

4차 산업혁명에 따른 미래사회와 교육환경의 변화, 그리고 초·중등 과학교육의 과제

조현국
(단국대학교)

The Changes of Future Society and Educational Environment according to the Fourth Industrial Revolution and the Tasks of School Science Education

Jho, Hunkoog
(Dankook University)

ABSTRACT

Nowadays, the public as well as science educators pays much attention to the fourth industrial revolution and wonders what will happen to the societies in the future. Thus, this study aimed at predicting the education environment which will be brought from the fourth industrial revolution, and suggesting the solutions or tasks to be investigated in science education. Through the literature review, this study categorized the major changes of future society into a wild fluctuation of job market, the shift from possession-based economy to sharing economy, post-urbanized and distributed system, and the crisis of dehumanization. According to the four major changes, this study predicted the future environment that will occur to the educational system. First, the students should the competences necessary for the future and the school curriculum will be changed in terms of width and depth. Second, sharing economy may bring about the open platform similar to MOOC (Massive Open Online Course) or TED. Third, the manifestation of artificial intelligence in education will enable the individual and paced learning, and thanks to the change, the concept of distributed cognition will be more focused in education research. Fourth, the collaborative learning and character education should be more stressed to resist the dehumanization. This study suggests relevant tasks and issues that should be tackled for the successful change in primary and secondary schools.

Key words: fourth industrial revolution, future society, artificial intelligence, paradigm shift

I. 서론

인류의 역사상 과학기술의 혁신과 발전은 사회와 문명의 거대한 변화를 일으켜 왔다. 21세기에 들어서면서 주목받고 있는 4차 산업혁명은 정보통신기술(ICT)과 제조업, 생명과학기술(BT) 등 다양한 과학기술 분야의 총체적 변화를 통해 나타나는 거대한 사회의 변화이다. 인공지능을 활용한 게임 로봇

외에도 자율주행 자동차, 의료 서비스와 교육 등 다양한 분야에 활용될 수 있을 뿐만 아니라, 기존에 인간이 차지하고 있던 많은 직업들을 대체하면서 미래 일자리와 사회 환경에 큰 변화를 가져올 것으로 예상된다. 또한 전통적으로 인류가 가지고 있던 많은 개념들도 도전받고 있다. 예를 들면, 인공지능의 발전으로 인류가 가진 능력과 유사하거나 혹은 그보다 뛰어난 시스템이 등장할 때 과연 인류의 미

래는 어떻게 될 것인가 하는 점이나, 생체공학 기술의 발달로 인간의 신체의 상당부분이 기계로 대체될 때 과연 인간이나 생명의 정의를 어떻게 내려야 할지 논쟁이 될 수 있다. 또한 지나친 데이터의 감시로 인간의 자유나 사생활 문제로 인한 빅 브라더(Big Brother) 문제 역시 빅데이터 기술의 활용과도 관련되어 있다. 이와 같이 4차 산업혁명은 과학 기술의 문제 외에도 사회, 문화, 정치 등 전반의 영역과 연관되어 있다.

18세기 영국에서부터 시작된 산업혁명은 시기와 특징에 따라 1차에서 4차 산업혁명으로 구분하는데, 1차 산업혁명은 1784년 증기기관 혁명과 기계화 생산 설비가 등장한 것을 뜻한다. 2차 산업혁명은 1870년 전기를 활용한 대량 생산으로 제조업이 확대된 것을, 3차 산업혁명은 1969년 컴퓨터를 활용한 정보화, 자동화 생산 시스템의 기틀이 마련된 것을 의미한다(Han, 2016). 4차 산업혁명은 인공지능, 로봇, 가상현실, 빅데이터 등 첨단과학기술을 통해 실재와 가상을 결합함으로써 사물과 환경을 지능적으로 제어하는 가상 물리 시스템의 출현을 의미한다(Kim *et al.*, 2016). 세계경제포럼(World Economic Forum, 2016a, 2016b)에서는 4차 산업혁명을 3차 산업혁명인 정보통신과 전자기술 등 디지털 혁명에 기초해 물리적 공간, 디지털적 공간, 생물공학 공간의 경계가 희미해지는 기술융합의 시대로 부르고 있다. 1차 산업혁명으로 경공업이 등장하고, 2차 산업혁명으로 중공업이 확대되었으며, 3차 산업혁명을 통해 정보통신(IT) 산업이 부흥하게 되었다면, 4차 산업혁명은 과학기술 간의 경계, 실재와 가상현실의 경계, 기계와 생명의 경계가 희미해지는 시대로, 이전의 그 어떤 혁명보다도 가장 큰 변화를 가져오리라 예상된다(Kim *et al.*, 2016).

오늘날 교육에서 강조하는 핵심역량을 중심으로 한 교육과정의 편성과 운영 역시 4차 산업혁명으로 인한 미래사회의 불확실성에서 기인한다. 현대사회가 겪고 있는 다양한 문제는 하나의 분야나 영역에 대한 전문지식만으로는 해결할 수 없으며, 잠재적인 불확실성을 내포하고 있다(Beck, 1992). 따라서 어떻게 미래사회나 주어진 문제를 예측하고, 다양한 이해관계 집단들 사이에서 갈등을 조정하고, 의사소통할 수 있는지는 매우 중요하다. 또한 과학기술의 발전 속도가 빨라지면서 이에 대한 기술의 생존 주기가 짧아지고, 직업에 대한 수요의 변동 역시 급

격히 변화하고 있다(KEIS, 2017). 과거 기초지식과 기술을 습득해 특정 분야의 우수한 인재를 양성하는 방식이 아닌, 변화하는 미래사회 속에서 스스로 적응하고 문제를 해결할 수 있는 능력이 필요하다. 이러한 능력들을 역량(Competence)이라고 부르며, 세계 여러 주요 기관들을 통해 미래 교육의 주요 목표로 선정하고 있다. 대표적인 예가 UNESCO(2005)의 DeSeCo(The Definition and Selection of Key Competencies) 프로젝트이다. 이 보고서에서는 핵심역량을 3개의 차원으로 나누고 있다. 첫 번째 효율적 도구 활용은 지식과 정보, 기술 활용 및 문제력을 포함하며, 두 번째인 다양한 집단에서의 역할 수행은 대인관계, 협업, 갈등 조정 및 집단 내에서의 기능을 의미하고, 세 번째 자율적 행동은 종합적 계획 수립 및 자기 주도적 행동 등을 의미한다. UNESCO(2015)의 Education 2030에서는 지속가능한 발전을 위한 교육의 목표로 포괄적이고 평등한 교육의 기회와 모두를 위한 평생학습을 제시하면서 이를 위한 전략을 함께 설명하고 있다. 세계경제포럼(2016a)의 보고서에서는 21세기 학생들에게 필요한 16가지 기술로 문해력, 수리력, 과학적 소양, 정보통신기술 소양, 경제적 소양, 시민 문화 소양, 비판적 사고, 창의성, 의사소통, 협업 능력, 호기심, 자기주도성, 끈기, 적응력, 리더십, 사회문화적 의식을 꼽고 있다.

이를 토대로 세계 여러 나라들도 미래사회에 필요한 핵심역량을 정의하고, 이에 따라 교육과정을 편성하고 있다. 뉴질랜드는 UNESCO의 DeSeCo 프로젝트를 기반으로 새로운 국가교육과정 해설서를 발간하였다(New Zealand Ministry of Education, 2007). 그리고 호주는 문해력, 수리력, 정보기술소양, 비판적 창의적 사고, 대인관계 능력, 윤리적 이해, 다문화 이해 등 7가지 일반 능력 함양을 추구하고 있다(ACARA, 2013). 핀란드의 핵심역량 교육과정(Chae & Noh, 2015; Finnish National Board of Education, 1999)에서는 배움 중심 학습(Learning to Learn Skill), 의사소통 능력(Communication Competence), 평생학습 역량(Lifelong Learning Skill)의 범교과적인 핵심역량 3가지를 제시하고 있다. 영국의 경우, Beyond Current Horizons 프로그램을 통해 2025년까지 예상되는 사회와 과학기술적 측면의 변화에 따라 미래 교육 비전을 제시하고자 하였다. 크게 자신에 대한 신뢰, 조직에 대한 충성, 그리고 관계의 중요성으로 예측하는데, 즉 자기조절 능력, 공동체 의식 및 협업

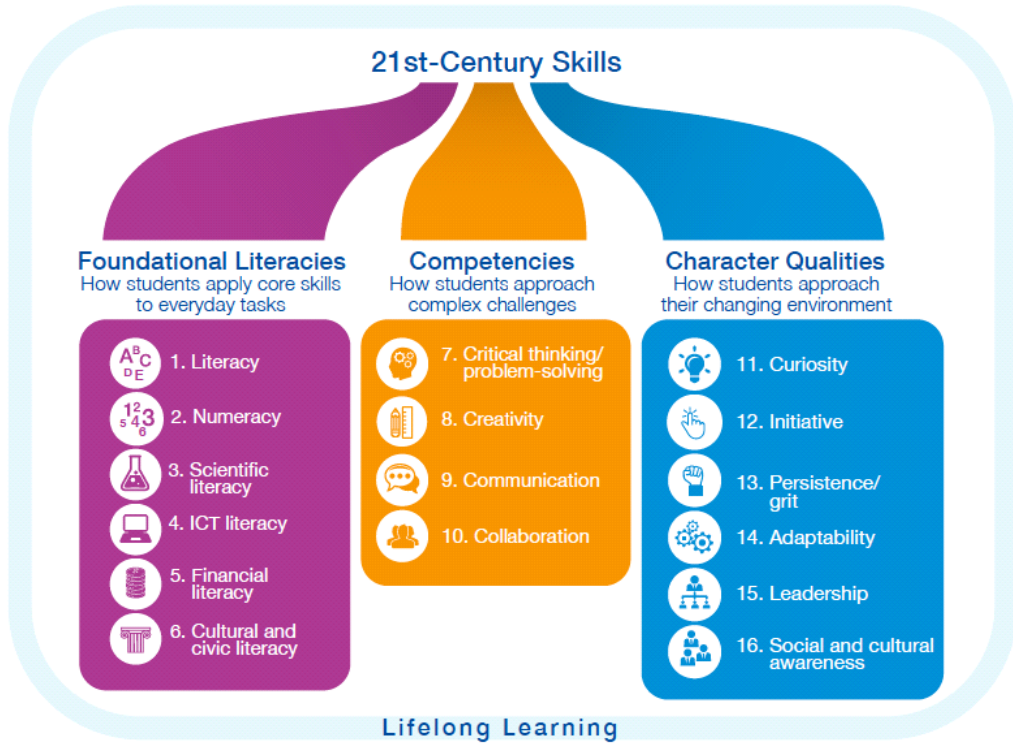


Fig. 1. 21st century skills from World Economic Forum(2016b).

능력, 의사소통 및 대인관계 능력 등으로 분류될 수 있다(Facer, 2009). 우리나라에서도 2015 개정 교육과정에서 과학교육에서 함양해야 할 핵심역량으로 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생학습 능력을 제시하고 있다(Ministry of Education, 2015).

2015 개정 교육과정에서 제시하고 있는 핵심역량은 대체로 국제적인 교육 기구에서 제시하고 있는 여러 예측과도 일맥상통하나, 여러 가지 개선해야 할 점들을 포함하고 있다. 무엇보다 단기 또는 장기적으로 나타날 미래사회의 변화가 어떠하며, 이에 어떠한 역량들이 더욱 필요하거나 함양되어야 하는지 구체적인 과제나 전략들을 제시하고 있지 않다. 이러한 문제점들을 보완하기 위해 한국과학창의재단의 주도로 2030 미래사회 인재상 및 핵심 과학역량 마일스톤, 미래세대 과학교육표준 개발을 위한 기초연구, 모든 한국인을 위한 과학 개발 등의 연구를 수행해 미래사회에 기여할 인재상과 역량 등을 연결하고자 하였다(Chun, 2017; Kim, 2015, 2017). 그러나 미래사회의 변화와 국내에 나타날 특징들이 충분히 구체적이지 않으며, 5년 뒤, 또는 10

년 뒤와 같이 구체적인 시기와 지역에 따라 나타날 양상에 대해 제시되어 있지 않아, 구체적 교육체계를 만들기 위한 선언적 기능에 그치고 있다. 또한 미래사회의 변화에 적응할 인재를 기르기 위해 오늘날 중심이 되고 있는 실험, 제작, 실습 중심의 Maker Movement나 컴퓨터 사고(Computational Thinking), 코딩 교육과 융합인재교육(STEAM education) 등을 지속적으로 추진하고 있다(KOFAC, 2016). 그러나 과학교육이 아닌 기술이나 실과 등 타 교과에서 중점적으로 이루어지거나, 구체적인 학습 성과의 예측과 진단이 이뤄지지 않고 있다.

나아가 미래사회 대비를 위한 과학교육의 노력에도 불구하고, 우리나라의 교육에 관련된 경쟁력은 상대적으로 낮은 것으로 나타나고 있다. 2016년 IMD 교육경쟁력 보고서에 따르면, 우리나라는 PISA, TIMSS 등 국제비교평가에서 좋은 성적을 거두고 있지만, 과학교육과 교육제도, 교육비 지출 등이 모두 30위권 밖으로 나타나고 있다(IMD, 2016). 뿐만 아니라 과학기술과 관련된 인프라 지표 역시 크게 향상되지 않고 있어서, 미래사회를 위한 과학기술 인재 양성을 위한 투자가 절실한 상황이다. 이에 본

연구에서는 과학기술에 관련된 주요 지표 및 문헌의 분석을 통해 미래사회의 변화에 대해 논의하고, 이를 바탕으로 교육에서 일어날 변화는 무엇인지 예측하고자 한다. 또한 그러한 교육환경의 변화에 따라 초등 과학교육에서 추진해야 할 과제나 노력이 무엇인지 제안함으로써 과학교육 공동체에서의 미래교육에 대한 논의를 활발히 하고자 한다.

II. 4차 산업혁명과 그에 따른 교육환경의 변화

1. 1~4차 산업혁명의 주요 변화와 특징

4차 산업혁명이 본격적으로 전 세계의 주목을 받게 된 것은 2016년 다보스에서 개최된 세계경제포럼 때문이다. 다보스 포럼에서는 미래사회에 나타날 주요 변화에 따라 교육, 산업, 경제 등 다양한 측면에서 이를 집중적으로 논의하였다. 여기에서 4차 산업혁명은 3차 산업혁명인 정보통신과 전자기술 등의 혁신을 통해 물리적 공간, 디지털적 공간, 생물공학 공간의 경계가 희미해지는 기술융합의 시대로 정의되고 있다(Cha & Kim, 2016).

산업혁명을 그 시기와 순서로 구분하여 1~3차 산업혁명으로 구분하는데(Kim *et al.*, 2016), 이러한 산업사회의 변화는 자연스럽게 교육에서의 변화로 이어지고 있다. 먼저 1차 산업혁명은 17세기 후반, 증기기관의 발명을 기점으로 하며, 가내수공업에서 기계화 생산 설비가 시작되는 시점을 의미한다. 그리고 2차 산업혁명은 1870년 Faraday의 전자기 유도 이후, 발전 설비를 통해 전기를 활용한 대량 생산이 가능해진 것을 말한다. 1~2차 산업혁명으로 인해 기술자와 공장 노동자에 대한 교육의 필요성이 증대되면서 영국을 중심으로 기계공 학교(Mechanics Institute)가 설립되고, 최초로 초·중등 교육에 과학기술이 도입되었다(Song, 1999). 19세기 후반을 지나면서 기계노동자 및 초·중급 기술자 양성을 위한 이러한 기관들이 오늘날 대학 등 고등교육기관으로 자리 잡게 되었다(DeBoer, 1991). 3차 산업혁명은 1969년 컴퓨터를 활용한 정보화, 자동화 생산 시스템이 시작된 것을 기점으로 하며, 오늘날 디지털 혁명, 정보통신 기술의 활성화로 사무자동화가 이뤄진 것이 이에 포함된다. 이에 대한 파급효과로 1990년대 이후, 과학교육에서 MBL(Microprocessor-

Based Learning)이나 ICT 교육이 관심을 끌게 되었으며, 이러닝(E-Learning) 또는 모바일 기반 학습이 주목받게 되었다(Kim, 2006). 나아가 오늘날에는 과학적 소양 외에도 정보통신 소양이 함께 강조되고 있다(Kim *et al.*, 2011). 4차 산업혁명은 2010년 이후, 실제 세계와 가상 세계의 통합으로 여러 사물들을 자동적·지능적으로 제어하는 가상 물리 시스템 구축을 의미한다. 사물인터넷(Internet of Things), 빅데이터(Big Data), 인공 지능(Artificial Intelligence) 등을 아우르는 다양한 과학기술이 이에 포함된다. 이로 인해 새롭게 주목받는 교육의 형태가 시간과 장소에 구애받지 않는 자율형 학습 체제이다. 이에 대한 대표적인 예가 2010년대 Stanford 대학에서 개발한 MOOC(Massive Open Online Course)이다. 고등교육을 대상으로 한 학습 시스템이기는 하나, 3,000여 개 강좌 이상이 열리고, 누적 사용자가 3,500만 명을 넘어섰다(Class Central, 2017). 또한 블렌디드 러닝(Blended Learning)이나 거꾸로 학습(Flipped Learning)이 주목받고 있으며, 이미 해외 일부 대학에서는 인공지능을 통한 학사 상담 등에 인공지능을 활용하고 있다(Cha & Kim, 2016). 또한 다양한 학문간의 경계가 모호해지면서 여러 분야의 지식과 정보를 활용해 새로운 아이디어나 산출물을 창출할 수 있는 능력이 강조되고 있는데, 이로 인해 융합 인재교육의 중요성이 점차 부각되고 있다. 1~3차 산업혁명으로 진행될수록 그 파급효과와 속도가 점차 빨라지고 있으며, 4차 산업혁명의 경우에는 이전 시대의 변화보다 매우 빠른 속도로 폭넓게 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다(Kim *et al.*, 2016; Schwab, 2016). 따라서 이제 문턱에 이른 4차 산업혁명이 과학교육을 포함한 초·중등교육의 방향과 방법에 큰 변화를 가져올 가능성이 크다.

특히 4차 산업혁명이 주목받는 이유 중 하나는 인간의 능력과 고유의 영역이 위협받기 때문이다. 인공지능이란 합리적이고 이성적인 판단이나 행동 또는 인간과 유사한 방식의 사고와 행동이 가능한 학습 체계를 말한다(Doh *et al.*, 2013). 인공지능이라는 용어는 1956년 McCarthy가 처음 사용했으며, 1966년 MIT에서 심리치료사용 프로그램으로 개발한 Eliza가 최초로 볼 수 있다. 인공지능의 첫 시도는 체스 게임이었으며, IBM에서 1997년 최초로 세계 체스 챔피언을 제압한 바 있다. 이후, IBM이나 Google이 퀴즈 쇼와 바둑에서도 승리를 거두면서 일

반적인 이성적 사고에서도 인간에 버금가는 체계가 등장하지 않을까 기대하고 있다. Kurzweil(2005)은 과학기술의 발전 속도가 기하급수적으로 증가하고 있다면서 지적하면서 초지능의 등장을 예견하고 있다. 2020년 이전에 설치류의 지능에 버금가는 인공지능이 개발되고, 2030~2035년 무렵에는 인간의 두뇌와 비슷한 기능을 할 수 있는 인공지능 시스템이 만들어지며, 2045년경에는 전 인류의 지적 능력보다 뛰어난 초지능 시스템이 등장할 것으로 예상하였다(Jho, 2017). 이로 인해 인간의 한계나 능력을 극복하는 초인간 또는 초인류가 등장하게 되는데, 이를 지지하는 흐름을 트랜스휴머니즘이라 부르고, 인간성의 상실과 위협으로 간주하고, 이에 대항하는 움직임이 네오휴머니즘이다(STEPI center for sight and images, 2016). 이는 인공지능에 대한 두 가지 상반된 관점을 보여주는 단적인 사례이다(Cha & Kim, 2016; Westlake, 2014).

그렇다면 4차 산업혁명에 대한 우리나라는 어떻게 대비하고 있는가? 보스턴컨설팅그룹(2015)의 2015년 보고서에 따르면 2025년 로봇에 의한 노동비용 감축 효과가 가장 큰 나라는 우리나라(33%)로 지목되고 있다. 따라서 그 어떤 나라보다도 우리나라의 준비가 필요한 상황이다. 그러나 Beweja *et al.*(2016)에 따르면 우리나라는 세계 139개국 가운데 우리나라의 기술 수준은 23위, 4차 산업혁명을 수용할 수 있는 순위는 25위, 교육 시스템 19위, 성인 학습의지는 OECD 국가 중 최하위 수준인 것으로 나타나, 그 준비가 절실한 상황이다.

2. 4차 산업혁명에 따른 미래사회와 교육환경의 변화

4차 산업혁명에 따른 미래사회의 변화에 대해서는 국내외 여러 연구자들의 관심을 끌고 있다(Bernstein, 2008; Frey & Osborne, 2017; Glenn *et al.*, 2014; Konrath *et al.*, 2011; Kurzweil, 2005; MacBeath, 2012; Schwab, 2016; Shin & Jung, 2017; Westlake, 2014). 이상의 연구에서 나타나는 4차 산업혁명이 가져올 변화를 요약하면 4가지로 범주화할 수 있다(Jho, 2017; Shin & Jung, 2017).

첫째, 4차 산업혁명의 가장 큰 변화는 미래 직업의 변화이다. 우리나라의 한국고용정보원(2017)은 델파이 연구를 통해 2025년까지 대체될 직업군에 대해 분석하였는데, 그 결과 단순노무 종사자, 농림

어업 숙련 종사자, 서비스 종사자, 기능 종사자 등 단순노무직 외에도 증권 및 외환딜러 등의 전문직도 고용이 감소할 것으로 예상하고 있다. 또한 2027년을 기준으로 한 Frey and Osborne(2017)의 예측에서도 단순노무직이 서비스직 등 육체 활동이나 단순 노동 중심의 직업군을 미래 취약 직업군으로 지목하고 있다. 나아가 의료, 법률, 금융 노동가 역시 멀지 않은 미래에 대체될 가능성이 큰 것으로 내다보고 있다. 심지어 미국의 경우에는 현재 직업의 47%가 20년 내에 대체될 것으로 예상되고 있다. 교사의 경우에는 그 대체 확률이 3% 미만이나, 학교급이 낮을수록 그리고 국어와 영어 같은 문해력 교과에 해당할수록 높아져 10%까지 이르기도 한다(Frey & Osborne, 2017). 이미 우리나라는 학령인구 감소로 인해 교사의 수요가 줄어드는 상황이나, 소수의 교사 일자리마저 인공지능을 활용한 시스템을 통해 교직이 위협받을 수도 있다. 한편, 미래사회의 새로운 기술과 수요가 새로운 기회를 창출할 것이라는 예측도 가능하다. 3D 프린터나 빅데이터, 사물인터넷 활용 등으로 쉽게 생산이 가능해지는 시대가 도래해 쉽게 창업과 제작이 가능해질 수 있으며, 플랫폼 기반의 다양한 기능들을 개발함으로써 쉽게 새로운 영역에 뛰어들 수 있다. 이에 미국노동통계청에 따르면 2020년경 미국에서는 920만 개의 과학 기술 관련 일자리가 창출될 것으로 예측되고 있다(Gershenfeld, 2012). 기능주의적 교육관에서 보면 교육의 목적 중 하나는 사회에 기여할 유능한 인재를 양성하는 것에 있다. 과거의 교육에 비해 현재의 학교 교육은 기존 직업세계에 적응하기 위한 인력이 아닌, 현재 존재하지 않는 직업에 적응할 수 있고, 새로운 직업군을 창출할 수 있는 인재를 길러내는 것이 더 중요하다.

이러한 미래사회의 변화에 대한 교육의 대처는 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 하나는 창업능력을 갖춘 인재 양성과 또 다른 하나는 다양한 미래사회에 쓸모 있는 유용한 능력과 지식을 가르치는 것이다. 전자의 관점에 비추어 세계경제포럼에서도 전 세계 7500만 창업인재 양성의 필요성을 강조하고 있다(Kim *et al.*, 2016; Schwab, 2016). 초중등 교육에서의 지식재산교육이나 창업교육, Maker Movement 등의 실물 중심·현장 중심의 교육이 더 활성화될 것이다. 후자의 경우는 핵심역량 함양과 교육내용의 변화와 관련된다. 핵심역량은 다양한 상황이나

맥락에서 발휘될 수 있는 전이 가능한 능력을 의미한다. 의사소통, 창의적 사고, 문제해결, 갈등조정 등이 이에 해당한다. 또, 다른 것은 교육 내용의 변화인데, Monbiot(2017)에 따르면 현재 아이들이 학교 현장에서 학습하는 내용의 80~90%는 40대에 이르게 되면 쓸모없는 지식이 될 가능성이 매우 크다고 한다. 교육과정이나 내용이 수시로 변화하거나 새로운 내용이 추가될 가능성이 있다. 이미 우리나라의 경우, 제7차 개정 교육과정 이후 수시 개정으로 전환되면서 최근 10년간 2007 개정 교육과정을 포함 4번의 크고 작은 개정 과정을 거쳤다. 교육과정의 개편이나 변화는 학교교육과 입시에 영향을 주기 때문에 많은 논란을 불러일으키나, 미래사회의 변화가 빨라질수록 교육과정의 변화 역시 더 크게 자주 나타날 수 있다.

둘째, 미래사회에서는 소비 중심에서 공유 중심으로의 체제의 전환이 이루어질 것이다. 전통적인 자본주의 경제 체제에서는 개인이 어떤 재화를 소유하고, 재화의 가치를 통용하면서 이익을 창출하는 방식이다. 지식 역시 개인이 소유하고, 이에 따라 전문가, 비전문가로 구분 짓게 된다. 그러나 미래사회에서는 모든 것들을 개인이 소유하는 것이 아니라, 공공재로서 서로 공유하는 방식이 힘을 얻게 된다. 오늘날 이에 대한 대표적인 사례가 블록체인을 활용한 비트코인이나 Uber, Airbnb 등의 서비스이다. 블록체인은 거래 기록과 승인이 이루어지기 전에 컴퓨터 네트워크 상에서 참여자들 공동의 검증을 받아야 하는 보안 프로토콜을 의미하는 것으로, 서로 모르는 사용자들끼리 중앙당국 개입 없이 거래 가능한 시스템이다(Jho, 2017; Schwab, 2016; STEPI Center for Strategic Foresight, 2016). Uber나 Airbnb 등의 서비스들은 개인이 가진 소유를 타인과 공유함으로써 이윤을 창출하는 방식이다. 이러한 서비스의 공통점은 호스트가 되는 회사 또는 서버가 전체 자산을 소유, 관리하는 것이 아니라, 각 개인의 자산과 재화를 쉽게 공유할 수 있도록 하는 플랫폼을 제공한다는 것에 있다. 즉, 미래사회에서의 성공 여부는 이러한 플랫폼을 누가 먼저 선점하느냐에 있다고 볼 수 있다.

교육에서도 이러한 플랫폼을 중심으로 한 지식이나 서비스의 공유가 나타나는데, 그 대표적인 예가 TED, 칸 아카데미, MOOC 등이다. MOOC의 경우, 2011년 미국의 Stanford 대학에서 처음 실시한 온라인

대규모 강좌이다. 현재, Coursera, Udacity, EdX 등 다양한 플랫폼 업체들이 참여하고 있는데, 흥미로운 점은 다수의 점유율을 점하는 플랫폼이 점차 비중이 확대된다는 점이다. 이를 일컬어 플랫폼 효과라고 하는데, 결국 시장을 지배하는 강력한 소수의 플랫폼에 집중되며, 따라서 초기 시장에 진입해 입지를 확보하는 것이 매우 중요하다. 칸 아카데미는 Salman Kahn이 조카에게 수학을 가르쳐 주기 위해 Youtube에 영상을 업로드하면서 시작되어 현재는 자연과학, 인문학, 사회과학, 예술 등 다양한 분야의 교육을 진행하는 대규모 콘텐츠 공급자로 성장하였다(Shin & Jung, 2017). 또한 배지 시스템을 통해 강좌 참여에 대한 활동을 별도의 포인트로 지급받게 함으로써 하나의 독특한 생태계를 구축하여 반향을 얻고 있다. 뿐만 아니라 교사교육에도 이러한 플랫폼이 활용될 수 있는데, 우리나라 교사들이 종종 활용하는 i-scream도 이러한 플랫폼에 해당한다고 볼 수 있다. 앞으로 이러한 교육용 플랫폼의 개발은 점차 가속화될 예정이며, 초·중·고등학생들을 위한 학습 플랫폼 외에도 교사교육을 위한 플랫폼도 등장할 수 있다. 나아가 교육에서의 성패는 이러한 플랫폼에 탑재될 우수한 교육 콘텐츠를 생산하고 관리할 수 있는지도 큰 영향을 미치게 된다.

셋째, 미래사회에 벌어질 큰 변화 중 하나는 탈도시화 및 분산화이다. 1~3차 산업혁명을 거치면서 인류는 도시를 중심으로 한 노동이나 자본이 집중화된 산업을 통해 성장해 왔다. 그러나 이로 인해 미세먼지, 기후변화, 공해 등 다양한 문제를 겪고 있다. 그러나 정보통신기술과 가상현실, 생체공학과 관련된 융합기술의 발전을 통해 가상의 물리적 시스템(Cyber Physical System)을 구현할 수 있게 되면 더 이상 과밀화된 환경에서 살 필요가 없어진다. 게다가 교통수단의 발전은 공간적인 제약으로부터 인간을 점차 자유롭게 할 수 있다.

나아가 교육환경에서도 이러한 현상이 가속화될 수 있는데, 인공지능이나 로봇을 통한 교육이 본격화될 경우, 굳이 학교나 특정 장소에 가지 않아도 쉽게 교육 서비스를 제공받게 된다. 또한 개인의 풍부한 자료를 통해 맞춤형 학습이 가능해지게 되면 각 개인의 수준에 맞는 과제가 제공되고, 학습 진도가 달라지는 개별화된 맞춤형 학습이 가능해질 것이다(Jho, 2017). 특히, 과학교육에서는 가상현실과 인간의 감각을 연결하는 기술들이 발전할 경우, 가

정에서도 다양한 실험이나 실습이 가능해져 보다 풍부한 경험과 체험을 제공할 수 있게 된다. 가상의 박물관, 과학관, 실험실 등 다양한 새로운 가상 시스템이 개발될 것이다. 또한 학교에서는 인공지능을 활용한다면 부진학생 지도나 맞춤형 과제 제시 등이 가능해진다.

한편으로는 인공지능과 가상현실의 개발이 가져올 변화 중 하나는 초인류의 등장이다. 미래에는 인공지능이나 로봇, 컴퓨터 등을 통해 인간의 인지적, 신체적, 정신적 능력이 크게 향상될 것이다(Del Prado, 2015), 현재 이미 무거운 짐을 들 수 있는 군사용 로봇이나 신체 일부 기능을 보조하는 로봇 등이 개발되고 있다. 또한 공상과학영화에서 등장하는 것처럼 다양한 지식이나 문제에 대한 결과를 알려주는 개인 비서도 활용되는데, 현재 상용화되어 있는 스마트폰의 음성 인식 프로그램 등이 이에 해당한다. 이러한 변화는 앞으로의 교육환경에도 큰 변화를 가져오게 되는데, 지식이나 정보, 기술이 개인에 국한되지 않고, 다양한 기기나 데이터베이스의 총체적 합으로 인식할 수 있다. 이른바, 분산 인지(Distributed Cognition)는 인지를 개인의 내면에 있는 것이 아니라, 사람이나 인공물, 환경 등에 분산되어 있고, 인지적 과정을 이들 간에 외적인 정보나 표상이 공유, 변형 및 조정되는 과정으로 본다(Hutchins, 1995a, 1995b). 특정 지식이 개인이 암기하거나 이해하는 것에 그치지 않고, 모바일 기기나 데이터베이스, 환경 등을 통해 나타나는 것으로 보는 것으로 오늘날 Google을 활용한 저장장치, 휴대폰에 저장된 여러 연락처, 인터넷을 통한 여러 공식의 검색 등이 이에 해당된다. 이러한 인지에 대한 관점의 전환이 일어나게 되면 결국 학습이나 지식 개념에 대한 공동체적 관점이 보다 강조될 것이다.

마지막으로 4차 산업혁명으로 나타나게 될 사회의 주요한 변화는 인간성 상실의 위기이다. 고도화된 인공지능의 발달은 인간이 가지고 있던 교유의 직업이나 영역을 침해할 수 있고, 이로 인해 오히려 대량의 실업 사태를 불러올 수 있다. 우리나라의 경우에도 통행료 무인수납 시스템(하이패스), 무정차 통행료 납부 시스템(One Pass Tolling System)으로 현재 7,000명가량인 요금징수원 중 2,000명가량은 직장을 잃을 위기에 처해 있으며, 스마트폰 뱅킹, 핀테크의 영향으로 금융권에서는 영업점 개소 수 및 인원 축소에 나서고 있다(Cha & Kim, 2016). 또

한 개인 비서나 가상현실의 발달을 통해 인간보다 기계와의 의사소통이 빈번해질 가능성이 크다. 생물과 비생물, 기계와 생명체 간의 경계가 모호해짐으로써 전통적인 생명과 인간에 대한 가치가 새롭게 정의되면서 위기를 겪을 수 있다. 과학기술의 발전이 새로운 인류의 탄생을 가져올 것인지, 아니면 기존 인류의 몰락을 가져올 것인지에 대해 트랜스휴머니즘과 네오휴머니즘으로 대립되고 있다(Badminton, 2003). 과학기술 및 인문학 등 다양한 전문가의 예측에 대한 델파이 연구에 따르면 인간성의 재정의와 인간과 비인간의 경계의 문제, 근본적 윤리관의 문제 등이 인간의 여러 인지적 기능에 관한 문제보다 더 중요하다고 여겨지고 있다(Park & Cho, 2017). 급격한 과학기술의 발전으로 기술에 집착하는 사회성이 결여된 인간이 나타나는 문제를 현대 사회가 겪고 있어, 이에 대한 대안으로 인간적인 모습을 반영한 로봇이나 프로그램 등이 주목받고 있지만, 오히려 이로 인해 인간과 비인간의 경계, 인간성의 문제가 심각하게 대두될 수 있다. 따라서 이에 대한 대안으로 미래사회의 교육은 인공지능이나 컴퓨터 등 첨단 환경을 중심으로 한 지적 교육과 인간과 공동체 사이의 협력과 소통을 강조하는 인성교육으로 구분할 수 있다. 미래사회의 변화에 따른 핵심역량의 추구가 오히려 교육의 도구적 관점을 지나치게 강조해 인성에 대한 오히려 경시를 불러올 수 있다(Ryoo, 2016). 이러한 문제를 극복하기 위해 공감, 연민, 배려 등의 정서를 중심으로 한 인성교육과 협력, 소통, 집단 지성을 강조하는 공동체 중심의 교육 환경이 보다 강조될 것이다.

III. 미래사회의 변화에 따른 과학교육의 과제와 쟁점

요컨대, 4차 산업혁명으로 인해 미래 직업 생태계의 변화, 공유 경제로의 전환, 탈도시화 및 분산화, 인간성 상실의 위기 등이 나타날 것으로 예측된다. 그리고 이러한 변화는 교육에서 전통적 교육과정과 교육내용에 대한 재정의, 개방형 플랫폼 기반의 교육 시스템의 개편, 인공지능을 이용한 개인별 맞춤형 학습의 등장, 공동체 중심의 협력적 학습의 강조로 이어질 것으로 여겨진다. 이러한 미래사회와 교육환경의 변화에 따라 과학교육이 직면하게

될 문제와 과제는 무엇인지 논의하고자 한다. 특히, 교육의 주요 주체인 교사와 학생, 그리고 교육환경 등을 고려하여 제안한 것이 Table 1과 같다.

1. 직업 생태계 변화에 따른 융합인재의 의미

미래사회의 변화에 적응하고 새로운 문제를 해결할 수 있는 인재를 기르기 위한 대안으로 강조되는 것이 핵심역량 기반의 교육과정이다. 이미 2000년대 중반 이후, 세계 주요 국가와 기관에서 이에 대해 관심을 기울이고 있으며, 의사소통, 탐구 및 문제해결, 평생학습, 창의적 사고, 공감 및 협력 등 유사한 역량들을 포함하고 있다. 그러나 이러한 역량들에는 정서나 영감, 가치관 등이 고려되지 않아 비인지적 능력들을 간과하는 문제점을 가지고 있다. 실제로 Schwab(2016)은 4차 산업혁명을 위한 4가지 지능으로 상황 맥락 지능(정신), 정서 지능(마음), 영감 지능(영혼), 신체 지능(몸)으로 구분함으로써 이러한 점들을 포괄하고 있다. 상황 맥락 지능은 인지한 지식이나 정보, 표상 등을 잘 이해하고 적용하는 능력을 말하며, 정서 지능은 생각과 감정을 정리하거나 결합해 자기 자신과 타인과 관계를 맺는 능력을, 영감 지능은 변화를 이끌고 공동의 이익을 피하기 위해 개인과 공동의 목적, 신뢰성, 여러 덕목 등을 활용하는 능력이며, 신체 지능은 개인에게 탁월 변화와 구조적 변화에 필요한 에너지를 얻기 위해 자신과 주변의 건강과 행복을 구축하고 유지하는 능력이다. 또한 역량 중심의 교

육이 가지는 한계는 학생이 습득한 성과(핵심역량)를 어떻게 측정할 것인지에 대해 명확하지 않다는 점이다. 대학교육에서 종종 사용되는 대학생 핵심역량 진단 시스템(K-CESA)이나 학부교육 실태조사(National Survey of Student Engagement) 설문을 살펴보면, 모두 자기 응답에 의존하고 있어 개인의 자신감이나 선호도 등 인식을 조사할 수는 있으나, 실제 능력을 측정하지는 못한다. 따라서 해당 핵심역량이 증진되었는지 확인하기 위해서는 실제적인 과제를 제공함으로써 다른 영역으로의 능력의 전이가 일어났는지 판단해야 한다. 나아가 초·중등 과학교육에서 달성되어야 할 지표들은 무엇이며, 어떠한지 논의가 필요하다.

또한 미래 산업사회의 변화로 인해 전통적 교과 중심의 구분과 그 내용에 대한 변화가 필요하다. 현재 우리나라 역시 대학졸업자의 취업현황을 살펴보면, 교육이나 의약계열 등 특정 분야의 전문가 양성을 목적으로 하는 분야를 제외하면 전공일치도가 50% 가량에 그치고 있다(Chae, 2016). 그렇다면 미래에 쓸모 있는 것을 위해서는 무엇을 가르쳐야 하는지 깊이 고민해 볼 필요가 있다. 이미 오늘날 과학이나 기술, 공학에 대한 구분이 모호해지고, 취업이나 창업 능력이 강조되면서 실험실습 중심의 교육이 점점 유행하고 있다. 그러나 과학기술의 변화 속도가 빨라질수록 “쓸모 있는” 지식을 가르치기 위해서는 교육과정 역시 빠르게 바뀌게 되는데, 그럼에도 불구하고 학생들이 현재 배우는 지식이 얼마

Table 1. The tasks of school science education according to the changes of future society and the fourth industrial revolution

미래사회의 변화	직업 생태계의 변화	소비 중심에서 공유 중심으로의 전환	탈도시화 및 분산형 시스템	인간성 상실의 위기
교육환경의 변화	· 핵심역량의 강조 · 교육과정 및 내용의 잦은 변화	· 플랫폼 중심의 교육환경 재편	· 개별화 맞춤형 교육 · 분산 인지 시스템	· 인성교육 · 공동체 중심 교육
과학교육의 과제	· 핵심역량의 재정의 · 혁신적 실험실습 환경 구성 · 융복합에 대한 이론적, 방법적 고찰 · 융복합교육을 위한 예비교사 및 현장교사 전문성 향상	· 양방향 의사소통 중심의 교육 플랫폼 구축 · 교사 전문성 함양을 위한 마이크로전공 설계 · 온라인 기반 학습법 및 평가체계 개발	· 교육과정에 대한 가이드라인 제공 · 개인에 대한 풍부한 데이터 수집 및 분석 · 개념 이해 및 진단을 위한 평가 도구 개발 · 분산 인지 기반 교수학습 성과 분석 연구 · VR/AR 기반 실험실습 환경 구축 · 빅데이터를 활용한 지역기반 문제해결 학습	· 공동체 및 사물-인간 통합의 학습 이론 구축 · 공동체 중심 교사 전문성 · 과학에 대한 비판적, 성찰적 태도

나 쓸모 있으며, 미래에 활용 가능한지 가늠하기 어렵다. 한편으로는 새로운 아이디어나 산출물의 제작 능력을 위해 융복합교육이 강조되고 있지만, 창의적 사고를 위해 어떠한 과정이나 방법을 거치는 것이 효과적인지 충분히 연구되고 있지 않다. 예를 들면, 융복합교육에 대한 인식에 대한 연구는 다양하게 이뤄지고 있지만(Noh & Paik, 2014; Park *et al.*, 2016; Shin & Han, 2011), 융복합적 사고가 무엇이며, 얼마나 교육을 통해 증진될 수 있는가에 대한 연구는 부족하다. 아울러 학생들이 자유롭게 체험하고 제작할 수 있는 실험실습 환경이 조성되는 것이 무엇보다 중요하다.

또한 융복합교육을 통해 인재를 양성하기 위해서는 이를 가르치는 교사의 전문성이 확보되어야 한다. 교사 본인이 다양한 기술이나 방법에 대해 친숙하고, 이를 활용할 수 있어야 하며, 다양한 분야의 이론과 방법에 대해 이해하고 있어야 한다. Shin *et al.*(2012) 역시 교과 중심이 아닌 융합형 교육과정의 필요성에 대해 제시하고 있다. 이를 위해서는 단지 직무 연수 또는 자율 연수에 그칠 것이 아니라, 예비교사 양성과정에서부터 복수교과 이수를 전제로 하거나, 융합 관련 교과목 이수 등의 제도적 개선이 필요하다. 미래의 교사교육 환경에 대해 예측한 결과를 보더라도 과학기술 간의 교수학습 통합이 필요함을 주장하고 있다(Jeong, 2006). 미래 사회의 환경 변화에 구체적으로 대응하기 위해서는 학교교육이 어떻게 변화할 것인가 예측하고, 그에 맞게 준비할 필요가 있다. 예를 들면 기존의 학교 체제가 유지될 것인지, 아니면 변형이 있을 것인지, 혹은 사라지거나 학교 외의 대안적 교육이 주가 될 것인지 등 다양한 시나리오에 따라 판단할 필요가 있다(Kwak, 2015).

2. 공유 중심 체제에서의 교육 환경

개방형 공유 경제 체제는 기존 경제 질서가 가지는 빈부의 격차나 과도한 소비나 소유로부터 발생하는 여러 폐해들을 막는 장점이 있다. 마찬가지로 교육에서의 개방형 플랫폼의 도입은 지역 또는 세대에 따른 교육 격차를 감소하는 데에 도움을 줄 수 있다. 예를 들면 MOOC를 통해 제공되는 수업을 수강하면 세계 어느 지역에서도 MIT, Stanford, Yale 등 유수의 대학에서 제공되는 강의를 직접 들을 수 있다. 현재 개방형 교육 플랫폼은 주로 대학교육에

국한되고 있으나, 향후 Kahn Academy처럼 초중등 교육에서도 적용되는 플랫폼이 개발될 것이다. 이러한 플랫폼을 도입하게 되면 이를 통해 장기적으로 교육의 수요자를 확보할 수 있는 장점이 있다. 그러나 한편으로는 초기 투자비용이 크기 때문에, 개인이나 개별 학교가 감당하는 것은 불가능하다. 오히려 기업이나 사교육에 악용될 우려도 있기 때문에, 교육 관련 정부 기관에서는 무료로 쉽게 활용할 수 있는 플랫폼 개발을 지원해야 한다. 현재 MOOC나 TED 등은 대규모 수강자를 대상으로 일반적으로 이뤄지는 문제점이 있다. 그러나 미래형 교육 플랫폼에서는 개인별로 양방향의 의사소통이 가능해질 것으로 추측한다.

실제 학교 교육을 위한 플랫폼이 도입된다면 학생들은 전국 각지의 우수 교사의 수업이나 교수활동을 수강할 수 있게 되므로, 교사의 역할은 우수한 교육 콘텐츠를 제작할 수 있는가에 달려 있다고 볼 수 있다. 따라서 우수한 콘텐츠를 개발할 수 있도록 교수학습 자료 및 콘텐츠 개발을 위한 환경을 지원해야 한다. 동시에 교사들이 특정 분야의 전문가가 될 수 있도록 일종의 마이크로 전공에 대한 개설이 필요하다. 과학교육의 경우, BitBrick이나 Arduino 등 기술 및 공학 기반 제작 활동, 과학과 예술, 인문학과의 통합적 사고를 추진하는 창의성 함양, 과학 관련 사회적 쟁점을 활용한 토론 및 토의 등의 시민 소양, 과학적 맥락에서의 시사연구 등 다양한 특화 분야에 대해 교사가 전문성을 함양할 수 있도록 추진할 수 있다. 대학원에서의 교사교육은 대부분 물리, 화학 등의 학문 분야의 포괄적 영역으로 구체적인 전문 분야를 가지기 힘들며, 일반적 교사 연수의 경우에는 해당 자격에 대한 신뢰성이나 전문성을 담보할 수 없는 한계가 있다. 이를 위해 별도의 교사의 자격인증 기관을 설립하거나 기존 기관에 위탁할 수 있으며, 또는 교·사대의 일반대학원이나 교육대학원을 활용해 이러한 기능을 담당하도록 할 수 있을 것이다. 포화된 교사 수급 시장의 문제를 탈피하기 위해서도 대학원의 기능을 구체화되고 특화된 교사의 전문 분야 향상에 초점을 두어 연구자로서의 교사를 양성해야 한다(Jeong, 2006). 한편, 기존의 강의실 중심의 현장 수업에서 개방형 플랫폼에서의 수업이 활성화된다면 학습 환경의 거대한 변화가 일어난다. 이에 따른 새로운 교수방법 개발이 필요하다. 온라인 기반의 새로운 교수학습

방법과 이를 통한 학생들의 학습 성과를 올바르게 진단할 수 있는 평가 체계 마련이 시급하다(Im *et al.*, 2008).

3. 탈도시화 및 분산형 시스템을 위한 개인별 맞춤형 교육

정보통신기술과 인공지능, 빅데이터, VR/AR 등의 혁신을 통해 스마트 시티가 구축되면 이를 통해 기존 교육의 사각지대에 놓여있던 많은 문제들을 해결할 수 있다. 그 대표적인 예가 개인별 맞춤형 교육과정의 운영이다. 현재 초·중·고 교실에서의 수업은 20~40명 가량의 다양한 학생들이 단일한 교육내용을 동시시간에 학습한다. 학생들의 흥미나 학습양식, 성취 수준 등에 따른 차이가 있음에도 불구하고, 동일한 수업을 진행함으로써 학습 부적응이나 스트레스, 적절한 동기가 유발되지 못하는 문제가 발생한다(Chun *et al.*, 2008; Kim & Hong, 2015). 이러한 문제를 해소하기 위해 과학교육에서는 프로젝트 기반 학습이나 창의적 문제해결 등을 통한 협동학습 등 동료와의 상호작용으로 극복하려고 시도하거나, 수준별 수업을 편성해 운영하고자 하였다(Joo *et al.*, 2011; Park, 2006). 그러나 여전히 학생들의 서로 다른 학습에 대한 요구와 동기, 성취 등을 만족시키기에는 한계가 있다. 그러나 인공지능을 활용한 보조적 학습(AI-Assisted Instruction)이 가능해지면 학생들의 수준에 맞게 학습 진도나 난이도를 조절할 수 있게 된다. 그러나 이를 위해서는 개인의 학습 성취나 이해 정도가 어떠한지 진단할 수 있어야 한다. 따라서 학생들의 개념과 이해를 진단할 수 있는 다양한 검사 도구들이 개발되고, 이에 대한 신뢰도와 타당도를 확보하는 일이 선행되어야 한다. 또한 단일한 교육과정에 의한 교수학습의 편성이 아닌, 학교나 지역별 또는 개인별로 서로 다른 내용을 학습할 수 있도록 단일화된 교육과정을 포기해야 할지 모른다. 그리고 학생의 이해에 대한 진단 능력이 갖춰지기 위해서는 한편으로 학생들에 대한 심층적인 자료 수집과 정제, 분석에 대한 체계가 마련되어 있어야 한다. 예를 들면 학생들의 과제나 토론, 면담, 포트폴리오 자료, 행동 등 빅데이터를 수집해 이를 분석함으로써 어떠한 어려움이 있는지 파악함으로써 학생의 수준에 맞는 처치가 이뤄질 수 있게 해야 한다. 학교나 실험실에 방문하지 않아도 개별화된 맞춤형 학습이 가

능하려면 학교에서의 과학교수학습이 가지는 장점을 흡수하거나 보완할 수 있어야 한다. 과학에서 가장 중요한 활동은 다양한 현상에 대한 관찰이나 주어진 변인을 다룰 수 있는 실험 실습이다. 이를 대체하기 위해서는 가상현실이나 증강현실을 통해 실험실에서 가능한 활동들을 보다 안전하게 할 수 있어야 한다. 즉, VR/AR 기반의 실험실습 환경이 구축되어야 함을 뜻한다(Jung, 2017). 그리고 과학 용어에 대한 기계 학습(Machine Learning)이 이뤄져야 인공지능에 대한 활용이 가능해진다.

이러한 인공지능을 활용한 보조적 학습이 활성화될 경우, 교사에 대한 인식의 패러다임 역시 전환될 가능성이 크다. 구성주의적 학습이 팽배해지기 전 교사의 역할은 지식의 전달자였다면 오늘날에는 지식을 구성하는 촉진자로서의 역할을 담당하고 있다. 그러나 미래의 교사는 다양한 학습 환경과 기기를 통솔하는 기획자(Coordinator)이자 연구자가 될 것이다. 반복학습이나 쓰기, 읽기 등의 문해력 교육은 인공지능의 도움을 받아 진행하며, 어떠한 학습 전략을 택할지 교사가 이를 조절하고 판단하게 된다. 즉, 교사는 스스로 얼마나 잘 알고 있느냐보다 얼마나 다양한 환경들을 잘 조절하고 선택해 알아낼 수 있느냐 하는 것이 중요하다. 이는 학생들이 분산 인지의 관점에서 학습 환경을 얼마나 잘 조절하고 적응하느냐 외에도 교사 역시 이를 얼마나 잘 활용하는지가 중요함을 의미한다. 따라서 실험이나 실습, 또는 온라인이나 다양한 멀티미디어 기기를 활용한 수업에서 학생들의 이해를 분산 인지 관점에서 분석하고, 교사의 전문성 역시 분산 인지 관점에서 다루는 연구들이 수행되어야 한다.

어디에서나(Ubiquitous) 학습 가능한 환경이 형성되면 개인화된 학습과는 반대급부로 다양한 지역과 문화에 대한 이해와 가치에 대한 존중이 필요하다. 예를 들면, 기존의 수업은 하나의 지역과 문화를 공유하는 동질집단의 학생에게 이루어진다면, 온라인을 통한 학습이 강화되면 현지화된 다양한 수요에 적용할 수 있어야 한다. 오히려 개별화된 학습을 지향하기 위해 특정 지역에 대한 이해를 기반으로 한 시민 의식 함양이 필요하다(Zeidler *et al.*, 2005). 이른바 교육을 통해 글로벌 과학적 소양을 기르는 것이 필요하다(Choi *et al.*, 2011). 과연 미래 사회에 요구되는 글로벌 과학적 소양이 무엇인지 우리나라 과학교육의 연구자 외에 해외 다양한 지

역의 전문가와 협업을 통해 논의하는 것이 중요하다. 또한 일상맥락에서 수집되는 빅데이터를 활용하여 이러한 시민 의식 함양을 추구할 수 있다. 예를 들면 과학기술 전문가와 연구원, 아마추어 과학자나 시민 등이 함께 해 진행하는 대규모 프로젝트인 Zooniverse, GLOBE 프로그램 등을 모델로 해 가정과 학교, 지역에 걸쳐 있는 다양한 기기로부터 수집되는 빅데이터를 통해 미세먼지나 공해, 수질 오염 등 지역사회 문제들을 탐구하고 해결하도록 촉진할 수 있다.

4. 인간 상실의 위기 극복을 위한 더불어 살아가는 과학교육

인공지능의 등장으로 가장 위협받는 것은 일자리나 사회경제 체제의 변화가 아닌 인간 자체의 상실이다. 과거 현대사회에서 나타난 인간 소외 현상은 자본을 통한 노동 가치의 환산으로부터 출발했다면, 4차 산업혁명 이후 나타나게 될 인간 상실은 인간의 개념 자체가 변화하고, 인간 고유의 능력이 다른 사물이나 체계로 대체되면서 일어난다. 공상과학 영화에서는 심지어 인간이 기계나 거대한 시스템의 노예로 전락하는 디스토피아를 제시하기도 한다. 단순한 인간의 고유의 성품과 능력의 상실이 아닌, 인간 자체에 대한 소멸과 상실을 함께 두려워하고 있다. 이러한 인간 상실의 위기에 대한 대안으로 인성 교육이 오늘날에도 부각되고 있으며, 공동체나 모둠을 중심으로 한 협동 학습이 강조되고 있다. 협동학습이 동기 부여나 과학에 대한 태도, 흥미 등 여러 측면에 있어서 긍정적인 요소를 가지고 있으나, 대부분 성과의 측정 단위가 집단이나 아닌 개인이므로 공동의 실천이나 결과를 추구하는 것과는 서로 맞지 않는다. 이로 인한 한계를 극복하기 위해서는 개인 단위의 이해나 실천의 평가가 아니라, 다수 또는 공동체 단위의 평가를 위한 체계가 마련되어야 한다. 이는 단순히 2인 이상의 학습자에 국한되지 않으며, 학습자가 활용하거나 의존하는 사물이나 기기 등 다양한 학습 환경과 사람을 모두 포괄하는 분산 인지적 관점에서의 환경을 의미한다. 또한 분산 인지와 유사한 맥락에서 학습을 개인의 실천적 행위로 정의할 것이 아니라, 집단의 실천과 의미 구성의 과정으로 보아야 한다(Wenger, 1998). 이러한 관점을 실천 공동체라고 부르는데, 집단 내의 다양한 상호작용(Mutual Engage-

ment)과 가치와 신념의 공유(Joint Enterprise)를 통해 공동체가 창출해 낸 어떤 의미나 생산 등(Shared Repertoire)을 말한다. 공동체 중심의 학습에 대한 개념을 단지 사람으로 구성된 집단에 한정할 수 없으며, 기계나 시스템을 포함한 총체적인 집합으로 보고 설명해야 한다. 이러한 관점은 Latour(2005)가 주장하는 행위자 연결망 이론과 앞서 제시한 실천 공동체의 개념을 포괄한다. 즉, 다양한 실험 장비나 새로운 미디어를 활용한 학습 환경에서 공동체로서의 학생들의 학습 실천과 행위, 의미에 대해 분석하고, 이를 설명하는 이론적 체계가 마련되어야 한다. 나아가 교사 전문성에 대한 개념 역시 특정 분야에 국한된 개인이 아닌, 여러 분야의 교사들이 협업과 상호작용을 통해 형성되는 것으로 보아야 한다(Jho et al., 2016). 이를 통해 자율적으로 교사 공동체를 중심으로 전문성을 향상시킴으로써 교사와 학생의 개인 단위의 지적 행위에서 공동체 단위의 행위 연결로 학습의 개념을 전환할 필요가 있다.

뿐만 아니라, 진정한 인간의 의미를 회복하기 위해서는 이성적 사고에만 의존한 핵심역량 기반의 교육을 넘어서야 한다. 미래사회에 존재하는 인간이 무엇인가 고민할 때, 가장 강조되어야 할 능력은 인간이 무엇인가에 대한 본질적 질문과 함께 성찰과 반성적 사유 등이다(Park & Cho, 2017). 과학이 주어진 현상에 대한 이해나 설명에 그치지 않고, 어떠한 현상을 설명하는 이론적 체계로서 보는 세계관과 그것이 무엇을 의미하는가하는 철학적 고민을 담지 않으면 기계적 학습에 의한 인간성의 상실의 위기를 겪을지 모른다. 이는 과학에서 다루지 않은 본질적 질문인 생명이란 무엇인가, 인류는 어디로 향하는가와 같은 철학적 질문을 포괄하며, 과학기술로 인해 파생되는 사회, 경제, 윤리적 문제에 대해 고민함으로써 과학기술 자체에 대한 비판과 반성을 포괄한다. 기존의 과학적 소양은 과학 지식이나 정보를 바탕으로 가치를 판단하기 때문에, 과학 자체에 대한 비판이나 반성을 의미하지 않는다는 문제점이 있다(Bauer et al., 2007). 미래사회의 문제를 해결하고, 인간성 상실의 문제를 극복하기 위해서는 과학 스스로에 대해서 비판적으로 돌아보고 성찰할 수 있어야 한다.

IV. 논의 및 시사점

오늘날 인공지능, 빅데이터, 로봇, 사물인터넷 등으로 인해 4차 산업혁명과 이로 인해 나타나게 될 미래사회의 모습이 어떠할지 과학교육 전문가뿐만 아니라, 많은 대중들도 주의 깊게 지켜보고 있다. 본 연구는 4차 산업혁명으로 인해 나타나게 될 교육환경의 변화가 어떠할지 예측하고, 이러한 변화가 긍정적인 효과를 거두고 성공적으로 정착할 수 있도록 선행되어야 할 과제나 연구가 무엇인지 제안하는 데에 목적이 있다. 세계적으로 주목받는 미래학자들의 발표와 세계경제포럼, UNESCO, OECD 등 관련 주요 미래비전 보고서 등을 종합하여 미래사회의 변화를 직업 생태계의 변화, 소유 중심에서 공유 중심 체제로의 전환, 탈도시화와 분산화, 인간성 상실의 위기 도래로 범주화할 수 있다. 또한 직업 생태계의 변화로 인해 미래사회에 필요한 핵심역량이 강조되고, 교실 현장에서 다루게 될 교육과정과 내용에 변화가 나타나게 되고, 공유 중심 체제로의 전환을 통해 교육에서도 플랫폼을 통한 교육 콘텐츠의 확대와 경쟁이 심화될 것으로 예상된다. 그리고 탈도시화 및 분산화가 가속화되면 인공지능을 활용한 개별화된 맞춤형 교육이 가능해지고, 교수학습 환경과의 상호작용을 강조하는 분산인지 개념이 중요하게 등장할 것으로 예상된다. 나아가 다양한 과학기술의 변화로 인해 인간성 상실의 위기 속에 이를 극복하기 위해 인성 교육과 공동체를 중심으로 한 협업이 필요함을 예측할 수 있다.

이러한 교육환경의 변화에 대처하고, 이를 보완하기 위한 과제나 연구 등을 제시하였는데 직업 생태계의 변화를 포함한 미래사회의 변화에 적응할 수 있는 인재를 기르기 위해서는 무엇보다 어떠한 핵심역량이 필요한지 미래사회 변화의 다양한 시나리오에 따라 심도 깊은 논의가 필요하며, 이를 측정할 수 있는 방안이 함께 모색되어야 한다. 또한 학교 지식의 실용적 가치 확대를 위해 손쉽게 적용할 수 있는 혁신적 실험 실습 환경이 구축되고, 융복합교육을 위한 이론적 논의와 교사교육이 함께 진행되어야 한다. 그리고 공유 중심 체제에서의 플랫폼 기반 교육에 대처하기 위해서는 양방향 의사소통이 가능한 개방형 플랫폼을 국가 주도로 개발함으로써 교육의 공공성을 강화하고, 교사들이 온라인 기반의 환경에 맞는 다양한 교수학습 방법을 익힐 수 있도록 교육하는 것이 필요하다. 그리고 특화된 분야의 전문성을 습득하도록 다양한 교사교육

기관을 통해 마이크로전공 등의 인증 방법을 개발해야 한다. 탈도시화 및 분산화 시스템에 따른 맞춤형 교육과 분산 인지 환경의 적응을 위해서는 학생 개별 데이터의 수집과 이를 효과적으로 진단할 수 있는 평가 도구 및 체제가 개발되어야 하며, VR/AR 기반의 과학 실험실습 환경이 구축되어야 한다. 또한 변화된 환경에 맞는 과학교육 이론과 학습 방법이 마련되고, 이를 통해 사회 전반을 통해 축적되는 거대 데이터를 활용해 문제해결로 나아갈 수 있는 방향을 모색해야 한다. 마지막으로 인간성 상실의 위기를 극복하기 위한 대안으로 공동체 및 사물-기계-인간을 통합한 학습 모형과 교사 전문성 모형을 구축하며, 공동체 중심의 진단 및 평가 방법이 함께 논의되어야 한다. 나아가 과학기술에 대한 비판적, 성찰적 태도를 통해 인간이 가지는 본질적 질문과 물음을 지속할 수 있도록 할 필요가 있다.

4차 산업혁명 시대의 미래사회 및 교육환경의 변화에 효과적으로 대처하기 위해서는 현재 가지고 있는 대부분의 개념과 제도들이 변화되어야만 가능하다. 교사교육의 측면에서는 예비교사 양성과정에서부터 첨단과학기술을 이해하고, 이를 활용할 수 있는 실험이나 실습 교과목 등이 배치되어야 하고, 다양한 학문 간의 연결이 가능하도록 융합전공 등이 필요한지 논의가 이뤄져야 한다. 경우에 따라서는 복수전공을 필수로 지정함으로써 교과 간 이해를 높일 수도 있다. 그리고 현직 교사의 전문성 향상 측면에서 구체적인 전문성 향상을 위해 연수교육기관과 대학원의 기능과 역할에 대해 논의가 필요하며, 공동체 중심의 자율적 전문성 향상을 촉진하도록 해야 할 것이다. 교육과정이나 교수학습 자료의 측면에서는 다양한 사회의 요구에 기민하게 대처할 수 있도록 지역이나 학교에서의 교육과정 편성에 대해 자율성을 부여해야 하며, 교과나 학년, 시기, 특정 교과에 편중된 성취 기준 설정을 지양해야 한다. 그리고 학생들의 풍부한 개별 자료의 습득을 통해 다양한 학생의 이해 진단 도구들을 개발하고, 쉽게 공유하거나 확산할 수 있는 개방형 플랫폼의 활용이 필요하다. 나아가 교수학습 환경 측면에서는 사물인터넷이나 3D 프린터 등을 통해 쉽게 아이디어를 현실화할 수 있는 혁신적 실험실습 환경이 구축되어야 하며, VR이나 Head-Mounted System 등을 활용한 가상현실에서의 실험실습 환경 등을 시범적으로 운영해 나타날 수 있는 문제점을 빠르

게 파악하여 이를 대처할 수 있어야 한다.

결국 미래사회의 변화에 빠르게 적응하기 위해서는 기존의 지식이나 경험, 선입견에 의존하지 않는 것이 절실하다. 적절한 학습 내용을 편성하기 위해서는 전통적 교과와 구분해 엮매이지 말아야 하며, 언제든지 교육의 내용을 바꿀 수 있도록 단일화된 교육과정을 지양해야 한다. 그리고 교사 역시 끊임없이 새로운 내용을 학습하고 가르칠 수 있도록 다양한 분야를 이해하고 있어야 하므로, 예비교사 양성 과정의 변화와 현직 교사의 전문성 이수 체계 등도 바뀌어야 한다. 그리고 개방형 플랫폼을 통한 교육 콘텐츠의 공급과 개별화된 맞춤형 교육이 가능해지려면 학교를 존속하게 하는 시공간적 제약에서 벗어나게 되므로 학교, 또는 교사의 제도 자체가 바뀌거나 사라질지도 모른다. 나아가 학습이 한 개인의 능력과 성취가 아닌, 집단이 공유하는 자산과 성취로 재정의되면서 교육에서의 평가와 측정이 모두 이전과는 다른 기준을 가지게 된다. 어쩌면 미래사회의 과학교육은 특수교육이나 평생교육, 또는 발명교육 등의 형태로 재편될 수도 있다.

그렇다면 미래사회의 인재를 양성을 위해 초등과학교육에서는 무엇을 해야 하는가? 무엇보다도 교육의 주체인 교사들이 미래에 나타날 변화에 관심을 가지고 스스로 대처할 수 있는 능력을 기르는 것이 필요하다. 학령인구 감소와 세계 경제 성장의 정체 등으로 인해 교육에 대한 투자와 수요가 진척되지 않는 상황이나, 미래사회의 변화는 이보다 더 거세고 빠르게 나타날 것으로 예측된다. 따라서 교사가 얼마나 스스로 학습하고 적응할 수 있는 능력이 갖추느냐가 매우 중요하다. 그리고 미래 과학교육의 변화에 따라 예측하고, 지속적으로 전망과 전략들을 조직적으로 수립하는 것이 필요하다(Na & Jang, 2017). 최근 미래 관련 연구의 예측 단위는 5년, 10년, 20년 단위로 주로 일어나는데, 이러한 예측은 미래의 불확실성으로 인해 수시로 변화된다. 따라서 장기적 안목으로 예측하되, 수시로 이를 반영해 수정할 필요가 있다. 나아가 초등학교에서의 교육을 통해 누구에게나 필요한 과학의 정수와 역량을 습득하는 데에 초점을 두어야 한다. 학생들은 초등학교에서 처음에 과학이 무엇인지 접하게 되며, 융복합적 사고나 공학적 접근, 빅데이터 활용 등 고차원적이고 복잡한 활동을 하는 데에 한계가 있다. 오히려 과학에서의 본질에 해당하는 실험과 관찰,

그리고 이를 통한 질문과 해답에 이르는 과정 등을 경험하게 함으로써 “모든 이들에게 필요한” 기초적 탐구 능력을 함양하고, 다양한 실험이나 관찰 결과를 토대로 자신의 의견을 말하고, 상대방을 존중함으로써 성숙한 인간으로서 갖추어야 할 기본적인 핵심역량을 함양해야 한다. 이와 같은 기초가 튼튼해야 다양한 학문과의 결합을 시도하고, 비판적인 시각과 안목을 형성해 통찰력을 기를 수 있을 것이다. 다양한 재목들을 길러내는 인큐베이터로서 초등학교가 그 역할을 잘 수행할 수 있도록 자유로운 학문 분위기 속에서 본질을 깨닫도록 집중하는 것이 필요해 보인다.

참고문헌

- Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority. (ACARA). (2013). The Australian curriculum. Retrieved from <http://www.australiancurriculum.edu.au>
- Bauer, M. W., Allum, N. & Miller, S. (2007). What can we learn from 25 years of PUS survey research? liberating and expanding the agenda. *Public Understanding of Science*, 16(1), 79-95.
- Beck, U. (1992). Risk society: towards a new modernity. London: Thousand Oaks.
- Bernstein, J.(2008). Crunch - why do I feel so squeezed? San Francisco, CA: Barrett-Koehler Publishers.
- Beweja, B., Donovan, P., Haefele, M., Siddiqi, L. & Smiles, S. (2016). Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the fourth industrial revolution. Zurich, Switzerland: Union Bank of Switzerland.
- Boston Consulting Group. (2015). Takeoff in robotics will power the next productivity surge in manufacturing. Retrieved Feb. 15, 2017 from <http://www.bcg.com/en-za/d/press/10feb2015-robotics-power-productivity-surge-manufacturing-838>
- Cha, D. & Kim, S. (2016). Job killer: the fourth industrial revolution: the future of employment after the grand change due to the robot and artificial intelligence [잡킬러: 4차 산업혁명, 로봇과 인공지능이 바꾸는 일차리의 미래]. Seoul: Hans Media.
- Chae, H.-I. & Noh, S.-G. (2015). The research trends in core competency education in Finland: with special emphasis on the analysis of elementary science education. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 19(3), 645-667.

- Choi, K., Lee, H., Shin, N., Kim, S. & Krajcik, J. (2011). Re-conceptualization of scientific literacy in South Korea for the 21st century. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), 670-697.
- Chun, B.-H., Park, K. & Chun, M. (2008). An analysis of the attitude toward science, achievements motivation, and the peer relationship, and parents' attitudes to science gifted education. *Journal of Gifted/Talented Education*, 18(3), 443-464.
- Chun, S., Go, H., Lee, Y., Kwak, Y., Choi, S., Kang, H. & Park, M. (2017). Development for "science for all Koreans. Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity.
- Class Central. (2017). MOOC course report: August 2017. Retrieved from <https://www.class-central.com/report/mooc-course-report-august-2017/>
- DeBoer, G. E. (1991). A history of ideas in science education: implications for practice. New York: Teachers College Press.
- Doh, Y., Kim, I., Kim, J., Park, C. & Kang, B. (2013). The concept and application of the artificial intelligence [인공지능: 개념 및 응용]. Paju: Cytech Media.
- Facer, K. (2009). Educational, social and technological futures: A report from the Beyond Current Horizons Programme.
- Finnish National Board of Education. (FNBE). (1999). Framework for evaluating educational outcomes in Finland. Helsinki: FNBE.
- Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting & Social Change*, 114, 254-280.
- Glenn, J. C., Gordon, T. J. and Florescu, F.(2014). The state of the future. Washington, D.C.: The Millennium Project.
- Han, D. (2016). University education and contents in the fourth industrial revolution. *Humanities Contents*, 42, 9-24.
- Hutchins, E. (1995a). Cognition in the wild. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hutchins, E. (1995b). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive Science*, 19, 265-288.
- Im, J.-W., Kim, S.-H., Cho, Y.-J. & Park, K.-S. (2008). The development of the virtual reality system for augmenting scientific inquiry learning environments. The KIPS Transactions : Part B, 15(2), 95-102.
- Institute for Management Development (IMD). (2016). IMD world talent report 2016. Lausanne, Switzerland: IMD.
- Jeong, Y.-S. (2006). An inquiry on the directions and tasks for future-oriented teacher preparation. *The Journal of Teacher Education*, 23(1), 331-348.
- Jho, H. (2017). The changes of higher education and the tasks of general education according to the fourth industrial revolution. *Korean Journal of General Education*, 11(2), 53-89.
- Jho, H., Hong, O. & Song, J. (2016). An analysis of STEM/STEAM teacher education in Korea with a case study of two schools from a community of practice perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1843-1862.
- Joo, Y.-G., Chung, Y.-L. & Pyo, J.-Y. (2011). The effectiveness of creative problem solving (CPS) learning on student science interest, science process skills, and science achievement. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 15(3), 657-667.
- Jung, J.-G. (2017). The virtual reality and education in the era of artificial intelligence. *Journal of East Asian Social Thoughts*, 20(1), 191-217.
- Kim, D., Han, K. & Chang, D. (2016). A milestone study for core competences of science and future human resources in 2045. Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity.
- Kim, H. (2006). Elementary science education through e-learning [e-learning을 활용한 초등 과학교육]. *Korean Journal of Teacher Education*, 22(1), 58-67.
- Kim, H., Kang, N., Kim, M., Maeng, S., Park, J., Baek, Y., Son, J., Shim, K., Oh, P., Lee, K., Lee, B., Jeong, E. & Han, I. (2017). A basic investigation for the development of science education standards for the future generation. Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity.
- Kim, J., Park, B., Noh, Y. & Im, S. (2016). 2016 Davos report: the fourth industrial revolution starting with the artificial intelligence [2016 다보스 리포트: 인공지능 발 4차 산업혁명]. Seoul: Maegyeong Publication.
- Kim, K. & Hong, Y.-S. (2015). Relationships among the science learning motivation and academic stress and stress coping styles of the elementary students with low science achievement. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 34(4), 447-457.
- Kim, K.-S., Lee, S.-Y., Jun, W.-C., Kim, H.-S., Kwak, H.-S., Kim, J.-H. & Seo, J.-H. (2011). Measuring ICT Literacy of primary and junior high school students in South Korea. *The Journal of Korea Elementary Education*, 22(3), 195-211.
- Konrath, S. H., O'Brien, E. H. & Hsing, C. (2011). Changes

- in dispositional empathy in American college students over time - a meta-analysis. *Personality and Social Psychology Review*, 15(2), 180-198.
- Korea Employment Information Service. (KEIS). (2017). The prediction of jobs in Korea, 2017. [2017 한국직업 전망]. Seoul: KEIS.
- Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity. (KOFAC). (2015). A comprehensive plan of science education for 2016-2020. Seoul: KOFAC.
- Kurzweil, R. (2005). The singularity is near - when humans transcend biology. New York: Viking.
- Kwak, Y. (2015). An exploration of teacher professionalism required for changes in future schooling and curriculum reconstruction. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 19(1), 93-111.
- Latour, B. (2005). Resembling the social: an introduction to actor-network theory. Oxford, UK: Oxford University Press.
- MacBeath, J. (2012). Learning in and out of school. New York: Routledge.
- Ministry of Education. (2015). The 2015 revised Korean national science curriculum. No. 2015-74. Sejong: Ministry of Education in Korea.
- Monbiot, G. (2017, February 15). In an age of robots, schools are teaching children to be redundant. The guardian. Retrieved <https://www.theguardian.com/commentisfree/2017/feb/15/robots-schools-teaching-children-redundant-testing-learn-future>
- Na, J. & Jang, B. (2017). The perspectives of pre-service elementary teachers on science education of future. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 36(1), 85-94.
- New Zealand Ministry of Education. (2007). The New Zealand curriculum. Wellington: Learning Media Limited.
- Noh, H.-J. & Paik, S.-H. (2014). STEAM-experienced teachers' perception of STEAM in secondary education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 14(10), 375-402.
- Park, S., Chung, W. & Park, Y. (2016). Analysis on the utilization of history of science and STEAM and elementary school teachers' perceptions about design-based STEAM instruction applying the history of science in science class. *Journal of Science Education*, 40(2), 166-188.
- Park, S.-K. (2006). The effects of the group reward and cooperative skill training on the science achievement and learning motivation of elementary students. *The Journal of The Korean Earth Science Society*, 27(2), 121-129.
- Park, Y.-S. & Cho, M. (2017). Posthuman education for future society: using Delphi technique. *Art Education Research Review*, 31(2), 179-216.
- Ryoo, J. S. (2016). Which should be the aim of future education between knowledge and character? *The Korean Journal of Philosophy of Education*, 38(3), 49-68.
- Schwab, K. (2016). The fourth industrial revolution. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
- Shin, D., Kim, J., Kim, R., Lee, J., Lee, H. & Lee, J. (2012). Development of interdisciplinary teacher education programs. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 16(1), 371-398.
- Shin, H.-S. & Jung, Y.-J. (2017). The 4th industrial revolution and future of educational administration. *Journal of Research in Education*, 30(2), 103-147.
- Shin Y.-J. & Han, S.-K. (2011). A study of the elementary school teachers' perception in STEAM (science, technology, engineering, arts, mathematics) education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(4), 514-523.
- Song, J. (1999). Between the beginning of the 19th century and the middle of the 20th century: The process of the quickening and development of science-technology-society education in the United Kingdom (I). *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 19(3), 409-427.
- STEPI Center for Strategic Foresight. (2016). Will the future get better? [미래는 더 나아질 것인가]. Seoul: RHKorea.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (UNESCO). (2005). Definition and selection of competencies - Executive summary. Retrieved Feb 27, 2017 from http://deseco.ch/bfs/deseco/en/index/02_parsys.43469.downloadList.2296.DownloadFile.tmp/2005.dskcexecutivesummary.en.pdf
- UNESCO. (2015). Education 2030: towards inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all. Retrieved Feb 3, 2017 from <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002331/233137E.pdf>
- Wenger, E. (1998). Communities of practice: learning, meaning, and identity. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Westlake, S. (2014). Our work here is done - visions of a robot economy. London, U.K.: National Endowment for Science, Technology and the Arts (NESTA).
- World Economic Forum. (2016a). New vision for education: Fostering social and emotional learning through technology. Retrieved May 10, 2017 from <http://www3>

weforum.org/docs/WEF_New_Vision_for_Education.pdf
World Economic Forum. (2016b). The fourth industrial revolution: what it means, how to respond. Retrieved Mar 3, 2017 from <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-h>

ow-to-respond
Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.