The Mathematical Education. Vol. 61, No. 4, 631-651
http://doi.org/10.7468/mathedu.2022.61.4.631

Print ISSN 1225-1380
Online ISSN 2287-9633

Research Article

Exploring the direction of mathematics education to improve the affective achievement of students

Lee, Hwayoung[1] · Ko, Ho Kyoung[2] · Park, Ji Hyun[3] · Oh, Se Jun[4] · Lim, Miin[5]*

[1]Senior Researcher, Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity

[2]Professor, Ajou University

[3]Researcher, Korea Institute for Curriculum and Evaluation

[4]Teacher, Ewha Womans University High School

[5]Professor, Seoul National University of Education

*Corresponding Author: Miin Lim (miin@snue.ac.kr)

ABSTRACT

It has been alerted that Korean students' mathematical affective achievement is very low. In order to solve this problem, various policies related to mathematical affective domains have been promoted, but it is necessary to examine various existing policies and explore the direction for improving them in more essential aspects. Based on previous studies that the growth mindset helps to increase students' affective achievement, this study focused on improving students' math-related growth mindset and ultimately exploring policies that can increase mathematical affective achievement. Therefore, the current status of mathematical affective achievement of Korean students was examined, and the policies and related cases in the mathematical affective domain were investigated. Based on the results, some keywords were derived and then the directions of policy for improving the math-related growth mindset and the affective achievement of students were suggested.

Key words: mathematical affective domain, affective achievement, growth mindset, policies related to mathematical affective domain

학생의 정의적 성취 신장을 위한 수학교육 개선 방향 탐색

이화영[1] · 고호경[2] · 박지현[3] · 오세준[4] · 임미인[5]*

[1]한국과학창의재단 선임연구원 · [2]아주대학교 교수 · [3]한국교육과정평가원 연구위원 · [4]이화여자대학교사범대학부속이화·금란고등학교 교사 · [5]서울교육대학교 교수

*교신저자: 임미인 (miin@snue.ac.kr)

초록

우리나라 학생들의 수학 정의적 성취도가 낮고 학년이 올라갈수록 학생들이 수학을 포기하는 비율이 증가한다는 점이 지속적으로 문제 제기되어 왔다. 이에 국가 기관이나 교육청, 학교 차원에서 다양한 수학 정의적 영역 관련 정책이 추진되어 왔으나, 더욱 본질적인 측면에서의 개선을 위해 기존의 여러 정책을 살펴보고 개선 방향을 탐색할 필요가 있다. 본 연구는 성장 마인드셋이 정의적 성취의 신장에 도움을 준다는 선행연구에 기초하여, 학생의 수학에 관한 성장 마인드셋을 향상시켜서 궁극적으로 수학 정의적 성취를 신장시킬 수 있는 정책을 탐색하는 데 초점을 두었다. 이에, 먼저 문헌 연구를 통해 우리나라 학생들의 수학 정의적 성취 실태 및 변화 추이를 살펴보고, 국내외에서 이루어진 수학 정의적 영역 관련 정책 및 사례를 조사하였다. 그 결과를 토대로 키워드를 설정하여 수학 마인드셋 향상과 정의적 성취 신장을 위한 정책의 방향을 제안하였다.

주요어: 수학 정의적 영역, 정의적 성취, 성장 마인드셋, 수학 정의적 영역 관련 정책

Received November 05, 2022 **Revised** November 16, 2022 **Accepted** November 17, 2022
2000 Mathematics Subject Classification : 97B20
Copyright © 2022 The Korean Society of Mathematical Education.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http: //creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

연구의 필요성

수학에 대한 흥미와 가치 인식, 수학 학습에 대한 자신감, 긍정적인 태도 등과 같은 정의적 성취를 신장시키는 것은 인지적 성취와 함께 학교 수학교육의 중요한 목표이다. 그러나 우리나라 학생들이 수학에 대한 흥미와 자신감이 낮고 수학에 대해 부정적인 태도를 지니고 있으며, 이는 반드시 개선이 필요한 사항이라는 지적이 지속적으로 제기되어 왔다(Sang et al., 2020). 이러한 문제를 해결하기 위해 학생들의 수학 정의적 성취를 신장시키기 위한 수학교육 정책들이 있어 왔으나 그 중 일부는 정의적 저성취에 대한 원인 분석이 이루어지지 않은 상태에서 수립되거나 학교 현장에서 다소 피상적으로 구현되어 온 경향이 있다(Lee et al., 2021). 그러나 본질적인 원인에 초점을 맞추어 학생의 수학 정의적 성취를 신장시키기 위한 정책을 수립할 때 그 정책이 실효성을 가질 수 있다. 기존의 선행연구(Cho et al., 2019; Sang et al., 2020)는 교육맥락 변인과 정의적 성취 간 상관관계를 중점적으로 조명해 왔으나, 우리나라 학생들의 정의적 저성취 심화 현상은 현재까지 규명된 다양한 원인들이 학생들의 정의적 성취 개선에 충분하지 않다는 것을 보여준다. 이에 학생이 가진 심리적 요인 중에서 근본적으로 수학 정의적 성취에 영향을 주면서 외적 요인을 통해 변화시킬 수 있는 추가적인 요인은 없는지 고민이 필요하며, 본 연구에서는 이와 관련하여 최근 그 중요성이 강조되고 있는 '성장 마인드셋(mindset, 마음가짐)'에 주목하였다.

수학적 능력은 변할 수 있을까? 이 질문에 대한 답은 어떠한 마인드셋을 지녔는지에 따라 달라진다. 스탠퍼드 대학교의 Jo Boaler는 Carol Dweck과 함께 일련의 연구(Boaler, 2016; Boaler et al., 2018; Dweck, 2006)를 통해 수학 학습에 대한 성장 마인드셋이 학생들의 수학에 대한 흥미와 자신감뿐만 아니라 학업 성취에도 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과를 제시하였다. 성장 마인드셋은 성인이 되어도 두뇌가 성장하며 적응하고 변화할 수 있다는 주장에 근거한 것으로, '경험과 노력을 통해 수학적 능력을 향상시킬 수 있다고 믿는 마음가짐'이라고 할 수 있다(Boaler, 2016). 이는 수학적 능력이 고정되어 있어 노력해도 바꿀 수 없다는 신념인 고정 마인드셋에 반하는 개념으로, 뇌과학적 연구(Woollett & Maguire, 2011)에 기반한다. 우리나라 학생들의 경우에는 소위 수학 공부를 포기한 주요 이유로 '내 능력이 부족해서'라고 생각하는 경향이 있는 것으로 나타났는데(KOFAC, 2021), 이는 수학 학습에서 정의적 저성취나 포기 현상이 마인드셋과 관련이 있을 수 있음을 나타낸다. 즉, 다수의 학생들이 고정 마인드셋을 지니고 있기 때문에 수학에 대한 낮은 정의적 성취를 보이고 수학을 포기하게 된다는 추측을 뒷받침하는 근거가 될 수 있다. 이에 본 연구에서는 마인드셋의 측면에서 우리나라 학생들의 수학 정의적 성취의 실태와 변화 추이를 파악하고, 수학 성장 마인드셋을 향상시켜 궁극적으로 수학 정의적 성취를 신장시키기 위한 정책의 개선 방향에 대해 고찰하고자 한다.

수학 정의적 영역에서 마인드셋의 역할

Dweck (2006)은 내적 신념 체계를 '마인드셋'이란 용어로 설명하고 고정 마인드셋과 성장 마인드셋으로 구분하였다. 또한 학습자의 마인드셋에 따라 학습의 목표 지향, 노력에 대한 신념, 실패 시 귀인 방법, 사용하는 학습 전략, 선호하는 과제 난이도, 도전에 대한 관점, 비판에 대한 반응, 타인의 성공에 대한 견해 등에 차이를 보일 수 있다고 주장하였다. Dweck이 제안한 마인드셋 개념은 과목에 상관없는 일반적인 개념이지만, 수학이 가지고 있는 고유한 학문적 특성과 우리나라 학생들의 학습 경험을 고려하면 수학 학습에 초점을 맞추어 학생의 마인드셋을 면밀히 살펴볼 필요가 있다.

학생의 정의적 성취와 마인드셋의 관계에 대한 근거를 제시한 연구로 Dweck (2006), Kim과 Shin (2020), Lee 외 (2021) 등을 들 수 있다. 이와 같은 선행연구의 결과 중에서 본 연구에서는 학생들의 신념 중 수학적 능력과 관련된 신념인 마인드셋이 학생의 정의적 성취에 영향을 미친다는 점에 주목하였다. 이 중 Lee 외 (2021)는 학생의 성장 마인드셋이 수학 정의적 성취의 신장에 영향을 미치고, 학부모의 성장 마인드셋에 의해 발현되는 수학 학습 신념과 교사의 성장 마인드셋에 의해 발현되는 수학 교수법이 학생의 성장 마인드셋에 유의미한 영향을 미친다는 것을 확인하였다(Figure 1 참고). 구체적으로, 이는 학부모의 성장 마인드셋이 자녀의 수학 학습에서 충분한 사고의 기회와 공감에 기반을 둔 긍정적인 피드백을 제공하거나 허용적인 분위기를 형성하는 학부모의 신념과 관여

의 형태로 발현됨을 의미한다. 또한 교사의 성장 마인드셋이 수학의 개인적, 사회적 가치를 중시하는 신념의 형태로 발현되고, 학생들에게 충분한 사고의 기회뿐만 아니라 수학적 아이디어를 연결하며 학생의 성장을 돕기 위한 피드백을 제공하는 교수법의 형태로 영향을 미친다는 것을 의미한다.

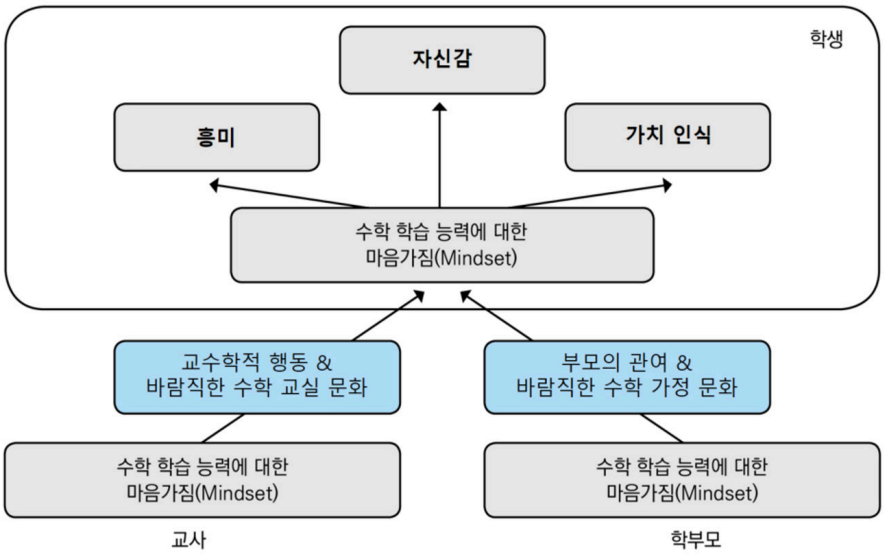

Figure 1. The relationship between the mindset of students, teachers, and parents and the affective domain of mathematics (Partially revised Lee et al., 2021)

이에, 학생의 성장 마인드셋 향상을 목표로 기존의 수학교육 정책을 반성적으로 검토할 필요가 있다. 학생의 수학 정의적 성취는 학생들이 수학 학습 과정에서 느끼는 감정적인 신념 체계에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 수학의 내용이나 형식에 직접적으로 영향을 미치는 정책에만 의존하기 보다는, 수학을 매개로 소통하는 교사, 학부모와의 상호작용을 지원함으로써 수학 학습 환경과 문화를 개선하는 방향으로의 정책이 필요하다.

이때 Lee 외 (2021)에서 주장한 바와 같이, 학부모의 마인드셋은 가정에서의 수학 학습 문화에 영향을 미치고, 교사의 마인드셋은 교실에서의 수학 학습 문화에 영향을 미친다는 점을 고려해야 할 것이다. 학생의 수학 정의적 성취를 지원하기 위해서 학부모의 측면에서는 학부모의 수학 학습에 대한 적절한 신념 형성과 바람직한 가정 문화 조성에 초점을 둔 정책을 추진할 필요가 있다. 구체적으로, 학부모는 수학 학습에 직접적으로 관여하는 것이 아니라, 수학의 중요성에 대해 공감하고 결과보다 과정을 중시하며 실수를 허용하는 등의 신념을 통해 자녀의 정의적 성취에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 학부모는 자녀의 수학 학습을 직접 이끄는 행위가 아니라 정서를 공유하는 존재 그 자체로 수학 정의적 성취를 돕는다는 해석이 가능하다. 한편 교사는 학부모와 달리 수학 교과 내용이 학생과의 상호작용에서 직접적인 매개물이기 때문에, 교사의 수학 교수법이 학생의 정의적 성취에 큰 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 구체적으로, 다양한 방식의 표현과 창의적인 사고를 유도하는 수업, 수학적 표현 사이의 연결성을 강조하는 수업, 학생의 오류를 파악하고 적절한 피드백을 제공하는 수업이 학생의 성장 마인드셋을 향상시켜 수학 정의적 성취를 촉진할 수 있다. 교사의 의사결정은 신념 외에도 교사가 수업에서 추구하고자 하는 목표, 교사가 지니고 있는 전문성으로서의 자원이 영향을 미친다 (Schoenfeld, 2011). 따라서 교사가 수업 시 학생과의 상호작용에서 취하는 적절한 교수학적 행동과 그로 인한 수학 교실 문화가 학생의 수학 정의적 성취를 신장시키는 데 기여한다고 볼 수 있다. 이를 종합해볼 때, 학생의 수학 성장 마인드셋을 향상시켜서 정의적 성취를 신장시키기 위해서는 학생 자체뿐만 아니라 학부모와 교사의 성장 마인드셋의 측면을 동시에 고려하는 방향으로 수학교육이 개선되어야 하며, 이는 그에 맞는 정책 수립 및 추진을 통해 구현될 수 있을 것이다.

연구 내용과 방법

본 연구는 문헌 연구와 전문가 자문을 통해 수행하였다. 수학 정의적 영역 정책의 개선 방향 탐색에 앞서, 먼저 우리나라 학생들의 수학 정의적 성취의 실태와 변화 추이를 면밀히 살펴보고 그 결과로부터 정책 제안을 위한 기본적인 요구 사항을 파악하고자 하였다. 이는 선행연구의 수학 정의적 성취 실태 조사 결과를 바탕으로 실시하였다. 구체적인 분석 대상은 KOFAC (2021)의 2020년 수학 정의적 특성 및 수학 포기 실태 조사 결과[1], MoE (2021a)의 국가수준 학업성취도 평가에서 제시한 2018년부터 2020년까지의 수학 정의적 성취 조사 결과, Seo 외 (2021)에서 제시한 TIMSS 2011부터 TIMSS 2019까지의 수학 정의적 특성 조사 결과이다. 이 연구들은 모두 국가 또는 국제 수준에서 대규모로 학생들의 수학 정의적 성취를 조사하였다는 특징이 있기 때문에, 본 연구에서 우리나라 학생들의 수학 정의적 성취의 신장에 관한 수학교육 개선 방안을 제안하는 데 의미 있는 방향성을 제공할 가능성이 크다. 이어서 국내외 수학 정의적 영역에 관한 정책 및 주요 관련 사례를 수집하였고, 이를 교육과정, 학교 혁신, 수학과제, 교수학습 및 평가의 측면으로 범주화하여 수학 마인드셋 향상을 통한 정의적 성취 신장의 관점에서 분석하였다. 이러한 분석 및 조사 결과로부터 수학 정의적 성취와 관련한 주요 키워드를 설정하고, 이를 통해 학생의 수학 마인드셋 향상 및 정의적 성취 신장을 위한 정책 방향의 초안을 마련하였다. 수학교육 전문가 5인(초등학교 교사 1명, 고등학교 교사 1명, 시도교육청의 수학교육 담당 장학사 1명, 초등 수학교육 교수 1명, 중등 수학교육 교수 1명)을 대상으로 정책 초안의 타당성과 현장적합성에 대한 자문을 실시하였고, 그 결과를 토대로 정책을 수정·보완하여 제안하였다. 전체적인 연구 내용을 정리하면 Figure 2와 같다.

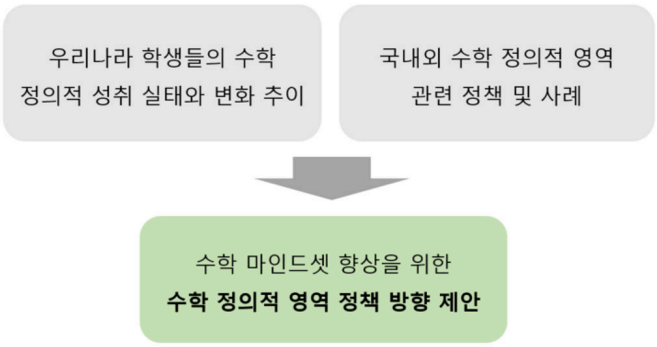

Figure 2. Contents of this study

우리나라 학생들의 수학 정의적 성취 실태와 변화 추이

학생들의 수학 정의적 성취 실태

Table 1은 KOFAC (2021)의 2020년 우리나라 초·중·고등학생의 수학 정의적 성취 실태 조사 결과를 정리한 것이다. 조사 결과를 살펴보면, 초등학생은 수학 가치인식과 학습의욕의 긍정 응답 비율이 60%이상으로 높게 나타난데 반해, 자신감과 흥미의 긍정 응답 비율은 50%미만으로 나타났다. 수학 불안과 관련해서 수학 불안이 있다고 응답한 학생의 비율(20.6%)은 낮은 편이었다. 중학생의 경우도 가치인식과 학습의욕의 긍정 응답 비율이 50%이상으로 높게 나타났으며, 자신감과 흥미의 긍정 응답 비율은 40%미만으로 나타났다. 또한 수학 불안이 있다고 응답한 학생 비율(30.1%)이 초등학생에 비해 다소 높은 편이었다. 고등학생의 경우에는 가치인식과 학습의욕의 긍정 응답 비율이 40%이상으로 나타났으며, 자신감과 흥미의 긍정 응답 비율은 30%이하로 나타났다. 또한 수학 불안이 있다고 응답한 비율이 32.9%로 나타나 중학교와 유사한 수준인 것을 알 수 있다. 즉, 각 구인에 대한 긍정 응답 비율을 고려할 때 모든 학교급에서 자신감이나 흥미보다 가치인식과 학습의욕에 대한 정의적 성취가 높았으며, 초등학생의 정의적 성취가 가장 높고 중학교, 고등학교 순으로 정의적 성취가 낮아지는 경향이 있음을 알 수 있다.

1 KOFAC (2021)은 수학나눔학교, 표집학교, AI 데이터 리터러시 모델학교를 대상으로 학생들의 수학 정의적 영역에 대한 실태를 조사하였으며, 본 연구에서는 표집 대상의 대표성을 고려하여 '표집학교' 조사 결과를 분석하였다.

자신감은 학업성취와 상관이 높은 정의적 구인 중 하나로 보고되고 있는데, 이와 같이 자신감이 낮은 원인 중 하나로 마인드셋을 고려할 수 있다(Lee et al., 2021). Kim과 Shin (2020)은 수학 교과에서 고정 마인드셋은 학업적 자기효능감에 유의한 부적 영향을 미치며, 학업적 자기효능감을 부분매개로 하여 고정 마인드셋은 수학 학업성취에 영향을 줄 수 있다고 하였다. 또한 수학적 자기효능감은 수학에 대한 흥미에도 영향을 준다는 연구 결과를 고려하면(Lee et al., 2018), 고정 마인드셋은 자기효능감을 매개로 수학에 대한 흥미를 낮추는 요인이 될 수 있다.

Table 1. Results of a survey on mathematical affective achievement (KOFAC, 2021)

School level	Component	Number of students	Percentage of responses(%)				
			Strongly disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly agree
Elementary school (4~6th)	Confidence	6,571	5.5	10.7	36.5	31.4	15.8
	Interest	6,571	9.2	13.8	37.6	25.1	14.3
	Value	6,571	3.4	6.5	18.2	34.0	37.9
	Desire to learn math	6,571	2.8	7.7	23.0	32.9	33.6
	Anxiety about math	6,571	33.5	25.8	20.0	13.3	7.3
Middle school (7~9th)	Confidence	10,540	13.1	16.5	36.1	24.0	10.3
	Interest	10,540	13.4	16.0	37.5	23.5	9.6
	Value	10,540	8.3	11.7	25.7	28.7	25.5
	Desire to learn math	10,540	7.4	14.0	23.2	26.0	29.4
	Anxiety about math	10,540	23.9	23.6	22.3	18.5	11.6
High school (10~11th)	Confidence	6,083	22.5	19.9	30.2	19.0	8.5
	Interest	6,083	20.4	17.3	32.3	22.3	7.7
	Value	6,083	13.3	13.7	25.9	26.5	20.6
	Desire to learn math	6,083	14.8	16.7	18.6	22.5	27.3
	Anxiety about math	6,083	23.4	22.9	20.8	19.0	13.9

수학에 대한 태도가 부정적일 경우 수학 학습 포기를 결심할 가능성이 높으며(Hwang et al., 2020), 초등학생의 경우 정의적 영역 요인 중 자기효능감, 흥미, 학습의지, 가치인식의 순서로 수학 포기에 대한 인식과의 연관성이 높다는(Ko et al., 2017) 연구 결과는 수학 학습 포기에 대한 인식이 수학 정의적 성취와 관련성이 있음을 보여준다. KOFAC (2021)의 수학 학습 포기에 관한 조사 결과를 바탕으로 학생들의 수학 학습 포기 실태를 살펴보면 다음과 같다(Table 2). 학교급별로 수학 학습을 포기했다고 응답한 학생 비율을 살펴보면 초등학교 5.9%, 중학교 15.1%, 고등학교 29.6%로, 학교급이 높을수록 수학을 포기한 학생이 많아지는 현상이 나타났다. 수학을 포기하지 않은 학생 중 '지금은 포기하지 않았지만 포기할 수도 있다'에 응답한 잠재적 수학 포기 가능 집단의 비율은 초등학교 25.6%, 중학교 28.3%, 고등학교 20.4%로 나타났다. 즉, 모든 학교급에서 20%이상의 잠재적 수학 포기 가능 집단이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있으며, 이러한 결과는 학생들이 수학 학습을 포기하지 않고 지속할 수 있는 요인을 분석하고 이를 바탕으로 지원 방안이 마련되어야 함을 시사한다. 반대로 수학을 포기한 학생 중 '지금은 포기했지만 다시 시도해보고 싶은 생각이 있다'에 응답한 잠재적 수학 학습 가능 집단의 비율은 초등학교 4.4%, 중학교 10.5%, 고등학교 18.0%로 나타났다. 즉, 학습 동기가 형성되면 수학 학습을 다시 할 의사가 있는 학생은 고등학생이 가장 많은 것을 확인할 수 있다. 따라서 이러한 잠재적 수학 학습 가능 집단 학생들이 수학 학습을 재개하는 것을 지원하기 위한 유인책이 마련될 필요가 있고, 이는 적절한 정책 수립으로 구현이 가능할 것이다.

Table 2. Status of students' abandonment of mathematics (KOFAC, 2021) (%)

School level	Number of students	I didn't give up and I won't give up	I didn't give up now, but I might give up	I've given up now, but I want to try again	I've already given up and I don't want to try again
Elementary school (4~6th)	6,571	68.5	25.6	4.4	1.5
Middle school (7~9th)	10,540	56.6	28.3	10.5	4.6
High school (10~11th)	6,083	50.0	20.4	18.0	11.6

학생들의 수학 정의적 성취 변화 추이

수학 교과에서는 특정 학년에서의 학습 결손이 후속 학년의 학습에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 수학 학습에 있어서 결손이 일어나지 않도록 다양한 구인에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 특히 학생들의 수학에 대한 정의적 특성은 수학 학습에 영향을 미치는 주요 구인 중 하나이며 지속적으로 변화한다는 특징을 가지므로, 이에 대한 변화 추이를 종단적으로 분석하여 개선 방안을 마련할 필요가 있다.

Table 3은 국제 학업성취도 평가인 TIMSS의 결과를 통해 초등학생과 중학생별 긍정적인 정의적 성취 집단 비율의 변화 경향을 정리한 것이다. 학생들의 정의적 성취 변화를 살펴보면, TIMSS 2015에 비해 TIMSS 2019에서 초등학교와 중학교 모두 자신감의 긍정적 집단 비율은 큰 변화가 없지만 흥미에 대한 긍정적 집단의 비율이 감소하였고, 중학교의 경우 가치인식에 대한 긍정적 집단의 비율도 줄어든 것을 확인할 수 있다.

또한 초등학교 4학년 학생이 중학교 2학년이 되었을 때 정의적 성취의 변화를 살펴보면[2], 초등학교에서 중학교로 올라가면서 자신감과 흥미에 대해 긍정적인 집단의 비율은 15%p 이상 감소하는 경향을 보였다. 이러한 차이는 특히 TIMSS 2015와 TIMSS 2019 사이에서 더 커지는 것을 알 수 있다. 즉 초등학교에서 중학교로 진학한 후 학생들의 수학에 대한 자신감과 흥미가 떨어지는 경향이 심화되는 것을 알 수 있다. 또한 학생 비율의 변화는 자신감보다 흥미가 더 큰 것을 알 수 있는데, 이는 초등학교에서 중학교로 진학한 후 자신감보다 흥미가 더 떨어진다는 것을 함의한다. 이러한 결과는 초등학교와 중학교 수학 학습 시 인지적 측면뿐만 아니라 학생들의 흥미와 자신감을 높이고 수학의 가치를 인식할 수 있게 하는 정의적 영역에 대한 고려가 필요함을 뒷받침한다. 또한 두 학교급 간 자연스러운 연계를 고려하는 과정에서 수학 내용의 연계와 함께 정의적 영역에 대한 의미 있는 연계 지도 방안을 마련하는 것도 요구된다.

Table 3. Trend of changes in mathematics affective characteristics of elementary and middle school students: TIMSS 2011~TIMSS 2019 (Seo et al., 2021) (%)

	Confidence		Interest		Value
	Grade 4	Grade 8	Grade 4	Grade 8	Grade 8
TIMSS 2011	61	37	60	44	66
TIMSS 2015	64	46	65	42	76
TIMSS 2019	64	46	60	40	70

Table 4는 중학교 3학년과 고등학교 2학년을 대상으로 하는 국가수준 학업성취도 평가에서 수학에 대한 정의적 특성을 조사한 결과를 바탕으로 2018년부터 2020년까지의 정의적 성취가 '높음'에 해당하는 집단의 비율 변화 추이를 정리한 것이다. 이에 따르면, 중·고등학생의 수학에 대한 자신감, 흥미, 가치인식, 학습의욕의 '높음'에 대한 응답 비율이 2019년에 비해 2020년에 모두 낮아졌다. 또한 2018년 중학교 3학년 학생이 2020년 고등학교 2학년이 되었을 때 정의적 성취의 변화 추이를 살펴보면, 네 가지 구인 모두 '높음'에 대한 응답 비율이 낮아진 것을 알 수 있는데, 이는 중학교에서 고등학교로 진학한 이후 정의적 성취가 낮아지는 경향이 있음을 함의한다. 특히 자신감의 경우 '높음'에 해당하는 집단의 비율 변화가 10%p이상으로 나타나, 다른 구인에 비해 상대적으로 많이 낮아지는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 중학교뿐만 아니라 고등학교 수학 학습 시 학생들이 수학에 대한 자신감, 흥미, 가치인식, 학습의욕을 가질 수 있게 하는 데 초점을 둔 정책이 어떤 식으로 수립되어 운영되고 있는지 반성적으로 성찰하고, 이를 개선하기 위한 노력이 필요함을 함의한다.

2 TIMSS의 경우 초등학교 4학년, 중학교 2학년이 참여하며 4년 주기로 조사가 진행되기 때문에, 이전 주기에서 초등학교 4학년이었던 집단이 다음 주기에서 중학교 2학년이 된다.

Table 4. 2018~2020 Trend of changes in mathematics affective characteristics of middle and high school students (MoE, 2021a) (%)

	Confidence		Interest		Value		Desire (willingness) to learn math	
	Grade 9	Grade 11	Grade 9	Grade 11	Grade 9	Grade 11	Grade 9	Grade 11
2018	38.9 (0.71)	23.9 (0.68)	45.3 (0.69)	39.8 (0.93)	42.5 (0.67)	36.6 (0.99)	54.0 (0.64)	50.0 (0.93)
2019	39.8 (0.65)	25.1 (0.77)	44.6 (0.66)	40.3 (0.94)	43.0 (0.65)	39.3 (1.03)	54.2 (0.60)	51.4 (0.85)
2020	34.7 (0.73)	24.1 (0.78)	41.4 (0.69)	37.0 (0.86)	40.6 (0.69)	36.8 (0.92)	52.9 (0.68)	49.1 (0.89)

* ( ) : standard error

이와 같은 학생들의 수학에 대한 정의적 특성 변화 추이를 종합해 보면, 최근에 학생들의 수학에 대한 정의적 성취가 높은 집단이 점차 줄어드는 경향이 나타나고 있다. 또한 학교급이 높아질수록 정의적 성취가 낮아지는 경향이 있는데 특히 초등학교에서 중학교로 진학할 경우 흥미가 낮아지고, 중학교에서 고등학교로 진학하는 경우 자신감이 다른 구인에 비해 더 낮아지는 것으로 나타났다. Lee 외 (2018)에 따르면 교사의 도움으로 인해 수학에 대한 자신감이 강화되며, 그 결과 수학에 대한 흥미가 높아질 수 있다. Lee 외 (2017)의 연구에서 초등학생과 중학생의 경우 '흥미'가 수학 포기 여부에 영향을 준 주요 매개 변인으로 나타난 것을 고려할 때, 중학교로 올라가면서 수학에 대한 흥미가 낮아지는 현상에 주목할 필요가 있다. 또한 중학교 단계에서 고정 마인드셋과 학업적 자기효능감 간에 부적 상관관계가 있다는 Kim과 Shin (2020)의 연구 결과를 고려할 때, 고등학교 시기의 수학에 대한 자신감 향상을 위해 고정 마인드셋을 가진 중·고등학생들의 인식을 개선할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있을 것이다.

국내외 수학 정의적 영역 관련 정책 및 사례 분석 결과

우리나라의 수학교육 정책은 크게 2012년부터 시행된 세 차례의 수학교육 종합계획이 구체화되어 추진되고 있는 것으로 볼 수 있다. 2012년에 발표된 '수학교육 선진화 방안(MoEST, 2012)'에서는 우리나라 수학 교과가 입시에 치우친 교수학습으로 인해 학생들의 수학 학습에 대한 동기와 긍정적인 인식이 낮다는 문제점을 해결함으로써 수학에 대한 흥미와 긍정적 인식을 향상하고자 하였다. '제2차 수학교육 종합계획(MoE, 2015a)'에서는 배움을 즐기는 수학교육으로의 패러다임 전환을 표방하며 체험과 탐구 중심의 수업과 과정 중심의 평가를 강조하기도 하였다. 본 절에서는 수학 정의적 영역과 관련된 우리나라 수학교육 종합계획 관련 정책과 국내외 교육과정, 학교 혁신, 수학과제, 교수학습 및 평가의 주요 사례를 분석하여 학생의 성장 마인드셋 향상과 수학 정의적 성취 신장을 위한 수학교육의 개선 방향을 모색하는 데 시사점을 도출하고자 하였다.

국내외 교육과정 사례

2015 개정 수학과 교육과정

2015년 9월에 고시된 2015 개정 수학과 교육과정은 2015년 3월에 공표된 제2차 수학교육 종합계획과 맞물려 개정되고 실행되었다. 2015 개정 수학과 교육과정에서 학생들의 정의적 성취 신장을 위한 노력은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 첫 번째는 학습 부담을 경감하고자 학습량을 감축한 것이다. Park 외 (2015)는 학생들이 학습에 흥미를 갖고 꿈과 끼를 키우는 행복한 수학교육을 위해서는 교육과정의 학습량을 적정화하여 학생참여 수업을 활성화시키는 것이 전제될 필요가 있다고 하였고, 이에 2015 개정 수학과 교육과정에서는 핵심 개념을 중심으로 내용을 구조화함으로써 학습량을 적정화하였다. 구체적으로, 각 학교급에서 일부 내용을 삭제 또는 약화시키거나 상위 학년이나 학교급으로 상향 이동하였다. Table 5에서 보듯이, 원기둥의 겉넓이와 부피, 분수와 소수의 혼합 계산, 최대공약수와 최소공배수의 활용, 부등식의 영역, 모비율 등의 내용은 삭제되었고, 초등학교에서 다루던 정비례와 반비례는 중학교로, 중학교에서 다루던 연립일차부등식, 이차함수의 최대·최소는 고등학교로 상향 이동하였다. 또한, 학생들의 학습 부담을 가중시키는 요인은 내용 자체에도 있지만 평가 문항을 통한 난이도의 상승에서 기인하는 측면을 인식하고, '평가 방법 및 유의 사항'에 '~ 등과 같이 지나치게 복잡한 상황을 포함하는 문제는 다루지 않는다'와 같이 평가 문항의 범위와 수준을 제어함으로써 실제적

인 학습 부담 경감을 실현하고자 하였다. 두 번째는 수학 학습의 가치와 유용성을 인식하며 적극적인 태도를 함양하기 위한 교수학습의 구체적인 지침들을 교육과정 문서에 명시한 것이다. 2015 개정 수학과 교육과정(MoE, 2015b)에서는 학습자의 정의적 측면 강조를 위해 수학 교과 역량의 하나로 '태도 및 실천'을 선정하였고, 태도 및 실천 역량 함양을 위한 방법을 구체적으로 '교수·학습 방법'에 진술하였다. 또한 각 학교급의 영역별 '교수·학습 방법 및 유의 사항'에서 내용 주제에 대한 필요성, 유용성, 가치인식과 관련된 구체적인 내용을 제시하였다. 예를 들어, '방정식과 부등식을 이용하여 실생활 문제를 해결하는 경험을 통해 수학의 필요성과 유용성을 인식하게 한다(MoE, 2015b)', '대응으로 정의된 함수의 예를 찾아보는 활동을 통해 함수의 유용성을 인식하게 한다(MoE, 2015b)' 등이 있다.

Table 5. Contents reduction in the 2015 revised mathematics curriculum

	Elementary school	Middle school	High school
Delete	-Width and volume of the cylinder	-Greatest common denominator	-The domain of inequality
	-a, ha	-Utilization of the greatest common denominator	-Split
	-Mixed calculations of fractions and decimals	-Mean in frequency distribution table	-Mother ratio
Move to upper grade	-Direct and inversely proportion(to middle school)	-Linear inequality system -Maximum and minimum of quadratic functions (to high school)	-Vector in space

위와 같이, 우리나라 2015 개정 교육과정은 학습 내용을 감축하고 수학에 대한 긍정적인 태도, 정의적 특성 함양에 대한 내용을 구성하였으며, 태도 및 실천 역량을 중심으로 정의적 성취를 강조했음을 알 수 있다. 그러나 이러한 변화에도 불구하고, 교육과정 개정에 따라 학생들의 정의적 성취가 향상되었다는 통계 자료는 찾아보기 힘들다. 물론 교육과정의 주요 변화와 정의적 성취의 상관 관계를 명시적으로 분석하는 것은 쉬운 일이 아니지만, 이러한 교육과정 상의 변화에도 불구하고 우리나라 학생들의 수학 정의적 성취가 낮은 이유를 면밀히 분석하는 연구가 필요함은 부인하기 어렵다. 추측 가능한 여러 이유 중에서 교육과정에서 의도한 수학교육의 방향성이 학교 현장에서 충분히 구현되지 못하는 상황도 고려할 필요가 있다. 예컨대, 태도 및 실천 등 역량에 대한 실질적인 지도 및 평가 방안을 단위 학교에서 자체적으로 마련하는 것은 쉽지 않은 일이다. 학교 현장에서 수학 수업과 평가를 통하여 정의적 성취를 높일 수 있으려면 교육과정 문서에서 수업 과정별, 학교급/학년군별로 정의적 영역에 대한 보다 구체적인 교수학습 및 평가 방안이 제시될 필요가 있다.

싱가포르와 핀란드 교육과정

정의적 성취에 대한 교수학습 내용 및 방법을 수학과 교육과정에서 구체적으로 제시하고 있는 국외 사례를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 현행 싱가포르 수학과 교육과정의 프레임워크에서는 Figure 3과 같이, 수학과의 최상위 목표인 수학적 문제해결력을 신장시키기 위한 다섯 가지 요소 중 하나로서 '신념, 가치인식, 자신감, 동기 유발, 흥미, 끈기'의 태도 영역을 명시하고 있다. 수학에 대한 긍정적인 태도를 갖는 것은 문제를 해결하기 위해 수학을 사용하려는 성향을 함양하는 데 기여한다고 제시하고 있는데(MoE in Singapore, 2020), 이와 같이 수학과 교육과정에서 정의적 성취와 수학 학습과의 관계를 명시적으로 제시하는 것은 학교 수학교육을 통해 구현됨으로써 바람직한 수학 교실 문화를 형성하는 데 기여할 수 있을 것이다.

또한 싱가포르 수학과 교육과정(MoE in Singapore, 2020)은 '수업 계획–수업 실행–긍정적인 교실 문화–평가 및 피드백'에 이르는 일련의 교수 과정을 매우 상세하게 제시한 것이 특징적이다. 그 중 정의적 영역과 직접 관련되는 내용으로 수업 실행 단계에서는 흥미 유발, 학습자 참여 장려, 협업 학습 촉진 등이 제시되어 있고, 긍정적인 교실 문화 단계에는 상호작용 및 공감대 형성, 긍정적 기강 유지, 기대와 일상의 설정, 신뢰 구축 등이 있다.

다음으로 핀란드의 수학과 교육과정을 살펴보면, Figure 4와 같이 학교급별, 학년군별 학생들의 특성에 따른 정의적 성취수준의 차이를 제시하는 것이 특징적이다. 1~2학년에서는 문제를 해결하면서 만족감과 재미를 느끼게 하고, 학생 스스로 도전할 수 있고 중요하다고 생각하는 수학 문제를 관찰하게 한다. 3~5학년에서는 수학에서 성공 경험을 하고 끈기를 가지고 집중하게 하며, 6~9학

년에서는 스스로를 신뢰하면서 수학 학습에 대한 책임감을 갖도록 한다. 중등교육과정의 기본과정에서는 긍정적인 수학 학습 경험과 학습 참여에 대한 용기를 가지게 하고, 수학의 중요성을 인식하여 내면화하게 한다. 중등 심화과정에서는 자신의 수학적 능력에 대한 신뢰를 바탕으로 용기와 인내를 가지고 도전할 수 있게 한다. 이처럼 핀란드 교육과정에서는 초·중등 교육과정에 걸쳐서 학생들의 발달 수준에 맞게 체계적으로 정돈된 정의적 목표를 제시하기 때문에 학교교육을 통하여 학년군에 맞추어 정의적 성취 함양을 위한 교수학습을 구현하기에 보다 용이하다는 장점을 지닌다.

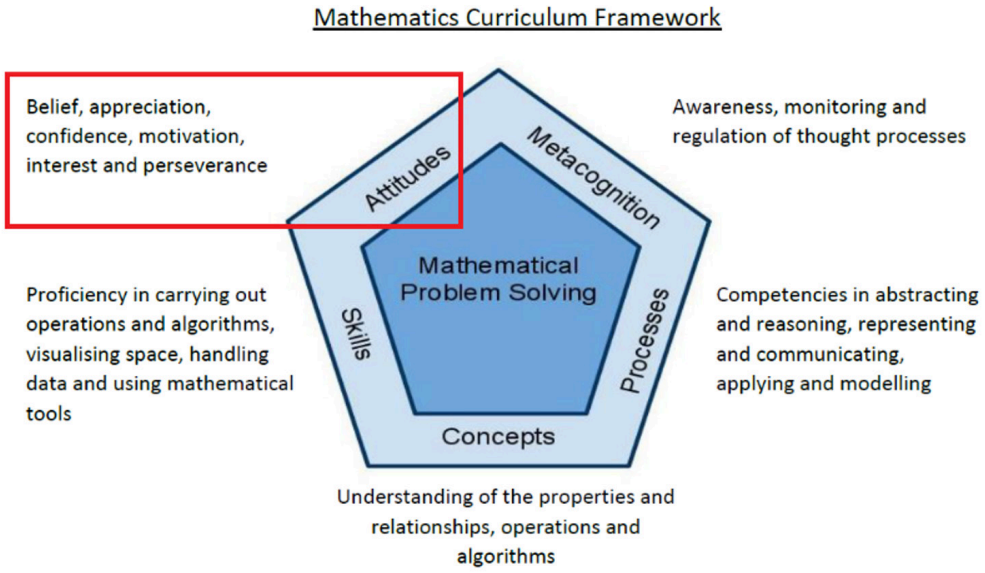

Figure 3. Affective domains presented in Singapore mathematics curriculum (MoE in Singapore, 2020)

기본교육과정		
1~2학년	3~5학년	6~9학년
집중, 듣기, 의사소통을 배우고 사고를 발달시키며, 이해하고 문제를 해결하면서 만족감과 재미를 느끼기 직면한, 학생 개인의 관점에서 도전할만하고 중요하다고 생각하는 수학적 문제에 대해 관찰하는 습관 기르기	수학에서 성공 경험하기 끈기 있고 집중하여 공부하고, 집단으로 일하기	스스로를 신뢰하고 자신의 수학 학습에 대한 책임감 갖기 끈기 있고 집중하는 태도로 공부하고, 집단에서 역할하기
중등교육과정		
심화과정	기본과정	
· 인내를 요구하는 일에 익숙해지고, 자신의 수학적 능력, 기능, 사고력을 신뢰하는 것을 배운다. · 실험적, 탐색적 접근을 채택하는 용기를 가지고, 해를 발견하고, 이를 비판적으로 평가한다. · 수학적 언어를 이해하고 사용하여 수학 발표를 하고, 글을 읽고, 토론할 수 있으며, 발표의 정확성과 주장의 명료성을 감상하는 것을 배운다.	· 수학을 사용하여 일상생활과 사회 활동을 지원할 수 있다. · 수학을 공부하며 긍정적인 학습 경험을 하고 자신의 능력, 기능, 사고를 신뢰한다. 실험적, 탐색적, 발명적 학습에 참여할 용기를 가진다. · 현상을 묘사하고, 설명하고 모델링하며, 결론을 이끌어내는 도구로서의 수학의 중요성을 내면화한다. · 문화 발전에서의 수학의 중요성을 안다.	

Figure 4. Aims for affective development in Finnish curriculum of mathematics (Nam, 2015)

이와 같은 국외 교육과정 사례로부터, 국가적 차원에서 교육과정이나 정책 개선을 통해 보다 거시적으로 학생들의 정의적 성취를 지원할 수 있는 방안을 확인할 수 있다. 예를 들어, 교육과정에서 학생들의 발달 단계에 맞게 구체적인 정의적 성취수준을 제시하는 방안도 고려할 수 있다. 또한 학생들이 수학에서의 크고 작은 성공 경험을 할 수 있게 해야 하고, 수학적 모델링 등을 통해 수학과 일상생활의 연결성을 충분히 고려함으로써 수학 학습의 중요성과 가치를 느끼게 하는 것도 간과하지 말아야 할 것이다.

학교 혁신 프로그램 사례

본고에서는 학생들의 성장 마인드셋 향상을 통해 수학 정의적 성취를 신장시키는 데 초점을 두고, 그와 관련성이 높은 미국의 Summit School, 싱가포르의 NUS high school, 스웨덴의 공립학교, 한국의 수학나눔학교 사례를 살펴보고자 한다.

국외 사례

미국 Summit School은 캘리포니아와 워싱턴의 중·고등학교 15개교에서 운영하는 학교 개혁 프로그램으로, 이 프로그램의 운영 목표는 학생들이 자기주도적인 학습자가 되도록 개선하는 것이다. 이를 위해 학생들에게 스스로 학습에 대한 목표를 세우는 것과 사회적·감정적·학문적인 학습을 하는 것을 강조하며, 학생들이 사회적 특성에 기반을 둔 기술, 마인드셋, 성향, 행동 등을 학습할 수 있게 한다. Summit School에서의 교수학습은 멘토 선생님이 매년 같은 15~20명의 학생들만을 담당하면서 매주 1대 1로 면담을 실시하는 방식으로 이루어진다. Summit School에서는 학생들이 개별 학습을 통해 점수를 바탕으로 경쟁하는 방식이 아닌 실생활 문제에 기반을 둔 프로젝트 학습을 하는데, 이러한 방식이 학생들이 수학 수업에 더욱 적극적으로 참여할 수 있게 한다고 보고 있다. 예를 들어, 학생들은 그룹을 구성하고 개별 노트북에서 토론용 칠판을 활용하여 식을 만들거나 그래프를 그리면서 학습 주제에 대해 탐구하고 탐구 결과를 Summit 플랫폼에 성공적으로 탑재하는 경험을 함으로써 협력적으로 학습하는 습관을 형성하게 된다(Tavenner, 2021). 이러한 학습 방식과 경험은 학생들이 자기주도적인 학습 능력을 강화하고 성장 마인드셋을 형성하는 데 도움이 될 수 있다.

싱가포르의 NUS high school은 수학 교육의 목표를 '학생들이 수학이 좋다고 대답할 수 있게 만드는 것'으로 설정하고 있다. 학생들의 학습 경험은 정의적 특성을 향상시키는 데 중요한 역할을 한다. 정의적 성취는 학생들이 학습하는 것을 즐길 때 신장될 수 있다고 보고, NUS high school은 학생들에게 적절한 학습량을 제시한다. 즉, 학습량이 너무 많거나 학습 내용이 어려울 경우 정의적 성취를 신장시키기 어렵기 때문에 학생들이 적정량을 학습하면서 학습한 내용을 이해하고 이를 활용하는 방법과 그 과정을 즐김으로써 행복을 찾을 수 있도록 하고 있다. 이와 같이 학생 개인 맞춤형으로 학습량을 조절하는 수업 방식은 흥미 향상뿐만 아니라 학생들이 성장 마인드셋을 가지도록 하는 데 도움이 될 것으로 보인다. 또한 학생들의 태도, 자신감, 흥미 등 정의적 영역을 중시하는 탐구 중심 수학 수업을 실시하고, 프로젝트를 통해서 수학을 학습하도록 하고 있다. 이와 같은 수업으로 중학교 1학년 '경우의 수' 단원에 대해 Monopoly 게임을 변형하여 경매 방식으로 부동산을 사고파는 문제를 해결하는 수업을 진행한 사례가 있다(Choe et al., 2013). 이러한 수업 방식은 실제 삶과 수학 내용을 연계하여 수학의 가치를 이해하는 데 유용할 것이다.

스웨덴의 공립학교는 개별 학습을 실현하기 위해 학습 목표를 개별 학생별로 설정하고 학습 자료는 각 학생의 학습법에 맞게 제공하는 방식으로 운영하고 있다. 교사는 학생들이 학습하는 것을 개별적으로 지도하는데, 학생들이 학습 일기를 작성하고 개인 면담을 하는 방식으로 진행된다. 특히 스웨덴의 공립학교는 학생들이 부족한 점에 초점을 맞추어 부족한 부분을 지속적으로 채워 나가는 방식으로 교육을 하고, 수행하고 있는 과제에 대한 자신의 감정을 이해하고 평가하면서 모니터링 할 수 있도록 한다. 또한 스웨덴의 공립학교에서는 수학 개념이나 문제를 이해하거나 빠르게 해결하는 것만이 수학 학습의 즐거움을 경험할 수 있는 유일한 전제 조건은 아니라고 보고, 학생들이 과제를 재미있게 접근하거나 메타인지를 강화할 수 있는 다양한 방법을 시도하고 있다 (Hemmi & Ryve, 2014).

이와 같은 국외 학교 혁신 사례를 통해 무엇보다 학생들이 성장 마인드셋 기반의 교실 수학 문화에서 수학을 학습함으로써 정의적 성취의 신장을 기대할 수 있음을 재차 확인할 수 있다. 학교는 교과 학습뿐만 아니라 학생들의 심리에도 초점을 맞추어야 하고 학생들이 자기주도적으로 학습하는 과정에서 성장 마인드셋을 향상할 수 있도록 지원해야 한다. 또 적당한 학습량으로 학생들이 충분한 시간을 가지고 깊이 있게 생각하면서 기본 개념과 원리를 충분히 이해할 수 있는 학습 환경을 제공해야 한다. 이때 프로젝트

학습 등을 통해 친구들과 협력적으로 과제를 수행하는 기회를 제공하면서도 개별 학생에 초점을 맞추어 맞춤형 학습을 지원하는 것 또한 놓치지 말아야 할 지점이다. 특히 스웨덴의 공립학교 사례는 학생들이 자신의 학습에 대해 수시로 모니터링하여 상담이나 코칭을 받을 수 있는 기회를 제공함으로써 학생들의 인지적 성취뿐만 아니라 정의적 성취도 지원할 수 있음을 보여준다.

국내 사례

수학나눔학교는 학생의 정의적 성취 저조 문제를 해결하기 위해 마련된 제2차 수학교육 종합계획에 따른 방안 중 하나로, 2016년에 중학교 220개를 대상으로 교육부가 지원을 시작하였다. 이후 2017년 553개교, 2018년 595개교, 2019년 776개교가 운영되었으며, 2020년부터는 전국의 시도교육청에서 수학나눔학교, 수학점핑학교 등의 이름으로 자체적으로 운영하고 있다. 수학나눔학교에서는 학생 활동 중심 수학교육 활성화, 또래 멘토링제를 통한 수학 학습 지원, 수학클리닉(상담 및 코칭) 프로그램 운영을 통한 수학 불안감 치유, 수학과 친해지는 프로그램(수학 축제, Math Tour, 수학 탐구 대회) 등을 실시하였다. 또한 이를 위하여 수학클리닉 교원 연수, 체험과 탐구 중심의 수학 수업 연수가 전국에서 지속적으로 이루어졌다. 수학나눔학교 운영 결과, 다양한 체험 활동 및 수학 동아리 운영이 활성화되고 또래 멘토링이 정착되었으며, 결과적으로 학생들의 흥미와 자신감이 향상되었다. Table 6에서 볼 수 있듯이 2017년에 수학나눔학교 프로그램을 운영한 학교에서는 사전 대비 사후에 학생들의 흥미, 자신감, 수학에 대한 가치인식이 소폭 상승하였다(KOFAC, 2021). 물론 눈에 띌 만큼 큰 변화는 아니지만 단기간의 운영으로도 전반적으로 긍정적인 변화가 있었음을 확인할 수 있다. 이는 수학나눔학교에서 중점적으로 추진했던 학생 참여 활동과 각종 체험, 또래 멘토링을 통한 기초학력 향상, 수학클리닉을 통한 심리 상담, 학습 코칭 등이 전반적으로 학생의 흥미와 자신감, 수학에 대한 가치인식에 긍정적인 영향을 주었다고 해석할 수 있다. 수학나눔학교의 운영은 결과적으로 바람직한 교실 수학 문화를 형성하는 데 기여함으로써 학생들이 성장 마인드셋을 갖도록 하는 데 촉진제로 작용할 것이다.

Table 6. Results of a survey on the improvement of the affective domain for math sharing schools in 2017 (KOFAC, 2021)

Year	School level	Interest		Confidence		Value	
		Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
2017	Elementary school	69.50	71.75	68.00	69.75	78.25	80.50
	Middle school	63.50	64.50	61.75	62.75	69.50	70.00
	High school	59.00	60.25	52.50	54.25	60.75	62.75
	Total	62.75	64.25	59.25	60.75	67.50	69.25

이러한 수학나눔학교의 운영 사례는 학생들의 성장 마인드셋을 향상시키고 수학에 대한 인지적 성취와 정의적 성취를 돕기 위해서는 학교와 학급 차원에서 그에 맞는 수학 문화를 형성해야 하고 다각도의 종합적인 지원이 요구됨을 보여준다.

수학과제 관련 정책 및 사례

앞서 살펴봤듯이 수학 정의적 성취를 신장시키기 위해서는 학생과 교사 모두 성장 마인드셋을 지니는 것이 중요하다. 고정 마인드셋에서 성장 마인드셋으로 변화하고 이러한 성장 마인드셋을 유지하기 위한 하나의 방법으로 학생들에게 좋은 수학과제를 제시하는 방안을 들 수 있다. Boaler (2016)는 교사가 적절한 과제를 이용함으로써 학생들의 성장 마인드셋을 향상시킬 수 있고 학생들이 깊이 있는 사고를 하며 대상들을 연결하여 이해하도록 돕는다고 하였다. 좋은 수학과제는 단순히 학생들의 점수화된 인지적 성취만 고려하는 것이 아니라 학생들의 참여를 촉진하여 정의적 성취에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대되는 과제이다. 좋은 수학과제를 접하고 해결하는 과정에서 학생들의 성장 마인드셋 향상이 기대된다(Kim et al., 2020). Lee 외 (2017)는 좋은 수학과제를 '누구나 참여하여 수학적 탐구가 가능한 개방형 협력 과제'로 정의하였는데, 구체적으로 이는 학생들의 다양한 생각을 허용하여 생산적인 탐구를 촉진하고, 상호작용과 협력을 통해 연결된 이해에 도달하는 기회를 제공할 수 있는 과제를 뜻하며, 다음의 여섯 가지 조건을 만족해야 한다.

- 다양한 표현, 추측, 풀이가 가능한 열린 과제
- 다양한 수준의 학생을 고려한 낮은 문턱, 높은 천장의 과제
- 학생의 의사결정 및 자기주도성을 허용하는 과제
- 탐구 기회가 제공되는 과제
- 상호작용과 협력을 촉진하는 과제
- 수학적 연결성을 형성하는 과제

즉, 좋은 수학과제는 단순히 학습자의 일시적인 관심을 끌기 위해 친숙한 맥락이나 구체물을 활용한 피상적인 조치가 아닌, 수학 학습에 대한 참여를 이끌고 주체적인 과제 해결 및 지식 구성 활동을 통해 학생들의 성장 마인드셋을 향상시킬 수 있는 과제이다.

우리나라에서는 2017년 '좋은 수학과제 분석 발굴 연구(Lee at al., 2017)' 등을 통해 좋은 수학과제를 개발해 왔다. 구체적으로는 다양한 접근과 풀이가 가능한 과제, 이전 학년과 연계된 과제, 활동 중심 과제, 공학 도구를 활용하는 과제, 놀이 중심 과제, 교구 활용 과제, Math Tour 과제, 수학체험전을 활용하는 과제, 게임을 활용하는 과제 등이 있다. 이때, 이러한 과제 개발 연구가 실제 학교 현장의 교사들을 중심으로 한 교사연구회를 통해 이루어졌고 과제를 개발한 후 이를 학교 현장에 적용하여 수정·보완하는 작업이 병행되었다는 점에서 실질적으로 해당 학교 수학 수업과 교실 문화를 개선하는 데 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 추측된다.

이러한 좋은 수학과제에 관한 현장 연구 사례는 수학 수업이나 평가 시 학생들에게 제공되는 단위 과제에도 더욱 초점을 맞추어야 할 필요로 이어진다. 따라서 학생들의 수학 학습의 성공을 지원하면서도 학생들이 수학의 필요성을 느낄 수 있도록 수학과제를 제시해야 할 것이다. 일반적으로 일선 학교에서 교과서의 높은 활용도를 고려할 때, 수학 교과서에 포함되어 있는 수학과제의 질을 더욱 개선하려는 노력도 필요하다.

교수학습 및 평가 관련 사례

Kang 외 (2021)에 따르면 학생들의 자기효능감, 흥미, 학업성취도는 상호 순환적 관계에 놓여 있다고 볼 수 있고, 이는 교수학습 및 평가와 관련이 깊다. 교수학습 과정에서 학생들에게 실수를 허용하고 실패해도 괜찮다는 인식과 재도전의 기회를 주며 노력하면 성공할 수 있다는 신념을 가지게 함으로써 성장 마인드셋을 토대로 수학에 대한 정의적 성취를 신장할 수 있다. 이 절에서는 정의적 성취 신장과 관련된 교수학습 사례와 평가 사례를 살펴볼 것이다.

교수학습 사례

정의적 성취 신장을 위한 교수학습 사례로, 먼저 게이미피케이션, 에듀테크를 활용한 개별 맞춤형 수업이 있다. 학생들이 게임을 하는 과정에서는 실수가 자연스럽게 허용되고, 학생들은 미션을 해결하기 위해서 여러 번 실패하고 다시 도전한다. 이에 게임을 활용하여 학습을 함으로써 성장 마인드셋의 향상을 기대할 수 있다. 교육부에서는 초등학생들의 맞춤형 수업을 위한 인공지능 수학 수업 지원시스템인 '똑똑! 수학탐험대'를 개발하여 보급하였다. 학생들이 시스템에 접속하여 학교 수학 수업 과정에 따라 학습하거나 가정에서 혼자서 학습할 수 있도록 학습 게임 콘텐츠를 구성하였으며, 진단평가 콘텐츠를 통해 결손 유무나 수준 평가가 가능하도록 하였다. 또한, 인공지능 진단 모델, 예측 모델을 통해 향후의 관련 단원에서의 성취를 예측하고 이를 위한 콘텐츠를 추천하는 방식으로 맞춤형 학습을 구현하였다. 이를 1~2학년 학생들에게 적용한 결과, 성취수준 하위 25%에 해당하는 학생들의 인지적 성취가 현저히 향상되었으며, 정의적 성취 역시 모든 항목에서 상승하여 긍정적인 효과를 나타내었다(Hong et al., 2020).

모둠학습은 학생의 정의적 성취 신장에 긍정적인 작용을 한다. Boaler (2016)는 고등학생을 대상으로 처음 10주 동안은 수학 내용이 아니라 수학 학습에서 모둠의 규칙과 상호작용하는 방식에 초점을 맞추어 지도하였다. 이는 고등학교 4년 동안 학생들의 수학 성취에 주목할만한 영향을 미쳤다. 성취도가 다른 학생들로 모둠을 구성하고, 모둠원들에게 진행자, 기록자, 자료 관리자, 팀장과 같은 역할을 부여하였다. 또한 학생이 모둠 내에서 학습적으로 기여하는 바를 공개적이고 구체적으로 칭찬하는 것을 통해 모둠 안에서 학생들의 위치를 끌어올려주면서 자신감을 부여하였다. 예컨대, 조용한 학생A가 "이 문제는 우리가 풀었던 마지막 문제랑 같아."

라고 말한 경우 “잘했어. 그게 중요한 부분이란다. 같은 유형이라도 무엇이 비슷하고 무엇이 다른지 생각해 볼 필요가 있단다.”라고 구체적으로 피드백하고, 이어서 다른 친구들이 문제를 해결하면 “A의 생각을 응용했구나.”라고 하면서 학생A가 기여했다는 것을 짚어 주는 것이다. 교사가 이를 피드백하지 않았다면 모둠 내 기여를 인지하지 못한 상태로 수업이 끝났을 것이다. ‘학생의 책임감’은 모둠의 성취에 책임감을 갖는 것이다. 이를테면 모둠이 푼 수학 문제에 대해 무작위로 선택된 학생이 대답을 하도록 한다. 만약 그 학생이 대답을 하지 못하면 그 학생에게 다시 물어볼 때까지 모두 이해하고 있어야 함을 알려주고 그 사이 모둠 내 친구들이 책임을 지고 그 학생이 대답할 수 있도록 가르쳐 주게 하는 방식도 가능하다. 이러한 방법은 학생들이 수학을 협력적으로 배우는 것임을 깨닫게 하며 정의적 성취뿐만 아니라 인지적 성취도 신장시킬 수 있다.

이와 같은 교수학습 사례는 학생들의 성장 마인드셋 향상과 수학 정의적 성취의 신장을 지원하기 위해서 수학 수업 시 교구나 공학 도구뿐만 아니라 첨단 정보통신기술을 적극적으로 활용하여 수학 학습을 유연화할 필요를 확인하게 한다. 또 학생들의 주도성을 강조하면서도 모둠 친구들과의 협력학습의 기회를 제공함으로써 학생들의 정의적 성취의 신장을 지원할 수 있음을 보여준다.

평가 사례

교수학습 과정에서 학생의 정의적 성취를 평가함으로써 학생의 성장을 도울 수 있다. 학생들은 자신의 정의적 성취에 대한 평가와 구체적인 피드백을 받으며 이를 개선해 나갈 수 있기 때문이다. 합리적인 평가를 위해서는 평가 지표가 필요하기에, 정의적 성취를 관찰할 수 있는 행동 지표를 선정하고 평가 항목을 구체화할 필요가 있다. 서울시교육청에서 발간한 정의적 영역 평가 자료집(Kim et al., 2021)에서는 정의적 성취와 관련된 역량으로 자기관리 역량, 의사소통 역량, 공동체 역량을 선정하고, 교실 상황에서 관찰 가능한 학습 습관이나 태도와 관련된 항목들을 선정하여 Table 7과 같이 평가지표화 하였다.

Table 7. Sub-items and assessment indicators of ‘self-management competency’ (Kim et al, 2021)

Categories	Content	Observable indicator of behavior
Purpose	Set goals in learning situations	Understand the learning goals
		Set goals according to the abilities
		Set intermediate goals to achieve overall goals
Self-regulating	Concentrate on the achievement of a goal or task and actively implement it	Act as planned to accomplish a goal or task
		Self-manage and verify effort, time, and resources
		Set a sequence of to-dos or important things, and work in that order
		Ask for help or resources when needed, and use them appropriately
		Analyze the causes of difficulties or failures and try it again
Responsibility	Take the task or role as important and complete it to the end	Do not give up on the tasks and do them until the end
		Check the process of performing the role in the activity
		Carry out tasks assigned
		Participate in the group decision-making process
Reflective attitude	Recognize own strengths and competencies and act accordingly	Find out what own strengths and competencies are
		Explain the action and the reason
		Admit own shortcomings and try to improve them

Kim 외 (2021)에서 제시한 수학 정의적 성취에 대한 평가 사례로 ‘합성함수의 미분법’ 단원의 과정 중심 평가 사례를 살펴보면, 여러 가지 합성함수를 미분하는 과정을 친구에게 설명하며 수학적 의사소통 역량, 문제 해결 역량, 태도 및 실천 역량을 평가하도록 하였다. 평가는 4단계에 걸쳐서 진행되었으며, 목적의식, 자기표현, 경청, 자기조절 능력을 판단할 수 있는 행동 지표들이 제시되었다. 이때 학생들에게 스스로 ‘나의 성장 확인표’를 작성하게 함으로써 학생이 실질적으로 성장하는 것을 관찰할 수 있었다. 교사와 학생 사이의 암묵적인 합의가 아닌, 말로 표현하고 글을 읽는 행동의 과정에서 자신의 정의적 성취를 평가하면서 학생들은 스스로 각 항목에 대해서 어떤 방향으로 성장해야 할지 고민하고 자신을 성장시켜 나갔다.

이러한 평가 관련 사례는 기존의 지필시험 관행을 개선하고 정의적 성취의 측면, 더 나아가 역량 함양의 측면에서 학생의 구체적인 실행과 성장을 지원하는 방향으로 평가가 개선될 필요를 보여준다. 이때 정의적 성취의 평가지표를 세분화, 구체화함으로써 학교 현장에서 정의적 성취에 초점을 맞추어 지도할 수 있는 구체적인 방안을 제시해 주는 것도 도움이 될 것이다.

이 장에서는 성장 마인드셋 향상을 통한 정의적 성취의 측면에서 교육과정, 학교 혁신, 수학과제, 교수학습 및 평가의 주요 관련 정책 및 사례를 살펴보았다. 공통적으로, 먼저 수학 정의적 성취의 신장을 명시적인 교육의 목표로 취급하고 있음을 알 수 있다. 또 실패를 허용하고 학생들이 다시 도전하게끔 하는 수학 교실 문화를 지향하는 점을 확인할 수 있고, 이는 수학에 대한 학생의 흥미, 자신감, 가치인식, 학습의욕을 높일 뿐만 아니라, 결과적으로 학생의 성장 마인드셋 향상에 기여할 것이다. 국가 차원에서는 교육과정의 개정의 방향으로, 단위 학교에서는 학교의 운영 목표로 학생의 성장 마인드셋 향상을 통한 수학 정의적 성취의 신장을 고려할 필요가 있다. 또한 교실에서 교사는 정의적 성취 신장을 위한 적절한 수학과제를 선정하고, 그에 맞는 교수학습 및 평가를 구현하기 위해 노력해야 한다.

한편, 이 장에서 중점적인 범주로 다루지는 않았으나 제2차 수학교육 종합계획에 따라 국민들에게 수학에 대한 긍정적인 인식을 확산하기 위해 수학교육 유관 기관에서 시행했던 가족단위 수학공감 프로그램의 개발과 운영 사례들(Chang et al., 2018)도 본 연구에 의미 있는 시사점을 제공한다. 그러한 선행연구로부터 확인된 효과를 통해서 학생들의 수학 정의적 성취 신장을 지원하는 데 학부모의 인식 개선, 가정의 긍정적인 수학 문화 형성도 중요한 요인임을 재차 확인할 수 있다.

수학 마인드셋 향상을 위한 정책 방향 제안

이 장에서는 위에서 살펴본 우리나라 학생들의 수학 정의적 성취 실태와 변화 추이, 국내외 수학 정의적 영역 관련 정책 및 사례 분석을 통하여 학습 문화와 물리적 환경 개선, 교육과정 및 교과서 개선, 교수학습 및 평가 개선의 세 가지 측면에서 수학교육 정책의 개선 방향을 제시한다. 이때, 두 번째 범주로 교육과정뿐만 아니라 교과서의 개선을 동시에 제안한 것은 교육과정의 의도가 구현되고 구체화되는 것은 교실 수업인데, 우리나라 학교 현장에서 수학 수업 시 교과서의 활용도가 높다는 점을 감안한 것이다.

정책 제안 내용의 도출 방법은 먼저, 앞 장들에서 살펴본 내용을 토대로 Table 8과 같이 세 가지 범주의 측면에서 고려해야 할 주요 키워드를 도출하였다. 이를 정책 방향과 추진 과제로 구체화하기 위하여 키워드들을 중심으로 정책 초안을 작성하였고, 수학교육 분야 관련 전문가 5인의 검토 의견을 반영하여 최종 수정하였다.

Table 8. Keywords derived for policy proposal

Categories	Keywords
The Psychological and physical environment	- Growth mindset, classroom culture, small success experience, exploration and experience, teaching tools, technologies, flexible classes
Curriculum and textbooks	- Basic concepts and principles, student-led learning and collaborative learning, emphasis on affective domains and presentation of concrete content, convergence learning (phenomenal-based learning), accessibility and scalability tasks, customized learning
Teaching, learning and evaluation	- Student-led, collaborative learning, internal and external connectivity, mathematical modeling, individual customized learning, basic education, poor learning, utilization of edu-tech - Student growth, test anxiety, problem difficulty, course-oriented evaluation, difficulty, math counseling and coaching, competency evaluation

학습 문화와 물리적 환경 개선

학습 문화 및 물리적 환경과 관련하여 Table 9와 같은 두 가지의 개선 방향을 도출하였다.

Table 9. Directions and tasks for improving the mathematical learning culture and physical environment

Direction for improvement	Detailed tasks
Creating a mathematical culture based on growth mindset	- Raising awareness of growth mindset among teachers and parents - Creating a classroom culture to support growing psychology of students - Expanding opportunities to help students experience small successes
Improving the classroom environment to improve the efficiency of mathematics	- Establishment of an exploratory environment to enhance the use of teaching tools and technologies - Flexible learning space based on advanced information and communication technology for flexible classes

첫째는 성장 마인드셋 기반의 수학 문화를 조성하는 것으로, 추진을 위한 과제로는 '교사와 학부모의 성장 마인드셋 인식 제고', '성장형 학생 심리 지원을 위한 교실 문화 조성', '학생의 작은 성공 경험을 돕는 기회 확대'를 제시할 수 있다. 구체적으로, 교사와 학부모는 학생과 자녀의 능력과 노력의 결과에 대해 믿음을 가지고 긍정적인 피드백을 제공해야 하며 이를 통해 학생의 인지적, 정의적 성취를 제고해야 한다. Boaler (2016)에 따르면, 수학 학습에서 성장 마인드셋은 경험과 노력을 통해 수학적 능력을 향상시킬 수 있다는 신념으로, 이러한 신념을 가진 사람은 학습 과제 자체를 숙달하려는 목표를 지향하고 어려운 일이라도 끈기 있게 지속해 나가는 특성이 있다. 교사의 교수 행동과 부모의 관여에 의해 성장 마인드셋 확립을 지지받을 때 학생들의 성장 마인드셋이 건강하게 형성되어 정의적 영역의 성취로 나타날 것이다. Lemov (2015)는 실수해도 괜찮은 교실 문화를 확립하는 교사의 행동으로서, 실수를 예상하고 그 실수를 발견했을 때 실수를 반갑게 여기는 메시지 전달하기, 문제를 풀 때에는 저마다 다른 답을 내는 것이 당연하다는 인식 주기, 학생이 과감하게 어려운 문제에 도전할 때 학생의 모험을 칭찬하기 등을 제시하였다. 한편, '효능감'이 초·중·고 학생들의 수학 학습에 가장 영향을 많이 미치는 요인(Ko et al., 2017; Lee et al., 2017)임을 고려하였을 때 학생들이 '나도 할 수 있다'는 효능감을 가질 수 있는 성공 경험의 기회를 확대하는 것이 중요해 보인다. 교내외 수학 동아리 및 체험전을 통한 수학 체험 활동, 수학 말하기 또는 통계 활용 대회 참여는 물론, 학생들이 평소 학교 수업을 통해 배우고 공부한 만큼 시험 점수를 받을 수 있는 적절한 난도의 평가 문항을 출제하여 학생들에게 성공 경험을 주는 학교 평가의 문화와 관행도 중요할 것이다.

둘째는 수학 학습 효율을 높이는 교실 환경을 개선하는 것으로, '교구와 공학 도구 활용을 높이는 탐구 환경 구축', '유연한 수업을 위한 첨단 정보통신기술 기반의 학습 공간 유연화'를 제시할 수 있다. 구체적으로, 교구와 공학 도구 활용으로 학생들이 '해 보는' 수학 탐구를 하고 이를 통해 학습 동기와 자신감을 높일 수 있는 환경 구축이 필요하다. 특히, 수학교육에서 공학 도구의 활용이 강조되어 왔으나 환경 미비 등으로 인해 학교 현장에서 활용이 제한되는 측면이 있었다. KOFAC (2021)에 따르면, 교사(초 18.3%, 중 26.6%, 고 19%)들은 공학 도구 활용 제한의 원인으로 '환경 미비'를 지적한 바 있다. 이에 반해 교구 및 공학 도구를 활용한 탐구 수업 후 학생들의 학업 성취와 정의적 성취가 신장되었다는 보고는 광범위하게(Drijvers, 2013; Fey, 1989; Nam et al., 2003; Park et al., 2019) 찾아볼 수 있다. 또 수학 수업에서 공학 도구의 활용 효과에 대해 교사들은 다양한 학습 기회 제공, 동기 부여, 사고력 향상, 자기 주도력 신장 등으로 인식하고 있음(KOFAC, 2021)이 보고되기도 했다. 다양한 형태와 방법의 유연한 수학 학습을 위해서는 첨단 정보통신기술 기반의 학습 공간 유연화가 필요하다. Kim 외 (2021)는 수학 학습 유형에 따른 교실 구성 유형을 체험·탐구형, 문제 중심형, 개별 맞춤형, 하이브리드형으로 제시한 바 있다. 이러한 학습 공간 개선을 통해 학생 스스로 스마트 기기를 활용하여 수학적 개념이나 원리를 탐구하고 자기주도적으로 학습할 수 있을 것이다. 또한 교사가 수학 교육용 소프트웨어를 활용하여 탐구 수업을 하는 데 용이하고 교육용 플랫폼으로 학생 개별 맞춤형 수업과 평가 환류가 이루어질 수 있을 것이다.

교육과정 및 교과서 개선

교육과정 및 교과서 개선과 관련하여 Table 10과 같은 두 가지의 개선 방향을 도출하였다.

Table 10. Directions and tasks for improving curriculum and textbooks

Directions for improvement	Detailed tasks
Strengthening student access to mathematical concepts and principles	- Development curriculum and textbooks that can fully learn basic concepts and principles - Development of textbooks that are easy for students to understand by improving mathematical terms
Emphasis on internal and external connectivity in mathematics	- Present phenomenon-based convergent mathematical tasks, emphasize mathematical modeling (tasks that are easily accessible and extensible for anyone) - Strengthen the connection of contents between areas, grades, or school levels

첫째는 수학 개념과 원리에 대한 학생 접근성을 강화하는 것으로, '기본 개념과 원리 학습을 충분히 할 수 있는 교육과정 및 교과서 개발', '수학 용어를 개선하여 학생 이해가 용이한 교과서 개발'을 제안할 수 있다. 구체적으로, 수학 흥미와 효능감은 학업 성취도가 높을수록 높게 나타나는데(Kang et al., 2021), 수학을 어려워하는 학생들 중 초등학생 63.4%, 중학생 52.4%, 고등학생 42.1%가 그 원인으로 교육내용이 어렵다고 인식하는 측면이 있다(Ko et al., 2015). 기초수준 학생들의 정답률이 낮은 수와 연산, 함수, 확률 등과 관련된 개념과 원리를 충분히 다룰 수 있도록 교육과정과 교과서 개발 시 더욱 고려할 필요가 있다. 수학 문해력을 높여 수학 개념과 원리에 대한 학생들의 접근성을 높일 필요도 있다. 한자어 중심의 추상적인 수학 용어를 순화하여 학생들의 이해가 용이하도록 개선하고, 수학의 지문이나 문제의 문장과 일상어와의 괴리를 최소화하도록 개선할 필요가 있다. 2015 개정 초등학교 1~2학년군 수학 교과서와 관련하여 교과서 어휘와 문장 순화에 대한 요구가 언론(Lee, 2016; Lee, 2018) 등을 통해 제기된 바 있었고, Pang과 Lee (2019)의 연구에서도 초등학교 1학년 수학 익힘 문제의 정답률이 낮은 경우의 원인으로 수학 개념을 이해하지 못해 발생하는 경우보다, 문항 이해 부족으로 인해 발생하는 경우가 더 많았다고 보고한 바 있다. 이는 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 교과서 문항의 문장과 시각적 정보 제시 방식을 개선할 필요를 시사한다고 할 것이다.

둘째는 수학 내적, 외적 연결성을 강화하는 것으로, '현상 기반의 융합적 수학 과제 제시 및 수학적 모델링 강조', '영역 간·학년(군) 또는 학교급간 내용 연결 강화'를 제시할 수 있다. 구체적으로, 단순화되고 정련된 억지스러운 문제보다는 실제적 현상을 기반으로 한 융합형 과제를 제시하여 깊이 있는 탐구를 도모하고, 학생들이 누구나 쉽게 접근할 수 있고 확장이 가능한 과제를 제시할 필요가 있다. 이를 통해 학생들은 수학의 가치를 인식하고 수학 학습에서 성공을 경험하게 될 것이다. Boaler (2016)는 깊이 있는 사고를 요구하고 대상들을 연결하여 이해하도록 돕는 수학 과제의 특징으로, 여러 방법이나 표현이 가능한 과제, 탐구의 기회가 주어지는 과제, 방법을 가르치기 전에 먼저 질문을 포함하는 과제, 문턱은 낮고 천장은 높은 과제, 추론과 정당화를 포함하는 과제 등을 제시하였다. 또한, 수학 내적 연결성 강화의 측면에서 학년(군) 간·학교급 간 내용 연결을 강화하여 학습 내용을 선수 학습 내용과 연결지어 제시할 필요가 있다. 수업에서 핵심 아이디어를 적용하는 것은 수업의 강조점을 어디에 두어야 할지 결정할 때, 선수 학습과 후속 학습을 결정할 때, 교육과정에 언급된 수학적 개념과 학생들의 이해를 고찰하고 피드백할 때 '렌즈'로 작용한다(Ontario MoE, 2005). 2022 개정 교육과정 총론의 주요 방향(MoE, 2021b)에서 학년(군) 간, 학교급 간을 관통하는 학습 내용을 '핵심 아이디어'를 통해 제시하도록 하였는데, 이는 2022 개정 수학과 교육과정의 핵심 아이디어가 초·중·고 수학 교과서를 통해 구체화되고 수업을 통해 지도될 수 있는 기반으로 작용할 것이다.

교수학습 및 평가 개선

교수학습 및 평가 개선과 관련하여 Table 11과 같은 두 가지의 개선 방향을 도출하였다.

Table 11. Directions and tasks for improving teaching, learning and evaluation

Directions of improvement	Detailed tasks
Emphasize student-led learning and support individual customized learning	- Emphasis on student initiative and cooperative learning in math learning - Prevention and correction of poor learning through occasional counseling and coaching on student difficulties - Help build a personalized learning support system
Assessment to help students grow	- Improve paper-writing tests centered on solving a large number of difficult problems in a short time - Specific implementation of competency assessments and enhanced feedback to help students grow

첫째는 학생 주도적인 학습의 강조 및 개별 맞춤형 학습을 지원하는 것으로, '수학 학습에서 학생의 주도성과 협력학습 강조', '학생의 어려움에 대한 수시 상담·코칭으로 학습 부진 예방 및 보정', '개별 맞춤형 학습 지원 시스템 구축 지원'을 제안할 수 있다. 구체적으로, 학생이 교실에서 주도적인 학습자로 존중받고 자신의 진로와 적성에 맞게 학습 과정을 설계하는 것을 포함해야 한다. 이를 통해 학습에 있어서 책임감을 가지고 적극적으로 임하며, 또래 간 협력학습을 통해 학생 주도적 학습을 실현할 수 있다. 협력학습은 모둠 공동의 목표를 위해 협동을 전제로 하는 것으로, 서로에게 기여하는 과정을 통해 공동체 역량 함양과 정의적 성취 신장에도 효과적이라고 알려져 있다(Kim et al., 2014). 또한 Boaler (2016)는 한 모둠에 다양한 능력을 가진 학생들을 구성하는 것이 효과적이라고 하였다. 수학 과목의 특성상 학생들마다 다른 수준, 진도, 속도에 맞게 학습할 수 있는 에듀테크 시스템을 구축하여 개별 맞춤형 학습을 지원해야 한다. 또한, 개별 학생마다의 어려움에 대한 수시 상담이나 모니터링, 코칭을 통해 학습 부진을 예방하거나 보정할 수 있도록 개선할 필요가 있다.

둘째는 학생 성장을 돕는 평가로, '짧은 시간 동안 많은 수의 어려운 문제를 풀어야 하는 수학 지필시험 관행을 개선'하고, '역량 평가의 구체적 실행과 학생 성장을 돕는 피드백 강화'를 제안할 수 있다. 학교 수업 시간에 가르친 내용 범위와 수준만큼의 시험 문제를 출제하고 충분히 생각하여 문제를 해결할 수 있도록 문항의 수를 조절하여 수학 시험으로 인해 학생들이 무력감을 느끼지 않도록 함과 동시에, 열심히 공부한 만큼 좋은 성적을 받을 수 있다는 자기효능감과 성장 마인드셋을 함양할 수 있도록 해야 한다. 학교 수학교육에 대한 학생들의 인식을 조사한 연구(Lee et al., 2021)에서, '학교에서 배우는 수학 개념과 원리는 지나치게 어려워서 이해하기 힘들다'는 문항에 대한 동의율은 22.01%로 적은 반면, '학교 수학 시험에서는 수업 시간에 배운 것보다 어려운 문제들이 출제되므로 사교육에 의존하게 된다'는 문항에서는 동의율이 76.66%로 매우 높게 나타났다는 사실은 학교 수학 시험 관행을 개선할 필요성을 뒷받침한다. OECD (2019)에 따르면, 역량은 지식, 기능, 가치, 태도를 포함하기 때문에, 역량 평가를 구체화함으로써 인지적 성취뿐만 아니라 정의적 성취를 함께 도모해야 한다. 이를 위하여 역량의 요소와 수준을 구체화하고 평가 지표를 설정하여 역량 평가를 실행해야 하며, 구체적인 피드백을 통해 평가 자체가 학생 성장에 도움이 되도록 개선해야 할 것이다.

결론 및 제언

근래 들어 수학교육에서 정의적 성취의 중요성과 영향력이 더욱 강조되고 있으며, 특히 낮은 수학 정의적 성취는 학생들이 수학을 포기하거나 기피하게 만드는 중요한 요인으로 작용한다는 연구 결과도 제시된 바 있다(Ko et al., 2017). 국가 기관이나 교육청, 학교 차원에서 학생들의 수학 정의적 성취를 신장시키기 위한 다양한 정책이 이미 추진되어 왔으나, 더욱 본질적인 측면에서 이를 들여다보고 개선 방향을 탐색할 필요가 있다.

본 연구는 성장 마인드셋이 정의적 성취의 신장에 도움을 준다는 선행연구(Boaler, 2016; Boaler et al., 2018; Dweck, 2006)에 기초하여, 학생의 수학에 관한 성장 마인드셋을 향상시켜서 궁극적으로 수학 정의적 성취를 신장시키기 위한 다양한 방안을 도출하고자 하였다. 이에, 먼저 선행연구를 바탕으로 우리나라 학생들의 수학 정의적 성취 실태 및 변화 추이를 살펴보고, 국내외에서 이루어진 수학 정의적 영역 관련 정책 및 사례를 조사하였다. 그 결과를 토대로 키워드를 설정하여 수학 마인드셋 향상을 위한 수학교육 정책의 방향을 제안하였다. 연구 결과에 따른 결론은 다음과 같다.

첫째, 우리나라 학생들은 학교급이 높을수록 수학 정의적 성취가 낮고 그에 따라 수학을 포기하는 학생 비율이 높아지기 때문에, 초·중·고에 걸쳐 학생들의 수학 정의적 성취를 신장시키기 위한 체계적이고 근본적인 정책 추진이 필요하다. 국제 학업성취도 평가인 TIMSS의 결과는 우리나라 학생들이 높은 수학 학업 성취에 반해 정의적 성취 점수가 매우 낮음을 보여준다(Seo et al., 2021). 또 많은 학생들이 수학의 가치를 인식하면서도 수학에 대한 흥미나 자신감은 매우 낮고 학습 불안이 높은 것으로 나타났다(KOFAC, 2021). 이러한 문제점을 해소하기 위해 학교에서는 다양한 활동이나 재미있는 스토리텔링 등을 반영하여 수학 수업을 개선하려는 노력을 해왔으나, 가시적인 효과는 미흡한 실정이다. 다만 약 5년 전부터 시작되어 점차 확대 운영되고 있는 수학나눔학교는 학생들의 학업적인 측면뿐만 아니라, 수학클리닉을 통한 심리 상담, 학습 코칭, 각종 체험 활동 등을 복합적으로 고려함으로써 학생들의 수학 정의적 성취를 신장시키는 데 효과가 있는 것으로 나타났다(KOFAC, 2021). 이는 하나의 이벤트성 정책이 아닌, 학생 개개인에

다각도로 관심을 기울이며 인지적·정의적 측면에서 고루 성장을 지원함으로써 학생의 성장 마인드셋을 향상시키고 수학 정의적 성취를 신장시킬 수 있음을 보여준다. 이러한 수학나눔학교를 운영하는 것은 학교 관리자를 포함한 구성원의 전반적 동의와 교사의 적극적인 의지가 있을 때 가능하고, 이는 결과적으로 학교 및 교실 문화의 개선과 연결된다. 따라서 수학나눔학교와 같이 능동적이고 종합적인 정책은 실제 교실 수학 수업의 분위기와 문화를 긍정적으로 바꿀 것이고, 이는 결과적으로 학생들의 수학 성장 마인드셋 향상에 기여할 가능성이 크다.

다만, 수학나눔학교의 프로그램 운영에서 성장 마인드셋과 밀접한 관련을 지닌 자기조절 능력 향상에 보다 관심을 두는 것도 권장하는 바이다. 자기조절 능력은 점검과 조절, 통제 등의 인지 과정을 통하여 학습자가 능동적으로 학업을 지속하도록 만드는 능력이다(Zimmerman & Schunk, 2001). 성장 마인드셋은 자기조절에 긍정적인 영향을 미치고, 단기적인 성취뿐만 아니라 장기적인 성취에서도 자기조절에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다(Molden & Dweck, 2006). 그러나 그간 정의적 성취 신장을 위한 다양한 정책은 수학에 대한 불안을 극복하고 가치인식을 증진시키며 수학에 대한 자신감과 흥미를 갖는 데 주로 초점을 두어 왔고, 학생 스스로 자신의 노력이나 자신의 성장을 모니터링하는 것에는 비교적 관심을 덜 두었다고 볼 수 있다. 수학의 성장 마인드셋으로의 변화를 강조하는 것은 대부분의 학생이 수학을 학습하는 데 있어서 마주하게 될 어려움이나 실패감으로부터 나아가, 도전 의지와 문제를 대하는 열린 마음의 태도를 갖추는 데 있어 강한 힘을 더해주기 위한 변화라 할 수 있다. 이를 위해서는 그동안 흥미, 가치 등에 초점을 두었던 것을 신념이나 의지, 노력에 대한 관심으로 보다 확장할 필요가 있다. 예를 들면, '배움과 노력'을 중시하고 그 과정에서 성장하고 있음을 알 수 있도록 하는 것이다. 성장 마인드셋은 현재 가진 자질이 단지 성장을 위한 출발점일 뿐이며, 노력이나 전략, 또는 타인의 도움을 통해 얼마든지 길러낼 수 있다는 믿음에 바탕을 두고 있다. 애초에 갖고 있는 재능이나 적성, 관심사나 기질은 저마다 다를지라도, 누구나 응용과 경험을 통해 변화하고 성장할 수 있다는 것을 교사와 학생 모두 인식하고 이를 실천할 수 있는 프로그램이 개발 및 운영되어야 한다(Molden & Dweck, 2006).

둘째, 학생의 성장 마인드셋 향상을 통한 수학 정의적 성취의 신장과 관련하여 국내외의 다양한 관련 사례를 조사한 결과, 실질적으로 수학 정의적 성취를 신장시키기 위해서는 교육과정, 학교 운영, 수학과제, 교수학습 및 평가 전반이 종합적으로 개선되어야 함을 알 수 있다. 먼저 수학과 교육과정 차원에서 구체적이고 명시적으로 수학 정의적 성취의 신장 방향을 제시해야 한다. 본 연구에서 제시한 싱가포르나 핀란드 교육과정은 교육과정 차원에서 얼마나 정의적 성취를 중요하게 취급해야 하고, 학년급에 따라서 얼마나 구체적으로 그 목표를 설정할 수 있는지를 보여주는 좋은 사례라고 할 수 있다. 또한 학교를 운영함에 있어서 학생의 정의적 성취의 신장을 중요한 교육 목표로 설정하고 그에 맞는 교육 활동을 전개해야 한다. 이때 좋은 수학과제를 활용하여 학생들의 정의적 성취를 신장시킬 수 있는 방향으로 교수학습과 평가가 이루어져야 한다. 수학 교수학습 시 학생들의 입장에서 그들이 실질적으로 직면하는 것은 수학과제이다. 따라서 Lee 외 (2017)에서 제시한 것과 같이 다양한 표현, 추측, 풀이가 가능한 열린 과제, 다양한 수준의 학생이 도전할 수 있는 과제, 학생의 의사결정 및 자기주도성을 허용하는 과제, 탐구 기회가 제공되는 과제, 상호작용과 협력을 촉진하는 과제, 수학적 연결성을 형성하는 과제를 통해 학생들이 수학 활동에 의미 있게 참여할 수 있도록 해야 한다. 교수학습 시 학생들이 실수나 실패를 두려워하지 않고 도전할 수 있도록 하기 위해서 수학 학습 시 게임을 적용하거나 모둠학습을 통해 활발한 소통과 피드백이 주어지도록 할 수 있다. 정의적 영역의 평가를 위해 구체적인 평가 지표를 설정하고 보다 체계적으로 학생의 수학 정의적 성취를 평가하려는 노력도 요구된다. 이러한 여러 사례로부터 얻은 시사점을 종합해 볼 때, 학생의 수학 정의적 성취를 신장시키기 위해서는 학생의 성장 마인드셋 향상을 지원해야 하고, 이는 바람직한 수학 교실 문화를 통해 가능하다는 것을 파악할 수 있다. 학생들의 실수를 허용하고 열심히 노력하면 더 잘 할 수 있다는 마인드셋을 가지게 함으로써 학생의 수학에 대한 흥미와 자신감 등이 향상될 것이다. 이때, 교실의 수학 수업을 설계하고 운영하는 주체가 교사라는 점을 고려한다면, 성장 마인드셋을 지원하는 교실 문화는 결국 교사가 성장 마인드셋을 지닐 때 가능하다는 점을 간과해서는 안될 것이다. 또 교육과정, 교과서, 교수학습, 평가, 학생, 교사, 학부모 등 유관 요소를 낱낱의 단위로 보고 개선을 추진하기 보다는 학생의 성장 마인드셋 향상을 통한 인지적·정의적 성취의 신장이라는 하나의 목표 하에 각 요소가 유기적으로 연결되고 각각의 역할을 기능할 수 있도록 하는 거버넌스가 필요하다는 점도 주목해야 한다.

셋째, 학생의 수학 정의적 성취의 실태와 변화 추이를 파악하고 여러 관련 정책과 사례를 살펴본 결과를 종합하여 핵심 키워드를 도출해보면, 학생의 성장 마인드셋 향상을 지원하고 수학 정의적 성취를 신장시키기 위해서는 조금 더 다양한 각도에서 학습 문화와 물리적 환경 개선, 교육과정 및 교과서 개선, 교수학습 및 평가 개선을 위한 정책이 마련되고 체계적으로 추진되어야 함을 알 수 있다. 먼저, 학습 문화를 개선하기 위해 중요한 것은 무엇보다 학생의 성장 마인드셋에 영향을 미치는 교사와 학부모의 성장 마인드셋을 향상시키기 위한 정책이 함께 추진되어야 한다는 것이다. 그동안의 주요 수학 정의적 영역 정책은 대부분이 학생 자체에만 초점을 맞추어 이루어졌다. 그러나 교사가 성장 마인드셋에 적절한 수학 교실 문화를 조성하지 못하거나 학부모가 그에 맞지 않는 관여를 한다면 학생의 성장 마인드셋을 향상시키는 것은 결코 쉽지 않다. 또 학생들이 실질적으로 성장 마인드셋을 향상할 수 있도록, 과제를 소규모로 분할하는 등의 방식으로 학생들이 작은 성공 경험을 충분히 할 수 있는 기회를 제공해야 한다. 작은 과제도 성공하지 못하는 학생이 큰 규모의 과제를 성공하기는 어려우며, 작은 성공 경험이 모여 또 다른 도전을 위한 용기로 작용할 것이다. 이는 실수를 허용하고 격려하는 교실 문화와 학부모의 공감과 지지를 통해 뒷받침될 수 있다. 또한 학생들이 여러 가지 공학 도구를 활용하여 유연하게 학습할 수 있는 교실 환경을 조성해야 한다. 각 학년 교육과정에 맞는 여러 가지 의미 있는 도구를 정선하고 학생들이 이를 활용하여 수학을 학습하게 하면, 수학 학습에서 조작과 탐구를 경험하면서 수학 정의적 성취를 신장할 수 있을 것이다.

그 밖에 교육과정이나 교과서 측면에서 학생들의 이해를 지원하기 위해 교육과정의 내용을 정돈하고 교과서의 어휘나 문장을 학생 수준에 맞게 제시하려는 노력이 필요하다. 또 수학 내적 연결과 외적 연결을 고려하여 교과서를 구성함으로써 학생들이 수학의 가치를 폭넓게 이해할 수 있도록 해야 한다. 교수학습 시 학생들의 주도성과 협력을 강조하고 개별 학생의 특성과 성취 등을 고려하여 맞춤형 학습을 지원할 수 있는 시스템이 체계화되어야 한다. 개별 학생의 수학 학습을 맞춤형으로 지원할 수 있는 시스템을 통해 학생은 수학 학습에 더 의미 있게 참여하게 되고 더 많은 성공 경험을 하게 될 것이다. 이와 함께, 수업 과정 중에서 학생의 수학 교과 역량을 평가하고 그에 맞는 피드백을 제공하여 학생의 성장과 발달을 지원할 수 있는 수학 평가로의 개선이 병행되어야 한다. 이러한 정책 전반을 계획하여 추진하는 과정에서 학생의 성장 마인드셋의 향상뿐만 아니라 교사와 학부모의 성장 마인드셋의 향상도 중요하게 고려되어야 학생의 정의적 성취를 효과적으로 신장시킬 수 있다는 것을 놓치지 말아야 할 것이다.

이러한 방안들은 구체적인 실행을 통해 현장에 구현될 것인데, 이를 위한 국가 차원, 학교 차원, 교사 차원의 실행 방안을 제언으로 담고자 한다.

먼저, 국가 및 시도교육청 차원에서는 교사 연수를 기획하여 추진함으로써 교사의 성장 마인드셋을 향상시킬 뿐만 아니라 학생을 존중하고 학생 주도성을 높이는 수학 수업 전문성을 신장시켜야 할 것이다. 또한, 수학 학습에서 학생의 성장 마인드셋을 향상시키는 데 초점을 둔 학교 혁신 프로그램을 개발하여 선도학교에서 내실있게 운영할 수 있도록 지속적인 정책을 추진할 필요가 있다. 이러한 학교 혁신 프로그램을 운영한 선도학교에서 학생의 성공 경험을 발굴하고 이를 전국 학교 및 대국민 홍보를 함으로써 교사와 학부모를 비롯한 사회 구성원들의 인식을 개선할 필요가 있다.

둘째, 학교 차원에서는 선도학교 참여와 운영을 통해 선도학교 운영 모델을 개발하고, 교사 연구 공동체 운영, 학부모 교육을 실시함으로써 학교 운영의 주체로서 성장 마인드셋에 대한 교사와 학부모들의 공감과 이해를 이끌어낼 필요가 있다.

셋째, 교사 차원에서는 자기연수, 동료연수를 통해 교사 본인의 성장 마인드셋을 확립하고, 학생들의 성장 마인드셋을 향상시키는 교수학습과 평가 개선을 적극적으로 실행해야 한다.

Acknowledgements

본 연구는 2021, 2022년 교육부의 재원으로 한국과학창의재단에서 수행한 연구의 일부 내용을 포함하여 보완한 것임.

References

Boaler, J. (2016). *Mathematical mindsets: unleashing students' potential through creative math*. Jossey-Bass & Pfeiffer Imprints.

Boaler, J., Dance, K., & Woodbury, E. (2018). *From performance to learning: assessing to encourage growth mindsets*. Youcubed, Stanford University.

Chang, H., Lim, M., Yu, M., Park, H., Nam, J., Kim, H., Lee, H., Shin, S., Jeong, J., & Lee, S. (2018). A study on the development and application of family math program. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea, 22*(4), 427-451.

Cho, S., Ku, N. W., Kim, H., Lee, S., & Lee, I. (2019). *OECD programme for international student assessment: an analysis of PISA 2018 results*. KICE RRE 2019-11.

Choe, S. H., Ku, J., Kim, J., Park, S., Oh, E., Kim, J., & Baek, H. (2013). *Strategies for improving the affective characteristics of Korean students based on the results of PISA and TIMSS*. KICE RRE 2013-18.

Dweck, C. S. (2006). *Mindset: the new psychology of success*. Random House.

Drijvers, P. (2013). Digital technology in mathematics education: why it works (or doesn't). *PNA, 8*(1), 1-20.

Fey, J. T. (1989). 'School algebra for the year 2000', in S. Wagner and C. Kieran (Eds.) *Research issues in the learning and teaching of algebra* (pp. 199–213). Erlbaum.

Hemmi, K., & Ryve, A. (2014). Effective mathematics teaching in Finnish and Swedish teacher education discourses. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *18*(6), 501-521. https://doi.org/10.1007/s10857-014-9293-4

Hong, O., Kim, J., Im, Y., …, & Hwang, G. (2020). *The development of artificial intelligence(AI) elementary school math class support system and operation plan*. KOFAC.

Hwang, J., Ko, E., & Tak, B. (2020). An analysis on home and school background factors in TIMSS 2015: focus on students with negative attitude toward mathematics. *School Mathematics, 22*(3), 467-487.

Kang, N., Kim, H., Na, G., …, & Oh, K. (2021). *A study on the improvement direction of nurturing science talent through empirical analysis of mathematics and science education*. KOFAC 2020JAB0001.

Kim, D., Kim, Y., & Park, J. (2020). *The development of a guide to teaching mathematical task*. KOFAC BD200020002.

Kim, H., Ku, B., Lee, S., …, & Oh, S. (2021). *Practicing affective domain assessment in classroom*. Seoul Metropolitan Office of Education.

Kim, S. C., Kim, S. Y., Kim, H. Y., Son, J. H., Lee, G. S., Cho, H. G., & Huh, N. (2021). *Development of mathematical assessment and correction model according to mathematics learning hierarchy*. KOFAC.

Kim, S. H., Kim, B. M., & Lee, J. H. (2014). *Mathematics education and the affective domain*. Kyongmunsa.

Kim, S. I., & Shin, T. S. (2020). The effects of mindsets on academic achievement of middle school students mediated by academic self-efficacy: multi-group analysis according to whether the students are in low-income families or not. *Asian Journal of Education, 21*(3), 697-726. http://doi.org/10.15753/aje.2020.09.21.3.697

Ko, H. K., Lee, H. C., Lee, H. S., Lee, E. J., Baek, S. G., Kim, H. S., Yun, K. L., Kim, Y. J., Jeong, S. H., Lee, S. J., & Lee, J. H. (2015). *A research on the actual condition and improvement of mathematics learning*. KOFAC.

Ko, H. K., Kim, H. W., Kaji, S., & Choi, S. (2017). Elementary school students who give up on learning mathematics: correlations with non-cognitive learner Characteristics. *Education of Primary School Mathematics, 20*(2), 143–151. http://doi.org/10.7468/jksmec.2017.20.2.143

KOFAC (2021). *Survey and analysis of the condition of mathematics education in 2020*. KOFAC BD21020002.

Lee, D., Lee, K., Ko, E., Kwon, S., Kim, D., Kim, Y., Park, J., Ku, N., & Lee, H. (2017). *Designing and implementing tasks for inquiry in school mathematics*. KOFAC BD18020001.

Lee, H., Bong, C., Yoon, M., & Hong, S. (2018). An application of multilevel structural equation model to testing the effect of mathematics self-efficacy and educational environment on mathematical interest - comparison of results between Korea and Singapore. *Journal of Educational Evaluation, 31*(1), 353-386. http://doi.org/10.31158/JEEV.2018.31.1.353

Lee, H., Kim, H., Ko, H., Park, J., Oh, S., Lee, S., Lim, M., Tak, B., & Hwang, J. (2021). *A study on ways to improve students' mathematical affective achievement*. KOFAC A22040003.

Lee, H. C., Kim, H. W., Baeck, S., Ko, H. K., & Yi, H. S. (2017). A causal model analysis of non-cognitive characteristics of mathematics learning. *Communications of Mathematical Education, 31*(2), 187-202. http://doi.org/10.7468/jksmee.2017.31.2.187

Lee, K. H., Kim, D. W., Kim, S. H., ..., Choi, I. Y. (2021). *A study on the future-oriented mathematics and curriculum organization for post-COVID-19*. Ministry of Education.

Lee, M. (2018. 3. 20.). "초등 1학년 교과서, 이건 좀 아쉽습니다". Ohmynews. Retrieved from http://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002414489

Lee, Y. (2016. 08. 23.). "새 초등 1~2학년 수학교과서, 페이지 줄어 더 어려워져". Yonhapnews. https://www.yna.co.kr/view/AKR20160823062100004

Lemov, D. (2015). *Teach like a champion 2.0*. Jossey-Bass.

Ministry of Education (2015a). *The 2nd comprehensive plan for mathematics education.* Ministry of Education.

Ministry of Education (2015b). *The 2015 revised mathematics curriculum.* Ministry of Education.

Ministry of Education (2021a). *The results of the national assessment of educational achievement in 2020*. MoE press release (2021.6.). Ministry of Education.

Ministry of Education (2021b). *The main points of the 2022 revised curriculum* (draft). Ministry of Education.

MoEST (2012). *The national mathematics education advance plan*. MoEST.

MoE in Singapore (2020). *Curriculum planning and development division: mathematics syllabus primary one to six*. MoE in Singapore.

Molden, D. C., & Dweck, C. S. (2006). Finding "meaning" in psychology: a lay theories approach to self-regulation, social perception, and social development. *American Psychologist, 61*(3), 192–203. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0003-066X.61.3.192

Nam, J. (2015). A study on aims for affective development in national curriculum of mathematics. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea, 19*(2), 159-178.

Nam, S. I., Ryu, S. R., & Baek, S. S. (2003). The effects of the use of calculations in elementary school mathematics education. *The Mathematical Education, 42*(3), 403-417.

OECD (2019). *OECD future of education and skills 2030*. Retrieved from https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/faq/

Ontario Ministry of Education (2005). *The Ontario curriculum grades 1-8 mathematics.* Queen's Printer for Ontario. Ontario Ministry of Education.

Pang, J. S., & Lee, Y. J. (2019). An analysis of first graders' responses to the problems of the mathematics workbook. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 19*(3), 1369-1394. http://doi.org/10.22251/jlcci.2019.19.3.1369

Park, K. M., Lee, H. C., Park, S. H., …, & Yeo, M. J. (2015). *A study on the development of drafts for the 2015 revised mathematics curriculum II.* KOFAC BD15120005.

Park, R. S., Kwon, J. K., & Lee, D. Y. (2019). The effects of engineering tools on students' math academic achievement and math learning attitude in middle school mathematics geometrical unit. *Journal of Digital Convergence, 17*(12), 67-75. http://doi.org/10.14400/JDC.2019.17.12.067

Sang, K., Kim, K., Park, S., Jeon, S., Park, M., & Lee, J. (2020). *The trends in international mathematics and science study (TIMSS): finding from TIMSS 2019 for Korea*. KICE RRE 2020-10.

Schoenfeld, A. H. (2011). *How we think: a theory of goal-oriented decision making and its educational application*. Routledge.

Seo, M., Kim, K., Jeon, S., Lee, J., Park, M., Kim, S., …, & Kim, D. (2021). *The mathematics and science achievement characteristics of Korean students in the results of TIMSS 2019*. KICE ORM 2021-30.

Tavenner, D. (2021). *Prepared: what kids need for a fulfilled life.* Broadway Business.

Woollett, K., & Maguire, E. A. (2011). Acquiring 'the knowledge' of London's layout drives structural brain changes. *Current Biology, 21*(24), 2109-2114. https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.11.018

Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (2001). *Self-regulated learning and academic achievement*. Lawrence Erlbaum Association.