

4차 산업혁명 시대 기계공학 분야 엔지니어에게 필요한 역량과 교육에 관한 델파이 연구

강소연^{*†} · 조형희^{**}

^{*}연세대학교 공학교육혁신센터 부교수

^{**}연세대학교 공과대학 기계공학과 교수

A Delphi Study on Competencies of Mechanical Engineer and Education in the era of the Fourth Industrial Revolution

Kang, So Yeon^{*†} · Cho, Hyung Hee^{**}

^{*}Associate Professor, Center for the Innovation of Engineering Education, Yonsei University

^{**}Professor, Department of Mechanical Engineering, Yonsei University

ABSTRACT

In the era of the fourth industrial revolution, the world is undergoing rapid social change. The purpose of this study is to predict the expected changes and necessary competencies and desired curriculum and teaching methods in the field of mechanical engineering in the near future. The research method was a Delphi study. It was conducted three times with 20 mechanical engineering experts. The results of the study are as follows: In the field of mechanical engineering, it will be increased the situational awareness by the use of measurement sensors, development of computer applications, flexibility and optimization by user's needs and mechanical equipment, and demand for robots equipped with AI. The mechanical engineer's career perspectives will be positive, but if it is stable, it will be a crisis. Therefore active response is needed. The competencies required in the field of mechanical engineering include collaborative skills, complex problem solving skills, self-directed learning skills, problem finding skills, creativity, communication skills, convergent thinking skills, and system engineering skills. The undergraduate curriculum to achieve above competencies includes four major dynamics, basic science, programming coding education, convergence education, data processing education, and cyber physical system education. Preferred mechanical engineering teaching methods include project-based learning, hands-on education, problem-based learning, team-based collaborative learning, experiment-based education, and software-assisted education. The mechanical engineering community and the government should be concerned about the education for mechanical engineers with the necessary competencies in the era of the 4th Industrial Revolution, which will make global competitiveness in the mechanical engineering fields.

Keywords: Mechanical Engineering Education, Delphi Study, Mechanical Engineering Curriculum, Future Study

1. 서 론

사회변화의 속도가 급격하고 빠르게 진행되면서 미래사회에 대한 예측가능성은 낮아지는 반면 미래에 대한 불확실성은 오히려 커지고 사회문제는 점점 더 복잡해지고 있다. 이와 같은 예측 불가능한 상황에서 엔지니어에게 요구되는 역량은 다재 다능한 문제해결 능력이다. 우리나라는 2016년에는 업무의 12.5%가 로봇과 인공지능이 담당하였으나 2025년에는

70.6%가 로봇과 인공지능으로 대체될 것으로 예측하고 있다 (한국교육학술정보원 & 국제미래학회, 2017: 29). 인공지능과 로봇 등이 점차 사람의 역할을 더 많이 대체하게 되겠지만 반복적이지 않고 복잡하고 대인관계적인 일은 결국 인간만이 제대로 할 수 있다. 미래 세계에서 성공할 수 있는 역량을 키워주는 것은 개인은 물론 국가 경쟁력 향상에 매우 중요하므로 미래 교육을 위한 빠르고 적극적인 실행이 필요하다.

19개국의 산업계, 학계, 정부 관계자 120여명이 모인 기계공학의 미래 비전(2028 Vision for Mechanical Engineering)을 정하기 위한 세계 정상 회의에서도 앞으로 20여 년 동안 필요로 하는 직업적 요구에 대응할 경쟁력 있는 기계공학자는 적응하고 변화 할 수 있어야 한다고 주장하였고 이와 같은 엔지

Received April 8, 2020; Revised May 7, 2020

Accepted May 9, 2020

† Corresponding Author: ksy1124@yonsei.ac.kr

©2020 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

니어를 배출하여야 함을 주장하였다(ASME, 2008).

그러나 우리나라 현실은 4차 산업혁명 시대 핵심인 인공지능, 빅데이터, 로봇 등의 새로운 기술을 다룰 수 있는 엔지니어가 적으며 이를 가르칠 수 있는 교육기관도 제한적이다. 사회 변화에 따른 역량을 갖춘 기계공학자를 양성하려면 기계공학 미래 일의 특성에 대한 분석을 통해 미래 예상되는 일을 효과적으로 수행할 수 있는 역량을 선정하여 이를 키울 수 있는 교육경험을 제공해 주어야 한다.

이번 연구의 목적은 4차 산업혁명 시대를 맞아 기계공학의 변화와 일의 세계를 전망하고 4차 산업혁명 시대에 요구되는 역량을 선정하여 이를 교육하는데 적합한 교육과정 개발과 교육방법을 제안하는데 있다.

II. 문헌 연구

1. 일의 세계의 변화와 공학교육의 현실

급격하게 변화하는 노동시장에 우리 공과대학 졸업생들이 성공적으로 참여하기 위해서는 기술 발전과 사업모델의 변화에 맞는 새로운 역량개발이 필요하다. 그러나 현재의 교육시스템으로는 졸업생의 기술습득과 역량이 기술발전 속도를 따라가지 못해 일자리의 수요공급의 미스매치가 발생할 가능성이 높다. 기존의 일자리가 줄어들어 개인은 점점 더 직업을 구하기 어려운 반면 산업현장에서는 미래형 직업에 필요한 역량을 갖춘 인재를 확보하는 것이 어렵다.

정보통신기술을 비롯한 기술의 급격한 발달은 인간의 삶의 근간이 되는 일의 세계 전반을 변화시키고 있으며 이에 따라 필요한 역량도 변화하고 있다. Jonson은 정보화 사회에서는 풍부한 전문지식과 학문분야별 훈련으로 직업사회에 적응할 수 있었지만, 미래에는 학습에 대한 민첩성(learning agility), 적응성(adaptability), 공감능력(empathy), 전환학적 전문성(transdisciplinary expertise)이 가치가 있을 것으로 예측하였다. 특히 그는 민첩한 마인드셋(agile mindset)을 강조하였는데 이를 위해 공감 능력, 협동하는 능력과 창의적 사고를 통한 문제해결능력, 창업가 정신 등이 필요하다(NAE, 2018: 19). S. Joppa는 Real Time Talent에서 미네소타 경영자들이 엔지니어에게 요구하는 기본적인 민첩성 역량을 다음과 같이 제시하였다(NAE, 2018: 36).

- Oral Written Communication(소통능력)
- Problem solving(문제해결)
- **Project Management(프로젝트 관리)**
- **Troubleshooting(문제원인 규명)**
- Attention to detail(세심한 것에 주의)

- Creativity(창의성)
- **Self starting/self motivated(자기주도)**
- Integrity(성실성)
- Work independently(독립적 작업)
- **Management skills(관리 능력)**

일반적인 다른 직업에 비해 엔지니어에게 특별히 요구되는 차별화된 역량은 프로젝트 관리 능력, 문제의 원인을 규명하는 능력, 자기주도 능력, 관리능력 등이다. 따라서 공학교육은 전공역량 뿐 아니라 위와 같은 전문역량(professional skill)을 키우기 위한 교육에 관심 가져야 한다. 이와 같은 역량을 키우기 위해서는 프로젝트 기반의 팀 수업이나 현장에서의 문제해결 경험 등을 제공해 주는 것이 중요하다.

미국기계공학회(ASME) 교육센터가 미국 기계공학 졸업생의 강점과 약점에 관해 산업체(산업체 관리자와 기계공학 초기 경력자)와 교육기관 관계자 등 3,000여명을 대상으로 설문조사를 진행한 결과, 산업현장 관리자와 고등 교육기관 관계자의 교육에 대한 인식에 있어서 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다(Danielson et al., 2011). 미국 기계공학 교육과정의 약점에 대해 산업현장의 관리자들은 ‘디바이스가 어떻게 작동하는지에 대한 실제적 경험’, ‘소통능력’, ‘공학 코드와 표준’, ‘시스템적 관점’이 부족하다고 인식하고 있는 반면, 초기 경력자들은 ‘공학 코드와 표준’, ‘디바이스가 어떻게 작동하는지에 대한 실제적 경험’, ‘프로젝트 관리 능력’, ‘비즈니스 과정’ 등이 부족한 것으로 평가하였다. 고등교육기관의 관계자들은 ‘시스템적 관점’, ‘새로운 기술의 기초(바이오, 나노, 정보 등)’, ‘비즈니스 과정’을 주요 약점으로 평가하였다.

특히 소통능력에 대한 산업체의 입장과 교육기관의 입장 차이가 컸는데 산업체는 52%가 졸업생의 ‘소통능력’이 약하다고 인식하는 반면, 고등교육 기관 관계자는 65%가 충분하다고 인식하였다. 또한 문제해결 능력도 산업체의 36%가 약하다고 인식하는 반면 교육자와 초기경력자들은 단지 5~6%만 약하고 48~57%는 충분하다고 인식하고 있어 현장과 교육기관간의 상당한 격차가 존재하고 있다.

2015년 한국공학한림원의 차세대 공학교육혁신 방안 연구에서 우리나라 공학교육에 만족한다는 산업체 응답은 9.7%에 불과하였다. 공학교육에서 가장 혁신이 필요한 분야로 산업체는 교육과정의 개혁이 필요하다는 응답이 35.0%로 나타났다(이재용 외, 2015).

4차 산업혁명시대를 맞이하여 우리나라 공학 교육도 사회적 변화와 현장의 요구에 귀를 기울이고 미래사회가 필요로 하는 역량을 키울 수 있도록 변화가 필요하다.

2. 4차 산업혁명 관련 교과목 국내외 개설 현황

4차 산업혁명을 가능하게 하는 핵심기술은 인공지능이다. 인공지능시스템은 빅데이터를 기반으로 설계되므로 4차 산업혁명 시대에는 공학교육 모든 분야에서 기계학습이 필수적으로 다루어져야 한다. 그러나 기계학습을 배우기 위해서는 확률통계, 선형대수, 벡터공간, 최적화, 랜덤 프로세스, 시계열분석 등을 포함하는 수학적 배경지식이 필요하다. 그러나 우리나라 공학교육에서는 인공지능 관련 과목이 대부분 대학원 교육에서 개설되고 있고 학부교육에서는 개설하지 않고 있다. 우리나라에서는 주로 Matlab과 C언어를 사용하고 있는데 기계학습에서는 Python을 주로 사용하므로 학부과정 학생들의 코딩기술로는 한계가 있다.

또한 우리나라 공학교육과정은 대부분 전통적인 미분방정식 중심의 아날로그 시스템에 대해 교육한 후 고학년이 되어야 전공 관련 디지털 시스템에 대해 교육한다. 따라서 학생들이 기존의 아날로그적인 물리시스템과 최신의 디지털 시스템을 모두 수강하는 것은 부담이 커서 기계학습 관련과목을 회피하는 경향을 보인다(이용훈 외, 2017: 8).

사이버시스템과 물리 시스템이 결합하여 상호작용하는 사이버 물리시스템(cyber-physical system: CPS)은 4차 산업혁명 시대에 새로운 가치를 창출하는 핵심요소이다. 'cyber'는 시스템 내에서 의사결정을 지원하는 컴퓨터, 소프트웨어, 데이터 구조, 네트워크를 의미하는 것이며 'physical'은 물리적 시스템(예를 들면 자율자동차의 기계적, 전기적 요소)은 물론 시스템이 상호작용하는 물리적 세계(예를 들면 도로와 보행자)를 의미한다. 인공지능 기계는 물리공간의 정보를 사물인터넷 등을 통해 취합한 후 사이버 공간의 인공지능에서 판단하여 실시간으로 기계를 제어하게 된다. 이에 따라 사이버물리시스템의 설계자는 물리적 설계지식 뿐 아니라 사이버적인 설계지식도 겸비하여야 한다. CPS는 IoT(Internet of Things), 스마트 시티, 로봇 분야, 시스템 엔지니어링과 관련하여 사용되기도 한다. CPS는 수송, 헬스케어, 제조업, 에너지 네트워킹 등의 주요 산업 분야에서 제품, 시스템, 인프라의 기능성과 가치를 매우 증가시킨다(National Academy Press, 2016). 따라서 공과대학 졸업생들이 CPS에 관한 지식과 기술을 가질 수 있도록 공과대학은 관련 교육과정을 개발하여 학생들에게 학습의 기회를 제공하는 것이 바람직하다.

그러나 우리나라 공과대학 학부과정에서 사이버물리시스템 교육을 운영하는 것은 어려움이 있다. 기계학습은 사이버물리시스템의 핵심기술인데 학부생이 배우기에는 한계가 있어 주로 대학원 수업으로 개설하고 있고 드론, 자율주행차와 같은 사이버물리 시스템을 교육하기 위한 교재 및 실습장비도 부족한 것이 현실이다(이용훈 외 2017).

National Academy Press(2016)의 보고서에 의하면 미국 대학의 경우도 Cyber Physical System관련 과목은 주로 석사과정에서 개설되고 있다. 학부에서 개설하는 대학은 Univ. of Illinois의 College of Electrical and Computer Engineering의 경우 ECE 486: Control System 과목과 CS 431: Embedded System 과목을 개설하고 있으며, New York University의 경우 School of Engineering에서 CS 2204: Digital Logic and State machine Design, EL 5483: Real Time Embedded Systems, University of California의 Berkeley에서 EECS 149.1x: Cyber Physical Systems등의 과목이 개설되고 있다.

A 21st Century Cyber-Physical System Education(NAP, 2016)에서 제시한 CPS중심의 기계공학과 학부교육과정 모델은 아래 Table 1과 같다.

Table 1 Model for undergraduate degree in mechanical engineering with CPS emphasis

분류	기술
수학 및 기초과학 (9과목)	Calculus I Calculus II Vector Calculus Differential Equations Linear Algebra Probability and Statistics Physics I (Mechanics and Dynamics) Physics II (Electricity and Magnetism) General Chemistry
전통 기계공학 과목 (13과목)	Introduction to Engineering Graphics and Design Mechanics I: Statics Mechanics II: Dynamics Solid Mechanics Fluid Mechanics Thermodynamics System Dynamics Engineering Material Science Experimental Techniques Laboratory ME systems Laboratory Heat Transfer Design, Materials and Manufacturing Engineering Economy
기계공학 교육과정 중 CPS 관련 교과목	Introduction to Computing Circuits and Electronics Computational Methods in Engineering Instrumentation and Electronics Laboratory Capstone Design(with CPS-focused project)
CPS 중심의 선택과목 제안	Principles of CPS Network-embedded systems programming Signals and Systems Control of Dynamic Systems Model-Based Systems Engineering

(source: National Academies of Engineering(2016). A 21st Century Cyber-Physical System Education. National Academies Press. PP. 46~47.)

III. 연구방법

1. 델파이 수행 내용 및 패널 구성

가까운 미래 기계공학분야의 변화와 직업 전망 및 기계공학 분야에 필요한 직업역량을 파악하고 이 역량을 키우기 위한 교육과정 및 교육방법을 알아보기 위해 이번 연구에서는 전문가들을 활용한 델파이 연구방법을 실시하였다. 델파이 연구는 해당 분야 전문가 패널의 의견을 수렴하여 미래에 대한 예측과 의사결정을 하는 연구 방법이다. 이번 연구에서 3차에 걸친 전문가 패널과의 상호작용은 개인 이메일을 통해 진행되었다.

델파이 연구는 주제와 관련된 전문가 패널의 의견을 수렴하여 예측하는 연구방법으로 해당 연구에 대해 충분히 의견을 제시할 수 있는 전문가 구성이 중요하다. 이번 연구의 패널은 국내외 기계공학 교육의 전문가 집단으로 구성하였으며 대학과 산업체, 연구소 등에서 미래 기계공학교육에 주요한 역할을 담당하고 있는 분들이다. 이번 연구에 참여한 패널은 Table 2와 같다.

Table 2 Delphi survey panel

	성명	소속기관
대학	고○○	서울대 기계항공공학부
	김○○	한양대 ERICA 캠퍼스 기계공학과
	김○○	연세대 기계공학부
	김○○	홍익대 기계시스템디자인공학과
	이○○	서울대 기계항공공학부
	이○○	중앙대 기계공학부
	송○○	영남대 기계공학부
	송○○	성균관대 기계공학부
	주○○	서울과기대 융합기계공학과
	최○○	연세대 기계공학부
	한○○	Purdue 기계공학과
	○○ Lee	National Cheng Kung Univ.
	○○ Cheong	대만국립대
	산업체 및 연구소	엄○○
이○○		Motion Device
임○○		GE Aviation
주○○		두산
최○○		아이피웨이
하○○		현대연구소
Lincoln ○○		National Manager of Accreditation

2. 델파이 연구 진행 과정

이번 델파이 연구의 설문지 초안은 기계공학 전문가와 교육학 전문가의 2차에 걸친 회의와 기계공학 분야의 미래변화와

교육에 관한 선행연구 자료 검토를 통해 개방형 질문으로 구성하였다. 여기서 구성된 개방형 질문은 아래의 5가지이다.

- (1) 가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야에서 예상되는 변화
- (2) 가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야의 직업 전망
- (3) 가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야에서 필요한 직업 역량
- (4) 가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야에 필요한 역량을 갖추기 위한 교육과정
- (5) 가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야의 직업역량을 갖추기 위한 교육방법

이 5가지 개방형 질문들을 활용하여 1차 델파이 조사에서 전문가들의 응답을 수집하였고, 응답 내용을 심층 분석하여 85개의 항목을 추출하였다. 이 85개 항목은 기계공학 관련 예상되는 변화에 대한 문항 21개, 가까운 미래 기계공학 분야 직업전망 관련 문항 13개, 기계공학분야에 필요한 직업역량 관련 17개, 그리고 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정 관련 문항 20개, 가까운 미래 기계공학 교육을 위한 바람직한 교육방법에 관한 14개 문항으로 구성되었다.

2차 델파이 조사에서는 1차 개방형 응답을 기초로 의미 단위로 구분된 85개 항목들을 5점 척도로 중요성을 묻는 설문 형태의 문항으로 제작하여 2차 설문지를 구성했으며 이 과정에서 교육학 박사 및 기계공학 전문가 2명의 검토 과정을 거쳤다.

3차 델파이 조사에서는 2차 델파이 조사 결과를 요약하여 사용하였다. 2차 결과를 전문가들에게 제시할 때, 중앙치는 M, 사분범위(interquartile range)¹⁾는 【 】로 표시하여 제공하였고, 내용타당도 비율(Content Validity Ratio: CVR)과 본인의 이전 응답을 X로 표시하여 제공하였다. 이 자료를 기초로 각 항목에 대한 본인 응답의 수정 여부에 대해 체크를 요청하여 전문가들의 의견을 수렴하였다.

CVR(Content Validity Ratio: 내용타당도 비율)은 주요 쟁점에 대한 일치된 의견을 계량화하는 것인데 주요 쟁점에 대해 합의된 방안의 타당도에 대한 일치된 의견을 양화(quantifying consensus)한 것이다. 유의도 .05수준에서 패널 수에 따른 최소값 이상의 CVR 값을 가진 항목들만이 내용타당도가 있다고 판단할 수 있게 된다(Lawshe, 1975: 567-568). 패널 수에 따른 CVR값의 최소값 기준을 고려할 때 패널의 수가 20명인 경우 CVR값이 0.42 미만인 값의 문항은 타당도가 없다고 판단되므로 이를 기준으로 유의한 항목들을 선정하였다. 최종적으로

1) 사분범위는 제3사분위수(C75)에서 제1사분위수(C25) 간의 거리를 반으로 나눈 값으로 사분위 범위가 크면 흩어진 분포이고, 작으면 밀집된 분포이다(교육심리학 용어사전, 1999, 171쪽).

채택된 항목은 미래 기계공학 분야에서 예상되는 변화 14항목, 미래 기계분야의 직업 전망 9항목, 기계분야 엔지니어에게 필요한 역량 12항목, 미래 역량개발을 위해 필요한 교육과정에 대한 전망 13항목, 교육방법에 대한 전망 8항목으로 총 56개의 항목들이 선정되었다.

3차에 걸친 델파이 조사의 주요 일정은 Table 3과 같다.

Table 3 Delphi survey methods and schedule

구분	조사 방법	조사 일정
1차	비구조화된 개방형 문항	2018.10.01. ~ 10.20
2차	1차 조사 결과를 반영한 구조화된 폐쇄형 문항	2018.11.05 ~ 11.13
3차	2차 조사 결과를 반영한 의견수렴	2018.11.19. ~ 11.26

IV. 결과 및 해석

1. 가까운 미래 기계공학 분야에서 예상되는 변화

가까운 미래 기계공학 분야에서 예상되는 변화로는 14개 항목이

채택되었다. Table 4에서 볼 수 있는 것과 같이, 기계 장치에 계측 센서(온도, 압력, 유량, 진동, 성분 등)를 부착하여 상황인지의 기능화(4.9/5점 만점)가 가장 높았고, 기계공학에서 컴퓨터 응용 분야 발달(4.6/5점 만점), 고객의 요구와 기계장치 상태에 따라 운전의 유연화(flexibility)와 최적화(optimization)(4.4/5점 만점), System Engineering의 중요성 증대(4.3/5점 만점), 기계학습(Machine Learning)의 활용 증대(4.3/5점 만점), 필요한 시간에 전기를 생산하고, 그 전기를 모아둘 battery 기술 발전(4.3/5점 만점), AI를 탑재한 로봇의 수요 증대 및 본격적인 활용(4.3/5점 만점) 등의 순위로 나타났다. 더불어 물리현상에 기반 하는 기계공학의 근본은 변하지 않는다(4.3/5점 만점)는 의견도 채택되었으며, 통계 기반의 분석 및 control 증대(4.1/5점 만점), 복잡한 기계부품들이 전기적인 요소들과 결합(4.0/5점 만점), complex system설계로 기존 제품의 성능 확장(4.0/5점 만점), 에너지 생산 분야의 발전(3.9/5점 만점), Multi-physics 해석 증대(3.9/5점 만점), 정교하고 정확한 대규모 시뮬레이션활용(3.8/5점 만점) 등이 선정되었다.

주관식 의견으로 한 외국인 패널은 에너지 플랜트, 수송기계, 항공, 군수산업 등 product life가 긴 중장대형 산업분야의 비중이

Table 4 Expected changes in the field of mechanical engineering in the near future (within 5-10 years)

항목		3차 델파이 분석 결과			
		순위	평균	표준편차	CVR
1	기계 장치에 계측 센서(온도, 압력, 유량, 진동, 성분 등)를 부착하여 상황인지 기능화	1	4.9	0.28	0.86
2	기계공학에서 컴퓨터 응용 분야 발달	2	4.6	0.51	1
3	고객 요구와 기계 장치 상태에 따라 운전의 유연화(flexibility)와 최적화(optimization)	3	4.4	0.51	0.86
4	System Engineering의 중요성 증대	4	4.3	0.47	1
5	기계학습(Machine Learning)의 활용 증대	4	4.3	0.61	0.86
6	필요한 시간에 전기를 생산하고, 그 전기를 모아둘 battery 기술 발전	4	4.3	0.61	0.86
7	AI를 탑재한 로봇의 수요 증대 및 본격적인 활용	4	4.3	0.83	0.86
8	물리현상에 기반하는 기계공학의 근본은 변하지 않음	4	4.3	0.73	0.71
9	Statistics-based Analysis and Control 증대	9	4.1	0.77	0.57
10	복잡한 기계부품들이 점차 전기적인 요소들과 결합하여 전통적인 기계요소 관련 분야의 학문적인 위상 변화	10	4	0.39	0.86
11	복합적인 기능을 갖는 complex system 설계로 기존 제품의 성능 확장, 수명 연장, 유지보수, 산업 성능 확장	10	4	0.41	0.71
12	다양한 에너지원을 개발하고 효율적 에너지 생산 분야가 점점 더 성장 발전	12	3.9	0.62	0.57
13	Multi-physics 해석 증대	12	3.9	0.73	0.43
14	정교하고 정확한 대규모 시뮬레이션 활용	14	3.8	0.58	0.43
15	플랜트 전체 공정의 자동화(autonomous)	14	3.8	0.6	0.29
16	산업경영, 문학, 예술 등 비공학적인 분야와 접목 증대	14	3.8	0.74	0.29
17	소량 주문생산 방식이 더 많은 부가 가치를 창출할 것이 예상되어 생산 기술보다 디자인 기술이 더 중요	17	3.6	0.65	0.29
18	고속/대용량, 고효율, 저비용, 친환경 물류시스템 수요 증대	17	3.6	0.74	0.29
19	기계공학, 전기전자공학, 컴퓨터공학 등과 같은 기존의 전공 구분은 의미가 없으며 다양한 분야와 융합 확대	17	3.6	0.76	0.14
20	나노/바이오 분야 확대	20	3.4	0.63	-0.14
21	전공보다 Domain Expert 및 Domain Knowledge가 점점 더 중요해 짐	21	3.1	0.83	-0.29

※ 순위는 평균값에 따라 정해졌으며 평균값이 같은 경우 CVR값이 큰 것을 우선으로 제시함.

한국보다 큰 오스트레일리아의 경우 엔지니어가 수행하는 업무의 70%는 새로운 제품개발이 아니고, 기존 제품의 확장, 수명 연장, 유지보수와 관련된 maintenance engineering임을 전제 하면서 maintenance engineering이라고 해도, 주체는 설계 능력을 갖춘 엔지니어가 될 수밖에 없다. 전통적인 기계분야 산업에 ICT가 접목되면 기능이 보다 밀접하게 상호 연결되고, 보다 복잡한 기능을 갖는 complex system을 설계할 것을 예상하였다.

2. 가까운 미래 기계공학 분야의 직업 전망

가까운 미래에 기계공학 분야의 직업전망으로 9개 항목이 채택 되었으며 Table 5와 같다. 첫째, 기계공학을 기반으로 다른 첨단 분야에 대한 이해를 가진 인력 수요가 증가할 것이다(4.6/5점 만점)가 가장 높았고, 기계공학 내에서 새로운 분야가 점점 더 확대될 것이다(4.4/5점 만점), 기계분야의 항공우주산업, 드론, 로봇, 플랜트, 등이 지속적으로 발전할 것이다(4.3/5점 만점), 전통적인 기계 분야에 머물러 있다면 위기일 수 있다(4.1/5점 만점)는 우려도 있었으나 기계공학 분야의 직업 전망은 대체로 긍정적이었다. 앞으로 기계공학 엔지니어는 복잡한 시스템을 다루는 매니저로

서 역할을 하게 될 것으로(4.0/5점 만점) 인식하여 기계공학 엔지니어의 역할이 변화할 것을 예측하였다. 다양한 에너지를 개발하고 효율적 에너지생산 분야가 점점 더 성장 발전하게 될 것이며 (3.9/5점 만점), 정교하고 정확한 대규모 시뮬레이션을 활용하게 될 것(3.8/5점 만점)이며, 글로벌 시장의 수요도 증가할 것(3.7/5점 만점)으로 예측하였다.

주관식 의견으로 전통적 기계공학 분야의 인력수요가 일정 수준을 유지하고 있지만, 기계 공학을 기반으로 첨단설계, 운영 혁신, 디지털화, 알고리즘, 인공지능 등의 기술개발이 활발하게 진행되고 있어 탄탄한 인력수요가 발생할 것으로 예측하였다. 기계분야 엔지니어가 새로운 분야에 참여할 수 있기 위해서는 디지털 분야에 대한 지식과 경험이 필요하다고 제안하였다.

3. 가까운 미래 기계공학 분야에서 필요한직업 역량

가까운 미래에 기계공학 분야의 직업역량으로 12개 항목이 채택 되었으며 Table 6과 같다. 협업 능력(4.8/5점 만점)이 가장 높았고, 복잡한 문제 해결 능력(4.7/5점 만점), 새로운 문제 도출 능력 (4.6/5점 만점), Self-learning 능력(4.5/5점 만점), 창의력(4.5/5점

Table 5 Job prospects in the field of mechanical engineering in the near future (within 5 to 10 year)

항목	3차 델파이 분석 결과				
	순위	평균	표준	CVR	
1	기계공학을 기반으로 다른 첨단 분야에 대한 이해를 가진 인력 수요가 증가할 것이다.	1	4.6	0.5	1
2	기계공학 내에서 새로운 분야가 점점 더 확대될 것이다.	2	4.4	0.63	0.86
3	기계분야의 항공우주산업, 드론, 로봇, 플랜트, 등이 지속적으로 발전할 것이다.	3	4.3	1.07	0.86
4	전통적인 기계 분야에 머물러 있다면 위기일 수 있다.	4	4.2	0.43	1
5	기계공학 분야의 직업 전망은 긍정적이다.	5	4.1	0.36	1
6	기계공학 엔지니어는 복잡한 시스템을 다루는 매니저로서 역할을 하게 될 것이다.	6	4	0.68	0.57
7	글로벌 시장의 수요가 증가할 것이다.	7	3.7	0.47	0.43
8	스마트 팩토리는 미래 기계공학자가 주도할 분야이다.	8	3.6	0.65	0.29
9	기계공학 엔지니어에 대한 수요는 점점 더 많아질 것이다.	8	3.6	0.65	0
10	기존 제품의 성능 확장, 수명 연장 등에 대한 수요가 많아질 것이다.	10	3.4	0.63	-0.14
11	기계공학 엔지니어의 컨설팅 설비관리 금융 보험 서비스 분야의 수요가 있을 것이다.	11	3.3	0.47	-0.43
12	다양한 에너지를 개발하고 효율적 에너지 생산 분야가 점점 더 성장 발전	12	3.9	0.62	0.57
13	글로벌 시장에서 인력을 효율적으로 관리하는 일을 하게 될 것이다.	12	3.1	0.47	-0.71
14	IT나 바이오에 비해 기계공학 분야의 임금은 상대적으로 높지 않을 것이다.	13	2.8	0.89	-0.86
15	정교하고 정확한 대규모 시뮬레이션 활용	14	3.8	0.58	0.43
16	플랜트 전체 공정의 자동화(autonomous)	14	3.8	0.6	0.29
17	소량 주문생산 방식이 더 많은 부가 가치를 창출할 것이 예상되어 생산 기술보다 디자인 기술이 더 중요	16	3.6	0.65	0.29
18	산업경영, 문학, 예술 등 비공학적인 분야와 접촉 증대	16	3.6	0.74	0.29
19	고속/대용량, 고효율, 저비용, 친환경 물류시스템 수요 증대	16	3.6	0.74	0.29
20	기계공학, 전기전자공학, 컴퓨터공학 등과 같은 기존의 전공 구분은 의미가 없으며 다양한 분야와 융합 확대	16	3.6	0.76	0.14
21	나노/바이오 분야 확대	17	3.4	0.63	-0.14

만점), 다양한 분야에 대한 융합적 사고능력(4.5/5점 만점), 커뮤니케이션 스킬(문서 작성 및 발표 등)(4.5/5점 만점), system 이해능력(4.1/5점 만점), Cyber-physical system 능력(4.1/5점 만점), 빅데이터 이해 및 활용 능력(3.9/5점 만점), 새로운 소재와 재료의 응용 능력(3.8/5점 만점), 경제성 평가에 대한 이해력(3.7/5점 만점) 등이 필요한 역량으로 선정되었다.

패널 중 한 명은 미래의 엔지니어는 기술 전문가(technology experts) 뿐 아니라 사회학자(sociologist)가 되어야 한다고 주장하였다. AI가 점점 더 엔지니어링의 기술적 역할을 맡게 되면서, 엔지니어는 기술적으로 진전하고 사회적으로 책임감이 있는 전문적 판단을 하는 핵심 목적에 집중하여야 한다고 주장하였다.

4. 가까운 미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정

기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위해 필요한 교육과정으로 13개 항목이 선정되었으며 Table 7과 같다. 첫째, 4대 역학(고체/동/유체/열역학)(4.6/5점 만점)이 가장 높았고, 기초 과학(물리, 화학, 생물 등)(4.3/5점 만점), 다양한 학문간 융복합 교육(4.3/5점 만점)과 프로그래밍/코딩 교육(4.2/5점 만점)이 같은 순위로 나타났다. 데이터 처리 기술 교육(예: 빅데이터 활용 교육)(4.1/5점 만점), Cyber Physical System 교육(4.0/5점 만점), 공학윤리(4.0/5점 만점)도 필요한 교육과정으로

로 인식되었다. 기계학습(3.9/5점 만점), 인공지능(3.9/5점 만점), 수학(미적분)(3.9/5점 만점), 시스템 엔지니어링 교육(3.8/5점 만점), 수치해석 툴 활용교육(3.7/5점 만점), 커뮤니케이션 교육(3.7/5점 만점) 등이 4차 산업혁명시대 필요한 교육과정으로 선정되었다.

나노, 바이오, 경제 및 경영학, 표준화 교육 등은 전문가들간 편차가 커서 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정으로 선정되지 못하였다.

이외에도 주관식 의견으로 한 패널은 고학년 학생들을 위해 더 세분화된 전문 분야를 특화할 수 있는 심화과정이 필요하다고 주장하였다. 3D printing, drone, robotics, bio-mechanic, battery, solar cell, sensor 등과 같이 세분된 분야에서 실질적으로 그 분야의 회사와 직접 일을 할 수 있는 기회를 제공하는 것이 필요하다고 제안하였다.

다른 패널은 전통적인 기계공학 전공 수업을 보다 축약하여 교육하고 그 나머지 학점은 타 분야와 협업할 수 있는 다학제적 교육과정을 운영할 것을 주장하였다.

그 외에도 산업체 기계설비는 단순 하드웨어에 머물지 않고 생애주기(개발, 설계, 제작, 제어, 운전, 분석, 정비) 전체를 포괄하는 디지털 기반 지능화를 추구하고 있어, 기계공학 엔지니어는 이들 업무를 기획/관리하기 위한 지식과 경험을 필요로 하기 때문에 기본 지식을 습득할 수 있는 교육과정의 중요성을 강조기도 하였다.

Table 6 Competencies required for mechanical engineering in the near future(within 5 to 10years)

항목		3차 델파이 분석 결과			
		순위	평균	표준	CVR
1	협업 능력	1	4.8	0.43	1
2	복잡한 문제 해결 능력	2	4.7	0.47	1
3	Self-learning 능력	3	4.6	0.63	0.86
4	새로운 문제 도출 능력	3	4.6	0.63	0.86
5	다양한 분야에 대한 융합적 사고능력	5	4.5	0.52	1
6	커뮤니케이션 스킬(문서 작성 및 발표 등)	5	4.5	0.52	1
7	창의력	5	4.5	0.65	0.86
8	system 이해 능력	8	4.1	0.36	1
9	Cyber-physical system에 대한 능력	8	4.1	0.36	1
10	빅데이터 이해 및 활용 능력	10	3.9	0.66	0.43
11	새로운 소재와 재료의 응용 능력	11	3.8	0.43	0.57
12	경제성 평가에 대한 이해력	12	3.7	0.47	0.43
13	시뮬레이션 활용 능력	13	3.6	0.5	0.29
14	외국어 능력	13	3.6	0.5	0.29
15	다른 문화에 대한 이해력	13	3.6	0.65	0.29
16	소프트웨어 알고리즘에 대한 이해 능력	13	3.6	0.94	0.29
17	에너지 모니터링에 대한 지식	17	3	0.39	-0.86

5. 가까운 미래 기계공학 분야에서 필요한 직업역량을 갖추기 위한 교육방법

기계공학 분야의 미래 직업 역량을 갖추기 위해 적합한교육방

법으로 8개 항목이 선정되었으며 Table 8과 같다. 첫째, 프로젝트 기반의 설계 교육(4.7/5점 만점)이 가장 높았고, Hands on 교육(프로토타입 제작 등)(4.5/5점 만점), 문제기반학습

Table 7 Curriculum for professional competence for mechanical engineering in the near future(within 5 to 10 years)

항목		3차 델파이 분석 결과			
		순위	평균	표준	CVR
1	4대 역학(고체/동/유체/열역학)	1	4.6	0.5	1
2	기초 과학(물리, 화학, 생물 등)	2	4.3	0.61	0.86
3	다양한 학문간 융복합 교육	3	4.2	0.43	1
4	프로그래밍/코딩 교육	3	4.2	0.8	0.86
5	데이터 처리 기술 교육 (예: 빅데이터 활용 교육)	5	4.1	0.53	0.86
6	공학 윤리	6	4	0.68	0.57
7	Cyber Physics System 교육	6	4	0.78	0.43
8	기계학습(machine learning)	8	3.9	0.53	0.57
9	인공지능(AI)	8	3.9	0.62	0.57
10	수학(미적분)	8	3.9	0.86	0.43
11	시스템 엔지니어링 교육	11	3.8	0.58	0.43
12	수치해석 tool 활용 교육	12	3.7	0.47	0.43
13	커뮤니케이션 교육	12	3.7	0.73	0.43
14	바이오 관련 교육	14	3.3	0.61	-0.29
15	경제 및 경영학	14	3.3	0.47	-0.43
16	의료분야 (고령자 장애인 건강 및 삶의 질)	14	3.3	0.73	-0.43
17	VR(Virtual Reality) 관련 교육	17	3	0.55	-0.71
18	나노 관련 교육	17	3	0.55	-0.71
19	표준화 교육	19	2.7	0.47	-1
20	기전 설비 교육	20	2.6	0.5	-1

Table 8 Teaching methods for professional skills for mechanical engineering in the near future(within 5 to 10 years)

항목		3차 델파이 분석 결과			
		순위	평균	표준	CVR
1	프로젝트 기반의 설계 교육	1	4.7	0.47	1
2	Hands on 교육(프로토타입 제작 등)	2	4.5	0.52	1
3	팀 기반의 협동학습	3	4.3	0.61	0.86
4	문제기반학습(Problem Based Learning)	3	4.3	0.61	0.86
5	실험 중심의 교육	5	4.1	0.66	0.71
6	소프트웨어 프로그램 활용 교육	5	4.1	0.73	0.57
7	토론식 수업	7	4	0.78	0.43
8	현장 실습	8	3.8	0.58	0.43
9	이론 중심의 강의식 수업	9	3.6	0.76	0.14
10	문제해결과정의 모사(mimic)	9	3.6	0.65	0
11	Flipped Learning	11	3.5	0.94	0
12	CAD를 활용한 수업	12	3.4	0.5	-0.29
13	AR(augmented reality,증강현실) 활용 교육	13	2.6	0.63	-1
14	VR(Virtual Reality) 활용 교육	13	2.6	0.65	-1

(Problem Based Learning)(4.3/5점 만점)과 팀 기반의 협동학습(4.3/5점 만점), 실험 중심의 교육(4.1/5점 만점), 소프트웨어 프로그램 활용 교육(4.1/5점 만점), 토론식 수업(4.0/5점 만점), 현장 실습(3.8/5점 만점)등이 선정되었다. 그러나 Flipped Learning, VR(Virtual Reality) 활용 교육, AR(augmented reality, 증강현실) 활용교육, CAD를 활용한 수업 등은 전문가들 간의 편차가 커서 이번 연구에서는 선정되지 못하였다.

이외에도 주관식 의견으로 강의 비중을 줄이고 오감을 다양하게 활용하여 지식과 skills을 동시에 습득할 수 있도록 하는 practice by doing 교육방법이 바람직하다고 주장하였다. 또한 Math-based simulation, virtual(augmented) reality, 저렴한 kit 등을 유기적으로 사용하여 비용 대비 수업의 효과를 극대화하는 방안과 절차를 고안하는 것이 필요하다고 주장하기도 하였다.

또한 한 제품이 아이디어에서 시장성 조사, 설계, 도면, 공정, 마케팅까지 전 과정을 계획해 보는 과정을 통해 처음부터 마지막까지 전 과정에 대해 이해하는 교육방법을 선택과정으로 개설할 것을 제안하기도 하였다.

V. 결론 및 논의

4차 산업혁명시대를 맞아 전 세계가 급격한 사회적 변화를 겪고 있는 상황에서 선진국들은 4차 산업혁명 시대에 필요한 역량을 갖춘 인재양성을 위해 다양한 방식의 공학교육개혁 방안을 모색하고 있다. 교육이 사회적 변화에 대응하는 핵심 역량을 키워주지 못하면 개인과 사회는 실업과 소득격차, 사회적 불안 등을 겪을 가능성이 높다. 이번 연구는 기계공학 전문가 집단을 대상으로 4차 산업혁명 시대 기계공학의 예상되는 변화와 직업 전망, 필요한 역량과 이를 교육하기 위한 교육과정과 교육방법에 대해 델파이 방법을 통해 탐색해 보았다.

가까운 미래에 기계공학 분야는 기계장치에 계측센서를 부착하여 상황인지의 기능화, 컴퓨터 응용분야 발달, 고객의 요구와 기계장치 상태에 따라 운전의 유연화와 최적화, AI를 탑재한 로봇의 수요 증대 및 본격적인 활용, 기계학습의 활용 증대, System Engineering의 중요성 증대, 전기를 충전할 배터리 기술 발전, 통계 기반의 분석 및 통제 증대 등이 예상된다.

이와 같은 상황에서 기계공학의 직업전망은 대체로 긍정적이거나 그대로 머물러 있으면 위기일 수도 있어서 이에 대한 적극적인 대응이 필요하다. 기계공학내에서 새로운 분야가 점점 더 확대될 것이므로 기계 공학을 기반으로 다른 첨단 분야에 대한 이해를 가진 인력 수요가 증가할 것이며, 항공우주산업, 드론, 로봇, 플랜트 관련 산업 등이 지속적으로 발전할 것이다. 다양한 에너지원을 개발하며 효율적 에너지 생산 분야가 점점 더

성장 발전하게 될 것이며, 정교하고 정확한 대규모 시뮬레이션을 활용하게 될 것이므로 글로벌 시장의 수요가 점점 더 증가할 것으로 예측하였다. 기계공학 교육 공동체는 이와 같은 시대적 수요에 대비하여 필요한 전문 역량을 갖춘 졸업생을 양성하기 위해 교육적 관심과 노력이 필요하다.

기계분야 직업 전망에 따라 기계공학 분야에 필요한 직업 역량은 협업능력, 복잡한 문제해결능력, 자기주도적 학습능력, 새로운 문제도출 능력, 창의력, 커뮤니케이션 스킬, 다양한 분야에 대한 융합적 사고능력, 시스템 이해 능력, cyber physical system에 대한 능력, 빅데이터 이해 및 활용능력, 새로운 소재와 재료의 응용 능력, 경제성 평가에 대한 이해력 등이 필요한 것으로 나타났다.

이상과 같은 미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정으로 4대 역학(고체/동/유체/열역학), 기초과학, 프로그래밍 코딩 교육, 다양한 학문간 융복합 교육, 데이터 처리 기술, cyber physical system 교육, 공학윤리, 수학(미적분), AI, 기계학습, 시스템 엔지니어링 교육, 수치해석 툴 활용 교육, 커뮤니케이션 교육 등이 필요한 것으로 나타났다. 일부 패널은 Virtual Reality 교육이나 나노 관련 교육, 바이오 관련 교육, 의료분야(고령자, 장애인, 건강 및 삶의 질)에 관한 교육의 필요성을 제시 하였으나 학부 4년 동안 수강할 수 있는 과목은 제한될 수 밖에 없으므로 기초 과목에 충실해야 한다는 의견이 다수여서 채택되지 못하였다.

미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육방법으로는 프로젝트 기반 교육, hands on 교육(프로토타입 제작 등), 문제기반학습, 팀 기반의 협동학습, 실험중심의 교육, 소프트웨어 프로그램 활용 교육, 토론식 수업, 현장 실습 교육 등의 수업방법이 바람직한 것으로 선정되었다. 그러나 Flipped learning, VR교육, AR교육, CAD를 활용한 교육 등은 이미 선진국에서는 많이 활용되고 있는 분야임에도 불구하고 연구 참여자들간의 편차가 커서 이번 연구에서는 채택되지 못하였다.

미래에 떠오르는 최고의 대학으로 전 세계에서 인정받고 있는 Singapore University of Technology에서는 학과나 학부 구분 없이 다학제 교육 프로그램을 운영하고 있으며 디자인 중심의 능동학습(design centered active learning)과 설계기반의 교육을 실행하고 있다. 이번 연구에서 예측된 바와 같이 기계공학을 기반으로 다른 첨단 분야에 대한 이해를 가진 인력 수요가 증가할 것이며 기계공학 내에서 새로운 분야가 더 확대될 것이므로 학생들은 학제간 교육 경험이 더욱 필요하다. 앞으로 4차 산업혁명 시대를 맞아 새로운 직업이 만들어지고 다양한 분야에서 엔지니어를 필요로 하므로 학생들의 진로는 매우 다양화 할 가능성이 높다. 기계공학을 기반으로 첨단설계, 디지털화, 인공지능 등의 기술개발이 활발하게 진행되고 있으며 이에 대한 인력수요가 발생할 것으로 예측되므로 우리의 교육시스템도 이에 대한 준비가 필요하다.

MIT의 The New Engineering Education Transformation (NEET) 연구소는 미래의 공학교육은 학생의 학습경로를 다양화하고 다학제적 학습을 운영하며, 엔지니어의 책무성과 윤리를 강화하고 글로벌 관점과 경험을 제공하며 현장실습 등을 통한 교실 밖 경험을 확대할 것을 주장하였다(Graham, 2018). 이와 같은 주장들은 이미 우리의 공학교육 공동체에게 새로운 아이디어는 아니지만 이를 실천하는 학교는 상당히 제한적이다. 공학교육의 리더들은 이와 같은 교육을 실현하기 위한 리더십을 발휘하여야 한다.

특히 기계공학 교육기관은 학생들이 선택권을 확대할 수 있도록 다양한 과목을 수강할 수 있는 기회를 열어주어야 한다. 최소한의 핵심과목만 전공필수로 정하고 가능하면 다양한 과목을 개설하여 수강의 기회를 열어주며 기계공학과에서 개설하기 어려운 과목은 다른 전공에서 수강하여도 유연하게 전공인정을 해주어야 한다. 또한 다른 전공의 교수들과 함께 다학제적 교과목을 팀칭 과목으로 운영하여 기계공학 학생들이 새로운 환경에서 협력적 업무 능력을 키울 수 있도록 기회를 제공하는 것이 필요하다.

미래 역량을 갖춘 인재를 양성하기 위한 이와 같은 제도적 변화를 실현하기 위해 국가적 차원의 투자가 절실하다. 이번 연구에서 Virtual Reality 활용 교육이나 증강현실 활용 교육과 같은 최신 기자재를 활용하는 교육방법은 학교 현실상 실현 가능성이 낮다는 의견이 높아 채택되지 못하였다. 그렇지만 새로운 테크놀로지를 활용한 수업이 학습을 촉진할 가능성이 높고 현장에서는 이와 같은 역량을 갖춘 졸업생들을 선호한다. 고가의 교육 기자재를 설치하기 어려운 공학교육기관을 위해 정부는 4차 산업시대에 필요한 역량을 개발할 수 있는 교육환경을 지원하여야 할 것이다. 기계공학학회 등은 기계공학 교원들에게 이와 같은 기자재를 활용한 새로운 수업방법에 대한 역량을 키울 수 있는 워크숍 등을 제공하여야 할 것이다.

본 연구의 제한점 및 후속 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 이번 연구는 기계공학분야의 소수의 전문가를 대상으로 가까운 미래 기계공학 분야의 미래 전망과 필요한 직업 역량을 예측해 보고 이와 같은 역량을 개발하기 위해 필요한 교육과정과 교육방법을 탐색해 보았다. 그러나 소수의 전문가를 대상으로 하였으므로 해당 전문가의 분야별 관점과 학교나 산업체 환경에 따라 이견이 있을 수 있어 이번 연구결과를 일반화하는데 한계가 있다.

이번 연구를 기초로 기계공학 분야의 좀 더 많은 현장 전문가들이 참여하는 후속 연구가 진행된다면 기계공학 분야의 미래와 직업역량에 대한 정교한 예측이 가능할 것이다. 또한 미래에 필요한 역량을 갖춘 기계공학 분야 인재양성을 위한 적극적인 정책적 방안을 모색하고 교육현장에서 교육과정 운영과 교육방법에서 변화가 일어난다면 4차 산업혁명시대 우리나라 기계공학 분야가 국제적으로 선도적 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 창의융합형 공학인재양성 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. 이용훈 외(2017). 4차 산업혁명을 위한 공학교육: 기계학습 및 사이버물리 시스템 교육방안. 2017 인재양성위원회 보고서. 한국공학한림원.
2. 이재용 외(2015). 차세대 공학교육 혁신방안 연구. 한국공학한림원.
3. 한국교육심리학회(1999). 교육심리학 용어사전. 서울: 학지사.
4. 한국교육학술정보원 & 국제미래학회(2017). 제4차 산업혁명시대 대한민국 미래교육보고서. 광문각.
5. ASME(2008). 2028 Vision for Mechanical Engineering. *A report of the Global Summit on Future of Mechanical Engineering*. ASME.
6. Danielson, S., Kirkpatrick A. & Ervin E.(2011). ASME Vision: Helping to Inform Mechanical Engineering Education. *41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*.
7. Graham, R.(2018). *The global state of the art in engineering education*. Massachusetts Institute of Technology Report, Massachusetts, USA.
8. Lawshe, C. H.(1975). A Quantitative Approach to Content Validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575.
9. National Academies of Engineering(2016). *A 21st Century Cyber-Physical System Education*. National Academies of Press.
10. National Academies of Engineering(2018). *Adaptability of the US Engineering and Technical Workforce: Proceedings of a Workshop*. National Academies of Press.



강소연(Kang So Yeon)

1996년: 연세대학교 교육학 박사
 2003-2013: 연세대학교 공학교육혁신센터 책임연구원
 2013-현재: 연세대학교 공학교육혁신센터 부교수
 관심분야: 창의성, PBL, 공학교육인증
 E-mail: ksy1124@yonsei.ac.kr



조형희(Cho, Hyung Hee)

1992년: University of Minnesota, 공학 박사
 1995-현재: 연세대학교 기계공학과 교수
 2016-2018: 연세대학교 연구처장
 2018년: 대한기계학회 회장
 관심분야: 열전달, 에너지, 공학교육
 E-mail: hhcho@yonsei.ac.kr