

# 국제 STEM 교육 연구에서의 이슈: 메타 종합적 접근

권혁수 · 박병열<sup>1\*</sup>

공주대학교 · <sup>1</sup>코네티컷대학교

## Issues in Research of Global STEM Education: A Meta Synthesis Approach

Hyuksoo Kwon · Byung-Yeol Park<sup>1\*</sup>

Kongju National University · <sup>1</sup>University of Connecticut

**Abstract** : The purpose of this study is to identify the main issues of international STEM education by synthesizing the findings in the field of global STEM education. The data in this study are the results of meta-analysis or systematic literature studies that reflect key issues of STEM education through the review of selection criteria and groups of experts. The following issues of STEM education were selected by conducting a qualitative meta-analysis of a total of 23 studies. First, STEM education is a global educational trend and has been studied in many countries such as the United States, Canada, Australia, Republic of Korea, and Turkey. Second, STEM education contributes positively to the improvement of students' cognitive, affective, psychomotor, and career domains. Third, STEM education has been studied with the use of various instructional tools and technologies. Furthermore, the growth of teachers' expertise in STEM education is one of the main factors for the implementation of successful STEM education. In addition, issues such as diversity, equity, and valid and reliable research design were discussed for the successful practice of STEM education. This study provides implications for the direction of convergence education and practical strategies in South Korea and gives suggestions for future research.

**keywords** : STEM education, meta-analysis, integrative, meta-synthesis, international

### I. 서론

과학기술을 포함한 다양한 영역에서의 급속한 발전과 경제 및 산업 공동체의 세계화는 다가올 미래사회가 현재와는 크게 다를 것임을 암시하고 있으며, 학교 교육은 미래사회가 요구하는 인재를 양성하기 위해 적극적으로 노력할 필요가 있다. 최근 141개 국가를 대상으로 실시한 세계경제포럼의 세계경쟁력 보고서에 따르면, 우리나라는 특히 교육과 기술 분야에서의 점수가 OECD 평균보다도 낮게 나타나 교육 분야에서의 혁신이 더욱더 요구되는 상황이다(World Economic Forum, 2019). 또한, 이 보고서는 미래사회를 이끌어갈 핵심 기술 및 능력으로 창의성, 비판적 사고, 복잡한 문제를 해결하는 능력, 협동 능력 등을 강조하고 있다. 학교교육은 학생들로 하여금 이러한 미래사회가

요구하는 핵심능력을 기를 수 있도록 돕고 미래사회에서 충분히 역량을 발휘할 수 있도록 준비시켜야 한다. 이러한 노력의 일환으로 미국, 캐나다 등의 여러 선진국은 STEM 교육을 도입하여 학교교육에 적극 반영하고 있으며, 국가 차원에서 적극적이고 다양한 정책을 진행하고 있다.

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 교육은 종종 '예술(Art)'를 포함한 STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) 교육으로도 불리우며, 과학, 기술, 공학, 수학 등의 여러 교과와 융합을 바탕으로 한 교육을 의미한다. 이러한 교과와 융합은 학생들로 하여금 각 교과에 대한 지식뿐만 아니라 협력을 바탕으로 깊이 있는 탐구를 할 수 있도록 돕고, 비판적이고 창의적인 사고를 통해 실생활 문제를 해결하는 능력을

\* 교신저자: 박병열 (byung-yeol.park@UCONN.edu)

\*\* 이 연구는 공주대학교 연구년 사업 (2018년 하반기 선발: 2019-2020년)에 의하여 연구되었음.

\*\*\* 2021년 2월 23일 접수, 2021년 3월 15일 수정원고 접수, 2021년 3월 15일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2021.45.1.11>

길러준다(Breiner *et al.*, 2012; Bybee, 2010; Sanders, 2009). 따라서 현재와 미래의 문제를 해결하는 열쇠로써 21 세기에 요구되는 인재를 양성하는 방안으로 STEM 교육이 세계적인 흐름으로 강조되고 있다(Brophy *et al.*, 2008).

미국의 경우, 경쟁력 강화 재승인 법안(America Competes Reauthorization Act of 2010)이 통과되고 STEM 교육 위원회가 설립되면서, STEM 교육을 미래 국가경쟁력 확보를 위한 교육 전반의 혁신을 위한 전략으로 다루고 있다(Breiner *et al.*, 2012). 2013년 STEM 교육전략 수립을 시작으로 현재는 2018년에 개선된 STEM 교육전략 계획(Chartering a Course for Success: America's Strategy for STEM Education)을 공표하였고 이를 바탕으로 STEM 융합교육 활성화 정책이 진행되고 있다(Committee on STEM Education, 2018).

캐나다의 경우, 모든 국민에게 양질의 교육을 공평하게 제공하고 평생 학습기회를 보장하는 것을 목표로 2017년 STEM 교육정책 비전인 'Canada 2067'을 제시하였다(Canada 2067, 2017). 이러한 교육 정책은 배움을 통해 미래 경제사회에서 지역사회에 공헌하며 삶을 영위할 수 있도록 다음 세대를 준비시키기 위한 노력으로서 탐구활동에 기반한 융합교육을 중심으로 하고 있으며, 다양한 형태의 진로 교육 및 지역사회 전문가들의 참여를 포함하고 있다(Parkin, 2018).

영국에서도 마찬가지로 STEM 영역에서의 직업환경 변화경향 및 인재요구 상황을 바탕으로 STEM 교육의 중요성에 대해 강조하여 왔다(Finegold, Stagg, & Hutchinson, 2011; Straw & MacLeod, 2013). 고용 기술위원회에 따르면 학문의 경계가 점차 모호해지고 있으며 학문과 더불어 기술의 융합이 점차 증가하고 있다고 분석하고 있다(UKCES, 2015). 나아가 미래의 고용시장에서 핵심적으로 요구되는 STEM 기술들 중의 하나로 기술의 융합 및 학문의 융합을 제시하고 있으며, 이러한 능력이 새로운 응용분야를 개척하고 시장을 형성할 수 있음을 강조하며 STEM 융합교육 정책의 혁신을 추구하고 있다(APPG, 2020; UKCES, 2015).

그밖에 호주, 핀란드 등의 선진국들에서도 미래사회의 인재양성을 위해 STEM 융합교육을 위한 교육정책을 수립하거나(Education Council, 2015; Prinsley & Johnston, 2015; Siekmann & Korbel, 2016), 교과 간의 융합을 중심으로 한 교육과정을 개발하여 학교 교육에서의 효과적인 적용을 위해 많은 노력을 기울이고 있다(Cook, 2019; FNBE, 2016; Halinen, 2018).

이러한 선진국들의 STEM 융합교육으로의 전향은 미래사회에 필요한 인재를 적극적으로 양성하여 다가올 미래의 국가경쟁력을 확보하기 위한 노력이 반영

된 것으로서, 우리나라 교육에서도 융합교육으로의 전환이라는 시대적 흐름에 발맞추어 교육정책의 혁신적 변화와 실질적 적용방법을 모색할 필요가 있을 것이다. 실제로 이들 선진국에서는 STEM 교육 정책을 구성하기 위해 정책 전문가, 교육 전문가, 연구원, 학교 현장 전문가 등의 다양한 영역의 전문가 그룹이 협력하여 정책을 구성하고 있으며, 정부 및 지자체, 그리고 지역사회 등 광범위한 참여를 통해 효과적인 적용 전략을 도모하고 있다(APPG, 2020; Committee on STEM Education, 2018; Parkin, 2018). 또한 많은 연구자들은 학교 현장에서의 STEM 교육 정책적용 효과, 제한점 및 관련 이슈에 대해 사례연구에서부터 메타분석까지 다양한 연구를 통해 정책 및 적용전략의 개선 방향을 안내하고 있다(Batdi, Talan, & Semerici, 2019; Belland *et al.*, 2015; Holmes, Gore, & Smith, 2018; Kanadi, 2019).

특히, 교육과 관련된 연구에서 메타분석을 활용한 연구는 기존에 진행되고 있는 교육정책의 효과를 분석하고 새로운 이슈를 발견하여 문제점을 개선하기 위해 매우 중요하다. 실제로 여러 나라의 연구자들은 메타분석을 활용하여 STEM 융합교육 정책을 효과적으로 적용하기 위한 전략을 견고히 하고 있다. 이러한 메타분석 연구들은 국가의 STEM 교육정책 실현의 실태를 파악하는데 중요한 단서를 제공하며 그 나라의 교육 정책 개선을 위한 청사진을 제시한다. 따라서 우리나라의 STEM 융합교육 정책을 수립하는 데 있어서 이러한 메타분석 연구결과들에 대한 종합적인 분석은 합리적인 정책수립과 효과적인 현장적용에 있어 매우 중요하다.

이러한 배경에 기반하여 이 연구의 목적은 전 세계에서 STEM 교육을 주제로 한 메타분석 연구들을 대상으로 질적인 메타분석 방법을 활용하여 STEM 교육 연구에서의 이슈가 무엇인지 파악하고 분석하는 데 있다. 이 연구의 결과는 국제적 선행 사례들을 통해 STEM 교육 정책의 수립, 적용, 평가의 측면에서 우리나라 융합 교육 정책을 위한 시사점을 제시할 수 있다는 것에 매우 중요한 의의가 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 방법

이 연구는 메타분석(qualitative meta-analysis) 방법을 사용하여 수행되었다. 메타분석(meta-analysis)은 기존에 수행된 다수의 개별 연구결과를 대상으로 양적(quantitative) 혹은 질적(qualitative)분석을 통해 관련된 다양한 요인을 찾아내고 그 내용을 통합하는

형태로 수행된다(Creswell, 2012).

양적 메타분석 방법은 연구 결과들이 하나의 방향으로 수렴되지 않을 경우 객관적이고 일관된 방법을 사용하여 종합할 때 활용된다. 특히, 연구주제에 대한 개별 연구들은 종합하여 특정 요인의 긍정적 또는 부정적 효과가 있는지 그리고 그 효과가 어느 정도인지를 효과크기(effect size)를 통해 통계적으로 분석하여 제시한다(Cohen, 1988; Hunter & Schmidt, 1990). 양적 메타분석 방법에서 효과크기는 Cohen (1988)이 제안에 따라 작은 효과(0.2), 중간 효과(0.5), 그리고 큰 효과(0.8)로 나누어 해석할 수 있다. 질적 메타분석 방법은 연구대상인 기존의 연구들을 질적으로 분석하고 종합하는 방법으로서, 연구 대상인 다른 연구의 관점에서 개별 연구를 해석하는 ‘상호 해석(reciprocal translation)’, 연구들 사이의 상호 평가 혹은 해석을 포함하는 경우 사용되는 ‘평판 종합(reputational synthesis)’, 특정 영역에서 포괄적이고 잠재적인 기여도가 예상되는 특정 연구들을 선택적으로 분석하는 ‘논의의 맥락 종합(line of argument synthesis)’, 그리고 기존 연구의 연구과정 또는 결과에 초점을 두고

분석하는 등의 방법들이 활용되고 있다(Timulak, 2014).

이 연구에서는 STEM 교육을 주제로 수행된 기존의 메타분석 연구들을 대상으로 질적 메타분석 방법인 ‘논의의 맥락 종합(line of argument synthesis)’을 활용하여 STEM 교육 연구의 국제적 이슈를 종합하였다.

## 2. 연구의 절차

질적 메타분석 방법의 절차는 크게 1) 연구주제 선정, 2) 문헌수집, 3) 문헌리뷰, 4) 분석대상 선별, 5) 분석대상 질적 비교 및 분석, 6) 종합적 결과도출의 단계를 거친다(Timulak, 2014). 특히, 분석대상을 선별하는 과정에서 공통된 주제를 중심으로 대상을 그룹화하여 항목별로 세분할 수 있으며, 각 단계를 수행하는 과정에서 해당 주제에 대한 연구자의 전문적이고 종합적인 식견이 중요하게 작용한다(Izzah & Wiyanto, 2018; Kanadli, 2019). 이 연구에서 수행된 질적 메타분석의 절차를 구체적으로 도식화 하면 아래의 Figure 1과 같다.

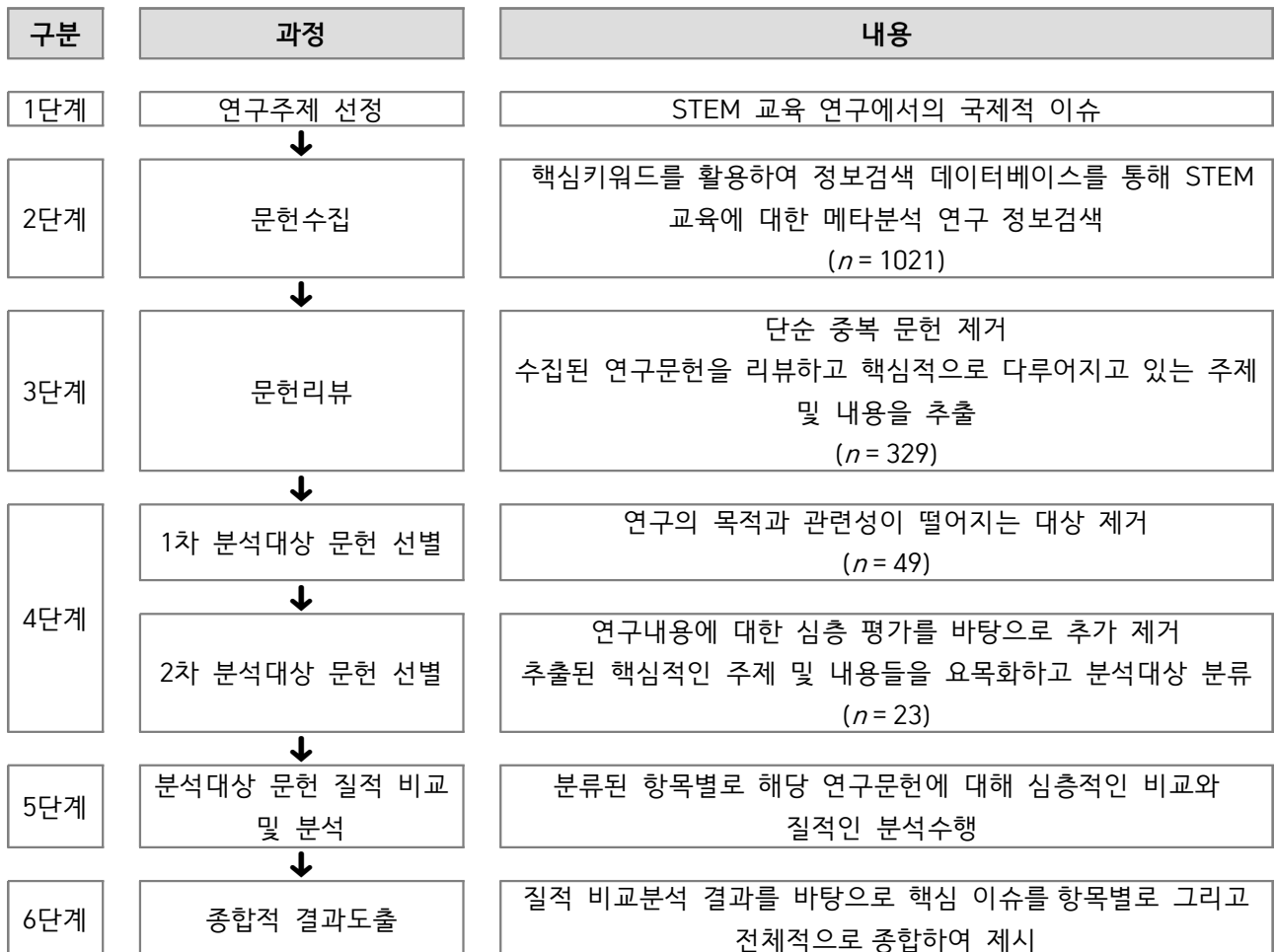


Figure 1. Research Procedure

1단계에서는 최근 STEM 교육 연구에서의 국제적 이슈를 파악하는 것을 연구 주제로 선정하였다. 2단계에서 수집된 문헌은 3단계에서 교육학 박사 2인의 심층적인 검토를 통해 핵심 주제 및 내용을 추출하는데 활용되었다. 4단계에서는 각 문헌에서 추출된 주제와 내용을 바탕으로 연구의 목적에 비추어 잠재적 기여도가 떨어지거나 관련성이 없는 문헌을 1차로 제거하고, 핵심 주제와 내용을 요약화하고 이를 기준으로 분석틀로 선정된 이슈들과의 합치도에 대한 논의를 통해 2차로 문헌을 분류하였다. 5단계를 통해 각 연구 문헌에 대한 심층적인 비교와 질적인 분석을 수행하였으며, 이 결과를 바탕으로 6단계에서 종합적인 연구 결과를 도출하였다.

### 3. 자료 수집 및 분석

#### 1) 자료 수집

자료의 수집은 Google 학술검색(google scholar) 및 국외 학술검색 데이터베이스 ERIC (Educational Resources Information Center: EBSCO), Springer, Web of Science를 통해 수집하였으며, 'STEM', 'STEAM', 'Integrative', 'Education', 'Instruction', 'Classroom', 'Meta Analysis', 'Synthesis'를 조합한 키워드를 검색에 활용하였다. 비교적 최근의 이슈를 집중적으로 조사하기 위해 검색대상 문헌의 발간 또는 작성 년도를 2010년부터 2020년까지로 설정하였다. 처음 수집된 문헌은 총 1021편이었으며, 단순 중복 문헌 692편을 제외한 329편의 문헌을 선별과정에 활용하였다.

1차 선별을 통해 관련성이 떨어지는 문헌 234편과 연구대상 조건을 만족하지 않는 문헌을 46편을 제외하였다. 이후 2차 선별 과정에서 STEM 교육에 관한 연구 경험이 있는 교과교육학 박사 2인의 전문가 심층평가를 통해 STEM 교육과 관련된 학문적 경향과 이슈에 관하여 의미 있는 연구라는 합의를 거친 문헌을 선별하였다. 최종적으로 선정된 문헌은 총 23편으로 그 목록은 아래에 제시된 Table 1과 같다.

#### 2) 자료 분석

자료 분석을 위해 수집된 문헌에 대해 교과교육학 박사 2인이 검토를 통해 해당 연구의 타당성과 신뢰성을 검증하였고, STEM 교육의 효과 측면에서 가장 높은 빈도로 논의되고 핵심적으로 다루어지고 있는 이슈를 분석하였다. 그 결과, 'STEM 교육의 국제 동향', 'STEM 교육의 효과: 인지적, 정의적, 심동적, 그

리고 진로 영역의 향상', '교수변인에 따른 STEM 교육의 효과: 교수법, 교사의 전문성'으로 STEM 교육의 이슈가 선정되었다. STEM 교육의 전반적인 동향의 분석과 더불어, 일반적인 메타분석 연구는 전체 효과 크기와 교수변인에 따른 효과크기를 구분하여 제시하고 있어 이를 구체적으로 분별하기 위해 이와 같이 분석틀을 선정하였다. 항목별로 분류된 문헌들은 심층적인 비교분석을 통해 질적으로 내용을 분석하는데 활용되었으며, 양적 메타분석의 경우에는 세부적인 요인의 효과크기를 확인하여 그 효과의 정도를 분석에 반영하였다.

## Ⅲ. 연구 결과

### 1. 국제 STEM 교육의 경향

이 연구에서 분석된 문헌들은 STEM 교육 연구에 있어서 국제적인 이슈를 파악하는데 매우 중요하며, STEM 교육의 적용과 그 효과, 그리고 문제점을 개선하기 위한 시사점을 제공할 수 있는 의미있는 연구들을 포함한다. 여러 선진국들의 STEM 교육 정책은 광범위한 형태의 이론적·실제적 조사와 연구를 바탕으로 하고 있으며, 그 효과에 대해 분석하고 문제점을 극복하여 STEM 교육 체계를 개선하기 위해 많은 연구자들이 노력하고 있다. 첫째, STEM 교육의 효과성에 대하여 인지적, 정의적, 심동적 영역에서 다양한 연구가 이루어지고 있다. 예를 들면, STEM 교육이 학생들의 성취도에 미치는 효과에 대한 연구(Batdi, Talan, & Semerici, 2019; D'Angelo, Rutstein, & Harris, 2016; Sarac, 2018), 학업 태도 혹은 흥미에 미치는 효과에 대한 연구(Lawner *et al.*, 2019; Sarica, 2020; Siregar *et al.*, 2020; Yildirim, 2016), 학생의 문제해결 능력, 창의력 및 소통을 통한 협력 능력(Murphy *et al.*, 2019; Sarica, 2020; Zeng *et al.*, 2018) 등에 대한 연구들이 활발하게 진행되고 있었다. 둘째, STEM 교육에 있어서 디지털 기술, 증강현실 등의 특정 기술을 활용한 수업의 효과에 대한 연구들이 진행되고 있었다(Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Pellas *et al.*, 2017; Zainuddin & Iksan, 2019), 셋째, STEM 교육이 학생들의 진로에 미치는 영향에 대한 연구들 또한 활발하게 이루어지고 있었다(Kanadli, 2019; Sarica, 2020; van den Hurk, Meelissen, & van Langen, 2019; Holmes, Gore, & Smith, 2018). 넷째, 이러한 연구들 중에는 여성이나 소외계층을 대상으로 한 연구들이 있었으며(Murphy *et al.*, 2019; Young,

Table 1. Final List of STEM Education Literature for Qualitative Meta-Analysis

Author(s)	Publication Year	Method	Key Subject(s)/Main Topic(s)
Batdi, Talan, & Semerici	2019	Mixed	Students
Becker & Park	2011	Quantitative	Students
Belland <i>et al.</i>	2015	Quantitative	Students, Teachers
D'Angelo, Rutstein, & Harris	2016	Quantitative	Students, Teachers
Ejiwale	2013	Qualitative	Teachers
Holmes, Core, & Smith	2018	Quantitative	Students, Issues
Ibáñez & Delgado-Kloos	2018	Qualitative	Teachers
Izzah & Wiyanto	2018	Qualitative	Students
Kanadli	2019	Qualitative	Students, Teachers, Issues
Kang	2019	Qualitative	Students, Teachers
Kim <i>et al.</i>	2020	Quantitative	Students, Teachers
Lawner <i>et al.</i>	2019	Quantitative	Issues
Lynch <i>et al.</i>	2019	Quantitative	Teachers
Murphy <i>et al.</i>	2019	Qualitative	Students, Teachers, Issues
Pellas <i>et al.</i>	2016	Mixed	Teachers
Sarac	2018	Quantitative	Students
Sarica	2020	Qualitative	Students, Teachers
Siregar <i>et al.</i>	2020	Quantitative	Students
van den Hurk, Meelissen, & van Langen	2019	Qualitative	Students, Issues
Yildirim	2016	Mixed	Students, Teachers, Issues
Young, Ortiz, & Young	2017	Quantitative	Students, Issues
Zainuddin & Iksan	2019	Qualitative	Teachers
Zeng <i>et al.</i>	2018	Quantitative	Students, Issues

Ortiz, & Young, 2017; Zeng *et al.*, 2018), 특히 여성이나 소외계층을 위한 STEM 교육기회의 차등적 적용을 주장하기도 하였다. 이러한 연구들은 STEM 교육의 실효성을 검증하는데 매우 중요한 단서를 제공할 뿐만 아니라 STEM 교육을 적용하는데 있어 효과적인 전략을 구성하는데 활용될 수 있다. 마지막으로, STEM 교육의 현장적용에 있어서 전반적인 경향으로 나타나는 STEM 교육자의 자격 및 전문성 문제, 지원시스템의 부족, 연구 협력의 부족, 수업자료 부족, 평가 방법의 다양성 문제 등의 한계점은 STEM 교육이 앞으로 해결해야할 주요한 과제가 될 것이다 (Ejiwale, 2013). 이와 같이, 본 연구를 통해 분석에 활용된 연구문헌들은 STEM 교육의 국제적인 흐름을 반영하고 있으며, 다음의 각 항목에서 제시될 분석결과는 이러한 흐름을 통합적으로 제시하고 있다.

## 2. STEM 교육의 효과

STEM 교육의 연구는 학생의 관점에서 그 효과를 종합하려는 연구가 다각도로 이루어졌다. STEM 교육의 연구를 종합한 연구들은 STEM 교육이 학생들의 인지적 영역(Batdi, Talan, & Semerici, 2019; Becker & Park, 2011; Kanadli, 2019; Murphy *et al.*, 2019; Sarac, 2018; Sarica, 2020; Siregar *et al.*, 2020; Yildirim, 2016), 정의적 영역(Batdi, Talan, & Semerici, 2019; Izza & Wiyanto, 2018; Kanadli, 2019; Kang, 2019; Murphy *et al.*, 2019; Sarac, 2019; Sarica, 2020; van den Hurk, Meelissen, & van Langen, 2019; Young, Ortiz, & Young, 2017), 심동적 영역(Kanadli, 2019; Sarac, 2020; Yildirim, 2016; Zeng *et al.*, 2018)의 향상을 가져오며 학생들의 진로 흥미 및 성숙(Holmes, Gore, & Smith, 2018; Murphy *et al.*, 2019; Sarica, 2020)에 영향을 준다고 그 결론을 맺었다.

## 1) 학생의 인지적 영역 향상

STEM 교육을 통한 학생의 인지적 변화에 관한 다양한 연구가 누적되어왔고 이를 종합하는 메타분석이 이루어졌다. Becker & Park (2011)은 STEM 교육의 중요한 특징인 통합적 접근의 교수학습 방법에 초점을 두어 STEM 교과 간의 통합적인 접근이 학생의 학업성취도에 미치는 영향을 메타분석하였다. 이 연구는 STEM 교육이 학생의 학업성취도에 미치는 영향을 28개의 연구에서 33개의 효과크기로 계산한 연구로 STEM 과목간의 통합적 접근의 수업이 학생들의 STEM 과목의 학업성취도에 긍정적인 영향을 준다고 결론을 지었다. 또한, 다음의 연구에서 이러한 STEM 교육이 학생의 학업성취도에 미치는 영향을 효과크기로 설명하고 있다. 또한, 이러한 효과크기는 Cohen (1988)이 제시한 효과크기의 해석에 따라 그 효과크기를 해석할 수 있다. 첫째, Sarac (2018)은 23개의 국제 학술지 연구 결과를 종합하여 그 효과크기를 0.442로 계산하였다. 이는 중간정도의 효과크기이며 이에 근거하여 STEM 교육이 학생들의 학업성취도에 긍정적인 영향을 주었다고 결론을 내릴 수 있다. 둘째, Batdi, Talan, & Semerici (2019)는 26개의 연구 결과를 대상으로 국제 학술지의 연구 결과를 종합한 결과 그 효과크기를 0.655로 계산하였다. 이 연구 역시 중간 정도의 효과크기이며 STEM 교육이 학생들의 학업성취도에 있어서 긍정적 향상을 가져온다는 결론을 내릴 수 있다. 그 밖에 STEM 교육이 학생들의 학업성취도에 미치는 다양한 연구에서 효과크기를 살펴보면, Belland *et al.* (2015)의 연구에서는 0.53 그리고 D'Angelo, Rutstein, & Harris의 연구에서는 0.62로 나왔으며 모두 Cohen (1988)의 기준에서 중간 정도의 효과크기를 나타낸다.

한편, 질적인 메타 분석에서도 STEM 교육이 학생들의 인지적 향상에 도움을 준다는 연구결과가 있다. Sarica (2020)는 터키에서 STEM 교육과 관련된 대학원 논문을 분석한 결과 STEM 교육이 학생들의 학업성취도 학생이 긍정적인 효과를 준다고 강조하고 있다. 구체적으로 STEM 교육은 학생들의 과학적 지식 향상에 긍정적인 영향을 주고 있다(Kandli, 2019). 특히, STEM 교육이 학생들의 인지적 향상을 가져오는 주된 원인을 STEM 수업의 학생 참여 수업에 두고 있다. Batdi, Talan, & Semerici (2019)는 관련 논문을 질적으로 종합한 결과 STEM 수업이 다른 수업 방법에 비해 학생들의 적극적인 참여를 유도하고 학생들에게 의미 있는 학습을 제공하고 있어서 학생들이 인지적 향상에 기여하고 있다고 강조하였다.

학교급별 STEM 교육의 영향을 분석한 결과 초등학교에서의 인지적 향상이 다른 학교급에 비해 높은 것으로 나타났다(Batdi, Talan, & Semerici, 2019; Becker & Park, 2011). 예를 들어, Batdi, Talan, & Semerici (2019)의 연구에서 초등학교에서의 효과크기는 1.222로 매우 높은 효과를 의미하며, 중학교(0.406)와 고등학교(0.307)에 비해 월등히 높은 것으로 나타났다.

## 2) 학생의 정의적 영역 향상

STEM 교육을 통한 학생의 정의적 영역 향상에 대한 연구가 다양하게 이루어졌고 이를 종합하는 메타 분석이 이루어졌다. Sarac (2018)의 연구에 의하면 STEM 교육은 학생들의 STEM에 대한 태도에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 23개의 논문에서 만들어진 효과크기는 0.62로 학업성취도에 미치는 영향이 0.442보다 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과와 같은 맥락에서 STEM 교육은 STEM 과목에 대한 흥미와 동기를 향상시키며 그 결과들은 통계적으로도 유의미한 효과를 보이는 것으로 나타났다(Yildirim, 2019; Young, Ortiz, & Young, 2017).

또한, 다양한 질적인 메타 분석 연구와 체계적 문헌 연구에서 학생의 정의적 영역에 대한 효과를 종합하여 서술하고 있다. 특히, STEM 교육은 STEM 영역에 대한 중학생의 태도에 긍정적인 영향을 주었고(Izzah & Wiyanto), 과학 수업에서 학생들의 태도 향상을 가져왔다(Sarica, 2020). STEM 교육은 공학에 대한 관심과 태도 향상에도 긍정적인 영향을 줘서 학생의 학습동기 향상으로 인한 성공적으로 수업을 가능하게 한다(Batdi, Talan, & Semerici, 2019). STEM 수업을 통해 학생들은 더 즐겁게 활동하고 계속 수업에 참여하고 싶은 동기를 향상시킬 수 있게 된다.

STEM 교육을 통한 정의적 영역의 향상에 대한 연구는 국제적으로 여러 국가를 통해서 검증되어 언급되고 있다. Kanadli (2019)는 터키의 22개 연구를 토대로 학생들의 정의적 영역의 변화를 종합한 결과 STEM 수업은 학생들의 학습 열망과 학습 동기, 특히 주의 집중과 흥미를 향상시키는 좋은 방법임을 강조하고 있다. 또한, Kang (2019)의 연구에 의하면 한국의 통합적인 STEAM 교육의 영향은 학생의 인지적 그리고 정의 영역의 학습에 모두 효과가 있지만 특히 정의적 영역에 더 큰 효과가 있다고 서술하였다. 마지막으로 Murphy *et al.* (2019)는 호주의 STEM 관련 문서를 분석한 결과 STEM 교육은 호기심 그리고 자신감을 향상시키는 방향으로 교육 전략이 구성되어야

함을 강조하고 있다.

학생의 정의적 영역의 변화는 STEM 교육의 실천과 관련하여 학교급, 인종, 성별과 같은 요인이 중요한 이슈로 논의되고 있다(Lawner *et al.*, 2019; Murphy *et al.*, 2019). Young, Ortiz, & Young (2017)의 연구에 의하면, 보다 어린 학생들에게 STEM 흥미 향상을 더 연구할 필요가 있으며 이런 흥미가 성장과 함께 얼마나 지속되는 연구할 필요도 있다는 제언을 하고 있다. 이는 보다 이른 학교급에서 STEM 수업을 하는 것이 STEM 교육의 장기적 정착을 위해선 강한 기초가 될 수 있다. 또한, 중학교에서 보통 학습자들이 향후 STEM 분야 학습의 준비와 관련된 변화가 있는 시기로 특히 여학생들은 이 시기에 STEM 분야에 대한 성취도, 자신감, 흥미가 사라질 수 있는 시기이기도 하다(Young, Ortiz, & Young, 2017). 따라서 학교급, 성별 등을 충분히 고려하여 STEM 교육의 결정적 시기를 잘 고려하는 것이 필요하다(van den Hurk, Meelissen, & van Langen, 2019; Zeng *et al.*, 2018).

### 3) 학생의 심동적 영역 향상

STEM 교육을 통한 학생들의 능력 향상은 다양하게 연구되었고, 이를 종합하는 메타분석이 이루어졌다. STEM 교육은 학생들의 문제해결력과 창의력 증진(Sarica, 2020; Yildirim, 2016; Zeng *et al.*, 2018), 학생들의 과학적 과정 능력 향상(Kanadli, 2019; Sarac, 2018), 공학과 설계 능력 및 아이디어 창출 능력(Kanadli, 2019; Zainuddin & Iksan, 2019), 그리고 협업이나 디지털 기술 능력(Murphy *et al.*, 2019) 등에 긍정적인 영향을 준다. 구체적으로, Sarac (2018)은 STEM 수업을 통한 학생들의 과학 과정 기능 향상을 연구한 연구 결과를 종합한 결과 0.82로 큰 효과 크기를 산출하였다. 이는 학생의 인지적 그리고 정의적 영역의 향상보다 더 높은 효과 크기라고 할 수 있다.

STEM 교육은 학생들의 활발한 참여와 활동으로 이루어지기에 학생들의 심동적인 기능의 향상을 기대할 수 있다(Batdi, Talan, & Semerici, 2019). 이는 학생들의 프로젝트 수업이나 문제해결 수업을 통해 계획하고 실천하는 능력을 기를 수 있고, 공학적인 능력도 기를 수 있다. 또한 이런 활동을 통하여 연구 능력, 소통의 능력, 협력과 문제해결 능력도 향상시킬 수 있다(Batdi, Talan, & Semerici, 2019; Murphy *et al.*, 2019).

### 4) 학생의 진로

STEM 교육을 통하여 학생들의 인지적, 정의적, 심동적 영역과 함께 STEM 분야에서 학생 진로 관심 및 흥미도 향상될 수 있다. STEM 교육을 통한 학생 진로 흥미나 관심의 증가를 다양한 관점에서 연구하였다(Holmes, Gore, & Smith, 2018; Kanadli, 2019; Murphy *et al.*, 2019; Sarica, 2020; van den Hurk, Meelissen, & van Langen, 2019). 터키에서의 STEM 교육의 효과를 분석한 결과(Kanadli, 2019; Sarica, 2020), STEM 교육이 STEM 분야의 진로 흥미를 증진시킨다고 강조하였다. 또한, Murphy *et al.* (2019)의 연구에서 미래 STEM 분야의 진로에 대한 관심을 독려하기 위해 어린 아이들에게 STEM 교육을 제공할 계획의 필요성에 대해 제언하였다. STEM 분야에 대한 학생의 진로 관심이나 흥미는 성별, 부모의 교육 정도, 수업 등과 관련이 있어(Holmes, Gore, & Smith, 2018; Sarica, 2020) 이를 고려한 적절한 STEM 교육 프로그램이 개발되고 추진되어야 한다.

이는 Holmes, Gore, & Smith (2018)이 호주에서 6,492명의 학생을 대상으로 STEM 분야 진로와 관련된 연구를 통해 내린 결론과 같은 맥락이다. 학생들의 진로분야에 대한 열망은 학생들이 가지고 있는 학생 배경과 학교관련 요인에 깊은 연관이 있으며 특히, 학생들의 성별, 가정 환경을 고려한 프로그램의 개발과 다양한 교육 기회의 제공 등과 관련된 연구가 이루어져야 한다.

## 3. 교수변인에 따른 STEM 교육의 효과

STEM 교육 분야의 연구는 학생들의 다양한 관점의 성장과 발전에 기여하고 하고 있다. 또한, STEM 교육의 실천을 위해서 함께 함께 많이 연구된 주제가 교수법과 교사의 전문성 신장이다. STEM 교육을 통해 교수법의 입장에서 다양한 시도와 노력이 이루어졌으며(Belland *et al.*, 2015; D'Angelo, Rutstein, & Harris, 2016; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Kim *et al.*, 2020; Pellas *et al.*, 2017; Sarica, 2020; Zainuddin & Iksan, 2019), 교사의 전문성 신장과 관련된 연구(Ejiwale, 2013; Kang, 2019; Lynch *et al.*, 2019; Murphy *et al.*, 2019)도 이루어졌다.

### 1) 교수법에 따른 STEM 교육의 효과

STEM 교육은 교수학습 방법에서 다양한 수업도구와 기술을 활용하여 학습자 중심 수업을 지향해왔다.

STEM 수업에서 다양한 수업도구와 기술의 사용은 학생들의 학습 성과에 통계적으로 유의미하게 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다(D'Angelo, Rutstein, & Harris, 2016; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Pellas *et al.*, 2016). 구체적으로, Belland *et al.* (2015)은 STEM 교육에서 컴퓨터 기반 수업을 통한 인지적 효과를 종합한 결과 효과크기는 0.53이었다. 이는 중간 정도의 효과를 나타내며 컴퓨터 기반 STEM 수업이 학생들의 인지적 영역의 향상에 영향을 주고 있음을 나타낸다. STEM 수업에서 컴퓨터 기반의 비계 활동은 문제기반의 수업 특징을 가지고 있으며 학생들에게 인지적인 도움을 제공하기에 수업의 촉진제 역할을 할 수 있다. 또한, STEM 교육에서 컴퓨터 기반 시뮬레이션을 다룬 연구들은 0.62의 효과 크기를 가지며 이는 중간 이상의 효과 크기를 나타낸다(D'Angelo, Rutstein, & Harris, 2016). 다시 말해서, STEM 수업에서 시뮬레이션 사용은 학생들의 향상된 학습결과를 가져온다. 한편 STEM 교육에서 증강현실을 사용하는 연구를 종합한 결과, Ibáñez & Delgado-Kloos (2018)는 증강현실을 사용하는 STEM 수업에서 학생들의 정의적 영역의 향상을 주로 연구하여 왔고 향후 탐구 중심 수업과 거꾸로 학습(flipped learning)과 같은 교수학습 전략과 관련하여 연구가 필요하다고 제안하였다. 다양한 수업 도구와 기술을 활용하는 STEM 수업에서 학생 학습의 극대화가 가장 중요한 이슈였으며, 컴퓨터를 활용하는 활동이 학생 학습의 좋은 촉진제 역할임을 강조하고 정교한 수업 설계를 강조하고 있다(Belland *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2020).

## 2) 교사의 전문성에 따른 STEM 교육의 효과

STEM 교육의 실천에 있어서 교사의 전문성과 관련된 이슈는 다양한 연구를 통해서 강조되어 왔고 질적인 메타 분석이나 체계적인 문헌 고찰의 방법으로 검토되어 왔다. STEM 수업이 원활하게 이루어지기 위해선 교사들에게 먼저 STEM 수업에 대한 적절한 지식, 수업 자신감, 교수 능력 등이 필요하고(Murphy *et al.*, 2019), 이를 위한 교사 연수나 전문성 신장 기회가 제공되어야 한다(Kang, 2019; Lynch *et al.*, 2019; Murphy *et al.*, 2019). Ejiwale (2013)은 STEM 교육의 성공적인 실현에 방해요인으로 부족한 교사들의 전문성과 준비 상태를 지적하였다. STEM 교육에 대한 자격있는 교사들이 부족하고 교사들의 준비 상태가 부족한 현실을 고려하여 교사의 전문성 신장을 위한 전략적이고 계획적인 투자와 지원이 필요하다. STEM 교육의 가치와 중요성을 교사가 인식

하고 있더라도 교사에게 STEM 수업에 대한 충분한 지원과 협력이 절실히 필요하다(Batdi, Talan, & Semerici, 2019; Ejiwale, 2013). 한국의 교사들을 대상으로 하는 다양한 전문성 신장의 기회를 통하여 STEAM 수업에 대한 자신감을 증진시키고 국가의 교육 전략과 계획을 이해시키려는 노력이 진행되어 왔다(Kang, 2019). 여전히 더 구체적인 지원과 연구가 필요하겠지만, 교사의 전문성 신장은 STEM 교육의 성공적인 실현에 중요한 요소임에 틀림 없다.

구체적으로 교사의 전문성 신장의 필요성이 대두되면서 교사를 대상으로 하는 STEM 연수, 세미나, 등의 전문성 신장을 주제로 하는 연구가 많이 이루어졌다. Lynch *et al.* (2019)는 다양한 STEM 교수향상 프로그램을 검토한 결과 교사를 위한 STEM 프로그램의 개선 방향을 강조하였다. 교사를 위한 STEM 프로그램은 직접 교육과정 자료를 사용할 수 있는 구체적인 상황을 다루고 교사를 위한 내용 지식, 교수내용지식, 학생이해 지식에 초점을 둘 때 더 효과적이다(Lynch *et al.*, 2019). 또한, 교사들은 자신의 STEM 수업을 실천하는 맥락에서 생긴 어려움을 해결하기 위한 도움을 제공받을 수 있을 때 STEM 수업에 대한 전문성이 신장된다고 한다(Kang, 2019; Lynch *et al.*, 2019).

## IV. 결론 및 제언

STEM 교육은 다가올 미래사회에 경쟁력을 갖춘 융합인재를 배출하기 위한 교육 전략으로서 교육정책의 혁신을 위한 전 세계적인 흐름이다. 이 연구의 목적은 국제적으로 STEM 교육을 주제로 한 메타분석 연구들을 대상으로 질적인 메타분석 방법을 활용하여 STEM 교육 연구에서의 이슈를 분석하여 그 흐름을 종합적으로 파악하는 데 있다. 이를 위해 STEM 교육과 관련된 연구문헌을 수집하고, 선별하여 최종적으로 23편의 메타분석 연구논문을 분석대상으로 선정하여 질적 분석에 활용하였다. 검토와 분석을 통해 STEM 교육의 효과 측면에서 가장 높은 빈도로 논의되고 핵심적으로 다루어지고 있는 이슈를 크게 1) STEM 교육의 국제 동향, 2) 학생의 관점: 인지적, 정의적, 심동적, 그리고 진로 영역의 향상, 3) 교사의 관점으로 분류하였다. 항목별로 분류된 연구들은 질적 메타분석을 통해 각 이슈별 핵심내용을 종합하는데 활용되었다.

메타분석(meta-analysis), 메타종합(meta-synthesis), 질적인 메타(qualitative meta), 체계적 문헌고찰(systemic literature review) 등의 방법을 활용한 연구들을 종합하여 STEM 교육에서의 주요 이슈들을 파악한 결과는 다음의 세 가지로 요약할 수 있다. 첫째,



STEM 교육의 연구와 실천은 국제적인 현상이며 공통적인 이슈를 가진다. 여러 국가에서 STEM 교육을 미래 경쟁력 향상과 혁신을 위한 전략으로 삼고 있으며 이러한 전략의 구성은 미래의 사회, 경제, 산업 등에 대한 광범위한 조사를 바탕으로 이루어졌다. 여러 나라의 STEM 교육은 학문 간의 벽을 허물고 융합적 접근을 통해 미래사회가 요구하는 인재를 기르는 것에 수렴하고 있다. 또한, 효과적인 STEM 교육의 실천과 적용을 위해 그 효과성을 검증하고 한계점을 찾기 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있었다. 이러한 연구 결과들의 일관성은 기존의 STEM 교육의 특정 영역에 대한 효과에 신뢰성을 높이고, STEM 교육의 전략적 적용에 있어서 중요한 정보를 제공한다. 이와 더불어 STEM 교육의 적용에 있어서 공통적으로 나타나는 교사의 전문성, 자료의 부족, 지원 부족 등과 같은 한계점들은 STEM 교육에 대한 정책과 지원전략을 개선하는데 중요한 단서를 제공하고 있다.

둘째, STEM 교육은 학생의 인지적, 정의적, 심동적, 그리고 진로 관련 영역에 있어서 긍정적인 향상을 가져왔다. 인지적 영역에 있어서는 STEM 교육이 학생의 학업성취도, 과학 지식의 향상에 효과가 있는 것으로 타나났으며 학생들의 적극적인 참여와 학생에게 의미있는 학습 제공이 그 주된 원인인 것으로 나타났다. 정의적 영역에서는 STEM 교육을 통해 학생들의 STEM 교과에 대한 관심, 흥미, 태도, 학습동기, 주의 집중 등의 향상에 효과가 있는 것으로 나타났으며, 학생들의 호기심과 자신감을 향상시키기 위해 활용될 수 있는 것으로 나타났다. 또한, STEM 교육은 학생들의 문제해결력, 창의력, 과학 및 공학적 과정 능력, 디지털 기술, 협업 능력 등의 심동적 영역에서 긍정적인 효과를 보였으며, STEM 분야의 진로에 대한 관심과 흥미를 증진시키는 것으로 나타났다.

셋째, STEM 교육을 위해 다양한 수업도구와 기술이 사용되고 있으며 성공적인 STEM 수업을 위해 교사들의 전문성이 중요하게 작용한다. STEM 교육을 위해 학교 현장에서는 컴퓨터, 시뮬레이션, 증강현실 기술, 모바일 기술 등을 활용하거나, 설계기반, 문제기반, 프로젝트 중심, 탐구 중심 등의 다양한 수업전략이 활용되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 특정 기술이나 도구를 수업과정에 활용하기 위해서는 교사가 그 기술과 도구에 대해 충분한 경험과 지식을 보유하고 있어야 하며, 학생들에게 유의미한 학습기회를 제공하기 위해서는 수업전략에 대한 전문적인 지식과 이해를 바탕으로 그것을 적절하게 적용할 수 있는 교사의 전문성이 요구된다고 할 수 있다.

국제적으로 수행된 STEM 교육 메타연구들을 분석하고 종합한 결과, 크게 세 가지 논의점을 도출할 수

있었다. 첫째, STEM 교육의 효과적인 검증을 위해 연구 설계의 타당성과 신뢰성을 고려한 연구가 필요하다. 메타분석 연구는 특정 주제에 대한 많은 연구사례를 분석대상으로 하며 연구 설계의 질이 교육효과의 크기를 좌우한다(Young, Ortiz, & Young, 2017). 따라서 잘 설계된 연구를 분석에 활용할 때 STEM 교육의 효과를 더욱 정확하게 파악할 수가 있다.

둘째, 형평성을 고려한 STEM 교육 전략이 요구된다. STEM 교육의 정의적 영역과 진로에 대한 효과와 관련하여, 여러 연구결과들에서 여성과 소외계층에 대한 STEM 교육이 강조되고 있다(Murphy *et al.*, 2019; van den Hurk, Meelissen, & van Langen, 2019; Zeng *et al.*, 2018). 특히, Young, Ortiz, & Young (2017)은 남성과 여성의 성장에 따라 STEM 분야에 대한 성취도, 자신감, 흥미의 정도가 차이를 언급하며, 저학년의 학생들에게서의 흥미 향상에 대한 추가적인 연구의 필요성과 함께 흥미와 발달과의 관계 및 지속성에 대한 연구의 필요성을 강조하였다.

셋째, STEM 교육을 위해 교사의 전문성 신장을 위한 노력이 요구된다. 전통적인 교수방법에 비해 STEM 교육은 다양한 수업 도구와 기술의 활용에 있어서 교사의 높은 전문성이 요구된다. 실제로 자격을 갖춘 교사의 부족, 교사의 준비 상태 부족, 교사의 전문성 신장에 대한 투자 부족 등이 STEM 교육 실현에 있어 주요한 장애물로 지적되었다(Batdi, Talan, & Semerici, 2019; Ejiwale, 2013). 따라서 STEM 교육을 위한 교사의 전문성 개발을 위한 지속적이고 효과적인 노력이 필요하다.

이 연구를 바탕으로 제언을 하면 다음과 같다. 우리나라에서 적용되고 있는 STEM 교육에 대한 연구들을 종합적인 관점에서 분석하는 메타연구가 필요하다. 국제적으로 수행된 STEM 교육에 대한 메타연구들은 STEM 교육의 적용 측면에서 중요한 시사점을 제공한다. 하지만 나라별로 교육 정책의 세부적인 전략에 차이가 있을 수 있으며 학교 현장에서의 상황은 부분적으로 다를 수 있다. 따라서 우리나라의 교육 실정에 적합한 STEM 교육에 대한 메타연구가 필요하다. 또한, 이러한 메타연구들의 축적을 바탕으로 이들을 거시적 안목으로 분석하고 종합할 필요가 있다. 일반적으로 메타연구는 인지적, 정의적, 혹은 심동적 영역을 개별적으로 분석하거나 해당 영역의 특정 요소만을 대상으로 하는 경우가 많다. 이러한 메타연구를 연구 대상으로 교수학습 설계의 특징, 효과크기에 영향을 미치는 변인과의 관계 등을 알아보는 보다 구체적이고 실질적인 메타연구를 통해 기존의 우리나라 STEM 교육을 되돌아보고 성찰할 수 있는 기회로 삼아야 할 것이다.

## 국문 요약

이 연구의 목적은 국제 STEM 교육 분야의 연구 결과를 종합하여 국제 STEM 교육의 주요 이슈를 파악하는 데 있다. 이 연구의 분석 대상 자료는 선정 기준과 전문가 그룹의 검토를 통해 다양한 STEM 교육의 이슈를 반영하고 있는 메타분석 또는 체계적 문헌연구의 결과이다. 총 23개의 연구를 대상으로 질적 메타 분석을 하여 다음과 같은 STEM 교육의 이슈를 선정하였다. 첫째, STEM 교육은 국제적인 교육 동향으로 미국, 캐나다, 호주, 한국, 터키 등 많은 국가에서 연구되고 있다. 둘째, STEM 교육은 학생들의 인지적, 정의적, 심동적, 그리고 진로 영역의 향상에 긍정적으로 기여하고 있다. 셋째, STEM 교육은 다양한 수업 도구와 기술의 사용과 함께 연구되어 왔다. 또한, STEM 교육에 대한 교사의 전문성 신장이 성공적인 STEM 교육의 실현의 주요 요인들 중 하나이다. 그 외에 STEM 교육의 성공적인 실천을 위해 다양성, 평등, 타당하고 신뢰로운 연구 설계 등의 이슈에 대해 논의하였다. 또한 이 연구는 우리나라 융합교육의 방향과 실천 전략을 위한 함의점을 제공할 수 있으며 향후 연구에 대한 제언을 줄 수 있다.

**주제어:** STEM교육, 메타분석, 통합적, 메타-종합, 국제

## References

- All Party Parliamentary Group (APPG) on Diversity and Inclusion in STEM (2020). *Inquiry on equity in STEM education final report*. British Science Association. Retrieved December 22, 2020, from <https://www.britishscienceassociation.org/inquiry-equity-in-stem-education>
- Batdi, V., Talan, T., & Semerici, C. (2019). Meta-thematic analysis of STEM education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 7(4), 382-399.
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5), 23-38.
- Belland, B. R., Walker, A. E., Olsen, M. W., & Leary, H. (2015). A pilot meta-analysis of computer-based scaffolding in STEM education. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(1), 183-197.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmouth, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Canada 2067. (2017). *Canada 2067 Learning Roadmap*. Retrieved December 15, 2020, from <https://canada2067.ca/app/uploads/2018/11/Canada-2067-Learning-Roadmap-Nov1-WEB.pdf>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associations.
- Cook, J. W. (Ed.) (2019). *Sustainability, human Well-Being, and the future of education*. Helsinki, Finland: Palgrave Macmillan.
- Committee on STEM Education. (2018). *Charting a course for success: America's strategy for STEM education*. Washington, DC: National Science and Technology Council.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Boston, MA: Pearson Education Inc.
- D'Angelo, C. M., Rutstein, D., & Harris, C. J. (2016). Learning with STEM simulation in the classrooms: Finding and trends from a Meta-analysis. *Educational Technology*, 56(3), 58-61.
- Education Council. (2015). *National STEM school education strategy: A comprehensive plan for science, technology, engineering and mathematics*

- education in Australia*. Melbourne, Australia: Author.
- Ejiwale, J. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning, 7*(2), 63-74.
- Finegold, P., Stagg, P., & Hutchinson, J. (2011) *Good timing: Implementing STEM careers strategy win secondary schools* (Final report of the STEM Careers Awareness Timeline Pilot). Centre for Education and industry, University of Warwick.
- Finnish National Board of Education. (2016). *New national core curriculum for basic education: Focus on school culture and integrative approach*. Retrieved from <https://www.oph.fi/en/statistics-and-publications/publications/new-national-core-curriculum-basic-education-focus-school>
- Halinen, I. (2018). The new educational curriculum in Finland. In Matthes, M., Pulkkinen, L., Clouder, C., Heys, B. (Eds.) *Improving the quality of childhood in Europe*. Brussels, Belgium: Alliance for Childhood European Network Foundation.
- Holmes, K., Gore, J., & Smith, M. (2018). An integrated analysis of school students' aspirations for STEM careers: Which student and school factors are most predictive? *International Journal of Science and Mathematics Education, 16*, 655-675.
- Hunter, J. E., & Schmidt, F. L. (1990). *Methods of meta-analysis: Correcting error and bias in research findings*. Newbury Park, CA: Sage.
- Ibáñez, M. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education, 123*, 109-123.
- Izzah, S., & Wiyanto, W. (2018). The effect of STEM education on the attitudes of secondary school students: A meta-analysis. *Advanced in Social Science, Education and Humanities Research, 247*, 454-458.
- Kanadi, S. (2019). A meta-summary of qualitative findings about STEM education. *International Journal of Instruction, 12*(1), 959-976.
- Kang, N. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education, 5*, 1-22.
- Kim, N. Belland, B., Lefler, M., Andreasen, L., Walker, A., & Axelrod, D. (2020). Computer-Based Scaffolding targeting individual versus groups in problem-centered instruction for STEM education: Meta-analysis. *Educational Psychology Review, 32*, 415-461.
- Lawner, E. K., Quinn, D. M., Camacho, G., Johnson, B. T., & Pan-Weisz, B. (2019). Ingroup role models and underrepresented students' performance and interest in STEM: A meta-analysis of lab and field studies. *Social Psychology of Education, 22*, 1169-1195.
- Lynch, K., Hill, H. C., Gonzalez, K. E., & Pollard, C. (2019). Strengthening the research base that informs STEM instruction improvement efforts: A meta-analysis. *Educational Evaluation and Policy Analysis, 41*(3), 260-293.
- Murphy, S., MacDonald, A., Danala, L., & Wang, C. (2019). An analysis of Australian STEM education strategies. *Policy Futures in Education, 17*(2), 122-139.
- Parkin, A. (2018) *Canada 2067. Supporting Education Transformation in Canada: The Intersection of Canada 2067 and Education 2030 Framework for Action*. London, ON: Let's Talk Science.
- Pellas, N., Kazanidis, I., Konstantinou, N., & Georgiou, G. (2017). Exploring the educational potential of three-dimensional multi-user virtual worlds for STEM education: A mixed-method systematic literature review. *Educational Information Technology, 22*, 2235-2279.
- Prinsley, R., & Johnston, E. (2015, December). *Transforming STEM teaching in Australian primary schools: everybody's business*. Office of the Chief Scientist. Retrieved December 11, 2020, from

- [https://www.chiefscientist.gov.au/sites/default/files/Transforming-STEM-teaching\\_FIN AL.pdf](https://www.chiefscientist.gov.au/sites/default/files/Transforming-STEM-teaching_FIN AL.pdf)
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sarac, H. (2018). The effect of Science, Technology, Engineering and Mathematics - STEM educational practices on students' learning outcomes: A meta-analysis study. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 17(2), 125-142.
- Sarica, R. (2020). Analysis of postgraduate theses related to STEM education in Turkey: A meta-synthesis study. *Acta Didactica Napocensia*, 13(2), 1-29.
- Siekman, G., & Korbel, P. (2016). *Defining 'STEM' skills: Review and synthesis of the literature*. Adelaide, Australia: Commonwealth of Australia.
- Siregar, N., Rosli, R., Maat, S., & Capraro, M. (2020). The effect of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) program on students' achievement in Mathematics: A meta-analysis. *International Electronics Journal of Mathematics Education*, 15(1), 1-12.
- Straw, S., & MacLeod, S. (2013). *Improving young people's engagement with science, technology, engineering and mathematics (STEM)*. National Foundation for Educational Research, UK.
- Timulak, L. (2014). Qualitative Meta-Analysis. In U., Flick. (Ed). *The sage handbook of qualitative data analysis*. Washington, DC: Sage.
- UK Commission for Employment and Skills [UKCES]. (2015). *High level STEM skills requirements in the UK labour market*. Commission for Employment and Skills, UK.
- van den Hurk, A., Meelissen, M., & van Langen, A. (2019). Interventions in education to prevent STEM pipeline leakage. *International Journal of Science Education*, 41(2), 150-164.
- World Economic Forum (2019, October 9). *The Global Competitiveness Report 2019*. Retrieved December 18, 2020, from <https://www.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2019>
- Yildirim, B. (2016). An analyses and meta-synthesis of research on STEM education. *Journal of Education and Practices*, 7(34), 23-33.
- Young, J., Ortiz, N., & Young, J. (2017). STEMulating interest: A meta-analysis of the effects of out-of-school time on student STEM interest. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 62-74.
- Zainuddin, S. H., & Iksan, Z. (2019). Sketching engineering design in STEM classroom: A systematic review. *Creative Education*, 10(12), 2775-2783.
- Zeng, Z., Yao, J., Gu, H., & Przybylski, R. (2018). A meta-analysis on the effects of STEM education on students' abilities. *Science Insight Education Frontiers*, 1(1), 1-16.

## 저 자 정 보

권혁수 (공주대학교 교수)

박병열 (코네티컷대학교 대학원생)