Journal of Engineering Education Research
Vol. 25, No. 2, pp. 42~56 March 2022

pISSN: 1738-6454 / eISSN: 2713-8283 / THESIS-22-006
https://doi.org/10.18108/jeer.2022.25.2.42

과학기술자의 사회적 책임에 대한 이공계 대학생의 인식 탐색

고연주*·심성옥**·황요한***·최유현****·옥승용*****·남창훈******·이현주*******,†
*이화여자대학교 해저드리터러시 융합교육연구소 연구원
**볼주립대학교 교육심리학과 교수
***서울여자대학교 교양대학 조교수
****충남대학교 기술교육과 교수
*****한경대학교 사회안전시스템공학부 교수
******대구경북과학기술원 뉴바이올로지 전공 부교수
*******이화여자대학교 과학교육과 교수

Exploring the Views of College Students in STEM Fields on the Social Responsibility of Scientists and Engineers

Ko, Yeonjoo*·Shim, Sungok Serena**·Hwang, Yohan***·Choi, Yuhyun****·Ok, Seung-Yong*****·Nam, Chang-Hoon******·Lee, Hyunju*******,†
*Research Fellow, Research Center for Hazard Literacy Education, Ewha Womans University
**Professor, Department of Educational Psychology, Ball State University, USA
***Assistant Professor, College of General Education, Seoul Women's University
****Professor, Department of Technology Education, Chungnam National University
*****Professor, School of Social Safety System Engineering, Hankyong National University
******Associate Professor, Department of New Biology, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology
*******Professor, Department of Science Education, Ewha Womans University

ABSTRACT
This study aimed to investigate the views of STEM college students on the social responsibility of scientists and engineers. A total of 660 students in STEM majors at several Korean universities participated in the study. We assessed social responsibility among college students in STEM majors using the VSRoSE scale, which taps into eight different domains of social responsibility: Concern for human welfare and safety (HUMAN), Concern for environmental sustainability (ENVIR), Consideration of societal risks and consequences (CONSEQ), Consideration of societal risks and consequences (CONSEQ), Consideration of societal needs and demands (NEEDS), Pursuit of the common good (COMGOOD), Civic engagement and services (CIVIC), Communication with the public (COMMU), and Participation in policy decision-making (POLICY). Group differences in social responsibility by gender, majors, and years in school were examined. Mean scores in HUMAN, ENVIR, and CONSEQ were relatively higher than those in NEEDS, COMGOOD, CIVIC, COMMU, and POLICY. Cluster analysis identified five different groups with similar patterns of social responsibility scores. In addition to two groups with overall high and low scores across all eight factors of VSRoSE, three additional groups with different combinations of high and low scores in different factors were identified. The results indicated that students with low social responsibility are not homogeneous and these heterogeneous sub-groups of students will need tailored interventions highlighting different factors of social responsibility that they lack. Pedagogical implications of social responsibility for education were discussed.

Keywords: Social responsibility, STEM college students, VSRoSE

I. 서 론

과학기술의 급속한 발전으로 인해 사회쟁점이 끊임없이 야기됨에 따라, 과학기술을 생산하는 과학자와 기술자, 공학자(이하 과학기술자)의 사회적 책임에 대한 논의가 강조되고 있다. 아직까지 과학기술자의 사회적 책임이 무엇인지 분명하게 합의된 것은 없으나(Glerup & Horst, 2014; Wyndham et al., 2015), 이들의 사회적 책임이 과학이나 공학의 연구과정에서 윤리적 행위(예: 정직성, 성실성, 존중 등)를 넘어서는 개념으로

Received February 15, 2022; Revised March 8, 2022
Accepted March 9, 2022
† Corresponding Author: hlee25@ewha.ac.kr
©2022 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

확대되고 있음은 분명하다. 물리학자이면서 노벨 평화상 수상자인 Andrei Sakharov는 Nature에 과학자의 사회적 책임에 관한 기사(Sakharov, 1981)를 발표하였는데, 과학지식을 배포하거나 과학기술의 잠재적인 위험을 경고함으로써 과학 발전의 영향에 대해 대중에게 충분히 알리는 것이 과학자의 중요 의무 중 하나라고 강조했다. 또 다른 학자들(예: Lambrinidou & Canney, 2017; Schlossberger, 2016)은 과학기술이 다양한 이해관계자와 복잡하게 연결되어 있음을 이해하고 연구를 수행할 때 이를 포괄적으로 고려해야 하는 것도 사회적 책임이라고 설명하였다. 이뿐만 아니라, 인간과 환경의 본질적인 존엄성을 존중함으로써 지속 가능한 개발을 추구하는 것에 대한 책임이나(Biswas, 2012; Enelund et al., 2013), 관련 분야의 정책 심의와 같은 공공 서비스 및 시민 참여를 사회적 책임으로 바라보는 학자들도 있다(Scheufele & Lewenstein, 2005).

대부분의 연구자들은 과학기술자가 지녀야 할 사회적 책임을 개인적 차원의 책임과 구분되는 개념으로 설명한다. 예를 들어, Pimple(2002)은 사회적 책임을 개인 차원의 5개 영역, 즉 과학적 무결성(scientific integrity), 상호간 협력(collegiality), 인간 피험자 보호, 동물 복지, 제도적 무결성(institutional integrity)과 구별하여 "연구와 공동선(common good) 간의 관계"로 정의하면서(p. 194) 사회적 책임의 7가지 요소(사회참여, 대중교육, 환경 영향 등)를 강조하였다. 그러면서 그는 많은 과학기술자나 기관, 기업이 사회적 책임에 큰 관심을 기울이지 않는다는 점을 비판하기도 하였다. Wyndham et al.(2015)도 사회적 책임을 개인 차원에서의 책임(예: 연구과정에서의 정직성과 무결성 유지, 데이터 관리 등)과 구분하여 설명하면서, 과학자의 책임으로 간주될 수 있는 10가지 행동, 예를 들어 위험 고려, 위험 공개 및 최소화 노력, 공공 분야에서의 자문 역할, 공공 정책 심의 및 서비스 참여 등을 제시하였다. Bielefeldt(2018)는 과학기술자로서의 사회적 책임을 "사회와 환경에 대한 다양한 윤리적 책임"(p. 42)으로 개념화하면서 거시적 차원에서의 윤리로 표현하였다. 인간의 안전, 환경 보호 및 지속 가능성에 대한 고려, 공익을 위한 활동(pro bono) 및 커뮤니티 문제에의 참여, 사회 정의와 다양성에 대한 고려 등이 사회적 책임의 요소라고 설명하였다. 즉, 현재까지의 논의를 종합해보면, 과학기술자의 사회적 책임은 연구를 수행할 때 학문적 및 윤리적 무결성을 높이기 위한 개인의 노력을 넘어, 인간과 사회 및 환경의 더 큰 선과 복지를 추구하기 위한 과학기술자의 모든 협력적 노력과 행동을 포함한다고 볼 수 있다.

과학기술자의 사회적 책임에 대한 관심과 중요성이 높아짐에도 불구하고, 사회적 책임감 함양을 위한 국내외 교육은 다소 소극적인 경향이 있다. 이공계 관련자들을 대상으로 면담을 실시하여 그 이유를 살펴본 Mejlgaard et al.(2019)은 과학기술자의 사회적 책임감을 이공계 종사자가 갖추어야 할 상식 수준으로 여기거나 분명한 교육 없이도 자연스럽게 형성되는 것으로 인식하는 경향이 있음을 발견하였다. 그러나 사회적 책임감은 전문 지식이나 기술과 마찬가지로 교육을 통해 길러질 필요가 있다(Lundström et al., 2017; Zandvoort et al., 2013). Zandvoort et al.(2013)은 미래 과학기술자가 사회적 책임에 대해 충분히 교육받지 못하고 있으며, 과학기술로 인한 부정적인 결과와 위험에 대한 인식이 부족하다고 비판했다. 또한 대부분의 윤리 교육이 과학기술자가 지켜야 할 개인 연구 윤리 수준에 치중되어 있다는 점도 지적되고 있으며, Glerup et al.(2017)의 연구결과는 이를 잘 보여준다. 이들은 첨단 기술 분야의 29명의 과학자 면담을 통해 이들이 인식하는 책임의 의미를 탐색하였는데, 연구에 참여한 대부분의 과학자들이 엄격한 과학 수행과정에 대한 책임에만 관심을 갖고 있었으며, 사회적 책임과 관련된 담론(예: 책임 있는 연구와 혁신(Responsible Research and Innovation, RRI))은 정책 차원의 논의이기 때문에 본인의 주된 책임이 아니라고 인식하고 있었다. 일부는 이러한 사회적 책임감에 대한 강조가 오히려 과학의 정신에 모순된다고 보았다.

사실 과학기술로 야기되는 문제들을 모두 과학기술자로의 책임으로 돌릴 수는 없다. 특히 나노 과학이나 생명 공학과 같은 신기술의 영역에서는 과학자나 공학자조차도 위험을 예측하거나 모니터링 할 수 없는 "규제 공백(a regulatory vacuum)"(Corley et al., 2015, p. 112)이 있다. 이는 과학기술에 내재된 불확실성과 통제 불가능성의 본질 때문이다(Beck, 1992). 그럼에도 불구하고 과학적 발견과 응용의 잠재적 위험을 인식하도록 노력하는 것은 과학기술자가 갖추어야 할 사회적 책임이다(Bielefeldt, 2018; Wyndham et al., 2015). 과학기술자는 주로 지식과 기술의 생산을 담당하지만 그 산물이 과학기술자에게만 속하지 않으며 오히려 강한 공공성을 띤다(송성수, 2008). 따라서 과학기술자는 인간, 환경, 사회 등에 미치는 영향을 예측하고, 이를 시민과 공유하고 고민하며 연구의 방향을 모색해나갈 필요가 있다.

과학기술자의 사회적 책임을 함양하기 위해 선행되어야 할 것은 과학기술자의 사회적 책임에 대한 인식을 탐색해보는 것이다. 현재까지 개발된 여러 개의 사회적 책임감 척도 중 가장 많이 사용되는 척도는 Canney & Bielefeldt(2016)가 개발한 Engineering Professional Responsibility Assessment(이하 EPRA)이다. 이들은 공학자의 사회적 책임을 위한 이론적 틀(Professional Social Responsibility Development Model,

PSRDM)을 만들고, 이를 바탕으로 EPRA를 개발하였다. EPRA는 돌봄 윤리를 기반으로 개인 및 직업으로서의 능력과 기술에 대한 태도(Gilligan, 1982; Held, 2006)를 측정하기 위해 제작된 검사도구로, 8개 차원의 7점 리커트 척도 문항 50개로 구성되어 있다. 단일 검사도구로는 다소 문항 수가 많은 편이며, 일부 문항에 미국 맥락이 포함되어 국내에 적용하는 데 한계가 있었다. 한편, Wyndham et al.(2015)도 과학기술자의 사회적 책임과 관련하여 10개의 문항을 도출하여 문항화하였는데, 이는 명확한 구인을 포함하고 있지 않아 측정도구로 사용하는 데 한계가 있었다. 과학기술자의 사회적 책임에 대한 단일 검사도구는 아니지만 측정하는 문항을 일부 포함한 것 중 하나는, Views on Science-Technology-Society(VOSTS)로 과학교육에서 이용되는 주요 검사도구이다(Aikenhead & Ryan, 1989). VOSTS는 리커트 문항이 갖는 한계를 보완하기 위해 객관식 문항을 이용하여 학생들의 추론과 정당화 방식을 이해하고자 개발된 도구이다. 9개 영역(예: 과학기술의 정의, 과학기술에 대한 사회의 영향, 과학기술이 사회에 미치는 영향 등)에 걸쳐 114개 문항으로 구성되어 있으나, 과학자의 사회적 책임을 묻는 문항은 매우 소수이다.

이에, 본 연구에서는 관련 분야 문헌분석과 검사도구 타당화 과정을 거쳐 본 연구진이 개발한 VSRoSE(Views on Social Responsibility of Scientists and Engineers) (Ko et al., 2021)를 활용하여 국내 이공계 대학생들의 과학기술자의 사회적 책임에 대한 인식을 조사하였다. VSRoSE는 과학기술자의 사회적 책임을 포괄적으로 측정할 수 있는 8개 영역의 30개 문항으로 구성된 검사도구로, 엄격한 타당화 과정을 거쳐 개발되었다. 본 연구에서는 해당 검사도구를 이용하여 이공계 대학생이 인식하고 있는 과학기술자의 사회적 책임과 역할에 대한 인식수준을 파악하고 이들의 유형을 탐색하는 탐색적 연구를 수행해보고자 하였다. 이공계 대학생들의 현재 인식수준을 살펴보는 것은 대학생들이 과학기술자로서의 사회적 책임과 관련하여 특별히 취약한 부분을 구체적으로 밝힌다는 점에서 연구자 및 대학교수자에게 시사점을 제공할 것으로 기대된다. 또한 과학기술자로서의 사회적 책임에 대한 인식을 유형화하는 것 역시 미래 과학기술자로 나아갈 이공계 대학생에게 사회적 책임의식을 함양할 수 있는 적절한 교육을 제공하는 데 기초 정보를 마련할 것으로 예상된다. 이에, 본 연구에서는 이공계 대학생의 8개 영역에 대한 인식을 성별, 전공별, 학년별로 구분하여 비교하고, 군집분석을 통해 이들의 인식의 유형을 탐색해보고자 한다. 본 연구의 연구문제는 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 이공계 대학생들은 과학기술자의 사회적 책임감의 요소에 대해 그 중요성을 어느 정도 인식하고 있으며, 그 인식은 성별, 전공별, 학년별로 차이가 있는가?

둘째, 이공계 대학생들의 사회적 책임감의 유형은 어떻게 구분되며, 이는 성별, 전공별, 학년별로 차이가 있는가?

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에서는 우리나라 이공계 대학생들의 과학기술자의 사회적 책임에 대한 인식을 탐색하고 이들의 사회적 책임감 인식을 유형화하기 위해 국내 대학에서 이공계열을 전공하는 대학생 606명을 연구대상으로 하였다(Table 1 참조). 연구대상의 성별은 응답을 원하지 않는 학생을 제외하고 남녀 학생수가

Table 1 Demographic information of the participants

				N	%
성별	남자			297	49.0
	여자			297	49.0
	무응답			12	2.0
전공	자연계열	수학/물리/천문/지리	수학/물리/천문/지리	59	9.7
		생물/화학/환경, 농림/수산, 생활과학	생물/화학/환경	59	9.7
			농림/수산	11	1.8
			생활과학	6	1.0
		기타 (예: 이학사 수여예정이나 정확한 전공이 없음)		3	0.5
		자연계열 전체		138	22.8
	공학계열	건축, 교통/운송, 산업, 토목/도시	건축	22	3.6
			교통/운송	41	6.8
			산업	61	10.1
			토목/도시	30	5.0
		기계/금속, 소재/재료, 정밀/에너지, 화공	기계/금속	31	5.1
			소재/재료	25	4.1
			정밀/에너지	16	2.6
			화공	46	7.6
		전기전자, 컴퓨터통신	전기/전자	91	15.0
			컴퓨터/통신	37	6.1
		기타 (예: 공학사 수여예정이나 정확한 전공 없음, 교양공학과 등)		57	9.4
		공학계열 전체		457	75.4
	미정			11	1.8
학년	1학년			171	28.2
	2학년			150	24.8
	3학년			144	23.8
	4학년			141	23.3
전체				606	100.0

동일하였으며(각 297명, 49%), 계열별로는 자연계열 전공자가 138명, 공학계열 전공자가 457명으로 공학을 전공하는 학생들의 수가 많았다. 전공 분류는 한국교육개발원에서 작성한 한국대학전공분류표(박근영 외, 2020) 중 세부전공명에 따라 구분한 결과, 전반적으로 전기/전자, 산업공학, 수학/물리/천문/지리, 생물/화학/환경을 전공하는 학생들이 다수 포함되었다. 학년별로는 1학년부터 4학년까지 141~171명으로 구성되어 상당히 고르게 분포하였다.

연구참여자를 모집하기 위해 국내 대학에서 이공계 강의를 담당하고 있는 교수자에게 온라인 설문조사 링크를 학생들에게 배부할 것을 요청하였다. 설문조사 링크 첫 페이지에는 연구참여 동의 여부를 선택하는 란을 마련해두었으며, 연구참여에 동의한 학생들의 응답만을 본 연구에 이용하였다. 본 연구에서는 성별, 대학명, 전공명, 학년 및 검사도구 응답만을 수집하였기에 개인식별정보는 수집하지 않았으며, 학생의 연구참여 여부를 해당 대학의 교수자에게 안내하지 않음으로써 자발적으로 연구에 참여할 수 있도록 하였다. 연구참여에 대한 보상으로는 5,000원 가량의 문화상품권을 지급하였으며, 해당 설문은 많은 학생에게 온라인 익명링크로 배부되었기 때문에 정확한 응답률 및 회수율은 계산할 수 없었다.

2. 검사도구

본 연구에서 이용한 검사도구는 VSRoSE(Views on Social Responsibility of Scientists and Engineers) (Ko et al., 2021)로, 과학기술자가 갖추어야 할 사회적 책임에 대한 인식을 측정하는 검사도구이다. 해당 검사도구는 Boateng et al.(2018)이 제안한 검사도구 개발 및 타당화 과정에 따라 개발되었으며, 구체적인 과정은 다음과 같다[1].

첫째, 과학기술자의 사회적 책임감의 요인(domain)을 구체화하고자 주요 데이터베이스(예: 구글스칼라, ERIC)에서 “과학자”, “공학자”, “사회적 책임감”, “역할”, “가치”, “태도”, “윤리” 등의 키워드를 중심으로 학술논문과 보고서를 검색하였다. 기존의 검사도구나 설문 문항을 다룬 연구논문뿐만 아니라, 과학기술자의 사회적 책임 및 역할과 관련하여 세 개 이상의 논문을 작성한 학자들의 이름을 검색하여 연관되는 논문 또한 조사함으로써 문헌조사의 폭과 깊이를 넓히고자 하였다. 또한 과학자 및 공학자들이 사회적 책임을 보인 사례 등이 담긴 책, 북챕터 등을 함께 조사하였으며, 일련의 과정을 통해 8개 요인을 도출하였다.

1) 해당 검사도구의 개발 및 타당화 과정에 대한 보다 구체적인 설명은 Ko et al.(2021)에서 확인할 수 있다.

둘째, 1차적으로 도출된 8개 요인에 근거하여 문항 초안을 개발하였다. Kline(1993)은 최종 검사도구에서 바라는 문항 수보다 최소 2배 이상 문항을 만들어 1차 문항 풀(pool)을 만들 것을 제안한 바 있다. 본 연구진은 이 제안에 따라 각 요인마다 3-5개 문항을 포함하여 60개 문항의 검사도구 초안을 제작하였다. 이후 국내 대학에서 재직 중인 자연과학 또는 공과대학 교수 12명에게 1차 프레임웍과 문항 초안에 대한 타당도를 확보하고자 하였다. 코로나19 사태가 확산되기 전 전문가 12명과 대면으로 만나 문항과 프레임웍의 타당성을 검토받았으며, 각각의 전문가는 요인과 문항의 적합성과 관련성을 개별적으로 평가하는 과정을 거쳤다. 전문가의 개별적인 평가 이후에는 전문가 소집단을 구성하여 본 연구진이 도출한 요인과 문항에 대해 논의를 진행하였다. 이 과정에서 전문가의 양적 평가 중 5점 만점에 4점 이하인 문항들이나 2~5점으로 응답분포가 넓게 퍼져있는 문항의 경우에는 논의하여 수정 및 삭제하였으며, 요인의 명명과 관련한 피드백의 경우에는 전문가 의견을 수용하여 요인을 재명명하고 문항을 재구성함으로써 명확한 의미를 전달할 수 있도록 하였다.

셋째, 2차적으로 수정된 검사도구 문항은 두 명의 과학교육학 박사가 중의적으로 해석될 수 있는 부분이나 이해되지 않는 문장이 있는지 살펴보았으며, 60개 문항을 의미에 따라 귀납적으로 구분해보도록 안내함으로써 각각의 요인이 내용적으로 적절하게 구분되는지 탐색하였다.

넷째, 개발된 검사도구는 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석을 통해 타당화하였다. 코로나19 사태로 인해 온라인 설문링크를 제작하여 이공계 대학생을 가르치는 교수자를 통해 대학생들에게 배부되었으며, 연구참여에 동의한 학생들의 응답만을 수집하였다. 먼저, 327명을 대상으로 탐색적 요인분석을 실시한 결과, 8개 요인으로 구분되었으며 각각의 요인부하량과 요인의 내적일관성 신뢰도가 적합한 것을 확인하였다. 또한 탐색적 요인분석에 이용하지 않은 279명의 응답을 이용하여 확인적 요인분석을 실시하였으며, 구조방정식 모형 전체의 적합도를 판단하기 위해 통계적 검정인 χ^2 검정과 CFI, SRMR, RMSEA 지수를 확인하였다. 카이스퀘어 검정은 영가설이 기각되었으나(χ^2=649.56, df=377, p=.000), 이는 표본 수에 민감함을 고려하여 그 외의 적합도 지수를 이용해 적합성을 판단하였다. 선행 연구에 따르면 좋은 적합도의 기준은 CFI ≥ .95, RMSEA ≤ .05, SRMR ≤ .08이며(Browne & Cudeck, 1993; Hu & Bentler, 1999), 본 연구에서 제안한 모형의 적합도 지수는 CFI = .91, SRMR = .05, RMSEA = .05로 전반적으로 해당 모형이 자료에 잘 부합하고 있음을 확인하였다. 내적일관성 신뢰도(Cronbach’s α) 또한 Table 2와 같이 적절한 것으

Table 2 Reliability of VSRoSE

영역	설명	문항	Cronbach's α
인간의 복지와 안전에 대한 고려 (HUMAN)	과학기술이 인간의 복지와 건강에 미칠 수 있는 잠재적 위험을 미리 예측해보고, 이를 최소화할 수 있도록 노력하는 것(Bielefeldt, 2018; Godhade & Hundekari, 2018; Wyndham et al., 2015; Zandvroot et al., 2013).	1-5	.771
지속가능한 환경에 대한 고려 (ENVIR)	지구 환경과 생태계에 관심을 갖고, 이를 보호하면서 지속가능한 개발을 해나가도록 조치를 위할 의지와 능력을 갖추는 것(Bielefeldt, 2018; Vanasupa et al., 2006)	6-8	.773
사회적 위험과 영향 고려 (CONSEQ)	과학기술의 적용이 가져오는 잠재적 이익과 위험에 대해 더 깊이 이해 및 예측하고(Sakharov, 1981), 가치나 이해관계 충돌, 불평등한 분배 문제와 같은 사회적 결과에 민감하게 인식하고 행동하는 것(Bielefeldt, 2018; Sakharov, 1981; Wyndham et al., 2015; Zandvroot et al., 2013).	9-13	.819
사회적 필요와 요구 고려 (NEEDS)	잠재적인 이해관계 또는 가치의 균형을 맞추기 위해 소외된 그룹을 포함한 광범위한 이해 관계자와 잠재적인 결과에 대해 공개적으로 소통하고 반영하는 것(Stilgoe et al., 2014; Tassone et al., 2018).	14-16	.756
공공선의 추구 (COMGOOD)	과학기술 연구를 개인이나 본인이 속한 조직의 이익을 추구하는 방향이 아니라 보다 많은 사람들에게 혜택이 분배될 수 있는 방향으로 수행하는 것(Pimple, 2002)	17-19	.781
사회참여와 봉사 (CIVIC)	과학기술과 관련된 지역사회 문제해결을 위해 본인의 기술과 지식을 나누는 자원봉사나 자문 및 봉사활동을 수행하고, 대중과 협력하는 것(Bielefeldt, 2018; Glerup & Horst, 2014).	20-24	.767
대중과의 소통 (COMMU)	새로운 과학기술적 발견이나 과학기술이 가져올 수 있는 잠재적인 문제 등에 대해 전문 지식을 대중과 공유 및 적극적으로 소통하는 것(Canney & Bielefeldt, 2015).	25-27	.837
정책결정에의 참여 (POLICY)	과학기술이 올바른 방향으로 발전하고 그 혜택이 고르게 분배되기 위한 정책을 제안하거나 수립하는데 참여하고, 관련된 분야의 투자를 이끌어내는 것(Lathem et al., 2011; Splitt, 2003; Vanasupa et al. 2006)	28-30	.746
전체		1-30	.912

로 판단되었다. 이에, 연구진은 최종적으로 VSRoSE의 하위요인으로 (1) 인간의 복지와 안전에 대한 고려, (2) 지속가능한 환경에 대한 고려, (3) 사회적 위험과 영향 고려, (4) 사회적 필요와 요구 고려, (5) 공공선의 추구, (6) 사회참여와 봉사, (7) 대중과의 소통, (8) 정책결정에의 참여의 8개 요인을 명명하였으며, 각 요인은 3-5개 문항을 포함하여 총 30개 문항의 검사도구로 확정되었다.

다섯째, 검사도구의 구인타당도를 확보하고자 유사한 검사도구와 상관분석을 실시하였다. 유사 검사도구로는 과학기술자의 사회적 책임과 관련하여 빈번하게 쓰이는 EPRA(Canney & Bielefeldt, 2016a)를 이용하였다. 이를 위해 내용전문가와 교육심리전문가로 구성된 연구진이 1차적으로 EPRA를 국문으로 번역한 뒤 전문 번역가가 영문으로 재번역하였으며, 한국어와 영어 모두를 구사하는 전문가가 원문항과 번역된 영문 문항을 확인함으로써 번역의 신뢰도를 확보하였다. EPRA와 VSRoSE의 상관분석을 실시한 결과, 두 검사도구의 하위요인 간 상관계수는 .121~.476이었으며, 전체 점수 간 상관계수는 .591로 나타났다. 이를 통해 두 검사도구가 이론적으로 다른 구인을 측정하면서도 유사한 부분이 있음을 확인하였다.

3. 자료수집 및 분석

본 연구에서는 전술된 검사도구(Ko et al., 2021)의 개발 및 타당화를 위해 수집했던 응답 자료를 본 연구목적에 따라 다른 방식으로 분석하여 이공계 교육에 대한 시사점을 제공하고자 하였다. 이에, VSRoSE 개발과정에서 수집한 전국 이공계 대학생 606명의 응답을 성별, 전공, 학년 등의 배경변인을 중심으로 분석하였다. 자세한 분석방법은 다음과 같다.

첫째, 국내 이공계 대학생이 인식하는 과학기술자의 사회적 책임을 탐색하기 위해 해당 검사도구의 8개 요인에 따른 기술통계량을 분석하였으며, 둘째, 이들의 과학기술자의 사회적 책임에 대한 인식을 유형화하기 위해 VSRoSE의 8개 요인점수를 이용하여 군집분석(cluster analysis)을 실시하였다. 군집분석은 개개인의 변수에 대한 응답을 분석하여 유사한 패턴을 보이는 사람들을 집단으로 묶는 방법으로, 데이터 내에 존재하는 자연적인 집단을 식별한다. 특히 본 연구에서는 다른 위계적 방법에 비해 동질한 군집으로 구분하는 데 유용한 것으로 알려진(Punj & Stewart, 1983; Harrigan, 1985) Ward의 위계적 클러스터링을 이용하였다. Ward의 방법은 군집 내 편차들의 제곱합을 기준으로 최소 제곱합을 가지게 되는 군집끼리 연결하는 방법으로, 이상치에 덜 민감하며 주어진 군집개수에 따라 간편하게 구분된다는 장점이 있다.

이에, 본 연구진에서는 덴드로그램(dendrogram)과 클러스터별 해석가능성을 고려하여 연구참여자의 VSRoSE 양상을 가장 적절하게 나타낼 수 있는 군집 수를 선택하였다. 이를 통해 선정된 군집의 프로파일을 이해하기 쉽도록 VSRoSE 하위요인의

평균, 표준편차 등의 기술통계량과 군집별 그래프를 함께 제시하였다. 또한 군집간 VSRoSE의 하위요인에 통계적으로 유의한 차이가 있는지 탐색하기 위해 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 각 군집에 포함된 개체수 차이 등을 고려하여 사후검증(post-hoc test)을 실시함으로써 전체 군집에서 나타나는 차이가 어떤 집단에서 드러나는 차이인지 확인해보았다. 마지막으로, 선정된 군집에 포함된 대학생들이 공유하는 특성을 살펴보기 위해 성별, 전공, 학년에 따른 차이가 있는지 탐색하기 위해 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 군집분석을 통한 집단 구분은 과학기술자의 사회적 책임 인식이라는 변수를 이용하여 구분한 것이지만, 이러한 응답의 차이가 성별이나 학년, 전공에 따라 차이가 있는지 탐색해봄으로써 과학기술자의 사회적 책임에 대한 인식을 보다 구체적으로 이해하고자 하였다.

종합하면, 본 연구에서의 두 가지 분석방법은 두 개 연구문제에 대한 통찰을 상호보완하는 역할을 한다. 연구문제1은 이공계 대학생의 VSRoSE 하위요소별 응답을 비교함으로써 전반적으로 인식이 높거나 낮은 하위요소를 식별하는 데 목적이 있다. 즉, 해당 분석결과는 변인에 대한 정보를 제공하므로, 이공계 대학생의 사회적 책임인식을 높이기 위한 교육프로그램이나 교과목을 개발하는 데 있어 어떤 하위요소를 고려해야 하는지에 대한 시사점을 제공할 수 있다. 한편, 연구문제2는 VSRoSE의 여러 요소를 동시에 고려하여 학생들을 유사한 집단으로 묶는 데 초점이 있다. 이는 집단별로 갖는 독특한 특징이나 문제점을 파악함으로써, 교육을 실시할 때 보다 노력을 기울여야하는 집단을 찾는데 도움을 줄 수 있다.

III. 연구결과

1. 이공계 대학생의 과학기술자의 사회적 책임감에 대한 인식

가. VSRoSE 전체응답 분석

이공계 대학생의 과학기술자의 사회적 책임에 대한 인식(VSRoSE)을 측정한 결과는 Table 3, Fig. 1과 같다. 전반적으로 본 연구에 참여한 이공계 대학생은 인간의 복지와 안전에 대한 고려(HUMAN, 4.26점)와 지속가능한 환경에 대한 고려(ENVIR, 4.29점)에 대한 인식이 높았으며, 사회참여와 봉사(CIVIC, 3.74점)에 대한 인식이 가장 낮았다. 대체적으로 인간과 환경, 사회에 미치는 영향에 대한 관심과 고려(HUMAN, ENVIR, CONSEQ)에 대한 평균점수가 직접적인 사회적 실천과 관련된 영역(CIVIC, COMMU, POLICY)의 평균에 비해 높은 경향이 있었다. 이는 선행연구(예: Lee et al., 2012; 고연주·이현주, 2017)에서 중·고등학생 및 대학생의 생태학적 관점과 지속가능한 개발에 대한 인식은 높은 반면, 참여와 실천으로 옮기는 부분에 있어 다소 부족하다고 보고된 바와 유사한 결과이다. 즉, 과학기술자를 희망하는 이공계 대학생들 또한 인간과 환경, 사회에 미치는 영향을 고려해야 하는 부분에 대해서는 과학기술자의 책임으로 인식하고 있었으나, 과학기술과 관련된 문제를 해결하기 위해 사회봉사나 시민활동에 참여하거나 정책 입안에 적극적으로 목소리를 내는 것, 전문지식을 대중과 공유하는 것은 이들의 사회적 책임으로 인식하는 정도가 낮았다.

VSRoSE의 각 하위 요인별 응답을 자세히 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 인간의 복지와 안전에 대한 고려(HUMAN) 영역은 과학기술 연구 과정에서, 그리고 그 결과물이 인간의 건강과 안전에 영향을 미칠 수 있음을 미리 고려해야 하는 사회적 책임에 대해 묻는 문항들로 구성되어 있다. 5개의 문항 중에서 문항2를 제외한 문항에서는 모두 4.21~4.43점의 높은 평균을 보였으나, 인류의 건강을 최우선으로 고려해야 하는지를 묻는 문항2에서는 3.94점으로 타문항에 비해 다소 낮은 인식을 보였다. 즉, 인간의 안전과 건강에 미칠 영향을 고려하는 것에 대해서는 대부분의 학생들이 동의하였지만, 인간의 건강이 최우선인가에 대해서는 상이한 의견을 나타냈다고 볼 수 있다.

지속가능한 환경에 대한 고려(ENVIR) 영역은 과학기술 연구과정 뿐만 아니라 그 결과물이 환경과 생태계에 미치는 영향을 고려해야 하는 책임에 대한 문항들로 구성되어 있다. 이 요소에 대해서는 모든 문항에서 4.25~4.36점의 높은 평균 점수를 나타냈다.

사회적 위험과 영향 고려(CONSEQ) 영역은 과학기술 연구과정과 그 결과물이 야기할 수 있는 사회 문제들을 인식해야 하는 사회적 책임에 대해 묻는 5문항으로 구성되어 있다. 5문항 모두 고르게 4.05~4.25점의 높은 인식을 보였다.

이에 반해 사회적 수요와 요구 고려(NEEDS) 영역의 평균점수는 상대적으로 낮았다. 이 영역은 과학기술 연구 수행과정에서 시민과 사회의 수요를 고려하고 반영해야 하는 책임에 관한 문항으로, 특히 문항14와 문항15는 각각 3.84점, 3.78점으로

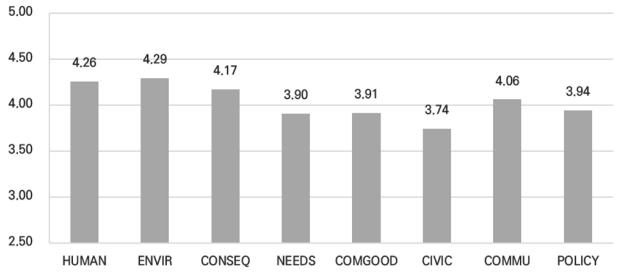

Fig. 1 VSRoSE scores

Table 3 Descriptive statistics of VSRoSE responses by item

요인	No	문항	M	SD
인간의 복지와 안전에 대한 고려 (HUMAN)	1	연구과정에서 적어도 인류의 건강을 해치지 않아야 한다.	4.21	0.749
	2	인류의 건강을 최우선으로 고려해야 한다.	3.94	0.888
	3	자신이 하는 일이 사람들의 안전을 해치지 않는지 고려해야 한다.	4.41	0.659
	4	과학기술이 사람들의 건강에 미칠 수 있는 영향을 고려해야 한다.	4.43	0.656
	5	적어도 인류가 여러 위험으로부터 안전한 상황에 놓이도록 해야 한다.	4.29	0.645
		영역 전체	4.26	0.524
지속가능한 환경에 대한 고려 (ENVIR)	6	연구과정에서 자연환경을 보호하기 위해 노력해야 한다.	4.26	0.716
	7	생태계에 미치는 영향을 최소화해야 한다.	4.25	0.711
	8	환경을 보호하면서도 지속적인 발전을 위해 노력해야 한다.	4.36	0.650
		영역 전체	4.29	0.575
사회적 위험과 영향 고려 (CONSEQ)	9	자신이 속한 과학기술분야에서 일어날 수 있는 사회문제가 무엇인지 알아야 한다.	4.25	0.688
	10	현대 과학기술과 관련된 사회문제가 무엇이 있는지 찾을 수 있어야 한다.	4.17	0.733
	11	자신이 하는 일이 과학기술 분야의 발달에 어떻게 기여할 수 있는지 알고 있어야 한다.	4.25	0.668
	12	자신이 속한 과학기술분야에서 해결해야하는 사회문제가 무엇인지 찾을 수 있어야 한다.	4.05	0.706
	13	연구와 관련하여 충돌하는 가치나 이해관계는 없는지 살펴보아야 한다.	4.13	0.680
		영역 전체	4.17	0.530
사회적 필요와 요구 고려 (NEEDS)	14	사회의 가치나 기대를 반영한 과학기술 연구를 수행해야 한다.	3.84	0.901
	15	시민들이 원하고 사회가 필요로 하는 지식을 만들어내고 있는지 고려해야 한다.	3.78	0.941
	16	과학기술 연구에 대한 사회의 수요와 기대를 파악해야 한다.	4.09	0.741
		영역 전체	3.90	0.710
공공선의 추구 (COMGOOD)	17	인류의 삶의 질을 높일 수 있는 부분을 연구해야 한다.	4.09	0.743
	18	사회 구성원의 복지와 편안함을 증진시키는 데 연구목적을 두어야 한다.	3.81	0.848
	19	사람들이 일상생활에서 겪는 불편함을 개선하는 데 연구목적을 두어야 한다.	3.83	0.853
		영역 전체	3.91	0.681
사회참여와 봉사 (CIVIC)	20	과학기술과 관련된 사회문제를 해결하기 위해서라면 관련 사회운동에 기꺼이 참여해야 한다.	3.48	0.961
	21	일반 시민들과 협업하여 과학기술과 관련된 사회문제를 해결해야 한다.	3.74	0.863
	22	다른 사람들도 과학기술 문제해결에 참여할 수 있도록 적극적으로 행동을 권유해야 한다.	3.82	0.891
	23	사회문제에 관심이 있고 지식이 있는 일반시민들과 함께 과학기술 문제를 해결해야 한다.	3.86	0.814
	24	자신의 전문성을 필요로 하는 일반인에게 자문역할을 수행해야 한다.	3.81	0.863
		영역 전체	3.74	0.633
대중과의 소통 (COMMU)	25	책이나 기사, 블로그, 강연 등의 미디어를 통해 사람들이 과학을 친숙하게 여길 수 있도록 해야 한다.	4.05	0.781
	26	과학기술과 관련된 문제해결에 필요한 지식이나 연구를 일반 사람들이 이해하기 쉽도록 설명해야 한다.	4.05	0.787
	27	과학기술과 관련된 지식이나 연구를 일반 사람들이 이해하기 쉽도록 설명해야 한다.	4.07	0.756
		영역 전체	4.06	0.673
정책결정에의 참여 (POLICY)	28	학회/단체의 일원으로서 과학기술과 관련된 정책을 수립하는 데 영향력을 행사해야 한다.	3.82	0.811
	29	과학기술과 관련된 정책 수립에 적극적으로 참여해야 한다.	3.90	0.783
	30	과학기술 정책의 중요성을 강조하여 과학기술에 대한 투자를 이끌어내야 한다.	4.10	0.721
		영역 전체	3.94	0.629

문항16(4.09점)에 비해 상대적으로 낮은 점수를 보였다. 문항14, 문항15의 표준편차가 타문항에 비해 큰 점을 고려할 때, 사회의 수요와 기대를 파악하는 것의 필요성은 인지하지만(문항16), 이와 같은 요구와 필요를 적극적으로 반영하면서 연구를 수행해야 하는지에 대해서는 의견 차이가 있음을 의미한다.

공공선의 추구(COMGOOD)는 연구의 목적을 공공선을 추구하는데 두어야 하는지를 묻는 3개의 문항으로 구성되어 있으며, 3.83~4.09점의 평균 분포를 보이고 있다. 인류의 삶의 질

을 높이는 보다 상위 수준의 목표에는 동의하였으나, 생활속에서의 불편함 해결이나 편안함을 높이는 것에 연구목적을 두어야 한다는 문항에는 상대적으로 낮은 평균을 보였다.

사회참여와 봉사(CIVIC) 영역은 과학기술자가 시민들과 함께 과학기술과 관련된 사회문제를 해결하는데 참여하고 봉사할 책임에 대해 묻는 5개의 문항으로 구성되어 있다. 문항17을 제외한 문항의 평균은 3.74~3.81점으로 고르게 분포하는 반면, 문항17은 3.42점으로 VSRoSE 문항 중 가장 낮은 점수를 나타냈다. 다시 말해서, 설문에 참여한 대학생들은 과학기술과 관련한 사회문제 해결을 위해 지역사회 시민들과 협업하거나 자문을 수행하는 것에 대해서는 어느 정도 그 책임을 인정하였으나, 실제로 사회운동에 참여하는 수준의 적극성을 보이는 데에는 상대적으로 낮은 평균을 보였다. 타영역에 비해 이 영역 응답의 표준편차가 다소 높은 것을 고려할 때, 학생들 간의 다소 의견 차이가 있는 것으로 추론해볼 수 있다.

대중과의 소통(COMMU) 영역은 일반 시민들이 과학 관련 지식이나 연구내용, 과학관련 이슈들에 대해 이해할 수 있도록 소통하는 책임을 묻는 3개의 문항으로 구성되어 있으며, 전반적으로 4.05~4.07점의 높은 평균을 보였다. 정책결정에의 참여(POLICY) 영역은 과학기술과 관련된 정책 수립에 참여하는 책임을 묻는 3개의 문항으로 구성되어 있으며, 3.82~4.10점에 분포하고 있다. 일반적인 과학관련 정책 수립 참여보다는 과학기술에 대한 투자를 이끌어내기 위한 목적의 참여에 보다 높은 인식을 보였다.

나. 성별, 전공별, 학년별 VSRoSE 평균 비교

이공계 대학생의 성별, 전공, 학년에 따른 사회적 책임에 대한 인식을 분석한 결과는 Table 4, Table 5, Table 6과 같다. 먼저 과학기술자의 사회적 책임감을 성별에 따라 비교한 결과, 여학생이 남학생에 비해 평균점수가 유의하게 높은 것으로 드러났다(Table 4, $p < .05$). 특히 VSRoSE의 8개 하위 요인 중에서도 인지적인 부분을 측정하는 세 영역, 인간의 복지와 안전에 대한 고려(HUMAN), 지속가능한 환경에 대한 고려(ENVIR), 사회적 위험과 영향 고려(CONSEQ) 영역에서 여학생의 평균점수가 남학생보다 높았으며, 나머지 영역에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 Noddings(1984)의 보살핌 윤리(ethics of care)와 연관지어 설명해볼 수 있다. 보살핌 윤리는 본인과 가까운 사람뿐만 아니라 사회적 약자나 동식물, 대지에 대한 보살핌까지 그 범위를 확장한 것으로, 여성이 남성에 비해 타인에 대한 배려나 보살핌을 중요시하는 것으로 알려졌다. 이를 고려해볼 때, 여학생이 남학생에 비해 인간의 복지나 안전, 환경, 사회적 위험과 영향을 더욱 고려할 것임을 추론해볼 수 있다.

둘째, 전공계열에 따라 대학생의 인식 평균을 비교한 결과, 자연계열과 공학계열 학생 간 일부 항목에서 평균 차이가 있었으나 통계적으로 유의미한 수준은 아니었다(Table 5). 계열과 관계없이 모든 영역에서 유사한 평균값을 보였으며, 정책결정에의 참여(POLICY)에서 자연계열 학생들이 공학계열 학생들보다 다소 평균점수가 높았으나 통계적으로 유의미한 수준은 아니었다. 전공영역을 좀 더 세분화 한 후(자연계열 두 개 그룹, 공학계열 세 개 그룹) 전공에 따른 VSRoSE의 하위영역 평균을 살펴본 결과(Table 6), 전공에 따른 VSRoSE의 하위영역 점수에 차이가 있음을 확인하였다. 특히 인간의 복지와 안전에 대한 고려(HUMAN), 지속가능한 환경에 대한 고려(ENVIR), 사회적 위험과 영향 고려(CONSEQ), 정책결정에의 참여(POLICY) 영역에서 세부전공에 따른 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 세부전공별로 평균점수에 차이가 있는 네 개 영역 모두에서 기계금속/소재재료와 생물/화학/환경 전공

Table 4 Comparison of VSRoSE factor scores by gender

	남자		여자		t	p
	M	SD	M	SD		
HUMAN	4.22	0.554	4.31	0.474	-2.102*	.036
ENVIR	4.18	0.610	4.42	0.505	-5.252***	.000
CONSEQ	4.08	0.559	4.27	0.479	-4.417***	.000
NEEDS	3.92	0.741	3.91	0.674	0.232	.817
CIVIC	3.74	0.628	3.75	0.643	-0.258	.796
COMMU	4.04	0.657	4.09	0.687	-0.895	.371
COMGOOD	3.95	0.701	3.90	0.651	0.828	.408
POLICY	3.94	0.608	3.95	0.650	-0.217	.828
전체	4.01	.430	4.08	.382	-2.178*	.030

Table 5 Comparison of VSRoSE factor scores by major

	자연계열		공학계열		t	p
	M	SD	M	SD		
HUMAN	4.27	0.539	4.25	0.516	.457	.647
ENVIR	4.29	0.546	4.29	0.582	-.008	.994
CONSEQ	4.22	0.519	4.15	0.533	1.277	.202
NEEDS	3.81	0.780	3.94	0.687	-1.873	.062
CIVIC	3.71	0.632	3.74	0.636	-.487	.626
COMMU	4.10	0.615	4.05	0.685	.768	.443
COMGOOD	3.83	0.722	3.93	0.669	-1.566	.118
POLICY	4.02	0.608	3.91	0.636	1.747	.081
전체	4.04	.408	4.04	.415	.054	.957

Note. HUMAN: 인간의 복지와 안전에 대한 고려; ENVIR: 지속가능한 환경에 대한 고려; CONSEQ: 사회적 위험과 영향 고려; NEEDS: 사회적 필요와 요구 고려; CIVIC: 사회참여와 봉사; COMMU: 대중과의 소통; COMGOOD: 공공선의 추구; POLICY: 정책결정에의 참여

Table 6 Comparison of VSRoSE factor scores among five majors

	자연계열				공학계열						*F*	*p*
	수학/물리/천문/지리		생물/화학/환경/농림수산/생활과학		건축/교통운송/산업/토목도시		기계금속/소재재료/정밀에너지/화공		전기전자/컴퓨터통신			
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*		
HUMAN	4.39	0.452	4.17	0.559	4.18	.531	4.30	0.494	4.27	0.522	2.449*	.045
ENVIR	4.33	0.520	4.31	0.596	4.16	.626	4.34	0.530	4.40	0.503	3.607**	.007
CONSEQ	4.21	0.584	4.19	0.497	4.04	.510	4.28	0.495	4.15	0.515	3.869**	.004
NEEDS	3.89	0.786	3.89	0.776	3.98	.605	3.89	0.652	3.99	0.695	0.655	.623
CIVIC	3.75	0.595	3.73	0.629	3.68	.605	3.76	0.644	3.82	0.583	0.971	.423
COMMU	4.13	0.581	4.08	0.660	3.96	.692	4.10	0.661	4.10	0.642	1.296	.271
COMGOOD	3.88	0.724	3.85	0.674	3.88	.578	3.97	0.765	4.01	0.631	1.236	.295
POLICY	3.97	0.563	4.08	0.628	3.82	.611	3.94	0.662	3.88	0.592	2.655*	.032
전체	4.08	0.404	4.04	0.421	3.96	.404	4.08	0.406	4.08	0.393	2.133	.075

Table 7 Comparison of VSRoSE factor scores by school year

	1학년		2학년		3학년		4학년		*F*	*p*
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*		
HUMAN	4.26	0.506	4.25	0.520	4.31	0.499	4.21	0.572	0.827	.479
ENVIR	4.34	0.595	4.30	0.556	4.29	0.592	4.21	0.550	1.293	.276
CONSEQ	4.22	0.532	4.19	0.517	4.18	0.532	4.08	0.533	2.023	.110
NEEDS	3.84	0.748	3.98	0.692	3.90	0.768	3.91	0.610	1.129	.337
CIVIC	3.81	0.594	3.69	0.651	3.71	0.676	3.75	0.612	1.149	.329
COMMU	4.07	0.717	4.04	0.616	4.06	0.711	4.07	0.640	0.082	.970
COMGOOD	3.90	0.705	3.93	0.671	3.97	0.674	3.83	0.669	0.976	.404
POLICY	3.99	0.624	3.89	0.650	3.95	0.610	3.94	0.633	0.668	.572
전체	4.06	0.414	4.04	0.395	4.05	0.411	4.00	0.433	0.543	.653

Note. HUMAN: 인간의 복지와 안전에 대한 고려; ENVIR: 지속가능한 환경에 대한 고려; CONSEQ: 사회적 위험과 영향 고려; NEEDS: 사회적 필요와 요구 고려; CIVIC: 사회참여와 봉사; COMMU: 대중과의 소통; COMGOOD: 공공선의 추구; POLICY: 정책결정에의 참여

학생들은 전반적으로 높았고, 건축/교통운송/산업/토목도시를 전공하는 학생들의 인식이 낮은 편이었다. 전기전자/컴퓨터통신 전공의 경우에는 정책참여와 관련된 점수가 상대적으로 낮았다. 이는 이공계 대학생들의 세부전공에 따라 중요하게 여기는 사회적 책임감이 다를 수 있다는 의미로 해석해볼 수 있다. 다만, 연구진의 예상과 달리 이공계 대학생의 세부전공에 따라 중요시하는 사회적 책임감의 영역의 차이가 아주 분명하게 드러나지는 않았다. 본 연구진이 VSRoSE를 개발하는 과정에서 진행한 전문가 집단 회의에서는 세부전공에 따라 중요시하는 사회적 책임감의 요인이 상이할 것으로 예상하였다. 예를 들어 생물/화학/환경과 같은 전공은 타전공에 비해 인간의 안전이나 복지, 환경에 대한 고려 등을 더욱 강조할 것이며, 건축/토목/도시와 같은 전공은 사회적 위험이나 영향을 고려하고 사회의 요구를 반영하는 부분에 있어 중점을 둘 것으로 예상되었다. 즉, 자연과학보다는 공학계열 학생들이 기술개발이나 연구의 측면을 강조할 것으로 생각되었으나, 실제로는 전공에 따른 차이가 뚜렷하게 발견되지 않았다.

셋째, 학년에 따라 과학기술자로서의 사회적 책임 인식을 비교한 결과도 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 7). 전반적으로 VSRoSE의 모든 요인에서 1학년에서 다소 높고 2, 3학년에서는 유사하다가 4학년에서 다시 낮아지는 형태를 보였는데(U자형), 이는 대학생들이 대학에 갓 입학하여 과학기술자로서 다양한 책임의식을 가졌으나 대학 생활에서 다양한 프로젝트를 통해 사회적 책임을 다하는 것이 쉽지 않다는 것을 깨달은 것으로 해석해볼 수 있다. 또는 이공계 대학생으로서 진로에 대해 고민하는 과정을 거치면서 사회적 책임에 대한 인식 변화가 있는 것으로 해석해볼 수 있다.

2. 군집분석

본 연구에서는 이공계 대학생의 과학기술자로서 사회적 책임에 대한 주요 양상을 파악하기 위해 군집분석을 진행하여 그 유형을 탐색해보았다. Ward의 위계적 클러스터링을 실시하는 과정에서 최적의 군집 수를 선택하고자 덴드로그램(dendrogram)을 살펴보았으며, 이를 통해 4개-7개 군집으로 구분할 수 있음을 확인하였다. 4개 군집에 비해 5개 군집으로 구분하였을 때 새로운 유의미한 유형을 구분할 수 있다는 장점이 있었으며, 6개 및 7개 군집으로 구분될 경우 5개 군집에서 세분화될 뿐 새로운 유형을 분리하지 못한다는 아쉬움이 있었다. 따라서 본 연구에서는 연구자 간 합의를 통해 군집수를 5개로 채택하여 분석하였다.

먼저, 각 군집의 속성을 이해하기 위해 군집별 VSRoSE 기술통계를 실시하였으며 그 결과는 다음 Table 8, Figure 2와 같다. 또한 해당 결과를 바탕으로 각 군집의 성격을 잘 나타낼 수 있도록 군집을 명명하였다(Table 9).

Fig. 2에서 볼 수 있듯, 본 연구에 참여한 이공계 대학생은 과학기술자의 사회적 책임인식에 따라 상중하로 구분되는 세 개 유형과(유형1, 2, 5), 하위요인에 따라 편차가 있는 두 개 유형으로 구분되었다(유형3, 4). 유형1은 VSRoSE의 모든 하위요소에서 4.5점 이상의 매우 높은 평균 점수를 나타내는 집단으로, 상위 집단으로 명명하였다. 유형2는 모든 요소에서 평균과 유사하거나 약간 상회하는 수준의 사회적 책임 인식을 보이는 집단으로(297명, 49.0%), 평균집단으로 명명하였다. 유형2의 사회적 책임인식은 전체 집단의 평균과는 유사하지만, 실제적으로는 VSRoSE 점수가 4점을 상회하므로 높은 사회적 책임인식을 지니고 있는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 유형1과 유형2는 모든 요인에서 높은 사회적 책임인식을 보이는 본보기가 되는 학생들로서, 추후 과학기술문제를 해결함에 있어 집단의 리더 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

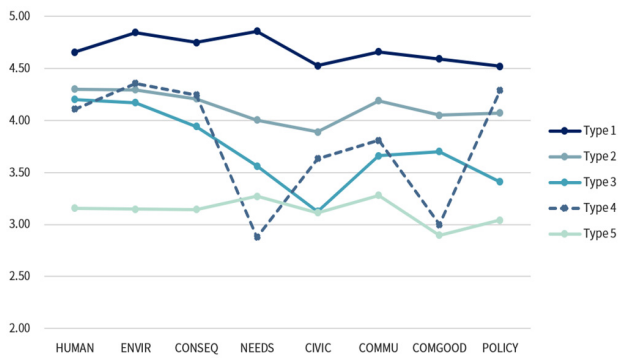

Fig. 2 Five clusters on the VSRoSE scores

유형3과 유형4는 참여에 대한 부분이 낮다는 공통점이 있으나 그 양상이 사뭇 다르다. 유형3은 평균보다 약간 낮은 점수분포를 보이면서, 사회참여와 봉사(CIVIC)와 정책결정에의 참여(POLICY)와 같이 실천과 참여 부분의 평균이 매우 낮은 집단이다(144명, 23.7%). 본 연구에서는 유형3을 실행인식 저조집단으로 명명하였다. 반면, 유형4는 세부요인별 평균점수의 차이가 큰 그룹으로, 일부 항목(NEEDS, COMGOOD)에서는 거의 최하점을 나타내지만 정책결정에의 참여(POLICY)를 고려하겠다는 주관이 뚜렷한 불균형 집단의 학생들이다(44명, 7.3%). 마지막으로 유형5는 모든 요소에서 고르게 낮은 점수를 나타내는 학생들로(32명, 5.3%), 하위집단으로 명명하였다. 과학기술과 관련된 교육프로그램을 계획 및 제공할 때에는 참여에 대한 인식이 낮은 유형3, 4, 5 학생들의 특징을 고려할 필요가 있겠다.

종합해보면, 전체 연구참여자 중 사회적 책임의식이 전반적으로 높은 편인 유형(유형2)이 과반수 가량 차지하였으며, 인지적인 책임은 높으나 실천적인 책임은 회피하는 유형(유형3)과 사회적 책임의식이 매우 높은 유형(유형1)이 그 뒤를 이었다. 또한 사회적 요구를 반영하거나 공공선을 위한 연구에는 그다지 관심이 없으나 정책반영에 대한 의지는 높은 불균형 유형(유형4), 과학기술자로서 사회적 책임의식이 다소 낮은 유보적인 유형(유형5)으로 구성되었다.

Table 8 Descriptive statistics of VSRoSE factor scores by cluster

	유형1 (N=89)		유형2 (N=297)		유형3 (N=144)		유형4 (N=44)		유형 5 (N=32)		Tukey b
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	
HUMAN	4.66	0.390	4.30	0.427	4.20	0.450	4.11	0.403	3.16	0.497	1>2,3>3,4>5
ENVIR	4.85	0.252	4.29	0.481	4.17	0.458	4.36	0.581	3.15	0.555	1>4,2,3>5
CONSEQ	4.75	0.347	4.21	0.404	3.94	0.437	4.25	0.442	3.14	0.330	1>4,2>3>5
NEEDS	4.86	0.230	4.01	0.477	3.56	0.573	2.88	0.566	3.27	0.625	1>2>3>5>4
CIVIC	4.53	0.425	3.89	0.384	3.13	0.517	3.63	0.501	3.11	0.393	1>2>4>3,5
COMMU	4.66	0.435	4.19	0.496	3.66	0.696	3.81	0.680	3.28	0.651	1>2>4,3>5
COMGOOD	4.59	0.514	4.05	0.430	3.70	0.590	3.00	0.627	2.90	0.653	1>2>3>4,5
POLICY	4.52	0.502	4.07	0.431	3.41	0.521	4.29	0.441	3.04	0.513	1>4>2>3>5

Table 9 Characteristics of each cluster

군집		명(%)	특징
유형1	상위 집단	89(14.7%)	모든 요인의 책임인식이 높음
유형2	평균 집단	297(49.0%)	모든 요인의 책임인식이 평균적임
유형3	실행인식 저조집단	144(23.8%)	실행관련 하위요인이 현저히 낮음
유형4	불균형 집단	44(7.2%)	요인별 편차가 심함
유형5	하위 집단	32(5.3%)	모든 요인의 책임인식이 낮음

이와 더불어, 군집에 따라 VSRoSE 하위요인에 차이가 있는지 탐색하기 위해 Tukey 방법을 이용하여 사후검정을 실시하였다(Dunnett, 1980)(Table 8 참조). 분석 결과, 모든 하위요인에서 유형1의 평균점수가 가장 높았으며 하위요인에 따라 군집 간 차이가 다른 것으로 드러났다. 특히 사회적 필요와 요구 고려(NEEDS)와 정책결정에의 참여(POLICY)는 각각의 유형이 분명하게 구분되는 것으로 나타났다. NEEDS는 유형1>유형2>유형3>유형5>유형4로, 불균형집단인 유형4의 평균점수가 전체적으로 하위집단이었던 유형5에 비해 유의하게 낮음을 확인할 수 있었다. 반면 POLICY는 유형1>유형4>유형2>유형3>유형5로, 불균형집단인 유형4의 평균점수가 상대적으로 높은 것으로 드러났다. 다른 하위요인에서는 일부 유형의 점수가 유사한 것으로 나타났으나(예: ENVIR는 유형2, 3, 4가 유사함), 전반적으로 유형1부터 유형5까지 하위요인에 따른 점수가 구분되는 양상을 보였다.

각 클러스터를 성별, 전공계열, 학년에 따라 자세하게 살펴본 결과는 다음과 같다. 각 유형에서의 성비를 살펴본 결과, 유형1과 유형2는 남학생과 여학생의 분포가 유사했으나, 유형3, 4, 5의 경우에는 빈도 분포에 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(χ^2 = 15.13, p = .004). 사회참여와 봉사(CIVIC)와 같은 실천 참여에 대한 인식이 낮은 유형3에는 여학생 비율이 상대적으로 높았으며, 사회적 필요와 요구 고려(NEEDS)와 공공선의 추구(COMGOOD) 영역에서 특히 낮은 점수를 보이는 유형4와 전반적으로 모든 영역에서 낮은 점수를 보이는 유형5에는 남학생들의 비율이 높았다.

유형 내 자연계열과 공학계열 학생들의 비율을 살펴본 결과, 유형3과 유형4에서 자연계열과 공학계열의 비율에 다소 차이가 있었다. 유형3은 공학계열 학생들의 수가 기대빈도보다 높았으며, 유형4는 자연계열 학생들의 숫자가 기대빈도보다 다소 높았다. 그러나 전체적으로 빈도분포에 있어서 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지는 않았다. 좀 더 자세히 살펴보기 위해 전공을 5개로 나누어 살펴보았으며, 모든 영역에서 상위점수 분포를 보이는 유형1에는 전기전자/컴퓨터통신 분야 학생들의 비중이 상대적으로 높았고, 수학/물리/천문 분야 학생들의 비율이 다소 낮았다. 유형2, 3, 5에는 자연과학분야 응답자들의 비율이 다소 낮았으며, 공학계열 중 특히 건축/교통운송/산업/토목/도시 분야 학생들의 비율이 높았다. 유형4에는 수학/물리/천문 분야와 건축/교통운송/산업/토목/토시가 상대적으로 적게 포함되어 있었고, 다른 전공의 학생들의 비율이 높았다.

학년별로 살펴본 결과 또한 전체적인 분포에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 유형1에는 1학년과 2학년이 상대적으로 많이 포함되어 있었으며, 유형5에는 4학년의 비율이 오히려 높게 나타나는 모습이 포착되었다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구에서는 이공계 대학생의 과학기술자의 사회적 책임에 대한 인식을 조사하고, 클러스터 분석을 통해 이들의 인식 유형을 구분해보았다. 연구결과, 이공계 대학생들은 과학기술자의 사회적 책임감 요소 중 인간의 복지와 안전에 대한 고려(HUMAN)나 지속가능한 환경에 대한 고려(ENVIR), 사회적 위험과 영향 고려(CONSEQ)와 같이 인지적인 부분에 대해 높은 책임의식을 보이는 것으로 드러났다. 반면, 책임의식을 실천에 옮기는 것을 의미하는 사회참여와 봉사(CIVIC)나 대중과의 소통(COMMU), 정책결정에의 참여(POLICY)와 같은 부분에 있어서는 다소 낮은 인식을 보였다. 또한 본 연구에 참여한 606명의 이공계 대학생들의 사회적 책임에 대한 인식을 유형화한 결과, 하위요인에 대한 응답패턴에 따라 다섯 가지 유형으로 구분되었으며 유형 내에서 성별, 전공, 학년에 따라 일부 차이가 있는 것으로 확인되었다. 본 연구를 바탕으로 한 제언은 다음과 같다.

본 연구는 과학기술자의 사회적 책임에 대해 논의하고 이를 함양할 수 있는 하나의 방안으로서 미래의 과학기술자인 이공계 대학생들을 대상으로 사회적 책임에 대한 인식을 살펴보았다. 그렇다면 근본적으로 과학기술자의 사회적 책임에 대한 논의가 이루어져야 하는 이유는 무엇일까? 본 연구에서는 과학이나 기술, 공학 분야에 종사하는 과학자, 기술자, 공학자 등을 비롯한 과학기술자에게 공통적으로 필요한 사회적 책임을 제안해보았다. 과학자와 공학자의 연구 또는 수행목적에 상이한 부분이 있음에도 불구하고 해당 직종을 하나로 묶어 이들의 사회적 책임을 논의한 것은, 오늘날의 과학과 기술, 공학 등 유사 학문의 경계가 매우 모호하기 때문이다. 현대 과학은 이론에만 근거하지 않고 엄청난 크기의 데이터와 복잡한 시스템을 중심으로 이루어지는 경우가 상당히 많으며, 이에 따라 기초연구나 응용연구가 분명하게 구분되지 않는 경우가 많다. 본 연구에서

이용한 VSRoSE 검사도구의 하위 요인을 추출하는 과정에서도 자연과학과 공학을 전공하는 전문가의 의견이 다소 나뉘는 부분이 있었으나, 본 연구진과 12인의 전문가들은 과학기술자가 과학기술에 대한 전문지식을 바탕으로 사회에 영향을 미칠 수 있다는 데 동의하였다. 특히 과학기술자는 대학이라는 고등교육기관에서 수년간의 전문교육을 받은 후 해당 전문지식을 갖고 과학기술과 관련하여 일을 수행하는 전문직업인이므로(송성수, 2008; Martin & Schinzinger, 2004; Harris et al., 2005), 과학기술이 사회에 미치는 파급효과를 명확하게 평가할 수 있는 집단임이 분명하다. 또한 그와 동시에 과학기술자는 잠재적인 위험을 과학기술로서 해결할 수 있는 방안을 마련할 수 있는 집단이기도 하다. 따라서 과학기술자는 과학기술과 관련된 문제를 해결함에 있어 직접적인 영향력을 행사할 필요가 있으며, 과학기술이 강력한 공공성을 기반으로 한다는 점을 고려하여 연구윤리와 도덕성 이상의 넓은 범위의 사회적 책임을 갖출 필요가 있다.

본 연구에서 제시한 과학기술자가 갖추어야 할 사회적 책임의 하위요소는 인지적 측면과 실천적 측면의 8개 요인이다. 이는 기존의 연구윤리 측면으로만 강조되어 오던 사회적 책임에서 벗어나, 사회와 환경을 위한 노력, 행동과 실천을 강조하는 책임으로 확장되어 온 최근의 연구결과(Bielefeldt, 2018; Wyndham et al., 2015)와 맥을 같이 한다. 일부 과학기술자들은 사회참여와 봉사, 대중과의 소통, 정책결정에의 참여 등 급진적인 사회적 책임에 다소 부담감을 느낄 수 있겠으나, 본 연구에서는 과학기술자가 전문가로서의 본인의 역할과 책임을 성찰하고, 과학기술을 보다 바람직한 방향으로 개발하는 것이 중요한 과제라 판단하였다.

본 연구에서는 사회적 책임에 대한 넓은 관점을 확산시키는 첫 단계로, 예비 과학기술자인 이공계 대학생들의 사회적 책임인식을 조사해보았다. 연구에 참여한 이공계 대학생들의 사회적 책임인식은 전반적으로 높은 편이었으나, 실천 및 참여와 관련된 인식은 다소 낮은 편이었다. 즉, 신기술의 위험성 및 오남용 가능성을 사회에 알리거나, 과학기술이 내포하고 있는 불확실성에 대해 파악하는 것, 전문가로서 사회에 참여하여 봉사하거나 정책을 심의하는 데 참여하는 것 등에 대한 대학생들의 현재 인식은 낮은 편이라 해석해볼 수 있다. 이를 고려해볼 때, 이공계 대학생들이 과학기술자의 사회적 책임을 높일 수 있도록 적절한 교육이 수행되어야 한다는 시사점을 얻을 수 있다. 현재 공과대학에서는 한국공학교육인증원(Accreditation Board for Engineering Education of Korea, ABEEK)에서 공학교육을 인증하거나 과학기술자단체의 윤리강령을 통해 사회적 책임에 대해 안내하고 있으나, 실질적으로 미래 과학기술자들이 사회적 책임을 함양하기에는 부족한 부분이 있다. 또는 이공계 전공과목이나 프로젝트 과목으로 사회문제해결과 같은 교과목이 개설되고 있으나, 문제해결에만 집중하여 과학기술에 대한 본성에 대한 이해가 부족하거나 해결책을 바탕으로 실천과 참여에 옮기는 부분은 다소 미흡한 실정이다. 이공계 대학생들을 대상으로 전공 과목이나 프로젝트 과목, 또는 비교과활동을 통해 사회적 책임을 명시적으로 강조하는 교육이 제공될 필요가 있겠다. 본 연구진에서는 이공계 대학생의 사회적 책임을 높일 수 있는 교육프로그램으로 ENACT 프로젝트를 개발 및 실행하였으며, 해당 교육을 통해 이공계 대학생과 예비 과학, 기술교사의 과학기술에 대한 사회적 책임이 향상되었음을 밝힌 바 있다(김가형 외, 2021; 이현주 외, 2022; 최유현 외, 2021). 선행 연구에 따르면, 사회적 책임인식은 단순히 학년이 올라갈수록 높아지지 않으며(Bielefeldt & Canney, 2016b) 명시적으로 사회적 책임을 강조한 교육이 이루어져야만 가능한 것으로 보고된다. 따라서 미래의 과학기술자가 인지적·실천적 측면의 사회적 책임을 갖출 수 있도록 적절한 교육프로그램이 마련될 필요가 있겠다.

마지막으로, 사회적 책임인식을 증진하기 위한 교육프로그램을 계획하는 데 있어 본 연구에서 구분한 학생들의 유형을 고려한다면 보다 효과적으로 교육을 진행할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 특별한 교육 없이도 과학기술에 대한 사회적 책임을 어느 정도 지니고 있는 이공계 대학생과(유형1, 2), 사회참여와 봉사나 정책결정에의 참여와 같이 참여에 대한 인식이 다소 낮은 학생들이(유형3, 4, 5) 있음을 확인하였다. 이를 고려할 때, 사회적 책임인식이 높은 학생들은 리더로서의 역할을 수행하도록 독려하며, 하위요인에 따라 사회적 책임이 다소 균형잡히지 않은 학생들의 경우에는 참여와 실천을 보다 강조한 교육경험을 통해 과학기술에 대한 다양한 사회적 책임이 있음을 안내할 수 있겠다. 물론 자연계열과 공학계열과 같은 전공에 따라 교육프로그램의 내용이 달라질 수 있겠으나, 궁극적으로는 과학기술자에게 내용 지식이나 문제해결 방법에 대한 이해뿐만 아니라 실질적으로 본인이 수행하는 일이 사회에 어떠한 결과를 낳을 수 있는지, 과학기술자로서 사회에 어떻게 기여할 수 있는지에 대해서도 충분히 고민해볼 수 있도록 기회를 제공하는 것이 필요할 것이라 생각된다.

이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2019S1A5A2A03041635)

참고문헌

1. 고연주·이현주(2017). 과학관련 사회쟁점을 활용한 대학생 인

성교육의 효과: 개인-집단중심성향에 따른 비교. **한국과학교육학회지, 37**(3), 395-405.
2. 김가형 외(2021). 사회적 책임의식 함양을 위한 ENACT 모형 기반 기초설계 교과목의 비대면 수업 운영 사례. **공학교육연구, 24**(6), 3-19.
3. 박근영(2020). **학과(전공) 분류 자료집 (통계자료 SM 2020-08).** 교육부, 한국교육개발원.
4. 송성수(2008). 과학기술자의 사회적 책임에 관한 논의의 재검토. **공학교육연구, 11**(2), 5-14.
5. 이현주·고연주·홍지연(2022). ENACT 프로젝트에 참여한 예비 과학교사들의 과학기술자의 사회적 책임에 대한 인식 변화 탐색. **한국과학교육학회지, 42**(1), 111-125.
6. 최유현 외(2021). ENACT 프로그램 참여를 통한 예비 기술교사의 과학기술의 사회적 책임감과 교육 필요성에 대한 인식 변화 탐색. **교과교육학연구, 25**(2), 1-13.
7. Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G.(1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education,* 76(5), 477-491.
8. Beck, U.(1992). *Risk society: Towards a new modernity* (Vol. 17). Thousand Oaks, CA: Sage.
9. Bielefeldt, A. R.(2018). Professional social responsibility in engineering. In I. Muenstermann (Ed.), *Social responsibility* (pp. 41-60). London, England: IntechOpen.
10. Biswas, W. K.(2012). The importance of industrial ecology in engineering education for sustainable development. International *Journal of Sustainability in Higher Education,* 13(2), 119-132.
11. Boateng, G. O. et al.(2018). Best practices for developing and validating scales for health, social, and behavioral research: A primer. *Frontiers in Public Health,* 6, 1-8.
12. Browne, M. W., & Cudeck, R.(1993). Alternative ways of assessing model fit. In K. A. Bollen & J. S. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp. 136-162). Newbury Park, CA: Sage.
13. Canney, N. E., & Bielefeldt, A. R.(2015). A framework for the development of social responsibility in engineers. *International Journal of Engineering Education*, 31(1B), 414-424.
14. Canney, N. E., & Bielefeldt, A. R.(2016a). Validity and reliability evidence of the engineering professional responsibility assessment tool. *Journal of Engineering Education*, 105(3), 452-477.
15. Canney, N. E., & Bielefeldt, A. R.(2016b). Changes in the social responsibility attitudes of engineering students over time. *Science and Engineering Ethics*, 22(5), 1535-1551. doi:10.1007/s11948-015-9706-5.
16. Corley, E. A., Kim, Y., & Scheufele, D. A.(2016). Scientists' ethical obligations and social responsibility for nanotechnology research. *Science and Engineering Ethics*, 22(1), 111-132.
17. Dunnett, C. W.(1980). Pairwise multiple comparisons in the homogeneous variance, unequal sample size case. *Journal of the American Statistical Association*, 75(372), 789-795.
18. Enelund, M. et al.(2013). Integration of education for sustainable development in the mechanical engineering curriculum. *Australasian Journal of Engineering Education,* 19(1), 51-62.
19. Gilligan, C.(1982). *In a different voice: Psychological theory and women's development*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
20. Glerup, C., Davies, S. R., & Horst, M.(2017). 'Nothing really responsible goes on here': Scientists' experience and practice of responsibility. *Journal of Responsible Innovation*, 4(3), 319-336.
21. Glerup, C., & Horst, M.(2014). Mapping 'social responsibility' in science. *Journal of Responsible Innovation*, 1(1), 31-50.
22. Godhade, J., & Hundekari, S.(2018). Social responsibility of engineers. *International Journal of Academic Research and Development*, 3(2), 125-126.
23. Harrigan, K. R.(1985). An application of clustering to strategic group analysis. *Strategic Management Journal*, 6(1), 55-73.
24. Harris, C. E. Jr., Pritchard, M. S., & Rabins, M. J.(2005). *Engineering ethics, concepts and cases* (3rd ed.). Belmont: Wadsworth/Thomson Learning. [김유신 외 옮김, 공학윤리, 북스힐, 2006].
29. Held, V.(2006). *The ethics of care: Personal, political, and global*. New York, NY: Oxford University Press.
26. Hu, L., T., & Bentler, P. M.(1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6, 1-55.
27. Kline, R. B.(2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed.). New York, NY: The Guilford Press.
28. Ko, Y., Shim, S. S., & Lee, H.(2021). Development and validation of a scale to measure views of social responsibility of scientists and engineers (VSRoSE). *International Journal of Science and Mathematics Education*. Online first.
29. Lambrinidou, Y., & Canney, N. E.(2017, June). *Engineers' imaginaries of "the public": Content analysis of foundational professional documents*. Paper presented at the Annual Conference of American Society for Engineering Education, Columbus, OH.

30. Lathem, S. A., Neumann, M. D., & Hayden, N.(2011). The socially responsible engineer: Assessing student attitudes of roles and responsibilities. *Journal of Engineering Education,* 100(3), 444-474.
31. Lee, H. et al.(2012). Developing character and values for global citizens: Analysis of pre-service science teachers' moral reasoning on socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 34(6), 925-953.
32. Lundström, M., Sjöström, J., & Hasslöf, H.(2017). Responsible research and innovation in science education: The solution or the emperor's new clothes?. *Sisyphus: Journal of Education,* 5(3), 11-27.
33. Martin, M. W., & Schinzinger, R.(2004). *Ethics in engineering* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
34. Mejlgaard, N. et al.(2019). Teaching responsible research and innovation: A phronetic perspective. *Science and Engineering Ethics*, 25(2), 597-615.
35. Noddings, N.(1984). *Caring, a feminine approach to ethics & moral education.* Berkeley and Los Angeles, CA: University of California Press.
36. Pimple, K. D.(2002). Six domains of research ethics. *Science and Engineering Ethics*, 8(2), 191-205.
37. Punj, G., & Stewart, D.(1983). Cluster analysis in marketing research: Review and suggestions for application. *Journal of Marketing Research,* 20, 134-148.
38. Sakharov, A.(1981). *The responsibility of scientists. Nature,* 291, 184–185.
39. Scheufele, D. A., & Lewenstein, B. V.(2005). The public and nanotechnology: How citizens make sense of emerging technologies. *Journal of Nanoparticle Research*, 7(6), 659-667.
40. Schlossberger, E.(2016). Engineering codes of ethics and the duty to set a moral precedent. *Science and Engineering Ethics,* 22(5), 1333-1344.
41. Splitt, F. G.(2003). *Engineering education reform: A trilogy*. International Engineering Consortium, 8-12.
42. Stilgoe, J., Lock, S. J., & Wilsdon, J.(2014). Why should we promote public engagement with science?. *Public Understanding of Science,* 23(1), 4-15.
43. Tassone, V. C. et al.(2018). (Re-)Designing higher education curricula in times of systemic dysfunction: A responsible research and innovation perspective. *Higher Education,* 76(2), 337-352.
44. Vanasupa, L., Slivovski, L., & Chen, K. C.(2006). Global challenges as inspiration: A classroom strategy to foster social responsibility. *Science and Engineering Ethics,* 12(2), 373–380.
45. Wyndham, J. M. et al.(2015). *Social responsibility: A preliminary inquiry into the perspectives of scientists, engineers and health professionals.* Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
46. Zandvoort, H. et al.(2013). Editors' overview: Perspectives on teaching social responsibility to students in science and engineering. *Science and Engineering Ethics,* 19, 1413–1438.

고연주 (Ko, Yeonjoo)
2017년: 이화여자대학교 과학교육학 박사
현재: 이화여자대학교 해저드리터러시 융합교육연구소 연구원
관심분야: SSI 교육, 테크놀로지기반교육
E-mail: yeonjooko1@ewha.ac.kr

심성옥 (Sungok Serena Shim)
2006년: University of Illinois at Urbana-Champaign, 교육심리학 박사
현재: Professor, Ball State University, USA
관심분야: 학습동기, 학습환경
E-mail: sshim@bsu.edu

황요한 (Hwang, Yohan)
2016년: 경북대학교 과학교육학 박사
현재: 서울여자대학교 교양학부 조교수
관심분야: PBL 융합교육, 지속가능발전교육
E-mail: yohan@swu.ac.kr

최유현 (Choi, Yuhyun)
2006년: 서울대학교 교육학 박사
현재: 충남대학교 기술교육과 교수
관심분야: 기술교육, 공학교육, 문제해결
E-mail: choi@cnu.ac.kr

옥승용 (Ok, Seung-Yong)
2005년: 서울대학교 공학박사
현재: 한경대학교 사회안전시스템공학부 교수
관심분야: 공학교육인증, 공학교육
E-mail: syok@hknu.ac.kr

남창훈 (Nam, Chang-Hoon)
2001년: Université de Technologie de Compiègne, 이학박사
현재: DGIST 뉴바이올로지 전공 부교수
관심분야: 면역학, 생물교육
E-mail: chang@dgist.ac.kr

이현주 (Lee, Hyunju)
2006년: University of Illinois at Urbana-Champaign, 과학교육학 박사
현재: 이화여자대학교 과학교육과 교수
관심분야: SSI 교육, 물리교수학습
E-mail: hlee25@ewha.ac.kr