

# 世界科學技術史 (西洋篇)

## 19世紀의 科學

宋 相 庸

<韓國科學史學會 幹事>

19세기는 科學史에서 매우 중요한 때이다. 새 사실들과 이론들이 여러 과학을 몰라볼 이만큼 변형시켰고 과학이 산업에 응용되었을 때 인간의 생활방식에는 커다란 변화가 일어났다. 1805년에 나온 돌턴(John Dalton, 1766—1844)의 原子論이 그 좋은 예이다. 원자론의 주요목표는 화합물의 原子組成이 그 성질과 관련됨을 발견하는 것이었다. 라화지에는 예외지만 돌턴 이전의 화학자들의 생각은 陳腐하게 보이는데 베르셀리어스(Jöns Jacob Berzelius, 1799—1848), 리비히(Justus von Liebig, 1803—1874)등 그 이후의 화학자들의 업적은 건설한 인상을 준다. 19세기 초는 거의 모든 과학에서 한 시기를 갖는 발견들, 여러 해가 지나서야 그 완전한 효과와 인정될 만큼 근본적인 발견들이 이루어 졌다. 그러나 이것이 전부는 아니었다.

### 科學과 産業의 乖離

19세기 전반의 과학은 석탄에 숨어있는 動力을 이용할 수 있게 됨으로써 생활양식에 혁명을 일으켰다. 물론 과학적원리의 발견과 인간의 필요를 만족시키기 위한 그 이용 사이에는 늘 얼마쯤 시간의 遲延이 있다. 산업이 과학자들에 의해 운영되는 일이 드물었던 150년전에는 이 지연이 매우 컸다. 즉 19세기초의 산업이 이용한 것은 주로 18세기과학이었으며, 19세기초의 위대한 발견들은 증반과 후기에야 열매를 맺었다.

우선 물리학과 그 응용을 보자. 이미 1세기전 뉴턴이 力學의 확고한 기초를 세웠지만 18세기에는 역학적 문제에 관한 가장 좋은 사고방식인 수학적 이해 되었

다. 더우기 그때 사람들은 주로 시계와 과학기구의 제작을 통해 역학의 기술을 배웠다. 또한 熱에 관한 과학의 제원리를 엔진에 응용함으로써 와트(James Watt, 1736—1819)는 기계와 바퀴와 샤프트를 들릴수 있는 효율적인 엔진을 만들었다. 19세기가 시작되기 직전 세계는 증기로 움직이는 기계의 가능성을 깨닫게 되었다.

蒸氣動力은 18세기의 마지막 20년에 방직기계에 이용되었고 19세기초 증기기관차와 기선이 나왔다. 크고 효율적인 엔진과 기계의 수요는 기술자들의 제한된 기법과 힘을 훨씬 앞질렀다. 그래서 기계를 만드는데 동력으로 움직이는 기계장치를 쓴다는 새로운 개념이 나왔는데 이것 없이는 산업이 그만큼 발전하지 못했을 것이다. 18세기에는 발로 들리는 가벼운 旋盤, 팔의 힘으로 휘두르는 줄과 망치에 의존했으나 19세기초에 이것들은 새로 발명된 증기로 움직이는 동력선반, 半削機, 그리고 내스미드(nasmyth) 증기해머에 자리를 내주었다. 이 분야는 아주 넓어서 영국의 자본과 노동력의 대부분은 기계공업에 집중되었다.

### 電氣學의 浮上

電氣는 다른 분야들에 비해 늦게 시작해서 빨리 큰 발전을 한 점에서 특이하다. 그 행동이 꼭 유별났기 때문에 마법적성질을 가졌다고 생각되었던 전기는 길버트(William Gilbert)에 의해 신비가 걷히기는 했지만 18세기 말까지도 연구에 큰 진전이 없었다. 이때 뉴턴의 역제곱법칙이 전기에도 적용된다는 것이 밝혀졌다.

여기서 시작해 전기학은 불과 50년 사이에 놀랄만한 발전을 보여 19세기 중엽까지는 오늘날의 지식의 거의 골자가 알려지게 되었다.

문명세계의 주요관심은 동력에 있었고 이것이 늘 과학에 영향을 주었다. 自然動力들 즉 열, 빛, 전기, 자기, 화학적 친화력 등의 관계는 계속 문제되었으나 중요한 것은 열이 일로 바뀔 수 있다는 사실이었다. 새로 발견된 전류도 열, 빛 또는 일로 바뀔 수 있었다. 그것은 電氣分野의 형태로 화학변화를 일으킬 수 있었고 화학변화는 전기, 열, 빛 또는 일을 만들 수 있었다. 이 모든 동력들이 서로 변형될 수 있다는 것, 즉 에너지라는 단일개념아래 표현될 수 있다는 개념이 확립되었다. 산업이 동력에 몰두한 결과 에너지保存이라는 위대한 과학적 일반화가 가능했다고 할 수 있다.

1800년에 볼타(Alessandro Volta, 1745—1827)가 전지를 발견했다. 데이비(Humphry Davy, 1778—1829)는 용융된 鹽에 전기를 통함으로써 나트륨과 칼륨을 분리하는 전기 분해에 성공했다. 전기와 자기 사이에 관계가 없다고 믿어졌던 일반적 통념은 1820년 외르스테드(Hans Christian Oersted, 1777—1851)에 의해 뒤집혀졌다. 또한 전기가크, 電磁石, 유도코일이 발견되었고 그것은 패러디(Michael Faraday, 1791—1867)에 이르러 導線을 자기장에서 움직임으로써 전기를 만드는 데 성공하게 되었다. 이것이 電磁氣誘導의 발견이며 발전기와 전기모터의 시초였다. 그것은 다시 옴(Georg Simon Ohm, 1781—1845)에 의한 起電力, 저항, 전류라는 개념의 확립과 전자기학의 법칙들로 이끌었다. 그러나 전선과 전기도금법이 나온 1840년쯤까지는 전기가 산업에 이용되지 않았다.

**革命的인 電氣通信**

1850년까지는 전기에 관해 알려지지 않은 중요한 것은 두가지밖에 없었다. 그 하나는 電磁氣波를 만드는 가능성으로 1865년 맥스웰(James Clerk Maxwell, 1831—1879)이 이론적으로 예측했고, 1887년 헤르츠(Heinrich Rudolph Hertz, 1857—1894)가 실험적으로 증명했다. 이 발견은 빛이 전기적성질을 가졌음을 보여줌으로써 이론적인 혁명을 일으켰고 전파통신이라는 실질적 발명을 가져왔다. 둘째는 1897년의 電子의 발견이었다. 이것은 모든 물질이 전기적 성질을 가졌다는 개념으로 발



제임스 C. 맥스웰(1801~1879)

견했고 거기서 원자조성에 관한 지식이 나왔다.

전자통신기술은 19세기문명사회의 양상을 일변케 했다. 외르스테드가 전류의 자기작용을 발견한 뒤 앙페르(André Marie Ampère, 1775—1836)가 이를 통신에 이용할 구상을 했으나 기본원리를 해결한 것은 수학자가우스(Karl Friedrich Gauss, 1777—1855)와 물리학자 베버(Wilhelm Eduard Weber, 1804—1891)였다. 이 원리를 휘트스톤(Charles Wheatstone, 1802—1872)과 쿡(W. Cook)이 이용해 상업전신을 발전시켰고 모스(Samuel Morse, 1791—1871)는 부호를 만들어 이를 개량했다. 1842년부터 워싱턴과 볼티모어 사이에 전선이 개설되었고 전선망은 급속히 확대되어 1851년에는 영불해협에 해저전선이 가설되었으며 1866년에는 대서양을 건너는 전선이 개통되었다.

벨(Alexander Graham Bell, 1897—1922)은 전화를 발명해서 1876년 특허를 냈으며 에디슨(Thomas Alva Edison, 1847—1931)은 炭素送話器를 고안해 전화를 개량하는 동시에 축음기도 발명했다. 1888년 헤르츠가 전자기파의 존재를 증명하자 이를 받아 1895년 마르코니(Guglielmo Marconi, 1874—1937)가 무선전신을 발명했고 이듬해 영국에서 특허를 얻었다.

패러디의 전자기유도현상 발견을 이용하여 1866년 발전기를 만드는 데 성공한 것은 지멘스(Ernst Werner von Siemens, 1816—1892)였다. 19세기말 웨스팅하우스(George Westinghouse, 1846~1914), 에디슨 등은 送電의 가능성을 내다보게 되었다. 에디슨은 자기가

발명한 전등을 실용화하기 위해 뉴욕에 화력발전소를 건설하고 配電體系를 발전시켰다. 전기는 석탄뿐 아니라 수력, 풍력, 潮力 등에 의해 널리 구할 수 있다는 점에서 증기기관보다 우수했다. 증기기관은 탄광부근 또는 수송이 편리한 곳에만 있을 수 있어 불편했다. 더 우기 전기에너지는 원거리 고압송전기술에 의해 송·배전선을 통해서 어디든지 보낼 수 있었고 양을 조절, 측정할 수 있는 장점을 가지고 있었다.

生物學의 落後

1800년에 가장 발전된 과학은 물리학이었다. 화학도 돌파구가 뚫려 크게 모습을 바꾸었으나 生物學은 아직 유치한 상태에 있었다. 1800년의 현미경은 100년전보다 별로 나아진 것이 없었다. 1758년 색지움망원경렌즈가 발명되었으나 고성능현미경의 建造를 가능하게 한 색지움현미경 대물렌즈는 1825년에야 나타났다. 1838-9년에 슈반(Theodor Schwann, 1810-82)과 슈다이트(Mathias Jakob Schleiden, 1804-1881)은 생물학의 가장 기본적인 개념인 細胞說을 발표했다.

그러나 생물학자가 필요로 했던 것은 현미경뿐만은 아니었다. 생명물질의 기본활동은 화학적이든 생물학자에게 필요한 화학은 아직도 먼 앞날에 있었다. 그래도 화학자들은 생명체의 화학이 어떤 점에서 실험실의 화학과 같다는 것을 보여 주었으며 생물안에 있다고 생각되었던 특별한 活力(vital force)에의 믿음을 깨뜨리는 방향으로 나갔다.

생명의 화학은 아직 캄캄한 상태여서 생물학의 진보는 생물의 可視的인 특성과 먼 옛날의 죽은 생물에 관한 연구에서 두드러졌다. 퀴비에(Georges Cuvier, 1769-1832) 같은 비교해부학자들은 생물의 구조에 관해서, 그리고 지질학자들은 地層을 연구하기 시작했다. 이것은 지금껏 꿈도 못꾸었던 지구의 과거를 드러냈고 고대의 생물에 관한 전혀 새로운 견해를 강요했다. 이런 발견들은 산업과 전혀 무관하지는 않았다. 철도건설은 터널 등 대규모 발굴을 필요로 했으며 그 결과 막대한 지질학적 정보가 입수되었고 이 정보는 건설에 유용했다.

이 기간에 생물학은 의학에 거의 영향을 미치지 못했다. 의학의 주요발전은 임상적인 관찰과 실험에서 나왔다. 제너(Edward Jenner, 1749-1823)의 豫防接



루이 빠스퇴르(1822~1895)

腫발견은 의학론이 아닌 날카로운 관찰의 결과였다. 1840년대에 사용되기 시작한 마취제 산화질소와 클로로포름을 얻을 수 있게한 것은 화학의 진보였지만 역시 실험적인 것이었다.

擡頭된 社會問題들

1800-1840년의 과학적발전들과 산업에서의 동력이용의 발전은 사회에 엄청난 충격을 주었다. 산업의 발전은 시골마을에서 공장으로 노동자들을 모았고, 산업의 원동력인 석탄과 철 주위에 도시가 자라게 했다. 요컨대 영국은 농부와 匠人들의 나라에서 공장노동자들의 나라로 바뀌었다. 싸구려 날림집들이 급속히 올라갔고 위생은 전혀 주의를 끌지 못했다. 그 결과 질병의 발생률이 무시할 수 없을 정도로 높았다. 인구가 過密한 공업지대의 비참한 상태에 자극받아 병의 원인을 찾고 예방하려는 노력이 시작되었다. 채드윅(Edwin Chadwick, 1800-1890)과 스미드(T. Southwood Smith, 1788-1861) 등은 불결과 질병사이의 관계를 확신하고 완전한 위생시설을 얻으려는 운동을 이끌었다. 그러나 그 진전은 매우 느렸다.

더러운 환경에서 사는 사람들의 熱病으로 인한 사망률은 높았으나 깨끗하게 사는 사람들도 열병은 흔했다. 또 완전한 위생시설을 하는 데는 비용이 많이 들었다. 하수처리, 급수, 주택의 체제를 바꾸는 데는 커다

란 난점이 있었다. 왜냐하면 법적 통제가 거의 없다시피했고 생활기구를 통제한다는 사실자체가 당시의 사람들에게는 혐오를 일으켰기 때문이다. 실제로 병의 전염경로를 확실히 알고 그것을 막아낸 것은 1880년쯤 파스퇴르(Louis Pasteur, 1822—1895) 등에 의해 질병의 細菌說이 증명된 다음부터였다.

파스퇴르는 박테리아의 문제를 해결하는데 세가지 중요한 기여를 했다. 첫째, 그는 어떤 미생물이 포도주 맥주를 상하게 하며 이것은 酵母에 의한 醱酵의 어떤 단계에서 술을 가열함으로써 막을수 있음을 발견했다. 그는 또한 효모는 단세포미생물이라는것도 증명했다. 둘째, 포도주와 맥주가 미생물로 감염될수 있다는 것을 증명한 다음 그는 누에, 소, 양, 사람에게도 같은 일이 일어날수 있음을 보여주었다. 셋째, 그는 약화된 세균들로부터 백신을 동물에 주사하면 그것이 같은 세균에 의한 잇따른 감염으로부터 보호된다는 것을 발견했다. 파스퇴르가 19세기중엽 이런 발견들을 했을때 感染의 원인으로서의 살아있는 接觸傳染의 개념은 여러 세기 된 것이었다. 일찌기 16세기에 프라카스토로(Girolamo Fracastoro, 1478—1553)는 접촉전염이 감염의 원인이라고 주장했다. 그러나 이 설이 실험적으로 받아들여지고 증명되는데는 300년을 기다려야 했다.

自然發生說 論爭

1830년대에는 세가지 중요한 발전이 있었다. 첫째, 현미경이 크게 개량되었다. 둘째, 프랑스와 독일의 과학자들은 효모가 식물계에 속하는 단세포생물들이며 糖이 발효해서 산화탄소와 알코올로 되는 것은 효모세포의 활동의 결과라는 것을 보여 주었다. 셋째는 누에의 병이 미생물 때문에 일어난다는 바시(Agostino Bassi, 1773—1856)의 발견이었다. 이런 조건들이 파스퇴르의 연구의 방향과 본질을 결정했다. 그는 20년동안 발효의 문제에 관해 연구했다. 그의 초기발견 가운데 하나는 알코올이 살아있는 미생물에 의해 酸으로 된다는 것이었다. 미생물은 당을 산으로 변하게 하는데 우유를 시게하는 것은 바로 이 산이다. 그는 이런 바람직하지 않은 발효가 알코올로 되는 어떤 단계에서 술을 가열함으로써 방지될수 있다는 것을 알았다. 이것이 低溫殺菌法이다. 그가 발효에 관해 연구하는 동안 루세(Félix Archimébe Pouchet, 1800—1872)가 自然發

生을 증명했다고 주장했다. 파스퇴르는 루세에게 도전했다. 8년을 끈 유명한 자연발생설 논쟁은 파스퇴르의 승리로 돌아갔다. 멀리 그리스때부터 상식으로 당연시 되었던 자연발생설이 일단 자취를 감추게 되었다. 그의 反證은 결정적인 것은 아니었지만 극적인 승리였다.

파스퇴르의 연구의 직접적인 결과로 防腐處理外科의 시대가 열렸다. 그는 주요산업을 망치고 있는 누에병의 신비를 벗겼고 炭疽病의 원인이 박테리아임을 증명했다. 그는 세균이 좀 약화되어 있다면 병을 일으키는 세균의 혼합물을 병아리들에 주사함으로써 닭콜레라를 예방할수 있음을 발견했다. 그는 소와 양들을 탄저병에서 보호하는 비슷한 백신의 효과를 입증했다. 파스퇴르는 또한 狂犬病을 일으키는 바이러스를 검종함으로써 미친개에게 물린사람을 구할수 있다는 실험적 결론을 내렸다.

進歩의 約束

과학의 성공은 마침내 사람들에게 그 중요성을 확신시킬수 있었다. 대중적인 책의 흥수가 누구에게나 유용한 지식을 주었다. 과학을 주제로 한 강의가 곳곳에서 열렸다. 아마추어과학자들은 교외의 사교장과 시골 敎區長집에 실험실을 차렸다. 그러나 과학이 하급학교와 대학에서 정규과목이 되는데는 시간이 걸렸다. 프랑스, 스위스, 독일등 대륙의 대학들에서는 과학교육이 잘 되었으며 많은 미래의 과학자들이 이곳에 다녔다. 그러나 옥스퍼드와 케임브리지에서는 1850년 이후에야 과학학위를 주었다. 다른 대학들이 그 본을 닮고 1860년쯤에는 과학교육이 궤도에 올랐다.

19세기는 과학이 새로 시작된 위대한 세기였다. 17세기는 과학적방법을 세웠다. 18세기에는 많은 사실들을 확립했고 매우 다양한 기법들을 발명했으며 19세기의 과학자들이 필요로 할 수학과 그밖의 것들을 발견했다. 19세기는 현대의 물리학, 화학, 생물학이 비롯된 시기였으며 동력의 사용이 세계를 변형시키기 시작한 때이기도 했다. 이 기간에 문명세계는 물리세계를 설명하고 일을 되도록 만드는 수단으로서 과학의 가치를 확신했다. 모든 것이 잘되는 듯 했다. 進歩는 그곳에 있었고 세계는 정말 기계화된 번영과 과학적 진리의 장미빛 새벽으로 전진하고 있는 것처럼 보였다.