

자율주행자동차를 주제로 한 역공학 기반 STEAM 프로그램 개발*

정해영**, 김기수***, 윤지아****, 김영민*****, 허혜연*****

<국문초록>

이 연구의 목적은 역공학을 기반으로 한 STEAM 교육 프로그램을 자율 주행 자동차를 주제로 개발하는 것이다.

이 연구의 결과는 다음과 같다. 역공학을 기반으로 한 STEAM 프로그램을 5단계를 거쳐 개발하였다. 자율 주행 자동차를 주제로 분석, 설계, 개발, 실행, 평가 단계로 개발하였다.

먼저 분석 단계에서 역공학을 기반으로 하는 STEAM 교육의 정의, 목표, 내용 영역 및 교수 및 학습 방법을 선정하였다. 또한 세부 목표와 내용 영역을 추출했다. 두 번째, 설계 단계에서 전문가와의 협의를 거쳐 주제를 선정하고, 2015 개정 교육 과정과 STEAM 교육 과정의 연계성을 바탕으로 교육 목표와 학습 내용을 선정하고 정리하였다. 다음으로 개발 단계에서는 교사용 교수학습 지도서와 학생 교과서를 개발하고, 서울 소재 OO중학교 2학년 71명에게 예비 적용한 후 수정 보완하였다. 실행 단계에서는 충청남도에 위치한 OO중학교 학생 120명을 대상으로 교육 프로그램을 적용하고 효과성 분석을 위한 설문 조사를 실시하였다. 마지막으로 평가 단계에서 실시한 프로그램을 토대로 교사 및 학생 대상으로 평가가 이루어졌으며 그 결과에 따라 수정하고 보완하였다.

주제어 : 역공학 기반, STEAM 교육(융합인재 교육)

* 이 연구는 한국과학창의재단 '2018년 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발' 사업의 지원으로 수행되었음.

** 송정중학교

*** 교신저자: 김기수(kksoo@cnu.ac.kr), 충남대학교, 042-821-5699

**** 교신저자: 윤지아(k2bbun@nate.com), 충남대학교, 042-821-7993

***** 한국과학기술원

***** 국립부산과학관

I. 서론

1. 연구의 필요성

우리나라의 STEAM 교육은 과학기술에 대한 흥미를 높이기 위해 시작되었지만, STEAM 수업이 학생들의 과학에 대한 흥미를 유발하는 데 그치지 않고 과학기술에 대한 원리를 이해하고 과학·수학 교과와 성취기준을 달성하여 관련 분야 인재로 성장하는 것을 목표로 실시되고 있다. 이러한 융합인재교육(STEAM) 수업은 구성 원리를 ‘상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험’으로 제시하여(백운수 외, 2011), 공학의 핵심 개념인 설계를 중심으로 융합인재교육(STEAM)이 이루어지고 있다.

공학 설계(Engineering Design)는 과거부터 기술교과에서 중요한 프로젝트 및 문제해결과정의 과정이었으며, 최근 STEAM 교육과 공학교육이 강조됨에 따라 그 중요성이 더욱 커지고 있다(김영민 외, 2015). STEAM 수업에는 공학 설계를 기반으로 한 ‘창의적 설계’ 과정을 포함시키도록 하고 있으며, 이에 따라 많은 학생들이 설계 과정을 반복하여 문제 해결 능력을 높이고자 하였다(김영민 외, 2015).

그러나 국가 교육과정엔 ‘공학’이란 과목이 없어 교사나 교육 전문가들에게 생소하고, 공학에 대한 정보를 접할 기회가 없고, 대학교육과정에서나 가능한 실정이다(손소영, 2007). 이에 공학 설계를 좀 더 체계적으로 구체화한 STEAM 프로그램이 필요하고, 또한 이러한 공학설계 과정 체험을 통하여 학생들에게 이공계 진로에 도움을 줄 수 있도록 공학 관련 주제를 선정하여 구체적으로 경험할 수 있도록 장려하는 것이 필요하다. 특히 RSP(Reverse Science from Products)나 RST(Reverse Science from Technology)와 같이 역공학을 기반으로 한다면 실생활의 제품이나 공학기술을 통해 과학적인 원리를 배울 수 있다(이광형, 2011).

한편, 우리는 기술의 발전으로 생활이 편리해지고, 자동화로 인하여 여유로운 생활을 할 수 있게 되었다. 요즘은 기술의 발전으로 인하여 화두가 되고 있는 것은 자율주행자동차이다. 이러한 자율주행자동차로 인해 야기되는 다양한 문제들을 해결하기 위한 자율주행자동차 이해를 통해 더 넓은 세상으로 나아가기 위한 발판을 마련해야 한다. 최근 4차 산업혁명이 대두됨에 따라 자율주행 차량의 핵심 기술과 관련하여 정부 주도 연구 및 프로젝트를 다양하게 수행하고 있고, 이와 더불어 자율주행을 주제로 한 교육 분야 선행 연구가 진행되었다(이철현, 안성훈, 이수정, 2017). 특히 최신 공학기술 주제를 선정하고, 역공학을 기반으로 한 프로그램을 개발하고 적용하여 자율주행 기술의 발전으로 인한 미래 사회 변화에 대한 인식을 변화시키고, 공학기술 친화적 마인드를 함양시킬 수 있다.

2. 연구 목적

이 연구의 목적은 학생들의 창의융합적 사고 및 태도를 함양하기 위하여 중·고등학교 현장에 쉽게 적용할 수 있도록 역공학 기반의 자율주행 자동차를 주제로 한 STEAM 프로그램을 개발하고 적용하여 그 효과를 분석하고자 한다.

3. 연구 내용

첫째, 자율주행 자동차를 주제로 한 역공학 기반 STEAM 교육 프로그램을 개발한다.

둘째, STEAM 프로그램에 대한 효과성(STEAM 수업에 대한 만족도, STEAM 태도)을 분석한다.

4. 용어의 정의

가. 역공학 기반 STEAM 교육

역공학 기반 STEAM 교육이란 실생활 제품을 중심으로 공학 설계 과정을 체험함으로써 그것의 원리가 되는 수학, 과학 등의 관련 교과를 배우고, 융합적 사고력과 문제해결 능력을 함양하며 나아가 공학 관련 진로 설계가 가능토록 하는 STEAM 교육을 의미한다.

II. 이론적 배경

1. 역공학 (Reverse Engineering) 기반 교육

역공학(Reverse Engineering)은 초기에는 하드웨어 개발 분야에서 먼저 사용되었다. 제품을 분해함으로써 기존 제품의 설계와 제조기법을 이해하기 위하여 시작되었다. 현재는 소프트웨어의 분야로 범위가 더 넓어졌고, 이미 만들어진 제품이나 시스템을 역으로 추적하여 설계 기법 등의 자료를 얻어내는 일을 말한다. Rekoff(1985)에 의해 최초로 소개된 개념으로 ‘복잡한 하드웨어 시스템의 견본을 분석하여 일련의 설계명세를 개발하는 과정’이라고 정의하였다. 보통 교육 분야에서는 비슷한 개념인 RESP(Reverse Engineering & Science from Products)를 활용한다. RSP란 기업체에서 새로운 제품을 기획하거나 설계하는데 이용하는 역공학의 개념과 제품으로부터 배우는 과학적 원리를 결합하는 것을 의미한다(신재경 외, 2013). 제품에서 공학의 원리를 이해하고, 수학·과학적 개념을 이해하는 방식은 학생들의 호기심과 동기 유발 측면에서도 의의가 있다(안덕근, 2015). 역공학 관련 교육 선행 연구는 <표 1>과 같다.

<표 1> 역공학 관련 교육 선행 연구

연구자	연구 주제	연구 결과
이광형 (2011)	거꾸로 배우는 과학 STEAM by RST	RST 모형을 기반으로 한 STEAM 모형 제시하였음
신재경, 배동윤, 김효상, 정승오 (2013)	특성화고에서 RESP 교육모형을 적용한 발명교육 프로그램 개발 및 적용 방안	특성화고에서 RESP 발명교육 프로그램을 개발하고 적용하였음
송나래 (2014)	중학교 기술 가정 교과 ‘기술과 발명’ 단원에서 RESP 교육모형을 적용한 발명교육 프로그램 개발	중학교에서 RESP 발명교육 프로그램을 개발하고 적용하였음
안덕근 (2015)	역공학 교육방법을 활용한 발명영재교육 프로그램의 개발:RSP 프로그램의 개발 및 효과성을 중심으로	RSP 발명영재교육 프로그램 개발하고 적용하였음

2. 공학 주제의 STEAM 교육

우리나라 교육과학기술부는 ‘제2차 과학기술인력 육성·지원 기본계획(‘11~‘15)의 범위에 초·중등과정을 포함하고, STEAM 교육을 2011년 중점추진과제로 설정하고 현재까지 꾸준히 강화하고 있다. 한국과학창의재단에서 제시하는 STEAM 학습준거 중 창의적 설계 단계에서의 목적은 학생들이 자기주도적인 학습과정을 통하여 종합적인 문제해결력을 배양하는 것이

다. 일방적인 강의식 수업과 차이를 보이는 부분으로 창의적 설계의 핵심은 학생 스스로가 창의적으로 생각해낸 아이디어를 학습 활동에 실질적으로 반영하는 경험을 갖는 것이다.

학교 수업에서는 거의 모든 학생들이 동일한 결과물을 얻고 과학적 지식의 대부분은 완성된 이론이기 때문에 실생활에서 마주치는 문제들과는 다르다. 문제를 스스로 정의하고 해결하는 경험을 도와주는 창의적 설계는 창의적으로 사고하는 습관의 형성에 기여하게 될 것이다 (한국과학창의재단, 2012).

또한 <표 2>와 같이 공학과 관련된 STEAM 교육 선행연구를 보면, 공학 설계 과정을 체험하는 것과 공학과 관련된 진로 설계에 도움이 되는 것을 목적으로 프로그램을 개발하였다.

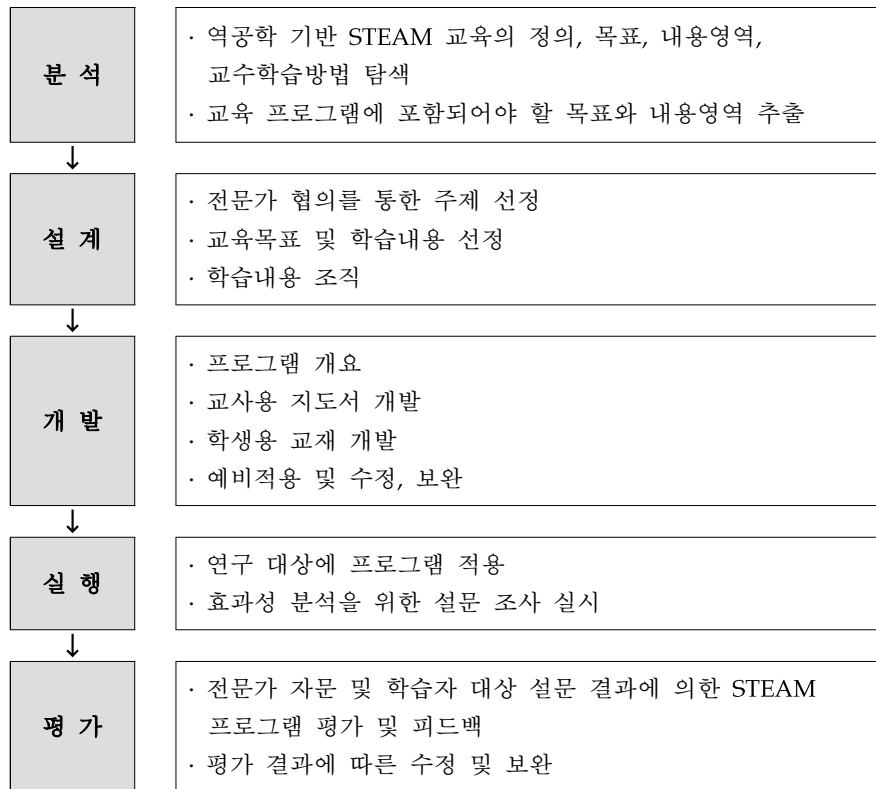
<표 2> 공학 관련 STEAM 교육 선행 연구

연구자	연구 주제	연구 결과
안재홍, 권난주 (2013)	융합인재교육(STEAM)에서 기술 및 공학 분야에 대한 교수학습 프로그램 분석	기술 및 공학 분야의 융합인재교육에서 공통 전략 추출 및 분석하였음
김진연, 김기수 (2014)	중학교 기술교과에서 공학설계 중심 STEAM 수업자료 개발	기술교과에 적용 가능한 공학설계 중심 STEAM 프로그램 개발하고 적용하였음
이영은, 이효녕 (2014)	공학적 설계와 과학 탐구 기반의 STEAM 교육 프로그램이 중학생의 과학, 수학, 기술에 대한 흥미, 자기효능감 및 진로 선택에 미치는 효과	공학적 설계 및 과학 탐구 기반의 STEM 프로그램을 개발하고 효과성을 분석하였음
허혜연, 김진연, 김영민, 김상민, 김영숙, 김기수 (2015)	무인선박을 주제로 한 공학설계기반 STEAM 프로그램 개발	공학설계기반 STEAM 프로그램을 개발하고 적용하였음. 공학에 대한 진로 제시도 함께 제시하였음.
홍혜경 (2017)	융합인재교육을 위한 유아공학교육의 적용에 대한 고찰	유아를 대상으로 공학 중심 융합인재교육 적용에 대한 의견을 제시하였음

위 선행 연구 분석을 통하여 이러한 공학 주제의 STEAM 교육프로그램을 역공학을 기반으로 설계하는 것은 실생활의 공학 제품을 배우고, 그것의 원리가 되는 수학 및 과학을 배운다면 이러한 지식이 어떻게 활용되는지 알게 되어 이해가 잘 되고, 동기를 유발할 수 있는 장점이 있는 것을 알 수 있다. 이를 통하여 실생활의 공학 제품을 중심으로 공학 설계 과정을 체험하고 공학 관련 진로를 제시하도록 프로그램을 개발하고자 한다.

Ⅲ. 연구 방법

이 연구의 절차는 교육 프로그램 개발의 대표적 모형인 ADDIE 모형의 분석-설계-개발-실행-평가 단계를 통하여 [그림 1]과 같이 진행되었다.



[그림 1] 교육 프로그램 개발 절차

1. 문헌 연구

이 연구에서는 자율주행자동차를 주제로 한 역공학 기반 STEAM 교육 프로그램을 개발하기 위해 관련 이론고찰 및 교육과정 분석을 실시하였다. 또한 역공학 기반 STEAM 교육 이론에 대한 내용을 고찰하였다. 이를 통해 역공학 기반 STEAM 교육의 정의, 목표, 내용영역, 교수학습 방법에 대해 탐색하고, 교육 프로그램에 포함되어야 할 목표와 내용영역을 추출하였다.

2. 개발 연구

문헌연구를 통해 교육 프로그램 개발 절차모형을 선정하고, 이를 토대로 교육 프로그램을 개발하였다. 교육 프로그램은 분석된 내용들을 바탕으로 교육프로그램에 포함되어야 할 목표와 내용요소들을 반영하여 개발되었다. 예비적용결과 및 전문가에 의한 피드백을 활용하여 개발된 교육 프로그램을 적용하여 수정 및 보완하였다.

3. 조사 연구

본 연구에서는 개발된 역공학 기반 STEAM 프로그램을 학교 현장에 적용 및 평가하고, 이 결과를 바탕으로 수정 보완하기 위하여 학습자인 중학생 120명을 대상으로 조사 연구를 실시하였다. 검사도구는 연구진의 협의 하에 한국과학창의재단(2014)의 STEAM 효과성 설문 조사지를 과학창의재단(2018)에서 수정하여 제공한 STEAM 태도 검사지와 만족도 조사지를 이용하였다. 태도검사지는 총 40문항으로 기존의 STEAM 효과성 설문 조사지를 4점 척도 문항으로만 구성하였으며, 학습자들이 이해하기 쉬운 용어로 수정하고 문항의 순서를 재배열하여 보완하였으며, 만족도 검사지는 만족도, 흥미도, 참여도, 내용 수준, 지속적 수혜 희망도의 5개 문항을 5점 척도로 구성하였다. 수업 적용 이후 조사지를 배부하여 회수하는 방식으로 자료를 수집하였다. 사전 및 사후 검사의 평균 차이 검증을 위하여 대응표본 T검정을 활용하였다. 설문지는 총 120부를 배부하여 120부가 회수되었고, 응답이 불성실하거나 사전 혹은 사후 1회라도 결측치가 있는 5부를 제외하고, 최종적으로 115부를 분석에 활용하였다.

IV. 연구 결과

1. 분석 결과

가. 역공학 기반 STEAM 교육 분석

분석 단계에서는 역공학 기반 STEAM 교육의 정의, 목표, 내용영역, 교수학습방법에 대해 탐색하고 그에 따른 역공학 기반 STEAM 프로그램에 포함되어야 할 목표와 내용영역을 추출하였다. 역공학 기반 STEAM 교육의 목표는 융합적 소양 함양, 창의적 문제해결력 및 공학설계능력 향상, 공학 및 공학 분야에 대한 흥미와 인식 향상이다. 이 교육 목표를 위하여 공학 내용 요소를 과학, 기술(실과), 미술, 진로로 제시하고, 이를 STEAM 수업 구성 원리인 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험에 따라 제시하였다.

나. 주제 선정 준거 도출

선행 연구에 따르면 STEAM 교육에 있어서 주제 선정은 학습자들의 흥미나 호기심을 유발시킬 수 있는 것, 학습자들의 발달 단계에 적합한 것, 여러 교과와 내용과 관련성이 있는 것 등이 공통적이다(김진연 외, 2013). 김진연 외(2013)의 내용을 참고하여 다음과 같은 선정 준거에 따라 프로그램 주제를 선정하였다.

첫째, 중학교 학습자 수준의 적합성이다. 좋은 주제라 할지라도 중학교 학습자의 신체적, 지적, 정신적 발달 수준에 맞아야 한다.

둘째, 현실성이다. 주제는 과학, 기술, 수학, 공학, 예술 분야의 영역에 적합하면서 현실세계에서 실제로 사용되는 것으로 현실성을 가져야 한다.

셋째, 흥미유발성이다. 주제는 학습자의 흥미와 호기심을 충분히 일으킬 수 있어야 한다.

넷째, 활동성이다. 주제는 공학설계과정을 체험하는데 적합해야 하므로 체험적인 요소가 적절하게 포함되어야 하며, 중학교 과학, 기술, 공학, 수학, 예술 교과 내용수준에 적합해야 하고, 시간, 장비 등을 고려하여 활동이 가능해야 한다.

다섯째, 주제와 STEAM과의 관련성이다. 주제는 중학교 과학, 기술, 공학, 수학, 예술 교과 내용 중 적어도 2개의 과목을 포함해야 한다.

2. 프로그램 설계 결과

가. 주제 선정 및 학습 준거 제시

주제 선정 준거에 따라 과학, 기술, 미술, 진로 교과 전문가와 협의하여 중학교 수준에 적합한 예비 주제를 선정하였다. 이를 토대로 공학 박사, 공학 교육 박사, STEAM 교육 전문가 등으로 구성된 전문가 그룹과 연구자들의 논의를 통하여 예비 주제 중 역공학에 기반하여 학생들의 흥미를 끌 수 있으며 진로 설계에 도움을 줄 수 있는 주제로써 자율주행자동차를 선정하였다. 또한 중학교 교육과정에 부합되는 역공학 기반 STEAM 프로그램의 내용 요소를 선정하기 위해 STEAM 교과 전문가와 함께 자율주행자동차와 관련된 2015 개정교육과정 과학, 기술, 미술, 진로 교과의 영역별 성취기준을 중심으로 교육과정 내용을 분석하고자 하였다. 주제와 관련된 STEAM 과목 및 학습 준거는 <표 3>과 같다.

<표 3> STEAM 과목 및 학습 준거

교과별 영역	2015 개정 교육과정		
	학년군	영역	성취 기준
S	1~3	빛과 파동	[9과06-04] 파동의 종류를 횡파와 종파로 구분하고, 소리의 특징을 진폭, 진동수, 파형으로 설명할 수 있다.
		과학과 나의 미래	[9과07-02] 현대 사회의 다양한 직업이 과학과 어떤 관련성이 있는지 예를 들어 설명하고, 미래 사회에서의 직업의 변

교과별 영역	2015 개정 교육과정		
	학년군	영역	성취 기준
			화를 토의할 수 있다.
		과학기술과 인류문명	[9과24-02] 과학을 활용하여 우리 생활을 보다 편리하게 만드는 방안을 고안하고 그 유용성에 대해 토론할 수 있다.
T/E	1~3	기술 시스템	[9기가04-07] 건설 기술과 관련된 문제를 이해하고, 해결책을 창의적으로 탐색하고 실현하며 평가한다. [9기가04-12] 수송 기술과 관련된 문제를 이해하고, 해결책을 창의적으로 탐색하고 실현하며 평가한다. [9기가04-18] 정보통신기술과 관련된 문제를 이해하고, 해결책을 창의적으로 탐색하고 실현하며 평가한다.
		기술 활용	[9기가05-01] 기술의 발달에 따른 사회, 가정, 직업의 변화를 이해하고 미래 기술 활용 및 사회의 변화에 대하여 예측한다.
A	1~3	체험	[9미01-01] 자신과 주변 대상, 환경, 현상의 관계를 탐색하여 나타낼 수 있다. [9미01-04] 미술과 다양한 분야의 융합 방안을 모색할 수 있다.
		일과 직업세계의 이해	[9진02-03] 새로운 종류의 직업이나 사업을 상상하고 만드는 모의 활동을 할 수 있다.
		진로 탐색	[9진03-03] 다양한 체험활동을 통해 직업 정보를 탐색할 수 있다.

나. 교육목표 선정

이 프로그램은 학습자가 실생활과 관련된 문제 속에서 과학적, 기술적, 공학적, 미술적, 진로적 관점에서의 문제점을 인식하고 이것을 해결하기 위한 탐구 학습 및 아이디어 창출과 표현, 객관적이고 논리적인 공학설계과정을 통해 다양한 원리와 관련 직업 세계에 대한 탐색을 할 수 있도록 전문가들의 협의를 통하여 교육목표를 설정하였다. 선정된 교육목표는 <표 4>와 같다.

<표 4> 역공학 기반 STEAM 프로그램 교육목표

구분	교육 목표
내용 목표	<ul style="list-style-type: none"> 자율주행자동차의 핵심 기술로서 센서의 특징과 장·단점에 대해 설명할 수 있다. 자율주행 자동차 센서에 적용되는 과학기술 원리에 대해 설명 할 수 있다. 아두이노를 활용한 초음파 센서 실험을 통해 거리를 측정할 수 있다. 초음파 센서에 영향을 미치는 요인을 설명할 수 있다.
	<ul style="list-style-type: none"> 센서의 특징과 한계점을 극복하는 디자인을 할 수 있다. 문제해결방안에 대한 토의를 할 수 있다. 센서를 활용한 진로와 직업을 탐색할 수 있다.
과정 목표	<ul style="list-style-type: none"> 포트폴리오를 통해 자기 성찰의 시간을 가진다. 모둠 협동학습을 통해 서로 배려하고 협력하는 태도를 가진다. 성공의 경험을 공유하여 긍정적인 상호작용을 가진다.

다. 학습내용 선정 및 조직

소주제와 학습 내용은 전문가와의 협의를 통하여 선정하고 차시에 따라 조직하였다. 이 때 2015 개정교육과정과의 관련성을 고려하여 선정한 STEAM 과목 요소별 학습내용은 <표 5>와 같다.

<표 5> 선정된 STEAM 과목 요소별 학습내용

과 목		학습내용
S	과학	<ul style="list-style-type: none"> • 파동과 소리의 특징 • 과학과 미래 사회의 직업의 변화 • 과학의 활용과 유용성
T/E	기술 공학	<ul style="list-style-type: none"> • 건설 기술의 원리를 통한 도시 설계 • 수송 기술의 원리를 통한 자율주행자동차의 이해 • 정보 통신 기술의 원리를 통한 센서 기술 체험 • 기술의 발달에 따른 직업의 변화
A	미술	<ul style="list-style-type: none"> • 자신과 주변 대상, 환경과의 관계 탐색 • 다양한 분야의 융합을 통한 도시 설계 디자인
	진로	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 직업 상상하기 • 다양한 체험을 통한 직업 정보 탐색

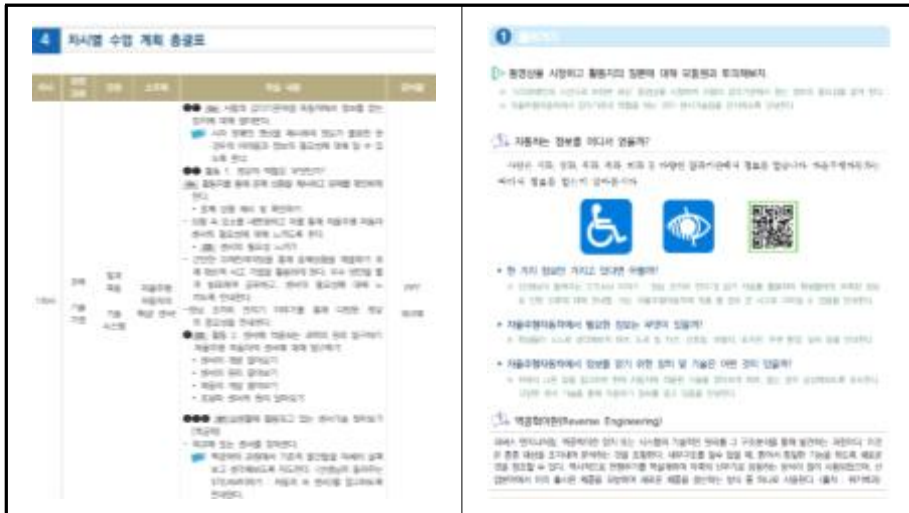
3. 프로그램 개발 결과

전문가와의 협의를 통하여 선정된 교육 목표 및 학습 내용을 바탕으로 프로그램 개요를 제시하였다. 총 4차시로 개발되었고, 역공학 기반이므로 실생활 관련 문제제시 및 문제해결과정에서 다양한 대안과 최적의 해결책을 찾는 것에 중점을 두었다. 전체 프로그램 구성 개요는 <표 6>과 같이 제시하였다.

<표 6> 교사용 지도서 및 학생용 교재 구성

구 분	구성 단계
교사용	<ul style="list-style-type: none"> • 주제 개요 - 역공학 기반 STEAM 수업의 필요성 제시 • 학습 목표 - 내용 목표와 과정 목표를 구분하여 제시 • STEAM 과목 연계 - 교과별 영역 및 성취기준 제시 • STEAM 학습준거 - 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험의 단계로 구분하여 제시 • 차시별 수업 계획 총괄표 - 차시별 관련 과목, 단원, 소주제, 학습내용, 준비 제시 • 평가 계획 - 평가 영역별 항목 및 내용, 세부접수, 비율 제시 • 차시별 교수학습과정 - 차시별 교사용 안내자료 및 심화활동 제시
학생용	<ul style="list-style-type: none"> • 차시별 교수학습자료 제시 (총 4차시) - 들어가기, 생각 열기, 생각 펼치기, 진로 탐색하기 - 선생님이 들려주는 STEAM 이야기

교사용 교재는 주제개요, 학습목표, STEAM 과목 및 학습 준거, 차시별 수업 계획 총괄표, 평가 계획, 차시별 교수학습과정으로 구성되었다. 주제 개요는 프로그램을 전체적으로 이해할 수 있도록 하였으며, 학습목표와 STEAM 과목 및 학습 준거는 학생들이 프로그램에 참여할 융합적 사고를 이끌 수 있도록 자세히 설명하였다. 또한, 자율주행자동차와 관련된 직업을 소개하는 부분을 첨가하여 학생들의 진로지도에 도움이 될 수 있도록 하고, 심화활동지를 별도로 첨부하여 개인별, 수준별 활동이 이루어지도록 하였다. 교사용 교재 예시는 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 교사용 교재 예시

학생용 교재는 학습 내용을 담고 있고 STEAM 학습준거 틀인 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험 단계로 구성하였고, 각 단계에 역공학 요소를 넣어 역공학 기반 주제학습이 이루어지도록 하였다. 학생용 교재 예시는 [그림 3]과 같다.



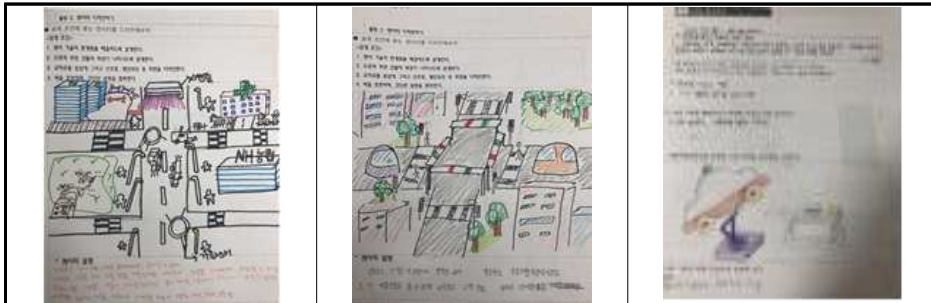
[그림 3] 학생용 교재 예시

4. 실행 결과

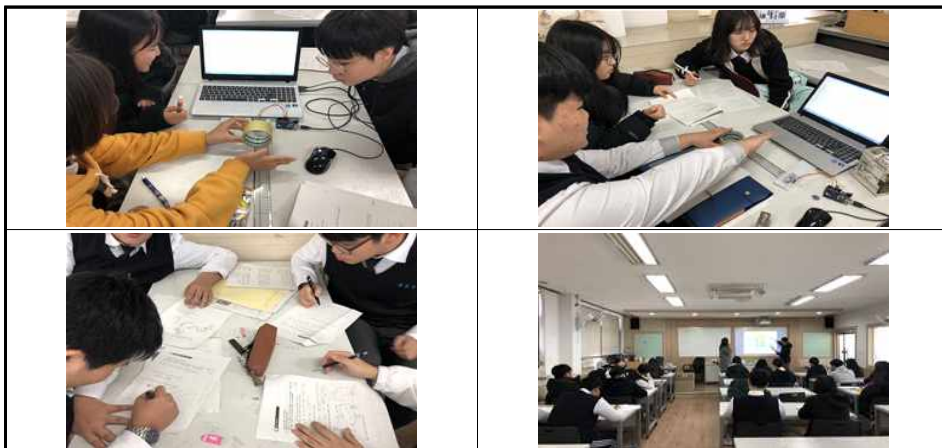
개발한 프로그램 토대로 서울 소재 ○○중학교에서 학생 71명을 대상으로 예비 적용하였다. 예비적용 결과를 토대로 전문가 협의를 거쳐 프로그램을 수정 및 보완하여 개발하였다. 이를 바탕으로 충청남도 ○○중학교 학생들에게 실행하였고, 구체적인 내용은 <표 7>과 같다. 학생들의 결과물 사진은 [그림 4]에 제시하였고, [그림 5]는 프로그램 활동 사진 일부이다.

<표 7> 역공학 기반 STEAM 프로그램 실행

구분	내용
적용 기간	2018년 10월 29일~ 11월 2일
대상 학교	충청남도에 위치한 OO 중학교
대상 학년 및 인원	중학교 3학년 120명 총 4차시
운영 계획	<ul style="list-style-type: none"> - 적용 전 워크샵 개최 및 참석 - 3학년 6학급 120명에 교사 2명이 적용 - 프로그램 적용 후 문제점과 개선방안에 대해 개발진과 협의 - 학생 설문지 조사 후 만족도, 교육효과 관련 요소 확인
유의점	- 컴퓨터실 또는 노트북, 아두이노 등 수업기자재 확보



[그림 4] 학생 결과물



[그림 5] 프로그램 활동사진

5. 평가 결과

가. 만족도 조사 결과

수업에 참여한 학생은 대체적으로 프로그램에 만족하였으며, Likert 5점 척도로 조사한 설문 결과는 <표 8>과 같다. STEAM 수업 만족도는 평균 3.91(표준편차 1.00)로 대부분 만족하였고, 흥미도 역시 평균 3.90으로 높은 편이었다. 수업을 적극적으로 참여했다고 응답하였으며(평균 3.67), STEAM 수업의 지속적 수혜 희망도는 평균 3.74로 학생들은 보통 이상으로 앞으로 지속적으로 STEAM 수업을 받고 싶은 의지가 있는 것으로 나타났다.

<표 8> 학생 대상 만족도 설문 결과

문항	N	평균	표준편차
STEAM 수업 만족도	115	3.91	1.00
STEAM 수업 흥미도	115	3.90	1.03
STEAM 수업 참여도	115	3.67	1.10
STEAM 수업 수준	115	3.50	1.09
STEAM 수업 지속적 수혜 희망도	115	3.71	0.99

STEAM 수업이 기존 수업과 달리 좋았던 점은 친구들과 협력해서 수행하는 모듈별 활동이 많고, 수학, 과학, 기술 등 여러 과목을 관련지어 배울 수 있는 것이라고 답하였고, 조사, 실습, 만들기 등 수업 시간에 할 것이 많아 시간이 부족하고, 주제가 어려워 아쉬웠다고 답하였다.

이 결과를 바탕으로 교사와의 협의를 통하여 프로그램을 평가하고 개선하였다. 적용한 교사들은 이 프로그램이 사회 이슈 및 실생활과 밀접하게 관련되어 있다는 점, 학생들이 흥미 있어 하는 주제인 자율주행 자동차와 관련되었다는 점, 현장 적용이 수월하도록 교사용 교재를 구성하였다는 점이 우수하다고 하였다. 그러나 각 학급 수준에서 학습 분량과 난이도를 조절할 필요성이 있어 학생들의 수준에 맞추어 수정하였다.

나. STEAM 태도 사전·사후 검사 결과

학생의 STEAM 태도를 분석하기 위해 사전 및 사후 검사를 실시하여 기초통계 분석 및 대응표본 t-test를 활용·분석하였고, 검사 도구 문항 구성 현황과 내적신뢰도계수를 분석한 결과 <표 9>와 같이 모든 문항에서 신뢰도를 확보한 것으로 분석되었다.

<표 9> STEAM 태도 검사 도구 문항 구성 현황 및 내적 신뢰도 계수

하위영역	문항 번호	문항 내용	Cronbach's α	
			사전	사후
흥미	1	나는 과학 수업 내용이 재미있다.	.886	.882
	3	나는 수학 관련 활동(수학 체험 활동, 수학 퀴즈 풀이 또는 수학 관련 글읽기)이 재미있다.		
	5	나는 과학 공부 하는 것이 즐겁다.		
	7	나는 과학 관련 정보나 책을 찾아 읽는 것을 즐긴다.		
	8	나는 과학을 좋아한다.		
	10	나는 과학 관련 활동(과학관 견학, 과학 행사 참여, 과학 관련 글읽기)이 재미있다.		
	14	나는 수학 수업 내용이 재미있다.		
	16	나는 수학 관련 정보나 책을 찾아 읽는 것을 즐긴다.		
	21	나는 수학 공부하는 것이 즐겁다.		
34	나는 수학을 좋아한다.			
배려	11	나는 과학 실험 기자재를 다른 친구와 사이좋게 나누어 사용한다.	.868	.831
	15	나는 수학 시간에 친구의 발표를 주의 깊게 듣는다.		
	18	나는 수학 시간에 나와 의견이 다른 친구의 의견을 존중한다.		
	20	나는 과학 시간에 의견을 주장할 때 다른 친구의 입장도 고려한다.		
	26	나는 과학 시간에 친구의 발표를 주의 깊게 듣는다.		
39	나는 수학 시간에 의견을 주장할 때 다른 친구의 입장도 고려한다.			
소통	12	과학 시간에 모둠 활동을 할 때 친구들과 의견을 교환하는 것은 중요하다.	.785	.821
	22	나는 수학 시간에 친구들과 적극적으로 의견을 교환한다.		
	23	나는 과학 시간에 친구들과 적극적으로 의견을 교환한다.		
	25	나는 수학 시간에 내 생각을 적극적으로 표현한다.		
	32	수학 시간에 모둠 활동을 할 때 친구들과 의견을 교환하는 것은 중요하다.		
37	나는 과학 시간에 내 생각을 적극적으로 표현한다.			
유용성/ 가치인식	13	과학 공부를 하는 것은 고등학교나 대학교에서 공부하는데 도움이 된다.	.843	.818
	17	수학은 다른 교과를 공부하는 데 도움이 된다.		
	29	과학은 다른 교과를 공부하는데 도움이 된다.		
	31	과학 지식은 일상생활에 도움이 된다.		
	33	수학 공부를 하는 것은 고등학교나 대학교에서 공부하는데 도움이 된다.		
40	수학 지식은 일상생활에 도움이 된다.			
자아개념	24	나는 과학이 쉽다고 생각한다.	.812	.719
	28	나는 수학 내용에 대한 이해가 빠르다.		
	30	나는 과학 내용에 대한 이해가 빠르다.		
	38	나는 수학이 쉽다고 생각한다.		
자아효능 감	2	나는 수학 내용을 이해할 자신이 있다.	.827	.807
	6	과학 내용을 이해할 자신이 있다.		
	27	나는 수학 문제를 잘 풀 수 있다는 자신이 있다.		
	35	과학 문제를 잘 풀 수 있다는 자신이 있다.		
이공계 진로선택	4	과학 관련 직업을 갖는 것은 멋진 일이다.	.684	.566
	9	수학과 관련된 직업에 관심이 있다		
	19	수학 관련 직업을 갖는 것은 멋진 일이다.		
	36	과학과 관련된 직업에 관심이 있다.		
계			.959	.917

분석 결과는 <표 10>에서 확인할 수 있는데, 하위의 7개 항목(흥미, 배려, 소통, 유용성/가치인식, 자아개념, 자아효능감, 이공계진로선택) 모두에서 사전 검사에 비해 STEAM 교육 프로그램이 투입된 이후 분석된 평균값이 높아졌고, 5% 유의수준에서 유의한 차이가 있었음을 확인할 수 있다. 특히, 그 중에서도 '흥미'요인이 대응차이가 가장 크게 나타났음을 알 수 있다. 이러한 결과는 STEAM의 구성 요소인 수학, 기술, 공학, 예술(인문), 수학 등의 기초 및 응용학문을 융합하여 교육 프로그램을 개발 및 적용하고자 할 때 학생들의 인식 및 태도를 긍정적인 방향으로 유도하여 교육적 효과를 극대화할 수 있도록 하는 기초적인 근거 혹은 자료로써 활용될 수 있을 것이다.

이공계 진로선택에 관한 Cronbach's α 값이 사후조사에서 .566으로 나타났으나 설문문항의 구조 상 수학과 과학 분야 각각의 관련 직업에 대한 관심도와 수용도를 2문항씩 투입하였기 때문에 연구진의 협의 하에 특정 1개 문항을 삭제하지 않고 포함하여 진행하였다.

학생이 중심이 되어 주어진 과제를 해결하기 위해 아이디어를 내고 활동하는 본 연구의 역공학 기반 STEAM 교육 프로그램 과정을 통해 흥미를 느꼈던 것으로 보여진다. 특히, STEAM 교육의 중요한 적용 방법 중 하나인 실생활 적용을 자율주행 자동차라는 최신 트렌드를 반영한 주제를 통해 학생들이 관련 교과를 더욱 흥미로워하고, 관심 갖을 수 있도록 하였고, 자연스럽게 역공학 기반 STEAM 수업이 중고등학생들의 STEAM 태도 변화에도 효과적이었던 것으로 판단된다.

김상달, 이상균, 최성봉(2010)의 연구에서 과학에 대한 흥미도와 성취도가 상호 영향을 끼친다는 것을 부인하기 어려우며, 과학에 대한 흥미를 기르는 것만으로도 중요한 교육목표가 될 수 있다고 강조하였고, 이처럼 본 연구에서 개발한 역공학 기반의 STEAM 프로그램 관련 교과의 흥미도 상승을 통해 성취도의 향상까지도 기대해 볼 수 있을 것이다.

<표 10> STEAM 태도 대응표본 t-검정

하위영역	중고등학생(N=117)					
	사전 M(SD)	사후 M(SD)	대응차이	표본오차	t	p
흥미	2.25(0.64)	2.65(0.62)	-0.404	0.032	-12.442	.000***
배려	2.76(0.63)	3.04(0.58)	-0.282	0.036	-7.899	.000***
소통	2.44(0.61)	2.76(0.62)	-0.320	0.037	-8.579	.000***
유용성/가치인식	2.72(0.67)	3.05(0.59)	-0.336	0.043	-7.818	.000***
자아개념	2.18(0.74)	2.52(0.66)	-0.340	0.046	-7.396	.000***
자아효능감	2.39(0.73)	2.75(0.68)	-0.353	0.039	-8.974	.000***
이공계진로선택	2.47(0.62)	2.77(0.58)	-0.307	0.035	-8.696	.000***

***p<.001

V. 요약 및 결론

1. 요약

이 연구의 목적은 역공학 기반 STEAM 프로그램 개발 모형에 근거하여 학교 현장에 적용 가능한 역공학 기반 STEAM 프로그램을 개발하고 현장 적용 가능성을 탐색해보는 것이다. 연구의 목적을 달성하기 위하여 분석, 설계, 개발, 실행, 평가(A-D-D-I-E) 절차에 의해 자율주행 자동차를 주제로 한 STEAM 프로그램(교사용 1종, 학생용 1종)을 개발하였고, 이를 적용해봄으로써 STEAM 수업에 대한 만족도, 흥미도, 참여도 등을 분석하여 현장 적용 가능성을 탐색하였다.

이 연구를 통한 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 역공학 기반 STEAM 프로그램 개발 모형에 근거하여 자율주행자동차를 주제로 한 역공학 기반 STEAM 프로그램을 분석, 설계, 개발, 실행, 평가 절차에 의해 개발하였다. 분석 단계에서 역공학 기반 STEAM 교육의 정의, 목표, 내용영역, 교수·학습 방법에 대해 탐색하였고 교육 프로그램에 포함되어야 할 목표와 내용영역을 추출하였다. 설계 단계에서는 전문가와의 협의를 통하여 주제를 선정하였다. 이 때 2015 개정 교육과정 상 STEAM 교과와의 연계성을 바탕으로 교육목표 및 학습내용을 선정 및 조직하였다. 개발 단계에서는 이를 바탕으로 교사용 지도서와 학생용 교재를 개발하였으며, 전문가에 의한 피드백을 거쳐 개발하였다. 실행 단계에서 중학생을 대상으로 본 프로그램을 적용하였고, 평가 단계에서는 실행한 프로그램에 기초하여 전문가와 학생으로부터 평가 및 피드백을 받고, 이 결과를 바탕으로 수정 및 보완하여 최종 STEAM 프로그램이 개발되었다.

둘째, 자율주행자동차를 주제로 한 역공학 기반 STEAM 교육 프로그램은 학생용 자료와 교사용 지도서로 구성되어 있다. 학생용 자료는 학습 내용을 포함하고 있고 STEAM 학습준거 틀인 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험 단계로 구성하였고, 각 단계에 역공학 요소를 넣어 역공학 기반 주제 학습이 효과적으로 이루어질 수 있도록 하였다. 교사용 자료는 주제 개요, 학습 목표, STEAM 과목 및 학습 준거, 차시별 수업 계획 총괄표, 평가 계획, 차시별 교수학습 과정으로 구성되었다.

셋째, 자율주행자동차를 주제로 한 역공학 기반 STEAM 교육 프로그램 적용을 통해 학생들의 STEAM 수업 만족도를 증진시킬 수 있었다. 또한, STEAM 태도(흥미, 배려, 소통, 유용성/가치인식, 자아개념, 자아효능감, 이공계진로선택) 향상에 유의한 효과가 있다는 점과 동시에 향후 지속적인 수업 참여 의지가 높은 것으로 분석되었다. STEAM 프로그램 적용을 통해 학생들의 수업 참여에 대한 흥미도를 보인다면 STEAM 관련 과목에 대한 성취도 또한 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

2. 결론 및 제언

연구 결과로부터 도출될 수 있는 결론 및 제언은 다음과 같다.

첫째, 개발된 STEAM 프로그램을 적용하여 현장의 교사가 이 프로그램을 일반화 가능성을 꾸준히 탐색해볼 필요가 있다. 매우 다른 다양한 학교 현장에서 적용되는 과정에서 보다 정제되고 정교한 프로그램으로 재생산될 수 있을 것이다.

둘째, 학습자 중심 교육이 대두되고 있는 이 시점에서 학습자 만족도와 STEAM 태도의 긍정적 변화를 위해 추가 연구를 통해 실생활의 다양한 상황 및 주제와 관련된 STEAM 프로그램 개발을 강화하는 것이 중요하다. 앞에서 언급한 바와 같이 학생이 중심이 되어 주어진 실생활 적용 과제를 해결하기 위해 아이디어를 내고 활동하는 역공학 기반의 STEAM 교육 프로그램 과정은 교과에 대한 흥미도·관심도 향상뿐만 아니라 STEAM 태도 변화와 나아가 관련 교과의 성취도에도 효과를 보일 수 있을 것이다.

셋째, 이 연구에서 살펴본 STEAM 태도(흥미, 배려, 소통, 유용성/가치인식, 자아개념, 자아효능감, 이공계진로선택), 수업에 대한 만족도 등의 요인에서 나아가 다양한 요인별 추가적인 연구를 통해 역공학 기반 STEAM 프로그램이 학생들의 공학적 문제해결능력 및 학습 성과에 미치는 영향을 탐색해볼 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 교육과학기술부(2010). 제2차 과학기술인력 육성·지원 기본계획('11~'15).
- 교육과학기술부(2011). 과학 교육과정.
- 교육과학기술부(2011). 미술 교육과정.
- 교육과학기술부(2011). 수학 교육과정.
- 교육과학기술부(2011). 실과(기술·가정) 교육과정.
- 권혁수, 박경숙(2009). 공학적 디자인: 과학, 기술, 공학, 수학교육의 촉진자. **경북대학교 과학 교육연구소**, 33(2), 207-219.
- 김상달, 이상균, 최성봉(2010). 과학교과에 대한 학생들의 흥미도 실태 조사. **대한지구과학학회**, 3(3), 191-197.
- 김영민 외(2015). 공학설계 기반 STEAM 프로그램 모형. **2015 한국기술교육학회 동계학술대회 자료집**, 163-168.
- 김준(2014). **조선산업의 생산성분석 - 한·중·일 조선사를 중심으로**. 한국생산성본부.
- 김진연, 김현정, 김영민, 김기수(2013). 중학교 '전자기계기술' 단원의 STEAM 프로그램 개발. **실과교육연구학회**, 19(2), 267-288.
- 김진연(2014). **중학교 기술교과에서 공학설계 중심 STEAM 수업자료 개발**. 충남대학교 대학원 석사학위논문.
- 백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 박종윤, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙(2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. **학습자중심교과교육연구**, 11(4), 149-171.
- 백윤수, 박현주, 노석구, 이주연, 정진수, 한혜숙, 김영민, 최유현, 최종현(2012). **융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초 연구**. 한국과학창의재단.
- 손소영(2007). 특집1:K-12. **공학교육연구**, 14(4), 7-9.
- 송나래(2014). **중학교 기술 가정 교과 '기술과 발명' 단원에서 RESP 교육모형을 적용한 발명 교육 프로그램 개발**. 충남대학교 석사학위논문.
- 신재경, 배동윤, 김효상, 정승오(2013). 특성화고에서 RESP 교육모형을 적용한 발명교육 프로그램 개발 및 적용 방안. **창의발명교육 연합 학술대회**, 서울.
- 안덕근(2015). **역공학 교육방법을 활용한 발명영재교육 프로그램의 개발 : RSP 프로그램의 개발 및 효과성을 중심으로**. 가천대학교 박사학위논문.
- 안재홍, 권난주(2013). 융합인재교육(STEAM)에서 기술 및 공학 분야에 대한 교수학습 프로그램 분석. **한국과학교육학회지**, 33(4), 708-717.
- 이광형(2011). 거꾸로 배우는 과학 STEAM by RST. **월간 과학 창의**, 161, 12-15.
- 이영은, 이효녕(2014). 공학적 설계와 과학 탐구 기반의 STEAM 교육 프로그램이 중학생의 과학, 수학, 기술에 대한 흥미, 자기효능감 및 진로 선택에 미치는 효과. **교과교육학연구**, 18(3) 513-540.
- 한국과학창의재단(2012). **STEAM 가이드북 손에 잡히는 STEAM 교육**.

- 한국과학창의재단(2014). **STEAM 프로그램 효과성 제고 및 현장 활용도 향상 기본연구**.
- 허혜연, 김진연, 김영민, 김상민, 김영숙, 김기수(2015). 무인선박을 주제로 한 공학설계기반 STEAM 프로그램 개발. **한국실과교육연구학회**, 21(4), 283-298.
- 홍혜경(2017). 융합인재교육을 위한 유아공학교육의 적용에 대한 고찰, **유아교육연구**, 37(4), 157-183.

© 논문접수: 2019. 08. 10 / 1차수정본 접수: 2019. 09. 09 / 게재승인: 2019. 09. 16

<Abstract>

The Development of STEAM Program based on Reverse Engineering on the Subject of Autonomous Vehicle

HaeYoung Chong*, KiSoo Kim**,
JiA Yoon***, YoungMin Kim****, HyeYeon Huh*****

The purpose of this study is to develop a STEAM program based on reverse engineering. To achieve the purpose of this study, STEAM program was developed on the subject of autonomous vehicle.

The results of this study are summarized as follows. The program was developed based on STEAM program development model based on reverse engineering. Developed in a five step procedure (analysis, design, development, implementation, evaluation) with the subject of autonomous vehicle.

First, in the analysis step, we explored the definition, goal, content area, and teaching and learning methods of STEAM based on reverse engineering. We extracted the goals and content areas to be included in the educational program. Second, in the design step, topics were selected through consultation with experts. At this time, based on the linkage between the 2015 revised curriculum and the STEAM curriculum, we selected and organized educational goals and learning contents. Third, in the development step, we developed a teacher 's guidebook and student' s textbook, and applied the program to 71 students in the second grade of OO middle school in Seoul. Fifth, at the evaluation stage, the evaluation was made by experts and students based on the program that was implemented, and revised and supplemented based on the results.

Key words: Reverse Engineering, STEAM

* Songjeong Middle School

** Correspondence: Professor, Chungnam National University, kksoo@cnu.ac.kr

*** Correspondence: Researcher, Chungnam National University, k2bbun@nate.com

**** Korea Advanced Institute of Science and Technology

***** Busan National Science Museum