

STEAM 교육의 실행 강화를 위한 학교 STEAM 역량 진단 도구 개발

박현주 · 심재호^{1*} · 이지애² · 이영태³

조선대학교 · ¹부산대학교 · ²한국에너지공과대학교 · ³한국교육과정평가원

Development of STEAM Diagnostic Evaluation Tool to Strengthen the Implementation of STEAM Education

HyunJu Park · Jaeho Sim^{1*} · Ji-Ae Lee² · Youngtae Lee³

Chosun University · ¹Pusan National University · ²Korea Institute of Energy Technology ·

³Korea Institute for Curriculum and Evaluation

Abstract : The purpose of this study is to develop an instrument for school STEAM education diagnostic assessment. Literature reviews, the developmental study of a prototype instrument, experts' advices, and pilot study were administrated. The school STEAM education diagnostic assessment was consist of five areas: 'STEM education action and sustainability plan,' 'STEM curriculum and instruction,' 'STEAM professional development,' 'process-based evaluation,' and 'community and partnerships.' Each area had one to five sub-areas. A total of 14 diagnosis items were developed, including items that can diagnose the school's STEAM environment base and STEAM education execution level at the school unit and member level for each area. The validation of the diagnostic assessment was conducted through the content validity of the expert group and the validity of a survey targeting school teachers. For applying the instrument for STEAM Education School Assessment to schools, a total of 267 elementary, middle, and high schools participated. As a result, the average of the five areas was 1.46 to 2.18. This instrument comprehensively diagnoses and evaluates the implementation and effectiveness of STEAM education in schools, and is expected to be used as basic data and core data for implementing STEAM education.

keywords : STEAM education, STEM school, competency assessment instrument, self-evaluation, diagnostic assessment, K-12

I. 서론

현대 사회의 과학기술 발전과 디지털화는 인류의 삶과 산업구조의 총체적인 변화를 이끌고 있으며 (Schwab, 2016), 개인과 국가의 경쟁력을 확보하기 위해 전세계적으로 융합교육, 즉 STEM 중심의 교육이 점차 강화되고 있다(OECD, 2018). STEAM은 STEM에 인문 사회와 예술 분야(Arts)를 융합한 것으로 학문 분야의 경계를 넘나드는 대표적인 융합 교육(Crossover)이다.

교육부는 과학 기술적 소양과 예술적 감성을 갖춘 융합형 STEAM 인재 양성을 위해 '과학기술·예술 융

합(STEAM) 교육 활성화 방안', '2017 융합인재교육 중장기계획', '2020 융합교육 종합계획' 등 2011년 이후 지속적이며 적극적인 STEAM 교육정책을 펴고 있다(MEST, 2010a & 2010b; MOE, 2017 & 2020). STEAM 교육은 STEM 분야에 대한 학생들의 학습 동기 유발과 진로 선택, 교사의 창의적 설계 기반의 수업 개선, 학생과 교사의 STEAM 교수학습 역량 강화, 시스템 및 네트워크 개선 등 기존의 학교 교육이 가진 한계를 극복하고 미래 교육의 모델로 교육 현장에서 적용되고 있다.

STEAM 교육의 발전을 위해 다양한 연구들이 수행되었는데, 이론적 틀과 수업의 설계 방향을 안내하고

* 교신저자: 심재호 (sim307@pusan.ac.kr)

** 이 논문은 2019년 한국과학창의재단의 지원을 받아 수행된 '융합교육 종합계획 수립을 위한 기초연구(연구보고 BD19090001)' 결과보고서의 일부 내용을 재구조화한 것임.

*** 2021년 10월 12일 접수, 2021년 11월 10일 수정원고 접수, 2021년 11월 22일 채택

http://dx.doi.org/10.21796/jse.2021.45.3.349

(Beak *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2011; Sim *et al.*, 2015), 교육 프로그램을 개발하고(Jeon & Lee, 2015; Lim, Min, & Hong, 2015), 평가하는 방안이 제시되었다(Park *et al.*, 2019; Sim *et al.*, 2017). STEAM 교육의 효과로 학생들이 실제적 문제를 해결하는 과정에서 주의집중, 관련성, 자신감, 만족감이 향상되었다는 연구가 있으며(Song & Lee, 2017), STEAM 흥미, STEAM 역량, STEAM 학업성취, STEAM 진로에 바람직한 영향을 제공했으며(Kang & Jin, 2019), 스마트 미디어 기반의 STEAM 프로그램에서 학생의 학업성취도 점수가 유의하게 향상되었다는 연구(Choi, Yang, & Hong, 2016) 등이 보고되고 있다.

한편 STEAM 교육 성과의 향상을 위한 STEAM 수업의 효과성(Jeon & Lee, 2015; Kang & Kang, 2016), 진단과 평가도구(Park *et al.*, 2019; Sim *et al.*, 2017), 학교 현장에서의 STEAM 교육 실행(Park *et al.*, 2016), STEAM 역량 향상과 교사 연수(Han, Hwang, & Yoo, 2016), STEAM에 대한 교사 현장의 인식과 어려움(Han & Lee, 2012; Lee & Kwon, 2017) 등의 다양한 기초 연구가 수행되었다.

국외 STEAM/STEM 교육의 효과는 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, STEM 교육은 학업성취도 향상에 효과가 있다. 읽기, 과학, 수학 등의 교과 성취도의 향상에 관한 연구(McKinnon, 2018; Tolliver, 2016)와 학생들의 출석률과 연계한 학업성취도 향상 연구(Adams, 2017) 등에 따르면, 정규학교 수업 시간과 학교 밖 STEM 수업에서 모두 학업성취도가 향상되었다. Drane *et al.* (2014)은 미국의 대학과 함께 생물학, 화학, 공학, 물리, 수학 5개 분야와 7개 과목에서 10년 동안 STEM 학습 프로그램을 운영한 후, STEM이 학생들의 성적 향상의 긍정적인 영향을 제공한다는 것을 발표하였다. Han *et al.* (2015)은 STEM 프로젝트 기반 수업을 3년 동안 적용한 결과, 수학 성적이 저조한 학생들의 성취도가 상승하였다는 유의미한 연구 결과를 제시하였다. 둘째, STEAM 교육은 학생들의 태도 및 정의적 영역에서 긍정적이고 유의미한 결과를 나타낸다. STEAM 교육에서 학생들의 STEAM 태도가 향상되었고, 과학 콘텐츠 학습을 촉진하였으며(Toma & Greca, 2018), 자기 효능감이 향상되었다(Hall-Lay, 2018; Havice *et al.*, 2018). 셋째, 여성을 포함한 다양한 소외계층에 대한 STEAM 교육의 효과가 보고되고 있다. STEAM 교육의 인종간 효과성 연구(Bicer & Capraro, 2019)와 성별에 따른 교과 학업성취도를 비교하는 연구(McClain, 2015)에 따르면, 여성이 STEAM 교육에서 높은 효과가 있는 것으로 나타났다.

최근 국외 STEAM 교육을 위한 관심은 STEM 프로그

그램의 개발과 적용, 인지적, 정의적 영역 등의 효과성 분석에서 STEM 교육의 성공적 수행에 영향을 미치는 학교의 환경 기반과 요인들의 진단과 평가로 확장되었다(Bruce-Davis *et al.*, 2014; LaForce *et al.*, 2016; White, Marshall, & Alston, 2019). 이것은 학교의 STEM 환경적 요인이 STEM 교육의 성과에 영향을 준다는 전제에 기인한 것이다.

영국 Warwick 대학은 학교 STEM 평가도구(School STEM Assessment Tool)를 개발하고, 학교의 STEM 교수학습, 학생 개인 역량, 교사의 진로 인식, 학생 활동, 평등 및 다양성, 의사소통 등과 관련된 준거를 1~4단계로 구분하여 제시하였다(Warwick, 2011). 이것은 학교별 STEM 교육의 단계별 목표 수준을 제시하고 자기 점검이 가능한 준거를 제공한다는 점에서 학교 STEM 교육에 대한 자체평가의 수단으로 활용할 수 있다.

‘STEM Learning Ecosystems: Evaluation and Assessment Findings’(Allen & Noam, 2016)는 STEM 학습 생태계의 관점에서 STEM 진단 도구를 제시하였다. STEM 학습 생태계의 구성 요소를 STEM을 적용하지 않는 학교의 특성, STEM 학교의 특성, 학생, 교사, 촉진자, 학부모의 6가지로 구분하고, 각 요소를 진단하는 도구를 제시하였다. 학생에 대해서 관찰평가, 학업성취도 평가, STEM의 평가가 이루어지고, 교사에 대해서 STEM 영역에 대한 교사 효능감과 태도, 과학교수효능감, PCK 수준을 측정하여 STEM 효과로 평가하도록 하였다. 이 도구는 STEM 교육의 교사와 학생, 그리고 참여 구성원에 대한 총체적인 평가가 가능하다.

테네시 주 교육부는 STEM 학교 인증을 위해 STEM 진단 도구인 ‘Tennessee STEM School Designation Self-Assessment’를 제시하였다. 학교들은 STEM 실행을 위한 학교 환경에 대해 평가 항목에 따른 자체평가 결과를 제출하고, 평가 결과의 4단계 수준 가운데 최상위 ‘모델(Model)’ 수준에 도달한 학교는 STEM 교육 학교로 인증받을 수 있다. 최상위 ‘모델’ 수준의 STEM 학교는 자체평가 항목 총점이 최소 90%에 도달했음을 입증해야 한다. 테네시 주 교육부는 학교들이 STEM 학습 환경을 만드는 데 필요한 요소들을 정의하고 성공적으로 STEM 교육을 실행할 수 있는 로드맵을 제공하고 있다.

이처럼 미국의 일부 주에서는 STEM 프로그램의 개발과 적용을 넘어, 학교의 STEM 역량 진단 도구 개발을 통해 학교의 STEM 교육의 강점과 약점을 파악하고 이를 개선하는 방향으로 STEM 교육의 관심이 옮겨가고 있음을 알 수 있다. 이에 우리나라도 다양한 STEAM 교육 프로그램 개발과 효과성 분석에서

STEAM 교육을 수행하기 위한 학교 환경 기반의 적절성을 평가하고 STEAM 교육 역량을 강화하는 연구로 변화가 필요하다. 이러한 필요성에 기반하여 본 연구의 목적은 우리나라 STEAM 교육의 실행 강화와 교육환경 기반을 자체 평가할 수 있는 학교 STEAM 교육 역량 진단 도구를 개발하는 데 있다.

이 진단 도구의 개발을 통해 학교의 STEAM 교육을 진단하고, STEAM 교육 실행의 제한점과 위험 요소들을 사전에 고려하여 지속 가능한 STEAM 교육의 실천 지침을 제공하고자 한다. 본 연구의 결과는 STEAM 교육의 지속가능성을 위한 노력, 교육과정과 교수학습 방법, 교사의 전문성 계발, 학생 중심 평가, 지역사회와의 네트워크 등 학교 STEAM 환경 기반과 실행 수준의 역량을 진단하고, 그에 기반한 실질적인 처방을 제공하는데 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 절차

이 연구는 학교 STEAM 역량의 진단 도구 개발을 위한 문헌 연구, 진단 도구 프로토타입 개발과 타당화, 현장 적용 등의 절차에 따라 수행되었다(Figure 1).

첫째, 국내·외 STEAM 교육과 STEAM 교육효과, 진단 도구 관련 선행연구와 문헌 등을 조사하였다. 학교 STEAM 역량 진단 도구와 관련된 문헌은 학술연

구정보서비스(RISS)와 Google Scholar에서 ‘STEM 또는 STEAM, assessment (tools), evaluation, measure, instrument’ 등의 용어를 다양하게 조합하여 검색하였다. 검색 엔진을 통해 일차적으로 관련된 문헌들과 각 문헌에 제시된 참고문헌을 조사하여, 학교의 STEAM 역량 진단 도구 개발을 위한 기초 자료인 논문 및 보고서 30편을 선별하였다.

둘째, 학교 STEAM 역량 진단 도구의 틀을 구성하고, 대영역과 소영역을 설정한 후, 영역별 진단 문항을 개발하였다. 연구진의 심층적인 논의와 외부 전문가 자문 의견을 토대로 문항을 개발·수정하였으며, 진단 문항에 대한 반성적 재검토를 진행하였다.

셋째, 학교 STEAM 역량 진단 도구의 타당화는 문항에 대한 전문가 집단 및 학교 현장의 예비조사를 통한 타당성 검증이 수행되었다.

넷째, 학교 현장 적용을 통해 학교 STEAM 역량 진단 도구를 수정하고 보완하였다.

2. 학교 STEAM 역량 진단 도구의 영역 설정 및 문항 개발

STEAM 교육의 실행과 관련된 학교 STEAM 역량 진단 도구를 위한 영역과 변인들을 추출하였다. 학교의 STEAM 역량 진단 도구는 학교에서 필요한 환경 생태와 관련한 구성 요인을 포함하였다. 학교 평가 관점에서 교육과정 및 교수학습 방법 활용 요소, 교육목표 달성을 위한 과정 중심 평가를 통한 효과성 요소, 교육의 지속가능성과 파트너십 요소 등을 고려하였다.

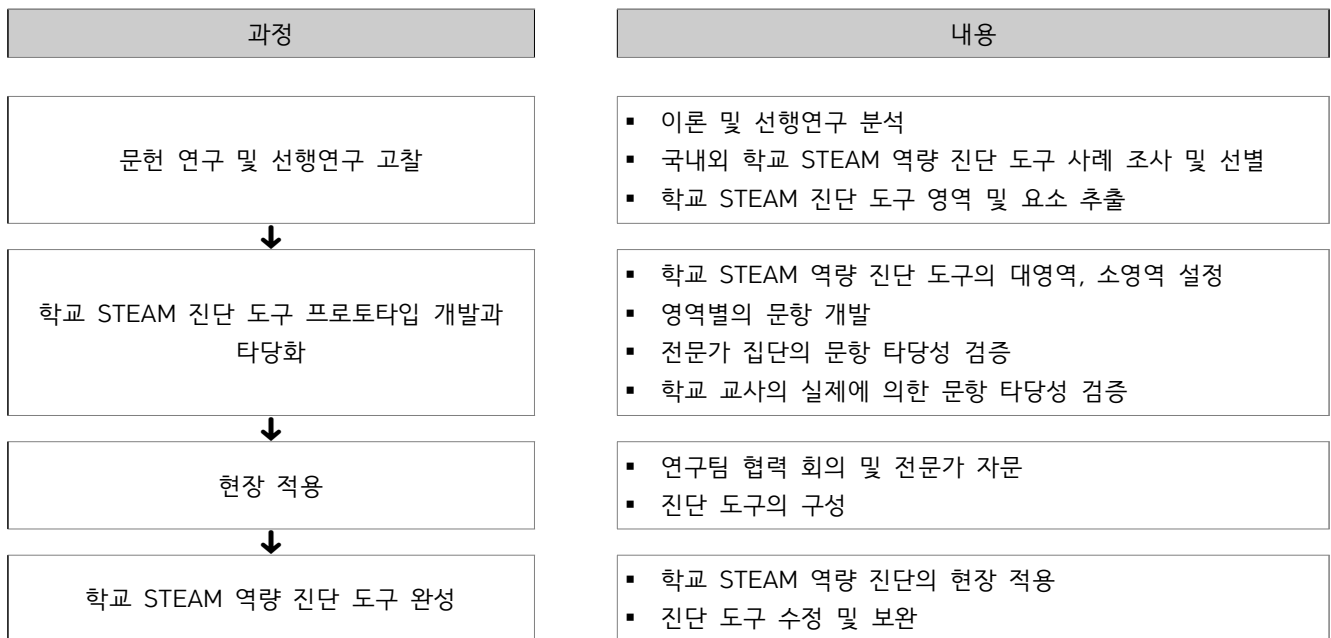


Figure 1. Research Procedure

학교 STEAM 역량 진단 도구의 대영역은 ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’, ‘STEAM 학습 전문성 계발’, ‘과정 중심 평가’, ‘고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’의 5개로 구성하였다. 각 대영역은 1~5개의 하위 영역으로 구분하였다.

각 영역에 따른 학교의 STEAM 환경 기반과 STEAM 교육 실행 수준을 학교 단위와 구성원 수준에서 진단할 수 있는 문항들을 포함하여, 총 14개의 진단 문항을 개발하였다.

2. 학교 STEAM 역량 진단 도구의 타당화

학교 STEAM 역량 진단 도구의 타당화는 전문가의 내용 타당도 검증과 예비조사(pilot study)의 학교 교사의 실제에 의한 타당도를 통해 진행하였다.

1) 전문가의 타당도 검증

학교 STEAM 역량 진단 도구의 초기 버전에 대한 전문가의 타당도 검증을 국내 과학교육 및 STEAM 교육 분야 교수, 관련분야 박사학위를 소유한 교육전문가, 교사를 포함한 7인을 대상으로 실시하였다. 각 전문가에게 개별적으로 진단 도구 초안과 평가 의견 양식을 e-mail로 제공하여 타당도 검증과 의견을 회신받았다. Table 2는 전문가가 제공한 학교 STEAM 역량 진단 도구의 대영역과 소영역의 문항에 대한 타당도와 개선 의견의 일부를 예시로 제시한 것이다.

예시에서 제시한 것과 같이, 초기 진단 도구의 각

항목에 대해 7명의 자문 위원이 각 평가 문항별 타당도, 각 평가 문항의 명료성, 현장에서 실행 가능성, 답지의 상호 간섭 배제성 등을 고려하여 각각 구체적으로 의견을 제시하였다. 본 연구진은 전문가의 구체적인 의견을 평가 문항별로 분류한 후, 현장 교사들이 이해 가능하며 응답 가능한 명료한 문구로 수정하고, 수정된 문항은 초, 중, 고등학교 현장 교사 9인에게 3회에 걸쳐 이해도와 가독성을 검토하도록 요청하였다. 그리고 그 결과에 따라 진단 도구의 문항을 수정하고, 개방된 토론 형태로 진단 도구 1차 수정본을 완성하였다.

1차 수정본에 대해 연구진이 각자 개별 검토를 다시 수행하고, 검토한 수정 의견에 기반하여 문항을 다시 조정하고 검토하는 과정을 거쳐 2차 수정본을 완성하였다. 이 과정에서 낮은 평정 점수를 기록한 문항, 또는 중의적 해석으로 응답의 신뢰성이 지적되는 문항들은 수정 혹은 삭제하였다. 진단 도구의 내적 타당도를 높이기 위해 연구진의 3차 회의, 연구진과 전문가 그룹과의 협력 회의를 통해 문항을 수정 및 보완하였다.

7인의 전문가를 대상으로 진행한 학교 STEAM 역량 진단 도구에 대한 내용 타당도 조사 결과는 평균 0.92이었다. 대영역 ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’, ‘STEAM 학습 전문성 계발’, ‘과정 중심 평가’, ‘고등 교육 기관’, ‘산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’의 영역별 타당도 평균은 각각 0.90, 0.95, 0.90, 0.90, 0.95로 나타났다.

Table 2. Example of one of expert group's opinion for the prototype instrument.

STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획에 대한 문항으로 4개(1.1~1.4)의 질문이 타당하다고 생각하십니까?					
타당도	①전혀 타당하지 않다	②타당하지 않다	③보통이다	✓④타당하다	⑤매우 타당하다
개선 의견	문항 내용을 보면 ‘미흡, 보통, 우수, 매우 우수’의 단계로 구성되어 있는 것 같습니다. 그렇다면 상위 단계의 내용은 이전 단계의 내용을 포함하는 것이 적절해 보이는데, 현재의 문항 내용에서 그러한 점이 분명하게 드러나지 않는 것 같습니다. (이하 생략)				
세부 항목에 대한 자문 의견					
1.1. STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획 (이하 생략)	①전혀 타당하지 않다	②타당하지 않다	③보통이다	✓④타당하다	⑤매우 타당하다
[의견란]	STEAM 교육이 학교에서 체계적으로 운영되고 있는지를 묻는 설문으로 보입니다. 따라서 1.1 문항을 보다 직관적으로 이해할 수 있게 수정하면 좋을 것 같습니다. (이하 생략)				

2) 학교 교사의 실제에 의한 타당도 검증

전문가 내용 타당도 검증과 연구자 협력 회의를 거쳐 수정된 학교 STEAM 역량 진단 도구에 대한 예비조사를 시행하였다. 이것은 실제에 의한 타당도를 확인함으로써 진단 도구의 타당도를 확보하는 예비조사 방법(Messick, 1995)이다.

예비조사는 진단 도구의 실질적 적용 대상인 STEAM 교육을 5년 이상 수행한 교사로서, 추천된 초등교사 2명, 중학교 기술교사와 과학교사 각 1명씩, 고등학교 과학교사 1명이 참여하였다. ‘학교 STEAM 역량 진단 도구’를 온라인 설문으로 구성하여, 예비조사에 참여한 교사들에게 각 문항에 반응하도록 한 후 진단 도구의 영역 및 설명, 피험자 수준에서의 문항에 대한 가독성, 응답 소요 시간 등에 대한 의견을 수집하였다. 예비조사에서 발견된 단순 오기, 누락, 내용 오류 등은 즉각 수정하고, 표현의 가독성 및 중의성 등은 연구진과 예비조사에 참여한 교사들과의 논의를 통해 학교 STEAM 역량 진단 도구를 수정·보완하였다.

3) 학교 STEAM 역량 진단 도구의 완성

학교 STEAM 역량 진단 도구는 연구진 자체 회의와 외부 자문진, 현장 교사와의 협력을 통해 지속적인 개선, 전문가 심층 검토, 예비조사의 과정 등을 거쳐 완성하였다. 문항의 용어 사용, 문항 기술 방법을 수정하고, 응답 척도 및 유형을 결정하였고, 문항 영역과 내용을 제시하는 형태(구조)를 설계하였다. 최종 진단 도구는 문항별 위계에 따라 4단계 수준을 제시하는 실행 기반의 평가 척도를 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 학교 STEAM 역량 진단 도구의 개발

문헌 분석 결과 외국의 STEAM 학교 환경 진단 평가 도구 중 우리나라 상황에 가장 적합하다고 판단한 도구는 테네시 주에서 개발한 STEAM 자체진단 도구이었다. Warwick 대학이 개발한 STEAM 평가도구의 경우 평가 항목이 “STEM 교수학습, 학생 개인 역량, 교사의 진로 인식, 학생 활동, 평등 및 다양성, 의사소통 등”으로 STEAM 교육 환경에 대한 종합적인 판단 기준으로 활용할 수 없다는 문제점이 제기되었다. ‘STEM Learning Ecosystems: Evaluation and Assessment Findings’ (Allen & Noam, 2016)가 제

시한 STEM 학습 생태계 진단 도구의 경우 평가 요소로 “일반학교의 특성, STEM 학교의 특성, 학생, 교사, 촉진자, 학부모”로 정하고, 학생에 대해서 ‘관찰평가, 학업성취도 평가, STEM의 평가’를 하고, 교사에 대해서 “STEM 영역에 대한 교사 효능감과 태도, 과학교수효능감, PCK 수준”을 평가하도록 하였다. 이 도구는 STEAM 교육의 교사와 학생, 그리고 참여 구성원에 대한 총체적인 평가가 가능하지만, 현재 우리나라 STEAM 교육의 수준은 학생과 학부모가 인식할 수준까지 확장되지 않은 상태이기 때문에 우리나라 상황에서는 적절하지 않은 것으로 판단되었다. 그에 반해 테네시 주 교육부는 각 학교의 STEAM 진단 평가 항목으로 ‘STEM 활동과 지속가능성의 계획’, ‘리더십 팀’, ‘리더십 전문성 육성’, ‘학교 환경’, ‘학교 교육과정’, ‘여러 교과목의 통합적 내용을 다루는 PBL의 빈도’, ‘공학설계과정과 디자인씽킹 과정’, ‘기술 통합의 질’, ‘STEM 직업의 탐색’, ‘대학과 직업 준비 기능’, ‘학문적 내용의 통합’, ‘확장된 STEM 활동의 학습’, ‘STEM 전문적 학습의 질’, ‘PBL 설계하기’, ‘수행 평가’, ‘책임성’, ‘산학연과 연계’, ‘직업 세계와 연계한 학습’ 등을 제시하고 있다. 이는 교사의 STEAM 교육 전문성과 교육과정 준비 및 기획, 평가, 학교 환경 기반에 초점을 둔 것으로 STEAM 교육을 실행할 교사와 학교의 STEAM 준비도와 실행 역량 평가에 더 초점이 있는 평가 도구라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 테네시 주에서 개발한 STEM 평가도구가 현재 우리나라 상황에 더 적합하다고 판단하여 우리나라 STEAM 교육을 진단하는데 있어, 학교와 교사의 STEAM 교육 준비도와 실천의 정도에 초점을 두고 STEAM 교육 학교 역량 진단 도구를 개발하게 되었다.

문헌연구, 전문가 집단의 의견 수렴, STEAM 교육의 경험이 풍부한 학교현장 교사의 의견 수렴 등을 거쳐 결정된 학교 STEAM 역량 진단 도구는 ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’, ‘STEAM 학습 전문성 개발’, ‘과정 중심 평가’, ‘고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’의 5개 대영역으로 구성된다. Table 3은 개발한 학교 STEAM 역량 진단 도구이다.

첫째, ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성’ 영역은 STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획, 교사의 STEAM 교육의 전문성 신장 기회 제공, 학교 환경, STEAM 교육과정 운영으로 구분된다. 학교에서 STEAM 실천과 지속가능성을 위해 계획하고 노력하고, 교사의 STEAM 전문성 신장을 위한 연수 등의 기회를 제공하고, 실질적으로 교실 수업 환경을 STEAM 교육이 가능하도록 개선하고, 학교에서 STEAM 교육 과정의 운영을 진단한다.

Table 3. The instrument for STEAM education school assessment

구분	대영역	하위	구분	문항 내용	
STEAM 교육의 실천과 지속가능성	1.1. STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획	□	□	학교는 STEAM 교육 계획을 수립했지만 실질적인 실행은 아직 하지 않은 상황이다.	
				□	학교는 구체적인 STEAM 교육과 활동 계획을 수립하고 실행하고 있다.
				□	학교는 STEAM 교육과 활동을 계획하고, 실행하며, 교사들의 STEAM 수업을 지원하고 있다.
	1.2. 교사의 STEAM 교육의 전문성 신장 기회 제공	□	□	학교는 STEAM 교육 활동을 적용하고, 교사들의 STEAM 교육을 지원한다. 또한, STEAM 프로그램의 질적 향상을 위해 주변 학교와 협력하고, STEAM 교육의 지속가능성과 개선 계획도 수립한다.	
				□	학교는 교사들의 STEAM 교육의 전문성 신장 기회를 제공하지 않고 있다.
				□	학교는 교사의 STEAM 교육 온/오프라인 연수를 연 1회 실시하거나 지원하고 있다.
	1.3. STEAM 교육의 실천과 지속가능성 학교 환경	□	□	학교는 교사의 STEAM 교육 온/오프라인 연수를 학기별로 1회씩 연 2회 실시하거나 지원하고 있다.	
				□	학교는 교사의 STEAM 교육 온/오프라인 연수를 연 3회 이상 실시하거나 지원하고 다른 학교와의 STEAM 교육의 협력을 진행하고 있다.
				□	교실은 STEAM 교육이 가능하도록 설계되지 않은 상황이다.
	1.4. STEAM 교육과정 운영	□	□	교실은 STEAM 교육이 가능하도록 설계되고, STEAM 콘텐츠 개발이 가능하며, 탐구 수업이 가능하도록 설계되어 있다.	
				□	교실은 STEAM 교육의 협업 작업, 가상 학습이 가능하며, STEAM 콘텐츠 개발과 교사의 교과 통합 수업이 용이하도록 설계되어 있다.
				□	교실은 STEAM 교육의 협업 작업, 가상 학습이 가능하며, STEAM 콘텐츠 개발과 교과 통합 수업이 용이하도록 설계되어 있다. 그리고 모든 수업에서 ICT 환경이 제공되어 교사와 학생 사이에 탐구 문화와 창의력이 발휘될 수 있는 환경의 여건이 조성되어 있다.
	STEAM 교육과정 및 교수학습 방법	2.1. STEAM 교육과정의 수업 실행	□	□	학교는 STEAM을 고려하지 않고 학교 교육과정을 수립하고 운영한다.
					□
□					학교는 일반 교과 교육과정 외에 STEAM 교육을 위해 일관성 있는 기준으로 지원한다. (예. 블록 스케줄, 공동 지도)
2.2. 공학적 설계 또는 디자인 사고의 활용		□	□	학교는 교육과정을 운영하면서 교사 협업, 공동 교육, 과목 통합을 할 수 있고, 프로젝트, 교사 계획 등 STEAM 수업 실행을 위한 충분한 시간을 제공한다.	
				□	학교는 STEAM 교육과정의 수업을 실행하지 않는다.
				□	학교는 1년에 전체 교육과정의 약 10% 범위 내에서 STEAM 교육과정을 실행한다.
2.3. ICT 활용		□	□	학교는 1년에 전체 교육과정의 10~20%는 STEAM 교육과정을 실행한다.	
				□	학교는 1년에 전체 교육과정의 20% 이상 STEAM 교육과정을 실행한다.
				□	학교는 학교 교육과정에 공학적 설계 또는 디자인 사고를 증진시키기 위한 학습 활동을 포함할 필요성을 느끼고 있지 않다.
2.3. ICT 활용		□	□	학교는 학교 교육과정에서 구체적으로 명시하고 있지는 않지만, 학생들이 수업에서 공학적 설계 또는 디자인 사고의 기술을 활용할 수 있도록 돕는다.	
				□	학교는 학교 교육과정에 공학적 설계 또는 디자인 사고 과정을 명시하고 있고, 학생들이 공학적 설계 또는 디자인 사고의 몇몇 단계에서 그 능력을 사용하도록 한다.
				□	학교는 학교 교육과정에 공학적 설계 또는 디자인 사고 과정을 명시하고 있고, 학생들이 공학적 설계 또는 디자인 사고의 모든 단계에서 이 사고 능력을 사용하도록 한다.
2.3. ICT 활용		□	□	학생들은 컴퓨터 기반/가상 기술을 사용할 기회가 제한되어 있다.	
				□	학생들은 컴퓨터 기반/가상 기술 도구를 학습에 통합하여 사용하고 있다.
	□			학생들은 조사 과정에서 가상, 컴퓨터 기반, 모바일, 데이터 수집을 위한 기기를 포함한 기술들을 사용하고 있다.	
2.3. ICT 활용	□	□	컴퓨터 기반/가상 기술 도구는 학습과 통합되어 있다. 따라서 학생들은 조사 과정에서 가상, 컴퓨터 기반, 모바일 및 데이터 수집 기기, 웹 기반 수업, 컴퓨터 응용 프로그램, 연구 및 보고를 작성하기 위한 다양한 기기와 기술을 이용하고 있다.		

구분		☑	문항 내용
대영역	하위		
STEAM	2.4. STEM 진로 탐색	<input type="checkbox"/>	학생들은 1년에 한 번 STEAM 진로 탐색 활동(온라인 활동, 박람회 및 경진대회, STEAM R&E 등)에 참여한다.
		<input type="checkbox"/>	학생들은 1년에 2번 STEAM 진로 탐색 활동(온라인 활동, 박람회 및 경진대회, STEAM R&E 등)에 참여한다.
		<input type="checkbox"/>	학생들은 1년에 3번 STEAM 진로 탐색 활동(온라인 활동, 박람회 및 경진대회, STEAM R&E 등)에 참여한다.
		<input type="checkbox"/>	학생들은 1년에 4번 이상 STEAM 진로 탐색 활동(온라인 활동, 박람회 및 경진대회, STEAM R&E 등)에 참여한다.
	2.5. STEAM 성취기준의 설정 및 이에 기반한 학습 자료 구성	<input type="checkbox"/>	학교 또는 교사는 STEAM 교육을 위한 학습 자료를 만들지 않고, STEAM 학습을 위한 성취기준을 설정하지 않고 있다.
		<input type="checkbox"/>	학교 또는 교사는 STEAM 교육을 위한 학습 자료가 있으며, 이 자료 중 일부는 STEAM 성취기준에 근거하여 개발되었다.
		<input type="checkbox"/>	학교 또는 교사는 STEAM 교육을 위한 학습 자료가 있으며, 이 자료 중 다수가 STEAM 성취기준에 근거하여 개발되었다.
		<input type="checkbox"/>	학교 또는 교사는 STEAM 교육을 위한 학습 자료가 있으며, 이 자료는 모두 STEAM 성취기준에 근거하여 개발되었고, 미래의 학습에 중요한 "빅아이디어" 또는 "근본적 이해"를 도출 수 있도록 구성되었다.
STEAM 교수학습 전문성 개발	3.1. STEAM 교수학습 방법 개발	<input type="checkbox"/>	교사들은 STEAM 교육 방법(기술)에 대한 전문성 개발 연수에 참여하지 않는다.
		<input type="checkbox"/>	교사들은 STEAM 교육 방법(기술)에 중점을 둔 대규모 또는 온라인 전문성 개발 연수에 참여한다.
	3.2. STEAM 수업 설계	<input type="checkbox"/>	교사들은 STEAM 전문성 개발의 목표를 설정하고 대규모나 소규모 그룹, 그리고 개별 맞춤형 전문성 개발 연수나 교사연구회에 참여한다.
		<input type="checkbox"/>	교사들은 다양한 STEAM 전문성 개발 연수에 적극적으로 참여한다. 교사들은 동료의 STEAM 교육을 관찰하고, 의견을 교류하며 STEAM 전문성을 육성하기 위해 지속적으로 노력한다.
		<input type="checkbox"/>	교사들은 STEAM 수업 모듈이나 수업안에 관심이 없다.
		<input type="checkbox"/>	교사들은 다른 사람이 만들어 제공한 STEAM 수업 모듈이나 수업안을 사용한다.
과정 중심 평가 영역	4.1. 과정 중심 평가	<input type="checkbox"/>	교사들은 STEAM 수업 모듈이나 수업안의 개발을 위한 공동 작업에 참여한다.
		<input type="checkbox"/>	교사들은 STEAM 수업 모듈 개발을 위해 공동 작업에 참여하며, STEAM 성취기준에 기반하여 모듈을 개발하고, 교육과정의 내용 영역에 융합적·창의적, 문제해결을 위한 여러 학습 기술을 통합한다.
	4.2. 학생 평가 자료의 기록과 활용	<input type="checkbox"/>	교사는 학생들의 학습 성장을 파악하기 위해 과정 중심 평가를 사용한다.
		<input type="checkbox"/>	교사는 학생들의 학습 성장을 파악하기 위해 과정 중심 평가를 사용하며, 이 결과는 수업을 개선하는 데 활용된다.
5.1. 고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축	4.1. 과정 중심 평가	<input type="checkbox"/>	교사는 학생들의 학습을 파악하기 위해 과정 중심 평가를 사용하며, 학생들의 성장을 알아보기 위해 사전/사후 평가를 사용한다. 이 결과는 수업을 개선하는 데 활용된다. 교사는 관찰과 학생의 대화를 모니터링하여 학생들의 문제 해결 및 성장한 과정을 평가한다.
		<input type="checkbox"/>	교사는 학생들의 학습을 파악하기 위해 과정 중심 평가를 사용하며, 학생들의 성장을 알아보기 위해 사전/사후 평가를 사용한다. 교사는 관찰과 학생의 대화를 모니터링하여 학생들의 문제 해결 및 성장한 과정을 평가하고, 학생들은 자기 평가 및 목표 설정에 지속적으로 참여한다. 평가에서 얻은 데이터를 사용하여 교사는 교육과정의 설계 및 학습의 개선에 반영한다.
		<input type="checkbox"/>	교사는 수업에 대해 평가 자료를 수집하지는 않는다.
		<input type="checkbox"/>	교사는 타당도와 신뢰도가 확보된 시험 문항을 사용하며, 수업을 위해 평가 자료를 수집하지만 학생의 학습 성장 등의 활용은 제한적이다.
5.1. 고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축	4.2. 학생 평가 자료의 기록과 활용	<input type="checkbox"/>	교사는 타당도와 신뢰도가 확보된 시험 문항을 사용하며, 학생들에 대한 평가 자료를 수집하고, 학생들의 학습 성장 발달을 추적하는 데 활용한다.
		<input type="checkbox"/>	교사는 타당도와 신뢰도가 확보된 시험 문항을 사용하며, 학생들에 대한 평가 자료를 수집하고, 학생들의 학습 발달을 추적하는 데 활용한다. 이 모든 것이 가능하도록 학교나 교사는 개별적인 성장에 대한 평가 자료의 통계 처리와 분석을 한다.
		<input type="checkbox"/>	STEAM 학습을 확장하는데 고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터들이 활용되지 않고 있다.
		<input type="checkbox"/>	STEAM 학습을 확장하는데 고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터들이 아주 드물게 활용된다.
5.1. 고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축	4.2. 학생 평가 자료의 기록과 활용	<input type="checkbox"/>	STEAM 학습을 확장하기 위해 고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터들이 일부 활용된다.
		<input type="checkbox"/>	STEAM 학습을 확장하기 위해 고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터들이 적극 활용된다.

둘째, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’ 영역은 STEAM 교육과정의 수업 실행, 공학적 설계 또는 디자인 사고의 활용, ICT 활용, STEM 진로 탐색, STEAM 성취기준의 설정 및 이에 기반한 학습 자료 구성으로 구분된다. 학교에서 STEAM 교육과정을 수업에서 실행하고, 공학적 설계나 디자인 사고의 활용 또는 ICT 기반 활동을 구성하고, STEM 분야의 진로 탐색의 기회를 제공하고, 교사의 STEAM 교수학습 자료 구성 역량을 진단한다.

셋째, ‘STEAM 교수학습 전문성 개발’ 영역은 교사의 STEAM 교수학습 방법 개발과 STEAM 수업 설계로 구분된다. 교사가 STEAM 교수학습 방법 탐색과 수업 설계를 위해 연수, 공동 협력 작업의 참여 등을 진단한다.

넷째, ‘과정 중심 평가 영역’은 과정 중심 평가와 학생 평가 자료의 기록과 활용으로 구분된다. 교사는 STEAM 과정 중심 평가를 통해 학생들의 학습 성장 발달을 이해하고, 평가 자료를 축적하여 수업 및 학생 진단에 활용한다.

다섯째, ‘고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’을 통해 STEAM 교육을 위한 파트너십을 진단한다.

Table 3과 같이, 학교 STEAM 역량 진단 도구는 하위 영역의 수준에서 진단 문항이 제시되며, 학교 환경이나 실행의 수준을 고려한 1~4의 위계를 가진 선택형으로 구성하였다. 가장 낮은 실행 수준의 항목은 1점이고, 가장 적극적 실행 수준의 항목은 최대 4점으로 평정한다.

2. 학교 STEAM 역량 진단 도구의 적용

1) 대상

학교 STEAM 역량 진단 도구의 학교 현장 적용을 위해 국내 초·중·고등학교 380개교를 임의 표집하였다. 표집 대상은 STEAM 교사연구회, STEAM 선도 학교, 학교내 무한상상실 등 STEAM 교육 사업에 참여한 경험이 있는 학교와 경험이 없는 일반 학교이다. 응답 주체는 학교 STEAM 교육의 당사자로, 각 학교의 STEAM 교육 운영에서 핵심적인 역할을 하는 교감, 부장 교사, 또는 소속 교사 1인이 대표하여 응답하도록 하였다.

2) 자료수집 및 분석

자료수집은 온라인 설문조사를 통해 이루어졌다. 학교 STEAM 역량 진단 도구를 SurveyMonkey 시스템에 설계·탑재하고, 조사대상 학교에 온라인 조사 주소를 e-mail로 안내하였다. 응답 학교는 총 379개 학교이며, 이 중 불성실하게 응답한 112개교를 제외하고, 전체 267개 학교의 결과를 유효 응답으로 분석하였다. Table 4는 응답 학교의 현황이다.

연구에 참여한 단위학교별 교사의 배경은 여성(48.7%)과 남성(51.3%), 초등학교 교사(36.0%), 중학교 교사(35.6%), 고등학교 교사(28.5%) 등 이었다. 수집된 자료는 SPSS Statistics 24를 사용하여 기술통계분석을 시행하였으며, 학교급, 성별, 교직 경력, STEAM 교육 유무에 따른 응답 평균 점수의 차이를 분석하였다.

Table 4. Background of participants

구분		빈도	비율(%)
성별	여성	130	48.7
	남성	137	51.3
학교급	초등학교	96	36.0
	중학교	95	35.6
	고등학교	76	28.5
교직경력	5년 미만	45	16.9
	5년 이상 -10년 미만	56	21.0
	10년 이상-20년 미만	112	41.9
	20년 이상	54	20.2
STEAM 교육 경험 유무	경험 있음	182	68.2
	경험 없음	85	31.8
합계		267	100.0

3) 학교 STEAM 역량 진단조사의 분석 결과

학교 STEAM 역량 진단 도구의 총 14문항에 대한 Cronbach 알파 값은 .919이었다. Table 5는 4점 척도로 되어 있는 각 문항에 대한 기술통계 결과이다.

학교 STEAM 역량 진단의 영역별 분석 결과에 따르면, 응답 평균이 ‘과정 중심 평가(2.18)’, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법(1.85)’, ‘교사의 STEAM 교수학습 전문성 계발(1.85)’, ‘STEAM의 실천과 지속가능성의 계획(1.69)’, ‘고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축(1.46)’ 순으로 나타났다. 각 영역별로 환경 기반과 실행 수준을 비교하면, ‘과정 중심 평가’의 수준이 가장 높았고, ‘고등 교육 기관, 산

업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’이 가장 낮은 것으로 조사되었다. 평균이 높은 하위 영역은 공학적 설계/디자인 사고의 활용, ICT 활용, 그리고 과정 중심 평가와 학생 평가 자료의 기록과 활용 등으로 나타났다.

Table 6은 성별에 따른 교사 간 평균의 비교 결과를 나타낸 것이다.

STEAM 교육에 대한 남녀 교사간의 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 각 문항별로 환경 기반과 실행 수준을 비교하면, 여성 교사와 남성 교사 모두 ‘과정 중심 평가’의 수준이 가장 높았고(2.23, 2.13), ‘고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’이 가장 낮은 것(1.40, 1.52)으로 나타났다.

Table 7은 STEAM 교육 참여 경험의 유무에 따른

Table 5. Results of means on items

영역(문항)		평균	표준편차	N
1.STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획	1.1. STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획	1.68	.981	267
	1.2. 교사의 STEAM 교육의 전문성 신장 기회 제공	1.99	.884	
	1.3. 학교 환경	1.61	.750	
	1.4. STEAM 교육과정 운영	1.49	.796	
2.STEAM 교육과정 및 교수학습 방법	2.1. STEAM 교육과정의 수업 실행	1.84	.835	
	2.2. 공학적 설계/디자인 사고의 활용	2.06	.802	
	2.3. ICT 활용	2.07	.822	
	2.4. STEM 진로 탐색	1.68	.741	
	2.5. STEAM 성취기준의 설정 및 이에 기반한 학습 자료 구성	1.64	.785	
3.교사의 STEAM 교수학습 전문성 계발	3.1. STEAM 교수학습 방법	1.79	.680	
	3.2. STEAM 수업 설계	1.91	.888	
4.과정 중심 평가	4.1. 과정 중심 평가	2.00	.916	
	4.2. 학생 평가 자료의 기록과 활용	2.36	.783	
5.고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축		1.46	.716	
합계		1.81	.810	

Table 6. Independent samples t-test results by gender

영역	여성(n=130)		남성(n=137)		t	p
	평균	편차	평균	편차		
1. STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획	1.66	.61	1.72	.68	-.725	.469
2. STEAM 교육과정 및 교수학습 방법	1.83	.58	1.88	.64	-.723	.471
3. STEAM 학습 전문성 개발	1.87	.69	1.82	.73	.556	.579
4. 과정 중심 평가	2.23	.80	2.13	.70	1.072	.285
5. 고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축	1.40	.64	1.52	.78	-1.358	.176
합계	1.80	.66	1.81	.71	-.240	.040

Table 7. Independent samples *t*-test results by STEAM education experience

영역	STEAM 경험 유(<i>n</i> =182)		STEAM 경험 무(<i>n</i> =85)		<i>t</i>	<i>p</i>
	평균	편차	평균	편차		
1. STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획	1.84	.68	1.37	.42	6.967	.000
2. STEAM 교육과정 및 교수학습 방법	2.02	.61	1.51	.43	7.879	.000
3. STEAM 학습 전문성 개발	2.01	.70	1.50	.61	6.109	.000
4. 과정 중심 평가	2.31	.77	1.91	.65	4.428	.000
5. 고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축	1.54	.74	1.29	.63	2.780	.006
합계	1.95	.70	1.51	.55	5.630	.000

차이를 비교한 결과이다.

조사한 결과에 따르면, STEAM 교육에 참여한 경험이 있는 학교가 모든 항목의 평균에서 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 당연한 것으로, 개발한 학교 STEAM 교육 진단 도구가 단위학교의 STEAM 교육의 실행 여부에 대한 진단 역할을 적절히 수행하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 5개 영역에서 STEAM 교육 참여 학교 평균은 1.95이고, 일반 학교 평균은 1.51로 나타났다.

각 영역 요소별 환경 기반과 실행 수준을 비교하면, STEAM 교육을 경험한 교사는 ‘과정 중심 평가(2.31)’의 수준이 가장 높았고, ‘고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축(1.54)’이 가장 낮은 것으로 나타났다. ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’과 ‘STEAM 학습 전문성 개발’은 보통 수준으로, ‘STEAM의 실천과 지속가능성의 계획’은 보통보다 약간 낮은 수준으로 나타났다.

STEAM 교육 경험이 없는 교사는 ‘과정 중심 평가(1.91)’의 수준이 가장 높았으나, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법(1.51)’, ‘STEAM 학습 전문성 개발(1.50)’ 등 대부분의 영역 요소에서 중간 이하의 수준

으로 조사되었다.

Table 8은 학교급별 차이에 따른 조사 결과이다.

Table 8을 보면 5가지 평가 항목에 대해 초·중·고 교사 간의 유의미한 차이는 나타나지 않았다. ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’과 ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’ 항목에 대해 초·중·고 교사 간의 유의미한 차이는 없었지만 초등 교사가 가장 높은 점수를 나타내었다. 이것을 볼 때, 초등에서 STEAM 교육의 실천 가능성이 상대적으로 용이함을 알 수 있다. ‘과정 중심 평가’의 경우 5개의 항목 중 초·중·고 모두 가장 높은 점수를 나타내었는데, 이는 2009 개정 교육과정 이후 과정 중심 평가가 강조되어 온 영향으로 보인다. ‘고등교육기관, 산업파트너, 기술센터와 연계 구축’ 영역의 항목에서 고등학교(1.64), 중학교(1.43), 초등학교(1.34)의 모든 학교급에서 가장 낮은 수준을 나타냈고, 학교급에 따라 유의미한 차이가 있었다. 대부분의 학교에서 지역사회 등 외부 기관과의 연계 네트워크를 구축하거나 활용하는 것이 드물거나 일부 소극적 활용의 수준에 있으며, 특히 초등학교의 경우는 이러한 경향이 크다고 할 수 있다.

Table 8. Analysis of variance results by grade

영역	초(<i>n</i> =96)		중(<i>n</i> =95)		고(<i>n</i> =76)		<i>F</i>	<i>p</i>
	평균	편차	평균	편차	평균	편차		
1. STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획	1.78	.70	1.63	.56	1.66	.68	1.416	.244
2. STEAM 교육과정 및 교수학습 방법	1.91	.57	1.83	.59	1.83	.68	.587	.557
3. STEAM 학습 전문성 개발	1.86	.65	1.86	.74	1.82	.75	.112	.894
4. 과정 중심 평가	2.16	.76	2.20	.78	2.18	.72	.082	.922
5. 고등교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축	1.34a	.63	1.43b	.69	1.64c	.81	3.957	.020
합계	1.81	0.66	1.79	.67	1.83	.73	1.23	.53

* post-hoc: a<b, b<c

Table 9. Analysis of variance results by education career

영역	5년 미만 (n=45)		10년~20년 (n=56)		10년~20년 (n=112)		20년 이상 (n=54)		F	p
	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차		
STEAM 학습 전문성 개발	1.74	.64	1.83	.69	1.90	.77	1.84	.65	.545	.652
과정 중심 평가	2.08	.67	2.17	.75	2.25	.78	2.14	.77	.611	.608

Table 9는 교사의 교직 경력에 따른 분석 결과이다.

학교 STEAM 역량 진단 도구는 단위학교의 진단과 더불어 참여 구성원에 대한 평가가 함께 고려되었다. 이 가운데 교사 수준에서의 진단이 가능한 ‘STEAM 학습 전문성 개발’ 영역의 평균은 1.74~1.90, ‘과정 중심 평가’ 영역 평균은 2.08~2.25로 나타났고 경력에 따른 차이는 없었다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 우리나라 학교 STEAM 교육의 실행과 교육환경 기반을 진단하고 STEAM 교육의 수행 역량을 평가할 수 있는 학교 STEAM 교육 역량 진단 도구를 개발하고 학교 현장에 시험 적용하여 자체 진단 도구로 사용하는 데 적절한 지를 알아보는 데 있었다. 그에 따른 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 개발한 학교 STEAM 교육 역량 진단 도구는 ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’, ‘STEAM 교수학습 전문성 개발’, ‘과정 중심 평가’, ‘고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’ 등 5개 영역, 총 14문항으로 구성되었다. 우리나라의 경우 지금까지 STEAM 프로그램의 개발 및 적용, 효과성 분석 등에만 주로 연구가 진행되었다. 하지만 STEAM 교육이 현장에 안착되고 지속적으로 확대 운영되기 위해서는 STEAM 교육 환경 기반을 갖추는 노력이 필요하다. 이런 측면에서 본 연구에서 개발한 STEAM 교육 역량 진단 도구는 STEAM 교육, 무한상상실 등을 운영하는 학교의 STEAM 교육 환경 기반의 적절성을 평가하는 데 좋은 도구가 될 수 있을 것이다. 본 연구에서 개발한 학교 STEAM 교육 역량 진단 도구는 교과 전문가와 교사 등에 의한 수차례의 타당도 점검 및 수정 보완, 학교 현장의 시범 적용 등을 통해 어느 정도 STEAM 교육의 진단 도구로 적합한 것으로 나타났다. 하지만, STEAM 교육에 대한 이해가 다

양하고, 학교에 따라 다양한 방식의 STEAM 프로그램이 개발 및 적용되고 있는 상황을 고려할 때, 본 연구에서 개발된 진단 도구를 보편적으로 활용할 수 있는지에 대해서는 보다 광범위하고 연차적인 현장 적용을 통한 검증 과정이 필요하다.

둘째, 초·중·고등학교 267개교를 대상으로 학교 STEAM 교육 역량을 시험적으로 진단해 보았다. 진단 결과, 5개 영역 평균이 1.46 ~ 2.18의 수준으로 나타났다. 이 진단 도구의 각 항목이 4점 척도로 구성된 것을 고려할 때, 우리나라 STEAM 교육의 환경 기반이 아직 평균 점수에도 이르지 못하고 있음을 알 수 있다. 5개의 영역별로 보면 ‘과정 중심 평가’가 가장 높은 점수를 나타냈고, 그 다음으로 ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’, ‘교사의 STEAM 교수학습 전문성 개발’, ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’, ‘고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’의 순서로 나타났다. 이 결과를 볼 때, 우리나라 STEAM 교육이 산업체, 기술계와 연계하여 운영되는 것에는 상당한 장애가 있음을 알 수 있다. STEM이나 STEAM 교육의 목적이 과학, 기술 산업체의 인력 양성과 이 분야로의 진출을 촉진하기 위한 것임을 고려할 때, 현 STEAM 교육의 문제점으로 충분히 제고해 봐야 점이라 할 수 있다. 평가 항목 중 ‘과정 중심 평가’의 경우 성별, STEM 경험의 유무, 학교급별에 관계없이 가장 높은 점수를 나타내었는데, 이는 2007 개정 교육과정 이후 성취 평가와 과정 중심 평가가 강조된 결과로 볼 수 있다.

셋째, ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’ 세부 항목에서 ‘교사의 STEAM 교육의 전문성 신장 기회 제공’의 점수가 가장 높았고, 그 다음으로 ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’, ‘학교 환경’, ‘STEAM 교육과정 운영’ 순서로 나타났다. 이를 볼 때, STEAM 교육의 전문성 향상을 위해 교육부와 한국과학창의재단 등이 적극적으로 지원하고 있는 반면, 학교에서 실제 STEAM 교육과정을 운영하는 데는 어려움이 있음을 알 수 있다.

넷째, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’ 세부 항목에서 ‘ICT 활용’의 점수가 가장 높았고, 그 다음

으로 ‘공학적 설계/디자인 사고의 활용’, ‘STEAM 교육과정의 수업 실행’, ‘STEM 진로 탐색’, ‘STEAM 성취기준에 설정 및 이에 기반한 학습 자료 구성’의 순서로 나타났다. 이를 볼 때, 최근 들어 강조되고 있는 공학적 설계, 디자인 사고, 소프트웨어의 활용, 컴퓨팅 사고 등은 상대적으로 교육과정 및 교수학습 방법에 적용되고 있으나 STEM 분야로의 진로 탐색과 지도는 어려움이 있으며, STEAM 성취기준을 설정하고 학습 자료를 개발하는 것도 상당한 어려움이 있음을 알 수 있다.

다섯째, ‘교사의 STEAM 교수학습 전문성 개발’ 세부 항목에서 ‘STEAM 수업 설계’는 상대적으로 용이하나 ‘STEAM 교수학습 방법’은 상대적으로 어려움이 있음을 알 수 있었다. 이는 STEAM 수업 설계까지는 할 수 있지만, 이를 구체적으로 수업 방법으로 지도하는 것은 쉽지 않음을 의미한다.

여섯째, STEAM 교육 참여 경험이 있는 교사의 실행 수준이 ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’, ‘STEAM 학습 전문성 개발’, ‘과정 중심 평가’, ‘고등교육기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’ 등 5개 영역의 모든 영역에서, STEAM 교육 경험이 없는 교사에 비해 상대적으로 높게 나타났고 유의미한 차이를 보였다.

2. 제언

본 연구에서 개발한 진단 도구는 STEAM 교육의 계획, 운영, 전문성 개발, 운영 결과의 평가, 학교와 학교 또는 학교와 산업체 간의 협력을 위한 전반적인 환경 기반을 자체 점검하는 것으로 STEAM 교육의 성공적 운영과 실행을 위한 종합적인 역량 진단 도구의 역할을 할 것으로 기대된다. 이를 통해 각 학교의 STEAM 수행 역량을 진단하고 미흡한 요소들을 개선하는 데 기여할 것이다. 학교 STEAM 역량 진단 도구와 더불어 실사 또는 면담 평가가 병행된다면 보다 타당하고 신뢰로운 진단을 할 수 있을 것이다. 또한 학교 STEAM 역량 진단 도구의 실질적인 활용도를 높이기 위해서는 실사 또는 면담의 연구를 통해 보강하고, 초·중·고등학교의 STEAM 교육 역량을 올바르게 평가하고 진단할 수 있는지에 대한 추가적인 논의 또는 연구를 진행해야 할 것이다.

이 진단 도구를 활용해 STEAM 교육의 실행 효과를 조사하는 것은 STEAM 교육의 내실화 및 확대의 근거 또는 필요성을 지지하는 기초 자료이며, 그 결과는 STEAM 교육 핵심 자료로 활용 가능할 것이다. 예를 들면, 진단 결과에 기반하여 STEAM 교육의 학교

현장 확대와 더불어 다양한 교육적 효과를 피드백함으로써 향후 STEAM 교육의 내실화에 기여하고, STEAM 교육 정책 방향 설정 및 경쟁력 강화 전략을 마련하는데 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다. 또한 단위학교별 STEAM 역량의 자체평가 또는 효과성의 분석 결과를 제공하고, 차년도 학교 STEAM 교육의 운영 계획에 반영하고, 교육 프로그램을 개선하는데 실질적인 도움을 제공할 것으로 기대된다.

국 문 요 약

이 연구의 목적은 학교 STEAM 교육의 실행과 교육환경 기반을 진단하고 평가할 수 있는 학교 STEAM 교육 역량 진단 도구를 개발하는 것이다. 진단 도구의 개발은 STEAM 교육의 평가 또는 성과와 관련된 문헌 조사, 연구진의 반성적 재검토, 전문가 및 현장교사의 타당도 검증 등으로 이루어졌다. 학교 STEAM 교육 역량 진단 도구는 ‘STEAM 교육의 실천과 지속가능성의 계획’, ‘STEAM 교육과정 및 교수학습 방법’, ‘STEAM 학습 전문성 개발’, ‘과정 중심 평가’, ‘고등 교육 기관, 산업 파트너, 기술 센터와 연계 구축’ 등 5개 영역과 하위영역의 총 14문항으로 구성된다. 학교 STEAM 역량 진단 도구의 타당화는 전문가의 내용 타당도 검증과 예비조사(pilot study)의 학교 교사의 실제에 의한 타당도를 통해 진행하였다. 개발된 학교 STEAM 역량 진단 도구를 활용하여 초등, 중, 고등학교 267개교를 진단한 결과, 5개 영역 평균이 1.46 ~ 2.18의 수준으로 나타났다. 이 진단 도구는 학교의 STEAM 교육의 실행 및 효과를 포괄적으로 진단·평가하고, 우리나라 STEAM 교육의 실행을 진단하고 이해하는데 기초 자료로 활용될 것으로 기대한다.

주제어: STEAM 교육, 학교 STEAM 역량 진단 도구, STEAM 자체평가, 진단 도구, 초등학교, 중학교, 고등학교, K-12

References

- Adams, E. L. (2017). *The effect of a middle school STEM initiative on cognitive and non-cognitive outcomes: A quasi-experimental study using instrumental*

- variables and inverse propensity weights.* <http://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.20/33614>
- Allen, P. J., & Noam, G. G. (2016). *STEM learning ecosystems: Evaluation and assessment findings*. Belmont, MA: The PEAR Institute: Partnerships in education and resilience [Online]. Retrieved from http://stemecosystems.org/wp-content/uploads/2017/01/STEMEcosystems_Final_120616.pdf
- Baek, Y., Park, H., Kim, Y., Noh, S., Park, J., Lee, J., Jeoung, J., Choi, Y., & Han, H. (2011). STEAM education in Korea. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(4), 149-171.
- Bicer, A., & Capraro, R. M. (2019). Mathematics achievement in the secondary high school context of STEM and non-STEM schools. *School Science and Mathematics*, 119(2), 61-71.
- Bruce-Davis, M. N., Gubbins, E. J., Gilson, C. M., Villanueva, M., Foreman, J. L., & Rubenstein, L. D. (2014). STEM high school administrators', teachers', and students' perceptions of curricular and instructional strategies and practices. *Journal of Advanced Academics*, 25(3), 272-306.
- Choi, Y., Yang, J., & Hong, S. (2016). The effects of smart media based STEAM program of 'Chicken Life Cycle' on academic achievement, Scientific process skills and affective domain of elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(2), 166-180.
- Drane, D., Micari, M., & Light, G. (2014). Students as teachers: Effectiveness of a peer-led STEM learning programme over 10 years. *Educational Research and Evaluation*, 20(3), 210-230.
- Hahn, I., Hwang, S., & Yoo, J. (2016). Development and management of the advanced STEAM teacher training program. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(3), 399-411.
- Hall-Lay, S. (2018). *Gender effects of fobotics programs on STEM-related self-efficacy of high school students* (Doctoral dissertation). Walden University, Minneapolis, MN.
- Han, H., & Lee, H. (2012). A study on the teachers' perceptions and needs of STEAM education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 12(3), 573-603.
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089-1113.
- Havice, W., Havice, P., Waugaman, C., & Walker, K. (2018). Evaluating the effectiveness of integrative STEM education: Teacher and administrator professional development. *Journal of Technology Education*, 29(2), 73-90.
- Jeon, J., & Lee, H. (2015). The development and application of STEAM education program based on systems thinking for high school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 1007-1018.
- Kang, C., & Kang, K. (2016). The effects of problem solving activities of STEAM program on middle school students' metacognition. *Journal of Science Education*, 40(1), 17-30.
- Kang, J., & Jin, S. (2019). A meta-analysis on the effects of STEAM education as an education policy of Korean governments. *Journal of the Korea Convergence Society*, 10(12), 205-213.
- LaForce, M., Noble, E., King, H., Century, J., Blackwell, C., Holt, S., Ibrahim, A., & Loo, S. (2016). The eight essential elements of inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 21.
- Lee, M., & Kwon, S. (2017). Teacher's perception analysis of STEAM education policy: Implications for convergence education. *Educational Research*, 69,

- 121-161.
- Lim, Y., Min, B., & Hong, H. (2015). Development and application effect of design-based STEAM program for boosting the career consciousness of 5~6th grade elementary school students for natural sciences and engineering. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(1), 73-84.
- McClain, M. L. (2015). *The effect of STEM education on mathematics achievement of fourth-grade underrepresented minority students* (Doctoral dissertation). Capella University, Minneapolis, MN.
- McKinnon, F. R. (2018). *The effects of STEM education on elementary student achievement* (Doctoral dissertation). Western Illinois University, Macomb, IL.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741-749.
- Ministry of Education [MOE]. (2017). *융합인재교육(STEAM) 중장기 계획(2018-2022)* [STEAM education medium and long-term plan(2018-2022)]. Sejong, Korea: Author.
- Ministry of Education [MOE]. (2020). *학습의 패러다임을 바꾸어 가는 융합교육종합계획(안) 2020년 ~ 2024년* [The 2nd STEAM education (2020~2024)]. Seoul, Korea: Author.
- Ministry of Education and Science Technology [MEST]. (2010a). *2011년 업무 보고 [2011 policy report]*. Seoul, Korea: Author.
- Ministry of Education and Science Technology [MEST]. (2010b). *제2차 과학기술인재 육성·지원계획('11~'15)* [The 2nd National Basic Plan for Human Resources in S&T(2011~2015)]. Seoul, Korea: Author.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD [Online]. Retrieved from <http://www.oecd.org/education/2030-project/>
- Park, H., Byun, S., Sim, J., Baek, Y., & Jeong, J. (2016). A study on the current status of STEAM education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(4), 669-679.
- Park, H., Kim, Y., Noh, S., Lee, J., Jeoung, J., Choi, Y., Han, H., & Baek, Y. (2011). Components of 4C-STEAM education and a checklist for the instructional design and instruction. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 12(4), 533-557.
- Park, H., Sim, J., Kim, E., Ham, H., Lee, Y., Lee, J., & Kwon, H. (2019). Developmental study of an instrument for STEAM education key competencies. *Journal of Science Education*, 43(2), 258-269.
- Schwab, K.M. (2016). *The Fourth Industrial Revolution: What it means, how to respond*. World Economic Forum Agenda. World Economic Forum [Online]. Retrieved from <http://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond>
- Sim, J., Lee, Y., & Kim, H. (2015). Understanding STEM, STEAM education, and addressing the issues facing STEAM in the Korean context. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(4), 709-723.
- Sim, J., Park, H., Baek, Y., & Byun, S. (2017). The development of assessment tools to measure STEAM problem solving abilities for elementary and secondary school students. *Teacher Education Research*, 5(2), 190-210.
- Song, E., & Lee, C. (2017). Effects of musical instrument production STEAM class with flipped learning on elementary school students' academic achievements and learning motivation. *The Journal of Korean Practical Arts Education*, 23(2), 147-167.
- Tolliver, E. R. (2016). *The effects of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education on elementary student achievement in urban schools* (Doctoral dissertation). Grand Canyon university, Phoenix, AZ.
- Toma, R. B., & Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on

elementary students' attitudes toward science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383-1395.

Warwick Online (2011). *School STEM assessment tool*. Warwick Univ. Retrieved from https://warwick.ac.uk/fac/soc/ier/ngrf/stem/movingon/use-resources/school_stem_assessment_tool.docx

White, C., Marshall, J. C., & Alston, D. (2019). Empirically supporting school STEM culture: The creation and validation of the STEM Culture Assessment Tool (STEM-CAT). *School Science and Mathematics*, 119(6), 299-311.

저 자 정 보

- 박 현 주 (조선대학교 교수)
 심 재 호 (부산대학교 교수)
 이 지 애 (한국에너지공과대학교
 교육혁신팀장)
 이 영 태 (한국교육과정평가원 부연구위원)