

# 4차 산업 혁명에 대한 斷想

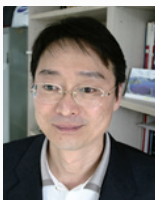
박경완

인간은 많은 세월이 지나간 후에 과거의 일들과 사건을 되돌아보며, 그 일들을 정리 분석하고 심지어 임의의 틀에 맞춰 분류하기도 한다. 그리고 유사한 사건들이 주기성을 가지고 일어났다면 새로운 법칙을 발견한 것 같이 생각하기도 한다. 지난 수 세기 동안 물자를 만들어 내는 산업적 기술 측면에서 인류의 생활, 문화, 경제, 사회 등의 모든 면에 충격적인 변혁을 만들어준 혁명적 발전이 세 번 있었다. 그리고 이 산업혁명이라고 불리는 변혁은 주기성이 있어 보이기도 한다. 본 글에서는 요사이 우리나라 과학기술계에서 자주 논의되는 4차 산업혁명에 대하여 본인의 짧은 생각을 이야기 하고자 한다.

최초의 산업혁명(1차 산업혁명)은 1784년 영국에서 증기기관이 발명되면서 시작했다. 증기기관은 물건 생산 도구를 인간으로부터 기계로 변화시키는 결정적인 계기를 제공하였으며, 증기기관의 다용도 활용에 있어서 중심 역할을 담당했던 철강 산업은 큰 발전을 하였다. 이에 따라 노동 생산성을 전에 비해 수배 이상 증가하였고, 사회 구조는 농경 사회와 농촌 사회에서 기계산업 사회와 도시 사회로 크게 변화하였다. 2차 산업혁명의 내용은 1870년 경 산업기술에서 전기를 주 동력원으로 이용하여 제품을 대량 생산할 수 있었던 것과 전기를 사용하는 여러 가지 전기 상품의 출현이다. 이후 전기는 거의 모든 제조 산업 기술을 향상시키는데 혁혁히 공헌하였으며, 전기 산업이라는 새로운 산업을 만들었고 이에 따라 인간의 삶에도

큰 변화를 가져다주었다. 디지털 혁명의 3차 산업혁명은 1970년대에 시작해서 현재에 이르고 있는데, 이전의 아날로그 전자 및 기계식 시스템에서 디지털 기술로 변화를 가리킨다. (디지털 혁명의 시작을 1940년 대 후반 반도체 트랜지스터의 발명으로 보는 것도 그리 부적절한 것은 아니다.) 컴퓨터에 의한 물품 생산의 자동화와 정보화를 시작으로, 지금은 고성능 정보통신 네트워크의 발전으로 누구나 언제 어디서 원하는 정보를 접할 수 있는 정보통신 사회를 이루었다. 이러한 정보통신 사회의 특성은 우리 사회를 기존의 전통적인 제조업 중심 사회에서 정보통신 네트워크를 활용하는 소프트웨어 중심 사회로 변화시키고 있다. 또한 이를 바탕으로 사회적 네트워크와 협업이 사회를 움직이는 동력으로 작동하는 새로운 시대를 맞이하였으며, 이는 기업의 생산뿐만 아니라 개인의 일상, 지역 사회와 정부 그리고 국가의 움직임에 엄청난 영향을 주게 되어, 현재 우리 사회 전반에 매우 큰 충격적 변혁을 주었다.

앞에서 논의한 3개의 산업혁명에 대한 서술은 새로운 기술이 출현하고 수십 또는 수백 년의 세월이 지난 후에 인류 사회에 미친 파급효과가 충격적이고 그 중대성이 인정되어 산업‘혁명’이라고 받아들일 수 있다고 생각한다. 즉 우리가 산업혁명을 논의 할 때, 새로운 기술이 출현하고 그 기술이 인류 사회에 미친 그 파급효과와 크기와 중대성에 대하여 객관적이고 일반적인 평가를 거친 후에 명



**<저자 약력>**

박경완 교수는 서울대학교 물리학과를 졸업하고 KAIST에서 석사학위 미국 North Carolina 주립대학교에서 물리학 박사학위를 받았다. 한국표준과학연구원(1981~1984) 및 한국전자통신연구원(1990~2002)에서 각각 광학과 양자 반도체 물리학 분야에서 기초연구를 수행하였다. 이후 2002년부터 현재까지 서울시립대학교 물리학과와 나노과학기술학과에서 교수로 재직하고 있다. 다수의 과학기술 관련 정부와 공공기관 위원회에서 활동을 하였으며, 한국진공학회 부회장, 전국나노과학협의회 회장, 나노기술 연구협의회 부회장, 한국진공학회 ‘진공이야기’ 편집위원장, 그리고 서울시립대학교 연구처장/산학협력단장을 역임한 바 있다. (kwpark@uos.ac.kr)

명한 것이며, 이는 적어도 수십 년의 시간이 필요한 일이다. 그럼에도 불구하고 요사이 서적, 신문과 방송 등에서 4차 산업혁명이 자주 회자되고 있다. 물론 여타의 선진국에서도 논의되고는 있지만, 특히 우리 정부와 과학기술계는 '4차 산업혁명위원회'를 조직하고 4차 산업혁명을 대비하자고 분주히 움직이고 있는 것 같다. 여기서 항간에 서 말하는 4차 산업혁명에 대하여 간추려 본다.

4차 산업 혁명 ; 이 용어는 세계경제포럼(World Economic Forum; WEF, 다보스 포럼)의 공동 창시자인 클라우스 슈바브(Klaus Schwab)가 처음 사용하였으며, 그의 저서 "4차 산업혁명(The Fourth Industrial Revolution)"과 WEF 연례 미팅2016에서 주제로 언급되기 시작하였다. 그는 4번째 산업혁명이 기술 발전에 의해 특정 지어졌던 이전의 3개 산업혁명과 근본적으로 다른 점을 강조하였다. 이후, 여러 학자들에 의해 다듬어진 4차 산업혁명의 기술적 특성은 수십억명의 사람들을 계속해서 웹에 연결하고 비즈니스 및 조직의 효율성을 획기적으로 향상시켜, 더 나은 인적/물적 자산관리를 통해 자연환경을 재생산할 수 있는 큰 잠재력이며, 본질은 초연결성, 탈중앙화/분권, 기술의 공유/개방/융합, 그리고 개인화를 통한 맞춤형시대의 지능화 세계를 추구하는 것이다. 이 내용은 종래 기술의 획기적인 변혁이나 새로운 기술의 탄생을 논의하는 것이 아니며, 신기술에 의한 우리 사회에 혁명적 파급효과를 말하는 것도 아님을 말해 준다. 물론 이러한 4차 산업혁명 시대로 변화함에 있어서 요소 기술의 뒷받침이 필요한데, 빅 데이터와 사물 인터넷을 기반으로 한 인공지능, 로봇 공학과 무인 운송, 3D 프린팅, 양자 컴퓨팅, 생명공학 그리고 나노기술이 그것이다. 여기서 이러한 요소 기술들이 오랜 전부터 구상된 것임을 감안한다면, 4차 산업혁명은 신기술의 출현 보다는 기술의 융합적 활용에 방점을 둔 것이라고 할 수 있다.

종래 산업혁명의 기술적 특징만을 고려해 본다면, 그 기저에는 혁명적 기술의 출현이 자리 잡고 있었으며, 그 기술이 사회 전반에 미치는 영향은 매우 충격적이었다. 물론 위에 서술한 4차 산업혁명에도 이와 같은 차원에서 많은 신기술들이 언급되고 있다. 그러나 누구나 인정하는 혁명적 기술이 아직까지 뚜렷하지 않으며, 각각의 기술들을 면밀히 검토해도 과거 산업혁명의 기저 기술과 견주기에 부족하다고 판단한다. 이렇게 생각하는 이유는 각 요

소 기술들이 3차 산업혁명의 결과로 나타난 기술들이고, 따라서 3차 산업혁명의 연장 기술이라고 볼 수 있으며, 아직 기술의 결과가 보여줄 혁명적 파급효과가 나타나거나 검증되지 않았기 때문이다. 이는 산업혁명의 명명은 역사적 측면을 가지고 있으며, 세월을 필요로 하는 특성을 가지고 있음을 보여 준다. 따라서 지금 4차 산업혁명의 시대가 왔다고 간주하기는 어려울 것이다. 또한 산업혁명의 출현 주기성을 고려해 본다면 4차 산업혁명의 시작은 2070년경을 생각해 볼 수 있으며, 현대의 기술 개발 속도를 감안하면 2050년경으로 예상할 수도 있겠다. 이와 같은 관점에서 미래 4차 산업혁명의 기술 내용이 무엇이 될 수 있을까? 하는 문제의 답을 생각해 보는 것의 의미가 있을 것이다.

지금 4차 산업혁명의 정의가 어떻게 되었건, 4차 산업혁명이 도래했건 안했건, 4차 산업혁명에 대한 논의가 의미가 있건 없건, 우리는 위 요소기술들의 연구 개발을 소홀히 할 수는 없으나, 그중에서도 나노기술을 이용하는 "탑-다운(Top-down)" 식의 나노생명공학 기술은 인위적 생명 창조 및 복제의 문제까지 접근할 것으로 상상되고, 그 파급 효과는 우리 사회에 충격적인 변혁을 가져다 줄 것으로 예상한다면, 4차 산업혁명의 기저 기술이 될 것을 부인할 수 없다. 물론 생명공학기술은 1953년 DNA 구조 발견 이후 생명 현상에 대한 꾸준한 연구 개발이 진행되어 의학에 끼친 영향은 대단하며, 나노기술 역시 1990년 이후 원자를 한 개씩 조정하고 나노미터 급 초미세 반도체 소자의 출현 등으로 독자적인 성공을 거두어 왔다. 그러나 미래엔 나노기술이 접목된 "탑-다운(Top-down)" 식 나노생명공학 기술의 출현을 상상할 수 있으며, 이 혁명적인 기술의 완성은 4차 산업혁명의 등장을 의미할 수 있다.

근래에 이르러 일본은 나노급 반도체 소자 제조 공정에 쓰이는 세 가지 기본 소재에 대하여 한국에 수출을 어렵게 하는 규제를 시행하고 있다. 그 동기가 무엇이든 간에, 세계 정상급인 우리의 나노급 반도체 소자 제조 공정에 한시적 영향을 주었다. 이에 정부는 반도체 기초 소재 산업 기술 개발을 위하여 엄청난 기술 개발 비용을 준비하고 있다. 한편 중국은 기존의 박막 트랜지스터 디스플레이 기술을 완성하여 저가 상품으로 세계 시장에서 국내 기업을 추월하고 있다. 이러한 상황에서 국내 최고 기

업들은 독자적인 기술 개발로 일본의 수출 규제와 중국의 추격을 따돌리고 있다. 이는 시기적절한 소재 기술 대비와 고품격 디스플레이 기술 준비로 성공하리라고 생각한다. 그러나 이러한 단기적인 준비는 성공 이후의 성공을 보장하기 어렵다.

미래 기술을 개발해야 하는 당위성 측면에서는, 지금이 4차 산업혁명 시대에 진입해 있느냐, 3차 산업혁명 시대의 연장선상이냐는 그리 중요하지 않다. 위에서 열거한 4차 산업혁명의 요소기술이라고 불리는 기술들에 대한 연구개발 투자는 반드시 이루어져야 한다. 다만 이들 기술 개발은 현재 진행 중이거나 중단기적인 특성을 가지고 있는 것으로 판단되어, 보다 더 먼 미래에 출현할 것 같은 미래 기술에 대한 기초원천적인 연구개발이 동시에 시행되어야 앞으로도 흔들리지 않는 기술 강국에 더 근접할 것이다. 그 미래 기술이 나노기술이 접목된 “탑-다운 (Top-down)” 식 나노생명공학 기술인지 다른 무엇인지 우리 모두 고민해보아야 할 것이며, 그것이 훗날 4차 산업혁명에 기초 기술이 된다면 우리는 올바른 선택을 한 것이다.

끝으로 미래기술에 대한 기초원천 기술 개발은 오랜 세월을 필요로 하기 때문에 우리는 꾸준한 투자와 함께 결과를 기다리는 아량도 가져야 할 것이다. 과학기술에 대해 문외한이라고 생각되는 미국의 클링턴 대통령도 2000년 나노기술 개발을 위하여 수억 달러의 연구비 투자를 승인한 후 어느 연설에서 다음과 같은 이야기를 하였다. “Some of our research goals may take 20 or more years to achieve, but that is precisely why there is an important role for the federal government.”