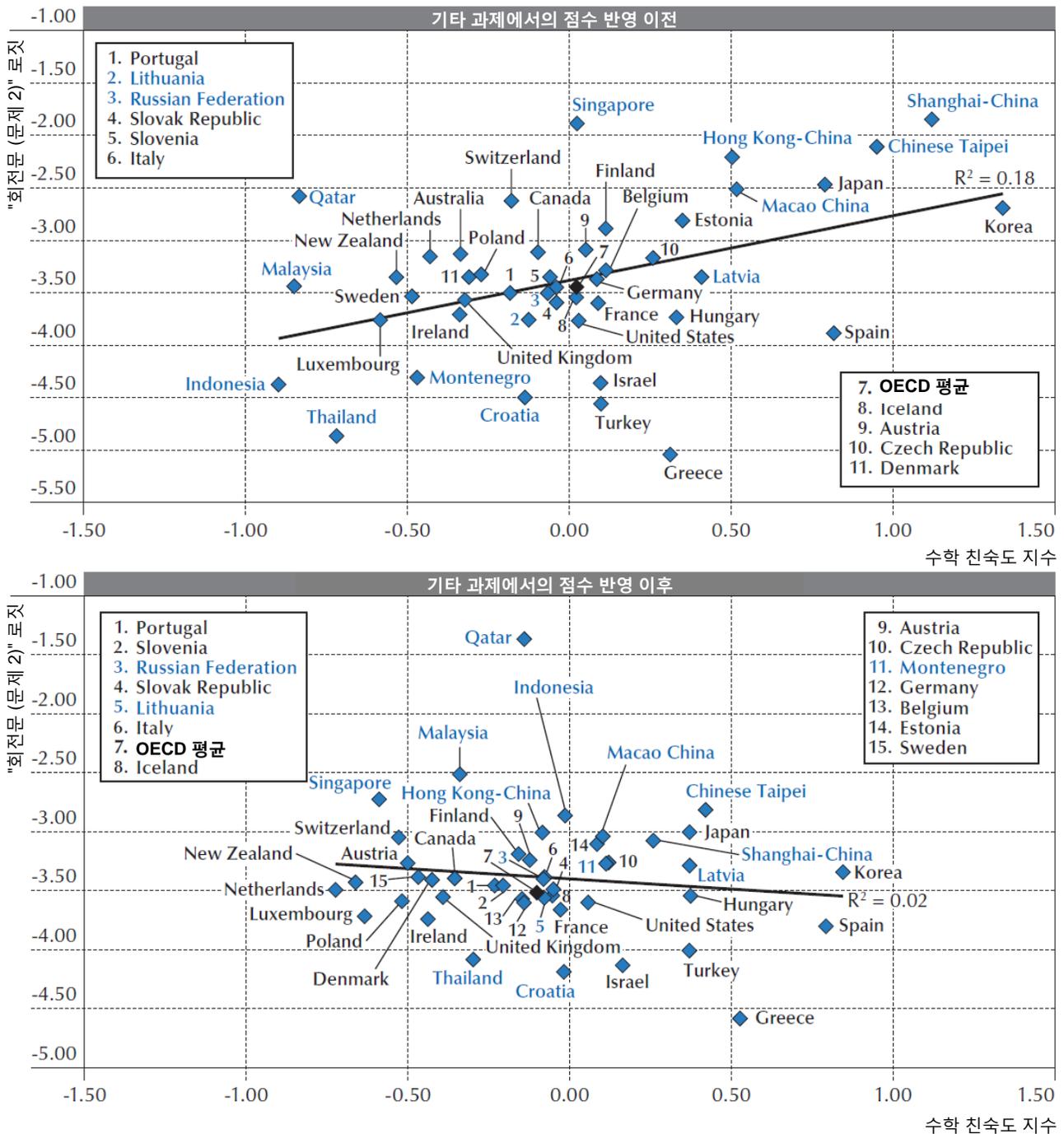
어려운 문제를 해결하는 데 필요한 역량과 유창성을 기르는 데에는 수학 내용 지식과 문제 해결 연습이 필요하다. 수학교육이 효율적으로 이루어질 때에는 교육과정의 기본 개념을 교습한 이후 개념 이해와 인지능력을 활성화하는 문제들을 연습할 시간이 남을 수 있다. 이에 따라 수학교육에 있어 문제 해결능력이 최종 목표 중 하나로 인정됨에 따라 각국에서는 고차적 사고 기능을 발달시키기 위해 수학 교육과정을 개선해 오고 있으며, 이러한 예시는 박스 3.2에서 찾아볼 수 있다.

학습 기회 수학 이해력 및 사회 경제적 지위 사이의 상관관계

지금까지의 분석에서는 학습 기회와 사회 경제적 지위, PISA 성취도 사이의 강한 상관관계를 제시하였다. 하지만 이러한 두 상관관계를 함께 고려하면, 사회 경제적 지위에 의한 성취도 격차는 수학 노출도를 통해 설명할 수 있을까? 그림 3.15에서는 평균적으로 OECD 국가에서 사회 경제적 하위층 학생과 사회 취약 계층 학생 간의 성취도 차이 중 약 19%를 수학적 친숙도 차이 때문으로 보여준다(기타 학생 및 학교 요인을 포함할 경우 16%).

■ 그림 3.14 ■

수학 친숙도와 가장 어려운 문제의 해결 능력
PISA 6 수준 문제 "회전문(문제 2)"에 대한 국가별 로짓 평균



참고: : 수학 친숙도 지수는 수학 개념(지수함수, 약수, 이차함수 등의)에 대한 친숙도를 학생들이 13 개 자기보고 설문 항목에 응답한 것에서 도출하였다. 로짓은 정답률의 로그값을 나타낸다. 로짓이 0 일 경우 정답률이 50%에 해당한다. 로짓이 높을/낮을 경우 정답률이 높은/낮은 것을 의미하며, 그에 따라 해당 문제의 난이도가 낮은/높은 것을 의미한다.

OECD 국가 평균은 가용한 데이터를 제공한 31 개국의 평균을 의미한다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.14.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377428>

대한민국에서는 사회 경제적 지위에 의한 성취도 격차가 사회 취약 계층 학생들이 사회 경제적 혜택층 학생들과 같은 수준의 수학 친숙도를 가질 경우 29 점 감소 (전체의 34%) 하는 것으로 나타났다(표 3.16).

박스 3.2. 수학 교육과정에 고차적 사고 기능을 포함하는 방법

많은 국가에서는 최근 적절한 교육 내용을 포함함과 동시에 학생들의 고차적 사고 기능과 문제 해결능력을 증진하기 위한 교육과정의 개정을 단행하였다. 다음은 몇몇 사례에 대한 개요를 제시한다.

잉글랜드에서 2013 년에 발표된 수학 교육과정에는 모든 학생들이 수학의 기본 뿐 만 아니라 수학적 추론 능력과 문제 해결 능력을 갖추어 여러 정형, 비정형 문제에 수학적 지식을 적용할 수 있어야 한다고 제시한다(Department for Education, England, 2013). 또한 스코틀랜드의 우수 학생을 위한 교육과정 (CfE)은 복잡한 문제에 대한 사고, 문제해결, 분석 및 평가, 창의력, 비판적 사고, 의견 제시 및 결정, 논증, 복잡한 문제 해결 등 고차적 사고기능의 개발에 중점을 두고 있다(Education Scotland, 2011).

대한민국에서는 1980 년대 이래로 문제해결의 교수 학습이 교육과정에 포함되어 왔다. 2007 년에 개정된 수학 교육과정에서는 수학적 추론, 문제 해결, 의사소통의 수학적 과정에 더 참여하도록 하고 있다 2007 년에 이루어진 초등학교 교육과정의 개정의 일부로, 문제해결 능력은 수학 전 분야에 적용되었다(Kim et al., 2012).

수학적 문제해결은 싱가포르에서 1990 년대에 도입된 교육과정 틀의 핵심에 있는 개념이다. 싱가포르 수학 교육과정의 주 목표는 학생들이 수학적 문제해결 능력, 즉 실생활 문제 및 수학적 상황 모두에서 학생들이 수학을 사용 및 적용하는 능력을 배양하는 것에 있다(Ginsburg et al., 2005; Ministry of Education, Singapore 2012). 또한 2003 년에 발족된 '더 적게 가르치고 더 많이 배우자 Teach Less, Learn More' (TLLM) 운동에서는 학생들의 직접 교수를 통해 가르치는 교육과정 내용을 줄이고 문제 해결 및 사고 훈련에 더 몰입하도록 하고 있다(Berinderjeet et al., 2009).

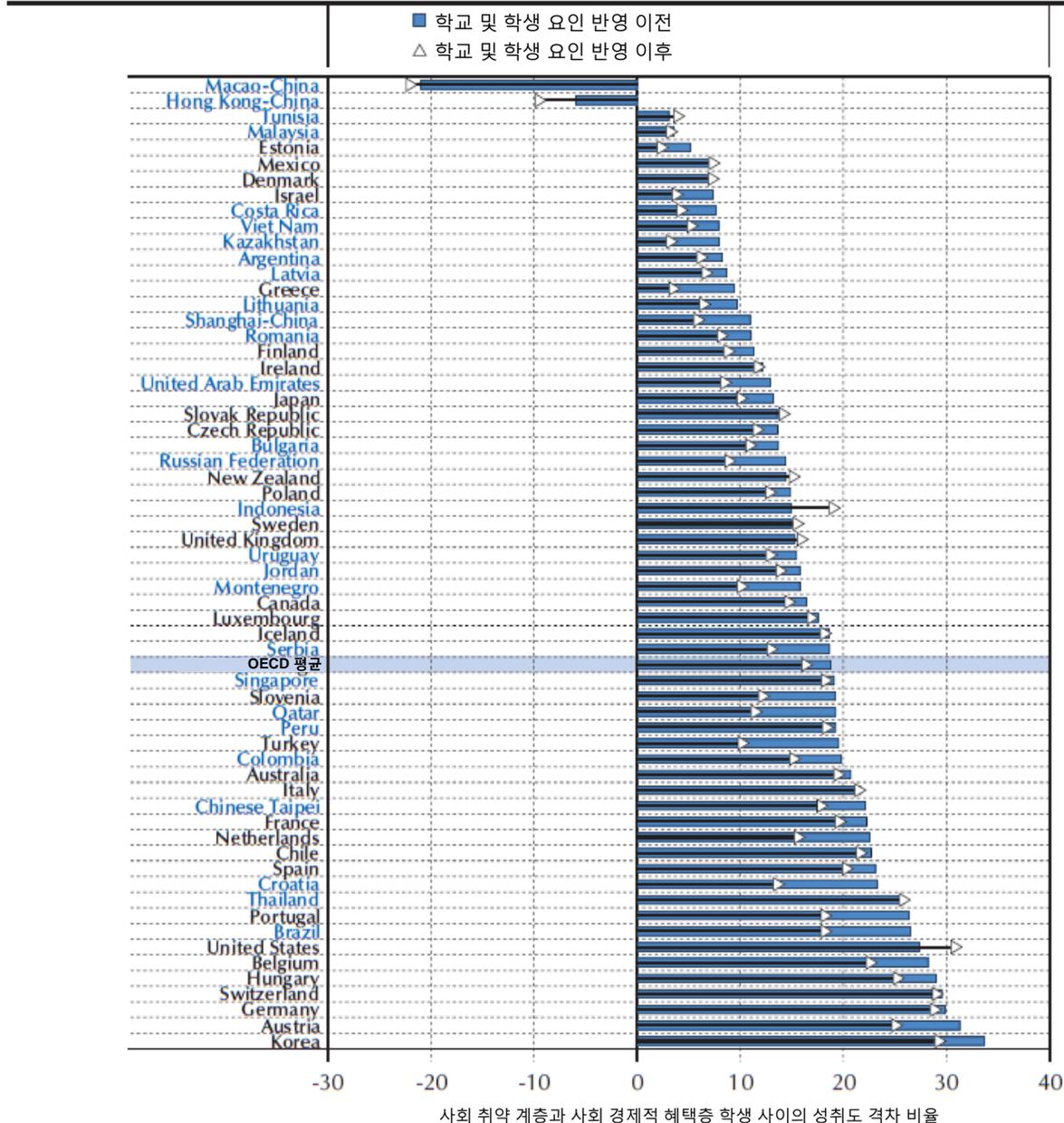
PISA의 개별 과제를 살펴보면 학습 기회가 사회 경제적 지위와 수학 소양 사이의 관계를 중재하는 방법을 확인할 수 있다. 그림 3.16에서는 사회 취약 계층 학생들이 전 과제에 걸쳐 다른 학생들보다 성취도가 떨어진다는 것을 보여주며, 특히 가장 어려운 과제에서 성취도가 저조하다는 것을 확인할 수 있다. 평균적으로 OECD 국가에서 사회 취약 계층 학생들은 평균 학생들보다 음반 차트 문제 1의 정답률이 23% 낮았고, 난이도가 높은 회전문 문제 2의 정답률은 70% 더 낮은 것으로 나타났다.

그림 3.16 또한 사회 취약 계층 학생들의 수학 친숙도가 상대적으로 저조할 경우 사회 경제적 지위에 의한 성취도 격차가 줄어든다는 것을 보여준다. 하지만 이 효과는 문제의 난이도에 따라 다르게 나타났다.

■ 그림 3.15 ■

사회 경제적 지위에 따른 수학 친숙도별 성취도 차이

사회 취약 계층과 사회 경제적 혜택층 학생 사이의 성취도 점수 차이 비율



사회 취약 계층과 사회 경제적 혜택층 학생 사이의 성취도 격차 비율

도표를 읽는 법: OECD 평균은 사회 경제적 혜택층 및 사회 취약 계층 학생들 사이의 수학 성취도 점수 차이의 19%가 수학 친숙도가 낮은 학생들에 의해 설명된다는 것을 보여준다. 이 비율은 학교 및 학생 요인 반영 이후 16%로 감소한다.

참고: "학교 및 학생 요인"은 다음과 같은 요인을 포함한다: 학생의 성별, 수학 학습시간, 학생의 외국인 여부, 농촌지역 학교 여부, 공립/사립여부, 인문계/실업계 여부, 학교의 선발 여부, 교사 지원, 인지 활성화 전략 및 규율적 분위기 지수.

사회 취약 계층 학생들은 해당 국가에서 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상 하위 25% 이내에 위치한 학생들이다. 사회 경제적 혜택층 학생들은 ESCS 상으로 상위 25%에 해당하는 학생들이다.

홍콩-중국과 마카오-중국에서는 사회 취약 계층 학생들의 수학 친숙도 결과가 더 높게 나왔기 때문에 비율이 음수로 제시되어 있다. 친숙도 차이를 제거할 경우 해당 권역의 사회 경제적 혜택층 학생들과 사회 취약 계층 학생들의 성취도 차이는 증가하는 것으로 나타났다.

이 표에서 국가 순서는 요인 반영 이전 사회 경제적 혜택층 학생과 사회 취약 계층 학생의 성취도 차이 비율을 오름차순으로 정렬한 것이다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.16.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377436>

■ 그림 3.16 ■

문항 난이도별 사회 경제적 지위와 수학 성취도

사회 경제적 취약 계층 여부에 따른 정답률의 변화

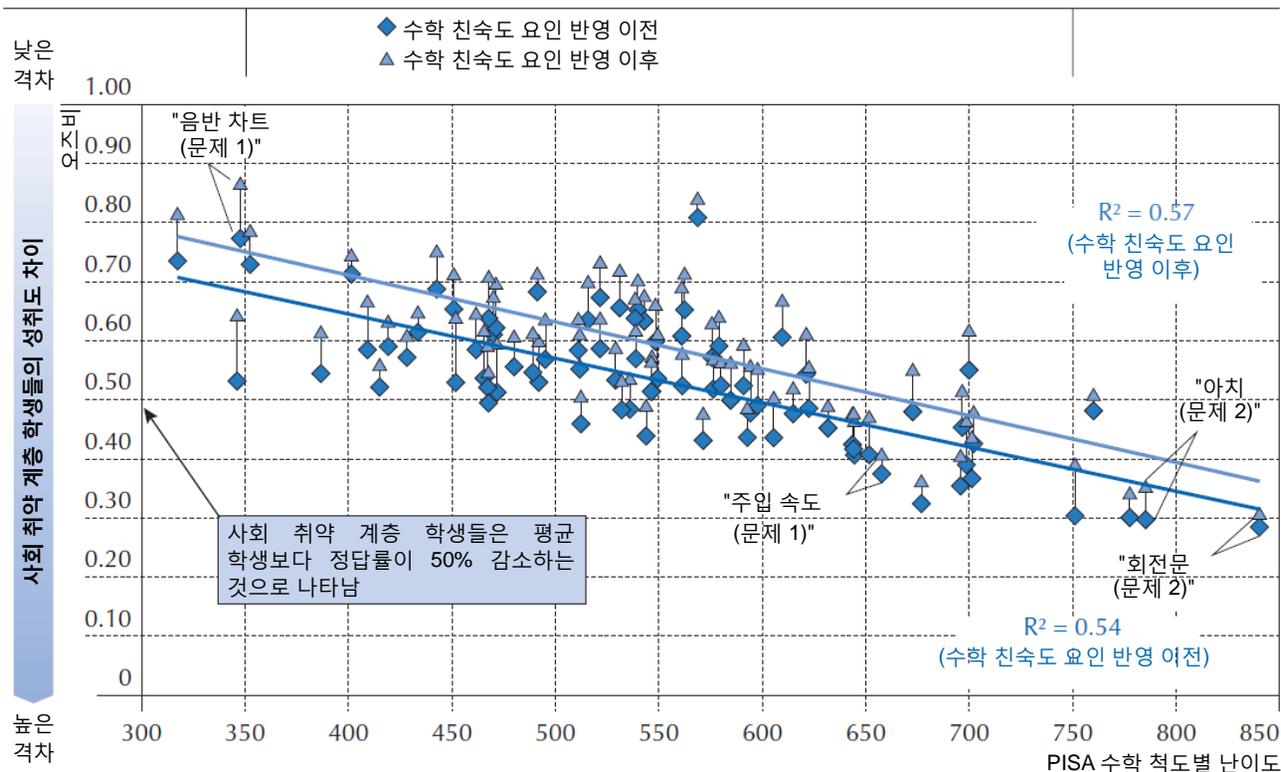


도표 읽는 법: 사회 경제적 지위에 대한 승산비가 1 일 경우 사회 취약 계층 학생들이 평균 학생과 정답률이 동등하다는 것을 보여주며, 0.5는 사회 취약 계층 학생들의 정답률이 50% 더 낮다는 것을 보여준다. 각 항목별로 삼각형과 마름모 사이의 거리가 학생 평균과 취약 계층 학생들의 성취도 격차에서 수학 친숙도 격차가 차지하는 비율을 보여준다.

참고: 이 보고서에 포함된 OECD 국가는 다음과 같다: 호주, 오스트리아, 플랑드르 (벨기에), 캐나다, 체코, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 독일, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 대한민국, 네덜란드, 폴란드, 슬로바키아, 스페인, 스웨덴, 미국, 그리스, 헝가리, 룩셈부르크, 뉴질랜드, 포르투갈, 슬로베니아, 스위스, 터키, 이스라엘, 아이슬란드

이 보고서에는 상기의 국가에서 시행된 항목만이 포함되어 있다.

문항 난이도의 최댓값은 0.62가 설정되었는데, 이는 수학 점수가 600점인 학생이 난이도 600에 해당하는 질문에 정답을 제시할 확률이 62%라는 것을 의미한다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.17.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377448>

예를 들어, 이 효과는 아치 문제 2에서 높게 나타나는데, 이 문제는 상대적으로 넓은 범위의 수학 능력을 활용하도록 하는 회전문 문제 2번보다 절차적 지식을 적용하도록 요구한다:

그렇다면 사회 취약 계층 학생들이 학교에서 개발할 기회가 적은 수학 능력에는 어떤 것이 있는가? PISA 수학 평가들에서는 학생들이 다양한 맥락에서 수학적 지식을 활용하는 데 필요한 수학 역량을 정의하였다(박스 3.3; OECD, 2013a). 이러한 역량은 서로 중복되는 경향이 있으며, 도전적인 문제를 푸는 데 다양한 역량을 동시에 사용할 필요가 있다.

박스 3.3. 기본 수학 능력

수학 평가들에서는 기본 수학 능력을 개인의 수학 지식과 능력을 적용하는 데 필요한 능력으로 정의하였다(OECD, 2013a). 이러한 능력은 기존 연구에서 제시한 수학 역량의 개념에서 도출되었다(Niss and Hojgaard, 2011). PISA 2012 에 사용된 평가들에는 기본 수학 능력을 다음과 같이 정의하고 있다:

- **의사소통:** 지문, 질문, 과제 및 목적의 이해, 해석, 읽기를 통한 상황파악과 이해의 촉진, 상황 설명 및 문제형성 등의 능력을 포함한다. 의사소통 능력은 또한 개인의 풀이 과정 및 논리 추론 과정을 설명하는 데에도 사용될 수 있다.
- **수학화:** 수학화는 현실 세계의 문제를 수학적 풀이가 가능한 형태로 재해석하거나 (재구성, 개념형성, 추정, 모델 형성 등) 수학적 풀이나 모델을 원본 문제에 따라 해석하거나 평가하는 능력을 의미한다.
- **표현:** 다양한 표현법을 선택, 해석, 변환 및 사용하여 상황 설명, 문제 해석, 혹은 풀이 과정 제시 등을 수행하는 능력이 포함된다. 이 때 사용되는 표현법에는 표, 도표, 도형, 공식 혹은 기타 자료 등이 포함된다.
- **추론과 논증:** 논리력에 기반하여 문제의 부분을 연결 및 해석하고 추론하거나 주어진 논점의 평가 혹은 문제 해결 및 논점의 근거 등을 제시하는 능력이 포함된다.
- **문제해결을 위한 전략 고안:** 개인이 문제를 정확하게 인식하고 해법의 수립 및 문제의 해결 전 과정에서 사용되는 비판적 사고방식이 포함된다. 또한 문제해결에 필요한 수학적 지식의 선택 및 계획, 전략 수립 및 시행 등을 포함한다.
- **상징적, 형식적 및 기법적인 언어와 조작의 사용:** 수학적 환경에서 상징, 형식 및 기술적 언어의 이해, 해석, 활용 및 사용 등이 포함되며 (방정식 과정 및 계산 포함) 정의, 규칙 및 형식체계나 알고리즘 등을 포함하는 형식적 개념을 활용하는 기술을 포함한다.

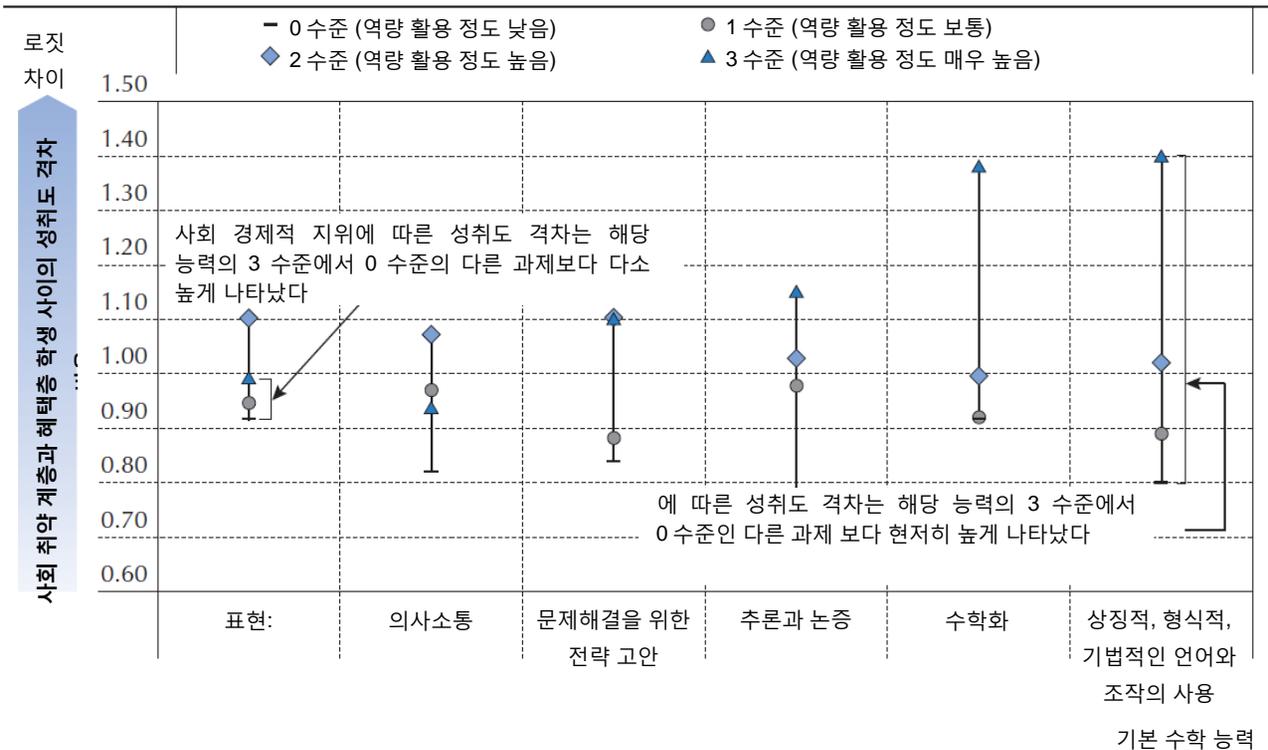
PISA 전문가들은 PISA 수학 과제를 분석하여 PISA 평가들의 6가지 능력이 사용되는 정도를 판단하였다. 본 연구에서는 이러한 능력의 조작적 정의 및 각 능력의 4 가지 수준을 설명하였고 각 능력의 중복성과 상호작용 정도를 고찰하였다(Turner, 2012). 이러한 분류를 실증적으로 평가한 결과, 6 개 능력은 문항 난이도의 변동을 70% 이상 예견하는 것으로 나타났다(Turner and Adams, 2012).

PISA 문항 개발에 참여한 수학 전문가들 또한 각 문항에 필요한 능력의 유형 및 수준에 따라 문항을 분류하였다(Turner, 2012). 그림 3.17에서는 사회 경제적 혜택층과 사회 취약 계층 학생들 사이의 성취도 차이가 "상징적, 형식적, 기법적인 언어와 조작의 사용" 능력과 "수학화" 능력(즉 현실 세계의 문제를 수학적 풀이가 가능한 형태로 구성하고, 수학적 풀이를 찾고, 원래 문제에 따라 해석하거나 평가하는 능력)의 활용이 요구되는 과제에서 더욱 큰 폭으로 나타났다는 것을 보여준다. 5장에서 논의하겠지만 사회 경제적 지위에 따른 성취도 격차를 완전히 상쇄하기 위해서는 사회 취약 계층 학생들이 기술적 및 절차적 수학 능력의 개발 기회를 장려하는 정책뿐 아니라 수학적 모델링 및 기호 언어를 사용하는 경험을 제공하는 정책에서 상당한 이득을 볼 것으로 예상된다.

■ 그림 3.17 ■

사회 경제적 지위와 기본 수학 능력별 PISA 수학 과제별 성취도

문제에서 요구되는 능력 수준에 따른 사회 취약 계층과 사회 경제적 혜택층 학생 사이의 로짓 차이, OECD 평균



참고: 사회 취약 계층 학생들은 해당 국가에서 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상으로 하위 25% 이내에 위치한 학생들이다.

사회 경제적 혜택층 학생들은 ESCS 상으로 상위 25%에 해당하는 학생들이다.

PISA 항목별 역량 및 수준에 관한 분류는 Turner (2012) 에서 인용하였다.

로짓은 정답률의 로그값을 나타낸다. 로짓이 0 일 경우 정답률이 50%에 해당한다. 로짓이 높음/낮을 경우 정답률이 높음/낮은 것을 의미하며, 그에 따라 해당 문제의 난이도가 낮음/높은 것을 의미한다.

이 도표에 제시된 모든 값은 통계적으로 유의하다.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 3.18.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377455>

PISA 수학 과제 예시

음반 차트

1월에 4U2 밴드와 불사조 밴드의 새로운 CD가 발표되었다. 2월에는 신기루 밴드와 오아시스 밴드의 CD가 발표되었다. 다음 그래프는 1월에서 6월까지 밴드의 CD 판매량을 보여준다.

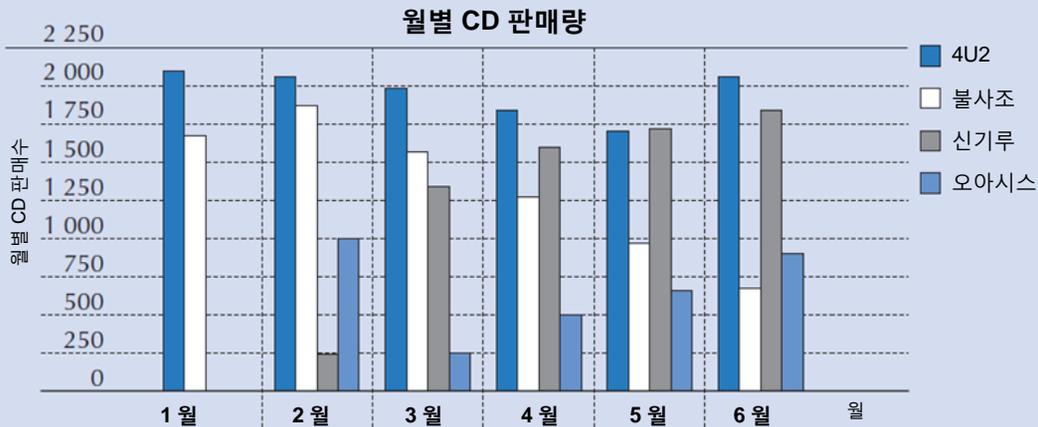


차트 - 질문 1

오아시스 밴드가 4월에 판매한 CD는 모두 몇 장인가?

- A. 250
- B. 500
- C. 1 000
- D. 1 270

점수 매기기

설명: 막대 그래프를 해석하시오

수학적 내용: 불확실성과 자료

맥락: 사회적

수학적 과정: 해석하기

만점

B. 500

점수 없음

기타 정답

무응답

주입 속도

정맥 주사는 환자에게 수분과 약물을 전달할 때 사용된다.
간호사는 정맥 주사의 주입 속도 D 를 계산해야 한다. 주입 속도는 1 분당 떨어지는 약물 방울 수이다.

간호사는 주입 속도 $D = \frac{dv}{60n}$ 로 계산하는데, 여기서

- d 는 1mL 당 약물 방울 수(강하울)이다.
- v 는 약물의 부피(mL)이다.
- n 은 약물을 주입하는 데 필요한 시간(단위: 시간)이다.



주입 속도 - 문제 1

간호사가 주입 시간을 두 배로 늘리고 싶다.
 N 을 두 배로 하고 d 와 v 는 그대로 두었을 때, D 가 어떻게 변하는지 자세히 쓰시오.

점수 매기기

설명: 특정 공식에서 한 변수를 두 배로 늘렸을 때 다른 변수가 일정하게 유지될 시 해당 변수의 변동을 설명한다.

수학적 내용: 변화와 관계

맥락: 직업적

수학적 과정: 이용하기

만점

효과의 방향성과 크기를 두 가지 모두를 나타내는 설명

- 반이 된다
- 1/2
- D 는 50% 줄어든다
- D 의 크기가 반이 된다

부분 점수

효과의 방향성과 크기 중 한 가지만 옳고, 둘 다 옳지는 않은 경우

- D 는 작아진다 [크기가 없음]
- 50% 변한다 [방향성이 없음]
- D 가 50% 더 커진다 [크기는 맞지만 방향성이 틀림]

점수 없음

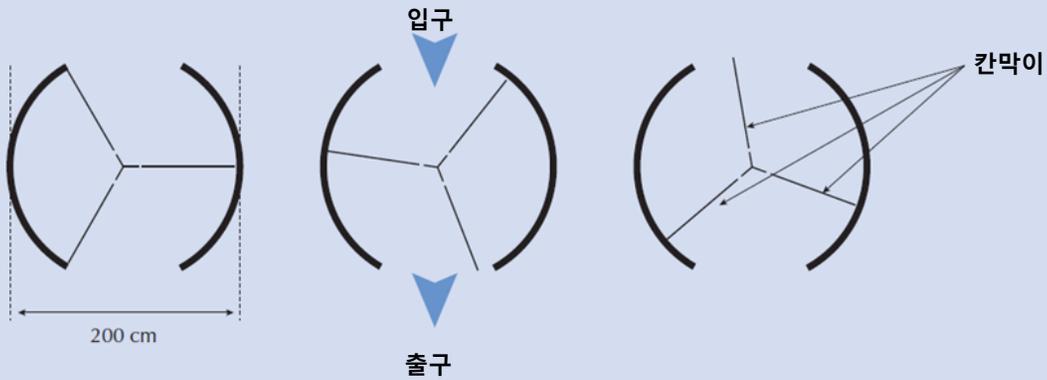
기타 정답

- D 는 두 배가 될 것이다 [크기와 방향이 모두 잘못된 경우]

무응답

회전문

회전문에는 원통형 공간 안에서 회전하는 칸막이 세 개가 들어 있다. 이 공간의 내부 지름은 2m (200cm)이다. 세 개의 칸막이는 내부 공간을 삼등분한다. 아래의 단면도는 서로 다른 세 가지 상태의 칸막이를 위에서 내려다 보았을 때의 모습이다.



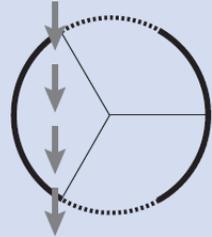
회전문 - 문제 2

출입구에서 개방되어 있는 두 부분(그림에서 점선으로 표시된 호 부분)의 크기는 같다. 이 부분이 너무 넓으면 칸막이가 밀폐된 공간을 만들 수 없고 입구와 출구 사이로 공기가 자유롭게 유입되어, 원치 않는 열 손실 또는 열 유입의 원인이 된다. 이것은 오른쪽 그림에 나타나 있다.

출구와 입구 사이에 공기가 자유롭게 유입되지 않으려면, 두 출입구의 호의 길이는 최대 몇 cm 가 되어야 하는가?

호의 최대 길이:cm

이 지점으로
공기유입이 가능



점수 매기기

설명: 호의 길이를 계산하기 위해 현실 세계의 상황에 대한 기하학적 모델 해석

수학적 내용: 공간과 모양

맥락: 과학적

수학적 과정: 형식화하기

만점

104 에서 105 사이의 값. [원주 ($100\pi/3$)의 $1/6$ 을 계산한 경우도 인정함. 또한 $\pi = 3$ 으로 계산하였다는 증거가 확실할 시 100 을 만점으로 인정. 참고: 100 을 정답으로 제출하였을 때 풀이과정이 제시되지 않았을 경우 반지름 (단일 날개문의 길이) 에 유추하여 추측한 것으로 간주.]

점수 없음

기타 정답

- 209 ["각각의 입구" 가 아닌 입구 크기의 전체를 적었을 경우]

무응답

참고:

1. 이 정보는 TIMSS 8학년 교육과정 설문 (Eight Grade Curriculum Questionnaire) 에 참여한 국가 및 경제 권역에서 보고한 정보로 이루어져 있다. 본 정보의 전체본은 다음의 URL 에서 확인할 수 있다:
<http://timss.bc.edu/timss2011/international-database.html>.
2. 학생의 정답률에 대한 로짓 변환은 정답률과 해당 항목의 난이도 사이에 존재하는 비선형관계를 감안한 방식으로 계산되었다(OECD, 2013c). 로짓이 0 일 경우 정답률이 50%에 해당한다; 로짓이 양수일 경우 정답률이 높다는 것을 의미하고, 음수일 경우 정답률이 낮다는 것을 의미한다.
3. 그림 3.2 에 제시된 각 분야별 평균 난이도는 다음과 같은 PISA 문항에 기반하였다: 변화 및 관계 8 문항; 양: 10 문항; 공간 및 도형 9 문항; 불확실성 및 데이터 7 문항.
4. 그림 3.5 에 제시된 결과를 이해하기 위해서는 각 학년 및 학교의 수업 시간과 PISA 평균 점수의 상관관계에 관한 다음과 같은 공식을 살펴볼 필요가 있다:

$$Score_{Mg} = \beta Hours_{Mg} + v_g + u_{Mg} \quad (1)$$

$$Score_{Rg} = \beta Hours_{Rg} + v_g + u_{Rg} \quad (2)$$

R 과 M 은 각각 PISA 읽기 및 수학 평균 점수를, g 는 같은 학교의 같은 학년에 있는 학생들의 평균을, v_g 는 교과 과목별로 차이가 존재하지 않는 학교 및 학년요인을, u 는 오차항을 의미한다.

(1)과 (2)의 차를 살펴보면:

$$\Delta Score_{Mg-Rg} = \hat{\beta} \Delta Hours_{Mg-Rg} + \Delta u_{Mg-Rg} \quad (3)$$

이와 같이 (3)에 제시된 1 단계 (고정 효과) 회귀분석은 학습시간과 PISA 점수 ($\hat{\beta}$) 사이의 상관관계를 각 학교 및 학년별 불변차를 반영하여 계산한다(v_g 는 1 과 2 의 미분 시 상쇄된다).

5. 규율적 분위기 지수는 수업 시간에 규율상의 문제로 인해 수업의 방해, 소음, 진행 불가 등의 상황이 발생하는 빈도에 대한 학생들의 자기보고를 요약하는 지수이다.
6. 그림 3.11 에 제시된 결과는 그림 3.5 에 제시된 결과와 비슷한 방식으로 얻은 것이다(4 번 참고사항 참조). 학년 및 학교별 학생들의 순수수학 노출도와 PISA 평균 점수의 상관관계는 다음의 공식을 이용하였다:

$$Score_{0s} = \beta Exposure_{0s} + v_s + u_{0s} \quad (1)$$

$$Score_{1s} = \beta Exposure_{1s} + v_s + u_{1s} \quad (2)$$

아래 첨자 0 과 1 은 학교 s 에 재학중인 0 학년과 1 학년 학생들의 평균점수를, v_s 는 학년별로 차이가 존재하지 않는 학교 요인을, u 는 오차항을 의미한다.

(1)과 (2)의 차이를 살펴보면:

$$\Delta Score_{1-0s} = \hat{\beta} \Delta Exposure_{1-0s} + \Delta u_{1-0s} \quad (3)$$

(3)에 제시된 1 단계 (고정 효과) 회귀분석은 순수수학 노출도와 PISA 점수 (A) 사이의 상관관계를 각 학교별 불변차이를 반영하여 계산하였다(v_s 는 1 과 2 의 미분 시 상쇄된다).

7. 이 장에 제시된 항목별 분석은 설문지에 기반한 항목으로 제한되었는데, 이는 해당 항목이 참여국에서 가장 널리 시행되었기 때문이다.
8. 아치 문제 2 번 항목은 공개 문항이 아니기 때문에 이 장의 끝에 첨부되지 않았다.

참고자료

Bellei, C. (2009), "Does lengthening the school day increase students' academic achievement? Results from a natural experiment in Chile", *Economics of Education Review*, Vol. 28/5, pp. 629-640, <http://dx.doi.org/10.1016/j.econedurev.2009.01.008>.

Berinderjeet, K., B.H. Yeap, M. Kapur and Y.B.H. Berinderjeet Kaur (2009), "*Mathematical problem solving: Yearbook 2009*", Association of Mathematics Educators (Singapore).

Carroll, J.B. (1963), "A model of school learning", *Teachers College Record*, Vol. 64/8, pp. 723-733.

Cosgrove, J., G. Shiel, N. Sofroniou, S. Zastrutzki and F. Shortt (2004), *Education for Life: The Achievements of 15-Year-Olds in Ireland in the Second Cycle of PISA*, Educational Research Centre, Dublin, Ireland.

Department for Education, UK Government (2013), "National curriculum in England: Mathematics programmes of study", <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-mathematics-programmes-of-study> (accessed 31 March 2016).

Dumay, X. and V. Dupriez (2007), "Accounting for class effect using the TIMSS 2003 eighth-grade database: Net effect of group composition, net effect of class process, and joint effect", *School Effectiveness and School Improvement*, Vol. 18/4, pp. 383-408, <http://dx.doi.org/10.1080/09243450601146371>.

Education Scotland (2011), "Curriculum for excellence factfile –Overview of key terms and features", http://www.educationscotland.gov.uk/Images/CfEFactfileOverview_tcm4-665983.pdf (accessed 31 March 2016).

French, D. (2004), *Teaching and Learning Geometry*, Continuum International Publishing Group, London, UK.

Freudenthal, H. (1968), "Why to teach mathematics so as to be useful", *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 1/1, pp. 3-8, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00426224>.

Gardiner, A. (2004), "What is mathematical literacy?", Paper presented at the 10th ICME (International Congress on Mathematical Education), Copenhagen, Denmark.

Ginsburg, A., S. Leinwand, T. Anstrom and E. Pollock (2005), "What the United States can learn from Singapore's world-class mathematics system (and what Singapore can learn from the United States): An exploratory study", *American Institutes for Research*, retrieved from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED491632.pdf>.

Gromada, A. and C. Shewbridge (2016), "Student Learning Time: A Literature Review," *OECD Education Working Papers*, No. 127, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jm409kqgkj-en>.

Kidron, Y. and S. Lindsay (2014), *The Effects of Increased Learning Time on Student Academic and Nonacademic Outcomes: Findings from a Meta-Analytic Review (REL 2014-015)*, US Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Regional Educational Laboratory Appalachia, Washington, DC, <http://eric.ed.gov/?id=ED545233> (accessed 31 March 2015).

Kim, J., I. Han, M. Park and J. Lee (2013), *Mathematics Education in Korea*, World Scientific, Singapore.

Lavy, V. (2015), "Do differences in schools' instruction time explain international achievement gaps? Evidence from developed and developing countries", *The Economic Journal*, Vol. 125/588, pp. F397-F424, <http://dx.doi.org/10.1111/eoj.12233>.

Lavy, V. (2012), "Expanding school resources and increasing time on task: Effects of a policy experiment in Israel on student academic achievement and behavior", Working Paper No. 18369, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.

- Lehrer, R.** and **D. Chazan** (1998), *Designing Learning Environments for Developing Understanding of Geometry and Space*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, New Jersey.
- Marcotte, D.E.** (2007), "Schooling and test scores: A mother-natural experiment", *Economics of Education Review*, Vol. 26/5, pp. 629-640, <http://dx.doi.org/10.1016/j.econedurev.2006.08.001>.
- Marcotte, D.E.** and **S.W. Hemelt** (2008), "Unscheduled school closings and student performance", *Education Finance and Policy*, Vol. 3/3, pp. 316-338, <http://dx.doi.org/10.1162/edfp.2008.3.3.316>.
- Ministry of Education of Singapore** (2012), "Mathematics syllabus - secondary one to four", Ministry of Education, Singapore.
- Niss, M.** and **T. Højgaard** (Eds.), (2011), *Competencies and Mathematical Learning: Ideas and Inspiration for the Development of Teaching and Learning in Denmark (IMFUFA tekst)*, Roskilde University, Roskilde, Denmark.
- OECD** (2014), *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do (Volume I, Revised edition, February 2014): Student Performance in Mathematics, Reading and Science*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208780-en>.
- OECD** (2013a), "Mathematics Framework", in OECD, *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-3-en>.
- OECD** (2013b), *PISA 2012 Results: What Makes Schools Successful (Volume IV): Resources, Policies and Practices*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201156-en>.
- OECD** (2013c), *Lessons from PISA 2012 for the United States, Strong Performers and Successful Reformers in Education*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264207585-en>.
- OECD** (2011), *Quality Time for Students: Learning In and Out of School*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264087057-en>.
- Park, H.** (2013), *Re-Evaluating Education in Japan and Korea*, Routledge, New York, NY.
- Pischke, J.-S.** (2007), "The Impact of length of the school year on student performance and earnings: Evidence from the German short school years", *The Economic Journal*, Vol. 117/523, pp. 1216-1242, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-0297.2007.02080.x>.
- Rivkin, S.G.** and **J.C. Schiman** (2015), "Instruction time, classroom quality, and academic achievement", *The Economic Journal*, Vol. 125/588, pp. 425-448, <http://dx.doi.org/10.1111/econj.12315>.
- Rosenberg-Lee, M.** and **M.C. Lovett** (2006), "Does practice and knowledge equal knowledge and practice?", *Unpublished manuscript*, <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/proceedings/2006/docs/p2053.pdf> (accessed 31 March 2016).
- Rowan, B., R. Correnti** and **R. Miller** (2002), "What large-scale survey research tells us about teacher effects on student achievement: Insights from the prospects study of elementary schools", *The Teachers College Record*, Vol. 104/8, pp. 1525-1567.
- Schmidt, W.H., N.A. Burroughs, P. Zoido** and **R.T. Houang** (2015), "The role of schooling in perpetuating educational inequality an international perspective", *Educational Researcher*, Vol. 44/7, pp. 371-386, <http://dx.doi.org/10.3102/0013189X15603982>.
- Schmidt, W.H., L.S. Cogan, R.T. Houang** and **C.C. McKnight** (2011), "Content coverage differences across districts/states: A persisting challenge for U.S. education policy", *American Journal of Education*, Vol. 117/3, pp. 399-427, <http://dx.doi.org/10.1086/659213>.

Schmidt, W.H., C.C. McKnight, R.T. Houang, H. Wang, D.E. Wiley, L.S. Cogan and R.G. Wolfe (2001), *Why schools matter: A cross-national comparison of curriculum and learning*, Jossey-Bass, San Francisco, CA.

Schmidt, W.H., P. Zoido and L. Cogan (2014), "Schooling matters", *OECD Education Working Papers*, No. 95, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5k3v0hldmchl-en>.

Schoenfeld, A.H. (2004), "The math wars", *Educational Policy*, Vol. 18/1, pp. 253-286, <http://dx.doi.org/10.1177/0895904803260042>.

Schoenfeld, A.H. (1994), "Special issue: What mathematics should students learn? What do we know about mathematics curricula?", *The Journal of Mathematical Behavior*, Vol. 13/1, pp. 55-80, [http://dx.doi.org/10.1016/0732-3123\(94\)90035-3](http://dx.doi.org/10.1016/0732-3123(94)90035-3).

Shiel, G. et al. (2007), *PISA Mathematics - A Teacher's Guide*, Department of Education and Science, Dublin, Ireland.

Sousa, S. and D.J. Armor (2010), "Impact of family vs. school factors on cross-national disparities in academic achievement: Evidence from the 2006 PISA survey", Research Paper 2010-25, George Mason University School of Public Policy, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1688131>.

Steen, L.A. (1990), *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*, National Academy Press, Washington, DC.

Turner, R. (2012), "Some drivers of test item difficulty in mathematics: An item analysis rubric", Paper presented at AERA Annual Meeting, April 2012, Vancouver, Canada.

Turner, R. and R.J. Adams (2012), "Some drivers of test item difficulty in mathematics: An analysis of the competency rubric", Paper presented at AERA Annual Meeting, April 2012, Vancouver, Canada.

학습 기회와 수학에 대한 태도

이 장에서는 학생들의 학습 기회와 수학에 대한 태도, 즉 수학에 대한 흥미 및 수학에 대한 자아 개념, 수학 불안감 등의 관계에 대해 탐색해보고자 한다. 또한 학생들의 수학에 대한 자아 개념에 영향을 줄 수 있는 교수 활동들과 동료 및 부모의 영향들에 대해 살펴 볼 것이다.

이스라엘에 대한 통계 자료는 이스라엘의 유관기관의 책임 하에 획득하였음을 알려드립니다. 이 보고서에서 사용된 통계 자료에는 골란 고원, 동예루살렘 및 서안 지구의 주권 및 기타 사항에 대한 어떠한 시사점도 포함되어 있지 않음을 알려드립니다.

"나는 모든 학생들이 수학을 좋아해서 수학 공부에 평생을 바치게 되는 것을 원하지도 않고, 그렇게 되리라고 생각하지도 않는다. 수학을 배우는 학생들 중 소수의 학생들만이 수학에 흥미를 느끼고 오랜 기간에 걸쳐 지속적으로 수학을 배우는 일과 관련된 일을 할 것이다. 하지만 모든 학생들에게... 수학의 즐거움과 그것이 가진 힘을 느끼게 해주어... 의무교육이 끝날 즈음에는 최소한 수학이 어떤 것인지, 그리고 얼마나 가치로운 것인지를 알 수 있었으면 한다."

- David Wheeler (1975, quoted in Cross, 2004)

수학에 대한 긍정적인 감정은 문제해결력과 밀접한 관련성이 있는 것으로 보인다. 사실상 수학에 대한 자신감, 호기심, 흥미 또는 열의가 전혀 없는 학생이 수학 소양을 획득하여 그것을 실생활에 적용할 가능성은 거의 없을 것이다(OECD, 2010; OECD, 2013b).

모든 학생들이 태어날 때부터 수학자의 자질을 가지고 태어나지 않는다 하더라도 학생들에게 수학적으로 사고하는 능력을 가르칠 필요는 있다. 올바른 인식 없이 가정에서 수 놀이 기회가 거의 없었던 초등학생들은 산술연산 개념을 이해하는 데 어려움을 느낄 수 있다. 이러한 학생들은 이후 대수를 이해하는 데에도 어려움을 겪게 될 것이다. 수학 수업에서 성취감과 같은 긍정적인 감정들을 느낄 수 있도록 촉진시키는 것은 다양한 연령의 학생들로 하여금 수학의 논리적 배경을 배우도록 하고 인생에서 수학의 가치와 역할을 인식하도록 하는데 도움을 줄 수 있다.

데이터로 본 상황

- 2012 년 OECD 국가에서는 평균적으로 38%의 학생들이 수학을 좋아하기 때문에 수학을 배운다고 응답하였고, 53%의 학생들이 학교에서 배우는 수학에 흥미가 있다고 응답하였다. 남학생들 (54%) 보다 여학생들 (65%) 이 수학 시간에 잘 할 수 있는지에 대해 걱정한다고 응답하였고, 사회 경제적 지위가 낮은 집단의 학생들이 다른 학생들보다 수학을 못한다고 생각할 확률이 높은 것으로 나타났다.
- 수학에 대한 친숙도로 측정된 고등 수학 개념에 대한 노출도는 일반적으로 성취수준이 낮은 학생들에게는 낮은 자아 개념/높은 불안감을, 성취수준이 높은 학생들에게는 높은 자아 개념/낮은 불안감을 초래하는 것으로 나타났다.
- 동료 관계에서 수학을 열심히 하는 학생들과 가까운 관계일수록 해당 학생의 수학에 대한 자아 개념이 향상될 수 있는 반면, 성취수준이 높은 친구들과 자기 자신을 비교함으로써 수학에 대한 자아 개념이 저하될 가능성도 있다.
- 평균적으로 OECD 국가에서 성취도가 높은 학생들 중 부모가 수학을 좋아하지 않는다고 응답한 학생들은 부모가 수학을 좋아한다고 응답한 학생들보다 어려운 수학 문제를 풀 때 아무에게도 도움을 받지 못한다고 느낄 가능성이 73% 높은 것으로 나타났다.
- 성취수준별로 상이한 수학 과제를 학생들에게 부여하거나 소그룹 활동에 중점을 두는 교사에게 배우는 학생들은 다른 학생들에 비해 수학에 대한 자아 개념이 더 높은 것으로 나타났다.

정책적 시사점

- 수학 교육과정과 그것을 운영하는 교사들은 학생들에게 도전적인 과제를 부여함과 동시에 성취수준이 낮은 학생들에게는 수학에 대한 자신감을 높이면서 불안감을 낮추기 위한 노력이 필요하다..
- 학교장 및 교감과 교사들은 교실 내의 경쟁과 석차 정보 등을 사용하는 데 주의를 기울일 필요가 있다, 왜냐하면 학생들의 수학적 자아 개념은 다른 학생들에 비해 자신이 얼마나 수학에 대해 친숙한지에 의해 큰 영향을 받기 때문이다.
- 학부모는 수학 불안감에 대한 자신의 역할을 올바르게 알고 있어야 하며, 자녀가 수학 학습에 대한 동기를 가질 수 있도록 도와 주어야 한다.
- 교사-학생 간 구체적인 소통에 대한 훈련은 교사들로 하여금 수학에 대한 친숙도가 낮은 학생들에게 효과적인 피드백을 제공하도록 하는 데 도움을 줄 수 있다.

이전 주기의 PISA 분석결과에 따르면, 수학에 대한 학습 기회 (OTL) 가 학생들의 성취도 뿐 아니라 수학에 대한 긍정적인 태도와도 관련이 있는 것으로 나타난다. 예를 들어, 순수수학과 응용수학 문제를 해결하는 것에 대한 학생들의 자신감은 교실에서 유사한 문제를 얼마나 자주 접하는지와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타난다(OECD, 2013b). 이러한 결과에 기초하여, 이 장에서는 학습 기회와 수학에 대한 태도의 세가지 측면 간 어떠한 관련성이 있는지에 대해 중점적으로 분석해보고자 한다(다음 제시된 각각의 심리적 구인에 대한 정의 및 측정과 관련하여 박스 4.1 을 참조할 것):

- 수학 학습에 대한 내적 및 도구적 동기
- 수학에 대한 자아 개념
- 수학 불안감

그림 4.1 에서는 수학 노출도와 수학 성취도 및 수학에 대한 태도 간 관계에 대하여 분석한 결과를 보여준다. 교실에서 수학을 연습할 기회는 학생의 수학 성취도와 정적인(+) 관계에 놓인 것으로 보인다(3장); 또한, 연습을 통해 학생의 수학에 대한 흥미와 자신감을 높이고 수학에 대한 불안감을 감소시키는 효과도 확인할 수 있다. 이때 수학 과제의 유형 및 난이도는 학생들의 수학에 대한 태도와 직접적인 관련성이 있는 것으로 보이지만, 변인 간 관계의 방향이 음의 부호인지 양의 부호인지는 명확하지 않다. 한편, 어려운 문제를 많이 접한 경우 수학의 추론 과정에 능숙한 학생들의 흥미와 수학 자신감이 자극될 수 있는 반면, 수학 성취도가 낮은 학생들에게 복잡한 수학 문제를 풀도록 하는 것은 학습 부담을 높이는 결과를 초래할 수 있는 것으로 보인다.

이 장에서는 수학 학습 기회와 수학에 대한 태도 간 관계에 영향을 미치는 매개변인(mediators)들의 효과에 대해서도 살펴 보고자 한다. 예를 들어, 동료 집단 특성, 부모의 수학에 대한 태도와 교사 및 교수 방법 등 교수 관련 변인들이 수학에 대한 노출도와 학생의 동기부여, 자신감 및 불안감의 관계에 영향을 미칠 수 있다.

박스 4.1. 수학에 대한 태도 분석 결과

학생의 수학에 대한 태도를 측정하기 위해 PISA 2012 학생 설문은 67 개의 문항으로 구성되어 있으며, 이러한 문항을 통해 10 개의 수학 태도 관련 지수가 산출되었다. 이 장에서는 다음 제시된 지수와 지표들에 대해 살펴 보고자 한다.

1) 수학에 대한 내적 동기 및 도구적 동기

- 수학에 대한 내적 동기(수학에 대한 흥미)는 학생들이 수학 활동 그 자체에서 느끼는 즐거움으로 인한 학습에의 동기를 측정한다. 수학에 대한 내적 동기는 학생들이 다음과 같이 제시된 설문 문항에 대해 “매우 그렇다”, “그렇다”, “그렇지 않다”, “전혀 그렇지 않다” 중 어느 곳에 응답하였는지를 토대로 하여 산출된다. a) 나는 수학에 관한 글을 읽는 것을 좋아한다. b) 나는 수학 수업 시간이 기다려진다. c) 나는 수학을 좋아하기 때문에 수학 공부를 한다 d) 나는 수학에서 배우는 것들에 대해 흥미가 있다.
- 수학에 대한 도구적 동기는 학생들이 수학을 배우는 이유가 이후의 학업이나 직업 선택에 도움을 주기 때문으로 인식하는 정도를 측정한다. 수학에 대한 도구적 동기는 학생들이 다음과 같이 제시된 설문 문항에 대해 “매우 그렇다”, “그렇다”, “그렇지 않다”, “전혀 그렇지 않다” 중 어느 곳에 응답하였는지를 토대로 하여 산출된다.: a) 수학을 열심히 하는 것은 장래에 내가 하고 싶은 일에 도움이 되기 때문에 가치가 있다. b) 수학 공부는 나의 경력(전망, 기회)을 향상시키기 때문에 가치가 있다. c) 수학은 나중에 내가 공부하고 싶은 것을 하는 데 필요한 중요한 과목이라고 생각한다. d) 내가 직업을 얻는 데 도움이 되는 많은 것들을 수학에서 배울 수 있을 것이다.

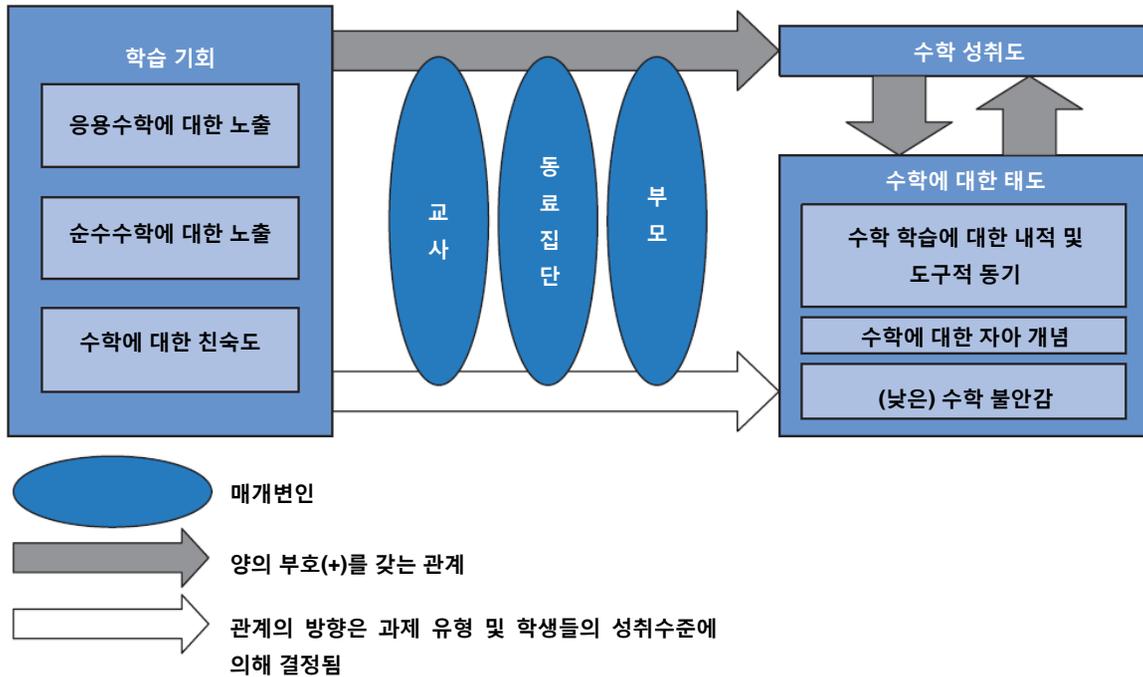
2) 수학에 대한 자아 개념은 자신의 수학 능력에 대한 학생들의 신념으로 측정한다. 수학에 대한 자아 개념 지수는 학생들이 다음과 같이 제시된 설문 문항에 대해 “매우 그렇다”, “그렇다”, “그렇지 않다”, “전혀 그렇지 않다” 중 어느 곳에 응답하였는지를 토대로 하여 산출된다.: a) 나는 그냥 수학을 잘하지 못한다. b) 나는 수학에서 좋은 성적을 받는다. c) 나는 수학을 빨리 배운다. d) 나는 항상 수학이 내가 가장 잘하는 과목 중의 하나라고 믿어 왔다. e) 나는 수학 수업 시간에 아주 어려운 내용까지도 이해한다.

3) 수학 불안감은 학생이 어려운 문제를 만났을 때 느끼는 절망감과 스트레스의 정도를 측정한다. 수학적 불안감 지수는 학생들이 다음과 같이 제시된 설문 문항에 대해 “매우 그렇다”, “그렇다”, “그렇지 않다”, “전혀 그렇지 않다” 중 어느 곳에 응답하였는지를 토대로 하여 산출된다.: a) 나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다. b) 나는 수학 숙제를 해야 할 때 매우 긴장된다. c) 나는 수학 문제를 풀 때 매우 긴장한다. d) 나는 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낀다. e) 나는 수학에서 성적이 나쁠까 봐 걱정된다.

모든 설문 문항에 대한 학생들의 응답은 그 값이 클수록 측정 구인에 대한 높은 수준을 나타낼 수 있도록 코딩되었으며, 측정 구인별 지수의 평균이 0, 표준편차가 1 이 되도록 척도가 제작되었다.

■ 그림 4.1 ■

학습 기회와 수학에 대한 태도 간 직접적·간접적 관계



국가 및 하위 집단별 수학 학습 동기와 자아 신념의 차이

전세계 많은 국가에서는 자국 학생들로 하여금 수학에 관심을 갖게 하여 수학을 배우기 위한 동기를 높이기 위해 노력하고 있다. 그림 4.2 에 나타난 바와 같이, 2012 년 OECD 국가에서는 평균적으로 38%의 학생들만이 수학을 좋아하기 때문에 수학을 배운다고 응답하였고, 오스트리아에서는 24%의 학생들만이 수학을 공부하는 것이 좋다고 응답하였다. 이와는 대조적으로 인도네시아와 태국에서는 70% 이상의 학생들이 수학을 배우는 것이 좋다고 응답하였다.

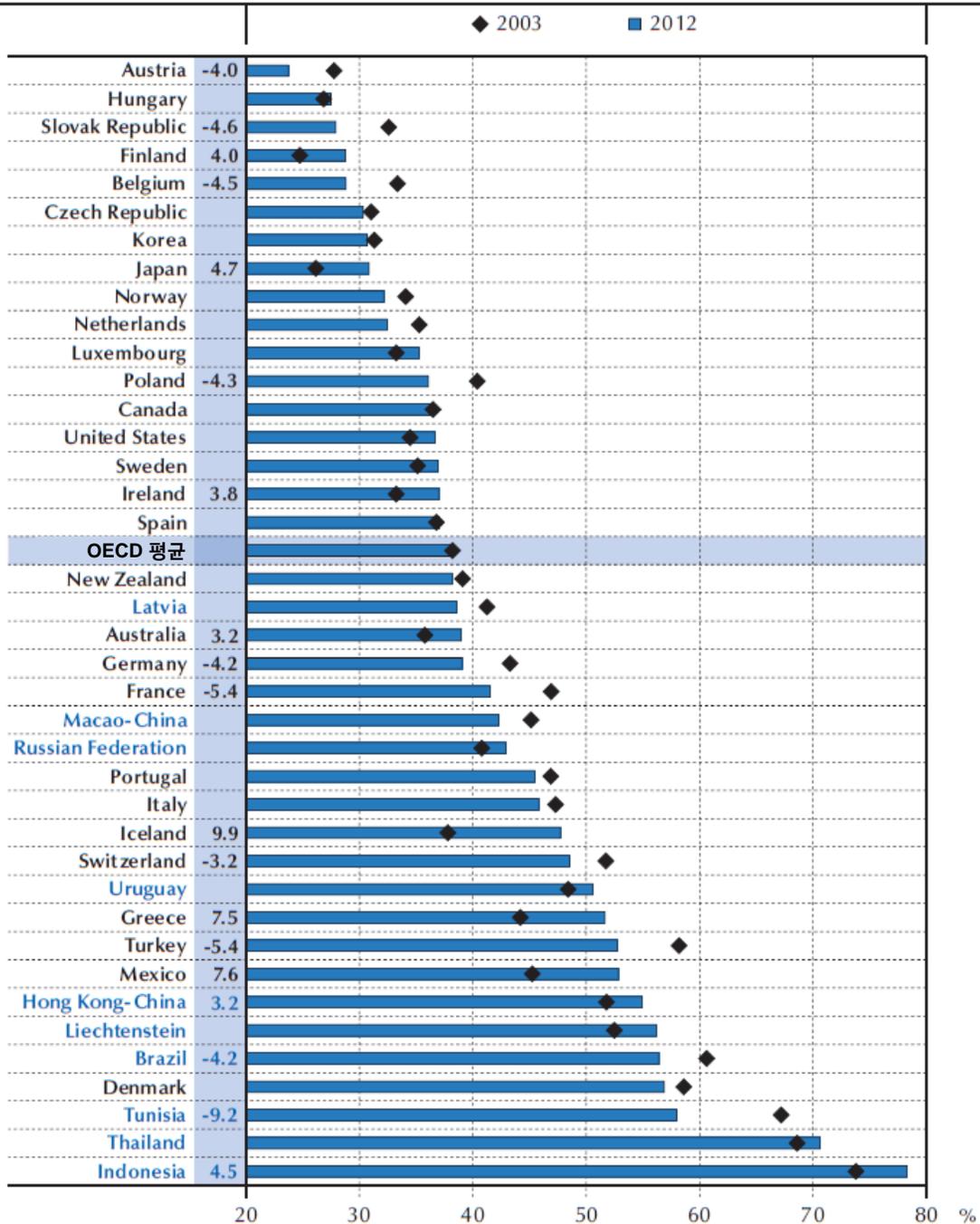
수학이 즐겁다고 응답한 학생의 비율은 핀란드, 그리스, 아이슬란드, 인도네시아, 일본, 멕시코에서 2003 년과 2012 년 사이 4% 이상 증가한 것으로 나타났다. 또한 학생들은 학교에서 배우는 수학에 대해 어떻게 느끼는지 물었을 때 수학을 즐기기도는 관심이 있다고 응답하는 경향이 더 높게 나타났다. 2012 년 기준 평균적으로 OECD 국가에서 53%의 학생들이 수학 시간에 배우는 것들에 흥미가 있다고 응답하였고, 이는 2003 년에 조사한 결과와 유사하게 나타났다(표 4.1). 2003 년과 2012 년 사이 수학에 흥미가 있다고 응답한 학생의 비율은 그리스에서 14% 증가하였지만 슬로바키아에서는 22% 낮아졌음을 알 수 있다.

학생들이 자신의 수학 능력에 대한 신념(수학에 대한 자아 개념)은 학생의 학습 태도에 큰 영향을 미치게 되는데, 특히 어려운 문제를 풀 때 이러한 경향이 심화되는 것으로 보인다(Bandura, 1977). PISA 2012 결과에 따르면, OECD 국가에서 평균적으로 43%의 학생들이 수학을 잘하지 못한다는 문항에 “그렇다” 또는 “매우 그렇다”고 응답하였으며, 59%의 학생들이 수학에서 좋은 성적을 받는다고 응답하였다, 37%의 학생들은 수학 수업 시간에 아주 어려운 내용까지도 이해할 수 있으며, 52%의 학생들이 수학을 빨리 배운다고 응답하였다. 38%의 학생들이 수학을 가장 잘 할 수 있는 과목 중 하나라고 응답한 것으로 조사되었다(표 4.5a).

■ 그림 4.2 ■

수학에 흥미가 있다고 응답한 학생의 비율 변화(2003 년과 2012 년 결과 비교)

“나는 수학을 좋아하기 때문에 수학 공부를 한다” 에 “그렇다” 또는 “매우 그렇다”고 응답한 학생 비율



참고: PISA 2003 과 PISA 2012 주기 간 비교 가능한 자료가 있는 국가만이 포함되어 있음. 위 그림의 OECD 평균은 PISA 2003 및 2012 에 모두 참여한 국가들을 기준으로 산출됨.

2003 년과 2012 년 응답 결과 간 통계적으로 유의한 차이를 보이는 경우에 한하여 국가명 우측에 그 차이를 표시함.

“나는 수학을 좋아하기 때문에 수학 공부를 한다” 는 설문 문항에 “그렇다” 또는 “매우 그렇다”고 응답한 학생들의 비율에 따라 오름차순으로 정렬됨.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.1.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377468>

이러한 응답은 국가 및 경제 권역별로 차이가 있는 것으로 나타난다. 알바니아, 아르헨티나, 인도네시아, 대만, 태국에서는 학생의 60% 이상이 수학을 잘하지 못한다고 응답하였고, 덴마크, 이스라엘 및 베트남에서는 30% 미만의 학생들이 수학을 잘하지 못한다고 응답하였다.

학생들의 수학 능력에 대한 낮은 신념은 특정 집단에서 더 높게 나타나는 것으로 보인다. 그림 4.3 에 나타난 결과를 통해, 사회 취약 계층 학생들이 다른 학생들보다 수학을 잘하지 못한다고 인식하는 비율이 높음을 알 수 있다. 특히 불가리아, 프랑스, 그리스, 리히텐슈타인, 포르투갈, 튀니지에서 사회 경제적 격차로 인한 수학에 대한 자아 개념의 격차가 25%를 초과하는 것으로 나타났다. 학업 능력에 있어 사회 취약 계층 학생들의 자신감이 낮은 것과 그들의 성취도가 상대적으로 저조하게 나타나는 현상 간의 관련성이 어느 정도 명확하게 나타난다. 그러나 수학에 대한 부정적인 경험을 가진 학생들이 특정 학교에 많을 경우, 해당 학교의 학생들에게 사회 경제적 취약성과 수학적 자신감 사이의 부정적 상관관계를 강화시키는 "전염 효과" 가 발생할 수 있다.

학생들이 자신의 학업 능력에 대해 부정적인 관점을 갖고 있는 경우 수학에서도 불안감을 느낄 확률이 높다. 수학에 대한 불안감은 이르면 초등학교 시기에서부터 발생할 수 있으며, 대부분의 경우 수학이 어려운 과목이라는 사회적 인식에 의해 촉발된다(Beilock and Willingham, 2014). 수학 불안감은 다양한 증상을 수반할 수 있는데, 약한 무기력증과 같은 비교적 가벼운 증상부터 고통과 같은 심각한 생리적 반응을 초래할 수 있다(Ashcraft and Moore, 2009). 이처럼 수학 불안감이 높은 학생들은 불안감으로 인해 인지 능력이 과부하됨에 따라 수학 성취도가 오히려 더 낮게 나타나는 편이다(Maloney and Beilock, 2012).

PISA 분석 결과는 수학 불안감이 특정 개인이나 어느 한 국가에 국한되는 현상이 아님을 보여준다. OECD 국가 중 약 59%의 학생들이 수학 수업에 어려움을 겪을 것이라고 걱정하는 것으로 나타났다. 특히 남학생보다 여학생들이 수학 불안감이 더 클 것으로 조사되었다. 평균적으로 OECD 국가에서 2012년에는 54%의 남학생과 65%의 여학생이 수학 수업에 대해 걱정하고 있다고 보고한 바 있다(그림 4.4). 덴마크, 핀란드, 리히텐슈타인에서는 이러한 수학 불안에 대한 성별 차이가 20% 이상 나타났다.

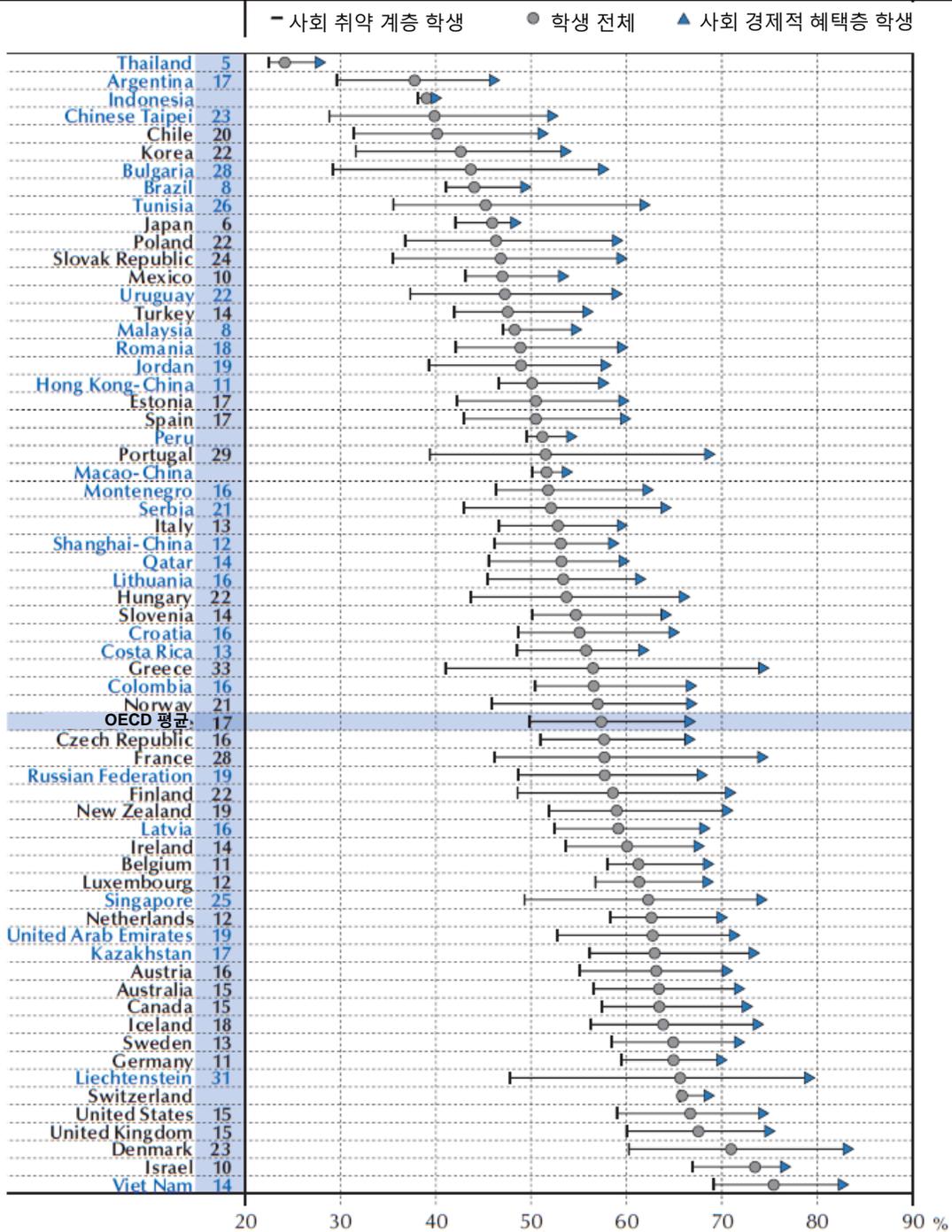
실수하는 것에 대한 두려움은 영재 여학생들 사이에서 성취도를 저하시키는 요인으로 작용할 수 있으며, 이것은 학생들이 "평가 상황에서 숨이 막히는" 경험을 하기 때문인 것으로 보인다(OECD, 2015a). 이와 같이 여학생들과 여성에서 나타나는 수학 불안에는 다양한 원인이 있다. 여러 국가에서 여학생들에게 기대치가 낮고 수학이 "남성적인" 교과라는 편견이 여학생들의 수학 불안을 초래하는 것으로 나타났다. 실제로 이러한 인식은 능력 있는 여성들과 그들이 높은 수학 성취수준에 이르는 데 가장 큰 장애물이 될 수 있다(Lavy and sand, 2015).

수학에 대한 태도, 신념 및 감정에 대한 중요성은 학습 맥락 외에도 다양한 분야에도 영향을 미친다. 학생들의 진학 및 직업에 대한 결정은 수학 과제를 해결할 수 있는 능력에 대한 자신감에 상당한 영향을 받을 수 있기 때문이다(Hackett and Betz, 1995). 2012년 기준으로 여학생들과 사회 취약 계층 학생들은 의무교육이 끝난 이후 추가적인 수학 수업을 받고자 하는 의지가 평균보다 높게 나타났다(그림 4.5).

■ 그림 4.3 ■

학생의 사회 경제적 지위에 따른 수학에 대한 자아 개념

"나는 수학을 잘하지 못한다" 에 "그렇지 않다" 또는 "전혀 그렇지 않다"고 응답한 학생 비율



참고: 사회 취약 계층 학생들은 해당 국가에서 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상으로 하위 25% 이내에 위치한 학생들로 정의됨. 사회 경제적 혜택층 학생들은 ESCS 상으로 상위 25% 내에 속한 학생들임.

사회 취약 계층 학생들과 낮은 집단에 속한 학생들 간 통계적으로 유의한 차이를 보이는 경우에 한하여 국가명 우측에 그 차이를 표시함.

"나는 수학을 잘하지 못한다" 라는 설문 문항에 "그렇지 않다" 또는 "전혀 그렇지 않다"고 응답한 학생들의 비율에 따라 오름차순으로 정렬됨.

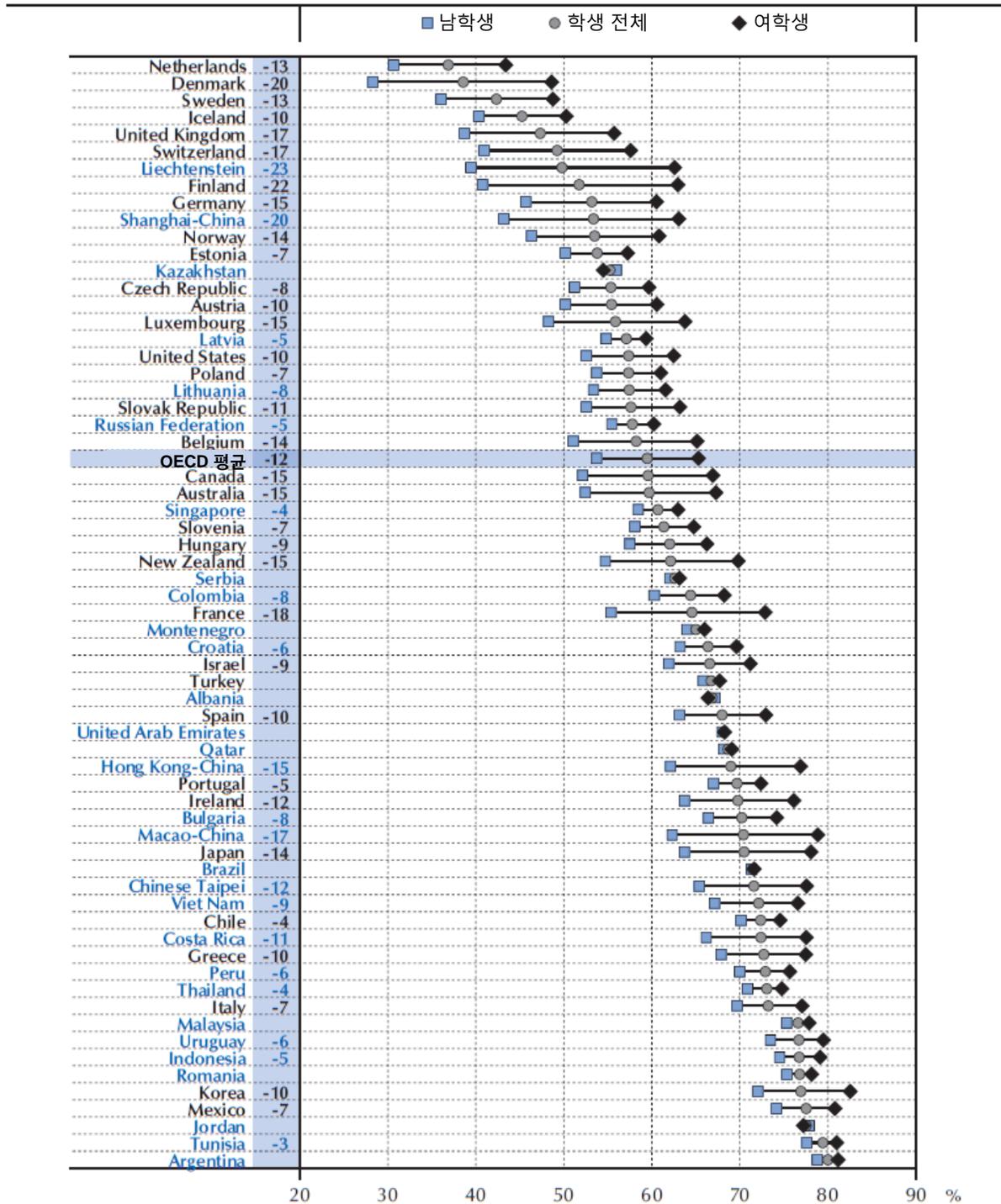
출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.2.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377470>

■ 그림 4.4 ■

학생의 성별에 따른 수학 불안감

"나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다"에 "그렇다" 또는 "매우 그렇다"고 응답한 학생 비율

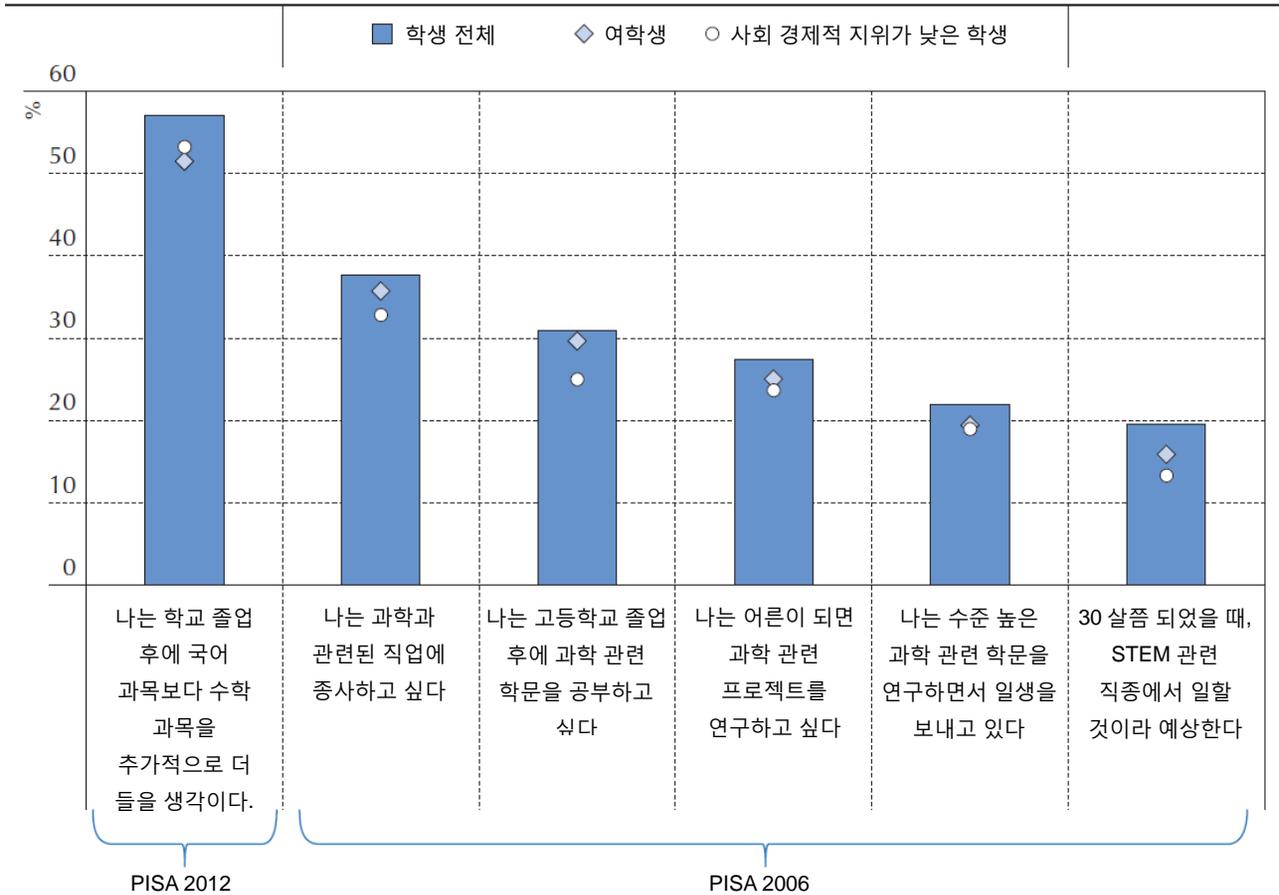


참고: 남학생과 여학생 간 통계학적으로 유의한 차이를 보이는 경우에만 국가/경제 권역 이름 옆에 그 차이를 수치로 나타냄.
 사회 경제적 혜택층 학생과 사회 취약 계층 학생 간 통계학적으로 유의한 차이를 보이는 경우에 한하여 국가명 우측에 그 차이를 표시함.
 "나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다" 라는 설문 문항에 "그렇다" 또는 "매우 그렇다"고 응답한 학생들의 비율에 따라 오름차순으로 정렬됨.
 출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.3.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377487>

■ 그림 4.5 ■

학생의 성별 및 사회 경제적 지위에 따른 STEM 분야에 대한 학습계획, 동기, 직업 전망
 제시된 설문 문항에 “그렇다” 또는 “매우 그렇다”고 응답한 학생 비율 및 OECD 평균



참고: 사회 취약 계층 학생들은 해당 국가에서 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상 하위 25% 이내에 위치한 학생들로 정의됨.

STEM은 과학, 기술, 공학 및 수학 (science, technology, engineering, mathematics)의 조합을 의미함.

출처: OECD, PISA 2006 and 2012 Databases, Tables 4.4a, b and c.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377493>

직업 전망과 관련한 PISA 2006 결과에 의하면 학교에서 수학에 대해 부정적인 태도를 형성할 확률이 높은 학생들, 즉 여학생들과 사회 취약 계층 학생들은 과학 계열 진로를 정할 가능성도 낮은 것으로 나타났다. 예를 들어 평균적으로 OECD 국가에서 19%의 학생들이 STEM (과학, 기술, 공학 및 수학) 분야 전문직으로의 진학을 예상한 것으로 나타났다(그림 4.4c). 또한 사회 취약 계층 학생들 중 단지 13%만이 STEM 관련 진로를 희망하는 것으로 조사되었다. 이러한 학생들은 취업 과정의 출발점부터 수학을 많이 사용하는 직종들을 포기할 가능성이 높다. 이와 유사하게 수학 능력에 대한 남녀 성차 편견으로 인해 과학 및 공학 분야의 전문 직종에서 여성의 비율이 낮게 나타나는 현상이 지속되고 있음을 알 수 있다(OECD, 2015a).

학습 기회와 수학에 대한 태도 간 관계

순수수학에 대한 노출, 수학에 대한 친숙도 및 수학에 대한 태도

학생들에게 비교적 어려운 주제들을 제시할 경우, 이러한 도전적인 과제를 다룰 수 있는 준비가 되어 있는 학생들에게는 수업 태도와 자아 개념을 제고하는 기회가 될 수 있지만 도전적인 과제에 대한 준비가 부족한 학생들은 자신감이 더욱 낮아질 수 있다. 수학 수행에 있어 수학에 대한 태도가 갖는 중요성을 인식하고 있는 국가에서는 수학 교육과정에 수학에 대한 긍정적인 태도를 함양할 수 있도록 돕는 다양한 활동들을 포함시키고 있다(박스 4.2 참조).

그림 4.6에서는 순수수학 과제(일차방정식과 이차방정식)에 대한 노출도가 다양한 수학적 자아 개념에 대한 측정치들과 어떠한 관련성이 있는지 보여 준다. OECD 평균적으로 순수수학에 더 자주 노출된 학생들(순수수학에 대한 노출도가 1 단위가 높아질 때)은 수학을 잘하지 못한다는 문항에 동의하지 않을 확률이 30% 이상으로 나타났다.

박스 4.2. 교육과정 목표로서 수학에 대한 긍정적인 태도의 함양

수학에 대한 태도와 수학 노출도 사이의 관계를 이해하게 되면서 많은 국가에서는 수학에 대한 긍정적인 태도의 함양을 수학 교육과정의 목표 중 하나로 포함시키고 있다. 가령 호주의 새로운 수학 교육과정에서는 "학생 스스로 학습에 대한 동기를 갖고 자신감 있는 학습자가 될 수 있도록 교사가 도와야 한다고 안내하고 있다 [이탈릭 강조는 본 저자의 결정에 의해 추가됨]" (ACARA, 2016).

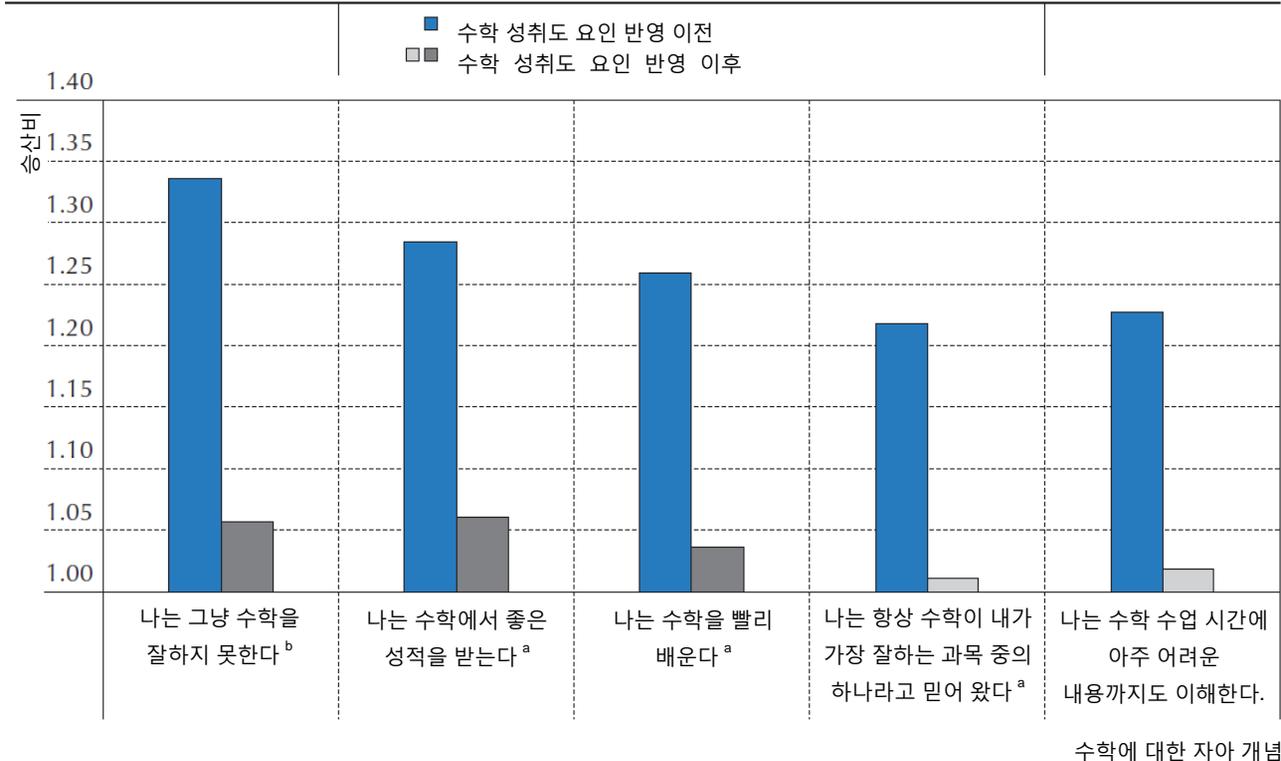
대한민국의 2007년 및 2011년 개정 수학 교육과정에서도 수학에 대한 긍정적인 태도 개발에의 필요를 비롯하여 여러 새로운 목표를 소개한 바 있다. 이러한 움직임은 기존 교육과정에서 수학을 가르칠 때 지나치게 인지적 측면을 강조하고 수학에 대한 태도를 부가적인 것으로 간주하였다는 인식에서 비롯되었다. TIMSS와 PISA 결과에 따르면, 대한민국 학생들은 문제해결력에서 꾸준히 우수한 성적을 보이는 반면 수학에 대한 자신감 및 흥미는 상대적으로 낮게 나타났다(Li and Lappan, 2014). 2011년 수학 교육과정 개정을 통해 일부 내용을 삭제하거나 조정하여 학생들의 학습 부담을 덜고, 창의력과 자기주도적 수업 활동의 비중을 늘리는 방식으로 학생들의 수학 학습에 대한 동기와 흥미를 높이고자 하였다(Lew et al., 2012).

수학에 대한 태도는 싱가포르의 수학 교육과정 체제의 5개 핵심 요소 중 하나이다(Ministry of Education of Singapore, 2012). 싱가포르의 교육 체제에서는 수학교육이 학생들의 수학에 대한 태도를 긍정적으로 개발할 수 있도록 지원하고 있다. 즉, 수학의 가치, 수학을 배우는 것에 대한 흥미와 즐거움, 수학 문제 해결에 대한 자신감과 끈기 등을 강조하고 있다. 이와 유사하게 홍콩의 중학교 수학 교육과정에서도 수학에 대한 긍정적인 태도를 함양하는 데 목표를 두고 있다(Mullis et al., 2012).

■ 그림 4.6 ■

순수수학에 대한 노출도와 학생들의 자아 개념

순수수학에 대한 노출도가 1 단위 증가할 때 수학에 대한 자아 개념 관련 설문 문항에 (a) "그렇다/매우 그렇다" 또는 (b) "그렇지 않다/전혀 그렇지 않다" 라고 응답할 확률의 변화



수학에 대한 자아 개념

도표 읽는 방법: "나는 수학을 빨리 배운다" 는 문항의 승산비가 1.26 이라는 것은 순수수학에 대한 노출도가 평균보다 표준 편차 1 이상 높은 학생들은 자신이 수학을 빨리 배우는 것에 동의할 비율이 순수수학에 대한 노출도가 낮은 학생에 비해 26% 높음을 의미함.

참고: 순수수학에 대한 노출도는 대수 (일차방정식 및 이차방정식) 관련 지식을 요하는 수학 과제에 대한 학생들의 자기보고식 경험을 토대로 하여 측정됨. 통계적으로 유의한 승산비는 진하게 표시됨. 수학 성취도 요인 반영 이전 값들은 모두 통계적으로 유의함.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.5b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377507>

그들은 또한 수학에서 좋은 성적을 받고 있으며, 수학을 빠르게 배우는 편으로 수학을 잘 할 수 있는 과목 중 하나라고 생각하면서 어려운 수학 내용까지도 이해할 수 있다고 응답할 확률이 순수수학에 대한 노출도가 상대적으로 낮은 학생들에 비해 20% 더 높은 것으로 조사되었다.

그러나, 학생들의 수학 성취수준을 고려하면 수학 과제에 대한 노출도와 자아 개념 간 관계의 강도가 약해진다. 비슷한 성취도를 보인 학생 중 순수수학에 대한 노출도가 높았던 학생은 수학을 잘하지 못한다는 문항에 동의하지 않는 응답 비율이 6% 더 높았으며, 수학 성적이 좋다는 문항에 긍정적으로 응답한 비율이 6%, 어려운 수학 내용까지도 이해할 수 있으며 수학을 빠르게 배우는 편이다 및 수학을 가장 잘 할 수 있는 과목 중 하나라고 응답한 비율이 4% 더 높은 것을 확인할 수 있었다(그림 4.6). 수학 성취수준을 고려할 경우, 순수수학에 대한 노출도는 전체 국가 및 경제 권역 중 절반 정도에서 수학에 대한 자아 개념과 관련이 없는 것으로 나타났다(표 4.5b).

이러한 결과로부터 수학 성취도가 수학에 대한 노출도와 수학에 대한 자아 개념 사이의 긍정적인 관계를 설명하고 있음을 알 수 있다(그림 4.1 참조). 성취수준이 높은 학생들은 순수수학에 대한 노출도가 높고 수학에 대해 긍정적인 태도를 보일 가능성이 높은 것으로 나타났다. 수학 성취도 요인을 반영할 때, 순수수학에 대한 노출도가 1 단위 증가할 때 카자흐스탄, 요르단, 튀니지에서 수학적 자아 개념이 0.2 단위 이상 증가한 반면(OECD 평균 표준편차의 20%에 해당), 벨기에, 덴마크, 마카오-중국, 네덜란드 및 스위스에서는 수학에 대한 자아 개념이 낮아지는 것으로 나타났다(표 4.6).

수학 성취수준의 매개효과는 수학에 대한 자아 개념과 *수학에 대한 친숙도* 간 관계에서 더욱 명확하게 나타난다. 그림 4.7 에서 볼 수 있듯, 평균적으로 OECD 국가에서 *수학에 대한 친숙도*가 1 단위 증가할 때 *수학에 대한 자아 개념* 지수가 수학 성취도를 반영하지 않을 경우 표준편차의 10% 만큼 높아진 반면, 성취수준이 유사한 학생들을 비교할 때 표준편차의 10% 정도 낮아 지는 것으로 나타났다. 특히, 오스트리아, 독일, 리히텐슈타인에서는 학생의 성취수준을 반영할 경우 *수학에 대한 친숙도* 지수가 1 단위 증가하면 *수학에 대한 자아 개념* 지수는 표준편차의 20% 수준 이상 낮아지는 것을 확인할 수 있다. *수학에 대한 친숙도*가 벡터, 복소수, 합동 도형 등 15 세 학생들의 수준보다 비교적 어려운 내용들을 측정함에 따라 대부분의 국가에서 이러한 어려운 주제에 대한 노출이 학생들의 수학에 대한 자아 개념에 부정적인 영향을 주는 것으로 보인다.

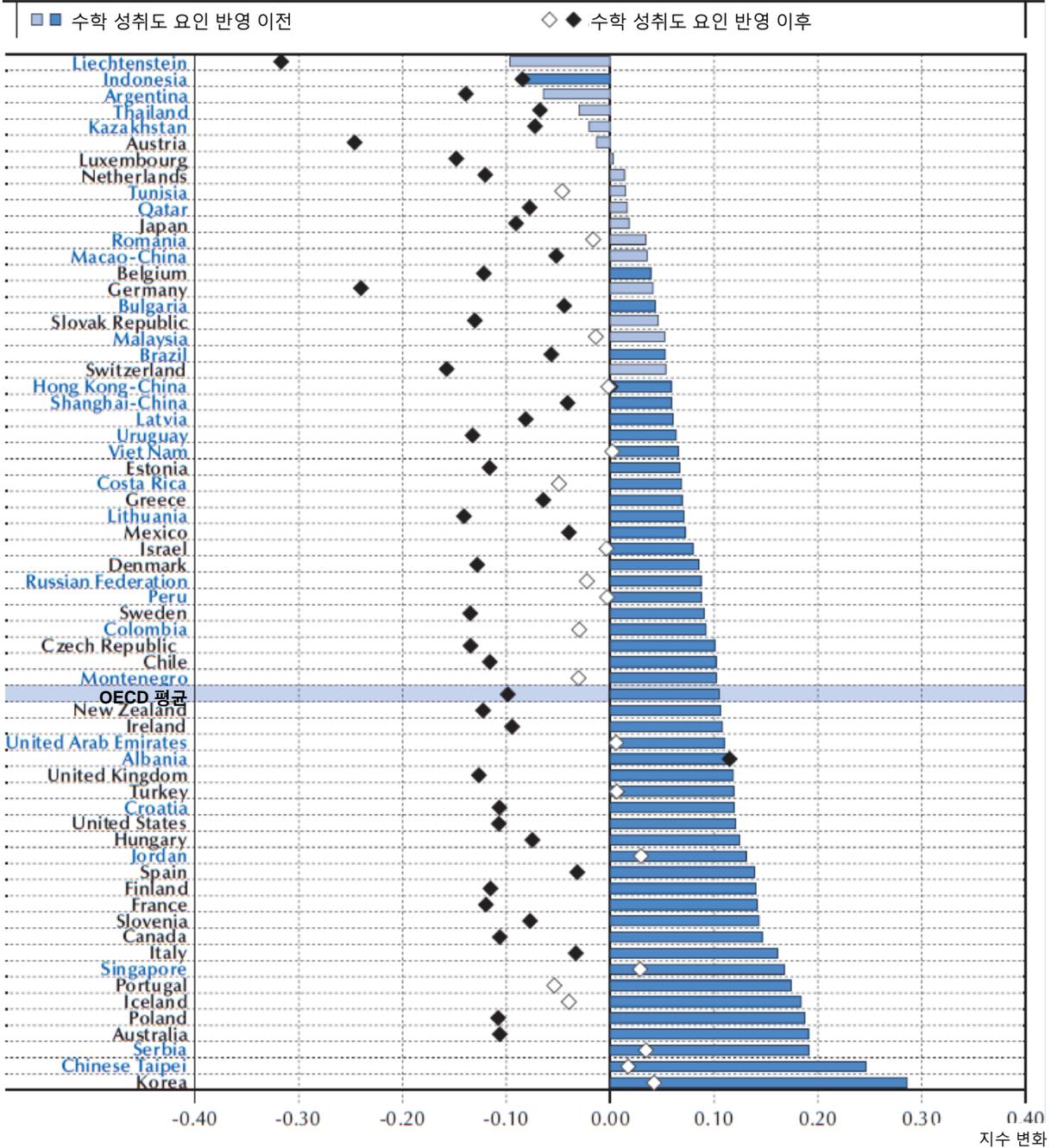
*순수수학에 대한 노출도*로 측정하는 순수수학에 대한 노출도 또한 준비가 부족한 학생들에게는 수학 불안감을 증대시키는 원인이 될 수도 있다. 평균적으로 OECD 국가에서 순수수학에 대한 노출도가 높은 학생들은 비슷한 성취도의 학생들 중 노출도가 상대적으로 낮은 학생들보다 수학에서 나쁜 점수를 받을까봐 걱정이라고 응답할 확률이 14% 더 높았고, 수학 수업이 어려울까봐 걱정할 확률과 수학 문제를 풀 때 불안해지는 것을 걱정할 확률이 각각 8% 및 4% 더 높은 것으로 나타났다(그러나 수학 숙제를 할 때 긴장한다고 응답할 가능성은 2% 낮게 나타났다) (표 4.8b).

또한 그림 4.8 에 제시된 결과에 따르면, *수학에 대한 친숙도*로 측정한 복잡한 수학 개념에 대한 노출도가 높을수록 성취수준 분포상 하위 25%의 학생들은 높은 수준의 수학 불안감을, 상위 25%의 학생들은 낮은 수준의 수학 불안감을 갖게 됨을 알 수 있다. 호주, 오스트리아, 캐나다, 체코, 프랑스, 대만 등에서 *수학에 대한 친숙도*가 1 단위 상승할 때 성취수준이 낮은 집단에 속한 학생들의 수학 불안감이 높아지는 것은 표준편차의 10% 보다 크게 나타났다. 비슷한 맥락에서 알바니아, 홍콩-중국, 헝가리, 말레이시아, 페루, 슬로베니아, 루마니아, 세르비아, 콜롬비아 등에서는 수학에 대한 친숙도가 높아지면 성취수준이 높은 집단에 속한 학생들의 수학 불안감이 1 표준 편차의 10%에 해당하는 수치 이상으로 낮아지는 것을 알 수 있다. 수학 성취도 분포의 전 영역에 걸쳐 순수수학에 대한 노출도와 수학 불안감 간 관계에 대해 유사한 패턴이 나타났다.

■ 그림 4.7 ■

수학 친숙도와 수학에 대한 자아 개념 간 관계

수학 친숙도 지수가 1 단위 상승할 때 나타나는 수학에 대한 자아 개념 지수의 변화



참고: 수학에 대한 자아 개념 지수는 다음 설문 문항에 어느 정도 동의하는지에 대한 응답에 기초하여 산출됨: "나는 그냥 수학을 잘하지 못한다"; "나는 수학에서 좋은 성적을 받는다"; "나는 수학을 빨리 배운다"; "나는 항상 수학이 내가 가장 잘하는 과목 중의 하나라고 믿어 왔다"; "나는 수학 수업 시간에 아주 어려운 내용까지도 이해한다".

수학에 대한 친숙도는 수학 개념 (지수함수, 약수, 이차함수 등)의 친숙도에 대한 자기보고식 경험을 측정하는 13개 설문 문항에 대한 학생들의 응답 결과를 토대로 하여 산출됨.

통계적으로 유의한 값들은 진하게 표시됨.

수학 성취도 요인 반영 이전 수학에 대한 친숙도와 수학에 대한 자아 개념 간 관계가 오름차순으로 정렬됨.;

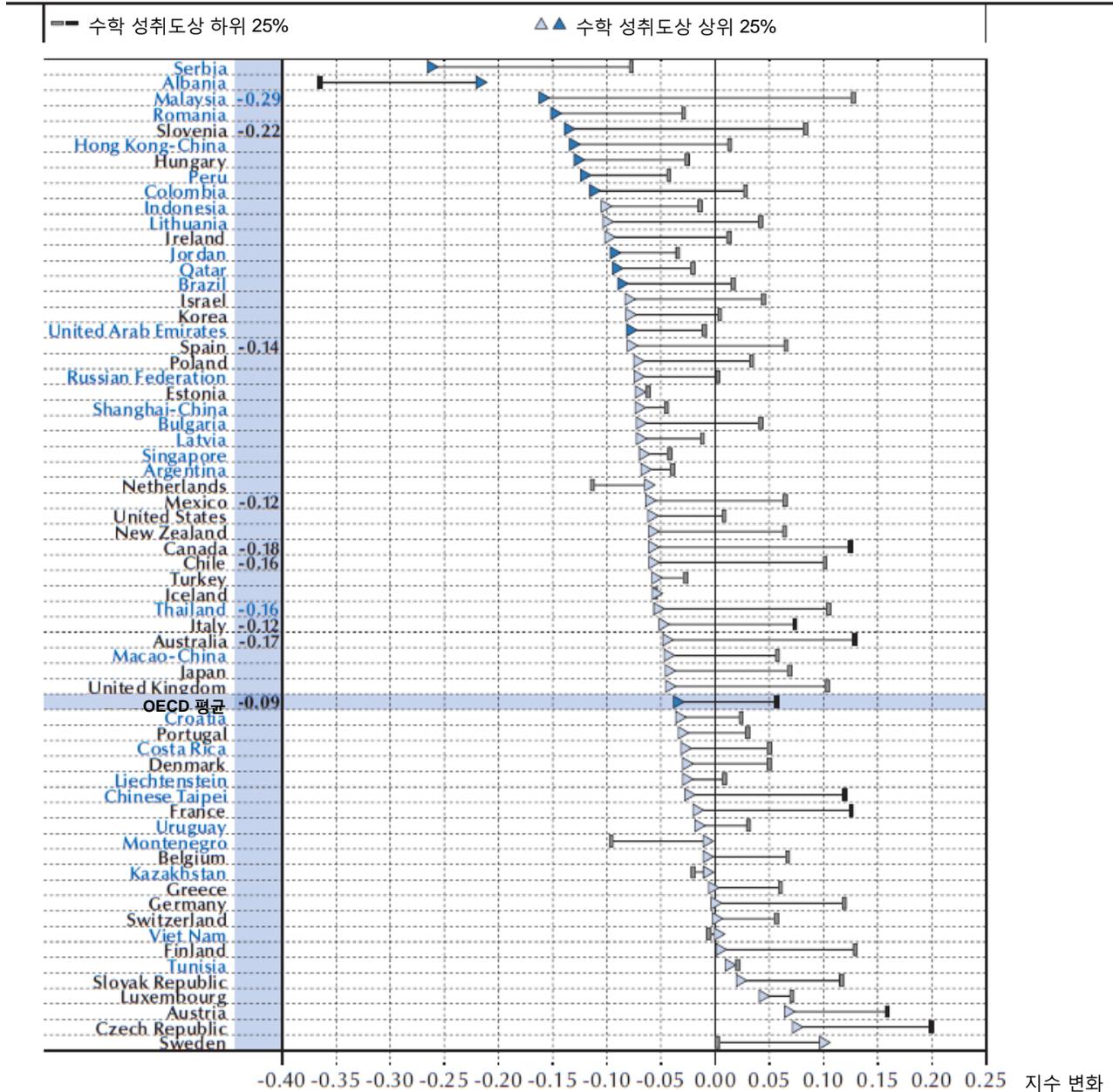
출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.6.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377511>

■ 그림 4.8 ■

성취수준별 수학 친숙도 및 수학 불안감

성취도 상위 및 하위 25% 집단에서 수학에 대한 친숙도가 1 단위 상승할 때 나타나는 수학 불안감의 변화



참고: 수학 불안감 지수는 다음 설문 문항에 어느 정도 동의하는지에 대한 응답에 기초하여 산출됨: "나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다"; "나는 수학 숙제를 해야 할 때 매우 긴장된다"; "나는 수학 문제를 풀 때 매우 긴장한다"; "나는 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낀다"; "나는 수학에서 성적이 나쁠까 봐 걱정된다". 수학에 대한 친숙도는 수학 개념 (지수함수, 역수, 이차함수 등)의 친숙도에 대한 자기보고식 경험을 측정하는 13개 설문 문항에 대한 학생들의 응답 결과를 토대로 하여 산출됨.

수학 성취수준에 따른 상위 집단과 하위 집단 간 통계적으로 유의한 차이를 보이는 국가에 한하여 국가명 우측에 그 차이를 표시함.

가용한 데이터가 있는 국가만을 포함함.

성취수준 상위 25% 기준으로 평균 지수 변화의 오름차순으로 정렬됨.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.10b.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377524>

프랑스에서는 성취수준이 높은 집단과 낮은 집단에서 공통적으로 일차방정식과 이차방정식 등 순수수학 과제에 대한 경험이 많을수록 수학 불안감이 높아지는 것으로 보고되었다(표 4.10b).

결과적으로 수학 학습 기회, 수학 성취도 및 태도 간 관계에 대한 분석을 통해 도전적인 수학 과제에 대한 경험이 학생들의 수학 성취도를 향상시키는 데 어느 정도 도움이 될 수 있음을 알 수 있다(3장). 동시에 그러한 경험은 특히 성취수준이 낮은 집단의 학생들에게는 수학에 대해 부정적인 태도와 자아 신념을 형성시키는 역효과를 초래할 수 있다. 5 장에서는 이러한 분석 결과들이 갖는 정책적 시사점에 대해 논의하고, 수학 교육과정과 교육과정을 학교 현장에 실행하는 교사들이 수학 수업에 도전적인 요소를 다룸과 동시에 특히 성취수준이 낮은 학생들의 수학에 대한 자신감을 진작시키고 불안감을 낮추는 방안들을 고려해야 한다는 것을 시사한다.

응용수학에 대한 노출 및 수학에 대한 태도

이상에서 언급한 내용과는 대조적으로, 학생들이 실생활 맥락에서 수학적 지식을 적용하여 문제를 해결하는 것에 대한 연습은 학습 기회를 확장시킴과 동시에 수학적 자아 신념을 강화시킬 수 있는 방법이 될 수 있다. 평균적으로 OECD 국가에서 맥락적 수학 문제 (차트에 나타난 동향 분석 등: 1장 참조)에 대한 경험이 많은 학생들은 이러한 문제에 대한 경험이 상대적으로 부족한 학생들에 비해 *수학에 대한 자아 개념*에서 평균 대비 표준편차의 10% 이상 높은 점수를 보이는 것으로 나타났다(그림 4.9). 오스트리아, 불가리아, 크로아티아, 룩셈부르크 및 몬테네그로에서는 맥락적 수학 문제 대한 대한 경험이 많은 학생들의 수학적 자아 개념이 표준편차의 25% 이상으로 나타났다(표 4.7a).

수학 성취도 요인을 고려할 경우 *응용수학에 대한 노출*도로 측정할 수 있는 비교적 단순한 응용수학 과제에 대한 학생들의 연습 효과는 수학 불안감에 대해 추상적인 개념에 대한 노출과는 다른 형태의 영향을 주는 것으로 보인다. 평균적으로 OECD 국가에서 *수학에 대한 친숙도*와 *순수수학에 대한 노출*도로 측정되는 비교적 어려운 수학 개념에 대한 낮은 노출은 학생들의 수학 성취수준을 고려할 때 수학 불안감을 증가시키는 것으로 보인다(표 4.9). 이와 대조적으로 응용수학에 대한 노출도와 수학 불안감의 관계는 수학 성취도 요인을 포함하여 분석하였을 때 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

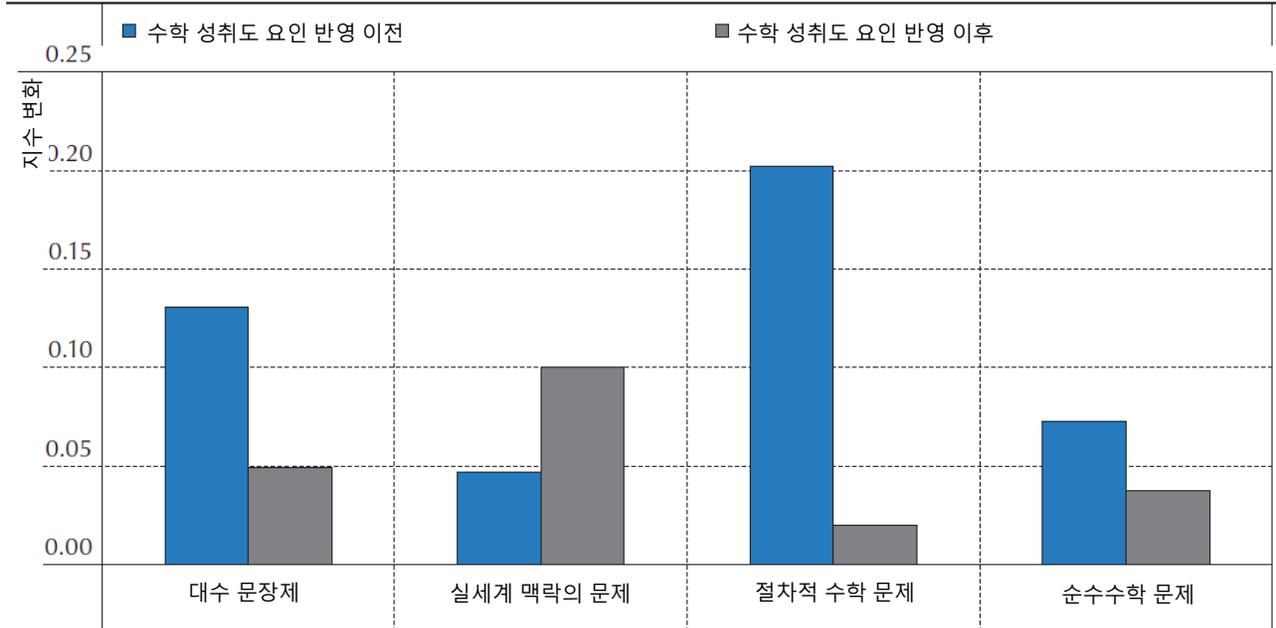
수학 평가와 불안감

수학 불안감은 수업 시간에 수학에 노출되는 빈도 외에도 수학 평가와도 관련이 있을 수 있다(Reys et al., 2014). 수학 불안감은 수학 시험이 시간 제한이 있는 고부담 검사의 형태로 시행될 때 수학 성취도를 저하시키는 요인으로 작용한다(Ashcraft and Moore, 2009). 평균적으로 OECD 국가에서 학생들은 학교 시험에서 순수수학 문제들에 노출되는 빈도가 높을 경우 *수학 불안감*이 더 높게 나타나는 것으로 보인다(표 4.7d; 이러한 과제들에 대한 예시는 1장 참조).

■ 그림 4.9 ■

수학 수업에서의 수학 노출도와 학생들의 자아 개념 간 관계

수학 수업에서 수학 개념에 노출되는 빈도 상승에 따른 수학에 대한 자아 개념의 변화, OECD 평균



참고: 수학에 대한 자아 개념은 다음 설문 문항에 어느 정도 동의하는지에 대한 응답에 기초하여 산출됨: "나는 그냥 수학을 잘하지 못한다"; "나는 수학에서 좋은 성적을 받는다"; "나는 수학을 빨리 배운다"; "나는 항상 수학이 내가 가장 잘하는 과목 중의 하나라고 믿어 왔다"; "나는 수학 수업 시간에 아주 어려운 내용까지도 이해한다".

수학 과제 예시는 1 장을 참조하기 바람.

위 그래프에 제시된 값들은 모두 통계적으로 유의함.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.7a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377533>

학생들은 수업 시간에 연습할 기회가 없었던 주제들이 시험에 나오게 되면 불안감을 느낄 확률이 높아지게 된다. 평균적으로 OECD 국가에서 약 10%의 학생들이 수업 시간보다 시험 상황에서 더 자주 대수 문장제를 접한다고 응답하였다; 영국 학생들의 17%가 수업 시간보다 시험에서 순수수학에 대한 문제를 더 많이 접한다고 응답하였다(표 4.7e).

그림 4.10에서는 평균적으로 OECD 국가에서 성취도 요인을 반영할 경우 순수수학 및 응용수학 과제를 수업 시간보다 평가 상황에서 더 자주 노출된 학생들이 평균보다 표준 편차의 10% 이상 더 높은 불안감을 느끼는 것으로 보고하고 있다. 오스트리아에서는 이러한 학생들이 표준 편차의 30% 이상의 수준으로 더 높은 불안감을 느끼는 것으로 나타났다(표 4.7f). 수업 시간 보다 시험에서 맥락적 문제를 더 많이 사용하게 될 때 학생들의 수학 불안감이 더 커지는 것을 확인할 수 있는데, 그 이유는 실세계 맥락의 문제들이 절차적 수학 문제에 비해 예측하기가 더 어렵기 때문인 것으로 보인다.

■ 그림 4.10 ■

수학 불안감 및 수업에서 가르친 내용과 평가 내용 간 차이

수학 과제가 수업 시간보다 시험 시간에 더 자주 노출될 때 수학 불안감의 변화, OECD 평균

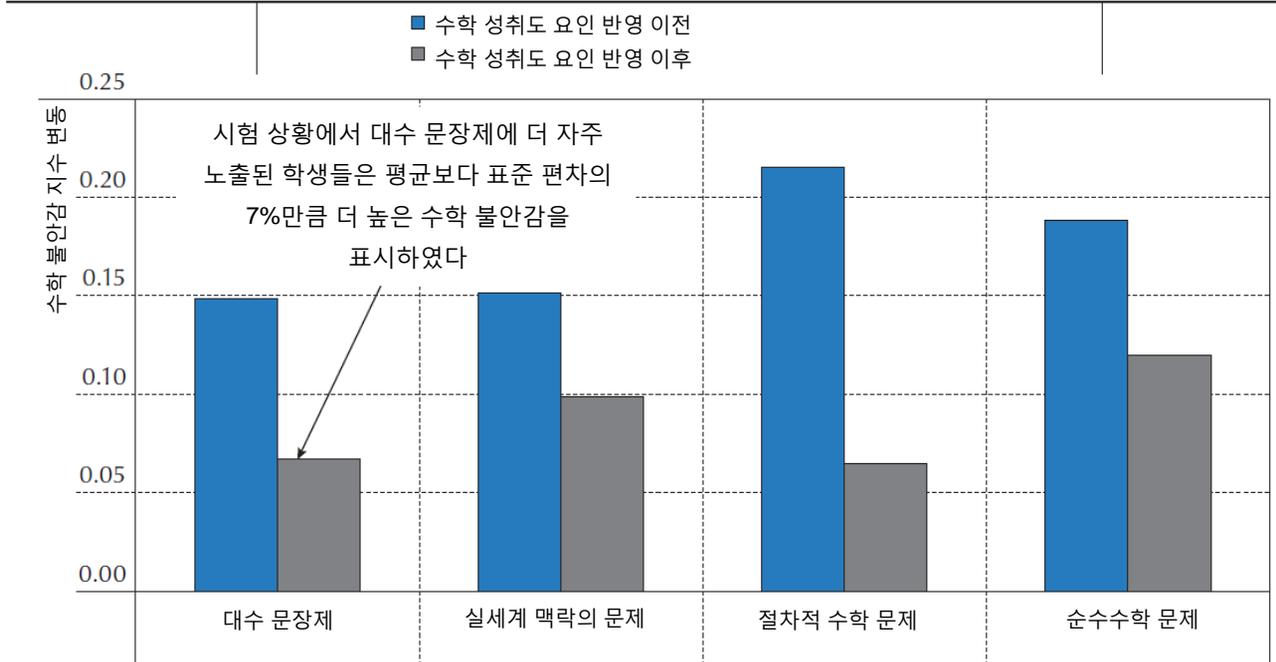


차트 읽는 방법: 위 그림에서는 수학 시간 보다 시험 상황에서 수학 과제를 더 자주 접한다고 응답한 학생들과 시험과 수업 시간에 같은 빈도 또는 수업 시간에 더 자주 접한다고 응답한 학생들의 수학 불안감을 비교함.

참고: 수학 불안감 지수는 다음 설문 문항에 어느 정도 동의하는지에 대한 학생들의 응답에 기초하여 산출됨: "나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다"; "나는 수학 숙제를 해야 할 때 매우 긴장된다"; "나는 수학 문제를 풀 때 매우 긴장한다"; "나는 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낀다"; "나는 수학에서 성적이 나쁠까 봐 걱정된다".

위 그래프에 제시된 값들은 모두 통계적으로 유의함.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.7f.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377548>

수학에 대한 노출과 수학에 대한 태도 간 관계에 영향을 미치는 매개 변인

학생들은 수업 시간과 가정에서 수학을 배우고, 이에 따라 수학에 대한 노출도와 자아 개념 사이의 관계는 학교의 동료 집단과 부모, 교사 관련 요인에 의해 영향을 받게 된다. 이 장에서는 동료, 부모 및 교사가 수학 노출도와 학생들의 내적 동기 및 도구적 동기 사이의 관계와 자아 개념, 수학 불안감 등에 어떠한 매개 효과를 갖는지 분석하고자 한다.

수학을 열심히 하고 준비도가 높은 동료의 이점과 잠재적 단점

동료 집단의 태도 및 교우 관계의 질이 학생들의 성취도에 결정적인 요인으로 작용할 수 있다(Sacerdote, 2001; Jencks and Mayer, 1990). 동료 효과는 교육 정책에 있어 중요한 역할을 하게 되며, 교내 및 학교간 복선형 학제의 시행과 특수교육 대상 학생들의 "주류화" 및 인종별/사회 경제적 지위별 통합정책 등의 기반이 되어왔다.

예를 들어 교내 수준별 학급 편성은 학생들의 성취도에 영향을 미칠 수 있는데 이는 학생들이 받게 되는 수업 그 자체에 의한 효과 뿐 아니라, 어느 수준의 학급에 편성 되느냐에 따라 동료와의 상호작용 범위가 성적이 좋은 학생들 또는 성적이 부진한 학생들로만 제한 될 수 있기 때문이다(Angrist and Lang, 2004; Cooley, 2007; Fryer and Torelli, 2010).

학생들의 동료 집단의 성격은 학교의 특성과도 깊은 관련이 있는 것으로 나타난다. PISA 2012에서는 수학에 대한 친숙도가 해당 국가의 평균 보다 높은 학교에 다니는 56% 학생들이 수학을 열심히 하는 친구가 있다고 응답한 반면, 국가 평균보다 친숙도가 낮은 학교에서는 49%의 학생들만이 그렇다고 응답한 것으로 나타났다(표 4.12a). 두 유형의 학교에서 공통적으로 수학을 열심히 하는 친구들이 있는 학생들은 비슷한 성취수준 대비 내적 및 도구적 동기가 더 높은 것으로 나타났다(그림 4.11).

■ 그림 4.11 ■

학교의 수학 친숙도별 수학 학습 동기 및 동료 집단의 태도

수학을 열심히 하는 친구를 돕으로 인해 수학 학습 동기 관련 설문 문항 “그렇다” 또는 “매우 그렇다”고 응답할 확률의 변화, OECD 평균

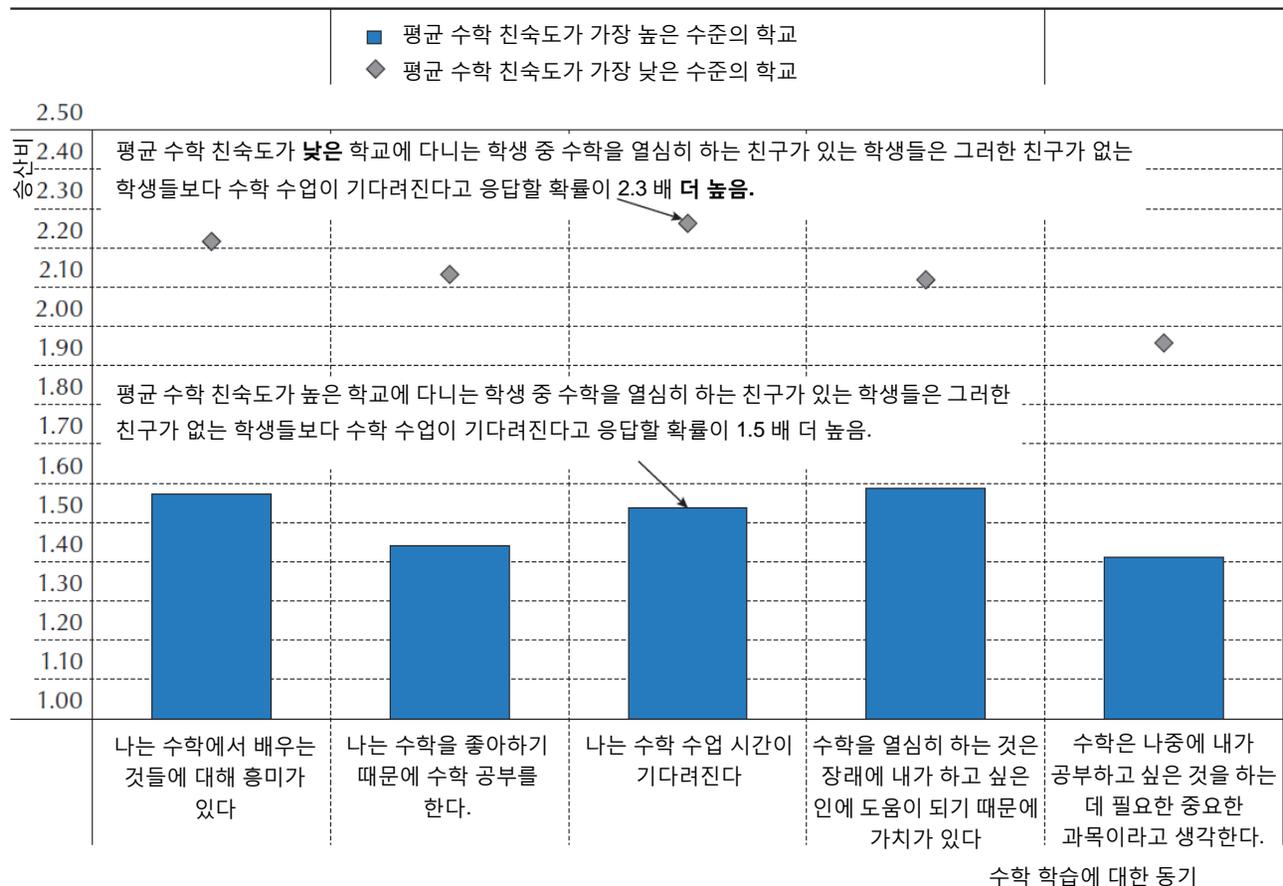


차트 읽는 방법: “나는 수학에서 배우는 것들에 대해 흥미가 있다” 문항에 대한 승산비가 2.22 일 경우 수학을 열심히 하는 친구들이 있는 학생들은 그렇지 않은 학생들보다 해당 문항에 동의 또는 강한 동의를 표할 확률이 2.22 배 더 높음을 의미함.

참고: 수학 친숙도가 낮은 (높은) 학교는 학생들의 평균 수학 친숙도 지수가 국가 평균보다 유의한 수준으로 낮은 (높은) 학교를 가리킴.

위 그래프에 제시된 모든 승산비는 통계적으로 유의함.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.11.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377SS3>

이러한 관계는 인과관계로 해석될 수 없으며 그 이유는 수학을 열심히 하고 동기 수준이 높은 학생들은 자기 선택적으로 수학을 열심히 하는 집단에 속하게 될 확률이 높기 때문이다. 그러나 학생들의 수학에 대한 흥미와 그 학생들의 친구들이 수학에 대해 보이는 태도 간 정적인 상관관계가 성취도 요인을 반영한 후에도 비교적 낮은 수준의 수학을 가르치는 학교에서 더 높게 나타난다는 사실은 흥미롭다고 할 수 있다. 이러한 결과는 성취수준이 높지 않은 학교에 다니는 학생들일수록 수학을 좋아하는 친구들을 사귀으로써 얻는 이익이 성취수준이 높은 학교의 학생들에 비해 더 높을 수 있음을 의미한다. 이와 같은 결과가 나타난 것에 대해 한 가지 가능한 설명은 어려운 수학 내용을 가르치거나 사회 경제적으로 우수한 집단으로 분류되는 학교에 재학 중인 학생들은 수학에 흥미가 있는 또래 집단의 영향을 대체할 수 있는 다른 교육 자원 (예: 부모의 교육 참여) 이 더 많다고 볼 수 있다.;

학습 동기 수준이 높은 친구들과 함께 학교를 다니는 것이 학생들의 수학 학습 동기에 긍정적인 영향을 미치는 것을 감안할 때, 사회 취약 계층 학생들이 사회 경제적 혜택층 학교를 다님으로써 상당한 이익을 얻을 수 있음을 유추할 수 있다. 그러나 사회 취약 계층 학생들이 성취수준이 높은 학교에 다닐 수 있도록 하는 통합적 교육 정책들은 의도와는 다른 결과를 초래할 수 있다. 학교에서 소수 집단에 속하게 되는 것에 대한 충분한 준비 없이는 사회 경제적 혜택층 학교에 다니는 사회 취약 계층 학생들은 취약한 교육 배경과 낮은 성취도로 인해 오히려 따돌림이나 차별 등을 당하게 될 수도 있다(Montt, 2012). 사회 취약 계층 학생들은 또한 성취수준이 높은 친구들과 "부적절한 비교" 되면서 자아 개념과 성취도가 저하되는 결과로 이어질 수 있다(Hoxby and Weingarh, 2005).

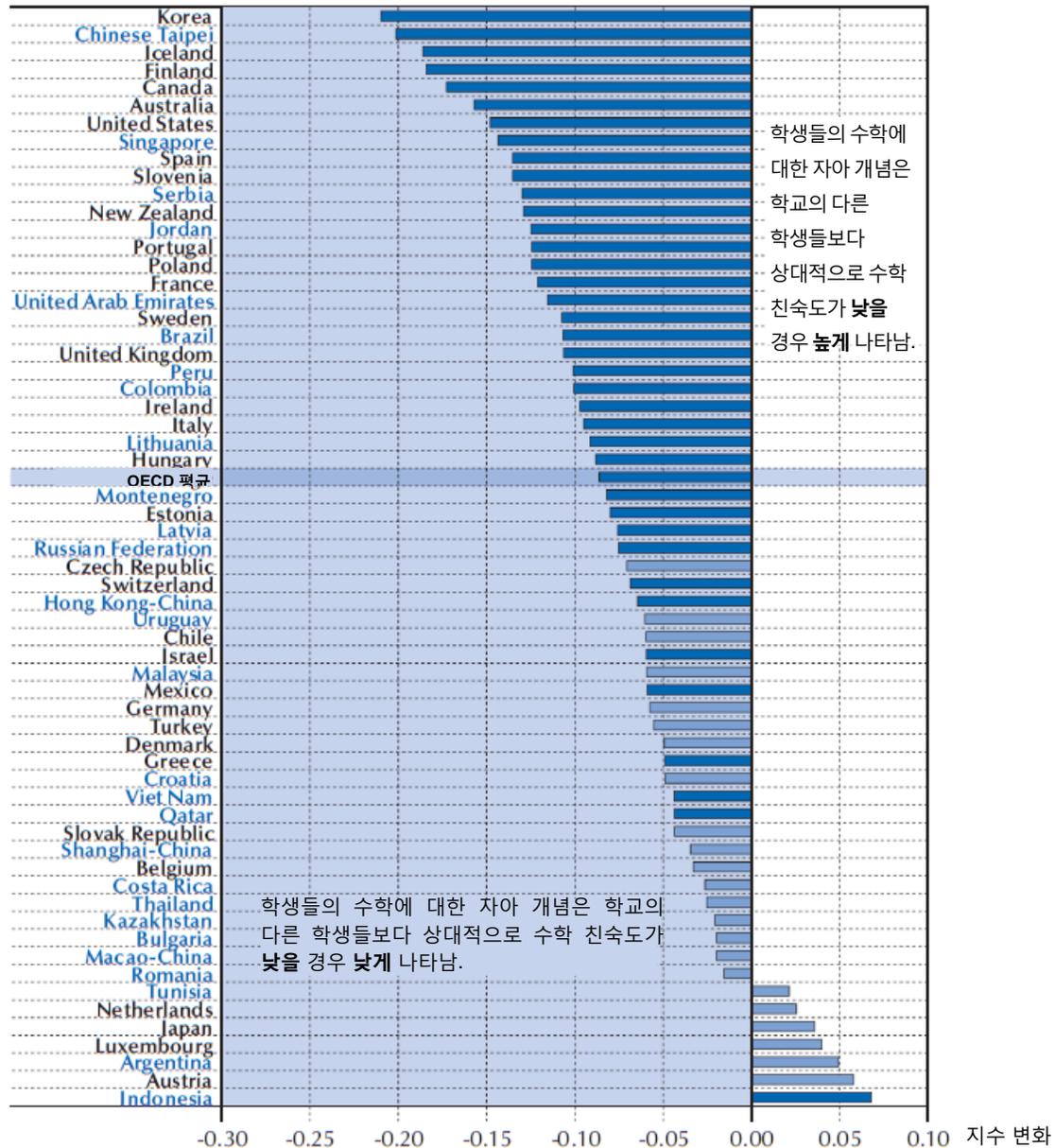
그림 4.12 에서는 학생들의 수학에 대한 자아 개념이 교내 석차와 관련이 있음을 보여준다. 대부분의 국가 및 경제 권역에서 수학에 대한 친숙도가 평균보다 낮게 나타난 학생들은 수학에 대한 자아 개념 또한 평균보다 저조한 것으로 나타났다. 특히 대한민국과 대만에서는 학교 평균보다 수학 친숙도가 낮게 나타난 학생들이 "Big fish little pond effect" (Marsh and Hau, 2003) 처럼 느끼고 있는 것으로 보고되었는데, 이는 그러한 학생들이 수학 친숙도가 높은 친구들과 비교됨에 따라 낮은 자아 개념이 형성된 것으로 보인다.

이러한 교내 비교의 영향에 대한 기존의 연구들은 학생의 상대적인 사회적 지위 및 학업에서의 석차가 교내의 경쟁적 풍토 및 심리적 환경에 끼치는 영향을 충분히 감안하지 못한 경우가 많다. 이러한 환경적 요인들이 학생들의 성취도, 건강 및 진로 및 직업 관련 결정과 태도 등에 많은 영향을 줄 수 있다는 점에서 문제시 될 수 있다. 학교 조직과 교수 관련 요인들은 학업적으로나 사회적으로 취약한 학생들이 성취수준이 높은 친구들과 비교될 때 긍정적인 "전염" 을 통해 발전된 모습으로 변화하는지 또는 모욕적인 비교로 인해 뒤쳐지게 되는지의 여부에 영향을 줄 수 있다.

예를 들어, 사회 경제적 배경에 의해 계층화된 학교 시스템에서는 긍정적 및 부정적 동료 효과가 모두 약해지는 경향이 있는데, 이는 이러한 학교 시스템에서는 학생들이 자신의 기대치를 세우는 기준과 정보들을 제도화하기 때문이다(Montt, 2012). 가난한 학생들과 소수 집단 학생들이 성취수준이 높은 학교를 다닐 때 경험하는 실제 사례에 대한 분석은 이러한 평준화 및 통합 정책의 심리적, 교수학습의 문제들을 확인하는 데 도움이 될 것이다(Rosenbaum, 1999).

■ 그림 4.12 ■

친구와 비교할 때의 수학에 대한 자아 개념 및 상대적 수학 친숙도
 학교의 평균 수학 친숙도와 개별 학생의 수학 친숙도 간 차이가 1 단위 상승할 때
 수학에 대한 자아 개념 지수의 변화



참고: 수학에 대한 자아 개념은 다음 설문 문항에 어느 정도 동의하는지에 대한 응답에 기초하여 산출됨: "나는 그냥 수학을 잘하지 못한다"; "나는 수학에서 좋은 성적을 받는다"; "나는 수학을 빨리 배운다"; "나는 항상 수학이 내가 가장 잘하는 과목 중의 하나라고 믿어 왔다"; "나는 수학 수업 시간에 아주 어려운 내용까지도 이해한다".

수학에 대한 친숙도는 수학 개념 (지수함수, 약수, 이차함수 등)의 친숙도에 대한 자기보고식 경험을 측정하는 13개 설문 문항에 대한 학생들의 응답 결과를 토대로 하여 산출됨.

위에 제시된 결과는 학생의 성별 및 사회 경제적 지위 (학생 수준) 및 학교의 여학생 비율, 사회 경제적 지위 및 평균 친숙도 (학교 수준) 등을 포함한 다중 모형 분석에 기반함.

통계적으로 유의한 경우 진하게 표시함.

학생과 학교 평균 친숙도 간 차이가 1 단위 변화하였을 때 수학 친숙도 지수의 변화가 낮은 국가로부터 높은 국가 순으로 정렬됨.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.12b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377566>

부모의 참여와 자녀의 수학 불안감

부모는 학생의 첫 번째 교사이자 가장 오랜 기간 동안 함께 하는 교사이다(Maloney et al., 2015). 인생에 걸쳐 형식 수학의 토대가 되는 기본 개념들은 대부분 어른들과의 상호작용을 통해 영유아기에 형성된다. 이러한 상호작용의 결과로서 부모의 수학에 대한 태도가 아동에게 전이되는 경우가 많다. 수학이 다른 과목과 차별화되는 것 중 하나는 "나는 수학을 잘 못하는 사람이야" 또는 "나는 수학이 항상 싫었어" 라고 말하는 것이 사회적으로 허용된다는 것이다. 그리고 숨겨진 다른 약점과는 달리 수학 능력의 부족은 사람들이 거리낌 없이 드러내는 편이다(Paulos, 2011). 그러나 부모가 자녀 앞에서 그러한 언행을 보이는 경우 자녀에게 수학이 중요하지 않다거나 특정 사람들만이 수학을 공부할 필요가 있다는 메시지가 전달될 수 있다.

PISA 분석 결과는 실제 자녀의 학습에 부모가 어느 정도 적극적으로 참여하는지 보여준다. PISA 학부모 설문은 실시된 11 개국에서 평균적으로 81%의 부모가 자녀와 일주일에 최소 한 번 이상 학교에서 어떻게 지내고 있는지에 대해 이야기를 나누고, 78%의 부모가 거의 매일 자녀와 함께 식사를 하며, 65%의 부모가 일주일에 최소 한 번 이상 자녀와 이야기하는 시간을 갖는다. 또한 19%의 부모가 일주일에 최소 한 번 이상 자녀를 위한 수학 학습 교재를 구하고 있으며, 32%의 부모가 일주일에 최소 한 번 이상 수학이 실생활에 어떻게 사용될 수 있는지 설명하는 것으로 나타났다(OECD, 2013b: Table III.6.1a).

평균적으로 이와 같은 활동들은 자녀의 수학 성취도 및 학교 수업 시간에 늦는 않는 것들을 포함한 학습 태도에 대한 지표들과 긍정적인 관련성이 있는 것으로 보인다(OECD, 2013b). 그러나 선행 연구 결과에 따르면, 부모의 참여 정도가 학생들의 성취도에 미치는 영향은 부모의 행동, 자녀의 학년과 가정의 사회 경제적/문화적 배경에 따라 다르게 나타날 수 있다(Robinson and Harris, 2014).

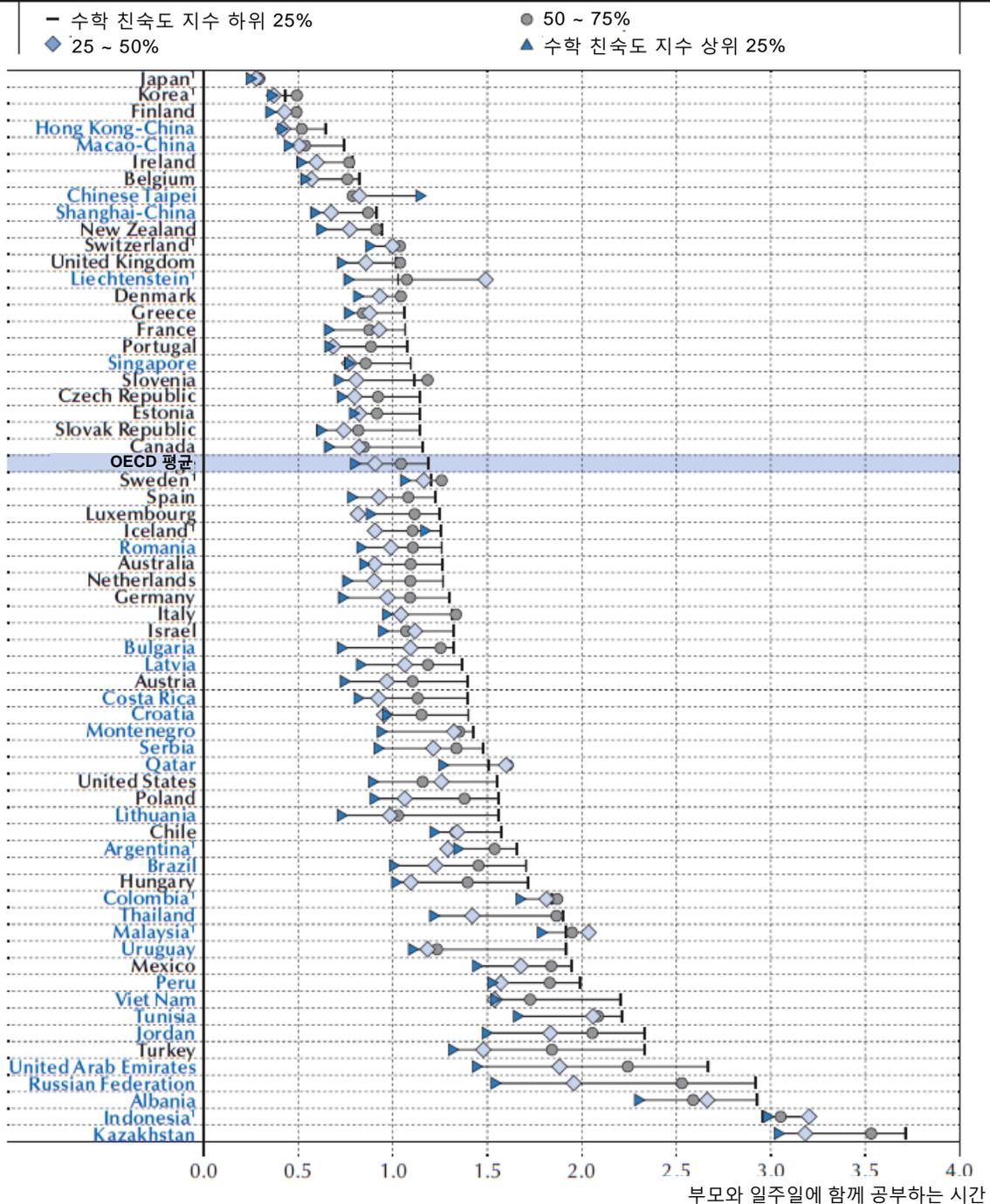
부모가 자녀의 학습을 돕는 주요한 방법은 숙제를 통해서이다. 평균적으로 OECD 국가에서 15 세 학생 중 44%가 매주 부모와 공부하는 시간을 갖고 있음을 알 수 있다(표 4.13). 동아시아권 국가 및 경제 권역에서는 부모와 함께 공부하는 것이 그다지 보편적이지 않은 것으로 나타난다. 싱가포르, 홍콩-중국, 일본, 대한민국, 마카오-중국, 상하이-중국, 대만 등에서는 30% 이하의 학생들만이 부모와 함께 공부하는 것으로 조사되었다.

부모들은 또한 자녀가 수학 문제를 푸는 데 어려움을 겪을 때 개입하는 경향이 있다. 그림 4.13에서는 *수학에 대한 친숙도* 상으로 하위 25%에 해당하는 학생들이 부모와 함께 평균적으로 1 시간 11 분 동안 수학을 공부하는 것으로 나타나는데, 이는 상위 25%의 학생들이 1 시간 이하의 시간을 부모와 함께 공부하는 것과 대조적인 모습이다. 러시아, 터키, 아랍에미리트에서는 부모와 공부하는 시간에 있어 수학에 친숙한 학생과 친숙하지 않은 학생 집단간 차이가 일주일에 1 시간 이상으로 나타났다.

■ 그림 4.13 ■

수학 친숙도별 방과후 부모와 함께 공부하는 시간

부모 또는 가족 구성원과 함께 공부하는 데 일주일에 할애하는 평균 시간



1. 수학에 대한 친숙도 상으로 하위 25%와 상위 25%에 해당하는 학생 간 차이는 통계적으로 유의하지 않음.

참고: 수학에 대한 친숙도는 수학 개념 (지수함수, 약수, 이차함수 등)의 친숙도에 대한 자기보고식 경험을 측정하는 13개 설문 문항에 대한 학생들의 응답 결과를 토대로 하여 산출됨.

수학에 대한 친숙도 상으로 하위 25%에 해당하는 학생들의 주당 공부 시간이 낮은 국가로부터 높은 국가 순으로 정렬됨.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.13.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377572>

수학을 싫어하거나 수학 불안감이 있는 부모가 자녀를 도와주려고 하면 어떤 일이 일어날까? 최근 연구 결과에 따르면 수학 불안감이 있는 부모가 숙제를 도와줄 경우 부모의 도움이 부정적으로 작용하여 자녀의 수학 불안감이 더 높아 지고 수학 학습의 효과가 낮아지는 결과를 초래할 수 있다(Maloney et al., 2015). 이러한 부모들이 갖고 있는 수학에 대한 혼동과 싫어하는 태도가 아이들에게 그대로 전이될 가능성이 있음을 설명하고 있다.

수학 불안감은 "우수한" 학생들에게서도 나타난다. OECD 평균적으로 수학 성적 상위 25%의 학생들 중 13%가 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낀 적이 있다고 보고한 바 있다(표 4.14a). 이러한 자신감의 결여는 남학생들 (10%) 보다 여학생들 (16%) 에게 더 높게 나타난다.

수학에 대한 긍정적인 메시지를 주는 부모들은 학생들의 불안감을 없애고 자신의 수학적 능력을 제대로 인식하게 하는 데 도움을 줄 수 있다. 그림 4.14에서는 평균적으로 OECD 국가 성취수준이 높은 학생들 중 부모가 수학을 좋아하지 않는다고 응답한 학생들은 부모가 수학을 좋아한다고 응답한 학생들보다 어려운 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낄 가능성이 73% 높은 것으로 나타났다. 특히 크로아티아, 핀란드, 헝가리, 네덜란드의 학생들은 부모가 수학을 좋아하지 않는다고 응답할 경우 어려운 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낄 가능성이 2.5 배 이상 높은 것으로 나타났다.

이러한 분석은 수학 능력이 유전적인 요인 뿐 아니라 학생 스스로 부모보다 더 잘 할 수 없다고 믿기 때문이라는 실험 연구 결과를 재확인 시켜준다. 예를 들어, 한 실험에서는 컴퓨터로 수학 문제를 푸는 상황에서 학생들이 자신의 수행에 대해 다른 학생들과 비교될 때 어떤 걱정들을 하게 되는지에 대해 조사하였다(Jury, Smeding and Darnon, 2015). 이 실험에서 연구자들은 학생들의 시선이 화면의 화살표로 움직이는 빈도를 통해 다른 학생들과의 비교에 대해 어느 정도 민감하게 반응하는지를 측정하였다. 부모가 고등 교육을 수료하지 않은 학생들은 부모의 교육 수준이 높은 학생들에 비해 다른 학생들의 수행에 더 신경을 쓰는 것으로 나타났다. 이러한 불안은 학생의 부진한 성적에 영향을 미치는 것으로 보이는 데, 화면에 화살표가 없을 경우 두 집단 간 수학 과제의 수행에 차이가 나타나지 않았다. 교육 수준이 낮거나 부모의 수학 능력이 낮은 가정의 학생들은 자신의 수학 능력에 대해 낮은 기대감을 내면화하고 다른 학생에 비해 뒤쳐진다는 시그널에 더욱 민감하게 반응하는 경향이 있다.

자녀가 수학에서 성공적인 경험을 갖게 하는 데 필수적인 조건 중 하나는 부모가 수학 문제를 푸는 것이 재미있고 의미 있는 활동이라는 것을 보여주는 것이다. 자녀가 어릴 때부터 이러한 메시지를 전달하고 지속적으로 강화시킬 필요가 있다(Robinson and Harris, 2014).

■ 그림 4.14 ■

성취수준별 부모의 수학에 대한 태도 및 학생의 수학 불안감

부모가 수학을 좋아하지 않는다고 응답한 경우 학생이 어려운 문제를 풀 때 무기력함을 느낄 확률의 변화

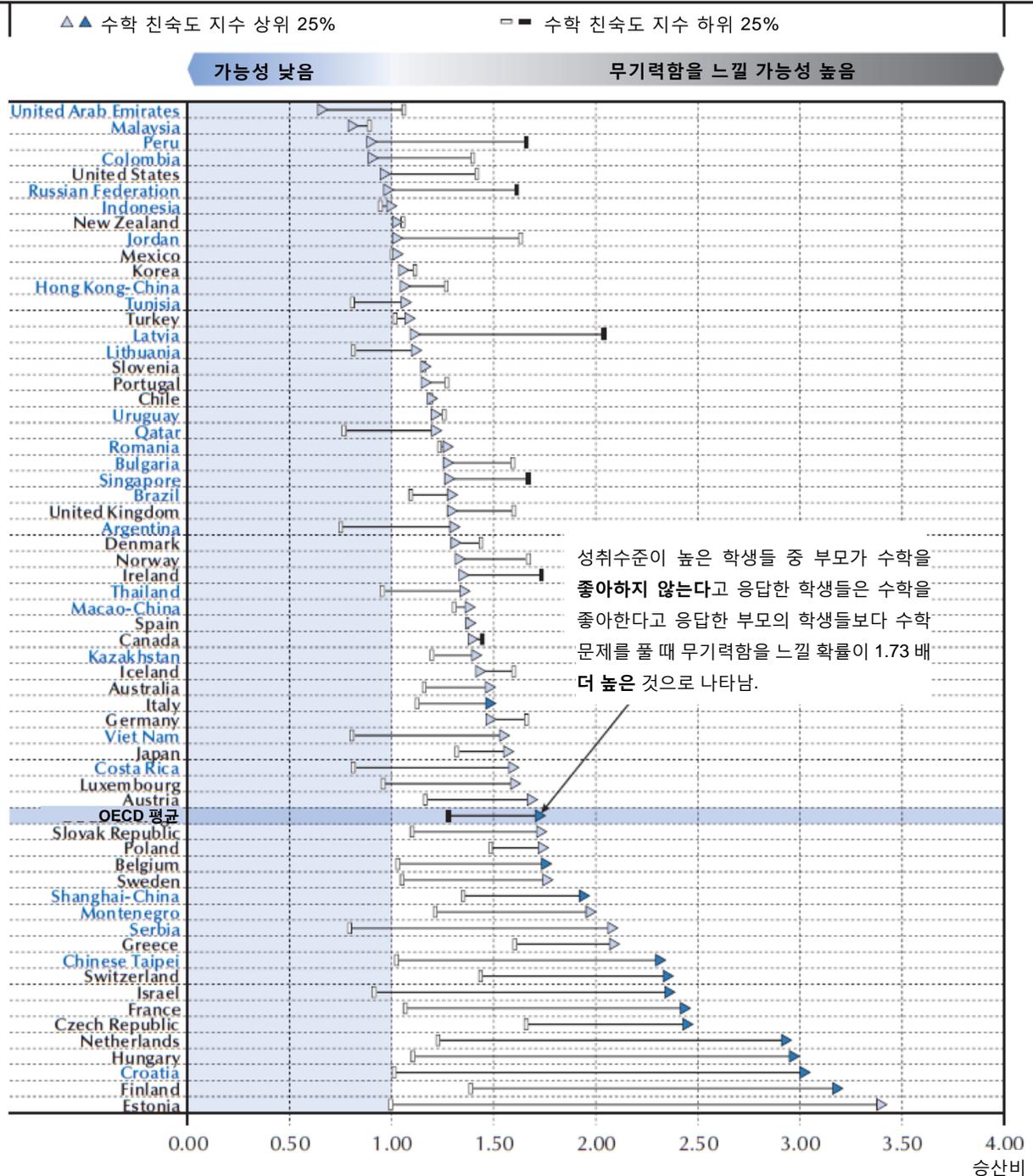


차트 읽는 방법: 승산비가 2 일 경우 수학을 좋아하지 않는 부모를 둔 학생들이 수학을 좋아하는 부모를 둔 학생보다 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낄 확률이 2 배 높은 것을 의미함.

참고: 위 분석 결과는 학생의 성별 및 사회 경제적 지위를 고려함.

통계적으로 유의한 경우 진하게 표시함.

성취도 상위 25% 기준으로 승산비 변화가 낮은 국가에서 높은 국가 순으로 정렬됨.

출처: OECD, PISA 2012 Database, Table 4.14b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377584>

교사의 교수 활동 및 수학에 대한 태도

교사-학생 간 소통 및 학생의 수학 불안감

부모와 함께 교사들은 학생들에게 중요한 롤모델이 된다. 따라서, 교사들이 수학을 가르치는 방법과 소통하는 방식이 학생들의 수학에 대한 태도에 큰 영향을 줄 수 있다. 수학 수업 시간에 이루어지는 전통적인 방식, 즉 권위적인 수업과 성적 공개 및 시간 제한 등은 많은 학생들에게 상당한 불안감을 갖게 할 위험이 있다(Curtain-Phillips, 1999). 이러한 맥락에서 경쟁을 현명하게 이용하거나, 명료하게 소통하고, 시간 제한을 자유롭게 하여 시험에 대한 부담을 줄이는 교수 방법을 적용한다면 학생들의 수학 불안감을 완화시킬 수 있을 것이다(Beilock and Willingham, 2014; Furner and Berman, 2003; Maloney and Beilock, 2012; Rossnan, 2006).

특히, 학습 목표에 대한 안내와 학생들의 수행에 대한 적절한 피드백 제공은 수학 불안감을 낮추는 데 있어 적절한 방안으로 간주된다. 학생들에게 학습목표를 알려 주거나 시험, 퀴즈, 과제 내용에 대한 논의, 그리고 학생 성적 및 강점에 대한 설명 등을 포함한 다양한 교육적 소통 전략들은 학생들이 수학 불안감 낮추는 데 기여하는 것으로 보인다(표 4.15).

그러나, 이와 같은 소통은 모든 학생들에게 같은 방식으로 작용하는 (또는 전달되는) 것은 아니다. 그림 4.15에서는 위에 언급된 소통 전략들이 수학에 대한 친숙도가 높은 학생들의 불안감을 완화시킬 수 있으나, 이러한 전략들을 수학에 대한 친숙도가 낮은 학생들에게 적용할 경우 오히려 수학 불안감을 고조시키는 요인이 될 수 있음을 보여준다. 이러한 분석 결과를 해석하는 데 있어, 교사-학생 간 소통과 수학 불안감 간 관계에서 교사의 질에 의한 매개효과를 고려할 필요가 있다: 즉, 유능한 교사들은 학생들에게 수학 내용에 대한 다양한 활동 경험을 제공해 주면서 학생들과 효율적인 소통을 유지할 가능성이 높다.

수학에 대한 자아 개념을 형성하는 교수 활동

학생들의 주의를 환기시키고 수학 과제에 집중할 수 있도록 돕는 수업 활동은 수학에 대한 자아 개념의 저하와 불안감으로 인해 발생하는 성취도 하락을 완화시킬 수 있다. 예로 학생들의 능력에 따라 각기 다른 과제를 부여하거나, 소규모 모둠 활동 및 학생들의 이해 촉진 및 인지활성화 전략 등 다양한 교수 활동들은 학생들의 수학에 대한 자아 개념을 높이는데 도움을 줄 수 있는 것으로 보인다(표 4.16). 이러한 교수 활동이 학생들의 수학에 대한 자아 개념을 증진시킬 수 있는 것으로 보이지만, 수학에 대한 친숙도와는 별개로 이러한 효과가 모든 학생들에게 동등한 수준으로 나타나는 것은 아니다.

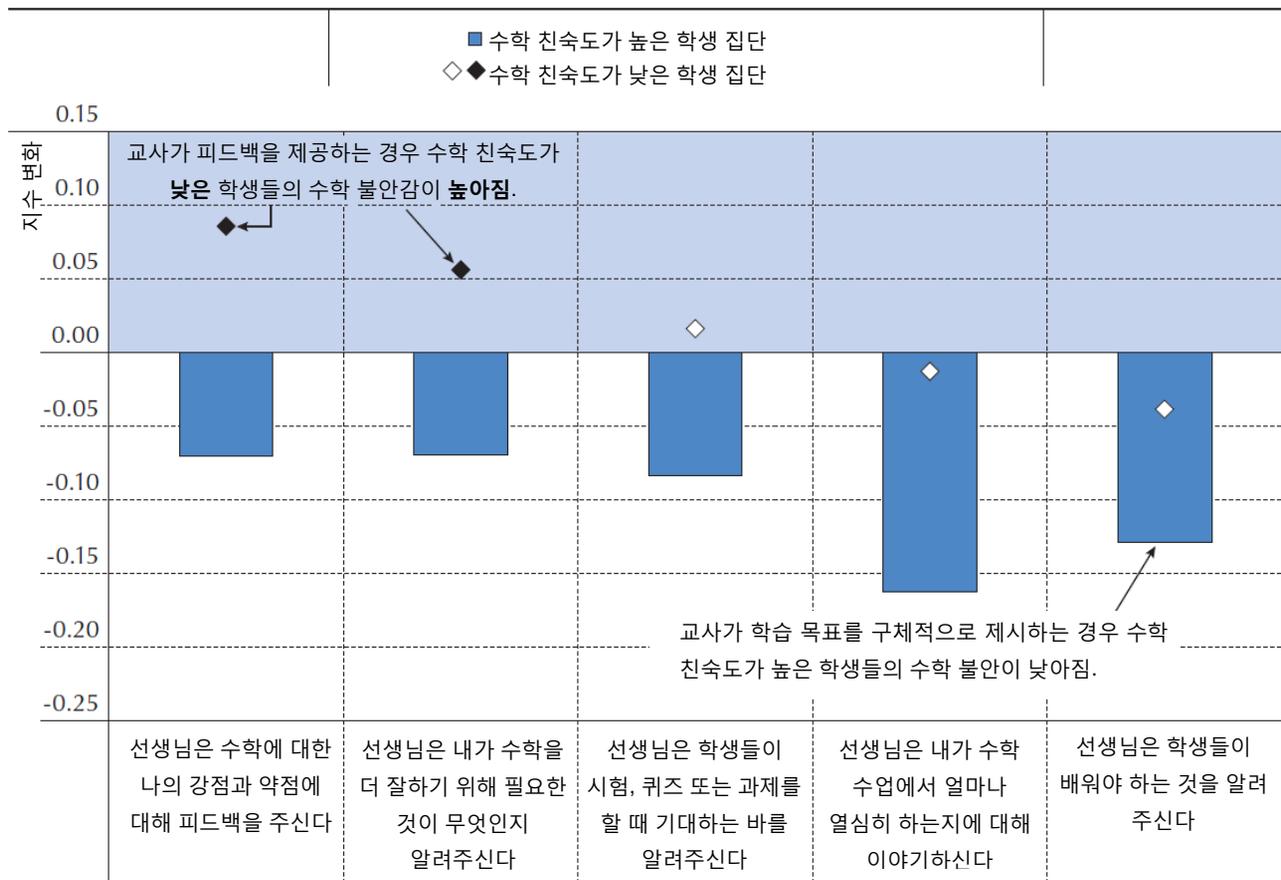
학생들의 능력에 따라 차별적으로 과제를 부여하거나 모둠 활동을 장려하는 교수 방법은 수학에 대한 친숙도가 높은 학생보다 낮은 학생들의 수학에 대한 자아 개념을 증진시키는 데 도움을 주는 것으로 보인다(그림 4.16 과 표 4.16). 수학에 대한 친숙도가 낮은 학생들은 모둠 활동이나 개별적인 교습을 받을 경우 친구들과의 경쟁에 대한 부담이 낮아지는 경향이 있다(Marsh, 1993; Pajares and Schunk, 2001).

학생들에게 추가적인 도움을 주고 충분한 설명을 하는 것과 학생들이 오랜 시간 동안 사고해야 하는 인지 활성화 전략과 같은 교수 방법은 모든 학생들에게서 긍정적인 효과를 이끌어낼 수 있으며, 특히 수학에 대한 친숙도가 높은 학생들 사이에서 더 큰 효과를 보이는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 아마도 보다 높은 수준의 수학을 배우는 학생들일수록 더 효율적인 교사들에게서 배우게 될 가능성이 높기 때문인 것으로 보인다.

■ 그림 4.15 ■

수학 친숙도별 교수 활동과 학생들의 수학 불안감 간 관계

대부분의 수업 또는 모든 수업에서 피드백을 제공하거나 학습목표를 구체적으로 제시하는 교사들로부터 수학을 배울 때 수학 불안감 지수의 변화, OECD 평균



교사의 의사소통 전략

참고: 수학 불안감 지수는 다음 설문 문항에 어느 정도 동의하는지에 대한 학생들의 응답에 기초하여 산출됨: "나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다"; "나는 수학 숙제를 할 때 매우 긴장된다"; "나는 수학 문제를 풀 때 매우 긴장한다"; "나는 수학 문제를 풀 때 무기력함을 느낀다"; "나는 수학에서 성적이 나쁠까 봐 걱정된다".

수학에 대한 친숙도는 수학 개념 (지수함수, 약수, 이차함수 등)의 친숙도에 대한 자기보고식 경험을 측정하는 13개 설문 문항에 대한 학생들의 응답 결과를 토대로 하여 산출됨.

수학에 대한 친숙도가 낮은 (높은) 학생들은 수학 친숙도 지수상으로 하위 (상위) 25%에 해당하는 학생들을 의미함. 위 분석 결과는 학생의 성별 및 사회 경제적 지위를 고려함.

수학에 대한 친숙도가 높은/낮은 학생들에 대한 OECD 평균은 가용 데이터가 있으며 타당한 지표 상의 변화를 보이는 국가들에 한해 산출됨.

통계적으로 유의한 경우 진하게 표시함. 수학 친숙도가 높은 학생들을 대상으로 제시한 수치들은 모두 통계적으로 유의하게 나타남.

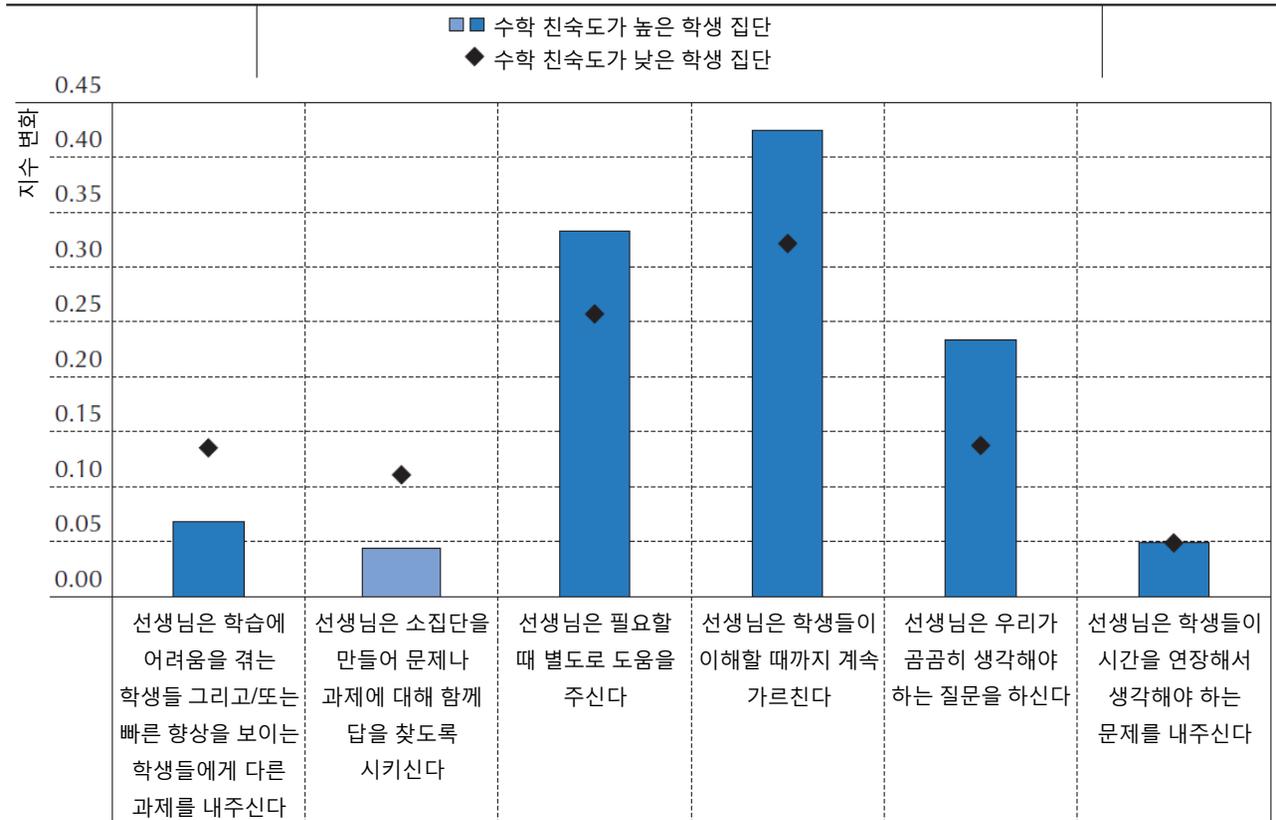
출처: OECD PISA 2012 Database, Table 4.15.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377594>

■ 그림 4.16 ■

수학 친숙도별 교수 활동과 학생들의 수학에 대한 자아 개념 간 관계

대부분의 수업 또는 모든 수업에서 피드백을 제공하거나 학습목표를 구체적으로 제시하는 교사들로부터 수학을 배울 때 수학에 대한 자아 개념 지수의 변화, OECD 평균



교수법

참고: 수학에 대한 자아 개념은 다음 설문 문항에 어느 정도 동의하는지에 대한 응답에 기초하여 산출됨: "나는 그냥 수학을 잘하지 못한다"; "나는 수학에서 좋은 성적을 받는다"; "나는 수학을 빨리 배운다"; "나는 항상 수학이 내가 가장 잘하는 과목 중의 하나라고 믿어 왔다"; "나는 수학 수업 시간에 아주 어려운 내용까지도 이해한다".

수학에 대한 친숙도는 수학 개념 (지수함수, 약수, 이차함수 등)의 친숙도에 대한 자기보고식 경험을 측정하는 13개 설문 문항에 대한 학생들의 응답 결과를 토대로 하여 산출됨.

수학에 대한 친숙도가 낮은 (높은) 학생들은 수학 친숙도 지수상으로 하위 (상위) 25%에 해당하는 학생들을 의미함.

위 분석 결과는 학생의 성별 및 사회 경제적 지위를 고려함.

수학에 대한 친숙도가 높은/낮은 학생들에 대한 OECD 평균은 가용 데이터가 있으며 타당한 지표 상의 변화를 보이는 국가들에 한해 산출됨.

통계적으로 유의한 경우 진하게 표시함. 수학 친숙도가 낮은 학생들을 대상으로 제시한 수치들은 모두 통계적으로 유의하게 나타남.

출처: OECD PISA 2012 Database, Table 4.16.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377601>

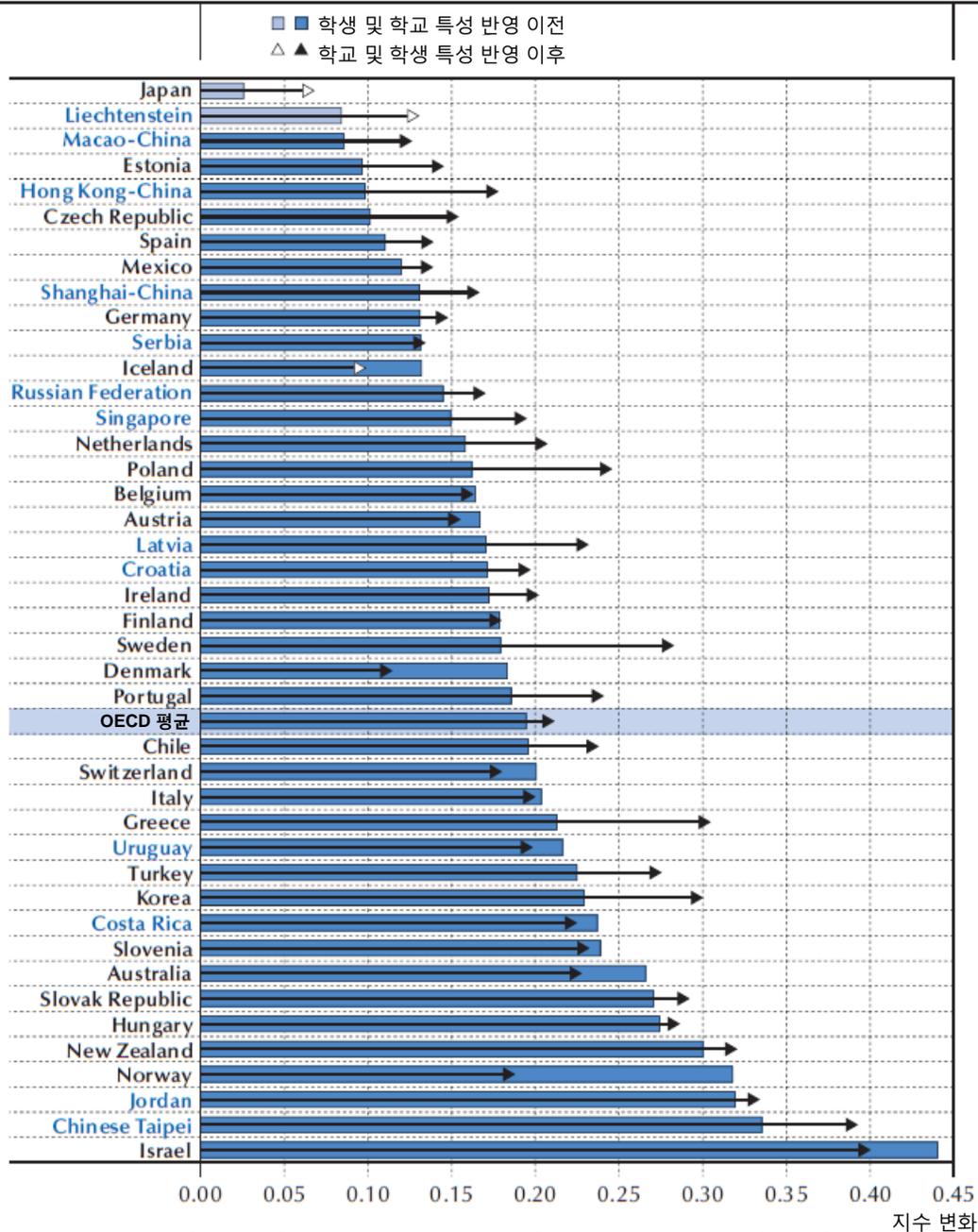
수학 학습에 대한 동기를 향상시키기 위한 혁신적인 교수학습 도구

첨단 교수학습 도구의 활용을 통해 학생들로 하여금 수학에 대한 흥미와 열의를 고취시킬 수 있다. 특히 테크놀로지를 활용한 수업은 학생들이 보다 적극적으로 수업에 참여할 수 있도록 돕는다. 그림 4.17에서는 수학 수업에서 컴퓨터를 사용할 경우 평균적으로 OECD 국가에서 내적 동기 표준편차의 19%에 이르는 점수 변화가 나타났다.

■ 그림 4.17 ■

수학에 대한 흥미와 수업 시간 중 컴퓨터의 활용

수학 수업 시간에 컴퓨터를 활용할 경우 나타나는 내적 동기 지수의 변화



참고: 수학 학습에 대한 내적 동기 (또는 수학에 대한 흥미)는 학생들이 수학 활동 그 자체에서 느끼는 즐거움으로 인한 학습에의 동기를 측정함. 내적 동기는 다음 설문 문항에 어느 정도 동의하는지에 대한 응답에 기초하여 산출됨: a) 나는 수학에 관한 글을 읽는 것을 좋아한다. b) 나는 수학 수업 시간이 기다려진다. c) 나는 수학을 좋아하기 때문에 수학 공부를 한다 d) 나는 수학 시간에 배우는 것들에 대해 흥미가 있다

"학생 및 학교 특성"은 학생의 성별, 사회 경제적 지위, 수학 성취도 및 학교의 사회 경제적 지위 등을 포함함.

통계적으로 유의한 경우 진하게 표시함.

학생 특성 반영 이전 내적 동기 지수의 변화가 낮은 국가로부터 높은 국가 순으로 정렬됨.

출처: OECD, PISA 2012 Database Table 4.17.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377617>

학생 및 학교 특성을 반영한 후에도, 그리스, 이스라엘, 요르단, 뉴질랜드 및 대만에서는 학생의 흥미상으로 표준편차의 30% 이상에 달하는 증가를 식별한 바 있다.

역동적인 시각 도구와 수리적 및 비주얼 테크놀로지 관련 어플리케이션 (예: 전자칠판 등) 도구들은 교사와 학생들 간 수학 개념에 대해 새로운 방식으로 소통하고 표현하며 탐색할 수 있는 기회를 제공한다. 그러나 수학 수업 시간에 이러한 도구들을 효율적으로 활용하기 위해 교사들을 대상으로 한 충분한 훈련 및 연습이 이루어져야 한다(OECD, 2015b).

학생들의 참여를 유도하고 적절하게 구조화된 과제 선택의 중요성

학생들이 수학을 배우는 데 있어 "수학 과제는 수학이란 무엇이며 수학을 한다는 것이 구체적으로 무엇을 의미하는지에 대해 알려 주므로" 핵심적인 역할을 하게 된다(National Council of Teachers of Mathematics, 1991: p. 24). 그러나, 학생들이 수업 시간 중 접하는 과제들 대부분이 교사가 직전에 풀이 방법을 보여 주고 난 후 그 방법을 다시 적용해보도록 하는 일상적인 연습 과제에 지나지 않는다(Schoenfeld, 1992). 전통적인 수학 교수법은 다음과 같이 직선적 형태로 전개된다: 먼저 과제를 통해 학생들에게 문제풀이 방식을 소개한 후, 풀이 방식을 설명한 다음 더 많은 문제를 제시하여 학생들에게 가르친 풀이 방식을 연습하도록 하는 것이다. 즉 "실제" 문제해결과 관련된 과제 수행이라기 보다 학생들이 눈앞에 놓인 과제를 연습하는 것에 지나지 않는다. 이러한 구조에서는 학생들에게 수동적인 역할을 부여하여 흥미 및 참여를 유도하기 어렵다.

문제를 해결하고 새로운 문제를 만들어내는 것은 수학의 핵심으로 간주되며 (Boaler, 2015) 수학을 전문적으로 다루는 사람들에게 가장 매력적으로 다가오는 부분이기도 하다. 학생들에게 어떤 맥락을 제시하지 않은 채 문제풀이 방법만을 알려 주고 그것을 적용하도록 가르치는 것보다 과제를 제시하고 주어진 문제의 해결에 필요한 능력을 개발할 수 있도록 돕는 것이 학생들의 동기부여에 효과적일 수 있다. 실생활 문제를 활용한 교수 방법은 학생들에게 특정 개념이나 과정을 배워야 하는 이유를 구체적으로 보여 줌으로써 수업에 적극적인 참여를 유도할 수 있다. 서답형과 모델링 과제들은 특히 학생들에게 수학을 적용해보도록 할 뿐 아니라 새로운 수학 개념을 학습하고 계산 능력을 연습할 수 있는 기회를 제공한다(Henningsen and Stein, 1997).

교사들은 개념적인 지식을 학생들에게 친숙한 실생활 문제들에 적용해 보게 함으로써 학생들의 흥미를 자극할 수 있다. 선행연구에 따르면, 학생들이 특정 문제를 풀 때 해당 문제의 맥락이 익숙한 경우 더 높은 성취도를 보인다. 가령, 해당 문제의 맥락이 학생들이 직접적으로 한 경험과 연관이 있을 경우 더 높은 성취도를 보인다고 보고하고 있다(Chiesi, Spilich and Voss, 1979; Alexander and Judy 1988; Alexander, Kulikowich and Schulze, 1994). 그러므로 실생활 문제에 수학을 적용하도록 하는 것은 학생들이 배운 내용을 다른 맥락으로 확장하는 데 도움을 줄 수 있다는 점에서 권장 되어야 할 것이다(1장의 박스 1.3 참조).

PISA 평가의 구조적 특성으로 인해 연구자들은 학생들이 서로 다른 방식으로 제시된 맥락적 과제에 따라 어떠한 수행을 보이는지 확인할 수 있다. 이는 PISA 문항들이 네 가지 다른 맥락, 즉 개인적, 직업적, 사회적, 그리고 과학적 맥락에서 출제되기 때문이다. 개인적 맥락으로 분류된 문항들은 학생들과 그들의 가족 및 친구들의 활동들을 중점적으로 다루며, 직업적 맥락에서 출제된 문항들은 직업 상황에서 일어나는 문제에, 사회적 맥락으로 분류된 문항들은 학생의 지역사회 및 세계적 문제에, 그리고 마지막으로 과학적 맥락으로 분류된 문항들은 자연세계와 과학기술분야에서 수학적 지식을 적용하는 것에 중심을 둔다(OECD, 2013a).

그림 4.18에서는 사회 취약 계층 학생들이 다른 맥락에서보다 개인적 맥락에서 출제된 문제들에 대해 더 높은 성취도를 나타내고 있음을 알 수 있다. 평균적으로 OECD 국가에서는 사회 취약 계층 학생들은 개인적 맥락으로 분류된 문제에서 답을 맞히지 못할 확률이 다른 학생들에 비해 39% 더 높았던 반면, 사회적 맥락과 직업적 또는 과학적 맥락에서 출제된 문제들에 대한 오답률이 다른 학생들에 비해 각각 45%, 50% 더 높게 나타났다. 즉, 수학 문제가 적용되는 맥락에 대한 선택에 따라 학생들의 성취도가 다르게 나타날 수 있음을 의미한다. 특히 수학에 대한 친숙도가 낮은 학생들을 대상으로 흥미와 참여를 유도할 수 있는 과제를 개발하고 문제 상황을 공유할 수 있도록 수학 연구자, 교사 및 학생들이 서로 협력하여야 할 것이다

수학 지식 및 수학에 대한 참여도 함양

수학 개념에 대한 지식을 함양시키기 위해 일관성 있는 교육과정과 적절하게 구조화된 교육 자료들이 마련되어야 한다. 또한 개념적 지식은 수학 문제해결력에 있어 중요한 역할을 한다(3장). 하지만 도전적인 수학 과제를 제시하는 것만으로는 자동적으로 학생들이 참여를 이끌어 낼 수는 없다. 학습에 있어 매우 효과적이라고 알려진 인지활성화와 같은 교수 전략을 사용하지 않고 학생 스스로 사고력, 추론 능력 및 문제해결력을 개발하기를 기대할 수 없는 일이다(Henningsen and Stein, 1997).

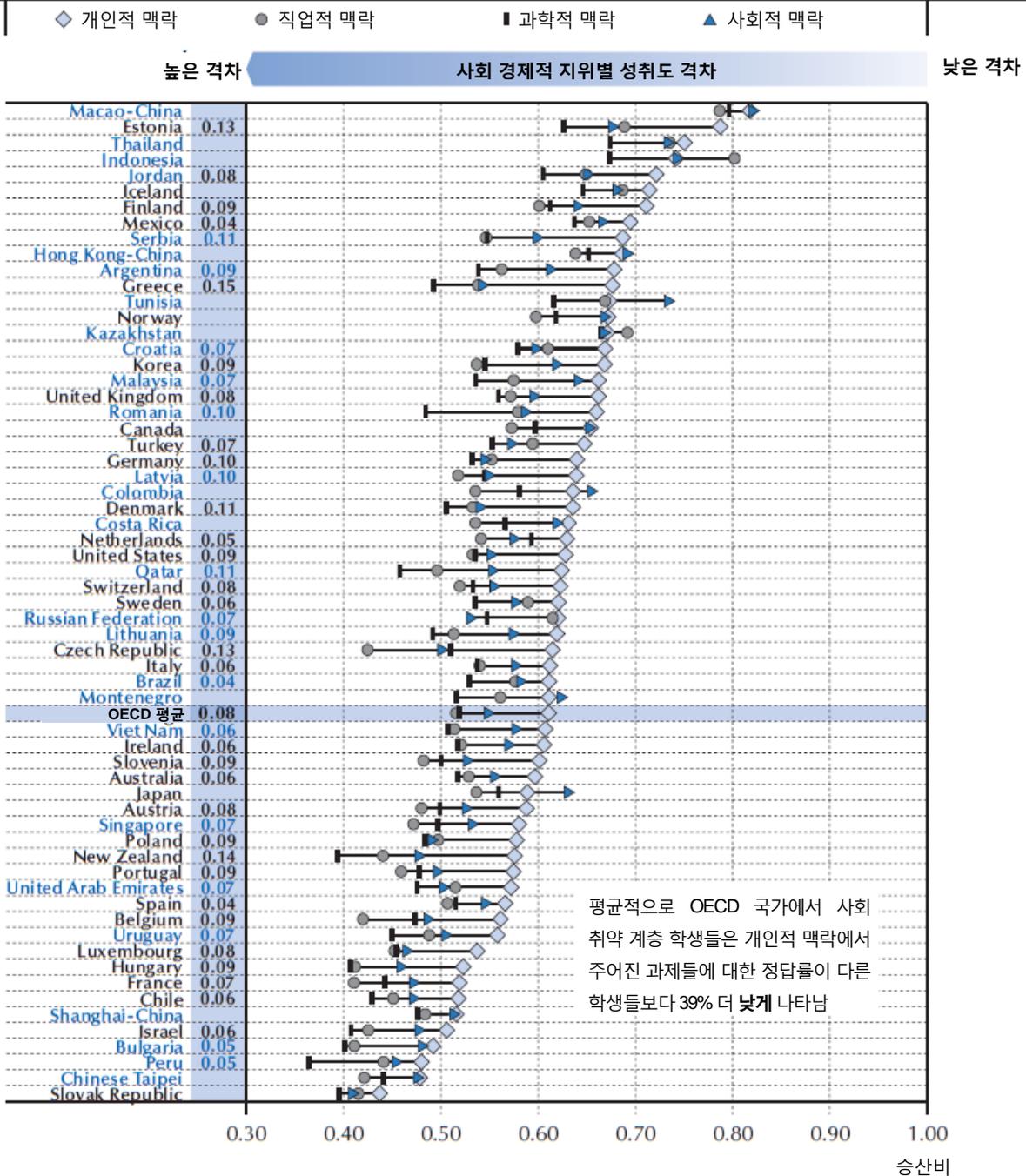
그림 4.19에서는 학생들의 수학 소양 개발에 있어 수학에 대한 흥미가 수학 내용에 대한 경험에 어떠한 영향을 미치는지 보여준다. 평균적으로 OECD 국가에서 순수수학에 대한 노출도와 PISA 성적 간 관계는 수학에 대한 흥미가 있는 학생들 사이에서 5단위 이상 더 강한 것으로 나타났다. 특히 헝가리와 슬로베니아에서는 수학에 흥미가 있는 집단의 학생들 중 순수수학에 대한 경험이 많은 학생들은 그렇지 않은 학생들에 비해 PISA 성적이 15점 이상 더 우수한 것으로 나타났다.

수학은 사실, 절차, 개념들이 정적으로 구조화된 시스템 상에 머물러 있는 것으로만 볼 수 없다(Henningsen and Stein, 1997). 그러나 대다수의 학생들은 눈에 보이는 것에 집중하여 수학 문제 이면의 본질적인 측면을 이해하지 못하는 경우가 많다(Boaler, 2015). 또한 많은 학생들이 빠르게 진행되는 수학 수업의 진도를 따라가기 어려워하는 경우가 많으며, 이는 수학 지식과 이해력에 있어 학생 간 격차를 심화시키고 자아 개념을 저하시키게 된다. 그러나 활동의 목적과 의미를 저해하지 않으면서 수학의 개념을 실생활의 문제와 연관 짓고 성취수준이 낮은 학생들에게 맞는 수업을 운영하는 것이 어려울 수 있지만 아예 불가능한 것은 아니다(Houssart, 2004). 수학 교육에 관계된 모든 주체들 즉, 학생을 비롯하여 일반 교사, 학교장 및 교감, 연구원, 학부모, 시도 교육청 관계자, 그 외 정책 입안자들이 모두 수업에 대한 동기와 흥미를 높이는 방향으로 수업이 변화할 수 있도록 협력하며 각자의 역할을 다해야 할 것이다(Anthony and Walshaw, 2009).

■ 그림 4.18 ■

수학 과제 맥락별 사회 경제적 지위에 따른 학생 집단 간 성취도 격차

사회 경제적 지위상으로 하위 25%에 해당할 시 특정 상황으로 주어진 문제의 정답률에 일어나는 변화



평균적으로 OECD 국가에서 사회 취약 계층 학생들은 개인적 맥락에서 주어진 과제들에 대한 정답률이 다른 학생들보다 39% 더 낮게 나타남

자료 해석 방법: 개인적 맥락에 대한 승산비가 0.61 일 경우 사회 취약 계층 학생들이 OECD 평균적으로 개인적 맥락으로 분류된 문항들에 대한 정답률이 다른 학생들보다 39% ((1-0.61)*100) 더 낮게 나타나는 것을 의미함

참고: 사회 취약 계층 학생들은 해당 국가에서 PISA 경제·사회·문화적 지위 지수(ESCS)상 하위 25% 이내에 속하는 학생들을 의미함.

위 그림에 제시된 모든 승산비는 통계적으로 유의함. 통계학적으로 유의한 차이를 보이는 경우에 한하여 그 차이를 국가명 우측에 표기함.

위 그림은 개인적 맥락으로 출제된 문항에서 사회 취약 계층 학생들에 대한 승산비가 높은 국가부터 낮은 국가 순으로 정렬됨.

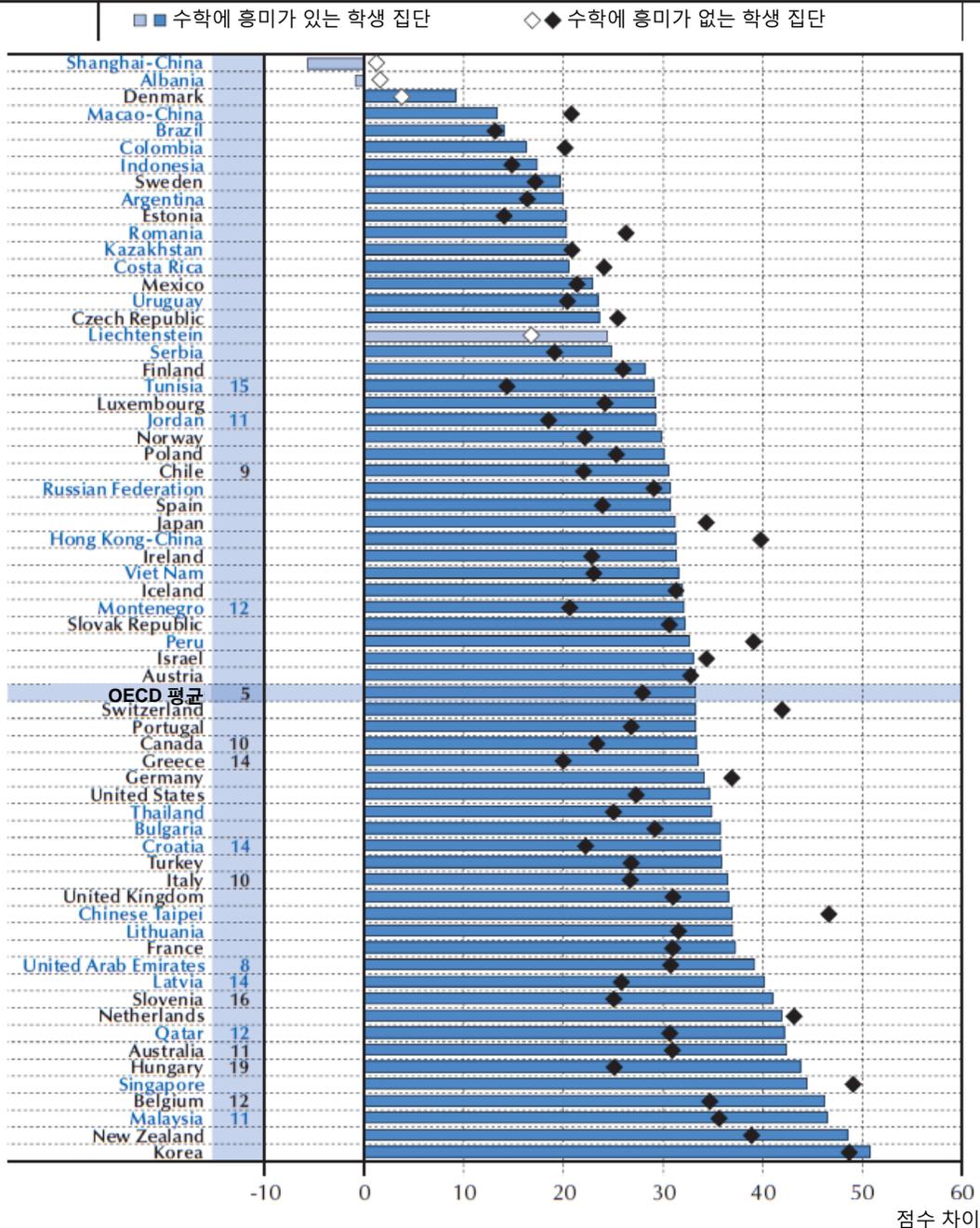
출처: OECD, PISA 2012 Database Table 4.18.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933377621>

■ 그림 4.19 ■

수학 흥미도에 따른 순수수학 노출도와 성취도 간 관계

수학 흥미도별 순수수학에 대한 노출도가 1 단위 상승할 때 나타나는 수학 성취도 변화,



참고: 순수수학에 대한 노출도는 방정식 (일차방정식 및 이차방정식) 관련 지식을 요구하는 수학 과제에 대한 학생들의 자기보고식 경험을 토대로 측정됨.

수학에 흥미가 있는 학생 집단과 흥미가 없는 집단 간 통계적으로 유의한 차이를 보이는 경우에 한하여 국가명 우측에 그 차이를 표기함.

통계적으로 유의한 경우 진하게 표시함.

수학 성취도 점수의 거차가 낮은 국가부터 높은 국가 순으로 정렬됨.

출처: OECD, PISA 2012 Database Table 4.19.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933377639>

참고

1. 이러한 결과는 학생들의 수학적취도에 대해 안정적으로 설명해준다.

참고자료

Alexander, P.A. and **J.E. Judy** (1988), "The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance", *Review of Educational Research*, Vol. 58/4, pp. 375-404, <http://dx.doi.org/10.2307/1170279>.

Alexander, P.A., **J.M. Kulikowich** and **S.K. Schulze** (1994), "How subject-matter knowledge affects recall and interest", *American Educational Research Journal*, Vol. 31/2, pp. 313-337, <http://dx.doi.org/10.3102/00028312031002313>.

Angrist, J.D. and **K. Lang** (2004), "Does school integration generate peer effects? Evidence from Boston's Metco program", *The American Economic Review*, Vol. 94/5, pp. 1613-1634, <http://dx.doi.org/10.1257/0002828043052169>.

Anthony, G. and **M. Walshaw** (2009), "Effective pedagogy in mathematics", Vol. 19, International Academy of Education, Belgium.

Ashcraft, M.H. and **A.M. Moore** (2009), "Mathematics anxiety and the affective drop in performance", *Journal of Psychoeducational Assessment*, Vol. 27/3, pp. 197-205, <http://dx.doi.org/10.1177/0734282908330580>.

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (ACARA) (2016), "F-10 Curriculum: Mathematics: Rationale - The Australian Curriculum v8.1", *Australian Curriculum Website* <http://www.australiancurriculum.edu.au/> (accessed 31 March 2016).

Bandura, A. (1977), *Social Learning Theory*, General Learning Press, New York, NY.

Beilock, S.L. and **D.T. Willingham** (2014), "Math anxiety: Can teachers help students reduce it?", *American Educator*, Vol. 38/2, pp. 28-32.

Boaler, J. (2015), *Mathematical Mindsets: Unleashing Students' Potential through Creative Math, Inspiring Messages and Innovative Teaching*, Jossey Bass, San Francisco, CA.

Chiesi, H.L., **G.J. Spilich** and **J.F. Voss** (1979), "Acquisition of domain-related information in relation to high and low domain knowledge", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Vol. 18/3, pp. 257-73, [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5371\(79\)90146-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5371(79)90146-4).

Cooley, J. (2007), "Desegregation and the achievement gap: Do diverse peers help?", Unpublished manuscript, University of Wisconsin-Madison.

Cross, K. (2004), "Engagement and excitement in mathematics", *Mathematics Teaching*, Vol. 189, pp. 4-7.

Curtain-Phillips, M. (1999), *Math Attack: How to Reduce Math Anxiety in the Classroom, at Work and in Everyday Personal Use*, Paperback, New York, NY.

Eccles, J.S. and **A. Wigfield** (2002), "Motivational beliefs, values, and goals", *Annual Review of Psychology*, Vol. 53/1, pp. 109-132, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>.

Fryer, R.G. and **P. Torelli** (2010), "An empirical analysis of 'acting white'", *Journal of Public Economics*, Vol. 94/5, pp. 380-396, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpubeco.2009.10.011>.

Furner, J.M. and **B.T. Berman** (2003), "Review of research: Math anxiety: Overcoming a major obstacle to the improvement of student math performance", *Childhood Education*, Vol. 79/3, pp. 170-174, <http://dx.doi.org/10.1080/00094056.2003.10522220>.

- Hackett, G.** and **N.E. Betz** (1995), "Self-efficacy and career choice and development", in J.E. Maddux (ed.), *Self-Efficacy, Adaptation, and Adjustment*, Springer US, pp. 249-280.
- Hembree, R.** (1990), "The nature, effects, and relief of mathematics anxiety", *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 21/1, pp. 33-46, <http://dx.doi.org/10.2307/749455>.
- Henningsen, M.** and **M.K. Stein** (1997), "Mathematical tasks and student cognition: Classroom-based factors that support and inhibit high-level mathematical thinking and reasoning", *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 28/5, pp. 524-549, <http://dx.doi.org/10.2307/749690>.
- Houssart, J.** (2004), *Low attainers in primary mathematics: The whisperers and the maths fairy*, RotledgeFalmer, London, UK.
- Hoxby, C.M.** and **G. Weingarh** (2005), "Taking race out of the equation: school reassignment and the structure of peer effects", Working Paper No. 7867, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Jencks, C.** and **S.E. Mayer** (1990), "The social consequences of growing up in a poor neighborhood: A review", in L. Lynn, Jr. and M.G.H. McGeary (eds.), *Inner City Poverty in the United States*, National Academy Press: Washington, DC, pp. 111-186.
- Jury, M., A. Smeding** and **C. Darnon** (2015), "First-generation students' underperformance at university: The impact of the function of selection", *Frontiers in Psychology*, Vol. 6/710, <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00710>.
- Lavy, V.** and **E. Sand** (2015), "On the origins of gender human capital gaps: Short and long term consequences of teachers' stereotypical biases", Working Paper No. 20909, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Lew, H.C. et al.** (2012), "New challenges in the 2011 revised middle school curriculum of South Korea: Mathematical process and mathematical attitude", *ZDM*, Vol. 44/2, pp. 109-119, <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-012-0392-3>.
- Li, Y.** and **G. Lappan** (2014), "Mathematics curriculum in school education: Advancing research and practice from an international perspective", in Y. Li and G. Lappan (eds.), *Mathematics Curriculum in School Education*, Springer, Dordrecht, the Netherlands, pp. 3-12.
- Maloney, E.A.** and **S.L. Beilock** (2012), "Math anxiety: Who has it, why it develops, and how to guard against it", *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 16/8, pp. 404-406, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2012.06.008>.
- Maloney, E.A. et al.** (2015), "Intergenerational effects of parents' math anxiety on children's math achievement and anxiety", *Psychological Science*, Vol. 26/9, pp. 1480-1488, <http://dx.doi.org/10.1177/0956797615592630>.
- Marsh, H.W.** (1993), "Academic self-concept: Theory, measurement, and research", in J.M. Suls (ed.), *The Self in Social Perspective. Psychological Perspectives on the Self, Vol. 4.*, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Hillsdale, NJ, England, pp. 59-98.
- Marsh, H.W.** and **K.T. Hau** (2003), "Big-fish-little-pond effect on academic self-concept: A cross-cultural (26 country) test of the negative effects of academically selective schools", *American Psychologist*, Vol. 58/5, pp. 364-376, <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.58.5.364>.
- Ministry of Education of Singapore** (2012), "Mathematics syllabus - secondary one to four", Ministry of Education, Singapore.
- Montt, G.** (2012), *Socioeconomic School Composition Effects on Student Outcomes*, Unpublished PhD Dissertation, the University of Notre Dame, IN.

- Mullis, I.V. et al.** (2012), *TIMSS 2011 Encyclopedia: Education Policy and Curriculum in Mathematics and Science, Volume 1*, AK, International Association for the Evaluation of Educational Achievement, Amsterdam, the Netherlands.
- National Council of Teachers of Mathematics** (1991), *Professional Standards for Teaching Mathematics*, National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA.
- OECD** (2015a), *The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229945-en>.
- OECD** (2015b), *Students, Computers and Learning: Making the Connection*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>.
- OECD** (2013a), "Mathematics Framework", in OECD, *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-3-en>.
- OECD** (2013b), *PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III): Students' Engagement, Drive and Self-Beliefs*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201170-en>.
- OECD** (2010), *Learning Mathematics for Life: A Perspective from PISA*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264075009-en>.
- Pajares, F. and D. H. Schunk** (2001), "Self-Beliefs and school success: self-efficacy, self-concept, and school achievement", in R.J. Riding and S.G. Rayner (eds.), *Self-Perception: International Perspectives on Individual Differences (Vol.2)*, Ablex Publishing, New York, NY, pp. 239-266.
- Pajares, F. and M. David** (1994), "Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 86/2, pp. 193-203, <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.86.2.193>.
- Paulos, J.A.** (2011), *Innumeracy: Mathematical Illiteracy and Its Consequences*, (2nd ed.), Hill and Wang, New York, NY.
- Reys, R.E. et al.** (2014), *Helping Children Learn Mathematics*, (11th ed.), Wiley, Hoboken, NJ.
- Robinson, K. and A.L. Harris** (2014), *The Broken Compass. Parental Involvement with Children's Education*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Rosenbaum, J.E.** (1999), "If tracking is bad, is detracking better?", *American Educator*, Vol. 23/4, pp. 24-29.
- Rossnan, S.** (2006), "Overcoming math anxiety", *Mathitudes*, Vol. 1/1, pp. 1-4.
- Ryan, R.M. and E.L. Deci** (2000), "Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions", *Contemporary Educational Psychology*, Vol. 25/1, pp. 54-67, <http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>.
- Sacerdote, B.** (2001), "Peer effects with random assignment: Results for Dartmouth roommates", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 116/2, pp. 681-704, <http://dx.doi.org/10.1162/00335530151144131>.
- Schoenfeld, A.H.** (1992), "Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sensemaking in mathematics", in D. Grouws (ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning*, Macmillan, New York, NY.
- Wigfield, A. and J.L. Meece** (1988), "Math anxiety in elementary and secondary school students", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 80/2, pp. 210-216, <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.80.2.210>.

수학 학습 기회 확대를 위한 정책 전략

대부분의 국가에서 만 15 세 학생 중 소수만이 핵심적인 수학 개념을 이해하고 있음을 확인하였다. 이 장에서는 모든 학생들에게 동등한 수학 학습 기회를 제공하는 정책 전략에 대해 살펴볼 것이다. 이 전략을 실행하는 데에는 정책 입안자, 교육과정설계자, 교사, 학부모 등의 역할이 매우 중요하다.

오늘날 수학적 개념에 대한 이해, 능숙한 계산, 논리적 사고 및 수학을 이용한 의사소통은 어느 때보다 더 중요하다. 이러한 기술들은 젊은이들이 직장 및 졸업 이후의 삶에서 맞닥뜨릴 문제를 해결할 준비를 하는데 필수적이다. 그러나 실제로는 수많은 학생들이 수학에서 기본적인 수준에도 미달하는 실정이다(OECD, 2014; OECD, 2016). 또한 수많은 학생들이 자신감 결여로 수학을 즐기지 못하고 있어 자발적인 학습을 기대하기 어렵다(4 장).

이러한 양상은 어떻게 변화될 수 있는가? 본 보고서는 학생들이 수학 개념을 이해하고 문제를 연습함에 있어 “참여” 시간을 늘리는 것이 하나의 방법일 수 있음을 보여준다. 수학 학습 기회, 즉 학생들이 학교에서 수학 분야별 주제를 배우고 연습하는 시간은 실제로 수학 소양을 정확히 예측할 수 있다(3 장). PISA 결과에서 대부분의 국가에 나타나는 사회 경제적 지위에 따른 성취도 편차는 수학 개념에 대한 친숙도의 차이에 기인한다(그림 3.16). 따라서 수학 개념에 대한 접근성을 확장하는 것은 학생들의 평균 성취도를 향상시키고 불평등을 완화하는 데 기여할 수 있다. 심화 개념에 대한 지식과 계산 과정에 대한 능숙도를 갖춰나가면서 학생들은 논리 추론과 수학적 모델링 능력을 개발하고 수학에 대한 긍정적인 태도와 자신감도 향상시킬 기회를 가져야 할 것이다.

모든 학생에게 공평한 수학 학습 기회를 부여하는 정책 전략을 채택함으로써 15 세 학생에게 기대되는 수학적 지식 및 이해가 부족한 학생 수를 줄일 수 있다. 또한, 이러한 정책은 교사들이 학생의 참여와 흥미를 유발하는 교재를 개발하도록 독려할 수 있다. 궁극적으로는 이러한 정책 전략을 통해 학교 체계의 형평성과 사회적 유동성이 크게 향상될 것이다. 표 5.1 에는 이와 같은 전략의 일부분으로 6 개의 정책 제언이 포함되어 있다.

모든 학생을 위한 일관된 기준, 틀, 교재의 개발

1 장에서는 대부분의 국가에서 15 세 학생 중 소수의 인원만이 교육과정 상 핵심 수학 개념을 파악하고 있다는 것을 확인하였다. 예를 들어, OECD 국가에서 평균적으로 30% 미만의 학생이 산술평균의 개념을 이해하는 것으로 보고 되었다. 일부 학생들은 이러한 주제를 아예 배우지 못하였으며 학습할 기회가 있었던 학생 중 다수가 겉핥기식 학습으로 인해 일부 내용만 파편적으로 기억하고 있었다. 수학 학습에 대한 기대와 현실 사이의 간극을 줄이기 위해서는 교육 제도 차원에서 적절한 목표를 세우고, 이러한 목표를 교실에서 현실화할 수단이 필요하다.

첫 번째로 이루어져야 할 중요한 단계는 의무 교육의 주기별로 지도해야 하는 분야와 의무교육 종결시에 학생들이 획득해야 할 목표를 명시하는 교육의 기준과 틀을 개발하는 것이다. 기준은 잠재적인 학습 기회를 나타내며 (Schmidt and Burroughs, 2013) 학생들이 배우고 이해할 수 있어야 하는 사항들을 정의한다.

틀에는 교육과정의 개발과 교재의 선정 지침을 제시하는 내용 및 성취기준이 학년별로 자세히 제시된다.

■ 표 5.1 ■

수학 학습 기회를 확대하기 위한 정책 제언

정책제언	목적	참여자
모든 학생을 위해 일관된 기준, 틀, 교재를 개발한다	<ul style="list-style-type: none"> ■ 핵심적인 개념을 피상적으로만 알고 있는 학생 수를 줄인다 ■ 모든 학생들을 대상으로 높은 기대치를 설정한다 ■ 교사의 자율성을 유지하면서 교사의 책무성 목표를 세운다 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교육정책 입안자, 교육과정 설계자, 교사 및 교과서, 평가, 교재 개발에 참여하는 사람들
학생들이 내용 지식에 국한되지 않는 수학적 능력을 습득할 수 있도록 지원한다	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교실에서 이루어지는 수학 수업과 미래에 필요로 할 수학 능력의 연관성을 강화한다 ■ 수리력에서의 불평등을 완화한다 ■ 학교 수학 수업에서 모든 학생들이 참여할 수 있도록 한다 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교육과정 설계자, 교사 및 교과서, 평가, 교재 개발에 참여하는 사람들
수학 노출도 형평성에 대한 복선형 학제의 영향력을 감소시킨다	<ul style="list-style-type: none"> ■ 학생의 사회 경제적 지위와 학습 기회 사이의 상관관계를 완화한다 ■ 실업계 학교에서 교육받는 학생들이 일관적인 교육과정을 제공받을 수 있도록 지원한다 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교육 정책 입안자
학년 내 이질성을 다루는 방법을 학습한다	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사회 취약 계층 학생에게 다른 학생들과 동등한 학습 기회를 제공한다 ■ 성취도가 높은 학생에게 더 어려운 교재를 제공한다 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교육 정책 입안자, 교사
교육과정 및 교수법의 혁신을 통해 수학에 대한 긍정적인 태도를 배양한다	<ul style="list-style-type: none"> ■ 학생들의 자아개념을 제고한다 ■ 학생들의 불안감을 완화한다 ■ 수업 시간과 방과후 보충수업에서 수학 학습에 대한 동기를 고취한다 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교육정책 입안자, 교육과정 설계자, 교사, 학부모
학습 기회를 추적하고 분석한다	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교육과정을 따라가면서 교사들이 겪는 어려움에 대한 이해를 높인다 ■ 특정 교재를 학습하면서 학생들이 겪는 어려움에 대한 이해를 높인다 ■ 학생들의 지식 및 능력 습득에 교육과정의 변화가 초래하는 영향을 알아낸다 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 학계와 협력하는 교육정책 입안자

내용 기준과 틀은 핵심적 수학 교육과정의 개발을 위한 단계를 설정해야 하며, 이 교육과정은 모든 학생들에게 사회 경제적 지위에 상관 없이 수리적 이해력이나 상위 수준의 학습을 할 수 있는 수학적 기반을 제공해야 한다. 모든 학생들에게 동등한 학습 기회를 주는 것은 교육과정의 적용에 대한 문제로 볼 수 있지만 (이 문제에 대한 논의는 차후에 진행될 것이다), 모든 학생들에게 동일한 기준을 게 동일한 것은 특정 학생들만이 미래에 높은 수학적 능력을 필요로 할 것이라는 잘못된 인식에서 기인하는 현재의 차별을 부수는 첫 단계가 될 수 있다.

예를 들어, 1980 년대에 스코틀랜드에서 중등 교육과정을 표준화하는 작업으로 인해 학생의 평균 시험 점수가 상승하고 교육에 대한 사회 경제적 불평등이 완화된 바 있다(Gamoran, 1996). 기준에는 내용과 성취수준 기대치에 대한 상한선이 설정되지 않으므로 학교 및 교사는 우수한 학생들에 맞추어 수준을 조정할 수도 있다.

또한 이러한 기준은 최대한 많은 학생들이 시작부터 엄격한 교육과정에 참여할 수 있도록 전 교육 주기에 걸쳐 시행되어야 한다. 물론 교육 기준이 실제 교실 내에 존재하는 다양한 능력과 요구를 모두 반영할 수는 없다. 그러나 기준은 모든 학생들에게 고등 교육과 직업 시장에서 성공으로 이어지는 확실한 이정표를 제공할 수 있으며, 또한 특별한 지원이 필요한 학생들을 조기에 선별하는 데 도움을 줄 수 있다.

기준과 틀에는 어떤 내용이 상세화되어야 하는가? 국제적으로 비교해 보면 대부분의 PISA 참여국에서 동일한 핵심 수학 개념이 공통적으로 다루어지고 있음을 확인할 수 있다(표 1.3). 이는 어떠한 수학 내용이 중요한지에 대해 어느 정도 합의가 이루어졌음을 암시한다(Mullis et al., 2012). 다만 국가 간 차이가 큰 부분은 이러한 핵심 학습 내용이 틀 안에서 조직화되는 방식이다.

교육과정은 일관되고 집중적이며 반복적일 때보다 생산적으로 수학 내용을 모든 학생들에게 노출시킬 수 있다. 논리적인 순서에 따라 수학의 위계성을 반영하고 학생들이 습득한 능력을 축적시키기 좋은 단위로 내용을 묶어냄으로써 일관성을 달성할 수 있다(Schmidt et al., 2002).

학생들이 학습 주제 간 관계를 이해할 때 수학을 단순히 암기해야 하는 공식의 연속으로 보지 않고 학습한 것의 의미를 파악하기 시작한다. 순차적 혹은 나선형 교육과정 틀은 특정 학습 내용에 노출된 적이 없는 학생들을 지도하는 데 특히 큰 효과를 발휘할 수 있다. 이러한 교육과정을 통해 교사들은 새로운 단원을 시작하기 전에 어떤 선행 지식이 필요한 지, 학생들이 학습 기회를 가졌는지, 이전에 배운 내용을 복습해야 하는지 등을 손쉽게 판단할 수 있다.

다루는 주제의 양보다는 주요한 수학적 개념에 집중하고 주제간 일관성을 유지하는 것이 더 중요하다. 교육과정에서 학년별로 다루는 주제의 수를 줄여 주제별로 더 집약적인 학습을 시행함으로써 더 깊이 있는 학습이 가능하다. 예를 들어, 싱가포르에서는 비교적 적은 양의 주제를 깊이 있게 다루며, 한 학년에서 다룬 주제를 차후의 학년에서 더 높은 수준으로 다루는 나선형 구성을 채택하였다. 이때, 학생들은 이전에 배운 내용을 반복하는 것이 아니라 이전에 배운 내용을 확실하게 습득한 상태로 차후의 학습에 임하는 것이다(Ginsburg et al., 2005). 대한민국에서도 2011 개정 교육과정에서 최대 20%의 학습 내용을 줄임으로써 교사들이 각 학습내용을 더 깊이있게 다룰 수 있도록 한 바 있다(Li and Lappan, 2013).

핵심 주제에 충분한 시간을 할애하는 교육과정 틀은 또한 교사들이 다룰 내용을 결정하고 특정한 교실 상황에서 교육을 조정함에 있어 더 많은 자유를 제공할 수 있다. 기준은 교사의 선택을 지원하기 위한 것이며, 교사의 자율성을 제한하는 것이 아니기 때문이다.

교사들은 자신의 전문적 판단, 창의성 및 자율성을 이용하여 개별적으로 또한 다른 교사들과 함께 학생의 학습 지원 방안을 찾아야 한다. 예를 들어, 싱가포르의 교사들은 수학의 위계성과 연결성을 해치지 않는 선에서 각 주제를 다루는 순서에 어느 정도의 자율성을 보장받는다(Ginsburg et al., 2005).

혁신적인 교육을 장려함에 있어 교육 기준이 가지는 효과는 도구 및 훈련의 개발과 깊은 연관이 있으며, 여기에는 교사용 지도서, 교과서, 예비교사를 양성하고 개발시키는 교원 양성 교육 등이 포함된다. 특히 교과서는 특정 개념을 너무 빠르거나 또는 너무 늦게 도입할 경우, 동일한 개념을 매년 피상적으로 반복하거나 새로운 내용이 이전의 개념과 어떻게 연결되는지를 학생들에게 명확히 보여주지 못하면 교육 기준의 응집성을 저해할 수 있다. 수학 교과서가 교실에서 사용되기 위해 충족시켜야 하는 핵심적 기준을 정의하고 정기적으로 갱신하는 국가적 및 국제적 노력이 더 필요하다.

내용 지식을 넘어서는 수학적 능력 개발 지원

핵심 개념과 절차의 숙달은 수학 학습에서 필수적인 부분이며 새로운 문제를 이해하고 풀이하는 데에도 필요하다. 그러나 개념이나 공식에 대한 지식과 수리적 계산력 그 자체만으로는 복잡한 문제를 풀이에 충분하지 않으며 (3장), 수학 성취도에는 여러 다른 능력이 중요하다. 이 능력에 포함되는 것들로는 광범위한 수학 전략을 사용하는 능력, 수학적 개념을 이용하여 사고하고 자신의 논리를 타인에게 효과적으로 전달하는 능력, 지식과 주어진 시간을 효과적으로 사용하는 능력, 자기 효능감에 대한 믿음과 함께 수학을 합리적이며 유용하고 가치있는 것으로 간주하는 성향 등이 있다(Schoenfeld, 2006; National Research Council, 2001).

수학 학습 내용, 설명, 과제 및 교재를 선택하고 구성함에 있어 학년 간 그리고 학년 내에 이러한 능력을 균등하고 통합적으로 개발할 수 있도록 지원할 필요가 있다. 따라서 개별 단원 내, 학년 내, 교육 기간 내에서 각 개념 및 능력이 어떻게 짜여지는지 명확해지도록 수학의 틀을 구성해야 한다.

수업 외적으로는 많은 학생들이 각자 수준에서 기초적인 수학으로 간주되는 것을 어려워하는 것으로 나타났다. 예를 들어, PISA 2012 에서 단지 22%의 학생들만이 간단한 방정식을 해석하고 한 변수의 변화가 다른 변수에 미치는 효과를 설명할 수 있었다(주입 속도 문제; 3장 참고). 이는 지나치게 많은 학생들이 배운 내용과 매우 흡사한 문제들을 기계적으로 풀이하는 데에 너무 많은 시간을 보내기 때문일 수 있다. 이 과제들은 학생의 탐구, 추측 사고를 요구하지 않아 심화 학습 기회를 제공하지 않는다. 같은 맥락에서 교실에서 사용되는 간단한 응용수학 문제 (예로 "바닥 전체를 덮는 데 몇 평방 미터의 타일이 필요한지 구하시오:" 1장참조) 들은 일상 생활의 용어로 "꾸며진" 판에 박힌 수학 문제들이며, 심화된 사고와 모형화할 수 있는 능력을 요구하지 않는다(Echazarra et al., 2016). 3장에서는 이러한 응용수학 문제에 대한 노출이 PISA 성취도와 약간의 관계만 있을 뿐임을 보여주었다(그림 3.8b).

탐구와 발견을 이용하는 학습을 통해 핵심적인 수학 개념을 도입할 때 수학을 가르치는 방법으로 문제해결을 사용할 수 있다(Stein et al., 2008). 예를 들어, PISA 2012 회전문 문제에서는 (3장참고) 회전문을 그림을 통해 설명하고 있다. 학생들은 각 칸막이의 호에 대해 입구와 출구 사이에 공기가 흐르지 않도록 하는 최댓값을 계산해야 한다. 이러한 회전문 문제와 같은 것을 교실에서 풀어봄으로써 원 기하학에 대한 이해를 확립하는 동시에 다양한 발견 전략, 즉 회전문을 6개의 합동 도형으로 나누거나 극단적인 상황에 맞추어 도표를 다시 작성하는 방법 등을 어떻게 시험하는지 보여줄 수 있다. 어떠한 전략을 선택하든지, 성공적인 교육을 위해서는 학생들이 얼마나 발전하고 있는지 점검하고 그에 따라 진행 방향을 그대로 유지하거나 방향을 전환 할 필요가 있다. 이러한 문제들을 통해 지식, 효과적인 추론, 전략 형성, 자기 조절, 인내심 등을 모두 개발할 수 있다.

문제해결을 강조하는 접근법을 채택한다고 해서 기존의 주제들이 쓸모 없어지거나 무관해지는 것은 아니다. 학교 교육과정에 등재된 핵심 수학 주제들 (분수, 함수, 벡터 등) 은 모형화와 적용을 포함한 수학의 전 범위에서 기초적인 것들이다. 문제해결 능력은 근본적으로 자신이 알고 있는 수학에 의존한다. 예를 들어, 원주 공식 ($\pi \times$ 지름) 을 알지 못하는 학생들은 회전문 혹은 아치 문제와 같이 복잡하고 맥락에 의존하는 문제를 푸는 데 상당한 어려움을 겪을 것이다(3장).

그러나 학생들에게 질문하기, 서로 연결하기, 예측하기, 맥락화하기, 복잡한 문제를 모형화하기 등과 같은 문제해결 전략을 가르치기 위해서는 시간이 소요되며 학습 내용을 어느 정도 조정해야 할 필요도 있을 것이다. 2 장에서는 문제에 대한 해결책을 즉시 제공하지 않기와 같은 인지 활성화 전략이 사회 취약 계층의 학생들에게는 학습 내용 감소로 이어질 수 있다는 것을 보여 주었다(그림 2.23b).

학생들이 수학을 학습하는 과정을 정할 때 교사들은 서로 다른 능력을 지닌 학생들이 복잡한 문제를 어떻게 접근하는가를 고려해야 한다. 3 장에서는 사회 취약 계층 학생들이 모형화 능력을 필요로 하는 과제에서 낮은 성취도를 보였음을 보여주었다(그림 3.17). 문제해결, 모형화 및 적용 등은 수학 수업에서 학생과 교사 모두에게 상당한 어려움을 줄 수 있다. 성취도가 저조한 학생들, 특히 그 중에서 사회 취약 계층에 속하는 학생들은 상대적으로 자신감이 낮고 외적 인지도를 선호하는 경향이 있다(Lubienski and Stilwell, 1998). 예를 들어, 이러한 학생들은 서술형 문제에 내재된 개념을 인식하거나 그 개념을 다른 학생들에게 설명하는데 추가적인 지원을 필요로 할 수 있다. 그렇다고 해서 수학 교사들이 성취도가 낮은 학급을 가르칠 때 문제해결을 포함하지 않아야 한다는 것은 아니다. 교사가 학생들을 지지하는 관계를 형성하고, 개인별 학습 시간을 가지며, 학생들의 지식을 형성해나가고, 학생들 사이에서 형평성을 유지하며, 희망하는 학급 규준을 명료화할 때 수학에 대한 친숙도가 낮은 학생도 수업에 참석할 수 있다(Lester, 2007; Boaler, 2002; Lubienski, 2002). 이러한 경험 및 아이디어를 공유하는 데에는 공식 및 비공식 교사 네트워크가 유용한 수단이 될 수 있다.

재구조화된 교과서, 교재, 전용 연수 프로그램을 사용하여 이미 꽉 짜인 시간표에 이러한 교수법을 통합시키는데 필요한 시간을 최소화할 수 있다. 예를 들어, 뉴질랜드 정부에서 운영하는 수학교육에 대한 웹사이트(<http://nzmaths.co.nz/>)는 해당 교육과정 단위에 딱 맞는 예제와 같이 문제해결 능력을 배양하는데 필요한 학습 자료를 제공하고 있다.

또한 UC 버클리과 노팅엄 대학이 협력하는 수학 평가 프로젝트 (Mathematics Assessment Project) 에서는 학생들이 자신의 지식을 새로운 문제에 적용하는 능력을 배양하는데 있어 교사를 지원하기 위해 "형성적 평가 수업" (formative-assessment lessons) 을 개발하였다. 이 수업은 이러한 과제들에 대한 학생들의 일반적인 반응 양상 과대 처방안이 설명되어 있으며, 학생들의 이해력과 형성 과정 평가에 도움을 주는 활동도 포함되어 있다.¹

만약 평가 제도에 이러한 접근의 가치가 반영되었다면 수학 교사들이 가르치면서 문제해결을 통합하기가 더 쉬웠을 것이다. 실제로 수학 지식의 적용 및 모형화 능력 등을 평가의 목적으로 채택한 교육과정은 거의 없다(Rosli et al., 2013). 수학적 문제해결 능력을 평가하는 새로운 방법을 만들고 사용하며 공유하는 데에 더 많은 노력을 기울일 필요가 있다.

수학 노출도 면에서 형평성에 대한 복선형 학제의 영향 감소

수학에 대한 접근성은 개인별, 학교별 및 학제별로 불평등하게 분배되어 있으며, 수학 친숙도는 학생의 사회 경제적 지위와 강한 상관관계를 가진다(2 장). 게다가 대부분의 국가에서 교육 제도의 구성은 수학에 대한 접근성 면에서 사회 경제적 불평등을 강화하는 경향이 있다(2 장). 유급, 복선형 학제, 성적별 입학 및 전학 등을 통해 학생들을 더 획일적인 집단으로 선발하는 것은 성취도 분포의 불균형 외에도 수학적 이해력 향상의 근간인 수학 내용에 대한 접근성의 불평등과도 관련이 있다.

실업계에 재학 중인 학생들은 사회 취약 계층 출신이거나 수학에 대한 친숙도가 낮을 가능성이 훨씬 더 높았다(그림 2.16). 어려움이 덜한 계열에 사회 취약 계층 학생들이 집중되는 현상은 사회 경제적 지위와 학습 기회 간 상관관계를 강화시키는데, 이는 실업계 프로그램의 학생들은 인문계 프로그램의 학생들보다 수학에 대한 노출이 적을 것이라는 점 때문만이 아니라 학생들의 수학에 대한 태도와 성취도는 또래 집단으로부터 영향을 받는다는 점 때문이다(4 장; Field, Kuczera and Pont, 2007).

게다가 학교 수준에서 복선형 학제를 시작하는 나이는 수학 학습 기회의 형평성과 높은 상관도를 보인다(그림 2.15). 15 세나 16 세에 학생들이 처음 분류되는 체제와 비교했을 때, 10 세나 11 세에 학생들을 계열로 분류하는 체제에서는 15 세에 측정된 학생의 사회 경제적 지위와 수학에 대한 접근성 사이의 상관관계가 훨씬 더 높다

학생들을 계열별로 분류하는 시점을 늦추는 것은 그렇게 대폭적인 개혁에 따른 비용, 자퇴율에 영향을 미칠 가능성, 전보다 이질적인 학생 집단을 가르치기 위해 교수법을 조정하기 꺼려하는 교사들을 고려할 때 어려울 수 있다. 그러나 복선형 학제의 시작 연령을 늦추는 데 성공한 몇몇 나라의 사례가 있고, 이러한 정책으로 인해 교육 및 사회 경제적 지위와 연관된 노동 시장과의 격차가 줄었다는 근거도 있다(Meghir and Palme, 2005; Hanushek and Woessmann, 2006).

1950 년대와 1970 년대 사이에 교육 제도를 개혁한 스웨덴과 핀란드의 경우, 복선형 학제 시작 연령을 늦춤으로써 이후 노동 시장에서 불평등이 완화 되었다(Meghir and Palme, 2005; Pekkarinen, Uusitalo and Kerr, 2009; Pekkala Kerr, Pekkarinen and Uusitalo, 2013). 최근 독일에서는 사회 경제적 지위가 학생의 성취도에 미치는 영향을 줄이기 위해 교육 제도를 개혁한 바 있다. 이러한 개정은 지역별로 다른 형태로 나타났는데, 일부 지역에서는 학제 시작 연령을 10 세가 아닌 12 세로 늦추었고, 다른 지역에서는 중학교 학제를 3 개에서 2 개로 줄이는 통합을 선택하였으며, 어떤 지역에서는 3 개 학제의 중학교에서 어떤 학제의 고등학교든 선택할 수 있도록 하였다(OECD, 2011a). 1999 년에는 폴란드가 교육 체제 구조 개혁을 단행하여 중등 교육 학제 분류를 연기하고 교육과정의 대대적 개정 및 학교에 자율성을 부여하였다. 또한 복선형 학제의 연기가 국제 비교 평가에서 큰 폭의 성취도 향상에 기여하였다는 연구 결과가 있다(OECD, 2011b).

교육 체제상 학생에게 동등한 학습 기회가 부여된다면 조기 복선형 학제를 폐지하지는 않아도 될 수 있다. 예를 들어 학생들의 학제 선택이 11 세나 12 세에 시작되는 체코와 싱가포르에서는 학교 및 학생의 사회 경제적 지위는 수학 친숙도 분산을 10% 미만으로 설명하는 데 이는 OECD 평균과 유사한 것이다(그림 2.15). 즉, 실업계 학생들에게도 다른 계열의 학생들과 같은 핵심 교육과정 및 동질의 수학교육이 제공되어야 하고, 학생이 준비만 되어 있다면 언제든지 학제를 바꿀 수 있도록 학제가 유연하게 운영되어야 한다는 것이다. 경로간 수학교육을 동등하게 운영함으로써 학생들은 선호하는 학습 경로를 택하면서도 성인기에 필요한 핵심 능력을 확실히 습득할 수 있을 것이다.

학급 내 이질성 처리 방식 학습

복선형 학제를 늦추는 것의 어려움 때문에 일부 국가에서는 이를 학교 내 및 학급 내 수준별 수업으로 대체하였다. 개별 학교 내에서 학생들의 능력을 더 쉽게 관찰할 수 있다는 점에서 학교 내 수준별 수업을 왜 선택하는 지 알 수 있지만 학교 내 또는 학급 내 수준별 수업은 복선형 학제만큼이나 사회 취약 계층 학생들의 학습 기회를 감소시키는 것으로 나타났다. 실제로 수준별 수업을 채택한 교육 제도에서의 사회 경제적 지위와 수학 성취도 사이의 관계는 복선형 학제를 채택한 국가보다 더 약하지 않다(Chmielewski, 2014). 조기 복선형 학제와 수준별 수업이 교육 성과의 형평성에 미치는 부정적 영향은 과목수나 수준별 수업 기간을 줄이고 학제나 교실을 바꿀 기회를 늘림으로써 완화시킬 수 있다(OECD, 2012).

수준별 수업의 실질적인 대안은 이질적 학급이라고 할 수 있다. 이질적 학급의 지도는 어려운 것이어서, 교육 당국에서는 수준별로 나눌 경우 “저성취” 학제에 속할 학생들에게 개별 지도나 혁신적 교수법 등의 추가적인 지원을 해 줄 필요가 있을 것이다. 이질적인 학급 구성을 가진 학교에서는 또한 교육 기준을 낮추어서는 안되고, 고성취군 학생들에게 어려운 교재를 제공해야 한다(Gamoran, 1996; Gamoran, 2002).

이질적 학급에 대한 효과적 지도

모든 학생들의 요구를 다루어야 할 만큼 다양한 학생들을 가르치거나 “중간에 맞춰 가르치기” 보다 능력 수준이 비슷한 학생들을 다루는 것이 교사들에게는 더 쉽고 더 효율적이다(Darrow, 2003; Evertson, Sanford and Emmer, 1981). PISA 설문 결과에 의하면 많은 교사들이 특히 사회 취약 계층 학교에서 이질적 학급 구성이 학습을 방해한다고 믿고 있다(그림 2.17). 교사들은 학급의 평균 능력과 함께 능력의 이질성도 고려하여 가르치는 방식을 조정해야 한다. 예를 들어 인지 활성화 전략과 같은 일부 교수법은 사회 경제적 지위가 다른 학교들에서 수학 친숙도 및 수학 성취에 서로 다른 방식으로 연관되어 있음을 2장에서 확인하였다(그림 2.23a 및 2.23b).

그럼에도 불구하고 학생들을 분반하지 않아도 교사들이 이질적인 학급을 지도할 수 있도록 돕는 방법이 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 학생들이 중요한 개념을 다양한 수준의 복잡도로 여러 번 배울 수 있게 하기 위하여 교육과정을 나선형으로 구성할 수 있다. 또한 학급 자체의 크기를 작게 편성하여 이질적 학급의 지도 부담을 줄이는 방법도 있다(이 방법은 핀란드가 1980년대 수준별수업을 폐지하면서 사용하였다 [Kupari, 2008]).

어렵고 관련 있으며 참여적인 다양한 출발점을 지닌 교육과정 및 교육학과 같은 특정 교수법은 전체 학급을 대상으로 가르칠 때 채택할 수 있다. 학생들을 소규모의 이질적인 집단으로 구성하기, 협동 학습하기, 학생들을 능동적으로 참여 시키며 스스로 학습을 통제하게 하기 등과 같은 다양한 학생 주도적 활동은 이질적인 교실 환경에서 성공적일 수도 있다(Freedman, Delp and Crawford, 2005; Rubin, 2006). 특히 내용, 프로젝트, 지속적인 평가를 기반으로 자주 조를 바꾸어 주는 유동적 조편성은 능력은 고정된 것이 아니라는 생각을 키워 주고 조를 고정시킴으로써 종종 나타나는 차별을 줄이는 방법이 될 수 있다(Tomlinson, 2001). 협동 학습 전략 또한 이질적 학급에서 사용된다(Rothenberg, Mcdermott and Martin, 1998). 예를 들어 “모두를 위한 성공”(Success for All)은 미국과 영국의 초등학교에서 실시되는 프로그램으로, 소규모 협동 학습을 학생들의 진도에 따라 자주 재구성되는 소규모 수준별 집단과 결합한다(Loveless, 2016).

어려운 상황에서 교육과정을 실행함에 있어 교사의 역할이 핵심적이라는 점을 고려할 때 수준별 학급을 가르치다가 이질적 학급을 가르쳐야 하는 교사와 다문화 및 다양한 환경의 학생들을 다루어야 하는 교사에게는 그러한 학급을 가르치는 방법에 대한 지원과 연수가 제공되어야 한다(OECD, 2010; Rubin and Noguera, 2004).

어려움을 겪고 있는 학생에 대한 개별화된 지원 제공

어려움을 겪고 있는 학생에게는 능력과 요구에 맞춘 교육을 제공해야 한다. 성취도가 낮은 많은 학생들에게 이는 단지 더 많은 학습 시간 일 수 있다. 참여 학습 시간은 학생들에게 노출되는 교육과정 내용과 함께 학습 기회의 핵심 요소이다. 학습 시간이 학급의 분위기에 의해 낭비되는 경우를 제외하고 교육 시간을 늘리는 것은 성취도의 향상과 관련이 있다(3장).

미국의 소위 "변명금지 (No Excuses)" 차터 학교는 지도 시간의 극적인 증가, 엄격한 규율, 학생들의 강력한 학업 윤리로 인해 저임금, 소수 및 소외 계층 학교의 학생 성취도가 증가한 예이다(Angrist et al., 2010; Thernstrom and Thernstrom, 2004).

지도 시간의 증가외에 다수의 사회 취약 계층 학생들은 개인적 지원 및 맞춤형 교육도 필요로 한다. 미국에서 이루어지는 "복선형 학제 폐지" (수준별 학급 편성에서 이질적 학급으로의 전환)에 대한 논쟁에서 표적형 학습 지원은 학기나 수업의 정규 편성에 포함시켜야 할 주요 내용으로 간주된다. 보충 수업을 통해 어려움을 겪는 학생들이 교실에서 놓친 능력이나 개념을 따라 잡을 수 있게 도와 더 어려운 교육과정에 노출되지 않도록 막지 않으면서도 매일의 과제를 끝내도록 도와줄 수 있다(Rubin, 2006). 집약적으로 실시되는 표적형 학습은 미국에서 성취도가 저조한 차터 학교의 성적을 증진시킨 방법 중 하나로 확인된 바 있다(Dobbie and Fryer, 2013; Fryer, 2011). 물론 이러한 지원의 효과성은 교육의 질과 특히 교사의 준비도에 따라 다르다.

한 예로 핀란드에서는 도움이 필요한 학생에게 전담 지원을 제공한다. 특수 교육을 필요로 하는 학생 중 절반이 특수 학교에 다니는 대신 일반 학교에서 교육 받는다. 이 학생들은 각 학교에 배정된 "특수 교사"의 지원을 받는데 이는 학교에서 조기 진단과 중재에 집중한다면 대부분의 학생들이 일반 교실에서도 성공할 수 있다는 생각에 기인하는 것이다. 이 특수 교사들은 담임 교사들과 긴밀하게 협력하여 별도의 지원이 필요한 학생들을 식별하며, 개별적 또는 소집단별로 작업을 통해 이 학생들이 급우들과 보조를 맞출 수 있도록 지원한다(OECD, 2011a).

싱가포르에서는 저성취도 학생들이 잘 훈련된 특수 교사의 지원을 받게 하며, 정규 교육과정의 모든 수학 주제를 더 느린 속도에 더 반복적으로 지도하는 대안적 틀을 따르게 한다(Ginsburg et al., 2005).

교육과정 및 교수법의 혁신을 통한 수학에 대한 긍정적인 태도 배양

학생들에게 노출되는 수학의 종류는 자신의 성취도 뿐만 아니라 수학에 대한 태도 및 자신감과 연관이 있다(4 장). 상대적으로 복잡한 주제에 노출될 경우, 어려운 내용을 다룰 준비가 잘되어 있는 학생들은 태도와 자신감을 향상시킬 수 있지만 준비가 안된 학생들은 자신감이 더 낮아질 수 있다. 벨기에, 덴마크, 마카오, 네덜란드 및 스위스에서는 비슷한 성취도의 학생을 비교할 때 순수수학 문제에 더 많이 노출된 학생들의 수학에 대한 자아 개념이 덜 노출된 학생들보다 더 낮은 경향이 있었다(표 4.6). 평균적으로 OECD 국가에서 수학 친숙도로 측정된 바와 같이 복잡한 수학 개념에 더 많이 노출될수록 고성취군 학생들의 수학에 대한 불안은 더 낮았으나 저성취군 학생들의 불안은 더 높았다(그림 4.8).

수학에 대한 태도와 성취도간의 이러한 연계를 볼 때 (OECD, 2013), 수학 교육과정을 설계하거나 개정할 경우 각 나라에서는 학생들의 자신감을 저하시키거나 저성취군 학생들의 불안감을 증대시키지 않으면서도 학생의 성취도 및 문제해결 능력을 증진하는 방법을 찾아야 한다.

박스 4.2는 호주, 홍콩, 홍콩, 및 싱가포르에서 수학에 대한 긍정적 태도의 개발이 어떻게 수학 교육과정의 목적이 되었으며, 학생들의 동기를 향상시키기 위해 참여 활동 시간을 늘릴 수 있도록 어떻게 교육과정 내용을 줄였는지 보여주고 있다.

교수법은 학생의 학습에 대한 태도에 큰 영향을 미칠 수 있다. 4 장에서는 다양한 교수법, 즉 피드백과 의사소통, 인지 활성화 전략과 학생 지향적 교수법 등이 수학 친숙도에 따라 정도 차이는 있어도 수학에 대한 학생의 태도 및 자신감과 어떤 관계가 있는지 다루고 있다. 학생의 수학 불안감을 완화하는 방법으로는 학생의 기본적인 수리력 및 공간 지각력의 향상, 시험 상황에서의 시간 제한완화, 수학 교사의 능력 및 자신감 제고 등이 있다(Maloney and Beilock, 2012; Beilock and Willingham, 2014).

그러나 교수법과 교육과정의 범위가 서로 상호작용하여 특히 학습 기회가 적은 학생들의 자신감에 영향을 미칠 수 있다는 것을 고려해야 한다는 점 또한 중요하다. 학생들의 자신감 및 수학에 대한 태도를 고취시키는 교수법은 교육과정에 명시된 수학에 대한 학생의 준비도에 따라 조정될 필요가 있을 것이다.

교사들은 또한 부모를 참여시킴으로써 학생들이 수학에 대한 태도를 고취시키도록 도울 수 있을 것이다. 4 장에서는 부모들이 특히 숙제에 관여하면서 수학에 대한 자신의 불안감을 아이에게 전달할 수 있다는 것을 보여준 바 있다. 교사들은 부모의 영향과 수학에 대한 긍정적 메시지를 전달하는 것의 중요성을 부모들이 자각하도록 만들고, 수학 학습 과정에서 아이들을 지원하는 대안적 방법을 제안해 줄 수 있다(외부 강사나 방과후 교실).

학습 기회의 추적 및 분석

교육과정에서 정의한 학습 내용은 학생의 수학 성취도에서 근본적인 역할을 담당한다(3 장; Gamoran, 2007; Schmidt et al., 2015). 그러나 교육과정 그 자체보다 교육과정이 어떻게 실행되는지가 더 중요하다는 주장이 있다(1 장). 이러한 경우, 자료 수집과 분석을 통해 교사들이 교육과정을 얼마나 잘 실천하는지 그리고 실현된 교육과정이 교육 기준에서 설정된 목적을 얼마나 준수하는지 등을 결정하기 위해 노력해야 한다.

학습 기회의 측정은 단지 시간을 측정하는 데에서 끝나지 않는다. 교육자들과 정책 입안자들이 교육 기준에서 정한 것부터 학생들에게 노출되는 학습 내용을 거쳐 학생들이 이해하는 개념과 활동에 이르기까지 모든 과정에서 자료를 수집해야 한다(Floden, 2002). 교사들이 교육과정 주제별로 얼마나 많은 시간을 할애하는지, 국가 평가에서 각 주제에 얼마나 많은 문항들이 출제되는지, 그에 해당하는 교육 활동에서 학생들이 어느 정도로 참여하는지 등이 각 과정에서 자료 분석을 통해 명확해질 수 있다.

따라서 학습 기회를 추적하기 위해서는 다양한 자료 수집 도구와 분석을 결합시킬 필요가 있다. 핵심적인 정보는 교사에게 직접 수집해야 하는데, 교사들이 수업 시간에 가르친 내용을 묻는 설문 조사를 실시하거나 (TIMSS 에서 사용하는 것과 같이) 혹은 학년 동안 작성한 교사 일지를 이용할 수 있다. 이런 다양한 지표들을 비교한 결과, Gamoran et al.(1997) 은 학생의 성취도와 보다 강한 상관관계를 보여준 학습 기회 척도는 해당 주제를 위해 사용한 수업 시간의 비율에 대한 교사 보고를 학생들의 문제해결능력을 사용한 정도와 결합시킨 지표였다는 결론을 내렸다. 교사 일지 자료를 수집하고 처리하는 것은 시간 사용 연구(time-use studies)와 같은 다른 종류의 연구에서 디지털적인 접근방법을 차용함으로써 비용절감과 편리성을 도모할 수 있다.

PISA 에서 수집한 학생의 지식 관련 자기 보고 및 과제 노출도 관련 자료는 (1 장참고) 학생이 실제로 수학 교습을 통해 얻는 내용에 대한 또 다른 정보를 제공한다. 공식 문서에서 추출한 의도된 교육과정, 교사 보고서와 교과서를 통해 구한 실행된 교육과정, 학생의 자기보고를 통해 알 수 있는 학생의 지식과 능력 등을 합침으로써 교육과정 의도에서 학생 성과까지의 과정에서 어떤 단계가 빠졌는지 자세한 정보를 얻을 수 있다.

이 자료는 교육과정을 변화시키는 데 적절히 이용되지 않으면 별로 쓸모가 없다. 프랑스, 홍콩, 네덜란드, 싱가포르, 영국, 미국 등을 포함한 몇몇 나라에서 국가 기관을 통해 다년 간 연구와 학교 수학 교육과정 개발 프로그램을 실행하고 있다. 이 기관과 대학에서는 “전통적” 교육과정과 “실험적” 교육과정 하에서 학생 성취도를 엄격한 통계적 분석을 이용해 비교해야 할 것이며, 학생의 성취도는 여러 수학 능력을 잘 고안된 평가를 기반으로 평가되어야 할 것이다. 이 평가들은 교육과정에서 어떠한 혁신적 요소가 강화되어야 하는지를 찾는 데 도움이 된다. 이상적으로는 사회 경제적 지위와 같은 학교의 특성으로 분해된 결과는 교육과정의 효과와 서로 다른 실현 과정에서 유용한 지원 체계에 대한 근거를 제공할 수 있다(Schoenfeld, 2006).

학생들의 학습은 교사들이 지도하는 학습내용 외에도 정돈된 교실 분위기와 교사의 교육 방법과 같이 다른 차원의 학습 환경에도 영향을 받는다. 예를 들어, 3장에서 규율적 분위기가 좋은 교실에서만 학습시간 연장이 높은 성취도로 이어질 수 있다는 것을 보았다(도표 3.6). 비디오 연구를 통해 교사들이 어떻게 학급을 조직하고 관리하는지, 어떠한 종류의 지원과 학생 오리엔테이션을 채택하는지, 교사들이 학생의 인지능력, 자신감, 태도 등을 시험하는 교수법과 과제를 사용하는지 등에 대하여 직접적으로 교실에서 자료를 얻을 수 있다(Tomas and Seidel, 2013). 비디오 연구는 또한 학생들이 수학 지식 및 이해, 능력을 어떻게 획득하는지 보여줄 수 있고, 그에 따라 수학 기준의 설계와 개정에 대한 정보를 제공할 수 있다. 교수학습국제조사 (TALIS) 에서는 교수법에 대한 국제적 비디오 연구를 시험적으로 실시하고 있다. 이 연구의 목적은 다양한 교수 문화를 지닌 나라의 교실 관찰 자료를 이용하여 효과적인 교수법에 대한 통찰력을 제공하는 데 있다. 이 시험 연구를 통해 결과적으로 참여국의 다양한 교육 환경에서 다양한 교수법을 보여주는 국제적 비디오 기록실을 만들어낼 수도 있을 것이다.²

참고:

1. 수학 평가 프로젝트 및 프로젝트에 사용된 과제에 대한 정보는 다음 웹사이트를 참조: map.mathshell.org.
2. 교수 학습 국제 조사 비디오 연구에 대한 정보는 다음 웹사이트를 참조: <https://www.oecd.org/edu/school/TALIS-2018-video-study-brochure-ENG.pdf>.

참고자료

- Angrist, J.D., et al.** (2010), "Inputs and impacts in charter schools: KIPP Lynn", *American Economic Review*, Vol. 100/2, pp. 239-43, <http://dx.doi.org/10.1257/aer.100.2.239>.
- Beilock, S.L. and D.T. Willingham** (2014), "Math anxiety: Can teachers help students reduce it?", *American Educator*, Vol. 38/2, pp. 28-32.
- Boaler, J.** (2002), "Learning from Teaching: Exploring the Relationship between Reform Curriculum and Equity", *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 33/4, pp. 239-258, <http://dx.doi.org/10.2307/749740>.
- Chmielewski, A.K.** (2014), "An international comparison of achievement inequality in within- and between-school tracking systems", *American Journal of Education*, Vol. 120/3, pp. 293-324, <http://dx.doi.org/doi:10.1086/675529>.
- Darrow, A.A.** (2003), "Dealing with diversity: The inclusion of students with disabilities in music", *Research Studies in Music Education*, Vol. 21/1, pp. 45-57, <http://dx.doi.org/10.1177/1321103X030210010401>.
- Dobbie, W. and R. Fryer** (2013), "Getting beneath the veil of effective schools: Evidence from New York City", *American Economic Journal: Applied Economics*, Vol. 5/4, pp. 28-60.
- Echazarra, A., et al.** (2016), "How teachers teach and students learn: Successful strategies for school", *OECD Education Working Papers*, No. 130, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jm29kpt0xxx-en>
- Evertson, C.M., J.P. Sanford and E.T. Emmer** (1981), "Effects of class heterogeneity in junior high school", *American Educational Research Journal*, Vol. 18/2, pp. 219-232, <http://dx.doi.org/10.3102/00028312018002219>.
- Field, S., M. Kuczera and B. Pont** (2007), *No More Failures: Ten Steps to Equity in Education*, Education and Training Policy, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264032606-en>.
- Floden, R.E.** (2002), "The measurement of opportunity to learn", in A.C. Porter and A. Gamoran (eds.), *Methodological Advances in Cross-National Surveys of Educational Achievement*, The National Academies Press, Washington, DC, <http://www.nap.edu/read/10322/chapter/9>.
- Freedman, S.W., V. Delp and S.M. Crawford** (2005), "Teaching English in untracked classrooms", *Research in the Teaching of English*, Vol. 40/1, pp. 62-126.
- Fryer, R.G.** (2011), "Injecting successful charter school strategies into traditional public schools: A field experiment in Houston", *NBER Working Paper*, No. 17494. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Gamoran, A.** (ed.) (2007), *Standards-Based Reform and the Poverty Gap*, Brookings Institution, Washington, DC.
- Gamoran, A.** (2002), "Standards, inequality & ability grouping in schools", CES Briefings, No. 25, Centre for Educational Sociology, University of Edinburgh, <http://www.ces.ed.ac.uk/PDF%20Files/Brief025.pdf>.
- Gamoran, A.** (1996), "Curriculum standardization and equality of opportunity in Scottish secondary education: 1984-90", *Sociology of Education*, Vol. 69/1, pp. 1-21, <http://dx.doi.org/doi:10.2307/2112720>.

Gamoran, A., A.C. Porter, J. Smithson and P.A. White (1997), "Upgrading high school mathematics instruction: Improving learning opportunities for low-achieving, low-income youth", *Educational Evaluation and Policy Analysis*, Vol. 19/4, pp. 325-38, <http://dx.doi.org/doi:10.3102/01623737019004325>.

Ginsburg, A., S. Leinwand, T. Anstrom and E. Pollock (2005), *What the United States Can Learn From Singapore's World-class Mathematics System (and What Singapore Can Learn from the United States): An Exploratory Study*, American Institutes for Research, Washington, DC, <http://www.air.org/resource/what-united-states-can-learn-singapore%E2%80%99s-world-class-mathematics-system-exploratory-study>.

Hanushek, E.A. and L. Woessmann (2006), "Does educational tracking affect performance and inequality? Differences-in-differences evidence across countries", *The Economic Journal*, Vol. 116/510, pp. 63-76, <http://dx.doi.org/doi:10.1111/j.1468-0297.2006.01076.x>.

Kupari, P. (2008), "Mathematics education in Finnish comprehensive school: Characteristics contributing to student success", Proceedings of the 11th International Congress on Mathematical Education, Monterrey, Mexico, http://www.mathunion.org/fileadmin/ICMI/files/About_ICMI/Publications_about_ICMI/ICME_11/Kupari.pdf.

Lester, F.K. (ed.) (2007), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning: A Project of the National Council of Teachers of Mathematics*, Information Age Publishing, Charlotte, NC.

Li, Y. and G. Lappan (2013), *Mathematics Curriculum in School Education*, Springer, Berlin.

Loveless, T. (2016), "The resurgence of ability grouping and persistence of tracking", <http://www.brookings.edu/research/reports/2013/03/18-tracking-ability-grouping-loveless> (accessed 01 June 2016).

Lubienski, S.T. (2002), "Research, reform, and equity in U.S. mathematics education", *Mathematical Thinking and Learning*, Vol. 4/2-3, pp. 103-25, http://dx.doi.org/doi:10.1207/S15327833MTL04023_2.

Lubienski, S.T. and J. Stilwell (1998), "Teaching low-SES students mathematics through problem solving: Tough issues, promising strategies and lingering dilemmas", in H. Schoen and R.I. Charles (eds.), *Teaching Mathematics through Problem Solving: Grades 6-12*, National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA, pp. 207-218.

Maloney, E.A. and S.L. Beilock (2012), "Math anxiety: Who has it, why it develops, and how to guard against it", *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 16/8, pp. 404-406, <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.tics.2012.06.008>.

Meghir, C. and M. Palme (2005), "Educational reform, ability, and family background", *American Economic Review*, Vol. 95/1, pp. 414-24, <http://dx.doi.org/doi:10.1257/0002828053828671>.

Mullis, I.V.S. et al. (eds.) (2012), *TIMSS 2011 Encyclopedia: Education Policy and Curriculum in Mathematics and Science, Volumes 1 and 2*, TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College, Chestnut Hill, MA, <http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/encyclopedia-timss.html>.

National Research Council (2001), *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*, National Academies Press, Washington, DC, <http://www.nap.edu/catalog/9822>.

OECD (2016), *Low-Performing Students: Why They Fall Behind and How To Help Them Succeed*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264250246-en>.

OECD (2014), *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do (Volume I, Revised edition, February 2014): Student Performance in Mathematics, Reading and Science*, PISA, OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208780-en>.

OECD (2013), *PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III): Students' Engagement, Drive and Self-Beliefs*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201170-en>.

OECD (2012), *Equity and Quality in Education: Supporting Disadvantaged Students and Schools*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264130852-en>.

- OECD** (2011a), *Lessons from PISA for the United States, Strong Performers and Successful Reformers in Education*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264096660-en>.
- OECD** (2011b), "The impact of the 1999 education reform in Poland", *OECD Education Working Papers*, No. 49, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5kmbjgkm1m9x-en>.
- OECD** (2010), *Educating Teachers for Diversity: Meeting the Challenge*, Centre for Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264079731-en>.
- Pekkala Kerr, S., T. Pekkarinen and R. Uusitalo** (2013), "School tracking and development of cognitive skills", *Journal of Labor Economics*, Vol. 31/3, pp. 577-602, <http://dx.doi.org/doi:10.1086/669493>.
- Pekkarinen, T., R. Uusitalo and S. Kerr** (2009), "School tracking and intergenerational income mobility: Evidence from the Finnish comprehensive school reform", *Journal of Public Economics*, Vol. 93/7-8, pp. 965-73, <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.jpubeco.2009.04.006>.
- Rosli, R., D. Goldsby and M.M. Capraro** (2013), "Assessing students' mathematical problem-solving and problem-posing skills", *Asian Social Science*, Vol. 9/16, pp. 54-60.
- Rothenberg, J.J., P. Mcdermott and G. Martin** (1998), "Changes in pedagogy: A qualitative result of teaching heterogeneous classes", *Teaching and Teacher Education*, Vol. 14/6, pp. 633-642, [http://dx.doi.org/doi:10.1016/S0742-051X\(98\)00013-4](http://dx.doi.org/doi:10.1016/S0742-051X(98)00013-4).
- Rubin, B.C.** (2006), "Tracking and detracking: Debates, evidence, and best practices for a heterogeneous world", *Theory Into Practice*, Vol. 45/1, pp. 4-14, http://dx.doi.org/doi:10.1207/s15430421tip4501_2.
- Rubin, B.C. and P.A. Noguera** (2004), "Tracking detracking: Sorting through the dilemmas and possibilities of detracking in practice", *Equity & Excellence in Education*, Vol. 37/1, pp. 92-101, <http://dx.doi.org/doi:10.1080/10665680490422142>.
- Schmidt, W.H. and N.A. Burroughs** (2013), "Springing to life: How greater educational equality could grow from the common core mathematics standards", *American Educator*, Vol. 37/1, pp. 2-9.
- Schmidt, W.H., N.A. Burroughs, P. Zoido and R.T. Houang** (2015), "The role of schooling in perpetuating educational inequality an international perspective", *Educational Researcher*, Vol. 44/7, pp. 371-386, <http://dx.doi.org/doi:10.3102/0013189X15603982>.
- Schmidt, W.H., R. Houang and L. Cogan** (2002), "A coherent curriculum: The case of mathematics", *American Educator*, Vol. 26/2, pp. 10.
- Schoenfeld, A.H.** (2006), "What doesn't work: The challenge and failure of the What Works Clearinghouse to conduct meaningful reviews of studies of mathematics curricula", *Educational Researcher*, Vol. 35/2, pp. 13-21.
- Stein, M.K., R.A. Engle, M.S. Smith and E.K. Hughes** (2008), "Orchestrating productive mathematical discussions: Five practices for helping teachers move beyond show and tell", *Mathematical Thinking and Learning*, Vol. 10/4, pp. 313-340, <http://dx.doi.org/doi:10.1080/10986060802229675>.
- Thernstrom, A. and S. Thernstrom** (2004), *No Excuses: Closing the Racial Gap in Learning*, Simon and Schuster, New York, NY.
- Tomáš, J. and T. Seidel** (2013), *The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in the Classroom*, Waxmann, Munster, Germany.
- Tomlinson, C.A.** (2001), *How to Differentiate Instruction in Mixed-Ability Classrooms*, Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria, VA.



Annex A

LIST OF TABLES AVAILABLE ON LINE

ANNEX A

LIST OF TABLES AVAILABLE ON LINE

The following tables are available in electronic form only.

Chapter 1 수학 학습 기회의 중요성과 측정 방법

<http://dx.doi.org/10.1787/888933377718>

WEB	Table 1.1a	Numeracy skills used at work, all workers
WEB	Table 1.1b	Numeracy skills used at work, by wage
WEB	Table 1.2	Relationship between years of education and numeracy, and economic and social outcomes
WEB	Table 1.3	Coverage of selected mathematics topics in the intended and implemented curriculum
WEB	Table 1.4	Responsibility for choosing textbooks, course content and courses availability
WEB	Table 1.5	Use of standardised practices for curriculum and teaching
WEB	Table 1.6	Change between 2003 and 2012 in the time spent in mathematics classes
WEB	Table 1.7	Students' self-reported familiarity with mathematics concepts
WEB	Table 1.8	Students' self-reported familiarity with algebraic and geometric concepts
WEB	Table 1.9a	Indices of exposure to applied and pure mathematics
WEB	Table 1.9b	Students' self-reported exposure to applied and pure mathematics tasks at school
WEB	Table 1.10	Indices of exposure to applied and pure mathematics, and familiarity with mathematics concepts, by grade
WEB	Table 1.11a	Exposure to algebraic word problems during mathematics lessons and assessments
WEB	Table 1.11b	Exposure to contextualised mathematics problems during mathematics lessons and assessments
WEB	Table 1.11c	Exposure to procedural mathematics tasks during mathematics lessons and assessments
WEB	Table 1.11d	Exposure to pure mathematics problems during mathematics lessons and assessments
WEB	Table 1.12	Correlation among exposure to different types of mathematics problems during mathematics lessons

Chapter 2 수학 노출도 및 친숙도의 차이

<http://dx.doi.org/10.1787/888933377728>

WEB	Table 2.1	Variation in familiarity with mathematics
WEB	Table 2.2	Variation in familiarity with mathematics, explained by students' and schools' socio-economic profile
WEB	Table 2.3	Mathematics learning time at school, by students' socio-economic status
WEB	Table 2.4a	Exposure to applied and pure mathematics, by socio-economic status
WEB	Table 2.4b	Familiarity with mathematics, by socio-economic status
WEB	Table 2.5a	Familiarity with mathematics concepts, by parents' highest level of education
WEB	Table 2.5b	Familiarity with mathematics concepts, by gender
WEB	Table 2.6	Percentage of immigrants in schools, by school-level familiarity with mathematics
WEB	Table 2.7	Familiarity with mathematics, by immigrant background
WEB	Table 2.8	Effects of ethnic diversity on the learning environment, by schools' socio-economic profile
WEB	Table 2.9a	Percentage of students who attended at least one year of pre-primary education, by students' socio-economic status
WEB	Table 2.9b	Familiarity with mathematics and attendance at pre-primary education
WEB	Table 2.10	Familiarity with mathematics concepts and students' characteristics
WEB	Table 2.11	parents' preferences for schools, by socio-economic status
WEB	Table 2.12	Academic selectivity and equity in familiarity with mathematics
WEB	Table 2.13	Residency requirements and equity in familiarity with mathematics
WEB	Table 2.14	Familiarity with mathematics and students' socio-economic status, by level of education
WEB	Table 2.15	Grade repetition and equity in familiarity with mathematics
WEB	Table 2.16	Age at first tracking and equity in familiarity with mathematics
WEB	Table 2.17	Enrolment in vocational school and likelihood of socio-economic disadvantage and/or being less familiar with mathematics
WEB	Table 2.18	Effects of ability differences on the learning environment, by schools' socio-economic status
WEB	Table 2.19a	Prevalence of ability grouping, by schools' socio-economic profile
WEB	Table 2.19b	Ability grouping and students' familiarity with mathematics
WEB	Table 2.20a	Percentage of students attending advanced mathematics classes, by students' socio-economic status
WEB	Table 2.20b	Attendance of advanced mathematics classes and students' socio-economic status
WEB	Table 2.21	Teachers' beliefs about the need to adapt academic standards to ability

WEB	Table 2.22	Teachers assigning different tasks to students based on ability, by schools' socio-economic profile
WEB	Table 2.23	School transfers and equity in familiarity with mathematics
WEB	Table 2.24	Student-teacher ratio and the percentage of qualified mathematics teachers
WEB	Table 2.25a	Teachers' use of cognitive-activation strategies, by schools' socio-economic profile
WEB	Table 2.25b	Teachers' use of cognitive-activation strategies and students' performance in mathematics, by schools' profile socio-economic
WEB	Table 2.25c	Teachers' use of cognitive-activation strategies and students' familiarity with mathematics, by schools' profile socio-economic
WEB	Table 2.26	Disciplinary climate and familiarity with mathematics, by students' socio-economic status

Chapter 3 학교에서의 수학 노출도와 PISA 성취도

<http://dx.doi.org/10.1787/888933377738>

WEB	Table 3.1	Comparing countries/economies on the different mathematics content subscales
WEB	Table 3.2a	Mean score on mathematics subscales
WEB	Table 3.2b	Difficulty of PISA tasks, by content area
WEB	Table 3.3a	Change between 2003 and 2012 in mathematics performance across content areas
WEB	Table 3.3b	Change between 2003 and 2012 in the percentage of students answering correctly to mathematics items across content areas
WEB	Table 3.4a	Average performance in mathematics, reading and science, by time spent per week in school lessons
WEB	Table 3.4b	Average performance in mathematics, reading and science, by time spent per week in after-school lessons
WEB	Table 3.5	Mathematics performance and instruction time, after accounting for school characteristics
WEB	Table 3.6	Disciplinary climate, by time spent per week in school lessons
WEB	Table 3.7	Relationship between exposure to mathematics content and performance in mathematics
WEB	Table 3.8a	Performance in mathematics, by exposure to algebraic word problems during mathematics lessons
WEB	Table 3.8b	Performance in mathematics, by exposure to contextualised mathematics problems during mathematics lessons
WEB	Table 3.8c	Performance in mathematics, by exposure to procedural tasks during mathematics lessons
WEB	Table 3.8d	Performance in mathematics, by exposure to pure mathematics problems during mathematics lessons
WEB	Table 3.9	Average performance in mathematics, by levels of exposure to applied and pure mathematics
WEB	Table 3.10	Exposure to mathematics and the likelihood of top and low performance
WEB	Table 3.11	Difference in mathematics performance across grades related to exposure to pure mathematics
WEB	Table 3.12	Familiarity with mathematics and success on PISA items, by items' difficulty
WEB	Table 3.13	Familiarity with mathematics and performance on a very difficult mathematics task
WEB	Table 3.14	Familiarity with mathematics and performance on the most difficult mathematics task
WEB	Table 3.15	Familiarity with mathematics and success on complex items
WEB	Table 3.16	Differences in performance related to exposure to mathematics, by socio-economic status
WEB	Table 3.17	Socio-economic status and mathematics performance, by item difficulty
WEB	Table 3.18	Relationship between socio-economic status and success on PISA mathematics tasks, by required mathematics competencies

Chapter 4 수학 학습 기회와 수학에 대한 태도

<http://dx.doi.org/10.1787/888933377744>

WEB	Table 4.1	Change between 2003 and 2012 in the percentage of students enjoying or interested in mathematics
WEB	Table 4.2	Mathematics self-concept, by gender and students' socio-economic status
WEB	Table 4.3	Mathematics anxiety, by gender and students' socio-economic status
WEB	Table 4.4a	Mathematics intentions, by gender and students' socio-economic status
WEB	Table 4.4b	Students' motivation to learn science, by gender and socio-economic status
WEB	Table 4.4c	Students' career expectations, by gender and socio-economic status
WEB	Table 4.5a	Students' mathematics self-concept
WEB	Table 4.5b	Relationship between exposure to pure mathematics and mathematics self-concept
WEB	Table 4.6	Relationship between exposure to mathematics and mathematics self-concept
WEB	Table 4.7a	Relationship between frequent exposure to mathematics tasks in lessons and mathematics self-concept
WEB	Table 4.7b	Relationship between frequent exposure to mathematics tasks in lessons and mathematics anxiety
WEB	Table 4.7c	Relationship between frequent exposure to mathematics tasks in tests and mathematics self-concept
WEB	Table 4.7d	Relationship between frequent exposure to mathematics tasks in tests and mathematics anxiety
WEB	Table 4.7e	Percentage of students who are more frequently exposed to mathematics tasks in tests than in lessons
WEB	Table 4.7f	Relationship between more frequent exposure to mathematics tasks in tests than in lessons and mathematics anxiety
WEB	Table 4.8a	Students' mathematics anxiety
WEB	Table 4.8b	Relationship between exposure to pure mathematics and mathematics anxiety
WEB	Table 4.9	Relationship between exposure to mathematics and mathematics anxiety

WEB	Table 4.10a	Relationship between exposure to and familiarity with mathematics and mathematics self-concept, by level of performance
WEB	Table 4.10b	Relationship between exposure to and familiarity with mathematics and mathematics anxiety, by level of performance
WEB	Table 4.11	Motivation to learn mathematics and peers' attitudes, by schools' average level of familiarity with mathematics
WEB	Table 4.12a	Students who reported that their peers work hard in mathematics, by schools' average level of familiarity with mathematics
WEB	Table 4.12b	Mathematics self-concept and relative familiarity with mathematics compared with schoolmates
WEB	Table 4.13	After-school study time with parents, by students' familiarity with mathematics
WEB	Table 4.14a	Students' mathematics anxiety, by students' performance
WEB	Table 4.14b	Relationship between parents' attitudes towards mathematics and students' anxiety, by performance
WEB	Table 4.15	Relationship between teachers' communication and students' mathematics anxiety, by students' familiarity with mathematics
WEB	Table 4.16	Relationship between teaching practices and students' mathematics self-concept, by students' familiarity with mathematics
WEB	Table 4.17	Students' interest in mathematics and their use of computers in mathematics lessons
WEB	Table 4.18	Performance gap between disadvantaged and other students, by context of task
WEB	Table 4.19	Relationship between exposure to pure mathematics and mathematics performance, by interest in mathematics

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT(OECD)

OECD는 세계적인 경제, 사회 및 환경 문제를 해결하기 위해 여러 정부가 함께 작업하는 포럼입니다. 또한 OECD는 기업 지배 구조, 정보 경제 및 인구 고령화와 같은 새로운 개발 과제 및 관심사를 이해하고 이에 대해 정부가 대응할 수 있도록 노력하는 최전방에 서 있습니다. OECD는 정부가 정책 경험을 비교하고, 공통된 문제에 대한 해결책을 도모하며 우수 사례를 확인하고 국내외 정책을 조정할 수 있는 환경을 제공합니다.

OECD 참여국은 호주, 오스트리아, 벨기에, 캐나다, 칠레, 체코, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 헝가리, 아이슬란드, 아일랜드, 이스라엘, 이탈리아, 일본, 대한민국, 룩셈부르크, 멕시코, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 슬로바키아, 슬로베니아, 스페인, 스웨덴, 스위스, 터키, 영국, 그리고 미국입니다. 유럽 연합(EU)은 OECD 활동에 참여하고 있습니다.

OECD 출판은 회원국들이 합의한 협약, 지침 및 표준 뿐만 아니라 OECD의 통계 수집 결과와 경제, 사회 및 환경 문제에 대한 연구 결과를 널리 보급하는 데 앞장서고 있습니다.

PISA

방정식과 불평등

수학 학습 기회 형평성 제고 방안

그 어느 때보다 학생들은 수학 개념을 다루고, 정량적이고 분석적으로 생각하며 수학을 사용한 의사소통이 가능해야 합니다. 이러한 모든 기술은 미래를 준비하는 학생들이 직장이나 교실 밖 실제 생활에서 발생하는 문제들을 해결하는 데에 매우 중요합니다. 그럼에도 불구하고 많은 학생들이 기본적인 수학 개념에 익숙하지 못하고, 학교에서는 학생들의 정량적인 사고와 실생활의 복잡한 문제들을 해결하는 능력을 키워주지 못하는 반복적인 문제만을 연습하고 있습니다.

이 패턴을 깨뜨릴 수 있는 방법은 무엇인가? 본 보고서는 PISA 2012의 결과를 바탕으로, 모든 학생들이 핵심 수학 개념을 배우고 도전적인 수학 과제를 해결하는 데에 “참여하는” 시간을 늘리는 것을 한 가지 방법으로 제시합니다. 수학 내용을 학습하는 기회 - 학생들이 학교에서 수학과 관련된 주제를 학습하고 수학 과제를 연습하는 시간 - 는 수학 소양을 정확하게 예측할 수 있습니다. 학생들의 수학에 대한 친숙도의 차이는 사회 경제적 특혜층과 사회 경제적 취약 계층 학생들 간 보이는 PISA 성취도 차이의 상당 부분을 설명합니다. 수학에 대한 접근성을 넓히는 것을 통해 수학에 대한 평균 성취도를 높임과 동시에 교육 및 사회 전반의 불평등을 감소시킬 수 있습니다.

목 차

- Chapter 1. 수학 학습 기회의 중요성과 측정 방법
- Chapter 2. 수학 노출도 및 친숙도의 차이
- Chapter 3. 학교에서의 수학 노출도와 PISA 성취도
- Chapter 4. 학습 기회와 수학에 대한 태도
- Chapter 5. 수학 학습 기회 확대를 위한 정책 전략

Consult this publication on line at: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264258495-en>

This work is published on the OECD iLibrary, which gathers all OECD books, periodicals and statistical databases. Visit www.oecd-ilibrary.org and do not hesitate to contact us for more information.

본서의 원본은 파리의 경제협력개발기구가 2016년에 영어와 프랑스어로 발행하였으며 원제는 'PISA Equations and Inequalities: Making Mathematics Accessible to All / PISA Tous égaux face aux équations? Rendre les mathématiques accessibles à tous - Principaux résultats © [2016], Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.' 입니다.

영어판 : ISBN: 9789264258488 / DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264258495-en>

프랑스어판 : ISBN: 9789264259294 / DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264259294-fr>

본 번역본은 OECD의 동의를 거쳐 발간되었으며, OECD의 공식 번역은 아닙니다.

www.oecdbookshop.org - OECD 온라인 서점

www.oecd-ilibrary.org - OECD 온라인 도서관

www.oecd.org/oecddirect - OECD 출판물 알림 서비스

