

21세기 생명공학의 전망

유장렬
생명공학연구소

Jeremy Rifkin은 오늘날의 산업시대는 에너지원의 감소, 지구온난화, 생물다양성의 점진적 감소 등에 의해 종말을 고하고 유전자 재조합 기술, 생물특허, 게놈해석, 상거래의 세계화, 신사회생물학 연구, 컴퓨터의 이용확대, 신진화 세계관으로 대표되는 생명공학세기가 이어질 것으로 전망하였다. 생명공학은 정보통신분야와 더불어 다음 세기에 인류의 삶의 양상을 근본적으로 변혁시킬 가장 중요한 기술로 평가되고 있다. 인터넷 혁명으로 대변되는 정보통신분야는 이미 산업의 중심에 위치하고 있으며 그 임팩트의 진면목을 보여주고 있다. 그러나 생명공학분야는 아직 산업적인 확고한 위치를 점하지 못하였으며 그 변화의 영역은 이 분야의 전공자들조차도 짐작하지 못할 만큼 산업적인 발전의 초기에 있다. 생명공학분야는 정보통신분야가 불러온 엄청난 변화와 이로 인한 앞으로의 변화와 대등하거나 혹은 월등히 능가할 기술임에 틀림없으리라는 때 이른 평가에 머물러 있다고 할 수 있다.

1990년대 생명공학 분야의 최대의 화두는 Human Genome Project(HGP)이다. 인간의 유전자 전 염기서열을 결정하고자 하는 이 프로젝트는 당시로서는 마치 달에 인간을 보내고자 하였던 맨하탄 프로젝트와 비견할 수 있는 인류사적 이벤트였다. HGP가 기획된지 10년이 된 현재는 HGP는 일부에서 우려하던 무모한 시도가 아니라 오히려 계획보다 조기 실현이 가능할뿐더러 genome project는 인간을 비롯한 마우스, 벼, 옥수수, 각종 산업미생물 등 사실상 우리의 관심대상이 되는 전 생물을 대상으로 진행되고 있다. 최근에는 하루에 일억 bp의 DNA 염기서열을 결정할 수 있게 되었는데 이는 1990년대 초 이 분야의 과학자 일천 명이 10년이 걸려서 할 수 있는 양이다. 1990년대 초에 DNA의 하나의 염기를 결정하는데 소요되던 미화 1불은 조만간 수 센트로 낮아질 전망이다. 올해에

는 *C. elegans*와 같은 진핵다세포 생물의 전염기서열이 결정됨으로써 이 분야는 생명과학의 중심과제가 되었다.

1990년대 중반이후 이미 Post Genome Project가 시작되었다. 생물의 전염기서열 뿐 아니라 그것이 담고 있는 전 유전자의 기능을 결정하겠다는 이 시도는 선진각국과 다국적 거대기업에서 앞을 다투어 가히 상상을 초월할 만한 규모로 진행되고 있다. 더욱이 유전자의 기능을 밝히기 위하여 기존에 사용해 왔던 enhanced 혹은 down-regulated mutant를 이용하는 것 외에 엄지손톱 만한 공간에 수십만 종류의 DNA를 고밀도로 부착시킨 DNA chip을 도입함으로써 이전과는 비교할 수 없는 효율적인 방법이 이용되고 있다. 이어 생물의 전 genome이 만들어 내는 단백질의 기능을 결정하겠다는 proteomics가 뒤를 잇고 있으며, 인간의 유전자가 만들어 내는 전 단백질의 3차구조를 결정하여 DB화하려는 프로젝트가 고개를 들고 있다.

이러한 일련의 움직임은 생명과학 분야에서 필연적으로 이전에는 상상도 할 수 없었던 엄청난 양의 데이터를 쏟아낸다는 것이다. 이제까지 우주항공분야에서 다루던 데이터의 양과는 완전히 차원을 달리하는 방대한 양의 데이터가 매시간 전세계의 생명과학 실험실에서 생산되고 있지만 향후 20년을 전망한다면 그 양은 겨우 수십 억 분의 일 정도라고 하여야 할 것이다.

생명과학의 방대한 데이터로 인해 생명과학과 정보 과학과의 조우는 필연적인 것이었다. Bioinformatics 혹은 computational biology로 불리는 이 분야는 생명과학의 방대한 데이터를 신속하게 처리해 줌으로써 생명과학을 한 차원 높이는데 성공하고 있다. 그러나 이는 단순히 속도의 문제가 아니라 실험에 의해서만 가능하던 생명과학을 논리연산에 의해 행할 수 있는 물리화적인 생물학으로 전환시키고 있다. 핵무기로 무장한 강대국들은 이미 수십 차례의 지상 혹은 지하 핵실험을 통하여 축적된 데이터를 이용하여 새로운 핵무기는 핵실험을 하지 않고도 컴퓨터에 의한 simulation으로 신병기의 성능을 파악할 수 있게 되었다. 이와 마찬가지로 이미 신약을 개발하는 화학분야에서는 기존의 데이터를 컴퓨터 처리하여 여러 유도체의 생체 반응을 simulation할 수 있는 단계로 진입하고 있다. 이제 생명과학이 그 뒤를 잇고 있는 것이다.

Bioinformatics의 최종목표는 DNA 염기서열만으로 유전자의 기능과 단백질의 3차 구조를 알 수 있도록 하는 것이다. 이미 이런 종류의 프로그램의 프로토타입을 가동하고 있는 연구소가 있으며 누구나 인터넷을 통하여 접속하여 이 프로그램을 이용할 수 있다. 우리의 관심대상이 되는 대부분의 생물의 전 DNA 염기서열과 그 유전자의 기능 및 단백질의 3차 구조를 확보하게 되는 bioinformatics는 이제 새로운 진화를 주도하게 된다는 것이다. Bioinformatics의 획기적인 발달은 마치 반도체의 발명으로 컴퓨터가 전 산업에 미친 영향, TV, 자동차, 시계를 비롯하여 심지어 전기밥솥까지 컴퓨터화하였으며 20세기말의 정보통신분야의 발달을 주도하여 정보화시대의 화려한 막을 올린 것을 능가하는 변화를 가져올 것이 확실시된다. 여기 그 서막을 소개하고자 한다.

그 첫째는 의약분야의 획기적 전환이다. DNA chip의 발달로 질병의 진단과 치료제의 개발이 새로운 날개를 달게 된다. 즉, 질병을 진단할 때 DNA chip을 사용함으로써 이제까지 알려진 모든 질병에 대해 그 유무를 정확하고 신속하고 값싸게 진단할 수 있을 뿐만 아니라 신생아의 DNA로부터 수십년 후에 어떤 종류의 암에 걸릴 확률을 예측할 수 있게 된다. 각종 질병과 연계된 인체의 유전자를 DNA chip을 이용하여 밝히게 되어 암을 비롯한 난치병에 대한 대증요법이 아닌 근본적인 치료제가 개발될 것이다. 또한 특정한 치료제가 목표하는 단백질의 유전자의 단일 염기서열의 개인적 차이와 그 치료제의 반응과의 관계를 손쉽게 규명할 수 있게 됨으로써 인종별로 구성성분이 다른 종류의 처방이 가능하게 되어 아시아인용과 코케이션용 약이 따로 있고 심지어 개인용 약이 따로 처방되며 치료제의 부작용은 극히 제한적이 되는 시대가 도래하고 있다.

유전자 요법으로 유전병을 태아단계에서 미리 치료할 수 있게 됨은 이미 주지하는 바와 같다. 뿐만 아니라 면역거부반응이 제거된 형질전환 돼지를 양산하여 인체에 대체장기 이식을 다반사로 할 수 있게 된다. 더욱이 발생생물학의 발달로 배아의 간세포를 조작하여 시험관에서 특정장기의 생산이 가능하게 될 뿐만 아니라 나아가서 유전적으로 자신의 것과 동일한 시험관 생산 장기를 이식받을 수 있게 된다.

인간의 최대의 욕망중의 하나는 오래 사는 것이다. 최근 정상적인 세포

에서는 염색체의 telomere의 길이가 세포가 분열할 때마다 점점 짧아져서 결국 개체의 수명이 다하지만 암세포에서는 telomerase 효소가 생산되어 짧아진 부위를 회복시키므로 영구적인 분열이 가능한 것으로 보고되고 있다. 현재로서는 인간이 오래 살고자 하는 한 DNA 복제과정에 수반되는 에러에 의해 암에 걸릴 수밖에 없고 암을 피하고자 하면 일찍 죽게 되는 딜레마에 빠져 있지만 DNA 복제과정의 에러를 극복하고 telomere의 길이를 임의로 조절하게 되면 인간의 수명은 획기적으로 연장될 것으로 전망하고 있다. 더욱이 생물의 분화와 발달의 메카니즘을 밝히게 되면 뇌와 같이 한번 분화하고 나면 더 이상 세포분열 능력을 상실하게 되는 세포에 대해서도 분열능력을 회복시킴으로써 뇌의 수명이 곧 인간의 최고 수명이라는 등식에 의해 인간이 바야흐로 “불멸”의 존재를 꿈꾸는 시대의 도래를 예고하고 있다.

다음 세기의 최대의 관심사 중의 하나는 뇌연구 및 신경생물학이다. 인간의 기억 메카니즘을 규명함으로써(기억에 관련된 유전자가 이미 보고되었음) 학습방법이 현재의 반복식에서 주사에 의한 문자적인 주입식으로 바뀔 수도 있을 것이다. 앞서 언급한 바의 분화된 뇌세포가 세포분열 능력을 회복할 수 있을 뿐만 아니라 이미 학습되어 뇌에 저장되었던 내용까지도 딸세포에 전달되게 하는 것도 결코 불가능하지만은 않을 것이다.

뇌연구 및 신경생물학과 관련하여 제기 되고 있는 다른 관심사는 우뇌의 정보처리 능력이다. 뇌는 좌우뇌로 나뉘어 있고 그 사이는 뇌량에 의해 연결되어 있다. 좌뇌는 논리 연산을, 우뇌는 정보의 영상처리에 의한 직관적 인식을 담당한다. 이 서로 다른 정보 형태는 뇌량에 의해 코오디네이션되어 고차원의 결정을 가능케 한다. 현재의 컴퓨터는 좌뇌 시스템을 따르고 있다고 할 수 있는데 논리적 연산에 의존하므로 직관적 결정을 내릴 만한 정보처리 능력을 가지지 못하므로 슈퍼컴퓨터의 지능은 겨우 설치류의 것에 머물러 있다. 그러나 우뇌의 영상정보처리를 모방하여 컴퓨터를 개발하여 현재의 슈퍼컴퓨터와 코오디네이션하도록 한다면 바야흐로 인간은 우주의 모든 정보를 자유자재로 처리할 수 있는 새로운 존재로 탈바꿈할 수 있게 된다.

현재의 반도체의 용량의 한계는 집적회로의 해상력에 의해서 결정된다. 즉 서로 맞닿지 않는 얼마만큼 가는 선을 그을 수 있느냐의 문제이다. 그

러나 단백질의 1차 구조와 3차 구조와의 관계를 규명하게 되면 분자설계로 현재의 반도체의 집적능력을 수백만 배 뛰어 넘는 단백질 반도체를 제작할 수 있게 된다. 더욱이 이러한 반도체를 대장균을 이용하여 발효조에서 생산할 수 있게 된다.

생명공학은 반도체 뿐 만 아니라 컴퓨터의 하드웨어 영역까지도 잠식할 지도 모른다. 1994년 Adleman은 수학에서 난제로 남아있는 Hamitonian Path의 존재여부를 알아내기 위한 새로운 시도로서 PCR을 이용하는 획기적인 방법을 제시하였다. 이는 슈퍼컴퓨터로 100년이상 소요되는 작업을 수일 내에 해결할 수 있다는 가능성을 보여 준 것이다. 더욱이 이는 슈퍼컴퓨터를 액체화하여 작은 에펜돌프 튜브속에 넣은 것으로서 생명공학과 컴퓨터 공학 및 정보통신 분야의 새로운 이정표를 세운 것이라고 할 수 있다.

Bioinformatics로 대표되는 21세기 생명공학은 유전자의 대량확보 시스템으로 구체화되고 있다. 선진각국의 정부와 다국적기업이 genomics에 경쟁적으로 엄청난 투자를 하는 이유가 여기에 있다. Bioinformatics는 마치 하루에 수십 차례 십만 명의 승객을 태우고 서울과 뉴욕을 30분만에 비행할 수 있는 비행기표를 일 만원에 구입할 수 있는 시대가 도래했을 때 기대되는 변화의 수백 배의 변화를 감추고 있다. 이제 진화의 방향은 bioinformatics에 의해 주도되고 있는 것이다. 우리는 우리정부와 후학들의 눈을 하루 속히 이런 코페루니쿠스적 변화를 준비하고 주도할 수 있도록 일깨우는 일에 힘쓰지 않는다면 19세기 한말보다도 더 비참한 미래를 맞을 수밖에 없을 것이다.