

융복합 Capstone Design 활동이 공학설계 역량에 미치는 효과 분석

위선복*·김태훈**†

*충남대학교 대학원 공업기술교육학과 박사과정

**충남대학교 사범대학 전기·전자·통신공학교육과 교수

An Analysis of the Effect of Convergence Capstone Design Activity on Engineering Design Competency

Wee, Seonbouk*·Kim, Taehoon**†

*Ph.D. student, Graduate School of Industrial & Technology Education, Chungnam National University

**Professor, Department of Electrical · Electronic · Communication Engineering Education, Chungnam National University

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the educational effects of convergence Capstone Design activities. To this end, it analyzed the difference in engineering design competency before and after completing the curriculum in the Capstone Design process, where students from various majors team up, and analyzed the impact of convergence Capstone Design activities on engineering design competency. A survey study was conducted on experimental participants to collect data on individual characteristics and engineering design competency, and to analyze differences by background variable. As a result of analysis according to background variables, the engineering design competency was improved afterwards than before, except for some competency areas.

Keywords: Engineering education, Engineering design competency, Capstone Design, Convergence activities

1. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

최근 산업 및 교육현장은 4차 산업혁명의 흐름에 맞춰 새로운 창의적인 발명, 다양한 분야의 사람, 국가 간 융합을 강조하고 있다. 이러한 동향 가운데 교육 분야에서도 세계 여러 국가에서 창의융합교육을 강조하면서 학생들에게 자기주도학습, 창의성, 문제해결능력, 협업능력 등의 역량을 갖추기를 권장하고 있다(남지연, 2020). 이러한 흐름은 미국과 국내의 공학교육이 팀 활동, 설계 활동을 강조하는데 큰 영향을 미쳤다. 공학교육 중에서도 공학설계능력은 타 분야와 구별되는 독특한 능력으로 창의성 향상 활동과 학제 간 융합 활동, 공학적 설계 활동 등 다양한 활동 영역에서 강조되고 있다(Thompson, 1998; 김태훈 외, 2005; 손화철, 2011; 한지영, 2011; 박신영 외, 2018).

범국가적 흐름에 따라 국내 다수의 대학에서 기초설계, 응용설계, 종합설계와 관련한 다양한 교과목들이 전공과목으로 개설되어 공학설계와 관련된 교육이 활발하게 이루어지고 있다. 또한, 공학설계와 관련된 다양한 연구가 이루어지고 있는데, 이를 살펴보면 문제해결기반 학습을 활용한 설계교육(최유현, 2005; 박세호, 2012; 장용철 외, 2013; 유은정 외, 2021), 공학설계 교육의 교수학습법(신선희, 2009; 유경현, 2020), 공학설계 교육의 성과(백운수 외, 2006; 강소연 외, 2005) 등 공학설계와 관련하여 다양한 형태의 연구가 수행됨을 알 수 있다. 이때 창의력과 문제해결력 등은 공학설계에서 중요한 요소이기 때문에, 공학설계 교육이 창의력과 문제해결력 등에 정적인 효과가 있다는 위 연구 결과는 긍정적으로 볼 수 있다. 하지만 공학설계 교육의 궁극적인 목적은 공학설계에 필요한 개개의 하위요소보다는 공학설계 능력 그 자체가 됨이 바람직하다.

공학설계 능력에 대한 평가 요소에 관한 연구(김태훈 외, 2005), 공학설계 능력에 대한 하위 영역과 정의 구명 연구(김태훈, 2015), 공학설계의 교수학습적 개념에 관한 연구(이영태·정재원, 2021) 등을 통해 공학설계에 관한 이론적 고찰이

Received June 27, 2022; Revised July 20, 2022

Accepted July 24, 2022

† Corresponding Author: kth0423@cnu.ac.kr

©2022 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

이루어지고 있지만 이를 객관적으로 평가할 수 있는 도구는 찾아보기 어렵다. 또한, 공학설계 과정에서 여러 가지 능력들은 ability의 개념으로서 작용하지만 공학설계 능력은 이러한 능력들의 총체이자 의사결정과정의 흐름 속에서 잠재적으로 지닌 능력까지도 의미한다. 따라서 공학설계 능력은 이미 지니고 있는 능력의 측정의 관점이 아닌 과정에서 발휘되는 요소와 잠재적인 역량의 관점에서 연구되어야 한다. 이에 Kim et al.(2019)는 공학설계 역량 검사 도구를 개발하였으며, 이를 활용하여 다양한 공학설계 활동들이 공학설계 역량에 미치는 효과를 검증하기 위한 노력을 수행하였다.

종합설계 활동에 해당하는 Capstone Design 교과목은 대학생들이 교육 과정에서 배운 지식, 역량을 활용하여 한 학기 또는 두 학기에 걸쳐 팀을 구성하여 협력적으로 문제를 해결하고 보고서를 작성하며, 산출물의 결과를 발표하는 팀 프로젝트 기반으로 운영된다. 공과대학 위주로 진행되던 Capstone Design 교과목은 다양한 전공 학생들로 구성된 융복합 팀을 기반으로 대학 차원에서 운영되는 방식으로 변화하고 있다. 이러한 Capstone Design 교과목은 팀 구성원 혹은 팀의 리더로서 필요한 기술과 특성을 인지하게 되고, 사회의 구성원으로 되었을 때 지식으로 습득하였던 이론을 적용하여 실제적 문제를 해결할 수 있는 능력을 함양하게 되고, 기업(산업체)에서 필요한 리더십, 팀워크, 대인관계, 의사소통, 상호작용 능력을 습득할 수 있으므로(신수민, 2018) 그 중요성이 높아지고 있다. 융복합 Capstone Design 교과목이 공학 전공 학생을 비롯한 다양한 전공 학생들을 대상으로 진행되지만, 이 교과목의 본래 목표는 여전히 공학적 활동에 근거를 두고 있음은 부정할 수 없다. 교과목 내에서 이루어지는 다양한 활동들은 창의적 과제, 사회문제해결형 과제, 산업연계형 과제 등을 기반으로 수행되며, 이는 궁극적으로 공학적 설계와 관련된 다양한 능력들을 습득하고 향상시키기 위한 목적을 가지고 있다.

Capstone Design 교육의 효과에 관한 선행연구는 Capstone Design 교육을 실행하였을 때 능력, 역량에 주는 영향 연구(이희원 외, 2010; 김홍규, 2016; 김인영, 2017; 양황규, 2019; 민혜영·김지영, 2020), 학습만족도, 성취도와 같은 인식에 영향을 주는 연구(이태식 외, 2009; 노영희, 2015; 전영미, 2018), Capstone Design 교육과 관련된 동향, 메타분석 연구(허미선·이정민, 2021), Capstone Design의 운영 모델, 수업 모형 관련 연구(차유미·김인경, 2016; 경중수·최창하, 2018; 최광학·강재관, 2019) 등과 같이 다양한 분야에서 실시되었다.

Capstone Design 교과목은 추진형태, 과제유형에 따라서 다양한 형태로 운영되어지고 있다. 추진형태별로 단일 학과 내에서 팀을 구성하여 전공 관련 주제의 과제를 수행하는 개별 전공

형태, 단과대학 내 학과 간, 타 단과대학 학과 간 융합으로 팀을 구성하여 과제를 수행하는 학제 간 융합형으로 구분되어질 수 있다. 과제 유형에 따라서는 창의형, 산업연계형, 사회문제해결형, 기업연계형, 창업연계형 등 다양한 형태로 구분되어질 수 있다. 이러한 유형의 구분에 따라서 프로그램의 목적, 운영 방식, 활동, 성과물 등이 달라지기 때문에 Capstone Design 활동에 대한 연구를 진행할 때는 유형의 구분을 명확히 하는 것이 중요하다.

대학교의 Capstone Design 교과목과 관련된 연구는 대부분 공학 전공의 학생들을 대상으로 이루어졌다(노영희, 2015). 그러나 융복합의 중요성이 커져가고 있는 만큼 공학계열 뿐만 아니라 다양한 전공지식을 융합하고 팀워크를 발휘할 수 있는 다학제 간 캡스톤 디자인 형태의 필요성이 증가하고 있다(이태식 외, 2009). 태진미 외(2017)의 연구에서 전공계열별 인식조사를 수행한 결과 비공학계열 학생들 역시 진로를 다각도로 모색하고 개발하기 위한 목적으로 Capstone Design 교과목에 대한 요구가 높은 것으로 나타났다. 이에 반해 Capstone Design 교과목에 대한 직접적인 관심, 인식은 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과에 대해 태진미 외(2017)는 전공별 요구의 차이를 고려하여 Capstone Design 교과목 설계가 요구된다고 주장하였다. 윤석범·장은영(2014)은 다학제 간 캡스톤 디자인 수업을 진행하기 위해 범용적인 전공지식을 활용한 모델을 연구하였다. 연구 결과 다학제 학생들은 학문적 교류에 대한 만족과 능력 개발에서의 효과를 매우 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났다. 그러나 기초적인 과제에 대한 내용은 공학계열 지식을 중심으로 구성되어 연구가 수행될 수밖에 없다는 한계점이 있었다. 사회적 필요성에 의해 Capstone Design 교과목은 점차 다학제 간 융합을 통해 이루어지는 방식이 증가할 것으로 보이는 만큼 공학, 비공학 전공에 대한 충분한 고려를 통한 Capstone Design 교과목 설계가 이루어져야할 필요가 있다. 이를 위해서는 공학, 비공학 전공 학생들에게 Capstone Design 활동이 미치는 영향에 대해 분석할 필요가 있다.

따라서 이 연구에서는 융복합 Capstone Design 교과목이 공학설계 역량 향상에 미치는 영향을 구체적으로 확인하고자 한다.

2. 연구의 목표

이 연구의 목적은 융복합 Capstone Design 활동의 교육적 효과를 분석하는 것이다. 이를 위하여 다양한 전공의 학생들이 팀을 이루어 활동하는 융복합 Capstone Design 교과목에서 교과목 이수 전과 후의 공학설계 역량 차이를 분석하여 융복합 Capstone Design 활동이 공학설계 역량에 미치는 효과를 분석하였다. 연구 목적을 달성하기 위한 연구 내용은 다음과 같다.

첫째, 성별에 따른 사전, 사후 공학설계 역량 차이를 분석한다.
둘째, Capstone Design 활동 유형에 따른 사전, 사후 공학설계 역량 차이를 분석한다.

셋째, 공학 전공, 비공학 전공에 따른 사전, 사후 공학설계 역량 차이를 분석한다.

넷째, 전체 학생들의 사전, 사후 공학설계 역량 차이를 분석한다.

II. 이론적 배경

1. 캡스톤 디자인(Capstone Design)

캡스톤 디자인(Capstone Design)은 지식의 통합, 경험, 실제적 문제해결에 대한 중요성이 강조되면서 학교교육과 산업현장이 융합된 교육방법으로 주목받고 있다. Capstone Design은 학생들이 팀을 구성하여 최종 산출물을 만들어내는 일련의 팀 기반 프로젝트 학습이다(김인숙·김동철, 2013). Capstone Design의 구성 요소는 산업계와의 연계성, 팀 기반 학습, 창의성 기반 설계 학습, 제작 과정을 포함하는 결과물 도출 등과 같이 다양하며 구성 요소들 간 연관성이 높다(신창범·권오성, 2014). 도입 초반에는 공학계열의 학과들에 중심으로 교과목이 개설되어 운영되었으나 최근 각 대학에서는 융합적 역량과 현장경험을 중요시하면서 Capstone Design 교육에 대한 관심이 높아지고 있다(허미선·이정민, 2021).

Capstone Design 교육은 주로 대학에서 이루어지고 있으며 지식과 정보의 습득뿐만 아니라 산학협력을 통한 문제 해결, 적용, 응용 및 결과물 제작 등을 경험하게 된다. 이러한 활동은 팀 단위로 이루어지게 되어 산업현장의 구성원으로 활약하기 전에 학교 교육을 통해 배운 이론을 적용하여 현실의 문제를 해결하는 과정을 거친다. 이 과정에서 학생들은 리더십, 팀워크, 의사소통, 지식활용능력 등의 다양한 능력을 습득, 향상 시키는 기회를 가질 수 있다(신수민, 2018).

2. 공학설계 역량

공학설계는 다양한 관점에서 공학 활동의 중요 요소로서 인식되고 있다. 일반적으로 공학설계는 요구자의 구체적인 조건을 충족할 수 있도록 결과물을 만들기 위해 시스템, 제작과정 등을 고안하는 일련의 과정으로 정의되어 진다(ABET, 1997). 공학설계 역량은 공학설계를 성공적으로 수행하는데 필요한 다양한 능력 또는 특성, 기능, 잠재력 등을 모두 포함하는 개념이다(한국기업교육학회, 2010). 공학설계 역량은 제품을 만들어내는 공학설계의 과정 속에서 작용하기 때문에 단순히 결과물

의 질보다 제품을 제작하는 과정에서 복합적으로 나타나는 요소들 하나하나를 세부적으로 살펴봐야한다. 따라서 공학설계 활동을 수행하는 과정에서의 요소들은 서로 상호보완적인 관계로 나타날 수 있다(차성운 외, 2007). 우수한 공학자로서 갖추어야할 공학설계 역량은 공학설계의 다양한 과정을 성공적으로 수행할 수 있어야하며 바람직한 성과 보다 그 성과를 만들어내는 방법을 알아내는 것이야말로 우수한 공학자가 갖추어야할 필수적인 특성이다.

III. 연구 방법

1. 융복합 Capstone Design

융복합 Capstone Design 교과목은 학생, 교수 및 학교, 산업체 및 지역사회와의 협업을 중심으로 설계되었다. 융복합 Capstone Design 활동은 창의력과 실무에 강한 인재의 양성, 산업체와 사회가 필요로 하는 제품 및 기술 개발, 상업화 가능한 지식재산권 확보로 기술 이전 및 창업을 이끌어내는 달성 목표를 지니고 운영되었다. 융복합 Capstone Design의 경우 과제 유형에 따라 창의형, 산업연계형, 사회문제해결형으로 구분된다. 창의형 과제는 학생의 자발적 아이디어나 교수가 제안한 주제를 창의적으로 수행하는 과제, 산업연계형 과제는 산업체의 애로사항을 해결하는 과제로 산업체에서 멘토링에 참여하여 산업체에 도움을 주는 과제, 사회문제해결형 과제는 사회나 지역사회 문제 해결을 위해 문제를 발굴하고 지역민, 지역전문가와 협력하는 과제를 의미한다.

Table 1 Role of Convergence Capstone Design Activities Steps

수행 단계	학생	교수/학교	지역사회
기획	- 수감신청 - 주제조사 - 팀구성	- 교과목 설강 - 주제조사 - 팀 구성 지도	- 아이디어 제공
수행	- 문제해결 - 선행기술조사	- 교육 (창의력-TRIZ, 특허, 창업) - 과제 수행 지도, 진도관리 - Capstone Design 활동 수행공간, 설비 지원	- 전문가의 과제 수행 멘토 - 작품 제작 공간 및 설비 제공 (지자체 혁신 센터, 관련회사)
성과품	- 성과품 제출 - 특허출원	- 특허 출원 지원 (변리사, 지원금) - 창업 동아리, 창업지도	
사업화	- 기술이전 - 발명양도 - 창업동아리 구성 - 창업 / 취업	- 경진대회, 옥션 개최 - 기술이전 지도, 연결 - 창업동아리 멘토 - 창업 멘토(마케팅 등)	- 경진대회, 옥션참여 협조 - 기술이전 참여 - 창업, 취업기회 제공

구체적으로 다양한 전공의 학생들을 대상으로 팀당 3~5인으로 구성하고, 12주간 기획, 수행, 성과품, 사업화의 4가지 수행 단계를 설정하여 활동을 진행하였다. 각 수행 단계별로 학생, 교수/학교, 지역사회의 역할에 대한 자세한 내용은 다음 Table 1과 같다. 각 수행 단계는 명칭에 따라 고정되어 있는 역할로 수행되지 않고 아이디어 발굴-아이디어 검증-산업체 연계-사회공헌, 지역사회 공헌 아이템 발굴-아이디어 검증-사회적 가치확산-교육자료 활용 등과 같이 Capstone Design 과제에 따라 유동적인 형태로 구성되어 운영되었다.

2. 조사 연구

가. 조사 대상

융복합 Capstone Design 팀 구성원의 개별적 특성 및 공학설계 역량에 대한 자료를 수집하고 배경변인 별, 사전사후 차이를 분석하기 위해 실험 참가자에 대한 조사 연구를 실시하였다. 조사 대상은 C대학 융복합 Capstone Design 교과목 수강자들로 조사 대상에 대한 배경변인 별 자세한 내용은 다음 Table 2와 같다.

Table 2 Distribution by Background Variables

	구분	사전	사후
성별	남자	166	163
	여자	77	81
	전체	243	244
Capstone Design 활동 유형	산업연계형	90	88
	창의형	115	117
	사회문제해결형	39	40
	전체	244	245
전공 대분류	공과대학	144	147
	경상대학	6	8
	농업생명과학대학	70	67
	인문대학	1	1
	사회과학대학	7	7
	생물과학대학	4	4
	자연과학대학	6	5
	사범대학	6	6
	전체	244	245

나. 조사 도구

실험 참가자들의 공학설계 역량을 검사하기 위하여 김태훈 외(2020)의 공학설계 역량 검사 도구를 활용하였다. 설문지는 6개 영역의 40개 문항과 여과문항 2문항을 포함해 총 42문항으로 이루어져 있으며 리커트 6점 척도를 사용하고 있다.

다. 신뢰도 분석

설문 도구에 대한 신뢰도 분석 결과 문항 내적 일치도 계수(Cronbach's α)값은 다음 Table 3과 같이 나타났다. 전체적으로 .70 이상의 값이 나왔기 때문에 충분한 신뢰도 크기를 충족하였다(Murphy & Davidshofer, 1988).

Table 3 Cronbach's Alpha Values by Factor

영역	문항 수	Cronbach's α
설계 수행 역량	12	.924
경제·사회적 영향 고려 역량	8	.881
수학·과학적 지식 역량	6	.893
팀워크 역량	6	.878
설계 중심 사고 역량	4	.794
자료 수집과 활용 역량	4	.787

라. 사전사후검사

융복합 Capstone Design 교과목이 공학설계 역량 향상에 미치는 효과를 분석하기 위하여 융복합 Capstone Design 교과목을 이수하는 재학생(공과대학생, 인문대학생, 사범대학생, 자연과학대학생, 예술대학생, 경영 및 경제 대학생 등) 3~5명으로 구성된 팀을 구성하였다. Capstone Design 활동은 산업연계형, 사회문제해결형, 창의형의 세 가지 유형으로 구분할 수 있으며, 난이도를 고려한 다양한 수준의 과제를 수행하였다. 각 팀의 활동 과제는 문제를 직접적으로 제시하지 않으며 문제 상황을 제시하여 팀 수준에서 문제를 인식하도록 유도하는 형태로 구성하였다. 사전사후 검사가 이루어진 절차에 대해서는 다음과 같다.

- 1) 사전 검사 : 융복합 Capstone Design 교과목 이수 초기에 수강생을 대상으로 공학설계 역량 수준에 대한 검사를 실시한다.
- 2) Capstone Design 교과목 운영 : 12주에 걸쳐 산업 연계형, 사회문제 해결형, 창의형의 Capstone Design 과제를 부여하고 설계 활동을 수행한다.
- 3) 사후 검사 : 융복합 Capstone Design 교과목 종료 시기에 수강생을 대상으로 공학설계 역량 수준에 대한 검사를 실시한다.

마. 자료 분석

이 연구의 수집된 자료는 SPSS 26.0 통계 프로그램을 사용하였으며, Capstone Design 교과목 수강 전과 후의 차이를 비교하기 위해 빈도, t-검정 등의 기술 통계를 실시하였다.

IV. 연구 결과

1. 성별에 따른 공학설계 역량 차이 분석

융복합 Capstone Design 교과목 이수전과 후 학생들의 성별에 따른 공학설계 역량 수준의 차이를 분석하였다.

가. 남자의 사전사후 공학설계 역량 차이 분석
남자의 분석 결과는 다음 Table 4와 같다.

Table 4 Differences in Before-After Engineering Design Competency of Men

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
설계 수행 역량	사전	166	50.31	8.29	-4.168	.000***
	사후	163	54.11	8.22		
경제, 사회적 영향 고려 역량	사전	166	32.38	5.81	-3.922	.000***
	사후	163	34.91	5.88		
수학, 과학적 지식 활용 역량	사전	166	24.33	4.76	-3.777	.000***
	사후	163	26.29	4.63		
팀워크 역량	사전	166	26.35	4.34	-2.290	.023*
	사후	163	27.47	4.50		
설계 중심 사고 역량	사전	166	16.87	2.80	-3.887	.000***
	사후	163	18.07	2.82		
자료 수집과 활용 역량	사전	166	16.74	3.14	-3.107	.002**
	사후	163	17.80	3.05		
공학설계 역량	사전	166	167.01	25.35	-4.083	.000***
	사후	163	178.68	26.48		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

분석 결과 남자의 공학설계 역량은 모든 영역에서 사전보다 사후가 유의하게 높은 것으로 나타났다.

나. 여자의 사전사후 공학설계 역량 차이 분석
여자의 분석 결과는 다음 Table 5와 같다.

Table 5 Differences in Before-After Engineering Design Competency of Women

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
설계 수행 역량	사전	77	49.76	8.63	-3.133	.002**
	사후	81	54.13	8.87		
경제, 사회적 영향 고려 역량	사전	77	31.92	5.43	-3.603	.000***
	사후	81	35.24	6.12		

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
수학, 과학적 지식 활용 역량	사전	77	24.35	4.80	-5.01	.617
	사후	81	24.77	5.82		
팀워크 역량	사전	77	25.89	4.52	-2.476	.014*
	사후	81	27.72	4.76		
설계 중심 사고 역량	사전	77	17.33	2.81	-1.981	.049*
	사후	81	18.23	2.86		
자료 수집과 활용 역량	사전	77	16.15	3.66	-3.686	.000***
	사후	81	18.18	3.24		
공학설계 역량	사전	77	165.42	26.18	-2.971	.003**
	사후	81	178.30	28.20		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

분석 결과 여자의 공학설계 역량은 수학, 과학적 역량 영역을 제외한 모든 영역에서 사전보다 사후가 유의하게 높은 것으로 나타났다.

2. Capstone Design 활동 유형에 따른 공학설계 역량 차이 분석

융복합 Capstone Design 교과목 이수전과 후 응답자들이 참여한 Capstone Design 활동 유형에 따른 공학설계 역량 수준의 차이를 분석하였다.

가. 산업연계형 참가자의 사전사후 공학설계 역량 차이 분석

산업연계형의 분석 결과는 다음 Table 6과 같다.

Table 6 Differences in before-after Engineering Design Competency of Industrial-Linked Participants

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
설계 수행 역량	사전	90	50.73	8.20	-3.499	.001**
	사후	88	55.12	8.54		
경제, 사회적 영향 고려 역량	사전	90	31.55	5.37	-4.357	.000***
	사후	88	35.44	6.46		
수학, 과학적 지식 활용 역량	사전	90	23.72	5.06	-3.619	.000***
	사후	88	26.48	5.13		
팀워크 역량	사전	90	26.85	4.27	-1.720	.087
	사후	88	28.01	4.68		
설계 중심 사고 역량	사전	90	17.36	2.59	-2.479	.014**
	사후	88	18.37	2.82		

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
자료 수집과 활용 역량	사전	90	16.83	3.27	-2.930	.004**
	사후	88	18.25	3.17		
공학설계 역량	사전	90	167.06	24.73	-3.660	.000***
	사후	88	181.69	28.49		

p<.01, *p<.001

분석 결과 산업연계형 참가 학생의 공학설계 역량은 팀워크 역량을 제외한 모든 영역에서 사전보다 사후가 유의하게 높은 것으로 나타났다.

나. 창의형 참가자의 사전사후 공학설계 역량 차이 분석
창의형의 분석 결과는 다음 Table 7과 같다.

Table 7 Differences in before–after Engineering Design Competency of Creative Participants

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
설계 수행 역량	사전	115	50.93	7.58	-3.149	.002**
	사후	117	54.16	7.99		
경제, 사회적 영향 고려 역량	사전	115	32.80	5.59	-3.088	.002**
	사후	117	35.00	5.25		
수학, 과학적 지식 활용 역량	사전	115	24.47	4.51	-2.823	.005**
	사후	117	26.10	4.24		
팀워크 역량	사전	115	26.28	4.16	-1.961	.051
	사후	117	27.38	4.35		
설계 중심 사고 역량	사전	115	17.01	2.82	-2.920	.004**
	사후	117	18.08	2.74		
자료 수집과 활용 역량	사전	115	17.02	2.82	-2.027	.044*
	사후	117	17.79	2.94		
공학설계 역량	사전	115	168.54	24.40	-3.103	.002**
	사후	117	178.52	24.58		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

분석 결과 창의형 참가 학생의 공학설계 역량은 팀워크 역량을 제외한 모든 영역에서 사전보다 사후가 유의하게 높은 것으로 나타났다.

다. 사회문제해결형 참가자의 사전사후 공학설계 역량 차이 분석
사회문제해결형 사전, 사후 차이는 다음 Table 8과 같다.

Table 8 Differences in before–after Engineering Design Competency of Social Problem Solving Participants

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
설계 수행 역량	사전	39	46.94	10.80	-2.076	.041*
	사후	40	51.60	9.06		
경제, 사회적 영향 고려 역량	사전	39	32.41	6.70	-1.124	.265
	사후	40	34.10	6.66		
수학, 과학적 지식 활용 역량	사전	39	25.58	4.77	1.859	.067
	사후	40	23.20	6.50		
팀워크 역량	사전	39	24.71	5.22	-2.059	.043*
	사후	40	27.07	4.95		
설계 중심 사고 역량	사전	39	16.35	3.22	-1.807	.075
	사후	40	17.65	3.12		
자료 수집과 활용 역량	사전	39	14.74	4.30	-3.313	.001**
	사후	40	17.65	3.46		
공학설계 역량	사전	39	160.76	31.56	-1.530	.130
	사후	40	171.27	29.46		

*p<.05, **p<.01

분석 결과 사회문제해결형 참가 학생의 공학설계 역량은 설계 수행 역량, 팀워크 역량, 자료 수집과 활용 역량 영역에서 사전보다 사후가 유의하게 높은 것으로 나타났다.

3. 공학 전공, 비공학 전공에 따른 공학설계 역량 차이 분석

가. 공학 전공 학생들의 사전사후 공학설계 역량 차이 분석
융복합 Capstone Design 교과목 이수전과 후 공학전공 학생들의 공학설계 역량 수준 차이를 분석하였다. 분석 결과는 다음 Table 9와 같다.

Table 9 Differences in before–after Engineering Design Competency of Engineering Major Students

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
설계 수행 역량	사전	144	51.25	8.43	-3.484	.001**
	사후	147	54.59	7.88		
경제, 사회적 영향 고려 역량	사전	144	33.05	5.75	-2.771	.006**
	사후	147	34.91	5.67		
수학, 과학적 지식 활용 역량	사전	144	24.97	4.47	-3.246	.001**
	사후	147	26.67	4.47		

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
팀워크 역량	사전	144	26.89	4.27	-1.875	.062
	사후	147	27.83	4.28		
설계 중심 사고 역량	사전	144	17.25	2.82	-2.901	.004**
	사후	147	18.19	2.70		
자료 수집과 활용 역량	사전	144	16.97	3.12	-2.739	.007**
	사후	147	17.95	2.93		
공학설계 역량	사전	144	170.40	25.28	-3.297	.001**
	사후	147	180.15	25.14		

**p<.01

분석 결과 공학전공 학생들의 공학설계 역량은 팀워크 역량 영역을 제외한 모든 영역에서 사전보다 사후가 공학설계 역량이 유의하게 높은 것으로 나타났다.

나. 비공학 전공 학생들의 사전사후 공학설계 역량 차이 분석
융복합 Capstone Design 교과목 이수전과 후 비공학전공 학생들의 공학설계 역량 수준 차이를 분석하였다. 분석 결과는 다음 Table 10과 같다.

Table 10 Differences in before–after Engineering Design Competency of Non-Engineering Major Students

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
설계 수행 역량	사전	100	48.74	8.37	-3.688	.000***
	사후	98	53.33	9.15		
경제, 사회적 영향 고려 역량	사전	100	31.16	5.48	-4.747	.000***
	사후	98	35.16	6.35		
수학, 과학적 지식 활용 역량	사전	100	23.52	5.11	-1.156	.249
	사후	98	24.40	5.68		
팀워크 역량	사전	100	25.31	4.49	-2.725	.007**
	사후	98	27.14	4.95		
설계 중심 사고 역량	사전	100	16.74	2.80	-3.059	.003**
	사후	98	18.01	3.03		
자료 수집과 활용 역량	사전	100	16.03	3.59	-3.786	.000***
	사후	98	17.90	3.38		
공학설계 역량	사전	100	161.50	25.79	-3.678	.000***
	사후	98	175.96	29.47		

p<.01, *p<.001

분석 결과 비공학전공 학생들의 공학설계 역량은 수학, 과학적 역량 영역을 제외한 모든 영역에서 사전보다 사후가 공학설계 역량이 유의하게 높은 것으로 나타났다.

4. 전체 학생들의 융복합 Capstone Design 활동이 공학설계 역량에 미치는 효과 분석

가. 전체 학생들의 공학설계 역량 차이

융복합 Capstone Design 교과목 이수전과 후 전체 학생들의 공학설계 역량 수준 차이를 분석하였다. 분석 결과는 다음 Table 11과 같다.

Table 11 Differences in before–after Engineering Design Competency of All Participants

구분	사전 사후	N	평균	표준 편차	t	p
설계 수행 역량	사전	244	50.22	8.48	-5.055	.000***
	사후	245	54.08	8.42		
경제, 사회적 영향 고려 역량	사전	244	32.27	5.71	-5.185	.000***
	사후	245	35.01	5.94		
수학, 과학적 지식 활용 역량	사전	244	24.37	4.78	-3.106	.002**
	사후	245	25.76	5.10		
팀워크 역량	사전	244	26.24	4.42	-3.227	.001**
	사후	245	27.55	4.57		
설계 중심 사고 역량	사전	244	17.04	2.82	-4.210	.000***
	사후	245	18.11	2.83		
자료 수집과 활용 역량	사전	244	16.59	3.34	-4.597	.000***
	사후	245	17.93	3.11		
공학설계 역량	사전	244	166.75	25.81	-4.909	.000***
	사후	245	178.48	26.97		

p<.01, *p<.001

분석 결과 전체 학생들의 공학설계 역량은 모든 영역에서 사전보다 사후가 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 융복합 Capstone Design 교육이 공학설계 역량 향상에 큰 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다.

V. 논의 및 결론

1. 결론

이 연구에서는 융복합 Capstone Design 활동의 교육적 효과를 분석하기 위하여 다양한 전공의 학생들이 팀을 이루어 활동을 하는 융복합 Capstone Design 교과목에서 이수 전과 후의 공학설계 역량 정도를 분석하여 Capstone Design 활동이 공학설계 역량에 미치는 효과를 분석하였다. 이에 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 연구 결과에 나타난 것과 같이 배경 변인에 따라 분석

한 결과 수학, 과학적 지식 활용 역량, 팀워크 역량 등의 일부 역량 영역에서 유의한 차이가 나타나지 않는 부분들이 있었지만 전체적으로 사전보다 사후에 공학설계 역량이 향상된 결과가 나타났다. 특히 전체 학생들의 공학설계 역량이 융복합 Capstone Design 교과목 이수 전보다 후에 모든 영역에서 유의하게 높게 나타났다. 이 연구의 결과와 유사한 선행 연구로 김지숙·최희정(2018)의 연구 결과 Capstone Design 프로그램 참여 후 문제해결능력과 비판적사고가 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 이 연구의 공학설계 역량은 과제를 해결하는 모든 과정을 내포하기 때문에 과제를 해결하는 과정에서 발휘되는 문제해결능력이 내포되어 있는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과를 토대로 융복합 Capstone Design 교과목 이수가 공학설계 역량 향상에 긍정적인 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다.

둘째, 수학, 과학적 역량과 팀워크 역량의 경우 일부 영역에서 사전, 사후의 차이가 유의하지 않게 나타났다. 이는 Capstone Design 교과목 이수가 다른 역량 영역에 미치는 영향보다 수학, 과학적 역량과 팀워크 역량에 미치는 영향이 상대적으로 적은 것으로 해석할 수 있다. 차후 Capstone Design 활동에서 두 역량이 향상될 수 있도록 교육내용을 구성해야 한다는 시사점을 얻을 수 있었다. 향후 Capstone Design 교과목에 대한 교육내용 개발에 있어서 팀 활동 내에서 팀워크 역량을 향상시킬 수 있는 과정을 추가로 설정하고 과제를 해결하는 과정에서 단순히 찾아보는 것이 아닌 직접적인 수학, 과학적 지식을 검증하고 과제 해결을 위해 적용해볼 수 있도록 유도할 필요가 있다.

장남경(2015)의 연구에서는 산학협동 Capstone Design을 통한 패션디자인 교육을 경험한 학생들은 분석적이고 논리적인 문제해결 접근방식을 보였으며 창의력, 발표능력, 팀워크, 시간 관리 등이 강화되고 개발된 것으로 나타났다. 이 연구결과에서는 사회문제해결형의 경우 팀워크 역량에 유의한 차이가 나타나 유사한 결과로 나타났지만 산업연계형, 창의형 참가자들에게서는 팀워크 역량이 유의한 차이가 나타나지 않아 반대되는 결과가 나타났다. 창의형의 경우 참가자들이 과제를 개발하고 산업연계형은 산업체의 애로사항을 해결하는 과제를 수행하기 때문에 기존의 Capstone Design 교육에서 수행하는 팀워크를 고려하여 개발된 과제가 아니었기에 나타날 수 있는 차이라고 해석할 수 있다. 과제 유형에 따른 분류에서 차이가 나타났기 때문에 Capstone Design 교육을 설계할 때는 팀워크 역량의 향상에 대한 고려를 통한 과제 개발이 필요한 것으로 보인다. 창의형, 산업연계형과 같이 참가자가 개발하거나 산업체의 애로사항을 해결하는 경우에도 교수자의 검수 또는 멘토의 적절

한 개입을 통해 참가자들 간 팀워크 역량을 발휘할 수 있는 기회를 제공하는 것이 적절할 것이다.

셋째, 본 연구 결과의 공학설계 역량 수치는 조한진 외(2020)의 표준화 연구에서 나타난 백분위와 비교하면 50~75에 해당하는 점수가 나타났다. 앞서 첫째에서 밝혔듯 본 연구 결과 참가자들의 공학설계 역량은 모두 향상 되었으나 향상정도가 기존의 백분위 수치가 75를 넘을 정도로 향상되지는 않았다. 이러한 향상 정도역시 후속 연구로서 Capstone Design 활동 유형, 과제 등의 배경변인에 따라서 어느 정도로 나타나는지 효과성 검증을 진행할 필요가 있다. 또한 실험 설계 전 공학설계 역량과 관련된 요소뿐만 아니라 집단별 팀 구성으로 진행되는 등의 다양한 검증을 통해 더 효과적인 Capstone Design 활동이 이루어질 수 있도록 해야 한다.

2. 제언

이 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 연구의 대상이 일부지역의 대학교 학생들로 한정되었기 때문에 결과를 일반화하여 해석하기에는 어려움이 있다. 차후 후속연구는 전국 단위로 충분한 표본 수를 확보할 수 있는 연구로 진행하여야 한다. 무작정 표본 수가 늘어나기보다는 이 연구의 결과와 같이 배경변인 중 유의미한 차이가 있었던 부분들에 집중하여 표본의 비율을 맞춰 설계할 필요가 있다.

둘째, 이 연구는 대학교 교과목을 활용하여 진행하였기에 Capstone Design 활동이 진행되는 동안 다른 변인들에 대한 통제가 다소 미흡한 형태로 진행되었을 수 있다. 모든 변인을 통제한다는 것은 사회과학 분야에서 어려운 일임에는 분명하다. 교과목을 활용하지 않은 실험 대상을 섭외하여 다양한 변인들을 통제하여 연구를 진행할수록 공학설계 역량에 대한 고찰은 풍부해질 것이다.

셋째, 연구 결과에서 유의미한 차이가 가장 많이 나타나지 않았던 수학, 과학적 지식 활용 역량과 팀워크 역량의 경우 세부 요인에 대한 검토 및 강화할 수 있는 방안에 대한 후속연구가 필요하다. 융복합 Capstone Design 활동 내에서 전공지식에 대한 활용도가 높아질 수 있도록 과제를 구성하거나 팀 구성, 교수자의 도움 등을 통해 활동을 개선해나갈 필요가 있다. 또한 팀 활동으로 진행되지만 팀워크 역량이 실질적으로 향상되지 않았다는 점도 주목해야 한다. 융복합 Capstone Design 활동은 모든 과정이 팀을 통해서 이루어짐에도 불구하고 팀워크 역량에 대한 향상이 동반되지 않는다. 팀 활동 내에서도 팀원들이 협동 능력, 의사소통능력 등을 활용할 수 있는 방안의 마련이 필요하다.

참고문헌

- 강소연 외(2005). 공학교육에서의 PBL 수업의 효과 연구. *공학교육연구*, 8(2), 24-34.
- 경중수·최창하(2018). 아이디어박스를 활용한 기술인문융합형 캡스톤디자인 모형개발. *공학교육연구*, 21(6), 35-43.
- 김인숙·김동철(2013). 종합설계 교과목의 교수-학습 결과 분석. *공학교육연구*, 16(2), 31-36.
- 김인영(2017). 캡스톤 디자인 교육과정을 적용한 영작문 수업 모델의 개발. *학습자중심교과교육연구*, 17(15), 443-466.
- 김지숙·최희정(2018). 캡스톤디자인 프로그램이 간호학생의 창의적리더십, 문제해결능력, 비판적사고 성향에 미치는 효과. *한국콘텐츠학회논문지*, 18(4), 406-415.
- 김태훈(2015). 전문가 인식 조사에 의한 공학설계 능력의 정의 및 하위 영역과 요소 도출. *공학교육연구*, 18(3), 24-32.
- 김태훈·이소이·노태천(2005). 공학설계능력의 평가 요소 구명. *공학교육연구*, 8(3), 49-56.
- 김태훈·조한진·강문주(2020). 자기 보고서 공학설계 역량 검사 도구 개발. *공학교육연구*, 23(1), 37-46.
- 김홍규(2016). 캡스톤디자인 교육을 활용한 디자인상품 개발. *디지털디자인학연구*, 16(4), 124-135.
- 남지연(2020). 융합 캡스톤디자인 프로젝트 경험에 대한 현상학적 연구. *학습자중심교과교육연구*, 20(2), 801-818.
- 노영희(2015). 문헌정보학 캡스톤디자인 교육과정 운영과 학습만족도 측정연구. *한국도서관정보학회지*, 46(3), 89-118.
- 민혜영·김지영(2020). 캡스톤 디자인 간호연구 수업의 팀워크 역량과 팀활동 경험. *한국산학기술학회논문지*, 21(1), 705-716.
- 박세호(2012). 창의적 문제해결 기법을 활용한 공학입문설계 교육내용 모형 연구. 박사학위논문. 한국해양대학교.
- 박신영 외(2018). 공과대학생의 창의공학설계능력 교육요구도 분석. *공학교육연구*, 21(2), 7-16.
- 백운수 외(2006). 대학 신입생 공학설계과목을 통한 창의성 교육의 성과. *공학교육연구*, 9(2), 1-16.
- 손화철(2011). 공학설계와 기술철학. *철학연구*, 94, 107-136.
- 신선희(2009). 공학교육에서의 개념학습을 위한 탐구활동 지원 도구 설계연구. 박사학위논문, 한양대학교.
- 신수민(2018). 공과대학 캡스톤 디자인 학습에서 개인이 인지하는 팀 효능감, 의사소통, 학습 성과에 대한 팀 몰입의 매개효과. 석사학위논문. 이화여자대학교 대학원.
- 신창범·권오성(2014). 캡스톤 디자인의 디자인 교육 응용 사례연구. *디지털디자인학연구*, 14(1), 33-42.
- 양황규(2019). 캡스톤 디자인 수업이 창의적 활동에 미치는 영향에 대한 연구. *수산해양교육연구*, 31(5), 1276-1284.
- 유경현(2020). 6-sigma 방법론을 적용한 종합설계 교육모델 개발. *공학교육연구*, 23(4), 28-36.
- 유은정 외(2021). CE-PBL을 적용한 캡스톤디자인 교과목 비
대면 수업에서의 대학생 경험 분석. *학습자중심교과교육연구*, 21(9), 29-47.
- 윤석범·장은영(2014). 한국다학제간 캡스톤디자인에 마이크로 콘트롤러 보드의 적용. *디지털융복합연구*, 12(2), 531-537.
- 이영태·정재원(2021). 공학설계의 교수-학습적 개념 고찰. *공학교육연구*, 24(3), 3-10.
- 이태식 외(2009). 공과대학 캡스톤 디자인(창의적 공학설계) 교육과정 운영실태 및 학습 만족도 조사. *공학교육연구*, 12(2), 36-50.
- 이희원 외(2010). 캡스톤디자인 교과목 기반의 프로그램 학습 성과 평가 연구. *공학교육연구* 13(6), 1-9.
- 장남경(2015). 산학협동 캡스톤 디자인을 통한 패션디자인 교육 -지속가능한 패션을 중심으로-. *한국패션디자인학회지*, 15(1), 1-14.
- 장용철·김건국·김민철(2013). 창의설계입문의 PBL 적용: 충남대학교 환경공학분야 사례. *공학교육연구*, 16(2), 78-85.
- 전영미(2018). 캡스톤디자인 수업이 학생역량 및 수업만족도에 미치는 효과에 대한 사례연구. *한국콘텐츠학회논문지*, 18(3), 601-610.
- 조한진·위선복·김태훈(2020). 자기 보고서 공학설계 역량 검사 도구 표준화 연구. *공학교육연구*, 23(3), 66-75.
- 차성운 외(2007). 설계기술역량 3요소 기반의 공학설계 교육. *공학교육연구*, 10(4), 1-12.
- 차유미·김인경(2016). 패션 캡스톤디자인의 선순환 시스템 운영모델 설계 연구. *한국패션비즈니스학회*, 20(2), 165-180.
- 최광학·강재관(2019). 전략적 성과 창출을 위한 캡스톤디자인 운영모델 개발. *공학교육연구*, 22(4), 71-77.
- 최유현(2005). 창의적 공학교육을 위한 문제중심학습(PBL)의 모형과 절차의 탐색. *공학교육연구*, 8(1), 99-112.
- 태진미 외(2017). 비공학계열 대학생을 위한 캡스톤 디자인 수업에 대한 인식 및 요구. *통합교육과정연구*, 11(3), 109-130.
- 한국기업교육학회(2010). HRD 용어사전. 서울: 중앙경제.
- 한지영(2011). 공학설계교육을 통한 자기주도학습 능력 향상에 관한 연구. *공학교육연구*, 14(1), 64-73.
- 허미선·이정민(2021). 국내 캡스톤 디자인 교육의 학습효과에 관한 메타분석. *한국콘텐츠학회논문지*, 21(4), 331-346.
- Accreditation Board for Engineering and Technology(1997). *Criteria for Accrediting Programs in Engineering in the United States*. Author.
- Kim, T. et al.(2019). *The Effects of Engineering Design-Related Activities on Engineering Design Competency*. 8th Asian Conference on Engineering Education.
- Murphy, K. & Davidshofer, A.(1988). *Psychological Testing: Principles and Applications*. Prentice-Hall.
- Thompson, B, S.(1998). *Creative Engineering Design*(4th ed.). Okemos Press.



위선복 (Wee, Seonbuk)

2016년: 충남대학교 사범대학 전기·전자·통신 공학교육과 졸업

2018년: 동 대학원 공업기술교육학과 석사

2020년~현재: 동 대학원 공업기술교육학과 박사과정

관심분야: 직업교육, 공학교육, 공업교육, 발명교육

E-mail : dnitjsqhr12@gmail.com



김태훈 (Kim, Taehoon)

2007년: 충남대학교 공업교육학과 박사 졸업

2009년~현재: 충남대학교 사범대학 전기·전자·통신공학 교육과 교수

관심분야: 공학교육, 창의 설계 교육, 발명 교육, 인지 심리

E-mail : kth0423@cnu.ac.kr