

# 2019년 포용적 성장을 위한 과학기술혁신을 향해

## 경제성장 - 사회통합 - 환경정의의 지속가능발전을 위한 과학기술 기반 혁신 정책이 실효를 거두어야 한다

기해년(己亥年) 새해가 밝았다. 해마다 새해맞이의 소망과 포부를 말하지만, 해마다 다사다난했던 해를 보낸다. 새해 나라 안팎의 전망이 밝지 않아, 더 각별한 다짐이 필요한 때다. 글로벌 경제위기를 벗어나지 못한 가운데, 강대국의 무역 갈등은 과학기술혁신의 선점을 둘러싸고 쉽게 풀릴지 의문이다. 신흥국 간의 경쟁도 심해질 전망이다. 사회적으로는 기후변화, 자원위기, 환경오염, 빈부격차, 저출산, 고령화 등의 리스크가 세계적인 저성장과 겹쳐 위기 국면으로 번질 가능성을 배제할 수 없다.

2016년 알파고 쇼크로 대한민국에 상륙한 4차 산업혁명의 물결은 각 부문의 '파괴적 혁신'을 재촉할 것이다. 한국과학기술단체총연합회(과총)는 2년 연속 '4차 산업혁명에 대한 과학기술계 인식 조사'를 했다. 2017년엔 응답자 2,350명 중 89%가 '4차 산업혁명이 진행되고 있다'고 답했고, 2018년엔 2,761명 중 81%가 그렇게 답했다. "4차 산업혁명시대, 어떤 법·제도적 규제 혁신이 가장 시급한가?"라는 질문에는 '연구개발 관련 규제 합리화'와 '과학기술기본법 등의 법·제도 정비'가 각각 1, 2순위로 꼽혔다.

### 인류사회의 선택에 따라 달라지는 미래

그렇다면, 4차 산업혁명의 실체는 무엇인가? 디지털 혁명 또는 인터스트리 4.0 등 여러 가지로 불리는

이 변화는 물리적 기술, 디지털 기술, 생물학적 기술의 경계가 무너지면서 초연결·초지능·초융합 시대로 진입하는 대전환을 가리킨다. 하지만 그 혁신이 어떤 속도와 양상으로 전개될 것인지, 산업구조와 노동시장에는 어떤 지각변동을 일으킬 것인지, 직무역량과 거버넌스에는 어떤 영향을 줄 것인지, 사회적 가치는 어떻게 바뀔 것인지 등등에 대해 예측은 쏟아지고 있지만, 정답은 누구도 모른다. 다만 인류사회가 어떤 선택을 하느냐에 따라 미래가 달라질 것은 확실하다. 매니지먼트 연구의 대부인 피터 드러커(Peter F. Drucker, 1909~2005)의 말대로 "미래를 예측하는 최선의 길은 미래를 창조하는 것(The best way to predict the future is to create it.)"이 시대적 과제라 하겠다.

### 인공지능이 인간다움에 도전하는 4차 산업혁명의 시대

1차, 2차 산업혁명의 특성을 기계화라고 한다면, 현재 진행되는 변화는 인간지능에 맞먹는 인공지능(AI)이 인간다움에 도전하는 초유의 혁명이다. 세계적인 베스트셀러 작가 유발 하라리(Yuval N. Harari) 교수는 세 권의 저서 <사피엔스(Sapiens; A Brief History of Humankind, 2014)>, <호모데우스(Homo Deus; A Brief History of Tomorrow, 2016)>, <21세기 21가지 교훈(21 Lessons for the 21st Century, 2018)>



글\_김경자 | 한국과학기술단체총연합회 회장, 전 환경부 장관 mjkim713@kofst.or.kr

서울대 화학과(1966), 미 버지니아대(Ph.D. 1971) 졸업 후 숙명여대 교수, 명지대 석좌교수, 서울대 CEO초빙교수, KAIST 과학기술정책대학원 초빙특훈교수를 지냈다. 환경부 장관(1999-2003), 국회의원(2004-08, 국방위원회 간사, 국회 윤리특별위원장), 국가과학기술자문위원, 국가과학기술위원회 민간위원, 국민경제자문위원 등 300여 위원회를 비롯해 (사)그린코리아21포럼 이사장, 여성과총 회장 등을 지낸 뒤 현재 아시아인프라투자은행(AIIB) 국제고문관, 홍콩포럼 이사장 등을 맡고 있다. 1994년 대한민국 과학기술상인홍상 대통령상, 2004년 청조근정훈장, 2015년 과학기술훈장 창조장과 자랑스러운 서울대인상을 받았다.

에서 각각 인류가 인지혁명, 농업혁명, 과학혁명을 통해 오늘에 이른 역사를 개관하고, 바이오 엔지니어링과 사이보그 엔지니어링에 의해 인간이 신으로 진화하는 충격적인 미래를 예견하는 한편 이런 시점에서 인류의 존속을 위해 무엇을 추구하며 어디로 가야 하는가를 다루었다.

그의 논지는 7만 년의 역사를 거쳐 지구를 정복한 사피엔스의 '인류세(Anthropocene)' 시대는 종언을 고하고, 바야흐로 알고리즘과 데이터 기반의 지적 설계에 의해 호모 데우스로 진화하는 단계라고 본다는 것이다. '21세기 교훈'에서는 인간이 알고리즘에 의해 해킹당하는 미증유의 기술혁신 과정에서, 불가측성의 인류문명 존속을 위해 우리가 선택해야 할 길이 무엇인가를 제시한다. 인류가 직면한 도전을 해결하기 위해서는 민족주의, 종교, 문화로 나뉜 진영 논리에서 벗어나, 서로의 견해 차이를 극복하고 전 지구적인 협력에 나서야 한다고 말한다. 인간사회의 현명한 선택이 가져올 미래는 밝지만, 어리석은 선택의 대가는 인류문명 자체를 소멸에 이르게 할 것이라 경고한다.

### 기술적 동인과 사회적 동인 작용하는 산업혁명

한편 <총, 균, 쇠(Guns, Germs and Steel, 1997)>로 풀리처상을 받은 제러드 다이아몬드(Jared Diamond, 1937~) 교수는 <문명의 붕괴 : 과거의 위대했던 문명은 왜 몰락했는가(Collapse : How Societies Choose to Fail or Succeed, 2005)>에서 역사적 사례 연구를 통해 찬란했던 문명이 붕괴한 원인을 5가지 유형으로 분류했다. 환경 기반 취약(물, 에너지 등), 기후변화, 적국의 침입, 무역 상대국과의 관계, 제도적 대응의 실패 등이 그것이다. 21세기 산업문명은 인간 활동에 기인한 기후변화로 전 지구적인 '기후위기'를 우려하는 상황으로 그의 저서를 토대로 만든 다큐멘터리는 2백년 후 붕괴한 현대문명의 황량한 흔적을 보여준다.

이처럼 문명 자체의 존속에 대한 우려가 나오는 가운데, 4차 산업혁명은 빠르게 진행되고 있다. 역사 속의 산업혁명에 대해서는 해석이 다양하지만, 기술적



▲ <그림 1> 기후변화 위기를 경고하기 위한 국제환경단체 그린피스의 레이저 퍼포먼스. 4차 산업혁명이 빠르게 진행 중이지만 인류 문명을 위협하는 수준의 극심한 기후변화도 함께 일어나고 있다는 것이다

동인과 사회적 동인이 작용하는 것은 공통적이다. 산업혁명이란 용어는 아놀드 토인비(Arnold Toynbee, 1852~1883)의 유고(遺稿) '영국의 18세기 산업혁명 강의(Lectures on the Industrial Revolution of the Eighteenth Century in England, 1884년)'에서 처음 나타난다. 산업혁명은 기술과 생산 부문의 혁명에 그치는 것이 아니라 경제·사회·문화적인 충격과 함께 가치관까지 바꾸는 무혈 혁명을 가리킨다.

### 1차 산업혁명 : 법적·제도적 혁신이 경제발전의 동인

역사 속의 산업혁명은 오늘의 우리에게 무엇을 일러주고 있는가. 영국의 18세기 산업혁명은 증기기관, 방적기, 역직기, 코크스 제철법 등과 그 상호작용의 산물이었다. 문명 전환에서 에너지는 필수요건으로 18세기 영국의 에너지원은 석탄이었다. 와트(James Watt)가 개량한 증기기관은 탄광 갱도의 물을 퍼내는 데 효과적이었다. 와트의 기술은 사업가이자 자본가인 볼턴(Matthew Boulton)을 만났기 때문에 상용화된다. 이 둘의 증기기관 특허는 1800년까지 연장되면서, 독점으로 인해 오히려 증기기관 발전을 저해하는 결과를 빚음으로써 증기기관차는 19세기 초에 달리기 시작한다.

왜 더 강대국인 프랑스가 아니고 영국에서 산업혁명이 일어났을까? 17세기 후반 영국의 명예혁명에서 비롯된 제도적 혁신이 경제적 동인이 됐기 때문이



▲ <그림 2> 19세기 말 영국에서 시행된 '적색기법'의 시연 장면. 자동차 산업으로부터 마차와 기차 산업을 보호하기 위해 제정된 적색기법은 2차 산업혁명의 무대가 미국으로 넘어간 이유를 말해주는 듯하다

다. 자유로운 기업 활동과 경쟁, 이윤 추구 등의 시장경제적인 기반 조성으로 혁신과 효율화가 이루어진다. 자유시장 경제(Laissez-Faire) 기조 아래 생산자가 자본가를 겸하는 새로운 기업가가 출현하고, 미래를 위해 당장의 리스크를 무릅쓰는 이들의 '기업가 정신'(Entrepreneurship)이 추동력이 된 것이다.

18세기 산업혁명은 직물산업이 선도한다. 질 좋은 인도산 면직물의 대량 유입에 대응하기 위해 영국 의회는 인도산 면직물(Calico)에 대한 수입 금지(1700년), 물품세 부과(1712년), 캘리코 착용 금지(1722년) 등 일련의 법률로 규제한다. 다시 면화 원료가 대량 수입되자, 정부는 선대시스템(先貸, Putting-Out System) 도입으로 중개인들이 농가에 원료와 기계를 빌려주고 방직과 직조를 하도록 지원한다. 산업혁명에서의 법적, 제도적 기틀의 중요성을 보여주는 대목이다.

이때 생산량 급증에 결정적으로 기여한 것이 기계였다. 면실을 짜는 플라잉 셔틀(Flying Shuttle), 물레를 대신하는 스피닝 제니(Spinning Jenny, 1764년 James Hargreaves 발명), 아크라이트(Richard Arkwright) 수력 방직기 등이 효자 노릇을 한다. 그러나 후반기의 수송 수단 혁신이 없었더라면 산업혁명은 정체했을 것이란 분석이다. 초기 수송은 운하와 도로 중심이었고, 이때 도자기 산업의 거물인 웨지우드(Josiah Wedgwood)가 의회를 움직이는 역할을 한다. 19세기 초부터는 증기선, 철도 확장으로 원료와 공산

품 수송의 숨통을 트게 된다. 이때도 수로와 철도 건설 사이의 갈등을 극복하는 과정을 거친다.

18세기 산업혁명의 기계화와 공장화는 노동시장의 판도를 바꾼다. 증기기관에 의한 방직기 도입으로 일자리를 빼앗긴다는 상실감으로 1810년대 초 러다이트(Luddite, Ned Ludd 주도) 기계파괴운동이 일어난다. 정부와 기업은 초기에는 진압으로 대처했으나, 사회개혁 운동으로 전환된다. 또한, 거의 무임금으로 어린이와 여성이 대거 노동시장에 투입되고, 아프리카로부터 노예가 수입(?)된다. 당시의 노동 착취에 대한 대응으로 조합이 출현한다. 생산 활동 혁신으로 자본가와 노동자의 계급이 출현했고, 그런 변화는 결국 계급 갈등과 자본주의를 비판한 마르크스(Karl Marx)와 엥겔스(Friedrich Engels)의 공산당 선언(Communist Manifesto, 1848년 런던) 발표로 이어졌다.

### 미국으로 옮겨 간 2차 산업혁명의 에너지 혁신

2차 산업혁명(1870-1920년)은 화학 염료·철도·강철·정유·전기·자동차·통신 분야가 서로 얽히며 전개된다. 독일의 염료산업에서 비롯돼 미국이 기술 주도권을 쥐게 된다. 이 무렵 영국은 마차와 기차 산업을 보호하기 위한 자동차 적색기법(The Locomotive Red Flag Act, 1865년)을 제정, 증기자동차 시속을 제한하고(3.2km), 차 한 대마다 운전자, 화부, 기수의 세 사람을 배정하고, 낮에는 붉은 깃발, 밤에는 붉은 등을 들게 한다. 요즘 자주 언급되는 이 특이한(?) 법은 1896년에서야 기수를 없애도록 개정된다. 19세기 후반 전기자동차도 개발됐으나 '마담 카'라 불리며 보급에 실패한다. 19세기 후반 영국의 총생산이 급감한 것은 아니었으나, 적색기법의 존재는 2차 산업혁명의 무대가 미국으로 넘어간 이유를 말해주는 듯하다.

2차 산업혁명은 기술 시스템 혁신, 공학 분야 급성장, 거대기업 출현 등의 새로운 변화를 불러온다. 철도산업의 밴더빌트(C. Vanderbilt), 석유산업의 록펠러(J. D. Rockefeller), 철강산업의 카네

기(A. Carnegie), 전기, 제철, 금융의 모건(J. P. Morgan), 그리고 제2세대로 자동차산업의 포드(H. Ford)는 천문학적인 부를 소유하게 되는 대표적인 기업인이었다. 19세기 말 록펠러의 재산은 국가 경제의 2%에 달한다. 최대 규모이자 최초의 다국적 기업으로 수직적, 수평적 통합 체제인 록펠러의 스탠더드오일사(41개 기업)는 안티트러스트법(Sherman Antitrust Law, 1892)에 의한 소송(US Government vs. Standard Oil Co.)의 대심원 판결로 1911년 해체의 길을 걷게 된다.

2차 산업혁명의 에너지 혁신은 정유산업에 그친 것이 아니라 전기산업의 극적인 출현으로 이어진다. ‘전기의 세기’라는 별칭의 ‘19세기’ 후반, 직류와 교류는 숨 막히는 경쟁을 벌인다. 에디슨(Thomas Edison)의 기술과 결합한 자본가 모건(John P. Morgan, 1837~1913) 대 테슬라(Nikola Tesla)의 기술과 결합한 웨스팅하우스(George Westinghouse)의 필사적 대결은 시카고 세계박람회(1893년 22만 개 교류 전등 점화), 나이아가라 수력발전소 건설에서의 직류 대 교류 대결에서 교류의 승리로 종결된다. 이후 모건은 테슬라 특허 소송을 빌미로 웨스팅하우스의 교류 사업을 넘겨받고, 에디슨 전기회사를 GE(General Electric)사로 바꾸며 대주주가 된다.

### 과학에 기반한 기술의 출현으로 과학혁명 시대 진입

과학사에서 2차 산업혁명의 가장 큰 의미는 역사적으로 별개의 전통이었던 ‘과학과 기술이 과학기술’로 연결됐다는 사실이다. 그리하여 과학에 기반한 기술(Science-Based Technology)이 출현하고, 이후 지속적인 과학혁명 시대로 들어간다. 대학교육을 받은 공학도들은 대기업으로 진출해 CEO가 되고, 사회적 엔지니어링(social engineering)을 주도한다. 미국의 산업화에서는 노동환경의 열악함과 노동력 착취가 사회 문제로 비화된다. 대량생산의 포드주의(Fordism)와 과학적 관리(Management)의 테일러주의(Taylorism)가 등장한다. 또 시스템·질서·컨트롤 개념이 부상하

고, 기술지향주의도 힘을 얻는다. 2차 산업혁명의 이러한 결과는 현대 산업사회의 탄생이었다.

이후의 산업화는 야누스의 얼굴을 드러냈고, 기계화로 인해 인간성이 위협받는 상황을 풍자한 찰리 채플린의 무성영화 ‘Modern Times(1936)’는 아직도 회자된다. 1959년 케임브리지대학교에서 대중을 상대로 ‘두 문화(The Two Cultures)’ 강연을 했던 스노우 경(Sir Percy Snow)은 과학과 휴머니티 사이의 간극이 세계의 문제들을 해결하는데 장애가 되고 있다고 진단했다.

3차 산업혁명은 1960년대 기술혁신과 사회변동을 예견하는 학자들로부터 예고된다. 벨(Daniel Bell)은 <후기산업사회의 도래>에서 정보 주도과 서비스 지향의 사회가 될 것이라 내다봤다. 마흐루프(Fritz Machlup)은 미국 산업에서 정보 생산과 유통의 지식 산업 성장률이 GNP 성장률을 앞질렀고, GNP의 30%를 차지했다고 지적했다. 토플러(Alvin Toffler)는 80년 저서 <제3의 물결(The Third Wave)>에서 탈공업의 정보사회의 기술 의존적 성격을 강조하며 “사회는 인지적(Cognitive) 능력이 아닌 정서적, 감성적인 형태의 스킬을 필요로 한다. 사회는 데이터와 컴퓨터만으로 운영할 수 있는 게 아니다.”라고 언명했다. 한편 리프킨(Jeremy Rifkin)은 그의 저서 <3차 산업혁명(The Third Industrial Revolution, 2011)>에서 인터넷과 재생가능에너지 등 신에너지의 결합과 공유경제로의 전환을 3차 산업혁명으로 보았다.

### 디지털 기반의 AM 혁신 이루려면

3차 산업혁명인 정보통신기술혁명이 진행되나 했더니, 어느새 4차 산업혁명 시대가 열리고 있다. 그 물결 속에서 한국은 어떤 선택을 해야 하는가. 기술적 측면에서는 제조업 혁신이 핵심과제라고 본다. 역사적으로 산업혁명마다 제조업은 부의 창출과 국가 발전의 동력이었다. 현재도 강대국의 경쟁력은 글로벌 제조기술 생산의 통제 능력으로 생산기기 제조의 80%를 점하고 있다. 세계 무역 기반도 80%가 공산품

이다. 서비스 산업을 강조하고 있지만, 그것도 아직은 공산품에 의존하고 있다. 제조업의 하나의 일자리는 다른 부문의 세 개의 일자리를 창출한다.

앞으로 제조업은 디지털 기반의 AM(Additive Manufacturing)으로 전환될 것이다. IoT, Big Data, AI 등의 융합에 의해 CPS(Cyber-Physical) 시스템 구현이 촉진될 것이다. 이미 제조업 설비와 기기는 인터넷으로 연결되고 있어, 디지털 혁신이 핵심이다. 고성능, 소형화, 저전력 소모의 센서가 대량 생산돼야 하고, 데이터 저장을 위한 대용량 저전력 소자와 시스템 개발이 돼야 한다. 새로운 제조업은 서비스와 융합되는 형태가 될 것이다.

이들 혁신을 이루기 위해서는 그 방향과 전략을 제시하는 가이드라인이 설정돼야 한다. 불확실한 예측에 근거하여 사전적인 규제를 하기도 쉽지도 않거나 오�히려 부작용을 초래할 수 있다. 그러나 기술혁신의 격동기에서 핵심 산업 발전을 견인하고, 신기술의 잠재적인 역기능에 대비하고 공공의 이익을 추구하는 것은 정부와 과학기술계의 몫이다.

연구개발과 상용화, 성과확산을 위해서는 신기술의 전개 단계와 동향을 지속적으로 모니터링해서 적절한 시점에서 합리적인 수준의 규제를 설정해야 한다. 이를 위해서는 기술 동향을 정확히 파악할 수 있는 전문적이고 체계적인 시스템과 인력 확보가 중요하다. 그러나 이 작업은 그리 쉽지 않다. 신기술 관련 규제의 제정은 기존에 형성된 이해집단과의 이해관계 상충으

로 갈등을 빚기 때문이다. 따라서 이를 조정할 수 있는 인센티브 부여 등의 대책과 탁월한 협상력의 거버넌스 리더십이 필요하다. 포용적 성장을 위해서는 조직과 사회 구성원의 낙오를 최대한 예방하고 기회를 주어야 하기 때문이다.

### 통합적 접근과 통찰적 리더십으로 지속가능발전 기여해야

4차 산업혁명의 사회경제적 동인은 글로벌화, 인구통계학적 변화, 신흥경제국의 부상, 에너지 위기, 기후변화, 일하는 방식과 업무 성격의 변화 등 다원적이다. 이미 가시화되고 있는 대전환에서, 기존의 생산 방식과 관리, 거버넌스는 물론 국가와 산업의 파괴적 재구성이 불가피하다. 그 과정에서 사회적 갈등이 증폭될 가능성이 크다. 인간의 정체성, 도덕성, 윤리, 인간관계에 혼돈이 야기될 수 있다.

21세기 4차 산업혁명은 무엇을 향해 나아가야 하는가. 현재 지구촌이 안고 있는 현안을 해결할 수 있어야 한다. 글로벌화의 부작용, 빈부격차, 저성장, 기후변화, 환경파괴 등의 해소에 기여해서 시대적 사명인 지속가능발전에 기여할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 과학기술과 산업의 시야를 넘어 사회문화적 차원을 아우르는 통합적 접근이 필요하다. 탁상행정이 아니라 정책 추진 상황을 모니터링하고 보완하는 현장 중심의 실천형 행정으로 시행착오를 줄여야 한다. 그리고 포용적 성장을 위한 통찰력 있는 리더십이 요청된다.

새해를 맞아, 610여 개 과학기술 학회와 단체를 아우르는 거대조직으로서 과총은 과학기술 전문성이 국민 복지 향상에 기여할 수 있도록 노력을 배가할 것이다. 2018년 ‘올해의 과학기술 10대 뉴스’ 선정에서 1위, 2위 순위로 뽑힌 키워드를 반영하여 ‘미세먼지 국민포럼’, ‘플라스틱 이슈포럼’, 그리고 ‘지역혁신성장포럼’ 등을 신규 시리즈로 추진하고자 한다. 관련 분야의 전문가와 시민사회의 협력으로 국민이 체감할 수 있는 결실을 거두기를 소망한다. (ST)



▲ (그림 3) 과총은 새해에도 610여 개 학술단체들과의 소통과 협력을 통해 과학기술 전문성이 국민 복지 향상에 기여할 수 있도록 노력을 배가할 것이다