



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학석사 학위논문

수학 중심 STEAM 수업 지도안의
학습 목표 및 교과 융합 방법 분석

2023년 2월

서울대학교 대학원

수학 교육과

권혜윤

수학 중심 STEAM 수업 지도안의 학습 목표 및 교과 융합 방법 분석

지도교수 권 오 남

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함
2022년 11월

서울대학교 대학원
수학 교육과
권 혜 윤

교육학의 석사 학위논문을 인준함
2022년 12월

위원장 유 연 주 (인)

부위원장 윤 상 균 (인)

위원 권 오 남 (인)

국문초록

미래 사회를 살아가기 위해서는 실생활 속 복잡하고 다원화된 문제를 다양한 영역의 지식을 융합하여 해결할 수 있는 능력이 필요하다. 이에 따라 기존의 수학 교육이 미래 시대를 살아갈 학생들에게 적절하지 않다는 문제가 지속적으로 제기되어 왔다. 따라서 STEAM 교육은 교과 간의 융합을 전제로 한다는 점에서 의미가 있으며 수학 중심 STEAM 수업에 대한 필요성이 높아지고 있다. 하지만 기존의 STEAM 수업 설계에 있어서 교과 간의 융합 방법에 대한 이론적 토대가 없어 수업의 연결성과 체계성이 떨어진다는 비판을 받아 왔다. 따라서 우리나라 STEAM 교육을 해석하고 실천해왔던 수학 교사들이 STEAM 교육에서 교과 융합을 어떻게 개념화하고 있는지를 확인하여, STEAM에서 나아가 수학 교사들의 융합교육 전문성 향상을 위해 유의미한 정보를 제공하고자 한다.

이 연구는 현재 STEAM 교육을 실천하고 있는 교사들의 교과 융합 관련 내용 지식을 살펴보고, 앞으로의 융합 교육 발전 및 교사들의 전문성 향상에 유의미한 정보를 제공하고자 한다. 이를 위해 교사가 STEAM 교육 정책을 어떻게 해석했느냐에 따라 교육의 실행, 즉 교과의 융합 방법 역시 상이할 것으로 전제하고, 지난 10여 년간의 STEAM 교육 정책 시행에 따라 우리나라의 수학 중심 STEAM 교육에서 융합은 어떠한 방법으로 이루어졌는지 분석하고자 한다. 구체적으로, 수학 중심 STEAM 수업의 학습 목표와 학습 활동의 관계를 기반으로 교과의 융합이 어떻게 이루어지고 있는지 분석하고, 융합 관련 선행 연구 및 STEAM 정책 연구와 어떠한 연관성이 있는지를 반영하여 교과 융합 방법을 범주화하고자 한다.

먼저 수학 중심 STEAM 수업의 수업 의도를 밝히기 위해 학습 목표를 분석한다. 분석을 위해서는 Anderson, Krathwohl(2001)의 교육목표분류학을 사용한다. 다음으로 수업 목표에 따른 융합 방법을 분류하기 위해 수업 지도안을 대상으로 질적 내용분석을 실시한다. 구체적으로, 수업의 학습 목표와 수업 지도안의 활동 내용을 비교하여, 연계 교과가 어떠한 기능을 수행하는지

에 초점을 맞추어 융합의 방법을 범주화한다. 범주화할 때 기준은 Anderson, Krathwohl(2001)을 따라 분류한 학습 목표와 학습 내용의 지식 종류와 인지 과정 수준을, 그리고 우리나라 교육 정책 및 현장을 반영하여 교육과정상의 성취기준을 참고하였다. 연구의 결과로 나온 범주화의 결과가 배타적으로 구성될 수 있도록 지식, 인지 과정 및 교육과정 성취기준으로서의 구분을 명료히 하고자 하였다.

연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 수학 중심 STEAM 수업의 학습 목표를 분석한 결과, 수학 교사들은 교과와의 융합을 수학 교과 수업에서 다루던 지식의 종류를 다양하게 하고, 인지 과정 수준을 높여주는 방법으로 인식하고 있었다. 둘째, 중학교에 비해 고등학교 융합 수업의 수업목표에서 요구하는 인지활동 수준이 낮았다. 셋째, 수학 중심 STEAM 수업의 학습 목표를 기반으로 교과 융합 방법을 상황적 융합, 도구적 융합, 방법적 융합, 산출적 융합, 소통적 융합, 개념적 융합의 6가지 방법으로 구분할 수 있었으며, 상황적 융합은 사실적 상황과 개념적 상황, 산출적 융합은 단편적 산출과 융합적 산출로 구분할 수 있었다. 이는 한국과학창의재단에서 제공한 STEAM 수업 설계 체크리스트의 활동 준거와 연관이 깊었다. 수학 교사들이 STEAM 수업 설계에서 활동 준거를 반영하는 것이 STEAM 수업이라고 인식하고 있음을 확인하였다.

이 연구를 통해 우리나라의 수학 중심 STEAM 교육은 어떻게 설계되고 있는지 그 실태를 간접적으로 확인할 수 있었으며, 우리나라 수학 중심 STEAM 수업의 융합 방법을 구분할 수 있었다. 이는 교과 융합을 분류해왔던 국외 선행 연구보다 우리나라 교육 현장에 적합한 구분이라는 데 의미가 있다. 단순히 교과 내용을 병렬적으로 제시하는 것이 교육적으로 의미 있는 것이 아니라, 학생이 융합 수업을 통해 어떠한 지식을 얻고 인지 과정을 경험하는지를 확인하는 것이 의미 있는 학습을 이루어내기 위한 토대가 됨을 시사한다.

주요어 : STEAM 교육, 수학 중심 융합 수업, 교육목표 분류, 수업 지도안 분석, 융합 방법

학 번 : 2021-22409

목 차

국문초록	i
목차	iii
표목차	v
그림목차	vii
제 1 장 서론	1
제 2 장 문헌 검토	4
제 1 절 STEAM 교육과 융합 교육	4
1. STEAM 교육과 STEM 교육	4
2. STEAM 외 융합 교육	10
3. STEAM 및 교과 융합 분류 관련 선행 연구	11
제 2 절 STEAM 교육과 수학	15
제 3 절 융합 교육 전문성과 교사 내용 지식	20
제 3 장 연구 방법	23
제 1 절 자료 분석 방법	25
제 2 절 자료 수집 방법	29
제 3 절 자료 분석 방법	31
제 4 장 결과	36
제 1 절 수학 중심 STEAM 수업 지도안 학습 목표 분석	36
제 2 절 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 교과 융합 방법 범주화	

.....	40
제 5 장 결론 및 제언	65
참고문헌	71
부록	79
Abstract	84

표 목 차

〈표 II-1〉 STEAM 교수학습 준거(박현주 외, 2012)와 4C-STEAM(백윤수 외, 2011)	8
〈표 II-2〉 STEAM 수업 개발을 위한 체크리스트(박현주 외, 2012)	9
〈표 III-1〉 연구 절차	24
〈표 III-2〉 Anderson, Krathwohl(2001)의 지식 차원 구분	27
〈표 III-3〉 Anderson, Krathwohl(2001)의 인지 과정 차원 구분	27
〈표 III-4〉 STEAM 교사연구회 결과보고서 구성	30
〈표 III-5〉 STEAM 프로그램 결과보고서 상의 수업 지도안 틀	31
〈표 III-6〉 연구 자료	31
〈표 IV-1〉 Anderson, Krathwohl(2001)의 교육목표분류표	36
〈표 IV-2〉 ‘중학교 통계기반 IOT 건축 설계’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)	37
〈표 IV-3〉 ‘수학으로 바라본 세상’ 3차시 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)	41
〈표 IV-4〉 ‘테라포밍 어스 리부트 프롬 어스’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)	43
〈표 IV-5〉 ‘수학으로 묻고 이미지로 답하다’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)	47
〈표 IV-6〉 ‘AI 인공지능 활용 기반 STEAM 프로그램 개발’ 수업	

지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)	49
<표 IV-7> ‘수학으로 바라본 세상’ 4차시 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)	51
<표 IV-8> ‘흥부놀부’ 1차시 수업 지도안의 학습 목표와 분류 (한국과학창의재단, 2022a)	54
<표 IV-9> ‘중학교 통계기반 IOT 건축설계’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)	56
<표 IV-10> ‘흥부놀부’ 2차시 수업 지도안의 학습 목표와 분류 (한국과학창의재단, 2022a)	60
<표 IV-11> ‘스포츠 음악 자연 속의 수리 과학’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)	63
<표 IV-12> 교과 융합 방법 구분과 기준	64
<표 IV-13> 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 교과 융합 방법 분석 결과	64

그림 목 차

[그림 II-1] STEAM 교수학습 준거틀	8
[그림 II-2] 김진수(2011)의 STEAM 교육을 위한 큐빅모형	13
[그림 II-3] 김성원 외(2012)의 Ewha - STEAM 모형	14
[그림 III-1] 수업 지도안의 학습 목표와 교육목표분류 대응 과정	34
[그림 IV-1] ‘수학으로 바라본 세상’ 3차시 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)	42
[그림 IV-2] ‘테라포밍 어스 리부트 프롬 어스’ 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)	45
[그림 IV-3] ‘수학으로 묻고 이미지로 답하다’ 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)	47
[그림 IV-4] ‘AI 인공지능 활용 기반 STEAM 프로그램 개발’ 수업 지도안 일부	51
[그림 IV-5] ‘수학으로 바라본 세상’ 4차시 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)	52
[그림 IV-6] ‘흥부놀부’ 1차시 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)	55
[그림 IV-7] ‘중학교 통계기반 IOT 건축설계’ 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)	58
[그림 IV-8] ‘흥부놀부’ 2차시 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)	59
[그림 IV-9] ‘스포츠 음악 자연 속의 수리 과학’ 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)	62

제 1 장 서론

수학은 기초학문으로서 실생활에서 주변 현상을 분석하고 이해하는 데 도움을 준다. 하지만 맥락이 주어지지 않은 채 이루어지는 이론 위주의 수학 교육에 대한 비판은 계속되어 왔다(de Lange, 1996; Treffers, 1987). 현재 이루어지고 있는 교육 및 수학 교육의 모습이 미래 시대를 살아갈 학생들에게 적절하지 않다는 문제도 지속적으로 제기되고 있다. 학생들은 미래 사회에 있어서 컴퓨터를 더 쉽게 접할 수 있게 되었고, 컴퓨터가 대신해 줄 수 있는 학교의 계산 및 문제 해결 학습의 필요성을 더 이상 느끼지 못하게 되었다. 따라서 수학 교육은 더 이상 고정된 지식을 전달하는 것이 아니라 학생들에게 실생활에 있는 다원화된 문제를 창의적으로 융합하여 새로운 지식을 형성하고 문제를 해결하는 역량을 기르기 위해 노력해야 한다(나귀수 외, 2018; Gravemeijer, 2017).

STEM 교육은 미국에서부터 시작되었으며, 이공계 인재 양성을 통해 국가 경쟁력을 확보하기 위한 방안으로 도입되었다. 미국의 STEM 교육을 시작으로 여러 국가에서는 과학, 기술, 공학 영역의 혁신에 성공적으로 적용할 수 있는 인재를 육성하는 것을 목표로 다양한 현장 지원 정책을 운용하였다. 또한 국가에 따라서는 과학, 기술, 공학, 수학에 예술(Art)를 추가하여 STEAM 교육이라 정의하고 관련 정책을 운용하였다. 세계적으로 미국, 호주, 영국 등 세계 주요국 역시 STEM 혹은 STEAM에 대한 중장기 교육 전략 발표 및 운영, 교사 양성 등으로 정책적 지원을 제공하고 있다.

이에 우리나라에서도 교육부와 한국과학창의재단은 2012년을 시작으로 STEAM 교육의 확산과 프로그램 개발을 위해 다양한 정책적 지원을 해왔으며, 2018년부터 2022년까지 STEAM 교육의 방향타가 되어줄 중장기 계획을 발표함으로써 융합 교육의 중요성을 강조하였다(교육부, 2017). 교육과학기술부는 2011년 핵심과제로 ‘창의적 융합인재 양성’을 강조하면서 융합인재교육(STEAM 교육)을 도입했다. 교육과학기술부는 STEAM 교육을 ‘기존 이론 중심의 수학·과학 교육에 기술·공학과 예술 교육을 연계하여, 첨단 과학기

술에 대한 종합적 사고와 문제해결능력을 갖춘 창의적 기술인재를 양성하는 정책'으로 정의하고 있다(심재호, 이양락, 김현경, 2015). 최근에는 과학·수학·정보 및 융합 교육 중장기 계획 수립을 통해 미래사회를 선도하는 글로벌 창의·융합형 인재 양성 및 미래교육 체제로 전환하고자 2020년부터 2024년까지 융합 교육 종합계획을 발표하였다(교육부, 2020). 따라서 미래의 교육은 기존의 개별적이고 분절된 교과 중심의 패러다임과 차별화되고 개별 교과의 분야나 영역과 학교 교육의 범위를 뛰어넘는 '융합 교육'을 지향한다.

이러한 STEAM 교육의 목표는 미래 과학기술 사회가 요구하는 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 등 다양한 분야의 융합적 지식을 기반으로 새로운 가치를 창출하고, 종합적인 문제 해결력을 갖춘 인재를 양성하는 것이다(백운수 외, 2011). 이를 위해 융합적 지식 혹은 역량 정의(박현주 외, 2019; 백운수 외, 2011), STEAM 교육 수업 설계(김진수, 2011; 박현주 외, 2012; 최유현, 이은상, 김동하, 2013; 한혜숙, 2013), STEAM 교육에 대한 교사 및 예비교사의 인식(손연아 외, 2012; 신영준, 한선관, 2011; 이지원, 박혜정, 김중복, 2013; 한혜숙, 이화정, 2012) 등 STEAM 교육 지원을 위한 다양한 주제의 연구가 진행되어 왔다.

그렇다면 융합 교육에서 융합은 어떻게 이루어지는가? 다시 말해 우리나라의 교육 사회 환경에 통합된 STEAM 교육은 어떻게 교육현장에서 시행되고 있을까? 우리나라 STEAM 교육은 시행된 이래로 교과 간의 융합을 어떻게 진행할 수 있는지에 대한 구체적인 지침이나 정보를 제공하지 않는다. 즉 수학 중심의 융합 수업을 진행하면서 수학과 융합되는 교과가 어떠한 체계성과 연결성을 가지고 있는지를 명시적으로 제시할 이론적 토대가 부족하다. 임유나(2012)는 우리나라의 STEAM 교육의 문제점 중 하나를 STEAM 수업을 구성하는 데 있어서 교과 간 내용 요소를 확인하여 체계성과 연계성을 만들어내는 단계가 없는 것이라고 지적했다. 따라서 단순히 교과 내용이 합쳐진 융합 수업이 아닌, 어떻게 교과 융합이 실천되었는지에 대한 연구가 필요하다. 또한 수학 중심 STEAM 수업에 대한 반성적 성찰과 함께 의미 있는 수학 중심 융합 수업 설계를 위하여 교과의 융합이 현재 어떠한 방법으로 수학 학습을 지원하고 있는지 확인할 필요가 있다.

교사는 수업을 구성할 때 수업의 의도를 반영한 융합 수업을 개발하게 된다. 따라서 개발된 범주가 체계적으로 설명되기 위해서는 교사가 수업을 설계할 때의 상황으로 회귀할 필요가 있다. 수업 설계에서 가장 먼저 하는 일은 학습 목표를 규명하는 것이다. 수업 목표는 수업 설계의 기본 방향과 틀을 안내하기 때문에 효과적인 교수·학습을 설계하게 하고, 수업을 실행할 때 도입 부분에 반드시 학생에게 제시되며, 수업의 결과를 평가하는 지침이 되기도 한다(Collette, A. T., Chiappetta, E. H., 1984). 학습 목표는 주로 학생이 학습을 거치고 난 후 구성하게 될 지식과 학습을 통해 경험할 인지 과정을 포함한다. 따라서 이 연구는 수학 중심 STEAM 수업의 학습 목표를 지식과 인지 과정 차원에서 분석하여 수학 중심 융합 수업의 목표가 어떻게 개발되고 있는지, 그 안에서 교과와의 융합은 어떠한 역할을 하고 있는지 분석한다. 이는 수학 중심 STEAM 수업의 학업적 효과가 미미하다는 점, 수학이 단순히 도구적인 역할만을 수행한다는 점 등 수학 중심 STEAM 교육에 대해 보고되어 온 문제점의 원인을 분석하고 효과적인 교과 융합 방법 및 수준을 진단할 수 있는 새로운 비판적 시각을 제공할 것이다.

STEAM 교육 운영 관련 정책은 10여 년간 지속되어 왔으며 다양한 형태의 정책문서를 통해 교과 간의 융합이 권장되어 왔지만, STEAM 교육이 의무화되지는 않았다. 따라서 STEAM 교육은 지난 10여 년간 STEAM 교육의 필요성을 느끼고 교육 정책을 적극적으로 실천하기 위한 교사들의 노력으로 이루어졌다. 교육 정책은 학교현장에서의 시행을 염두에 둔 것이긴 하나 문서의 특성상 추상적인 성격을 지닌 것으로, 교사들의 적극적인 이해와 해석을 통해야만 비로소 결합할 수 있는 여러 범주로 나누어진 정보를 담고 있다(Hodge, 2018). 즉 STEAM 교육 정책은 창의·융합 인재 양성이라는 목표를 교사들이 일관된 형태로 지도한다기보다 교사 편에서의 적극적인 해석과 번역 과정을 거쳐 현장에 시행된다. 즉 STEAM 교육은 교사의 해석적 실천, 즉 의미-만들기(Sense-making) 과정에 의한 실천으로 이해될 필요가 있다(소경희, 최유리, 박지애, 2020). 이러한 교사들의 해석 과정에는, 교사 개인이 가지고 있는 개인적인 해석 틀, 교사가 처해 있는 사회적·조직적 맥락, 그리고 교육개혁 정책 문서의 영향력들이 상호교차적으로 관여될 수 있다. 따라서 이 연구는 교

과 융합에 대한 교사의 내용 지식(Content knowledge)은 교사의 해석적 실천에 의해 발전되었음을 전제로 하며, 우리나라의 STEAM 교육을 포함한 ‘융합 교육 전문성’ 개발 실태 분석의 성격을 띤다. 기존에 교과 간의 관계를 규정하거나 교과 융합의 수준을 정의한 다양한 연구들이 존재하지만(Bryan et al., 2015; Drake, Burns, 2004; Fogarty, 1991), 이는 융합을 구분하고 분석하기 위한 이론적 성격을 띤다. 이 연구에서는 이와는 반대로, 교사가 교과 융합을 어떻게 해석하여 수업에 적용하고 있는지, 교과의 융합이 어떠한 기능을 하고 있는지 조금 더 실천적으로 바라보고자 한다.

이 연구는 현재 STEAM 교육을 실천하고 있는 교사들의 교과 융합 관련 내용 지식을 살펴보고, 앞으로의 융합 교육 발전 및 교사들의 전문성 향상에 유의미한 정보를 제공하고자 한다. 이를 위해 교사가 STEAM 교육 정책을 어떻게 해석했느냐에 따라 교육의 실천, 즉 교과의 융합 방법 역시 상이할 것으로 전제하고, 지난 10여 년간의 STEAM 교육 정책 시행에 따라 우리나라의 수학 중심 STEAM 교육에서 융합은 어떠한 방법으로 이루어졌는지 분석하고자 한다. 이에 연구 질문은 다음과 같다.

1. 우리나라 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 학습 목표를 지식과 인지과정 차원에서 분석한 결과는 어떠한가?
2. 우리나라 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 교과 융합의 유형은 무엇인가?

제 2 장 문헌 검토

제 1 절 STEAM 교육과 융합 교육

1. STEAM 교육과 STEM 교육

STEM 운동¹⁾은 1990년대 초 국가 경제 경쟁력을 유지하기 위해 STEM 역량, 즉 STEM 교과를 이해하고 적용하여 실세계 문제를 해결할 수 있는 능력(Zollman, 2012)의 향상이 필요하다는 인식을 시작으로 일어났다. 버지니아 공과대학이 2005년에 STEM 교육의 첫 학위를 창설한 이후로 STEM 교육은 교육 분야에서 국제적인 관심을 받기 시작했다(Martín-Páez et al., 2019). 미국에서 시작된 STEM 교육이 OECD 국가에 영향을 미치고 있으며, 우리나라의 경우 이를 변형시킨 STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics; 이하 STEAM) 교육으로 표기하고 STEAM 개념을 한국화하여 도입하였다고 볼 수 있다.

미국의 경우 STEM 분야의 직업에 대한 학생들의 흥미와 인식이 떨어지면서 STEM 분야의 인력 공백을 염려하였다. 따라서 국가 경쟁력을 강화하기 위해서 이를 큰 문제로 인식하고 교육개혁을 진행한 것으로 볼 수 있다. 이에 따라 미국 정부는 STEM 교육에 2011년만 해도 37억 달러의 예산을 책정하여 지원함으로써 K-12 학교교육에서 성과를 내려는 하는 의지를 보여주고 있다(이춘식, 2012). 이러한 의미에서 STEM 교육은 그 자체에서 과학, 기술, 공학, 수학 교과 간의 융합적인 성격을 띠고 있지만, 국가적 차원에서 단순한 교과 간의 연결보다 더 큰 의미를 지닌다고 볼 수 있다. California

1) 예술(Art) 과목의 포함 여부에 따라 STEM, 혹은 STEAM으로 표기하였으며 이는 국가마다 상이하다. 또한 한국에서는 융합 교육과 STEAM 교육을 같은 용어로 제시하고 있었으며 최근에는 융합 교육(STEAM)으로 표기한다. STEAM 교육은 융합 교육의 한 방법으로 사용되었지만 그 표현을 따라 본문에서는 연구 국가에 따라 STEM과 STEAM을 병기하고, 융합 교육(STEAM)을 STEAM 교육으로 통일하여 표기한다.

Department of Education(2014)는 STEM 교육에 대하여 다음과 같이 주장했다.

…과학, 기술, 공학 및 수학의 단순한 융합 이상의 개념입니다. 실제 문제 기반 학습과 결합한 간학문적(interdisciplinary) 응용 접근법입니다. STEM 교육은 응집력 있고 적극적인 교육 및 학습 접근방식을 통해 4가지 분야(교과)를 융합합니다. 우리는 이제 이러한 과목들이 현실 세계나 노동시장에서 독립적으로 존재하지 않는 것과 마찬가지로 단독으로 가르칠 수도 없고 가르쳐서도 안 된다는 것을 이해해야 합니다.

(California Department of Education, 2014)

우리나라에서 2011년부터 추진되고 있는 STEAM 교육은 이러한 국제적인 흐름에 영향을 받았다. 한국과학창의재단에서 제공하는 STEAM 교육의 정의는 “융합인재를 기르기 위해 과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이고, 과학기술 기반의 융합적 사고와 문제 해결력을 배양하는 교육”이다. STEAM 이라는 용어는 기존의 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Mathematics) 과목에 예술(Art)를 추가한 용어이다. STEAM 교육의 정의를 해석해보면, 융합형 인재를 기르기 위한 교육을 우리나라 STEAM 교육의 목적이라고 할 수 있다(한국과학창의재단, 2022a). 이때, 융합형 인재는 다음과 같이 정의된다.

일반적으로 융합은 서로 다른 이질적인 영역 혹은 분야들 간에 이루어지는데, 성공적 융합을 위해서는 반드시 서로에 대한 ‘이해’를 전제로 한다. 융합에 대한 논의는 점차적으로 과학기술과 인문사회과학, 예술 등 영역을 아우르거나 영역을 뛰어넘는 의미까지 이루어지고 있으며, 따라서 국가에서 요구하는 미래 사회에 필요한 융합적 인재의 의미는 더욱 확장되고 있다.

융합형 인재란 미래의 과학기술정보 사회가 요구하는 새로운 인재상으로, 다양한 분야에 대한 융합의 전문성과 창의성을 지니고 삶을 즐기며 타인을 배려하고 소통하는 인재를 의미한다.

(백운수 외, 2012, p. 19)

이에 따르면, 융합형 인재란 특정 분야에 국한된 전문성을 가진 인재가 아닌, 과학·기술·정보·사회가 요구하는 인지적 영역뿐만 아니라, 창의성, 배려, 소통과 같은 정의적 영역을 모두 개발할 수 있는 인재라고 볼 수 있다. 따라서 기존 정의는 과학, 기술 교과에 초점을 둔 것처럼 해석할 수 있지만, 현재는 두 교과 뿐만 아니라 다양한 교과 간의 융합적 사고를 함양하는 교육을 폭넓게 STEAM 교육이라고 지칭한다.

<표 II-1> 융합인재교육의 10가지 목적(백운수 외, 2012)

융합인재교육의 10가지 목적
빠르게 변화하는 사회 변화에 개인의 적응력을 높이는 것
개인의 창의·인성, 지성과 감성의 균형 있는 발달을 돕는 것
타인을 배려하고 협력하며, 소통하는 능력을 함양하는 것
과학 효능감과 자신감, 과학에 대한 흥미 등을 증진시킴으로써 과학학습에 대한 동기 유발을 높이는 것
융합적 지식 및 과정의 중요성을 인식시키는 것
학습자 중심의 수평적 융합적 교육으로 전환하는 것
합리적이고 다양성을 인정하는 문화 형성에 기여하는 것
대중의 과학화를 기반으로 한 합리적인 사회를 구성하는 데 기여하는 것
창조적 협력 인재를 양성하는 것
이공계 기피 현상을 최소화 하여 과학기술 분야로 진출하는 학생의 수를 확대하는 것

백운수 외(2012)에서는 융합인재교육의 10가지 목적을 제시하였으며 <표 II-1>과 같다. 이를 미국 STEM 교육 도입 배경과 비교하면 우리나라의 융합인재교육(STEAM)의 특징을 살펴볼 수 있다. 앞서 살펴본 바와 같이 미국의 STEM 도입의 경우 국가의 경쟁력 향상을 위한 목적이 주를 이룬다면, 우리나라의 경우 ‘과학 효능감과 자신감, 과학에 대한 흥미 등을 증진시킴으로써 과학학습에 대한 동기유발을 높이는 것’, 혹은 ‘이공계 기피 현상을 최소화 하여 과학기술 분야로 진출하는 학생의 수를 확대하는 것’ 과 같이, 우리나라에서도 과학, 기술, 공학, 수학에 대한 관심이 낮다는 문제점에서 도입이 되었다는 것을 알 수 있다. 다만 차이점이 있다면 우리나라는 인재 양성을 위해 ‘자신감, 흥미 등을 증진’ 시킴으로써 과학학습에 대한 동기유발을

높이는 것을 그 방법으로 삼고 있다는 것이다. 따라서 기존 교육에 비해 지식 간의 관련성을 강조하여 어디에 쓰이고 왜 배우는지를 이해하고, 스스로 설계하고 탐구·실험하는 과정을 강조하며 실생활 문제해결력을 기르는 특징을 가지고 있다(조향숙, 김훈, 허준영, 2012). 실제 STEAM 선도학교 학생의 태도 조사 결과 사후 유용성과 가치인식, 배려, 소통 등 다양한 측면에서 유의미하게 상승한 것으로 나타났으며(한국과학창의재단, 2022b) 융합인재소양/역량 및 창의성/문제해결력, 자기주도적학습능력, 교과흥미도, 진로, 교과지식/기능 등에 미치는 영향을 조사하는 다양한 연구가 진행되고 있었다.

Moore(2008)은 융합 교육에 있어서 교육은 다음과 같은 기능을 해야 한다고 말했다; (a) STEM 교과의 깊은 내용 이해를 촉진할 수 있는 풍부하고 참여적인(engaging) 학습 경험; (b) 전통적 이해를 단순히 섞은 것을 넘어선 의미 있는 방식으로 교과 내용을 지도하는 STEM 맥락을 포함하는 교육과정; (c) 많은 교사들이 STEM 맥락을 사용하는 교과 내용을 학습하지도, 가르치지 않았으므로 STEM 융합이 의미 있는 STEM 학습으로 가기 위한 새로운 교수 모델 제시. 이는 기존 수업과는 다른 새로운 수업 형태로서의 의미를 가지며, 단순히 교과의 내용을 합하는 것이 아닌 여러 학문적 지식을 통합하여 하나로서의 전체인 새로운 학문이 창조된 STEM 수업의 특성을 설명한다(Morrison, 2006).

한국과학창의재단에서는 이러한 STEAM 교육이 실제 현장에서 이루어질 수 있도록 ‘STEAM 교수학습 준거틀’ 과 ‘STEAM 수업 개발을 위한 체크리스트’ 를 제시하였다. 박현주 외(2012)는 STEAM 교육의 구성 요소와 수업 설계를 위한 준거틀을 개발하였다. 현장에서 교사들이 STEAM 수업을 계획할 때 가이드라인으로 활용할 수 있는 수업의 준거틀을 제안하였다. 연구에 따르면, STEAM 교육은 창의적 설계, 감성적 체험, 내용 융·통합의 세 영역으로 구성된다. 창의적 설계는 창의성, 효율성, 경제성, 심미성 등을 발현하여 다양한 분야의 융합된 지식을 토대로 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 과정이고, 감성적 체험은 학습에 대한 흥미, 자신감, 만족감, 성취감 등을 느껴 몰입하고 자기주도적인 학습이 가능하게 하는 체험을 말한다.



[그림 II-1] STEAM 교수학습 준거틀

STEAM 수업은 학생이 ‘몰입’ 과 ‘성취의 기쁨과 실패의 가치 경험’ 에 관련된 전반적인 정서를 경험하는 것을 목표로 한다. 이때 몰입이란 주위의 모든 잡념, 방해물들을 차단하고 원하는 어느 한 곳에 자신의 모든 정신을 집중하는 것으로, 사람들은 내재적으로 동기화된 경험에서 자신이 관심을 쏟는 대상에게 완전히 몰입되고 빨려 들어가게 된다는 것이다. 즉, 감성적 체험은 STEAM 관련 교과에 대한 흥미를 강조하는 우리나라의 STEAM 교육의 특성을 반영한 요소라고 할 수 있다. 현재 한국과학창의재단에서 제공하는 STEAM 교육 웹페이지에는 이를 단순화하여 [그림 II-1]과 같이 제시하였다.

백윤수 외(2011)은 STEAM 교육의 실행 방향 정립을 위해 우리나라의 교육 환경과 실정에 맞는 STEAM 교육의 방향에 대해서 제안하고자 연구를 수행하였다. 그 결과, 우리나라 과학기술교육의 문제점을 최소화하고 학생들의 과학기술공학에 대한 흥미와 동기 유발, 효능감 등의 극대화 및 창의·인성 교육을 포함한 한국형 융합인재교육의 유형으로 4C-STEAM 역량을 제안했다. 이를 시작으로 국내외 연구에서 우리나라에 실정에 맞는 교육 제도의 수용을 위하여 다양한 연구가 수행되었다.

박현주 외(2012)는 융합인재교육에 대한 교사들의 이해를 돕고 학교 현장에서 바람직한 방향으로 정착하는 데 기여하고자 STEAM의 구성요소와 그 하위개념 요소들을 정립하고, 이를 바탕으로 수업 설계를 위한 준거틀을 세분

화하였다. 이중 교수학습 준거는 STEAM 교육의 지향점을 반영한 활동을 제시하여 목표와 취지에 맞는 STEAM 수업을 구성하였는지 스스로 판단하도록 하기 위한 체크리스트 구분이다. 한국과학창의재단(2022a)에서는 공식 웹사이트에 STEAM 수업 개발을 위한 체크리스트를 개발하여 제시하였다. 체크리스트(<표 II-2> 참고)는 ‘STEAM 교육 목표’, ‘STEAM 교수학습 준거’, ‘STEAM 평가’ 라는 총 세 영역으로 이루어져 있었으며, 각 성취기준 역시 과학, 기술 교과 중심으로 초기 우리나라 STEAM의 개념화를 반영하였다고 볼 수 있다.

<표 II-2> STEAM 수업 개발을 위한 체크리스트(박현주 외, 2012)

STEAM 교육 목표	과학 기술 흥미와 이해		과학기술에 대한 흥미와 이해를 높일 수 있는가?
	과학기술 기반 융합적 사고력		과학기술 기반의 융합적 사고력을 함양할 수 있는가?
	과학기술 기반 문제해결력		과학기술 기반의 실생활 문제해결력을 함양할 수 있는가?
STEAM 교수학 습 준거	상황제시	실생활 문제	전체학습을 아우르며 학생이 흥미를 느끼고 몰입할 수 있는 실생활 문제를 다루고 있는가?
	창의적 설계	아이디어 발현	학생의 아이디어를 학습활동에 반영할 수 있는 기회를 제공하고 있는가?
		산출물	학생 중심으로 유·무형의 산출물이 다양하게 나오도록 하고 있는가?
		협력	학생이 서로 배려하고 협력할 수 있는 활동이 포함되어 있는가?
감성적 체험	성패의 경험	성공 또는 실패의 가치를 경험할 수 있는 기회를 제공하고 있는가?	
STEAM 평가	학습과 성장		학생의 학습과 성장을 돕는 방향으로 평가가 구성되고 있는가?

2. STEAM 외 융합 교육

STEAM 교육의 등장 이전에도 교과 간 혹은 교과 내에서의 융합 교육의 필요성은 꾸준히 제시되어왔다. 기존 연구에서는 ‘통합(integration)’ , ‘종합(synthesis)’ , ‘융합(convergence)’ , ‘통섭(consilience)’ , ‘복합(fusion)’ 과 같은 단어를 사용하였다. 특히 통합(integration)의 경우 교육과정의 맥락에서 보면, 교육내용의 통합과 더불어 학습자의 경험과 지식, 학습자와 전문가의 통합을 의미한다(Drake, 1993; Fogarty, 1991; Jacobs, 1989). 특히 교육내용의 통합은 내용을 연계하는 정도나 방식에 따라(Drake, Burns, 2004) 다학문적, 간학문적, 초학문적 통합으로 구분할 수 있다. 종합(synthesis)은 이 중 다학문적 통합의 성격을 띠며, 교과 간의 동등한 무게와 상호작용을 포함한다. 융합(convergence)은 학문, 교과 간의 벽이 허물어지면서 서로 연결되어 새로운 지식이 창출되는 것을 포함하는 교육을 말한다. 이 연구에서는 최근 교육과정 문서에서의 ‘융합인재교육’ (정재화, 전재돈, 이효녕, 2015), ‘융합 교육(STEAM)’ (교육부, 2022)의 표현에 따라 STEAM 교육의 각 수업 단위를 STEAM 수업 혹은 수학 중심 융합 수업으로 칭한다. 다만, 여기에서의 ‘융합’ 은 기존 연구에서 다루었던 ‘통합(integration)’ 과 ‘융합(convergence)’ 를 모두 포함하며, 교과 내 교과 간의 통합(integration)을 통해 STEAM 소양과 같은 새로운 앎을 창출하는 것(convergence)으로 개념화²⁾ 하고자 한다.

최근 들어 통합교육과정이나 융합 교육의 개념을 확장하여 세계화와 다양화를 특징으로 하는 21세기를 이끌어가기에 적합한 인성과 창의성 및 세계시민의식 등의 역량을 갖춘 인재를 양성하고자 하는 교육을 “융복합교육”으로 정의하고 교과교육에서도 이를 실천하기 위한 방법을 탐색하는 연구들이 활발하게 진행되고 있다(구하라 외, 2013; 문종은 외, 2015; 문종은, 주미경,

2) 이 연구에서는 STEAM 교육을 포함하는 개념으로 ‘융합’ 교육을 사용하나, 선행 연구에서는 연구별 진행 시기와 초점이 달라 교과 간의 융합을 지칭하는 용어로 ‘통합’ , ‘융통합’ 등 다양한 용어를 사용하였다. 따라서 이 연구에서는 의미에 차이를 두지 않은 채 선행 연구에서의 용어로 표기한다.

2018; 차운경 외, 2016; 함승환 외, 2013). 차운경 외(2016)는 융복합교육 담론이 오늘날의 시대적 흐름 속에서 기존의 통합교과 접근을 새롭게 재조명하는 기회를 가져왔다는 점에서 중요한 시사점을 제공하며, 특정 교과에 집중한 것이 아니라는 점에서 STEAM 교육과의 차이점이 있다고 주장한다. 즉 STEAM 교육은 넓은 의미에서 과학, 기술, 공학, 미술, 수학 교과에 집중한 융복합교육이라고 할 수 있다.

3. STEAM 및 교과 융합 분류 관련 선행 연구

백윤수 외(2012)는 STEAM 교육 실행 방향 정립을 위한 연구에서 내용 융·통합의 분류를 Fogarty(1991)와 Drake, Burns(2004)의 분류를 들어 설명하였다. Fogarty(1991)는 통합의 개념을 10가지로 분류하고 그 개념에 기초하여 각각의 통합 교육 과정을 유형화하였다. 그는 교육과정 통합의 유형을 단일 학문 내의 통합 유형(분절형, 연관형, 동지형), 간학문간의 통합 유형(계열형, 공유형, 주제망형, 선형, 통합형), 그리고 학습자 내 및 학습자간의 관계 유형(몰입형, 네트워크형)으로 제시하였다. Fogarty는 교육과정 통합방식을 교과 내, 교과 간, 학습자 내부 및 학습자 간 연계에 따른 통합의 세 가지 차원으로 구분하였다. 이는 통합의 유형을 구체적이면서 포괄적으로 제시하고 있어 교육현장에서 통합 교육과정을 시행하고자 하는 교사를 지원하기 위한 대표적인 이론틀로 자리잡았다. Fogarty(1991)의 융합에 대한 분류의 특징은 그 대상이 교육과정 자체라는 것이다. 여기에서 말하는 ‘교육과정’은 학교교육의 전반적인 과정에 영향을 미치는 요인으로서, 그 범위에 따라 의도된 교육과정, 실행된 교육과정, 달성된 교육과정으로 분류할 수 있다.

Drake, Burns(2004)는 학문의 성격이 드러나는 정도의 차이에 따라서 다학문적, 간학문적, 초학문적 접근방식으로 나누었다. 다학문적 접근방식(multidisciplinary approach)은 개별 교과에 집중하는 방식으로, 교사는 주제를 중심으로 여러 가지 교과 영역을 조직하여 수업을 구성한다. 따라서 사회나 자연현상 그리고 일상생활에서 나타나는 문제를 해결하는 과정에서 여러 가지 교과의 내용 요소가 다양하게 동원되는 경우이다. 간학문적 접근방식

(interdisciplinary approach)은 여러 영역에 걸친 공통 내용을 중심으로 교육과정을 구성한다. 따라서 교과 간의 기술과 개념이 강조되는 교과 간의 통합방식이다. 반면, 초학문적 접근방식(transdisciplinary approach)은 학생의 질문과 요청을 중심으로 자유로운 표현활동이나 문제해결의 과정을 교육 과정을 조직하는 통합방식이다.

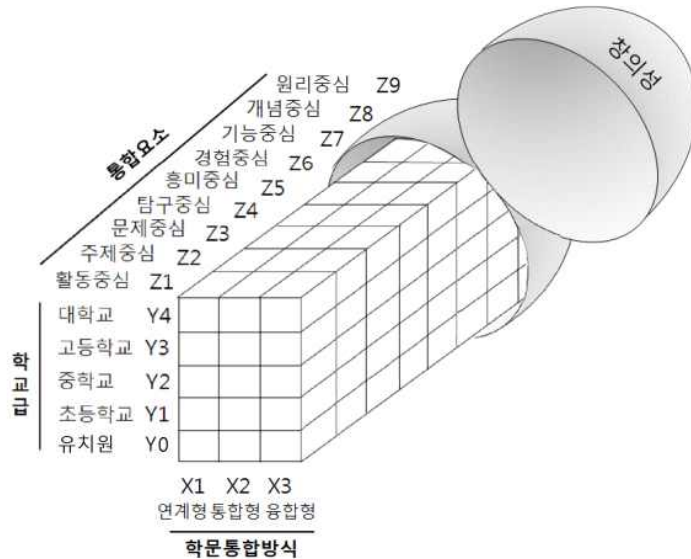
이 외에도 미국 STEM 교육 편람에는 Bryan 외(2015)의 융합 형태 구분이 제시되어 있다. 미국 STEM 교육의 교과 융합 형태(forms of integration)에 있어서 어떠한 수준, 교과, 접근 방식에 대한 논의는 계속되어 왔다(Bybee, 2013). 교과 간의 적절한 융합 형태에 대한 의견은 크게 두 가지로 나뉜다. 전자는 National Research Council (NRC) (2012)의 관점으로, 학생들이 여러 분야의 지식과 기술을 사용해야 하는 과제를 통해 복잡한 현상이나 상황을 암시하는 맥락에서, 맥락이 STEM 교육의 근간이 되어야 한다고 주장한다. 후자는 Bryan 외(2015)의 관점으로 단원 또는 활동을 포함한 STEM 내용 요소의 융합 형태(form)을 세 가지로 분류하는데, 이는 다음과 같다.

- (1) 내용 융합은 여러 STEM 교과의 학습 목표를 다루는 단원과 활동을 말한다.
- (2) 내용 지원 융합은 주요 내용의 학습 목표(예: 과학)를 의미 있게 지원하기 위해 하나의 내용영역(예: 수학)을 다루는 단위와 활동을 의미한다. 내용 지원 융합은 교실에서 흔히 볼 수 있지만, 지원 내용의 학습을 심화시키는 방식으로는 이루어지지 않는 경우가 많다.
- (3) 맥락 융합은 한 교과의 맥락을 사용하여 다른 교과의 학습 목표를 파악한다. 맥락 융합은 종종 다른 교과의 수행에서 교과 내용 목표를 제시하는 스토리의 사용을 통해 구현된다.

이 연구의 교과 융합 구분은 교과가 상황, 도구, 산출 등 다양한 목적으로 사용된다는 점에서 후자의 관점을 따른다. Bryan 외(2015)의 융합 방법 분류는 각 교과나 영역 간의 관계를 분석한 Fogarty(1991), Drake, Burns(2004)와 달리, 교과 융합의 목적 혹은 기능을 ‘내용’, ‘내용 지원’, 그리고 ‘맥락’이라는 분류로 나타냈다는 점에서 그 차별점이 있다.

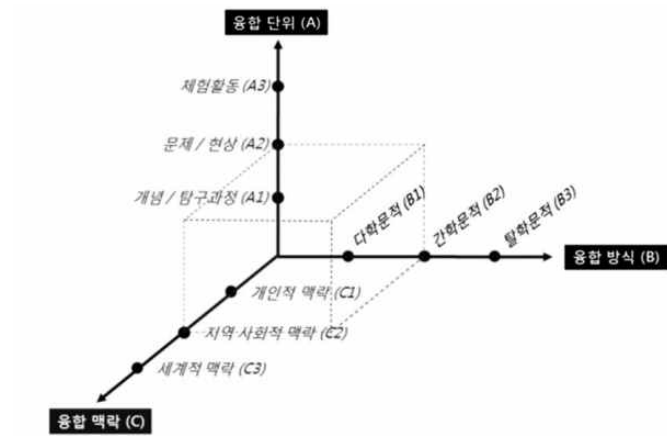
김진수(2011)는 통합교육과정 이론, MST 교육, STEM 교육을 분석하여

STEAM 교육을 위한 큐빅 모형을 개발하였다. 이는 X축, Y축, Z축의 3차원적 구성을 특징으로 하고 있으며 X축을 학문통합방식, Y축을 학교급, Z축을 통합요소로 구분하였다. 학문통합방식은 연계형, 통합형, 융합형으로, 학교급은 유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교로, 통합요소는 활동중심, 주제중심, 문제중심, 탐구중심, 흥미중심, 경험중심, 기능중심, 개념중심, 원리중심으로 구분하였다. 또한 교육과정 문서를 검토하여 창의성의 강조에 초점을 두어 STEAM 교육은 창의성을 기를 수 있는 환경을 가질 수 있도록 함을 표현하기 위해 캡슐로 둘러싸고 있다.



[그림 II-2] 김진수(2011)의 STEAM 교육을 위한 큐빅모형

김성원 외(2012)는 융합인재교육의 목표, 학문의 융합방법, 융합인재교육의 실행방법이라는 세 가지 요소에 초점을 두어 Ewha-STEAM 모형을 제안하였다. 융합방식으로는 다학문, 간학문, 탈학문, 융합 맥락으로는 개인적 맥락, 지역사회적 맥락, 세계적 맥락, 융합 단위로는 개념/탐구과정, 문제/현상, 체험활동으로 분류하였다. 이는 여러 학문을 연계하는 교과기반 통합 개념과 서로 다른 특성을 지닌 학문을 융합하기 위해 요구되는 각 학문의 본성에 대한 이해와 같은 소양 지식을 고려했다는 점에서 다른 이론들과 차별점을 가진다.



[그림 II-3] 김성원 외(2012)의 Ewha - STEAM 모형

제 2 절 STEAM 교육과 수학

STEAM 교육에 있어서 수학은 과학, 기술 및 공학의 기초로서 인정받고 있음에도 불구하고, STEM 교과 기반 융합 수업에서는 충분히 다뤄지지 않는 교과 중 하나이다(Martín-Páez et al., 2019). 융합 수업에서 수학은 주로 과학 또는 공학 중심의 활동에서 데이터를 분석하기 위한 도구로서의 수학으로 기능했다(예, 곽혜정, 류희수, 2016; 한혜숙, 2013; Berlin & White, 1995; Walker et al., 2018). 이러한 STEM 수업이 학생들의 수학적 지식 이해 및 학업 성취도에 미치는 영향은 미미했으며(Roehrig et al., 2021), 융합 수업에서의 수학은 계산, 그래프와 같은 제한적 영역에서의 도구적 기능만을 수행해왔다.

2022 개정 교육과정 총론 주요사항(시안)(교육부 보도자료, 2021.11.24.)에서는 4차 산업혁명 도래, 인구 급감, 학습자 성향 변화, 기후환경 변화 등의 불확실성 심화로 창의와 혁신을 인간상 설정의 키워드로 잡았다. 이에 따라 생태전환 민주시민교육에 포함된 가치와 태도, 역량함양이 가능하도록 모든 교과에서 내용기준 개발 및 교과 교육과정 재구조화가 진행되도록 개정하겠다고 밝혔다. 따라서 미래의 수학 교육은 더 이상 맥락과 동떨어진 이론적 형태가 아닌 실생활 속 문제 해결에 필요한 가치, 태도, 역량을 기르는 수학 교육이 될 것이다. ‘공간’, ‘빅데이터’, ‘프로그래밍’ 과 같은 미래 수학 주제를 중심으로 개발될 것이며(나귀수 외, 2018), 간학문적 맥락에서 더 큰 교육적 효과를 발휘할 것이다. 또한 우리나라 수학 교육에서 계속 제기되어 온 문제점인 낮은 교과 흥미에 대하여, 간학문적 수업 및 프로그램은 수학적 실생활 문제에 즉시 적용 가능함을 느낄 수 있는 과제를 제공하면서 수학의 필요성을 경험하는 교육의 한 방법으로 작용할 것이라 기대된다(Tytler et al., 2019).

융합 교육 종합계획(교육부, 2020)에서도 역시 과학·수학·정보교육 활성화를 위한 과학·수학·정보 교육 진흥에 관한 법률을 마련하고, 나아가 과학, 수학, 정보 교과를 바탕으로 여러 교과가 융합된 주제 중심 프로젝트형 과목을 신설하고 정규 수업으로 편성하는 것을 제안하였다. 이는 기존에 출범했던 STEAM 교육이 과학 교과 중심의 다양한 융합 형태를 제안했던 것에

서, 과학, 수학, 정보로 중심교과를 확장하고자 하는 방향성을 반영한 것이다.

STEAM 교육 정책이 운용된 이래로, 국내 STEAM 및 융합 교육 관련 연구는 주로 프로그램 적용 및 효과 분석이 가장 많았으며, 그 다음으로는 STEAM 교육에 대한 교사 및 예비 교사의 인식 및 태도, STEAM 교육 실천 방안 및 방향이 뒤를 이었으며, STEAM 콘텐츠 분석 및 실태 현황에 관한 연구가 가장 저조했다. 교과 별로는 실과, 과학, 미술과 관련된 연구가 주를 이루었으며 수학과 관련된 STEAM 교육 연구는 상대적으로 저조했다. 학교급별로는 초등학생을 대상으로 한 연구가 절반 이상을 차지하였으며, 상대적으로 중·고등학생을 대상으로 한 연구는 다소 적었다(곽혜정, 류희수, 2016)

수학 중심 STEAM 수업 관련 선행 연구를 살펴보면, 대부분의 연구는 수학 중심 수업 사례 분석 연구가 진행되었다(문중은, 주미경, 2018; 한혜숙, 2013). 한혜숙(2013)은 수학 중심 STEAM 프로그램을 2011년 1월부터 2013년 9월까지 발표된 학회지, 학위논문 가운데 STEAM 프로그램과 관련된 논문 중 수학 중심 프로그램을 선정하여 1차는 학교급, 2차는 STEAM 교수학습 프로그램의 내용 융·통합 유형(STEAM 요소), 3차는 중심 교과목, 4차는 수학 교과를 중심으로 한 프로그램에서 내용영역(수와 연산, 문자와 식, 함수, 확률과 통계, 기하)과 행동영역(계산, 이해, 추론, 문제해결)으로 분석하였다. 결과적으로 학교급은 초등, 중등, 고등으로 갈수록 관련 연구 및 STEAM 프로그램이 적었으며, 이 프로그램들은 STEAM 요소를 모두 포함하기도 했지만 일부분 반영한 프로그램도 존재했다. 중심 교과를 수학으로 선정한 프로그램의 비율이 상당히 낮았다. 수학 과학 통합교육을 포함하여 MST, STEM 교육 등 수학과 타 교과간 통합/융합 교육이 강조되고 있으나 이는 과학, 기술교과에 비해서 수학 교과에서의 융합 교육에 대한 실질적인 관심이 저조하거나 수학 교과 중심의 STEAM 프로그램 개발에 대한 어려움에 기인한 결과로 보인다. 내용 영역의 경우 기하 영역과 함수 영역이 차지하는 비중이 큰 것으로 나타났는데, 이는 기하 영역이나 함수 영역이 실생활이나 타 교과와의 연결성 또는 접근성이 높은 특성을 갖기 때문으로 추측하였다. 마지막으로 수학 행동 영역별 분석에서 기본적인 계산 기능을 수학 교과의 영역으로 포함시킨 프로그램의 수가 현저히 높게 나타났는데, 이는 타교과 중심의 STEAM 교수-학습

프로그램에서는 수학 교과를 단순히 계산 기능을 하는 도구 교과로 인식하는 경향이 강하다는 것을 보여준다. 또한 수학 중심 STEAM 프로그램에 대한 분석도 이루어졌는데 이는 주제, 대상(학교급), 융합 교과를 기준으로 하였다. 주제에서는 실생활 주제 중심의 프로그램이 다수를 차지하였으며 이는 STEAM 교육이 추구하는 방향과 일치하는 것으로 보인다. 마지막으로 STEAM 교육 학습 준거(한국과학창의재단, 2013)에서 제공하는 수학 교과를 중심으로 개발된 STEAM 교수-학습 프로그램을 STEAM 교육 활동 준거 체크리스트로 분석한 결과에 의하면 대부분의 프로그램에서 ‘상황제시’가 주로 프로그램의 도입 부분에서 학습 동기 유발을 위한 장치로 끝나는 경우가 많아 풍부한 맥락 속의 프로그램 개발의 필요성을 강조하였다.

문중은, 주미경(2018)은 융복합교육이 학교수학 개선을 위한 대안책을 제공할 수 있다는 관점에서 융복합교육의 자율성, 가교성, 맥락성, 다양성으로 대표되는 ABCD 원리를 이용하여 우리나라 수학과 교육과정과 융복합 수학 수업 사례를 분석하였다. 이후 융복합 프로그램 구성들의 맥락 차원을 이용하여 국내의 미적분 교과서에 제시된 실생활 기반 과제를 분석하였다. 또한 분석한 결과를 바탕으로 미적분학 관련 수업 사례를 제시하여 현장 적용성을 높였다. 연구의 결과 중 하나는 교과서에 제시된 과제들은 실생활 상황을 제공하고 있으나 맥락 차원에서 대부분의 과제들이 개인적 맥락 수준에 머물러 있어 간학문적인 주제와 세계 사회에서 대두되고 있는 쟁점, 지속 가능한 교육 등 세계의 교육과정이 지향하고 있는 방향성에 대응하는 과제 개발이 부족하다는 점이었다. 이러한 점은 백윤수 외(2011)에서 설명하는 4C-STEAM 중 하나인 ‘배려(Caring)’ 역량과 대응할 수 있으며 미시적 주제뿐만 아니라 거시적 차원의 사회를 바라보는 다양한 융합 수업이 개발되어야 함을 시사한다.

수학 교육 내 STEM 혹은 STEAM 교육에 대한 관심은 비단 국내의 STEAM 교육 및 융합 교육의 방향성만이 아닌 국제적 동향이라고 볼 수 있다. Gravemeijer 외(2017)는 앞으로 수학 교육이 학생들에게 디지털 사회를 어떻게 대비시킬 것인지에 대해 21세기 기능을 수학 교육의 목표 중 하나로 설정하고 적절한 과제를 개발해야 함을 강조하였다. 교사의 교육과정 해석과 교

육관은 교수·학습 및 평가에 영향을 준다. 따라서 개발된 교육과정 목표와 의도의 불충분한 해석, 그리고 학생들에게 교육을 학생들이 통달해야 하는 개인적 과제로 생각하는 교사는 21세기 기능 학습에 있어서 큰 장애물이 된다. 교사가 개발한 교육과정 및 수업 지도안은 그러한 교사의 교육과정에 대한 해석, 교육관을 볼 수 있는 도구이다. 따라서 STEAM 교육에 있어서 수업 지도안 분석은 정책 실행에 대한 반성, 검토 및 개발에 꼭 필요한 단계라고 할 수 있다.

Bergsten, Frejd(2019)는 STEM 교육과 21세기 기술(21st century skills)의 맥락에서 수학의 역할에 대한 선행 연구를 바탕으로 예비교사의 수업 제안(lesson proposal)을 분석했다. 이때 분석 기준은 ‘21세기 기능’을 사고 방식, 작업 방식, 작업 도구, 세상을 살아가기 위한 기술로, ‘수학화’를 수평적, 수직적 수학화로, ‘구분의 강도(strength of borders)’를 구분(classification)과 프레이밍으로 구분하였다. STEAM 관련 교육 세미나를 수강한 후 예비교사들의 수업 제안에는 다음과 같은 특징이 있었다. 먼저, STEM 교육에 있어서 수학은 수학적 내용과 작업에 초점을 두어 진행되었으며 수학적 모델링이 과학, 기술, 공학을 연결하는 역할을 한다고 가정하였다. 이러한 맥락에서 수학은 보조적 과목(service subject)으로 기능하였다. 학생의 수직적 수학화를 위해 수학의 개념과 평가 기준을 명시적으로 드러낸 프로그램도 존재했지만 대부분의 수업 제안 경우 기존에 있는 수학기념과 과정을 프로그래밍을 통해 일반화하는 정도로에 그쳤다. 또한 대부분의 공학적 도구 활용 수업에서는 수학적 문제가 프로그래밍 없이 해결되는 경우가 있어, 작업 도구의 기능보다는 확인의 도구로 기능했다. 따라서 연구는 프레이밍과 구분의 강도의 균형이 교과적 지식과 21세기 기술 뿐만 아니라 내용 지식의 접근 측면에서 사회적 집단 간의 차이점을 보여준다는 점에서 그 함의가 있다.

또한 다양한 연구에서 융합 교육의 맥락 속 수학 학습을 21세기 기능 외에도 수학적 모델링(English, 2016; Gravemeijer et al., 2017), 그리고 시민교육(Maass et al, 2019)의 측면에서 강조해야 한다고 주장한다. 21세기 기능은 급변하는 사회로 인해 발생하는 경제 및 사회문제에 대응하기 위해, 고차원적 학습 기술을 사용하고 다른 교과 지식에 연결하는 것을 핵심으로 한다

(National Research Council, 2012). 21세기 기능은 그 정의마다 다양하지만, 비판적 사고와 추론, 정보를 검색하고 해석할 수 있는 능력, 다른 사람들과 의사소통하고 협력하는 능력이 그 특징이다. 많은 연구에서 예비교사 및 교사의 STEM 전문성 강화 활동을 지원하는 것이 필요하다고 보고했다 (Bergsten & Frejd, 2019; Beswick & Fraser, 2019).

제 3 절 융합 교육 전문성과 교사 내용 지식

융합 교육 종합계획(교육부, 2020)에서는 융합 교육 비전 및 추진 전략 중 하나로 교사의 융합 교육 전문성 강화를 제시하였다. 이와 관련하여 고려대학교 산학협력단(2022)는 교원의 융합 교육 역량 강화를 위한 모델 개발 및 모듈형 연수 체계 개발에 대한 연구를 진행하였다. 연구에서는 융합 교육 역량을 ‘2개 이상의 학문 분야나 교과(목)의 지식을 연계하여, 해당 분야의 문제를 해결하기 위한 새로운 방법론을 도출할 수 있도록 교육할 수 있는 능력’으로 정의하였다. 또한 융합 교육에 대한 정의에 기반한 주제 구성으로, 교사의 선택에 따른 모듈형 연수 운영이 이루어져야 함을 제안한다. 그렇다면 교사에게 교과 ‘융합’이란 무엇이며 이러한 융합은 어떠한 기능을 하는가? 이 연구는 그 답을 융합 교육을 수행하는 전문가로서 교사가 구성하는 내용 지식(Content knowledge)에서 찾고자 한다.

내용 지식이란, 교사의 마음속에서의 지식에 대한 양과 조직 그 자체를 의미한다(Shulman, 1986). 학자에 따라 교사의 내용 지식의 구분은 다르지만(Bloom, 1956; Gagne, 1962; Schwab, 1973) 주로 ‘교과 내용 지식(Subject matter knowledge)’, ‘교수학적 내용 지식(Pedagogical content knowledge, 줄여서 PCK)’, ‘교육과정 지식(Curriculum knowledge)’으로 구분할 수 있다(Shulman, 1986). 이때 교수학적 내용 지식은 단순히 내용 지식과 교수를 위한 전략적 지식을 합친 것이 아니라, 수업 경험을 통해 내용 지식과 교수 전략이 서로 상호작용하면서 발전하는 지식이다. 교사는 이러한 내용 지식을 명제적 지식, 사례적 지식, 그리고 전략적 지식의 세 가지 지식의 형태로 변환하여 교수에 활용한다. 먼저 명제적 지식은 어떤 사실이나 이론의 원리에 대하여 우리가 아는 것을 뜻한다. 다음으로, 사례적 지식은 구체적이고 잘 정리되며, 풍부하게 제시된 사건들에 대한 지식이다. 명제적 지식은 맥락과 분리되어 오래 기억되기 어렵다면, 사례적 지식은 풍부한 맥락과 경험 속에서의 지식으로 잘 적용되고 기억되기 쉽다. 마지막으로 전략적 지식은 원칙이 서로 충돌하고 이론화가 불가능한 특정 상황이나 문제에 직면할 때 작동하는 지식이다. 이는 명제나 사례가 특정한 규칙이나 실용적인 관점으로 전환하는

것이 부족하고 일방적으로 제시되는 지식이라는 점에서 차이가 있다.

Shulman(1986)은 이러한 교사 지식과 학생의 학습에는 차이가 있음을 확인하고 그 관계를 분석하였다. 교사는 교과내용을 학생들의 이해할 수 있는 형태로 변환시켜 수업을 진행한다. 그러기 위해 교사는 구체적인 교과내용 맥락에 맞추어 교수 지식을 변경함으로써 고유의 전문적 지식을 개발하게 된다. 따라서 수학 중심 STEAM 교육에 대한 교수학적 내용 지식은 교과 간의 융합에 대한 수업 설계 및 실행에 해당하는 지식을 포함한다. PCK는 교과 내용에 대한 지식과 신념, 일반 교수법 대한 지식과 신념, 상황에 대한 지식과 신념, 그리고 내용 교수 지식이 상호 작용하여 만들어내는 지식이라고 할 수 있다. PCK에 대한 구분은 연구마다 다양하지만 일반적으로 교과 내용 지식, 교수 방법에 대한 지식, 학생에 대한 지식 등이 공통으로 포함된다. 교사가 지도하는 수업 주제와 교사가 지향하는 목표에 따라 명시화된 PCK는 때로는 내용 지식에 초점을 맞추기도 하고, 교수방법이나 전략에 중점을 둔 형태로 개발되기도 한다. PCK가 표출되는 특징은 교사의 상황 인식과 교사 수업의 지향점에 따라 다르게 나타나게 된다. 즉 STEAM 교육과 같은 똑같은 정책을 교사가 어떻게 이해하고 활용하는가에 따라 그 방법은 내용 요소에 집중하기도, STEAM 교수 전략을 세분화하기도 한다는 것이다.

최승현, 황혜정(2009)은 수학과 내용 교수 지식(PCK)에 대하여 다음과 같이 PCK의 특징을 제시하였다. 첫째, PCK는 교사의 개인적 지식 영역에 포함되며, 다양한 영역들의 지식에 영향을 받는 지식이다. 둘째, PCK는 경험적, 실천적 지식으로 존재하며 점진적으로 발달하는 지식으로 존재한다. 셋째, PCK는 전문성을 갖춘 교과 교사를 정의하는 구인으로서 존재한다. 넷째, PCK는 주관적 표상을 공적인 지식으로 변환 가능하다. 즉, 교사 전문지식을 구성하는 하나의 요소인 PCK를 주관적인 표상으로 정의할 경우, 이러한 개인적이고 사적인 지식인 PCK를 포착하고 표상하여 공적인 지식으로 변환하는 것이 가능하다(Hashweh, 2005). 이 연구는 PCK의 개발 양상을 조사하기 위해서는 그 지식이 경험적, 실천적 지식으로 시작함을 이해하고, 공적인 정책 문서, 메뉴얼 및 체크리스트를 어떻게 개인적인 지식으로 변환하여 직접 수업 설계 및 실행에 적용하고, 교과 융합에 대한 교수학적 내용 지식은 어떻게 발전되어

왔는지 그 실태를 분석하는 연구라고 볼 수 있다.

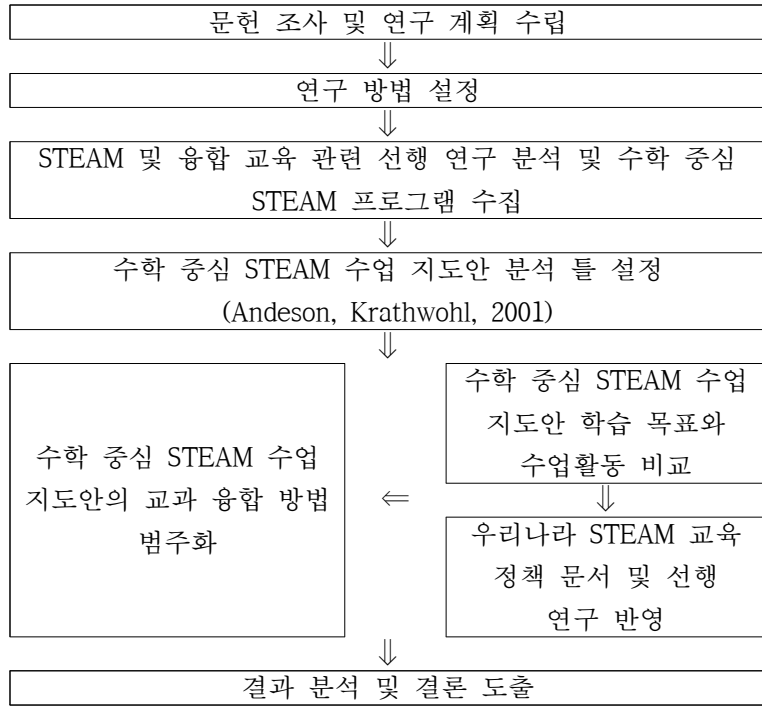
STEM 혹은 STEAM 교육에서의 교사의 내용 지식에 집중한 연구는 주로 국외에서 진행되었다. Brown 외(2011)는 STEM 교육 및 관련 내용 지식에 대한 교사들의 인식을 조사한 결과 교사들이 어떤 수업이 STEM 수업인지, 또 어떻게 수행할 수 있는지 명확하지 않아 혼란스러워함을 확인했다. Stohlmann, Moore, Roehrig(2012)는 통합 STEM 교육 지도에서 고려해야 할 사항 중 수업 계획에 관한 사항으로 ‘연결성에 집중’, ‘표현들의 번역’, ‘오개념 이해’, ‘학생 능력 이해’, ‘문제 해결 중심’, ‘학생 중심’, ‘사전 지식에서 구축’, ‘빅 아이디어, 개념, 혹은 주제에 집중’, ‘기술 통합’, ‘실생활과 문화적 연관성’을 제시하였으며 이러한 교과 및 STEM 관련 내용 지식은 교사의 STEM 관련 자기 효능감 및 신념에 큰 영향을 미친다고 주장했다. 이와 관련하여 Stohlmann, Moore, Cramer(2013)은 STEM 관련 수학적 모델링 활동이 예비교사의 수학적 내용 지식 발전에 대한 긍정적 효과를, Yildirim, Sidekli(2018)은 수학 교육에서의 STEM 교육 적용이 교사 내용 지식에 미치는 긍정적 효과가 존재함을 주장하였다. 또한 Hudson 외(2015)는 교수학적 지식 수행과 학생의 지식, 이해 기능 수행, 가치 및 태도와 연관되어 있음을 주장하였다. 선행 연구 결과를 정리해보면, STEM 및 STEAM 교육의 방향성과 효과는 교사의 선택에 달려 있으며, 이러한 융합 교육의 시행은 학생들 뿐만 아니라 교사들에게 인지적, 정의적 이점을 준다. 따라서 STEAM 교육 정책에서의 교사의 내용 지식을 살펴보는 연구는 미래의 융합 교육 전문성 양성을 위해 꼭 필요한 단계라고 할 수 있다.

제 3 장 연구 방법

이 연구는 지난 10여 년간의 STEAM 교육 정책 운영에서 수학 교사는 교과 융합을 어떻게 해석하여 실천하였는지를 개발된 수업 지도안을 분석하여 확인하고자 한다. 이를 통해 현재 STEAM 교육을 실천하고 있는 교사들의 교과 융합 관련 내용 지식, 특히 교수학적 내용 지식을 살펴보고, 앞으로의 융합 교육 활성화 및 교사들의 전문성 향상에 유의미한 정보를 제공하고자 한다. 이를 위해서는 먼저 수학 중심 STEAM 수업이 어떠한 의도로 개발되어왔는지, 그에 따라 교과 융합이 어떠한 방법으로 수행되었는지를 분석해야 한다. 이러한 학습 목표 - 학습 활동의 연결성과 체계성을 바탕으로(Anderson, 2002) 교과 융합에 대한 실천적 지식이 기존의 융합 관련 이론과 어떠한 점에서 차이가 있는지 비교·분석한다. 이를 바탕으로 결론에서는 이와 같은 결과가 나오게 된 원인을 추측하면서 미래의 의미 있는 수학 중심 STEAM 교육 개발 및 운영을 위한 제언으로 마무리하고자 한다.

이 연구는 다음의 절차를 따른다. 먼저 수학 중심 STEAM 수업의 수업 의도를 밝히기 위해 학습 목표를 분석한다. 분석을 위해서는 Anderson, Krathwohl(2001)의 교육목표분류학이 사용되었다. 다음으로 수업 목표에 따른 융합의 기능, 융합 방법을 분류하기 위해 수업 지도안을 대상으로 질적 내용 분석을 실시하여 수학 중심 STEAM 수업의 융합 방법을 범주화한다. 구체적으로, 수업의 학습 목표와 수업 지도안의 활동 내용을 비교하여, 연계 교과가 어떠한 기능을 수행하는지에 초점을 맞추어 융합의 방법을 범주화하였다. 범주화할 때 기준은 Anderson, Krathwohl(2001)을 따라 지식, 인지 과정을, 그리고 연구질문 1에 대한 결과를 반영하여 교육과정상의 성취기준을 참고하였다. 연구는 연구의 결과로 나온 범주화의 결과가 배타적으로 구성될 수 있도록 지식, 인지 과정 및 교육과정 성취기준으로서의 구분을 명료히 하였다. 또한 범주를 명명할 때, STEAM 정책문서와 기존 선행 연구를 참고하여 연계 교과 융합의 기능이 명시적으로 드러날 수 있도록 명명하였다. 이 연구의 전체적인 연구 절차는 <표 III-1>과 같다.

<표 III-1> 연구 절차



제 1 절 자료 분석 기준

이 연구는 수학 중심 STEAM 수업에서 교과 융합의 의도와 역할을 확인하기 위하여 학습 목표를 지식과 인지 과정의 차원에서 분석하고자 한다. 이를 위한 분석 틀로 Anderson, Krathwohl(2001)의 교육목표분류를 선택하였다. Bloom은 교육목표를 체계적으로 설정할 방안으로서 ‘교육목표분류학(Taxonomy of educational objectives)’을 제시하였다(Bloom et al., 1956). 이는 거시적인 교육과정의 교육목표에도, 미시적인 개별 수업의 수업목표에도 적용 가능하며, 학습 목표, 활동 및 평가의 설계 및 분석에 사용된다. 하지만 Bloom 분류는 여러 비판을 받아왔는데, 그 이유 중 하나는 구분이 너무 일반적이어서 상위 영역으로 올라갈수록 추상적인 표현이 사용되어 영역 간의 분류가 어렵고 하위 영역만이 주로 사용된다는 것이었다.

이러한 전통적인 Bloom 외(1956)의 교육목표분류학은 개정된 모습으로 발전하였으며(Hauenstein, 1998; Marzano, Kendall, 2006) 그중 하나가 바로 Anderson, Krathwohl(2001)의 개정 교육목표분류학(A revision of Bloom’s taxonomy of educational objectives)이다. 이는 명사 부분의 지식 차원(Knowledge dimension)과 동사 부분의 인지 과정 차원(Cognitive process dimension)의 이차원으로 구성된다. Bloom의 교육목표분류학과 가장 큰 차이는 분류법이 사실적, 개념적, 절차적, 메타인지 지식과 같은 더 유용하고 포괄적인 지식 구분을 추가하면서, 서로 다른 지식 유형과 인지 과정 수준에 의해 학습 목표가 어떻게 작용하는지를 알려준다는 것에 있다. 기존의 일차원적인 분류에서 이차원적인 분류 관점으로 변화한 것 역시 큰 차이점 중 하나이다. 또한 Anderson, Krathwohl(2001)은 Bloom 외(1964)의 지식 유목이 지식 차원과 인지 과정 차원의 ‘기억하다’로 대체되었으며, 지식 차원은 사실적 지식(Factual knowledge), 개념적 지식(Conceptual knowledge), 절차적 지식(Procedural knowledge), 메타인지 지식(Meta-cognitive knowledge)의 4가지 유목으로 구성하였다. 인지 과정 차원은 기억하다(remember), 이해하다(understand), 적용하다(apply), 분석하다(analyze), 평가하다(evaluate), 창작하다³⁾(create)의 6가지 유목으로 구분하였으며(강현석 외, 2005), 인지적 위계에

서 가장 높은 인지 수준인 평가(evaluation)를 5단계로 내리고, 종합(synthesis)을 창작하다(create)로 수정하여 가장 상위 인지 과정으로 두었다. Anderson, Krathwohl(2001)은 학습 목표의 기준을 “학생은 (명사)를 (동사)할 수 있다”와 같이 설정할 때, 문장에서의 명사는 지식의 분류로, 동사는 인지 과정 분류로 구분할 수 있다고 주장한다. 이러한 형태는 인지적으로 의도한 결과를 명시한 학생 중심의 학습 기반의 명백하고 평가할 수 있는 문장이며 현재 교육과정의 성취기준도 이와 같은 형식을 사용하고 있다. Anderson, Krathwohl(2001)의 교육목표분류는 실제로 한국의 교육과정 문서를 분석(양지선, 이경숙, 2018; 천주영, 이성민, 홍훈기, 2017)하거나, 교과서의 학습 목표, 학습 활동 및 평가 계획을 분석(최현중, 2014; 하소현, 곽대오, 2008)하는 분석 틀로 사용되었다.

Anderson, Krathwohl(2001)은 지식 차원과 인지 과정 차원에서의 분류에 대해 하위 지식과 동사를 제시하여 교사가 수업의 결과로 학생들이 어떤 것을 학습하도록 하였는지를 명료화하고 소통하는 도구로 기능하고자 하였다. 따라서 <표 III-2>, <표 III-3>과 같이 각 구분의 세부 예시를 제시하였다. 특히 인지 과정 차원 측면에서는 인지 과정에 대응되는 각각의 동사를 제시하여 구분을 용이하게 하였다. 예를 들어 ‘창작하다’의 경우 어떠한 물리적인 결과물을 도출하는 것으로 해석할 수 있지만, 이의 하위 동사를 ‘생성하기’, ‘계획하기’, ‘산출하기’라고 제시하여 창작의 결과물이 꼭 물리적인 대상이 아니라, 지식, 계획 등 다양한 형태의 결과물이 가능함을 제시하였다. 하지만 분류표에 제시된 동사만으로 인지 과정을 분류하지 않으며, 분류표에 제시된 동사임에도 불구하고 다른 인지 과정으로 분류되기도 한다. 예를 들어, ‘창작하다’와 같은 동사를 사용하였지만, 단순히 주어진 절차를 수행하여 결과물을 만들어내는 경우는 ‘창작하다’의 단계로 구분하지 않았다. 반대로 ‘창작하다’와 같은 동사를 사용하지 않고도 학습 중 규칙을 확인하고 이를 재조직하여 설명하는 경우는 인지 과정의 결과물로 새로운 지식

3) 국내 연구마다 ‘create’를 ‘창작하다’, ‘만들다’, ‘창안하다’ 등 각기 다르게 번역하였으나, 이 연구에서는 물리적, 정신적 산출물 도출하는 STEAM 교육의 특성을 반영하여 ‘창작하다’로 표기하였다.

을 생성한 것이므로 ‘창작하다’의 범주로 구분하였다. 이렇게 학습 목표를 분류하는 것은, 교육을 받는 학생들의 관점에서 목표를 검토할 수 있고(신재한, 2005), 목표에 내재되어 있는 지식과 인지 과정 사이에 통합적 관계를 파악할 수 있다는 이점이 있다(나동진, 왕경수, 2000).

<표 III-2> Anderson, Krathwohl(2001)의 지식 차원 구분

지식 차원	세부 설명	
사실적 지식 (Factual knowledge)	교과에서 알아야 하거나 문제를 해결하기 위해 알아야 하는 기본 요소	
	하위 지식	① 용어 지식 ② 세부 사항 및 요소 지식
개념적 지식 (Conceptual knowledge)	같이 기능할 수 있도록 더 큰 구조 상의 기본 요소 속 관계	
	하위 지식	① 분류 관련 지식 ② 원리와 일반화 관련 지식 ③ 이론, 모델, 구조 관련 지식
과정적 지식 (Procedural knowledge)	하는 방법, 탐구 방법, 기술, 알고리즘, 기술, 방법을 사용하기 위한 기준	
	하위 지식	① 특정 교과의 기술과 알고리즘 관련 지식 ② 특정 교과의 테크닉과 방법 관련 지식 ③ 적절한 절차를 사용할 때를 결정하는 기준 관련 지식
메타인지 지식 (Meta-cognitive knowledge)	일반적인 인지 혹은 의식(awareness) 뿐만 아니라 스스로의 인지와 관련된 지식	
	하위 지식	① 전략적 지식 ② (적절한 맥락적이고 조건적 지식을 포함하는)인지 과제 관련 지식 ③ 자기 지식

<표 III-3> Anderson, Krathwohl(2001)의 인지 과정 차원 구분

인지 과정 차원	세부 설명	
1. 기억하다(remember)	장기기억에서 관련 지식을 되찾기	
	하위동사	인식하다(recognizing) 되찾다(recalling)
2. 이해하다(understand)	말로, 글로, 그림으로의 소통을 포함하는 교육적 메시지 속 의미를 구성하다	
	하위동사	해석하기(interpreting)
		예시찾기 (exemplifying)
		분류하기(classifying)
		요약하기 (summarizing)
		추론하기(inferring)
		비교하기(comparing)
설명하기(explaining)		
3. 적용하다(apply)	주어진 상황에서 절차를 수행하거나 이용하다	
	하위동사	실행하기(executing) 수행하기(organizing)
4. 분석하다(analyze)	자료(material)를 구성요소(constituent part)로 분해하고 요소가 각각, 그리고 전체적으로 구조 또는 목표와 어떻게 관련되어 있는지 정하다	
	하위동사	차별화하기 (differentiating)
		조직하기(organizing)
기인하기(attributing)		
5. 평가하다(evaluate)	기준과 표준에 근거하여 결정을 내리다	
	하위동사	확인하기(checking) 비평하기(critiquing)
6. 창작하다(create)	하나의 결과물을 만들기 위해 요소들을 결합하다; 새로운 패턴이나 구조로 요소들을 재조직하다	
	하위동사	생성하기(generating)
		계획하기(planning)
산출하기(producing)		

제 2 절 자료 수집 방법

이 연구는 한국과학창의재단에서 제공하는 STEAM 교사연구회의 성과물인 프로그램 계획서의 수업 지도안을 분석한다. STEAM 교사연구회는 교육 경험이 풍부한 현직 교사가 중심이 되어 현장 적합성이 높은 STEAM 프로그램을 연구하고 개발할 수 있도록 2011년 16개 시범학교의 47개 교사연구회를 시범 운영하였다. 이후, 2012년 170개 교사연구회(초·중·고 학교급별, 기관형 연구회 포함), 2013년~2015년 180개, 2016년에는 190개의 교사연구회가 운영되었으며, 매해 천 명 이상의 현장 교사가 참여한다. 현재 교사연구회는 교육과정 연계성 및 수업 활용성이 높은 STEAM 프로그램 연구 및 적용, STEAM 협력연구 네트워크 구축과 2015 개정 교육과정과의 연계성 및 실제 수업 활용성이 높은 STEAM 프로그램 연구(개선&개발) 및 적용을 목표로 하고 있다. 이 교사연구회는 소속기관 대표자의 추천을 받은 초·중·고등학교 재직 중인 현직 교사로서, STEAM 관련분야 연구 실적이 있고 교육과정 및 교과서, 수업자료 개발 등에 관한 폭넓은 활동 경험을 소유한 자를 대상으로 한다. 또한 STEAM 관련분야 대학교 교수, 연구기관의 연구원 등을 공동연구원 또는 자문위원으로 1~2인을 포함한다는 점에서 어느 정도의 전문성과 현장 적합성을 가지고 있다고 판단된다.

중·고등학교 대상 STEAM 프로그램에는 각 프로그램마다 ‘중심과목’과 ‘연계과목’을 구분하여 제시하고 있었다. 따라서 이 연구는 중·고등학교 대상 STEAM 프로그램 중 수학을 중심과목으로 선정한 프로그램을 분석 대상으로 삼고자 한다. 프로그램은 중학교 14개, 고등학교 25개였으며, 프로그램마다 상이하지만, 모두 단일 차시가 아닌 6개 내외의 차시로 구성된 프로그램이었다. 하지만 중심과목이 수학이어도, 수학의 내용을 포함하지 않는 차시별 수업도 존재했다. 따라서 각 프로그램에 대한 수업 지도안을 기준으로 수학을 중심과목으로 제시한 수업 지도안을 분석의 대상으로 삼았다. 또한 같은 프로그램이어도 내용 영역과 융합 교과가 다른 수업이 많았다. 따라서 프로그램 계획서 상에서 각각을 독립된 수업으로 간주하였다. 이러한 기준으로 분석의 대상이 된 프로그램은 중학교 13개, 고등학교 18개이며, 수학을 중

심과목으로 제시한 수업 지도안은 중학교 21개, 고등학교 37개로 총 58개였다. 이중 수업 목표가 명시적으로 제시되지 않아 세부화가 불가능하거나, 지도안의 수업 목표 및 수업 활동이 모호하게 서술된 4개의 수업 지도안을 제외하여, 총 54개의 수업 지도안을 조사 대상으로 결정하였다.

STEAM 교사연구회 프로그램은 STEAM 교사연구회 결과보고서의 형태로 제시되어 있었다. 연도별 결과보고서의 목차 순서나 세부내용은 달랐지만, 과반수의 STEAM 교사연구회 결과보고서의 구성은 <표 Ⅲ-4>과 같다. 이 중 ‘3. 연구 수행 내용 및 결과’ 중 ‘가. STEAM 프로그램 개발·적용’에서는 각 프로그램별 주요 내용 및 각 차시별 중심과목 성취기준과 연계과목 성취기준 등을 포함한 수업 지도안을 기재하였다.

<표 Ⅲ-4> STEAM 교사연구회 결과보고서 구성

연구보고서 목차	구성 내용
1. 요약문	
2. 서론	프로그램 개발 의도 및 프로그램 개발의 의의
3. 연구 수행 내용 및 결과	가. STEAM 프로그램 개발·적용 (1) 프로그램 개발 내용 (2) 프로그램 개발·적용 결과 나. STEAM 프로그램 적용 성과 분석 및 조사 (1) 수혜학생 태도 조사 (2) 교원 만족도 조사
4. 결론 및 제언	
5. 참고문헌	

STEAM 프로그램 결과 보고서 상의 수업 지도안은 <표 Ⅲ-5>와 같은 틀로 구성되어 있었다. 각 프로그램 별로 중심과목과 연계과목이 명시되어 있었지만, 개별 수업 지도안의 중심과목과 연계과목과는 차이가 있었다. 따라서 각 수업 지도안의 중심과목과 연계과목에서 수학을 중심과목으로 선정한 수업 지도안을 분석의 대상으로 삼았다. <표 Ⅲ-4>에서와 같이, STEAM 수업 지도안에서는 중심과목과 연계과목을 구분하며, 이는 두 교과가 서로 상이함을

내포하고 있었다. 실제로 대다수의 수업 지도안에서는 각기 다른 교과를 중심과목과 연계과목으로 제시했다. 그러나 고등학생을 대상으로 하는 STEAM 프로그램에서는 중심과목과 연계과목을 모두 수학 선택과목으로 선정한 수업 지도안도 있었다. 따라서 이러한 수업 지도안은 분석의 대상에서 제외하였다. 또한 결과보고서 중 세부 수업 지도안을 포함하지 않거나, 내용 요소가 상응하지 않고 잘못 기재된 프로그램을 제하였다. 그 결과 분석의 대상이 된 프로그램 및 지도안은 <표 III-6>과 같다.

<표 III-5> STEAM 프로그램 결과보고서 상의 수업 지도안 틀

중심과목		학교급/학년(군)	
중심과목 성취기준 영역		중심과목 성취기준	
주제(단원)명		차시	
학습 목표			
연계과목		연계과목 성취기준 영역	
STEAM 요소	S		
	T		
	E		
	A		
	M		
개발 의도			
STEAM 학습 준거	상황 제시	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>상황 제시</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">창 의 적 설 계</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">창의적 설계</div> <div style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;"></div> </div> <p>감성적 체험</p> </div>	
학습과정	교수-학습 활동	학습자료 및 유의점	

<표 III-6> 연구 자료

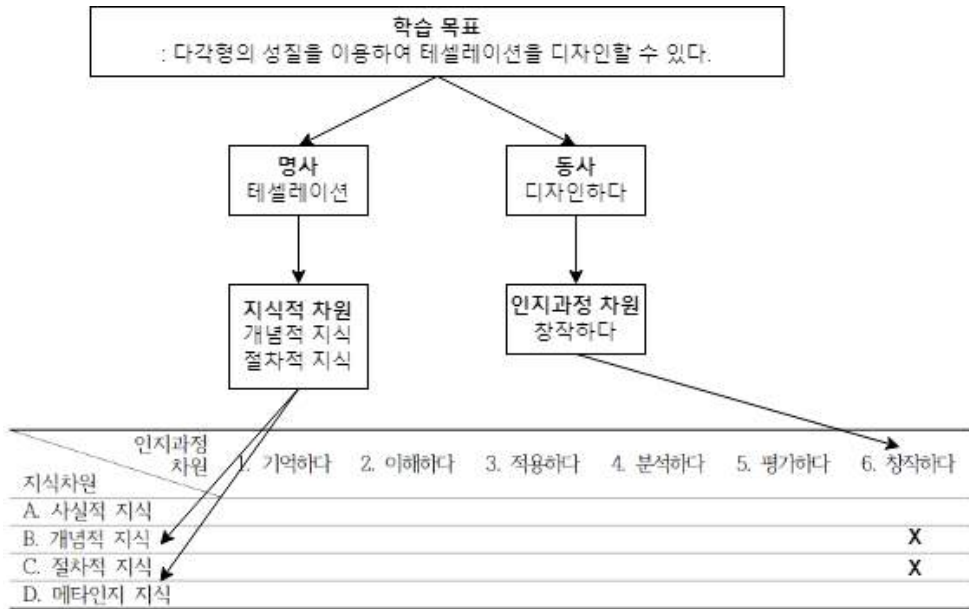
학교급	프로그램 주제	지도안 개수	
중학교	사제동행同行으로 함께 행복해지는 同幸방과후학교	1	
	수학으로 묻고 이미지로 답하다	2	
	흥·부·놀·부 STEAM 프로그램 개발 및 확산 (흥겹게 공부하고 놀면서 공부하는...)	3	
	자유학년제 핵심역량 함양 STEAM 프로그램 개발 (2019)	2	
	테셀레이션 활용한 STEAM 프로그램 찾아라 테셀레이션	1	
	중학교 통계기반 IOT 건축 설계 STEAM 프로그램	1	
	학생 활동 중심 수학 STEAM 프로그램	1	
	삶·행·See 융합 프로젝트 수업	2	
	JM 장목면 바다를 살려라 STEAM 프로그램 지역 생태계 보전 프로젝트	1	
	중학교 수학 안전한 놀이공원 창의융합 STEAM 프로그램	1	
	자유학년제 핵심역량 함양 STEAM 프로그램 개발 (2020)	2	
	빅데이터 프로세싱 나 앱 만들기 프로젝트	2	
	테라포밍 어스 리부트 프롬 어스Terraforming Earth Reboot from Us	2	
	고등학교	변화를 표현하고 예측하는 STEAM 프로그램	3
		수학으로 바라본 세상	4
역사 속의 과학자		1	
수원 화성행궁에서 찾아보는 STEAM 프로그램		1	
꿈을 찾는 청송 Math Tour 프로그램 개발 및 진로 탐색 보고서		2	
A.I.인공지능 활용 기반 STEAM 프로그램 개발		4	
COVID 19 안전수칙 새로고침 F5		2	
INSECT ACADEMY		1	
말랑말랑 융합 콘서트 프로그램		1	
재생재활용은 지속가능한 성장의 힘		2	
적분의 다양한 곳에서 출발하 고찰		1	
책을 중심으로 실생활과 학문의 연결		3	
드론을 활용한 코딩 융합 수업		1	
스포츠 음악 자연 속의 수리과학		1	
우리마을 정채만들기		2	
수학과 물리로 알아보는 음향기기의 원리와 산업수학의 이 해 소리파동의 수식으로 표현과 이퀄라이저를 활용하는 수 업		1	
AI로 감염병 세상 극복하기		1	
I & AI(Altificial Intelligence)	2		
합계	54		

제 3 절 자료 분석 방법

이 연구의 연구질문 1을 위하여 연구는 다음과 같은 절차를 거쳤다. 첫째, 수집한 지도안의 학습 목표를 세분화하는 과정을 거쳤다. Anderson, Krathwohl(2001)에서는 학습 목표를 분류하기 어려운 형태를 다음과 같이 제시하였다. 첫 번째는 한 학습 목표 당 두 개 이상의 명사와 동사를 포함하는 경우이다. 두 번째는 동사가 다소 모호하게 사용되어 주어진 동사들의 나열로 구별할 수 없는 경우이다. 이 연구에서는 첫 번째와 같은 학습 목표의 경우 학습 목표를 세분화하는 과정을 거쳤다. 예를 들어, ‘자료의 개수가 너무 많을 때 자료의 분포와 특성을 쉽게 알아낼 수 없음을 알고, 자료를 정리하는 다른 방법이 필요함을 알고 자신만의 방법을 생각해본다.’와 같은 학습 목표는 ‘① 자료의 개수가 너무 많을 때 자료의 분포와 특성을 쉽게 알아낼 수 없음을 안다’, ‘② 자료를 정리하는 다른 방법이 필요함을 안다(이해한다)’, ‘③ (자료를 정리하는) 자신만의 방법을 생각해본다’로 세분화하였다. 두 번째와 같은 경우 <표 III-3>의 동사로 기존의 동사를 대체하는 과정을 거쳤다. 예를 들어, ‘PS 필름으로 닳은 도형의 성질을 찾을 수 있다.’의 경우 ‘찾다’는 교육목표분류의 동사 및 하위 동사로 제시되어 있지 않다. 하지만 학습지와 학습 활동을 비교한 후 PS 필름을 이용하여 합동인 삼각형을 그려보고 이를 줄이거나 확대하여 닳음인 도형을 찾아보는 활동에서, 닳음인 도형의 성질을 추론해보는 활동을 거쳤다. 따라서 이러한 활동은 ‘추론하다’, 즉 ‘이해하다’의 인지 과정으로 분류하였다.

둘째, Anderson, Krathwohl(2001)의 이차원 교육목표분류표에 이를 대응하였다. 예를 들어 ‘다각형의 성질을 이용하여 테셀레이션을 디자인할 수 있다’와 같은 학습 목표는 명사인 ‘테셀레이션’은 지식 차원에서 개념적 지식과 절차적 지식으로, 동사인 ‘디자인하다’는 인지 과정 중 ‘창작하다’로 교육목표분류표에 대응할 수 있다. 따라서 [그림 III-1]과 같은 위치에 학습 목표를 대응시킬 수 있다. 예시와 같이, 한 학습 목표에서의 지식은 배타적으로 분류되는 것이 아니라, 하나의 명사에서 요구하는 것이 무엇인지에 따라 이를 두 가지 이상의 지식으로 대응시킬 수 있었다. 학습 목표는 ‘수

학 내 목표'와 '수학 외 목표'로 구분하였으며 수학 외 목표의 경우 분류 표에서 음영처리하여, 연계 교과가 지식과 인지 과정 차원에서 어떠한 기능을 수행하는지 분명하게 하고자 하였다.



[그림 III-1] 수업 지도안의 학습 목표와 교육목표분류 대응 과정

연구질문 2를 위해, 교과 융합 방법을 범주화하는 탐색적 단계를 수행하였다. 연구질문 1의 결과를 바탕으로 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 학습 활동을 분석해야 하므로, 질적 자료분석을 수행하였다. 질적 자료분석이란, 교육연구자가 패턴을 찾고, 주제를 밝히고, 관계를 발견하며, 설명을 개발하고, 해석하고, 비평하며, 이론을 생성하는 체계적인 의미 탐구의 과정이다(Hatch, 2002: 148). 연구는 이동성, 김영천(2014)에서 제시하는 질적 자료 분석을 위한 절차를 따른다. 먼저 1차 코딩 단계에서는 분석의 뼈대를 세우는 발견적 과정으로서, 학습 활동에서 요구하는 지식과 인지 과정에 입각하여 수업 지도안 상 연계 교과의 역할에 대한 코드와 범주를 생성하였다. 2차 코딩 단계에서는 여러 코드와 범주들을 분류·대조·통합·재구성·삭제·이동시켜 1차적으로 코딩된 자료를 재확인하고 이를 큰 의미에서 범주화하는 과정을 거

쳤다. 3차 코딩은 이상의 여러 범주들을 개념적으로 연결하고 하나의 진술로 정리하는 과정으로, 여기에서 수학 중심 STEAM 수업에 대한 범주화가 진행되었다. 전체적인 과정은 가역적이며, 단계를 거치는 과정에서 이전 단계에서의 수행 활동을 점검하는 과정이 반복적·순환적으로 진행되었다.

연구 질문 2에서 도출된 교과 융합 방법은 기존 연구 및 정책 문서 등을 반영한 것으로 교과 융합에 관한 교사의 융합 교육 전문성이 어떻게 개발되었는지 분석하였다. 범주를 명명하고 구분지을 때는 융합 관련 기존 선행 연구(Bryan et al., 2015; Drake, Burns, 2004; Fogarty, 1991) 등을 참고하여 각 범주의 구분이 명확해지도록 하였다. 또한 STEAM 교육 운영을 위한 기초 연구(백운수 외, 2012; 박현주 외, 2019)와 국내에서 진행된 다양한 수학 중심 STEAM 수업 관련 선행 연구를 참고하여 우리나라 교육 현장의 교과 융합 방법을 해석할 수 있도록 하였다. 이를 통해 STEAM 관련 교과 내용 지식, 교수학적 내용 지식(PCK), 교육과정 지식을 반영한 교과 융합 방법을 구분하였다.

제 4 장 결과

제 1 절 수학 중심 STEAM 수업 지도안 학습 목표 분석

이번 절에서는 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 학습 목표를 Anderson, Krathwohl(2001)로 분류한 결과를 제시한다. 학습 목표를 지식과 인지 과정의 차원으로 분석하면 <표 IV-1>과 같이 각각의 항목에 대응한다.

<표 IV-1> Anderson, Krathwohl(2001)의 교육목표분류표

인지 과정 차원	1. 기억하다	2. 이해하다	3. 적용하다	4. 분석하다	5. 평가하다	6. 창작하다
지식차원						
A. 사실적 지식	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B. 개념적 지식	B1	B2	B3	B4	B5	B6
C. 절차적 지식	C1	C2	C3	C4	C5	C6
D. 메타인지 지식	D1	D2	D3	D4	D5	D6

수학 중심 STEAM 수업 지도안의 수업 목표를 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 학습 목표를 기준으로 수학 외 목표는 기존의 성취기준보다 높은 수준의 인지 과정을 경험하는 데 기여한 것으로 확인할 수 있었다. 조우정, 김성훈(2020)에서는 Anderson, Krathwohl(2001)을 이용하여 고등학교 수학과 2015 개정 교육과정 성취기준을 비교하였다. 그 결과 성취기준 중 95.2%가 ‘기억하다’, ‘이해하다’, ‘적용하다’와 같은 낮은 수준의 인지 과정을 요구하는 성취기준이었다. 따라서, 한 단위의 수업으로 보았을 때 이러한 교과 간의 융합은 높은 수준의 인지수준을 가능하게 하는 수업 설계 전략이라고 할 수 있다.

예를 들어 ‘중학교 통계기반 IOT 건축 설계’의 한 수업 지도안은 확률과 통계 단원의 학습을 기반으로 사물인터넷을 직접 제작해보도록 하는 수업을 고안하였다. 세분화된 학습 목표와 학습 목표를 Anderson, Krathwohl(2001)을 바탕으로 분류한 결과는 <표 IV-1>과 같다. 세분화된 학습 목표 중 1-1, 1-2, 3-1, 3-2, 2는 수학 내 목표로, 나머지는 수학 외 목표로 분류할 수 있다. 이 수업 지도안에서 수학 내 목표는 ‘기억하다’, ‘이해하다’, ‘적용하다’

의 비교적 낮은 수준의 인지 과정을 요하였지만, 수학 외 목표는 ‘이해하다’를 포함하여, ‘평가하다’, ‘창작하다’까지 비교적 높은 수준의 인지 과정까지 요구하는 것을 알 수 있다. 실제로 조사한 54개의 수업 지도안에서 수학 외 목표가 제시된 수업 지도안은 32개였으며, 이중 수학 외 목표가 수학 내 목표보다 같거나 높은 수준의 인지 과정을 요구하는 수업 지도안은 총 27개였다.

<표 IV-2> ‘중학교 통계기반 IOT 건축 설계’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류

세분화된 학습 목표	1-1 확률과 통계의 뜻을 알 수 있다
	1-2 실생활과 관련된 자료에서 표나 그래프로 나타내고 해석한다
	2. 자료를 줄기와 잎 그림으로 나타내고 해석할 수 있다
	3-1 대푯값의 의미를 이해한다
	3-2 대푯값을 활용하여 실생활의 자료의 성질을 파악할 수 있다
	4-1 사물인터넷의 사례를 살펴본다
	4-2 자료를 정리하여 효율적으로 표현하는 중요성을 느낄 수 있다.
5-1 사물인터넷의 적용된 사례에 대한 문제점을 도출한다	
5-2 사물인터넷을 직접 제작하여(도전정신과 응용력을 향상시킬 수 있다)	

인지 과정 차원	1. 기억하다 2. 이해하다 3. 적용하다 4. 분석하다 5. 평가하다 6. 창작하다					
	지식차원					
A. 사실적 지식	1-1					
	3-1					
	4-1					
B. 개념적 지식	1-2					
	2		3-2		5-1	5-2
C. 절차적 지식		1-2			4-2	5-2
D. 메타인지 지식						5-2

둘째, 수학 중심 STEAM 수업의 학습 목표는 수학 교과 수업보다 다양한 지식의 학습을 가능하게 한다. 수학 교과는 원리, 이론, 법칙 위주의 교과이다. 이러한 교과 특성은 지식과 인지 과정 차원에서 다음과 같은 특징을 가진다. 첫째, 수학 교과의 교육과정과 학년간 교육 내용은 대부분 핵심 개념을 위주로 구성된다. 이에 따라 모든 학년군의 영역별 성취기준은 수학적 개념을 바탕으로 구성되어 있다. 따라서 학습 목표에 포함되는 지식의 종류는 주로 개념적 지식으로 분류된다. 두 번째, 수학 교과의 학습 목표는 대부분 개념적 지식을 동반한다. 예를 들어 ‘~의 성질을 이용하여 식을 계산할 수 있다’와 같은 학습 목표의 경우 식을 계산하는 절차적 지식을 요구하는 것으

로 볼 수 있지만, 이러한 절차는 대부분의 경우 수학적 원리와 법칙을 포함하고 있다. 따라서 예시와 같은 학습 목표의 경우 절차적 지식과 개념적 지식을 동반한다. 이에 반해 사실적 지식이나 메타인지 지식은 상대적으로 학습 목표에 덜 포함되는 것을 볼 수 있었다. 조사한 54개의 수업 지도안 중 개념적 지식을 포함하지 않는 수업 지도안은 없었으며, 수학 내 목표의 경우 사실적 지식을 포함하는 수업 지도안은 6개, 메타인지 지식을 포함하는 수업 지도안은 8개였다. 즉, 수학 교과와 다른 교과의 융합은 기존 수학 교육에서 제한적이었던 지식의 종류를 확장해주는 수업 설계 전략이라고도 해석할 수 있다⁴⁾.

지식과 인지 과정 차원 상의 분석 외에도 확인할 수 있는 결과는 다음과 같다. 먼저, 중학교에서 고등학교로 갈수록 학습 목표에서 요구하는 인지 과정 수준이 낮아진다. 중학교 수업 지도안 18개와 고등학교 수업 지도안 36개를 비교하였을 때, 상대적으로 고등학교 수업 지도안에서 요구하는 인지활동 수준은 중학교에 비해 현저히 낮은 것으로 보였다. 중학교 수업 지도안 18개 중 학습 목표에서 ‘분석하다’ 이상의 비교적 수준의 인지 과정을 요구하는 수업 지도안은 10개인 데 반해, 고등학교 수업 지도안 36개 중 그러한 것은 4개뿐이었다.

둘째, 수학 중심 STEAM 수업의 수학 내 목표의 대부분은 교육과정 성취기준의 영향을 크게 받은 것으로 확인할 수 있었다. 총 54개의 지도안 중 교육과정 문서 속 성취기준의 형태를 그대로 수학 내 목표에 포함한 지도안은 32개였다. 즉 수학 중심 STEAM 수업과 관련하여 교사들은 교육과정 내의 성취기준을 달성하는 것이 주된 목적이라고 인식하고 있다고 볼 수 있다. 특히 STEAM 교육에서 제안하는 ‘내용 요소’의 융합 역시 교육과정 문서에 제시된 핵심 개념, 교과 지식 및 기능을 교과별로 대응하는 것으로 이해하고 있다고 해석할 수 있다. 따라서 교과 융합 방법에 있어서 연구는 ‘교육과정 성취기준’ 반영 및 제시에 따라 교사가 인식하는 연계 교과 구분에 차이가 있다고 보고, 교과 융합 방법의 분류 기준에서 지식, 인지 과정 외 하나의 기

4) 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 학습 목표를 Anderson, Krathwohl(2001)로 분류한 결과는 [부록 1]에 첨부하였다.

준으로 삼고자 한다.

제 2 절 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 교과 융합 방법 범주화

이번 절에서는 연구질문 2에 대한 연구 결과로, 수집된 수학 중심 STEAM 수업 지도안 분석 결과로 수학 교과와 연계 교과의 융합 방법을 범주화한 결과이다.⁵⁾ 다음은 각 범주의 세부 내용이며 각 범주에 속하는 수업 지도안의 학습 목표 및 수업 지도안 세부 내용을 인용하였다. 범주화한 수학 중심 STEAM 수업의 교과 융합 방법은 다음과 같다.

(1) 상황적 융합

2015 개정 수학과 교육과정의 목표 중 하나는 ‘수학적으로 추론하고 의사소통하며 창의·융합적 사고와 정보처리 능력을 바탕으로 합리적으로 문제를 해결하는 것’이다. 또한 창의·융합 능력을 신장시키기 위한 교수학습으로 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하게 산출할 수 있는 수학적 과제의 중요성과 수학의 지식과 기능을 다른 교과나 실생활에 적용하는 것을 강조하고 있다(교육부, 2015c). STEAM 관련 교과 중 수학과 과학은 이론적 성격이 강하여, 다양한 상황을 해석하는 개념, 원리, 법칙 등을 포함하는 과목이라고 할 수 있다. 하지만 과학은 현상을 단위로 이론이 전개된다면 수학의 경우 현상과 따로 떨어진 상태, 즉 추상적인 개념의 형태로 이론이 전개될 수 있다는 차이점이 있다. 이러한 경우 수학 교과는 현실을 해석하기 위한 도구로 사용된다. 이러한 수학 교과의 특성 때문에 수학 중심 STEAM 수업에서 다른 교과는 상대적으로 부족한 실생활 맥락을 지원하는 형태가 관찰되었다. 이 연구는 이러한 연계 교과의 융합 방법을 ‘상황적 융합’으로 분류하였다.

상황적 융합은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 상황적 융합은 연계 교과가 사실적 지식을 제공하는 것으로만 기능하는 경우이다. 이 경우 수학적 내용 지식과 사실적 지식은 연관이 없으나 현실 상황에서 접할 수 있는 맥락으로서 연계 교과가 기능하는 경우이다. 이 경우 맥락에 해당하는 상황

5) 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 교과 융합 방법 구분은 [부록 2]에 첨부하였다.

적 지식을 단순히 기억하거나 이해하는 정도의 인지 과정을 경험하게 되며 수학적 지식과는 중첩되지 않은 학습 목표를 보인다. 이러한 경우 수업 지도안에서는 학습 목표에서도 연계 교과 내용 요소가 아예 제시되지 않거나, 부분적으로 제시되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이를 ‘사실적 상황’이라고 명명하였다.

예를 들어 ‘수학으로 바라본 세상’ 프로그램의 경우 수면의 과학적 원리를 알고 이를 통계적으로 나타내기 위하여 생명과학을 연계 과목으로 제시하였다. 연계 교과를 생명과학으로 제시한 이유는, 수면의 과학적 원리라는 과학적 요소를 학습하기 때문이라고 추측할 수 있다. 세분화된 학습 목표와 학습 목표 분류는 <표 IV-3>와 같다.

<표 IV-3> ‘수학으로 바라본 세상’ 3차시 수업 지도안의 학습 목표와 분류 (한국과학창의재단, 2022a)

세분화된 학습 목표	1-1 수면의 과학적 원리를 안다.
	1-2 수면의 과학적 원리와 관련된 통계적 문제를 설정할 수 있다.
	2-1 통계적 문제에 따른 적절한 자료수집 방법을 알 수 있다(배울 수 있다).
	2-2 통계적 문제에 필요한 자료를 수집할 수 있다.
	3-1 표현하고자 하는 내용을 여러 가지 그래프와 자료를 이용하여 적절하게 제시한다.
	3-2 표현하고자 하는 내용을 통계포스터에 알아보기 쉽게 나타낼 수 있다.

지식차원	인지 과정 차원					
	1. 기억하다	2. 이해하다	3. 적용하다	4. 분석하다	5. 평가하다	6. 창작하다
A. 사실적 지식						
B. 개념적 지식	1-1	3-1				
C. 절차적 지식	2	2				
D. 메타인지 지식						3-2

학습 목표를 Anderson, Krathwohl(2001)에 분류한 과정은 다음과 같다. 목표 1-1은 수학적 과학의 원리를 아는 것, 1-2는 수면의 과학적 원리와 관련된 통계적 문제를 설정하는 것이다. 이는 수학적 내용요소, 즉 통계적 문제에 대한 자료 수집 및 그래프, 표 등으로의 정리, 마지막으로 통계포스터 제작 등과 같은 내용과 구분된다. 수면의 과학적 원리는 과학 교과 핵심 개념에 포함되어 있지 않으며 이러한 수면의 원리는 수학 내용 요소와 연결되지 않는다. 또한 이러한 사실을 ‘안다’ 라는 것은 ‘기억하다’의 인지 과정에

대응할 수 있다.⁶⁾

중심과목	실용통계	학교급/학년(군)	고등학교/2학년
중심과목 성취기준 영역	1. 통계적 문제와 자료 수집 3. 자료의 수집	중심과목 성취기준	[12 실통 01-05] 자료 수집 방법을 알고, 구분할 수 있다. [12 실통 01-06] 설문지 작성 단계에 따라 설문지를 작성할 수 있다.
주제(단원)명	01. 자료의 수집 방법 02. 설문지법 03. 문헌연구법	차시	9, 10 차시 (9~12 차시) ※학생 활동이 많은 수업임을 고려하여 1 차시당 3 시간 분량의 수업을 기획함.
학습목표	1. 자료 수집 방법을 알고, 구분할 수 있다. 2. 설문지 작성 단계에 따라 설문지를 작성할 수 있다. 3. 문헌연구법을 이용하여 자료를 수집할 수 있다.		
연계과목	생명과학	연계과목 성취기준 영역	Ⅲ 항상성과 몸의 조절 3. 신경계 4. 내분비계와 호르몬 5. 항상성 조절
STEAM 요소	S	수면의 과학적 원리	
	T	자료 수집 방법의 기술	
	E		
	A	통계포스터의 심미적 요소	
	M	통계적 문제와 자료 수집 방법	
개발 의도	통계적 문제에 대한 자료 수집 방법을 알고, 이를 활용하여 '수면'에 대한 통계적 문제를 설정하여 통계 포스터를 제작할 수 있다. -수면의 과학적 원리를 알고 이에 관련된 통계적 문제를 설정할 수 있다. -통계적 문제에 따른 적절한 자료 수집 방법을 알고 구분할 수 있다. -자료 수집 방법을 적절하게 사용하고 이를 통계 포스터에 알아보기 쉽게 나타낼 수 있다.		
STEAM 학습 준거	상황 제시	상황 제시	감성적 체험
		창의적 설계	감성적 체험
		창의적 설계	감성적 체험

[그림 IV-1] '수학으로 바라본 세상' 3차시 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)

학습 목표 분류를 기반으로 수업 활동을 분석하면 다음과 같다. 먼저 도입 과정에서는 수면의 중요성과 수면의 단계에 관한 동영상과 제시하였고 수면의 과학적 원리를 스스로 정리해 보도록 한다. 다음으로는 수면과 관련된 다양한 현상을 교사가 제시하고 학생들이 수면과 관련된 통계적 주제를 선정하여 가설을 세운다. 마지막으로 제시한 통계적 문제를 바탕으로 통계 포스터

6) 이후의 수업 지도안 예시 및 학습 목표 분류에서는 같은 방법을 사용했으므로, 따로 제시하지 않는다.

를 제작하여 교사의 피드백을 받는다. 이 경우, 과학 교과는 수학 내용 요소 중 통계적 사고 과정을 경험하도록 하는 수업을 위한 사실적 맥락을 제공하였다고 볼 수 있다.

두 번째는 개념적 상황이다. 이는 연계 교과가 실생활 맥락을 제공하고 있지만, 그것이 비단 상황적 사실만을 제시하는 것이 아닌, 다른 영역의 개념을 포함하고 있는 경우이다. 이러한 융합 방법에서 연계 교과의 개념은 수학 학습을 위한 소재로 사용되곤 한다. 개념적 상황은 사실적 지식이자, 수학과 관련된 개념적 지식을 모두 포함하는 학습활동을 위해 교과를 융합하며, 주로 ‘기억하다’, ‘이해하다’의 인지 과정을 요구한다. 또한 연계 교과의 핵심 개념 및 성취기준을 달성하는 것을 수업지도안에 제시하지 않았다.

‘테라포밍 어스 리부트 프롬 어스’ 프로그램은 2030년의 오염된 공간에 갇힌 학생들이 공간을 정화하는 프로젝트로 학생들이 세계적인 이슈인 환경 오염의 심각성과 그로 인한 피해를 인식하고 직접 해결하도록 구성하였다. 한 수업 지도안은 코로나 바이러스의 확진자 수가 감염 재생산지수에 의해 결정됨을 학습과정에서 경험하도록 수업을 구성하였다. 각 수업의 학습 목표 세분화하고, 이를 분류한 결과는 <표 IV-4>과 같다. 연계 교과는 과학이며, 이는 감염재생산지수가 감염이라는 과학적 현상을 상황적 맥락으로 사용하였기 때문이다.

<표 IV-4> ‘테라포밍 어스 리부트 프롬 어스’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)

세분화된 학습 목표	1. 먼지가 작을수록 위험한 이유를 수학적으로 설명할 수 있다. 2-1 미세먼지 수치가 나타난 표와 그래프를 정리하고 해석한다. 2-2 그래프와 통계가 가지는 함정을 인지할 수 있다.
인지 과정 차원	1. 기억하다 2. 이해하다 3. 적용하다 4. 분석하다 5. 평가하다 6. 창작하다
A. 사실적 지식	1-1
B. 개념적 지식	1-2 2
C. 절차적 지식	
D. 메타인지 지식	

학습 목표 분류를 기반으로 수업 활동을 분석한 결과는 다음과 같다. 먼저

중심과목	수학	학교급/학년(군)	중학교 / 2, 3학년
주제(단원)명	문제 5. 화학 및 생물오염 : 코로나 바이러스	차시	9~10/12
학습목표	1. 감염 재생산지수의 의미를 이해하고, 조금이라도 높아지면 위험한 이유를 이해한다. 2. 감염 재생산지수를 바탕으로 미래의 확진자 수를 예측할 수 있다.		
연계과목	과학		
STEAM 요소	S	코로나 바이러스로 인한 생물학적 오염의 현재 상황과 위험성을 인식한다.	
	T		
	E		
	A	감염 재생산지수의 의미를 알기 쉽게 그림으로 나타내본다.	
	M	1. 주어진 표의 자료를 그래프로 나타내어 그래프의 변화를 해석한다. 2. 표와 그래프를 해석하여 지수의 변화에 따라 확진자 수가 어떻게 변하는지 추론한다. 3. 지수법칙을 활용하여 미래의 확진자 수를 예측한다.	
개발 의도	코로나 바이러스의 확진자 수가 감염 재생산지수에 의하여 결정되는 것을 이해하고, 조금이라도 감염 재생산지수가 높아지면 가지는 문제점을 이해한다.		
코로나 바이러스가 종식될 것이라는 기대와 달리, 변이 바이러스를 바탕으로 대유행하고 있다. 확진자 수가 늘어나고 줄어드는 요인은 무엇인지 알아보고, 감염 재생산지수가 조금이라도 커지면 발생하는 문제점을 알아본다. 그리고 감염 재생산지수를 바탕으로 확진자 수를 식으로 표현해본다.			
STEAM 학습 준거	상황 제시		
	상황 제시	창의적 설계	
		창의적 설계	감성적 체험
1. 감염 재생산지수가 나온 뉴스를 제시 2. 일자별 확진자 수가 나타난 표를 제시	1. 감염 재생산지수의 의미를 알고 알기 쉽게 그림으로 표현 2. 같은 확진자 수여도 감염 재생산지수에 따라 생기는 변화 분석 및 중요성 인식 3. 감염 재생산지수의 작은 차이가 큰 변화를 가져올 인식 4. 감염 재생산지수로 미래의 확진자 수 예측	1. 코로나 바이러스의 강력한 전염성 인식 2. 코로나 바이러스 확진자 수를 줄이기 위해서는 현재의 확진자 수가 아니라 감염 재생산지수에 집중해야 함을 인식	
감성적 체험			
학습 과정	교수-학습 활동		학습자료 및 유의점
도입 (5분)	<감염 재생산지수란 무엇일까?> Co 코로나 확진자 수를 알려줄 때 감염 재생산지수도 같이 알려주는 뉴스 시청 Co 감염 재생산지수 뜻이 무엇인지 추측하고 이를 알기 쉽게 그림으로 표현한다. ET 감염 재생산지수의 뜻을 명확히 알고 이해한다.		뉴스
	전개 (35분)	<감염 재생산지수가 확진자 수에 미치는 영향은 무엇일까?> Co 일일 확진자 수를 나타낸 표를 보며 어떤 변화가 있는지 관찰한다. CD 감염 재생산지수에 따른 일별 확진자 수의 변화를 그래프로 표현하여 초기 확진자 수가 같아도 감염 재생산지수에 따라 확진자 수가 완전히 변한다는 특징을 발견한다. ET 미래 확진자 예측에 감염 재생산지수의 중요성을 인식한다.	
<감염 재생산지수가 조금만 높아져도 위험한 이유> Co 감염 재생산지수가 1.5와 1.2인 상황을 비교해보며 조그마한 차이가 어떤 변화를 불러일으킬지 호기심을 가진다.			

학습 과정	교수-학습 활동	학습자료 및 유의점
	<p>CD 지수법칙에 따라 n에 숫자를 대입하여 대략적인 숫자를 구하고, 이를 바탕으로 확진자 수가 어떻게 변화하는지 그래프에 점을 찍어 변화를 파악한다. 그리고 이를 통해 엄청난 차이가 벌어지게 된다는 특징을 발견한다.</p> <p>ET 감염 재생산지수가 조금이라도 커지면 미래에 엄청난 확진자 수의 차이가 발생함을 인식한다.</p> <p style="text-align: center;"><감염 재생산지수를 바탕으로 한 확진자 예측></p> <p>CD 감염 재생산지수를 바탕으로 미래 확진자 수를 오늘 확진자 수를 바탕으로 식으로 표현한다.</p> <p>ET 미래의 확진자 수 예측을 식으로 명확하게 표현할 수 있음을 인식한다.</p>	
정리 (5분)	오늘 수업에 대해 느낀 점을 작성하고, 자기평가/동료평가 진행한다.	

[그림 IV-2] ‘테라포밍 어스 리부트 프롬 어스’ 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)

수업에서는 코로나 확진자 수를 보여주는 뉴스 동영상을 제시하여 감염 재생산지수의 뜻이 무엇인지 추측하고 이를 그림으로 표현한다. 감염 재생산지수가 확진자 수에 미치는 영향을 알아보기 위해 일별 확진자 수의 변화를 그래프로 표현하여, 초기 확진자수가 같아도 재생산지수에 따라 확진자수가 변한다는 특징을 발견하도록 한다. 이후에는 감염 재생산지수가 소수점 단위의 수로 조금만 높아져도 미래에 엄청난 확진자 수의 차이가 발생함을 확인한다. 마지막으로 감염 재생산지수를 바탕으로 미래 확진자 수를 오늘 확진자 수를 바탕으로 표현한다. 이 수업에서 ‘감염 재생산지수’는 그래프를 해석하기 위한 개념이며 이를 수학의 그래프 해석 학습을 위해 사용되었음을 알 수 있다. 감염 재생산지수는 과학적 요소라고 확인할 수 있으나, 이는 과학 교과의 성취기준에는 해당하지 않는다. 따라서 개념적 융합이 아닌, 수학 학습을 위한 소재(맥락)로 기능한다는 점에서 개념적 상황으로 분류할 수 있다.

(2) 교구적 융합

수학 학습에서 교구의 활용은 지속적으로 강조됐다. 인지주의적 관점에서 학생은 수학적 개념을 학습할 때 개념에 대한 표상을 만들고, 표상과 수학적 정의와의 비교 및 정교화 과정에서 학습이 일어난다. 특히 수학 학습에서 기술적, 공학적 도구의 사용은 기존의 손으로 그렸던 그림보다 정확하고 즉각적인 이미지를 제공하여 학생의 다양한 경험에 대한 표상을 만들어주는 역할을 한다. 또한 기존의 이론적이고 단편적인 수학 교육의 한계를 해결하고, 역동적인 표현이 가능하다는 점에서 의미가 있다(Bruner, 1960; Dewey, 1910). 또한 산술적인 계산 과정, 대수식의 처리를 신속하고 정확하게 수행함으로써 수학적 원리나 사고과정에 집중할 수 있게 해준다. 이는 학생들에게 수학에서의 불안감을 해소해줄 뿐만 아니라, 계산 과정이 복잡한 실생활 문제를 폭넓게 다룰 수 있다는 장점을 가지고 있다(손홍찬, 2011). 이러한 배경으로 2015 개정 교육과정에서는 각 수학 내용 영역에서 공학적 도구의 활용을 강조하고 있으며, 이에 따라 각 교과서에서도 공학적 도구를 활용하는 활동을 포함하여 현장에서 다양한 영역에 적절하게 활용하도록 하였다(교육부, 2015c).

교구적 융합은 연계 교과가 수학적 개념을 이해하기 위한 수학적 표상을 만들거나 아이디어를 발산하는 데 필요한 도구의 역할을 하는 경우이며, 주로 조작적 탐구를 위한 물리적 도구보다는 공학적 도구를 활용하는 것으로 생각할 수 있다. 학습 내용과 관련된 성취기준은 존재하지만, 수업에서 활용하는 기술 혹은 프로그램에 직접적으로 연관된 성취기준은 없으며, 주로 절차적 지식을 포함한다. 또한 교구의 사용 방법을 익히고 원하는 결과를 도출하기 위해 주어진 단계를 수행한다는 점에서 주로 ‘적용하다’의 인지 과정을 요구한다.

예를 들어 ‘수학으로 묻고 이미지를 답하다’ 프로그램의 한 수업 지도안에서는 테셀레이션을 이용하여 다각형의 내각과 외각의 크기의 관계를 이해하였다. 수업 목표와 그 분류는 <표 IV-5>과 같다. 연계 교과는 기술이었으며, 수업 활동 중 프로그램을 사용한다는 점이 그 이유라고 할 수 있다.

<표 IV-5> ‘수학으로 묻고 이미지로 답하다’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)

세분화된 학습 목표	1. 다각형에서 내각과 외각의 크기를 이해하고 구할 수 있다. 1. 다각형의 한 꼭짓점에 모이는 각의 크기가 360 도가 되는 다양한 경우(테셀레이션)를 이해할 수 있다.
------------	--

인지 과정 차원	1. 기억하다	2. 이해하다	3. 적용하다	4. 분석하다	5. 평가하다	6. 창작하다
지식차원						
A. 사실적 지식						
B. 개념적 지식		1				
C. 절차적 지식		2				
D. 메타인지 지식						

학습 목표 분류를 기반으로 수업 활동을 분석하면 다음과 같다. 먼저 다각형에서 내각과 외각의 뜻 그리고 그 크기의 특징에 대해서 설명한다. 이후 ‘테셀레이션’이라는 개념을 도입한다. 테셀레이션은 한 꼭짓점에 모인 다각형들의 한 내각의 합이 360도가 되는 경우로 이루어진다는 것을 안내한다. 수업은 테셀레이션의 예시로 프로그램을 이용하여 도마뱀 도안을 제작한다. 수업은 컴퓨터 프로그램의 틀을 익히기 위해 도마뱀 도안을 작업하는 과정을 PPT로 시연하고 학생들이 이를 따라하는 과정으로 구성되어 있었다. 이러한 경우 수학 학습에 있어서 공학적 도구가 수학적 개념의 학습을 도왔다기 보다는, 프로그램의 학습법을 익히는 과정, 혹은 손으로 정확하게 그리거나 측정하지 못했던 한계를 공학적 도구가 대신해주었다고 볼 수 있다. 따라서 이러한 융합은 교구적 융합으로 분류할 수 있다.

중심과목	수학	학교급/학년군)	중학교/ 1 학년
중심과목 성취기준 영역	중학교 (4) 기하	중심과목 성취기준	[9 수 04-05] 다각형의 내각과 외각의 크기의 합을 구할 수 있다
주제(단원명)	4. 평면도형	차시	1-5/8
학습	다각형에서 내각과 외각의 크기를 이해하고 구할 수 있다.		

목표	다각형의 한 꼭짓점에 모이는 각의 크기가 360 도가 되는 다양한 경우를 이해할 수 있다.		
융합과목	정보	융합과목 구성 영역	[중학교 1학년] (4) 기하
	S		
	T	테셀레이션 제도하기	
	E		
	A		
	M	도형의 성질, 회전체의 성질	
개발의도	중학교 1 학년 수학에서 평면도형은 대칭이나 비례와 같은 기하학적인 개념과 연관 지어 항상 중요시됐다. 그러나 가끔은 기하학에서도 예술적인 면이 중요하게 다뤄지는 경우가 있다. 한 예로 테셀레이션과 같은 내용은 계산 연습과 유클리드 증명을 강조하는 우리다라 기하학 수업에 활력을 줄 수 있는 소재라고 할 수 있다. 이번 수업에서는 테셀레이션이 학교 수학의 기하단원에서 중요한 학습 자료로 사용될 수 있다고 보고, 이를 통한 수학에 대한 흥미 유발, 대칭 변환의 개념 학습, 그리고 시각화를 통한 문제 해결능력 향상 등의 가능성을 탐색하고자 하였다.		
우리 생활 주변에서 선분으로 둘러싸인 도형을 많이 찾아볼 수 있다. 그중 한 예인 스테인드 글라스 에서 여러 가지 다각형과 각을 살펴보게 함으로써 다각형에 대한 흥미와 동기를 유발시키고, 다각형의 내각과 외각 등 여러 가지 성질을 생각해 보도록 지도한다.			
STEM 학습준거	감성적 체험	상황 제시	
		<ul style="list-style-type: none"> •평면을 기하학적 도형으로 채우려면 어떻게 해야 할까? •삼각형으로 평면을 채울 수 있을까? •정다각형으로 평면을 채울 수 있을까? 	창 의 적 설 계 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 사각형, 오각형, 육각형을 몇 개의 삼각형으로 분할하기 다각형의 내각의 크기의 합을 삼각형의 내각의 크기의 합을 이용하여 구할 수 있도록 설계하기 </div>
과정	교수-학습 활동 (1~2/5)		학습자료 및 유의점
도입	CO 정삼각형으로 평면을 빈틈없이 채울 수 있을까? 정오각형으로 평면을 빈틈없이 채울 수 있는지 추측해 보자.		

[그림 IV-3] ‘수학으로 묻고 이미지로 답하다’ 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)

‘AI 인공지능 활용 기반 STEAM 프로그램 개발’에서는 수열의 급수를 코딩 프로그램을 이용하여 문제를 해결하는 수업을 구성하였다. 개발 의도에서는 수학 학습이 계산 실수나 계산 오류로 문제의 해결에 대한 집중도가 떨어지는 것을 염려하여, 공학적 도구를 이용해 학생들이 계산의 부담을 줄이고 수학에 대한 관심과 흥미를 가질 수 있도록 프로그램을 개발하였다. 수업에서는 코딩 프로그램을 활용함으로써 등차수열 급수 연산 과정을 줄일 수 있었다. 하지만 공학적 도구를 이용해 새로운 문제를 풀기 위한 논리적 구조를 세우거나, 직접 학생이 문제 해결을 위한 로직을 구성하지 못하였다. 이러한 경우에는 정보 교과는 수학적 문제를 해결하기 위한 공학적 교구를 제공한다는 점에서, 교구적 융합으로 분류할 수 있다.

<표 IV-6> ‘AI 인공지능 활용 기반 STEAM 프로그램 개발’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)

학습 목표	1. 여러 가지 수열 문제를 (코딩을 활용하여) 해결할 수 있다.					
인지 과정 차원	1. 기억하다	2. 이해하다	3. 적용하다	4. 분석하다	5. 평가하다	6. 창작하다
A. 사실적 지식						
B. 개념적 지식			1			
C. 절차적 지식			1			
D. 메타인지 지식						

중심과목	수학	학교급(학년군)	고등학교 2학년
중심과목 상위기준 영역	[12수학103-04]	중심과목 상위기준	2의 뜻을 알고 그 성질을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.
주제(단원)명	수학문제를 코딩으로 풀어보기!	차시	6 차시
학습목표	여러 가지 수열 문제를 해결할 수 있다.		
언제/어디	장소	연계과목	[12정보04-05]
	S 과학적 실험과 결과를 이해하고 활용한다.	상위기준 영역	
	T 컴퓨터를 사용한다.		
STEM 요소	E 블록코딩 언어를 이해한다.		
	A		
	M 수학의 이론과 개념을 활용하고 연습한다.		
개발 의도	수학을 공부하다 보면 문제해결을 하느라 엉엉서 과제와 과정의 결과를 구했지만 계산은 끝내지 않거나 계산에 오류가 발생하여 답을 틀리는 경우가 많다. 이 경우 학생들은 문제 해결에 대한 집중도가 떨어지고 수학 학습에 대한 거부감으로 이어지는 경우가 많은데 코딩을 활용하여 이러한 영역에서의 불만사항을 제거하여 학생들이 수학에 대한 관심과 흥미를 가질 수 있도록 하기 위하여 프로그램틀을 개발하였다.		
STEM 핵심 역량 준거 서	실험 제시		
	상 관 계 의 관 련 성 이 해 하 기	창 의 적 성 을 활 용 하 기	컴 퓨 터 를 활 용 하 기
학습 과정	교수-학습 활동		학습자료 및 유형
도입 (10분)	<강령 제시> ☐ 교사 활동 : 다양한 수열 문제를 코딩을 활용하여 그 결과에 도달하는 방법을 학습할 수 있습니다.		• ppt, 학습서
정기 (30분)	<강령적 실행> ☐ 교사 활동 : 알지오 메스 프로그램틀을 활용하여 블록코딩을 배워 봅시다. 푸터에게 명령을 내릴 때 반드시 사용해야 하는 것이 변수입니다. 수학에서의 변수와 비수학 의미로 사용하지만 컴퓨터에게 명령을 내리기 위해서 필요한 이름이라고 생각하면 될 것 같습니다. 그리고 컴퓨터에게 명령을 내릴 때 가장 쉽게 배울 수 있는 도구는 수직이동 또는 변수를 사용하고 활용하는데 수학문제를 활용하도록 하겠습니다. - 학생들에게 문제를 제시하고 문제해결과정을 제시한 후 활동지를 적절하게 한		• ppt, 학습서

다.		
<p>■ 코딩에서 변수 연습하기</p> <p>1. 등차수열 $\{a_n\}$에 대하여 $a_1 = 0, a_{12} = 30$일 때, $\sum_{k=1}^{20} a_k - \sum_{k=1}^{10} a_k$의 값을 구하시오.</p> <p>다음과 같은 출력창이 나타나면 그 결과가 계산 되어 진다.</p> <p>2. (1 , 2) 의 위치에 Hello world 출력하기</p> <p>Hello world라는 문자를 n1이라는 변수로 저장하고 출력하게 되는데 결과가 화면의 좌표 (1, 2)에 출력된다.</p> <p>3. 다음 문제를 해결하시오</p> <p>(1) 출력창에 "hello world"라는 문자가 나타나도록 코딩하시오.</p> <p>(2) 변수블럭을 사용하여 $i = 1$ 이고 $j = 2$일 때, $f + j + f \times j$의 결과를 화면 좌표의 (1,2)에 나타나도록 코딩하시오.</p>	주어진 과제 이외의 문제들을 풀 수 있도록 도와준다.	
정리 (10분)	<강령적 실행> ☐ 교사 활동 : 이전 여러분이 알고 있거나 배웠던 컴퓨터 언어와 블록코딩으로 프로그램의 차이는 무엇일까요? 그리고 수학문제를 해결하는데 블록코딩 프로그램틀을 사용하여 해결할 수 있는 문제를 만들어보고 이것을 해결할 수 있는 코드를 만들어 보도록 합니다.	• ppt

[그림 IV-4] ‘AI 인공지능 활용 기반 STEAM 프로그램 개발’ 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)

(3) 방법적 융합

교구적 융합이 수학적 개념 학습에 대한 개념 이미지 혹은 표상 형성을 돕거나 계산과정을 줄이는 목적으로 교과 융합을 한 것이라면, 방법적 융합은 수학 학습을 지원하는 방법에서 차이가 있다. 방법적 융합이란, 연계 교과의 내용 요소가 수학 내용 요소를 학습하기 위한 절차적 지식을 제공하는 경우이다. 주로 절차적 지식을 포함하고, ‘적용하다’의 인지 과정을 포함한다는 점에서 교구적 융합과의 유사성을 가지고 있다. 하지만 연계 교과의 내용 요소로 교육과정 문서에서 확인할 수 있다는 점에서 그 차이가 있다.

예를 들어, ‘수학으로 바라본 세상’에서는 고등학교 실용통계와 사회문화의 융합 프로그램을 제시하였다. 수업은 사회 문화 현상의 탐구 방법을 주제로 하였다. 학습 목표와 그 분류는 <표 IV-7>과 같다.

<표 IV-7> ‘수학으로 바라본 세상’ 4차시 수업 지도안의 학습 목표와 분류 (한국과학창의재단, 2022a)

학습 목표	<ol style="list-style-type: none"> 1. 연구 설계 단계에서 자료 수집의 방법과 절차, 조사 대상과 범위, 조사 기간 및 유의사항에 대해서 구체적인 계획을 수립할 수 있다 2. 수집한 자료를 시각적으로 표현할 수 있다 3. 정보를 접한 사람들이 정보를 더 쉽고 빠르게 이해할 수 있도록 텍스트와 이미지를 이용하여 정보를 시각화할 수 있다 4. 자료 수집 및 분석 과정에서 가치 중립을 지키며 정확한 정보를 효과적으로 전달하기 위한 방안을 연구하고 탐색한다 5. 통계포스터 작성을 통해 수집한 자료를 분석하고 효과적으로 표현할 수 있다.
인지 과정 지식차원	1. 기억하다 2. 이해하다 3. 적용하다 4. 분석하다 5. 평가하다 6. 창작하다
A. 사실적 지식	
B. 개념적 지식	1 2 3 5
C. 절차적 지식	
D. 메타인지 지식	4

수업 지도안의 수업 활동을 분석하면 다음과 같다. 먼저 자료를 수집하는데 다양한 방법이 있음을 제시하고 수학 시간에 배웠던 다양한 표현방식의

중심과목	실용통계	학교급/학년(군)	고등학교/2학년
중심과목 성취기준 영역	[고등학교]	중심과목 성취기준	[12 실통 02-01]그래프의 종류를 알고 자료의 특성을 가장 잘 나타내는 그래프를 그릴 수 있다.
주제(단원)명	사회·문화 현상의 탐구 방법	차시	13, 14 차시 (13~16 차시)
학습목표	- 사회·문화 현상을 탐구하기 위한 양적 연구 방법과 질적 연구 방법의 특징과 차이점을 비교할 수 있다. 사회·문화 현상을 탐구할 때 활용하는 자료 수집 방법의 유형과 특징을 비교하여 설명할 수 있다.		
연계과목	사회문화	연계과목 성취기준 영역	[12 사문 01-02]사회·문화 현상을 탐구하기 위한 양적 연구 방법과 질적 연구 방법의 특징 및 차이점을 비교한다. [12 사문 01-03]사회·문화 현상의 탐구 과정에서 활용되는 다양한 자료 수집 방법의 유형과 특징을 비교한다.
STEAM	S	국가통계포털, 학술연구정보서비스, 한국학술정보 등을 활용한다.	

요소	T		
	E		
	A		
	M	전수조사와 표본조사의 장단점을 통해 자료 수집 방법을 설정한다.	
개발 의도	사회·문화 과목에서 다루는 자료 수집 방법의 유형과 특징을 정확하게 이해하고, 자료를 수집하고 표현하는 과정에서 오류를 줄이고 자료의 신뢰성을 높이는 데 그 의미가 있다.		
	<ul style="list-style-type: none"> - 사회·문화 현상을 탐구하기 위한 양적 연구 방법과 질적 연구 방법의 특징과 차이점을 비교할 수 있다. - 자료 수집 방법의 유형과 특징을 비교하여 설명할 수 있다. - 연구자에게 필요한 바람직한 연구 태도와 연구 윤리를 이해하고, 탐구 과정에서 이를 실천할 수 있다. - 사회·문화 현상에 대한 탐구 절차를 실제 사례에 적용할 수 있다. - 좋은 가설을 설정하는 방법을 설명할 수 있다. - 연구 단계에 따른 가치 중립과 가치 개입을 구분하여 설명할 수 있다. - 그래프의 종류를 알고, 자료의 특성을 가장 잘 나타내는 그래프를 그릴 수 있다. - 상자그림을 그려 두 집단을 비교하고 설명할 수 있다. 		
STEAM 학습 준거	상황 제시	상황 제시	감 성 적 체 험
		창의적 설계	
		<ul style="list-style-type: none"> - 수면과 관련된 다양한 연구 주제를 정하고, 이를 증명할 수 있는 가설을 설정한다. - 가설 설정을 바탕으로 각 가설을 입증할 수 있는 자료 수집 방법을 정한다. - 수집된 자료를 가장 잘 나타낼 수 있는 그래프를 찾아본다. - 수면을 주제로 하여 브레인스토밍을 실시하고, 공동 관심 주제를 바탕으로 질문지를 작성한다. 	장
감성적 체험			

[그림 IV-5] ‘수학으로 바라본 세상’ 4차시 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)

단점을 말한다. 이후 사회 문화 현상을 탐구하기 위한 문헌 연구법을 제시하고 수집 방법의 유형과 특징을 비교하여 설명한다. 또한 각 자료 수집법에서의 유의점을 학습하고 잘못된 설문 문항을 찾아보며 신뢰성을 가진 도구는

무엇인지 학습한다. 이러한 상황에서 사회문화의 ‘문헌연구법’은 개념으로 명시적으로 드러나있지는 않지만, 사회과 2015 개정 교육과정 성취기준에 ‘[12사문01-02] 사회·문화 현상을 탐구하기 위한 양적 연구 방법과 질적 연구 방법의 특징 및 차이점을 비교한다.’와 같이 제시되어 있는 것을 알 수 있었다(교육부, 2015b). 수업에서 문헌연구법은 수학에서 다루고 있는 통계적 자료 정리 방법의 장단점을 확인하고, 이를 기반으로 연구를 할 때 어떻게 활용할 수 있을지를 확인한다는 점에서, 수학 학습을 지원하는 역할을 하며, ‘방법적 융합’으로 분류할 수 있다.

(4) 산출적 융합

STEAM 교육의 창의적 설계(Creative design)는 학습자들이 주어진 상황에서 지식(knowledge), 제품(products), 작품(artworks) 등과 같은 산출물을 구성하기 위하여 창의성, 효율성, 경제성, 심미성 등을 발현하여 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 종합적인 과정이다. 이러한 과정 속 학생은 기존에 가지고 있던 서로 다른 영역들의 지식, 개념, 법칙을 융합하거나, 기존에 있던 지식을 다른 시선에서 관찰하여 새로운 생각을 발산해낼 수 있다. 이 연구에서는 이러한 산출을 분류하기 위해서는 그 산출물의 형태를 구분하기보다 산출물을 만들어내는 과정에 집중하여, 학생이 학습하게 되는 지식과 인지 과정으로 그 기준을 잡고자 한다. 따라서 이 연구는 산출적 융합을 활용하는 지식과 요구되는 인지 과정에 따라 크게 ‘단편적 산출’과 ‘융합적 산출’로 나누고자 한다.

첫째, 단편적 산출이란, 산출물을 만들어내는 경험을 하지만, 그 과정에서 충분한 발산적 사고와 수렴적 사고를 경험하지 못해, 정해진 절차를 통해 산출물을 만들어내는 융합 방법을 말한다. STEAM 교육에서는 산출물을 구성하기 위하여 창의성, 효율성, 경제성, 심미성 등을 발현하여 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 종합적 과정을 경험하는 것을 목표로 하며(박현주 외, 2012), 상대적으로 높은 수준의 사고과정인 ‘분석하다’, ‘평가하다’, ‘창작하다’의 인지 과정을 요구한다. 하지만 단편적 산출의 경우 제품, 작품과

같은 물리적 산출물에 집중한 나머지 산출물을 만드는 과정을 대부분 교사가 제시하게 하며 학생은 이러한 지식을 단순히 적용해보는 정도의 인지 과정에 그치게 된다. 따라서 이 경우 학생들은 절차적 지식을 학습하며, ‘이해하다’, ‘적용하다’의 인지 과정을 경험한다.

‘홍부놀부’ 프로그램은 다양한 실생활에서 닳음이 사용되는 예시를 적용한다. 이중 한 수업 지도안은 도형의 닳음을 학습하는 과정에서 PS 필름을 이용하여 열쇠고리를 만드는 활동을 포함하였다. 연계 교과는 기술가정으로, PS 필름을 이용하여 열쇠고리를 만드는 일련의 과정이 특정한 기술을 활용한다는 점에서 제시되었다고 해석할 수 있다. 이 수업의 학습 목표와 분류는 <표 IV-8>과 같다.

<표 IV-8> ‘홍부놀부’ 1차시 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)

학습 목표	1. PS 필름으로 닳은 도형의 성질을 찾을 수 있다. 2. 닳은 도형에서 닳음비, 대응변의 길이, 대응각의 크기 등을 구할 수 있다. 3. PS 필름으로 자신이 원하는 크기의 열쇠고리를 만들 수 있다. 4. 자신만의 열쇠고리 만드는 과정과 그 결과를 정리하여 발표할 수 있다
-------	---

인지 과정 차원	1. 기억하다	2. 이해하다	3. 적용하다	4. 분석하다	5. 평가하다	6. 창작하다
A. 사실적 지식						
B. 개념적 지식		1	2			
C. 절차적 지식						3
D. 메타인지 지식						4

수업 목표 분류를 기반으로 수업 활동을 분석하면 다음과 같다. 첫째로 수학 시간에 닳은 두 평면도형과 입체도형에서 닳음비에 따라 각의 크기와 변의 길이의 관계를 이해하는 활동을 진행한다. 두 번째로 비례식을 이해하여 실제 내 방의 크기와 가구들을 검색하여 방의 크기와 방의 크기를 줄일 수 있는 방법을 통의한 후 닳음비에 맞게 각 가구와 방의 크기를 축소한다. 세 번째로 PS필름에 원하는 삼각형을 그려 넣고 오븐에 구어 삼각형이 모양을 유지한 채 줄여든 것을 확인한다. 활동을 통해 기존의 도형과 PS필름의 도형이 닳음임을 이해하고, 자신만의 열쇠고리를 만든다. 이때 기술가정은 산출물을 만들기 위한 절차적 지식을 이해하거나 적용하는 인지 과정을 경험하기

3-3. STEAM 프로그램 차시별 수업지도안 II [11 ~ 15차시]

중심과목	수학	학교급/학년(년)	중학교2학년
중심과목 성취기준 영역	중학교 2학년 (5) 도형의 넓음 : 적음 및 문제해결 영역	중심과목 성취기준	9수04-13) 도형의 넓음의 의미와 넓은 도형의 성질을 이해한다.
주제(단원/명)	도형의 넓음	차시	1-5/16
학습목표	1. PS 필름으로 넓은 도형의 성질을 찾을 수 있다. 2. 넓은 도형에서 넓음비, 대응변의 길이, 대응각의 크기 등을 구할 수 있다. 3. PS 필름으로 자신이 원하는 크기의 열쇠고리를 만들 수 있다. 4. 자신만의 열쇠고리 만드는 과정과 그 결과를 정리하여 발표할 수 있다.		
연계과목	기술과정	연계과목 성취기준 영역	[중학교2학년] VI. 생산 기술의 세계
	5 물질의 성질이 열에 의해 변화되는 과정을 이해한다. T 열에 의해 재료(플라스틱)의 성질이 변하는 과정을 이해한다. STEM 요소		
	E 오븐에서 플라스틱이 수축되는 양을 파악한다. A 자신만의 독특한 디자인(그림) 요소가 들어갈 수 있도록 한다. M 도형의 넓음과 도형의 성질을 이해할 수 있다.		
개발 의도	실생활에서 사용되는 예시를 통해 구체적인 넓은 도형의 의미를 이해하고, 자신만의 디자인으로 열쇠고리를 만들어 보는 활동으로 플라스틱의 변성에 대한 내용을 이해하고, 적용하여 창의성을 기를 수 있다.		
	▶ 수학의 답을 이해하고 그에 따라 플라스틱렌플라스틱의 열거성을 성질을 이용하여 열쇠 고리를 제작해 보는 과정입니다. 일상생활에서 가장 많이 사용하는 플라스틱의 재료가 열에 의해 어떠한 변화가 일어나는지 알아보고 자신만의 독특한 디자인이 담긴 열쇠고리를 제작해 봅니다.		
학습 과정	교수-학습 활동	역습자료 및 유의점	
	<input type="checkbox"/> 프로젝트 안내 및 모두 구성 - 수학, 기술과정의 학습내용을 이해하고, 다양한 상황에서 답을 사용 되는 예시를 적용할 것임. (예시) 매스팩 솔리드를 확대 축소 도형 만들어 보기, 자신의 방 구조 꾸러보기, PS필름으로 자신의 열쇠고리를 만들어 발표 (5차시)의 활동 안내) - 수학의 배움, 기술과정의 배움은 모두으로 진행하고, 제작 및 발표의 과정으로 진행) <input type="checkbox"/> 개념탐구(수학) : 넓은 도형의 성질 이해하기(1차시) -교사) 각자의 도형에서 모음이 비슷한 도형들 중에서 어떤 것이 서로 닮음인지를 생각해 보고, 그 이유를 설명하기 -학생) 활동서클 스스로 해결해본 후, 모두 협력학습으로 개념 이해활동 자처 참여 (10분) -교사) 한 도형을 일정한 비율로 확대 또는 축소한 도형이 다른 한 도형과 합동일 때, 이 두 도형은 서로 답음인 관계에 있음을 알게하고, 넓은 도형임을 설명한다.	역습자료 및 유의점 -교사) 30cm 자, 가위, 매스팩 솔리드.	

<p>-학생) 실생활 대회의 장면에서 ‘달았네’라는 표현과 위의 활동에서의 답 음을 비교하여 설명하기 -교사) 서로 답음인 두 도형에서 어떤 성질이 있는지 설명한다. -학생) 매스팩 솔리드를 이용하여 확대 축소 도형 만들어 보기(15분)</p>		
<p>평행사변형을 확대, 축소하여 보면서 넓은 도형의 성질 알기</p>	<p>삼각형을 확대, 축소하여 보면서 넓은 도형의 성질 알기</p>	
<p>-학생) 넓은 도형에서 답음비가 길이의 비 임을 알고, 위에서 만들 두 도형의 답음비를 구해 본다. -교사) 입체도형에서의 답음인 도형을 그려 보도록 한다. -학생) 주어진 입체도형과 답음비가 1:2, 2:1 인 답음인 입체도형을 그려 본다.(10분)</p>		
<p>입체도형을 확대, 축소하여 본다.</p>	<p>넓은 도형의 성질을 이용하여 삼각형을 확대, 축소하기</p>	
<p>-학생) 위의 활동들을 통해 서로 답은 두 평면도형의 길이와 각에 대한 특성과 서로 넓은 두 입체도형의 길이와 각과 면에 대한 특성을 찾아 모두 발표 정리한다.(10분)</p>		
<p><input type="checkbox"/> 실생활 적용(수학) : 니 방을 꾸러보기(2차시) -교사) 수학시간에 배운 답음과 비례식을 상기시키고, 실제 내 방의 크기와 가구들을 측정하는 방법을 확인한다.(5분) -학생들이 필요한 가구의 크기를 인터넷으로 검색하여 크기를 알려준다. -학생) 모두별로 방의 크기와 가구의 크기를 줄일 수 있는 방법을 토의한 후 활동한다.(30분) -학생) 모두별로 측정방법, 결과를 발표한다.(10분) -교사) 답음비에 맞게 각 가구의 방의 크기를 바르게 축소한 경우 보상을 한다.</p>		

위해 융합되었다고 볼 수 있다. 하지만 이러한 내용 요소가 기술가정 교과와 핵심개념에 제시되어 있지 않으므로 이는 단편적 산출의 예라고 볼 수 있다.

둘째, 융합적 산출이다. 학습자는 창의적 설계 과정을 통해 창의적으로 사고하고, 다른 사람과 소통하고 협력하며, 서로 배려하는 것을 학습하게 된다 (백운수 외, 2012). 융합적 산출이란, 제품, 작품과 같은 물리적 산출물과 함께 기존의 STEAM 교육에서 목표로 하는, 문제해결을 위해 다양한 지식을 활용하는 융합적 소양을 목적으로 하는 교과 융합의 형태이다. 산출물을 만들어 내는 과정에서 한 번에 비교적 다양한 지식을 사용하며 이 과정에서 비교적 높은 수준의 인지 과정을 경험한다.

예를 들어, ‘중학교 통계기반 IOT 건축설계’는 확률 및 통계를 바탕으로 실제 우리가 접할 수 있는 IoT를 사용하면서 발생할 수 있는 문제점을 도출하고 이를 직접 해결하는 활동을 담은 프로그램이다. 연계 교과는 정보, 기술이며, ‘사물 인터넷’이 정보, 기술 모두에 적용될 수 있는 내용요소이기 때문이라고 추론할 수 있다. 세분화된 학습 목표는 <표 IV-9>과 같다.

<표 IV-9> ‘중학교 통계기반 IOT 건축설계’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)

세분화된 학습 목표	1-1 확률과 통계의 뜻을 알 수 있다.
	1-2 실생활과 관련된 자료에서 표나 그래프로 나타내고 해석한다.
	2. 자료를 줄기와 잎 그림으로 나타내고 해석할 수 있다.
	3-1 대푯값의 의미를 이해한다.
	3-2 대푯값을 활용하여 실생활의 자료의 성질을 파악할 수 있다.
	4-1 사물인터넷의 사례를 살펴본다.
	4-2 자료를 정리하여 효율적으로 표현하는 중요성을 느낄 수 있다.
5-1 사물인터넷의 적용된 사례에 대한 문제점을 도출한다.	
5-2 사물인터넷을 직접 제작하여(도전정신과 응용력을 향상시킬 수 있다)	

인지 과정 지식차원	인지 과정 차원					
	1. 기억하다	2. 이해하다	3. 적용하다	4. 분석하다	5. 평가하다	6. 창작하다
A. 사실적 지식	1-1 3-1					
B. 개념적 지식		1-2 2	3-2		5-1	5-2
C. 절차적 지식		1-2			4-2	5-2
D. 메타인지 지식						5-2

수업 목표 분류에 따라 수업 활동을 분석한 결과는 다음과 같다. 이 수업

중심과목	수학	학교급/학년(군)	중학교 / 2, 3학년	
주제(단원)명	문제 1. 탄소 문제 : 탄소 발자국, 탄소 중립 실천하기	차시	1~2/12	
학습목표	1. 우리 집의 탄소 발자국을 계산해보고 이산화탄소를 줄이는 나만의 방법을 다양한 방식으로 나타낼 수 있다. 2. 다양한 탄소 문제를 해결해야 하는 필요성을 인식하고, 탄소 중립으로 가기 위한 실천 방안을 토의할 수 있다. 3. 수집한 자료의 평균값, 중앙값, 최빈값을 계산할 수 있다.			
연계과목	과학			
STEAM 요소	S			
	T			
	E			
	A	저탄소제품 인증 마크 사진찍기(혹은 그려보기)		
M	줄기와 잎 그림 나타내기. 평균, 중앙값, 최빈값 계산해보기			
개발 의도	탄소 협약이 생길 만큼 중요하게 대두되고 있는 탄소 문제에 대해 알아보고 생활에서 탄소 문제를 해결할 수 있는 방법을 찾아본다.			
<p>Greta Thunberg(이하 그레타)는 어린 시절부터 기후 변화에 관심을 가져왔고 2018년 8월 스웨덴의 회 밖에서 처음으로 기후 행동을 한 것을 시작으로 2019년 타임스지 올해의 인물에 선정되었으며 지금까지도 환경을 지켜야 한다는 목소리를 내고 있다. '과연 우리 학생들의 환경오염에 대한 의식은 어느 정도이고 우리 학생들이 실천할 수 있는 환경 살리기 운동은 어떤 것들이 있을까?'에 대한 질문에 답하기 위해 가장 먼저 해야 할 일은 환경오염을 해결할 필요성이 있다는 것을 인식하고 생활에서 환경오염을 줄이는 방안을 찾는 것이라고 여겨져 가장 기본이 되는 탄소 문제를 먼저 다루고자 한다.</p>				
STEAM 학습 준거	상황 제시	상황 제시		감성 적 체 험
		1. 우리 집에서 배출하는 탄소 발자국은 어느 정도 일까? 2. 우리 주변에 저탄소 제품은 얼마나 있을까?	창의적 설계 1. 지로통지서를 보고 탄소 발자국 계산 2. 금성과의 대기 비교를 통해 이산화탄소의 문제점 파악	
감성적 체험				
학습 과정	교수-학습 활동		학습자료 및 유의점	
도입 (10분)	Co <의, 식, 주와 관련된 문제 제시> : 신문 기사, 다큐멘터리, 유튜브 영상 등을 활용하여 우리 주변에서 일어나고 있는 의, 식, 주와 관련된 문제에 대한 인식 환기한다. : 우리 나이 또래(그레타 툰베리)가 미래를 위해 실천하고 있는 노력 알아보는 시간 갖는다.		동영상	
전개 1차시 (30분)	<금성의 대기와 지구의 대기> Co 태양계 행성 분류에서 지구형 행성으로 분류되는 금성의 대기에 관한 글을 읽고 이산화탄소와 온실 효과에 대해 알아본다. Co 지구 대기의 이산화탄소 농도와 지구 평균 온도 그래프를 비교하고 이 현상이 지속된다면 어떻게 될지 예상해본다.		동영상 활동지 *지로통지서는 실제 가정의 것이면 좋지만, 불가능하다면	
<나의 탄소 발자국 계산하기>				

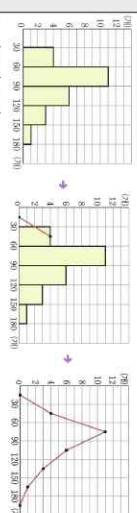
학습 과정	교수-학습 활동	학습자료 및 유의점
	Co 지로통지서(전기, 가스, 수도, 교통)를 참고하여 탄소 발자국을 계산해본다. ET 여러 모둠의 탄소 발자국을 계산해보고 발생하는 이산화탄소를 없애는 데 필요한 소나무가 몇 그루인지 공유한 뒤 이산화탄소 발생량을 줄이기 위해 내가 할 수 있는 일을 생각해본다.	
전개 2 차시 (30 분)	<p style="text-align: center;"><저탄소 제품 인증마크 조사></p> Co 과제로 조사해온 가정의 저탄소 제품 인증마크 공유하기. 우리 주변의 제품 중 저탄소 제품의 비율은 어느 정도인가? CD 수집한 자료의 평균값, 최빈값, 중앙값을 구해서 저탄소 제품 사용의 현황을 인식한다. ET 탄소 중립으로 가는 길에 대해 생각해보고, 탄소 중립을 실천하는 하루의 영상 일기를 보며 내 생활을 되돌아본다.	교사가 제공
정리 (5 분)	오늘 수업에 대해 느낀 점을 작성하고, 자기평가/동료평가 진행한다.	

[그림 IV-7] ‘중학교 통계기반 IOT 건축설계’ 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)

은 비대면 온라인수업 형태로 구성되었다. 1-2차시는 확률과 통계의 뜻과 종류를 확인하고 이해한다. 이후 3-4차시는 통그라미를 통해 즐기와 잎 그림을 직접 그려본다. 이후 정보교과에서는 사물인터넷이 무엇이고 그 활용 사례는 무엇인지 확인한다. 이후 정보교과에서는 TINKERCAD, IoT 스마트홈을 이해하고 이를 구상, 설계하는 활동을 수행하여 직접 사물인터넷을 만들어본다. 이 수업의 연계 교과인 정보, 기술은 직접 사물인터넷을 만들기 위해 융합되었다. 학생들은 사물인터넷을 만드는 과정에서 사물인터넷의 문제점, 그리고 자료를 처리하고 해석할 때의 주의점을 수학 학습시에 확인할 수 있으며 수학에서 학습한 통계 처리에 대한 내용은 이 수업의 산출물인 사물인터넷을 제작할 때도 그 기준으로 사용된다. 즉, 스마트팜 온실을 제작하는 과정에서 ‘통계적 자료 처리’의 특징을 이해하고 수정하는 과정이 계속 포함된다. 따라서 이 수업에서 연계 교과는 산출물 제작의 목적을 가지고 있으며 그 과정에서는 사실적 지식, 개념적 지식, 절차적 지식, 메타인지 지식의 모든 범주의 지식을 사용하며, 그중 연계 교과는 ‘평가하다’와 ‘창작하다’의 인지 과정을 지원하기 위해 사용되었으므로 이는 융합적 산출로 분류할 수 있다.

3-2. STEAM 프로그램 차시별 수업지도안 II 【6 ~ 10차시】

중심과목	수학	학교급/학년(군)	중학교/학년
중심과목 성취기준 영역	[중학교] 통계 (1) 자료의 정리와 해석	중심과목 성취기준	[9-95-01] 자료들 중첩이와 일 그룹, 도수분포표, 히스토그램, 도수분포다각형으로 나타내고 해석할 수 있다.
주제(단원)명	도수분포표와 히스토그램	차시	1-8/16
학습목표	-자료의 개수가 너무 많을 때 자료의 분포와 특성을 쉽게 알아낼 수 있음을 알고 자료를 정리하는 다른 방법이 필요함을 알고 자신만의 방법을 생각해본다. -자료들 도수분포표, 히스토그램, 도수분포다각형으로 나타내고 해석할 수 있다. -공리적 도수인 히스토그램의 히스토그램을 통해 도수분포표를 히스토그램으로 나타낼 수 있다.		
연재과목	영어	영어 성취기준 영역	Count on You, Make 말하기 - 쓰기 - 쓰기
STEAM 요소	S	실생활에서 학생들이 좋아하는 과제 여러개의 포장지를 실제 칼로리를 찾아보고 일정한 기준에 의해 분류를 해본다.	
	T	자료를 분류하여 그래프로 나타낼 수 있다.	
	E	공리적 도수인 히스토그램을 이용하여 히스토그램, 도수분포다각형을 나타낼 수 있다.	
	A	통계 데이터를 찾아서 분석한 후 시각자료를 만들 수 있다.	
	M	말은 양의 자료를 일정한 기준에 의해 분류하여 도수분포표, 히스토그램으로 나타내고 해석할 수 있다.	
개발 의도	(수학) 통계 단원에서 학생들이 관심이 있는 간식류의 칼로리를 실제 자료를 분류하고, 공히도 자료를 이용하여 도수분포표, 히스토그램, 도수분포다각형 등으로 나타내어 한 눈에도 알 수 있도록 한다. (영어) 학생들이 가장 좋아하는 간식류를 설문조사한 후 조사 결과를 도표로 나타내어보고, 이를 비교표와 최상급 표현을 사용하여 설명하는 활동을 진행한 후 발표해본다.		
연습 과정	□ 수학-영어 프로젝트 학습 주제 안내 □ 프로젝트 학습의 전체적인 운영 과정을 안내 - 자료를 분류하여 도수분포표, 히스토그램으로 정리할 수 있는 방법을 학습 - 히스토그램, 히스토그램으로 주어진 자료를 히스토그램으로 나타내어 한 눈에 알아볼 수 있도록 하여 합리적인 선택이 가능하도록 한다. - 언어 관련 영역에서는 학생들이 실생활에서 자주 접하는 간식류를 주제로 인터넷 화면서 직접 설문조사를 진행하고 도표를 분석하고 설명하기 - 비교급, 최상급 표현을 활용하여 도표를 분석하고 설명하기	연습자료 및 유의점	

<p>□ 모듈별 주제 정하기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 과자, 아이스크림, 음료 등 우리 주변에서 쉽게 찾아볼 수 있는 간식 종류에서 칼로리를 비교할 수 있는 주제 선택하기 - 선택한 간식 종류의 포장지 수집 <p>□ Family Feud 게임으로 수업 열기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100g당 칼로리가 가장 높을 것 같은 과자 순위, 작년 한 해 가장 많이 팔린 과자 순위 맞추보기 - 게임을 토대로 우리반에서 인기 있을 것 같은 간식의 종류와 이름을 주축해보기 (비교급, 최상급 표현을 사용하여 다양하게 표현) <p>□ 프로젝트 평가 방법 안내</p> <ul style="list-style-type: none"> - 통계 주제의 적절성, 자료를 분류하는 방법의 합리성과 정확성 - 프로젝트 수행 과정을 종합적으로 판단하여 평가 <p>□ 자료를 분류하여 계급 설정, 도수분포표 정리</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주제에 맞게 수집한 자료를 분류하여 적당한 크기의 계급을 설정하여 분류하고, 분류한 내용을 바탕으로 도수분포표를 만든다. <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>과자 10g당 칼로리</td> <td>갯수</td> <td>과자 10g당 칼로리</td> <td>갯수</td> </tr> <tr> <td>0 이상 ~ 100 미만</td> <td>a</td> <td>0 이상 ~ 10 미만</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>100 이상 ~ 200 미만</td> <td>b</td> <td>10 이상 ~ 20 미만</td> <td></td> </tr> <tr> <td>200 이상 ~ 300 미만</td> <td></td> <td>20 이상 ~ 30 미만</td> <td></td> </tr> <tr> <td>300 이상 ~ 400 미만</td> <td></td> <td>30 이상 ~ 40 미만</td> <td>y</td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td></td> <td>합계</td> <td></td> </tr> </table> <p>□ 히스토그램과 도수분포다각형 나타내기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 도수분포표를 그래프로 나타내면 자료의 분포상태를 한눈에 알 수 있다. - 도수분포표를 히스토그램, 도수분포다각형으로 나타낸다. 	과자 10g당 칼로리	갯수	과자 10g당 칼로리	갯수	0 이상 ~ 100 미만	a	0 이상 ~ 10 미만	x	100 이상 ~ 200 미만	b	10 이상 ~ 20 미만		200 이상 ~ 300 미만		20 이상 ~ 30 미만		300 이상 ~ 400 미만		30 이상 ~ 40 미만	y	합계		합계		 <p>□ 자료의 분석</p>
과자 10g당 칼로리	갯수	과자 10g당 칼로리	갯수																						
0 이상 ~ 100 미만	a	0 이상 ~ 10 미만	x																						
100 이상 ~ 200 미만	b	10 이상 ~ 20 미만																							
200 이상 ~ 300 미만		20 이상 ~ 30 미만																							
300 이상 ~ 400 미만		30 이상 ~ 40 미만	y																						
합계		합계																							

[그림 IV-8] ‘항부반부’, 2차시 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)

(5) 소통적 융합

백운수 외(2011)은 STEAM 교육의 네 가지 역량 중 하나로 소통(Communication)을 제시하였다. 21세기는 세분화된 전문사회로서 각 분야의 전문가들이 협업하는 사회로 전환된다. 즉, 타인과 소통하고 정서적 공감대를 이끌어내는 것이 무엇보다도 중요해졌다. 따라서 기존 연구에서는 창의적 설계의 과정에서 협력적 설계를 포함하여 창의성뿐만 아니라 소통과 배려를 추구할 수 있도록 지도하기를 제안하였다. 소통적 융합은 이러한 특성을 반영하여 나타난 융합 방법으로, 주로 언어 교과와의 융합을 바탕으로 한다. 분석한 수업 지도안 중에서는 활동 중 자신의 생각을 말로 표현하는 과정을 국어 교과와의 연계로 제시하거나, 학습한 내용을 영어로 말하게 하는 과정에서 영어 교과를 연계 교과로 제시하는 수업 지도안이 있었다. 이 과정에서 학생들은 과제에 대한 이해를 바탕으로 자신의 생각을 정리하고 발표하게 되므로 개념적 지식과 메타인지 지식을 포함하며, 주로 ‘이해하다’의 인지 과정을 활용한다.

예를 들어, ‘홍부놀부’ 프로그램의 한 수업 지도안에서는 통계 단원에서 자료의 개수에 따라 자료를 정리하는 방법이 다름을 학습하기 위하여 <표 IV-10>과 같은 학습 목표를 제시하였다. 연계 교과로는 영어를 제시하였으며 학생들이 자료를 조사하고 도표를 해석하는 과정에서 비교급과 최상급 표현을 사용하여 설명하는 글을 완성해보도록 하는 활동 때문이라고 추측할 수 있다.

학습 목표 분류에 따라 수업 활동을 분석한 결과는 다음과 같다. 먼저 학생들이 관심이 있는 과자, 음료, 아이스크림 등의 포장지를 살펴 칼로리를 중심으로 자료를 분류하여 공학도구인 통그라미 프로그램을 이용하여 도수분포표, 히스토그램, 도수분포다각형 등으로 나타낸다. 이 과정에서 자료 정리를 한 눈에 알아볼 수 있도록 하여 합리적인 선택을 하는 것을 목표로 하였다. 뒤따른 영어 수업에서는 학생들이 실생활에서 자주 접하는 간식류를 주제로 영어로 인터뷰를 진행한다. 이후 수학의 통계와 그래프를 활용하여 영어의 비교급과 최상급 표현을 사용하여 도표를 쉽게 설명할 수 있도록 한다. 이때

영어는 자료를 수집하고 정리하는 과정에서 소통의 매개로 사용되었으며, 학습 목표에 영어 교과는 반영되지 않았다. 따라서 제시된 수업에서 영어는 의사소통의 수단으로 사용되었으며, ‘소통적 융합’으로 분류할 수 있다.

<표 IV-10> ‘홍부놀이’ 2차시 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)

세분화된 학습 목표	1-1. 자료의 개수가 너무 많을 때 자료의 분포와 특성을 쉽게 알아낼 수 없음을 알고(이해한다), 1-2. 자료를 정리하는 다른 방법이 필요함을 알고(이해하고), 1-3. 자신만의 방법을 생각해본다. 2-1. 자료를 도수분포표, 히스토그램, 도수분포다각형으로 나타낸다. 2-2. 자료를 해석한다. 3. 공학적 도구인 통그라미 프로그램을 통해 도수분포표를 히스토그램으로 나타낼 수 있다.
------------	---

인지 과정 차원	1. 기억하다	2. 이해하다	3. 적용하다	4. 분석하다	5. 평가하다	6. 창작하다
지식차원						
A. 사실적 지식						
B. 개념적 지식						
C. 절차적 지식		2-1 2-2 3			1-1 1-2	1-3
D. 메타인지 지식						

(6) 개념적 융합

개념적 융합은 STEAM 교수학습 준거 중 내용 융·통합의 영향을 가장 많이 받은 융합 방법이라고 할 수 있다. 보통 교과 내용은 연구마다 차이가 있을 수 있지만 수업 지도안의 구조로 보아 교사들은 내용 요소의 유무를 연계 교과에 성취 수준의 유무로 확인하고 있었다. 하지만 교과에 따라 성취 기준 및 내용 요소에서 요구하는 지식과 인지 과정이 모두 다르기 때문에 동일한 지식으로 분류하기 어렵다. 따라서 개념적 융합은 수학의 특성, 즉 현상을 해석하는 이론적 지식을 주로 다룬다는 점에서, 타 교과의 관계, 성질, 법칙 등을 포함한 개념과의 융합을 수행했다고 볼 수 있다. 우리나라 교사가 국가 교육과정 문서를 중점적으로 고려하여 수업 지도안 내용을 작성하는 것으로

중심과목	수학	학교급/학년(군)	고등학교 / 1학년
중심과목 성취기준 영역	[고등학교] (3) 공간도형과 공간좌표 - (가) 공간도형	중심과목 성취기준	[12심수II03-01] 직선과 직선, 직선과 평면, 평면과 평 면의 위치 관계에 대한 간단한 증명을 할 수 있다.
주제(단원)명	천구의 좌표계	차시	7~8 / 16
학습목표	비유클리드 기하학에 대해 학습함으로써 공간에 대한 개념을 확장한다. 천구의 구조 및 천구의 좌표계에 대한 기본지식을 이해/숙지한다. 자전과 공전 현상에 의해 나타나는 천체의 시운동을 설명할 수 있다.		
연계과목	지구과학	연계과목 성취기준 영역	[자12지과II] (6) 행성의 운동
STEAM 요소	S	천구/천체	
	T	컴퓨터 소프트웨어 활용	
	E		
	A	세계 여행	
	M	좌표계, 기하학, 삼각법	
개발 의도	다른 나라에 여행을 가게 되면 기후가 우리나라와 다를 수 있다. 뿐만 아니라, 관측되는 천문현상들도 다른데, 이러한 현상이 일어나는 이유를 보다 과학적으로 이해해 볼 수 있는 계기를 마련한다.		
학습 과정	교수-학습 활동		학습자료 및 유의점
도입 (20 분)	Co 상황제시 ▲ 천구의 개념과 구조를 설명하고 다양한 좌표계가 있음을 예를 들어 설명한다. • 평면좌표계, 공간좌표계, 극좌표계, 원통좌표계, 구면좌표계 • 직교좌표계, 적도좌표계, 황도좌표계, 은하좌표계 ▲ 타원기하학(비유클리드 기하학)과 천구의 관련성 설명		
전개 (100 분)	CD 창의적 설계 ▲ 지구가 자전하지 않는다면 어떤 일이 일어날지 생각해보고 내용을 정리한다. ▲ 지구가 공전하지 않는다면 어떤 일이 일어날지 생각해보고 내용을 정리한다. ▲ ‘자전/공전’에 의해 나타나는 현상들을 과학적으로 이해하고 설명해본다. ▲ 관측자가 우리나라가 아닌 다른 어느 곳에 있을 경우, 관측되는 천문현상이 우리 나라와 어떻게 다를지 생각해보고 내용을 정리한다.		
정리 (20 분)	ET 감성적 체험 ▲ 우리나라가 아닌 다른 나라들에서의 천문현상 - 특정나라 선택해 봄. • 발표, 프레젠테이션, 작품 전시 • 표현력, 전달력, 소통능력, 협업능력 등		

[그림 IV-9] ‘스포츠 음악 자연 속의 수리 과학’ 수업 지도안 일부(한국과학창의재단, 2022a)

보아, ‘개념’은 교과별 교육과정의 ‘핵심 개념’을 반영했다고 볼 수 있다. 이때 제시된 개념은 교과 간 중복된 개념이거나 대등하게 제시된 성취기준을 동시에 학습하므로, 상대적으로 연계 교과와 수학이 대등한 입장에서 융합되었다고 볼 수 있다.

예를 들어, ‘스포츠 음악 자연 속의 수리 과학’ 프로그램의 한 수업에서는 비유클리드 기하학에 대해 학습함으로써 천계의 구조 및 천구의 좌표계에 대한 이해를 돕고자 하였다. 학습 목표와 그 분류는 <표 IV-11>과 같다. 연계 교과는 지구과학이며, 다양한 좌표계 학습을 통해 천구의 좌표계 관련 내용을 학습하는 것을 그 이유로 들 수 있다.

학습 목표 분류에 따라 수업 활동을 분석한 결과는 다음과 같다. 먼저 기준에 배웠던 평면좌표계, 공간좌표계 외에도 다양한 좌표계가 있음을 제시한다. 그중 타원좌표계는 천구와 관련이 깊음을 제시하고 이를 자전과 공전 현상과 연결지어 학습한다. 마지막으로 다른 나라에 여행을 가게 되면 기후가 우리나라와 다르다는 것을 느끼게 되는 상황을 제시하며, 이러한 현상이 일어나는 이유를 보다 과학적으로 이해해보도록 하는 계기를 마련한다. ‘좌표계’는 고등학교 심화수학Ⅱ와 지구과학Ⅱ에 동시에 포함된 내용요소이므로(교육부, 2015a, 2015c), 교과 간 중첩된 개념을 위주로 학습한다는 점에서 개념적 융합으로 분류할 수 있다.

<표 IV-11> ‘스포츠 음악 자연 속의 수리 과학’ 수업 지도안의 학습 목표와 분류(한국과학창의재단, 2022a)

학습 목표	1. 비유클리드 기하학에 대해 학습함으로써 공간에 대한 개념을 확장한다. 2. 천구의 구조 및 천구의 좌표계에 대한 기본지식을 이해/숙지한다. 3. 자전과 공전 현상에 의해 나타나는 천체의 시운동을 설명할 수 있다.
인지 과정 차원	1. 기억하다 2. 이해하다 3. 적용하다 4. 분석하다 5. 평가하다 6. 창작하다
A. 사실적 지식	1
B. 개념적 지식	2 3
C. 절차적 지식	
D. 메타인지 지식	

위 논의를 종합하여 교과 융합 방법 구분과 그 기준을 제시하면, <표 IV-12>와 같다. 분석의 대상이 된 수학 중심 STEAM 수업 지도안을 연구의 교과 융합 방법으로 구분한 결과는 <표 IV-13>과 같다. 이 중에서는 수업의 구성에 따라 두 개 이상의 교과 융합 방법으로 구분된 수업이 존재했다. 예를 들어, 연계 교과를 두 개 이상 제시한 수업 지도안의 경우 각 교과가 융합된

방법은 상이할 수 있다. 또한 수업 지도안은 여러 수업 차시를 포함하고 있어 한 교과가 융합된 방법이 차시별로 차이가 있을 수 있다. 연구에서 제시한 교과 융합 방법 구분으로 수업 지도안을 분석한 결과, 가장 많이 사용된 융합 방법은 ‘개념적 상황’ (31.5%)이었다. 다음으로는 ‘개념적 융합’ 이 16.7%, ‘개념적 상황’, ‘교구적 융합’, ‘단편적 산출’, ‘소통적 융합’ 이 각각 13.0%, ‘방법적 융합’ 이 5.6%를 차지하였으며, 가장 적게 사용된 융합 방법은 ‘융합적 산출’ (3.7%)이었다.

<표 IV-12> 교과 융합 방법 구분과 기준

교과 융합 방법		연계 교과 핵심 개념 및 성취기준 반영	지식적 차원	인지 과정 차원
상황적 융합	사실적 상황	×	사실적 지식	기억하다, 이해하다
	개념적 상황		사실적 지식, 개념적 지식	기억하다, 이해하다
교구적 융합		×	절차적 지식	이해하다, 적용하다
방법적 융합		○	절차적 지식	이해하다, 적용하다
산출적 융합	단편적 산출	×	절차적 지식	이해하다, 적용하다
	융합적 산출		개념적 지식, 절차적 지식, 메타인지 지식	이해하다, 적용하다, 분석하다, 창작하다
소통적 융합		×	개념적 지식, 메타인지 지식	이해하다
개념적 융합		○	개념적 지식 (포함)	이해하다, 적용하다

<표 IV-13> 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 교과 융합 방법 분석 결과

교과 융합 방법	상황적 융합		교구적 융합	방법적 융합	산출적 융합		소통적 융합	개념적 융합	합계 (중복 허용)
	사실적 상황	개념적 상황			단편적 산출	융합적 산출			
지도안 개수	17	7	7	3	7	2	7	9	59(54)

제 5 장 결론 및 제언

이 연구는 지난 10여 년간의 STEAM 교육 정책 운영에서 수학 교사는 교과 융합을 어떻게 해석하여 실천하였는지 수업 지도안을 통해 확인하고자 하였다. 이를 통해 현재 STEAM 교육을 실천하고 있는 교사들의 교과 융합 관련 교수학적 내용 지식을 살펴보고, 앞으로의 융합 교육 발전 및 교사들의 전문성 향상에 유의미한 정보를 제공하고자 하였다. 이를 위해 먼저 수학 중심 STEAM 수업은 어떠한 학습 목표를 달성하고자 하는지를 분석하였다. 다음으로 교사의 수업 개발 의도에 따른 학습 목표, 학습 활동에서 교과 간의 융합 방법을 범주화하여, 교사가 교과 간의 융합을 어떻게 설계하고 있는지 분석하고자 하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 수학 중심 STEAM 수업의 학습 목표를 분석한 결과 교과와의 융합은 기존 수학 수업에서 다루던 제한적인 지식과 인지 과정을 다루는 것을 확장하는 역할을 한다. 수업 지도안을 분석한 결과 연계 교과를 반영한 학습 목표에서는 기존 교육과정 내에서 제시하는 수학 교과의 성취기준보다 높은 수준의 인지 과정을 요구하고 있었다. 조우정, 김성훈(2020)은 수학과 2015 개정 교육과정의 성취기준을 Anderson, Krathwohl(2001)의 교육목표분류로 분류하였다. 그 결과 ‘개념적 지식을 이해하다’와 ‘절차적 지식을 적용하다’의 영역에 차지하는 비중이 지나치게 높으며, 높은 수준의 지식과 인지 과정의 비중이 현저하게 낮았다. 성취기준이 낮은 수준에서 제시되면, 교사들에 의해 학생들은 낮은 수준의 지식과 인지 과정 영역에서 학습하게 될 뿐, 높은 수준의 지식과 인지 과정 영역에서 학습할 기회를 잃게 된다. 따라서 교사들은 수학 중심 STEAM 교육은 이러한 수학 교육의 한계를 뛰어넘어 학생들에게 폭넓은 수학 학습을 경험하는 하나의 수업 설계 전략으로 인식한다고 해석할 수 있다.

둘째, 연구질문 1의 결과를 바탕으로, 수업 지도안의 수업 목표와 수업 활동을 분석한 결과, 수학 중심 STEAM 수업 지도안의 교과 융합 방법을 범주화하였다. 교과 융합 방법을 분석한 결과 대부분의 융합 방법이 한국과학창

의재단(2022a)에서 제공한 STEAM 수업 설계 체크리스트의 활동 준거와 연관이 깊은 것으로 나타났다. 즉 STEAM 교육의 목적과 취지보다는, 활동 준거를 반영한 수업을 STEAM 수업으로 인식한다는 것이다. 이와 같이 국가 교육 과정이 학습을 일정한 형태의 ‘기입 장치’로 규정하면서, 교육제도가 특정한 형태의 수업 전략으로 ‘변성’ 되는 현상은 국가교육제도 운용에서 흔히 일어나는 현상이며, 수업 설계 지침 및 체크리스트는 교사에게 수업 개발에 도움을 줄 수 있지만 본래 교육 정책의 취지가 아닌 단순히 형식적인 교육 및 수업 개발로 이어질 수 있다(Popkewitz, 2004). 즉, 연구에서 구분한 ‘개념적 융합’, ‘산출적 융합’ 혹은 ‘방법적 융합’을 제외한 나머지 범주의 융합 방법을 교과 간의 지식의 내용 융·통합에 있어서 낮은 수준에 해당한다고 해석한다면, 교사들은 낮은 수준의 교과 내용 요소의 융합보다는 활동 준거를 반영한 후 융합 교과를 나중에 고려한 것으로 추측할 수 있다. 국가에서 제공하는 수업 설계 체크리스트 및 활동 준거들은 그 나름대로 다양한 지식과 인지 과정을 수행한다는 점에서 의미가 있지만, STEAM 교육이 목표로 하는 교과 간의 연결성을 인지하고 새로운 지식을 창출하는 교육과는 거리가 있어 보인다. 따라서 실효성 있는 STEAM 교육의 운영을 위해서는 교사가 STEAM 교육의 활동 준거보다는 수업의 의도와 목적에 대한 이해를 높일 수 있도록, STEAM 관련 PCK 개발을 위한 교사 연수 및 교육이 필요하다.

이 연구는 다음과 같은 점에서 의의를 가진다. 첫째, 연구는 융합 수업의 체계적 분석을 위해 학습 목표와 학습 활동의 체계를 기반으로 분석했다. 기존의 연구는 기존 융합 방법 관련 연구, STEAM 요소와 같이 STEAM 교육에서 제안하는 선행 연구를 통해 수학 융합 수업에 이를 적용하는 연구에 그쳤다면, 이 연구는 교사의 수업 의도에 따른 학습 목표와 학습 활동이 구성된다는 수업의 기본 설계 원리(Grafinger, 1988; Tyler, 1949)에 따라 융합의 방법을 분류하였다. 따라서 기존 연구에서 문제점으로 제시하던, STEAM 수업 설계 단계에서 교과 간의 연결성과 체계성을 확보할 수 있는 단계가 없다는 문제점을 반영하였다. 즉, 수학 중심 융합 수업에서 융합은 수학 학습을 지원한다는 것에 초점을 맞추어 교과 간의 연결성이 어떻게 얻어졌는지를 분석하여 교과 융합을 새로운 방식으로 구분하였다.

둘째, 연구는 수학 교과와 특성을 반영한 융합 수업이 어떠한 형태로 융합되고 있는지를 확인한다. 이는 다른 교과와는 다른 수학의 특성을 드러내며 다른 교과 중심 STEAM 수업과 수학 중심 STEAM 수업의 차별점을 드러낸다. 특히 수학 중심 STEAM 수업은 그 중요성과 필요성에 비해 덜 개발되거나 연구되어 왔으며, 현재 한국과학창의재단(2022a)에서는 아직 과학 교육 중심의 STEAM 수업을 전제하고 STEAM 교육의 특성을 제시하고 있다. 수학은 모든 교과 및 상황에 대한 이론적 고찰을 제공할 수 있을 만큼, 실생활의 현상을 해석하는 도구로 작용하여 융합 교육에서 적극적으로 다루어져야 할 주제이다. 현재 STEAM 교육은 교과의 제한을 두지 않은 융합 교육으로 그 범위를 넓히고 있는 만큼 수학 교과 특성을 반영한 다양한 융합 교육 연구가 진행되어야 할 것이다.

셋째, 이 연구의 교과 융합 방법은 Anderson, Krathwohl(2001)을 기반으로 교과 융합 방법에 대한 명확한 분류 기준을 제시한다. 기존 연구에서 많이 사용되었던 교과 융합 구분은 대부분 국외 선행 연구를 통한 구분으로 우리나라 현장에서 사용되지 않는 융합 구분이 존재하거나, 명확한 기준이 없어 그 구분이 모호하였다. 예를 들어, Fogarty(1991)는 교과 융합을 구분할 때 가장 많이 거론되는 연구 중 하나이지만 ‘교육과정’의 융합을 다루고 있고 구분이 다소 거시적인 교육과정까지 포함하고 있기 때문에 수업 설계 및 지도안 분석에 대한 구분이 잘 이루어지지 않았다. 또한 Drake, Burns(2004)와 Bryan 외(2015)에서의 교과 융합 수준 혹은 융합의 형태(form) 구분에서는 각 구분이 다소 크고 각 구분 별 기준이 명확하지 않아 분류에 어려움이 있었다. 이 연구의 교과 융합 방법은 거시적인 교육과정이 아닌 달성된 교육과정(attained curriculum), 실행된 교육과정(enacted curriculum)과 같은 비교적 미시적인 교육과정을 대상으로 하여 개별 수업 지도안에도 적용할 수 있는 교과 융합 방법 구분이다. Bryan 외(2015), Drake, Burns(2004)의 연구 역시 융합 구분의 기준이 명확하지 않고 우리나라 수업과 호응하지 않아 대상 간의 상대적인 비교를 통해 구분하거나 기존 연구의 예시를 통해 추론해야 했다. 하지만 이 연구는 비교적 명료한 Anderson, Krathwohl(2001)의 구분을 바탕으로 수업 지도안을 분석하여 하향적 방식으로 범주화했다는 점에서 분명하고

현장 적합성이 높은 구분이라고 볼 수 있다.

넷째, 이 연구는 융합 수업이 단순히 교과와의 연결이 아니라 그 융합의 정도를 규정할 수 있는 가능성을 포함한다. Drake, Burns(2004)와 같이 이 연구의 구분은 융합 방법의 수준에 대한 정보를 제공하지는 않지만, 사용된 지식의 종류와 인지 과정의 수준을 볼 때, 비교적 다양한 지식과 높은 수준의 인지 과정을 사용하는 학습 목표 및 활동을 포함한 수업이 연계 교과 융합 수준이 높다고 해석할 수 있을 것이다. 예를 들어 단편적 산출에 비해 융합적 산출은 다양한 지식과 비교적 높은 인지 과정 수준까지 요구할 수 있다는 점에서 높은 수준의 교과 융합 방법이라고 말할 수 있다. 이러한 구분은 수학 중심 융합 교육의 수준과 효과를 구분할 수 있는 비판적 시각을 제공한다. 이와 관해서 생각해볼 수 있는 것이 바로 코딩교육이다. 최근 2015 개정 교육과정부터 '정보'를 정규교육과정에 포함하고 2018년에는 과학 수학 정보 교육 진흥법이 시행되는 등(교육부, 2017), 코딩 교육 확산을 위한 다양한 국가 차원의 지원이 이루어졌다. 코딩교육은 그 과정에서 명령어나 프로그램에 대한 논리적 구조를 파악하고 이를 배열하여 문제를 해결할 수 있다는 점에서 수학 교육과 융합할 수 있는 좋은 주제로 인식되어 왔다. 하지만 원래 정보 교과의 융합은 이러한 문제 해결 과정을 모두 경험한다고 보기 어렵다. 지금까지 수학 교육 활동에서의 코딩교육은 주로 프로그래밍 교육이라고 볼 수 있으며 코딩교육의 도구로 로고(Logo), 베이직(Basic), C언어 등이 활용되고 연구됐다. 이러한 공학적 도구의 경우 이를 제대로 활용하기 위해서는 교구에 익숙해지는 시간이 필요하며 그 속의 수학적 원리를 확인하고 적용하는데는 더 많은 시간을 필요로 한다. 따라서 현장에서 코딩교육은 주로 개념적 융합보다는 다소 형식적이고 낮은 수준의 융합인 교구적 융합으로 기능하게 되는 경우를 찾아볼 수 있었다. 이 연구는 단순히 융합을 경험하는 것이 교육적으로 의미 있는 것이 아니라, 학생이 융합 수업을 통해 어떠한 지식을 얻고 인지 과정을 경험하는지를 확인하는 것이 의미 있는 학습을 이루어내기 위한 토대가 됨을 시사한다.

연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 이 연구는 STEAM 교육 관련 교사 연구회의 수업 지도안을 그 대상으로 삼았다. 즉 이 연구의 결과가 모든

STEAM 수업 개발의 측면을 반영할 수 없으므로 다양한 교사집단을 대상으로 한 연구가 필요하다. 둘째, 이 연구는 수업 지도안을 통해 현재 이루어지고 있는 수학 중심 STEAM 교육을 간접적으로 바라본다. 따라서 STEAM이 목표로 하고 있는 융합형 인재 양성과 융합적 역량 함양에 대하여, 교과 융합 방법에 따라 교육의 효과는 다를 것이므로 이에 관한 후속 사례 연구를 제안한다. 셋째, 이 연구는 수업 지도안의 학습 목표와 학습 활동에 제한적으로 초점을 맞추었다. 본래 Anderson, Krathwohl(2001)은 수업 목표에 대한 분류는 수업 활동 뿐만이 아니라 평가 활동에 대한 지침까지 제공하여 목표 - 활동 - 평가의 일관성과 체계성을 밝히는 데 기여한다. 하지만 현재 수집된 수업 지도안의 경우 그 평가에 대해 다소 형식적으로 작성된 것을 확인할 수 있었다. 따라서 수학 중심 융합 수업의 연계성과 체계성을 확보하여 융합 교육의 질을 높이기 위해서는 연구를 확장하여 수업 목표 - 활동 - 평가의 일관성 및 체계성을 조사하는 것이 의미가 있을 것이다.

연구는 다음과 같은 점을 제안한다. 첫째, 융합 교육에 있어서 학생들이 경험하게 되는 인지 활동 수준에 따른 융합 교육의 효과에 관한 후속 연구를 제안한다. 이 연구는 수학 중심 STEAM 수업 지도안 분석을 통해 인지 활동 수준이 융합 수업을 구분하는 하나의 기준이 될 수 있음을 시사한다. 예를 들어, 고등학교에서 다루는 내용의 깊이와 너비는 중학교에 비해 넓어지고, 더욱더 교과 특수화 및 전문화되므로 중학교보다 더 다양한 실생활 주제를 심도 있게 다룰 수 있다. 하지만 중학교에 비해 고등학교 융합 수업의 수업목표에서 요구하는 인지 과정 수준이 비교적 낮았다. 따라서 기존 STEAM 및 융합 교육에서 학생의 인지 과정 수준을 고려한 후속 연구는 양질의 융합 교육을 실천하는 데 유의미한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

둘째, 융합 교육 전문성을 기르고 STEAM 수업을 확산, 촉진하기 위해서는 교과 구분이 없는 교사 융합학습공동체가 필요하다. 연구 결과 각 근무학교 단위 별로 개발된 융합 수업의 유형은 상이했으며, 특히 융합 수업을 구성하는 데 있어 교수학습 준거 반영이 큰 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 하지만 융합 교육 및 수업은 필요 조건을 충족시키는 것이 아니라 각 차시별 수업으로부터 구성된 하나의 프로그램이 융합형 인재를 양성하는 데 도움을 주

있는지를 질적으로 분석해야 한다. 이를 위해서는 학교 단위에서부터 전 지역에 이르기까지 다양한 교과 담당 교사의 시선에서 수업을 공유하고 분석할 수 있어야 한다. 융합 교육 종합계획(2022)에서도 예비교원이 교과 간 융합 교육 역량을 갖출 수 있도록 학과·전공 간 경계를 넘어선 융합형 교육과정 개발 및 운영이 필요하다고 주장했다. 하지만 이러한 융합학습공동체가 잘 운영되려면 교사들이 마음껏 융합 교육을 실천할 수 있는 물리적, 사회적 환경 체제가 필요하다. 따라서 정부는 교사가 비교적 장기간 동안 안정적으로 수업을 개발하고 운용할 수 있는 다양한 제도적 장치와 운영의 자율성 보장 및 지원을 제공해야 한다.

이 외에도, 기존의 STEAM 교육에서 STEAM 요소와 연계 교과의 명확한 기준을 제시하는 것이 필요하다. 수업 지도안을 분석한 결과 각 교사의 연계 교과 제시와 STEAM 요소 제시에는 명확한 기준과 일관성이 없는 것을 알 수 있었다. 예를 들어 어떤 교사는 수학 학습을 결과로 작품을 만드는 것을 예술적 과정으로 해석하고 미술 교과를 연계 교과로 제시하였다면, 다른 수업 지도안에서는 같은 활동을 포함하고도 연계 교과를 미술로 제시하지 않았다. 즉, 이는 이 연구의 초점과 같이, 어느 정도의 융합이어야 교과 융합의 연계 교과로 제시해야 하는지 그 합의가 존재하지 않는다. 이는 STEAM 요소에서도 마찬가지였는데, 어떠한 수업 지도안은 STEAM 요소를 모두 작성하기 위해 각 활동에서의 S, T, E, A, M 요소를 모두 제시했는가 하면, 어떠한 수업 지도안에서는 단순한 개념 제시로만 대체하였다. 따라서 교사마다 교과 융합 혹은 STEAM 요소 반영에 대한 기준은 다르며 정책문서에서도 이를 명확하게 규정하지 않았다. 이는 수업 지도안을 통해 수업을 개발하는 교사에게 큰 혼란을 불러일으킬 수 있다. 따라서 교과 융합에 대한 수준, 정도, 방법을 포함한 실천적 지식을 제공할 수 있는 교사 연수 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- 고려대학교 산학협력단(2022). **모듈형 융합교육 직무연수 프로그램 개발 연구**. 한국과학창의재단.
- 곽혜정, 류희수. (2016). 융합인재교육 (STEAM) 연구 동향 분석. **과학교육연구지**, 40(1), 72-89.
- 교육부(2015a). **2015 개정 과학과 교육과정**. 교육부 고시 제2015-74호 [별책9].
- 교육부(2015b). **2015 개정 사회과 교육과정**. 교육부 고시 제2015-74호 [별책7].
- 교육부(2015c). **2015 개정 수학과 교육과정**. 교육부 고시 제2015-74호 [별책8].
- 교육부 보도자료(2021.11.24.). **‘2022 개정 교육과정’ 총론 주요사항 발표: 더 나은 미래, 모두를 위한 교육**.
- 교육부(2017). **융합인재교육(STEAM) 중장기 계획 (2018~2022)**.
- 교육부(2020). **융합교육 종합계획 (안) (2020~2024)**.
- 김성원, 정영란, 우애자, 이현주(2012). 융합인재교육 (STEAM) 을 위한 이론적 모형의 제안. **한국과학교육학회지**, 32(2), 388-401.
- 김진수(2011). STEAM 교육을 위한 큐빅 모형. **한국기술교육학회지**, 11(2), 124-139.
- 김해규(2014). 2009 개정 초등수학 1 학년 교과서상의 STEAM 관련교과 내용 분석. **초등수학 교육**, 17(3), 277-297.
- 나귀수, 박미미, 김동원, 김연, 이수진(2018). 미래 시대의 수학 교육 방향에 대한 연구. **수학 교육학연구**, 28(4), 437-478.
- 나동진, 왕경수(2000). 인지적 교육목표의 분류-하나의 대안. **교육과정연구**, 18(1), 181-200.
- 류성림(2016). 2009 개정 교육과정에 따른 초등수학교과서의 STEAM 요소 분석: 5~6 학년군을 중심으로. **한국초등수학 교육학회지**,

20(2), 333-351.

- 문중은, 주미경(2018). 융복합 수학수업의 실행 방안 탐색: 미적분학의 기본정리를 중심으로. **학습자중심교과교육연구**, 18(10).
- 문중은, 박미영, 주미경, 정수용(2015). 중학교 1학년 수학교과서의 실세계 기반 과제 분석: 융복합교육의 맥락과 방식을 중심으로. **학교수학**, 17(3), 493-513.
- 박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 백윤수(2012). STEAM 교육의 구성 요소와 수업 설계를 위한 준거 틀의 개발. **학습자중심교과교육연구**, 12(4), 533-557.
- 박현주, 심재호, 김어진, 함형인, 이영태, 이지애, 권혁수(2019). STEAM 교육의 핵심역량 조사도구 개발. **과학교육연구지**, 43(2), 258-269.
- 백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 박종윤, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙(2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. **학습자중심교과교육연구**, 11(4), 149-171
- 백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 최종현(2012). **융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구**. 한국과학창의재단 2012-12 보고서.
- 소경희, 최유리, 박지애(2020). 교육개혁 실천에 있어서 교사들의 ‘의미-만들기 (sense-making)’ 과정에 대한 개념적 이해. **교육과정연구**, 38(4), 131-155.
- 손연아, 정시인, 권슬기, 김희원, 김동렬(2012). STEAM 융합인재교육에 대한 예비교사와 현직교사의 인식 분석. **인문사회과학연구**, 13(1), 255-284.
- 신영준, 한선관(2011). 초등학교 교사들의 융합인재교육 (STEAM) 에 대한 인식 연구. **초등과학교육**, 30(4), 514-523.
- 신재한(2005). 교과지식 영역에 따른 대안적 수업목표 분류 방안 탐색. **교육실천연구**, 4(2), 93-119.
- 심재호, 이양락, 김현경(2015). STEM, STEAM 교육과 우리나라 융합인재교육의 이해와 해결 과제. **한국과학교육학회지**, 35(4), 709-723.

- 양지선, 이경숙(2018). Bloom 의 신교육목표 분류체계에 기초한 4차 산업혁명 시대에 요구하는 지식과 역량 분석: 2015 개정 실과 (기술·가정) 교육과정의 가정과 성취기준을 대상으로. **한국가정과교육학회지**, 30, 129-149.
- 이동성, 김영천(2014). 질적 자료 분석을 위한 포괄적 분석절차 탐구: 실용적 절충주의를 중심으로. **교육종합연구**, 12(1), 159-184.
- 이지원, 박혜정, 김중복(2013). 융합 인재 교육 (STEAM) 연수를 통해 교수·학습 자료 개발 및 현장적용을 경험한 초등교사들의 인식 조사. **초등과학교육**, 32(1), 47-59.
- 이춘식(2012). 미국 STEM 교육의 최신 동향과 딜레마. **한국실과교육학회지**, 25, 101-122.
- 임유나(2012). 통합 교육과정에 근거한 융합인재교육 (STEAM) 의 문제점과 개선 방향. **초등교육연구**, 25(4), 53-80.
- 정재화, 전재돈, 이효녕(2015). 융합인재교육(STEAM)의 정책과 실행 방향에 대한 국내외 전문가들의 인식. **과학교육연구지**, 39(3), 358-375.
- 조우정, 김성훈(2020). Bloom의 신 교육목표 분류학에 근거한 2015 개정 고등학교 수학과 교육과정 성취기준 분석. **학습자중심교과교육연구**, 20(1), 381-402.
- 조향숙, 김훈, 허준영(2012). **현장 적용 사례를 통한 융합인재교육 (STEAM)의 이해**. (현안보고 OR 2012-02-02). 한국과학창의재단.
- 차윤경, 안성호, 주미경, 함승환. (2016). 융복합교육의 확장적 재개념화 가능성 탐색. **다문화교육연구**, 9(1), 153-183.
- 천주영, 이성민, 홍훈기(2017). Bloom의 신교육목표분류학에 기반한 2015 개정 초등 과학과 교육과정 성취기준 분석. **학습자중심교과교육연구**, 17, 551-573.
- 최승현, 황혜정(2009). 내용교수지식(PCK)에 기초한 수업컨설팅에 관한 연구 - 수학 초임교사의 사례를 중심으로-. **학교수학**, 11(3), 369-387.

- 최유현, 이은상, 김동하(2013). 중학생을 위한 STEAM 교육 프로그램의 개발: 로봇, 신소재, 우주탐사를 중심으로. **한국기술교육학회지**, 13(1), 152-177.
- 최현중(2014). Anderson 의 교육목표분류법을 이용한 중학교 정보 교과서의 수업목표 분석에 관한 연구. **컴퓨터교육학회 논문지**, 17(1), 51-63.
- 한국과학창의재단(2022a). **STEAM 교육**. <https://steam.kofac.re.kr>
- 한국과학창의재단(2022b). **2021년도 융합교육(STEAM) 성과보고서**.
- 한혜숙, 이화정(2012). STEAM 교육을 실행한 교사들의 STEAM 교육에 관한 인식 및 요구 조사. **학습자중심교과교육연구**, 12, 573-603.
- 한혜숙(2013). STEAM 교수-학습 프로그램의 개발 동향 분석 및 수학교과 중심의 STEAM 교수-학습 프로그램의 개발. **수학 교육 논문집**, 27(4), 523-545.
- 함승환, 구하라, 김선아, 김시정, 문종은, 박영석, 박주호, 안성호, 유병규, 이삼형, 이선경, 주미경, 차윤경, 황세영(2013). “융복합교육”의 개념화: 융(복)합적 교육 관련 담론과 현장 교사 포커스 그룹 면담을 중심으로. **교육과정평가연구**, 16(1), 107-136.
- Anderson, L., & Krathwohl, D. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives—Complete edition*. New York, NY: Addison Wesley Longman.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child neuropsychology*, 8(2), 71-82.
- Bergsten, C., & Frejd, P. (2019). Preparing pre-service mathematics teachers for STEM education: an analysis of lesson proposals. *ZDM*, 51(6), 941-953.
- Berlin, D. F., & White, A. L. (1995). Using technology in assessing integrated science and mathematics learning. *Journal of science Education and Technology*, 4(1), 47-56.

- Beswick, K., & Fraser, S. (2019). Developing mathematics teachers' 21st century competence for teaching in STEM contexts. *ZDM*, *51*(6), 955-965.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Handbook I: cognitive domain*. New York: David McKay.
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2015). Integrated STEM education. In *STEM road map* (pp. 23-38). Routledge.
- California Department of Education. (2014). *Science, technology, engineering, & mathematics (STEM) information*. <http://www.cde.ca.gov/PD/ca/sc/stemintrod.asp>. accessed December, 2014. Return to ref 2014 in article.
- de Lange, J. (1996). Mathematics education and assessment. *Journal of the Association of Mathematics Education of South Africa*, *42*, 14-20.
- Drake, C. (1993). Effects of misspecification of the propensity score on estimators of treatment effect. *Biometrics*, 1231-1236.
- Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. ASCD.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, *3*(1), 1-8.
- Fogarty, R. (1991). Ten ways to integrate curriculum. *Educational leadership*, *49*(2), 61-65.
- Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F. L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future?. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(1), 105-123.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a

- reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and teaching*, 11(3), 273-292.
- Hatch, J. A. (2002). *Doing qualitative research in education settings*. Suny Press.
- Hauenstein, A. D. (1998). *A conceptual framework for educational objectives: A holistic approach to traditional taxonomies*. Lanham, MD: University Press of America, Inc.
- Hodge, G. A. (2018). *Privatization: An international review of performance*. Routledge.
- Hudson, P., English, L., Dawes, L., King, D., & Baker, S. (2015). Exploring links between pedagogical knowledge practices and student outcomes in STEM education for primary schools. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 40(6), 134-151.
- Jacobs, H. H. (1989). *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation*. Association for Supervision and Curriculum Development, 1250 N. Pitt Street, Alexandria, VA 22314.
- Maass, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM*, 51(6), 869-884.
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vilchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822.
- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (Eds.). (2006). *The new taxonomy of educational objectives*. Corwin Press.
- Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental research*, 108(2), 131-139.
- Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education: The student, the

- school, the classroom. *TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM)*, 20, 2-7.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Popkewitz, T. (2004). The alchemy of the mathematics curriculum: Inscriptions and the fabrication of the child. *American educational research journal*, 41(1), 3-34.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-21.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Stohlmann, M. S., Moore, T. J., & Cramer, K. (2013). Preservice elementary teachers' mathematical content knowledge from an integrated STEM modelling activity. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(8), 18-31.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 4.
- Treffers, A. (1987). *Three dimension*. Dordrecht, Holland: Reidel Publishing Company.
- Walker, W., Moore, T., Guzey, S., & Sorge, B. (2018). Frameworks to develop integrated STEM curricula. *K-12 STEM Education*, 4(2), 331-339.
- Yildirim, B., & Sidekli, S. (2018). STEM applications in mathematics education: The effect of STEM applications on different dependent variables. *Journal of Baltic Science Education*, 17(2),

200-214.

[부록 1] 수학 중심 STEAM 수업 지도안 학습 목표 분류 결과

분류 지도안	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1.										1-1 1-2 3-1				2	3-2									
2.														2-1 2-2 3			1-1 1-2	1-3						
3.							1	2																
4.	1-1 3-1							1-2 2	3-2		5-1	5-2		1-2			4-2	5-2						5-2
5.	1-1 2-1						2-1		1-2 4-1					3-1	3-2 5-2									
6.								1-1			1-2													
7.															3-1		3-2							
8.									1-1			1-2											1-2	
9.	1-1							2				1-2		2										
10.								1 2-2						1	2-1									2-1 2-2
11.								3	1-1						3			1-2						
12.								1 2-1 1-2			2-2													
13.	1-1							2																
14.								1 2			3													4
15.								1 2																
16.								2	1															
17.								3					1											
18.								3	1									2						
19.								1						2							2			
20.								3-1 3-2	1 2					1 2	1 2									
21.								1					2											

[부록 2] 수학 중심 STEAM 수업 지도안 교과 융합 방법 분류 결과

지도안 분류	융합		교구적 융합	방법적 융합	산출적		소통적 융합	개념적 융합
	상황적 사실적 상황	개념적 상황			단편적 산출	융합적 산출		
1.				○				
2.							○	
3.					○			
4.						○		○
5.					○		○	○
6.					○			
7.							○	
8.	○							
9.							○	
10.					○			
11.	○							
12.	○							
13.								○
14.					○			
15.			○					
16.								○
17.						○		
18.		○						
19.								○
20.		○						
21.	○							
22.	○							
23.	○							
24.				○				
25.								○
26.	○							
27.				○				
28.			○		○			
29.			○					
30.			○					
31.			○					
32.			○					
33.	○							
34.							○	
35.	○							
36.		○						
37.							○	
38.		○						
39.	○							
40.	○							
41.	○							
42.							○	
43.	○							
44.		○						
45.		○						

46.								<input type="radio"/>
47.								<input type="radio"/>
48.	<input type="radio"/>							
49.	<input type="radio"/>							
50.								<input type="radio"/>
51.	<input type="radio"/>							
52.		<input type="radio"/>						
53.			<input type="radio"/>		<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
54.	<input type="radio"/>							

Abstract

Analyzing instruction objectives and integration methods of disciplines in mathematics-based STEAM lesson plan

Kwon Hye Yoon

Department of Mathematics Education

The Graduate School

Seoul National University

It is essential to have the competency to integrate knowledge in various areas for solving complex and diversified problems in real-life contexts for the future. However it has been continuously proposed that traditional mathematics education is not appropriate for the future generation. Therefore, STEAM education is meaningful in the sense of integration between disciplines and the need to promote mathematics-centered STEAM instruction is getting increased. However, it has been criticized for not having a theoretical foundation for the integration between disciplines in the STEM instruction design, resulting in weak continuity and systematicity. Therefore, this study aims at revealing conceptualization of the ways to integrate disciplines of mathematics teachers, so giving meaningful information for professional

development of convergence education.

This study investigates the pedagogical content knowledge of STEAM education and instruction for teachers and tries to give meaningful information for improving convergence education and teachers' professional development. For this, it is assumed that the practice of integrating disciplines depends on interpreting STEAM education policy and tries to analyze how to integrate disciplines for mathematics-centered STEAM education. Specifically, the purpose of this study was to specify the ways to integrate based on the relationship between learning objectives and activities and try to categorize the ways to integrate based on previous research and national STEAM education documents.

First, the learning objectives of mathematics-centered STEAM lesson plans were analyzed to enlighten teachers' intention of teaching. For analysis, Anderson, Krathwohl(2001)'s taxonomy was used. Second, for categorizing ways to integrate based on the relationship between learning objectives and activities, qualitative content analysis was conducted. For the criteria for categorization, according to Anderson and Krathwohl (2001), knowledge, cognitive process, and standards in the national curriculum documents were considered for reflecting Korean education policy and field. To compose disjoint categorization, each category is organized by different types of knowledge, cognitive process, and standards.

The results of the study are as follows. First, for analyzing learning objectives of mathematics-centered STEAM instructions, mathematics teachers recognized integrating disciplines as a way to diversify the types of knowledge covered in the mathematics class and increase the level of the cognitive process. Second, compared to middle school, the level of cognitive processes in high school is lower. Third, based on

learning objectives and activities, methods to integrate disciplines were divided into 6 types of integration, and subcategories of each category were identified. It was found that the instruction design checklist by KOFAC(Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity) strongly influenced methods to integrate disciplines of teachers. In other words, it was found that mathematics teachers recognized STEAM instruction as the instruction reflecting the criteria of specific activities.

This study indirectly revealed the state of mathematics-centered STEAM education and conducted the classification of ways to integrate in Korea. It was meaningful in the sense of clarity and suitability for Korean STEAM education and instruction. It implies that not merely presenting different contents of disciplines parallelly, but identifying what knowledge and cognitive processes students experience through STEAM education is the key to meaningful learning.

keywords : STEAM education, mathematics-centered STEAM instruction, educational objective taxonomy, lesson plan analysis, integrating method for disciplines

Student Number : 2021-22409