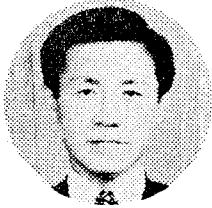


# 世界科學技術史 (西洋篇)

## 20世紀의 科學技術



宋 相 庸

<韓國科學史學會 幹事>

근대 이후 指數的 成長을 거듭해 온 과학기술은 20세기에 들어와 폭발적인 발전을 기록했다. 역사 있는 이래 있었던 과학자가운데 90% 이상이 현재 살아 있다는 사실이 이를 뒷받침한다. 인간이 만든 어떤 다른 분야도 이처럼 화려한 성공을 거둔 일은 일찌기 없었다.

20세기의 첫해인 1900년 플랑크(Max Planck, 1858—1947)는 에너지의 不連續을 인정하는 量子假說을 내놓았다. 그러나 이것이 고전물리학을 뒤엎는 제2의 物理學革命의 서곡이 될 줄은 그 자신미처 깨닫지 못했다. 한편 이로부터 작자 5년, 15년뒤에 발표된 아이슈타인(Alber Einstein, 1879—1955)의 特殊 및 一般相對性理論은 뉴턴물리학의 時空概念을 근본적으로 바꿔놓았다. 이 이론은 실험적증거가 빈약하고 확립된 과학이론의 본질적수정을 요구했다는 점에서 특이했으며 학계에서 받아들여지는데 상당한 시간이 걸렸다.

### 英雄의 時代

상대성이론이 아이슈타인 한사람의 천재적성취라던 量子論은 여러 천재과학자들의 창조적연구가 종합된 성과라 할수 있다. 양자론의 대표자는 코펜하겐에 모여든 젊은 학자들을 이끈 보어(Niels Bohr, 1885—1962)였다. 보어학파의 전성기인 1920년대는 오펜하이머(J. Robert Oppenheimer, 1904—1967)가 이름지은 것처럼 「英雄의 時代」였다.

1927년 하이젠베르크(Werner Heisenberg, 1901~76)는 不確實性原理를 발표했다. 이 원리는 어떤 입자의 위치와 운동량을 동시에 결정할수 없다고 주장한다. 하나가 정확히 결정되면 다른 것은 원리적으로 불확실

해진다는 것이다. 이것은 그리스시대 이래 전혀 의심을 받지않았던 因果律의 약화를 뜻하며 따라서 고전물리학에게는 충격이 아닐수 없다. 보어는 불확정성원리를 확장한 相補性의 原理를 만들어냈다. 그는 상보성을 자연 법칙의 요청으로 보았으며 粒子—波動의 문제는 배타적이지만 상보적인 두가지 성질이라고 했다.

혁명적인 아이슈타인도 보어와 하이젠베르크를 중심으로한 非決定論의 견해는 받아들일 수 없었다. 그는 신은 주사위놀음을 하지 않는다고 하면서 불확정성은 필연적인 것이 아니며 관찰자의 관찰기구의 간섭에서 오는데 지나지 않는다고 고집했다. 플랑크와 드브로이(Fouis de Broglie, 1892—), 그리고 量子力學의 건설에 크게 기여한 슈뢰딩어(Ermin Schrödinger, 1887—1961)까지도 이 견해에 동조했다. 관찰되는 현상의 우연성 밑에 엄밀히 결정적인 과정, 즉 「숨은 變數」(hidden variables)가 있다는 주장은 꾸준히 계속되었지만 과학자들의 지지를 거의 받지 못했다.

한편 생물학은 19세기후반 이래 커다란 기술적진보를 이룩했다. 1880년대에 바이스만(August Weismann, 1834—1914)이 다윈의 팬제너시스(pangenesis)가설에 의문을 제기하고 획득형질의 유전을 공격하면서 염색체가 유전물질이라는 染色體說을 내놓았거니와 1900년에는 유전학의 돌파구를 마련한 획기적사건이 일어났다. 멘델(Johann Gregor Mendel, 1822—1884)이 완두의 교배실험을 통해 부모의 형질이 자손에 전해지는데 일정한 법칙이 있음을 발견한 것은 1866년의 일이었다.

이것이 주목을 끌지 못하던중 34년만에 드 프리스(Hugo de Vries, 1848—1935)는 식물재배실험의 결과 멘델의 법칙을 재발견했다. 그것은 한두달 사이에 코렌스(C. E. Correns, 1864—1935)와 체르막(E. von

Tschermak, 1871—1962)에 의해서도 독립적으로 확인되었다.

分子生物學의 登場

멘델의 법칙이 재발견되는데 이바지한 배잇슨(William Bateson, 1861—1926)은 變異를 연구해서 그것이 불연속이며 생활조건과 무관하다는 결론을 얻었다. 모건(Thomas Hunt Morgan, 1866—1945)은 배잇슨을 따라 불연속적변이가 진화에 중요하다고 보았으며 초파리실험에 의해 染色體地圖를 만들었고 1910년대에 멘델의 법칙을 수정한 遺傳子說을 발표했다. 멀러(Hermann Josenhh Muller, 1890—1967)는 돌연변이의 속도를 정량적으로 연구했는데 1927년 X선이 돌연변이의 속도를 높인다는 것을 발견했다. 그러나 생물학은 여러분야에서 발전했으면서도 화려한 물리학에 가려져 빛을 보지 못했다.

20세기전반을 물리과학의 黃金時代라 하던 후반은 生命科學의 시대라 할만하다. 1953년 왓슨(James Dewey Watson, 1928—)과 크릭(Francis Harry Compton Crick, 1916—)에 의한 核酸의 구조해명 이래 눈부신 발전을 해온 分子生物學은 생명현상을 분자수준에서 밝히려 한다. 이것은 슈뢰딩어의 「生命이란 무엇인가?」(What Is Life, 1944)에서 자극을 받아 볼터·화학의 성과를 생물학에 적용한 것이다. 이제 생물학은 서술적인 과학에서 精密科學(exact science)으로 탈바꿈하고 있다. 『오늘날 생물학운동의 궁극목표는 모든 생물학을 물리학과 화학에 의해 설명하는 것이다』 크릭의 이 말은 분자생물학자들의 견해를 대변한다. 이들의 旗手 모노(Jacques Fucien Monod, 1910—1976)도 생물은 自動制御식분자기계라고 단언하면서 物活論, 生氣論, 전체론을 통렬히 비판했다.

過激한 技術革命

분자생물학의 진전은 놀랍지만 생명은 아직 규명되지 못했기 때문에 反還元主義도 만만치 않다. 생명이 근원적으로 환원될수 없다고 주장하는 폴라니(Michael Polangi, 1891—1976)는 그 대표자이다. 폴라니처럼 물리과학에서 온 보어, 엘제서(Walter Maurice Elsässer, 1904—) 등이 같은 입장을 취한다. 이것은 주기적으로 일어나는 기계론에 대한 浪漫主義的 反動으로 볼수 있



알버트 아인슈타인(1879~1955)

으나 일종의 有機體論의 특색로 볼지도 하다.

이와 관련된 움직임으로 生態學의 浮上을 빼놓을 수 없다. 생물과 그 환경사이의 관계를 연구하는 생태학은 얼마전까지만 해도 생물학의 보잘 것없는 한분과였는데 이제는 생물학을 대표할 만큼 중요한 학문이 되었다. 이 변화는 環境汚染의 갑작스런 악화가 가져온 生態學의 危機때문에 일어난 것이다. 분자생물학이 微視現象을 파고드는데 비해 생태학은 거시적입장에 선다. 듀보스(Roné Dubos, 1901—), 카머너(Barry Commoner, 1917—) 등은 대체로 반기계론적 태도를 보이면서 인간과 환경의 상호작용을 규명하는 방향으로의 전환을 부르짖었다.

20세기에 와서 이룩된 기술의 진보는 글자 그대로 경이적인 것이다. 현대기술의 劇인 현상은 이미 예견되었던 것이지만 그 세부적인 성격과 효과는 전혀 상상할수 없었다. 고대의 都市革命 이래 오늘날과 같은 과격한 技術革命은 찾아볼수 없다. 기술의 변혁에 따른 인간의 생활양식과 사회구조의 변화도 충격적인 것이다.

이 기술혁명에서 중요한 점은 물, 석탄, 석유, 천연가스, 전기, 핵반응에서 오는 대량의 역학적 에너지를 현대사회가 쓸수 있게된 것이다. 動力은 생산, 교통, 과학연구에 쓰일뿐 아니라 가정의 작은 기계들은 돌린다. 19세기 후반에 나온 최초의 대량소비기계들인 자동차, 재봉틀, 타이프라이터에 자동차, 텔레비전, 냉장고 등 자동기계들이 추가되었다. 이제 현대인은 수십명의 노예를 부린 로마인들보다도 많은 동력을 사용하며 전세기의 帝王이 누리던 안락한 생활을 즐길수 있게 되었다. 현대기술의 성취는 어지러울 정도로 화려하며 계속 지속적으로 발전하고 있다.

原子力の 表裏

19세기말 베그렐(Henri Becquerel, 1852—1908), 퀴리 내외(Pierre Curie, 1859—1906: Marie Curie, 1867—1934)의 放射能연구에서 시작된 原子科學은 톰슨(Joseph John Thomson, 1856—1940), 라더퍼드(Ernest Rutherford, 1871—1937)등에 의해 원자의 구성요소가 밝혀짐으로써 급진전을 보게 되었다. 원자는 나누어질수 있을뿐 아니라 막대한 양의 에너지를 함유하고 있다는 것이 확실해졌고 이 에너지를 꺼내서 이용하는 것이 과학자들의 꿈이었다.

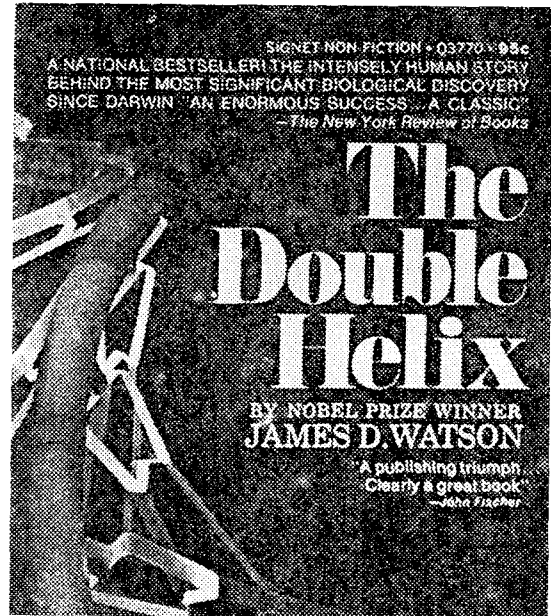
한(Otto Hahn, 1879—1968), 슈트라스만(Fritz Strassmann, 1902—), 마이트너(Fise Meitner, 1878—1968)는 우라늄에 중성자를 때렸을 때 핵분열이 일어난 것을 확인하고 그것을 에너지방출의 열쇠로 보았다. 페르미(Enrico Fermi, 1901—1954)는 원자 하나가 내놓는 에너지는 작지만 連鎖反應에서는 많은 원자가 붕괴되므로 엄청난 양이 되리라 생각했다. 1942는 그는 드디어 연쇄반응실험에 성공했고 여기서 원자력 이용의 길이 열렸다.

핵분열의 성공은 곧 군사적 이용으로 연결되었다. 맨해튼計劃(Manhattan District)이 창설되었고 2년 반동안 미국과 유럽의 과학자들이 총동원되어 오펜하이머(J. Robert Oppenheimer, 1904—1967) 지휘 아래 일한 결과 원자폭탄을 만드는 데 성공했다. 원자탄은 1945년 廣島와 長崎에 떨어져 그 위력이 실증되었다. 冷戰의 막이 오르면서 핵무장경쟁은 가열되어 갔다. 1949년에 소련이 원폭실험에 성공하고 1950년대 초 美·蘇의 水素爆彈제조, 영국의 핵그룹가입으로 세계는 이른바 恐怖의 均衡으로 들어갔다.

전후 원자력의 평화적 이용가능성이 대두했다. 에너지의 방출이 느리고 임의로 조절할수 있는 原子爐는 이미 1942년 페르미에 의해 시카고에 건설되었거니와 졸리오—퀴리(Frédéric Joliot-Curie, 1900—1958)가 앞장선 프랑스에는 1948년에 조에(Zoé)가 완성되었다. 원자력의 평화적 이용은 공업, 농업, 의학등 광범위하지만 에너지源으로서도 일찍부터 주목을 끌었다. 1954년 세계 최초로 原子力發電所를 건설한 것은 소련이었다. 두번째 원자력발전소는 1956년 영국에 세워졌고 미국은 그로부터 2년뒤에야 갖게 되었다.

巨大技術의 勝利

20세기 후반에는 또한 공상과학소설의 주제였던 宇宙



왓슨의 <2重螺線> 表紙(1968)

探險의 꿈도 실현되었다. 1957년 소련의 인공위성 스푸트니크(Sputnik) 발사에서 시작된 우주개발은 치열한 경쟁끝에 1969년 미국의 아폴로(Apollo) 11호에 의한 달 상륙성공으로 절정에 달했다. 이 巨大技術은 모든 분야의 과학기술의 성과가 종합되어 가능했다. 한때 주춤했던 우주탐색은 行星로키트 발사, 有人宇宙飛行으로 발전되어 나갔다.

1948년 포드(Ford)자동차회사에서 공작과 운반의 自動化를 위해 트랜스퍼 머신(transfer machine)을 설치한데서 시작된 오토메이션(automation)은 대량생산과 대량소비의 시대를 낳았다. 현대의 魔術師 컴퓨터는 에커트(J. Presper Eckert)와 모칠리(John W. Mauchly)에 의해 1946년 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator)으로 선보였고 1951년 UNIVAC(Universal Automatic Computer) I로서 상품화되었다. 무서운 계산능력과 정보의 기억 및 처리, 논리적 판단능력까지 갖추고 있는 컴퓨터는 불과 몇십년 사이에 과학, 기술, 산업은 물론 거의 모든 분야에 이용되어 혁명적인 효과를 내고 있다.

자연에 존재하거나 또는 잊지도 않은 갖가지 들질을 만들어내는 화학공업은 인간의 衣食住生活를 크게 바꿔놓았다. 이제 기술은 생물학, 의학에까지 침투해서 바이어닉스(bionics), 醫學工學(medical engineering)

등의 분야가 생겨났다. 그밖에도 경이적인 기술에는 集積回路(integrated circuit, IC), 레이저(light amplification by stimulated emission of radiation, LASER), 초음속수송(supersonic transportation, SST) 등이 있다.

그러나 가장 각광을 받는 분야는 생물학의 응용이다. 분자생물학의 무서운 발전은 인간을 생명의 신비해명으로 한걸음 다가서게 한데 그치지 않았다. 유전의 기초를 이루는 것이 다름아닌 핵산임이 밝혀지자 인간은 물질적인 조작에 의해 유전을 마음대로 좌우할 수 있게 되었다. 人工天才, 인체냉동, 각종 器官移植, 시험판아기, 클로닝(Cloning), 頭腦銀行, 잠과 꿈의 조절 幸福藥 등 생명과학의 가능성은 무궁무진하며 그 성과는 충격적이다. 遺傳工學(genetic engineering)에 의한 생물학적 인간개조는 인간의 무한한 가능성을 실현하는 길일 수도 있으나 무서운 재난을 가져올 수도 있는 위협을 지니고 있어 문제는 심각하다.

### 科學技術의 得失

현대기술은 과학을 토대로 하고 있는 까닭에 「科學的技術」(scientific technology)이라 불리며 이 점에서 경험적 수준을 넘지 못했던 과거의 기술과는 본질적으로 성격을 달리한다. 기술의 힘은 상식인의 상상력이 미치지 어려울만큼 엄청나며 그 사회적영향도 절대적인 것이다. 예컨대 화살은 한사람의 적군을 죽일수 있었지만 熱核爆彈 한개는 인구 수백만의 대도시를 일순에 잿더미로 만든다. 오늘날 기술은 과학을 압도하고 사회의 求心點으로 등장했다. 이런 기술을 가능하게한 과학이 이제는 기술에 질질 끌려가는 느낌이다. 기술은 인간의 사고의 발전을 앞질러 굴러붙은 달처럼 쫓아주하고 있는데 인간은 이 무서운 변화에 어떻게 적응해야 할지몰라 당황하고 있다.

기술은 인간에게 해아릴수 없이 풍부한 물질생활을 안겨 주었다. 의학의 발달은 靑銅器時代에 20도 안되었던 인간의 평균수명을 70이상으로 올려 놓았다. 현 지경 하나만 해도 1세기 동안에 두차례 세계대전의 死傷者보다 더 많은 생명을 구했다. 기술은 앞으로도 계속 인류의 더 많은 행복을 보장한다는 견해가 있다. 기술의 진보가 가져올 未曾有의 풍요가 계급투쟁, 국제분쟁 등 인류의 모든 난문제를 해결해줄 것이라는 「技術的 메시아主義」(technological messianism)가 그것이다. 칸(Hermann Kahn)을 비롯한 未來學者들은 소극

증대, 질병일소, 수명연장, 노동시간단축, 여가활용, 약에 의한 몸과 마음의 자유로운 조작등으로 장차 인간은 꿈같은 유토피아에 살게 될것이라고 화려한 장마 및 미래상을 편다.

### 岐路에 선 科學

반면 과학문명에 비판적인 비판론자들은 과학기술이 인간의 불행의 원인이며, 결국 인류의 자멸을 초래할 것이라고 경고한다. 철학자 마르쿠제(Herbert Marcuse), 技術史家 덤퍼드(Fowis Mumford), 과학사가 멘들손(Everett mendelsohn) 등은 과학을 「그릇된 神」으로 보고 규탄하는 反科學陣營의 대표자들이다. 이제 과학에 대한 공격은 과학자사회밖으로부터는 물론, 안으로부터도 나온다. 과학비판은 소수의 지식인들에 한정되지 않고 널리 일반대중에 퍼져 있다. 反科學運動은 고도기술(high technology)뿐 아니라 과학자체에도 겨누어져 있다. 과학의 목표와 결과에 대한 도전은 과학의 內的規範, 심지어 인식론적지위마저 의심하는데까지 왔다. 과학기술이 군사목적에 이용되어 인간을 죽이는 무기로 위력을 발휘했을때 과학에 대한 증오가 타올랐으나 오늘날 같은 과학자체의 거부에까지 가지는 않았다.

얼마전까지도 과학기술의 弊害는 그것이 인류에게 가져다준 혜택에 비하면 무시할수 있는 것이었다. 그러나 이제 양상은 달라졌다. 오늘날 기술은 지구를 삼켜버리려는 怪物로 둔갑한 느낌이 깊다. 1960년대에 갑자기 문제화된 環境汚染은 과학기술에 대한 천진난만한 기대에 찬물을 끼얹는 계기가 되었다.

生態學的 危機에 자원, 에너지부족까지 겹쳐 「成長의 限界」까지 거론되기에 이르렀다.

순풍에 돛 단듯이 전진해 온 과학기술은 중대한 岐路에 서게 되었다. 자칫하면 과학기술뿐만 아니라 인류가 살아남지 못할 절박한 국면이다. 이 위기를 벗어나기 위해서는 과학기술의 근본적인 자기반성과 방향의 再設定이 절실히 요구된다. (完)

編輯者註: 장장 24회에 걸쳐 連載해온 本稿는 이번으로써 終章을 맺고 82年 1月부터는 東洋篇이 韓國外國語大學校 朴星來교수의 執筆로 연재됩니다.

玉稿를 주시어 本誌를 더욱 빛내주신 宋相庸교수께 誌上을 빌어 감사드립니다.