

科學과 理性

— 18世紀 —

朴 星 來(外大教授)

온도계의 발달과 더불어 열의 양과 세기를 구별할 수 있게 되기는 블랙(Joseph Black, 1728-1799)의 연구로부터였다. 화학자로 유명한 블랙은 얼음이 물로, 물이 수증기로 바뀌는 상태변화를 연구하다가 상태변화 중에는 아무리 많은 열을 가해도 온도는 변화하지 않는다는 사실을 발견했다. 潛熱이라는 개념에 도달했다는 뜻이다. 1761년 그는 같은 질량의 물체를 같은 온도 높이는데 필요한 열량은 물질에 따라 다르다는 사실도 발견했다. 比熱을 알게된 셈이고 1783년쯤에는 열량을 재어 여러 물질의 비열이 밝혀지게끔 되었다.

18세기 동안 열이 일종의 물질이라는 생각은 널리 인정되어 있었다. 熱素란 자연의 어느 물질보다 작고, 가볍고, 탄성이 있는 그런 원소라는 것이 이 생각의 바탕이 되고 있었다. 이런 생각에 의심을 갖고 마찰에 의한 열의 발생에 주목한 사람이 톰슨(Benjamin Thompson, 1753-1814)이다. 원래 미국인인 그는 독일의 어느 왕국에서 럼포드 백작(Count Rumford)으로 봉작된 후 영국에서 활동했기 때문에 원래 이름보다는 럼포드로 널리 알려져 있다. 그는 병기창에서 대포에 구멍을 뚫을 때 마찰에 의해 막대한 열이 생기는 것을 예로 들어 열소설을 부인했다. 이 경우 마찰을 하기만 하면 열은 무한정하게 나올 수 있다는 것이 분명해 보였고, 따라서 열이란 물질이 아니라 마찰에서 생기는 "일종의 운동"이라고 그는 생각하게 되었다.

럼포드는 과학기술의 대중화에 크게 힘써 이

를 위한 기관으로 王立研究院(Royal Institution)을 런던에 창설한 사람이기도 하다. 여기 초대 원장으로 임명된 데이비(Humphry Davy, 1778-1829)는 두 조각의 얼음을 서로 마찰시켜 줌으로서 녹일 수 있음을 실험적으로 증명하여 럼포드의 생각을 뒷받침했다. 그러나 18세기 동안에는 아직 열의 운동이론은 확립된 것이 아니어서 대부분의 학자는 열소 개념을 그대로 지켜가고 있었다. 그럼에도 불구하고 열에 관한 연구와 그전부터 광산에서 사용되던 수증수증기용 排水펌프의 두가지 전통은 급기야 증기기관의 발명을 낳게끔 되었다. 수증기의 힘을 이용하는 기관이 처음 만들어진 것은 뉴커멘(Thomas Newcomen, 1663-1729)에 의해서였다. 이때 대폭 개혁을 가해 전혀 새로운 증기기관을 발명한 것이 와트(James Watt, 1736-1819)였고, 와트의 기관은 1777년 처음 실용화된 이래 영국 산업혁명의 원동력이 되었다.

전기에 대해서도 18세기까지는 이렇다 할 연구가 없었다. 그리이스이래 마찰전기의 존재는 알려져 있었으나 그 이상을 알지 못했던 것이다. 1729년 그레이(Stephen Gray, 1670-1736)는 전기를 잘 전하는 물질과 그렇지 않은 물질이 있음을 구별하기 시작하여 導體와 不導體를 알아냈다. 프랑스의 왕립식물원장이던 뒤·페이(Charles de Cisternay du Fay, 1698-1739)는 오랜 실험 끝에 전기에는 "유리전기"와 "수지(樹脂)전기"의 두가지가 있으며 같은 종류의 전기는 서로 반발하고 다른 전기를

뎌 물체는 서로 잡아당긴다는 사실을 알아냈다.

아마추어 과학자들이 크게 활약하기 시작한 18세기에는 전기의 실험은 실로 가장 있기있는 지식인의 오락이기도 했다. 전기를 일으키고 이를 저장하는 방법을 많은 사람들에게 필요한 실험기구였고, 그 요구에 맞추어 간단한 起電機와 라이덴병(Leyden jar)이 고안돼 나왔다. 전기를 병 속에 저장해 두려는 생각은 18세기 초부터 시작되었으나 1845년경 화란의 무센브룩(Pieter Van Musschenbroek, 1692-1761)은 라이덴에서 라이덴병을 발명해냈다. 같은 때 독일의 클라이스트(Georg von Kleist, ?~1748)도 같은 발명을 했는데 그는 역사상 처음으로 자기 발명의 결과로 심한 감전을 받은 사람이었다고 알려지고 있다. 여하튼 라이덴병의 등장은 호사자들의 별난 실험욕까지를 크게 자극하여 프랑스의 왕은 근위병들을 손에 손을 잡고 늘어서게 한 뒤 라이덴병에 감전시켜 한꺼번에 펼쳐 뛰게 만드는 실험을 행했을 정도였다.

유럽을 휩쓰는 전기실험의 센세이션은 대서양을 건너 미국의 필라델피아에까지 전해졌고, 프랭클린(Benjamin Franklin, 1706-1790)은 전기실험기구를 수입해 갔다. 그는 유명한 연의 실험(1752)을 통해 번개란 별것 아닌 전기현상임을 증명해냈고, 이어 바로 다음해(1753)부터 피뢰침을 만들어냈다. 전기의 연구는 처음으로 실용적인 발명품을 낳았다고 하겠다. 그러나 이런 실용적 발명보다 더 과학사상 중요한 것은 그는 전기의 본질에 대해 새로운 학설을 주장했기 때문이다. 그는 전기란 두가지 서로 반대되는 것이 존재하는 것이 아니라 사실은 한가지 흐름이라는 설을 내세웠다. 프랭클린에 의하면 “유리전기”는 전기라는 흐름(電流의 개념이 시작된 셈이다)이 넘치는 상태이고 “수지전기”는 전류가 모자라는 상태일뿐이라는 것이다. 오늘날 우리가 갖고 있는 전기의 개념에 이미 도달하고 있었던 셈이다.

전기가 서로 끌고 미는 성질이 있다는 사실은 즉각 뉴턴의 인력법칙과의 비교를 생각해 해 주

었고, 실제로 프랑스의 쿨롱(Charles Coulob, 1736-1806)은 전기를 뎌 물체 사이의 인력이나 척력은 거리의 제곱에 반비례함을 실험을 통해 증명해 냈다.

이탈리아의 갈바니(Luigi Galvani, 1737-1798)는 개구리 실험을 통해 개구리 근육속에 전기가 있다고 생각하기에 이르렀다. 왜냐하면 그가 보기에는 개구리의 다리근육은 금속 메스를 대면 수축하는 듯이 보여 전기가 근육 속에 있는 것처럼 보였기 때문이다. 그는 이 전기를 “동물전기”라 불렀다. 그러나 여기 좀더 합리적 설명을 가할 수 있었던 사람은 같은 이탈리아의 물리학자 볼타(Alessandro Volta, 1745-1827)였다. 1795년 그는 개구리같은 것이 없어도 두가지 금속을 어떤 액체를 사이에 두고 접촉시키기만 하면 전기가 생기는 것을 증명해 냈다. 그는 아연판과 구리판을 묶은 황산에 넣으면 전기를 얻을 수 있음을 발견했다. 그런데 라이덴병을 이용한 전기는 한번 스파크를 일으키면 그만인데 비해 볼타의 발명품은 계속해서 스파크를 낼 수 있었다. 처음으로 인간은 전기가 계속해서 흐르는 장치를 만들어 낸 셈이다. 이렇게 발명된 볼타電池는 정확히 1800년 봄에 처음 공개되어 세계에 즉각 퍼지게 되었다. 19세기의 전기연구는 새로운 경지를 개척할 수 있게 된 것이었다.

燃素와 化學革命

1661년 보일(Robert Boyle, 1627-1691)은 《의심많은 화학자》(The Sceptical Chymist)라는 책을 썼다. 갈릴레오의 책이나 마찬가지로 이것은 세 등장인물의 대화체로 씌어 있고, 또 아리스토텔레스의 4원소설 등이 궁지에 물리게 되는 점에서도 갈릴레오와 같은 의미를 갖는다. 보일은 물질이란 모두 모양은 다르면서도 더 이상 나눌 수 없는 어떤알맹이로 되어 있다고 생각했다. 原子와 元素의 개념을 갖고 있었다고 하겠다. 그러면서도 그는 몇가지나 다른 알맹이가 있는지도 또는 그것을 무엇이라

부를지에 대해서도 아무 말도 하지는 않았다. 그는 또 당시의 “화학자”들이 금속을 끌라내거나 아니면 약품제조에만 화학을 사용하는데 불만이 많았던 모양이다. 그는 그런 지나친 실용적인 연구보다 순수한 “자연철학”이 바람직하다고 말하기도 했다.

이 보일의 연구 가운데 18세기에도 깊은 영향을 남긴 것이 燃燒에 대한 그의 설명이다. 뉴턴시대 사람답게 그는 불이란 알맹이가 굵히 움직이는 것이라고 생각했다. 그는 유리 홀라스크 안에 여러 금속을 넣어두고 가열한 다음 색깔이 변한 것(오늘날의 화학으로는 酸化物)을 꺼내 무게가 늘어난 것을 발견했다. 그리고 여기 무게가 많아진 것은 “불의 알맹이(fire particle)”가 유리를 뚫고 들어가 금속과 결합했기 때문이라고 설명했다.

물건이 탄다는 것은 무엇인가—이것은 18세기 화학자들의 최고 관심사였다. 이에 대해 18세기 초에 나온 설명이 보일 이후의 몇몇 학자의 생각을 종합한 燃燒(phlogiston)說이다. 독일의 의학자 슈탈(Georg Ernst Stahl, 1660 - 1734)은 플로기스톤(燃素)說을 가지고 연소·호흡·금속의 산화를 모두 일관성있게 설명할 수 있었다. 물질에는 탈 수 있는 것과 그렇지 않은 것이 있다. 이 경우 탈 수 있는 물질에는 플로기스톤이라는 물질이 포함되어 있다. 연소중 달아난다. 유황처럼 잘 타는 물질에는 특히 플로기스톤이 많이 들어있는가 하면 금속같이 플로기스톤이 달아나기 때문이다. 예를 들면 쇠나 구리를 가열해 주면 녹이 스는 것은 그속에 들어있던 플로기스톤이 달아나 “灰分(calx)”이라는 土成分의 물질만이 남기 때문이라는 것이다.

플로기스톤설은 아주 훌륭한 가설로서 여러가지 자연현상을 일관성있게 설명해 주었다. 그 덕분에 플로기스톤설은 18세기를 완전히 지배한 학설이 되어 모든 화학자들이 이 가설을 바탕으로 연구를 진행해갔다. 오늘날 酸化라고 부르는 과정을 이 가설은 “플로기스톤을 잃어

소상태로 들어가는 것”(dephlogistication, 環元)으로 파악하고, 반대로 오늘날 환원을 플로기스톤화(phlogistication)라고 이해했다. 그러나 아주 논리적인 이 가설에는 한가지 이상한 부분이 있었고 그것이 점점 문제로 인식되기에 이르렀다. 이미 보일도 알고 있었듯이 금속은 녹은 상태일때 더 무거워진다는 사실이 그것이다. 그렇다면 플로기스톤과 결합해 있을때가 플로기스톤을 잃었을 때보다 가볍다는 것은 무슨 뜻이 되는가? 플로기스톤은 무게를 가볍게 해주는 (-)의 무게를 가지고 있다는 말이 된다.

플로기스톤說의 영향아래 학자들은 개스 또는 공기에 특히 관심을 갖게 되었고 그결과 18세기 후반에는 공기에 대한 놀라운 연구결과가 계속해 나왔다. 영국의 의사로 뒤에 에딘버러 대학의 화학교수가 된 블랙(Joseph Black, 1728 - 1799)은 석회석을 가열하면 많은 기체가 나오는 것을 알아냈다. 그는 이 기체를 “고정된 기체”(fixed air)라 불렀다. 이 기체는 고체의 일부분으로 “고정”되었다가 분리돼 나왔기 때문이다. 딱딱한 고체속에 기체가 “고정”될 수 있다는 사실의 발견은 기체도 어느 물질이나 다름없는 물질의 한가지라는 믿음을 굳혀주어 공기에 대한 연구는 더 자극을 받았다. 이처럼 블랙이 1756년 발견한 기체는 오늘날 우리에게서 이산화탄소 또는 탄산가스라 알려져 있는 것이다. 블랙은 또한 화학반응의 앞뒤에 반드시 천평으로 정확한 무게를 측정하여 화학을 精密科學으로 승화시키는데 공헌했다.

정밀한 측정에는 그와 동시대의 카벤디쉬(Henry Cavendish, 1731 - 1810)가 더 열심이였다. 평생 독신으로 지낸 고독의 과학자였던 그는 그보다 훨씬 앞서 보일이 만들어 낸 “탈 수 있는 공기”(inflammable air)를 자기도 만들어 낸 다음, 그것을 “고정된 공기”와 정밀히 비교해 본 끝에 이들이 서로 다른 기체임을 확인했다. 그가 만든 기체는 요즘 말로는 水素였던 것이다.