**The Mathematical Education**. Vol. 61, No. 1, 199-220
http://doi.org/10.7468/mathedu.2022.61.1.199

Print ISSN 1225-1380
Online ISSN 2287-9633

Research Article

# A basic research for the development of Korean mathematics education standards for the next generation

**Kwon, Oh Nam[1] · Kim, Young Rock[2] · Ko, Ho Kyoung[3] · Rim, Haemee[4] · Park, Jung Sook[5] · Park, Jee Hyun[6] · Park, Soomin[7] · Lee, Kyungwon[8] · Park, Jin Hee[9*]**

[1]Professor, Seoul National University
[2]Professor, Hankuk University of Foreign Studies
[3]Professor, Ajou University
[4]Professor, Kongju National University
[5]Teacher, Yangjae High School
[6]Teacher, Banpo High School
[7]Graduate student, Seoul National University
[8]Teacher, Dankook University Middle School
[9]Teacher, Seoul High School

[*]Corresponding Author : Park, Jin Hee (pjh0123@snu.ac.kr)

## Abstract

This study aims to elicit the vision of the future human being and mathematical competencies that next generation should pursue to be nurtured through mathematics education as regarding the need for a national mid-term to long-term mathematics education standard for nurturing learners that can accommodate changes in the future society is emerging. The research team established the criterion for domains of mathematical competencies through the analysis of prior research, and then, refined three dimensions of mathematical competencies and the domains of each dimension through expert advice (9 people in total, 3 times) and focus group interviews (10 people in total, 4 times). After conducting a large-scale survey (295 people in total) which includes elementary and secondary teachers, professors, and researchers, etc., the vision of the future human being and mathematical competencies were elicited. In order to utilize the vision of the future human being and mathematical competencies, five stages of research on the development and utilization of mathematics education standards were proposed. Cooperating with related organizations, securing the research project period and expanding the scope of research team composition, and providing web-based documentation of mathematics education standards will be needed for the follow-up studies.

**Key words :** The vision of the future human being, Mathematical competencies, Knowledge, Process, Action

# 미래세대 수학교육표준 개발을 위한 기초 연구

**권오남[1] · 김영록[2] · 고호경[3] · 임해미[4] · 박정숙[5] · 박지현[6] · 박수민[7] · 이경원[8] · 박진희[9*]**

[1]서울대학교 교수, [2]한국외국어대학교 교수, [3]아주대학교 교수, [4]공주대학교 교수, [5]양재고등학교 교사, [6]반포고등학교 교사, [7]서울대학교 대학원 학생, [8]단국대학교사범대학부속중학교 교사, [9]서울고등학교 교사

[*]교신저자 : 박진희 (pjh0123@snu.ac.kr)

## 초록

이 연구는 국가 차원의 중장기적 수학교육표준 마련의 일환으로 미래 수학교육이 추구해야 할 인간상, 수학 역량을 도출하는 데 목적이 있다. 연구진은 선행 연구 분석, 전문가 자문, 초점 집단 면담을 거쳐 인간상, 수학 역량을 도출하였으며, 설문조사를 통한 타당화 과정을 거쳤다. 미래인간상과 수학

**Received** February 9, 2022 **Revised** February 21, 2022 **Accepted** February 21, 2022
2000 Mathematics Subject Classification : 97A80
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.

역량의 세부 내용을 제시하였으며, 수학교육의 방향을 제안하였다.

**주요어 :** 미래인간상, 수학 역량, 수학 지식, 수학 과정, 수학 실천

# 서론

## 연구의 배경

빅데이터에 기반을 둔 인공지능 기술의 발달, 지능정보사회 및 초연결 시대의 진입에서 지구온난화로 인한 환경 문제, 신종 바이러스의 확산으로 변화된 생활까지 인류는 급격한 사회 변화를 경험하고 있으며, 이러한 변화에 적응하고 미래사회를 주도할 수 있는 인재를 양성하기 위한 수학교육 변화의 필요성이 대두되고 있다. 우리나라는 미래사회가 요구하는 역량 함양이 가능하도록 2015 개정 교육과정을 개발하여 실행하였으나, 우리나라 학생의 수학 성취도는 약화되고 있음을 여러 지표가 보여준다. PISA 2018에서는 PISA 2012에 비하여 우리나라 수학 영역의 평균 점수가 27점 하락하였으며, 순위는 3～5위에서 5～9위로 하락하였다. TIMSS 2019에서는 TIMSS 2015에 비하여 우리나라 초등학교 4학년의 수학 성취도가 8점 하락하였으며, PISA와 TIMSS의 결과 모두 참여국 중에서 두 번째로 하락폭이 크다(Cho et al., 2019; Sang et al., 2020).

제4차 산업혁명 도래에 따른 과학기술의 근간이 되는 수학·과학의 중요성이 증대됨에 따라 전 세계적으로 미래사회의 변화에 대비한 새로운 교육 모델을 찾고 있다. 미국의 경우 연구를 기반으로 한 최신의 과학교육표준인 차세대과학표준(Next Generation Science Standards)을 개발하였으며, 우리나라도 한국과학창의재단에서 교육부와 함께 2014년부터 5년간 미래세대를 위한 한국형 과학교육표준의 개발을 목표로 꾸준히 관련 연구과제들(Jeon et al., 2017; Kim et al., 2016; Kim et al., 2015; Kim et al., 2017; Song et al., 2018)을 지원하여 미래세대가 길러야 하는 미래인간상과 미래 학생들이 갖추어야 하는 과학적 소양을 담고 있는 미래지향적인 과학교육 가이드라인인 과학교육표준을 개발하였다(Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity, 2019).

과학기술정보통신부는 과학교육표준 개발에 상응하는 중장기적 수학교육의 가이드라인인 수학교육표준 개발 및 적용 계획을 수립하였다. 이 연구에서는 수학교육표준 개발 및 적용 계획의 일환으로 미래사회 전망 및 미래 수학교육이 추구하는 인간상, 미래사회에서 수학을 통해 갖춰야 할 역량을 개발한다.

## 연구의 필요성 및 목적

인공지능 알파고와 이세돌 9단의 대결이 온 국민에게 큰 충격을 안겨준 지 5년이 지났다. 5년간 인공지능은 빠른 속도로 우리의 삶에 침투하고 있다. 세계는 지금 COVID-19로 인해 비대면 시대를 맞이하게 되었고, 이 과정에서 인공지능의 사용은 급속도로 늘어나고 있다. 일찍이 미래학자 Kurzweil (2005)은 기술 발전의 가속이 절정에 도달하여 인공지능이 인간의 지능을 능가하는 시기가 올 것으로 보고 이를 특이점(singularity)이라 하였으며, 특이점의 시기를 2045년 전후로 예상하였다. 또한, 인공지능이 발전을 주도한다면 발전 속도는 훨씬 빨라질 것이고, 그 속도가 너무 빨라져 인간의 인식 능력으로는 더 이상 예측할 수 없는 때가 올 것으로 보았다. 교육계에서도 COVID-19가 발발하기 훨씬 전부터 미래가 예측할 수 없고 통제할 수 없고 위험하다는 개념이 만연해 있었다. 이러한 예측할 수 없고 통제할 수 없는 미래의 특성은 COVID-19로 인해 확인되었다(Gilead & Dishon, 2021).

예측할 수 없는 미래가 다가온다고 하지만, 2045년 이후의 미래는 뛰어난 첨단 기술들을 인간이 어떻게 이용하느냐에 따라 달라질 수 있다(Park & Glenn, 2015)는 점에서 변화하는 미래에 적합한 인재상을 도출하고 이를 양성하기 위한 방향으로 교육을 변화시킬 필요성이 더욱 강조되고 있다. 수학은 인공지능을 핵심으로 하는 4차 산업혁명과 미래 지능정보사회를 이해할 수 있는 언어이며, 수학 역량을 갖춘 미래인재의 양성은 미래사회의 경쟁력을 강화하는 일이 될 것이다. 이를 위해 미래사회의 변화를 수용할 수 있는 창의·융합형 인재 양성을 위한 국가 차원의 중장기적 수학교육 가이드라인이 필요하다.

이 연구는 2021년 과학기술정보통신부의 지원을 받아 수행된 '미래세대 수학교육표준 개발을 위한 미래인재상 및 필요역량 도출' 연구(Ministry of Science and ICT, 2021)를 요약 및 보완한 것으로 미래세대를 위한 수학교육표준 개발을 위한 기초 자료를 제공하는 데 목적이 있다. 이를 위해 20년 후의 미래사회를 전망하고 이에 적합한 미래인재상을 도출하며 미래사회를 살아가는 인간이 필요로 하는 수학 역량을 파악하고자 한다.

## 이론적 배경

### 수학교육표준

표준(standards)[1]은 설정된 교육의 목표로서 이를 성취하기 위해 설계된 여러 교육과정은 학생의 능력이나 준비의 차이를 포함하는 여러 가지 방법이나 경로를 제시하며 학생에 따라서 이를 선택하게 한다(Cuoco & McCallum, 2018). 수학교육과정에 대한 연구는 국가별 교육과정 문서, 교육과정에서 다루는 수학 내용이나 국제 비교 연구에 초점을 두고 있다. 수학교육표준이라 부를 수 있는 것은 미국 전미수학교사협의회(National Council for Teachers of Mathematics, NCTM)에서 발간된 '학교 수학을 위한 원리와 표준'과 '수학교육과정 표준(Common Core State Standards for Mathematics, 이하 CCSSM)'이라 볼 수 있다.

NCTM은 1989년 '학교 수학을 위한 표준'을 발간하여 수학교육의 개선에 노력하였고, 2000년 '학교 수학을 위한 원리와 표준'을 발행하였다. '학교 수학을 위한 원리와 표준'은 유치원 수준부터 12학년까지의 수학교육표준을 제시하고, 수학의 구조성과 계열성에 근거하여 학습자의 발달과 교육 수준에 따라 수학교육표준을 제시하였다. 학생들이 직업을 선택하고 건전한 세계 시민으로 살아가기 위해 수학이 필수적임을 강조하고 소외되는 학생 없이 모든 학생에게 수학을 중요하게 가르쳐야 한다는 점을 기술하고 있다. 여기서 '모든 학생'의 의미는 모든 학생을 같은 수준에서 같은 내용을 가르친다는 의미가 아니라 학생들의 능력에 따라 적절한 기회를 제공하는 것이 필요하다는 의미로 해석하는 것이 적절하다. 각 내용에 대해 K-2학년 수준, 3-5학년 수준, 6-8학년 수준, 9-12학년 수준으로 나누어 각 학년에서 기대하는 바를 서술하였다. 더불어 내용 표준과 과정 표준을 구분하여 제시하였다. 내용 표준은 다섯 개의 영역으로 구분되어 있고 수와 연산, 대수, 기하, 측정, 자료 분석과 확률로 구성되어 있다. 과정 표준도 다섯 개의 영역으로 구분되어 있으며, 문제 해결, 추론과 증명, 의사소통, 연결성, 표현을 포함하고 있다.

CCSSM은 교사, 수학 및 수학교육 전문가, 학부모, 교육행정가 등 다양한 교육과정의 주체들이 개발진으로 참여함으로써, 학생의 성취 수준 및 교실의 실제를 반영하여 학생에게 기대되는 바를 명확히 하는 문서를 마련하고자 하였다. '학교 수학을 위한 원리와 표준'과는 다르게 CCSSM은 학년별 제시로 되어 있다. 유치원 수준부터 8학년까지 학년별로 내용 영역과 성취 수준을 설명하며, 고등학교 수준은 수와 양, 대수, 함수, 모델링, 기하, 통계와 확률로 과목별로 제시되어 있다. 여기서는 수학적 실천(mathematical practice)이 제시되어 있는데, 여덟 가지 표준으로 구성되어 있다. 구체적으로 '문제 이해 및 끈기 있게 풀기', '추상적, 정량적으로 추론하기', '명확하게 주장하고 동료의 추론 비판하기', '수학으로 모델링하기', '전략적으로 적절한 도구 사용하기', '정확성에 주의하기', '구조를 찾고 활용하기', '반복된 추론에서 규칙성을 찾고 표현하기'로 나뉜다. CCSSM에서 제시된 여덟 가지 수학적 실천은 '학교 수학의 원리와 표준'에 제시된 과정 표준과 연결되는 부분이 있으며, 이들의 구분과 제시된 순서는 수학 역량을 정의할 때 반영할 수 있다.

### 수학 소양 및 수학 역량

'소양'의 국어 사전상의 의미는 '평소 닦아 놓은 학문이나 지식'으로 UNESCO(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)는 '소양(literacy)'을 '인쇄물 및 문서로 된 자료들을 사용하여 다양한 맥락과 연관하여 식별, 이해, 해석, 생성, 의사소통

1 Cucco와 McCallum (2018)은 표준(standards)을 학생들이 오르게 해야 하는 산처럼 고정된 것, 표준을 성취하기 위해 고안된 여러 교육과정(Curriculum)은 학생의 능력이나 준비의 차이를 포함하는 방법에 대해 다른 선택을 하게 하는 것으로 설명하였다. 국내 연구에서 'standards'를 '규준'으로 번역한 사례가 많지만, 이 연구에서는 Cucco와 McCallum (2018)에서 설명한 'standards'의 의미를 잘 드러내기 위해서 '표준'으로 번역하였다.

및 계산하는 능력'으로 정의하고 있으며 PISA에서는 '수학 소양'을 '수학이 세계에서 담당하는 역할을 인식하고 이해하는 개인의 능력, 증거가 충분한 수학적 판단을 하는 개인의 능력, 건설적이고 사려 깊고 반성적인 시민으로서 개인의 현재와 미래의 삶의 요구를 충족시키는 방식으로 수학을 관련 짓는 개인의 능력'으로 정의하고 있다(OECD, 1999). 소양이 UNESCO, PISA 평가 등에서 쓰여온 교육학적 성격을 띤 용어라면, '역량'의 국어 사전상의 의미는 '어떤 일을 해낼 수 있는 힘'으로 본디 경영 및 경제학에서 정의되어 교육학으로 도입된 용어이다. '역량'은 직무를 수행하는 개인의 능력, 패턴으로 개발되는 기술, 시연, 관찰 및 평가할 수 있는 태도 또는 일련의 행동 등의 다양한 정의가 존재하고, 사회과학 분야에서 공통된 명시적 의미를 갖기 힘든 특성을 가지며 특히 교육 분야에서 더욱 그러하다(Bradley & Huseman, 2003; Manley & Garbett, 2000; Woodruffe, 1993).

지난 20년 동안 수학교육 연구에서 '수학 역량'의 개념에 대한 연구는 전 세계의 연구자들로부터 많은 관심을 받아 왔으며, 2002년 덴마크에서 발간된 보고서인 KOM (Competencies and the Learning of Mathematics) 프로젝트를 발판으로 더욱 활발한 연구가 진행되었다. KOM 프로젝트의 본질적인 기여는 특히 수학의 교수 및 학습에서 가능한 역할과 관련하여 수학 역량의 개념을 소개하고 설명한 것이다(Niss & Højgaard, 2019). KOM 프로젝트의 연구책임자인 Niss는 수학 역량을 '수학이 실제로 역할을 하거나 잠재적으로 역할을 할 수 있는 상황과 맥락에서 지식 기반 방식으로 적절하게 행동할 수 있는 개인의 능력과 준비된 상태'로 정의하였는데 수학 소양이 비수학적 문제를 해결하기 위한 도구로써의 수학에 초점을 두는 반면, 수학 역량은 수학적 문제뿐만 아니라 비수학적 문제를 해결할 수 있는 능력을 포함하여 수학을 전반적으로 숙달하는 것이 무엇을 의미하는지에 초점을 두는 것이다(Niss & Jablonka, 2020). 우리나라에서도 수학 역량을 교육과정에 반영하고 있는데, 2015 개정 수학과 교육과정에서는 수학 교과 역량의 함양을 통해 학생들은 복잡하고 전문화되어 가는 미래사회에서 사회 구성원의 역할을 성공적으로 수행할 수 있고 개인의 잠재력과 재능을 발현할 수 있으며, 수학의 필요성과 유용성을 이해하고 수학 학습의 즐거움을 느끼며, 수학에 대한 흥미와 자신감을 기를 수 있다고 정의하고 있으며, 수학의 지식을 이해하고 기능을 습득하는 것과 더불어 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천의 6가지 수학 교과 역량을 길러야 한다고 제안하고 있다(Ministry of Education, 2020a). 향후 공개될 2022 개정 교육과정은 역량 함양 교육과정을 표방할 것으로 보인다. 2022 개정 교육과정에서 핵심역량은 교육의 방향이나 목적을 가리키는 것이며, 핵심역량 함양은 교과 역량 함양을 통해서 가능한 것인데 교과 역량은 교과의 지식, 기능, 가치 및 태도 요소가 유기적으로 연계하여 통합적으로 발현되는 것이다(Ministry of Education, 2021).

소양과 역량은 '능력'과 함께 혼용되고 있으며, 서로 학문적 성격, 연구의 목적, 평가의 특성에 따라 그 쓰임이 다를 뿐, 서로 위계를 가지거나 포함관계를 가지지 않는다. 이 연구에서는 소양과 역량에 대한 선행 연구 분석을 통한 용어 및 개념 탐색을 바탕으로 수학 및 수학 학습을 통해 함양할 수 있는 개인의 능력인 '수학 역량'을 '수학 지식을 이해하고, 수학적 과정을 통해 형성하며, 수학적 가치를 인식하고 실천하는 능력'으로 개념화하였다. 수학 역량 및 지식, 과정, 실천 차원의 내용은 연구 결과를 통해 상세히 제시한다.

### 미래인간상

국가 교육과정에서는 우리나라 초·중등교육이 추구해 나가야 할 교육 비전으로서 교육적 인간상을 제시해왔다(Ministry of Education, 2020a). 우리나라 교육적 인간상은 교수요목기와 제1차 교육과정에서 제시한 홍익인간이라는 교육 이념을 바탕으로 제4차 교육과정부터 '○○한 사람'의 형태로 명시되었으며, 제6차 교육과정부터 2015 개정 교육과정에 이르기까지 '추구하는 인간상'이라는 항목에서 교육적 인간상을 구체적으로 제시하고 있다(Hong, 2015).

교육과정 개정 과정에서 인간상의 변화는 새로운 교육과정의 비전을 제시해주는 것으로써 중요성을 가진다. 교육과정에서 제시하는 교육적 인간상은 인간의 보편성을 고려하여 시대에 따라 급속하게 변할 필요가 없다는 주장과 시대적 특수성을 반영할 필요가 있다는 주장을 바탕으로 변하지 않는 보편적 교육 이념에 기초하되 사회적 요구에 따라 새롭게 설정하도록 하고 있으며(Hong, 2015), 교육과정 개정마다 인간상을 크게 변화시키기보다는 문구를 조금씩 수정하여 제시하기도 한다. 2015 개정 교육과정에서도 기존의 인간상의 큰 틀을 유지하면서 교육과정이 추구하는 인간상을 제시하였다. 또한, 2015 개정 교육과정이 추구하는 인간상을 바탕으로 '바른 인성을 갖춘 창의융합형 인재'라는 인재상을 설정하였다(Ministry of Education, 2020b, c).

우리나라 교육과정에서 제안하고 있는 교육적 인간상은 총론 차원에서 제안하는 것으로 교과 교육과정과의 연계성이 부족하다. 수학과 교육과정에서는 수학 교과가 '창의적 역량을 갖춘 융합 인재'로 성장할 수 있는 기반을 제공하는 역할은 서술하고 있지만 (Ministry of Education, 2020a), 인간상과의 관련은 언급되지 않고 있다. 한편, 국가 수준에서 제안되는 정책이나 문헌들에서 사용되는 '인재상(人材像)'이라는 표현은 인간을 어떤 목적을 위한 수단으로 보는 관점이 내포되는 경향이 있으므로(Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity, 2019), 이 연구에서는 미래 수학교육이 추구하는 '인간상'을 제안하고자 한다.

국가 교육과정에서 인간상은 크게 변화하기보다는 홍익인간이라는 교육 이념 아래에서 시대의 변화를 반영하여 조금씩 수정을 이루어왔다. 하지만 현대 사회는 지속적인 변화를 직면하고 있고, 미래에는 이러한 변화의 속도가 가속화됨에 따라 인간의 삶이 크게 달라질 것이라고 많은 미래학자들이 예견하고 있다. Kurzweil (2005)은 기술 발전의 가속이 절정에 도달하여 인공지능이 인간의 지능을 능가하는 시기가 올 것으로 보고 이 시기를 2045년 전후로 예상하였다. 또한, 2045년은 우리나라가 광복을 맞이한 1945년으로부터 100년이 되는 해로 새로운 시기를 준비하는 의미 있는 해로 볼 수 있다.

이에 이 연구는 2045년을 미래 시점으로 설정하고 미래 수학교육이 추구해야 하는 미래인간상을 제안하는 것을 목표로 한다.

## 연구방법

미래세대 수학교육표준 개발을 위한 미래인재상 및 필요역량 도출 연구는 2021년 6월부터 11월까지 약 5개월에 걸쳐 진행되었다. 미래인재상과 미래세대에게 요구될 필요역량을 도출하기 위해서 이 연구에서는 수학교육과정 및 수학교육표준, 기개발된 과학교육표준, 수학 소양 및 수학 역량, 인간상, 미래사회 전망에 관한 문헌 연구를 실시하였다. 또한, 전문가의 의견을 수렴하기 위해 전문가 자문 및 초점 집단 면담을 진행하였으며, 대규모 설문조사를 통해 연구 결과의 타당화를 높이도록 하였다. 구체적인 절차는 다음과 같다.

### 문헌 연구

연구를 수행하기 위해서 연구 초기에 과학과에서 2016년부터 3개년간 4단계에 걸쳐 수행된 '과학교육표준 개발 연구'를 다면적으로 검토하였으며(Kim et al., 2016; Kim et al., 2017; Jeon et al., 2017; Song et al., 2018), 미래사회의 시점을 설정하고 미래사회의 전망을 살펴보기 위해 미래 변화와 관련된 각종 연구물을 분석하였다. 국내외 수학교육과정 및 수학교육표준을 검토하여 인재상, 인간상의 의미와 역량의 개념을 분석하였을 뿐만 아니라 국내외 수학과 교육과정 내의 수학 영역에 대해 분석하였다. 이는 수학 역량의 차원 제시를 위한 기초 자료로 활용되었다. 이후 수학 소양과 수학 역량의 개념을 탐색하고 수학 역량의 세 차원에 대한 국내외 연구를 검토하고 반영하였다.

### 전문가 자문 및 초점 집단 면담

연구 방향을 명확히 설정하고, 선행 연구 분석의 결과로부터 생성된 질문에 대한 의견을 전문가로부터 검증하기 위하여 전문가 자문을 수행하였다. 전문가 자문은 과학기술, 사회과학, 수학 및 수학교육 전문가와 언론계 전문가(총 9명)를 대상으로 세 차례에 걸쳐 진행하였다. 이를 토대로 미래사회의 전망과 인간상, 수학 역량을 도출하는 근거를 마련하여 그 결과를 바탕으로 초점 집단 면담을 실시하였다. 초점 집단 면담은 수학 및 수학교육 전문가(총 10명)를 대상으로 네 차례에 걸쳐 진행되었으며, 수학 역량의 차원 및 하위 영역의 초안 구성의 기반이 되었다.

### 수학 역량 및 하위 영역 개발

수학 및 수학교육 전문가로 구성된 연구진은 미래사회 전망에 대한 선행 연구 검토를 시작으로 연구의 초석을 다졌으며, 연구 초기에 해당하는 6월 중순~7월에는 문서 개발 1, 문서 개발 2, 의견 수렴 팀으로 나눠 연구를 진행하였다. 문서 개발 1팀은 수학 소양 및 수학 역량의 개념에 대한 선행 연구 분석을 바탕으로 수학 역량의 세 차원을 구성하였고, 문서 개발 2팀은 교육과정에 나타난 인

재상 및 인간상의 변화를 조사하여 미래 수학교육이 추구하는 인간상을 정립하였으며, 의견 수렴팀은 전문가 자문 위원을 구성하고 반구조화된 면담 질문을 개발하였다.

전문가 자문을 거친 후 수학 역량 및 수학 역량의 세 차원에 대한 깊이 있는 연구 진행을 위해 수학 역량의 세 차원(지식, 과정, 실천)으로 팀을 재조직하였다. 각 팀에서는 세 차원의 하위 영역을 설정하고 연구진 전체 회의를 통해 상호 검토하는 과정을 거쳤다. 연구진의 검토 내용을 토대로 수학 및 수학교육 전문가의 의견을 수렴하여 내용을 수정·보완하였으며, 초·중등 교원, 교수 및 연구원을 대상으로 한 설문조사를 통해 미래인간상 및 수학 역량의 정의, 수학 역량의 세 차원 및 하위 영역에 대한 타당성을 확보하였다.

### 설문조사

문헌 연구, 전문가 자문 및 초점 집단 면담을 거쳐 개발된 미래인재상 및 필요역량에 대해 교수, 교사, 수학교육연구자 등의 수학교육과정 이해당사자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 연구의 말미인 10월 18일부터 10월 29일까지 진행되었다. 한국수학교육학회, 대한수학교육학회, 대한수학회의 협조를 통해 설문조사에 대한 안내가 이메일을 통해 이루어졌으며, 설문 참여자는 총 295명으로 초·중등 교원 등의 학교 현장 전문가(164명, 55.59%)와 교수 및 연구원(106명, 35.93%)이 높은 비율을 차지하였고, 그 외에 대학원생, 학원 강사 등(25명, 8.47%)은 기타로 분류하여 분석하였다. 수학 역량의 차원, '지식', '과정', '실천' 차원의 하위 영역과 설명, 수학 역량의 정의에 대한 설문조사 문항이 포함되어 있었다. 설문조사의 양적 분석 결과를 결과의 타당도를 높이는데 활용하였으며, 질적 분석의 결과는 연구보고서 전반의 수정·보완에 활용하였다. 양적 분석의 결과는 설문조사에서 제시된 '매우 타당함(5)', '타당함(4)', '보통(3)', '타당하지 않음(2)', '전혀 타당하지 않음(1)'의 선택지에서 한 가지를 참가자가 선택하도록 하여 수량화하였으며, 양적 분석의 결과로 표에 제시된 자료는 5점 만점 중에서 참가자 응답을 수량화하여 평균을 제시한 것이다. 질적 분석의 결과는 참가자의 응답을 최종적인 수학 역량의 지식, 과정, 실천 차원의 하위 영역 진술에 반영하여 제시하였다.

## 결과 분석 및 논의

### 미래인간상

미래 전망에 관한 선행 연구와 전문가 자문, 초점 집단 면담, 설문조사 등의 결과를 바탕으로 발전적으로 보완하여 미래 수학교육이 추구하는 인간상을 '수학 역량을 갖춘 의적인 세계 시민'으로 도출하였다(cf. Figure 1).

**Figure 1.** The vision of the future human being pursued by mathematics education.

이는 이전 장에서도 논의한 바와 같이 미래사회에 필요한 대표적인 역량으로서 창의성, 문제 해결, 의사소통, 주도성, 협업 등이 있지만 최근의 변화하는 과학기술 및 정보통신의 발달과 사회가 안고 있는 주요 이슈에 대응하여 가장 중요한 것을 창의성이라 판단하였으며, 오늘날 인류가 직면한 공동의 문제를 해결하고 현재와 미래사회의 지속 가능한 발전을 모색하기 위해 사회구성원들은 세계 시민이라는 공통의 정체성을 함양하고 함께 협력해야 함을 강조하는 차원에서 세계 시민을 키워드로 정한 것이다. '미래사회와 수학 역량', '창의성', '세계 시민'을 구체적으로 정리하면 다음과 같다.

미래사회 전망에 관한 보고서 및 관련 선행 연구에서는 창의적인 아이디어 발현, 문제를 해결할 수 있는 능력이나 학습을 주도적으로 수행하는 능력, 데이터를 시각화하는 등 다양한 방법으로 데이터를 다룰 줄 아는 능력 등이 중요한 능력이 된다고 전망한다. 다시 말해 지식과 기술을 이해하는 능력이 학습을 통해 향상될 수 있길 기대하면서 미래사회에서의 창의적으로 문제를 해결하는 능력과 협업을 통한 해결 능력, 데이터 기반 사회에서 이를 해석할 수 있는 문해력의 중요성과 코딩을 포함한 지식과 정보를 활용하는 능력을 강조하였고, 이에 대한 미래사회에서의 교육의 역할을 중요하게 여긴다.

지식기반 사회, 정보화 사회 등으로 급속히 변화하는 미래사회의 요구에 부합하기 위해 국가적으로 창의적 인재 육성이 필요하다는 사실은 이미 각종 보고서 및 선행 연구에서 잘 알려진 사실이다. 최근 2016년에 열린 세계 경제 포럼(World Economic Forum, 2016)에서는 4차 산업혁명을 선도할 혁신 역량으로 '창의'와 '융합' 역량을 꼽았으며, 국내에서 발표한 미래사회 대비 교육과정, 교수학습, 교육평가 비전 연구(Ahn, 2017; Chung et al., 2016; Korea Institute for Curriculum and Evaluation, 2016; Ministry of Education, 2016)에서 창의·융합형 인재를 기를 것을 목표로 제시한 바 있다. 이 연구에서는 대표적인 역량으로 창의성을 강조하여 수학교육이 추구하는 인간상에 포함하여 드러내고자 하였다. 역량의 과정 차원에서의 '창의성'은 주어진 문제에 대해 새로운 아이디어, 해결 전략이나 방법을 다양하게 찾아내고, 세부 사항을 추가하거나 수정하여 더욱 발전시키며, 새로운 문제를 제기할 수 있는 능력을 의미한다.

세계화는 21세기 이전부터 사회적 화두였지만, 지속 가능한 사회 건설을 위해 전 세계가 교육을 통해 함께 노력하겠다는 의지를 밝힌 것은 아주 최근의 일이다. 2030년까지 지구촌이 함께 달성할 교육 및 개발의 목표를 설정한 '2015 세계교육포럼'과 '유엔 지속가능발전 정상회의'에서 국제사회는 '세계 시민교육'을 앞으로 추진할 주요 교육 및 개발 목표에 포함하였다. 21세기 글로벌 인재는 세계 시민으로서의 의식과 소양, 의지와 행동 역량을 갖추고 있어야 한다. 이에 따른 우리 교육의 목표도 학습자 모두에게 21세기 인재가 되도록 기회와 기반을 제공하는 것이어야 한다. 즉 글로벌 인재가 따로 있는 것이 아니라, 오늘날 지구촌에서 살아가는 모든 학습자에게 자신뿐만 아니라 사회의 긍정적인 미래를 위해 능동적인 삶을 영위하도록 가르치는 것이 앞으로 국제사회가 달성하고자 하는 목표이자 교육의 방향인 것이다.

'대한민국 과학기술혁신 미래전략 2045 (Ministry of Science and ICT, 2020)'에서는 대한민국의 미래상을 '우리가 원하는 미래'로 두었으며, 여기에 하위 내용은 '모두가 안전하고 건강한 사회', '경제적으로 풍요롭고 편리한 사회', '공정하고 차별 없는 사회', '인류사회에 기여하는 국가'로 설정하여 제시하였다. 여기서는 국가 경제의 성장 외에도 개인의 '삶의 질'이 국가의 중요한 목표가 되어야 함과 동시에 물질적 가치뿐만 아니라 공정이나 신뢰 등 '사회적 가치'가 삶의 질의 중요한 요소임을 강조한 것이다. 또 인류의 보편적인 문제 해결을 통해 인류사회에 기여도 강조하고 있다.

## 수학 역량

### *수학 역량의 정의 및 차원 구성*

초기 단계에서 연구진은 수학 역량 관련 선행 연구 분석을 통해 수학 역량을 연구 목적에 맞게 개념화하고 미래 수학교육이 추구하는 수학 역량의 정의를 '변화하는 사회에 대응하는 핵심 수학 내용 지식을 이해하고 수학 과정을 경험하여 개인 및 사회적 맥락에서 수학적 가치를 인식하고 실천하는 능력'으로 설정하였다. 이후 초점 집단 면담을 통해 '변화하는 사회에 대응하는 핵심 수학 내용 지식'에서 사회의 변화에 따른 수학만이 아니라 변화하는 사회 속에서 수학 지식이 불변성을 갖는다는 점에 더 주목할 필요가 있다는 의견을 반영하여 '미래사회에 필요한 수학 지식'으로 변경하였으며, '수학 과정을 경험'한다는 표현의 명료화가 필요하다는 의

견을 반영하여 '과정'의 의미가 단지 능력을 의미하는 것이 아니라 사고 과정을 포함하는 것이므로 '수학적 과정을 통해 형성'되는 것으로 변경하였다. 마지막으로 수학 역량의 정의를 '역량'으로 마무리 짓는 것에 대한 지적이 있어 어미를 '능력'으로 마무리하여 '미래사회에 필요한 수학 지식을 이해하고, 수학적 과정을 통해 형성되며, 수학적 가치를 인식하고 실천하는 능력'으로 정의하였다. 이상의 과정을 정리하면 Figure 2와 같다.

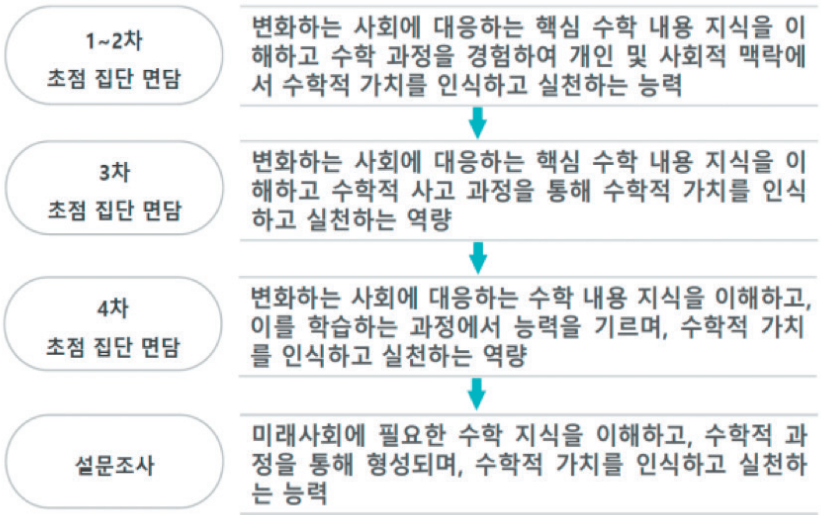


**Figure 2.** Changes of the definition of mathematical competencies.

수학 역량은 '지식', '과정', '실천'의 세 차원을 포괄하는 것으로 보았는데, 첫째, '지식'은 수학의 기초 지식과 개념을 기반으로 하는 내용 지식, 미래사회의 책임감 있는 민주시민이 갖추어야 할 수학 관련 사회적 및 과학·기술적 지식에 해당하는 내용 지식을 말한다. 둘째, '과정'은 여러 가지 현상을 수학과 연결하고, 다양한 상황에서 발생하는 문제를 해결할 때 활성화되어야 하는 수학적 능력, 셋째, '실천'은 수학 학습을 통해 도달하고자 하는 궁극적인 가치를 인식하고 태도를 기르며 세계 시민으로서 실천할 수 있는 역량을 의미한다.

위의 정의 및 차원 구성을 바탕으로 대규모 설문조사를 진행하였고, 이에 대한 집단별 평균을 나타내면 Table 1과 같다.

**Table 1.** Average by each survey items of future human beings and mathematical competencies (n=295).

| Participants Categories | Teachers | Professors and Researchers | Others | Total |
|---|---|---|---|---|
| Vision of the future human being pursued by mathematics education | 4.38 | 3.88 | 4.16 | 4.18 |
| Definition of mathematical competencies | 4.45 | 4.08 | 4.32 | 4.31 |
| Dimensions of mathematical competencies | 4.42 | 4.02 | 4.28 | 4.26 |

초·중등 교원의 평균은 4.45, 교수 및 연구원의 평균은 4.08, 기타의 평균은 4.32, 전체의 평균은 4.31로 수학 역량의 정의에 대해 모든 집단에서 대체로 동의하였다. 하지만 자유 의견을 통해 두 번째 문장의 '~형성되며'의 주어가 첫 번째, 세 번째 문장과 달라 연결된 전체 문장이 어색하다는 의견을 수렴하여 최종적으로 수학 역량의 정의를 '미래사회에 필요한 수학 지식을 이해하고, 수학적 과정을 통해 형성하며, 수학적 가치를 인식하고 실천하는 능력'이라 도출하였다. Figure 3은 개발된 수학 역량의 정의 및 차원 구성을 도식화한 모형이다.

**Figure 3.** Mathematical competencies and three dimensions of mathematical competencies.

*수학 역량 차원의 하위 영역*

(1) 지식

연구 초기에 연구진은 국내외 교육과정 및 수학교육표준, PISA 평가틀을 포함한 선행 연구 분석과 전문가 자문을 기반으로 미래사회에 일원으로서 학생들이 길러야 할 수학 역량 중 '지식' 차원에 관한 내용을 추출하였다. 전문가 자문에 참여한 전문가들은 데이터를 다룰 줄 아는 능력, 과학기술과 관련된 수학 지식을 미래사회에 필요한 수학 내용 지식으로 언급하였다. 이에 연구진은 기존 교육과정에 포함된 내용 외에 미래사회를 위한 지식이 추가적으로 필요하다고 판단하여 '지식' 차원의 하위 영역을 '수와 양', '변화와 관계', '도형과 측정', '데이터 분석과 예측', '수학과 사회', '수학과 기술'로 설정하였다. 이 중 앞 네 개 영역은 기존 교육과정에 포함되어 있는 수학의 기초 지식과 개념을 기반으로 하는 내용이며, '수학과 사회' 및 '수학과 기술'은 미래사회의 책임감 있는 민주시민이 갖추어야 할 수학 관련 사회적 및 과학·기술적 지식에 해당한다. 특히, '수학과 사회'는 지속 가능한 미래를 위한 수학 지식, 합리적 시민으로서의 삶을 편리하고 건강하게 영위하도록 하는 수학 지식이며, '수학과 기술'은 빅데이터, 인공지능, 로봇 등 기술의 발전과 활용에 관련된 과학, 기술, 공학의 언어와 내용으로서의 수학 지식이다. 이후 1~4차에 걸친 초점 집단 면담과 설문조사를 거쳐 가면서 과정 차원의 하위 영역의 구성을 수정하였다. 이러한 절차를 정리하면 Figure 4와 같다.

**Figure 4.** Changes of domains of 'Knowledge' dimension.

구체적인 하위 영역명과 정의를 정리하면 Table 2와 같다.

**Table 2.** Domains of ‘Knowledge’ dimension and the definition.

| The domains of ‘Knowledge’ dimension | Definition |
|---|---|
| Number and Quantification | Knowledge related to solving various problems such as basic calculations of numbers, counts, magnitudes, units, indicators, operations, and numerical trends |
| Change and Relationships | Knowledge related to understanding mathematical relationships in various changes of phenomena, representing relationships with symbols or graphs, and interpreting them |
| Shape and Space | Knowledge related to exploring figures and their properties in a plane and space, changes in shape and size, and movement |
| Data Analysis and Predictions | Knowledge related to understanding probability as a tool to understand uncertainty in situations, and collecting, organizing, representing, analyzing, and predicting data |
| Mathematics and Science/Technology | Knowledge related to 1) the connection between mathematics and science/technology, 2) the role of mathematics in the development of science/technology, and 3) efforts to develop mathematics with science/technology in a balanced way |
| Mathematics and Society/Culture | Knowledge related to 1) the social/cultural nature of mathematical knowledge, 2) the convergent and complex content of mathematics, and 3) the interaction between mathematics and society |

‘수와 수량화’는 수에 대한 기본 계산 및 세기, 크기, 단위, 척도, 연산, 수치적 추이 등 여러 가지 문제를 해결하는 것과 관련된 지식으로, 일상생활에서 사용하는 수에 대한 기본 계산 및 세기, 크기, 단위, 척도, 연산, 상대적 크기, 수치적 추이와 패턴, 그리고 대수적 구조와 규칙성 등 수 자체와 수량화를 이해하는 지식 영역이다. 기존 교육과정에서 ‘수와 연산’ 영역에 관한 내용을 포함하며, 수를 양으로 표현하는 지식 및 경우의 수와 같이 이산수학 관련 내용을 포함한다. 유치원생부터 고등학생까지 다양한 수의 개념을 이해하고 연산하는 과정을 포함하여 대수적 계산까지 확장하는 것을 포함하는 빅아이디어의 의미를 지닌 개념이다. 즉 단순히 실생활에서 볼 수 있는 구체적인 수의 사칙연산을 포함하는 개념이 아니며, 이산수학의 내용이나 측정에서의 계산적 측면도 함께 포함하고 있다. 따라서 ‘수와 수량화’는 다양한 환경에서 수를 이해하고, 수를 양으로 변화시키는 능력이므로 직관적으로 표현되는 수의 기본 개념과 디지털 기술에서 필요한 수로 표현되는 데이터에 대한 이해를 포함하고 있다고 볼 수 있다.

‘변화와 관계’는 다양한 변화 현상에서의 수학적 관계를 이해하고, 기호나 그래프로 관계를 나타내고 이를 해석하는 것과 관련된 지식으로, 유기체의 성장, 계절의 변화, 예측하기 힘든 경제 상황과 같은 다양한 상황에서 나타나며, 적절한 방정식과 함수를 이용하여 기호나 그래프로 관계를 나타내고, 모델링하며, 이를 해석하는 것과 관련된 지식이라고 할 수 있다. 기존 교육과정에서 ‘규칙성’, ‘문자와 식’, ‘함수’, ‘해석(미적분)’ 영역의 내용에 추가로 선형 및 비선형 모델을 포함한 증가 현상, 적절한 함수와 방정식을 이용한 모델링, 관계의 다양한 표상(기호 및 그래프의 표현 등) 생성 및 해석 등을 포함하는 것으로 보았다. 우리나라 수학과 교육과정에서 중·고등학교 때 가장 많이 다루어지는 영역이나 그동안 실생활의 변화와 관련된 부분이 가상의 현실에 기반을 두고 결과적 지식 측면에서 다루어졌다면, 미래사회에 대비하여 더 실생활과 가까운 변화를 다루어야 하며 과정적 지식으로 다루어져야 한다는 점이 앞으로 미래사회를 대비하는 학생들을 위해 필요한 부분이라고 할 수 있다.

‘도형과 공간’은 평면과 공간에서의 도형과 그 성질을 탐구하고, 모양과 크기의 변화와 이동에 관련된 지식으로, 기존 교육과정에서 ‘기하’ 영역에 관한 내용을 포함하며, 우리의 눈에 보이는 실제 물리적 세계에서 쉽게 볼 수 있는 광범위한 현상을 포괄하고, 패턴, 대상의 특징, 위치와 방향, 대상에 대한 표현, 시각적 정보에 대한 디코딩과 인코딩, 내비게이션과 실제 모양 및 표현된 기호와의 상호작용 등과 같은 내용을 포함한다. 기하는 도형과 공간에서 중요한 기초이며, 그 체계는 측정, 공간 시각화, 대수와 같이 다양한 수학 분야에 의지하며 내용, 방법, 의미 면에서 전통적 기하 이상이 포함된다고 할 수 있다. 또한, 구체적 사물이 차지하는 물리적 공간을 다루는 유클리드 기하뿐 아니라 벡터 공간처럼 추상적 공간에 대한 최소한의 학습과 연역적 추론을 통한 문제 해결 훈련을 포함하며, 구체적 사물의 성질을 탐구하는 것보다 좀 더 확장하여 공간의 구조와 특성을 탐구하는 것으로 이 분야의 영역을 넓힐 수 있다.

'데이터 분석과 예측'은 상황의 불확실성을 이해하는 도구로써 확률을 이해하고, 데이터를 수집, 정리, 표현, 분석, 예측하는 것과 관련된 지식으로, 기존 교육과정의 '확률과 통계'에 해당하는 영역이다. National Research Council (2013)은 2025년의 수리과학에 관해 예측하면서 미래세대에게 데이터와 컴퓨터를 가지고 일하는 능력이 필수적이며 확률과 통계, 무작위성, 알고리즘, 이산수학에 대한 이해가 중요하게 될 것임을 강조하였다. 실제로 이미 많은 분야에서 빅데이터가 쌓이고 있고, 데이터를 다루는 능력이 중요해졌으며, OECD (2018)에 따르면 정보의 디지털화와 빅데이터 시대의 도래로 인하여 디지털 소양(digital literacy)과 데이터 소양(data literacy)이 신체적 건강 및 정신적 웰빙만큼이나 필수적인 것이 되고 있다. 이에 확률과 통계와 관련된 주어진 문제를 해결하는 내용뿐만 아니라 데이터를 다루는 전반적인 내용을 추가한 것으로 학생들이 실생활에서 데이터를 활용할 수 있도록 직접 문제를 설정해 보고, 관련된 데이터를 수집, 정리, 표현, 분석하여 미래를 예측해보는 내용을 포함한다.

'수학과 과학·기술'은 수학과 과학·기술의 연관성, 과학·기술의 발전에서 수학의 역할, 과학·기술과의 균형 있는 수학의 발전을 위한 노력과 관련된 지식으로, 수학과 사회·문화와 함께 분과적 수학 내용 지식을 포괄하는 메타적 범주에 해당한다. 최근 Ministry of Science and ICT (2020)는 「대한민국 과학기술혁신 미래전략 2045」 발표에서 '불확실한 세상 속에서 법칙·이론을 발견하여 우리에게 예측 가능한 미래를 보여주고 다양한 사회문제 해결에 활용될 수 있는 기초·응용수학 발전'을 강조하였다. 이는 과학·기술 발전에서 데이터를 기반으로 한 정확한 미래 예측과 전망과 관련한 수학의 중요성을 강조한 것이다. 과학·기술의 발전과 관련하여 수학 지식과 방법은 이제까지의 수학 영역을 초월하여 활용됨을 이해해야 한다. 따라서 수학과 과학·기술이라는 범주를 통해 수학과 과학·기술의 연관성을 보다 깊이 이해하고, 앞서 제시한 지식의 네 영역을 초월하여 빅데이터, 인공지능, 로봇, 메타버스 등과 같은 지능정보화시대 기술의 발전과 관련된 수학 지식 내용을 포함하고자 한다. 또한, 수학과 과학·기술의 연관성을 이해하는 것뿐만 아니라 과학·기술의 발전에서 수학의 도구적 역할과 견인적 역할이라는 다중적 역할과 가치를 이해하고, 통합적 문제 해결자로서의 수학을 이해하고 대하며, 이런 견지에서 수학이 과학·기술의 발전에 있어 대등하고 건전하게 균형 있는 발전을 위한 노력을 포함한다.

'수학과 사회·문화'는 수학 지식의 사회·문화적 본성, 수학의 융·복합적 내용, 수학과 사회의 상호작용과 관련된 지식으로, 현대 수학의 분과적 영역으로 포괄하기 어려운 미래 수학에 대한 별도의 영역 설정의 필요성에서 도출된 것이다. 지식 차원에서 수학과 사회·문화라는 범주를 통해 현대와 미래사회를 살아갈 수학적 소양인이 갖추어야 할 수학 지식과 방법의 범주를 이전의 수학 영역을 초월하여 제시하고자 한다. 수학과 사회·문화는 분과적 수학 내용 지식을 아우르는 메타적 범주에 해당하며, 수학 지식의 본성, 수학의 융·복합적 특징, 수학과 사회의 상호작용을 포함한다. 수학과 사회의 상호작용은 현대와 미래사회의 수학에 대한 인식론적 그리고 사회적 관점과 수학적 의사소통을 포괄한다. 수학의 사회·문화적 본성에는 수학 지식과 함께 그 탐구 방법의 본성, 수학자의 본성과 관련된 영역을 포괄하는 것으로, 수학적 사고의 습관, 수학에 대한 가치관, 수학의 사회적 역할, 수학자의 사회적 역할 및 창의성과 연구윤리 등을 포괄한 수학적 소양 등을 포함한다. 수학의 융·복합적 특징은 기존 내용 또는 학문 영역 간의 통합뿐만 아니라 내용 지식과 탐구의 통합에 초점을 두고 있으며, 수학의 본성과 이론뿐만 아니라 복잡한 문제를 해결하기 위한 도구적 이론 및 활용과 관련되며, 더 나아가 수학과 일상생활과의 통합, 과학과 개인의 가치와의 통합, 수학과 사회·문화와의 통합, 차별 없이 공정한 소통과 신뢰하는 사회를 위한 통합 등을 포함한다. 마지막으로 수학과 사회의 상호작용은 사회적 문제와 이슈를 수학적으로 해결하고 판단하는데 관련된 수학적 지식과 그 탐구 방법을 포함하고, 그 외에 수학 관련 정책에 대한 이해, 수학적 의사소통과 대중화에 필요한 수학 지식과 기능에 대한 소양 등을 포함한다.

**Table 3.** Average by groups of each domain of 'Knowledge' dimension (n=295).

| Participants Categories | Teachers | Professors and Researchers | Others | Total |
|---|---|---|---|---|
| Number and Quantification | 4.59 | 4.41 | 4.44 | 4.51 |
| Change and Relationships | 4.68 | 4.58 | 4.64 | 4.64 |
| Shape and Space | 4.60 | 4.43 | 4.52 | 4.54 |
| Data Analysis and Predictions | 4.65 | 4.50 | 4.32 | 4.57 |
| Mathematics and Science/Technology | 4.43 | 4.16 | 4.24 | 4.32 |
| Mathematics and Society/Culture | 4.37 | 3.98 | 4.08 | 4.21 |

이상의 지식 차원의 하위 영역에 대한 최종 정의를 바탕으로 대규모 설문조사를 실시하였으며, Table 3은 지식 차원의 하위 영역에 대한 집단별 평균을 나타낸 것이다.

6가지 하위 영역 중 수와 수량화, 변화와 관계, 도형과 공간, 데이터 분석과 예측은 전체 집단 평균이 4.50 이상으로 매우 높게 나타났으나, 이에 비해 수학과 과학·기술, 수학과 사회·문화의 전체 집단 평균은 각각 4.32, 4.21로 다소 낮게 나타났다. 이는 수학과 과학·기술, 수학과 사회·문화가 기존의 수학 내용 지식의 구성과는 다른 새롭게 범주화한 지식이기 때문으로 보인다. 그럼에도 지식 차원의 모든 하위 영역에 대체로 동의하는 결과를 얻은 것은 설문참여자들이 미래사회의 새로운 수학 내용 지식의 구성에 대한 필요성에 공감하고 있음을 보여준다.

(2) 과정

'과정' 차원을 구성하는 하위 영역은 문제 해결(problem solving), 추론(reasoning), 연결(connection), 의사소통(communication), 창의성(creativity), 컴퓨팅·알고리즘적 사고(computational/algorithmic thinking)로 구성하였다. '과정'에 해당하는 것은 OECD Education 2030의 기능(Skills)에 관한 것이라 볼 수 있다. OECD는 기능을 인지적·메타 인지적 기능(예, 비판적 사고, 창의적 사고, 학습에 대한 학습, 자기 조절), 사회적·감정적 기능(예, 공감, 자기효능감, 협력), 실용적·물리적 기능(새로운 정보와 의사소통 공학 도구의 사용)으로 구분하여 서술하고 있다(OECD, 2018).

'과정(Process)'은 우리나라와 여러 나라의 교육과정 문서에서 사용되는 용어이다. '과정'이 사용되는 용례는 크게 두 가지로 범주화하여 생각해볼 수 있다. 먼저, 수학 학습 과정에서 활성화되어야 하는 능력을 모아놓은 것으로 설명한 경우이다. NCTM (2000)은 '문제 해결', '추론과 증명', '의사소통', '연결성', '표현'을 아우르는 말로 '과정 표준'을 설명한다. 2009 개정 교육과정에서는 NCTM (2000)의 '과정 표준'에서 '과정'을 차용하여 '수학적 문제 해결', '수학적 추론', '수학적 의사소통'을 아우르는 것으로 '수학적 과정(mathematical process)'을 제시했다(Shin et al., 2011). 다음으로, 수학 학습 과정에서 발현되는 실천적 차원의 용어로 설명한 경우이다. 싱가포르 수학과 교육과정에서는 '수학적 문제 해결'을 중심으로 한 '수학 프레임워크'를 제안한다. 수학 프레임워크의 하위 요소 중에는 '과정(process)'이 포함되어 있는데, 이는 문제를 해결하거나 새로운 지식을 구성하는 데 중요한 수학 학습자의 실천을 가리킨다. 이 연구에서는 국내 현장 수학 교사와 수학교육 연구자에게 공감대가 형성되어 있는 용어인 '과정(process)'을 선택하여 하위 요소로 설명한다.

연구 초기인 2021년 8월 전문가 자문을 통해서 미래사회에 일원으로서 학생들이 길러야 할 수학 역량 중 '과정' 차원에 관한 내용을 추출하였다. 전문가 자문에 참여한 전문가들은 수학교육에서 창의적 문제 해결을 가장 중요한 능력으로 언급하였다. 전문가들은 창의적 문제 해결 이외에 의사소통, 협력, 연결성, 비판적 사고와 같은 수학교육에서 중요한 것으로 여겨진 것들이 다뤄졌으며, 미래사회 변화를 고려하여 컴퓨팅 사고가 중요하다고 하였다. 전문가 자문을 통해 얻게 된 '과정' 차원의 하위 영역을 설정하였으며, 1～4차에 걸친 초점 집단 면담과 설문조사를 거쳐 가면서 과정 차원의 하위 영역의 구성을 수정하였다. 이러한 절차를 정리하면 Figure 5와 같다.

**Figure 5.** Changes of domains of 'Process' dimension.

수학 과정 차원의 하위 영역은 2009 개정 교육과정의 수학적 과정, 2015 개정 교육과정의 수학 교과 역량과 관련 지어 생각해볼 수 있다. 이를 고려하여 1, 2차 초점 집단 면담에서 '협력'이 수학 과정의 하위 영역이라기보다는 수학 학습 과정에서 발현되어야 하는 태도와 관련된 것이라는 지적이 있었다. 이에 따라 3차 초점 집단 면담에서 '과정' 차원의 하위 영역은 '협력' 대신 협력 과정에서 형성될 수 있는 인지적 과정으로 '집단 지성'이 포함되었으며, '협력'은 실천 차원에서 반영하였다. 또한, '연결성'이라는 명사 표현 대신 학생 사고의 동적 과정을 강조하기 위해 '연결'로 수정하여 제시하였다. 3차 초점 집단 면담에 참여한 전문가들은 '집단 지성'은 과정 차원의 다른 하위 영역에 비해 수학 교과 고유의 영역이 아닌 일반 영역에서 발현되는 것이므로 수학 과정의 하위 영역으로 포함되는 것에 대한 부적절성을 지적하였다. 또한, 컴퓨팅 사고에서의 알고리즘과 논리적 사고의 중요성을 언급하였다. 컴퓨팅·알고리즘적 사고는 정보 교과 고유의 영역으로 취급될 수 있다. 하지만, 연구진은 미래 사회 기술 변화와 더불어 학생이 수학 학습 과정에서 컴퓨터와 같은 기기를 통한 자동화를 인식하고 이를 활용할 수 있는 능력이 더욱 중요해질 것으로 보았다. 3차 초점 집단 면담 이후에 '창의적 문제 해결'이 다른 과정의 하위 영역과는 다르게 두 가지의 능력을 요구한다는 점에서 '창의성'과 '문제 해결'로 구분하고, '집단 지성'을 제외하였으며 일부 실천 차원에서 반영하였다. 3차 초점 집단 면담에서 제기된 의견을 받아들여 '컴퓨팅 사고' 대신 '컴퓨팅·알고리즘적 사고', '비판적 사고'에 논리적 사고를 아우를 수 있는 표현으로 '추론'을 택하여 제시하였다. 4차 초점 집단 면담을 통해서 과정 차원의 하위 영역으로 '문제 해결', '컴퓨팅·알고리즘적 사고', '추론', '창의성', '연결', '의사소통'에 대한 검증을 받고, 대규모 설문조사에서는 여러 나라의 교육과정에서 제시된 수학 역량의 순서를 고려하여 '문제 해결', '추론', '연결', '의사소통', '창의성', '컴퓨팅·알고리즘적 사고'로 제시하였다. 구체적인 하위 영역명과 정의를 정리하면 Table 4와 같다.

**Table 4.** Domains of 'Process' dimension and the definition.

| The domains of 'Process' dimension | Definition |
|---|---|
| Problem Solving | The ability to explore the solution strategies in the problem situations, find the solutions, and implement them |
| Reasoning | The ability to justify mathematical assertions through rigorous and logical procedures and inspect them reflectively |
| Connection | The ability to link multiple mathematical ideas or integrate other subjects or real-world with mathematics |
| Communication | The ability to express one's own mathematical ideas and understand others' mathematical ideas using verbal and non-verbal expressions |
| Creativity | The ability to discover new ideas, solutions, strategies, or methods for the given problems in various ways, and develop them by adding or modifying details, or pose new problems |
| Computational/Algorithmic Thinking | The ability to decompose problems into units that can be processed, collect and manipulate data, generalize to create models, and construct a series of algorithms |

'문제 해결'은 문제 상황에 대하여 해결 전략을 탐색하고 해결 방안을 고안하여 실행할 수 있는 능력으로 설정하였다. '문제 해결' 능력은 우리나라 수학과 교육과정에서 중요하게 여겨져 왔던 것으로서, 수학적으로 문제를 해결하는 능력은 수학교육에서 최우선적으로 여겨져 왔다. 문제 해결은 문제 이해 및 형식화, 전략 탐색, 계획 실행 및 반성, 수학적 모델링, 문제 만들기를 포함하는 것이다. 수학교육 연구 분야에서 문제 해결의 절차와 단계의 정교화(Polya, 1945; Schoenfeld, 1985), 수학 역량으로서 문제 해결이 강조되어왔다(NCTM, 1989; Niss & Højgaard, 2019). 미래사회를 살아갈 학생들에게 필요한 수학 역량에서도 문제 해결이 중요한 역량이 될 것이다. 초점 집단 면담에 참여한 전문가들은 학생들이 생각해보지 못한 수학 문제에 대해서 깊이 있게 고민해보는 시간이 충분히 마련되어야 한다고 주장하였다.

'추론'은 수학적 주장에 대해 엄밀하고 논리적인 절차를 거쳐 정당화하고, 이 과정을 반성적으로 점검할 수 있는 능력으로 설정하였다. 추론 능력은 관찰과 추측, 논리적 절차 수행, 수학적 사실 분석, 정당화, 추론 과정의 반성을 포함하는 것이다. 추론 능력의 핵심은 수학적 주장을 정당화하기 위해서 구두 혹은 지필 형태로 되어 있는 논증을 분석하거나 만들어내는 것이다. 수학적 추론 역량은 수학적 주장의 정당화를 제공하는 것과 기존의 정당화 혹은 제안된 정당화 시도를 비판적으로 분석하고 평가하는 것을 포함한다(Niss & Højgaard, 2019). 이 역량은 정당화의 폭넓은 스펙트럼의 형태를 다루며 발견술과 관련되는 예시를 검토하거나 제공하는

것으로부터 특정 공리로부터 논리적 연역에 기초한 엄밀한 증명으로의 논리적 연역을 다룬다. 초점 집단 면담에 참여한 전문가들은 미래사회를 살아갈 학생들이 비판적으로 문제 상황을 이해하고, 반성적으로 검토하며 논리적으로 해결해나가는 과정을 중요시해야 한다는 의견을 제시하였다. 이는 수학 교수·학습 상황에서 주어진 수학적 주장에 대해 논리적인 절차에 의해 참과 거짓을 판명해내고, 그 과정을 반성적으로 검토하는 수학적 추론의 과정과 연결된다.

'연결'은 여러 수학적 아이디어를 연결하거나 다른 과목 또는 실생활을 수학과 융합할 수 있는 능력으로 설정하였다. 연결은 국내외 수학과 교육과정에서 강조되어 왔던 것으로(e.g., NCTM, 2000; Park et al., 2015), 최근 국내외에서 각광받고 있는 STEAM 교육과 관련된다. 또한, '연결'은 수학 내적 연결과 수학 외적 연결을 포함하는 것으로 이해할 수 있는데, 수학 내적 연결이란 수학 내 다른 영역들 사이의 개념적 지식이나 절차적 지식을 관련 짓거나 개념이나 절차의 다양한 표현을 서로 연결하여 수학적 아이디어 사이의 관계나 구조를 이해하는 것을 의미한다. 수학 외적 연결이란 수학 교과목 내의 아이디어를 가지고 실생활의 아이디어와 연관 짓는 과정이나 실생활의 아이디어를 수학 교과목 내의 아이디어와 연결 짓는 것뿐만 아니라 다른 교과목에서의 아이디어와 연관 지음으로써 수학의 개념을 보다 풍부하게 이해하는 것을 의미한다.

'의사소통'은 언어적 표현(말, 글, 그림, 기호, 표, 그래프) 및 비언어적 표현(제스처)을 사용하여, 자신의 수학적 아이디어를 표현하고 타인의 수학적 아이디어를 이해할 수 있는 능력으로 설정하였다. 의사소통 능력은 수학적 표현의 이해, 수학적 표현의 생성 및 변환, 자신의 생각 표현, 타인의 생각 이해를 포함한다. 의사소통 능력은 2015 개정 교육과정에서 총론과 수학 교과 역량 모두에서 강조해왔던 역량이다. 2015 개정 교육과정 총론에서 의사소통 역량은 '다양한 상황에 적합한 언어, 상징, 텍스트, 매체를 활용하여 자신의 생각과 감정을 효과적으로 표현하고 타인의 말과 글에 나타난 생각과 감정을 올바르게 이해하고 대처하며, 다른 사람의 의견을 경청하고 존중하며, 갈등을 효과적으로 조정할 수 있는 능력'을 의미한다. 2015 개정 수학과 교육과정에서 의사소통 능력은 '수학 지식이나 아이디어, 수학적 활동의 결과, 문제 해결 과정, 신념과 태도 등을 말이나 글, 그림, 기호로 표현하고 다른 사람의 아이디어를 이해하는 능력'을 말한다. 수학 교수·학습에서 의사소통은 구어적 표현이나 시각적 매개체뿐만 아니라 제스처와 같은 비언어적 표현을 사용하여 타인에게 자신의 생각을 표현하는 것을 넘어서 공유하고 이해하려는 능력이다.

'창의성'은 주어진 문제에 대해 새로운 아이디어, 해결 전략이나 방법을 다양하게 찾아내고, 세부 사항을 추가하거나 수정하여 더욱 발전시키거나 새로운 문제를 제기할 수 있는 능력으로 설정하였다. 수학적 창의성의 개념은 학자들 사이에 명확한 합의에 이르지 않았지만, 수학적 문제에 대한 초기의 답이나 아이디어 또는 새로운 질문에 대한 형식화를 이끌어내는 과정으로 여겨진다(Sriraman, 2005). 초점 집단 면담에 참여한 전문가들은 미래사회에서 학생들의 창의적인 능력이 중요하다는 점을 지적하였다. 미래사회는 불확실하거나 예측 불가능한 상황이 지속될 것으로 예상되는 바, 학생들이 주어진 문제에 대한 정형화된 답을 내는 것이 아니라 자신만의 독창적인 해결책을 가져야 한다는 점을 지적하였다. '창의성'을 과정 차원에 포함하는 것은 2009 개정 교육과정, 2015 개정 교육과정과의 일관성을 도모하고 미래사회에서 학생들이 길러야 할 중요한 능력이라는 점을 강조하기 위함이었다.

'컴퓨팅·알고리즘적 사고'는 문제를 처리할 수 있는 단위로 분해하고 자료를 수집 및 조작하여 일반화하는 과정을 통해 모델을 생성하고 일련의 알고리즘을 구성할 수 있는 능력으로 설정하였다. 컴퓨팅 사고는 Papert (1980)에 의해 처음으로 제안되었으며, Wing (2006)에 의해서 그 중요성이 크게 확산되었다. 컴퓨팅 사고에 대한 다양한 정의가 존재하지만, 컴퓨팅 사고의 구성요소는 공통적으로 분해(decomposition), 추상화(abstraction), 알고리즘(algorithms)을 포함하고 있다(Shute et al., 2017). 초점 집단 면담에 참여한 전문가들은 인공지능의 출현, 기술적 진보 등을 고려했을 때, 컴퓨팅 사고가 중요하다고 주장하였다. 2015 개정 수학과 교육과정에서도 정보 처리 역량이 교과 역량으로 포함되어 있었는데 '다양한 자료와 정보를 수집·정리·분석·활용하고 적절한 공학적 도구나 교구를 선택·이용하여 자료와 정보를 효과적으로 처리하는 능력'으로 제시되어 있다. 컴퓨팅·알고리즘적 사고는 정보 처리 역량에서처럼 단순히 공학적 도구를 활용하거나 자료와 정보를 수집, 정리, 분석, 활용하는 것을 넘어서 주어진 상황을 분해하고, 추상화, 알고리즘화하는 것을 아우른다.

이상의 과정 차원의 하위 영역에 대한 대규모 설문조사 결과를 정리하면 Table 5와 같다.

**Table 5.** Average by groups of each domain of 'Process' dimension (n=295).

| Participants Categories | Teachers | Professors and Researchers | Others | Total |
|---|---|---|---|---|
| Problem Solving | 4.76 | 4.58 | 4.72 | 4.69 |
| Reasoning | 4.70 | 4.63 | 4.52 | 4.66 |
| Connection | 4.68 | 4.42 | 4.52 | 4.57 |
| Communication | 4.71 | 4.46 | 4.44 | 4.60 |
| Creativity | 4.61 | 4.23 | 4.48 | 4.46 |
| Computational/Algorithmic Thinking | 4.52 | 4.17 | 4.32 | 4.38 |

'문제 해결'은 과정 차원의 하위 영역 중에서 가장 높은 평균(4.69)을 얻었으며, 초·중등 교원과 기타 설문조사 참가자의 가장 높은 평균 동의를 얻었다. '추론'은 '문제 해결' 다음으로 가장 높은 평균(4.66)을 얻었으며, 교수 및 연구원 참가자로부터 가장 높은 평균의 동의를 얻었다. '의사소통', '연결'의 평균은 '문제 해결'과 '추론' 영역의 평균을 뒤따랐다. '창의성', '컴퓨팅·알고리즘적 사고'는 각각 평균 4.46, 4.38을 기록하였으며, 다른 하위 영역에 비해 상대적으로 낮은 평균을 기록하였다. 특히, 초·중등 교원 참가자로부터 4.5 이상의 높은 평균의 동의를 얻었으나, 교수 및 연구원, 기타 참가자는 초·중등 교원 참가자 평균보다는 낮은 평균을 얻었다. 설문조사 참가자 중에 '창의성'과 '컴퓨팅·알고리즘적 사고'가 '문제 해결'이나 '추론'과 중첩될 수 있다는 의견이 있었다. 이러한 의견 때문에 '창의성'과 '컴퓨팅·알고리즘적 사고'가 다른 영역에 비해 낮은 평균 수치가 나타났다고 볼 수 있다. 전반적인 설문조사 결과를 통해서 과정 차원의 하위 영역에 대한 전체 집단 평균은 4 이상의 높은 수치를 기록하였으며, 미래사회에서 요구되는 수학 역량을 바탕으로 한 새로운 수학 과정의 범주화 필요성에 공감하는 것으로 볼 수 있다.

(3) 실천

'실천' 차원을 구성하는 하위 영역은 주도성(agency), 몰입(flow), 회복탄력성(resilience), 협력과 개방성(collaboration and openness), 수학 문화 향유(enjoying mathematics culture), 세계 시민의식(global citizenship)이다. 이 연구에서는 '실천'을 '수학 학습을 통해 도달하고자 하는 궁극적인 가치를 인식하고 태도를 기르며 세계 시민으로서 실천할 수 있는 역량'으로 설정하였다. 이는 OECD Education 2030 프로젝트의 태도 및 가치에 대한 정의로부터 비롯된다. '태도'는 가치와 신념에 의해 뒷받침되어 행동에 영향을 미치는 것, '가치'는 개인적, 공적 생활의 모든 영역에서 결정을 내릴 때 사람들이 중요하다고 믿는 것을 뒷받침하는 지침이 되는 원칙을 말한다. '실천'은 이러한 태도와 가치가 바탕이 되어서 발현되는 역량이라 할 수 있다.

연구 초기에 연구진은 국내외 교육과정 및 수학교육표준, OECD Education 2030 프로젝트를 포함한 선행 연구 분석을 기반으로 전문가 자문 면담지를 구성하고, 이후 전문가 자문을 통해서 미래사회 구성원으로서 학생들이 길러야 할 수학 역량 중 '실천' 차원에 관한 내용을 추출하였다. 이와 같은 선행 연구 분석과 전문가 자문을 기반으로 가치 및 실천 차원의 하위 영역을 '주도성', '몰입', '회복탄력성', '개방성', '수학 감수성', '세계 시민의식'으로 설정하였다. 이 중 주도성, 몰입, 회복탄력성은 개인적 차원의 가치를 인식하고 실천하는 역량이며, '개방성', '수학 감수성', '세계 시민의식'은 사회적 차원의 가치를 인식하고 실천하는 역량이다.

이후 초점 집단 면담을 통해 차원명이 '가치 및 실천'에서 '실천'으로 수정되었는데, '가치 및 실천'의 차원명은 태도의 측면을 드러내지 못하고 있다는 지적이 있었으며, 실천은 본디 태도와 가치가 바탕이 되어 발현되는 역량으로 연구진 내부에서도 '실천'이 태도 및 가치의 개인적, 사회적 실천을 모두 포괄할 수 있는 용어라고 판단했기 때문이다. '수학 감수성'은 '수학 문화 향유'로 변경되었는데, 이는 '수학 감수성'이 수학 및 수학교육의 개인적 가치 인식에 방점을 둔 정의였다면, '수학 문화 향유'는 수학 및 수학교육의 가치 인식을 바탕으로 이를 공유하고 공감하는 사회적 차원의 실천까지 포함하는 개념으로 정의할 수 있다는 점을 고려한 변경이었다. 수학 역량의 과정 차원의 하위 영역인 '협력'이 실천 차원의 하위 영역으로 더 적합하다는 의견을 반영하여, '개방성'을 '협력과 개방성'으로 변경하였다.

위의 과정을 거쳐 실천 차원의 하위 영역은 '주도성', '몰입', '회복탄력성', '협력과 개방성', '수학 문화 향유', '세계 시민의식'으로 정리하였다. 이상의 과정을 정리하면 Figure 6과 같으며, 최종으로 도출된 실천 차원의 하위 영역 6가지에 대한 최종 정의는 Table 6과 같다.

**Figure 6.** Changes of domains of 'Action' dimension.

**Table 6.** Domains of 'Action' dimension and the definition.

| The domains of 'Action' dimension | Definition |
|---|---|
| Agency | To design and implement mathematics learning by setting up goals for oneself, and be responsible for the results |
| Flow | To feel pleasure by challenging mathematical activities and being deeply immersed in exploratory learning |
| Resilience | To respond flexibly and make an effort with persistence even in the face of difficulties in learning mathematics |
| Collaboration and Openness | To solve the problem situations mathematically with a cooperative and open-minded attitude and take on new challenges |
| Enjoying Mathematics Culture | To recognize the nature and value of mathematics, feel pleasure in mathematics culture, and share and empathize with others |
| Global Citizenship | To present opinions based on rationale and make rational decisions, and behave responsibly in order to practice social justice as a member of the global community |

'주도성'은 스스로 목표를 설정하여 수학 학습을 설계하고 실행하며 결과에 책임감을 질 수 있는 미래사회 수학 학습자가 추구해야 할 태도이자 실천 역량으로 정의한다. 미래사회의 역량을 기르기 위해서는 교사 주도 수업이 아니라 학생이 주도적으로 학습하는 것이 필요하다. 미래 교육은 교사가 전달하는 지식을 그대로 받아들이는 수동적 학습자가 아니라, 학생이 수업의 주체가 되는 능동적 학습자를 키우는 주도성에 근거한 교육이 실행되어야 한다. 능동적 학습자는 학습 뿐 아니라 학습 과정 관리에 대한 책임을 지도록 동기를 부여받는다. 즉, 학습자는 과제를 통해 이 지식이 어떻게 유용할 수 있는지 이해하고, 새로 습득한 지식을 사전의 지식과 연결함으로써 지식에 대한 개인적 가치를 찾고, 스스로 학습 과정을 통제하고 있다고 느낌으로써 능동적 학습자가 된다(Milner-Bolotin, 2001). 이러한 과정을 통해 학습자는 과제의 결과에 대해 책임감을 갖게 되며 높은 수준의 메타인지를 갖출 수 있게 된다. 주도성을 실천하는 학습자는 개인의 웰빙 뿐 아니라, 공동체의 문제 해결에 주체적으로 참여하는 평생 학습자로 성장할 수 있다.

'몰입'은 수학 활동에 도전하고 탐구적인 학습에 깊이 몰두하여 즐거움을 느낄 수 있는 미래사회 수학 학습자가 추구해야 할 태도이자 실천 역량으로 정의한다. 미래를 살아갈 학생들이 수학학습을 통해 즐거움과 희열을 느끼면서 동시에 창의적인 문제 해결자로서의 자신감과 만족감을 가질 수 있도록 적극적인 지원과 격려가 되는 역량 요소가 필요하다. 몰입은 탐색적인 학습에 요구되는 기제로써 수학 활동에 도전하고 탐구적인 학습에 깊이 집중하여 즐거움, 성취감, 만족감, 창의성 증진의 기능으로써 역할을 한다. 제4차 산업혁명 시대로 대변되는 미래사회를 살아갈 학생들에게는 개인적인 학습자로서 즐거움을 느끼면서 과제에 참여하고 창의

적인 성취와 만족감을 느낄 수 있는 최적 학습 경험을 지원해줄 필요성이 있다. 초점 집단 면담과 설문에서도 몰입을 수학적 활동에 도전하고 참여하며 탐구적인 학습에 깊이 몰두하는 역량으로 축약하는 데 동의하였으며, 미래사회 수학 학습자의 궁극적인 목표인 수학에 대한 흥미와 즐거움을 경험하고 창의적인 문제 해결자가 되기 위한 주요 요인으로 동의하였다.

'회복탄력성'은 수학 학습의 어려움에 직면한 상황에서도 융통성 있게 반응하고 끈기 있게 노력할 수 있는 미래사회 수학 학습자가 추구해야 할 태도이자 실천 역량으로 정의한다. 미래를 살아갈 학생들이 수학 학습을 통해 역경을 잘 극복해 나갈 수 있도록 적극적인 지원과 격려가 될 수 있는 역량 요소가 필요하다. 회복탄력성은 수학 학습의 어려움에 직면한 상황에서도 융통성 있게 반응하는 경향성과 스트레스 관리를 포함한 인내와 자아존중감, 자기효능감, 끈기 있게 노력하는 자기통제와 자기조절력을 포함하고 있다. 미래사회는 COVID-19와 같은 위기 상황에 언제든지 놓여 있을 수 있는 가능성이 존재한다. 학교 교육 역시 예외일 수 없으며, 자기통제와 자기조절이 부족한 학생일수록 원격수업을 하는 COVID-19 상황에서는 학력 저하의 어려움을 겪을 수도 있다. 전문가 자문, 초점 집단 면담 그리고 설문조사에서도 수학은 위계가 있는 과목으로 어느 순간 학습 결손이 발생할 경우 다음 과정으로의 학습으로 이어가는 데 어려움이 있어 더더욱 위기 극복에 대한 대처가 필요한 과목이라 하였으며, 수학 학습에서 직면하는 어려움에 대처하고 성장하는 것을 주요 맥락으로 삼아야 함을 주장하고 있다.

'협력과 개방성'은 협력적이고 개방적인 태도로 문제 상황을 수학적으로 해결하며 새로운 도전을 할 수 있는 미래사회 수학 학습자가 추구해야 할 태도이자 실천 역량으로 정의한다. 협력은 학생들에게 강조되고 있는 중요한 항목 중 하나이다. 우수한 개인의 능력이 반드시 효과적인 문제 해결로 이어지지 않으며, 구성원과 협력하여 문제를 해결할 때 각 개개인 역량의 총합 이상의 결과를 얻을 수 있다. 성공적인 협업을 위해서는 구성원 간의 이해를 최적화하기 위해 지식과 의견을 원활하게 의사소통하는 능력과 협업 과정에 대한 구성원 간의 동의와 적극적 기여, 그리고 참여가 요구된다(Hesse et al., 2012). 학생들이 문제 상황을 접했을 때 이를 해결하기 위해 협력적 태도를 갖는 것과 더불어 중요한 것이 바로 기꺼이 문제에 참여하고 새로운 도전에 열려 있는 개방적 태도이다. 진정한 학습은 단순한 암기나 이해가 아니라 문제를 해결하기 위해 다각적으로 생각하여 대안을 찾는 것이라고 볼 때 개방적 태도를 가질수록 창의적인 해결 방안을 모색할 수 있는 가능성이 높아진다. 또한 개방성 즉, 열린 마음을 가진 사람은 자신과 상대를 동등하게 배려하는 균형 잡힌 정서적 상태를 갖고 상대의 말을 수용하면서도 자신의 견해를 표현할 수 있다.

'수학 문화 향유'는 수학의 본질과 가치를 인식하고, 수학 문화를 즐기고 누리며 이를 타인과 공유하고 공감할 수 있는 미래사회 수학 학습자가 추구해야 할 태도이자 실천 역량으로 정의한다. 수학 가치인식이 수학 성취도에 큰 영향을 미치고 있는 만큼 수학 가치인식을 향상시킬 수 있는 방안에 대한 심층적인 연구가 요구되는데, 미래 수학교육에서는 수학의 학문적, 도구적 가치 이외에도 수학의 본질 및 심미적, 문화적 가치인식에 대한 고려도 균형 있게 이루어져야 할 필요성이 있다. 학습자는 수학 학습을 통해 수학의 본질과 학문적, 정신도야적, 심미적, 문화적 및 도구적 가치를 바르게 인식하며, 실세계의 문제를 수학적으로 민감하게 인식하고 수학적 문제 해결을 통해 다양한 가치를 제고할 수 있으며, 수학 지식을 활용한 활동을 통해 유용성과 기쁨을 느끼고 수학에 흥미와 호기심을 가질 수 있다. 학습자는 이와 같은 방식으로 수학 문화를 향유하며 나아가 이를 타인과 공유하고 공감할 수 있다.

마지막으로 '세계 시민의식'은 논리적 근거를 토대로 의견을 제시하고 합리적으로 의사결정을 하며 세계 공동체의 일원으로서 사회 정의를 실천하기 위해 책임감 있게 행동할 수 있는 미래사회 수학 학습자가 추구해야 할 태도이자 실천 역량으로 정의한다. 수학은 어떤 다른 분야보다도 학생들의 현재와 미래의 쟁점들을 이해하고, 그것에 근거하여 행동하는 도구로서 학생 개개인에게 중요하며, 지역과 사회에도 영향을 주게 된다(Stinson et al., 2012). 일반적인 시민의식은 학생들이 세계 공동체의 일원으로 살아감에 있어서 필수적으로 요구되는 것으로 본 연구에서는 수학 학습자에게 요구되는 세계 시민의식을 중심으로 학생들이 갖추어야 할 태도와 가치, 그리고 이를 바탕으로 한 실천을 강조하고자 하였다. PISA의 수학 소양 정의에서도 수학을 학습한 과정과 결과로서 반성적이고 성찰적인 시민이 될 것을 강조하고 있으며, 이는 수학교육에서의 비판적 교육과도 관련된다. 비판적 교육은 수학을 통해 사회문제를 비판적으로 분석하고 사회적 갈등을 인식하며 사회 변화를 위한 주체적 힘을 길러주고자 하는 '사회정의를 위한 수학교육' 연구와도 일맥상통한다. 수학은 이론적 학문으로서의 측면뿐 아니라 실천적인 학문이라는 인식이 확대될 필요가 있다. 학생들은 민주시민, 나아가 세계 공동체의 일원으로서 수학을 학습한 과정과 결과를 바탕으로 당면한 문제를 논리적이고 합리적으로 바라보며 수학적으로 문제를 해결할 수 있어야 하며, 세계 시민의식은 실천 역량의 하위 영역으로 학교수학의 목표로 의미 있게 다루어질 필요가 있다.

이상으로 실천 차원의 하위 영역에 대한 최종 정의를 바탕으로 대규모 설문조사를 실시하였으며, Table 7은 실천 차원의 하위 영역에 대한 집단별 평균을 나타낸 것이다.

**Table 7.** Average by groups of each domain of 'Action' dimension (n=295).

| Participants Categories | Teachers | Professors and Researchers | Others | Total |
|---|---|---|---|---|
| Agency | 4.63 | 4.11 | 4.40 | 4.42 |
| Flow | 4.60 | 4.17 | 4.44 | 4.43 |
| Resilience | 4.45 | 4.03 | 4.36 | 4.29 |
| Collaboration and Openness | 4.59 | 4.18 | 4.36 | 4.42 |
| Enjoying Mathematics Culture | 4.49 | 3.95 | 4.32 | 4.28 |
| Global Citizenship | 4.24 | 3.54 | 3.84 | 3.95 |

6가지 하위 영역 중 주도성, 몰입, 협력과 개방성은 전체 집단 평균이 4.40 이상으로 높게 나타났으나, 이에 비해 회복탄력성, 수학 문화 향유, 세계 시민의식의 전체 집단 평균은 각각 4.29, 4.28, 3.95로 다소 낮게 나타났다. 이는 회복탄력성, 수학 문화 향유, 세계 시민의식이 모두 수학 교과에서 익숙하지 않은 용어를 사용한 것에서 비롯된 것으로 보인다. 회복탄력성은 심리학, 물리학 등에서 주로 사용되는 용어로 수학적 탄력성, 학업탄력성 등의 용어로 대체될 수 있으나 연구진이 정의하는 회복탄력성의 기본적인 역할에 충실하기 위해 연구진은 물리적인 특성과 결합된 영역명을 사용하기로 하였다. 수학 문화 향유는 수학 교과에서 좀 더 익숙한 수학 가치 인식, 수학적 공감, 수학적 심미성 등과 같은 용어를 대안으로 제시한 의견들이 많았으나, 이 용어들은 연구진이 사전에 검토했던 용어들로 이 영역에서 정의하고자 하는 개념들을 모두 포괄하지 못한다는 결론으로부터 수학 문화 향유를 영역명으로 사용하기로 하였다. 세계 시민의식의 전체 평균이 다른 하위 영역에 비해 다소 낮은 것은 수학 교과에 한정된 용어가 아닌 범교과적 용어라는 인식과 실천 차원으로 적절한가에 대한 우려에서 비롯된 것으로 보인다. 또한, 초·중등 교원 집단의 평균(4.24)과 교수 및 연구원 집단의 평균(3.54)에서 유의미한 차이를 보인 것은 세계 시민의식이 2015 개정 수학과 교육과정에서의 '시민의식'의 범주를 확장한 것으로, 초·중등 교원 집단에게 더욱 익숙한 용어이기 때문으로 보인다. 그럼에도 실천 차원의 모든 하위 영역에 대체로 동의하는 결과를 얻은 것은 설문참여자들이 미래사회에 수학 교과의 실천 차원으로 개인적 실천뿐만 아니라 수학 학습을 통해 도달해야 하는 사회적, 정서적 실천에 대한 영역 도입의 필요성에 공감하고 있음을 보여준다.

## 결론 및 제언

### 수학교육의 방향 제시

우리나라 수학과 교육과정은 시대의 요구에 맞춰 여러 차례의 교육과정 개정을 거치면서 학생들에게 필요한 수학교육을 제공하고자 노력을 기울여 왔다. 2015 개정 교육과정에서는 핵심역량 및 교과 역량을 반영하여 총론 차원에서 여섯 가지 핵심역량을 '자기관리 역량, 지식정보처리 역량, 창의적 사고 역량, 심미적 감성 역량, 의사소통 역량, 공동체 역량'으로 제시하였으며, 수학 교과 역량을 '수학교육을 통해 학습자가 길러야 할 기본적이고 필수적인 능력 또는 특성'이라고 규정하고, '문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천'으로 제시하고 있다. 이는 수학 교과 지식의 습득과 함께 수학을 통해 길러지는 역량의 함양을 강조하는 것으로 볼 수 있으나 학교 수학교육은 여전히 수학 역량의 함양보다는 대학입시에 초점을 두고 있으며, 수학 교과는 내신 및 대학수학능력시험(이하 수능)에서 고득점을 받기 위해 학습해야만 하는 교과로 인식되고 있다. 이처럼 평가와의 일관성이 담보되지 않은 교육과정의 개정은 학교 현장에 혼란과 부담만을 가중시킬 뿐이다. 전문가 자문에서 지적한 바와 같이 대학입시에 초점이 맞추어진 수학교육은 유형화된 문제만을 잘 푸는 학생을 기르며, 오래 생각하고 끈기 있게 학습할 수 있는 기회의 부족, 창의성을 기를 수 있는 기회의 부족을 야기한다. 오랫동안 우리나라 수학교육의 문제가 되어 온 수능에 초점을 맞춘 수학교육이 변화하기 위해서는 교수·학습, 평가의 일관성이 최우선 과제가 되어야 한다.

수학교육표준이 학교 현장에 안착하고 지식, 과정, 실천의 역량을 두루 갖춘 학습자를 기르기 위해서는 수학교육표준의 가이드라인에 따른 내용의 변화뿐만 아니라, 교수·학습, 평가 및 교실 환경이 함께 방향을 맞춰 변화해야 하며, 그 방향을 다음과 같이 제안한다.

첫째, 미래 수학교육은 지식 전달이 아닌 지식 공유에 초점을 두고 교사 중심이 아닌 학생 중심으로 이루어져야 한다. 학생이 수업의 주체가 되는 수업을 통해 개인의 목표를 스스로 설정하고 달성함으로써 높은 수준의 메타인지를 갖출 수 있을 뿐 아니라 더 나아가 사회적으로 공유된 목표를 향해 나아가는 삶의 주도성을 발휘할 수 있게 된다. 즉, 주도성을 실천하는 학생은 개인의 웰빙 뿐 아니라, 공동체의 문제 해결에 주체적으로 참여하는 평생 학습자로 성장할 수 있다.

둘째, 미래 수학교육은 온·오프라인을 포함한 다양한 교육 환경 속에서 개인의 다양성을 존중하는 교수·학습, 평가가 이루어져야 한다. 우리는 COVID-19로 인해 등교가 중단되고 온라인 수업이 장기화하면서 지역 간, 개인 간 학력 격차 즉, '코로나 디바이드(divide·격차)' 문제와 직면하고 있다. 하지만 인류가 이러한 전 세계적 위기에서 오히려 과학기술의 발달을 앞당기고 있듯이, 교육계 또한 다양한 교실 환경의 위기를 슬기롭게 대처해야 한다. 온·오프라인 수업의 연계와 학령인구의 감소는 학생 개별 맞춤형 수업 및 과정 중심 평가를 가능하게 한다. 즉, 오래 생각할 수 있는 기회를 제공하고 개별적으로 적절한 비계를 설정해주며 문제 풀이 과정을 관찰할 수 있는 평가가 제공되기에 더욱 용이한 환경이다. 미래 수학 교실에서 평가는 학생을 성적으로 줄 세우기 위한 목적이 아니라 학생들에게 개별적으로 피드백을 제공하여 모든 학생이 성취감을 느끼며 성장할 수 있게 하는 디딤돌의 역할을 담당해야 한다.

셋째, 미래 수학교육은 교과 간 연계를 확대한 융합 수업이 활발히 이루어져야 한다. 우리나라 학생들이 국제적인 학업 성취도 평가(TIMSS, PISA)에서 수학에 대한 자신감 및 흥미 영역의 성취가 세계 최하위 수준인 것은 학생이 가진 수학 지식을 적용할 기회의 부족에서 기인한 것이다. 이를 해결하는 방안 중 하나로 융합 수업에 관한 관심이 높아졌지만, 학교 현장에서 실제적인 적용에는 어려움을 겪고 있다. 융합 수업이 학교 현장에서 확대되기 위해서는 융합 수업을 위한 교사 전문성 개발 및 교사 간 협업이 무엇보다 중요하다. 다양한 교수·학습 방법의 개발을 통해 타 교과와의 융합 수업을 제공함으로써 수학 내의 지식 사이의 관계나 구조를 이해하는 것과 아울러 학생들은 수학에 대한 자신감 및 흥미를 키울 수 있으며, 수학 지식과 실생활에서의 다양하고 복잡한 문제를 주도적으로 인식하고 해결하는 역량을 함양하여 평생학습으로 확장하는 것을 가능케 한다.

마지막으로 미래 수학교육은 이론적 학문으로서의 측면뿐만 아니라 실천적 학문으로서의 측면이 함께 강조되는 방향으로 이루어져야 한다. 수학교육은 인류가 직면한 공통의 문제를 해결하고 현재와 미래사회의 지속 가능한 발전을 모색하기 위한 목표를 가지고 이루어질 필요가 있다. 즉, 학생들이 수학 학습을 통해 수학의 본질적 가치를 이해함과 동시에 세계 공동체의 일원으로서 수학을 학습하는 과정과 결과를 바탕으로 당면한 문제를 논리적이고 합리적으로 바라보며 수학적으로 문제를 해결할 수 있도록 도와야 한다. 수학교육은 학생들이 균형 잡힌 생각을 하며 열린 마음을 가지고 끊임없이 도전하고 성찰하고, 원칙을 중시하되 배려하는 사람으로 성장하도록 돕는 역할로서 기능해야 한다.

### 후속 연구 제안

교육표준은 교육을 통해 추구해야 할 목표라는 산의 정상에 오르기 위한 길을 안내한다. 교육과정이 교육목표를 달성하기 위하여 체계적으로 교육내용, 성취기준, 학습활동을 편성하고 조직한 계획서라면, 교육표준은 교육과정의 길을 안내하는 가이드라인인 것이다. 교육과정은 사회의 변화를 반영하기 위해 문서의 역동성을 가짐과 동시에 항상성을 가지고 모든 학생들에게 보편적, 평등적 학습의 기회를 제공해야 하지만 현실은 그렇지 못하다. 현재 우리나라는 6～7년 주기로 교육과정의 개정이 이루어지며, 개정 주기마다 다양한 정치, 경제, 사회적 이슈들이 반영되어 교육과정의 내용이 축소되기도 하며 확대되기도 한다. 이렇게 당대의 사회를 이끄는 이데올로기는 교육과정에 관여하지 않을 수 없으며, 교육과정이 교육이 추구해야 할 비전을 모두 담아내는 것은 어려운 일이다. 교육표준이 교육과정과 다른 점은 법령, 정치, 사회 등에서 발생할 수 있는 제약에서 자유로울 수 있다는 점이다. 이러한 점에서 볼 때 2022 개정 수학과 교육과정이 개발되고 있는 시기와 맞물려 수학교육표준의 개발 및 실행 가능성을 탐색해 보는 이 연구는 주목할 가치를 지닌다.

미국은 교사, 수학 및 수학교육 전문가, 학부모, 교육행정가 등의 다양한 개발진이 참여하여 1989년부터 '학교 수학을 위한 표준', '수학교사 평가 표준', '수학교사 전문성 표준', '학교 수학을 위한 원리와 표준', '수학교육과정 표준(CCSSM)'과 같은 수학교육표준을 마련해왔으나, 우리나라는 그동안 수학교육표준은 제시하지 않고 교육과정만을 주기적으로 개정해왔다. 2015 개정 수학과 교육과정에서는 창의·융합형 인재 양성을 목적으로, 학생들이 수학의 지식을 이해하고 기능을 습득하는 것과 더불어 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천의 6가지 수학 교과 역량을 기르도록 하고 있다. 하지만 여전히 수학과 교육과정의 성취기준은 핵심역량 및 수학 교과 역량의 도입과 같은 변화를 교육과정에 온전히 반영하지 못한 채 이전의 교육과정에서와 마찬가지로 내용 체계의 나열로만 제시되어 있다는 문제점이 지적되고 있다(Kwon, Park et al., 2019, Kwon, Lee et al., 2019, Yoon et al., 2019). 2022 개정 수학과 교육과정에서는 2015 개정 수학과 교육과정이 앓고 있는 몸살을 해결하기 위해 다양한 방식으로 노력하고 있지만, 앞으로도 기존 교육과정으로의 새로운 내용 체계나 평가 방식의 도입에 따른 문제는 여전히 존재할 것이다. 이에 우리나라도 수학교육표준이 성공적으로 개발되어 수학교육과정의 나침반이 되어 기준을 제시하고 궁극적으로는 수학교육의 비전을 제시할 필요가 있다.

이 연구에서는 미래인간상 및 수학 역량 개발을 주요 과업으로 미래사회 전망 및 인간상, 미래사회에서 수학을 통해 갖춰야 할 역량을 제시하였다. 더불어 연구진은 향후 수행될 수 있는 후속 연구의 단계별 연구 방향을 제안한다. 이는 과학과의 과학교육표준 개발 5단계 연구 주요 내용을 수학과에 맞게 수정·보완한 것이다. 2단계 연구는 이 연구에서 개발한 미래인간상 및 수학 역량을 바탕으로 수학 역량의 세 차원의 하위 영역에 대한 초·중등 학생의 학습 단계별 수행기대를 제시하고 그에 따른 예시 모델을 개발하는 것으로 수학교육표준 개발의 핵심 연구이다. 3단계 연구는 2단계에서 개발한 수학교육표준에 대한 평가지표를 개발하여 현장에서 활용할 수 있는 학생용, 교사용, 학교용 지표를 제공하는 것을 목표로 한다. 2, 3단계로 제안한 후속 연구는 과학교육표준 개발의 5단계 연구인 Song 외 (2019)의 연구와 궤를 같이하는 것이다. 4단계로 제안한 후속 연구는 현장 모니터링을 통해 수학교육표준의 구체적인 적용 방안을 모색하는 것이고, 마지막 5단계 후속 연구는 NCTM (1991)의 수학교사 전문성 표준에서 착안한 것으로 수학교육표준에서 제시한 단계별 수행기대에 학생들이 도달하도록 하는 수학 교수법에 대한 전문성 표준을 개발하는 것을 목표로 한다. 4, 5단계로 제안한 후속 연구는 학교 현장에 수학교육표준이 안착하기 위해서 반드시 수행되어야 할 연구이다. Figure 7은 수학교육표준의 개발 및 적용을 위한 후속 연구에 대한 절차를 도식화한 것이다.

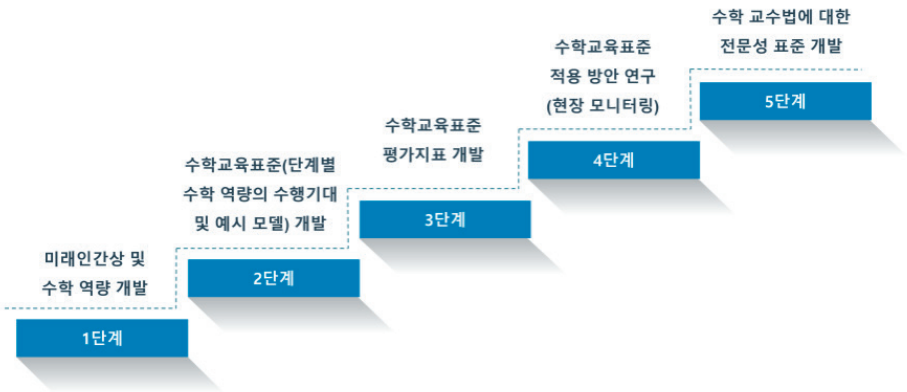


**Figure 7.** Suggestions for further research agenda for development and application of Korean Mathematics Education Standards for the next generation.

연구진은 이번 연구를 통해 각계각층의 수학교육 이해당사자가 우리나라 수학교육의 발전이라는 공동의 목적을 가지고 성공적인 수학교육표준 개발 및 적용에 대한 강한 염원을 지니고 있다는 것을 확인하였다. 이 연구가 모든 한국인이 수학 역량을 갖추도록 하기 위한 수학교육의 방향성을 제시하는 마중물이 되어 이 연구에 대한 다각적인 검토와 생산적인 비판을 동반한 의미 있는 후속 연구들이 이루어지기를 바란다.

## REFERENCES


Ahn, J. B. (2017). Change of Education Paradigm in the 4th Industrial Revolution. *Media and Education, 7*(1), 21-34.

Bradley, D., & Huseman, S. (2003). Validating competency at the bedside. *Journal for Nurses in Staff Development, 19*(4), 165–175.

Cho, S. M., Ku, N. W., Kim, H. J., Lee, S. Y., & Lee, I. W. (2019). *OECD programme for international students assessment : an analysis of PISA 2018 results.* Jincheon: KICE.

Chung, K. H., Kim, J. A., Park, S. J., Son, C. H., Lee, J. D., Kim, J. S., Lim, Y. W., Lee, H. Y. (2016). *High School Innovation Strategies for a Tailored Career Demand Education*. Seoul: KEDI.

Cuoco, A., & McCallum, W. (2018). *Curricular coherence in mathematics*. In Mathematics Matters in Education (pp. 245-256). Springer: Cham.

Gilead, T., & Dishon, G. (2021). Rethinking future uncertainty in the shadow of COVID 19: Education, change, complexity and adaptability, *Educational Philosophy and Theory.*

Hesse, F., Buder, J. Care, E., Griffin, P., & Sassenberg, K. (2012). *Draft: A Framework for teachable collaborative problem solving skills*. ATC21S: Australia, Melbern. http://atc21s.org/wp-content/uploads/2014 /01/white-paper7-Framework-for-Teachable-Collaborative-Problem Solving-Skills_DRAFT.pdf

Hong, E. S. (2015). A critical examination of the visions of an educated person in the national curriculum, *The Journal of Curriculum Studies, 33*(4), 227-250.

Jeon, S. J., Ko, H. Y., Lee, Y. S., Kwak, Y. S., Choi, S. Y., & Park, M. A. (2017). *Development for "Science for All Koreans".* Seoul: KOFAC.

Kim, D. H., Han, K. H., & Jang, D. H. (2016). *Research on the talent of 2030 future society and milestone of core science competencies.* Seoul: KOFAC.

Kim, H. B., Kang, N. H., Kim, M. H., Maeng, S. H., Park, J. S., Baek, Y. S., Son, J. W., Shim, G. C., Oh, P. S., Lee, K. Y., Lee, B. W., Jeong, E. Y., Han, I. S., Ha, H. S., & Han, H. J. (2017). *Final report of basic research project for the development of Korean Science Education Standards (KSES) for the next generation*. Seoul: KOFAC.

Kim, Y. M., Kang, N. H., Kim, H. B., Baek, S. H., Shim, J. H., Lee, Y. J., Jeong, Y. J., Han, I. S., & Choi, E. S. (2015). *A Study of Master Plan for Development of Korean Next Generation Science education Standards*. Seoul: KOFAC.

Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity. (2019). *Scientific literacy for all Koreans - Korean Science Education Standards for the next generation.* Seoul: Author.

Korea Institute for Curriculum and Evaluation. (2016). *Educational Development Strategy for the Intelligent Information Society: Focusing on Curriculum and Evaluation Improvement. Issue Paper*. Seoul: Author.

Kwon, O. N., Lee, K. W., Lee, A. R., Han, C. R. (2019). A comparative study on the external & internal structure of mathematics curriculum between Korea and Japan : Focusing on the aspects of recent revisions. *The Mathematical Education, 58*(2), 187-223.

Kwon, O. N., Park, S. M., Lee, K. W. (2019). The Mechanisms of Coherence between General and Subject Curriculum Documents: Focusing on Mathematics Curriculum Development Procedures in Australia and Japan. *The Journal of Curriculum Studies, 37*(3), 171-197.

Kurzweil, R. (2005). *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. New York: Viking.

Manley, K., & Garbett, B. (2000). Paying Peter and Paul: Reconciling concepts of expertise with competency for a clinical career structure. *Journal of Clinical Nursing, 9*, 347–359.

Milner-Bolotin, M. (2001). *The effects of topic choice in project-based instruction on undergraduate physical science students' interest, ownership, and motivation*. The University of Texas at Austin.

Ministry of Science and ICT. (2020). *Innovative Korea 2045*. Sejong: Science & Technology policy Institute.

Ministry of Science and ICT. (2021). *Eliciting the essential competencies and the vision of the future human being for the development of Korean Mathematics Education Standards for the next generation*. Sejong: Science & Technology policy Institute.

Ministry of Education. (2016). *The direction and strategy of mid- to long-term education policy in response to the intelligent information society.* Sejong: Author.

Ministry of Education. (2020a). *Mathematics curriculum. Proclamation of the Ministry of Education #2020-236[Annex 8]*. Sejong: Author.

Ministry of Education. (2020b). *National guidelines for the elementary and secondary curriculum. Proclamation of the Ministry of Education #2020-236[Annex 1]*. Sejong: Author.

Ministry of Education. (2020c). *Manual for 2015 revised national guidelines – High school #2020-225*. Sejong: Author.

Ministry of Education. (2021). A better future, education for all - The main points for the 2022 revision national guidelines for the curriculum (Proposal). https://www.moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=294&boardSeq=89671&lev=0&searchType=S&statusYN=W&page=1&s=moe&m=020402&opType=N

National Research Council. (2013). The Mathematical Sciences in 2025. The National Academic Press.

NCTM. (1989). *The Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.

NCTM. (1991). *Professional Standards for Teaching Mathematics*. Reston, VA: NCTM.

NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.

Niss, M., & Højgaard, T. (2019). Mathematical competencies revisited. *Educational Studies in Mathematics, 102*(1), 9-28.

Niss M., & Jablonka E. (2020). Mathematical Literacy. In: Lerman S. (eds) *Encyclopedia of Mathematics Education*. Springer, Cham.

OECD. (1999). *Measuring student knowledge and skills: a new framework for assessment*. PISA, OECD Publishing, Paris.

OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030. Position Paper*. PISA, OECD Publishing, Paris.

Papert, S. (1980). *"Mindstorms" Children. Computers and powerful ideas*. New York: Basic Books, Inc.

Park, K. M., Lee, H. C., Park, S. H., Jang, H. W., Lee, M. K., Kwon, O. N., Shin, D. K., Kang, E. J., Kim, S. H., Rim, H. M., Kim, S. Y., Kang, T. S., Kwon, J. R., Kim, M. J., Bang, J. S., Lee, H. Y., Lim, M. I., Lee, M. G., Kim, H. K., … , Kang, S. K. (2015). *A study on the development of proposal for mathematics and curriculum according to the 2015 revision curriculum Ⅱ*. Seoul: KOFAC.

Park, Y. S., & Glenn, J. (2015). *State of the future 2045*. Paju: Kyobobook.

Polya, G. (1945). *How to solve it: a new aspect of mathematical method*. Princeton University Press.

Sang, K. A., Kim, K. H., Park, S. W., Jeon, S. K., Park, M. M., & Lee, J. W. (2020). *Trends in international mathematics and science study: TIMSS 2019 results analysis*. Jincheon: KICE.

Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical problem solving*. New York: Academic Press.

Shin, Y. S., Hwang, H. J., Kim, D. W., Lee, D. H., Song, M. H., Shin, H. G., Jang, H. W., Kim, S. M., Ko, H. K., Kim, S. H., Lee, H. C., Jang, S. J., Park, H. S., Lee, J. H., Kim, Y. R., Do, J. H., Kim, H. K., Jeon, C., Choi, H. W., … , Song, H. J. (2011). *A study on mathematics curriculum according to the 2009 revision of the national mathematics curriculum*. Seoul: KOFAC.

Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review, 22*, 142-158.

Song, J. W., Kang, S. J., Kwak, Y. S., Kim, D. K., Kim, S. H., Na, J. Y., Do, J. H., Min, B. G., Park, S. C., Bae, S. M., Son, Y. A., Son, J. W., Oh, P. S., Lee, J. K., Lim, H., Jeong, D. H., Jeong, Y. J., Jeong, J. H., Kim, J. H., & Kim, E. Y. (2018). *Developing Korean Science Education Standards (KSES) for the next generation*. Seoul: KOFAC.

Song, J. W., Kang, S. J., Kwak, Y. S., Kim, D. K., Na, J. Y., Do, J. H., Park, S. C., Son, Y. A., Son, J. W., Oh, P. S., Lee, J. K., Lee, H. J., Lim, H., Jeong, D. H., Jeong, Y. J., & Kim, J. H. (2019). *Developing performance expectations, school implementation strategies, evaluation indicators of the Korean Science Education Standards (KSES) for the next generation*. Seoul: KOFAC.

Sriraman, B. (2005). Are giftedness and creativity synonyms in mathematics? *Journal of Secondary Gifted Education, 17*(1), 20-36.

Stinson, D. W., Wager, A., & Leonard, J. (2012). *Teaching mathematics for social justice: Conversations with educators*. Reston, VA: NCTM.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM, 49*(3), 33-35.

Woodruffe, C. (1993). What is meant by a competency? *Leadership & Organization Development Journal, 14*, 29–36.

World Economic Forum. (2016) *Global Agenda: Mastering the Fourth Industrial Revolution*. *World Economic Forum Annual Meeting 2016*. Geneva: Author.

Yoon, S, J., Lee, A. R., Kwon, O. N. (2019). Analysis on the relationship between core competencies and mathematical competencies and the tasks for mathematical competencies : A case of high school 'Mathematics' textbooks according to 2015 revised mathematics curriculum. *The Mathematical Education, 58*(1), 55-77.