

# 世界科學技術史 (西洋篇)

## 地質學의 成

宋 相 庸

<韓國科學史學會 幹事>

地質學은 18세기에 독립된 과학으로 모습을 갖추기 시작해서 19세기초 성숙하게 되었다. 그 전까지 지질학은 흩어지고 갈라진 학문이었다. 지질학에 관련된 사실들은 鑛山家들과 땅에서 금속, 진흙, 석탄, 소금을 뽑아내는 사람들에게 알려져 있었고 자연철학자들은 이 사실들과는 거의 무관하게 思辨的 지질학설을 꾸렸다. 버니트(Thomas Burnnet)의 「聖스러운 地球論」(Sacred Theory of the Earth)은 지질학적 사변의 시초였다. 그런데 18세기의 合理主義는 지구도 합리적으로 보게 만들었던 것이다.

### 化石의 正體

物活論이 지배적이었던 때의 사람들은 땅에서 나오는 無機物이 살아 있어 내적인 成形力의 충격 또는 별들의 외적 영향에 의해 자란다고 생각했다. 그래서 광산은 가끔 문을 닫고 광석이 자라서 캐 낸 것을 보충하도록 기다리는 것이 보통이었다. 化石은 자연이 동식물을 만들려다 중단한 것 또는 유기체를 우연히 닮은 자연의 스포츠라고 믿어졌다. 그리스도교도들은 악마가 정직한 그리스도교도를 혼란시키려고 만든 것이 화석이라고 생각했다. 한편 화석은 한때 생물이었던 것의 殘骸라고 믿은 사람들이 있었다. 크세노파네스(Xenophanes, B.C. 6세기), 레오나르도(Leonardo da Vinci), 프라카스토로(Girolamo Fracastoro, 1478—1553), 브루노(Giordano Bruno, 1548—1600)가 그런 사람들이었다.

이런 견해는 17세기에 널리 주장되지 못했다. 레이(John Ray, 1625—1705)가 만일 화석이 절멸한 種의

잔해라면 생물의 大連鎖가 연속적이거나 완전할 수 없으며 종이 죽어버린 곳에 간극이 있어 세계는 전체적으로 불완전하게 될 것이라고 지적했기 때문이다. 그는 결국 조건부로 화석이 생물의 잔해라는 설을 받아들였다. 우드워드(John Woodward, 1665—1728)는 화석이 생물의 잔해라는 의견이었고 그것을 노아의 洪水가 역사적으로 믿을만한 것이라는 가장 확실한 증거로 보았다. 우드워드의 견해는 18세기에 일반적으로 받아들여져 화석수집을 자극했다.

우드워드 등은 岩層과 그것에 포함된 화석의 형성에 있어 물의 작용을 강조했다. 그런데 열과 화산활동의 역할을 강조하는 또 하나의 학파가 있었다. 레이는 우드워드에 대해 산과 마른 땅은 신의 명령에 따라 지구안의 불에 의해 해양표면으로 솟아 올랐다는 의견을 내놓았다. 화산활동이 활발한 나라에서는 이 견해가 홍수설보다 그럴듯하게 받아들여졌다. 1740년 모로(Anton Moro)는 지구생성에 관한 열이론을 발표했다. 즉 그는 홍수가 지질학적으로 중요하지 않은 지역적 사건이며 繼起的인 암층은 일련의 액체암석의 화산폭발로 만들어졌는데 이것이 새 층을 만들었고 이 층이 동식물을 물어버려 화석이 암석에 깊이 박혔다고 주장했다.

### 水成論과 火成論

우드워드와 모로의 대립은 18세기말 岩石水成論者들(Neptunists)과 岩石火成論者들(Vulcanists)의 논쟁의 시초였다. 한쪽은 거의 모든 것을 물의 탓으로 돌렸고

다른 쪽은 화산과 지진을 지나치게 강조했다. 두 설은 相補的이라는 견해도 있었으나 1793—1830년에는 첨예한 대립이 있었다. 암석화성론이 암층은 점진적으로 형성되었다고 한데 대해 암석수성론은 암층이 갑자기 慘禍的으로 형성되었다고 보았다. 그 때는 지엽적인 증거만 가지고 특정의 학설을 지지하는 경향이 있었다. 그래서 화산을 연구하는 사람들은 암석화성론에, 그리고 퇴적암에 익숙한 사람들은 암석수성론에 기울었던 것이다.

지질학에서의 進化論은 이 논쟁 이전에 나왔으나 주로 사변적인 것이었기 때문에 주목을 끌지 못했다. 뷔퐁(Georges Buffon, 1707—88)은 1749년 지구의 진화론을 발표하고 1778년 그것을 확장했다. 우주는 옛세에 창조되었다는 것이 성서에 따른 경통 견해지만 세계창조의 날짜는 창세기의 族譜에 의해 추론할 수 있었고 어셔(James Usher, 1581—1656) 대주교가 확정한 B.C. 4004년이 정설로 되어 있었다. 뷔퐁은 휘스톤(William Whiston, 1667—1752)과 함께 지구의 나이를 6000년보다 훨씬 길게 본 최초의 사람 가운데 하나였다. 그는 지구의 나이를 약 8만년으로 보고 그동안 7기의 발전이 있었다고 했다.

우선 태양과 혜성이 충돌한 결과 태양으로부터 분출된 물질에서 태양계가 만들어졌다. 둘째, 지구는 다른 행성들처럼 처음에는 용융된 半流體였는데 旋回의 결과 적도가 부풀어 오르고 양극이 평평하게 되어 扁球의 모양을 띠게 되었다. 셋째, 지표에 고체지각이 만들어지고 이것은 지구가 더 냉각됨에 따라 주굴주굴해져 산맥과 海溝를 이루었다. 넷째, 대기중의 수증기가 응겨 온 지구를 대양으로 덮었다. 다섯째, 지각의 最上部는 전면 대양에 의해 침식되고 노폐물의 퇴적작용에 의해 진흙이 형성되었다. 여섯째, 이 퇴적물에 해양생물의 화석이 포함되었다. 끝으로, 뒤에 지각에 균열이 생기고 많은 물이 지구내부로 들어가 다른 땅을 남기는 데 여기에 식물이 나타나고 육상동물, 그리고 마지막에 사람이 나타났다.

### 地質調査의 시작

뷔퐁은 지질학에 실험을 도입하려는 시도를 했지만 그의 이론은 매우 思辨的이었다. 당시의 지질학은 주로 現場科學으로서 여러곳에서의 관찰결과와 수집에



프러시아胎生の 地質學者 아브람 G. 베르너

의존했다. 뷔퐁의 동시대인 게따르(Jean Guettard, 1715—86)와 데마레스트(Nicolas Desmarest, 1725—1815)는 많은 관찰을 했는데 프랑스의 대부분을 조사했으나 특히 그들이 死火山으로 본 오베르뉴(Auvergne) 산맥에 관심을 가졌다. 게따르는 암석수성론에 기울어 玄武岩은 물로부터 결정화에 의해 형성되었다고 했다. 그러나 데마레스트는 오래된 화산 부근에서 현무암기둥을 발견했고 현무암은 용융된 암석의 고체화로 형성된 것이라고 주장함으로써 암석화성론에 섰다.

게따르는 地質調査의 선구자였다. 그는 광물과 암석의 띠가 지구 표면에 나란히 놓여 있음에 주목하고 프랑스쪽에서 사라진 띠는 영국 남부에 다시 나타나리라고 결론했다. 조사결과 이것은 사실로 판명되었다. 때마침 1752년 빠리科學아카데미는 프랑스와 영국이 육지로 연결된 일이 있었는가라는 현상문제를 제기했고 데마레스트는 긍정적인 답을 내 상을 탔다. 뒤에 게따르는 과학아카데미 주관으로 프랑스 전국에 걸쳐 암석의 띠의 배열을 조사했고 라부아지에(Antoine Lavoisier)의 도움을 받아 1780년 대규모의 프랑스地質圖를 펴냈다.

일찍이 1719년에 스트레이치(John Strachey, 1671—1743)는 멘딕스(Mendips)탄광에서 석탄으로부터 白堊에 이르는 암층의 연속을 추적한 바 있다. 레만(Johann

THEORY  
OF THE  
EARTH  
WITH  
PROOFS AND ILLUSTRATIONS.

IN FOUR PARTS.

By JAMES HUTTON, M.D. & F.R.S.E.

VOL. I

EDINBURGH:

PRINTED FOR MESSRS CADELL, JUNIOR, AND DAVIES,  
LONDON; AND WILLIAM CREECH, EDINBURGH.

1795.

하튼의 <地球論>의 타이틀 페이지

Lehmann, ?—1767)과 픽셀(Georg Fuchsel, 1722—73)은 수직적인 일련의 암층을 자층이 아래 있는 것의 위에 점차적으로 쌓이는 역사적 계기로 보았다. 그들은 연대에 따른 세가지 주요 유형의 암석을 구별했다. 첫째, 산의 핵심을 이루는 화석없는 1차암석이 왔다. 다음에는 간단한 해양동물의 화석을 포함하는 2차 퇴적물이 따르고 마지막으로 육상동물의 화석을 포함하는 3차암석이 왔다. 그들은 이런 지층이 바다로부터 물질의 퇴적에 의해 형성되었는데 지구의 냉각에 따른 수축에 의해 암층이 위를 향하게 된 것이라고 생각했다. 팔라스(Peter Pallas, 1741—1811)는 이것을 지지했다. 그는 러시아의 카제리나2세(Catherine II)를 위해 우랄산맥을 광범하게 조사했는데 여기서 현저한 傾動을 발견했다.

地質學者 괴테

베르너(Abraham Werner, 1749—1817)는 이와같은 진화론적 견해에 반대하고 순수한 암석수성론학과를 창립했다. 괴테(Goethe)를 비롯한 많은 사람들이 그에 동조했다. 그의 지질학적 견해는 우드워드와 홍수설의 세속화된 擴大版이었다. 처음에 지구는 원시해양으로 덮여있었는데 그로부터 모든 암층이 결정화, 화학적 침전, 기계적 퇴적작용에 의해 침적되었다고 그는 주장했다.

우선 화강암같은 원시암석은 원시해양으로부터 결정화되었는데 전혀 화석을 갖고 있지 않았다. 다음에 오는 석영, 점판암 같은 轉移岩石은 약간의 화석을 포함하는데 이것은 대양으로부터 침전된 것이다. 다음 석탄, 소석회 같이 화석은 많은 퇴적암이 물로부터 고체의 퇴적작용에 의해 만들어진 것이다. 끝으로 모래, 진흙같은 퇴적암은 風化作用의 과정에 의해 다른 것들로부터 만들어졌다. 베르너는 화산이 지하에서 석탄이 불붙기 때문이며 여기서 나온 열이 이웃 암석들을 녹이고 화산용암을 때때로 분출시킨다고 생각했다. 따라서 열은 주요한 지질학적 힘이 아니었다. 즉 화산활동은 주요 지층이 배워진 다음에야 나타난 증속적인 암석형성의 원동력이었다.

베르너는 독일의 自然哲學(Naturphilosophie)이 성했던 기간에 살았고 그 영향을 받았다. 그는 암석의 기원에 관심이 깊었고 그가 가정한 원시해양이 모든 암석의 공통근원이라고 생각했다. 동시대의 다른 지질학자들은 암석의 궁극적 기원에 관심을 두지않고 지구의

역사를 통해 존재해 왔다고 생각되는 현재의 지질학적 힘의 작용에 주목했는데 이것은 암층의 형성을 설명하기 위한 것이었다. 베르너도 그의 비종류의 암석을 기본유형으로 보아 모든 암석은 이들과가운데 한 유형에 속하고 그 유형에 독특한 결정화, 침적, 퇴적의 과정에 의해 형성된다고 했다. 비슷하게 독일의 낭만주의적 생물학자들은 생물의 종이 공통의 근원에서 나왔으며 모든 동식물은 몇개의 原型의 변형이라고 보았다.

실질적인 면에서 베르너는 광산에 대한 강한 관심의 영향을 받았다. 사실상 그의 지질학은 어떤면에서 鑛物學에 종속되어 있었다. 왜냐하면 그는 암석을 그것이 갖고있는 광물들에 따라 분류했기 때문이다. 나중에는 화석내용에 따라 분류하는 것이 표준방법이 되었다. 그의 관찰은 주로 광물이 풍부한 작센(Sachsen)과 보헤미아(Bohemia)에 한정되었으므로 그 분류방법은 유용했으나 화석분류법처럼 암층의 역사적 순서는 보여주지 않았다.

原始海洋의 行方

베르너의 地質學理論의 가장 중요한 결함은 암층이 형성된 다음 원시해양이 사라지는 것에 대한 설명이 없다는 점이다. 그의 제자 제임슨(Robert Jameson, 1774—1854)은 「岩石學要論」(Elements of Geognosy, 1808)에서 베르너의 이론을 설명했다. 그는 원시해양이 사라진데 대해 만족할 만한 답을 줄 수는 없지만 물이 줄어들었을 확률이 높다고 했다. 이 견해에 대해 반론을 펴낸 것이 하튼(James Hutton, 1726—97)이다.

하튼은 현재 작용하는 것을 볼 수 있는 지질학적 힘

만이 과거의 암석들의 형성을 설명하는데 쓰여질 수 있다는 주장을 내놓았다. 1785년 그는 에딘버러 王立學會에서 지질학 논문을 발표했고 10년뒤에 「地球論」(Theory of the Earth)을 출판했다. 하튼은 불의 형성력을 인정하기는 했지만 베르너와 대조적으로 지구의 내부열의 지질학적 활동을 강조했다. 퇴적암은 진흙과 모래의 바닥으로부터 지구의 내부열과 위에 있는 육지나 바다의 압력이 함께 작용해 생긴다고 그는 생각했다. 어떤 암석은 결정형인데 이것은 베르너가 믿었듯이 물에서 결정화된 것이 아니라 용융된 암석의 고체화에 의해 직접 생성된 것이라고 했다.

하튼에 따르면 지구의 내부는 용융된 熔岩으로 이루어졌고 표면은 그것을 담은 그릇이며 화산은 安全瓣이다. 때때로 용융된 암석은 지구표면 바로 아래 갈라진 틈을 빠져나와 퇴적암층을 위로 올렸다. 용융된 암석은 고체화되어 현무암, 화강암 같은 결정형 암석을 이루었다. 그는 傾動岩石의 형성과 새로운 수평층의 퇴적작용 사이에는 긴 시간이 흘렀다고 결론했다.

### 同一過程說과 進歩

하튼은 실제로 지구의 지질학적 형성에는 시작도 끝도 없으며 지구의 나이는 무한히 길다고 보았다. 그동안 현재 작용하고 있는 같은 지질학적 힘이 작용해서 지구의 표면을 이루는 암석들을 만들고 분해하고 다시 만들었다는 것이다. 이것이 이른바 同一過程說(Uniformitarianism)이다. 인간이 언제 어디서나 같다는 생각으로부터 進歩의 개념을 끌어낸 18세기 프랑스의 기계적 철학자들처럼 하튼은 그의 지질학적 발전이론을 자연의 힘은 일정하다는 견해에서 빌려왔다. 지구의 지질학적 힘은 늘 일정하기 때문에 암층의 역사적 繼起를 가져왔다는 것이다. 그리고 그 생각은 또한 태양계가 역학적으로 안정하고 영구히 自足的이라는 확립된 이론에 근거를 두고 있었다.

하튼의 이론은 플레이페어(John Playfair, 1748—1819)와 홀(James Hall, 1762—1831)에 의해 지지되고 발전되었다. 플레이페어는 「하튼理論의 解説」(Illustrations of the Huttonian Theory, 1802)을 통해 동일과정설을 전파하는데 크게 공헌했다. 또한 그는 이 책에서 氷河가 암석들을 한 곳에서 다른 곳으로 옮기는 중요한 지질학적 動因이었다는 견해를 펴기도 했다. 홀은 하튼이론의 물리학적 증거를 얻기 위해 일련의 실험을 했다.

베르너의 추종자와 제자들은 용융된 암석은 고체화될 때 결정형으로 되지 않고 용암처럼 되며 석회석같은 암석은 열을 받으면 분해한다고 하튼을 반박했다. 유타 공장에서 녹인 유리는 빨리 식히면 유리질의 투명체가 되나 천천히 식히면 불투명한 결정체가 됨을 관찰했다. 그는 용융된 암석도 비슷하게 행동하리라고 가정하고 화산의 용암을 가지고 실험한 결과 그의 생각을 확인했다. 또 그는 석회석이 달린 그릇에서 가열되었을 때 분해하지 않고 녹을 뿐 아니라 식히자 대리석이 됨을 보여 주었다. 이 모든 것은 하튼의 견해를 뒷받침하는 결과였다.

### 地質學의 英雄時代

홀의 실험에도 불구하고 하튼의 이론은 처음에는 널리 받아들여지지 않았다. 그것은 기존 종교와 전통적인 질서를 파괴하는 것으로 생각되었기 때문이다. 심지어 그는 無神論을 옹호했다는 공격까지 받았다. 이런 반대가 하튼의 이론을 인기없게 만들었으나 그의 견해는 1830년대에 부활해서 보편적으로 받아들여지게 되었다. 그동안 지질학의 진전은 놀라워서 하튼이 부활할 수 있는 경험적 기초를 제공했다. 1807년에는 英國 地質學會(British Geological Society)가 결성되었다. 초기 회원들의 대부분은 베르너를 따르는 암석수성론자들이었고 맥컬록(Mac Culloch)정도가 하튼의 암석화성론을 지지했으나 1830년대에 이르러 하튼의 진화론으로 의견이 모아졌다.

「地質學의 英雄時代」로 알려진 1790—1830년에 암층의 계기와 그 광물 및 화석 내용물을 검토하는 많은 작업이 이루어졌다. 방법상의 진전은 암석을 분류하는데 그 속에 박힌 화석을 쓰는 것이었다. 이 방법은 휘통에 의해 제안되었으나 스미드(William Smith, 1769—1839)와 퀴비에(Georges Cuvier, 1769—1832)에 의해 널리 채택되었다. 스미드는 다른 장소에 있으나 같은 화석내용물을 가진 암석들은 연대가 같다고 제안했다. 그는 1799년 암석분류방법을 발표했고 1815년에는 영국의 지질도를 만들어냈다. 처음에는 수평적인 암석의 떠난 보인 지질도였으나 이것은 곧 암층의 수직적 계기를 보여주는 지질도로 보충되었다. 한편 퀴비에는 절멸한 동물들의 再構成에 흥미가 있었으므로 육상동물의 화석에 관심을 기울였다. 또한 그는 화석의 지질학적 의미에도 깊은 관심을 보였다. 퀴비에 이후의 지질학은 생물진화론과 떼어 수 없는 관계를 맺게 된다.