[해설]

Journal of the Korean Association for Science Education, 39(3), 465~478, 2019

Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

미래세대를 위한 '과학교육표준'의 주요 내용과 특징

송진웅[1], 강석진[2], 곽영순[3], 김동건[4], 김수환, 나지연[6], 도종훈[7], 민병곤[1], 박성춘[1], 배성문[8], 손연아[9], 손정우[8], 오필석[10], 이준기[11], 이현정[12], 임혁[13], 정대홍[1], 정종훈[14], 김진희[1], 정용재[15*]

[1]서울대학교, [2]전주교육대학교, [3]한국교원대학교, [4]창덕여자중학교, [5]총신대학교, [6]춘천교육대학교, [7]서원대학교, [8]경상대학교, [9]단국대학교, [10]경인교육대학교, [11]전북대학교, [12]서울온곡초등학교, [13]문정고등학교, [14]인하대학교, [15]공주교육대학교

Contents and Features of 'Korean Science Education Standards (KSES)' for the Next Generation

Jinwoong Song[1], Suk-Jin Kang[2], Youngsun Kwak[3], Donggeon Kim[4], Soohwan Kim[5], Jiyeon Na[5], Jong-Hoon Do[6], Byeong-Gon Min[1], Sung Choon Park[1], Sung-Moon Bae[8], Yeon-A Son[9], Jeong Woo Son[8], Phil Seok Oh[10], Jun-Ki Lee[11], Hyun Jeung Lee[12], Hyuk Ihm[13], Dae Hong Jeong[1], Jong Hoon Jung[14], Jinhee Kim[1], Yong Jae Joung[15*]

[1]Seoul National Univsesity, [2]Jeonju National University of Education, [3]Korea National University of Education, [4]Changdeok Girls' Middle School, [5]Chongshin Univsesity, [6]Chuncheon National University of Education, [7]Seowon University, [8]Gyeongsang National University, [9]Dankook University, [10]Gyeongin National University of Education, [11]Chonbuk National University, [12]Seoul Ongok Elementary School, [13]Munjeong High School, [14]Inha University, [15]Gongju National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:
Received 28 May 2019
Received in revised form
7 June 2019
20 June 2019
Accepted 25 June 2019

Ⅰ. 서론

본 연구에서는 2017년과 2018년, 2년간에 걸쳐 교육부와 한국과학창의재단의 지원을 받아 미래세대를 위한 과학교육표준(Korean Science Education Standards, 이하 KSES)과 단계별 수행기대, 주제중심 종합예시 등을 개발하였다(Song *et al*., 2019). KSES는 미래사회의 요구에 부응하는 국내 과학교육 계획 수립과 실행을 위해 2014년부터 한국과학창의재단과 교육부의 주관 하에 수행된 장기 프로젝트의 산물로서, '한국형 차세대과학교육표준 개발 마스터플랜 수립방안 연구'(Kim *et al*., 2015), '2045 미래 사회 인재상 및 핵심 과학 역량 마일스톤'(Kim *et al*., 2016), '모든 한국인을 위한 과학 개발'(Jeon *et al*., 2017), '미래세대 과학교육 표준개발을 위한 기초연구'(Kim *et al*., 2017), '미래세대를 위한 과학교육 표준 개발'(Song *et al*., 2018) 연구의 축적된 결과물이라 할 수 있다.

4차 산업혁명과 초연결 사회 등으로 기술되고 있는 미래사회는 과학교육에도 변화를 요구하고 있다. 우선, 미래사회는 풍부한 지식을 갖춘 인재를 넘어 창의성, 문제해결력, 협력과 소통, 포용력과 인성 등 다양한 역량을 갖춘 인재를 요구하고 있다(UNESCO and UNICEF, 2013; World Economic Forum, 2016).. 예를 들어, 호주, 핀란드, 포르투갈, 싱가포르, 영국, 미국, 네덜란드, 코스타리카, 러시아 9개국이 참여한 ATC21S 프로젝트에서는 21세기의 인재가 갖추어야 할 역량으로 '사고방식'(창의력・혁신능력, 비판적 사고력・문제해결력・의사결정력, 자기주도학습능력), '직무방식'(의사소통력, 협동능력), '직무수단'(정보소양, ICT소양), '사회생활방식'(지역/글로벌 시민의식, 인생 및 진로 개척 능력, 개인 및 사회적 책임의식) 등을 제시한 바 있다(Griffin *et al*., 2011). 또, 미국의 '21세기 학습을 위한 연합체'는 학습 및 혁신 기능, 정보・미디어・테크놀로지 기능, 생활과 직업 기능을 21세기 인재가 갖추어야 할 역량으로 제시하였는데, 특히 이중에서 4C로 불리는 '학습 및 혁신 기능'은 비판적 사고(Critical thinking), 의사소통(Communication), 협력(Collaboration), 창의성Creativity)을 포함하고 있다(Choi *et al*., 2011; Trilling & Fadel, 2009; Partnership for 21st Century Skills, 2010). 미래 사회가 요구하는 이러한 인재상은 우리나라의 산업계에도 반영되고 있는데, 예를 들어, 삼성은 '열정, 창의, 소통의 가치 창조인'을 기치로 '열정과 몰입으로 미래에 도전하는 인재', '학습과 창의로 세상을 변화시키는 인재', '열린 마음으로 소통하고 협업하는 인재'를 기업의 인재상으로 추구하고 있다. 즉, 미래 사회가 요구하는 인재는 단순히 지식을 풍부히 갖춘 인재가 아니라 협력과 소통을 바탕으로 창의적 사고력과 문제해결력 등의 역량을 발휘하여 책임 있는 시민으로서 삶과 사회의 문제를 해결해갈 수 있는 인재를 요구하고 있는 것이다. 이러한 흐름은 국내에서도 국가

* 교신저자 : 정용재 (yjjoung@gjue.ac.kr)
** 이 연구는 2018년도 교육부의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2019.39.3.465

교육과정의 방향과 내용에 대한 연구로 이어져 왔으며(Koh & Jaeong, 2014; Kwak, 2013; Kwak *et al*., 2014; Park *et al*., 2012) 핵심역량 강화 등의 다양한 시사점이 제안된 바 있다.

아울러, 빅데이터에 기반을 둔 인공지능 기술은 교육과 학습에 대한 우리의 생각에 근본적인 전환을 요구하고 있다. 더 이상 정보와 단순 지식을 습득하는 것으로는 교육의 가치를 추구할 수 없게 된 것이다. 이러한 변화에 발맞추어, 선진국들은 과학교육을 비롯한 STE(A)M 교육의 혁신을 위해 다양한 시도와 정책수립을 해나가고 있다(예: AAAS 1989, 1993, 1997, 2001, & 2007; Goh & Gopinathan, 2008; Ishikawa, *et al*., 2014; MECSST, 2005; OECD, 2003; 北原和夫, 2008). 특히, 지난 30여 년간 이어져 오고 있는 미국의 Project 2061에 주목할 필요가 있는데, 최근 차세대과학표준(NGSS: Next Generation Science Standards)을 개발한 것이 그 대표적인 성과라 할 수 있다(NGSS Lead States, 2013; National Research Council, 1996 & 2012). 이와 같은 선진국들의 과학교육 혁신 노력은 과학의 각 분과는 물론 과학기술 및 공학을 넘나드는 융합적 접근과 실질적인 문제해결을 위한 역량을 길러주려는 방향이라고 요약할 수 있다.

한편, PISA와 TIMSS 등 국제학력비교평가 연구에 따르면, 우리나라 학생들은 다른 OECD 국가들과 비교하여 상대적으로 높은 학업성취도를 나타내지만, 과학학습에 대한 참여 활동과 자신감 등에서는 가장 낮은 수준에 머물고 있어서, 과학학습에 대한 보다 긍정적인 태도 변화와 활발한 참여가 그 무엇보다도 시급한 과제가 아닐 수 없다(Song *et al*., 2014; Sang *et al*., 2016).

요컨대, 급격한 사회적 변화에 대응하고 미래사회가 요구하는 인재를 육성하기 위해서는 Table 1과 같이 지식과 문제풀이 중심의 현재 과학교육에서 미래사회가 요구하는 역량, 참여와 실천 등을 함께 강조하는 과정과 문제 해결 중심의 과학교육으로 변화할 필요가 있다(Song *et al*., 2019).

이에 보다 장기적 안목에서 우리나라 과학교육의 목표를 재설정하고, 초중등 학생은 물론 시민으로서 갖추어야 할 과학적 소양(scientific literacy)을 명료화함으로써, 향후 진행될 국가 과학과 교육과정 개정을 위한 가이드라인을 마련함과 동시에 학교 및 학교 밖 과학교육의 실행과 그 환경을 혁신할 종합적인 청사진을 마련할 필요가 있다. 이러한 필요성에 따라 한국과학창의재단은 교육부와 함께 2014년 이후 5년간 KSES의 개발을 목표로 꾸준히 관련 연구과제들을 지원해왔다(Kim *et al*., 2015; Kim *et al*., 2016; Kim *et al*., 2017; Jeon *et al*., 2017; Song *et al*., 2018). 이와 같이 KSES는 국내에서 찾아보기 힘든 과학교육 관련 장기 프로젝트의 결과물로서 추후 국가 과학교육과정 개발과 과학교육정책 입안에 가이드라인 제공을 목적으로 하고 있는 바, 그 중요성을 감안하여 KSES의 주요 내용과 특징 및 실행 방안 등에 대해 논의하고자 한다.

II. KSES의 주요 내용과 특징

1. KSES의 목표

미래를 위해 우리는 어떤 사람을 길러낼 것인가? KSES에서는 미래 과학교육이 '추구하는 인간상'을 "과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람(creative and cooperative people equipped with scientific literacy)"으로 설정하였으며, 이들이 갖추어야 할 '과학적 소양(scientific literacy)'을 "과학 관련 역량과 지식을 지니고 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 태도와 능력 (the attitudes and abilities as democratic citizens to participate in and act for solving personal as well as social problems using science-related competencies and knowledge)"으로 정의하였다(Song *et al*., 2018, p.73).

여기에서 '추구하는 인간상'이란 KSES를 기초로 한 미래 과학교육의 지향점을 나타낸다. 이때 KSES에서 상정하고 있는 '미래'란 2045년을 가리킨다. 이는 2019년 현재로부터 대략 한 세대 이후이면서 21세기의 중반에 해당한다. 아울러서, 2045년은 우리나라가 해방된 지 100년이 되는 해이다. 이러한 점에서 2045년은 한 세대 이후의 미래이자 해방 이후 이루어진 100년간의 국가 교육 성과를 되짚어 보고 새로운 100년을 준비해야 하는 의미 있는 시기라고 볼 수 있다.

KSES에서는 '인간상'이라는 용어를 사용한다. 국가 수준에서 제안되는 정책이나 문헌들에서는 '인재상(人材像)'이라는 표현을 자주 사용하는데, 이는 인간을 또 다른 목적의 수단으로 보는 관점을 내포한다. 이에, KSES에서는 '인간상'이라는 용어로 대체하여 사용한다. KSES에서 추구하는 인간상은 "과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람"이다. 미래사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회이며, 이는 최고 수준의 과학적 문제해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단뿐 아니라 과학소양을 갖춘 시민에 의해 함께 견인되는 사회이다. 이에 따라 모든 사람이 '과학적 소양'을 갖추는 것은 미래 세대에게 반드시 필요한 요소이다. 아울러서 앞서 언급하였듯이 21세기는 지식을 바탕으로 새로운 변화를 위한 창조성과 창의성을 중시하는 사회로 변화하고 있다. 그리고

Table 1. Change of science education for future society

구분	현재의 과학교육	미래의 과학교육
PISA, TIMSS 등 국제경쟁력 관련	· 여전히 세계 최하위의 흥미와 자신감 · 점차 낮아지는 과학 학업성취도 (e.g., PISA: 4~7 → 5~8 →9~14)	➜ 즐겁고 재미있는 과학 공부 ➜ 과학적 소양 증진을 통한 과학성취도 제고 ➜ 어른이 되어서도 즐기고 참여하는 과학문화
학교 과학 교수·학습 관련	· 지식 중심 평가 · 문제풀이 중심 수업 · 개별 과학 중심 접근 · 입시 중심 교육	➜ 과정 중심 평가 ➜ 탐구수행 중심 학습 ➜ 통합과학적 간학문적 접근 ➜ 문제해결 중심 역량 증진
과학교육의 범위 관련	· 학교교육 위주	➜ 종합적 과학교육(학교교육 + 사회참여)
국가 과학교육과정 관련	· 2015 과학교육과정(역량 및 핵심개념 강조) · 엄격한 성취기준 및 교과서를 통한 구현 · 엄격한 톱다운 방식의 매뉴얼 성격	➜ 학습경험과 사회적 참여를 함께 강조 ➜ 유연한 수행기대 및 AI 등을 적극 활용하는 교육 ➜ 해성과 융통성이 보장되는 가이드북 성격

동시에 다양한 문화의 사람들이 함께 살아가는 사회이면서 나아가 초연결사회로의 진입으로 사람과 사람이 함께 살아가는 사회를 넘어 사람과 기계, 사람과 자연이 함께 더불어 살아가는 사회로 변화하고 있다. 이에 따라 미래세대는 “더불어 살아가는 창의적인” 사람일 필요가 있다. 즉, KSES가 지향하는 미래 시민의 모습은 과학적 소양을 갖추고, 이를 바탕으로 사회의 다른 구성원들과 조화롭게 살아갈 수 있는 창의적인 사람이다.

한편, KSES에서 정의하는 과학적 소양은 “과학 관련 역량과 지식을 지니고 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 태도와 능력”이다. 즉, 미래세대가 갖추어야 할 과학적 소양은 과학과 관련된 ‘역량’과 ‘지식’을 갖추고 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 ‘참여하고 실천’하는 능력과 태도이다. 이를 통해 개인과 사회의 다양한 문제들을 해결할 수 있어야 하며, 그 방식은 민주적이어야 한다. 이러한 과학적 소양은 학생들은 물론 우리 사회의 구성원인 시민들 모두가 갖추어야 할 소양이다. 우리 사회가 초고령사회로 급속히 진입하고 있으므로, 과학교육의 범위는 이제 학교 교육의 한계를 넘어서야 하기 때문이다.

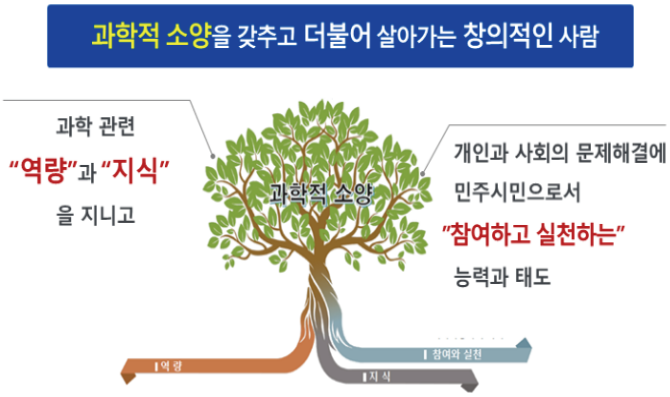

Figure 1. Features of citizens pursued by KSES

2. KSES에서 추구하는 과학적 소양

구체적인 KSES의 개발은 “과학적 소양 나무(ToSL: Tree of Scientific Literacy) 모형”이라는 개념의 기초 위에서 이루어졌다. ToSL 모형은 3가지 뿌리가 서로 뒤엉키면서 풍성하게 성장하는 나무의 모습을 통해 KSES가 지향하는 과학적 소양의 특징을 비유적으로 나타내준다.

ToSL 모형의 세 뿌리는 과학적 소양의 세 가지 차원(dimension), 즉 역량 차원(competences dimension), 지식 차원(knowledge dimension), 참여와 실천 차원(participation & action dimension)을 가리킨다. 과학적 소양은 ‘역량’과 ‘지식’ 그리고 ‘참여와 실천’이 함께 어우러질 때 완성된다는 의미다. 그 중 어느 하나가 다른 것들의 전제조건이 아니라, 세 차원이 모두 상호보완적 관계를 갖는다. ‘지식’과 ‘참여와 실천’을 통해 ‘역량’이 길러지며, ‘역량’과 ‘지식’이 ‘참여와 실천’의 바탕이 되고, ‘역량’과 ‘참여와 실천’이 새로운 ‘지식’의 바탕이 된다. 한편, ToSL의 세 차원은 각각 여러 개의 영역(category)으로 나뉘는데, 역량 차원은 5개, 지식 차원은 6개, 참여와 실천은 5개의 영역으로 구성된다.

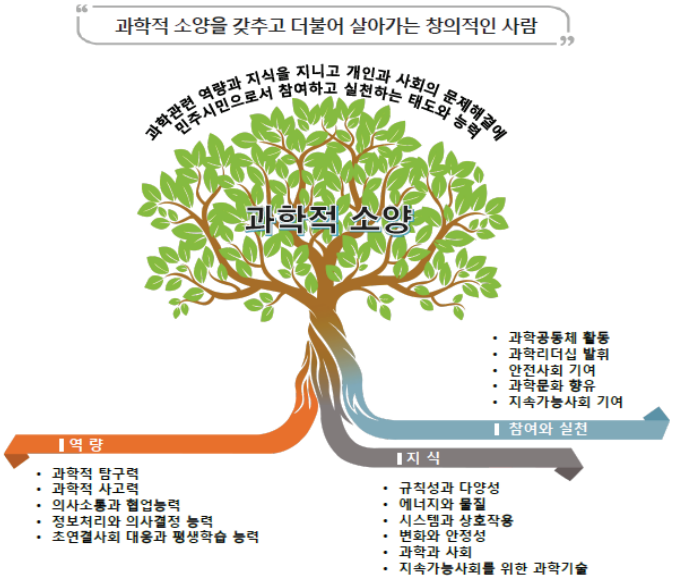

Figure 2. Tree of Scientific Literacy (ToSL) Model

먼저, 역량 차원을 구성하는 5개의 영역은 과학적 탐구력(scientific inquiry ability), 과학적 사고력(scientific thinking ability), 의사소통과 협업 능력(communication and collaboration ability), 정보처리와 의사결정 능력(information processing and decision making ability), 초연결사회 대응과 평생학습 능력(lifelong learning ability in hyper-connected society) 등이다. 이 5개의 영역에는 전통적으로 과학교육에서 강조되었던 기능은 물론, 디지털 혁명으로 특징되는 미래사회에 필요할 것으로 예상되는 기능들도 함께 포함되어 있다.

Figure 3. Categories of ‘Competence’ in KSES

지식 차원을 구성하는 6개의 영역은 규칙성과 다양성(regularity and diversity), 에너지와 물질(energy and matter), 시스템과 상호작용(system and interaction), 변화와 안정성(change and stability), 과학과 사회(science and society), 지속가능사회를 위한 과학기술(science and technology for a sustainable society)이다. 이 중 첫 4개 영역은 전통적인 과학의 기초 지식과 개념에 해당하는 내용으로, 다만 그 구분이 물리, 화학, 생물, 지구과학과 같이 분과적이지 않으며 빅아이디어(big ideas) 중심으로 이루어져 있다는 것이 다르다. 마지막 두 개, 즉 ‘과학과 사회’ 및 ‘지속가능사회를 위한 과학기술’은 전통적인 과학교육의 내용 범위를 뛰어넘어, 미래사회의 책임감 있는 민주시민으로서 갖춰야 할 과학 관련 인문사회적 그리고 공학적 지식에 해당한다.

참여와 실천 차원을 구성하는 5개의 영역은 과학공동체 활동(scientific community activities), 과학리더십 발휘(scientific leadership), 안전사회

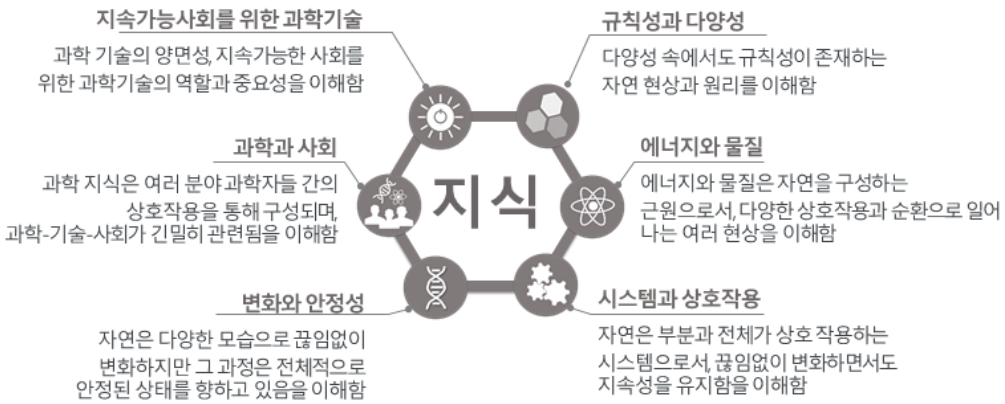

Figure 4. Categories of ‘Knowledge’ in KSES

기여(contribution to safe society), 과학문화 향유(enjoying scientific culture), 지속가능사회 기여(contribution to sustainable society)이다. 참여와 실천 차원은 그동안 우리나라 학생에게 특별히 부족했던 적극적인 탐구활동 참여와 실생활 속에서의 적용을 촉진하기 위한 것으로, KSES의 가장 도전적 과제이기도 하다. 이는 학교에서의 과학 및 공학적 실행(practices)을 강조했던 미국의 NGSS를 뛰어넘어, 학생의 삶 속 실천과 함께 (지역)사회의 구성원에게도 적극적 과학 학습 활동을 강조한다는 점에서 세계적으로도 드문 적극적 시도라 할 수 있다.

이렇게 각 차원별로 여러 개로 나눠진 영역들은 다시 여러 개의 하위영역으로 나누어지며, 역량 차원에는 23개, 지식 차원에는 23개, 참여와 실천 차원에는 19개의 하위영역이 포함된다. 이렇게 하여 ToSL 모형에서 정의하는 과학적 소양은 총 3개의 차원(dimensions), 16개의 영역(categories), 그리고 65개의 하위영역(sub-categories)으로 구성된다. 그리고 사용상의 편의성을 높이기 위해서 모든 차원, 영역, 하위영역들을 영문 이니셜을 활용하여 코드화 하였다. 예를 들어, 역량 차원[C]의 첫 번째 영역인 과학적 탐구력[C-SI]에 속하는 첫 번째 하위영역인 ‘문제인식 능력’은 KSES 문서에서 [C-SI.1]이라는 코드로 표시된다(Table 2 참조).

한편, 각 영역마다 영역설정의 취지, 영역해설, 하위영역 및 해설을 제시하였다. 예를 들어, ‘역량’ 차원의 ‘과학적 탐구력’ 영역에 대해 Table 3과 같이 과학적 탐구력을 과학적 소양의 역량 차원 영역으로 설정한 취지와 영역에 대한 해설, 그리고 하위영역 및 각 하위영역별 해설을 제시하였다. 이는 해당 영역을 과학적 소양의 영역으로 설정한 이유와 영역 및 하위영역에 대한 구체적인 설명을 안내함으로써, 추후 국가 수준의 과학교육과정 개발이나 과학교육 관련 정책 입안 과정에서 KSES를 가이드라인으로서 용이하게 참고할 수 있도록 하려는 것이다.

이상에서 제시한 KSES에서 제시한 과학적 소양의 역량, 지식, 참여와 실천 차원과 영역 및 하위영역이 갖는 특징을 현행 2015 개정 과학과 교육과정과 비교하여 제시하면 Table 4와 같다.

3. KSES 단계별 수행기대

과학적 소양을 과학교육 맥락에서 구현하기 위해서는 구체적인 실천 방안들이 마련되어야 하는데, 무엇보다 과학적 소양의 목표 수준들을 연령대별로 구체화하는 작업이 선행되어야 한다. 이를 위해, 과학적 소양의 목표 수준을 과학학습의 누적 연수에 따라 6단계(Stage)로 구분하여, ‘단계별 수행기대(stage performance expectation)’로 상세화 하였다. 각 단계는 Stage 1 (K-2학년), Stage 2 (3-4학년), Stage 3 (5-6학년), Stage 4 (7-8학년), Stage 5 (9-10학년), Stage 6 (11-12학년)으로 구성된다(Fig. 6). 단, Stage 1~6에 해당하는 K~12학년은 엄격하게 학년을 구분하여 제시한 것이라기보다는 학교 등 공식적인 기관에서 과학교육을 받은 누적 년 수에 상응한다. 다만, KSES가 추후 국가수준의 교육과정 개발에 가이드라인으로서의 역할을 수행할 것으로 기대되기 때문에 이를 감안하여 현재 학년 구분으로 제시하였다.

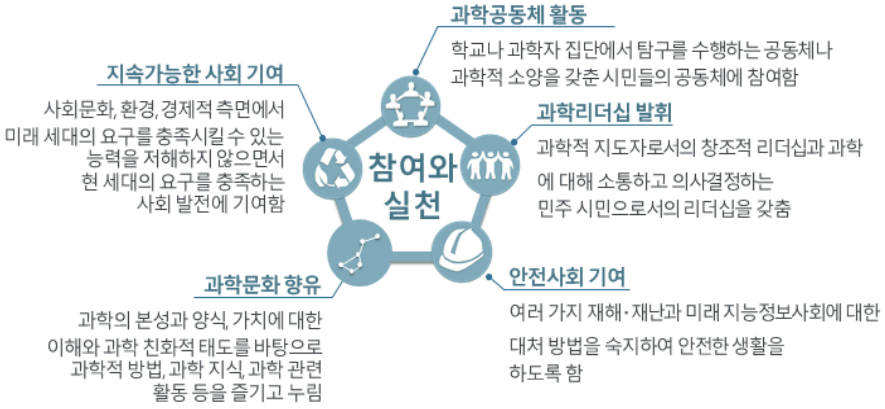

Figure 5. Categories regions of ‘Participation and Action’ in KSES

Table 2. Dimensions, categories, and sub-categories of KSES

차원	영역	하위영역
역량 (Competence)	[C-SI] 과학적 탐구력 (Scientific inquiry ability)	[C-SI.1] 문제인식 능력 (Identifying a problem)
		[C-SI.2] 모델링 능력 (Making and applying models)
		[C-SI.3] 실험설계 및 실험수행 능력 (Designing and conducting experiments)
		[C-SI.4] 자료해석 및 자료변환 능력 (Interpreting and transforming data)
		[C-SI.5] 공학적 설계와 디자인 능력 (Engineering design)
		[C-SI.6] 설명생성 및 논증 능력 (Generating an explanation and making scientific argumentation)
	[C-ST] 과학적 사고력 (Scientific thinking ability)	[C-ST.1] 논리적 사고력 (Logical thinking)
		[C-ST.2] 비판적 사고력 (Critical thinking)
		[C-ST.3] 창의적 사고력 (Creative thinking)
		[C-ST.3] 수학적 사고와 컴퓨팅 사고력 (Mathematical and computational thinking)
	[C-CC] 의사소통과 협업 능력 (Communication and collaboration ability)	[C-CC.1] 아이디어 표현 능력 (Expressing ideas)
		[C-CC.2] 규칙생성 능력 (Generating rules)
		[C-CC.3] 협업수행 능력 (Working Collaboratively)
		[C-CC.4] 모니터링 능력 (Monitoring group work)
	[C-ID] 정보처리와 의사결정 능력 (Information processing and decision making ability)	[C-ID.1] 정보탐색 및 정보선택 능력 (Searching and selecting information)
		[C-ID.2] 정보생산 능력 (Producing information)
		[C-ID.3] 정보평가 능력 (Evaluating information)
		[C-ID.4] 대안탐색 능력 (Exploring alternatives)
		[C-ID.5] 가치판단 능력 (Judging value)
	[C-NL] 초연결사회 대응과 평생학습 능력 (Lifelong learning ability in hyper-connected society)	[C-NL.1] 관계형성 능력 (Making relationship)
		[C-NL.2] 유연한 사회정서적 능력 (Flexible social and emotional ability)
		[C-NL3] 휴먼 클라우드 활용 능력 (Human clouding)
		[C-NL.4] 과학기술 평생학습 능력 (Lifelong learning of science and technology)
지식 (Knowledge)	[K-RD] 규칙성과 다양성 (Regularity and diversity)	[K-RD.1] 규칙성과 다양성의 기원 (Origin of regularity and diversity)
		[K-RD.2] 물리 현상의 규칙성 (Regularity of physical phenomena)
		[K-RD.3] 물질의 규칙성과 다양성 (Regularity and diversity of matter)
		[K-RD.4] 생물의 규칙성과 다양성 (Regularity and diversity of living thing)
		[K-RD.5] 지구환경의 규칙성과 다양성 (Regularity and diversity of earth environment)
	[K-EM] 에너지와 물질 (Energy and matter)	[K-EM.1] 에너지와 물질의 특성 (Characteristics of energy and matter)
		[K-EM.2] 생물의 에너지 (Energy of living thing)
		[K-EM.3] 지구의 에너지 (Energy of the Earth)
		[K-EM.4] 에너지와 환경 (Energy and environment)
	[K-SI] 시스템과 상호작용 (System and interaction)	[K-SI.1] 시스템의 유형 (Types of system)
		[K-SI.2] 역학적 상호작용 (Mechanical interaction)
		[K-SI.3] 생명 시스템 (Life system)
		[K-SI.4] 지구와 우주 시스템 (Systems of the Earth and the Universe)
	[K-CS] 변화와 안정성 (Change and stability)	[K-CS.1] 물질과 상태의 변화와 안정성 (Change and stability of matter and state)
		[K-CS.2] 생태계의 변화와 안정성 (Change and stability of eco-system)
		[K-CS.3] 지구와 우주의 변화와 안정성 (Change and stability of the Earth and the Universe)
	[K-SS] 과학과 사회 (Science and society)	[K-SS.1] 과학지식과 방법의 본성 (Nature of scientific knowledge and method)
		[K-SS.2] 과학의 통합 (Integration of science)
		[K-SS.3] 과학과 사회의 상호작용 (Interaction between science and society)
	[K-SU] 지속가능사회를 위한 과학기술 (Science & technology for a sustainable society)	[K-SU.1] 과학기술의 양면성 (Two sides of science & technology)
		[K-SU.2] 지속가능한 삶과 과학기술 (Sustainable life and science & technology)
		[K-SU.3] 지속가능사회와 과학기술 (Sustainable society and science & technology)
		[K-SU.4] 지속가능한 미래 과학기술 (Sustainable future science & technology)

차원	영역	하위영역
참여와 실천 (Participation and Action)	[PA-SC] 과학공동체 활동 (Scientific community activities)	[PA-SC.1] 탐구 공동체 활동 참여 (Participation in scientific inquiry community)
		[PA-SC.2] 과학 모니터링 공동체 활동 (Participation in science monitoring communities)
		[PA-SC.3] 과학 향유 공동체 활동 (Participation in communities of science enjoyment)
		[PA-SC.4] 과학의 윤리적 실천 (Ethical implementation of science)
	[PA-SL] 과학리더십 발휘 (Scientific leadership)	[PA-SL.1] 진취적 성취와 가치창출 (Enterprising achievements and value creation)
		[PA-SL.2] 분산적 리더십 (Distributed leadership)
		[PA-SL.3] 배려와 공감의 리더십 (Caring and sharing leadership)
		[PA-SL.4] 미래비전 제시 (Suggestion of future visions)
	[PA-SS] 안전사회 기여 (Safe society)	[PA-SS.1] 안전교육 참여 (Participation in safety education)
		[PA-SS.2] 재해・재난 위험 관리 (Crisis management against disasters)
		[PA-SS.3] 사건・사고 위험 관리 (Crisis management against accidents)
		[PA-SS.4] 지능정보사회 관련 위험 관리 (Crisis management in the intelligence and information society)
	[PA-ES] 과학문화 향유 (Enjoying scientific culture)	[PA-ES.1] 자연현상과 과학에 대한 감수성 제고 (Improving sensitivity for natural phenomena and science)
		[PA-ES.2] 과학적 탐구의 실천과 향유 (Action and enjoyment of scientific inquiry)
		[PA-ES.3] 과학지식의 활용과 향유 (Application and enjoyment of scientific knowledge)
		[PA-ES.4] 과학 친화적 생활과 향유 (Science-friendly life and enjoyment)
	[PA-SU] 지속가능사회 기여 (Contribution to sustainable society)	[PA-SU.1] 사회문화적 측면에 기여 (Contribution to social and cultural aspects)
		[PA-SU.2] 환경적 측면에 기여 (Contribution to environmental aspects)
		[PA-SU.3] 경제적 측면에 기여 (Contribution to economic aspects)

Table 3. Example of description of categories in KSES (‘Scientific inquiry ability’)

구분	[C-SI] 과학적 탐구력	
영역설정의 취지	과학적 탐구력은 미래사회를 살아갈 학생들에게 필수적인 역량이며, 과학적 탐구력의 향상은 학습자가 과학의 본성과 과학적 개념을 통합적으로 이해하는 데 도움이 된다. 또한, 과학적 탐구력은 여러 분야에 걸친 폭넓은 전이효과가 있어서 그 중요성이 더욱 크다. 과학적 탐구력의 함양은 모든 과학교육의 바탕을 이루는 핵심 능력으로 오랫동안 강조되어왔다. 우리나라 역시 과학 교육과정의 개정 속에서 전통적으로 탐구학습을 가장 강조할 정도로 과학교육의 중심 가치이자 능력으로 여겨왔다. 따라서 탐구는 학습자가 과학적으로 사고하는 방법을 배울 수 있는 가장 효과적인 방법이며, 과학교육의 목표로서 과학적 탐구력의 습득은 매우 중요하다.	
영역해설	과학적 탐구력은 과학적 문제해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구력은 문제 인식 능력, 모델링 능력, 실험설계 및 수행 능력, 자료 해석 및 변환 능력, 공학적 설계와 디자인 능력, 설명생성 및 논증 능력으로 구성된다.	
하위영역 및 해설	[C-SI.1] 문제 인식 능력	다양한 상황 속에서 탐구자가 스스로 문제를 제기하는 능력으로써, 문제해결과 탐구의 첫 단계에만 나타나는 것이 아니라 모든 과정에서 나타날 수 있다. 미래사회에서는 새롭고 가치 있는 문제를 능동적으로 발견해 내는 능력이 더욱 요구된다. 흥미와 호기심을 가지고 상황을 관찰하기, 도움을 받아 다양한 상황에서 문제를 발견하기, 다양한 상황에서 스스로 문제를 발견하기, 다양한 문제 중에서 자신만의 문제를 선택하기, 스스로 발견한 문제에 대해 정교화하기 등을 포함한다.
	[C-SI.2] 모델링 능력	자연계의 관심 있는 대상의 중요한 특성을 나타내기 위해 대상을 단순화시켜 표현할 수 있는 능력을 말한다. 제시된 모형을 이해하기, 대상을 모형으로 나타내기, 자신이 만든 모형을 이용하여 미래 상황을 예측하기 등을 포함한다.
	[C-SI.3] 실험설계 및 실험 수행 능력	자연현상에 대한 관찰을 바탕으로 자신의 의문을 해결하기 위하여 적절한 탐구를 설계하고 이를 수행할 수 있는 능력을 말한다. 안내에 따라 실험을 수행하기, 안내에 따라 실험을 계획하고 수행하기, 스스로 실험을 계획하고 수행하기 등을 포함한다.
	[C-SI.4] 자료해석 및 자료변환 능력	관찰이나 측정으로 얻은 자료를 기록하고, 이를 해석하거나 다양한 형태로 변환할 수 있는 능력을 말한다. 자료의 규칙성을 하나의 관점에서 이해하기, 하나의 원인이 있는 현상의 인과관계를 이해하기, 자료의 규칙성을 복합적 관점에서 이해하기, 자료를 문제 상황에 맞는 형태로 변환하기 등을 포함한다.
	[C-SI.5] 공학적 설계와 디자인 능력	생활 속의 불편함 등에 대해 문제를 단순화하고, 해결책을 고안하고 최적화할 수 있는 능력을 말한다. 생활 속의 불편함을 이해하고 해결의 필요성을 이해하기, 제품의 구조에 대해 흥미를 가지고 살펴보기, 불편함의 개선을 위하여 자신이 활용 가능한 조건과 제약 조건을 구체적으로 정의하기, 가능한 해결책들을 시각적으로 나타내기, 순환적인 과정을 통하여 해결책을 최적화하기, 복잡하고 큰 문제를 해결할 수 있는 작은 문제로 나누어 생각하기 등을 포함한다.
	[C-SI.6] 설명생성 및 논증 능력	탐구한 자연현상의 원인에 대한 잠정적인 설명을 만들어 내고 이를 근거에 입각하여 논증할 수 있는 능력을 말한다. 현상의 원인이 무엇인지 탐색하기, 다양한 증거를 바탕으로 현상의 원인이 무엇인지 탐색하기, 현상의 원인을 인과관계 바탕으로 제시하기, 현상의 원인에 대한 다양한 생각 중 합당한 것을 선택하기, 현상이 나타나는 원인에 대한 자신의 생각을 다양한 증거를 바탕으로 타인에게 설득하기 등을 포함한다.

Table 4. Comparison between 2015 Revised Science Curriculum and KSES

구분	2015 개정 과학과 교육과정	KSES	KSES의 특징
과학적 소양	· 과학적 소양에 대한 명확한 정의 없이, ‘과학’의 목표를 “자연현상과 사물에 대하여 호기심과 흥미를 가지고, 과학의 핵심개념에 대한 이해와 탐구 능력의 함양을 통하여, 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양을 기른다.”로 제시하면서 언급	· “과학 관련 역량과 지식을 지니고 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 태도와 능력”	· 과학적 소양을 간략하지만 명시적으로 정의
역량	· 과학적 사고력 · 과학적 탐구 능력 · 과학적 문제 해결력 · 과학적 의사소통 능력 · 과학적 참여와 평생 학습 능력	· 과학적 탐구력 · 과학적 사고력 · 의사소통과 협업 능력 · 정보처리와 의사결정 능력 · 초연결사회 대응과 평생학습 능력	· 과학적 탐구력에 ‘모델링 능력’, ‘공학적 설계와 디자인 능력’을 새롭게 포함 · 과학적 사고력에 ‘수학적 사고와 컴퓨팅 사고력’을 새롭게 포함 · 의사소통과 협업 능력에 ‘모니터링 능력’을 새롭게 포함 · 정보처리와 의사결정 능력을 하나의 역량 영역으로 명시하여 정보처리의 중요성 강조 · ‘초연결사회 대응과 평생학습 능력’을 새롭게 포함하고, ‘관계형성 능력’, ‘유연한 사회정서적 능력’, ‘휴먼 클라우드 활용 능력’, ‘과학기술 평생학습 능력’을 하위 영역으로 설정하여 미래사회에 대비한 역량으로 확대
지식	· ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’ 영역의 핵심 개념으로 구성 · 초중등학교에 물의 여행 등의 5개 통합 주제 제시 · 고등학교에 ‘통합과학’을 신설하고 물질과 규칙성, 시스템과 상호 작용, 변화와 다양성 및 환경과 에너지의 영역으로 재구성	· 규칙성과 다양성 · 에너지와 물질 · 시스템과 상호작용 · 변화와 안정성 · 과학과 사회 · 지속가능사회를 위한 과학기술	· 물화생지의 벽을 넘어 초중고 지식 내용을 모두 ‘규칙성과 다양성’, ‘에너지와 물질’, ‘시스템과 상호작용’, ‘변화와 안정성’이라는 빅 아이디어 중심으로 재구성 · ‘과학과 사회’ 영역을 추가하고, ‘과학지식과 방법의 본성’, ‘과학의 통합’, ‘과학과 사회의 상호작용’을 하위영역으로 명시 · ‘지속가능사회를 위한 과학기술’ 영역을 추가하고, ‘과학기술의 양면성’, ‘지속가능한 삶과 과학기술’, ‘지속가능사회와 과학기술’, ‘지속가능한 미래 과학기술’을 하위 영역으로 명시하여 미래사회에 대비하기 위한 지식 강조
참여와 실천	· 별도로 다루지 않고, 교과 핵심역량 설명 중 “과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.” 정도로 언급	· 과학공동체 활동 · 과학리더십 발휘 · 안전사회 기여 · 과학문화 향유 · 지속가능사회 기여	· ‘참여와 실천’을 새롭게 과학적 소양의 3가지 차원 중 하나로 제시하여 적극적인 탐구활동 참여뿐만 아니라 삶 속에서 벌어지는 사회와 일상의 문제해결에 참여와 실천 강조 · 각 영역에 다음과 같은 하위 영역을 새로이 명시하여 참여와 실천 차원의 내용을 다음과 같이 구체화 (과학공동체 활동) 탐구 공동체 활동 참여, 과학 모니터링 공동체 활동, 과학 향유 공동체 활동, 과학의 윤리적 실천 (과학리더십 발휘) 진취적 성취와 가치창출, 분산적 리더십, 배려와 공감의 리더십, 미래비전 제시 (안전사회 기여) 안전교육 참여, 재해·재난 위험 관리, 사건·사고 위험 관리, 지능정보사회 관련 위험 관리 (과학문화 향유) 자연현상과 과학에 대한 감수성 제고, 과학적 탐구의 실천과 향유, 과학지식의 활용과 향유, 과학 친화적 생활과 향유 (지속가능사회 기여) 사회문화적 측면에 기여, 환경적 측면에 기여, 경제적 측면에 기여 · ‘참여와 실천’의 차원 설정과 위상 제고를 통해 학교에서의 과학 및 공학적 실행(practice)을 강조했던 미국의 NGSS에서 한 걸음 더 나아가 미래사회를 대비해 학생의 삶 속 실천과 (지역) 사회 구성원의 적극적 과학 학습 활동 강조

KSES에서는 단계별 수행기대를 3개 차원 16개 전 영역에 걸쳐 하나의 종합적인 표로 만들어 체계적으로 제시하였다. 영역별 표에는 단계별 수행기대에 대한 영역 수준의 종합적 서술인 ‘영역 수행기대’와 이를 간략화한 ‘수행기대 핵심요소’를 포함시켰으며, 해당 영역에 속하는 하위영역별 6단계의 수행기대를 상세하게 제시해 놓았다. 한편, 각 영역에 대한 단계별 종합적 서술 내용은 그 직전 단계의 내용을 포함하는 방식으로 제시하였다. 예를 들어, [C-SI] 과학적 탐구력 영역의 Stage 2 수행기대는 “Stage 1을 토대로 모형과 자료들의 규칙을 이해하며, 문제해결에 컴퓨터를 활용하고 현상의 원인을 이해한다.”고 되어 있다(Table 5 참조). 이는 Stage 1의 수행기대인 “자신을 둘러싼 상황에 대해 흥미와 호기심을 가지고 도움을 받아 문제를 발견하며, 자료들의 규칙을 이해한다.”를 토대로 한다는 의미이다. 하위영역별 수행기대의 경우 두 단계 이상에 걸쳐 제시되는 것도 있는데(예: [C-SI.1] 문제인식 능력), 이는 해당 하위영역의 특성상 여러 단계에 걸쳐 꾸준히 수행되어야 하는 것이기 때문이다. 한편, 일부 하위영역별 특정 단계에는 수행기대가 제시되지 않는 경우도 있다(예를 들어, [C-SI.2] 모델링 능력의 Stage 1). 이는 해당 단계의 아동에게 특정 하위영역의 수행을 기대하기에는 그 수준이 적절하지 않다고 판단했

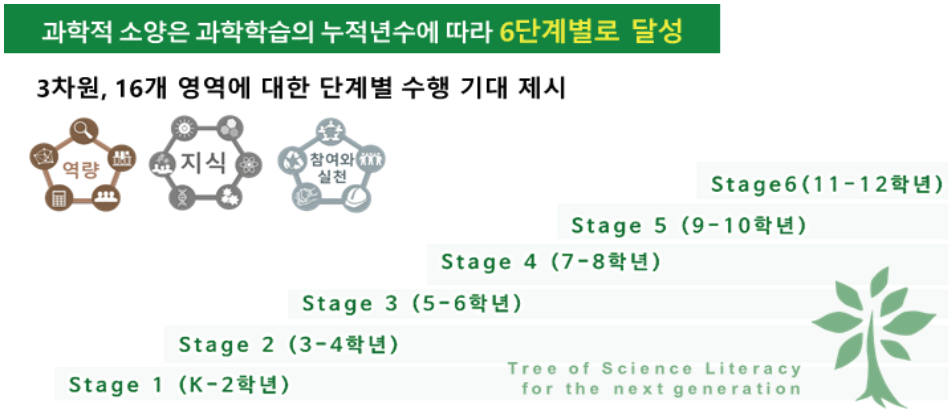

Figure 6. Structure of 6 Stage Performance Expectations in KSES

기 때문이다.

4. KSES 주제중심 종합예시

KSES는 미래의 과학교육과정 개발을 위한 가이드라인 역할을 할 것이며, 궁극적으로는 학교 과학교육을 통해 구현될 필요가 있다. 그러려면 KSES의 단계별 수행기대들이 구체적인 과학교육 내용의 주제(topic)에 적용되어야 한다. 이를 위해 지식 차원의 한 영역에 속하는 특정 주제가 어떤 단계(Stage)에서 어떤 수행기대들과 관련되며, 또 이 수행기대들이 어떤 "탐구 및 실천" 활동들을 통해 펼쳐질 수 있는지를 예시할 필요가 있다. 이를 위해 총 32개의 'KSES 주제중심 종합예시(comprehensive example for teaching KSES topics)'를 제시하였다. Table 6은 그 한 예로, 지식 차원의 규칙성과 다양성 [K-RD] 영역에 해당하는 Stage 4의 주제 "자연현상의 규칙성과 다양성의 상호관련성"에 대한 주제중심 종합예시이다.

특히 KSES 주제중심 종합예시가 학교 현장에서 효과적으로 구현되기 위해서는, 각 "탐구 및 실천" 활동들이 구체적으로 어떤 수행기대들과 연관되는지 보여줘야 하며, 효과적으로 교육되기 위한 "교

Table 5. Example of Stage Performance Expectations in KSES ('Scientific inquiry ability')

	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6
[C-SI] 과학적 탐구력	자신을 둘러싼 상황에 대해 흥미와 호기심을 가지고 도움을 받아 문제를 발견하며, 자료들의 규칙을 이해한다.	Stage 1을 토대로 모형과 자료들의 규칙을 이해하며, 문제해결에 컴퓨터를 활용하고 현상의 원인을 이해한다.	Stage 2를 토대로, 다양한 상황에서 스스로 문제를 발견하며, 안내에 따라 실험을 계획하고 수행하며, 규칙을 복합적으로 이해하고, 현상의 원인을 이해한다.	Stage 3을 토대로, 문제 상황에 대해 해결책을 시각적인 방식과 수학적 알고리즘으로 나타내고 현상의 원인을 다양한 증거를 바탕으로 이해한다.	Stage 4를 토대로, 스스로 실험을 계획하고 수행하며, 현상의 원인에 대해 다양한 증거를 바탕으로 타인을 설득한다.	Stage 5를 토대로 문제해결에 시뮬레이션을 활용하여 모형을 통한 예측을 하며, 현상의 원인에 대해 다양한 증거를 바탕으로 타인을 설득한다.
수행기대 핵심요소	· 규칙의 이해	· 모형의 이해	· 안내에 따른 실험의 계획과 수행	· 해결책의 시각화	· 스스로 실험 계획	· 모형을 통한 예측과 증거 기반의 논증
[C-SI.1] 문제인식 능력	· 흥미와 호기심을 가지고 상황을 관찰한다. · 도움을 받아 다양한 상황에서 문제를 발견한다.		· 다양한 상황에서 스스로 문제를 발견한다. · 다양한 문제들 중에서 자신만의 문제를 선택한다.		· 스스로 발견한 문제에 대해 정교화 한다.	
[C-SI.2] 모델링 능력		· 제시된 모형을 이해한다.		· 대상을 모형으로 나타낸다.		· 자신이 만든 모형을 이용하여 미래 상황을 예측한다.
[C-SI.3] 실험설계 및 실험수행 능력		· 안내에 따라 실험을 수행한다.	· 안내에 따라 실험을 계획하고 수행한다.		· 스스로 실험을 계획하고 수행한다.	
[C-SI.4] 자료해석 및 자료변환 능력	· 자료의 규칙성을 하나의 관점에서 이해한다. · 하나의 원인이 있는 현상의 인과관계를 이해한다.		· 자료의 규칙성을 복합적 관점에서 이해한다. · 자료를 문제 상황에 맞는 형태로 변환한다.		· 복잡한 자료들 속의 관계를 이해한다. · 문제 상황에 맞는 자료를 다양한 형태로 변환한다.	
[C-SI.5] 공학적 설계와 디자인 능력		· 생활 속의 불편함을 이해하고 해결의 필요성을 이해한다. · 제품의 구조에 대해 흥미를 가지고 살펴본다.		· 불편함의 개선을 위하여 자신이 활용 가능한 조건과 제약 조건을 구체적으로 정의한다. · 가능한 해결책들을 시각적으로 나타낸다.		· 순환적인 과정을 통하여 해결책을 최적화한다. · 복잡하고 큰 문제를 해결할 수 있는 작은 문제로 나누어 생각한다.
[C-SI.6] 설명생성 및 논증 능력		· 현상의 원인이 무엇인지 탐색한다.	· 다양한 증거를 바탕으로 현상의 원인이 무엇인지 탐색한다. · 현상의 원인을 인과관계를 바탕으로 제시한다.		· 현상의 원인에 대한 다양한 생각들 중 합당한 것을 선택한다. · 현상이 나타나는 원인에 대한 자신의 생각을 다양한 증거를 바탕으로 타인에게 설득한다.	

Table 6. Example of comprehensive example for teaching KSES topics: Regularity and Diversity

[K-RD] 규칙성과 다양성	단계: Stage 4	주제: “자연현상의 규칙성과 다양성의 상호관련성”
개관	‘규칙성과 다양성’ 영역의 Stage 4에서는 물리 현상, 물질, 생물, 지구환경의 다양성을 이해하면서 다양성을 구성하는 구성 요소와 다양성 속의 규칙성을 파악하여 다양성과 규칙성의 관련성을 이해하도록 한다. 또한, 이 주제를 다루면서, 다양한 상황에서 스스로 문제를 발견하고, 대상을 모형으로 나타내며, 안내에 따라 실험을 계획하고 수행하며, 자료의 규칙성을 복합적 관점에서 이해하며, 개인적 경험이나 자연현상 속에서 문제를 발견하고 이를 바탕으로 논리적 설명을 만들며, 자신의 아이디어를 다른 사람이 잘 이해할 수 있도록 표현하고, 다양한 경로와 방법으로 문제해결에 필요한 정보들을 수집하고, 다양한 정보를 바탕으로 제시된 대안들과 문제 상황과의 관련성을 이해할 수 있도록 한다. 아울러 규칙성과 다양성과 관련하여 생활 속 문제를 해결하려는 태도를 바탕으로 과학적 탐구와 기술 및 공학적 활동을 통해 생활 속 문제를 해결하며, 생태계 보전의 중요성과 과학기술의 역할을 인식하고 생활 속에서 실천할 수 있도록 한다.	
수행기대	역량	지식	참여와 실천
	・다양한 상황에서 스스로 문제를 발견한다. [C-SI.1] ・대상을 모형으로 나타낸다. [C-SI.2] ・안내에 따라 실험을 계획하고 수행한다. [C-SI.3] ・자료의 규칙성을 복합적 관점에서 이해한다. [C-SI.4] ・개인적 경험이나 자연현상 속에서 문제를 발견하고 이를 바탕으로 논리적 설명을 만든다. [C-ST.1] ・질문, 발표, 토론 등에서 자신의 아이디어를 다른 사람이 잘 이해할 수 있도록 표현한다. [C-CC.1] ・다양한 경로와 방법으로 문제해결에 팔요한 정보들을 수집한다. [C-ID.1] ・다양한 정보를 바탕으로 제시된 대안들과 문제상황과의 관련성을 이해한다. [C-ID.4]	・생명체, 지구와 우주는 다양한 종류의 물질로 이루어져 있다. [K-RD.1] ・소리는 진폭, 진동수, 파형으로 분석한다. [K-RD.2] ・빛의 삼원색으로 다양한 색이 합성 된다. [K-RD.2] ・거울과 렌즈에 의해 물체의 다양한 상이 나타난다. [K-RD.2] ・순물질은 혼합물과 달리 밀도, 용해도, 녹는점, 어는점, 끓는점이 일정한 특성이 있다. [K-RD.3] ・물질의 특성을 이용하면 혼합 물질은 순물질로 분리된다. [K-RD.3] ・기체의 확산과 증발 현상은 분자들의 운동에 의해 나타난다. [K-RD.3] ・기체를 이루는 분자들은 온도와 압력에 의해 운동이 달라진다. [K-RD.3] ・물질은 원소로 이루어져 있고, 다양한 종류의 원소가 있다. [K-RD.3] ・원자는 원자핵과 전자로 구성되고, 분자와 이온은 기호로 표현한다. [K-RD.3] ・생물 종의 개념과 분류 체계는 생물을 계 수준에서 분류하는 데 기본이 된다. [K-RD.4] ・생물 다양성의 변화는 인간의 자원과 인간이 의존하는 생태계 서비스에 영향을 준다. [K-RD.4] ・지각은 퇴적암, 화성암, 변성암으로 이루어져 있다. [K-RD.5] ・암석은 다양한 광물로 구성되어 있고, 주요 조암 광물은 고유한 특징으로 구별된다. [K-RD.5] ・지구의 물은 해수, 빙하, 지하수, 하천수, 호수 등으로 분포한다. [K-RD.5]	・미래에 대해 관심을 가지고 미래 지향적인 문제해결방안을 탐색한다. [PA-SL.4] ・생활 속 문제를 탐구를 통해 해결하려는 태도를 가진다. [PA-ES.1] ・과학적 탐구와 기술 및 공학적 활동을 통한 생활 속 문제해결 활동을 즐긴다. [PA-ES.2] ・과학적 탐구를 향유한다. [PA-ES.2] ・생태계 보전의 중요성과 과학기술의 역할을 인식하고 생활 속에서 실천한다. [PA-SU.2] ・에너지 보전의 중요성과 과학기술의 역할을 인식하고 생활 속에서 실천한다. [PA-SU.2]

탐구 및 실천	관련 수행기대			교수・학습유형	평가방법	교육환경
	역량	지식	참여와 실천			
소리의 진폭, 진동수, 파형 탐구하고, 빛의 합성 탐구하기	C-SI.3 C-SI.4	K-RD.2	PA-ES.2	문제해결형 실험・탐구형	실험・실습 보고서・산출물	실험실습환경 ICT환경
거울과 렌즈에 의한 상의 특징을 관찰하고, 일상생활에서의 예를 찾아 설명하기	C-SI.1 C-SI.4 C-CC.1	K-RD.2	PA-ES.1 PA-ES.2	실험・탐구형 협동・협력형	실험・실습 토의・토론	실험실습환경 발표토론환경
다양한 물질의 특성을 측정하고, 이를 이용하여 혼합물을 분리하기	C-ID.1 C-SI.3	K-RD.3	PA-ES.1 PA-ES.2	실험・탐구형 협동・협력형	실험・실습 보고서・산출물	실험실습환경 발표토론환경
기체의 압력 및 압력과 부피 관계 탐구하기	C-SI.2 C-SI.4	K-RD.3	PA-ES.2	문제해결형 실험・탐구형	프로젝트 보고서・산출물	실험실습환경 ICT환경
모형을 사용하여 원자를 나타내고 그려보기	C-SI.2 C-CC.1	K-RD.3	PA-ES.2	문제해결형 교과융합형	관찰법 자기평가・동료평가	ICT환경 발표토론환경
동물과 식물을 계 수준에서 분류하고 설명하기	C-SI.1 C-SI.4 C-CC.1	K-RD.4	PA-ES.2	ICT기반형 문제해결형	보고서・산출물 자기평가・동료평가	ICT환경 발표토론환경
생물의 다양성 보전을 위한 활동 방안을 찾아 생활 속에서 실천하기	C-SI.4 C-ID.4	K-RD.4	PA-SL.4 PA-ES.1 PA-ES.2 PA-SU.2	교과융합형 협동・협력형	프로젝트 포트폴리오	자연체험환경 지역사회환경
광물의 특성을 관찰하고 암석을 분류하기	C-SI.2 C-CC.1	K-RD.5	PA-ES.2	실험・탐구형 협동・협력형	실험・실습 보고서・산출물	실험실습환경 발표토론환경
지구의 물은 어디에 분포하고 있는지 조사하고 설명하기	C-SI.1 C-SI.4 C-CC.1	K-RD.5	PA-ES.2	실험・탐구형 협동・협력형	프로젝트 자기평가・동료평가	ICT환경 발표토론환경
수자원과 관련된 자료 조사하여 발표하고, 수자원 보전 방안 실천하기	C-CC.1 C-ID.1 C-ID.4	K-RD.5	PA-SL.4 PA-ES.1 PA-ES.2 PA-SU.2	문제해결형 교과융합형	프로젝트 보고서・산출물	지역사회환경 발표토론환경

수·학습 유형(teaching & learning type)", "평가방법(assessment method)", "교육환경(educational environment)" 등을 종합적으로 안내할 필요가 있다. 이러한 필요성에 따라, KSES에서는 지식 차원의 4개 영역(규칙성과 다양성, 에너지와 물질, 시스템과 상호작용, 변화와 안정성)에 해당하는 Stage 1-5에 대해, 그리고 나머지 2개 영역(과학과 사회, 지속가능사회를 위한 과학기술)에 해당하는 Stage 1-6에 대해 총 32개의 "KSES 주제중심 종합예시(comprehensive example for teaching KSES topics)"를 제시하였다.

5. KSES의 달성 정도 진단을 위한 지표

KSES의 목표가 과학교육 현장에서 실질적으로 구현되기 위해서는 이에 대한 실행방안을 수립하고 그 달성 정도를 주기적으로 진단·점검할 수 있는 지표들을 개발할 필요가 있다. 이를 위해, KSES에서는 3개 학년(초4, 중2, 고1)을 대상으로 KSES의 '역량', '참여와 실천' 차원과 '교육환경'에 대한 지표체계를 개발하였다. '지식' 지표를 제시하지 않은 까닭은 자칫 단순 지식 중심의 평가와 측정이 부각되는 부작용 발생을 우려하였기 때문이다. 다음 표는 KSES 달성 정도 진단을 위한 지표 체계의 한 예시로서 초등학교 4학년을 대상으로 한 '참여와 실천' 차원 지표체계의 일부를 나타낸 것이다(Table 7).

Table 7에서 볼 수 있듯이, 각 지표체계에는 해당 학년의 학생들, 해당 학년 및 학교의 과학교사, 그리고 학교로부터 자료를 수집하는 데 사용될 '학생용 지표', '교사용 지표' 및 '학교용 지표'들이 각각 포함되어 있다. 또, '지표'와 함께 '평가준거예시', '대상', '판단척도' 등을 제안함으로써, 과학교육표준 달성 정도의 진단과 점검 혹은 관련 추후 연구가 용이하도록 구성하였다. 이때 판단척도의 경우에는 각 지표의 특성에 따라 "전혀 아니다. 아닌 편이다. 그런 편이다. 매우 그렇다." 혹은 "매우동의, 동의, 부정, 매우부정" 등과 같은 4단계 리커트 척도형을 제시하기도 하였고, "여, 부"나 "0개, 1개, 2개, 3개 이상", "0%, 5% 미만, 5~10%, 10% 초과" 등의 척도를 제시하기도 하였다. 이와 같이 개발된 지표체계는 구체적인 조사 도구 문항 개발을 위한 추후 연구의 토대가 될 것으로 기대한다.

Ⅲ. KSES의 활용과 기대효과

미래사회의 요구에 부응하는 국내 과학교육 계획 수립과 실행을 위해 중장기적인 관점에서 개발된 KSES의 활용과 기대효과를 나타내면 Fig.7과 같다. 즉, KESS는 미래사회가 요구하는 인간상과 과학적 소양을 규정하고 이를 위한 과학교육표준을 제시함으로써 추후 국가 수준의 과학교육과정 개발이나 과학교육정책 입안, 그리고 과학교육 현장 등에 활용될 수 있을 것이다(Song *et al*., 2019). 그리고 KSES의 적용 결과를 모니터링하여 환류함으로써 미래사회의 변화에 적절히 대응할 수 있도록 KSES를 지속적으로 수정·보완할 수 있을 것이다.

KSES의 활용과 그에 따른 주요 기대효과를 좀 더 구체적으로 제시하면 다음과 같다. 첫째, KSES는 미래 지능정보사회를 이끌어 갈 창의융합형 인재 양성에 기여할 것이다. KSES에서 추구하는 미래 인간상과 과학적 소양의 함양을 국가 과학교육 정책의 목적으로 반영함으로써 KSES는 미래사회가 요구하는 창의융합형 인재 양성에 기여할 수 있을 것이다. 이를 위해 KSES에서 제시한 세 가지 차원(역량, 지식, 참여와 실천)의 각 하위영역의 내용을 국가 과학교육 정책의 중점으로 활용할 수 있을 것이며, 아울러 KSES 관련 지표들은 창의융합형 인재 양성 교육의 현황을 진단하고 이를 발전적으로 보완하는 데에 활용할 수 있을 것이다.

둘째, KSES는 국가 수준의 과학교육과정 개발을 위한 가이드라인을 제공할 수 있을 것이다. 우선, KSES에서 제시한 미래 인간상과 과학적 소양은 국가 과학교육과정의 목표 설정에 활용될 수 있을 것이다. 또, KSES에서 제시한 세 가지 차원(역량, 지식, 참여와 실천)의 각 하위영역의 내용은 국가 과학교육과정의 주요 개념과 활동을 구성하는 데 활용될 수 있을 것이다. 아울러서, KSES에서 제시한 총 6단계의 단계별 수행기대는 학년별, 단원별 성취기준을 선정하는 데에 활용될 수 있을 것이며, KSES 주제중심 종합예시는 단원의 구체적인 내용과 활동, 교수·학습방법, 평가방법, 교육환경 등을 제시하고 권장하는 데에 활용될 수 있을 것이다. 단, 이러한 활용은 교육과정 개발자나 현장교사의 자율성이나 전문성을 지나치게 침해해서는 안 될 것이며, 그런 의미에서 KSES는 국가 과학교육과정 개발에 '가이드라

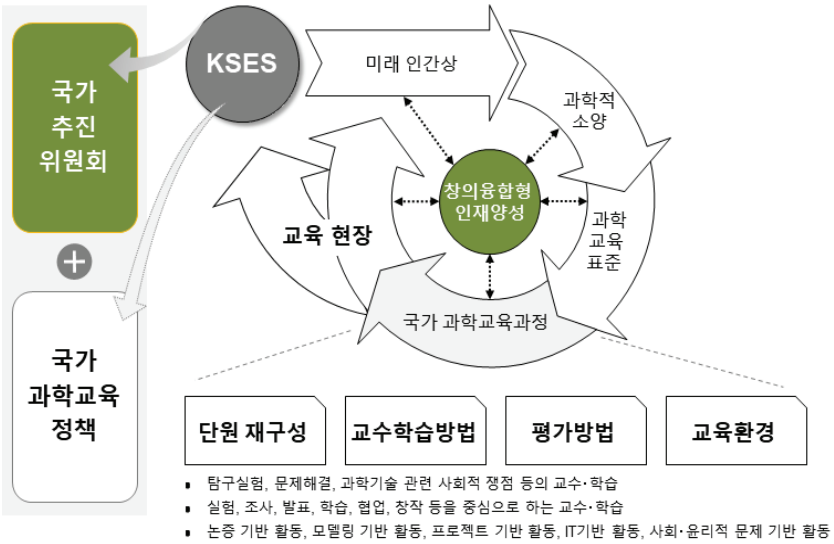

Figure 7. Application and feedback model of KSES

Table 7. Example of KSES Indicators: a part of ‘Participation and Action’ indicators for 4th gradersTable

참여와 실천 / 4학년 (일부)					
수행기대	・과학공동체 탐구의 기본 특성을 체험하면서 과학공동체 활동의 특성과 역할을 직・간접적으로 체험한다. ・공동체의 목적 달성을 위해 도전과 인내하는 태도를 가지며, 구성원들 간의 협력과 배려를 통해 공동체 의식과 리더십의 기본 특성을 인식한다. ・일상생활, 탐구활동, 재해・재난, 지식・정보 관련 위험의 예방법을 익히고 생활 속에서 실천한다. ・자연의 아름다움과 자연현상 및 일상의 문제를 인식하며, 과학에 대한 흥미를 바탕으로 안내된 탐구활동을 즐겨한다. ・사회적 약자에 대한 배려, 성 평등, 환경보전 등을 위한 과학기술의 역할을 인식하고 생활 속에서 실천한다.				
영역	평가준거예시	대상			판단척도
		학생	교사	학교	
과학공동체 활동	- 과학공동체는 자연현상과 일상생활에 대해 협력적으로 탐구하는 공동체이다.	V			매우동의, 동의, 부정, 매우부정
	- 과학공동체는 서로의 의견을 존중하면서 문제를 과학적으로 해결하려는 공동체이다.	V			
	- 과학공동체는 다른 사람들이 좀 더 합리적인 생각을 할 수 있도록 의견을 제시해야 한다.	V			
	- 학교에서 친구들과 협력적으로 하는 탐구 활동에 참여한다.	V	V		
	- 학교 과학 동아리 활동에 참여한다.	V	V		
	- 학교 밖 과학 관련 동아리 활동에 참여한다.	V	V		
	- 학교에서 친구들과 협력하여 수행하는 과학탐구를 장려한다.		V		
	- 학교에서 교내외 과학 동아리 참여를 권장한다.		V		
	- 협력적 과학탐구 수행과 관련된 학교 교내 대회가 있다.		V	V	여, 부
	- 교내 과학기술 관련 동아리 수			V	0개, 1개, 2개 이상
	- 교내 과학 동아리 참여 학생 비율(전교생 대비)			V	0%, 5%미만, 5~10%, 10%초과
과학리더십 발휘	- 공동체의 목적을 달성하기 위해서는 구성원 사이에 정보 공유가 필요하다.	V			매우동의, 동의, 부정, 매우부정
	- 공동체의 목적을 달성하기 위해서는 구성원 사이에 배려와 협력이 필요하다.	V			
	- 진취적인 성취를 위해서는 자율성, 도전정신, 인내하는 태도가 필요하다.	V			
	- 자연현상이나 일상생활에서 자율적으로 문제를 발견하고 해결하려고 한다.	V	V		
	- 문제해결 과정에 도전정신을 가지고 임한다.	V	V		
	- 친구들과 서로 협력하면서 문제를 해결한다.	V	V		
	- 학교에서 진취적 성취를 위한 과학리더십에 대한 안내를 제공한다.		V		
	- 학교 과학시간에 과학리더십 발휘를 장려한다.	V	V	V	
	- 교내 과학리더십 우수 학생 표창이 있다.			V	여, 부
안전사회 기여	- 일상생활 관련 안전 교육에 참여한다.	V	V		매우동의, 동의, 부정, 매우부정
	- 탐구활동 관련 안전 교육에 참여한다.	V	V		
	- 재해・재난 관련 안전 교육에 참여한다.	V	V		
	- 미래 지능정보사회 관련 안전 교육에 참여한다.	V	V		
	- 일상생활 관련 위험에 대한 대처 요령을 알고 실천한다.	V	V		
	- 실험실 활동 등 탐구활동 관련 위험에 대한 대처 요령을 알고 실천한다.	V	V		
	- 재해・재난 관련 위험에 대한 대처 요령을 알고 실천한다.	V	V		
	- 미래 지능정보사회 관련 위험에 대한 대처 요령을 알고 실천한다.	V	V		
	- 교내 일상생활 관련 안전 교육 실시		V	V	0회, 연1회, 연2회 이상
	- 교내 탐구활동/실험실 관련 안전 교육 실시		V	V	
	- 교내 재해・재난 관련 안전 교육 실시		V	V	
	- 교내 미래 지능정보사회 관련 안전 교육 실시		V	V	
	- 교내 과학 관련 안전교육 참여 학생 비율(전교생 대비)			V	0%, 30%미만, 30~60%, 60%초과

인’으로서 활용되어야 할 것이다.

셋째, KSES는 미래사회에 대비한 학교 과학교육의 실천에 기여할 것이다. KSES에서는 미래 인간상과 과학적 소양, 과학적 소양의 3가지 차원과 각 차원별 영역 및 하위영역을 제시하고 6단계 수행기대를 제시하고 있다. 또한, 이러한 수행기대를 학생들이 달성할 수 있도록 지원하기 위해 필요한 주제중심 단원 구성의 예시와 권장하는 교수・학습방법, 평가방법, 교육환경 등을 제시하고 있다. 이러한 KSES의 내용들은 학교 과학교육에서 학생들이 함양해야 할 역량, 지식, 참여와 실천의 구체적인 내용을 제시하고, 적절한 교수・학습 및 과학교육환경의 기준을 제시하는 데에 활용될 수 있을 것이다. 또, 단원 재구성 방안, 교수・학습 방법, 교육환경 구성 방안, 교수・학습자료의 개발과 학교 현장 보급 등에 활용될 수 있을 것이다. 예를 들어, 탐구

실험, 문제해결, 과학기술 관련 사회적 쟁점 등의 교수・학습 유형별로 실험, 조사, 발표, 학습, 협업, 창작 등을 중심으로 하는 교수・학습 자료 및 평가자료 등을 개발하여 학교 현장에 보급하는 데 활용될 수 있을 것이다. 또한, 논증 기반 활동, 모델링 기반 활동, 프로젝트 기반 활동, IT기반 활동, 사회・윤리적 문제 기반 활동 등의 교수・학습자료 및 평가자료, 교육 프로그램의 개발과 보급에 활용될 수 있을 것이다. 아울러, 미래사회 대비 과학교육프로그램에 대한 이해 제고와 적용 능력 함양을 위한 (예비)교사 교육 및 교사연수에도 KSES가 활용될 수 있을 것이다.

끝으로, KSES는 미래사회에 대비한 학교 밖 과학교육의 실천에 기여할 수 있을 것이다. KSES에서는 학생들이 과학적 소양을 그들의 실제 삶 속에서 실천하고 나아가 학생은 물론 (지역)사회의 구성원에게도 적극적인 학습 활동을 강조하고 있다. 예를 들어, '참여와 실천' 차원의 '과학공동체 활동' 영역에서는 교내 과학 관련 공동체뿐만 아니라 학교 밖 지역사회의 과학 관련 공동체 활동을 포함하고 있다. '과학문화 향유' 영역에서는 실생활 속에서 문제해결의 기쁨을 누리거나, 학교뿐만 아니라 학교 밖 과학 취미 활동 등을 권장하고 있다. '지속가능사회 기여'는 좀 더 넓은 범위에서의 참여와 실천을 포함하여, 6단계에서는 전 지구적인 차원에서의 참여와 실천을 강조하고 있다. 또, '역량' 차원의 '초연결사회 대응과 평생학습 능력' 영역에서는 초연결사회에서의 인간-자연-기계 사이의 관계 형성과 함께, 스스로 과학기술에 대한 다양한 학습의 실천을 강조하고 있다. 이러한 점에서 KSES는 학교 밖 교육기관들이 미래사회에 대비한 학교 밖 과학교육에서 주목해야할 내용과 활동을 선정하는 데 활용될 수 있을 것이며, 학교 밖 교육과 학교 교육의 연결고리를 마련하는 데에도 활용될 수 있을 것이다.

Ⅳ. 요약 및 제언

KSES는 급격한 사회・경제적 변화 속에서 미래사회에 대비하고 나아가 미래사회를 개척하는 과학교육을 실천하기 위한 미래지향적 국가 과학교육의 청사진을 마련하기 위해 개발되었다. 이러한 목적을 달성하기 위해 KSES는 현재로부터 대략 한 세대 이후이자 우리나라가 해방된 지 100년이 되는 해인 2045년을 바라보면서, 미래 과학교육이 추구하는 인간상을 "과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람"으로 설정하였으며, 이들이 갖추어야 할 '과학적 소양'을 "과학 관련 역량과 지식을 지니고 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 태도와 능력"으로 정의하였다. 그리고 과학적 소양을 '지식', '역량', '참여와 실천' 세 가지 차원으로 구분한 "과학적 소양 나무(ToSL: Tree of Scientific Literacy) 모형"을 제안하였는데, '역량' 차원은 과학적 탐구력, 과학적 사고력, 의사소통과 협업 능력, 정보처리와 의사결정 능력, 초연결사회 대응과 평생학습 능력의 5개 영역으로, '지식' 차원은 규칙성과 다양성, 에너지와 물질, 시스템과 상호작용, 변화와 안정성, 과학과 사회, 지속가능사회를 위한 과학기술의 6개 영역으로, '참여와 실천' 차원은 과학공동체 활동, 과학리더십 발휘, 안전사회 기여, 과학문화 향유, 지속가능사회 기여의 5개 영역으로 구성하였다. 각 영역에는 다시 몇 개의 하위영역을 두어 좀 더 세분화된 과학적 소양을 제시하였는데, 역량 차원에는 23개, 지식 차원에는 23개, 참여와 실천 차원에는 19개의 하위 영역이 포함되어 있다. 한편, 이러한 KSES의 구현을 위해 과학적 소양의 목표 수준을 과학학습 경험의 누적 연수에 따라 6단계(Stage)로 구분하여, '단계별 수행기대'로 상세화 하였다. 또, 국가 수준의 과학교육과정 개발이나 현장 과학교육의 실천에 가이드라인으로서의 역할을 효과적으로 수행할 수 있도록 총 32개의 'KSES 주제중심 종합예시'를 제시하였고, 실제 KSES의 구현 정도를 진단하기 위해 3개 학년(초4, 중2, 고1)을 대상으로 KSES의 '역량', '참여와 실천' 차원과 '교육환경'에 대한 지표체계를 개발하였다.

그렇다면, 이와 같은 KSES가 학교 및 학교 밖 교육에서 실효성 있게 구현되기 위해서는 어떠한 것들이 필요할까? 최소한 다음과 같은 사항들이 적극적이고 지속적으로 수행되어야 할 것이다. 첫째, KSES의 지속적 검토 및 보완이 필요하다. KSES가 지속적, 안정적으로 교육 현장에 적용되기 위해서는 교육 현장의 요구를 반영한 좀 더 구체적이고 실효성 있는 확장형 표준 및 활용 방안에 대한 **계속/후속** 연구가 필요하다. 특히, 'KSES의 지속적인 타당성 확보를 위한 연구 수행 및 전문가, 현장교사, 학교 밖 교육 관계자 등의 의견 수렴', '미래사회 변화에 따라 5년 이내 주기의 과학교육표준 수정・보완 연구', '역량 및 참여와 실천 중심의 과학 교수・학습 방안 연구', '과학교육표준의 학교 현장 적용 방안 및 적용 효과 연구' 등의 연구는 교육부・한국과학창의재단의 지원으로 과학교육연구자와 현장 교사를 중심으로 실시될 필요가 있다. 아울러, 현재 개발된 KSES는 우리나라의 모든 사람을 위한 공통교육과정에 해당하는 것이므로, 이공계 진출자를 위한 별도의 KSES 개발 연구도 필요할 것이다.

둘째, 국가 과학교육과정 및 과학교육 정책 개발 시 KSES를 가이드라인으로 반영할 필요가 있다. KSES를 실효성 있게 구현하여 미래사회가 요구하는 과학교육이 이루어지기 위해서는 향후 국가 수준의 과학과 교육과정의 목표와 단원 구성, 성취기준 개발 등에 가이드라인으로서 KSES를 반영할 필요가 있으며, 장기적으로는 역량, 지식, 참여와 실천을 유기적으로 연계한 통합적 과학교육과정으로 개정하기 위한 노력이 필요하다. 특히 '참여와 실천'을 위해, 교과서 차시 배정, 교실과 지역사회 연계, 다양한 과학공동체 활동의 활성화가 필요하다. 아울러, 과학교육발전 5개년 계획 등 국가 수준의 주요 정책 수립 과정에서 KSES를 반영할 필요가 있으며, 교대 및 사대의 과학교사양성 과정에도 KSES의 목표와 내용을 반영할 필요가 있다.

셋째, 학교 밖 과학교육 관련 정책 수립과 실천에 KSES를 반영할 필요가 있다. 학교 밖 과학교육 기관은 KSES에서 추구하고 있는 과학적 소양의 삶 속 실천과 (지역)사회 구성원들의 지속적인 과학기술 관련 평생학습에 중요한 역할을 할 수 있는 기관이다. 이러한 맥락에서 학교 밖 과학교육 관련 정책 수립과 실천의 가이드라인으로서 KSES를 반영할 필요가 있다. 이를 위해서는 좀 더 구체적으로 '과학교육표준의 역량, 지식, 참여와 실천 각 차원별 하위영역의 내용을 중심으로 학교와 학교 밖 교육기관의 공동 프로그램 개발 및 운영 지원', '지역사회 연계, 학교 밖 교육기관 연계 프로그램의 개발 및 운영 지원', '박물관, 과학관 등 학교 밖 교육기관의 프로그램 개발이 KSES와 대응되도록 개발비 지원 및 학교 교육과 학교 밖 교육의 연계 거점 센터로 활용', '과학관 해설사, 박물관 해설사, 국립공원 해설사 등의 인력 양성 프로그램에 KSES 반영', '학교 밖 과학교육 기관에서 KSES 활용 우수사례 발굴', '학교 교육 관계자와 학교 밖

교육 관계자, 지역사회 관계자 사이의 인적 네트워크 구성 및 운영 지원’ 등이 적극적으로 이루어질 필요가 있다.

넷째, KSES의 구현을 위한 행・재정적 지원이 필요하다. KSES의 안정적 위상 확보와 실효성 있는 구현을 위해서는 관련 규정 제정 및 재원 확보가 필수적이다. 예를 들어, KSES의 실효성 있는 구현을 위해서는 KSES 지표체계를 바탕으로 실질적인 데이터 수집 및 모니터링 작업이 이루어질 수 있도록 전문가들로 구성된 연구개발진을 구성하고, 이를 통해 얻은 자료와 데이터를 체계적으로 수집, 분석, 축적하여 중장기적인 과학교육의 정책수립에 활용할 필요가 있다. 또한, ‘참여와 실천’ 차원의 내용을 충실히 실행하기 위해서는 지역사회, 다양한 과학공동체 연계 프로그램의 운영이 필요하다. 아울러서, 다양한 교수・학습 모형의 구현과 빅데이터 처리 및 실시간 원격 의사소통 등이 원활히 이루어지도록 학교 교육환경의 네트워크화 지원이 필요하며, 실험, 조사, 발표, 학습, 협업, 창작 등에 최적화된 학습공간 재배치가 가능하도록 변형 가능한 창의융합형 과학실 확대가 필요하다. 가상실험, 3D 모델링, 로봇, 데이터 수집기, 모바일 기기, 상호작용 칠판, VR 기기, 각종 영상제작 장비 등의 첨단 교구 및 기자재 확보가 필요하며, 이들의 시범적 적용과 효과 분석을 위한 KSES 적용 시범학교 운영 등이 필요하다. 이러한 다양한 활동과 프로그램 개발 및 운영, 각종 인적 네트워크 구성 및 운영, 교육환경의 조성 등을 위해서는 관련 규정 제정 및 재원의 확보가 반드시 필요하다.

끝으로, KSES의 과학 교육 현장 안착을 위한 전담 기구가 필요하다. 앞서 제시한 KSES가 학교 및 학교 밖 교육에서 실효성 있게 구현되기 위해서 필요한 것들을 적극적, 지속적으로 수행하기 위해서는 KSES 적용을 위한 예산 확보 노력, 법률 개정 및 제도 개선 방안 마련, 교사 재교육 및 연수 방안 기획, 교육현장 적용을 위한 방안 마련 등을 전담하여 수행할 수 있는 기구가 필수적이다. 예를 들어, 교육부, 과학기술정보통신부, 한국과학창의재단, 한국과학교육학회, 과학관련 학회, 현장교사, 인문사회 전문가 등으로 구성된 ‘(가칭)미래세대 과학교육표준 국가추진위원회’의 구성과 운영이 필요하다. 즉, ‘(가칭)미래세대 과학교육표준 국가추진위원회’와 같은 전담 기구를 구성하여 ‘KSES의 현장 안착을 위한 기획, 점검 및 보완’, ‘KSES의 현장적용을 위한 실질적인 단계별 교수・학습자료 개발 및 보급’, ‘KSES 시범학교의 선정 및 지원’, ‘KSES의 안정적 지위와 실행을 위한 관련 규정 제정 및 재원 확보의 노력’ 등을 적극적이고 지속적으로, 그리고 힘차게 수행해 나갈 때 KSES는 우리나라 과학 교육 현장에 안정적이고 실효성 있게 구현될 수 있을 것이다.

KSES의 개발은 여전히 진행 중이다. 전문가와 학교 과학교육 현장의 검토와 요구, 변화하는 미래 사회의 요구 등을 지속적으로 반영할 수 있을 때 KSES는 시대가 요청하는 의미 있는 과학교육의 방향과 내용에 대해 가이드라인 역할을 할 수 있을 것이다. 그런 점에서 KSES에 대한 많은 관심과 고견을 부탁드리는 바이다.

References

AAAS (1989). Science for all Americans. New York: Oxford University Press.

AAAS (1993). Benchmarks for science literacy: A tool for curriculum reform. New York: Oxford University Press.

AAAS (1997). Blueprints for Reform: Science, Mathematics, and Technology Education. New York: Oxford University Press.

AAAS (2001a). Designs for Science Literacy. New York: Oxford University Press.

AAAS (2007). Atlas of Science Literacy, Vol. 2.

Choi, S.-D., Kim, J.-Y., Ban, S.-J., Lee, K.-J., Lee, S.-J., Choi, H.-Y. (2011). Education strategy to foster creative talent for the 21st century. KEDI RRC 2011-01.

Goh, C. B., & Gopinathan, S. (2008). Education in Singapore: Development since. In B. Fredriksen, & J. P. Tan (Eds.), An African Exploration of the East Asian (pp.80-108). Washington, DC: The World Bank. Retrieved December 30, 2013, Retrieved from https://repository.nie.edu.sg/bitstream/10497/15598/1/BC-TWB-80_a.pdf

Griffin, P, McGaw, B & Care, E (eds) (2011). Assessment and teaching of 21st century skills. Springer. New York.

Ishikawa, M., Fujii, S., Moehle, A. (2014). Consultant Report Securing Australia’s Future STEM: Country Comparisons- Japan. Australian Council of Learned Academies. Retrieved from http://www.acola.org.au on 1 September, 2014.

Jeon, S., Koh, H., Lee, Y., Kwak, Y., Choi, S., Kang, H., Park, M. (2017). Development for “Science for All Koreans”. Seoul: KOFAC.

Kim, D., Han, K., Jeong, D. (2016). Research on the talent of 2045 future society and milestone of core science competencies (2045 미래 사회 인재상 및 핵심 과학 역량 마일스톤 연구). Seoul: KOFAC.

Kim, Y., Kim, H., Baek, S., Han, I., Lee, Y., Shim, J., Kang, N., Joung, Y. J. (2015). A Study of Master Plan for Development of Korean Next Generation Science education Standards. Seoul: KOFAC.

Kim, H., Kang, N., Kim, M., Maeng, S., Park, J., Baek, Y., Son, J. W., Shim, K., Oh, P. S., Lee, G., Lee, B., Joung, Y., Han, I. (2017). Basic research for next generation science education standards. Seoul: KOFAC.

MECSST (2005), Program for Improving Reading Literacy, Retrieved from http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/siryo/05122201/014/005.htm.

National Research Council (1996). National science education standard. Washington, DC: National Academy Press, 13～15.

National Research Council (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. National Academies Press.

NGSS Lead States (2013). Next generation science standards: For States, By States. USA: NGSS Lead States.

OECD (2003). Definition and selection of competencies: Theoretical and conceptual foundation. OECD Press.

Park, H, Kim, Y., Noh, S., Jeong, J. -S., Lee, E. A., Yu, E., Lee, D., Park, J., & Baek, Y. S. (2012). Developmental Study of Science Education Content Standards. Journal of the Korean Association for Science Education, 32(4), 729-750.

Partnership for 21st Century Skills (2010). Framework for 21st century learning. Retrieved from http://www.p21.org/about-us/p21-framework.

Sang, K., Kwak, Y., Park, J. H., Park, S. (2016). The Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS): Findings from TIMSS 2015 for Korea. KICE. RRE 2016-15-1.

Song, J., Kang, N., Kwak, Y., Na, J., Bang, D., Son, Y.-A, Son, J. W., Shim, K., Lee, G., Lee, B., Jeon, H., Choi, I. (2014). A study on restructuring liberal art and natural science integrated science curriculum (문・이과 통합형 과학과 교육과정 재구조화 연구). MOE.

Song, J., Kang, S.-J., Kwak, Y., Kim, D., Kim, S., Na, J., Do, J.-H., Min, B., Park, S. C., Bae, S., Son, Y.-A, Son, J. W., Oh, P. S., Lee, J.-K., Ihm, H., Jeong, D. H., Joung, Y. J., Joung, J. (2018). A development of Korean science education standards (KSES) for the next generation. Seoul: KOFAC.

Song, J., Kang, S.-J., Kwak, Y., Kim, D., Na, J., Do, J.-H., Park, S. C., Son, Y.-A, Son, J. W., Oh, P. S., Lee, J.-K., Lee, H. J., Ihm, H., Jeong, D. H., Joung, Y. J., Kim, J. (2019). Developing Performance Expectations, School Implementation Strategies, Evaluation Indicators of the Korean Science Education Standards (KSES) for the Next Generation. Seoul: KOFAC.

Koh, E. J., & Jeong, D. H. (2014). Study on Korean Science TeachersPerception in Accordance with the Trends of Core Competencies in Science Education Worldwide. Journal of The Korean Association For Science Education, 34(6), 535-547.

Kwak, Y. (2013). Ways of Restructuring Key Competencies for a Revision of Science Curriculum. Journal of the Korean earth science society, 34(4), 368-377.

Kwak, Y., Son, J., Kim, M. -Y, & Ku, J. (2013). Research on Ways to Improve Science Curriculum Focused on Key Competencies and Creative Fusion Education. Journal of the Korean Association for Science Education, 34(3), 321-330.

Trilling, B., Fadel, C. (2009). 21st Century Skills – Learning for life in our times. San Francisco: Jossey-Bass.

UNESCO and UNICEF (2013), “Envisioning Education in the Post-2015

Development Agenda". Executive Summary. Global Thematic Consultation on Education in the Post-2015 Development Agenda (https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000223025?posInSet=10&queryId=b70c668f-fd72-48d8-81e2-1f110a011438)
World Economic forum (2016). The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, Geneva, Switzerland.
北原和夫 (2008). 科学技術の智プロジェクト-綜合報告書. (Retrieved from http://www.science-for-all.jp/) (한국과학창의재단 역, 과학 기술의 지혜 프로젝트 종합보고서)

저자 정보

송진웅(서울대학교 교수)
강석진(전주교육대학교 교수)
곽영순(한국교원대학교 교수)
김동건(창덕여자중학교 교사)
김수환(총신대학교 교수)
나지연(춘천교육대학교 교수)
도종훈(서원대학교 교수)
민병곤(서울대학교 교수)
박성춘(서울대학교 교수)
배성문(경상대학교 교수)
손연아(단국대학교 교수)
손정우(경상대학교 교수)
오필석(경인교육대학교 교수)
이준기(전북대학교 교수)
이현정(서울온곡초등학교 교사)
임혁(문정고등학교 교사)
정대홍(서울대학교 교수)
정종훈(인하대학교 교수)
김진희(서울대학교 연구원)
정용재(공주교육대학교 교수)