

世界科學技術史 (西洋篇)

鍊金術에서 化學으로

宋 相 庸

<韓國科學史學會 幹事>

金屬學, 연금술, 의학은 근대화학의 세 근원이다. 이 세 분야는 서로 명확히 구분되지 않으며 겹치는 부분이 많다. 이 가운데 가장 오래된 것은 금속학으로서 수만년의 역사를 가지고 있다.鍊金術은 2천 여년쯤 된 것으로 짐작된다. 의학도 몇천년전으로 거슬러 올라갈 수 있지만 화학과 관련을 맺게된 것은 근대화학이 나오기 직전인 16세기에 이르렀다.

哲人의 돌을 찾아서

옛사람들이 처음으로 화학을 하게된 것은 불의 발견 때문이었다. 40만년전 발견된 불의 힘을 빌어 금속을 만들게 되자 文明은 불붙기 시작했다. 제일 먼저 사용된 것이 구리이다. 자연상태의 구리를 쓰다가 차차 원광석에서 구리를 얻게 되었다. 靑銅은 구리와 주석의 광석의 혼합물을 제련하는데서 우연히 얻어진 것 같다. 그 다음 금, 은, 납, 주석, 철이 발전되었다. 3,500년 전에는 철에 탄소를 가해 강철을 만들었다. 금속 이외에도 많은 화학물질이 고대인들에 의해 쓰여졌다. 그들은 도자기에 釉藥을 바르는 기술을 발전시켰고 결국 유리도 만들게 되었다.

鍊金術은 철, 구리, 납, 주석따위의 값싼 쇠부처를 금, 은 같은 귀금속으로 바꾸는 金屬變換術로 알려져 있다. 그러나 그밖에도 不老長生藥, 만병통치약을 만드는 목표를 가지고 있다. 연금술이 정확히 언제, 어디서 시작되었는지는 아직 알길이 없다. 다만 예수가 나기 전후해서 세계 곳곳에서 성행했던 것만은 분명하다.

서구의 연금술은 헤르메스 트리스메기스토스(Hermes Trismegistos)神이 솔로몬왕에게 금 만드는 비결을 적

은 36,000권의 책을 건넸는데 악마에게 도둑맞았다는 얘기로부터 시작된다. 연금술이 발전한 곳은 알렉산드리아와 나일강 三角洲의 다른 도시들을 중심으로한 헬레니즘세계였다. B. C. 200년에 볼로스 데모크리토스(Bolos Demokritos)가 「物理學」(Physika)이라는 연금술책을 쓴것으로 전해지나 기록으로 남은 것은 5백년뒤이다. 300년에 조시모스(Zosimos)가 28권으로된 연금술 백과사전을 펴냈다. 이것은 대부분 없어진 문헌들을 편찬한 것이지만 일부는 독창성을 띠기도 했다. 조시모스는 상당히 광범한 화학적조작의 경험을 가졌던 것 같다.

그리스연금술은 이집트의 금속기술과 마술, 바빌로니아의 占星術, 그리스도교신학, 여러 異敎들의 신화, 그노시스(gnosis)철학, 新플라톤主義등이 뒤섞인 복잡한 내용을 갖고 있다. 특히 물질을 이루는 4원소가 서로 변환될수 있다는 아리스토텔레스의 이론이 굳게 믿어져 연금술의 이론적 근거가 되었다. 금속은 불과 흙의 두 원소로 되어 있는데 불이 많을수록 귀한 것이었다. 원소는 상호변환이 가능하므로 흙을 불로 바꾸면 卑金屬이 귀금속으로 될수 있다고 믿어졌다. 그리스에서는 금을 만들 목적보다도 아리스토텔레스의 물질이론을 확인해 보겠다는 철학적 호기심에서 연금술이 성행했다고 말해질 정도이다. 연금술사들은 금속변환을 가능하게 하는 결정적 존재인 「哲人의 돌」(Philosopher's Stone)을 찾아내려고 혈안이 되었다.

아랍科學의 꽃

7세기에서 10세기까지는 연금술의 발전에서 매우 중

요한 시기이다. 이때는 아랍세계가 그리스과학을 받아들여 크게 꽃피운 시기이기도 하다. 아랍연금술은 그리스학자들을 불러 연금술책들을 아랍어로 번역하게한 우마야드(Umayyad)왕자 할리드(Khalid ibn Yazid)의 애기로부터 시작된다. 그는 7세기의 그리스연금술사 스테파노스(Stephanos)의 제자인 마리아노스(marianos)에게 연금술을 배웠다. 아랍연금술이 알렉산드리아에서 온것은 확실한데 서부 메소포타미아와의 접촉에 의해 페르샤, 아시리아의 영향도 받았다.

아랍 최초의 본격적인 연금술사는 8세기의 자비르(Jabir ibn Hayyan)로서 14세기에 서방라틴세계에서 게베르(Geber)라는 라틴이름으로 알려진 인물이기도 하다. 자비르는 아리스토텔레스의 4원소설을 받아들였으나 그 縮小版이라 할수 있는 황-수은설(sulfur-mercury theory)을 만들었다. 이 설에 따르면 모든 물질은 황과 수은으로 되어 있는데 이들이 가장 순수한 상태로 결합되어 있는 것이 금이고 純度와 비율의 결합이 다른 금속들을 낳는다. 따라서 친한 금속의 불순물을 제거하면 금이 될 것이라고 생각되었다. 아랍연금술의 기법에 썼어내고 증류하는 것이 맑음은 이해가 간단하다. 자비르는 이론가 이상이어서 화학조작에도 능했다. 그의 이론은 복잡하고 모호했으나 製法을 줄때는 매우 정확했다. 그는 일곱가지 금속을 알았으며 「智慧의 寶庫」(The chest of wisdom)에는 질산의 제법도 나와 있다.

9세기의 알 라지(Al Razi)는 의사였는데 그는 금속변환을 위해 노력했을뿐 아니라 석영, 유리를 에머랄드, 루비, 새파이어등 보석으로 만들려고 했다. 그는 황-수은설에 제3의 요소 鹽性(salty nature)을 추가했고 서양에서는 처음으로 연금술을 醫學에 관련시켰다. 알 라지는 이론보다는 실질적 연금술에 더 관심이 있어 잘 꾸며진 실험실에서 여러가지 실험기구를 갖추고 實驗指針書까지 만들어 연구했다.

살아 있는 鍊金術

끝으로 아비케나(Avicenna, Abu Ali ibn Sina, 980-1037)는 「醫師의 王者」 「아랍의 아리스토텔레스」라는 명예로운 별명을 가진 아랍 최대의 과학자이다. 그는 연금술사상 최초로 금속변환의 가능성에 회의론을 품은 사람이다. 아비케나는 「治療書」(Kitab al-Shifa)에서 금속의 성분에 대해서는 자비르와 비슷한 의견을 말했으나 금속의 種(species)의 변화를 가져올수는 없



三原理를 主唱한 파라켈주스

다고 주장했다. 『연금술사들은 다만 붉은 구리를 회계물들여 온, 그리고 노랗게 물들여 금 비슷한 것을 만들수 있을 뿐이지만 이때 본질적인 성질은 불변이다.』 아비케나의 견해는 같은 시대의 알 투가리(Al Tughari)가 반박했고 거의 지지를 받지 못했으나 先見之明이 있었다고 하겠다.

중세초의 유럽은 염색공, 塗裝工, 유리제작자, 대장장이 등 화학에 관련된 장인들이 없지 않았어도 12세기에 아랍으로부터 들어오기까지는 연금술이 없었다. 1144년 로버트 어브 체스터(Robert of Chester)에 의해 「鍊金術의 構造」(De compositione alchemiae)가 번역된 것을 처음으로 그리스연금술책들이 대량 번역되었다. 13세기에는 알베르투스 마그누스(Albertus magnus, 1206-1280), 로저 베이컨(Roger Bacon, 1214-1292) 뱅상 드 보베(Vincent de Beauvais)등 百科全書派(Encyclopedists)가 이슬람에서 온 방대한 지식을 집대성하는 작업을 했다. 그들은 아리스토텔레스의 물질이론을 기초로 금속변환을 정당화하는 연금술이론가들이었고 약간의 독창성마저 보였다.

베이컨은 아리스토텔레스의 第一質料를 거부했다. 만일 그것이 옳다면 자연계의 모든 물질은 본질적으로 같을 수밖에 없기 때문이었다. 알베르투스 마그누스는 아비케나의 영향을 받아 금속변환의 가능성에 회의론을 품어 보지만 결국 대세를 따르는 脆弱性을 보여 주었다. 그들은 권위에 항거하는 용기를 보였으나 끝내 시대적인 제약을 벗어날 길이 없었다. 실제로 이들보다 큰 공헌을 한 사람들은 실험실에서 묵묵히 일한 실질적 연금술사들이었다. 근대로 넘어간 다음에도 학문으로 자리잡아 보려고 발버둥칠 化學과는 별도로 여전히 연금술이 성행했다.

醫學과 化學의 握手

16세기에 나타난 파라켈주스(Paracelsus 本名 Theophrastus Bombastus von Hohenheim, 1493—1541)는 화학의 새 정신을 대표한다. 그는 루터派 프로테스탄트로서 자연을 살아 있는 것으로 본 物活論者였으며 논리를 기피하고 합리주의에 회의적이었다. 파라켈주스의 철학은 극단적 경험주의였고 唯名論(nominalism)이었다. 그는 우주의 기본적 균일성을 믿었고 행성, 금속 인체사이의 對應을 강조했다. 그는 정신이 분리에 의해서만 물질로부터 해방된다고 보았기 때문에 분리를 위해 증류, 昇華를 중요시했다.

파라켈주스는 바젤(Basel)대학에서 의학을 공부하고 강의했는데 강의실에 약제사와 이발사 겸 외과의를 불러들였다. 그는 당시의 의학의 최고권위인 갈레노스와 아비케나를 경멸했다. 그는 마치 종교개혁자들이 原始 그리스도교의 순수성을 회복하려 한 것처럼 자기는 히포크라테스의학의 순수성을 되찾을 사명을 가졌다고 믿었다. 파라켈주스는 우주가 황, 수은, 鹽으로 이루어졌다는 三原理(tria prima)說을 주장했다. 이것들은 각각 4원소의 불, 물, 흙에 해당하며 三位一體說에 맞추어지는 것이다. 인체도 3원리로 이루어진 화학적 系이다. 3원리 사이의 균형이 깨질때 병이 생기며 갈레노스와는 달리 이 균형의 회복은 광물성약에 의해 가능하다고 보았다. 화학은 다름아닌 광물성약을 만들기 위해 하는 것이며 여기서 醫化學(Jatrochemie)이 시작되는 것이다. 그는 수은으로 광물성약을 만들어 유명해졌으나 화학에서 독창적인 업적은 별로 없고 많은 기존지식을 集大成했을 뿐이다. 그리고 그가 시작한 의화학파는 2세기가 계속되어 화학에 결정적인 자극을 남겼다.

한편 16세기에 들어서는 금속학에도 눈에 띄는 변화가 일기 시작했다. 광산이나 試金(assaying)에 종사하는 장인들이 그들의 기술에 관해 기록하지 않던 오랜 전통을 깨뜨리고 책을 써낸 것이다. 이 책들은 저자의 이름을 드러내지 않았으나 라틴말 아닌 독일어로 써져 학자의 책이 아님을 명백히 했다. 광물과 지질을 다룬 「鑛山에 관한 작은 책」(Nützliches Bergbüchlein)과 금, 은의 추출, 정련, 시험을 다룬 「試金에 관한 작은 책」(Probierbüchlein)이 그것이다. 이 두 책은 1510년에 나와 여러번 판을 거듭하면서 새 자료를 추가해 갔다.



〈懷疑的哲學者〉의 著者 R. 보일

定量的 化學의 先驅

이어서 비링구찌오(Vannuccio Biringuccio, 1480—1539)의 뛰어난 책 「꽃불製造術」(De la pirotechnia)이 1540년에 나왔다. 1556년에 나온 바우어(Georg Bauer)라틴이름 Georgius Agricola, 1494—1555)의 「鑛物에 관하여」(De re metallica)는 지질학, 광산기술, 화학을 포함한 책으로서 높이 평가된다. 비링구찌오는 금속기술자로서 자신의 관찰과 경험을 토대로 정확히 기술했고 바우어는 광산지방의 의사로 오랜 관찰을 했기 때문에 비록 장인은 아니었지만 널리 읽힌 책을 쓸수 있었다.

금속기술자들은 연금술사들의 상징적 언어와는 대조적으로 기본적인 화학조작과 반응에 관한 정확한 기술을 할수 있었다. 그들은 학자들이 갖고 있는 어떤 편견도 없었기 때문에 경험에 충실할 수밖에 없었던 것이다. 그들이 쌓은 풍부하고 정확한 정보는 근대화학이 성립하는데 가장 귀한 밑거름이 되었다. 예컨대 화학 반응에 정량적 방법을 적용한 것은 시금의 要諦였다. 천칭은 18세기에 가서 화학자에게 중요한 도구가 되었지만 그것은 시금술의 연장이라 할수 있다. 質量保存의 법칙도 이 기술을 이론적으로 진술한데 지나지 않는다고 볼수 있다.

보일(Robert Boyle 1627—1691)은 당시 유행하고 있

던 데카르트와 가상디(Pierre Gassendi)가 각각 대표하는 두 機械的 哲學의 장점을 취해서 자신의 微粒哲學(Corpus cular Philosophy)을 만들었다. 미립자철학은 대륙의 기계적철학에서 기계적인 면을 제거하고 그것을 실험적 토대위에 올려 놓은 것이 특색이다. 그는 화학이 미립자철학을 뒷받침하는 이상적인 실험과학이라고 믿었다.

보일은 화학이 독자적인 과학이 되지 못하고 의학이나 금속학의 侍女로 생각되는 현실을 개탄하고 그것을 自然哲學(물리학)의 수준에 끌어올리려고 결심했다. 그는 당시의 경쟁하는 두 물질이론 아리스토텔레스의 4원소설과 파라켈수스의 3원리설을 철저히 연구한 끝에 받아들일 수 없다는 결론을 내렸다. 「懷疑的化學者」(The Sceptical Chymist, 1661)는 바로 이 문제를 집증적으로 다루고 있다. 플라톤의 對話篇형식으로 씌어진 이 책에서 보일의 대변자이며 회의적인 화학자 카르네아데스(Carneades)는 4원소설과 3원리설이 이론적으로나 실험적으로 근거없다고 주장한다. 그는 원소로 정의해서 화합물을 이루는 原初的이며 간단한 것이라고 했는데 이것은 미립자와 구별되지 않는 모호함이 있다. 「懷疑的化學者」는 전통적인 물질이론을 무자비하게 파괴한 책이나 건설적인 代案을 제시하지 못했다.

보일의 成功과 失敗

그러나 보일을 『신사는 손을 더럽히지 않는다』는 편견을 뿌리치고 실험실에 뛰어들어 많은 일을 했으며 적지 않은 성과를 거두었다. 그는 산-알칼리설을 발전시켰으며 인에 관한 체계적연구는 뒷날 오래도록 평가 받은 훌륭한 것이었다. 그가 물리적 및 화학적특성을 이용해서 한 確認試驗(identification test)은 오늘날의 정성분석에 해당하는 것이다. 또한 보일은 공기펌프에 의한 실험을 일반화한 보일의 법칙을 세웠기 때문에 「물리화학의 아버지」라는 말도 듣는다.

보일은 신비한 성질 또는 설명을 거부했다. 그에게는 화학물질이 왜 그렇게 행동하는가가 아니라 어떻게 행동하는가가 문제였다. 화학적 實在가 다른 물질에 첨가될 때 물리적·화학적 성질을 어떻게 변하게 하는가가 그의 가장 큰 관심사였다. 이것은 보일의 근대적인 성격을 말해주는 것이다. 보일은 화학을 그 자체로서 추구될 가치가 있는 학문으로 만들었고 실험과학으로 받

견시켰다. 그러나 물질의 본질이 밝혀질 실마리는 아직 풀리지 않았으며 따라서 화학은 아직 近代化의 길로 접어들 수 없었다. 다만 보일은 거추장스런 장애물을 제거하고 앞으로 나아가기 쉽게 만든 청소작업을 한 사람으로 볼 수 있다.

화학은 근대화를 향해 좋은 출발을 했으나 17세기말 독일에서의 反動으로 한동안 혼란 속에 빠지게 되었다. 醫化學者 배허(Johann Joachim Becher, 1635-1682)는 모든 물질이 세가지 흙(terra)으로 이루어졌고 타는 물질은 燃燒性흙(terra pingus)을 많이 포함하는데 탈때 이것이 없어진다고 했다. 같은 의화학자 슈탈(Georg Stahl 1660-1734)이 연소성흙을 플로기스톤(Phlogiston)으로 바꿔 놓았다. 플로기스톤은 불 또는 연소의 원리 또는 물질이라 할 수 있다. 물질은 플로기스톤을 많이 가질수록 잘 타며 그때 이것이 물질을 떠난다는 것이다.

近代化學의 挫折

플로기스톤설은 일반에게 쉽게 받아들여졌다. 왜냐하면 물체가 탈때 부피가 줄어드는 것을 보고 무엇인가 빠져 나간다고 막연히 생각했기 때문이다. 화학자들도 뾰족한 대안이 없던터라 이 설을 크게 환영했다. 더우기 플로기스톤설은 연소뿐만 아니라 금속의 煨燒(calcination), 녹스는 현상을 설명했고 마침내 화학에서의 普遍的說明原理 비슷한 구실을 했다. 그런데 플로기스톤설에 한가지 난점이 나타났다. 금속의 하소에서는 플로기스톤이 빠져나가는데도 불구하고 오히려 무게가 늘어나는 것이 설명되지 않았다. 플로기스톤설쪽에서는 몇가지 편리한 해석을 만들어냈다. 플로기스톤은 무게가 없으므로 무게의 증감과는 무관하다고 하는 가하면 플로기스톤은 마이너스의 무게를 갖고 있어 그것이 떠나면 오히려 무게가 늘수밖에 없다는 억지주장까지 나왔다.

플로기스톤설의 이런 맹점이 그대로 넘어갈 수 있었던 것은 당시의 화학이 얼마나 정량적 고려가 허술했던가를 말해주는 것이다. 플로기스톤설은 약 백년을 지배했다. 화학자들이 이 설에 그토록 집착했던 이유는 그것이 한 概念的 圖式으로서 화학자들의 마음을 광적으로 사로잡았고 플로기스톤설을 쓰러뜨리는데 필요한 기체실험이 극히 어려웠기 때문이다.