

융합 프로그램의 개발과 적용¹⁾
-수학 교사의 신념을 중심으로-
Development and Implementation of STEM
-Identification of Mathematics Teachers' Beliefs-

노 지 화

ABSTRACT. The purpose of this research was to investigate mathematics teachers' beliefs regarding the implementation of STEM approaches in secondary school mathematics classes and to identify the factors influencing their beliefs. A survey on teachers' beliefs about applying STEM in mathematics classes was developed and distributed online to mathematics teachers from middle and high schools in two metropolitan areas. Eighty-two surveys were returned from the teachers. Factor analysis revealed that the items were distributed among five main aspects. The findings indicated that most teachers believed in the necessity of implementing STEM education. However, some teachers expressed concerns about the effectiveness of implementation due to the lack of materials, resources, and equipment needed for STEM implementation.

I. 서론

개인들은 일상생활에서 많은 결정을 내리게 된다. 사회적 학습 이론가인 Bandura(1986)는 신념이 개인들이 내리는 이러한 결정들의 가장 좋은 지표이며, 교수(teaching) 행동은 개인들의 신념에 의해 촉진된다고 하였다. 따라서, 교사들의 신념 체계를 정의하고 이해하는 것은 오랫동안 교육연구자들의 관심사였으며,

Received August 04, 2023; Accepted August 16, 2023.

2010 Mathematics Subject Classification: 97B50, 97D40, 97M10

Key Words: Secondary mathematics classroom, STEM, Teachers' beliefs

1) This work was supported by a 2-year Research Grant of Pusan National University.

대부분의 교육연구자들은 교사들의 가르침과 학습에 대한 신념이 교사들의 의견과 결정에 영향을 미치고 이러한 의견과 결정은 교사들의 성과, 실천, 교수 지도 설계, 학생 이해도 평가, 전문적 개발에 영향을 미칠 수 있다고 동의하고 있다 (Maass, Swan & Aldorf, 2017; Wang & Knobloch, 2018; Wang, Moore, Roehrig & Park, 2011).

또한, Pajares(1992)는 신념에 대한 개념을 먼저 명확하고 체계적으로 이론화하고, 그다음 어떤 맥락에서든 신념과 행동 사이의 관계를 구분하기 위해 체계적인 연구가 이루어져야 한다고 주장했다. 이와 유사하게 교육 분야에서는 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 예를 들어, Martínez-Sierra, García, Valle & Dolores-Flores(2020); Beswick(2018); Smith, Kim & McIntyre(2016); Levitt(2002); Tobin, Tippins & Gallard(1994); Kagan(1992); Pajares(1992); Ajzen(1985) 등이 예비 교사 및 현직 교사들의 교수, 학습, 평가에 대한 신념을 정의하고 탐구하기 위해 진행되었으며, 이 중 일부는 수업 실천에 있어 교사들의 신념과 행동, 결정 사이의 관계를 조사하였다.

교사들의 신념과 실천에 관련하여, 많은 교사들은 STEM 교육에서의 융합을 과학, 기술, 공학, 수학의 네 가지 분야 모두를 포함해야 하는 것으로 잘못 이해하는 것으로 보고된다(Breiner, Harkness, Johnson & Koehler, 2012). 교사들의 STEM 활동에 대한 효과에 대한 신념은 교사들이 STEM 기반 교실 활동에 참여하고 실행하는 경향에 영향을 끼치며, 또한 교사들의 STEM에 대한 지식과 이해가 학생들의 학습에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다(McMullin & Reeve, 2014). 교사들이 STEM을 완전히 이해하지 못하더라도 STEM 분야들의 상호 연결성을 인식할 수 있다고 보았다(Wang & Knobloch, 2018; Wang et al., 2011). 교사들은 이러한 분야들을 융합함으로써 일상생활 경험과 관련짓는 것이 학생들이 배우는 개념들을 의미 있는 이해로 이끈다고 믿는 것으로 나타났다(Hargreaves & Moore, 2000). 또한 교사들이 STEM 교육이 학생들의 참여 수준과 문제 해결 능력을 향상시킬 수 있다고 믿는다는 것으로 보고되었다(Kendall & Wendell, 2012).

한편, 일부 연구들(Graves, Hughes & Balgopal, 2016; Kurup, Li, Powell & Brown, 2019; Bagiati & Evangelou, 2015)은 교사들이 STEM 분야를 자신들의 전공과 다른 학문과 융합하는 데 어려움을 겪는다고 보고하였는데, 이는 교사들이 STEM 활동을 효과적으로 적용하기에 제한된 학문적 지식과 교수법을 갖고 있기 때문이라고 보았다. McNeill & Knight(2013)는 교사들이 일반적으로 단일 분야에 초점을 맞추고 있으며, 학문 간 연계를 위한 설계보다는 특정 콘텐츠에 집중한다고 주장하였다. Bybee(2013)는 교사들이 특히 현실적인 문제와 상황의 역할을 강화하여 오히려 이것이 학문 간 학습을 하는 데 어려움을 초래한다고 보았다. 또,

Weinberg & McMeeking(2017)은 과학과 수학의 융합과 관련하여 교육기준, 평가 적합성, 교사의 지식, 기술 및 능력과 같은 장애물들을 확인하였으며, 이러한 요인들이 과학과 수학 개념의 융합에 부정적인 영향을 미치고, 교사들이 체득한 부정적인 경험이 STEM 프로그램의 적요에 대한 신념과 실천에 영향을 미친다는 것을 보여주었다.

STEM 프로그램이 실행되는 학교급을 보면, 대부분 초등학교와 중학교에 초점을 맞추고 있다(e.g., Cantrell, Pekcan, Itani & Velasquez-Bryant, 2006; Capobianco, DeLisi & Radloff, 2018; Donegan-Ritter & Zan, 2017; Guzey, Ring-Whalen, Harwell & Peralta, 2019; Mehalik, Doppelt & Schuun, 2008).

종합하면, 교사들의 교수와 학습에 대한 신념이 교수와 실천에 영향을 미치므로 중학교와 고등학교 수학 수업에서 교사들의 STEM 교육에 대한 신념을 조사하는 추가적인 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구의 목적은 중·고등학교 '수학 수업에서 STEM 프로그램'(이하 '수학 수업 기반 STEM')의 적용과 접근 방식에 대한 교사들의 신념을 조사하고 그 신념을 구성하는 요인들을 파악하는 것이다. 구체적인 연구 질문은 다음과 같다:

1. 수학 교사들의 수학 수업 기반 STEM 적용에 대한 신념을 구성하는 주요 요인은 무엇인가?
2. 각 구성 요인에서, 수학 교사들의 수학 수업 기반 STEM 적용에 대한 신념은 어떻게 나타나는가?

II. 연구 방법

1. 연구 절차

본 연구의 목적에 따라 연구 활동은 크게 두 단계로 진행되었다. 첫 번째 단계는 중·고등학교 수학 교사들의 수학 수업 기반 STEM 프로그램 적용에 대한 신념에 관한 척도를 개발하는 것이며, 두 번째 단계는 설문 조사 실시와 수집한 데이터의 분석이었다.

연구의 첫 번째 단계인 척도 개발을 위해 교사 신념 및 수업 실천에 관련한 선행연구 결과를 조사, 분석하여, 50개의 문항으로 구성된 리커트형 설문지 양식을 작성하였다. 설문 문항에 대해서는 5명의 수학교육 전문가들에 의해 내용 타당도(content validity)와 안면 타당도(face validity)를 평가하였다.

연구의 두 번째 단계인 설문 조사는 2022년 12월과 2023년 2월에 두 광역시 교육청에서 각각 주관하는 연수 프로그램에 참여한 수학 교사들을 대상으로 온라인 설문으로 진행되었으며, 총 82개의 설문 응답이 회신되었다. 이후, 확인적 요인

분석(confirmatory factor analysis)을 통해 이 척도에서 가정된 구성 요소들을 확인하였으며, 확인된 5가지 신념 구성 요소별로 수학 교사들의 수학 수업 기반 STEM 적용에 대한 신념을 조사하였다.

2. 연구 대상자

설문 조사에는 두 광역시 소재 중·고등학교에서 근무하는 남교사 40명, 여교사 42명 총 82명의 현직 수학 교사들이 참여했으며, 연령 분포와 근무 연수 분포는 각각 <표 1>, <표 2>와 같다.

<표 1> 연령 및 교직 경력에 따른 참여 교사들의 분포

연령	교사 수
25-30	7
31-35	15
36-40	13
41-45	20
46-50	12
51+	15

<표 2> 교직 경력에 따른 참가자들의 분포

근무 연수	교사 수
0-5	16
6-10	18
11-15	21
15-20	10
20+	17

3. 설문 조사 도구의 구성과 적용

‘수학 교사들의 수학 수업 기반 STEM 적용에 대한 신념 조사 도구’(이하 ‘MMSTEM’)은 중·고등학교 수학 수업에서 STEM 적용에 대한 현직 수학 교사들의 신념을 평가하는 데 목적이 있다. 초기 항목 풀은 문헌 검토, 이론, 기존에 개발 또는 사용되었던 문항들을 활용, 관찰 및 교사들과의 대화를 기반으로 구성되었다. 초기 항목 준비 과정에서 수학 수업에서 STEM 적용에 대한 교사들의 신념과 수업 실천에 대한 기존 문헌들이 종합적으로 검토되었으며, 이전 연구에서 제공된 보를 분석하여 설문 조사에 사용될 수 있는 문항들을 생성하였다. 또, 각 문항에 대한 동의 수준을 나타내기 위해 리커트형 척도가 채택되었다. 척도 항목은 ‘매우 동의한다’, ‘동의한다’, ‘중립이다’, ‘동의하지 않는다’, ‘매우 동의하지 않는다’와 같이 구성되었다. 구체적으로 다음과 같이 5가지의 신념 구성 요인이 도출되었다: (1) 시행과 적용에 관한 신념, (2) 교수법에 관한 신념, (3) 동기 부

여에 관한 신념, (4) 인지 발달에 관한 신념, (5) 교수 능력에 관한 신념.

각 구성 요인에 대한 조작적 정의와 설문 샘플 항목들은 <표 3>과 같다.

<표 3> STEM 신념 구성 요인의 조작적 정의 및 설문 샘플 항목

구성 요인	조작적 정의	설문 샘플 항목
실행에 관한 신념	수학 수업에서 STEM 적용이 실행 가능하다는 신념	나는 수학 수업에서 STEM 활동을 적용하고 싶다.
교수법에 관한 신념	수학 수업에서 STEM 적용에 교육적 이점이 있다는 신념	수학 수업에서 STEM 활동을 통해 학생들이 학습 주제를 더 잘 이해할 수 있다.
동기 부여에 관한 신념	수학 수업에서 STEM 적용이 학생들의 동기 부여에 긍정적인 영향을 미친다는 신념	수학 수업에서 STEM 활동은 학생들의 학습에 흥미를 불러넣는다.
인지 발달에 관한 신념	수학 수업에서 STEM 적용이 학생들의 인지 발달에 도움을 준다는 신념	수학 수업에서 STEM 활동은 학생들의 문제 해결 능력을 향상시킨다.
교수 능력에 관한 신념	수학 수업에서 STEM 적용을 성공적으로 수행하는데 필요한 교사들의 능력에 대한 신념	나는 수학 수업에서 STEM 활동을 효과적으로 설계하고 적용할 수 있다.

4. 설문 조사 도구의 타당도 및 신뢰도 검증

내용 타당도는 교육학 또는 수학교육 분야에서 박사학위를 소지한 5명의 전문가들이 평가하였다. 전문가 5명은 독립적으로 각 문항을 검토한 후 ‘우수’, ‘적절’, ‘불량’과 같은 3점 척도를 사용하여 문항의 내용적 관련성을 판단하였다. 검토자 전원의 평가를 취합한 후, 각 문항에 대한 내용 타당도 비율(content validity ratio, CVR)을 Lawsche(1975)가 개발한 공식을 기반으로 계산하였다. CVR 공식 ([그림 1])에서 ‘ n_k ’는 ‘우수’로 표시한 검토자의 수를, ‘ N ’은 총 검토자의 수를 나타낸다. 일반적으로 CVR 값이 0.75 이상이면 적절한 합의 수준으로 해석된다. 이 기준을 만족하지 못하는 9개의 문항은 제외되어 41개 문항으로 수정되었다.

$$CVR = \frac{n_k - \left\lfloor \frac{N}{2} \right\rfloor}{\left\lfloor \frac{N}{2} \right\rfloor}$$

[그림 1] CVR 공식

설문 조사 도구의 신뢰도 측정을 위해 사용한 Cronbach's α 의 값은 0.822로 확인되었다. 도구의 신뢰도 수준을 결정한 후, 문항 제거 분석을 하여 도구의 신뢰

도에 부정적인 영향을 미치는 항목이 있는지 확인하였다. <표 4>에서 볼 수 있듯이 4개 문항(#1, #12, #18, #20)의 'Item-Total 상관계수'가 0.3보다 작았다. 이는 해당 문항들이 도구의 신뢰도에 부정적인 영향을 미쳤음을 의미한다. 따라서 이 4개의 문항을 삭제하는 것이 필요하다고 판단되었다. 4개의 문항을 삭제한 후, 남은 총 37개 문항들에 대해서 다시 Cronbach's α 값을 비교해보니 0.861로 확인되었다.

<표 5> Item-Total 분석

Item	Item-Total	Cronbach's α
1	-0.052	0.852
12	-0.205	0.853
18	0.117	0.841
20	-0.012	0.848

III. 연구 결과

1. 수학 교사들의 수학 수업에서 STEM 적용에 대한 신념의 요인 구조

본 연구의 기본 가정은 교사들의 신념에는 여러 차원이 포함된다는 것이었으며, 확인적 요인 분석(CFA)을 수행하여 이 가정에 대한 타당한 모델을 도출하고자 하였다. CFA 결과, 수학 수업에서 STEM 적용에 대한 수학 교사들의 신념은 (1) 실행에 관한 신념, (2) 교수법에 관한 신념, (3) 동기 부여에 관한 신념, (4) 인지 발달에 관한 신념, (5) 교수 능력에 관한 신념의 요인으로 구성된 다면적인 구조로 나타났음이 확인되었다.

1) 확인적 요인 분석

확인적 요인 분석(CFA) 기법이 MMSTEM의 가설적 5가지 요인 구조를 확인하기 위해 수행되었다. 따라서 총 37개의 연속적인 요소 지표(도구 내 개별 문항들)가 모델에서 관찰된 요소 지표로 사용되었다.

먼저, 도구의 요인화 가능성을 확인하기 위해 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)와 BTS(Bartlett의 구형성 검정) 테스트가 적용되었다. 표본 적합성 측정을 위한 KMO 값 (0.8413)은 적절한 샘플 크기를 보여주었으며, BTS는 다변량 정규 분포에 대해 유의미한 결과로 나타났다($\chi^2(82) = 4,491.215, p < .05$). 요인 분석 결과, 고유값이 1.00 이상인 5개의 요인에 항목들이 분포되었다. 추출 방법으로 주성분 분석(Principle Component Analysis, PCA)이 사용되었다.

2) 요인 신뢰성

확인적 요인 분석(CFA)의 두 번째 단계에서 각 하위척도 또는 각 요인들의 신뢰성이 계산되었다. 5가지 하위요인의 신뢰도는 <표 6>와 같다.

<표 6> Rotate Component Matrix

항목	구성요인				
	1	2	3	4	5
1	0.793				
2	0.657				
3	0.712				
4	0.541				
5	0.654				
6	0.542				
7					0.780
8	0.911				
9	0.631				
10		0.633			
11		0.604			
12		0.626			
13				0.692	
14				0.780	
15		0.649			
16				0.667	
17		0.827			
18					0.565
19				0.843	
20				0.522	
21				0.922	
22				0.575	
23				0.830	
24		0.563			
25		0.773			
26		0.700			
27		0.541			
28			0.829		
29			0.866		
30			0.876		
31			0.702		
32			0.887		
33			0.602		
34				0.832	
35			0.604		
36					0.893
37					0.713

<표 7> 구성 요인들의 신뢰도

구성 요인	Cronbach's α	Cronbach's α 표준*	문항 수
실행에 대한 신념	0.692	0.697	8
교수법에 대한 신념	0.774	0.778	9
동기에 대한 신념	0.807	0.808	7
인지적 신념	0.832	0.835	9
교수 역량에 대한 신념	0.669	0.673	4

*표준화된 문항들을 사용한 Cronbach's α 의 값

2. 수학 교사들의 수학 수업 기반 STEM 적용에 대한 신념

1) 실행에 관한 신념

MMSTEM의 8개 항목에서 측정된 응답 결과를 종합하면, 대부분의 수학 교사들(약 85%)이 수학 수업에서 STEM 적용이 필요하다고 믿지만, 일부 수학 교사들(약 35%)은 STEM 적용을 위해 필요한 자료, 자원, 장비의 부족 때문에 적용의 효과에 대한 우려를 가지고 있는 것으로 나타났다. 세부적으로는, 응답한 수학 교사의 83.87%가 중·고등학교에 적합한 수준의 STEM 적용을 적극적으로 지지하였다. 참여 교사들이 설문지의 질문에 대해 신중하게 응답하고, 일관성 있는 답변을 제공했는지를 확인하는 목적으로 부정적인 문항이 포함되었는데, 참여 교사의 90.32%가 중·고등학교에 적합한 수준의 STEM 적용을 반대하는 것에 동의하지 않는다고 표시하였다. 또한, 80.46%의 수학 교사들이 중·고등학교 학생에 적합한 수준의 STEM 교육을 채택하고 실행하는 것이 가능하다고 믿으며, 따라서 지지해야 한다고 하였다. 88.37%의 참여 교사들은 STEM 교육의 방향은 중·고등학교 학생들의 요구와 능력에 맞게 조정될 수 있다고 보았다. 하지만, 35.48%의 참여 교사들은 STEM 교육을 하기 위해 필요한 자료, 자원 및 장비의 부족 때문에 STEM 교육이 효율적으로 실행 또는 관리되지 않는다고 믿는 것으로 나타났다.

2) 교수법에 관한 신념

수학 수업에서 STEM 적용이 교수 활동에 어떤 영향을 미칠 수 있는지에 대한 수학 교사들의 신념은 MMSTEM의 9개 항목에서 측정되었다. 응답 결과를 종합하면, 대부분의 교사들(약 75%-90%)은 STEM 교육이 효과적인 교수 전략이 될 수 있지만, 교수법적인 관점에서 가장 큰 고려 사항은 시간인 것으로 나타났다. 세부적으로는, 참여 교사들의 74.19%가 STEM 교육의 탐구 및 문제 중심적 성격이 자신의 수업 방식과 잘 맞는다고 하였다. 특히, 참여 교사의 93.54%가 자신의 수업 방식과는 별개로, 수학 수업에서 적용하는 STEM 교육이 학생에게 다양한 학습 경험(예를 들어, 협력적 학습, 개별적 학습, 학생 중심 학습, 교사 지도 학습 등)을 제공한다고 믿었다. 또한, 81.48%의 참여 교사들이 STEM 교육이 학생 탐구를 통해 수학 내용을 더 효과적으로 가르칠 수 있게 한다는 믿음을 가지

고 있었다. 64.51%의 참여 교사들이 STEM 교육은 수업에서 매일 적용하기에 충분히 유연하다고 생각했지만, 70.37%의 교사들은 STEM 수업 전략은 시간이 많이 소요되며 추가적인 수업 시간이 필요하다고 믿는 것으로 나타났다.

3) 동기 부여에 관한 신념

수학 수업에서 STEM 적용이 학생들의 동기에 미치는 역할에 대한 중·고등학교 수학 교사들의 신념은 MMSTEM의 7개 항목에서 측정되었다. 응답 결과를 종합하면, 대부분의 교사들(약 77%-93%)이 STEM 교육의 적용이 학생들의 학습 동기를 향상시킨다고 믿지만, 마찬가지로 많은 교사들(약 75%)은 STEM 교육을 적용하는 것만으로 학생들이 더 열심히 공부하게 만든다고는 믿지 않는다는 것을 알 수 있었다. 세부적으로 살펴보면, 대다수 수학 교사들은 STEM 교육이 수학을 재미있게 만들고(92.59%), 학생들의 수업에 대한 열의를 높이며(88.89%), 수학 수업에서 학생들의 참여를 증가시킨다고(81.48%) 나타내었다. 또한, 77.78%의 참여 교사가 STEM 교육이 학생들이 수학에 대해 긍정적인 태도를 갖게 만든다고 하였고, 84.07%의 참여 교사가 STEM 교육이 학생들의 학습 동기를 증가시킨다고 보는 것으로 나타났다. 그러나, 단지 참여 교사의 25.92%만이 STEM 교육의 적용이 학생들을 더 열심히 공부하게 만든다고 믿는 것으로 밝혀졌다.

4) 인지적 신념

수학 수업에서 STEM 적용이 학생들의 인지적 발달에 미치는 역할에 대한 중·고등학교 수학 교사들의 신념은 MMSTEM의 9개 항목에서 측정되었다. 응답 결과를 종합하면, 참여한 모든 수학 교사들 중, 96.42%가 STEM 교육으로 학생들이 수학 개념을 더 잘 이해한다, 89.28%가 STEM 교육이 중·고등학교 학생들의 교육적 요구에 부합한다, 89.28%가 STEM 교육을 통해 학생들의 문제 해결 능력이 신장된다, 82.14%가 STEM 교육을 통해 학생들이 추상적인 개념을 더 잘 배운다, 그리고 64.28%가 STEM 교육을 통해 학생들이 스스로 탐구함으로써 더 많은 수학 개념을 배운다는 믿음을 가지는 것으로 나타났다.

응답 내용의 일관성을 확인하기 위해 부정적인 문항 2개가 포함되었다. 이 부정적인 문항들에 대한 응답을 살펴보면, 7.14%의 참여 교사만이 STEM 교육의 적용으로 인해 학생들의 성적이 낮아질 것이라고 답하였으며, 25%가 STEM 교육으로 학생들이 기본적인 계산 능력을 상실한다고 답하였다.

5) 교수 능력에 대한 신념

수학 수업에서 STEM 적용에 필요한 적절하고 충분한 지식에 대한 중·고등학교 수학 교사들의 신념은 MMSTEM의 4개 항목에서 측정되었다. 응답 결과를 종합하면, 참여 교사의 약 절반에 해당하는 수학 교사들이 중·고등학교 수학 수업에서 STEM 교육을 적용하는 데 필요한 지식이 불충분하고, 따라서 STEM 교육에 자신감이 없다고 믿는 것으로 나타났다. 세부적으로 살펴보면, 참여한 모든

수학 교사들 중, 48.38%만이 STEM 교육을 잘 적용하는 데 있어 전문교육이 유익하고 답하였다. 또, 46.42%만이 STEM 교육에서 적용되는 하나 또는 여러 내용 영역에 대한 충분한 지식이 있다고 답하였다. 48.14%가 STEM과 관련된 교수법을 적용하는 데에 약간의 두려움과 문제가 있다고 하였으며, 51.85%만이 자신의 수업에서 STEM 관련 교수법을 적용하는 데에 자신감이 있다고 답하였다.

IV. 논의 및 제언

1. 논의

본 연구에 참여한 수학 교사 대부분(약 85%)이 STEM 교육의 시행이 필요하고, 이를 적극적으로 지지하였다. 이러한 결과는 교사들의 신념과 STEM 적용에서 직면하는 어려움에 관한 다양한 선행연구들(Hsu, Purzer & Cardella, 2011; McMullin & Reeve 2014; Smith et al. 2015)에서도 확인된 바로서, 교사들이 학교 교육에서 STEM 교육을 적용하는 것이 중요하다는 의견을 강하게 가지고 있다는 것을 나타낸다. 다시 말해, 교사들은 STEM 교육과 적용이 중요하다고 느낀다는 것이다. 그러나 일부 교사들(약 35%)은 자료, 자원 및 기기의 부족으로 인해 STEM 교육의 효과에 대해 회의적이었다. 이러한 결과 또한, 이전 연구들과 부합한다. 예를 들어, Park, Dimitrov, Patterson & Park의 연구((2017)에서는 교사들이 학생들에게 STEM 기회를 제공하는 데 장벽이 되는 교육 자원의 부족을 인식했다. 또한, 여러 연구들에서 교사들이 수업에서 즉시 사용할 수 있는 구체적이고 준비된 STEM 활동 자료와 자원들을 필요로 한다고 언급했다(Asghar, Ellington, Rice, Johnson & Prime, 2012; Wang et al. 2011). 이러한 문제점들은 STEM 학문 영역에 기반하고 수업 목표에 적합한 구체적인 활동 자료를 교사들이 필요로 한다는 것을 강조한다고 볼 수 있다.

대부분의 수학 교사들(약 90%)은 STEM 교육이 효과적인 수업 전략을 제공한다고 믿지만, 교육적인 관점에서 주요 우려 사항은 시간으로 나타났다. STEM 교육을 적용함으로써 학생들이 탐구를 통해 더 많은 수학 내용을 배울 수 있다고 믿지만, 그 중 약 70%는 추가 수업 시간이 필요하다는 우려를 보였다. 다른 연구들도 시간에 대한 비슷한 우려를 보여주고 있다. 예를 들어 Bagiati & Evangelou(2015)는 교사들이 다른 과목 영역과 협력하여 계획을 세우고 학생들을 위한 자료를 준비하는데 훨씬 더 많은 시간을 필요로 한다고 강조했다. Hsu et al.(2011)에 따르면, 교재를 제시하고 학생들 간의 다양한 능력 수준을 허용하는 것도 더 많은 시간이 필요하며, STEM 수업 준비에 늘어난 시간으로 인해 교사들이 다른 업무를 수행할 시간 부족에 대한 부담감이 상당히 큰 것으로 나타났

다.

본 연구에 참여한 대부분의 수학 교사들은 STEM 교육이 수학을 재미있게 만들고, 학생들의 열정을 높이며, 수학 수업에서 학생들의 참여를 증가시키며, 학생들이 수학에 대한 긍정적인 태도를 형성하고, 학생들의 학습 동기를 증진시킨다는 믿음을 가지고 있었다. 즉, 교사들은 학생들이 STEM 활동에 참여하며 가지게 되는 관심이 매우 가치있다고 느끼고, 결국 학생들이 복잡한 문제를 해결하는 능력에 동기 부여되고 자신감을 얻게 된다고 믿었다. 다른 연구들에서도 교사들이 STEM을 교육과정에 적용한 후 학생들의 즐거움과 참여도가 증가한다고 보고되었다(예를 들어, Herro & Quigley, 2017; Lesseig, Slavitt, Nelson & Seidel 2016; Srikoorn, Hanuscin & Faikhamta, 2017; Van Haneghan, Pruet, Neal-Waltman & Harlan, 2015).

학생들의 인지적 발달에 관해서는, 대부분의 수학 교사들이 학생들이 자기탐구 활동을 통해 추상적인 수학 개념을 더 잘 이해하고 학습하며, STEM 교육을 통해 문제 해결 능력을 향상시킨다고 믿었다. 일부 연구(Bruce-Davis et al., 2014; Dare et al., 2014; Goodpaster et al., 2012; Van Haneghan et al., 2015)도 유사한 결과를 보고하여, 교사들이 학생들의 개념 이해와 의미 있는 학습에 기초하고 필수적이고 유익한 STEM 활동을 높이 평가하였다.

그러나 교사들의 인지적 발달에 대한 유일한 우려는 표준화된 시험에서의 학생들의 성과가 떨어질 수 있다는 것이었다. 일부 교사들은 STEM 교육으로 인해 학생들의 절차적 기술과 계산 능력이 약해진다고 믿었고, Park et al.(2016)의 연구에서는 초등학교 교사들에 비해 중등 교사들이 STEM 교육이 학생들의 성과에 미치는 영향에 대해 더 부정적으로 생각하고 있음을 보고하였다. STEM 교육과 학생들의 시험 성적간의 관계에 대한 연구는 많이 없지만, 최근 연구(Koklu, 2019)에서는 미국의 SAT(학업 능력 평가 시험)와 ACT(미국 대학 입학 시험)에서 STEM 적용 학교와 적용하지 않은 학교 간에 학생들의 성취 차이가 크지 않다는 것을 발견했다. STEM 프로그램의 적용과 학생들의 시험 성적과의 관계를 보고하는 보다 많은 연구 결과들은 교사, 교사 교육자, 정책 기관들에게 유익한 정보를 제공할 것이다.

마지막으로, 본 연구에서는 거의 절반이 넘는 수학 교사들이 중등 수학 수업에서 STEM을 적용하기에 적절하고 충분한 지식을 가지고 있다고 믿지 않는다는 것이 드러났다. 참여 교사들 중 절반 이상이 전문적인 교사 교육 프로그램이 STEM 교육과 관련하여 교사들에게 크게 유익하고 적합하다고 생각하지 않았다. 또한, STEM 관련 교수법을 적용하는 데 어려움과 불안감이 있음이 나타났다. 참여 교사들 중 약 절반이 STEM 관련 교수법을 자신의 수업에서 효과적으로 적용하는 데 자신감이 있다고 믿었다. 이와 유사한 결과를 보고한 다른 연구들

(Lesseig et al., 2016; Nadelson et al., 2013; Van Haneghan et al., 2015)에서는 교사들이 STEM 프로그램을 성공적으로 수행하는 데 도움이 가장 많이 되는 지원으로 STEM 내용을 교사 자신들의 교육과정에 효과적으로 적용할 수 있는 방법에 학습 기회를 늘리는 것을 언급했다고 보고하였다. 이전 연구들(Nadelson et al., 2013; Van Haneghan et al., 2015)도 효과적인 연수 프로그램이나 지속적인 교육이 교사들의 실천과 학생 학습에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

2. 제언

본 연구의 결과는 수학 교사들이 STEM 적용에 있어서 가지는 신념과 우려에 대한 중요한 측면을 밝혀냈다. 이러한 교사들의 신념과 우려는 교육 정책 및 행정 기관들뿐만 아니라 교사 교육 기관들에서 고려될 필요가 있다. 중등 수학 교사들은 주로 STEM 적용에 대해 긍정적인 신념을 가지고 있으며, STEM 교육이 수학적 개념의 이해를 개념적이고 의미 있는 방식으로 향상시킬 수 있다고 믿었다. 그러나 교사들은 수업에서 STEM 교육과정과 활동을 이해하고 적용하는 데에 다양한 어려움을 마주하고 있었다. 따라서 전부가 아니라 일부분이라도 이러한 어려움을 인식하는 데에 도움이 될 것으로 기대한다.

교사들이 가장 중요하게 언급한 어려움은 STEM 교육을 위해 필요한 자료, 자원 및 장비의 부족이었다. 교사들은 수업에서 즉시 사용할 수 있는 구체적이고 준비된 STEM 문제와 자료가 필요하다고 답하였다. 교육과정 개발자, 학교 운영자, 국가 및 지역 수준 교육 기관은 이러한 문제를 해결하기 위한 조치를 취해 교사들의 요구를 충족시켜야 할 것이다. 충분한 자료, 자원 및 장비 없이는 STEM 교육의 적용은 교사들의 좋은 의도와 긍정적인 신념 이상으로 나아갈 수 없을 것이다.

본 연구의 또 다른 중요한 결과는 수학 교사들이 수업에서 STEM 교육을 수행하는 데에 적절하고 충분한 지식이 없다는 것이다. 참여한 대부분의 교사들은 전문적인 교육과 교사 교육 프로그램이 STEM 교육을 가장 효과적으로 적용하는 데에 충분히 유익하지 않다고 생각했다. 또한, 교사들은 STEM 관련 교육 전략을 적용하는 데에 어려움과 우려가 있다고 언급했다. 이러한 결과는 대학 기관의 교사 양성 프로그램 운영에 매우 중요한 의미를 갖는다. 교사 교육 프로그램은 예비 교사들의 STEM 교육 관련 지식과 교수법을 강화하기 위해 교육과정을 재정비하는 것이 필요할 것이다. 또한, 현직 교사들이 새로운 접근 방식에 대해 최신 정보를 얻고 STEM 활동의 적용에서 직면한 문제들을 해결하기 위한 연수 또는 교육 프로그램의 개발 및 시행을 고려해야 할 것이다.

참고문헌

- (1) Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6(2), 85-125.
- (2) Bagiati, A., & Evangelou, D. (2015). Engineering curriculum in the preschool classroom: the teacher's experience. *European Early Childhood Education Research Journal*, 23(1), 112-128.
- (3) 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.
- (4) Cantrell, P., Pekcan, G., Itani, A., & Velasquez-Bryant, N. (2006). The effects of engineering modules on student learning in middle school science classrooms. *Journal of Engineering Education*, 95(4), 301-309.
- (5) Capobianco, B. M., DeLisi, J., & Radloff, J. (2018). Characterizing elementary teachers' enactment of high leverage practices through engineering design-based science instruction. *Science Education*, 102(2), 342-376.
- (6) Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2014). Driven by beliefs: understanding challenges physical science teachers face when integrating engineering and physics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 4(2), 47-61.
- (7) Goodpaster, K. P. S., Adedokun, O. A., & Weaver, G. C. (2012). Teachers' perceptions of rural STEM teaching: implications for rural teacher retention. *Rural Educator*, 33(3), 9-22.
- (8) Graves, L. A., Hughes, H., & Balgopal, M. M. (2016). Teaching STEM through Horticulture: Implementing an Edible Plant Curriculum at a STEM-Centric Elementary School. *Journal of Agricultural Education*, 57(3), 192-207.
- (9) Guzey, S. S., Ring-Whalen, E. A., Harwell, M., & Peralta, Y. (2019). Life STEM: A case study of life science learning through engineering design. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(1), 23-42.

- (10) Hargreaves, A., & Moore, S. (2000). Curriculum Integration and Classroom Relevance: A Study of Teachers' Practice. *Journal of curriculum and supervision*, 15(2), 89-112.
- (11) Herro, D. & Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43, 416-438.
- (12) Hsu, M. C., Purzer, S., & Cardella, M. E. (2011). Elementary teachers' views about teaching design, engineering, and technology. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 31-39.
- (13) Koklu, O. (2019). Effects of school characteristics on students' mathematics performances in high schools: Does stem education make any difference? *International Journal of Development Research*. 9(10), 30737-30746.
- (14) Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity 1. *Personnel psychology*, 28(4), 563-575.
- (15) Lesseig, K., Elliott, R., Kazemi, E., Kelley-Petersen, M., Campbell, M., Mumme, J., & Carroll, C. (2017). Leader noticing of facilitation in video cases of mathematics professional development. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 20(6), 591-619.
- (16) Levitt, K. E. (2002). An analysis of elementary teachers' beliefs regarding the teaching and learning of science. *Science education*, 86(1), 1-22
- (17) Martínez-Sierra, G., García-García, J., Valle-Zequeida, M., & Dolores-Flores, C. (2020). High School Mathematics Teachers' Beliefs About Assessment in Mathematics and the Connections to Their Mathematical Beliefs. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(3), 485-507.
- (18) Maass, K., Swan, M., & Aldorf, A. M. (2017). Mathematics teachers' beliefs about inquiry-based learning after a professional development course-An International Study. *Journal of Education and Training Studies*, 5(9), 1-17.
- (19) McMullin, K., & Reeve, E. (2014). Identifying perceptions that contribute to the development of successful project lead the way pre-engineering programs in Utah. *Journal of Technology Education*,

- 26(1), 22-46.
- (20) McNeill, K. L., & Knight, A. M. (2013). Teachers' pedagogical content knowledge of scientific argumentation: The impact of professional development on K-12 teachers. *Science Education*, 97(6), 936-972.
- (21) Mehalik, M. M., Doppelt, Y., & Schuun, C. D. (2008). Middle-school science through design-based learning versus scripted inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction. *Journal of engineering education*, 97(1), 71-85.
- (22) Nadelson, L. S., Callahan, J., Pyke, P., Hay, A., Dance, M., & Pfiester, J. (2013). Teacher STEM perception and preparation: inquiry-based STEM professional development for elementary teachers. *The Journal of Educational Research*, 106(2), 157-168.
- (23) Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of educational research*, 62(3), 307-332.
- (24) Park, H., Byun, S., Sim, J., Han, H., & Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science, & Technology Education*, 12(7), 1739-1753.
- (25) Park, M., Dimitrov, D. M., Patterson, L. G., & Park, D. (2017). Early childhood teachers' beliefs about readiness for teaching science, technology, engineering, and mathematics. *Journal of Early Childhood Research*, 15, 275-291.
- (26) Smith, R. C., Kim, S., & McIntyre, L. (2016). Relationships between prospective middle grades mathematics teachers' beliefs and TPACK. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(4), 359-373.
- (27) Srikoom, W., Hanuscin, D. L., & Faikhamta, C. (2017). Perceptions of in-service teachers toward teaching STEM in Thailand. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 18(2), 1-23.
- (28) Van Haneghan, J. P., Pruet, S. A., Neal-Waltman, R., & Harlan, J. M. (2015). Teacher beliefs about motivating and teaching students to carry out engineering design challenges: Some initial data. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5(2), 1-9.
- (29) Weinberg, A. E., & McMeeking, L. B. (2017). Toward meaningful

interdisciplinary education: High school teachers' views of mathematics and science integration. *School Science and Mathematics*, 117(5), 204-213.

Noh, Jihwa

Department of Mathematics Education

Pusan National University

Pusan, 46241 Korea

E-mail address: nohjihwa@pusan.ac.kr