

이공계 대학생의 사회적 책임감 함양을 위한 ENACT 모형의 개발과 교육적 함의

이현주[†]·최유현^{**}·남창훈^{***}·옥승용^{****}·심성옥^{*****}·황요한^{*****}·김가형^{*****}

^{*}이화여자대학교 과학교육과 교수
^{**}충남대학교 기술교육과 교수
^{***}대구경북과학기술원 뉴바이올로지 전공 부교수
^{****}한경대학교 사회안전시스템공학부 교수
^{*****}볼주립대학교 교육심리학과 교수
^{*****}서울대학교 교육종합연구원 책임연구원
^{*****}이화여자대학교 해저드리터러시 융합교육연구소 연구원

Development of the ENACT Model for Cultivating Social Responsibility of College Students in STEM Fields

Lee, Hyunju[†]·Choi, Yuhyun^{**}·Nam, Chang-Hoon^{***}·Ok, Seung-Yong^{****}·Sungok Serena Shim^{*****}·Hwang, Yohan^{*****}·Kim, Gahyoung^{*****}

^{*}Professor, Department of Science Education, Ewha Womans University
^{**}Professor, Department of Technology Education, Chungnam National University
^{***}Associate Professor, Department of New Biology, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology
^{****}Professor, School of Social Safety System Engineering, Hankyong National University
^{*****}Professor, Department of Educational Psychology, Ball State University
^{*****}Senior researcher, Center for Educational Research, Seoul National University
^{*****}Research fellow, Research Center for Hazard Literacy Education, Ewha Womans University

ABSTRACT

This study aims to introduce the ENACT model, which is a systematic teaching-learning model for cultivating social responsibility of science and engineering college students, and to discuss its educational implications. For the development of the ENACT model, we conducted extensive literature reviews on RRI, STEM education, and science and technology studies (STS). In addition, we examined exemplary overseas education programs emphasizing social responsibility of scientists/engineers and citizens. The ENACT model consists of five steps; 1) Engage in SSIs, 2) Navigate SSIs, 3) Anticipate consequences, 4) Conduct scientific and engineering practice, and 5) Take action. This model links Socioscientific Issues (SSI) education with engineering education, dividing the major elements of social responsibility education for scientists and engineers into the dimensions of epistemology and praxis, and reflected them in the model. This effort enables science and engineering college students to pursue more responsible and sustainable development by carrying out the responsible problem-solving process based on an understanding of the nature of science and technology. We plan to implement ENACT model based programs for science and engineering college students and to examine the effects.

Keywords: ENACT model, Social responsibility, Scientists and engineers, Instructional model

1. 서 론

급속한 과학기술 발달로 인한 사회·윤리적 문제들이 지속적

으로 제기됨에 따라 과학기술 분야에 종사하는 전문가들의 사회적 책임감에 대한 중요성이 강조되고 있다(손화철·송성수, 2007; 송성수, 2008). 과학기술자¹⁾가 갖추어야 할 사회적 책임감에 대한 정의는 학자마다 다르다. 그러나 과학기술의 공공

Received August 28, 2020; Revised September 28, 2020

Accepted October 11, 2020

[†] Corresponding Author: hlee25@ewha.ac.kr

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

1) 본 연구에서는 편의상 과학자, 기술자, 공학자 등 이공계분야에 종사하는 전문 인력을 ‘과학기술자’라 칭함.

성을 고려할 때, 과학기술자의 사회적 책임을 정의해야 할 필요성은 지속적으로 제기되고 있다. 예를 들어, Bielefeldt(2018)는 과학기술자의 가장 중요한 책임이 인간의 안전과 건강, 복지를 추구하는 것이라고 주장하였다. 즉, 과학연구로 인해 예상되는 위험을 미리 고려하고, 이를 최소화하기 위해 노력해야 한다는 것이다. 또한 과학기술은 다양한 주제 간에 복잡하게 연계되어 있어 동일한 과학기술에 대해 서로 다른 입장을 제시할 수 있음을 인지하고, 이를 포괄적으로 고려해야 하는 것도 과학기술자의 사회적 책임이라고 언급한 학자도 있다(Lambrinidou & Canney, 2017; Schlossberger, 2016). 일부 학자들은 환경과의 지속가능한 발전을 모색함으로써 지구상에 있는 모든 유기체의 생명에 대한 본질적인 권리를 존중하는 것(Biswas, 2012; Enelund et al., 2013), 과학기술에 대해 대중에게 설명하고 관련 분야 정책심이나 봉사활동에 참여하는 것(Scheufele & Lewenstein, 2005), 본인의 기술이나 전문적 지식을 타인과 공유하는 것 등도 사회적 책임이라고 주장하고 있다(Canney & Bielefeldt, 2015; Wyndham et al., 2015).

과학기술자의 사회적 책임에 대한 논의는 ‘책임 있는 연구와 혁신(Responsible Research and Innovation, RRI)’ 개념의 등장으로 더욱 가속화되었다. RRI는 포용적이고 지속 가능한 사회를 만들기 위해 과학기술 분야의 연구 및 혁신이 가져올 수 있는 잠재적인 영향과 사회적 기대를 예상 및 평가하고자 하는 의도에서 도입되었다(Stahl, 2013). RRI에서 강조하고 있는 주요 개념 중 하나가 바로 ‘사회적 책임’이다. 박희재와 성지은(2015)은 국내의 RRI 현황 조사를 바탕으로 RRI에서의 책임의 의미를 연구활동의 목적과 동기에서의 책임, 연구와 혁신의 결과에 대한 책임, 그리고 연구와 혁신 과정에서의 책임의 세 가지로 정리하여 설명하였다. 첫째, 연구혁신의 목적과 동기에 대한 성찰(reflectivity) 책임으로, 이는 연구자들의 연구혁신 활동을 규제하려는 것이 아니라 연구활동의 목적과 동기에 질문을 던짐으로써 새로운 연구와 혁신의 장을 열고자 함이라고 설명하였다. 둘째, 연구와 혁신을 통해 의도치 않게 발생할 수 있는 잠재적 사회·경제·환경적 영향의 가능성을 미리 예견(anticipation)하고 피할 수 있도록 노력하는 것도 책임 범위에 있음을 강조하였다. 마지막으로 숙의(deliberativeness)와 포괄성(inclusiveness)의 원칙하에 과학기술자, 기업, 국가뿐 아니라 시민을 포함한 다양한 가치와 이해관계자를 연구과정에 참여하도록 해야 할 책임도 있다고 하였다. 즉, RRI는 과학기술의 긍정적·부정적 측면을 모두 인정하면서 연구자, 기업, 시민이 함께 혁신의 방향과 방법, 속도 등을 조정해나가고자 한다는 점, 즉 ‘상호 반응적(mutual responsiveness)’이라는 점에서 기존의 기술영향평가 등과 차별화된다(Stahl, 2013; Lundström et al., 2017; Von Schomberg,

2013).

RRI의 중요성이 강조됨에 따라 유럽연합(EU)을 중심으로 RRI와 연계된 다양한 교육프로그램들이 시도되어 왔다. 초·중·고등학교 학생들을 위한 대표 교육프로그램으로는 PARRISE, ENGAGE, IRRESISTIBLE 프로젝트 등이 있다. 유사한 맥락에서 과학교육 분야에서는 과학의 본성(Nature of Science), 기술의 본성(Nature of Technology) 교육에 대한 연구들이 1990년대 후반부터 진행되어 왔으며, 2000년대 중반부터는 과학기술의 사회·윤리적 함의와 시민으로서의 책임감을 강조하는 ‘과학기술 관련 사회쟁점(Socioscientific Issues, SSI) 교육’이 강조되어 왔다(Zeilder et al., 2005). 이와 같은 교육적 시도들은 공통적으로 과학기술에 내재된 불확실성(uncertainty), 다양한 이해관계자 간의 논쟁 가능성, 과학기술과 사회와의 연계성 등을 강조하고 있다. 최근 연구결과에 따르면 이러한 시도가 학생들의 과학기술에 대한 이해를 증진시킬 뿐만 아니라(이현욱·이현주, 2016; Kahn & Zeidler, 2019; Newton & Zeidler, 2020), 시민으로서의 책임감 있는 실행의지, 책임감 있는 실천에 효과가 있음이 보고되고 있다(Bencze, 2017; Lee et al., 2013; Kim et al., 2020; Sjöström & Eilks, 2018).

초·중·고등학생들을 대상으로 한 교육 프로그램은 다양한 교수학습 방법을 적용하여 진행되고 있는 반면, 이공계 전공과 연계된 대학 이상의 RRI 교육은 EU의 HEIRRI나 EnRRICH 프로젝트 등으로 상대적으로 교수·학습적 체계나 프로그램이 부족한 실정이다(Mejlgaard et al., 2019; Tassone et al., 2018; Zandvoort et al., 2013). 공학인증 프로그램이나 기관별로 RRI의 적용에 대해 필요성을 인정하여 공학 윤리 등의 교과목을 운영하고 있다. 하지만, 국내 공학분야의 사회문제해결형 교육은 대부분 당면한 문제를 창의적으로 해결하는 실행에만 주로 초점을 맞추고 있어(장용철 외, 2013) 과학기술 전문가를 위한 사회적 책임감 함양을 위한 교육으로는 충분치 않다. Mejlgaard et al.(2019)은 RRI 관련 프로젝트 관련자들과의 인터뷰를 통해 그 이유를 탐색해보았다. 그 결과, 과학이 가치중립적이라고 믿는 신념, RRI를 이공계 교육의 부수적 요소나 이공계 종사자가 갖추어야 할 상식 수준으로 여기는 문화, 그리고 RRI가 지닌 간학문적 특성(예: 과학기술사회학, 윤리학 등)을 가르치는 것에 대한 저항감 등이 원인으로 나타났다. 일부 학자들은 RRI가 매우 중요한 개념이기는 하지만, 하향식으로 전달되었기 때문에 교육에 적용하기에 모호하기 때문이라고 설명하였다(Lundström et al., 2017). 따라서 효과적인 교육을 위해 사회적 책임감의 주요 개념과 역량을 도출하고, 어떻게 이를 반영한 고등교육 프로그램을 개발할 것인가 등에 대한 많은 연구가 필요한 실정이다(Zandvoort et al., 2013).

미래 과학기술 분야로 진출할 이공계 대학생들을 대상으로 한 사회적 책임감 교육은 매우 중요하다. 유양석(2019)에 따르면, 이공계 대학생들은 인문사회 전공 학생에 비해 4차 산업혁명으로 예측되는 사회적 문제에 덜 우려하고 있을 뿐만 아니라 첨단과학 시대를 대비하는 본인의 수준을 미흡하다고 평가하고 있다. 현재 진행되고 있는 공학적 문제해결 중심의 교육만으로는 이들이 미래 사회를 대비하는데 충분치 않을 수 있다(안윤정·임윤서, 2017). 학부교육부터 사회적 책임감을 학습할 수 있도록 과학기술 쟁점에 관심을 갖고 사회적 실천의 경험을 제공해주는 것이 필요하다(김가형·이현주, 2019).

이에, 본 연구에서는 이공계 대학생의 사회적 책임감 함양을 위한 체계적인 교수·학습 모형을 제안하고자 한다. 본 연구에서 제안하는 모형은 공학교육 분야에서 주로 활용하는 사회문제해결형 교육에 과학기술관련 사회쟁점(SSI) 교육의 이론적 기반을 더함으로써, 이공계 대학생들이 과학기술의 본성과 사회적 역할에 대한 이해를 바탕으로 과학/기술/공학적 문제해결과정을 실행할 수 있도록 한다는 데 그 특징이 있다. 또한 그 실행의 과정에 RRI의 개념을 반영함으로써 책임감 있는 문제해결과정이 될 수 있도록 안내한다. 이를 위해 본 연구에서는 우선 과학기술(자)의 사회적 책임을 강조하는 해외 교육프로그램 사례를 조사한 후, 이 사례들에 적용된 개념적 접근과 교수·학습 모형을 분석하고, 나아가 전문가들과의 지속적인 논의를 거쳐 국내 이공계 학부교육에 적합한 교수·학습 모형을 제안하고자 한다.

II. 과학기술 분야의 사회적 책임감을 강조하는 교육 프로그램 사례

과학기술의 사회적 함의와 이를 실행하는 전문가의 사회적 책임을 강조하는 교육프로그램은 다양한 형태로 여러 국가에서 진행되고 있다. 특히 유럽연합(EU)에서는 RRI의 개념을 적용하여 이를 확산하기 위해 여러 교육 분야 프로젝트를 추진하였는데, 대표적으로 초·중·고등학교 학생들을 위한 PARRISE, ENGAGE, IRRESISTIBLE 등을 들 수 있다. 이 프로젝트들은 수년에 걸쳐 RRI의 실현을 위한 교수·학습 모형을 제시하고, 교사교육 및 프로그램 개발을 통해 그 성과를 확산하고자 노력하였다. 이 밖에도 과학기술 분야의 사회적 책임감을 강조한 프로그램으로 EU의 I SEE 프로젝트²⁾와 캐나다의 STEPWISE 프로그램³⁾ 등이 있다. I SEE 프로젝트는 이공분야(STEM 분

야) 진출을 계획하는 학생들에게 과학기술의 미래를 상상하고 예측해보는 과정을 강조함으로써 사회적 책임감과 역량을 함양하는 프로그램이다. STEPWISE는 자본주의(capitalism)가 주도하는 과학기술의 불합리성을 다양한 각도에서 재조명해보고, 사회정의 실현을 목표로 시민들의 책임감 있는 문제해결과 실천을 강조하는 프로그램이다. 대학 이상 고등교육과정과 연계된 프로그램으로는 EU의 HEIRRI나 EnRRICH 프로젝트를 들 수 있다. 본 연구에서는 사회적 책임감 또는 RRI를 명시적으로 강조한 교육프로그램 중 EU의 재정적인 지원을 받아 수년에 걸쳐 진행되었으며, 최근 학문적 성과물(예: 학술지 게재 등)을 발표하고 있는 대표 프로그램을 중심으로 소개하고자 한다. 그 외의 프로그램들은 Table 1에서만 비교하였으며, 프로그램 간의 비교를 통해 이공계 대학생의 사회적 책임감 함양을 위해 강조해야 하는 요소들을 도출해보고자 한다.

1. PARRISE 프로젝트

PARRISE⁴⁾는 『Promoting Attainment of Responsible Research & Innovation in Science Education』의 약어로, 유럽연합에 속한 11개국의 18개 파트너 기관을 중심으로 4년간(2014년-2017년) 진행된 프로젝트이다. 이 프로젝트에서는 초등 및 중등 교육에서 RRI의 개념을 소개하는 것을 목표로 과학교사의 전문성 개발을 위해 노력하였다. PARRISE는 과학기술관련 사회쟁점(Socioscientific Issues) 교육과 탐구기반 과학교육(Inquiry-Based Science Education)을 결합시킨 SSIBL(Socio-Scientific Inquiry-Based Learning) 접근법을 기반으로 교수·학습 자료를 개발하였으며, 파트너 기관에 속한 교사와 연구자들이 그 내용의 타당성을 서로 검증하는 과정을 통해 발전시켜 나갔다. 또한 비판적 시민성(critical citizenship)을 강조하여 학생들이 급속한 과학기술의 발전을 비판적으로 재조명하고 그로 인해 발생하는 다양한 쟁점들에 대해 함께 토론해봄으로써, RRI의 의미를 이해하고 진정한 시민으로서의 과학적 소양을 갖추도록 하는 데 목적이 있다(Zafrani & Yarden, 2017).

특히, PARRISE는 SSIBL 모형을 통해 1) 사회적·윤리적 맥락에서 적용되는 과학적 개념과 원리, 2) 과학적 연구/실천과 적용에서의 불확실성(uncertainty), 3) 전문가 간 의견 불일치 가능성, 4) 과학기술 관련 사회쟁점에 대한 토론과 논쟁, 5) 개인, 사회 및 세계 맥락에서 SSI에 대한 의사결정의 복잡성(complexity), 6) 근거에 기반한 토론과 실천의 필요성을 이해

2) I SEE는 『Inclusive STEM Education to Enhance the capacity to aspire and imagine future careers』의 약자임(<https://iseeproject.eu/> 참조).

3) STEPWISE는 『Science & Technology Education Promoting Wellbeing

for Individuals, Societies and Environments』의 약자임(<https://wordpress.oise.utoronto.ca/jlbencze/stepwise/> 참조).

4) PARRISE 홈페이지(<https://www.parrise.eu/>) 참조

하는데 교수·학습의 초점을 두고 있다. 학생들은 과학기술의 급속한 발달로 인해 실생활에서 직면하는 관심 있는 문제(authentic questions)를 찾아, 문제를 해결하기 위해 탐구를 진행한다(Enaction). 이 과정에는 과학/공학적 탐구뿐만 아니라 사회과학적 탐구 방법도 적용된다. 즉, 실험을 설계하고 수행하거나, 시뮬레이션 및 모델링을 하기도 하고, SSI를 해결하기 위해 관련된 이해관계자를 인터뷰하거나 설문조사를 수행하기도 한다. SSI를 둘러싼 다양한 입장과 관점, 불확실성에 대해 함께 이야기하는 과정도 거친다. 그리고 마지막으로 탐구를 통해 얻은 근거자료를 기반으로 책임감 있는 연구와 혁신을 위한 실천방안을 모색한다(Action). 나아가 이러한 실천이 또 다른 문제를 찾는 과정으로 이어지도록 교육하고 있다.

2. IRRESISTIBLE 프로젝트

IRRESISTIBLE 프로젝트⁵⁾는 『Including Responsible Research and innovation in cutting Edge Science and Inquiry-based Science education to improve Teacher's Ability of Bridging Learning Environments』의 약어로, 유럽 연합에 속한 10개국의 14개 파트너 기관을 중심으로 3년간(2013년-2016년) 지원을 받아 운영된 프로젝트이다. 파트너 대학 및 기관에서는 비형식 기관(과학센터, 박물관, 과학축전 등)과의 연계를 통해 학교 교사, 대학의 교육 전문가, 박물관/과학센터의 전시 전문가 및 각 주제 분야의 연구원으로 구성된 컨소시엄을 구성하고, 삶과 밀접하게 관련된 다양한 첨단기술 연구에 관한 주제(예: 나노과학, 기후변화, 재생가능에너지, 건강과 노화 등)를 발굴하여 프로그램을 개발하였다. 선택한 주제는 중·고등학교 교육과정에서 다루는 내용과 연계되면서 동시에 RRI를 반영한다. 개발에 참여한 교사들은 다른 교사들에게 프로그램과 운영방식에 대해 교육함으로써 수천 명의 학생들이 이 프로그램을 경험할 수 있도록 하고 있다.

IRRESISTIBLE 프로젝트에 참여하는 학생들은 RRI 개념을 다루는 전시물(예: 모형, 포스터 등) 제작에 참여하고, 비형식 교육 기관 및 대학에 속한 전문가들로부터 지원을 받는다. 전시회는 학교, 대학 및 과학관 또는 박물관에서 열린다. 이 과정을 통해 교사와 학생들은 과학기술에 불확실성과 위험이 내재되어 있음을 이해하고, 최첨단 과학기술 문제를 해결하는 방법에 대한 전문 지식을 학습하게 된다. 또한, 과학기술에 의문을 제기하고, 논리와 근거를 활용하여 과학적 설명을 구성하는 방법과 대안을 모색하는 방법, 그리고 다른 사람들과 논리적으로 의사소통하는 방법 등도 배우게 된다. 그뿐만 아니라 과학기술

로 인한 논쟁을 해결하기 위한 커뮤니티 활동에 참여하는 기회도 갖는다(Gorghiu et al., 2015).

3. ENGAGE 프로젝트

ENGAGE 프로젝트⁶⁾는 유럽연합에 속한 13개국의 14개 파트너 기관을 중심으로 현재까지 진행되고 있다. ENGAGE 프로젝트는 탐구기반 교수전략을 기반으로 교사들이 학생들의 삶과 연관된 현대 과학기술의 문제와 적용을 도입할 수 있도록 돕고, 교사들의 RRI에 대한 인식과 이해를 높이고 수업현장에 RRI에 대한 개념을 적용할 수 있도록 하며, 학생들이 그들의 삶 속에서 당면하는 쟁점들과 RRI에 대해 관심 갖고 책임감 있게 참여할 수 있는 기반을 마련하는 데 목적이 있다(Okada, 2016).

ENGAGE 교육과정에서는 RRI를 위한 과학적 탐구역량을 키르기 위해 다음의 10가지 역량에 초점을 두고 있다. 1) 탐구하고자 하는 과학질문을 명확하게 정의하는 능력(Devise questions), 2) 출처의 신뢰성, 주장에 대한 근거의 편향성 및 신뢰성을 판단하는 능력(Interrogate sources), 3) 문제에 대한 해결책을 다양한 관점을 고려하여 논리적으로 평가하는 능력(Examine consequences), 4) 잠재적 위험과 혜택에 대해 균형적으로 평가하는 능력(Estimate risks), 5) 다양한 형태의 자료로부터 패턴을 찾아내는 분석능력(Analyse patterns), 6) 연구에서 제시한 주장이 충분한 근거로 뒷받침되는지 결정하는 능력(Draw conclusions), 7) 주장이 근거로부터 논리적으로 추론되었는지, 충분히 명확하고 정확한지 등을 비판하는 능력(Critique claims), 8) 경험적 증거와 과학적 추론에 의한 논증들을 과학적 지식과 다양한 가치들을 합리적 의견으로 종합하는 능력(Justify opinions), 9) 다양한 관점을 반영한 합리적 의사결정을 위해 윤리적으로 사고하는 능력(Use ethics), 10) 다양한 형식으로 의견과 성과물에 대해 의사소통하는 능력(Communicate ideas)을 포함한다.

4. HEIRRI 프로젝트

HEIRRI 프로젝트⁷⁾는 『Higher Education Institutions & Responsible Research and Innovation』의 약어로, 유럽연합에 속한 6개국의 9개 파트너 기관을 중심으로 진행되고 있다. HEIRRI 프로젝트는 대학에서 RRI를 교과과정과 융합하여 가르칠 수 있도록 지원하는 데 목적이 있다. HERRI는 RRI에 대한 학생들의 참여와 성찰을 촉진시키기 위한 혁신적인 교수방

5) IRRESISTIBLE 홈페이지(<http://www.irresistible-project.eu/>) 참조

6) ENGAGE 프로젝트 홈페이지(<http://www.irresistible-project.eu/>) 참조

7) HEIRRI 프로젝트 홈페이지(<http://heiri.eu/>) 참조

Table 1 Comparison of major characteristics of exemplary programs

프로그램	대상	특징	사회적 책임 교육 관련 주요 요소									
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
PARRISE	초·중등	- SSI와 탐구기반 교육을 결합한 SSIBLE 모형 제시	○	○	○		○				○	
IRRESISTIBLE	초·중등	- 비형식 기관, 커뮤니티와의 연계를 기반으로 프로그램 개발	○	○	○	○	○				○	
ENGAGE	초·중등	- 과학적 탐구전략을 활용하여 RRI를 실현하기 위한 역량 함양 강조	○	○	○			○				
I SEE	중등	- 이공계 진학을 고려하는 고등학생을 중심으로 미래 예측과 연구기회 제공			○	○				○		○
STEPWISE	초·중등	- SSI의 본성 탐색 강조 - SSI 해결을 위한 연구기회 제공 및 사회정의 실현을 위한 실천 강조	○	○	○			○			○	○
HEIRRI	대학 이상	- 대학교과과정과 RRI의 연계			○	○	○	○	○	○		
EnRRICH	대학 이상	- 고등교육에 RRI를 반영할 수 있는 방안에 대한 지침 및 리소스 제공			○	○	○	○	○	○	○	

(참고) A: SSI에 대한 관심/이해; B: 과학기술의 본성(불확실성/복잡성 등); C: 다양한 사회 주체의 관여 이해/포용; D: 소통과 공유/숙의; E: 문제해결에의 참여/성찰; F: 미래 예측; G: 지속가능성의 추구; H: 커뮤니티와의 연계; I: 사회적 실천; J: 민감성/반응성

법을 적용하여 교육자료를 개발하고 있으며, 모든 자료는 Open Access로 운영하고 있다. 교육자료는 RRI의 요소 및 과정, 과학과 사회의 상호 연관성, RRI에 대한 고려 없이 진행되는 과학기술 연구가 야기할 수 있는 부정적 결과 등을 효과적으로 포함하기 위해 시나리오(transdisciplinary scenarios)를 기반으로 한다. 특히 새로운 기술이나 과학연구 결과에 대해 다양한 관점 간 논란의 여지가 있는 주제를 중심으로 시나리오가 구성된다. 교수자는 학생들이 주제에 대해 충분히 탐색하고 성찰할 수 있는 자료와 질문들을 제공한다. 그리고 과학연구 과정에서 실제로 직면할 수 있는 실제 사례를 중심으로 문제기반 활동(Problem-based learning activities)을 제공한다. 학생들은 문제를 해결하는 과정에서 생명 윤리, 정치 및 기술이 복잡하게 얽혀 있음을 이해하고, 상황에 대해 해결책을 적극적으로 찾아본다. 이 과정에서 참여 학생들은 RRI의 개념을 어떻게 정의해야 하는지, 연구에서의 책임감의 의미 등에 대해 RRI 전시물(RRI walls)이나 카드 교환 활동 등을 통해 서로 토의하고 합의해 나간다.

5. EnRRICH 프로젝트

EnRRICH 프로젝트⁸⁾는 『Enhancing Responsible Research and Innovation through Curricula in Higher Education』의 약자로, 유럽연합으로부터 3년간(2015-2017) 지원을 받아 운영된 프로젝트이다. EnRRICH 프로젝트는 고등교육기관에서 RRI와 관련하여 학생들의 지식, 기술 및 태도 및 역량 개발을 촉진하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 EnRRICH 컨소시엄

을 형성하여 다음의 목표를 달성하고자 한다. 첫째, RRI에 대한 이해를 높이기 위해 운영된 우수 사례를 수집하고 평가한다. 고등교육기관에서 이공계뿐만 아니라 사회과학을 포함한 다양한 학문 분야에 RRI의 주요 개념(예: 지속가능성, 젠더와 다양성, 사회정의 등)과 절차(예: 예측, 성찰, 포용, 민감성 등)를 어떻게 포함할 것이며 그 효과성에 대해 평가할 것인가에 대한 사례 연구 및 지침을 제공하고 있다. 둘째, 다양한 이해관계자들의 참여를 통해 RRI 교육방법과 프로그램이 지속적으로 개발되고 시도될 수 있도록 유용한 리소스 등을 지원한다. 셋째, RRI 구현을 위해 과학상점(science shop)을 비롯한 다양한 커뮤니티와의 연계 메커니즘을 시도해보고 있다. 그뿐만 아니라 RRI 교육과정의 운영을 촉진하기 위해 정책적인 지원도 모색하고 있다. 넷째, 시민단체(Civil Society Organizations), 고등교육기관(HEI), 연구기관, 미디어, 정책 입안자 등을 포함한 파트너십을 구축하고, 이들 간의 상호 교류를 통해 RRI 교육과정을 지원하며, 지속적 평가를 통해 개선해 나가고 있다. 약 2년 반 동안 건축, 환경, 지질, 경영 등 79개의 프로그램이 개발 및 확산되었으며, 5,926명의 학생들이 프로그램에 참여하였으며, 231개의 시민단체가 지원하였다.

6. 프로그램별 특성 및 교육을 위한 주요 요소 비교

앞에서 소개한 프로그램과 과학기술의 사회적 함의와 이를 실행하는 전문가의 사회적 책임을 강조하는 기타 교육프로그램들의 특징과 요소들을 종합적으로 비교하면 Table 1과 같다. RRI를 명시적으로 표방하는지의 여부와 상관없이 모두 공통적으로 RRI에서 강조하고 있는 주요 개념들, 즉 과학기술이 야기할 수

8) EnRRICH 프로젝트 홈페이지 (<https://www.livingknowledge.org/projects/enrich/>) 참조

있는 쟁점들에 대한 이해 및 예측, 다양한 관점에 대한 탐색, 커뮤니티나 동료들 간의 소통과 숙의를 통한 의사결정, 의사결정이나 문제해결에 대한 실행, 지속가능한 과학기술과 사회 발전 및 사회 정의 실현 등을 강조하고 있다. SSI의 용어를 직접적으로 사용한 프로그램은 PARRISE와 STEPWISE를 들 수 있으나, 기본적으로 과학기술이 야기하는 쟁점을 소재로 과학기술의 불확실성이나 긍정적·부정적 결과, 다양한 관점 등을 다루고 있다.

III. 이공계 대학생의 사회적 책임감 함양을 위한 ENACT 모형 개발

1. ENACT 모형 개발의 과정과 타당화

본 연구에서는 Fig. 1의 절차에 따라 ENACT 모형을 개발하였다.

우선, RRI 및 과학·기술·공학교육, 과학기술학 분야 등의 문헌, 그리고 국내외의 관련 교육프로그램 사례를 분석하였다. Table 1에 제시된 관련 프로그램 비교 내용을 살펴보면, 과학기술 전문가의 사회적 책임 교육을 위해서는 크게 두 가지 차원을 고려해야 함을 알 수 있다. 즉, 과학기술 관련 쟁점을 기반으로 한 과학기술의 본성(예: SSI에 대한 관심/이해, 과학기술의 본성(불확실성/복잡성 등)에 대한 이해 등)에 대한 이해와 과학/기술/공학적 문제해결의 실행(예: 문제 해결을 위한 연구

실행, 지역사회 등과의 파트너십 구축, 소통과 공유 등) 차원이 다. 이에, 본 연구에서는 과학기술 전문가의 사회적 책임 교육의 주요 요소를 이해(epistemology)와 실행(praxis) 차원으로 나누고, 각 차원의 주요 요소들을 연구진의 지속적인 토의과정 및 전문가 자문, 문헌분석을 통해 도출하였다.

이해차원의 경우, 여러 학자들이 문제해결을 위한 실행에 앞서 문제를 정확히 정의하고 문제의 특성을 정확히 파악하는 것이 중요함을 강조하였다(한경희 외, 2012; Davis, 1999; Schinzinger & Martin, 2000). 한경희 외(2012)도 공학분야에서 윤리적 문제를 해결하는 가장 중요한 단계를 문제를 정확히 정의하고 파악하는 과정이라고 설명하였다. 문제와 관련된 집단이 누구인지, 서로 충돌할 수 있는 가치는 없는지, 도덕·윤리적으로 접근해야 하는 측면은 없는지 등에 대한 심도 있는 탐색이 필요하다는 것이다. SSI 교육분야의 연구들도 이를 뒷받침한다. 예를 들어 이현옥과 이현주(2016)도 이공계 학생들이 합리적인 의사결정과 실행을 하기 위해서는 과학기술이 갖는 사회적 함의와 과학기술의 본성(예: 과학기술의 양면성과 맥락의존성, 다학제적인 특징, 다양한 이해관계자 간의 상호 연계 등)에 대한 이해가 선행되어야 함을 강조하였다. 이처럼 문헌에서 강조하는 요소들과 Table 1에 제시된 이해차원 요소들을 고려하여, 최종적으로 과학기술의 사회적 함의(Social implications), 다양한 이해관계자의 개입(Multiple-stakeholders), 과학기술의 도덕·윤리적 측면(Moral & ethical aspects), 과학기술의 복잡성과 불확실성(Complexity & uncertainty)의 네 요소를 도출하였다.

실행차원에서는 책임감 있는 과학/기술/공학 문제해결을 위해 RRI와 관련된 문헌(Owen et al., 2013)에 기초하여 주요 요소를 도출하였다. 예를 들어, 박희제와 성지은(2015)은 RRI의 주요 개념 중 예견(anticipation), 성찰(reflexivity), 숙의(deliberativeness)/포괄성(inclusiveness), 책임(responsibility)을 RRI를 실현하기 위한 주요 방법으로 요약하여 제시하였다. 이와 유사하게 Tassone et al.(2018)와 Stilgoe et al.(2013)도 RRI 역량(competence)으로 크게 네 가지 요소, 즉 예견(anticipation), 성찰(reflexivity)⁹⁾, 포괄성(inclusiveness), 반

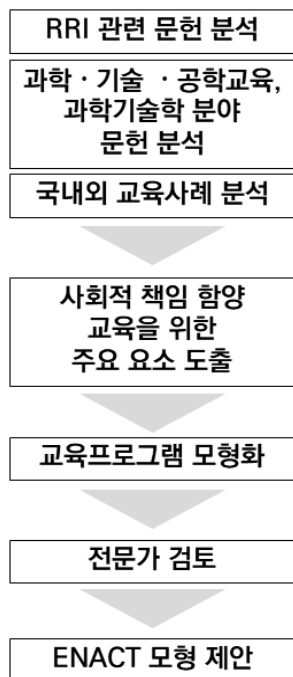


Fig. 1 Development process of ENACT model

9) Reflexive의 의미는 ‘스스로와 대면하는’, ‘스스로를 반영하는’의 의미로, reflexive는 reflective와 달리 ‘의식’이 개입되지 않는 과정을 의미함(홍찬숙, 2011). 홍찬숙(2011)은 reflexive의 개념을 ‘자기대면’으로 번역하면서 “그 반사와 재귀, 대면, 작용의 결과가 무엇인지는 전적으로 열려 있는 불확정적 개념”으로 “행위자의 행위실행에 따라 자기대면의 결과가 비판이 될 수도 있고 재앙이 될 수도 있음을 강조”한다고 설명함(p. 49). 정무권(2012)은 이와 같은 정의에 동의하면서 동시에 학자에 따라 행위자의 지식과 숙고를 강조하는 성찰성을 포함한다고 설명함. 본 연구에서는 성찰성으로 번역하여 사용함.

응성(responsiveness)을 제시하였다.

Valdivia & Guston(2015)은 여기에 숙고(deliberation)를 독립적으로 제시하고 있다. 학자들마다 제시한 요소 간에 일부 차이는 있으나, 대부분 예견, 성찰, 포괄성, 반응성 등의 개념을 공통적으로 포함하고 있다. 이외에도 Table 1을 살펴보면, 소통과 공유/숙의, 문제해결에의 참여/성찰, 지속가능성의 추구, 민감성/반응성 등의 요소들이 포함될 수 있다. 본 연구자들은 ENACT 모형의 교육적 취지를 고려하여 반응적(Responsive), 포괄적(Inclusive), 성찰적(reflexive), 지속가능한(sustainable) 실행의 네 가지 요소를 도출하였다.

도출된 요소들을 중심으로 다섯 단계로 구성된 ENACT¹⁰⁾ 모형의 초안을 개발하였다. 이후 SSI 교육 및 STEM 교육 전문가 3인과 수차례 검토하는 과정에서 포함하는 요소에 대해 일부 이견(예: 용어의 차이, 기타 RRI 요소에 대한 고려 등)이 있었으나, 합의 과정을 거쳐 최종적으로 ENACT 모형을 제안하였다. 또한 개발된 모형의 적용가능성을 탐색하기 위해 대학에서 이공계 학생들을 가르치는 전문가들을 대상으로 ENACT 모형을 소개하고 이에 대한 의견을 수렴하는 과정을 거쳤다.

2. 개발된 ENACT 모형

ENACT 모형은 Fig. 2에서 제시한 바와 같이 1) 쟁점발견(Engage in SSIs), 2) 쟁점탐색(Navigate SSIs), 3) 미래상황예측(Anticipate consequences), 4) 과학/기술/공학적 쟁점해결(Conduct scientific and engineering practice), 5) 사회적 실천(Take action)의 다섯 단계로 구성되어 있다.

공학교육 분야에서는 일반적으로 ‘문제’(problem)라는 용어를 주로 사용하지만, ENACT 모형에서는 ‘쟁점(issues)’을 사용하였다. 이는 과학기술이 우리가 당면한 현실세계 문제의 해결안처럼 인식되는 것을 지양하고, 과학기술이 야기할 수 있는 잠재적 쟁점들에 대해 초점을 맞추기 위함이다. ENACT 모형은 일반적으로 과학자나 공학자가 문제를 해결하는 과정이기 보다는 이들을 교육하기 위한 교수-학습 모형을 제시하고 있다는 점에 특징이 있다. 이를 위해 사회적 책임감 함양을 위해서 중요하게 교육해야 할 요소들을 중심으로 단계를 구성하였다. 특히, 앞에서 설명한 과학기술의 본성 이해(epistemology) 차원과 문제해결 실행(praxis) 차원을 보다 명시적으로 강조하기 위해 쟁점탐색(N)과 과학/기술/공학적 쟁점해결(C) 단계는 Cycle I과 Cycle II로 시각화하였다. 두 개의 Cycle은 이해와

실행의 밀접한 연계(Barnett, 2007; Wals et al., 2016)와 반복적인 탐색과정(iterative process)을 통해 진행되어야 함을 강조하기 위해 양방향으로 연결된 형태로 표현하였다. 각 단계에 대한 설명은 다음과 같다.

가. 쟁점발견(Engage in SSIs) 단계

쟁점발견 단계는 이공계 대학생들이 관심 있는 과학기술과 관련된 쟁점에 관심을 갖고 발견하는 단계이다. 대학생들은 본인의 전공 영역과 관련된 문제나 삶과 관련되어 관심을 갖게 되는 주제를 선정할 때 환경적, 사회적으로 더욱 책임감 있게 행동할 수 있기 때문이다(Morgan, 2011). 이에, 여러 학자들(한경희 외, 2012; Burdinger & Burdinger, 2006; Davis, 1999)도 문제해결에 앞서 쟁점을 파악하고 정의하는 단계를 강조하고 있다. 쟁점을 어떻게 정의(framing)하고 쟁점과 어떠한 관계를 형성하는지가 문제해결에 대한 동기과 행동의 수준을 결정할 수 있다고 보기 때문이다(Bencze & Krstovic, 2017; Mueller & Zeidler, 2010). 따라서 해당 과학기술이 논쟁이 되고 있는 이유에 대해 탐색하고, 쟁점해결의 중요성을 인식하며 해결 방향을 설정해 나갈 필요가 있다(이현주, 2018). 예를 들어, 식품의 질과 생산량을 증대시키기 위한 특정 유전자조작기술에 대해 관심이 있다면, 이 과학기술이 무엇이며, 왜 우리 사회가 이 과학기술을 필요로 하는지, 어떠한 점에서 논쟁이 되고 있는지(예: 건강에 대한 잠재적 위험, 환경생태계의 변형, 식품 생산량 증가의 필요 등) 등에 대해 전반적으로 이해하고, 미래 과학기술자로서 왜 이 쟁점에 관심을 갖고 해결해야 하는지에 대해 생각해보는 단계라 할 수 있다.

나. 쟁점탐색(Navigate SSIs) 단계

쟁점탐색(N) 단계는 앞에서 논의한 이해(epistemology)와 실행(praxis) 차원 중 이해 차원에 해당하는 단계로, 관심 있는 쟁점에 대해 본격적으로 다양한 각도에서 탐색해보는 단계라 할 수 있다. SSI 선행 연구에 기반하여, 과학기술의 본성과 관련된 네 개의 요소를 도출하였으며, 이 네 요소를 고려하여 쟁점을 반복적으로 탐색해보는 과정을 Fig. 2의 Cycle I로 표현하였다. 네 요소는 과학기술의 사회적 함의(Social implications), 다양한 이해관계자(Multiple-stakeholders)의 개입, 과학기술의 도덕·윤리적 측면(Moral & ethical aspects), 과학기술의 복잡성과 불확실성(Complexity & uncertainty)이다. 이 네 요소는 서로 완전히 독립적인 것(mutually exclusive)은 아니지만, 각 요소를 다음과 같이 특징 지워 정의해볼 수 있다.

먼저 해당 ‘과학기술의 사회적 함의’에 대한 이해는 과학기술이 어떠한 현실세계 문제의 해결안으로서 도입되었으며, 어떠한 방

10) ENACT 모형은 다섯 단계를 지칭하는 영어 단어의 첫 글자를 따서 만든 단어로, 지속가능한 사회를 위한 이공계 전문가들의 책임감 있는 실천을 강조함을 의미함.

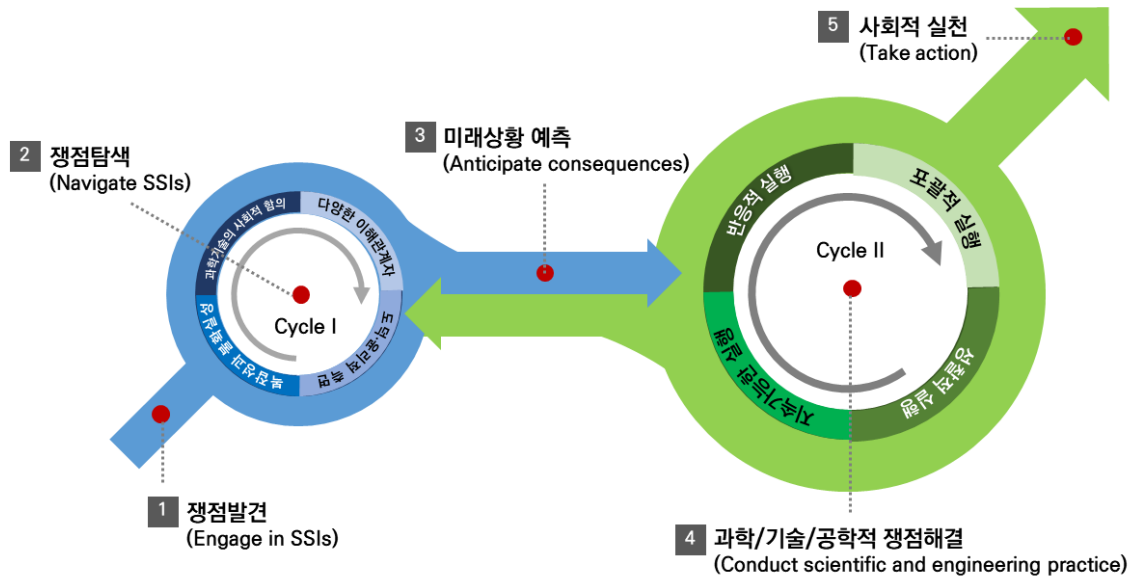


Fig. 2 ENACT model

식으로 사회에 기여할 수 있는지에 대해 다각적으로 살펴보는 것을 의미한다. 과학기술을 통해 해결하고자 하는 문제는 협소하게는 기술적 문제(예: 기계의 오작동 해결, 새로운 장치 개발 등), 넓게는 과학기술과 관련된 사회문제(예: 기후변화, 기아문제, 환경오염 등) 등이 될 수 있다. 그러나 해결안으로 제시된 과학기술이 현실세계의 문제를 완전하게 해결하는 만능이 아님을 이해할 필요가 있다. 중립적으로 보이는 과학기술이 인지하지 못하는 방식으로 편향되기도 하고(Kruse, 2013) 때로는 새로운 과학기술이 다른 문제를 야기할 수도 있기 때문이다(Clough, 2013; Waight & Abd-El-Khalick, 2012; Volti, 2009).

‘다양한 이해관계자의 개입’에 대한 이해는 과학기술과 관련되어 어떠한 이해관계자가 존재하며 어떠한 관계를 형성하고 있는지, 각각의 관점과 가치 등이 어떻게 다른지 등에 대해 탐색하는 것을 의미한다(Kahn & Zeidler, 2019; Sadler et al., 2007). 예를 들어, 해당 과학기술을 개발한 과학기술자뿐만 아니라 기술을 사용하는 소비자, 과학기술을 기반으로 생산을 담당하는 산업체와 판매기관, 특히와 관련된 법률단체, 과학기술로 인한 문제를 해결해야 하는 시민단체나 연합 등 여러 주체들이 직간접적으로 연결되어 있다(Hughes, 2012). 이들은 서로 다른 가치(예: 환경, 경제, 과학기술, 안전, 사회정의 등)를 추구할 수 있기 때문에, 다양한 관점에 대한 탐색은 SSI를 이해하는 데 가장 중요한 근간이 된다.

‘과학기술의 도덕·윤리적 측면’에 대한 이해는 과학기술이 야기할 수 있는 도덕·윤리적 측면에 대해 민감하게 반응할 수 있어야 함(moral & ethical sensitivity)을 의미한다(Sadler et

al., 2007). 과학기술 연구는 제한조건의 우선순위나 비중을 고려해야 하여 최적의 지점을 찾는 과정을 포함하는 가치적·재적인 의사결정(value-laden decision making)을 수반한다(Hughes, 2012; Volti, 2009). 따라서 왜 중립적으로 여겨지는 과학기술이 도덕·윤리적으로 문제가 될 수 있는지, 과학기술의 혜택에서 소외되거나 혹은 그 부정적 피해를 입을 수 있는 대상은 없는지, 어떠한 가치보다도 도덕적 원리(예: 생명, 환경, 소외 계층에 대한 배려 등)가 우선시 되어야 하는 경우는 없는지 등에 대해 세밀하게 탐색해 볼 필요가 있다.

‘과학기술의 복잡성과 불확실성’에 대한 이해는 과학기술이 앞으로 어떻게 발전해나갈 것인지, 어떤 결과를 초래하게 될 것인지 등에 대해 예측하는 것이 어려움을 인지하는 것을 의미한다(Nye, 2006). 과학기술은 상호연계적 집합체이다. 과학기술이 발전할수록 시스템을 구성하는 사회·문화·경제·정치 등 다양한 요소들이 서로 복잡하게 얽혀 있기 때문에 과학기술의 결과에 대해 예측하기 어렵고, 해당기술의 사용여부조차도 자율적으로 결정하기도 어려워지는 상태에 놓이게 된다(이현욱 이현주, 2016; Hughes, 2012; Volti, 2009; Waight & Abd-El-Khalick, 2012). 또한 일반적으로 과학기술은 특정 상황에 성공적으로 적용되더라도 다른 상황에 놓이면 다른 요인들로 인해 성공적으로 적용될 수 있다고 간주하기도 어렵다(De Vries & De Vries, 2006). 따라서 많은 경우에 과학적 인과관계나 수학적 계산을 통해서 과학기술이 야기하는 위험에 대해 객관적으로 측정하거나 예측하는 것이 불가능함에 대해 이해하는 것이 필요하다.

Table 2. Major elements of Cycle I

요소	고려할 점(예시)
과학기술의 사회적 함의 (Social implications)	- 과학기술은 사회에 어떠한 기여를 할 수 있는가? - 왜 이 과학기술을 필요로 하는가?
다양한 이해관계자의 개입 (Multiple-stakeholders)	- 어떠한 이해관계자가 존재하는가? - 이해관계자 간에 어떠한 갈등이 야기될 수 있는가?
과학기술의 도덕·윤리적 측면 (Moral & ethical aspects)	- 왜 이 과학기술이 도덕·윤리적으로 문제가 될 수 있는 잠재성을 포함하고 있는가?
과학기술의 복잡성과 불확실성 (Complexity & uncertainty)	- 어떠한 다양한 관점과 가치가 얽혀져 있는가? - 그 결과가 예측 가능한가? 왜 예측이 어려운가?

다. 미래상황 예측¹¹⁾(Anticipate consequences) 단계

미래상황 예측(A) 단계는 미래에 발생할 수 있는 과학기술의 사회적 영향 및 잠재적 위험요소를 예측해봄으로써 지속가능한 발전을 추구할 수 있는 방향을 모색해 보는 단계라 할 수 있다. 박희제와 성지은(2015)은 예견(예측)을 “의도되었거나 의도치는 않았지만, 잠재적으로 존재하는 기술의 사회적, 경제적, 환경적 영향 등을 기술하고 분석하는 작업”(p. 109)으로 정의하면서, 통계학적 방법을 통한 확률적 미래 예측을 의미하는 것이 아니라, 과학기술이 미칠 수 있는 사회적 영향에 대해 이해관계자들이 숙의 및 토론하는 것을 의미한다고 설명하였다.

유럽연합의 I SEE 프로젝트에서는 학생들의 문제 해결 과정에서 미래에 대한 예측을 매우 강조했다(Levrini et al., 2019). 미래는 불확실성을 지니고 있기 때문에 정확하게 예측하는 것은 불가능하다. 하지만, 이들은 그럴듯하고(plausible) 가능성 있는(possible) 미래와 바람직한(desirable or preferable) 미래를 구분 지어 설명하였다. 그럴듯하고 가능성 있는 미래는 주로 정보에 기반해서 예측해볼 수 있지만, 바람직한 미래는 주관적인 측면이 있어 개인의 가치와 바람, 정체성, 문화적 관점 등을 반영하는 것이다. 따라서 학생들이 서로 논의를 통해 바람직한 미래를 상상하는 기회를 갖는 것은 미래에 대한 비전을 갖는 데 도움이 된다는 것이다. Tassone et al.(2018)도 RRI 실현을 위한 역량으로 예측을 포함하였다. 여기서 미래 사회가 직면할 수 있는 문제들과 예측은 RRI의 실행을 통해 성취할 수 있는 미래사회를 생각해보는 것을 의미한다. 즉, 이공계 대학생들은 미래상황 예측(A) 단계에서 현재 과

학기술의 발달이 지속될 경우 발생하게 될 객관적 상황에 초점을 두는 것이 아니라, 해당 과학기술의 바람직한 발전 방향에 대해 함께 논의하고 그 바람직한 방향으로 실현되기 위해 해결해야 하는 문제들을 도출해봄으로써 쟁점해결의 실행 방향을 결정하게 된다.

라. 과학/기술/공학적 쟁점해결(Conduct scientific and engineering practice) 단계

과학/기술/공학적 쟁점해결(C) 단계는 이공계 대학생들이 쟁점을 해결하기 위한 방안을 계획하고 실행에 옮기는 단계이다. EU의 PARRISE에서 사용한 SSIBLE 모형이 한 예가 될 수 있다. PARRISE에서는 과학의 탐구과정을 강조하여 과학에서의 탐구방법(예: 실험, 시뮬레이션, 논증 등)으로 문제 해결에 참여하도록 한다(Zafrani & Yarden, 2017). I SEE 프로젝트의 경우에는 학생들이 Python, Matlab 등을 활용하여 프로그래밍을 수행하기도 한다. IRRESISTIBLE 프로젝트에서는 학생들이 나노과학, 재생가능에너지 등 첨단기술 연구에 관한 전시물을 창작하기도 한다(Gorghiu et al., 2015). 캐나다의 STEPWISE 프로그램에서는 RiNA(Research-informed Negotiated Action) 프로젝트를 수행하는데, 이는 학생들이 문제해결을 실천에 옮기기 위해 다양한 탐구방법을 활용하여 연구를 수행하도록 한다(Benzce, 2017). 이처럼 쟁점해결은 과학적 탐구뿐만 아니라 기술·공학적 설계, 사회과학적 접근도 가능하다.

ENACT 모형에서는 Table 2와 같이 그 실행의 과정이 반응적(Responsive), 포괄적(Inclusive), 성찰적(Reflexive), 지속가능한(Sustainable) 과정이 되도록 반성적으로 성찰하는데 초점이 있다. 먼저 반응적(Responsive) 실행은 사회가 직면한 과제나 새로운 요구, 가치와 규범, 관점 등에 대해 유연하게 대응하고 대처하는 것을 의미한다(Stilgoe et al., 2013; Von Schomberg, 2013). 과학기술과 사회에 내재된 복잡성(complexity)과 불확실성(uncertainty), 모호함(ambiguity)에 압도당하는 것이 아니라, 이러한 본성을 이해하고 탄력적으로 생각과 행동을 조율해나감으로써 변화를 이끌어낼 수 있어야 한다(Tassone et al., 2018).

포괄적(Inclusive) 실행은 다양한 이해 관계자와 일반 시민과 연구를 수행하는 과정에서 직면할 수 있는 쟁점에 대해서 소통, 참여, 협의해 나가는 것을 의미한다. 그동안 과학기술 연구에서 시민들의 참여(public engagement)가 무시되는 경우가 많았다(Stilgoe et al., 2014). 책임감 있는 연구 수행을 위해서는 서로 다른 집단의 의견에 대해 관심을 갖고 의사결정과정에서 다양한 집단의 의견이 반영될 수 있도록 하며, 가능하면 더

11) 일부 연구(예: 박희제, 성지은, 2015)에서는 anticipation을 ‘예견’으로, prediction을 ‘예측’으로 구분하여 번역하기도 함. 그러나 본 연구에서는 anticipation을 교육맥락에서 많이 사용되는 용어인 ‘예측’으로 번역하여 사용하고자 함.

넓은 범위의 시민 및 소외된 계층의 의견, 그리고 침묵하는 집단까지도 고려될 수 있도록 노력해야 한다. 그리고 연구과정에서의 개방성 및 투명성을 고려하여 합의된 원칙하에 자료와 정보를 공유해 나가는 과정이 필요하다(Tassone et al., 2018). 이 과정은 잠재적으로 충돌할 수 있는 이해관계나 가치들이 균형을 이루도록 도울 수 있다(박희제·성지은, 2015).

성찰적(Reflexive) 실행은 과학이나 기술·공학의 불확실성과 오류가능성을 인지하고, 연구의 맥락, 수행과정, 사회적 요구에 대응하는 자세 등을 회의적(skepticism)으로 성찰하는 것을 의미한다. 이는 개인이 어떠한 가치와 관점을 갖고 있는가에 대한 자기-인지(self-awareness)뿐만 아니라 사회적인 규범과 요구 등에 대해서도 비판적으로 바라볼 수 있어야 함을 의미한다(Tassone et al., 2018). 즉, 기존의 지식이나 관습, 틀에 대해 비판적·윤리적으로 평가 및 숙고하는 과정이 필요하다.

마지막으로 지속가능한(Sustainable) 실행은 경제적 생산성, 사회적 풍요와 성장에 초점을 둔 지나친 개발과 이윤창출 위주의 패러다임에서 벗어나 인간과 자연의 공존에 대한 가치를 기반으로 한 성장을 추구하는 것을 의미한다(Colucci-Gray et al., 2006; Schumacher, 1973; Smith & Williams, 1999). 2015년에 개정된 우리나라 「지속가능발전기본법」에 따르면 지속가능성이란 “현재 세대의 필요를 충족시키기 위하여 미래 세대가 사용할 경제·사회·환경 등의 자원을 낭비하거나 여건을 저하시키지 아니하고 서로 조화와 균형을 이루는 것”, 그리고 지속가능발전이란 “지속가능성에 기초하여 경제의 성장, 사회의 안정과 통합 및 환경의 보전이 균형을 이루는 발전”을 의미한다고 기술되어 있다. 즉, 지속가능성은 미래세대를 위해 경제, 사회, 환경이 균형을 유지할 수 있도록 발전하는 것이라 할 수 있다. 이를 위해 쟁점해결 방향이 지속가능성을 추구하고 있는지에 대한 지속적인 성찰이 필요하다.

Table 3. Major elements of Cycle II

요소	고려할 점(예시)
반응적 (Responsive) 실행	- 사회가 직면한 과제나 새로운 요구, 가치와 규범, 관점 등에 대해 유연하게 대응하고 대처하는가?
포괄적 (Inclusive) 실행	- 다양한 이해관계자의 의견에 관심을 갖고 그들의 의견이 반영될 수 있도록 노력하는가?
성찰적 (Reflexive) 실행	- 실행 과정에서 신중한 성찰과 숙의의 과정을 비판적으로 수행하는가?
지속가능한 (Sustainable) 실행	- 지속가능한 사회를 지향하는 방향으로 연구가 수행되고 있는가?

마. 사회적 실천(Take action) 단계

사회적 실천(T) 단계는 도출한 해결 방안을 동료, 지역사회 등과 공유하고 지속가능한 사회발전을 위해 다양한 방식의 참여와 실천을 수행하는 단계이다. EU의 PARRISE 프로젝트나 캐나다의 STEPWISE 프로그램의 경우에도 교육의 궁극적 목표는 학습한 내용을 기반으로 한 사회적 실천이다. 과학기술자들의 사회 참여와 실천에 대한 강조는 지속적으로 제기되어 왔다(송성수, 2008). 일부 학자들은 과학기술자들이 해당분야의 전문성을 갖고 정책결정 과정에 참여하는 역할을 해야 함을 주장하고 있다(김영재, 2019). 대중 및 학생들과의 소통과 교육의 역할을 강조하는 학자도 있다. 예를 들어, Scheufele & Lewenstein(2005)은 대중들이 미디어를 통해 접하는 제한된 정보에 기반해서 나노기술과 관련된 의사결정을 내리는 경우가 많음을 지적하면서, 과학기술 연구 증진을 위해서도 대중과 과학기술에 대해 소통하는 과정이 중요하다고 설명하였다. 이 공계 대학생들은 학부 교육과정에서부터 이와 같은 다양한 사회적 실천 방법과 사례를 인지하고, 작은 실천이라도 실행에 옮겨보는 경험을 할 필요가 있다. 실천의 경험은 과학기술자들이 사회적 책임감과 그들의 역할에 대해 반성적 고찰을 하게 되는 기회를 제공할 수 있기 때문이다(김가형·이현주, 2019).

IV. ENACT 모형의 교육적 함의

본 연구에서는 이공계 분야 대학생의 사회적 책임감 함양을 위한 교육프로그램 개발의 첫 단계로, 그 기초가 될 ENACT 모형의 개발과정 및 특징 등을 소개하였다. 다섯 단계로 구성된 ENACT 모형은 과학기술과 관련 쟁점에 관심을 갖고, 과학기술의 본성과 역할을 깊이 탐색하며, 과학기술이 나아가야 할 바람직한 미래를 예측해보는 것을 강조한다. 그리고 이러한 이해를 바탕으로 과학/기술/공학적 쟁점해결에 참여하며, 사회적 실천을 통해 보다 지속가능한 과학기술의 발전을 도모할 역량 있는 이공계 전문가를 양성하는 데 그 목적이 있다.

ENACT 모형은 과학기술 관련 사회쟁점(SSI) 교육의 개념을 공학교육과 연계함으로써 기존의 사회문제해결형 교육에 비해 과학기술의 본성에 대한 인식론적 이해를 더욱 강조한다는 점에서 차별화된다. 앞에서 논의한 바와 같이 당면한 사회문제를 창의적으로 해결하는 데 초점을 둔 공학교육은 문제해결 역량을 함양하는데 효과적일 수 있으나(장용철 외, 2013), 과학기술의 본성을 이해하고 지속가능한 방향을 모색할 수 있는 과학기술자로서의 사회적 책임감까지 함양하는 데에는 한계가 있을 수 있기 때문이다. 기존에 개발된 고등기관을 위한 프로그램(HEIRRI, EnRRICH 등)에서도 ENACT 모형에서 강조하는 요소들이 일부

포함되어 있지만, ENACT 모형은 이해와 실행차원을 강조하는 교수-학습 모형을 제안했기 때문에 이공계 교과목과의 접목이 유연하게 진행될 수 있다는 장점이 있다. 이에, ENACT 모형은 다음과 같은 교육적 함의를 제공할 것으로 기대된다.

첫째, ENACT는 5개 교수-학습 단계로 구성되어 있기 때문에 이공계 대학생의 사회적 책임감 함양 교육에 관심 있는 교수자들이 본인의 교과목과 연계하여 프로그램을 개발 및 운영할 수 있도록 안내하는 역할을 할 것으로 기대된다. EU의 PARRISE 프로젝트에서도 교수-학습에 사용될 수 있는 SSIBL 모형을 제안함으로써 교사들이 동일한 모형에 따라 수업자료를 개발하고 효과적으로 적용할 수 있었다. 이는 PARRISE 프로젝트가 추구하는 목적을 EU 소속 기관 관계자와 교사들이 모두 공유하게 되는 기초 역할을 했을 뿐만 아니라, 실제적으로 교수자료를 확산되는 데에도 크게 기여하였다.

둘째, ENACT 모형에서 강조한 단계2의 Cycle I과 단계4의 Cycle II는 양방향으로 연결되어 있다. 즉, 과학기술 연구가 그 본성에 대해 탐색하고 이를 실행에 옮기는 과정이 반복적으로 수행되어야 함을 강조하고 있다. 또한 단계2와 단계4의 과정에 미래 예측과정을 포함함으로써 지속가능한 바람직한 사회를 추구함을 명시적으로 강조하고 있다. 이는 이공계 대학생들이 주어진 사회문제를 해결하는 것만이 주된 목적이 아니라 과학기술의 본성을 지속적으로 고려하고 실행의 과정을 반성적으로 성찰해봄으로써 보다 책임감 있고 지속가능한 발전을 추구하도록 함을 의미한다. Mejlgaard et al.(2019)이 지적한 바대로, 사회적 책임감은 마치 상식이나 전공과목을 학습하는 과정에서 자연스럽게 학습되는 것이 아니다. 따라서 ENACT 모형과 같이 순차적·명시적으로 수행하는 학습의 과정을 제시하는 것이 큰 의미가 있다고 하겠다.

셋째, ENACT 모형은 과학/기술/공학적 문제해결 단계에서 RRI의 주요 개념들을 명시적으로 강조하고 있다. 즉, 책임감 있는 과학기술의 발전을 위해서는 사회의 변화와 요구에 민감하게 반응하고, 다양한 이해관계자의 의견에 관심을 갖고 소통해야 하며, 연구 실행의 과정을 반성적·비판적으로 성찰함으로써 지속가능한 사회를 지향하는 방향으로 나가도록 노력해야 한다. 이를 위해서 ENACT 모형에 기반한 교육 프로그램은 교실 안에서만 운영되는 것이 아니라 지역사회로 교육의 장을 확대해 나가야 함을 시사한다. 지역사회 기관, 단체, 시민들, 타 학문분야 전문가 등과 끊임없이 소통할 수 있는 기회를 마련해야 하며, 이를 위해서는 이공계 대학생뿐만 아니라 일반 시민들의 과학기술과 연구에 대한 인식도 함께 변화할 필요가 있겠다.

넷째, ENACT 모형은 사회적 실천을 모형의 마지막 단계로 제시하고 있다. 실천의 형태는 다양할 수 있다. 실천은 단순히

해결 방안을 실행에 옮김으로써 지역사회에 기여하는 것만을 의미하는 것이 아니다. 지역사회 주민이나 지역 관계자들을 위해 교육이나 정책제안 등 다양한 형태로 본인의 전문성을 환원하는 과정이다. 그 과정에서 이공계 대학생들은 과학기술자로서의 사회적 역할에 대해 재고해 보는 기회를 갖게 될 뿐만 아니라(김가형·이현주, 2019), 다양한 주체들과의 소통이 문제해결에 기여할 수 있는 바도 인식할 수 있게 된다. 또한 본인이 제시한 해결책의 장점과 함께 한계점도 찾게 된다. 이는 또 다른 쟁점 발견의 시작이 될 수 있다. 즉, 과학기술자의 책임감 있는 실천이 지속가능한 사회를 추구하는 방향으로 선순환되어 이어질 수 있음을 보여준다.

마지막으로, 본 연구자들은 ENACT 모형을 적용하여 이공계 학부 교과목을 운영한 후, ENACT 모형이 이공계 대학생들의 사회적 책임감을 함양하는데 미치는 효과를 탐색할 계획이다. ENACT 모형은 교수-학습을 지원하기 위해 제안된 모형이기 때문에, 공과대학에서 운영되고 있는 창의적 설계나 실습 교과목, 실제 문제해결 중심의 교과목에 쉽게 적용이 가능하다. 또는 소그룹 프로젝트 중심으로 운영되는 교과나, 학생들이 문제를 발굴하여 프로젝트를 운영하는 비교과 활동에서도 적용될 수 있다. 즉, 전공교과의 지식과 기술을 적용하여 문제 해결을 위한 실행을 수행하기에 앞서 ENACT 모형에서 강조하고 있는 1-3단계를 진행해 봄으로써, 전공과 관련된 과학기술에 내재된 본성과 사회적 함의를 되짚어볼 수 있다. 또한 문제 해결을 위한 실행을 수행할 때(4단계), RRI에서 강조하고 있는 네 가지 요소들을 지속적으로 고려함으로써 지속가능한 방향으로 해결책이 제시될 수 있도록 장려할 수 있다. 그리고 마지막에 사회적 실천(5단계)의 기회를 제공해줌으로써 과학기술자의 사회적 역할에 대해 고려해볼 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

이와 같은 모든 과정을 지원하기 위해 본 연구자들은 홈페이지(<http://enactproject.com/>)를 구축하여, 교수자와 학생들이 온라인상에서 각 단계의 활동을 수행하고 기록할 수 있는 플랫폼을 마련하였다. 현재 온라인상에서 이공계 대학생을 대상으로 한 ENACT 교과목들이 운영 중에 있다. 온라인상에서의 활동은 추후 학생들의 포트폴리오로도 활용될 수 있으며, 이들의 학습기록을 분석함으로써 데이터에 기반한 학습지원 방안을 제안할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 ENACT 모형의 적용사례를 공유함으로써 ENACT 모형의 확산에도 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

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

참고문헌

- 김가형·이현주(2019). 블록체인을 활용한 적정기술에 대한 청소년 과학캠프 참여를 통한 이공계 대학(원)생과 과학기술자의 교육경험 탐색. *교과교육학연구*, 23(3), 251-263.
- 김영재(2019). 과학기술인력의 사회참여인식에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 미국 나노과학자 사례를 중심으로. *한국인사행정학회보*, 18(4), 33-53.
- 박희제·성지은(2015). 더 나은 사회를 위한 과학을 향하여: 사회에 책임지는 연구혁신(RRI)의 현황과 함의. *과학기술학연구*, 15(2), 99-133.
- 손화철·송성수(2007). 공학윤리와 전문직 교육: 미시적 접근에서 거시적 접근으로. *철학*, 91, 305-331.
- 송성수(2008). 과학기술자의 사회적 책임에 관한 논의의 재검토. *공학교육연구*, 11(2), 5-14.
- 안운정·임운서(2017). 4차 산업혁명에 대한 대학생 인식과 진로교육의 방향모색. *학습지중심교과교육연구*, 17(18), 329-351.
- 유양석(2019). 4차 산업혁명의 사회적 문제에 대한 대학생의 인식과 준비 여부. *한국콘텐츠학회논문지*, 19(3), 566-575.
- 이현욱·이현주(2016). 대학생들의 과학기술관련 사회쟁점(SSI) 논의에서 기술의 본성(NOT)은 어떻게 나타나는가?. *한국과학교육학회지*, 36(2), 303-315.
- 이현주(2018). SSI 교육이란 무엇인가. 서울: 박영스토리.
- 장용철·김건국·김민철(2013). 창의설계입문의 PBL(Problem-Based Learning) 적용: 충남대학교 환경공학분야 사례. *공학교육연구*, 16(2), 78-85.
- 정무권(2012). 위험사회론과 사회적 위험의 역동성: 사회적 위험의 거시적 연구를 위한 비판적 검토. *한국사회외행정연구*, 23(2), 195-224.
- 한경희 외(2012). 공학 분야의 윤리적 문제해결방법: 매트릭스 가이드. *공학교육연구*, 15(1), 61-71.
- 홍찬숙(2011). 루만과 벡의 근대성 이론 비교: 자기대면(reflexivity) 개념과 주체의 문제를 중심으로. *사회와이론*, 19, 47-87.
- Barnett, R.(2007). *A will to learn: Being a student in an age of uncertainty*. Berkshire: McGraw-Hill/Open University Press.
- Bencze, L.(2017). *Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments: STEPWISE*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Bencze, L. & Krstovic, M.(2017). Science students' ethical technology designs as solutions to socio-scientific problems. In L. Bencze (Ed.), *Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments* (pp. 201-226). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Bielefeldt, A. R.(2018). Professional social responsibility in engineering. In I. Muenstermann (Ed.), *Social responsibility* (pp. 41-60). London, UK: IntechOpen.
- 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.
- Burdinger, F. B. & Burdinger, M. D.(2006). *Ethics of emerging technologies*. Wiley: John Wiley & Sons, INC.
- Canney, N. & Bielefeldt, A.(2015). A framework for the development of social responsibility in engineers. *International Journal of Engineering Education*, 31(1B), 414-424.
- Clough, M. P.(2013). Teaching about the nature of technology: Issues and pedagogical practices. In M. P. Clough, J. K. Olson & D. S. Niederhauser (Eds.), *The nature of technology: Implications for learning and teaching* (pp. 345-369). Rotterdam, Netherlands: Sense.
- Colucci-Gray, L., Giuseppe Barbiero, E.C. & Gray, D.(2006). From scientific literacy to sustainability literacy: An ecological framework for education. *Science Education*, 90, 227-252.
- Davis, M.(1999). *Ethics and the university*. London and New York: Routledge.
- De Vries, J. & De Vries, M.(2006). *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers* (Vol. 27). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- 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.
- Gorghiu, G., Anghel, G. A. & Ion, R. M.(2015). Students' perception related to a responsible research and innovation demarche. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 180, 600-605.
- Hughes, T. P.(2012). The evolution of large technological systems. In W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. J. Pinch, & D. G. Douglas (Eds.), *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology* (pp. 45-74). Cambridge, MA: MIT Press.
- Kahn, S. & Zeidler, D. L.(2019). A conceptual analysis of perspective taking in support of socioscientific reasoning. *Science & Education*, 28(6-7), 605-638.
- Kim, G., Ko, Y. & Lee, H.(2020). The effects of community-based socioscientific issues program (SSI-COMM) on promoting students' sense of place and character as citizens. *International Journal of Science and*

- Mathematics Education*, 18(3), 399-418.
30. Kruse, J. W.(2013). Implications of the nature of technology for teaching and teacher education. In M. P. Clough, J. K. Olson, & D. S. Niederhauser (Eds.). *The nature of technology: Implications for learning and teaching* (pp. 345-369). Rotterdam, Netherlands: Sense.
 31. 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.
 32. Lee, H. et al.(2013). Socioscientific issues as a vehicle for promoting character and values for global citizens. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2079-2113.
 33. Levrini, O. et al.(2019). Developing future-scaffolding skills through science education. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2647-2674.
 34. 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.
 35. Schinzinger, R. & Martin, M. W.(2000). *Introduction to engineering ethics*. Boston: McGraw-Hill.
 36. Mejlgaard, N. et al.(2019). Teaching responsible research and innovation: A phronetic perspective. *Science and Engineering Ethics*, 25(2), 597-615.
 37. Morgan, A.(2011). Place-based education versus geography education? In G. Butt (Ed.), *Geography, education and the future* (pp. 84-108). New York, NY: Continuum International Publishing Group.
 38. Mueller, M. P. & Zeidler, D. L.(2010). Moral-ethical character and science education: Ecojustice ethics through socioscientific issues (SSI). In D. J. Tippins, et al. (Eds.), *Cultural studies and environmentalism* (pp. 105-128). Springer, Dordrecht.
 39. Newton, M. H. & Zeidler, D. L.(2020). Developing socioscientific perspective taking. *International Journal of Science Education*, 1-18.
 40. Nye, D. E.(2006). *Technology matters: Questions to live with*. Cambridge, MA: MIT Press.
 41. Okada, A.(2016). *Engaging science: Innovative teaching for responsible citizenship*. Milton Keynes, UK: The Open University.
 42. Owen, R. et al.(2013). A framework for responsible innovation. In R. Owen, J. Bessant, & M. Heintz. (Eds.), *Responsible innovation: Managing the responsible emergence of science and innovation in society* (pp. 27-50). West Sussex: Wiley.
 43. Sadler, T. D., Barab, S. & Scott, B.(2007). What do students gain by engaging in socioscientific Inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
 44. 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.
 45. Schlossberger, E.(2016). Engineering codes of ethics and the duty to set a moral precedent. *Science and Engineering Ethics*, 22(5), 1333-1344.
 46. Schumacher, E.(1973). *Small is beautiful: A study of economics as if people mattered*. New York, NY: Vintage.
 47. Sjöström, J. & Eilks, I.(2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. In Y. J.Dori, Z. Mevarech, & D. Baker (Eds.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education* (pp. 65-88). Dordrecht: Springer.
 48. Smith, G. A. & Williams, D. R.(1999). *Ecological education in action: On weaving education, culture, and the environment*. Albany, NY: State University of New York Press.
 49. Stahl, B. C.(2013). Responsible research and innovation: The role of privacy in an emerging framework. *Science and Public Policy*, 40, 708-716.
 50. Stilgoe, J., Lock, S. J. & Wilsdon, J.(2014). Why should we promote public engagement with science? *Public Understanding of Science*, 23(1), 4-15.
 51. Stilgoe, J., Owen R. & Macnagthen, P.(2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42, 1568-1580.
 52. 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, 337-352.
 53. Valdivia, W. D. & Guston, D. H.(2015), *Responsible innovation: A primer for policymakers*. Washington, DC: The Brookings Institute.
 54. Volti, R.(2009). *Society and technological change*. New York, NY: Worth.
 55. Von Schomberg, R.(2013). A vision of responsible innovation. In R. Owen, M. Heintz, & J. Bessant (Eds.), *Responsible Innovation: Managing the responsible emergence of science and innovation in society* (pp. 51-74). London: John Wiley.
 56. Waight, N. & Abd-El-Khalick, F.(2012). Nature of technology: Implications for design, development, and enactment of technological tools in school science classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2875-2905.

57. Wals, A. E. J. et al.(2016). Learning for walking the change: Eco-social innovation through sustainability-oriented higher education. In M. Barth. et al. (Eds.), *Routledge handbook of higher education for sustainable development* (pp. 25-39). London, UK: Routledge.
58. 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.
59. Zafrani, E. & Yarden, A.(2017). Becoming a science activist: A case study of students' engagement in a socioscientific project. *Sisyphus-Journal of Education*, 5(3), 44-67.
60. 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.
61. Zeidler, D. L. et al.(2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.



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



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



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



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



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



황요한 (Hwang, Yohan)
 2016년: 경북대학교 과학교육학 박사
 현재: 서울대학교 교육종합연구원 책임연구원
 관심분야: 융복합 교육, 연구설계교육
 E-mail: yohan4863@gmail.com



김가형 (Kim, Gahyoung)
 2017년: 이화여자대학교 과학교육학 박사
 현재: 이화여자대학교 해저드리터러시융합교육연구소 연구원
 관심분야: 지역사회연계 교육, 봉사학습
 E-mail: gahyoung.kim1@gmail.com