



▲ 영화 '터미네이터 2'에 등장하는 로봇악한은 어떤 형태로 모방할 수 있을 뿐 아니라 산산조각이 난 뒤에도 다시 조립할 수 있는 금속으로 만들어졌다.

첨단과학기술현장

새로운 소재가 바꾸는 신세계

인류문명사에서 새로운 소재는 언제나 기술혁신의 방아쇠구실을 해 왔다. 예컨대 20세기 중반 반도체의 발견은 오늘날 컴퓨터를 포함한 정보 통신기술의 비약적인 발전을 가져 왔고 초내열합금의 개발로 초음속 제트기시대의 막이 오르게 되었다. 재료과학기술은 새로운 소재를 창조하고 신소재는 다시 새로운 기술을 만들어 내면서 기술혁신은 모든 분야로 번져 나간다. 21세기에는 부서지기 전에 스스로 알아서 수리하고 바로잡을 수 있는 강철과 지능형 다리(교량)와 살아서 숨쉬는 신형도시가 등장한다.

玄 源 福 <과학저널리스트/본지 편집위원>

새로운 패러다임

재료과학자들에게는 화학의 주기율표가 이 세상의 모든 물질의 화학

성분을 풀어 주는 이룰테면 '로제타의 돌' (이집트 고대문자를 해독할 수 있는 비문이 새겨진 돌)과 같은 존재다. 오늘날 미국 코넬대학의 재

료과학자 프란시스 디살보와 그의 동료과학자들은 주기율표의 화학원소를 이용하여 새롭고 개량된 재료로 조합할 수 있는 규칙을 발견하는

데 이골이 나 있다. 이들이 만들어 낸 소재중에는 스스로 수리할 수 있는 합금, 환경을 '알고' 반응하는 스마트형 물질이나 근육, 뼈, 명주 그리고 조개껍질과 같은 유기조직의 인공물이 있는데 그중에는 천연물질과 겨룰 수 있을 정도로 뛰어난 성능을 가진 것도 있다. 현재 사용중이거나 개발중인 미래형 신소재는 지난 날의 소재보다 훨씬 강력하고 내성이 크며 환경을 덜 오염시킨다는 장점이 있다. 이런 신소재의 등장은 지난 날의 역사를 석기시대, 청동시대 그리고 철기시대로 구획하듯 새로운 '소재의 시대'의 개막이 임박했다는 것을 넉넉히 비쳐 주는 것이기도 하다.

한편 지난 날의 신소재 개발은 어렵짐작이나 뜻밖의 행운의 덕을 보았으나 요즘의 과학자들은 원자, 분자, 결정 심지어는 생조직을 형성하는 복잡한 절차를 발견함으로써 창조의 과정에서 종래와 같은 행운이나 어렵짐작을 배제할 수 있다. 그래서 21세기의 엔지니어들은 더이상 재료의 제한을 받지 않게 된다. 이들은 무엇이든지 현재는 존재하지 않지만 필요하다면 인공으로 만들 수 있는 소재를 이용하여 마음대로 설계할 수 있게 된다.

신소재의 발명은 발견의 새로운 운 패러다임(규범)을 의미한다. 과학자들이 어둠 속에서 어렵짐작과 행운을 더듬던 시대는 가고 보다 이성적이며 효과적인 접근의 길이 열리기 시작한 것이다. 오늘날 소재설계자들은 과학적인 이해와 정교한 컴퓨터 모델링을 이용하여 주기율표의 일반원소를 신소재라는 '황금'으로



▲ 주기율표를 효과적으로 이용하여 종래의 어떤 강철보다 2배나 강력한 강철합금을 개발하고 있는 노스웨스턴 대학의 재료과학자 그레그 울슨.

바꾸는 현대판 연금술을 구사하고 있다. 예컨대 지난 10여년간 이런 접근방법을 응용해 온 노스웨스턴대학 재료과학자 그레그 울슨은 종래의 어떤 강철보다 2배나 강력한 강철합금을 개발하고 있다. 이런 강철은 생산하는데 소모되는 철광의 양과 에너지의 소비량은 종래의 반밖에 들지 않고 이런 강철로 제작된 차량은 무게가 반밖에 나가지 않고 따라서 연료를 덜 소모하기 때문에 깨끗한 환경을 유지하는데 도움이 된다. 오늘날 과학자들은 울슨과 그의 동료들처럼 누구든지 주기율표를 효과적으로 이용하면 종전의 합금보다 강력한 특수합금을 생산할 수 있게 되었다. 이들은 컴퓨터모델을 다루면서 가상의 금속학을 통해 신소재를 조직적으로 발명할 수 있다.

‘터미네이터 3’

그런데 울슨의 가장 야심적인 프로젝트는 ‘터미네이터 3’라고 불리는 스마트형(지능형)강철이다. 이것은 부서진 부분은 스스로 수리하고 생물모방능력을 가진 영화 ‘터미네

이터 2’에 등장하는 가상의 소재에서 아이디어를 얻은 것이다. 영화에 등장하는 로봇악한은 특정인을 포함하여 어떤 형태도 모방할 수 있을 뿐 아니라 산산조각이 난 뒤에도 다시 본래의 모습으로 조립할 수 있는 가상의 금속으로 만들어졌다. 울슨 팀은 최고의 강력하고 유연한 실물의 재료를 창작하기 위해 부러진 뼈가 스스로 치유되듯 벌어지기 전에 균열을 스스로 막게 내부적으로 재정렬할 수 있는 합금을 설계하고 있다. 이들의 연구 모델중의 하나는 실제로 바다 조개껍질에서 나온 것이다. 미세한 슬레이트의 모양을 하고 깨지기 쉬운 세라믹재료로 구성된 전복과 같은 조개껍질은 일종의 단백질 모르타르로 강화되어 있다. 껍질이 갈라지기 시작하면 이 모르타르는 마치 인대처럼 스스로 번져나가 벌어진 사이를 메우면서 갈라진 양쪽을 끌어당겨 통합한다. 울슨 팀은 이런 단백질 모르타르의 역할을 할 수 있는 형상기억합금(形狀記憶合金)과 조개껍질의 미세한 슬레이트의 역할을 하는 주석합금을 조합하여 이런 작업을 복제할 생각이 다. 그래서 이런 신소재가 갈라지기 시작하면 형상기억합금이 갈라진 틈새를 메우고 열을 가하면 모양을 바꾸어 갈라진 양쪽을 묶어 버린다. 이런 재료는 제트엔진의 터빈날과 같이 심한 압력이 걸린 가운데서도 빈틈없이 작동해야 하는 금속부품을 사용하는 항공우주계와 발전계에서 응용될 전망이다.

한편 신소재설계공정에서 컴퓨터를 통한 이론적인 접근방법을 사용하면 일을 보다 효과적으로 수행할

수 있다. 예컨대 루센트 테크놀로지(구 벨연구소)의 물리과학연구부 화학과장대리인 로버트 로디스는 플라스틱의 기계적 특성과 공정의 특성을 실리콘과 같은 반도체의 전기적 특성과 결합한 물질인 유기트랜지스터를 실험하고 있다. 종래에는 시행착오식으로 이런 재료를 조사했으나 양자역학과 다른 물리학이론에 정통한 한 동료과학자가 이런 저런 특성을 조합할 수 있는 분자배열을 연구하고 있다는 사실을 알게 된 로디스는 이들의 도움을 받아 포스터처럼 들들 말 수 있고 어디에나 걸 수 있는 두루마리식 텔레비전 스크린과 어떤 책이나 신문 또는 잡지라도 컴퓨터로 옮겨 디스플레이 할 수 있는 '전자종이'와 같은 제품을 만들 수 있는 일련의 유기재료 개발에 나섰다.

나노튜브와 반도체

캘리포니아대학(버클리)의 마빈 코헨도 컴퓨터의 막강한 계산력을 조절하여 신소재를 개발하고 있다. 코헨은 1960년대에 신소재의 특성을 신뢰성있게 예측할 수 있게 복잡한 방정식을 간편화하는데 이바지한 과학자들중의 한사람이다. 그래서 종전에 없었던 재료를 예측할 수 있게 되었을 뿐 아니라 아직도 존재하지 않은 원자구조를 보고 이런 구조가 혹시 초전도체가 될 수 있을 것인가의 여부까지 예측할 수 있게 되었다. 코헨이 제시하고 있는 재미있는 예측중의 하나는 탄소, 질소, 붕소같은 원자로 만든 미니관(筍)인 나노튜브의 미래에 관한 것이다. 이것은 60개 탄소원자로 된 축구공 모

양의 분자인 이른바 '버키볼'의 변종인데 1990년경부터 대량으로 입수할 수 있게 되었다. 나노튜브는 현재 종래와는 비교할 수 없을 정도로 강력한 케이블로 사용하는 길을 찾고 있는가 하면 살아있는 세포 속에 삽입하여 미세한 증류기로 사용하면 일련의 화학반응을 일으킬 수 있는 길도 모색하고 있다.

한편 코헨과 동료과학자인 스티븐 루이 등은 각종 전자조절용 반점(실리콘칩의 미세한 트랜지스터와 같은 작용을 한다)을 뿌린 나노튜브 속을 전자가 통과하는 방법을 계산한 결과 나노튜브를 신형 컴퓨터 속에 집결시켜 반도체처럼 이용할 수 있다는 것을 알게 되었다. 코헨은 우리의 뇌 속에서 뉴런이 서로 연결되어 있는 것처럼 복잡한 망을 통해 함께 연결된 나노튜브를 3개의 포도주병 속에 빼꼭이 채울 때 지구상의 모든 인간의 뇌와 맞먹는

막강한 계산력을 갖게 된다는 이론을 내세우고 있다. 코헨교수와 루이교수는 공동연구자인 우리나라의 임지순교수(서울대 물리학과)와 함께 '나노튜브를 다발로 뭉쳐 놓으면 반도체 성질을 띤다'는 논문을 1998년 1월 29일자 종합과학전문지 「네이처」지에서 발표했다. 코헨의 버클리의 동료과학자인 알렉스 제틀은 전기신호를 받고 보낼 수

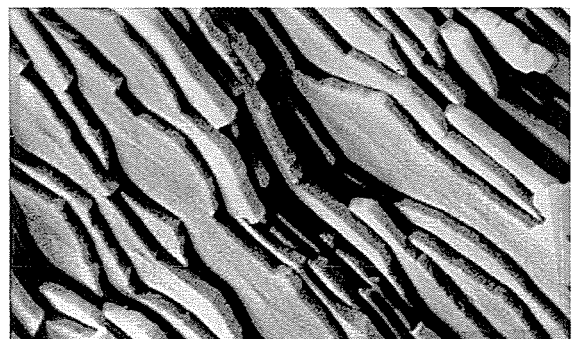
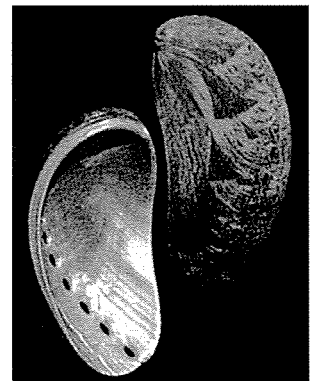
있는 손톱크기의 버키튜브의 모임을 실제로 연구실에서 만드는데 성공했다.

그러나 당분간 이런 입출력을 실용면에 이용할 길은 없을 것 같다. 나노튜브집합의 내부가 너무나 복잡하기 때문에 그 능력이 밝혀지자면 상당한 시일이 필요하기 때문이다. 제틀은 만약에 나노튜브 컴퓨터가 등장하면 한두해 내에 벌써 '구식' 컴퓨터로 전락해 버리는 오늘날의 개인용 컴퓨터와는 달리 오래 묵을수록 이용도는 향상될 것이라고 주장하고 있다.

치매치료에 서광

한편 버키볼은 강력하고 가벼운 구조물을 구성하는 블록의 후보감으로서 큰 기대를 걸고 있었으나 그 구성상태가 너무 안정되어 있어 화학반응을 유도하기가 유별나게 어렵

▶ 미세한 슬레이트의 모양으로 깨지기 쉬운 세라믹재료로 구성된 전복 조개껍질은 일종의 단백질 모르타르로 강화되어 있다. 균열이 형성되기 시작하면 이 모르타르는 마치 인대처럼 스스로 번져 나가 벌어진 사이를 메우면서 갈라진 양쪽을 끌어당겨 봉합한다.



기 때문에 그 실현시기는 아직도 요원하다. 그런데 최근 워싱턴대학과 국립대만대학의 로라 듀건과 톰 리 그룹은 화학적으로 초연한 버키볼의 성질을 거꾸로 이용하는 방법을 찾아내고 있다. 이들은 유리기(遊離基)로 알려진 '분자공격자'로부터 뇌세포를 보호하기 위해 버키볼을 사용하는데 성공했다고 발표했다. 뇌세포의 손상으로 발생하는 질병은 많다. 심각한 두뇌부상을 입게 되면 뇌는 신경전달물질(신경시스템으로 신호를 운반하는 화학물질)로 넘쳐 흘러 신경세포들이 마치 전기회로가 과부하된 것처럼 파괴된다. 뇌일혈이나 심장마비 후에 사당과 산소가 결핍된 뇌세포는 결국 자살하게 된다. ALS(근위축성 측삭경화증)와 알츠하이머병과 같은 질병은 환자가 마비되거나 제정신을 잃을 때까지 점차로 퇴화되는 것이 특징이다. 질병에 따라 과정은 서로 다르다고 하지만 유리기가 모든 곳에 작용하면서 너무 민감하게 반응하여 광범위한 중요 생화학물질을 파괴한다.

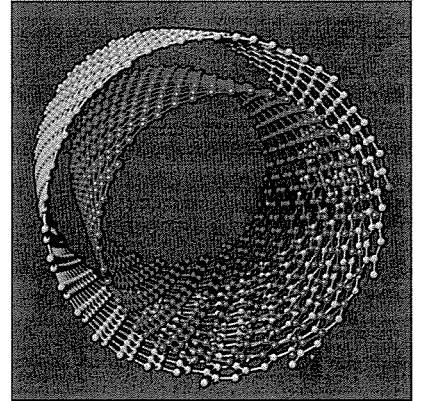
그러나 버키볼은 유리기를 소탕하는 능력이 특별히 뛰어나다. 그것은 버키볼이 화학적으로 불활성이기 때문이다. 버키볼의 탄소원자는 너무 빼곡하고 단정하게 배열되어 있기 때문에 전자들이 협력하여 전하(電荷)의 막을 형성하여 버키볼의 표면을 덮어 씌운다. 이 막은 너무 단단하게 원자를 붙잡고 있어 다른 분자와 반응할 수 없다. 그래서 유리기는 거머리처럼 버키볼 표면에 달라 붙는다. 그러나 같은 이유 때문에 순수한 버키볼은 의료목적의 용도가 줄어든다. 몸의 공간 속 깊숙이 들

어가기 위해서는 물에 녹을 수 있어야 하나 버키볼은 그렇지 못하다. 듀건박사팀은 말론산(물에 쉽게 분해되는 수용성의 이염기산)이라고 불리는 물질로 만들어진 별도의 분자손잡이를 버키볼에 끼워 이 문제를 극복했다. 물의 분자가 이 말론산손잡이를 잡을 수 있어 결국 이것(카복시폴러렌스)은 물에 녹을 수 있게 된다.

손상된 뇌세포와 ALS를 앓고 있는 쥐에게 시험한 결과 카복시폴러렌스는 비타민 E와 같은 전통적인 산화방지제보다 10~100배나 효과적으로 유리기를 빨아들였다. 이것은 또 유리기를 통해 뇌세포에 화학적인 자기파괴신호를 보낸다고 생각되는, 알츠하이머병과 관련된 물질인 '아밀로이드 펩티드'가 침투되지 않게 뇌세포를 보호했다. 또 꾸준히 카복시폴러렌스를 투여한 병든 쥐는 ALS증세가 지연되어 더 오래 살았다. 그러나 인체에 대한 버키볼의 효능이나 부작용에 관해서는 아직도 많은 연구가 필요하다.

정전기 세라믹과 스키

우리가 스키를 타다가 나뉘는 것은 스키의 진동 때문이다. 그런데 최근 스키의 진동을 가라앉히는 신제품이 나와 스키애호가들의 환영을 받고 있다. 이 신기술을 뒷받침하는 소재는 휘거나 압력을 받으면 전하(電荷)를 발생하는 정전기세라믹이다. 이 정전기판은 발톱을 조여매는 스키의 앞쪽 내부에 거치한다. 경사를 내려갈 때 발생하는 진동은 전기 에너지로 전환되는데 이것은 다시 열에너지로 바뀌어 스키 속으로 분



▲ 복잡하게 연결된 나노튜브를 3개의 와인병 속에 빼곡이 채우면 지구상의 모든 인간의 뇌와 맞먹는 막강한 계산력을 갖게 된다.

산된다. 한편 펜실베이니아주립대학 재료연구소의 토마스 슈라우트와 박성익은 이 새로운 정전기재료를 깜짝 놀랄 정도의 용도로 이용할 수 있는 길을 열고 있다. 1997년 초 이들은 종래 알려진 정전기재료보다 10배나 강력한 정전기효과의 힘을 가진 새로운 결정을 발견했다고 보고했다. 이 새로운 결정은 인공근육을 만드는데 사용할 수 있다는 주장이다. 적절한 전기펄스 패턴을 적용하면 이 새로운 결정은 지시한대로 수축과 팽창을 할 수 있을 뿐 아니라 인공팔, 손가락 그리고 다리처럼 기능할 수 있다. 앞으로 기대되는 응용분야에는 곤충처럼 날개를 퍼덕이는 소형의 자율적인 비행체와 빌딩 속을 들어가서 탐사할 수 있는 소형의 걸어 다니는 차량 등이 포함된다.

진동제어용 세라믹스, 스마트 스키 그리고 비행로봇들을 생산하는 모험기업인 미국 매서추세츠주 케임브리지 소재 액티브 컨트롤 엑스퍼츠사의 과학자와 기술자들은 다가올 미래를 다음과 같이 그려 본다. 가

까운 장래에 도시들은 광섬유망, 정전기세라믹스, 그밖의 스마트재료의 도움을 받아 도시의 안전사고를 막을 수 있게 된다. 이런 재료가 송수신하는 신호는 중앙컴퓨터로 보내져 임박한(위험) 문제들을 경고하고 일이 벌어지기 전에 필요한 수리와 보수를 할 수 있게 된다. 그래서 살아있는 생물처럼 생각하고 반응할 수 있는 도시가 탄생한다. 세계의 많은 연구자들의 노력 덕분에 새로운 소재가 전개할 미래상의 모습이 차츰차츰 드러나고 있다. 예컨대 미국 버몬트대학의 피터 휴어와 그의 동료들은 구조물의 붕괴를 가져올 수 있는 작은 균열이나 지나친 하중 그리고 지진의 진동을 철새없이 감시하는 광섬유 신경시스템을 건물과 교량 그리고 댐에 가설하고 있다. 이런 구조물은 이제 스스로의 건강을 모니터할 수 있게 된 것이다.

한편 캐나다 과학자들은 최근 새로운 콘크리트제조법을 개발하여 교량, 공항 활주로 그리고 눈과 얼음으로부터 해방되는 길을 찾기 시작했다. 과학자들은 1920년대 이래 전류를 흘려 콘크리트표면을 데울 수 있는, 전기가 통하는 콘크리트를 만들려고 노력해 왔다. 그중에서 시멘트에 탄소섬유를 넣어 도전성(導電性)을 만들어 내는 방법은 결과적으로 구조적으로 허약한 소재가 되고 말았다. 또 도전성재료로 콘크리트를 코팅하는 방법으로 개발된 소재는 강력하기는 하지만 도전성이 썩 좋지 못했다. 그래서 오늘날 콘크리트를 데우는 유일한 길은 전선을 묻거나 튜브를 심어 두어 가열된 부동액을 흐르게 하는 방법인데 설치비

와 보수비가 비싸다는 흠이 있다.

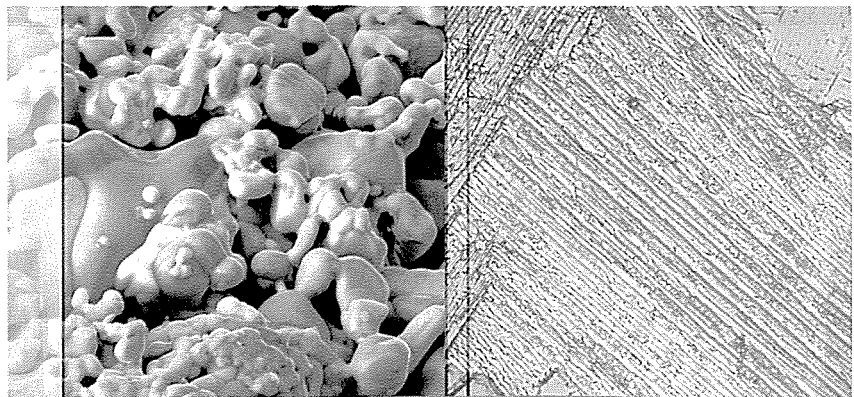
최근 오타와 소재 국립연구회의 산하 건설연구소 과학자들은 탄소섬유, 흑연 그리고 까만 모래처럼 보이는 철강업계의 폐기물인 분말코크스 등 여러 가지 크기의 도전성 물질을 시멘트 속에 섞어 소망하던 도전성 시멘트를 발명했다. 그 결과 전기가 침투할 수 있는 망을 만들어 콘크리트에 전기가 흐를 수 있을 뿐 아니라 콘크리트의 강도도 유지할 수 있게 되었다. 옥외실험에서 6×24m의 슬라브가 오타와의 가혹한 겨울에도 얼음이나 눈에서 벗어날 수 있게 되었다. 또 생산비가 비싸지 않고 가열비용도 '고무적인 정도로 싸다'는 것이 드러났다. 지금까지 3백여건의 문의가 들어왔는데 그중의 많은 비중을 차지하는 스칸디나비아사람들은 지하층 바닥과 벽을 데우는데 이런 소재를 사용하기를 바라고 있다는 것이다. 또 미국 디트로이트의 메트로폴리탄공항은 도전성 콘크리트로 만든 활주로를 설치하는데 관심을 보이고 있다. 가열식 활주로는 안전할 뿐 아니라 항공기의 연발착과 눈으로 발생하는 비용을 제거할 수 있어 운영비가 덜

들 것으로 보고 있다.

재료의 화학조합법

미국 캘리포니아주 서니베일 소재의 사이믹스 테크놀로지사는 신소재 개발에 조합재료합성(별도 박사 기사: '조합화학이 여는 신물질의 세계' 참조)이라는 새로운 접근방법을 이용하고 있다. 이들은 소재에 관한 심오한 이론적 지식에 기대기 보다는 자기식의 매우 간단한 기법을 사용한다. 자기가 생각할 수 있는 몇가지의 화학성분에서 서로 다른 많은 소재를 만든 뒤 그중에서 관심을 둔 특성을 발견하면 재빨리 시험하는 것이다. 이것은 몇개의 글자를 될 수 있는 한 많은 조합을 통해 서로 엮은 다음 말이 되는 낱말을 찾는 과정과 닮았다. 조합합성의 경우는 과학적, 산업적 또는 기술적인 가치를 갖고 있는 소재를 찾기만 하면 된다.

사이믹스사의 수석기술자인 헨리 와인버그에 따르면 이제 과학자 한 사람이 2만5천종의 실리콘 웨이퍼를 합성하여 하루 이틀내에 그중에서 쓸모있는 특성을 가려낼 수 있게 되었다. 사이믹스사가 지금까지 조



▲ 조합화학기술을 이용하여 만든 신소재의 표면과 그 구성분자.

합한 소재중에서 상업적으로 유망한 잠재성을 가진 물질에는 컴퓨터 디스플레이와 광패널에 사용하는 새로운 종류의 광(光)루미네센스(적외선·가시광선·적외선의 흡수로 빛을 내

는 현상 : 형광 및 인광을 말한다) 재료가 있다.

그러나 주기율표 속에 숨어 있는 보물은 아직도 대부분은 이용되지 않는 상태에 있어 21세기에는 약간

의 어렵짐작과 다소의 행운 그리고 많은 컴퓨터지원설계의 도움을 받아 가면서 주기율표라는 보물광산을 켈 소재과학자와 엔지니어들에 거는 기대는 매우 크다. ⑤7

‘조합화학’이 여는 신물질의 세계

한번 실험에서 1만여종의 새로운 물질을 만들 수 있는 조합화학이라는 신기술이 등장하여 신약의 발견과 신소재합성에 새로운 길을 열어 주기 시작했다.

유전자결합기술이 생물학에 혁명을 가져 온 것처럼 이 새로운 기술은 재료과학 전반에 큰 변화의 바람을 몰고 올 것으로 기대된다. 1980년대 중반 호주 과학자 마리오 게이센이 분자의 구성블럭을 여러 가지 다른 방법으로 빠른 속도로 조합하는 이른바 ‘조합화학’의 가능성을 주장했을 때 아무도 귀담아 듣는 사람이 없었다. 그러나 10여년이 지난 오늘날 조합화학은 제약계의 가장 뜨거운 관심사로 떠오르게 되었다. 예컨대 머크, 파이저, 실론과 같은 세계 제약업계의 ‘거인들’은 앞다퉈 이 연구에 착수하는가 하면 일부 제약회사들은 조합화학전문기업을 매수하는데 열을 올리고 있다.

종래 신약의 개발은 참으로 어려운 작업이었다. 제약회사들은 예컨대 심장병과 관련된 효소나 또는 면역조직에게 암과 싸우라는 신호를 보내는 세포수용체와 같은 생물의 핵심요소를 가지고 출발한다. 문제는 이런 효소나 수용체라는 ‘표적’과 결합하는 화학물질을 찾아내는 일이 쉽지 않다

는 것이다. 지난 수십년간 대형 제약 회사들은 한번에 한가지씩 수십만가지의 화학물질을 공들여 만들어 왔는데 열대우림에서 해양생물에 이르는 자연계 전반을 훑어가면서 새로운 화학물질을 찾는다. 최근에는 분자표적에 대해 수천가지의 화학물질을 빠른 속도로 시험할 수 있는 자동식 방법을 개발했다. 그러나 표적과 서로 반응할 분자를 찾는 일은 복권당첨보다 어렵고 또 표적의 수도 날로 늘어나고 있는 실정이다.

조합화학이라는 새로운 기술로 불과 2~3년동안에 제약업계가 지난 수백년간 만든 것 보다 더 많은 새 화학물질을 만들 수 있다. 더욱이 이런 조합방법은 약에 한정되지 않는다. 한번 실험에서 1만종의 신물질을 만들고 있는 캘리포니아대학(버클리)의 화학자 피터 솔츠는 이 방법을 이용하여 특별한 전자기 특성을 가진 신물질을 발견했는데 이 방법은 새로운 반도체에서 초전도체까지 무엇이든지 발견할 수 있는 길을 열어 줄 것으로 전망된다. ‘엽총식’ 기법을 이용하는 조합화학은 먼저 분자의 구성블럭을 뒤섞어 마구잡이로 방대한 수의 화학물질을 만든 뒤 그중에서 재미있는 생물학적 활동을 보여 주는 화학물질만을 골라 자세하게 검토한

다. 한편 실론제약회사는 이를테면 ‘헤쳐 모여’식 방법을 사용한다. 먼저 서로 다른 분자구성블럭을 각각 용기 속의 고체받침에 고정시킨 다음 이들을 하나의 용기 속에서 뒤섞은 뒤 다시 여러 용기로 나눈다. 다음에 다른 화학물질들을 섞고 다시 나눈다. 이렇게 수없이 되풀이 하면 불과 몇개의 용기에서 수백만종의 서로 다른 화학물질을 만들 수 있다. 이런 화학물질중에서 생물학적 표적과 반응하는 물질이 있으면 화학자들은 이 화합물의 조성을 분석하게 된다. 실론사는 이런 작업에서 로봇의 화학합성장치를 이용하고 있다. 미국 데이비드 사노프연구센터와 스미스 클라인 비참사의 과학자들은 명함크기의 칩에 머리카락 두께의 채널, 펌프 그리고 센서로 된 미로(迷路)와 함께 1만개의 초미니 시험관을 거칠할 계획이다. 이런 칩이라면 불과 2~3시간 내에 1만개의 분자를 만들 수 있을 뿐 아니라 이 반도체를 이용하여 생물분자들의 반응을 점검할 수 있다. 아무튼 어떤 방법을 사용하든 간에 조합식 방법에서 거뒀을 수 있는 소득은 엄청날 것이라는 데는 이의가 없다. 예컨대 이런 방법으로 생산된 약은 곧바로 임상 시험에 들어갈 단계가 된다. 세계 의약학계는 조합화학을 통해 진짜 신기한 약을 발견하여 종전에는 고치기 어려웠던 난치병을 치료할 수 있는 길이 열릴 것이라는 기대에 부풀어 있다.