



원자 현미경 이야기 - 나노 세계의 새로운 도구 -

성 하 운

동아일보 정보과학부 차장

지난 85년 베커와 글로프첸코는 게르마늄 표면에 원자 1개를 고정해 놓는데 성공하였다. 그리고 포스터와 그의 동료들은 흑연의 표면에 하나의 유기 분자를 고정해 놓았다. 이들은 주사(走査) 터널링 현미경(STM : Scanning Tunneling Microscope)을 이용해 원자나 분자 하나씩 움직일 수 있는 새로운 세계를 보여주었다.

'세계 컴퓨터계의 거인' IBM은 90년 4월 이보다 한 발 더 나아간 실험 결과를 내놓았다. 이 회사의 아이글러가 니켈 기판 위에 크세논 원자를 하나씩 늘어 놓아 'IBM'이라는 회사 로고 글자를 쓴 것이다. 원자로 글자까지 쓸 수 있다니… 세계는 충격에 가까운 놀라움을 느꼈다. 이것은 이런 실험 가운데 가장 잘 알려진 것이다.

이들은 나노(10억분의 1) 세계도 사람의 손 안에 넣고 맘대로 다를 수 있다는 새로운 가능성을 제시한 것이다. 앞으로 원자의 차원에서 사람이 원하는 물건이나 기계를 만들 수 있다는 가능성이다.

이런 원자나 분자 조작은 모두 STM을 이용해 나온 결과다. STM은 사상 최초의 원자 현미경으로 손꼽힌다. 그 뒤 연구 대상이나 이용 목적에 따라 변형된 것이 여러 종류가 개발돼 나왔다.

원자 현미경은 30년대에 등장한 전자 현미경이 가져온 변화보다 더 큰 변화를 몰고 왔다. 과거 전자 현미경이 종전의 광학 현미경으로 볼 수 없었던 세계로 우리를

이끌어 갔지만 원자 현미경은 이제 전자 현미경으로도 볼 수 없었던, 더욱 미세한 세계로까지 우리를 이끌고 있다. 현미경의 세계에 혁명적인 변화라고 할 수 있다.

일반 렌즈를 이용해 대상 물체를 확대해 보는 광학 현미경이 쓰이기 시작한 것은 15세기 중엽부터이다. 그 때는 현미경이 단순 확대경 정도의 기능밖에 없었다. 이것이 그 뒤 네덜란드의 현미경 학자 레벤후크가 렌즈 제조 기술을 향상시켜 점차 높은 배율의 현미경으로 발전하게 된다.

그렇지만 대상 물체에 빛을 쪼여 렌즈로 확대해 본다는 현미경의 기본 원리는 5백여년 동안 변하지 않은 것이다. 60여년 전 빛이 아닌 전자를 쏘아 더 세밀하게 물체를 관찰하는 전자 현미경이 등장함으로써 과거와 전혀 다른 방식의 현미경이 비로소 나타났다. 그로부터 불과 50여년이 지나 이제는 원자를 이용해 원자 자체까지 볼 수 있는 현미경이 일반화되고 있다.

광학 현미경은 배율이 최고 수천배이고 전자 현미경은 최고 수십만배인 데 비해 STM은 비롯한 원자 현미경은 수천만배에 이른다. 최근 들어 현미경의 배율이 기하급수적으로 놀랍게 증가한 것이다.

원자 현미경은 이처럼 놀라운 분해 능력을 갖고 있기 때문에 크기가 0.1~0.5nm(1nm은 10억분의 1m)인 원자 지름의 수십분의 일(0.01nm)까지도 정확하게 구별할 수 있다.



STM은 확대해보려는 시료 위를 매우 뾰족한 탐침으로 스캐닝해서 이미지를 얻어내는 것이다. 이 탐침은 그 야말로 매우 뾰족하기 때문에 탐침의 끝은 원자 1개로 이루어질 정도로 정밀한 것이다. 이 탐침을 시료 표면에 원자 1, 2개 크기 정도의 거리 만큼 가까이 접근시키면 놀랍게도 탐침과 시료 사이에 전기의 흐름이 나타난다. 전기는 보통 연속된 도체를 통해서만 흐르지만 극미한 세계에서는 양자 역학적 현상으로 공간을 뛰어넘어 전기가 흐를 수 있다. 이것이 바로 터널링 전류라는 것이다.

물론 STM의 개발은 획기적인 업적으로 평가되었다. 82년에 STM을 공동 개발한 비니히와 로러는 86년 노벨상을 받았다. 이렇게 빨리 연구 업적을 평가받기도 매우 드문 일이다.

STM의 주요 단점은 시료가 전기가 통하는 도체여야만 된다는 것이다. 예를 들어 유기물의 표면이나 전기가 통하지 않는 물체의 표면은 관찰할 수 없다.

STM의 이런 단점은 1세대의 후손 원자 현미경이 개발됨으로써 극복되었다. 즉 원자 힘 현미경(AFM : Atomic Force Microscope)이 86년에 나온 것이다. 비니히 거버 퀘이트가 공동으로 개발하였다. STM이 터널링 전류를 측정해서 이미지를 얻는다면 AFM은 원자 간에 작용하는 미세한 힘을 이용한 것이다.

따라서 AFM은 전기가 통하지 않는 물체의 표면까지 관찰할 수 있다. 또 AFM은 액체나 가스 속에서도 작동 할 수 있다. AFM은 재료 소재같은 물리학적 연구 대상 뿐 아니라 화학과 생물학의 연구 도구로도 각광을 받고 있는 것이다.

앞서 예를 든 원자나 분자의 조작에서 이들을 어떤 표면에 고정해 놓는 것은 오래 지탱할 수 없다. 원자나 분자는 열을 조금만 받아도 쉽게 날아가 버린다. 안정된 구조로 오래 유지를 하려면 절대 온도 0도(섭씨 약 영하 273도) 가까이 온도를 내려야 한다. 또 원자를 서로 떠어두기 위해서는 강한 화학적 결합력이 필요하다.

이런 원자를 잘 조종하고 결합시키기 위해서는 STM

보다 AFM이 더욱 적절하다. STM은 전기가 통하는 대상으로만 한정해야 하고 이에 따라 작용하는 힘에도 제한을 받기 때문이다. AFM은 탐침 끝의 분자를 이용함으로써 원자와 원자끼리의 화학적 합성까지 이루어 낼 수 있다는 것이다.

원자를 하나하나 관찰할 수 있을 뿐 아니라 개개의 원자를 움직여 새로운 분자를 합성하거나 물질의 표면을 원자 단위에서 정밀하게 변형하는 일이 가능하다는 것이다.

극미세한 세계에서의 화학적·기계적 합성이 지금 당장 이루어지고 있는 것은 아니지만 개별 원자를 조작하는 기술이 발전한다면 나노 차원의 잠수함을 만들어 혈관 속에 투입해 미세 수술을 하거나 콜레스테롤을 긁어낸다는 것도 상상만이 아니다. 우리 눈에 보이지 않는 입방 마이크론 크기의 수퍼 컴퓨터의 제작도 꿈꿀 수 있다.

물론 이런 것은 AFM과 관련해 여러 가지 기술이 발전해야 실현될 수 있을 것이다.

이런 가능성은 상상보다 훨씬 빨리 우리 곁에 다가올 수도 있다. 현재 AFM이 값싸다고는 할 수 없지만 여기 드는 비용이란 거대한 가속기와 비교한다면 새발의 꽈도 되지 않는다.

현재 AFM은 10만달러(약 1억원)수준. AFM을 제작하는 회사들은 앞으로 2만달러(약 2천만원)짜리 염가 보급형이 나오게 되면 훨씬 널리 AFM이 쓰이고 나이가 고교 실험실에서까지 보급될 수 있을 것으로 보고 있다. 이렇게 되면 이 분야의 연구는 폭발적으로 확산될 것이다.

최근 2, 3년새에 원자 현미경이 널리 보급되고 있는 추세로 볼 때 가능한 얘기다. 그렇게 되면 산업 혁명에 벼금가는 결과를 가져올 것이라는 예측도 나오고 있다.

이 분야의 전문가들 가운데는 원자 현미경을 증기 기관이나 반도체의 발명에 비교하거나 심지어 불의 이용과 같은 대변혁까지 불러올 수 있을 것으로 보는 사람도 있다. ☺