

공학적 공감능력 검사도구 개발 및 타당화 연구

최성연*·마은정**,†

*동국대학교 공학교육혁신센터 연구교수

**포항공과대학교 창의IT융합공학과 대우부교수

Development and Validation of a Scale to Measure Engineering Empathy

Choi, Sung-Youn*·Ma, Eunjeong** ,†

*Research professor, Innovation Center for Engineering Education, Dongguk University

**Collegiate associate professor, Department of Creative IT Engineering, POSTECH

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop and validate an Engineering Empathy Instrument. Engineering empathy is defined as the ability that encompasses the following three qualities, a skill to interpret social issues and phenomenon that may occur in the process of interactions between human beings and engineering systems, a practical orientation that enables one to take stakeholders' perspectives to carry out an engineering project, and a professional way of being that acknowledges empathic skills and associated practice orientations. Based on this notion, we develop a scale to measure engineering empathy and have surveyed 429 engineering students. Evidence for the validity and reliability of the scale is presented. In conclusion, we find that engineering empathy can be measured and conceptualized as three domains: a Learnable Skill (ELS), a Practical Orientation (EPO), and a Professional Way (EPW). We also find that sophomores show the highest level of engineering empathy as compared with other graders. While students accumulate technical knowledge, their understanding about engineering in social and interpretational contexts gets weakened. This implies that engineering education necessarily emphasizes the impacts of engineering solutions in interpersonal, societal, technologies, and environmental contexts.

Keywords: Engineering empathy, Scale development, Scale validation, Measurement instrument

1. 서 론

지난 2016년 다보스포럼(World Economic Forum)에서는 제 4차 산업혁명이라는 화두를 세상에 제시하고, 물리적 공간과 디지털 공간, 생물학적 공간의 경계를 무너뜨리는 초융합의 시대가 올 것이라고 전망했다(WEF, 2016). 융합기술이 적용되는 분야는 사회문화 영역은 물론 산업구조와 시장경제 모델을 포함한 인류의 생활양식과 직업구조에까지 이를 것으로 전망된다. 이에 우리나라는 물론 세계 여러 나라에서 4차 산업혁명의 도래에 따른 미래사회의 변화에 대응하기 위해 전략을 모색하고 있으며, 이러한 노력들이 교육에도 나타나고 있다.

여러 보고서에서 인공지능, 자동화, 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터 및 이동통신기술 등과 같은 과학기술을 미래사회에

변화를 야기하는 주요 동인으로 지목하고 있다(Dutta et al., 2015; McKinsey & Company, 2016; WEF, 2016). 이처럼 과학기술이 사회 전 영역에 걸쳐 화두로 떠오르면서 해당 기술을 만들 21세기 공학인재가 갖추어야 할 역량에 대한 관심이 어느 때보다 높다.

전통적으로 공학인에게 강조되어 온 주요 역량은 복잡한 물리적 현상을 수학적 모델에 기초하여 공학적 수식이나 모델로 환원하여 문제를 해결할 수 있는 능력이었고, 대학 교육기관의 인재육성 방향도 전문 지식 및 기술 습득과 활용에 초점을 두어왔다. 즉, 사회문화적 쟁점들을 '진정한' 공학 문제와 무관한 것들로 간주하며 기술적 문제와 인간사회의 문제를 구분 지어 생각한다는 것이다. 이러한 교육 환경 속에서 공과 대학생들은 전공 지식이 심화될수록 사회문화적 감수성이 낮아지고, 공학 분야에 대한 이해도가 높아질수록 공학과 사회 문제를 유리 시켜 생각하는 경향이 큰 것으로 나타났다(Cech, 2014).

그러나 공학인이 해결할 문제들은 국제교류와 전염병 문제, 기후변화, 수질 자원, 친환경 에너지 등처럼 사회문화적, 정치

Received August 14, 2020; Revised August 27, 2020

Accepted August 31, 2020

† Corresponding Author: eunjma@postech.ac.kr

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

적, 환경적인 측면들이 복잡하게 얽혀있기 때문에 이들에게는 기술적인 지식뿐 아니라 인간 및 사회문화적 감수성도 중요하다. 더욱이 OECD의 미래사회 인재에게 요구되는 역량에 관한 연구보고서에 의하면 앞으로 학교나 업무환경이 다양해질수록 공감이나 타인존중과 같은 사회적, 감성적 역량이 모든 영역에서 더욱 강조될 것으로 전망된다(OECD, 2019). 따라서 전통적인 공학교육을 보완하고 개선하기 위해서는 전인적인 공학인에 대한 고민과 노력이 필요하고, 나아가 공학적 지식과 기술이 적용되는 대상은 인간과 인간사회이므로 공학과 관련을 맺고 있는 사회와 인간을 이해하고 사회 맥락적 상황에서 공학적 해법을 찾을 수 있어야 한다(Cech, 2014). 선행 연구에서는 이를 위해 공학적 공감능력(Engineering empathy)이 전제되어야 한다고 말한다(Strobel et al., 2013). 이는 최근의 공학과 공학교육 분야에서 감성공학이나 공감디자인, 디자인적 사고와 같은 접근법이 강조되는 것과 같은 맥락이라 할 수 있다.

공학교육인증제도에서도 공학적 해결방안이 사회 환경에 미치는 영향과 관련성을 이해하는 것을 강조하고 학생이 해당 역량을 갖출 수 있도록 교육기회를 제공하고 달성 여부를 평가할 것을 교육기관에 요구하고 있다(한국공학교육인증원, 2015). 이처럼 미래사회의 공학인재들이 견비할 능력 중의 하나로 공감능력이 주목을 받기는 하지만, 공학교육 현장에서 공감능력을 수업의 일부로 가르치는 경우는 드물고, 공학적 공감능력을 측정하기 위한 검사도구도 부재한 상황이다.

이에 본 연구에서는 공학교육의 학습요소로서 공학적 공감능력의 의미와 구성요소를 정의하고, 이를 바탕으로 학습자의 공학적 공감능력 수준을 측정할 수 있는 타당한 측정도구를 개발하고자 한다. 공감능력은 교육경험, 전공, 성별, 인종 등과 같은 교육적·사회적 환경에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(박민수, 2019; 이은아, 2017). 따라서, 감정적 동화, 자기이해, 관점 바꾸기, 소통, 상상력 등과 같은 공감의 보편적 요소들이 공학교육이란 보편적이고 특수한 상황에서 어떻게 전개될 수 있는지를 탐색하여 공학교육에서 공감교육을 제안하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 공학적 공감능력

공감(Empathy)은 의식적으로 타인의 관점을 취하거나 타인의 입장에서 상상할 수 있음을 의미하며 인류의 친 사회적 행위를 잘 반영하는 속성이기도 하다(de Waal, 2012). 공학 이외의 분야에서 공감의 속성 또는 사회문화적 기능에 대한 연구는 상대적으로 활발하게 진행되고 있는 편이며, 공감은 상대가

느끼는 감정에 동화 및 공유할 수 있는 정서적 측면과 상대의 감정을 이해하고 그에 반응할 수 있는 인지적 측면으로 구성되어 있다(Hess et al., 2017; 양희선 외, 2020).

공학 분야에서는 인간중심의 공감디자인(Hosking et al., 2015)이나 인공지능과 로봇 분야에서 인간의 감성과 공감적 상호작용, 로봇의 사회적, 윤리적 주제에 대한 연구에서 공감에 대한 연구를 주로 다룬다(Darling et al., 2015; Darling, 2016; Darling, 2017; Knight, 2014). 이처럼 공학 분야에서는 주로 인간을 위한 기술개발이나 기술과 인간의 공존을 위한 측면에서 기술의 성숙도를 이해하기 위해 공감적 접근을 하는데 비해, 공학교육 분야에서는 맥락적 측면에서 공학과 관련된 사회적 이슈를 이해하고, 그 현상을 공학적 관점에서 해석하기 위한 역량으로서의 공감력과 그에 따른 전문가적 책임감에 주목한다.

2. 관련 선행연구 분석

2011년 이후 공학분야 내에서 공감력에 대한 학문적 논의가 상대적으로 활발하게 진행되고 있다(Hess et al., 2017). 선행 연구에 의하면 공학기술 설계에 공감디자인을 적용하고, 공학교육에 공감능력 사례를 소개하는 것은 공과대학생들의 소통능력의 증진, 사고력 향상, 공동체 참여와 같은 소프트 스킬(Soft skills)의 함양에 도움이 된다(Hosking et al., 2015). 특히 현직 공학인의 경우 현장에서 전문 공학인으로 일한 경험이 많을수록 공학관련 공감능력의 중요성이나 파급력에 대해 높이 평가하고, 학습을 통해 함양될 수 있는 능력이라고 규정한다. 반면 공과대학생들은 공학 연구나 응용 과정에서의 공감능력의 중요성은 인지하고 있으나 실제 공학 설계에 공감을 적용하는 방법은 모르는 경향이 있고 (Hess et al., 2017), 공감능력의 중요성은 인지하고 있지만, 공학의 핵심요소로 인식하기 보다는 공학 외적인, 부수적인 능력으로 생각하는 경향도 있었다(Fila & Hess, 2016).

공감에 대한 이들의 연구에서 주목할 점은 공감의 중요성을 느끼고 있는 공학인에게서 표현되는 공학에 대한 이분법적 이해이다. 이들은 공학적인 지식과 기술(Hard skill)과 소통능력이나 공감과 같은 비공학적 스킬(Soft skill)을 구분하는 경향이 있고, 공감능력에 대한 필요성은 전문 공학인보다는 개인으로서 중요하게 느끼는 것으로 나타났다. 예를 들어, 전문 공학인과 공대교수를 대상으로 공감능력의 필요성에 대한 인식 조사연구(Hess et al., 2017)와 학생들을 대상의 연구(Hosking et al., 2015)를 비교하면, 두 집단 모두 의사소통이나 조직관리 능력과 같은 전문인의 소프트 스킬 역량을 고려할 때 공감능력의 중요성을 강조하고 있었다. 특히 국제화가 가속화되면

서 공감능력을 지닌 리더가 다양한 문화, 사회는 물론 가상의 디지털 환경과 실제 환경에서의 협력에 더 잘 적응한다는 연구도 있다(Walther et al., 2017).

박민수(2019)는 로봇과 인간의 상호작용에 대한 연구를 통해 공감능력은 개인의 교육 경험이나 생물학적, 환경적 요인에 의해 영향을 받으며 융합교육과 가치 중심의 이공계 교육, 팀 프로젝트형 수업이나 활동을 통해 감성지능이나 공감능력의 훈련이 가능하다고 주장한다. 이러한 선행 연구에 대한 이해를 바탕으로 공학적 공감능력을 재정의하고 측정하기 위한 방안을 모색하고자 한다.

3. 공학적 공감능력의 핵심 개념

본고에서는 Walther 등(2017)이 제안한 공학에서 공감모델에 근거하여 한국적 맥락에서 측정가능한 공학적 공감을 정의한다. 공학 분야에서 공감능력은 학습 가능한 기술(Empathy as a Learnable Skill, ELS), 실천적 성향(Empathy as a Practical Orientation, EPO), 그리고 전문가로서의 존재양식(Empathy as a Professional Way, EPW)의 세 가지 핵심 요소로 구성되어 있다. 이들 세 가지 요소는 상호 유기적으로 연결되어 있으며, 학습 가능한 기술적 측면은 공감의 개념을 정의하고, 실천적 성향 측면은 공감의 개념의 기초하여 공감을 실제 맥락에서 실천하는 전략적이고 방법론적인 내용을 포함한다. 개념과 실천으로서 공감에 이어 전문가로서의 존재양식은 전인적 공학인이 되기 위한 전문가 사회 내에서의 암묵적, 실천적 규범 그리고 개인적 수준에서의 도덕적 규범 등을 포함한다. 각각의 의미를 기술하면 다음과 같다.

가. 학습 가능한 기술로써 공감(공감기술, ELS)

공감기술은 상대와의 소통이나 관계형성, 의사결정을 위한 기초가 되는 요소로 심리적, 사회인지적, 분석적 능력이 복합적으로 작용한다. Walther 등(2017)은 이러한 공감기술은 감정동화와 상대관점 및 상황에 대한 분석적 능력을 필요로 하며, 학습을 통해 향상시킬 수 있다고 주장한다.

공감기술은 감정적인 상태를 공유하는 심리적 동화, 감정적 몰입과 전이, 상대의 관점을 이해하기 위해 의식적으로 노력하는 인지적 동화, 상황의 내면적 객관화를 통한 감정조절, 그리고 공학적 지식의 기술적, 사회적 가치를 느낄 수 있는 능력으로 구성되며, 이들은 서로 상호 유기적으로 연결되어 작용한다.

나. 실천적 태도로써 공감(공감적 태도, EPO)

학습을 통해 획득한 공감기술을 현실적 문제해결과 같은

실천의 영역에 적용하기 위해서는 의식적인 노력이 필요하다. 공감의 두 번째 요소인 실천을 위한 공감적 태도는 공학적 이론에 근거한 기술적 지식 이외에도 주관적 경험 및 주어진 현상에 대한 다른 해석과 관점에 대해 열려있는 태도와 관련이 있다. 문제해결 및 의사결정 과정에서 공학적 지식만을 고집하는 것이 아니라 관련 이해관계자들의 경험과 다양한 지식에 가치를 부여하고, 그들을 동등한 지식을 가진 동료이자 자원으로 존중하는 의식적인 행위로서 인식론적 개방성, 인식론적 확장, 성찰적 가치, 다원적 가치를 포함한다.

다. 전문가의 내재된 행동 양식으로의 공감(공감적 행동 양식, EPW)

공학인이 갖추어야 하는 역량으로 공감능력이 인정받기 위해서는 앞서 언급한 공감의 두 측면이 공학자 사회 내에서 공학과 관련한 담론이나 실천 양식에 융합되어야 한다. Walther 등(2017)은 전문가적 존재양식으로서 공감능력의 중요성을 강조한다. 공학의 일차적인 목적은 사회와 인류에 대한 편리함의 제공에 있다. 그러나 공학의 사회적 영향력을 고려한다면, 공학의 내용이나 기술의 대상을 환경, 동물, 사회문화적 맥락 등으로 확장시켜 공동체적 관점에서 이해하고 실천해야 한다. 공감적 행동양식 영역에는 전문가로서의 사회적, 도덕적, 그리고 윤리적 책무를 이해하고 전문지식이 사회, 인류, 환경 등을 포함한 인류에 주는 영향과 그 한계를 인식하는 것을 포함한다.

III. 연구 방법

1. 연구대상

서울에 소재하는 2개 대학교의 공과대학에 재학 중인 대학생을 대상으로 2017학년도 2학기부터 2019학년도 1학기 사이에 설문조사를 실시하였으며, 총 429명(여학생 192명, 44.8%)이 공학적 공감능력 측정을 위한 설문에 응답하였다 (Table 1 참고).

Table 1 Participants of Study

Grade	Male	Female	Total
Freshman	91	68	159
Sophomore	39	58	97
Junior	38	33	71
Senior	69	33	102
Total	237	192	429

2. 공학적 공감능력 개념들과 검사도구 개발

가. 공학적 공감능력 개념들

본 연구에서는 공학적 공감능력을 인간과 공학적 시스템이 상호작용하는 과정에서 발생하는 사회적 이슈와 현상을 해석하고 공학적 실천을 수행하기 위하여 이슈와 관련 있는 사람이나 사물, 동물, 시스템 등의 이해관계자들의 관점을 이해하고, 감정을 공유하는 능력으로 정의한다. 공학적 공감능력은 전문 분야 지식뿐만 아니라 공학과 사회와의 관계성을 인지하고, 이와 관련된 윤리적 감수성 및 사회적 책임을 갖추는데 필요하며, 나아가 공학 지식의 범주 및 대상에 대해 다원적이고 유동적인 사고를 바탕으로 문제를 해결하는 것을 가능하게 한다.

이러한 공학적 공감능력의 정의와 특징을 반영하여 공감능력을 기술, 태도, 방법 측면으로 구분하였으며, 요인별로 4-5개의 하위요인으로 구성하였다(Table 2 참고).

Table 2 Framework of Engineering Empathy

	Sub-Categories
1. Empathy as a Learnable Skill (ELS)	Affective sharing
	Emotional immersion
	Perspective taking
	Emotional regulation
	Value awareness
2. Empathy as a Practical Orientation (EPO)	Epistemological openness
	Expanded view in engineering
	Reflective values awareness
	Values pluralism
3. Empathy as a Professional Way (EPW)	Influence in society
	Professional-client relationship
	Engineers as professionals
	Relative value of engineering

나. 검사도구 개발

공학적 공감능력 측정을 위한 검사도구(Engineering Empathy Instrument, EEI)를 개발하기 위하여 리커트 형식의 5점 척도로 이루어진 전체 64개 예비 문항을 작성하고, 문항의 양호도를 검토하였다. 개별 문항의 기술통계를 비롯하여 문항 간의 상관 및 문항과 총점 사이의 상관을 산출하였다. 개별 문항 사이의 상관이 지나치게 낮거나 높은 문항의 경우 (Pearson's $r < 0.2$ 또는 $r > 0.6$), 개별 문항과 총점 사이의 상관이 0.4 미만인 경우($r < 0.4$)에 문항의 내용 타당도 검토를 통해 삭제하였다. 또한, 개념들의 구조와 요인별 문항을 탐색하여

구조타당도 확보를 위하여 탐색적 요인분석(Exploratory factor analysis)을 실시하였다. 요인분석에는 주축요인 추출법(Principal axis factoring)의 배리맥스(Varimax) 직교회전 방식을 사용하였으며, 초기의 공유값이 0.3 이하 이거나 요인 적재량이 0.4이하인 문항, 두 개 이상의 요인에 적재된 문항에 대해 내용 적절성을 검토한 결과를 바탕으로 최종 24개 문항을 확정하였다.

다. 검사문항 내용 타당도 검증

공학적 공감능력의 정의와 개념들을 비롯하여 문항의 내용 타당도 검증을 위하여 전문가 검토를 시행하였다. 전문가 검토에는 공학, 이학, 교육학, 사회학 분야의 연구경력 10년 이상의 전문가 5명이 참여하였으며 그 결과는 Table 3과 같다. 최종 선정된 24개 문항에 대한 전문가 타당도 평균은 4.53으로 높은 수준이며, 내용타당도 지수(Content Validity Index, CVI)는 0.81로 검사도구가 타당함을 확인할 수 있었다(Rubio et al., 2003).

Table 3 Result of Content Validity

Major	Content Validity	
	Mean	S.D.
Engineering (1)	4.73	0.65
Engineering (2)	4.35	0.71
Natural Science	4.40	0.63
Education	4.78	0.54
Social Science	4.38	0.89
Total	4.53	0.68

3. 분석방법

최종 선택된 문항을 이용하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 온라인으로 진행되었으며, 수집된 자료를 이용하여 확인적 요인분석(Confirmatory factor analysis)을 통한 공학적 공감능력 개념들과 검사도구의 구성 타당도를 확보하고, 공과대학 학생의 공학 공감능력 수준을 성별, 학년별, 영역별로 비교분석하였다.

IV. 연구 결과

1. 검사도구의 요인분석 결과

공학적 공감능력 개념들과 검사도구의 구성 타당도를 확인하기 위하여 확인적 요인분석을 시행하였다(Table 4 참고). 최종 검사도구의 3개 요인으로 설명된 총분산은 72.21%로 설명력이

Table 4 Result of Factor Analysis

Item Number	Factors			Cronbach Alpha(α)
	1	2	3	
Q1	0.689			0.882
Q2	0.606			
Q3	0.688			
Q4	0.610			
Q5	0.782			
Q6	0.485			
Q7	0.403			
Q8	0.643			
Q9	0.762			
Q10	0.761			
Q11		0.391		0.746
Q12		0.819		
Q13		0.324		
Q14		0.827		
Q15		0.411	0.382	
Q16		0.683		
Q17		0.816		
Q18			0.379	0.828
Q19	0.301		0.499	
Q20			0.649	
Q21			0.715	
Q22			0.709	
Q23			0.817	
Q24			0.782	
Eigenvalues	6.428	2.712	1.108	
KMO=.844, Bartlett's $\chi^2=5706.131$ ($p<.001$)				0.807

높았으며 통계적으로 유의한 값을 가졌다($p<.001$). 또한, 최종 24개 문항의 신뢰도는 크론바흐 알파 0.807로 높은 신뢰수준을 보인다. 최종 선정된 검사도구의 요인구성은 다음과 같으며, 검사문항은 [부록]에 제시하였다.

2. 공과대학 학생의 공학 공감능력 측정 결과

전체적으로 공학 분야에 대한 공감능력 수준은 3.59로 양호한 수준이었으며, 공감기술(ELS)과 공감적 태도(EPO) 영역이 상대적으로 높고, 공감적 행동양식(EPW) 영역이 낮았다($F=61.09, p<.001$). 또한, 성별을 비교하였을 때 여학생의 공학 공감능력 수준이 높으며($t=3.95, p<.001$), 특히 공감적 태도와 행동양식 영역에서 그 차이가 유의했다(Table 5 참고).

가. 공학 공감능력 수준의 학년별 비교

공학 공감능력을 학년별로 비교한 결과 전체적인 경향은 2학년이 높고, 3, 4학년과 1학년의 수준이 낮았으며, 학년별 차이는 통계적으로 유의하다($F=5.04, p=.002$). 사후에 의한 사후 분석 결과에 의하면 2학년이 1, 4학년에 비해 높은 것이 학년 차이를 만들었음을 알 수 있다.

영역별로 살펴보면 공감기술영역(ELS)에서는 2, 3학년의 공감 수준이 1학년에 비해 높고($F=5.86, p=.001$), 공감적 행동양식(EPW) 영역에서 2학년이 1, 4학년에 비해 높았다($F=4.04, p=.007$). 공감적 태도 영역(EPO)은 전체적으로는 학년차이가 관찰되었으나 사후검증에서는 통계적으로 유의하지 않았다(Table 6 참고).

Table 5 Engineering Empathy Level by Gender

Categories	Male		Female		Total		Diff. (M-F)	t	p
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.			
ELS	3.70	0.44	3.73	0.35	3.71	0.40	-0.02	-0.59	0.555
EPO	3.59	0.50	3.69	0.46	3.63	0.49	-0.10	-2.22	0.027
EPW	3.21	0.54	3.55	0.51	3.36	0.56	-0.34	-6.69	<.001
Empathy	3.53	0.39	3.67	0.34	3.59	0.37	-0.14	-3.95	<.001

Table 6 Engineering Empathy Level by Grade

Categories	Freshman		Sophomore		Junior		Senior		F	p	Post hoc
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.			
ELS	3.62	0.39	3.80	0.32	3.81	0.44	3.71	0.41	5.86	0.001	1<2,3*
EPO	3.56	0.46	3.72	0.44	3.73	0.49	3.59	0.54	3.41	0.018	-
EPW	3.37	0.54	3.51	0.58	3.32	0.55	3.25	0.54	4.04	0.007	4,1<2*
Empathy	3.53	0.35	3.69	0.36	3.64	0.37	3.54	0.40	5.04	0.002	4,1<2*

* $p<0.05$

나. 공학적 공감기술(ELS) 특성

공학적 공감기술(ELS)은 성별차이가 나타나지 않은 영역으로 상대적으로 공감적 태도(EPO)와 행동양식(EPW)에 비해 평균 점수가 높았다. 하위영역을 살펴보면 감정적인 상태를 공감하는 심리적 동화(M=4.10)는 높게 나타났으나, 몰입을 통해 전이에 도달하는 감정적 전이(M=3.28)와 공감 상태에서 역전이 하는 능력(M=3.15)이 통계적으로 유의하게 낮았다(Table 7 참고).

Table 7 Comparison of Sub-categories of ELS

Sub-Categories	Mean	S.D.	F	p
Affective sharing	4.10	0.74	89.35	<.001
Emotional immersion	3.48	0.63		
Perspective taking	3.77	0.69		
Emotional regulation	3.15	1.08		
Value awareness	3.76	0.64		

다. 공학 공감적 태도(EPO) 특성

공감적 태도(EPO)는 여학생이 남학생보다 높은 영역으로, 하위영역을 살펴보면 공학의 다원적 가치에 대한 인식과 참여 태도 수준(M=4.11)은 높았으나, 공학의 고유 가치를 비롯하여 개인적, 사회적 차원에서의 성찰적 가치에 대한 인식 수준(M=3.24)이 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다(Table 8 참고).

Table 8 Comparison of Sub-categories of EPO

Sub-Categories	Mean	S.D.	F	p
Epistemological openness	3.76	0.75	110.19	<.001
Expanded view in engineering	3.66	0.63		
Reflective values awareness	3.24	1.07		
Values pluralism	4.11	0.65		

라. 공감적 행동양식(EPW) 특성

공감적 행동양식(EPW)은 여학생의 인식수준이 높았으며, 공학 공감능력을 구성하는 세 영역 중에서 평균이 가장 낮게 나타났다. 공감적 행동양식은 전문가가 보이는 행동과 관련이 있으며 공학 전문가 수준의 내재화된 공감을 의미한다. 하위영역을 살펴보면 공학기술의 상대적 가치와 한계를 인식하는 수준(M=3.65)은 비교적 높았으나, 사회적 영향력에 대한 책임(M=3.24), 공학기술과 대상과의 관계(M=3.29), 전인적 전문가로서의 개인적 성장과 성찰적 태도(M=3.22) 측면에서 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다(Table 9 참고).

Table 9 Comparison of Sub-categories of EPW

Sub-Categories	Mean	S.D.	F	p
Influence in society	3.24	0.75	24.36	<.001
Professional-client relationship	3.29	0.63		
Engineers as professionals	3.22	1.07		
Relative value of engineering	3.65	0.65		

V. 결론 및 시사점

본 연구에서는 공학적 공감능력 검사도구를 개발하고 타당화 검사를 진행했다. 그 연구결과를 토대로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다. 먼저 학년 비교 결과에 의하면 전체적으로 2학년의 공감능력이 1학년과 3학년에 비해 높았다. 특히 공감적 행동양식은 2학년이 높고, 3, 4학년이 낮게 나타났는데 이는 Cech(2014)의 학년이 높아질수록 공학계열 학생의 지식 전문성은 높아지지만, 사회적 맥락성과 관계성은 낮아진다는 연구결과와 같은 맥락으로 해석할 수 있다. 이외에도, 공감능력은 교육경험, 전공, 젠더 등을 포함한 교육적·사회적 환경에 영향을 받을 수 있으며(김혜리, 2017; 박민수, 2019; 이은아, 2017; 최정아, 2019), 전공에 따라 특수한 공감적 속성을 공유할 수도 있다(양희선 외, 2020). 예를 들어, 문과나 인문학 전공자에 비해 이과생 또는 자연과학 전공자들의 공감적 표현력이 낮은 성향을 보이기도 하나, 문제 상황과의 공감에서는 이과생들이 더 높은 성향을 보이기도 한다는 것이다. 선행연구에 비추어 본 연구결과를 해석하면, 전공분야에 대한 지식이 심화될수록 공학이란 범주가 전공이란 범주로 제한되는 경향이 나타난다. 공감적 행동양식은 실천과의 관계적 속성을 띠고 있는데, 이는 타학문, 사회, 타인과의 관계 속에서 본인의 학문에 대해 이해하고 실제 문제에 적용 또는 응용할 수 있는 역량과 관련되어 있다. 때문에, 2, 3학년 학생에 비해 4학년 학생에게서 공학적 공감능력이 상대적으로 낮게 나왔다는 것은, 전공분야의 전문적 지식이 깊어지면서 교육적 환경과 경험이 전공으로 제한되고 인간이나 사회, 문화를 비롯하여 다른 분야와의 융합과 같은 관계적 맥락과는 유리되어 파악하는 경향이 높아지는 것으로 유추해볼 수 있다.

성별비교 결과를 살펴보면 대체로 여학생의 공감능력이 남학생에 비해 상대적으로 높았으며, 특히 사회적인 책임감이나 윤리적 책임감과 같은 전인적인 영역에서의 인식 수준이 높았다. 전인적인 영역은 관계적 맥락과 속성을 반영하는 영역으로 공동체의 일원으로서의 자기 인식이나 직업의식과 관련 있다. 즉, 감정의 동화나 동정을 넘어서서 타인의 관점을 이해하여 이를 직무 영역에 실천할 수 있는 인지적 공감능력에서 여성이 남성에게 비해 공감능력이 더 높게 나타난 기존 연구결과와도 유사하

다(Hojat et al., 2002).

학생들의 공감기술(정서적 동화, 감정적 전이, 인지적 동화, 감정조절, 사회적 가치 인식) 수준을 분석한 결과에 의하면 사람이나 사물에 정서적, 인지적 동화 능력은 높지만, 몰입을 통한 전이나 감정 조절 능력이 부족한 것으로 나타났다. 상대의 관점에서 상황을 이해하고, 이를 객관화할 수 있는 능력이 감정적 동화능력에 비해 약하다는 것이다. 디자인적 사고과정에서는 사건이나 구성원과의 깊이 있는 몰입을 통한 공감 단계를 강조한다(Carroll et al., 2010). 또한, Kouprie와 Visser(2009)은 공학 설계에서의 공감은 발견, 몰입, 연결, 분리 과정을 통해 진행되며, 몰입을 통해 문제인식이 가능하다고 설명한다. 즉, 공학적 문제를 정의하고 해결 전략을 수립하기 위해서는 몰입을 통한 공감이 바탕이 되어야 하며, 나아가 문제와 나의 경험, 지식과의 관련성을 맺는 과정과 그 상황으로부터의 분리가 필요함을 알 수 있다. 따라서, 공학적 문제해결 과정에서 문제를 정의하고 해결방안을 설계하는 데는 인지적, 감정적 전이가 이루어져야 하며, 공학적 지식을 바탕으로 개인이 속한 사회적 공동체와 공학적 맥락에서 사건을 해석할 수 있어야 한다. 이에 감정적 전이와 감정조절 역량 함양을 위한 학습기회의 제공이 필요하다.

공학적 공감능력에서의 성장적 가치는 공학의 고유한 가치뿐만 아니라 개인적, 사회적 차원에서 공학과 공학인이 미치는 영향력에 대한 인식과 태도를 일컫는다. 그러나 공학이 인류사회에 미치는 영향력에도 불구하고, 공학과 사회의 관계적 관점에서 공학인의 역할과 공학의 사회적 기능에 대해 인지하는 공감역량은 낮은 것으로 나타났다. 이와 유사하게 학생들도 공학 가치의 다원성에 대해서도 낮은 공감능력을 보이고 있었다.

마지막으로 공학적 공감능력의 다원적 가치는 공학에 다양한 가치가 존재함을 인식하고 수용하는 태도를 말한다. 공감기술에서의 공학적 가치나 공감적 태도의 다원적 가치와 함께 공학기술의 사회적 가치를 이해하고 가치의 다양성을 수용할 수 있는 태도 또한 중요하다. 이는 공학기술의 윤리적 측면과 연결되는 인식과 태도로 볼 수 있으며, 공학기술이 사회적, 정치적, 문화적 상황에 따라 다양한 가치를 지닐 수 있음을 의미한다. 즉, 특정계층이나 성별, 인종, 사회에서 유의미한 공학적 가치가 다른 사회에서도 보편적으로 받아들여지지 않을 수 있음을 의미한다. 이러한 공감능력의 다원적 가치는 공학기술의 사회적 영향력에 대한 다양한 사례를 통해 학습될 수 있을 것이다.

이상의 결론을 바탕으로 시사점을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 기술이 인간사회와 관계하는 방식과 양상이 복잡해지고 다양해지면서 공학적 공감능력에 대한 사회 맥락적 중요성은 지속적으로 강조되고 있다. 이러한 배경 속에서 소프트스킬 영역

의 역량과 공학적 전문기술을 이분화하여 구분 짓는 공학계의 접근을 지양할 필요가 있다. 따라서 전문 공학교육 속에서 공감적인 접근과 공감적 이해와 태도를 바탕으로 하는 교육이 필요하다. 또한, 지식 교육을 통해 최종적으로 함양해야 하는 역량이 전문가적 윤리성과 책임감과 관련되어 있음을 유념할 필요가 있다. 때문에, 본 연구 결과에서 시사하는 바처럼 학부 4학년에서 관계적 맥락성에서 공감능력이 상대적으로 약화되는 경향이 있다면, 캡스톤디자인과 같은 프로젝트형 수업에서 문제 정의와 활용 단계에서 공감바탕의 접근을 시도할 필요가 있다. 디자인적 사고로 알려진 공감적 접근 방법을 통해 인간, 사회, 문화, 다른 분야와의 상호작용적 맥락 속에서 공학주제를 다룸으로써 공감능력을 함양할 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 현대 문명생활에서 공학과 직접적 또는 간접적으로 관계있는 크고 작은 사고는 발생한다. 공학인은 관련 분야 전문 지식과 기술을 보유하고 있기 때문에 공학기술이 인류사회에 미치는 영향력에 대해 비판적 성찰을 할 수 있는 도덕적이고 윤리적인 역량이 중요하다(정진우, 2010). 인공지능, 로봇, 등으로 대표되는 4차 산업혁명 시대 공학의 영향력이 높아짐에 따라 공학 전문가의 책임감, 윤리에 대한 교육이 지속적으로 강조되어야 한다. 더욱이 여러 연구에서처럼 공감의 개념화는 공학윤리로부터 이끌어 낼 수 있다(Harris, et. al., 2013; Van de Poel & Royakkers, 2011; Whitbeck, 2011). 공학적 공감 개념이 실질적으로 적용 가능한 개념이 되기 위해서는 산업사회와의 연결성, 전문가로서의 윤리성과 책임감을 바탕으로 할 때 가능하다. 따라서 공학윤리를 교수함에 있어 사건으로서의 공학윤리의 쟁점을 다루는 것이 아니라 공학자가 사회, 기술, 이해관계자들과의 관계성 속에서 간접 경험하는 기회를 제공해야 할 것이다.

셋째, 공학에서 중요한 역량 중의 하나는 복잡한 사회현상을 수학적이고 공학적인 모델링으로 전환할 수 있는 문제해결력이다. 그런 이유로 타인의 관점에서 현상을 이해하고 객관화할 수 있는 공감능력은 중요하며, 이는 교육을 통해 훈련될 수 있다(Goldstein & Goedhart, 1973; LaMonica et al., 1976). 최근의 기술발전으로 인해 사회 현상을 데이터로 기록하는 것이 가능하게 되었다. 빅데이터 분석의 관점에서 데이터 분석을 하는 데 있어 사회 맥락적인 관점을 고려하고, 사회현상을 해석하는 데 있어 공학적인 기술을 활용할 수 있도록 정보·데이터 소양 함양을 위한 교육이 필요하다.

마지막으로 공학의 궁극적인 목적이 인류 복지 증진과 사회 발전에 기여하는 것임을 고려할 때, 공학인이 기술의 사회문화적 속성 및 인간사회에 대해 폭넓게 이해하는 것은 공학의 발전에 중요하다. 그러나 이런 전문가적 행동양식은 학생이 스스

로 개발하는 데 한계가 있으며 맥락성이 배제된 상황에서는 습득하기 어렵다(Walther et al., 2017). 따라서 학생들에게 사회 속에서 공학자가 된다는 것이 의미하는 바가 무엇인지를 깨닫고, 사람과 사물, 심지어 환경까지 포함하는 다양한 이해관계자들과의 관계성을 경험함으로써 그 안에서 가치를 발견하고 키울 수 있는 전문적인 실습 경험을 제공할 필요가 있다. 이러한 맥락은 현장실습이 추구하는 서비스러닝(Service learning)과 그 교육적 방향을 같이 한다. 현장실습은 실제 작업현장의 맥락 속에서 공학기술이 지역사회 속에서 어떤 관계성을 갖고 있는지를 경험할 수 있는 기회이다. 따라서 현장실습이 단순히 전공지식을 적용하고 현장을 체험하는 데에서 그치는 것이 아니라, 현장의 이해관계자와의 공감, 다루고 있는 공학기술의 목적과 영향력, 과학기술 그 자체를 공학인을 중심에 두고 고민할 수 있는 기회가 될 수 있도록 교육 목표를 정교화할 필요가 있다. 이상으로 전인적인 공학인의 양성을 위하여 공학적 공감능력은 제고되어야 하며, 이는 공학인의 전문성 확립에 주요한 역량이 될 것으로 기대된다.

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2019 R111A1A01059354)

참고문헌

1. 한국공학교육인증원(2015). *공학교육인증기준 2015(KEC2015)*. <http://www.abeek.or.kr/intro/stendard>.
2. 박민수(2019). 공감력, 4차 산업혁명시대에 무엇을 의미하는가?. *공학교육연구*, 22(1), 16-21.
3. 정진우(2010). 공학윤리에서 엔지니어의 사회적 책임—실질적 교수법. *인문학연구*, 37(1), 251-281.
4. 김혜리(2017). 인스타그램로서의 공감하기-체계화하기. *인간연구*, 33, 113-141.
5. 이은아(2017). 대학생 공감능력 향상을 위한 공감교육 연구 - 이화여대 <호모엠펙티쿠스: 소통, 공감, 신뢰> 교과목 사례를 중심으로 -. *교육문화연구*, 23(5), 149-168.
6. 최정아(2019). 공과대학생의 대인관계 문제, 정서인식명확성, 공감능력탐색. *공학교육연구*, 22(6), 64-73.
7. 양희선 외(2020). 과학 수업에서 공감 요소의 분석: 일반적 공감 요소와의 비교를 중심으로. *현장과학교육*, 14(2), 245-258.
8. Carroll, M. et al.(2010). Destination, imagination and the fires within: Design thinking in a middle school classroom. *International Journal of Art & Design Education*, 29(1), 37-53
9. Cech, E. A.(2014). Culture of disengagement in engineering education?. *Science, Technology, and Human Values*, 39(1), 42-72.
10. Darling, K.(2015). 'Who's Johnny?' Anthropomorphic framing in human-robot interaction, integration, and policy. In P. Lin, G. Bekey, K. Abney, & R. Jenkins (Eds.), *Robot ethics 2.0*. Oxford University Press, 2017, Forthcoming, Available at <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2588669>.
11. Darling, K., Nandy, P. & Breazeal, C.(2015, August). Empathic concern and the effect of stories in human-robot interaction presented at *2015 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 770-775). IEEE.
12. Darling, K.(2016). Extending legal protection to social robots: The effects of anthropomorphism, empathy, and violent behavior towards robotic objects. In R. Calo, A. M. Froomkin, & I. Kerr (Eds.), *Robot law*. Edward Elgar Publishing.
13. de Waal, F. B.(2012). The antiquity of empathy. *Science*, 336(6083), 874-876.
14. Dutta, S., Geiger, T. & Larvin, B.(2015). *The global information technology report 2015*. In World Economic Forum (Vol. 1, No. 1, pp. 80-85).
15. Fila, N. D. & Hess, J. L.(2016, June). In their shoes: Student perspectives on the connection between empathy and engineering presented at *2016 ASEE Annual Conference & Exposition*, New Orleans, Louisiana. 10.18260/p.25640
16. Goldstein, A. P. & Goedhart, A.(1973). The use of structured learning for empathy enhancement in paraprofessional psychotherapist training. *Journal of Community Psychology*, 1, 168-173.
17. Hess, J. L. et al.(2017). Insights from industry: A quantitative analysis of engineers' perceptions of empathy and care within their practice. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 1128-1153.
18. Hosking, I. et al.(2015). Empathic engineering: Helping deliver dignity through design. *Journal of medical engineering & technology*, 39(7), 388-394.
19. Knight, H.(2014). *How humans respond to robots: Building public policy through good design*. Brookings.
20. Kouprie, M. & Visser, F. S.(2009). A framework for empathy in design: Stepping into and out of the user's life. *Journal of Engineering Design*, 20(5), 437-448.
21. LaMonica, E. L. et al.(1976). Empathy training as the major thrust of a staff development program. *Nursing Research*, 25, 447-451.
22. McKinsey & Company.(2016). *The new plastics economy—rethinking the future of plastics*. Ellen MacArthur Foundation.

23. Hojat, M. et al.(2002). Physician empathy: Definition, components, measurement, and relationship to gender and specialty. *American Journal of Psychiatry*, 159(9), 1563-1569.
24. OECD(2019). *OECD Future of education and skills 2030: Conceptual learning framework*, www.oecd.org/education/2030-project/.
25. Rubio, D. M. et al.(2003). Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research. *Social Work Research*, 27(2), 94-104.
26. Strobel, J. et al.(2013). Empathy and care within engineering: Qualitative perspectives from engineering faculty and practicing engineers. *Engineering Studies*, 5(3), 137-159.
27. Walther, J, Miller, S. E. & Sochacka, N. W.(2017). A model of empathy in engineering as a core skill, practice orientation, and professional way of being. *Journal of Engineering Education*, 106(1), 123-148.
28. World Economic Forum.(2016, January). *The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution*. In Global challenge insight report. Geneva: World Economic Forum.
29. Harris Jr, C. E. et al.(2013). *Engineering ethics: Concepts and cases*. Cengage Learning.
30. Van de Poel, I. & Royakkers, L.(2011). *Ethics, technology, and engineering: An introduction*. John Wiley & Sons.
31. Whitbeck, C.(2011). *Ethics in engineering practice and research*. Cambridge University Press.



최성연 (Choi, Sung-Youn)

2009년: 이화여자대학교 과학교육학 박사
 2015년~현재: 동국대학교 공학교육혁신센터 연구교수
 관심분야: 공학교육인증, 창의융합교육, 인공지능교육
 E-mail: choisung@dongguk.edu



마은정 (Ma, Eunjeong)

2008년: 코넬대학교 과학기술학 박사
 2011년~현재: 포항공과대학교 창의IT융합공학과 대우조교수 및 부교수
 2018년~현재: 연세대학교 겸임교수
 관심분야: 융합공학교육, 기술문화, 의료 및 헬스케어
 E-mail: eunjma@postech.ac.kr

[부록] 공학적 공감능력 측정을 위한 검사문항

구분	하위구분	문항번호	설문문항	기타
공학적 공감기술	심리적 동화	1	고통을 받고 있는 사람들에 대한 뉴스를 보면 나도 고통스럽다.	
		2	나는 슬퍼서 우는 사람들을 보더라도 아무렇지 않다.	역변환
	감정적 전이	3	나는 다른 사람들과 대화할 때 그들의 이야기와 상황에 빠져든다.	
		4	나는 사회적 문제가 발생해도 신경이 쓰이지 않는다.	역변환
	인지적 동화	5	나는 다른 사람의 견해에 동의하지 않더라도, 그 견해를 이해하려고 노력한다.	
		6	그 이유를 항상 알 수는 없지만, 다른 사람들은 종종 내가 둔감하다고 한다.	역변환
	감정조절 능력	7	나는 때로는 다른 사람의 감정이나 상태에 지나치게 몰입하여 혼란을 겪기도 한다.	역변환
	공학적 가치 인식	8	전쟁 중에 고통 받는 민간인에 대한 뉴스를 보면, 군사 기술 개발의 필요성에 대해 고민하게 된다.	
		9	기술에 대한 뉴스를 볼 때, 그 기술이 누구에게 도움이 될지 생각하게 된다.	
		10	공학 기술의 가치는 사람이 놓인 상황에 따라 다르게 결정될 수 있다.	
공학 공감적 태도	인식론적 개방성	11	공학기술의 사회적 가치는 전문가 집단에서 판단할 문제이므로, 학생은 공학지식을 배우는 데에 집중해야 한다.	역변환
		12	공학적 문제해결은 인간과 사회에 대한 관심으로부터 시작한다.	
	인식론적 확장	13	좋은 기술은 언제나 좋은 사회를 만든다.	역변환
		14	공대 학생들이 기술발전과 환경, 공학기술의 지속가능성에 대해 배우는 것이 중요하다.	
	성찰적 가치	15	기술의 오남용을 막기 위해서는 개인의 노력보다는 법과 규제를 강화해야 한다.	역변환
		16	공대학생들은 대학에서 윤리와 철학에 대해 깊이 생각할 기회를 가져야 한다.	
다원적 가치	17	과학기술은 그 사회의 윤리, 법률, 정치적 상황 등으로부터 자유롭게 평가되어야 한다.	역변환	
공감적 행동양식	사회적 책임감	18	사회적 재난이 발생 하였을 때(개인정보유출, 지진으로 인한 건물파괴, 세월호 침몰사고 등) 공학자들에게도 책임을 물어야 한다.	
	공학기술 대상과의 관계	19	공학기술의 대상에 동물, 환경과 같은 인간이 아닌 대상도 포함시키는 것이 중요하다.	
		20	과학기술인은 다른 사람의 감정이나 상황에 영향을 받지 않고 의사결정 할 수 있어야 한다.	역변환
	전인적 전문인	21	공학의 발전 방향을 결정하는 데에 공학인도 참여해야한다.	
		22	과학기술 개발과 공학기술인의 개인적 성장은 무관하다.	역변환
	공학기술의 한계인식	23	혁신적인 과학기술은 모든 문제를 해결한다.	역변환
24		우리나라의 문제(물부족, 고령화, 식량부족 등) 해결을 위해 선진국(미국, 독일 등)의 과학기술을 그대로 도입한다.	역변환	