

有機化学과 構造

19세기초 까지의 연구는 많은 새로운 원소를 발견해내고 그들이 반응하는데 어떤 법칙성이 있는가에 대해 많은 지식을 쌓아왔다. 그러나 아리스토텔레스 이래 믿어져 왔던대로 동식물의 신체를 구성하는 有機物은 “생명의 입김”에 의해서만 만들어진다는 생각에는 변함이 없었다. 그런대로 라부아지에 이후 많은 화학자 들은 유기화합물에 대한 분석을 꾀했고 베르첼리우스 처럼 유기화합물도 정비례의 법칙을 따른다는등의 合法則性을 발견해내기도 했다. 그러면서도 유기물이 무기물과 똑같은 화학법칙에 따르리라고는 기대하지 않았던 것이 대부분의 화학자였다.

이런 속에서 유기물의 분석기술은 발달해 갔다. 특히 1831년에 완성한 리비히(Justus von Liebig, 1803-1873)의 유기물 분석 방법은 그 후 반세기 이상 다른 학자들에 의해 답습된 당시로는 완벽한 것이었다. 약 70년동안 주로 프랑스가 지배하던 화학은 리비히의 노력에 힘입어 독일로 그 중심을 바꿨다고 할만큼 그의 공헌은 독일 근대과학사에서 큰 것이다. 기센에 과학연구소를 열고 사재를 들여 연구실을 마련하여 대규모 실험을 통해 학생을 효과적으로 교수하는 방식을 시작한 리비히는 또한 《化学과 藥学 年報》(Annalen der Chemie und Pharmacologie)를 발행하여 새로운 과학의 보급에도 힘썼다.

그러나 유기화학의 발달이 결정적인 한 발을 내디딘 것은 리비히와 협조하고 있던 빌러(Friedrich Wöhler, 1800-1882)에 의해 유기화합물이 처음 합성되었기 때문이다. 무기물인 시안암모니움에서 빌러는 그때까지 동물의 오줌에서나 얻어낼 수 있는 유기물인 尿素를 처음으로 합성해 냈던 것이다. 사실은 그가 처음 유기물을 합성한 것은 아니지만 유기물을 유기물인줄 알고 합성한 것은 그가 처음이었고, 이 성공으로 유기물과 무기물 사이에는 근본적인 차이가 없다는 확신이 화학자들 사이에 번지기 시

有機化学과 構造

發生과 細胞

朴 星 來
 (韓國外國語大教授)

작했다. 동물, 식물, 인간 등 생명체 안에서 일어나는 현상이 화학적연구의 대상으로 부각되게 된 셈이다. 1806년 베르젤리우스는 “유기화학”이란 말을 처음 썼지만 그때의 이 말은 생물체 내에서의 화학이란 뜻이었고 이것이 탄소화합물의 화학이란 오늘날의 뜻으로 사용되기는 1848년 이후의 일이다.

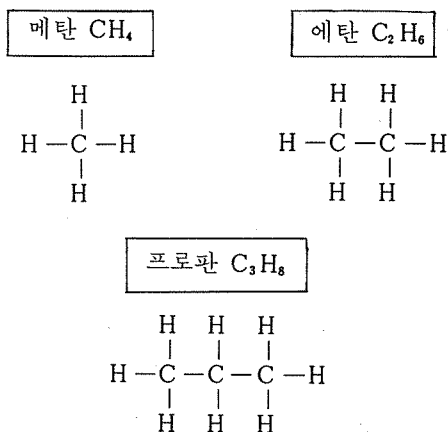
특히 유기물의 분석이 활발해지면서 학자들이 놀라게 생각한 것은 유기물은 대부분 탄소, 수소, 산소로 되어 있고 여기에 유황이나 질소 따위가 조금씩 섞여 있는 상당히 구성요소가 단순하다는 사실이었다. 유기물이라는 복잡한 건축물은 몇 가지 안되는 건축자재로만 세워져 있음을 알게 된 것이다. 원자가 어떻게 결합하여 서로 다른 화합물이 생기는가하는 문제는 화학자들의 중심과제가 되고 있다.

1823년 리비히는 두 가지의 서로 다른 성질을 가진 화합물이 그 성분조사 결과 똑같은 원자 구성비를 보이고 있음을 알아냈고, 이를 확인한 베르젤리우스는 이런 물체들을 異性體(isomer)라 불렀다. 같은 종류와 똑같은 수의 건축자재를 써서 지은 두 집이 서로 다를 수 있다는 것이 처음 알려진 것이다. 프랑스의 화학자 뒤마(Jean-Baptiste Dumas, 1800-1884)가 1840년경에 이룬 결론은 화합물의 성질은 그 구성요소보다도 원자의 수와 그 원자의 배치상태가 좌우한다는 것이었다. 화합물의 構造에 대한 관심이 18세기 중반을 전후하여 높아가고 있었던 것이다.

이미 몇 개의 원자가 화학반응의 전후에 늘 붙어다니는 현상을 발견하여 이것이 基(radical)라고 이름 붙여졌고, 뒤마는 置換(substitution) 현상을 밝혀내기도 했다. 또 1860년부터는 아보가드로의 가설이 널리 인정되어 같은 상황 아래에서 모든 기체는 같은 수의 분자로 되어 있음이 알려졌고, 또 분명한 分子의 개념이 생겨났다.

이를 배경으로 화합물의 구조적인 이해에 크게 공헌한 사람이 케쿨레(Friedrich Kekulé, 1829-1896)였다. 그는 原子價의 개념을 분명

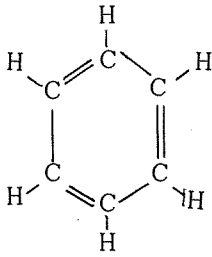
히 하여 1858년 탄소가 유기물속에 결합하는 모습은 언제나 “4 원자처럼” 결합한다는 것을 밝히고 탄소를 4 價의 원소¹⁾라 불렀다. 파리에서 연구하던 스코틀랜드의 쿠퍼(Archibald Couper, 1831-1892)는 원자가를 오늘날처럼 줄을 쳐서 표시하는 방법을 고안해냈다. 유기화합물 가운데 그 구성이 비교적 간단한 것이 탄화수소인데 이것들은 이제 분자식 대신 구조식을 써서 표시할 수 있게 되었다. 이에 의하면, 메탄, 에탄, 프로판은 다음과 같다.



이들 脂肪族탄화수소가 이처럼 사슬모양의 구조식을 가지고 있음이 밝혀졌으나 芳香族화합물이라는 새로운 화합물들은 아무리 연구해도 이러한 사슬모양으로는 설명이 되지 않았다. 벤젠(C₆H₆)의 구조에 대해 깊은 연구에 빠져있던 케쿨레는 드디어 1865년 난로가에서 졸면서 뱀이 꼬리를 입에 물고 빙빙 돌고 있음을 꿈에 보고 곧 이 문제를 해결할 수 있었다. 이 경우엔 탄소의 배열이 고리모양으로 되어 있다는 것을 알아낸 것이다. 젊어서 배운 건축학의 지식이 그의 상상력에 도움을 주었는지도 모른다. 여하튼 그의 발견으로 화학책에는 6각형의 구조식이 등장하게 되었고 오늘날까지 이것은 그대로 사용된다.

케쿨레의 구조화학은 한 가지 중요한 결합을 가지고 있었는데 그것은 원자의 배치를 평면적으로만 생각했다는 점이였다. 그 자신 공간속에

벤젠 (C₆H₆)



서의 원자구조가 꼭 2차원적인 필요가 없다는 것은 잘 알고 있었으나 그에게는 이를 3차원적으로 설명할 필요가 아직 없었다고 하겠다. 그 필요성을 느끼게 된 것은 미생물학의 아버지로서 잘 알려진 파스퇴르(Louis Pasteur, 1822-1895)의 발견으로 시작된다. 그는 光学異性體란 것을 발견했는데, 예를 들면 주석산 가운데에는 편광면을 오른쪽으로 회전해주는 것과 왼쪽으로 회전해 주는 두 가지가 있는데 이들은 화학적 성분이나 성질도 똑같다. 파스퇴르는 이들의 서로 다른 광학적 효과가 서로 다른 광학적 효과가 서로 다른 분자구조때문일 것이라고 결론지었다. 그가 생각하기에는 두가지 주석산의 분자는 실물과 그것이 거울에 비친 모습(mirror image)처럼 서로 다를 것이라고 생각한 것이다. 왼손과 오른 손 또는 장갑 두쪽 사이와 같은 그런 관계라는 것이었다. 1874년 화란의 반트호프(Jacobus van't Hoff, 1852-1911)와 프랑스의 르벨(Achille le Bel, 1847-1930)은 서로 독자적으로 탄소의 4가는 그 손을 평면적으로 사방에 내밀고 있는 것이 아니라 입체적으로 정 4면체의 중심에 탄소가 있어 4개의 손이 각 모서리를 향하고 있다고 주장한 것이다. 유기화학의 발달과 함께 물질의 구조에 대한 관심은 이제 평면구조에서 한발자욱 더 나아가 立体化學으로 발달돼가고 있었다.

發生과 細胞

린네로서 대표되는 18세기까지의 생물학은 생물 또는 생명현상에 대한 과학이기 보다는 동식물의 수집과 분류에 주로 관심을 가진 박물학의

경지를 벗어나지 못한 것이었다. 그러나 그 가운데에서도 생명체가 어떻게 생겨나는가 하는 문제에는 적지 않은 관심이 기울어졌고 특히 현미경의 발명은 생물의 상세한 관찰을 가능하게 해주었다. 18세기까지 이미 학자들은 發生을 둘러싸고 두 가지 반대되는 생각으로 날카롭게 대립하고 있었다.

알에서 胚가 생기는 문제를 두고 스왐머담(Jan Swammerdam, 1637~1680) 같은 사람은 극단적인 前成說(Preformation theory)을 고집하여 한개의 알 속에는 그후 대대로 태어날 동물의 알이 미리 미세한 모양으로 들어있다고 주장했다. 큰 상자속에는 그보다 작으면서 똑같은 모양의 상자가 들어있고, 그 속에는 다시 더 작은 것이, 그 속에는 더 조그만 것이 차례로 끊임없이 들어 있어서 큰 상자를 열면 그 속의 상자가 자라서 큰 상자가 되고 그 속의 다른 상자는 그에 비례해서 자란다는 그런 사고방식이었다. 18세기까지 영향력이 컸던 前成說은 다시 두 가지 서로 반대되는 의견으로 나뉘기도 했다. 과연 후대의 생물이 알속에 이미 모두 생겨있다가 나오는 것이라면 그것은 암놈의 알(卵子)이겠는가. 혹은 수놈의 알(精子)이겠는가 하는 문제였다. 여하간 전성설은 생명체의 발생을 그저 기계적인 과정으로 설명하려 했다는 점에서 다분히 18세기까지의 기계론적인 세계관에 알맞는 태도였다고 보인다.

전성설에 반대하는 학자들은 “생명과 입김”을 신비하게 여기려는 生氣論者들 사이에서 보다 흔히 찾아 볼 수 있었다. 그리고 생기론적인 입장은 19세기를 전후하여 독일을 중심으로 일어난 낭만주의적인 태도 그리고 그것의 과학적 표현인 “자연철학”(Naturphilosophie)적 경향과 걸맞는 것이기도 했다. 전성설에 반대하고 나선 대표적 학자는 독일의 볼프(Casper Wolff, 1738-1794)라 할 수 있다. 그는 알이 자라서 생명체가 생겨나는 과정은 아직 分化되지 않은 유기물질에 생명력이 작용하여 비로소 가능하게 되는 것이라고 설명했다. 이러한 後成說(Epigenesis)은 19세기에 들어오면서 더욱 활발해진 실험생물학의 도움을 받아 전성설을 물리치게 되

었다. 1817년 독일의 판더(Heinrich Pander, 1794~1865)는 계란의 발생과정을 실험적으로 연구한 결과 그 胚는 세계의 기본 조직층을 형성하고 그 세조직층의 각각으로부터 여러개의 닭의 기관이 생겨난다는 사실을 밝혀냈다. 프랑스의 생틸레르(Geoffroy St. Hilaire, 1772~1844)는 암탉이 품고 있는 알의 일부분을 왁스로 덮어버리거나 마구 흔들여 충격을 주거나 기타 방식으로 畸型닭을 낳게하려 노력했다. 왜냐하면 동물 가운데 기형이 있다는 사실 자체가 後成說을 지지하는 것이라 믿었기 때문이다.

이러한 연구들의 도움을 받아 근대 발생학의 토대를 완성한 사람이 독일의 귀족 출신 폰·베어(Ernst Von Bear, 1792~1876)이다. 1827년 그는 개의 卵巢를 가지고 연구한 끝에 포유동물의 알을 발견해 냈다. 그는 이어 《동물의 발생사》(Über die Entwicklungsgeschichte der Tiere)를 두 권의 책으로 완성했다. 폰·베어에 따르면 胚의 성장에는 3단계가 있어서 제 1단계에는 네 개의 층이 생겨나고 제 2단계에서 각층은 여러 조직을 만들어 내고 그 다음 제 3단계에서 각 조직은 여러 가지 기관을 만들어 준다는 것이다. 그는 생물발생의 기본법칙을 네 가지로 설명하기도 했는데 그 첫째는 발생과정에서 나타나는 形質 가운데 일반적인 것은 특수적인 것보다 먼저 나타난다고 주장하고 있다. 폰·베어에 의하면 모든 동물은 한 개의 受精卵으로부터 분화하여 발생한다는 것이다.

바로 이 알이 사실은 한 개의 세포라는 생각은 19세기 초반에 細胞(cell)의 연구가 시작되면서 밝혀져 갔다. 현미경의 발명과 더불어 후크등이 이미 식물의 세포를 발견은 했으나 생물의 기본 구성요소가 무엇인가에 대한 의문에 세포라는 대답을 주려고는 하지 않고 있었던 것이 18세기까지의 형편이었다. 18세기말 프랑스의 의사인 비샤(Xavier Bichat, 1771~1802)는 인체는 21종의 서로 다른 組織으로 되어 있고 이 조직이 결합하여 器官을 만들어 주고 기능이 서로 관련된 기관이 모여 소화기계통, 호흡기계통 등을 이룬다고 생각했다. 그는 조직이야말로 생명의 단위라고 믿고 있었다.

그러나 19세기초부터 이미 여러 학자들은 세포야말로 생물의 생명의 단위가 아닐까 하는 생각을 갖고 있었다. 1831년 런던의 의사 브라운(Robert Brown, 1773~1858)은 식물세포속에 核이 있다는 사실을 발견했다. 이에 주의한 슈라이덴(Mathias Schreiden, 1804~1881)은 식물의 세포란 원래 있던 세포핵에서 생겨나 그 세포로부터 분열하여 독립되는 것으로 모든 식물의 생명단위는 바로 이 세포라고 주장하고 나섰다. 한 때 고향 함부르크에서 법률가로 입신하려다 실패하고 자살하려 했던 슈라이덴은 식물학으로 방향을 바꿔 예나내대학교수가 되어 있었다. 슈라이덴이 식물학에 세포개념을 확립한 것과 같은 때 독자적으로 동물학에 똑같은 세포단위의 관점을 도입한 사람이 루벡대학교수 슈반(Theodore Schwann, 1810~1882)이다. 이제 동물이건 식물이건 같은 생명의 단위로서, 세워진 것이라는 바탕이 생겼고 그 바탕위에 비로소 생명현상에 대한 과학으로서의 生物學은 성립될 수 있었다.

그후 세포의 정체는 더욱 밝혀져 갔다. 체코의 생리학자 푸르크니에(Jan Purkinje, 1787~1869)는 1839년경 原形質(protoplasm)이란 말을 처음 사용했고 술체(Max Schultze, 1825~1874)는 동식물 세포에 공통되는 원형질이란 물질에 착안하여 세포란 “핵을 가지고 있는 작은 원형질의 덩이”라고 불렀다. 세포가 어떻게 분열해 가는가도 19세기 중반부터 밝혀지기 시작했고 1888년에는 染色體(chromosome)란 용어가 등장하기도 했다.

생물학 연구에서의 세포의 중요성은 유명한 병리학자 비르호(Rudolph Virchow, 1821~1902)로 하여금 “모든 세포는 세포로부터”란 표현을 하게끔 만들어 주었고, 그는 인체란 세포라는 개인이 모여서 이룩된 국가와 같다고 말하기도 했다. 따라서 비르호의 病理學說은 세포를 질병의 단위로 보려는데 그 특징을 두게 되었다. 고대인들이 인체 전부의 조화와 부조화에서 질병의 원인을 찾으려던데 비해 비샤에 내려오면 그것을 인체의 조직에서 찾으려 했고, 그 비르호는 이제 그것을 세포에서 찾으려한 셈이다.