

# 지역사회 청소년을 위한 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육 사례 연구

김현식  
동명대학교 기계·로봇공학과 교수

## Case Study on ESG Engineering Education based on Software Education for Community Youth

Kim, Hyun-Sik  
Professor, Department of Mechanical and Robotic Engineering, Tongmyong University

### ABSTRACT

Recently, in terms of the future education, the need of the software education according to the 4th industrial revolution and the need of the ESG(environmental, social and governance) education according to social requests for sustainability are increasing at the same time. There may be a number of ways to satisfy the needs at the same time. In this paper, as an effort for meaningful implementation of the future education, a case study on the ESG engineering education based on the software education for community youth was analyzed and a future development direction was suggested. This ESG engineering education deals with the development and application of the program considering terms of target, method and implementation in order to enhance its systematicity and using physical computing and upcycling methods and a collaborative education support system. To verify the education program, a survey is performed and analyzed. Through this, the basis of an software education-based ESG engineering education model was established.

**Keywords:** ESG education, Software education, Community youth

### 1. 서 론

최근에는 미래교육의 관점에서 4차 산업혁명에 따른 소프트웨어 교육(이민경, 2023)에 대한 요구와 지속가능성에 대한 사회적 요청에 따른 ESG(Environmental, Social and Governance) 교육에 대한 요구가 동시에 증가하고 있는 추세이다.

4차 산업혁명은 1차 산업혁명에서 3차 산업혁명에 이르는 기술들의 융합 산업혁명으로 정의될 수 있다. 즉, 1차 산업혁명의 기계, 2차 산업혁명의 전기, 3차 산업혁명의 전자/컴퓨터 기술 등이 컴퓨터 기술을 기반으로 융합되는 기술혁명을 의미한다. 이러한 이유로 컴퓨터의 구성요소 중에서 폭넓은 활용성을 갖는 소프트웨어와 관련된 교육을 통해 소프트웨어 중심사회(김주엽 외, 2015)의 주체를 양성하는 것이 국가경쟁력 확보 측면에서 중요하다.

경영 환경의 악화로 인하여 기관의 지속가능성에 대한 우려가 커지고 있는 상황에서 지속가능경영은 전략경영분야에서 중

요한 연구주제로 부상하고 있으며, ESG 즉 환경(environmental), 사회(social), 지배구조(governance)를 중심으로 한 비재무성과가 기관의 지속가능성을 증가시킨다는 연구결과들에 대한 분석(이정기 외, 2020)이 시작된 이후에, 국내 교육 분야에서도 ESG에 대한 관심이 높아지고 있으며 그 적용도 점차로 확대되고 있다.

앞서 언급한 소프트웨어 교육에 대한 요구와 ESG 교육에 대한 요구를 동시에 충족시킬 수 있는 다양한 방법이 존재할 수 있으나, 본 연구에서는 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육을 그 방향으로 한다. 그리고, 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육의 체계성을 높이기 위해서 다음을 고려하였다. 먼저, ESG 공학교육의 대상적 측면에서는 미래교육의 출발점으로서 미래사회의 주역이 될 청소년을 고려하였다. 다음으로, ESG 공학교육의 방법적 측면에서는 청소년의 만족도가 상대적으로 높은 소프트웨어 교육 방법 중의 하나인 피지컬컴퓨팅(physical computing)(임미숙, 2020) 및 자원의 재활용용에 새로운 가치를 더하는 친환경 활동인 업사이클링(upcycling)(하숙녕 외, 2013)을 고려한 프로그램을 개발하였다. 마지막으로, ESG 공학교육의 구현적 측면에서는 지역내에서 그 현실성 및 시너지

Received April 10, 2023; Revised May 15, 2023

Accepted May 24, 2023

† Corresponding Author: hyunskim@tu.ac.kr

©2023 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

(synergy) 효과가 높은 미래교육의 방안으로서 지역교육청과 대학연구소의 협업적 교육지원체계를 제시하였다.

요약하면, 본 연구에서는 미래교육의 의미있는 구현을 위한 하나의 노력으로서, 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육의 체계성을 높이기 위해 ESG 공학교육의 대상적, 방법적, 구현적 측면을 모두 고려하여 지역사회 청소년을 위해서 피지컬컴퓨팅 및 업사이클링 방법을 활용하고 지역내 협업적 교육지원체계를 활용하는 프로그램을 개발하고 적용한 사례를 분석한 후 발전방향을 도출하여, 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육 모델 구축의 기반을 마련하는 것을 목표로 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 소프트웨어 교육

본 연구의 방향인 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육은 소프트웨어 교육 및 ESG 교육을 주요 키워드로 하는데, 소프트웨어 교육과 관련해서는 미래교육의 과제(조상식, 2016), 미래교육의 방향(이영희 외, 2018), 미래교육의 형태(김현식, 2021) 등의 관점에서 그 이론적 근거를 마련하였다.

미래교육의 과제 관점에서는 교육철학적 원칙으로서 협업적 네트워크를 고려하여야 함을 확인하였고, 미래교육의 방향 관점에서도 교육체제 개선과 관련하여 학교안과 밖의 학습지원체제 구축이 필요함을 확인하였다. 미래교육의 형태 관점에서는 메이커(maker) 교육(윤지현 외, 2018) 형태의 소프트웨어 교육이 적합함을 확인하였는데, 메이커 교육 형태의 소프트웨어 교육방법인 피지컬컴퓨팅 사례(김현식, 2020)를 자세히 살펴보면 청소년들이 피지컬컴퓨팅을 기반으로 문제를 정의하고 해결하기 위해서 요구사항 분석(requirement analysis), 기능 분석(functional analysis), 설계(design), 제작(manufacturing), 시험평가(test and evaluation) 등의 절차를 수행하는 과정에서 창의적이고 융합적 능력이 요구되고 개발되며, 미래 교육과 관련된 역량으로서 자기주도성(김아영, 2014)도 개발된다는 사실을 알 수 있다.

이러한 근거들은 본 연구에서 고려하고 있는 ESG 공학교육의 방법적 측면인 피지컬컴퓨팅 및 구현적 측면인 협업적 교육지원체계를 활용하는 것이 타당함을 보여준다.

### 2. ESG 교육

ESG 교육(Liao et al., 2023)과 관련해서는 ESG 개념(Zhang et al., 2023)을 도입한 대표적인 사례들을 통해서 그 이론적 근거를 마련하였다.

ESG 개념을 활용한 디지털 교육에 대한 연구 사례에서는 ESG에 대해 이해해야 하는 사회와 디지털 데이터 리터러시(literacy)가 요구되는 사회가 다가오고 있으므로 미래 역량인 디지털 데이터 내러티브(narrative)와 경영학적 개념인 ESG가 교육을 이끌어야 할 시기임을 강조하였다(최원재, 2022). Crawford et al.(2022)는 코로나19 동안 고등교육에서의 지속가능성 논의와 관련된 2020~2021년의 논문들은 수량이 매우 적음에도 불구하고 급격한 디지털 전환과 교수법 변화로 인하여 향후 고등교육에서의 우선순위가 지속가능성 유지와 이를 통한 교육환경 혁신으로 이루어질 것이라고 하였는데, 지속가능발전교육에 관한 국내 연구 사례에서도 코로나19 이후 주목받는 지속가능성 관련 개념은 ESG이며, 초·중등 교육에서 진행되고 있는 다양한 교과목 기반 지속가능성 교육이 고등교육에서는 그 사례를 찾기 어려운 것으로 분석되었다(문지영 외 2022). 따라서 청소년 대상 ESG 교육을 벤치마킹하여 고등교육으로 확산하는 방안이 필요해 보인다. 학교 중심의 청소년 대상 ESG 교육 사례에서는 초·중·고 현장에서 경험이 풍부한 교사, 교수, 실무전문가 등이 ESG 실천을 위한 적극적인 참여형 학습 방식을 개발하고 실행하였으며, 교육 실시 전후로 학습효과를 분석하고 유의미한 결과를 도출함으로써 초등학교 시절부터 ESG에 관심을 가져야 함을 강조하였다(남승완 외 2022). 청소년활동기관 중심의 청소년 대상 ESG 교육 사례에서는 E에 대한 이해 및 E를 바탕으로 한 지속적인 S에 대한 실천을 강조하고 있으며, 활동 전과정에서의 변화 과정을 담아서 쉽고 재미있게 ESG를 실천할 수 있는 방법에 대한 고민들을 수행하고 있다(키와, KYWA).

이러한 근거들은 본 연구에서 고려하고 있는 ESG 공학교육 자체의 필요성 뿐만 아니라 대상적 측면인 청소년을 고려하는 것과 방법적 측면인 업사이클링을 활용하는 것이 타당함을 보여준다.

## III. 연구 방법

### 1. 연구절차

본 연구에서는 지역사회 청소년을 위한 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육의 협업 사례의 제시 및 분석을 수행하기 위해서 연구대상을 정하였고, 선행연구를 분석하였고, 협업적 교육지원체계를 제시하였고, ESG 공학교육 프로그램을 개발하였다. 구성된 프로그램의 타당성 검증을 위해 설문조사 결과를 분석하였다. 즉, 본 연구의 연구대상으로 청소년을 정하고, 선행연구로서 한국청소년활동진흥원(Korea Youth Work Agency, KYWA)의 ESG 청소년활동의 개념을 도입하기 위해

분석하였고, 협업적 교육지원체계로서 지역교육청과 대학연구소를 효과적으로 연계하는 방법을 제시하였고, ESG 공학교육 프로그램으로서 해양로봇아카데미(Marine Robot Academy, MRA)(김현식, 2021)의 새로운 유형을 구성하였다. 설문조사 결과로서 키워드 도출 및 결과 도표화를 통해 분석하였다.

## 2. 연구대상

본 연구의 타당성을 확보하기 위하여 D 대학연구소에 의해서 최근 2년간(2021~2022) 진행된 과정연결형 MRA에 참가한 지역사회 청소년을 설문 대상으로 하였다.

과정연결형 MRA 프로그램의 교육과정은 기초(basic) 과정 및 심화(intensive) 과정으로 구성되는데, 본 연구에 사용된 데이터는 기초과정의 경우는 2021~2022년이 해당되며, 심화과정의 경우는 2021년에는 코로나19 지침으로 취소되어 2022년만 해당한다. 총 대상 인원은 509명인데, 과정별 세부 과정명, 대상, 인원, 유형은 Table 1과 같다.

B 지역교육청의 진로진학지원센터를 통해 모집된 과정별 참가자 유형은 다음과 같다. 기초 과정의 경우는 찾아가는진로교육 과정의 중학생 및 고등학생이고, 심화 과정의 경우는 함께성장하는진로캠프 과정의 중학생으로서 기초 과정을 수료한 후 희망한 학생이다. 이를 살펴보면 과정연결형 접근임을 알 수 있다.

Table 1 Summary of survey

과정명 (실시년도)	세부과정명	대상	인원	유형
기초 (2021)	찾아가는진로교육	중학생/고등학생	230	당일형 (아카데미)
기초 (2022)	찾아가는진로교육	중학생/고등학생	262	당일형 (아카데미)
심화 (2022)	함께성장하는진로캠프	중학생	17	회기형 (캠프)

B 지역교육청이 구성한 기초 및 심화 과정의 설문조사 항목은 각각 Table 2 및 Table 3과 같다. 기초 및 심화 과정

Table 2 Survey Items for basic course

번호	항목	유형	공통
1	찾아가는 진로교육 운영 전반에 대해 만족하십니까?	단답형	○
2	시간 운영은 적당하였습니까?	단답형	○
3	관련 직업 및 진로에 대하여 잘 이해하였습니까?	단답형	×
4	자신의 진로를 준비하는 데 도움이 되었습니까?	단답형	○
5	이 프로그램을 통해 알게 된 직업이 있습니까?	서술형	×
6	기타 의견	서술형	○

모두 4개 항목에 대해서는 단답형으로서 매우만족(80점 이상)/만족(60점 이상)/보통(40점 이상)/불만족(20점 이상)/매우 불만족(20점 미만)의 5단계 척도로 구성되어 있고, 2개 항목에 대해서는 서술형으로 구성되어 있다. 여기서 4개 항목은 기초 및 심화 과정의 공통 문항이고, 나머지는 차별화 문항인데, 이는 성장형 접근임을 알 수 있다.

Table 3 Survey Items for intensive course

번호	항목	유형	공통
1	진로체험 프로그램 운영 전반에 대해 만족하십니까?	단답형	○
2	시간 운영은 적당하였습니까?	단답형	○
3	해양 로봇에 대하여 잘 이해하였습니까?	단답형	×
4	자신의 진로를 준비하는 데 도움이 되었습니까?	단답형	○
5	이 프로그램을 통해 알게 된 것(직업, 내용)을 써주세요.	서술형	×
6	기타 의견(캠프참여 후 느낀 점이나 바라는 점을 써주세요)	서술형	○

## 3. 선행연구

본 연구의 선행연구로서 KYWA의 ESG 청소년활동의 개념을 도입하기 위해 분석한 내용은 다음과 같다.

KYWA에서는 청소년의 성장지표와 관련하여 청소년활동 핵심역량(core competency)을 정의하였다. 6가지 청소년활동 핵심역량은 중에서 4가지(비판적사고, 의사소통, 협업, 창의력)는 2015년 세계경제포럼 등에서 제시된 역량으로 포괄적/종합적으로 폭넓게 수용되어 활용될 수 있도록 국제적 적합성을 고려하여 정의하였으며, 2가지(사회정서 및 진로개발)는 우리나라 청소년을 둘러싼 사회적 환경을 고려하여 정의하였다. Table 4는 청소년활동 핵심역량에 대해서 본 연구에서 식별자(identifier)를 부여하여 요약한 내용이다. 이는 ESG 청소년활동의 주요 개념으로서 이후의 ESG 공학교육 프로그램 개발의 핵심요소(core element)가 된다.

Table 4 Core competency of youth activity

식별자	핵심역량	정의
C1	비판적 사고	새로운 관점으로 문제를 바라보고, 주제와 원칙에 따라 배움으로 연결하는 능력
C2	의사소통	생각과 질문, 아이디어와 해결방법을 공유하는데 필요한 소통 능력
C3	협업	하나의 공동 목표를 향해 여러 명의 재능, 전문지식을 합치는 능력
C4	창의력	혁신하고 발명하는 것처럼 기존의 것을 새로운 방식으로 접근하는 능력
C5	사회정서	자신과 타인의 감정을 정확하게 인식하고 자신의 불편한 감정을 조절하고, 타인과의 갈등을 긍정적으로 해결하며 좋은 관계를 맺어나가는 능력
C6	진로개발	평생에 걸쳐 빠르게 변화하는 직업 환경에 유연하게 적응하고, 개인의 흥미와 적성을 바탕으로 다른 사람과 차별화되는 독특성을 개발하여 자기 주도적 및 창의적으로 자신의 진로를 개척·설계·실행하는데 필요한 능력

또한, KYWA에서는 미래 청소년활동으로서의 ESG 청소년 활동은 활동을 통해 E에 대해서 이해하고, E에 청소년이 기여하는 S, 그 과정에서 나타나는 청소년의 변화가 포함된 활동으로 정의하고 있다. 즉, E에 대한 이해, 이를 바탕으로 한 지속적인 실천, 활동 전 과정에서의 청소년의 변화까지의 모든 과정이 담겼을 때 ESG의 가치를 담은 청소년활동이며, 그 특징은 이해, 실천, 변화 절차를 갖춘 활동, 청소년의 자발적 행동이 수반되는 활동, 자연/환경/사회와 유기적 관계를 갖고 상호작용하는 활동으로 표현된다. Table 5는 KYWA의 ESG 청소년활동 절차 및 KYWA 산하의 국립수련시설 중의 하나인 국립평창청소년수련원의 ESG 청소년활동 분류를 기반으로 본 연구에서 식별자를 추가적으로 부여하여 요약한 내용이다. 이 또한 ESG 청소년활동의 주요 개념으로서 이후의 ESG 공학교육 프로그램 개발의 또다른 핵심요소가 된다.

**Table 5 Process and taxonomy of ESG youth activity**

식별자	ESG절차	식별자	ESG분류
P1	이해	T1	기후위기
P2	실천	T2	탄소중립
P3	변화	T3	자원순환
-	-	T4	환경오염
-	-	T5	생물다양성
-	-	T6	지속가능발전
-	-	T7	자연체험
-	-	T8	친환경에너지
-	-	T9	기타(오염원, 환경, 보전교육 등)

#### IV. 연구결과

##### 1. 협업적 교육지원체계 제시

ESG 공학교육의 구현적 측면에서, 지역 내에서 현실성 및 시너지 효과가 매우 높은 미래교육의 방안으로서 지역교육청과 대학연구소의 협업적 교육지원체계를 제시하고자 한다.

일반적으로, 지역교육청은 미래교육의 수요 측면에서 중고교현장과 신속하고 긴밀하게 연계하여 지역사회 청소년의 수요를 파악하고 프로그램의 방향, 일정 등을 전문성 있게 관리할 수 있으며, 미래교육의 공급 측면에서도 일부의 예산을 지원할 수 있다. 그리고 대학연구소는 미래교육의 공급 측면에서 지역사회 청소년의 수요를 충족하기 위해 자체적 또는 네트워크를 통해 보유한 전문가, 기법, 도구 및 시설 등을 공급할 수 있으며, 이를 기반으로 절차를 적용하여 프로그램의 품질유지가 가능하며, 나아가 분석활동을 통한 품질개선도 가능하다. 따라서, 지역교육청과 대학연구소의 협업적 교육지원체

계는 매우 효과적이다. Table 6은 협업의 체계적 접근을 위해서 두 기관의 특징을 사람(people), 기술(technology), 절차(process)의 3요소를 갖는 체계공학(system engineering)(김의환, 2014)적 관점 및 기획, 설계, 마케팅, 실행, 평가의 과정으로 구성되는 청소년 프로그램개발 통합모형(한국공개강의, KOCW)의 관점에서 비교요약한 내용이다. 여기서 기술은 기법(scheme), 도구(tool), 시설(facility)로 세분화된다.

**Table 6 Comparison for collaboration**

연계기관	사람	기술			절차
		기법	도구	시설	
지역교육청	전문성 우수	기획/마케팅/평가 가능	부족	부족	미확보
대학연구소	전문성 우수	설계/실행/평가 가능	충분	충분	확보

본 연구에서는 협업방식의 관점에서 대학연구소가 중고교현장을 찾아가는 방식의 당일형 아카데미 청소년이 대학현장을 찾아오는 방식의 회기형 캠프를 고려하고 있는데, 대학연구소가 중고교현장을 찾아가는 방식의 당일형 아카데미의 경우에는 이동에 따른 소요비용 및 사고, 감염 등의 다양한 위험성을 줄일 수 있지만 시간제약이 많으며 다양한 도구와 시설을 필요로 하는 공학교육의 특성상 청소년의 경험이 제한되어 만족도가 다소 줄어들 수 있고, 청소년이 대학연구소를 찾아오는 방식의 회기형 캠프의 경우에는 시간제약이 적으며 이해도를 높일 수 있는 현장방문의 특성상 청소년에게 다양한 경험을 제공하여 만족도를 제고할 수 있으나 단채이동에 따른 소요비용 및 다양한 위험성이 증가한다. 따라서, 당일형 아카데미와 회기형 캠프의 장점을 결합한 형태의 교육지원체계는 최적화된 협업방식이 될 수 있으며 매우 효과적이다. 즉, 시간제약이 많은 학기중에는 당일형 아카데미를 운영하여 이동에 따른 소요비용 및 다양한 위험성을 줄이고, 시간제약이 적은 방학중에는 회기형 캠프를 운영하여 청소년의 만족도를 높일 수 있다. Table 7은 협업방식으로서의 두가지 유형을 비교요약한 내용이다.

**Table 7 Comparison of collaboration methods**

유형	장소	시간제약	소요비용	위험성	만족도
당일형 (아카데미)	중고교현장	많음	낮음	낮음	보통
회기형 (캠프)	대학연구소	적음	높음	높음	높음

추가적으로, 대학연구소가 중고교현장을 찾아가는 방식의 당일형 아카데미를 지역의 소외계층 등을 대상으로 운영

하면 지역사회의 교육격차 해소에도 도움이 된다.

## 2. ESG 공학교육 프로그램 개발

ESG 공학교육의 방법적 측면에서, 청소년의 만족도가 상대적으로 높은 소프트웨어 교육 방법 중의 하나인 피지컬컴퓨팅 및 자원의 재활용품에 새로운 가치를 더하는 친환경 활동인 업사이클링을 고려한 프로그램을 개발하고자 한다. Table 8은 프로그램 구성의 체계적 접근을 위해서 앞서 언급한 본 연구의 내용을 토대로 ESG 공학교육 체계를 정의한 내용이다. ESG 공학교육 체계는 사람, 기술, 절차의 3요소를 갖는 체계 공학적 관점에서 요약되었으며, 프로그램은 기술(도구/기법) 및 절차와 직접적으로 관련되지만 사람 및 기술(시설)과도 관련되어 있다.

Table 8 Summary of program composition

구성요소	명칭	내용	
사람	청소년	지역사회 중고생	
	연구사	진로진학지원센터 파견교사	
	연구소장	해양로봇 관련 학위자/연구원	
	연구원	대학원생, 학부생(비교과활동우수자)	
기술	시설	중고교현장	B 지역 중고교
		대학연구소	해양로봇 메이커스페이스
	도구	특허등록기술	해양로봇키트, 수조
	기법	ESG공학교육	피지컬컴퓨팅, 업사이클링
절차	교육과정	과정별 내용, 핵심역량, ESG절차, ESG분류	

프로그램 개발과 관련된 인적, 기술적, 절차적 구성요소에 대한 자세한 내용은 다음과 같다.

프로그램의 인적 측면은 앞서 제시된 협업적 교육지원체계의 인적 내용과 일치하는데, 대학연구소의 사례로서 해양로봇 교육기술연구소(Research Institute of Marine Robot Education Technology, RIMRET)는 균형교육 및 부족기술해소를 통한 해양로봇 가치확산을 목표로 2013년에 설립되었고, 해양로봇 키트 및 수조 개발을 토대로 해양로봇관을 구축한 후 다양한 MRA 과정을 개발 및 운영하고 있다. 그 설립배경은 다음과 같다. 해양환경은 우리나라의 지리적 특수성을 잘 반영하고 있고, 해양로봇은 융합학문으로서 기계, 전기, 전자, 컴퓨터, 제어, 조선, 해양 등의 다양한 교육적 요소들을 가지고 있다. 또한 해양로봇은 다른 로봇에 비해서 계측/제어가 어려워서 의미있는 교육적 난이도를 가지며 흥미를 유발하기에도 바람직하지만, 국내의 경우는 그 교육적 기반이 매우 부족하다.

프로그램의 기술적 측면은 다시 시설적, 도구적, 기법적 측면으로 세분화되는데, 시설적 측면에서는 지역특화 메이커스페이스인 해양로봇관을 활용하였다(김현식, 2021). 도구적 측

면에서는 특허등록된 기술인 해양로봇키트(동명대학교산학협력단, 2013) 및 수조(동명대학교산학협력단, 2017)를 활용하였고, 기법적 측면에서는 디지털 리터러시(이운지 외 2019) 향상을 목표로 하여 청소년을 대상으로 센서보드, 드론, 로봇 등을 활용하는 피지컬컴퓨팅을 고려하면 청소년의 프로그램 만족도가 크며, 재활용품을 활용하는 업사이클링을 고려하면 프로그램의 친환경성이 크다.

이러한 사실에 근거하여 본 연구에서는 피지컬컴퓨팅 측면에서는 아두이노 기반의 해양로봇키트를 고려하고, 업사이클링 측면에서는 재활용품 기반의 해양로봇키트를 고려하는 내용을 담고 있다. Fig. 1 ~ Fig. 2는 각각 MRA를 위한 해양로봇키트 및 수조를 보여준다.



Fig. 1 Marine robot kits for marine robot academy

해양로봇키트는 기본적으로 재프로그래밍이 가능한데, 그 특징 및 교육효과는 다음과 같다. 제어박스, 부력부, 패들을 재활용품으로 사용하고 있는 좌측의 수상로봇은 다방향 탐지가 가능한 1개의 회전형 초음파 센서를 장착하고 있으며, 서지(surge), 요(yaw)의 2자유도 운동이 가능하도록 2개의 패들(paddle)을 장착하고 있으며, 원격제어 및 자율제어가 가능하다.



Fig. 2 Water tank for marine robot academy

다. 제어박스, 부력부, 프레임은 재활용품으로 사용하고 있는 우측의 수중로봇은 서지, 요, 히브(heave)의 3자유도 운동이 가능하도록 3개의 스크류(screw)를 장착하고 있으며, 원격제어가 가능하다. 이들을 활용하면 무게, 부력, 파동, 음향, 운동, 제어, 친환경 등을 쉽고 재미있게 설명할 수 있다.

프로그램의 절차적 측면에서는 우선적으로 선행연구에서 분석된 ESG 청소년활동의 주요 개념들로서 ESG 공학교육 프로그램 구성의 핵심요소인 핵심역량, ESG절차, ESG분류를 도입하였다. Table 9는 앞서 언급한 핵심역량, ESG절차, ESG분류를 통합하여 핵심요소를 정의한 후 관련 항목을 선택한 결과를 보여준다.

Table 9 Core elements of ESG youth activity

핵심요소			
핵심역량	<input checked="" type="checkbox"/> 비판적사고(C1)	<input checked="" type="checkbox"/> 의사소통(C2)	<input checked="" type="checkbox"/> 협업(C3)
	<input checked="" type="checkbox"/> 창의력(C4)	<input checked="" type="checkbox"/> 사회정서(C5)	<input checked="" type="checkbox"/> 진로개발(C6)
ESG절차	<input checked="" type="checkbox"/> 이해(P1)	<input checked="" type="checkbox"/> 실천(P2)	<input checked="" type="checkbox"/> 변화(P3)
	<input type="checkbox"/> 기후위기(T1)	<input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립(T2)	<input checked="" type="checkbox"/> 자원순환(T3)
ESG분류	<input checked="" type="checkbox"/> 환경오염(T4)	<input checked="" type="checkbox"/> 생물다양성(T5)	<input checked="" type="checkbox"/> 지속가능발전(T6)
	<input type="checkbox"/> 자연체험(T7)	<input type="checkbox"/> 친환경에너지(T8)	<input checked="" type="checkbox"/> 기타(T9)

다음으로, ESG 공학교육 프로그램 개발의 핵심요소들을 토대로 시설 및 기술(시설/도구/기법)을 활용하는 과정연결형 MRA 프로그램의 교육과정 중에서 기초과정은 당일형 아카데미로서의 이론 및 실습 형태로 진행되었고, 심화과정은 회기형 캠프로서의 이론 및 실습 형태로 진행되었다. 과정연결형 구현을 위해서 심화 과정에는 기초 과정을 수료한 학생들 가운데에서 희망자를 대상으로 하였다. 추가적으로, 심화 과정은 하계방학 기간에 실시될 수 있도록 하여 계절적 특성을 활용하여 쉽고 재미있게 ESG를 실천할 수 있도록 하였으며, 모든 과정은 2인 1팀의 팀기반으로 하였으며, 퀴즈와 같은 관계형성 활동의 강화를 통하여 참가자간의 어색함을 줄이고 활동에 대한 적응력도 높이며 친밀감을 형성할 수 있도록 하였다. 교육의 품질을 향상하기 위해 사전준비도 강화하였다.

Table 10은 앞서 언급한 ESG 청소년활동의 주요 개념들을 반영하여 교육과정을 구성한 사례로서 기존(김현식, 2021)의 MRA 교육과정을 변형하여 이론 및 실습을 명시하고, 핵심역량, ESG절차 및 ESG분류를 종합적으로 연계하여 요약한 내용이다. 지식을 쌓는 이론 및 지식을 토대로 경험을 쌓는 실습이 모두 고려되어 있고, 6가지 핵심역량이 모두 포함되어 있고, 3가지 ESG절차가 모두 포함되어 있고, 9가지 ESG분류 중 6가지가 포함되어 있음을 알 수 있다. 특히, 이해 절차에서는 디지

털 리더리시 향상을 위해 언어의 수준, 컴파일(compile) 등의 개념설명을 통해 언어적 접근을 강조하였다.

Table 10 Curriculum of marine robot academy

구분	세부내용	과정명		핵심역량	ESG절차	ESG분류
		기초	심화			
해양로봇학습(이론)	안전교육	○	○	-	P1	T9
	퀴즈(해양환경)	○	○	C2,C6	P1	T4,T5
	강의(해양로봇기초)	○	○	C6	P1	T2,T3
	코딩(아두이노기초)	○	○	C6	P1	T2
해양로봇체험(실습)	조립(해양로봇기초)	-	○	C3,C6	P2	T2,T3
	코딩(해양로봇기초)	○	○	C3,C6	P2	T2,T3
	운용(기본동작)	○	-	C3,C6	P3	T6
	운용(파라미터조정)	-	○	C3,C4	P3	T6
	경연	-	○	C5	P3	T6
	토론	-	○	C1,C2	P3	T6

이를 통하여 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육 모델 구축의 기반을 마련할 수 있었고, 이는 추후의 연구를 통해 그 항목의 측정/환류 및 보완이 진행될 예정이다.

### 3. 설문조사 결과 분석

제시된 과정연결형 MRA 프로그램의 타당성 검증에 있어서 기초과정 및 심화과정의 설문조사 결과들을 종합하고 분석한 결과는 다음과 같은데, 기초과정에서는 대학연구소가 방문한 중고교 현장의 담당교사가 직접 작성한 후 지역교육청의 연구사에게 전달한 만족도조사 결과지들을 근거로 하였으며, 심화과정에서는 지역교육청의 연구사가 직접 작성한 만족도조사 결과지들을 근거로 하였다.

기초과정의 단답형 설문조사 결과는 2021~2022년을 통합한 해당 인원인 492명에 대한 1번~4번 항목별 백분율로 Table 11에 나타내었고, 심화과정의 단답형 설문조사 결과는 2022년의 해당 인원인 17명에 대한 1번~4번 항목별 백분율로 Table 12에 나타내었다. 이들 Table 관련 그래프는 Fig. 3 및 Fig. 4에 각각 나타내었다.

또한, 기초과정의 서술형 설문조사 결과는 2021~2022년을 통합한 해당 인원인 492명에 대한 5번 항목의 워드클라우드(word cloud)로 Fig. 5에 나타내었고, 심화과정의 서술형 설문조사 결과는 2022년의 해당 인원인 17명에 대한 5번 항목의 워드클라우드로 Fig. 6에 나타내었다. 과정별 서술형 설문조사 결과의 6번 항목들은 키워드 분석으로는 그 의미를 파악하기 힘든 문법적 특성을 반영하여 5번 항목들과 분리하여 키워드 분석이 아닌 대표문장 인용의 방식을 적용하였다.

Table 11 Survey results of basic course

항목	매우만족 (80점 이상)	만족 (60점 이상)	보통 (40점 이상)	불만족 (20점 이상)	매우불만족 (20점 미만)
운영전반 만족	75.8	16.1	6.7	0.8	0.6
시간운영 적당	70.3	17.3	9.6	2.4	0.4
직업진로 이해	75.0	15.4	6.9	0.8	1.8
진로준비 도움	69.3	15.9	11.0	1.6	2.2

Table 12 Survey results of intensive course

항목	매우만족 (80점 이상)	만족 (60점 이상)	보통 (40점 이상)	불만족 (20점 이상)	매우불만족 (20점 미만)
운영전반 만족	88.2	5.9	5.9	0.0	0.0
시간운영 적당	52.9	17.6	23.5	5.9	0.0
해양로봇 이해	76.5	23.5	0.0	0.0	0.0
진로준비 도움	76.5	11.8	11.8	0.0	0.0



Fig. 5 Keyword analysis of basic course

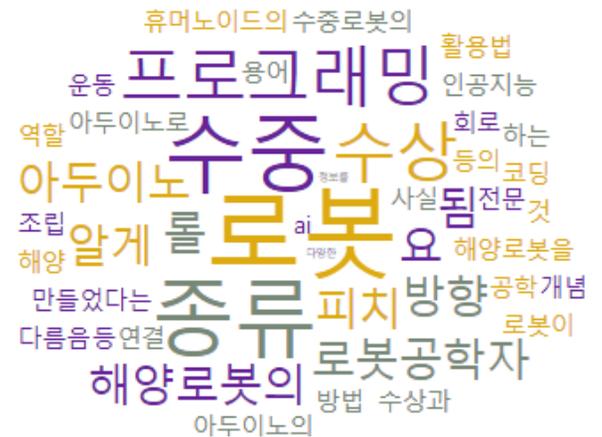


Fig. 6 Keyword analysis of intensive course

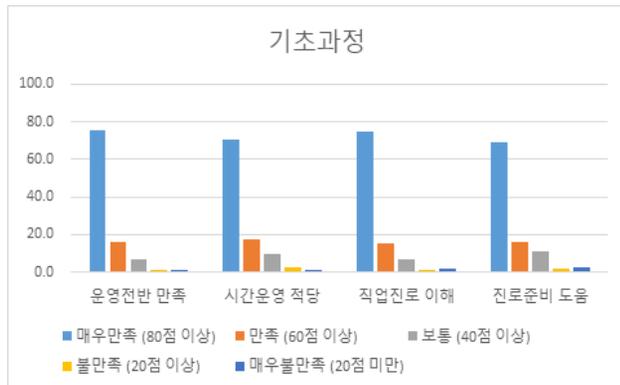


Fig. 3 Graph analysis of basic course

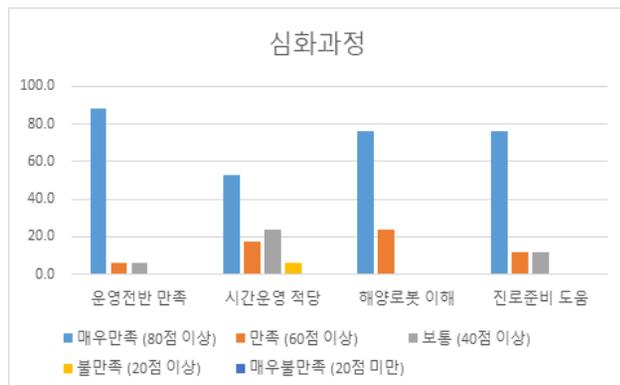


Fig. 4 Graph analysis of intensive course

기초과정의 단답형 설문조사 결과의 항목 평균값은 ‘매우만족 (72.6%)’, ‘만족(16.2%)’, ‘보통(8.5%)’, ‘불만족(1.4%)’, ‘매우 불만족(1.3%)’ 등으로 나타났고, 심화과정의 단답형 설문조사 결과의 항목 평균값은 ‘매우만족(73.5%)’, ‘만족(14.7%)’, ‘보통 (10.3%)’, ‘불만족(1.5%)’, ‘매우불만족(0.0%)’ 등으로 나타났다. 여기서 심화과정을 통해 ‘매우불만족’ 경우가 없어졌고 ‘보통’ 이상의 경우도 기초과정 97.3% 및 심화과정 98.5%로 소폭 상승하여 나타났음을 알 수 있는데, 이는 과정연결형 접근을 통해 전반적인 만족도가 향상되고 있음을 보여 준다.

기초과정의 서술형 설문조사 결과의 키워드 빈도수는 ‘알게된 직업’ 항목과 관련하여 ‘해양로봇(24회)’, ‘연구원(18회)’, ‘프로그래머(13회)’ 등의 순서로 나타났고, 심화과정의 서술형 설문조사 결과의 키워드 빈도수는 ‘알게된 직업/내용’ 항목과 관련하여 ‘로봇(10회)’, ‘수중(4회)’, ‘종류(4회)’ 등의 순서로 나타났다. 여기서 빈도수는 AI 빅데이터 기술에 의한 것으로 키워드 인식시에 설정값에 따라 그 값이 바뀔 수 있으므로 절대적인 값

이 될 수는 없으나 의미있는 값이 될 수는 있으므로 경향성을 파악할 수 있는데, 이는 과정연결형 접근을 통해 전반적인 이해도가 향상되고 있음을 보여 준다. 이는 MRA 프로그램이 ESG 절차의 P3에 부합함을 보여준다.

기초과정의 서술형 설문조사 결과의 대표문장 인용은 ‘기타 의견’ 항목과 관련하여 “뜻깊은 해양체험”, “해양로봇 관심”, “코딩에 매력” 등의 긍정적 의견들이 있었고, “시간이 짧음”, “맛보기식 체험”, “활동적 수업 필요” 등의 부정적 의견들이 있었다. 심화과정의 서술형 설문조사 결과의 대표문장 인용은 ‘기타 의견’ 항목과 관련하여 “아쉬울 정도로 너무 재밌고 유익한 시간이었음”, “캠프 참여하기를 잘 했음”, “다시 기회가 된다면 또 올 것임” 등의 긍정적 의견들이 있었고, “시간이 짧아서 아쉬웠음”, “책상이 불편하였음” 등의 부정적 의견이 있었다. 여기서, 과정별 장단점을 잘 인식하고 있음을 알 수 있는데, 이는 MRA 프로그램이 의미있는 교육적 요소를 담고 있음을 보여 준다.

앞의 결과들을 살펴보면 ESG 공학교육 관점에서의 과정연결형 MRA의 효과성 및 우수성이 보여지고 있는데, 발전적인 의미를 가지기 위해서는 기타의견들을 반영하여 프로그램을 지속적으로 개선해 나갈 필요가 있어 보인다.

위의 과정을 통하여 제시된 ESG 공학교육 교육과정을 도입하게 되면 교육 품질 및 학생 만족도/이해도/성장 측면에서 최적화가 가능함을 확인할 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서는 지역사회 청소년을 위한 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육 사례 연구와 관련하여, 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육의 체계성을 높이기 위해 ESG 공학교육의 대상적, 방법적, 구현적, 검증적 측면을 모두 고려하였다. 즉, 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육의 의미부여를 위해 소프트웨어 교육 및 ESG 교육의 이론적 근거를 마련하였고, 본 연구의 타당성을 확보하기 위해 과정연결형 MRA에 참가한 지역사회 청소년을 연구대상으로 정하였고, ESG 청소년활동의 개념을 도입하기 위해 선행연구를 분석하였고, ESG 공학교육의 구현성을 높이기 위해 협업적 교육지원체계를 제시하였고, 소프트웨어교육의 효과성 및 친환경성을 높이기 위해 각각 피지컬컴퓨팅 및 업사이클링을 고려한 ESG 공학교육 프로그램을 개발하였고, 개발된 프로그램의 타당성 검증을 위해 설문조사 결과를 분석하였다.

이론적 근거 마련에서는 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육의 의미부여를 위해 소프트웨어 교육의 관점에서는 피지컬컴

퓨팅 및 협업적 교육지원체계를 활용하는 것이 타당하고, ESG 교육의 관점에서는 지역사회 청소년 및 업사이클링을 활용하는 것이 타당함을 알 수 있었다. 연구대상의 지정에서는 본 연구의 타당성을 확보하기 위해 과정연결형 MRA에 참가한 지역사회 청소년을 기초 및 심화과정별로 분류하고, 설문조사를 위한 과정별 항목을 정의하였다. 선행연구의 분석에서는 ESG 청소년활동의 개념을 도입하기 위해 KYWA의 청소년활동 핵심역량 및 ESG 청소년활동 절차/분류에 대해서 식별자를 부여함으로써 ESG 공학교육 프로그램 구성의 요소를 식별하였다. 협업적 교육지원체계의 제시에서는 ESG 공학교육의 구현성을 높이기 위해 지역교육청 및 대학연구소를 체계공학적 관점 및 프로그램개발 통합모형의 관점에서 비교하고, 당일형 아카데미 및 회기형 캠프를 시간, 비용, 위험성, 만족도의 관점에서 비교한 후 최적화하였다. ESG 공학교육 프로그램의 개발에서는 소프트웨어교육의 효과성 및 친환경성을 높이기 위해 각각 피지컬컴퓨팅 및 업사이클링을 고려하여 지역특화 공간, 특허등록 기술을 활용하고, 프로그램 개발의 핵심요소로서 핵심역량, ESG절차, ESG분류를 선택적으로 적용한 교육과정을 구성하였다. 설문조사 결과의 분석에서는 개발된 프로그램의 타당성 검증을 위해 기초과정 및 심화과정을 분석하여 MRA 프로그램의 만족도 향상, ESG절차 부합, 의미있는 교육요소 등의 관점에서 검증하였다.

본 연구를 미래교육으로서의 ESG 공학교육에 대한 기여도 관점에서 살펴보면, KYWA의 청소년활동 핵심역량 및 ESG 청소년활동 절차/분류를 ESG 공학교육 프로그램 개발의 핵심요소로 정의한 후 프로그램 개발에 반영한 점과 체계적 접근으로 인하여 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육 모델 구축의 기반을 마련한 점을 발견할 수 있다. 즉, 체계공학 요소, 프로그램개발 통합모형, 프로그램 핵심요소, 연결형 교육과정 등이 종합적으로 고려된 소프트웨어 교육 기반 ESG 공학교육을 지역사회에서 실현하는 방법을 확인할 수 있었다. 또한, 지역사회의 교육격차 해소에도 기여할 수 있었다.

추후에는 본 연구를 바탕으로 프로그램의 완성도를 높이기 위해서 협업적 교육지원체계의 보완으로서의 연계기관 확대를 통해 자연현장 등을 고려하여 ESG 공학교육 프로그램 개발의 핵심요소들을 추가한 후, 측정/환류에 근거한 설문조사/프로그램 개선, 온오프 수업을 고려한 블렌디드 적용, 검증된 수업 자료에 근거한 교재 개발 등을 점차로 수행할 예정이다.

## 참고문헌

1. 김아영(2014). 미래 교육의 핵심역량: 자기주도성. *교육심리연구*, 28(4), 593-617.

2. 김의환(2014). 시스템공학이 무엇이며 우리에게 왜 필요한가?. *ie 매거진*, 21(4), 18-25.
3. 김주엽·최종모.(2015). 소프트웨어 중심 사회와 콘텐츠 서비스의 저작물 유통에 대한 쟁점 및 해결방안 연구. *문화미디어엔터테인먼트법*, 9(1), 175-200.
4. 김현식(2020). 해양로봇 기반의 창의융합형 미래교육. *부산창의융합교육*, (창간호), 73-79.
5. 김현식(2021). 해양로봇 활용의 역량중심 메이커 및 설계 교육 사례 연구. *공학교육연구*, 24(2), 12-19.
6. 남승완 외(2022). ESG 와 기업가정신을 접목한 교육프로그램 적용에 관한 탐색적 연구: 초·중·고 교육 프로그램 운영 사례를 中心으로. *벤처창업연구*, 17(5), 117-132.
7. 동명대학교산학협력단(2013). 해양 로봇 경진 대회용 수조 경기장 장치. *특허등록*, 제10-1242400.
8. 동명대학교산학협력단(2017). 회전소나시스템을 구비한 초소형 수상로봇. *특허등록*, 제10-1703822.
9. 문지영·양채원(2022). 지속가능성과 지속가능발전교육에 관한 연구 동향. *아시아교육연구*, 23(3), 557-585.
10. 윤지현·김경·강성주(2018). 메이커 역량 모델 개발 및 초·중등 교육 현장에서의 메이커 교육 방안 탐색. *한국과학교육학회지*, 38(5), 649-665.
11. 이민경(2023). 4차산업혁명 시대의 컴퓨팅사고력 함양을 위한 소프트웨어 교육 프로그램 개발. *인터넷전자상거래연구*, 23(1), 183-198.
12. 이영희 외(2018). 미래교육 관련 연구 메타분석을 통한 미래교육의 방향. *교육문화연구*, 24(5), 127-153.
13. 이운지·김수환·이은환(2019). 디지털 리터러시 교육과정 프레임워크 개발 연구. *교육연구논총*, 40(3), 201-221.
14. 이정기·이재혁(2020). “지속가능경영” 연구의 현황 및 발전방향: ESG 평가지표를 중심으로. *전략경영연구*, 23(2), 65-92.
15. 임미숙(2020). 창의적 코딩교육 플랫폼 설계에 관한 연구. *디지털콘텐츠학회논문지*, 21(2), 439-444.
16. 조상식(2016). ‘제4차 산업혁명’과 미래 교육의 과제. *미디어와 교육*, 6(2), 152-185.
17. 최원재(2022). ESG 개념을 활용한 디지털 데이터 내러티브 교육. *디지털콘텐츠학회논문지*, 23(2), 227-235.
18. 하숙녕·이정교(2013). 업사이클링 디자인 활성화를 위한 기업 사례 연구. *Archives of Design Research*, 26(3), 305-325.
19. 한국공개강의(KOCW). <http://www.kocw.or.kr/>
20. 한국청소년활동진흥원(KYWA). <https://www.kywa.or.kr/>
21. Crawford, J. & Cifuentes-Faura, J.(2022). Sustainability in higher education during the COVID-19 pandemic: A systemic review. *Sustainability*, 14, 1-11.
22. Liao, H. T., Pan, C. L., & Zhang, Y.(2023). Collaborating on ESG consulting, reporting, and communicating education: Using partner maps for capability building design. *Frontiers in Environmental Science*, 11(298).
23. Zhang, Q. et al.(2023). Effect of green taxation on pollution emissions under ESG concept. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(21), 60196-60211.



**김현식 (Kim, Hyun-Sik)**

1994년: 부산대학교 전기공학과 졸업  
 1996년: 동 대학원 전기공학과 석사  
 2001년: 동 대학원 전기공학과 박사  
 1998~2007년: 국방과학연구소 연구원  
 2007년~현재: 동명대학교 교수  
 관심분야: 공학교육인증, 해양로봇교육, 청소년교육

E-mail: hyunskim@tu.ac.kr