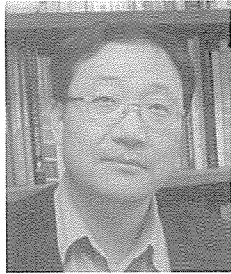


Information Technology의 세계

연산의 혁명 가져올 양자컴퓨터



趙煥奎

(부산대 공대 정보컴퓨터공학부 교수)

우리가 흔히 보는 거의 모든 컴퓨터는 본질적으로 튜링기계(Turing machine)라는 가상의 계산 기계와 동일하다. 본질적으로 동일하다는 말은 튜링기계의 한계와 능력을 그대로 이어받는다라는 뜻이다. 예를 들어 지금의 PC와 슈퍼 컴퓨터를 비교해본다고 해도 그 본질적인 차이는 조금도 없다. 굳이 그 차이를 지적하자면 속도차이가 좀(?) 난다는 것과 가격도 좀 차이가 난다는 것 뿐이다. 다르게 말해서 지금의 슈퍼 컴퓨터에서 할 수 있는 모든 일은 지금의 PC로도 충분히 가능하다. 단지 시간이 좀 더 많이 걸린다는 것 뿐이다. 그리고 PC에서도 계산적으로 불가능한 문제(Computationally intractable)는 역시 슈퍼 컴퓨터에서도 해결이 되지 않는다. 계산불가능한 문제란 어떤 수리적인 문제의 답을 구하기 위해서는 거의 전 지구적 시간이 소요되는

류의 문제를 말한다. 계산불가능한 문제를 수학적 의미에서의 해결불가능한 문제와 혼돈해서는 안된다. 계산불가능한 문제는 그 답이 존재한다는 사실은 이미 잘 알려져있으며 그 답을 구하는 과정도 잘 알려져 있지만 단지 그 과정이 상상할 수 없을 정도로 긴 문제를 말한다. 좀 더 이론적으로 말하자면 이런 류를 NP-hard류의 문제라고 말한다. 예를 들어 어떤 판매원이 전 도시를 가장 짧게 순회하는 문제, 이름하여 여행 외판원 문제(Traveling Salesman Problem)는 매우 유명한 계산불가능 문제의 예이다. 이 문제에서 순회해야 할 도시가 1천개 정도라고 할 때, 가장 짧게 순회하고 돌아오는 길을 계산하는 작업은 지금의 최고급의 슈퍼컴을 사용해도 몇백년이 걸릴만한 문제이다.

그런데 불행하게도 우리가 일상생활에서 부딪히는 거의 모든 문제는 바로 이러한 NP-hard류의 문제라고 보아도 무방할 것이다. 다른 예를 들면 소인수분해 문제와 이를 이용한 거의 모든 암호화 문제는 바로 계산불가능한 문제이며, 바로 이 계산불가능성이 바로 암호의 안정성을 보장해주는 유일한 지지대이다. 지금 유행하는 거의 모든 신개념의 하드웨어와 소프트웨어 방법 역시 이 NP-

hard류의 문제 앞에서는 아무런 도움이 되지 못한다. 예를 들어 인터넷 컴퓨팅이나, 진화연산(Evolutionary Computing), 인공신경망, 병렬클러스터링 등등 이름은 다르지만 본질적으로는 튜링기계의 능력과 한계를 그대로 가지고 있다. 그런데 최근에는 이와는 완전히 다른 류의 양자컴퓨터가 새로운 주목을 받고 있다. 양자컴퓨터(Quantum Computing)는 튜링기계와 폰노이만 기계의 경계를 뛰어넘는 전혀 다른 구조이다. 이 컴퓨터의 기본소자는 큐비트(Qbit)인데 이 소자는 0과 1을 중첩해서 저장할 수 있을 뿐만 아니라 그 전 과정을 모두 하나의 큐비트에 저장할 수 있는 능력이 있다. 이러한 기능은 양자역학이라는 오묘한 세계에서만 가능한 일인데 이 원리를 응용하여 양자비트들간의 AND, OR연산을 수행할 수 있다. 양자컴퓨터의 가장 큰 장점은 Multiverse라는 서로 배반적인 과정을 독립적으로 수행할 수 있다는 것이다. 따라서 한번에 하나씩의 연산을 수행하는 지금의 컴퓨터로 1백만번의 연산을 수행하는 일도 몇 개 Qbit만으로 전 과정을 재현할 수 있다. 1985년 도이취라는 영국의 과학자로부터 제시된 이 개념의 컴퓨터는 아직 이론적인 단계이며 겨우 7개 Qbit 정도의 기계만 완성되어 있다.

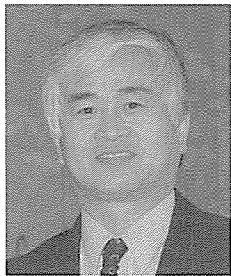
하지만 각국에서 원자탄 이후에 가장 사활을 걸고 연구한다는 범용의 양자

컴퓨터가 완성만 된다면 지금의 모든 암호화 알고리즘과 보안시스템은 무

용지물이 될 것이며 IT산업 자체에도 엄청난 지각변동이 있을 것이다.

Bio Technology의 세계

효소는 바이오산업 활로의 촉매



李大寬

(한국생명공학연구원 책임연구원)

우리가 밥을 먹으면 위장에 들어가 효소들에 의해 분자수준으로 가수분해된다. 이 분해 산물들은 장에서 흡수되고 각 세포로 보내어져 생합성의 재료로 사용된다. 이때 효소들로 구성된 생합성기구(machinery)는 이 재료로부터 수천, 수만개에 달하는 생체구성물질과 생체에너지를 만들며 생명을 유지시킨다. 생체내 일련의 연속효소반응을 대사(metabolism)라고 하는데 생명현상에서 가장 경이로운 일중 하나이다.

수용액상에서 진행되는 효소반응은 적은 에너지로 복잡한 생체구성물을 정확히 합성해준다. 더욱이 에너지가 적게 들고 부산물이 없다는 점은 환경친화적인 미래 바이오산업의 최적 조건인 셈이다. 그렇지만 생명현상을

지켜주는 생체촉매에 대한 산업적 활용은 오랫동안 꿈으로 머물다가 근년에 와서야 실현되고 있다. 즉 유전체 정보로부터 대규모적으로 효소의 유전자를 찾을 수 있게 되었고, 유전공학은 산업적 수준의 효소생산을 가능하게 하였다.

사실 1990년 인간유전체 연구가 착수된 이래 각 기술선진국은 호열균의 유전체 연구를 제일 먼저 종료하였다. 호열균 유래 내열성 효소가 정밀 화학산업기술을 대체해주는 가장 이상적인 대상이기 때문이었다. 최근 세계 화학산업계에서는 환경미생물의 유전체 연구를 강도높게 전개하고 있다. 정밀화학산업은 물론 제약산업에서도 광화학 이성체들과 같은 정밀화합물들을 선택적으로 합성해주는 특수효소들을 대규모 확보할 수 있기 때문이다. 한편 현 의약품 개발은 효소저해제의 개발이라고 할 만큼 생체 효소의 기능조절에 집중되어 있음을 언급하고 싶다.

결국 효소의 이해는 대사산물의 여러 생산방안으로 이어지고 있다. 개별효소를 산업적으로 활용하는 효소공학, 여러 효소가 연계된 생합성기구(machinery)의 조립과 활용기술,

그리고 세포내 생합성의 경로를 조정하여 생체분자를 생산하는 대사공학 등으로 나타나고 있다. 더 나아가 효소의 선택적인 기질인식과 전기화학적 개념은 생합성 차원을 넘어 바이오센서(biosensor)로 그 영역이 넓혀지고 있다. 이렇게 보면 효소는 21세기 바이오산업의 활로를 열어주는 촉매임을 알 수 있다.

대장균의 유전체 정보(약 4.6Mbp)를 살펴보면 유전자의 수가 4천2백88개로서, 그 중 절반이 효소에 해당하고 그 나머지는 생체기능의 조절단백질로 보고 있다. 한 생명체의 생명현상을 유지하기 위해 필요한 효소의 수가 의외로 적은 것을 알 수 있다. 이것은 생합성 경로가 매우 효율적이고, 하나의 효소가 여러 생화학반응을 동시에 담당하기 때문이다. 현재 대장균 효소 중 30% 정도만 그 생화학반응이 알려져 있어서 그 나머지 효소는 생화학자와 화학자들이 풀어야 할 숙제다.

국내 효소산업의 여건은 잘 갖추어져 있다. 생명공학이 탄탄한 화학전문집단과 산업현장의 경험이 점목된다면 21세기 효소산업도 승산이 있다고 판단된다.

Nano Technology의 세계

나노복합재료는 미래 구조물의 기반



朴秀進

(한국화학연구원 화학소재연구부 책임연구원)

21세기에 들어오면서 나노기술(nanotechnology)은 나노전자소자(nanoelectronics), 나노복합재료(nanocomposites), 나노입자(nanoparticle), 그리고 나노구조(nanostructure) 등 그 응용분야가 폭넓게 전개되고 있는 기반기술이다.

일반적으로 고분자 나노복합재료는 유기 매트릭스인 고분자와 나노크기(nanosize)의 무기 충전제로 이루어진 복합재료를 의미하며, 이에 사용되는 무기 충전제는 층상 실리케이트(layered silicate), 탄소나노튜브(carbon nanotube), 금속 또는 무기질의 나노입자 등 다양한 물질들이 사용되고 있다. 분자단위로 화학반응을 하는 고분자와 달리 충전제인 무기질은 나노크기로 만들기는 굉장히 힘들고 많은 비용이 소요되기 때문에 천연물을 찾게 되었으며, 이중 가장 경제적이고 나노구조적 특성을 지닌

층상 실리케이트인 점토(clay)를 많이 사용하게 되었다.

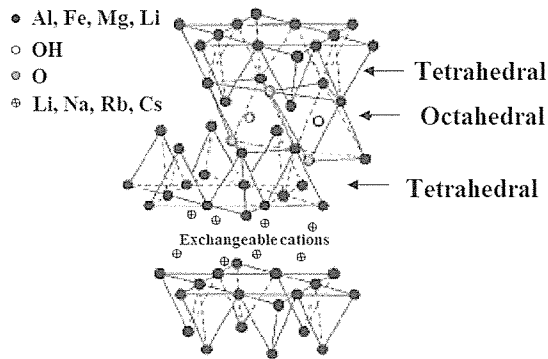
Clay silicate를 이용한 나노복합재료는 강도향상, 난연성, 가스차단성, 내마모성, 저수축화 등의 장점 때문에 자동차 소재 및 포장재로 우선적으로 적용되고 있다. 옛 조상들이 초가집을 지을 때 단지 점토만을 사용하지 않고 농사 후 남은 짚이나 돌을 잘 섞어 사용하였는데, 이는 단지 점토만을 이용하여 집을 지을 경우보다 짚이나 돌을 섞어 집을 지을 때, 더 튼튼하고 보온이 좋기 때문이었다.

나노크기를 가지는 clay silicate의 기본구조는 <그림 1>과 같이 실리카 사면체와 알루미늄 판면체의 조합으로 이루어져 있다. 보통 콜로이드 입자에 해당하는 점토의 층 전체 크기는 1000nm에 이르는 것도 있으나, 층간 간격은 1nm에 불과하고, 점토

가 친수성이기 때문에 친유성인 고분자가 점토 층간에 침투되는 것은 쉽지 않은 경우가 많다. 이에 사슬길이 긴 유기화제를 양이온 교환 반응시켜 점토의 층간을 넓혀주고, 친수성인 점토를 친유성으로 변화시켜 고분자가 점토 층간에 쉽게 삽입되도록 한다. 즉 마이크로 크기의 점토를 나노 크기로 분산시켜 복합재료의 물성을 향상시키는 것이다.

도요다 자동차회사에서 세계 최초로 개발한 나일론 점토 나노 복합재료는 점토의 층 사이에 나일론을 층간 삽입하여 만든 것으로 일반적인 물성 향상은 물론, 뛰어난 난연성을 갖는 재료로 평가되고 있으며, 최근에는 나일론 이외에도 폴리프로필렌, 폴리에스터, 폴리스티렌, PVC 등과 같은 열가소성 플라스틱과 에폭시, 폴리아미드와 같은 열경화성 수지에

이르기까지 다양한 형태의 고분자를 사용한 나노복합재료가 보고되고 있다. 앞으로 이러한 나노복합재료는 미래 사회에서 구조물의 기반이 될 수 있기 때문에 앞으로도 더 많은 연구가 진행되어질 전망이다.



<그림 1> Clay silicate의 기본구조

Environmental Technology의 세계

경유자동차 매연 후처리장치 기술개발·보급 시급



金 甲 守

(서울시정개발연구원 선임연구위원)

서울의 시정장애현상은 80년 이후로 계속 심화되고 있다. 서울 스모그(Smoke + Fog, Smog)로 표현되는 대기오염현상은 난방용 연료의 연소와 노천 소각 등에 의한 원인에도 일부 기인하지만 대부분은 자동차 배출가스에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다. 1999년도 전국의 대기오염물질 배출량은 3백71만톤으로 이 중 자동차배출가스가 약 42%를 차지하고 있으며, 특히 서울을 비롯한 일부 대도시의 경우 자동차 배출가스가 차지하는 대기오염 비중은 80% 이상으로서 전국 주요도시의 자동차공해 비중이 매우 높아지고 있다.

자동차 중에서도 버스·트럭 등 전체 자동차의 3.2%에 불과한 대형 경유차가 전체 자동차 공해의 35.6%를 차지하고 있다. 실제로 시내버스 1대가 내뿜는 배출가스는 승용차의 약 50배에 이를 정도로 그 양이 많다.

최근에는 경유차에서 주로 배출되는 오염물질 가운데 질소산화물(NOx)과 미세먼지(PM10)가 문제시되고 있다. 질소산화물은 태양광선에 의해 광화학반응을 일으켜 오존발생을 야기하여 호흡기질환 등을 유발하며, 미세먼지는 입자의 크기가 10 μ m 이하의 작은 먼지로서 호흡기에 쉽게 침투하여 폐에 흡착되므로써 기관지 영향과 폐암을 유발하는 것으로 알려져 있다.

자동차 공해 저감을 위하여 정부는 지난 1991년부터 1997년까지 매연이 거의 발생하지 않고 미세먼지 15% 이상, 오존생성물질도 70% 이상 적게 배출되는 압축천연가스(CNG)를 연료로 사용하는 자동차 개발을 완료하여, 1998년 7월부터 서울, 인천 및 안산지역에서 시내버스 시범운행을 필두로 2002년까지는 1단계로 우선 월드컵이 개최되는 9대 도시와 수도권을 중심으로 약 3천대의 천연가스 시내버스와 98기의 충전소를 보급하고, 2단계로 2012년까지 전국 도시지역 시내버스 약 2만대와 4백기의 공급시설을 설치하여 전국 주요 도시지역 시내버스를 전량 천연가스 버스로 대체해 나갈 계획에 있다. 그러나 천연가스 시내버스 보급사업은 버스 1대당 3천만원에 달하는 버스제작비의 상승과 충전소 확충문제로 경유자동

차 문제를 근본적으로 해결하기에는 한계가 있다. 또한 기존 운행되고 있는 경유차량의 배출가스량을 저감시키기 위해서는 매연후처리장치 기술 개발 보급이 시급한 실정이다. 매연 후처리기술은 디젤산화촉매(DOC; Diesel Oxidation Catalyst), NOx 촉매, 매연여과장치(DPF; Diesel Particulate Filter)로 집약할 수 있으며, 국내에서는 90년대 초기부터 연구개발이 진행되어 96년도부터 실용화 연구로 운행차에 장착하는 retrofit 방식으로 보급을 추진하였으나 평가시에는 문제가 없던 장치가 실제 적용시에는 많은 문제가 발생하여 이의 보급 및 연구개발 지원이 중단되었던 바 있다.

다행히도 환경부에서 작년 말부터 '경유자동차 후처리장치 평가사업'을 추진하여 국산화 개발 및 보급을 추진하고 있어 이에 대한 기대가 크다. 매연후처리장치 기술이 실용화되기 위해서는 20만km 이상의 내구성 확보와 1백만원대 이하의 경제성 확보도 중요한 사안으로 평가된다. 또한 개발촉진을 위한 정부지원방안으로 장치시스템과 핵심요소기술로 나누어서 지원하는 방안을 심도있게 검토할 필요가 있으며, 장치 평가 후 국내 자동차 제작사와의 매칭연구 지원도 필요할 것으로 사료된다. ①