

일반연구논문

산업혁명의 역사적 전개와 4차 산업혁명론의 위상[■]

송성수*

■ 이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었다.

* 부산대학교 물리교육과 전자우편: triple@pusan.ac.kr

이 논문의 목적은 산업혁명들의 역사적 흐름을 정리하고 이를 통해 2016년 세계경제포럼이 촉발한 4차 산업혁명론의 위상을 점검하는 데 있다. 우선, 이 논문에서는 1차, 2차, 3차 산업혁명의 전개과정을 검토한 후 해당 산업혁명의 특징을 도출하였다. 그 결과 4차 산업혁명에 관한 논자들이 인식하고 있는 산업혁명의 역사에는 핵심 기술과 시작 연도 등에서 상당한 문제점이 있다는 점을 확인할 수 있었다. 또한 4차 산업혁명이 또 하나의 새로운 산업혁명인지에 대해 의문을 제기하면서 산업혁명이 성립될 수 있는 몇 가지 조건을 제안하였다. 결론적으로 최근에 열광적으로 논의되고 있는 4차 산업혁명은 일종의 작업가설에 불과하며, 한국적 상황에 적합한 미래 비전을 정립하는 것이 필요하다고 지적하였다.

주제어 | 산업혁명, 역사적 맥락, 4차 산업혁명, 핵심 기술, 작업가설

1. 서론

최근 한국 사회는 소위 ‘4차 산업혁명’이란 용어로 일종의 열병(fever)을 앓고 있다. 2016년 3월에 이세돌과 알파고의 대국이 있은 후 한국 사회는 4차 산업혁명에 관한 담론에 빠져들기 시작했다. 각종 신문과 방송은 4차 산업혁명을 연이어 보도했으며, 박근혜 정부는 지능정보사회 추진을 위한 종합대책을 세우겠다고 발표했다. 2016년 5월 이후에 제19대 대통령 후보들은 4차 산업혁명에 대한 공약을 경쟁적으로 내놓았고, 2017년 7월에 발표된 문재인 정부의 국정과제에도 4차 산업혁명에 관한 사항이 포함되었다. 4차 산업혁명이란 제목이나 부제를 단 책자는 이미 100종을 넘어섰는데, 그 중에는 4차 산업혁명과 직접 연관되지 않는 것도 제법 존재한다. 심지어 4차 산업혁명을 모르면 시대에 뒤떨어진 사람으로 치부되는 현상도 발생하고 있다.

4차 산업혁명에 대한 화두는 2016년 1월에 스위스 다보스에서 개최된 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)을 통해 본격적으로 제기되었다. 이에 앞선 2015년 12월에 세계경제포럼의 회장인 슈밥(Klaus Schwab)은 『포린 어페어스(Foreign Affairs)』를 통해 4차 산업혁명의 대강을 제시한 바 있다(Schwab, 2015). 이어 그는 2016년 1월의 세계경제포럼을 통해 『4차 산업혁명(The Fourth Industrial Revolution)』이란 책자를 선보이면서 4차 산업혁명의 정의, 4차 산업혁명을 이끄는 기술, 4차 산업혁명의 영향력, 4차 산업혁명의

기술적·사회적 이슈에 관한 설문조사 등을 포괄적으로 다루었다 (슈밥, 2016).

4차 산업혁명에 관한 논의는 다양한 각도에서 전개되고 있지만, 이 논문은 역사적 맥락에서 4차 산업혁명(론)에 어떻게 접근할 수 있는지에 대해 살펴보고자 한다. 4차 산업혁명(론)에 대한 역사적 이해는 1차 산업혁명, 2차 산업혁명, 3차 산업혁명에 대한 논의를 필요로 한다. 슈밥 역시 이러한 점을 잘 알고 있으며, 1차 산업혁명을 기계에 의한 생산, 2차 산업혁명을 대량생산, 3차 산업혁명을 컴퓨터 혁명 혹은 디지털 혁명으로 규정한 바 있다(슈밥, 2016: 25). 이보다 자세한 논의로는 세계경제포럼의 이사인 데이비스(Nicholas Davis)가 발표한 글에서 찾을 수 있다. 그는 1차, 2차, 3차 산업혁명의 주력 부문과 시작 연도를 [표1]과 같이 제시했다.

〈표 1〉 세계경제포럼의 산업혁명사에 대한 인식

구분	시작 연도	주력 부문
1차 산업혁명	1784년	수력과 증기력, 기계적 생산설비
2차 산업혁명	1870년	분업, 전기, 대량생산
3차 산업혁명	1969년	전자공학, 정보기술, 자동화 생산
4차 산업혁명	?	CPS(cyber-physical systems)

자료: Davis(2016).

4차 산업혁명은 과연 실제로 존재하는 것인가? 아니면 미래 사회에 대한 몇몇 논자들의 예측에 불과한가? 4차 산업혁명을 또 하나의 산업혁명으로 규정할 수 있는가? 4차 산업혁명에 대한 논자들은 1차, 2차, 3차 산업혁명을 제대로 진단하고 있는가? 4차 산업혁명은 어떤 역사적 위상을 가질 수 있을까? ... 이러한 질문을

염두에 두고 이 논문에서는 1차, 2차, 3차 산업혁명의 역사적 흐름을 개관한 후 그것이 4차 산업혁명에 관한 논의에 제기하는 몇 가지 논점을 살펴보고자 한다.¹⁾

2. 1차 산업혁명의 전개와 영향

1) 용어의 기원과 의미

‘산업혁명(The Industrial Revolution)’이란 용어는 1884년에 아놀드 토인비(Arnold Toynbee)의 유고 『18세기 영국 산업혁명 강의』가 발간되면서 널리 사용되기 시작했다. 그는 19세기 후반 영국의 경제학자이자 사회개혁가로 산업혁명의 본질을 자유경쟁, 공장제, 부의 급속한 증가, 분배의 불평등 등으로 요약했다(Toynbee, 1884).²⁾ 이어 1906년에 프랑스의 역사학자 망투(Paul Mantoux)에 의해 『18세기의 산업혁명』이 출간됨으로써 산업혁명은 학술적 용어로 정착되는 경향을 보였다(Mantoux, 1906). 그 후 일군의 학자들에 의해 ‘2차 산업혁명(The Second Industrial Revolution)’이 식별되면서 기존의 산업혁명은 ‘1차 산업혁명(The First Industrial Revolution)’으로 다시 정의되기도 했다.³⁾ 산업혁명이 고유명사에서 일반명사로 변경된 셈이다.

1) 이하의 논의는 송성수(2017)를 보완한 것으로, 초기 버전은 2017년 5월 27일에 개최된 2017년 한국과학기술학회 전기기술대회에서 발표된 바 있다.

2) 위키피디아의 ‘Industrial Revolution’ 항목(https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Revolution)에는 토인비 이전에 산업혁명이란 용어를 사용한 사람으로 오토(Louis-Guillaume Otto), 윌리엄스(Raymond Williams), 블랑키(Jérôme-Adolphe Blanqui), 엥겔스(Friedrich Engels) 등이 거론되고 있다.

산업혁명은 18세기 중엽부터 19세기 중엽까지 영국을 중심으로 발생했던 기술적·조직적·경제적·사회적 변화를 지칭한다.⁴⁾ 기술적 측면에서는 도구가 기계로 본격적으로 대체되었고, 조직적 측면에서는 기존의 가내수공업을 대신하여 공장제도가 정착되었다. 경제적 측면에서는 국내 시장과 해외 식민지를 바탕으로 광범위한 자본축적이 이루어졌으며, 사회적 측면에서는 산업자본가와 임금노동자를 중심으로 한 계급사회가 형성되었다. 산업혁명을 통하여 인류사회는 자본주의의 발전에 필요한 토대를 구축하게 되었으며, 농업사회에서 공업사회로 급속히 재편되기 시작했다.

2) 1차 산업혁명의 전개

1차 산업혁명의 본질에 대해서는 아직도 의견이 분분하지만, 이를 통해 검토되고 있는 주요 주제는 상당한 유사성을 보인다고 할 수 있다. 1차 산업혁명에 대한 거의 모든 논의는 면공업, 철공업, 석탄공업을 비롯한 제반 공업에서의 기술혁신과 조직혁신을 다루고 있다. 이와 함께 농업상의 변화, 교통수단의 변천, 국내시장 및 해외무역의 성장, 산업자본의 조달, 노동력의 공급과 노동자의 지위, 인구의 성장과 도시화 등이 산업혁명의 주요 주제로 간주되고 있다(Mathias and Davis, 1989; 김종현, 2006).

3) 산업혁명에 대한 단행본 중에 '1차 산업혁명'이란 용어를 채택한 것으로는 Mathias and Davis(1989)를 들 수 있다.

4) 1차 산업혁명의 시기에 대해서도 1760-1830년, 1780-1840년, 1750-1850년 등 다양한 견해가 존재하는데, 1차 산업혁명에 대한 논의가 진전되면서 그 시기가 조금씩 확장되는 경향을 보이고 있다(김종현, 2006: 15-72).

면공업은 산업혁명의 주역에 해당한다. 면공업은 영국 산업의 변형과정에서 주도적 역할을 담당했을 뿐만 아니라 근대적 산업의 특징인 동력기의 사용, 공장제의 발전, 자본-임노동 관계의 형성, 대량생산의 추구 등이 전형적으로 나타났던 분야였던 것이다. 더구나 면공업의 급속한 발전은 동력, 작업기, 표백 등의 문제를 통해 석탄공업, 철공업, 화학공업 등의 발전을 촉진했다. 면공업은 면사를 생산하는 방직 부문과 면사를 짜서 면직물을 만드는 방직 부문으로 구분된다. 방직 부문의 기술혁신으로는 하그리브스(James Hargreaves)의 제니 방직기, 아크라이트(Richard Arkwright)의 수력 방직기, 크롭프턴(Samuel Crompton)의 물 방직기를, 방직 부문의 기술혁신으로는 케이(John Kay)의 자동 북(flying shuttle)과 카트라이트(Edmund Cartwright)의 역직기를 들 수 있다.

면공업을 중심으로 한 기계화의 진전은 목제기계를 철제기계로 바꿀 것을 요구했고, 그 속에서 철공업과 기계공업이 발전할 수 있는 계기를 제공했다. 철공업은 용광로를 통해 철광석에서 선철을 만드는 공정과 선철을 단철이나 연철로 만드는 공정으로 구분된다. 전자의 경우에는 다비(Abraham Darby)에 의해 코크스 제철법이, 후자의 경우에는 헨츠먼(Benjamin Huntsman)의 도가니 제강법과 코트(Henry Cort)의 교반 및 압연법이 개발되었다. 산업혁명의 초기에는 기계가 해당 공장에서 직접 제작되었지만, 점차적으로 기계를 만드는 기계의 생산, 즉 공작기계공업이 독립적인 분야로 발전하게 되었다. 공작기계의 발명은 간단한 절삭용 기계나 이동용 기계로부터 공장용 공작기계와 자동기계의 출현으로 이어졌는데, 이는 윌킨슨(John Wilkinson)의 천공기, 모즐리(Henry Maudslay)의 나사절단선반, 로버츠(Richard Roberts)의 평삭반 등으로 구현되었다.

공업의 근대적인 변혁은 그에 적합한 동력의 혁신을 수반했다. 자연적 조건에 제약받지 않는 동력을 규칙적으로 공급한다는 것은 근대적 공업생산에 필수적인 요건이었던 셈이다. 16세기에 가장 중요한 동력은 수력이었고, 16세기 말과 17세기 초에는 영국의 여러 공업부문의 연료가 목탄에서 석탄으로 대체되었다. 그런데 탄광의 깊이가 점점 깊어짐에 따라 통풍, 배수, 운반 등의 문제가 생겨났고 이를 해결하기 위한 노력은 세이버리(Thomas Savery)의 증기양수장치, 뉴커먼(Thomas Newcomen)의 대기압 증기기관, 와트(James Watt)의 회전식 증기기관으로 이어졌다. 와트의 증기기관도 지속적인 변화를 겪어 왔다. 그는 1769년에 분리용축기를 발명한 후 1776년에 이를 활용한 증기기관을 상업화하는 데 성공했다. 이어 1781년에는 복동식 증기기관이 개발되었고, 1783년에는 회전식 증기기관이 완성되기에 이르렀다.

산업혁명기에 교통수단의 발전은 도로의 개량, 운하의 건설, 철도의 설치와 같은 세 가지 국면을 통해 이루어졌다. 도로의 경우에는 메커덤 공법을 비롯한 새로운 도로포장법이 개발되면서 유료 도로(turnpike)의 형태로 전국적인 도로망이 조성되었다. 운하 건설은 1761년에 워터브리지 운하가 개통되는 것을 시작으로 1790년대까지 열광적으로 추진되었으며, 18세기 말 영국에서 운항이 가능한 수로는 2천 마일에 이르렀다. 철도는 처음에 탄광 내부에서 사용되다가 점차 광산지역과 공업지역을 연결하는 교통수단으로 자리잡았다. 오늘날과 같은 형태의 증기기관차는 트레비식(Richard Trevithick)이 처음 만들었으며, 이를 상업화하는 데 성공한 사람은 스티븐슨(George Stephenson)이었다. 세계 최초의 장거리 철도라 할 수 있는 리버풀-맨체스터 철도는 1830년에 개통되었는데, 스티븐슨의

로켓호가 시속 14마일로 달림으로써 철도에 대한 붐을 일으켰다.

그렇다면 1차 산업혁명을 대표하는 핵심 기술은 무엇이고 그것은 언제 출현했을까? 산업혁명의 주역인 면공업을 고려한다면, 1769년에 발명된 아크라이트의 수력방직기나 1785년에 개발된 카트라이트의 역직기를 들 수 있을 것이다. 이와 달리 많은 사람들이 주목하고 있는 것은 와트의 증기기관이다. 하지만 와트의 증기기관의 경우에도 분리웅축기를 증시하면 1769년, 최초의 상업화에 초점을 두면 1776년, 회전식 증기기관을 고려하면 1783년이 중요한 연도가 된다. 더 나아가 증기기관과 방직기의 결합에 주목한다면, 와트의 증기기관이 방직공장에 처음 도입된 1789년이 부각될 수 있을 것이다(Bunch and Hellemans, 1993).

3) 1차 산업혁명의 특징과 영향

1차 산업혁명은 기술의 역사에서 어떤 의미를 가지고 있을까? 개별적인 기술혁신은 이전부터 계속되어 왔지만 산업혁명을 계기로 개별적인 기술혁신이 상호연관을 맺으면서 서로를 강화시키기 시작했다. 증기기관은 방직기에 활용되었으며, 역으로 면공업의 발전은 더 많은 증기기관을 요구했다. 증기기관을 만들기 위해서는 양질의 철이 필요했고, 역으로 용광로에 뜨거운 바람을 불어넣은 데에는 증기기관이 활용되었다. 또한 철도가 건설되면서 철광석의 수송비용이 낮아졌고 이에 따라 철의 생산비용도 낮아졌다. 그것은 다시 저렴한 철도를 가능하게 했으며 수송비용을 더욱 낮추는 결과를 유발했다. 철도의 동력원으로 증기기관이 활용되었다는 점을 감안하면 기술혁신 사이의 상호연관성은 더욱 증폭될 것이다.

사실상 산업혁명이 ‘혁명적’ 효과를 낼 수 있었던 이유도 기술혁신의 상호연관성 혹은 시너지 효과에서 찾을 수 있다.

1차 산업혁명은 16-17세기의 과학혁명 이후에 발생했기 때문에 처음에는 산업혁명의 기술혁신이 과학에 많은 영향을 받았다고 막연하게 가정되었지만, 산업혁명기의 과학과 기술의 관계를 고찰한 많은 학자들의 연구에 의해 이러한 가정은 다시 조명되었다. 즉, 산업혁명기에는 과학자와 기술자의 인적 연결이 이루어지면서 기술혁신에 과학의 태도와 방법론이 적극적으로 활용되었고, 과학적 지식을 기술혁신에 활용하려는 의도와 노력은 많았지만 과학의 내용이 기술혁신에 구체적으로 적용된 예는 찾기 어렵다는 것이다.⁵⁾

경제적 측면에서 1차 산업혁명은 농업 중심의 경제에서 공업 중심의 경제로 전환되는 역사적 과정으로 이해할 수 있다. 1700년경에 영국의 국민총생산에서 농업은 약 40%, 공업은 약 20%를 차지하고 있었다. 그러나 1801년이 되면, 농업, 임업, 수산업은 32.5%, 공업은 23.4%의 비중을 보였고, 1841년에는 각각 26.1%와 31.9%로 변화했다. 이와 함께 농업에 종사하는 인구의 비중도 1759년에 48%였던 것이 1841년에는 25% 수준으로 감소했다(차명수, 1992: 324). 1차 산업혁명을 통해 공업이 영국 경제의 중심 부문으로 자리를 잡았으며, 영국은 ‘최초의 공업국’ 혹은 ‘세계의 공장’으로 부상하게 되었던 것이다. 1차 산업혁명을 매개로 영국과 다른 국가들 사이에 공산품의 생산성에서 상당한 격차가 생겨나면서 국제 무역이 증가하기 시작한 것도 주목할 만하다.

보다 거시적인 시각에서 보면, 1차 산업혁명은 소위 ‘말서스의 덩(Malthusian trap)’을 벗어나 지속적인 경제성장으로 이어지는

5) 산업혁명기의 과학과 기술의 관계에 대한 자세한 논의는 송성수(2007)을 참조.

계기로 작용했다. 전통적 경제에서는 생산성이 낮을 뿐만 아니라 수확체감의 법칙이 작용하여 확대재생산이 지속되지 못하며, 이에 따라 인구가 적정 수준으로 중심으로 증가와 감소의 사이클을 형성하는 악순환이 거듭된다. 이에 반해 1차 산업혁명으로 촉발된 자본주의 경제는 공업적 기반을 바탕으로 확대재생산이 지속되고 인구와 1인당 실질소득이 지속적으로 증가하는 경향을 보여 왔다(Galor, 2005).

1차 산업혁명을 매개로 공장제라는 새로운 생산체계가 정립되었다. 공장제는 1770년대에 아크라이트의 수력 방적기가 활용되면서 현실화되기 시작했으며, 1830년대에 카트라이트의 역직기가 본격적으로 보급되면서 전면적으로 성립되었다. 공장제의 성립은 새로운 생산관계의 정립을 의미하였다. 고용주와 노동자의 관계는 온정적 관계에서 금전적 관계로 전환되었다. 각종 기계가 도입되면서 경제적 지위가 낮아지고 기존의 사회적 관계가 붕괴되자 노동자들은 매우 과격해졌다. 기술자나 기업가를 협박하고 기계를 부수고 공장을 불태우는 일이 빈번해졌다. 이러한 기계파괴운동은 1810년대에 절정을 이루었으며, 전설적 인물인 러드(Ned Ludd)의 이름을 따 러다이트운동(Luddism)으로 불렸다.

3. 2차 산업혁명의 전개와 영향

1) 용어의 기원과 의미

2차 산업혁명이란 용어는 영국의 생물학자이자 사회학자인 게테

스(Patrick Geddes)가 1910년에 발간한 『도시의 진화』에서 처음 사용했던 것으로 전해진다(Geddes, 1910). 2차 산업혁명은 미국의 경제사학자인 랜디스(David Landes)가 1969년에 발간한 『자유의 몸이 된 프로메테우스(The Unbound Prometheus)』를 통해 학술적 용어의 지위를 얻었다(Landes, 1969). 이어 경영사학의 개척자로 평가받는 찬들러(Alfred D. Chandler, Jr.)가 1990년에 『규모와 범위』를 발간하면서 2차 산업혁명이란 용어를 채택했다(Chandler, 1990). 보다 거시적인 시각에서 보면, 1차 산업혁명과 2차 산업혁명은 주로 서구의 산업화에 주목하는 용어라 볼 수 있다. 1차 산업혁명이 영국의 산업화에 초점을 두고 있다면, 2차 산업혁명은 독일이나 미국과 같은 후발국의 추격을 다루고 있는 셈이다.

2차 산업혁명은 대략 1870~1920년에 전개된 것으로 평가되고 있으며,⁶⁾ 해당 시기에는 새로운 기술들이 꼬리에 꼬리를 물고 등장했다. 강철, 인공염료, 백열등, 전화, 무선전신, 내연기관 등은 그 대표적인 예이다. 이러한 기술혁신은 기존의 산업을 크게 변혁시키거나 염료산업, 전기산업, 통신산업, 자동차산업 등과 같은 새로운 산업을 창출함으로써 당대의 산업발전과 경제성장에 커다란 영향을 미쳤다. 2차 산업혁명을 계기로 대기업이 기술혁신의 핵심 주체로 부상했으며, 기술의 주도권은 영국에서 독일과 미국으로 이동하기 시작했다. 특히 영국의 산업혁명에서는 기술혁신이 직접적인 영향력을 행사했다고 평가하기는 힘든 반면, 2차 산업혁명은 새로운 기술혁신에서 비롯되었다고 해도 과언이 아닐 정도로 기

6) 2차 산업혁명의 시점으로는 1856년, 1870년경, 1876년, 1879년 등이, 종점으로는 1914년, 1920년경, 1930년경 등이 거론되고 있지만, 많은 경우에는 2차 산업혁명의 시기를 1870~1920년으로 간주하고 있다(Hull, 1999).

술혁신이 당시의 경제와 사회의 변화에 커다란 영향을 미쳤다.

2) 2차 산업혁명의 전개기

1차 산업혁명이 선철(pig iron)의 시대였다면, 2차 산업혁명은 ‘강철(steel)의 시대’였다. 2차 산업혁명기에는 베세머(Henry Bessemer)의 전로법, 지멘스(William Siemens)와 마르탱(Pierre Martin)의 평로법, 토머스(Sidney Thomas)와 길크라이스트(Percy Gilchrist)의 염기성 전로법 등이 등장하여 강철을 대량으로 생산하는 단계에 이르렀다. 1889년 파리 만국박람회의 인기를 독차지한 에펠탑은 강철을 재료로 한 것으로 철이 수직건물에도 사용될 수 있다는 점을 보여준 상징적인 건축물이었다. 강철과 함께 2차 산업혁명을 선도한 재료로는 인공염료를 들 수 있다. 퍼킨(William Perkin)은 역사상 최초의 인공염료인 모브(mauve)를 개발했으며, 이어 마젠타(magenta), 알리자린 레드(alizarin red), 인디고 블루(indigo blue) 등이 속속 등장했다. 이를 배경으로 보통 사람들도 다양한 색상의 옷을 입을 수 있는 ‘색깔의 시대’가 열렸다.

1차 산업혁명이 증기의 시대였다면 제2차 산업혁명은 ‘전기의 시대’였다. 전기의 시대는 에디슨(Thomas Edison)이 1879년에 백열등을 개발하는 것에서 시작되었다. 에디슨은 가정에서 백열등을 사용하는 데 필요한 거의 모든 것을 개발했으며, 백열등의 상업화

기 랜디스는 2차 산업혁명의 특징으로 ① 강철 및 화학물질과 같은 신소재의 등장, ② 전기와 내연기관을 비롯한 새로운 동력의 출현, ③ 공장의 기계화와 분업의 진전을 들고 있다(Landes, 1969: 231-358). 여기서는 소재(material), 동력(power), 경영(management) 이외에 통신(communication)을 추가하여 2차 산업혁명의 전개과정을 개관하고자 한다. 아래에서 거론되는 주요 기술자들의 생애와 업적에 대해서는 송성수(2015)를 참조.

를 위한 경영활동도 포괄적으로 전개했다. 이어 테슬라(Nikola Tesla)는 1888년에 교류용 전동기를 발명했고, 한 동안 직류와 교류 사이에는 ‘전류 전쟁(current war)’이라 불릴 정도로 격렬한 경쟁이 전개되기도 했다. 전기는 세탁기와 냉장고를 비롯한 가전제품에도 널리 사용되었고, 공장과 전차의 동력원으로도 각광을 받았다. 전력은 가격이 저렴하고 전달이 쉬우며 깨끗하고 응용범위가 넓다는 점에서 증기력을 급격히 대체해 나갔다. 예를 들어 1900년에 증기와 전기가 동력원에서 차지하는 비율은 80%와 5%이었지만 1930년에는 그 비율이 15%와 75%로 역전되었다.

기술의 발전은 인간이 의사를 소통하는 방식에도 큰 변화를 유발했다. 모스(Samuel Morse)가 1837년에 전신을 발명한 이후 많은 기술자들은 전신을 매개로 적극적인 활동을 전개했다. 2차 산업혁명을 통해 등장한 통신기술로는 벨(Alexander Bell)의 전화, 마르코니(Guglielmo Marconi)의 무선전신, 암스트롱(Edwin Armstrong)의 라디오 등을 들 수 있다. 전신이 모스부호와 같은 신호를 다룬다면 전화는 인간의 음성을 중개한다. 무선전신을 사용하면 전신선 없이 신호를 보낼 수 있고, 라디오로는 무선으로 음성까지 전달할 수 있다. 이런 식으로 통신기술은 꼬리에 꼬리를 물고 이어졌다. 통신기술의 경우에는 발명의 우선권을 놓고 수많은 논쟁이나 분쟁이 전개되기도 했다.

전기와 함께 새로운 동력원으로 부상한 것은 내연기관이었다. 19세기 후반부터 많은 발명가들은 증기기관과 같은 외연기관에 비해 열효율을 크게 향상시킬 수 있는 내연기관의 개발을 모색했다. 내연기관은 가솔린 기관과 디젤 기관으로 현실화되었다. 가솔린 기관은 다임러(Gottlieb W. Daimler)와 벤츠(Karl Benz)가 각각 독립적으로 개발했으며, 디젤 기관은 그것을 발명한 디젤(Rudolf

Diesel)의 이름에서 유래했다. 가솔린 기관과 디젤 기관의 확산으로 인류 사회는 석유에 크게 의존하는 사회로 변모하기 시작했다. 가솔린 기관에 의해 가벼운 동력원이 현실화되면서 비행기구의 가능성도 본격적으로 모색되었다. 초기의 비행기구는 비행선이나 글라이더의 형태를 띠었으며, 1903년에 라이트 형제는 플라이어 1호를 개발하여 세계 최초의 유인동력비행에 성공했다.

2차 산업혁명기에는 생산관리를 비롯한 기업경영에서도 상당한 변화가 있었다. 테일러(Frederick Taylor)는 작업의 세분화와 공구의 특화에 입각한 ‘과학적 관리’를 주창했다. 그는 시간연구를 통해 노동자의 과업(task)을 설정했고, 과업관리에 적합한 조직인 기획부와 기능별 직장제를 고안했다. 테일러주의를 계승하고 더욱 발전시켰던 것은 포드주의였다. 포드(Henry Ford)는 1908년에 모델 T를 대량으로 생산하면서 테일러주의를 구현했으며, 1914년에 컨베이어 벨트를 도입하여 연속적인 조립라인을 구축했다.⁸⁾ 그 후 이직률이 크게 증가하자 포드는 ‘일당 5달러(five-dollar day)’ 정책을 실시했으며, 이에 따라 일반 노동자들도 마음만 먹으면 어렵지 않게 자동차를 구매할 수 있게 되었다. 이처럼 포드는 컨베이어 벨트와 일당 5달러 정책을 통해 대량생산과 대중소비의 결합을 추구했다.

그렇다면 2차 산업혁명을 촉발한 핵심 기술은 무엇이고 그것은 언제 등장했을까? 가장 빠른 연도는 1856년이라 할 수 있는데, 그 해에는 베세머의 전로법과 퍼킨의 인공염료가 등장했다. 가장 늦은 연도로는 컨베이어 벨트에 의해 대량생산이 본격화된 1914년을 고려할 수 있을 것이다. 많은 역사가들이 주목하는 시기

8) 당시에 포드는 도축장의 해체라인을 보면서 자신의 공장에 필요한 조립라인을 구상했는데, 도축장의 해체라인은 1870년경에 신시내티에서 처음 활용된 것으로 전해진다.

는 1870년대인데, 1876년에는 전화가, 1879년에는 백열등이 개발되어 통신산업과 전기산업이 본격적으로 발전하기 시작했다. 그 밖의 후보로는 ‘자동차 빅뱅의 해’로 여겨지는 1886년을 들 수 있는데, 그 해에는 벤츠가 가솔린 자동차로 최초의 특허를 받았을 뿐만 아니라 다임러가 네 바퀴가 달린 가솔린 자동차를 개발했다.

3) 2차 산업혁명의 특징과 영향

오늘날의 많은 기술시스템(technological system)은 2차 산업혁명을 매개로 출현했다. 전력 시스템, 통신 시스템, 대량생산 시스템 등이 그것이다. 여기서 기술시스템은 유명한 기술사학자인 휴즈(Thomas P. Hughes)가 제창한 개념으로 기술적 인공물은 물론 다양한 사회적 요소를 포괄하고 있다(Hughes, 1987). 이와 같은 수많은 이질적인 요소들을 시스템으로 통합하는 주체는 ‘시스템 구축가(system builders)’에 해당하는데, 앞서 언급한 에디슨과 포드가 이러한 예에 속한다. 그들은 중요한 기술을 개발하거나 확보하는 것은 물론 해당 기술이 쓰일 수 있는 사회적 조건을 만드는 데에도 크게 기여했다. 기술과 사회가 결합된 시스템이 형성되면서 기술은 공장을 넘어 가정에도 깊이 스며들기 시작했다. 19세기만 해도 기술이라고 하면 대부분 산업계의 전유물로 간주되었지만, 20세기에 들어서서 기술이 일상생활에도 널리 사용되었던 것이다.⁹⁾

2차 산업혁명기에는 이전과 달리 과학의 내용이 기술혁신에 활용되기 시작했다. 이러한 경향은 염료산업이나 전기산업과 같은

9) 20세기에는 세탁기, 냉장고, 진공청소기 등과 같은 가전제품의 확산을 배경으로 가정의 경제적, 사회적 구조도 변화했는데, 이러한 현상은 공장에서의 산업혁명에 대비하여 ‘가정에서의 산업혁명(industrial revolution in home)’으로 불리기도 한다(Cowan, 1983).

새로운 산업 분야에서 두드러지게 나타났다. 염료산업은 유기화학을, 전기산업은 전자기학을 활용하면서 크게 성장했던 것이다. 이러한 분야들에서는 기업체가 연구소를 설립하여 ‘산업적 연구(industrial research)’를 수행함으로써 과학과 기술이 상호작용할 수 있는 제도적 공간도 마련되었다. 독일의 바이엘(Bayer) 연구소와 미국의 제너럴 일렉트릭(General Electric) 연구소는 그 대표적인 예이다. 이와 함께 20세기를 전후해서는 기술지식을 체계화한 공학(engineering)이 출현하여 과학과 기술의 상호작용이 학문적 차원에서도 강화되기 시작했다.

2차 산업혁명기에는 대기업이 기술혁신과 경제성장을 주도하기 시작했다. 미국과 유럽은 1870년대 중엽부터 1890년대 중엽까지 대불황(Great Depression)을 맞이했고, 이에 대처하여 기업간 수평적 합병이나 수직적 통합이 빈번히 발생했다. 이러한 과정에서 등장한 대기업은 시장이라는 ‘보이지 않는 손’에 의존하는 대신에 시장을 지배하는 ‘보이는 손(the visible hand)’으로 변신하여 규모의 경제나 범위의 경제를 달성하는 양상을 보였다(Chandler, 1977). 2차 산업혁명기에 등장한 몇몇 대기업은 오늘날에도 그 위세를 이어가고 있는데, 바이엘, 지멘스, 제너럴 일렉트릭, 포드 자동차 등이 여기에 속한다.

2차 산업혁명을 통해 영국은 물론 다른 선진국들도 본격적인 산업화의 국면을 맞이했다. 영국 이외에도 독일, 프랑스, 미국, 러시아, 이탈리아, 일본 등이 산업국의 반열에 오르게 되었던 것이다. 특히 2차 산업혁명이 마무리될 무렵에는 독일과 미국이 영국을 능가하는 양상을 보였다. 예를 들어, 세계의 공업생산에서 영국이 차지하는 비중은 1840년에 45%를 기록한 후 1913년에는 14%로 감소했던 반면, 같은 기간에 독일은 12%에서 16%로, 미국은 11%에서 36%로 증가했다(김종현, 1984: 181).¹⁰⁾

앞서 언급했듯이, 2차 산업혁명을 매개로 다양한 기술시스템이 등장하면서 인류 사회는 기술에 크게 의존하게 되었다. 기술은 먹고 입고 일하는 것에서 말하고 움직이는 방식에 이르기까지 우리에게 없어서는 안 될 존재가 되었다. 예를 들어, 매우 간단하게 보이는 의류를 생산하고 판매하는 과정도 기술에 크게 의존하고 있다. 먼저 전기에 의해 동력을 받는 공장에서 인공염료를 생산한다. 그것은 철강으로 만들어진 철도를 통해 섬유공장으로 전송된다. 섬유공장에서 생산된 의류는 다시 여러 소비지역으로 운반된다. 소비자는 전화를 걸어 의류를 주문하거나 자동차를 타고 백화점에 가서 구입한다. 이처럼 옷 한 벌도 전기, 인공염료, 철강, 전화, 자동차 등과 같은 기술에 의존하며 여기에는 발전소, 철도회사, 섬유업체, 백화점 등과 같은 조직이 결부되어 있다. 20세기에 들어와 기술은 복잡해지고 세밀해져서 한 개인이 기술의 세계에서 빠져나오기는 어려워졌다.

4. 3차 산업혁명에 관한 고찰

1) 용어의 맥락

20세기 후반에 들어와 1차 산업혁명과 2차 산업혁명 이외에 또 하나의 혁명이 전개되고 있는 것이 감지되기 시작했다. 일련의 마

10) 이와 관련하여 후발국의 산업화 유형론을 제시했던 거셴크론(Alexander Gerschenkron)은 후발국의 산업화가 급속히 전개되고, 비자생적으로 이루어지며, 강력한 이념이 필요하고, 중공업 부문에 의해 선도되는 경향이 있다고 지적한 바 있다(Gerschenkron, 1962).

르크스주의자들은 2차 세계대전 이후에 과학기술혁명(scientific and technological revolution, STR)이 시작되었다고 평가했다. 16-17세기의 과학혁명, 2차 산업혁명에 해당하는 ‘기술혁명’에 이어 과학과 기술이 일체화된 과학기술혁명이 전개되고 있다는 것이었다(Richta, 1969). 이에 대해 유명한 미래학자인 벨(Daniel Bell)은 탈산업사회(post-industrial society)를 주창하면서 사회주의 대신에 서비스 경제가 발전하고 있다고 진단했다(Bell, 1973). 벨은 인류 사회의 거대한 변화를 농업사회, 산업사회, 탈산업사회로 구분했는데, 그것은 1980년에 또 다른 미래학자인 토플러(Alvin Toffler)가 제1물결, 제2물결, 제3물결로 구분한 것과 거의 유사했다(Toffler, 1980). 벨은 1989년에 발간한 논문에서 ‘3차 기술혁명’이란 용어를 사용하기도 했다(Bell, 1989).

벨의 탈산업사회나 토플러의 제3물결은 이후에 정보사회의 도래를 의미하는 정보혁명(information revolution)이란 용어로 재해석되었다. 1차 산업혁명과 2차 산업혁명이 산업화에 해당한다면, 20세기 후반에 전개되고 있는 현상은 정보화를 뜻한다는 것이었다. 이에 대해서 정보 자체는 커다란 의미를 가지지 않으며 그것이 지식으로 격상되거나 네트워크를 구성하는 것이 중요하다는 비판이 제기되면서 ‘지식혁명’이나 ‘네트워크 혁명’과 같은 용어도 종종 사용되었다(매일경제신문, 2000; 홍성욱, 2002). 급기야 2016년의 세계경제포럼은 4차 산업혁명의 전 단계로 ‘3차 산업혁명’을 본격적으로 거론했는데, 그 내용은 사실상 정보혁명과 크게 다르지 않은 것으로 판단된다.¹¹⁾ 이처럼 3차 산업혁명은 4차 산업혁명이 부각

11) 3차 산업혁명에는 다른 어법도 있다. 가령 세계적인 경제학자이자 문명비평가인 리프킨(Jeremy Rifkin)이 2011년에 출간한 『3차 산업혁명』은 인터넷 기술과 재생에너지의 융합에 주목하고 있다(Rifkin, 2011).

되면서 생겨난 용어로 아직 학술적으로 정착되지는 않았지만,¹²⁾ 여기서는 논의의 편의상 3차 산업혁명이란 용어를 사용하고자 한다.

2) 3차 산업혁명의 전개

3차 산업혁명의 씨앗이 되는 컴퓨터는 2차 세계대전의 산물이었다. 최초의 범용 전자식 컴퓨터로 알려진 에니악(Electronic Numerical Integrator and Calculator, ENIAC)은 탄도표를 계산할 목적으로 1946년에 개발되었다. 비슷한 시기에 노이만(John von Neumann)은 핵무기 설계에 필요한 데이터를 처리할 수 있는 컴퓨터를 개발하는 과정에서 프로그램 내장 방식과 2진법 논리 회로라는 개념에 도달했다. 초기의 컴퓨터는 수십만 달러 이상 나가는 대형 컴퓨터(mainframe)였고, 이를 구비했던 기관은 정부, 군대, 대기업, 그리고 몇몇 대학에 국한되어 있었다.

이와 달리 마이크로컴퓨터(microcomputer)의 발전에는 개인적 취미를 추구하는 컴퓨터 열광주의자들이 뚜렷한 흔적을 남겼다. 마이크로컴퓨터가 오늘날과 같은 대중적 제품으로 탈바꿈하는 데에는 애플 컴퓨터의 역할이 컸다. 잡스(Steven Jobs)와 워즈니악(Stephen Wozniak)은 1976년과 1977년에 각각 애플 I와 애플 II를 개발했으며, 그 중 애플 II는 시장에 출시되자마자 큰 성공을 거두었다. 이어 IBM은 1981년에 개인용 컴퓨터(personal computer, PC) 시장에 진입하면서 설계 및 운영체제를 공개했으며, IBM 호환용 PC는 컴퓨터 산업계에서 ‘사실상의 표준(de facto standards)’으로 자리 잡았

12) 예를 들어, 위키피디어에서 3차 산업혁명(The Third Industrial Revolution)을 검색하면 Rifkin(2011)에 대한 소개가 등장하며, 정보혁명(information revolution)과 디지털혁명(digital revolution)이란 검색어가 여기서 다루고 있는 3차 산업혁명과 유사한 내용을 담고 있다.

다. 당시에 MS-DOS라는 운영체계를 제공했던 마이크로소프트는 1987년에 윈도를 출시하면서 세계적인 기업으로 성장했다.

컴퓨터의 발전과 병행된 기술은 반도체였다. 벨연구소의 반도체연구팀에 속한 바딘(John Bardeen), 브래튼(Walter Brattain), 쇼클리(William Shockley)는 1947년에 트랜지스터를 개발했다. 1950년대부터는 수많은 과학기술자들이 실리콘밸리에 몰려들어 반도체 개발에 인생을 걸기 시작했다. 1958년에는 텍사스 인스트루먼트의 킬비(Jack Kilby)와 페어차일드의 노이스(Robert Noyce)가 거의 동시에 집적회로(integrated circuit, IC)의 개발에 성공했다. IC는 이후에 집적도가 더욱 높아지면서 LSI(large scale integration), VLSI(very large scale integration), ULSI(ultra large scale integration)로 발전했다.

2차 대전 이후에는 기계기술과 전자기술이 결합되어 자동화 기술이 등장하기도 했다. 1952년에는 수치제어(Numerical Control, NC) 공작기계가 최초로 상업화되었고, 1962년에는 데벌(George Devol)이 최초의 산업용 로봇을 개발했으며, 1969년에는 프로그램이 가능한 논리 제어장치(Programmable Logic Controller, PLC)인 모디콘(Modicon) 084가 등장했다. 자동화는 공장자동화(factory automation, FA)에서 시작하여 사무자동화(office automation, OA), 가정자동화(home automation, HA) 등으로 대상 영역을 확대해 왔다. 자동화 기술의 발전과 이를 매개로 한 생산방식의 변화는 포드주의로 대표되는 소품종 대량 생산방식과 대비되어 ‘린 생산방식(lean production system)’, ‘포스트포드주의(Post-Fordism)’ 등으로 불리면서 그것의 성격 규명을 둘러싸고 수많은 논쟁이 전개되었다(이영희, 1994).

3차 산업혁명은 정보기술(information technology, IT)의 등장으로 가시화되었다. 정보기술은 통신기술과 컴퓨터기술이 결합된 것

으로 모뎀에서 시작된 후 인터넷으로 발전했다. 인터넷의 기원으로는 1969년에 서프(Vinton G. Cerf) 등이 개발한 아르파넷(ARPAnet)이 꼽힌다. 1970년대에는 유즈넷(Usenet), 텔넷(Telnet), 엔에스에프넷(NSFnet), 에듀넷(EduNet) 등과 같은 다양한 네트워크들이 등장했다. 1983년에 아르파넷은 TCP/IP라는 표준 프로토콜을 채택하면서 다른 네트워크도 동일한 프로토콜을 사용할 것을 주장했고, 그것이 점차 수용되면서 인터넷은 TCP/IP를 통해 서로 연결된 네트워크를 의미하게 되었다. 또한 1991년에는 유럽입자물리연구소의 버너스-리(Tim Berners-Lee)가 HTTP와 HTML을 바탕으로 우리가 요즘에 사용하는 방식인 월드와이드웹(World Wide Web)을 개발했다.

인터넷이 일반 사람들의 필수품으로 정착하기 시작한 것은 1994년을 전후하여 발생한 일이었다. 1993년에 안드리센(Marc Andressen)은 HTML 문서를 쉽게 볼 수 있는 모자이크(Mosaic)이란 프로그램을 제작했는데, 그것이 1994년에 넷스케이프(Netscape)로 탈바꿈하면서 수많은 사람들을 인터넷으로 유인했다. 넷스케이프를 사용하면 누구나 손쉽게 몇 번의 클릭만으로 전 세계의 웹사이트를 돌아다닐 수 있었다. 이 무렵에 미국 백악관은 홈페이지를 만들었으며, 빌 게이츠(Bill Gates)는 마이크로소프트를 인터넷 중심으로 변모시킨다고 공언했다. 인터넷에 연결된 컴퓨터의 수는 1990년에 약 30만대에 불과했던 것이 2000년에는 1억 대를 넘어섰다.

인터넷은 새로운 사업에 대한 기회를 제공하기도 했다. 인터넷이 각종 상품과 서비스를 거래할 수 있는 새로운 공간으로 자리 잡았던 것이다. 야후!(Yahoo!)는 파일로(David Filo)와 양(Jerry Yang)이 만든 목록 서비스로 시작했다가 세계 최대의 포털 사이트로 성장했다. 온라인 서점인 아마존닷컴은 단지 책을 사고파는 공간을 넘어 책에

대한 다양한 정보와 다른 사람의 서평을 접할 수 있는 가상공동체로 발전했다. 이베이 경매 사이트는 인터넷이라는 쌍방향 매체의 특징을 잘 이용한 전자상거래의 모델을 제시하여 엄청난 인기를 누렸다.

생명공학기술(biotechnology, BT)은 1973년에 스탠퍼드 대학의 코헨(Stanley N. Cohen)과 보이어(Herbert W. Boyer)가 DNA 재조합 실험에 성공함으로써 모습을 드러내기 시작했다. 생명공학기술에 대한 연구는 인간의 DNA에 들어있는 모든 유전정보를 해독하여 데이터베이스로 만드는 인간유전체계획(Human Genome Project)이 전개됨으로써 더욱 본격화되었다. 생명공학기술의 가능성이 현실화되기 시작한 것은 매우 최근의 일이다. 1994년에 칼진이 최초의 유전자 조작 식품인 무르지 않는 토마토를 시판하기 시작했고, 1996년에는 몬산토가 제초제저항성 콩을, 그리고 노바티스는 병충해저항성 옥수수를 시장에 출하하였다. 급기야 1997년에는 체세포 핵이식을 통한 복제양 돌리가 출현함으로써 세계의 이목을 집중시켰다.

그렇다면 3차 산업혁명을 대표하는 핵심 기술은 무엇이고 그것은 언제 등장했을까? 컴퓨터에 주목하면 에니악이 개발된 1946년, 마이크로컴퓨터가 상업화된 1970년대 중반, IBM PC가 등장한 1981년 등이 그 후보가 될 수 있다. 인터넷을 고려한다면, 아르파넷이 개발된 1969년과 인터넷이 대중화된 1994년을 들 수 있는데, 1969년은 최초의 PLC가 개발된 연도이기도 하다. 1973년도 중요한 연도에 해당하는데, 그 해에는 벨의 『탈산업사회의 도래』가 출간되었고, 유전자 재조합 기술이 개발되었다.¹³⁾

13) 이와 관련하여 기술의 역사에 대한 연대기를 집대성한 Bunch and Helleman(1993)는 1733-1878년을 산업혁명, 1879-1946년을 전기의 시대, 1947-1972년을 전자의 시대, 1973년 이후를 정보의 시대로 구분하고 있다.

3) 3차 산업혁명의 특징과 영향

3차 산업혁명기에는 다른 분야의 기술이 결합 혹은 융합되는 현상이 가시화되기 시작했다. 사실상 자동화기술이나 정보기술은 그 자체가 융합기술이라 볼 수 있다. 더 나아가 정보기술은 계속해서 다른 기술과의 연결을 확장하는 양상을 보이고 있는데, 이에 대하여 네그로폰테(Nicholas Negroponte)는 정보기술의 발전으로 각종 기술과 서비스가 하나로 융합되는 현상을 ‘디지털 융합(digital convergence)’으로 부르기도 했다. 최근에는 NBIC(Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science)라는 용어에서 보듯이, 기술융합에 관한 논의가 정보기술을 넘어 생명공학기술, 나노기술, 인지과학 등으로 확장되고 있다(NSF, 2002).

과학과 기술의 상호작용은 20세기 중반 이후에 더욱 심화되었다. 과학이 기술로 현실화되는 시간격차(time lag)가 점차적으로 짧아졌으며, 과학을 바탕으로 새로운 산업이 출현하는 경우도 많아졌다. 특히, 20세기 중반 이후에는 정부나 기업의 지원을 바탕으로 특정한 목표를 달성하기 위한 대규모 프로젝트가 추진되는 일이 빈번해졌고, 이를 매개로 과학자와 기술자가 동시에 활용되는 경우가 많아지면서 과학과 기술을 실제로 구분하는 것이 쉽지 않게 되었다. 오늘날에는 ‘과학기술’이란 용어가 사용될 정도로 과학과 기술은 밀접한 관계를 형성하고 있다.

3차 산업혁명기에는 대기업 이외에 벤처기업이 중요한 혁신 주체로 등장했다. 참신한 아이디어와 기술을 바탕으로 새로운 사업에 도전하는 조그만 기업이 속속 등장했던 것이다. 벤처기업은 높은 위험부담과 높은 기대이익을 동시에 가지고 있으며, 왕성한

기업가 정신을 가진 사람에 의해 주도되는 특징을 가지고 있다. 이러한 벤처기업은 조그만 작업장이나 실험실에서 시작한 후 이후에는 세계 경제를 이끄는 대기업으로 성장하기도 했다. 이와 관련하여 이와 관련하여 세상을 바꾸는 전략적 장소가 중세 사회에서는 성당이었고, 근대 사회에서는 공장이었으며, 현대 사회에서는 실험실이라는 지적도 있다(Latour, 1983).

20세기 후반 이후의 세계 경제는 서비스 경제와 글로벌 경제로 특징지을 수 있다(Ohmac, 1990). 산업사회에서는 2차 산업이 중심을 이루었지만 정보사회에서는 3차 산업 혹은 서비스 산업이 확장되었다. 미국, 영국 등의 선진국에서는 이미 1990년에 서비스 부문의 취업자가 차지하는 비중이 2/3를 넘어섰고 우리나라도 1997년에 이를 뒤따랐다. 세계화(globalization)는 매우 의견이 분분한 개념이지만, 통상적으로 논의되는 세계화는 제2차 세계대전 이후에 본격화되었다고 볼 수 있다. 국제화(internationalization)가 국민국가 간의 교류가 양적으로 증대되는 현상을 말한다면, 세계화는 교류의 양적 확대를 넘어 인간의 일상생활이 새롭게 재구성됨으로써 세계사회가 독자적인 차원을 획득하는 과정을 뜻한다.

3차 산업혁명의 상징인 정보기술을 매개로 새로운 유형의 사회적 문제도 전면적으로 부각되고 있다. 스팸 메일로 다른 사람을 괴롭히는 것은 물론 컴퓨터 바이러스로 인해 인터넷 대란도 발생하고 있다. 쿠키 파일로 다른 사람의 정보를 수집하고 이를 악용함으로써 프라이버시를 침해하는 것도 빈번한 일이 되었다. 음악 파일을 공유하는 프로그램인 냅스터 사건에서 드러났듯이, 인터넷상의 지적재산권 분쟁도 뜨겁다. 인터넷을 지나치게 사용하여 중독의 증세를 보이는 사람도 있고, 현실세계와 사이버세계 사

이에서 자기정체성에 혼란을 겪는 사람도 있다. 인터넷 공간에 음란물이 얼마나 많은지 어떤 사람은 인터넷의 활용 대상이 ‘군사에서 섹스로’ 바뀌었다는 지적도 있다. 정보에 접근하는 기회에 격차가 발생하고 정보기술을 감시의 도구로 활용하는 것은 민주주의를 위협하는 요소로 부상하고 있다.

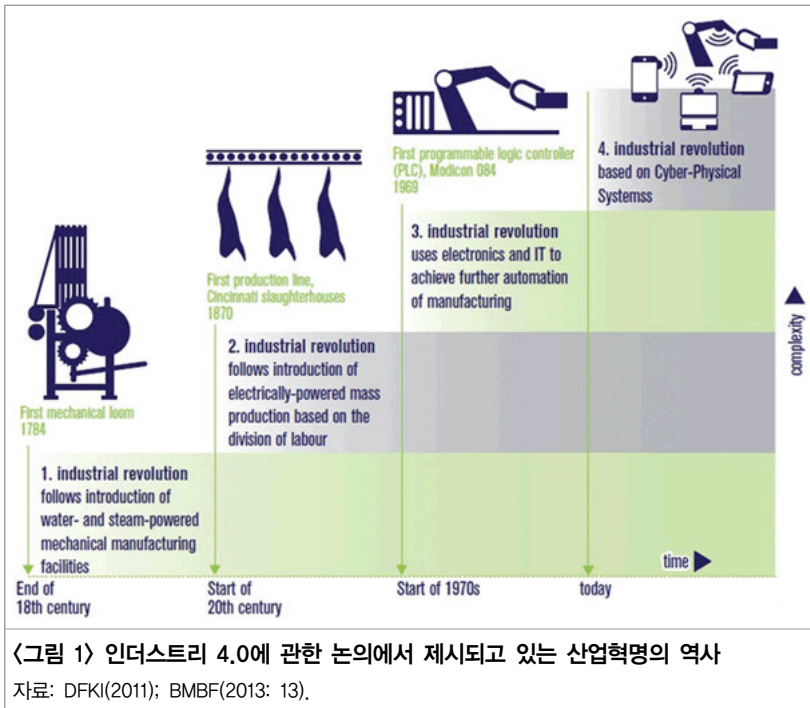
5. 4차 산업혁명론의 위상을 찾아서

1차 산업혁명과 2차 산업혁명은 학술적으로 정착된 용어라 할 수 있지만, 3차 산업혁명과 4차 산업혁명은 그렇지 않다.¹⁴⁾ 1차 산업혁명과 2차 산업혁명은 역사학계에서 널리 사용되고 있는 반면, 3차 산업혁명이나 4차 산업혁명과 관련된 개념은 주로 미래학과 관련된 논자들이 제기한 성격을 띠고 있다. 따라서 현재로서는 3차 산업혁명과 4차 산업혁명을 확립된 역사적 사실이 아니라 일종의 작업가설로 간주하는 편이 적절할 것이다.

4차 산업혁명에 관한 논자들이 제시하고 있는 산업혁명의 역사에는 정교하지 못한 점이 제법 있다. 그것은 1차, 2차, 3차 산업혁명이 시작된 연도를 규정하는 데서 단적으로 드러난다. 여기서 주목할 점은 4차 산업혁명론이 독일인공지능연구소(Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, DFKI)가 2011년 4월에 촉발시킨 ‘인더스트리 4.0(Industrie 4.0)’에 관한 논의를 계승한 성격을

14) 몇몇 역사학자들은 경제성장이나 기술변화의 연속성을 강조하면서 (1차) 산업혁명이나 2차 산업혁명이란 용어도 채택하지 않고 있다. 예를 들어 Clapham(1926); Cowan(1997)을 참조.

다고 있다는 사실이다. DFKI(2011)은 1차, 2차, 3차 산업혁명이 시작된 연도를 각각 1784년, 1870년, 1969년으로 간주하면서 이와 관련된 기술혁신으로 역직기, 도축장 해체라인, PLC를 들고 있다. 인더스트리 4.0에 관한 논의는 독일 정부의 핵심 의제로 채택되었고, 연방교육연구부는 이에 대한 보고서를 몇 차례 발간했다. 그러나 2013년에 발간된 최종 보고서도 2011년의 논의를 그대로 수용했을 뿐 산업혁명의 역사를 재구성하는 작업은 진지하게 이루어지지 못했다(BMBF, 2013).



그러나 기술의 역사에 대한 연대기를 집대성한 자료에 따르면, 역직기가 개발된 연도는 1785년으로 기록되어 있고, 도축장 해체라인과 PLC는 중요한 기술사적 사실로 언급되지 않고 있다(Bunch and Hellemans, 1993). 이러한 점은 제조업의 혁신에 초점을 둔 인더스트리 4.0에 대한 논의를 경제 전반을 포괄하는 4차 산업혁명에 대한 논의에 그대로 투영했기 때문에 생기는 현상이라 볼 수 있다. 따라서 4차 산업혁명론을 정교화하기 위해서는 인더스트리 4.0의 논의를 그대로 수용할 것이 아니라 세계경제의 변동이라는 보다 포괄적인 시각에서 산업혁명의 역사를 재구성하는 것이 필요하다. 이러한 점을 고려하여 경제사 혹은 기술사를 전공한 사람들에게 1차, 2차, 3차 산업혁명의 핵심 기술과 시작 연도를 묻는다면, 아마도 증기기관(혹은 수력방적기)과 1769년, 백열등과 1879년, 아르파넷과 1969년으로 답변할 가능성이 높을 것으로 판단된다.

세월이 어느 정도 지나면 3차 산업혁명은 학술적 개념으로 정착될 가능성이 많은 것으로 판단된다. 이와 관련하여 우리나라의 원로 경제사학자인 김종현은 근대 기업의 발전 단계를 개관하면서 ‘제3차 산업혁명’이란 용어를 거론하고 있다. 그는 자동화, 컴퓨터, 인터넷의 보급을 통한 하이테크 산업의 발전과 정부의 규제 완화 및 세계화의 진전으로 인한 글로벌 기업의 등장을 3차 산업혁명의 주요 내용으로 보고 있다(김종현, 2015: 37). 또한 앞서 언급했던 휴즈는 2003년에 작성하고 『현대 미국의 기원(American Genesis)』의 개정판에 게재한 글에서 ‘정보혁명(information revolution)’에 주의를 기울이고 있다. 그는 정보혁명을 지난 20년간 일어난 중요한 기술적·사회적 발전으로 간주한 후 그것이 1차, 2차 산업혁명과 비견할 만한 것인지에 대해 시론적으로 살펴보고 있다(Hughes, 2004: ix-xxviii).¹⁵⁾

이에 반해 최근의 기술적·경제적·사회적 변화를 3차 산업혁명의 연장인지, 아니면 독자적인 국면인지에 해당하는지를 판단하는 것은 쉽지 않다. 이와 관련하여 주목할 만한 이론으로는 기술혁신과 경제발전의 역사적 변천을 다룬 장기파동이론(long wave theory)을 들 수 있다. 장기파동이론은 자본주의 경제가 약 50년을 주기로 호황(prosperity), 침체(recession), 불황(depression), 회복(recovery)과 같은 파동을 경험해 왔다는 현상에 대한 설명으로 신기술의 대두와 국제질서의 재편이 서로 맞물려 있다는 점을 잘 보여주고 있다([표2] 참조). 여기서 흥미로운 점은 1차 장기파동이 1차 산업혁명과, 3차 장기파동이 2차 산업혁명과, 5차 장기파동이 3차 산업혁명과 비슷한 내용을 담고 있다는 점이다. 이와 같은 식으로 홀수 차의 장기파동을 산업혁명에 대응시키고, 짝수 차의 장기파동을 해당 산업혁명의 심화로 본다면, 현재 논의되고 있는 4차 산업혁명은 별개의 혁명이라기보다는 3차 산업혁명의 연장으로 볼 수 있는 소지도 있는 것이다.

〈표 2〉 장기파동의 역사

장기파동	기간	핵심 산업	주도국가	비고
1차	1760/70~1820/30	섬유	영국	(1차) 산업혁명
2차	1820/30~1870/80	철도	영국	빅토리아 번영기
3차	1870/80~1920/30	화학, 전기	독일, 미국	대기업의 출현
4차	1920/30~1970/80	자동차	미국	포드주의 생산방식
5차	1970/80~?	전자, 정보	일본, 미국	정보사회의 도래
6차	?	?	?	?

주: 장기파동의 구체적인 기간은 학자에 따라 견해가 다름.

자료: 송성수(2014: 48)을 일부 보완함.

15) 미국의 경제학자 고든(Robert J. Gordon)의 3차 산업혁명에 대한 견해도 흥미롭다. 그는 “3차 산업혁명은 1960년대에 시작되어 지금도 계속되고 있다.”고 진단한 후 2차 산업혁명이 인간에게 필요한 모든 영역에 손길을 미쳤던 반면, 3차 산업혁명은 엔터테인먼트, 정보, 통신 등 몇 가지 부분에서만 혁명을 일으켰다고 주장하고 있다(Gordon, 2017: 458).

물론 세계경제포럼의 논의와 같이 4차 산업혁명을 기존의 산업혁명과 구분되는 또 하나의 산업혁명으로 규정할 수도 있다. 슈밥은 4차 산업혁명을 별도의 산업혁명으로 간주하는 근거로 속도, 범위, 그리고 시스템에 미치는 충격을 들고 있다. 현재와 같은 비약적인 발전 속도는 전례가 없으며, 모든 나라와 산업을 충격에 빠뜨리고 있고, 생산, 관리, 통제 전반에 걸쳐 전체 시스템의 변화를 예고하고 있다는 것이다(슈밥, 2016: 12-13; 슈밥 외, 2016: 18). 하지만 슈밥의 이러한 주장은 아직까지는 선언적 진단에 불과한 것으로 판단된다. 이와 관련하여 슈밥 외(2016)에는 총 20편의 글이 번역·수록되어 있는데, 그 중에서 로즈(Gideon Rose)가 쓴 머리말과 슈밥이 쓴 서문을 제외하면 ‘4차 산업혁명’이란 용어를 명시적으로 채택하고 있는 글은 하나도 없다.¹⁶⁾

슈밥의 선언적 진단 역시 더욱 정교해질 필요가 있는데, 그것은 “산업혁명이 성립하기 위해서는 어떤 조건이 갖추어져야 하는가?”라는 물음으로 이어진다. 앞서 고찰한 산업혁명의 역사를 감안하여 산업혁명이 성립하기 위한 조건을 제시해 보면 다음과 같다. ① 해당 산업혁명을 선도하는 핵심 기술이 존재해야 한다. ② 핵심 기술은 다른 기술혁신과 연결되면서 포괄적인 연쇄효과를 유발해야 한다. ③ 해당 산업혁명으로 인한 경제적 구조의 변화가 이전의 시기와 구분되어야 한다. ④ 사회문화적 차원에서도 이전의 시기와 구분되는 변화가 있어야 한다. 이러한 조건을 4차 산업혁명(론)에도 적용할 수 있는지, 혹은 4차 산업혁명에 대한

16) 이와 관련하여 이인식(2017)은 4차 산업혁명이란 용어에 의문을 제기하면서도 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 가상·증강현실, 합성생물학, 재생에너지 등에 관한 기술은 속속 모습을 드러내고 있다는 사실에 주목하고 있다. 이와 같은 기술이 어떤 경로를 밟고 어떤 영향을 미치는가 하는 점은 지속적으로 점검되고 탐구되어야 할 주제임에 틀림없다.

논지가 이와 같은 조건을 정합적으로 설명하고 있는지에 대해 검토해 보는 것도 중요한 과제가 될 것이다.¹⁷⁾

6. 맺음말

이 논문에서는 산업혁명들의 역사적 흐름을 정리한 후 2016년 세계경제포럼이 촉발한 4차 산업혁명론의 위상을 점검하였다. 우선, 1차, 2차, 3차 산업혁명의 전개과정을 검토하면서 해당 산업혁명의 특징을 도출하였다. 그 결과 4차 산업혁명에 관한 논자들이 인식하고 있는 산업혁명의 역사에는 핵심 기술과 시작 연도 등에서 상당한 문제점이 있다는 점을 확인할 수 있었다. 또한 4차 산업혁명이 또 하나의 새로운 산업혁명인지에 대해 의문을 제기하면서 산업혁명이 성립될 수 있는 몇 가지 조건을 제안하였다.

끝으로 4차 산업혁명이 우리 사회에서 중요한 화두로 수용되고 있는 맥락에 대해 언급하고자 한다. 4차 산업혁명에 대한 열광은 한국 경제와 사회를 바꿀 수 있는 계기를 찾는 작업과 맞물려 있다. 그러나 미래가 현재와는 아무 상관없는 그야말로 새로운 것이라는 인식은 사실상 허구에 가깝다. 그것은 4차 산업혁명이란 이름하에 제시되고 있는 정책과제가 그 동안 우리 사회에서 상당히 논의되어 온 내용을 투영하고 있다는 점에서 단적으로 드러난

17) 예를 들어, 4차 산업혁명에 관한 논자들은 새로운 경제적 구조로 우버라이제이션(Uberization)으로 상징되는 공유경제를 자주 거론하고 있는데, 사실상 우버 시스템이 작동하는 기술적 기반은 3차 산업혁명의 주요 기술인 인터넷에서 찾을 수 있다.

다(박기영, 2017). 물론 4차 산업혁명과 같은 선제적 화두가 굉장한 운동력을 가지게 되면 시간이 지날수록 그 근거가 풍부해질 가능성도 배제할 수 없다. 안타까운 점은 4차 산업혁명이 충분한 학술적·사회적 토론을 거치지 않은 채 우리나라의 중요한 정책의제로 정착되고 있다는 사실이다.

한 가지 유념해야 될 사항은 현 정부의 4차 산업혁명에 대한 기획이 이전 정부의 '녹색성장'이나 '창조경제'와 같이 한 때의 유행으로 끝날 수도 있다는 점이다. 그것은 보다 긴 호흡이 필요한 탈(脫)추격 혁신이 정부가 바뀔 때마다 선진국의 흉내를 내거나 겉옷만 갈아입어 결국은 추격의 유제에 갇히는 결과를 유발할 수도 있다. 만약 시간이 조금 지나 4차 산업혁명에 대한 논의가 시들해지고 다른 키워드가 새롭게 등장하면, 그 때까지의 일은 없던 것으로 하고 새로운 키워드에 온갖 논의를 맞추려는 시도가 또 다시 반복될 지도 모른다. 결국 4차 산업혁명은 일종의 작업가설이나 시나리오에 해당하는 성격을 띠고 있으며, 우리의 현실을 감안하여 한국적 미래 비전을 정립하는 작업이 정교하게 이루어질 필요가 있다.¹⁸⁾

18) 최근에는 우리 사회에서도 4차 산업혁명론이 다양한 각도에서 비판되고 있는데, 이에 대해서는 손화철 외(2017); 홍성욱(2017); 전치형 (2017)을 참조.

참고문헌

- 김종현 (1984), 『근대경제사』, 경문사.
- 김종현 (2006), 『영국 산업혁명의 재조명』, 서울대학교출판부.
- 김종현 (2015), 『경영사: 근대기업발전의 국제비교』, 서울대학교출판문화원.
- 매일경제신문 편 (2000), 『디지털 지식혁명』, 매일경제신문사.
- 박기영 (2017), 『제4차 산업혁명과 과학기술 경쟁력』, 한울.
- 손화철 외 (2017), 『4차 산업혁명이라는 거짓말』, 북바이북.
- 송성수 (2007), 「산업혁명기의 기술혁신에 미친 과학의 영향」, 『서양사론』 제94호, 229-246쪽.
- 송성수 (2014), 『기술혁신이란 무엇인가』, 생각의 힘.
- 송성수 (2015), 『사람의 역사, 기술의 역사』 제2판, 부산대학교출판부.
- 송성수 (2017), 「역사에서 배우는 산업혁명론: 제4차 산업혁명과 관련 하여」, 『STEPI Insight』 제207호, 2017. 2. 1.
- 이영희 (1994), 『포드주의와 포스트포드주의』, 한울.
- 이인식 (2017), 『4차 산업혁명은 없다』, 살림.
- 전치형 (2017), 「4차 산업혁명과 민주주의」, 『녹색평론』 통권 제156호, 2017년 9-10월, 34-44쪽.
- 차명수 (1992), 「산업혁명」, 배영수 편, 『서양사 강의』, 한울아카데미, 305-336쪽.
- 클라우스 슈밥 (2016), 송경진 옮김, 『클라우스 슈밥의 제4차 산업혁명』, 새로운 현재.
- 클라우스 슈밥 외 (2016), 김진희 외 옮김, 『4차 산업혁명의 충격』, 흐름출판.
- 홍성욱 (2002), 『네트워크 혁명, 그 열림과 닫힘』, 들녘.

- 홍성욱 (2017), 「정치적 유행어로서의 ‘4차 산업혁명’」, 『에피』 창간호, 50-69쪽.
- Bell, D. (1973), *The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting*, New York: Basic Books.
- Bell, D. (1989), “The Third Technological Revolution and Its Possible Socio-Economic Consequences”, *Dissent*, Vol. 36, No. 2, pp. 163-176.
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2013), *Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0*.
- Bunch, B. and A. Hellemans (1993), *The Timetables of Technology*, New York: Simon & Schuster.
- Chandler, A. D. (1977), *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Chandler, A. D. (1990), *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Clapham, J. H. (1926), *An Economic History of Modern Britain: The Early Railway Age, 1820-1850*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Cowan, R. S. (1983), *More Work for Mother: The Ironies of Household Technology from the Open Hearth to the Microwave*, New York: Basic Books.
- Cowan, R. S. (1997), *A Social History of American Technology*, New York: Oxford University Press [국역: 김명진 옮김, 『미국 기술의 사회사』 (궁리, 2012)].
- Davis, N. (2016), “What Is the Fourth Industrial Revolution?”, Paper Presented at 2016 World Economic Forum, January 19, 2016.
- DFKI (Intelligente Lösungen für die Wissensgesellschaft, 2011), “Industrie

4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution”.

- Galor, O. (2005), “From Stagnation to Growth: Unified Growth Theory”, P. Aghion and S. Durlauf, eds., *Handbook of Economic Growth*, Vol. 1 (North-Holland: Elsevier), pp. 171-193.
- Geddes, P. (1910), *Cities in Evolution*, London: Williams & Norgate.
- Gerschenkron, A. (1962), *Economic Backwardness in Historical Perspective*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gordon, R. J. (2016), *The Rise and Fall of American Growth: The US Standard of Living since the Civil War*, Princeton, NJ: Princeton University Press [국역: 이경남 옮김, 『미국의 성장은 끝났는가』 (생각의 힘, 2017)].
- Hughes, T. P. (1987), “The Evolution of Large Technological Systems”, W. E. Bijker, et al (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, MA: MIT Press, pp. 51-82.
- Hughes, T. P. (2004), *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm*, 2nd ed., Chicago: Chicago University Press [국역: 김명진 옮김, 『현대 미국의 기원』 총2권 (나남, 2017)].
- Hull, James (1999), “The Second Industrial Revolution: The History of a Concept”, *Storia Della Storiografia*, Issue 36, pp. 81-90.
- Landes, D. S. (1969), *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Latour, B. (1983), “Give Me a Laboratory and I Will Raise the World”, K. Knorr-Cetina and M. Mulkay, eds., *Science Observed*, Beverly Hills: Sage, pp. 141-170.

- Mantoux, P. (1906), *La Revolution industrielle au XVIIIe siecle*, Paris.
- Mathias, P. and J. Davis, eds. (1989), *The First Industrial Revolutions*, Oxford: Oxford University Press.
- NSF (National Science Foundation, 2002), *Converging Technologies for Improving Human Performance*, Washington D.C.: National Science Foundation.
- Ohmae, K. (1990), *The Borderless World: Power and Strategy in the Interlinked Economy*, New York: Harper Business.
- Richta, R., ed. (1969), *Civilization at the Crossroads: Social and Human Implications of the Scientific and Technological Revolution*, Prague: International Arts and Sciences Press.
- Rifkin, J. (2011), *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*, New York: St. Martin's Press [국역: 안진환 옮김, 『3차 산업혁명』 (민음사, 2012)].
- Schwab, K. (2015), “The Fourth Industrial Revolution: What It means, How to Respond”, *Foreign Affairs*, December 12, 2015 [국역: 「서문: 4차 산업혁명의 도전과 기회」, 클라우드 슈밥 외, 김진희 외 옮김, 『4차 산업혁명의 충격』 (흐름출판, 2016), 17-28쪽].
- Toffler, A. (1980), *The Third Wave*, New York: William Morrow Co. Ltd.

논문 투고일	2017년 10월 04일
논문 수정일	2017년 11월 27일
논문 게재 확정일	2017년 12월 11일

Historical Development of Industrial Revolutions and the Place of So called ‘the Fourth Industrial Revolution’

Song, Sungsoo

ABSTRACT

The purpose of this paper lies in summing up the historical stream of industrial revolutions and inspecting the place of so called ‘the Fourth Industrial Revolution’ set off by 2016 World Economic Forum. This paper examined the development of the First Industrial Revolution, the Second Industrial Revolution, the Third Industrial Revolution, and extracted the characteristics of each industrial revolution. Consequently, this paper certificated the history of industrial revolutions perceived by participants concerning the Fourth Industrial Revolution is problematic with reference to core technology and starting time. In addition, this paper raised a question whether the Fourth Industrial Revolution is another new industrial revolution or not, suggested some conditions required to bring industrial revolution into existence. In conclusion, the Fourth Industrial Revolution discussed enthusiastically in recent times is a sort of working hypothesis, and it is necessary to make future vision appropriate to Korean situation.

Key terms | Industrial Revolution, Historical Context, The Fourth Industrial Revolution, Core Technology, Working Hypothesis
