

‘인간중심 문제해결자’ 양성을 위한 공학 교육

홍성욱

한밭대학교 화학생명공학과/적정기술블록체인연구소

4차산업혁명으로 대변되는 21세기에는 공감능력에 기초한 인간중심의 창의·융합형 인재가 많이 필요하다. 한편, 공학은 그 속성상 인간중심적인 접근법을 통해서 세상의 다양한 문제를 해결하는 학문이다. 따라서, 공학자는 유능한 ‘인간중심 문제해결자’가 되려고 부단히 노력해야 한다. 만약 청소년과 대학생들에게 제대로 된 공학교육을 실시할 수만 있다면 우수한 역량을 지닌 ‘인간중심 문제해결자’를 다수 양성할 수 있을 것이라고 생각한 필자는 지난 15년간 청소년과 대학생들을 대상으로 이런 교육을 실시하려고 노력하여 왔다. 본 글에서는 필자가 그 동안 적정기술과 디자인사고를 활용해서 ‘인간중심 문제해결자 양성을 위한 공학 교육’을 실시해 온 내용에 대해서 간단히 소개하도록 하겠다.

1. 공학

1.1 공학의 특징

유네스코에서 발간한 최초의 공학보고서인 <공학은 인류에게 무엇을 줄 수 있나>¹⁾에 의하면 공학은 특별한 목적을 위해서 재료, 기계, 구조물, 시스템 및 공정을 이해하고 설계하고 개발하고 발명하고 혁신하고 사용하는 것에 대한 기술적, 과학적, 수학적 지식의 개발, 습득 및 응용과 관련 있는 학문분야이다.

1) 유네스코 저, 홍성욱 역, <공학은 인류에게 무엇을 줄 수 있나>, 유네스코 한국위원회, 한국공학한림원(2013)

공학의 첫 번째 특징으로 우리는 인간 중심(human centered)을 들 수 있다. 다음 문장은 과학과 비교해서 공학의 인간중심적인 속성을 잘 나타내 준다.²⁾

“과학에서는 연구결과의 직접적인 실용적 응용 가능성과는 관계없이 그러한 설명을 이끌어내는 것 자체가 연구의 성공이라고 간주된다. 그러나 공학에서의 성공은 사람의 필요나 요구를 얼마나 만족시켰느냐에 의해 결정된다.”

- <유초중등 과학교육의 체계> 중에서 발췌 -

공학의 두 번째 특징은 문제해결 중심(problem-solving centered)이라는 점이다. 2013년에 충남대 연구팀에서 실시한 설문 결과는 공학의 문제해결 중심적인 특성을 잘 나타내준다. 전국의 공대 교수 114명에게 “당신은 공학자와 가장 가까운 개념이 무엇이 라고 생각하나요?”라고 질문한 결과 약 60% 가량이 ‘문제해결자’라고 답하였다.³⁾

표 1. 공대 교수가 생각하는 공학자와 가까운 개념

	빈도	비율
문제해결자	69	59.0
설계자	32	27.4
과학자	10	8.5
사업가	4	3.4
기술자	2	1.7
합계	117	100.0

2) 유초중등 과학교육 표준을 위한 개념 체계 위원회 저, 광영직 역, <유초중등 과학교육의 체계: 실천, 관통 개념 그리고 핵심 아이디어>, 한국 과학창의재단(2013)

3) 김가수 외, 대한공업교육학회지, 38(2), pp.136-155(2013)

1.2 21세기 공학교육의 역할

스릭 고팔은 <과학기술로 세상을 바꾸고 싶은 사람들>⁴⁾에서 다음과 같이 역설하였다.

“대학은 학생들이 시스템과 복잡성 과학을 이해하고, 항상 변화하는 상황에서 일할 수 있도록 도와주어야 한다. 기술적 스킬(하드 스킬)도 중요하지만, 지금 학생들에게 필요한 것은 복잡하고, 서로 연결되어 있고, 급박하게 돌아가는 세상에서 효과적으로 일할 수 있는 능력이다.”

한편, 저명한 공학자이자 교육가였던 김영길 한동대 전 총장도 2009년 가을 국립한밭대에서 있었던 강연에서 다음과 같이 말하였다.

“21세기 공학교육의 목표는 학생들이 미래에 마주칠 수 있는 현재 알지 못하는 문제를 해결할 능력을 키워주는 것이다.”

두 사람 모두 ‘지식기반사회(knowledge-based society)’였던 20세기와는 달리 21세기는 ‘역량기반사회(capacity-based society)’라는 점에 대해서 동의하고 있다.

한편, <10년후 대한민국 미래 일자리의 길을 찾다>⁵⁾에서는 21세기에 필요한 역량으로 1)인공지능, 블록체인, IoT 등과 같은 새로운 기술을 활용하는 능력, 2)다른 사람과 공감할 수 있는 능력, 3)새로운 것을 창조해 내는 능력을 꼽고 있다. 따라서, 우리는 학생들이 이러한 능력을 바탕으로 세상의 다양한 문제를 창조적으로 해결함으로써 보다 나은 세상을 만드는데 일조하도록 교육할 필요가 있다.

4) 칸잔 메타 저, 홍성욱 역, <과학기술로 세상을 바꾸고 싶은 사람들>, 마인드풀북스(2016)
5) 미래창조과학부 미래준비위원회, <10년후 대한민국 미래 일자리의 길을 찾다>, 지식공감(2017)

2. 적정기술⁶⁾

적정기술(appropriate technology)은 간디가 말한 다음 두 교리에 철학적 바탕을 두고 있다.⁷⁾

“모든 사람의 이익을 위해 개발된 모든 과학적 발명을 높이 평가한다”

“지구는 모든 사람의 필요를 충족시키기에 충분하게 제공하지만 모든 사람의 탐욕까지 채워주지는 않는다.”

즉, 적정기술은 다른 사람에게 피해를 주지 않는 동시에 혁신의 결과물로부터 소외되는 사람이 없는 방법을 통해서 세상의 다양한 문제를 해결하려는 인간중심적인 사고방식이다. 적정기술의 인간중심적인 속성은 적정기술의 별칭인 ‘인간의 얼굴을 한 기술’, ‘따뜻한 기술’, ‘인본주의 기술’, 그리고 ‘소외된 90%를 위한 디자인’ 등에도 잘 나타나 있다.

한편, Ideo에서 2011년에 발간한 <인간중심 디자인(Human-centered design) 툴킷>⁸⁾에서는 적정기술 제품이 갖춰야 될 3가지 특성으로 1)사용자 중심의 적합성(desirability), 2)공학적인 구현가능성(feasibility), 그리고 3)비즈니스 모델의 지속가능성(viability)을 꼽고 있다.

3. 디자인사고

PXD의 이재용 대표는 디자인사고(Design Thinking)에 대해서 다음과 같이 설명하고 있다.

“디자인사고는 디자인 분야에서 시작된 혁신 프로세스와 사고방법으로서 인간을 관찰하고 공감하며 소비자 및 다양한 분야의 전문가들과 협업하여 정의하기 어려운 문제의 본질을 이해하고, 통합적 사고(확산적 사고와 수렴적 사고의 반복) 및 프로토타입과 테스트의 실패를 반복하여 최선의 답을 찾는, 창의적 문제 해결 방법의 구체적 형태이며 이를 교육과 경영의 전 범위에 도입하려는 패러다임입니다.”

6) 적정기술에 대한 자세한 내용은 필자가 공저자로 참여한 <적정기술이란 무엇인가>(살림, 2011) <인간중심의 기술, 적정기술과의 만남>(에이지21, 2012) 등의 책을 참고할 것

7) C.K. Prahalad and R.A. Mashelkar, "Innovation's Holy Grail", Harvard Business Review, 2010년 7월

8) Ideo, <Human Centered Design Toolkit>, Ideo(2011)

우리는 위의 글로부터 디자인사고가 인간중심적으로 문제해결을 하려는 프로세스 및 사고방식이라는 사실을 알 수 있다. 사람들은 흔히 디자인사고의 4가지 특징으로 1)사용자에게 관심을 기울이는 <인간 중심>, 2)문제를 해결할 수 있다고 믿는 <낙관주의>, 3)실수와 실패를 통해 배울 수 있다고 믿는 <실험 정신>, 4)혼자보다 여럿이 문제를 더 잘 해결할 수 있다고 생각하는 <팀 중심>을 꼽는다.

필자는 청소년과 대학생을 대상으로 “인간중심 문제해결자 양성을 위한 공학교육”을 실시하기 위해 ‘인간중심 문제해결자를 위한 디자인사고 툴킷’을 제작하였다.⁹⁾

4. 인간중심 문제해결자 양성을 위한 공학교육의 예

4.1 대학의 공학설계 교육

공학은 크게 공학 학문(Engineering Science)과 공학설계(Engineering Design)로 구성되어 있는데, 우리가 흔히 화학공학, 기계공학, 전자공학으로 나누는 것은 공학학문의 하위 개념이다.

반면에 공학설계는 공학을 다른 학문과 구분하게 해주는 것으로서 입문설계(Introductory design), 요소설계(Element design), 그리고 캡스톤 디자인(Capstone design)으로 구성되어 있다. 20세기 말까지 한국의 공대에서는 기계공학과 같은 일부 전공을 제외하고는 공학설계 관련 교육이 거의 없었다. 하지만 21세기에 들어오기 바로 직전에 공학교육인증제가 도입되면서 공과대학에서 본격적으로 공학설계 교육을 실시하게 되었으며, 지금은 대부분의 공대의 교육과정에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 표 2는 2013년에 충남대 연구팀이 공대 교수 107명을 대상으로 실시한 설문결과인데, 거의 90%에 가까운 교수들이 공학설계가 중요하다는데 동의하고 있다.

9) cafe.naver.com/hcproblemsolvers에서 파일을 다운로드 받을 수 있다.

표 2. 공대 교수가 생각하는 공학설계의 중요성¹⁰⁾

	빈도	비율
매우 그렇다	58	54.2
그렇다	37	34.6
보통이다	12	11.2
아니다	0	0
매우 아니다	0	0
합계	107	100.0

한편, 공학설계의 필수 구성요소는 개방형 문제(open-ended problem), 팀웍(teamwork), 그리고 의사소통 능력(communication skill)이다. 앞서 언급한 김영길 전 한동대 총장의 말에서도 알 수 있듯이, 21세기 공학교육의 중요한 목표 중 하나는 학생들이 미래에 마주칠 현재 알지 못하는 문제를 해결할 수 있도록 돕는 것이다. 이런 점에서 유연한 사고와 다양한 해결책을 강조하는 공학설계는 매우 좋은 교육 도구가 될 수 있다.

필자는 2007년부터 1학년 필수 교과목인 <공학설계입문>과 4학년 필수 교과목인 <캡스톤디자인>을 주기적으로 가르치고 있으며, 2~3학년 교과목 시간에는 <요소설계>에 1학점을 배정해서 교육하고 있다. 특히 <공학설계입문>과 <캡스톤디자인> 수업 시간에는 디자인사고와 적정기술을 융합해서 “인간중심 문제해결”이란 주제로 커리큘럼을 구성하고 있다. 학기 초에 공학 개론, 디자인사고, 그리고 적정기술에 대한 이론 교육을 받은 학생들은 팀을 이루어서 프로젝트를 수행한다. 다음 표에 2021년 1학기과 2학기에 각각 개설된 <캡스톤디자인>과 <공학설계입문> 수업에 대해서 요약하였다.

표 3. 2021년도 <인간중심 문제해결>을 주제로 진행된 공학설계 수업 현황

		공학설계입문	캡스톤디자인
개설 학기(학년)		2학기(1학년)	1학기(4학년)
특징	차이점	개념설계 후 발표	프로토타입 제작 후 발표
	공통점	학기 초에 공학개론, 적정기술, 디자인사고에 대한 이론 교육을 실시한 후, 팀 별로 설계 프로젝트를 진행	

10) 김기수 외, 대한공업교육학회지, 38(2), pp.136-155(2013)

설계 주제	1) 방글라데시 식수 부족 2) 환경오염을 일으키는 의류폐기물로 인한 방글라데시의 옷무덤 3) 케냐의 식수 부족 4)가나의 쓰레기 처리 5) DDT 살충제로 인한 야생동물 및 거주민의 피해	1) 농사효율 증진을 위한 에디오피아 하라지역 관개용수 불순물 제거 및 정화 2) 라오스 반나미을 빛 문제 개선 3) 베트남 우천 시 교통사고 예방 4) 캄보디아 브로압 거주민을 위한 비스 제거 필터
-------	--	--

이런 방식으로 공학설계 수업을 실시한 결과, 특히 4학년 학생들로부터 매우 긍정적인 피드백을 받았다. 그 중 일부를 아래에 서술하였다.

“디자인사고에 대해 가르쳐주셔서 감사합니다. 글로 다 표현하기는 힘들지만, 개인적으로 저에게 가장 좋은 도구가 되었습니다. 한 학기동안 정말 감사했습니다.”

“이번 캡스톤디자인 강의를 수강하면서 당면한 문제를 어떻게 해결할 것인가에 대한 깊은 생각을 많이 하게 되었습니다. 문제가 명확하게 어떤 것인지 정의 내리고 조원들과 의사소통하여 해결책을 찾는 과정에서 이전에 어떤 점들이 나에게 부족했던 것인지 깨달았던 소중한 기회였다고 생각합니다.”

“디자인 사고와 이에 맞추어 진행되었던 캡스톤 디자인을 조원들과 함께 수행하는 과정을 거쳐 공학자가 마땅히 갖추어야 할 태도에 대하여 배움으로써 진정한 공학자가 되는 길에 한층 더 가까워진 것 같습니다. 이를 잊지 않고 잘 기억해두면 앞으로도 충분히 마주할 수 있는 유사한 상황에 보다 현명하고 성숙한 모습으로 대처할 수 있을 것 같습니다.”

“이번 캡스톤디자인 수업을 통해서 사람들과 공감할 수 있는 귀한 역량을 얻게 되었고, 무엇보다 다른 사람들과 의견마찰을 어떻게 극복해나가는지도 알 수 있는 귀한 시간이었다.”

4.2 청소년 인간중심 E&E 교육

앞서 서술한 바와 같이 필자는 2007년부터 <공학설계입문> 등의 교과목과 적정기술 관련 동아리 등을 통해서 대학생에게 <인간중심 문제해결> 교육을 실시하였다. 하지만 필자가 약 5년 동안 대학생 대상 교육을 실시해 본 결과, 학생들이 대학에 입학하기 전 K-12 교육과정에서부터 공학 교육이 충실하게 진행될 필요가 있음을 느꼈다. 충남대 연구팀이 2013년에 공대 교수들을 대상으로 실시한 설문에서도 대다수의 교수들이 K-12 교육 과정에서 공학 교육이 필요하다고 생각하고 있음을 알 수 있다.

표 4. 공대 교수가 생각하는 K-12 교육에서 공학교육의 필요성¹¹⁾

	빈도	비율
매우 그렇다	36	33.6
그렇다	51	47.7
보통이다	12	11.2
아니다	6	5.6
매우 아니다	2	1.9
합계	109	100.0

하지만 표 5와 6에 보였듯이 공대 교수와 교사 모두 K-12 정규 교육과정에 공학 교육이 매우 적게 포함되어 있다고 생각함을 알 수 있다.

표 5. 공대 교수가 생각하는 정규 교육과정 내 공학 교육 포함 여부¹²⁾

	빈도	비율
매우 적다	58	54.2
적다	37	34.6
보통이다	12	11.2
많다	0	0
매우 많다	0	0
합계	107	100.0

11) 김기수 외, 대한공업교육학회지, 38(2), pp.136-155(2013)

12) 김기수 외, 대한공업교육학회지, 38(2), pp.136-155(2013)

표 6. 교사가 생각하는 정규 교육과정 내 공학 교육 포함 여부¹³⁾

	빈도	비율
매우 적다	17	3.5
적다	188	37.8
보통이다	240	48.2
많다	42	8.5
매우 많다	10	2.1
합계	497	100.0

한편, 미국에서도 기존 STEM¹⁴⁾ 교육의 문제점을 발견하고 이의 해결을 위한 노력이 2009년경부터 시작되었다.¹⁵⁾ 그 당시 미국에서 도출한 기존 STEM 교육의 문제점은 1) 공학교육의 부재, 2)통합성의 결여, 그리고 3)세상의 실제 문제 해결 경험의 결여였다.

필자는 청소년을 대상으로 <인간중심 문제해결> 교육을 실시하면 위에서 언급한 문제점 해소에 다소라도 도움이 될 것으로 생각했다. 이에 2012년 8월에 한밭대에서 <제1회 고등학생 적정기술 캠프>를 개최한 것을 시작으로 지난 10여년간 청소년을 대상으로 <인간중심 문제해결 교육>을 실시하고 있다. 초기에는 이를 <청소년 적정기술 프로젝트>로 명명하였으나, 나중에는 <청소년 인간중심 E&E¹⁶⁾ 교육 프로젝트>로 명칭을 변경하였다. 다음 표에 <청소년 인간중심 E&E 교육 프로젝트>의 ANEA 모델에 대해서 요약하였다.

표 7. <청소년 인간중심 E&E 교육 프로젝트>의 ANEA¹⁷⁾ 모델

Aim(목표)	공감능력을 바탕으로 한 인간중심의 창의·융합형 인재 양성
Name(명칭)	청소년 인간중심 E&E 교육 프로젝트
Elements (구성요소)	적정기술, STEAM, 디자인사고, 가치제안 캔버스, 주가드 이노베이션, 공학설계, 공학학문, 직업 탐구 등

13) 김영민 외, 공학교육연구, 16(5), pp.9-17(2013)

14) Science, Technology, Engineering, Mathematics의 약자

15) Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects", NRC/NAE(2009)

16) Engineering and Entrepreneurship의 약자

17) "요람에 있는 아이를 흔든다"는 의미를 지닌 스페인어

Activities(활동) ¹⁸⁾	청소년 적정기술 캠프, 적정기술-디자인씹킹 워크숍, 청소년 인간중심 문제해결 경진대회, 적정기술-주가드 이노베이션 독후감 공모전, 청소년 적정기술-비즈니스 아이디어 발표대회, 교육자를 위한 적정기술-디자인사고 아카데미, 교육자 인간중심 문제해결 발표대회, 적정기술 R&E 프로젝트, 직업 체험 이벤트 등
-------------------------------	---

2012년부터 2015년까지 고등학교 재학 중 <청소년 인간중심 E&E 교육 프로젝트>에 참가하였던 대학생 68명을 대상으로 2017년에 실시한 설문 결과는 이들이 본 프로젝트에 참가하였던 경험을 비교적 긍정적으로 평가하고 있음을 알 수 있다. 다음 표에 이들이 설문에서 5점 만점으로 응답한 교육만족도를 나타내었다.

표 8. <청소년 인간중심 E&E 교육 프로젝트> 교육 만족도¹⁹⁾

설문 문항	만족도
인간중심문제해결 활동의 내용이 재미있었다.	4.18±0.82
인간중심문제해결 활동은 나에게 유용했다.	4.00±0.79
나는 후배들에게 이 활동 참여를 권하고 싶다.	4.24±0.80
나는 이 활동을 통해 많은 것을 학습하였다고 생각한다.	4.08±0.89
나는 교과활동보다 이 활동을 통해서 더 많은 것을 배웠다.	3.82±1.02
이 활동에서 얻은 경험은 학교에서 이루어지는 다른 활동보다 유익했다.	3.89±0.90

한편, 이들 중 40명은 2017년 현재 공과대학에 재학 중이었는데 이들만을 대상으로 대학의 공학 교육과의 연계성에 대해서 설문한 결과를 다음 표에 요약하였다. 고등학교 재학 중 <청소년 인간중심 E&E 교육 프로젝트>에 참여하였던 경험이 공대 일반 교과목보다 공학설계 수업을 듣는데 상대적으로 도움이 되었음을 알 수 있다.

18) 활동에 대한 자세한 내용은 염주연이 <적정기술> 7권 1호에 기고한 "적정기술과 과학교육"과 적정기술미래포럼 블로그(www.approtech.or.kr)를 참고할 것.

19) 이에 대한 자세한 내용은 염주연이 <적정기술> 10권 1호에 기고한 "제4차 산업혁명 시대에 필요한 창의융합형 인재 양성: 청소년 인간중심 E&E 교육 프로젝트"를 참고할 것.

표 9. <청소년 인간중심 E&E 교육 프로젝트>와 공학 교육과의 연계성

설문 문항	만족도
본 프로그램 참가 경험이 대학에서의 수업 수강에 도움이 되었다.	3.36±1.15
본 프로그램 참가 경험이 대학에서의 공학설계 수업 수강에 도움이 되었다.	3.64±1.20

5. 나가는 글

4차산업혁명으로 대변되는 21세기에는 공감능력에 기초한 인간중심의 창의·융합형 인재가 많이 필요하다. 한편, 공학은 인간중심의 방법을 이용해서 세상의 다양한 문제를 해결하는 학문이며, 공학자는 유능한 <인간중심 문제해결자>가 되려고 부단히 노력해야 한다. 만약 청소년과 대학생들에게 제대로 된 공학교육을 실시할 수만 있다면 21세기에 필요한 역량을 지닌 <인간중심 문제해결자>를 다수 양성할 수 있을 것이다.

지난 15년간 필자가 청소년과 대학생을 대상으로 실시하였던 ‘인간중심 문제해결자(human-centered problem solvers) 양성을 위한 공학교육’ 사례에 대해서 간단하게 살펴보고 있다. 아직까지 그 성과는 미미한 편이며 전국적으로 확산되지도 않은 실정이다. 특히 ‘청소년 인간중심 E&E 프로젝트’의 경우, 코로나 19와 정부의 정시 위주 입시정책으로 인해 지난 2년간 큰 어려움을 겪었다. 이런 어려움에도 불구하고 온택트 대회로 2020년 11월과 2021년 12월에 각각 개최된 <제8,9회 청소년 인간중심 문제해결 경진대회>에 참여한 학생들에게 감사한 마음을 전한다. 사실 세상은 (모든 사람들이 어렵다고 할 때 묵묵히 자기 할 일을 하는) 이런 사람들에 의해서 눈에 띄지 않지만 서서히 변해가는 법이다.

핵심어: 공학교육, 인간중심 문제해결, 적정기술, 디자인사고

편집위원

- 위원장 홍성욱 (suhong@hanbat.ac.kr)
- 부위원장 김만갑 (somangkmg@daum.net)
 박주일 (jipark94@hanbat.ac.kr)
 백승철 (chris@percent.ac)
 염주연 (veilchen@hanmail.net)
 하재웅 (younstory@gmail.com)
- 위원 김지은 (clairejikim@gmail.com)
 김지현 (bpond37@gmail.com)
 박보아 (likenoorth@gmail.com)
 이종현 (presidentjhl@paran.com)
 장은희 (ehc2016@gmail.com)
 허성용 (africainsight@africainsight.or.kr)
 한재윤 (cresco@naver.com)

적정기술, Vol. 14, No. 1, 2022

2021년 12월 27일 인쇄

2022년 1월 1일 발행

발행인 : 홍성욱

발행처 : 한밭대학교 적정기술·블록체인연구소
 적정기술미래포럼(www.approtech.or.kr)

주소 : 대전광역시 유성구 동서대로 125

전화 : 042-821-1536

팩스 : 042-821-1593

인쇄처 : 이미지룩 Tel. 042-627-3105

I S S N 2287-6707
