

# 앞으로 10년 ... 21세기의 과학기술을 예측한다

과학자들은 앞으로 10년간  
과학기술이 지난 10년간보다 10배나 빠른 걸음으로  
진보할 것으로 내다보고 있다.  
본지는 세계 정상급 과학기술자들이 전망하는  
주요과학기술분야의 미래를 소개한다. <편집자>

## • 의약품 설계의 혁명

Hal Weintraub(Fred Hutchinson Cancer  
Research Center, Seattle, Washington, U.S.A.)

조합(組合)화학으로 의약품설계의 혁명이 예상되고  
신경연결의 특수성이 해명될 것이다. 예컨대 유핵(有  
核)전사복합체와 같은 멀티프로타인 앙상블의 구조, 기  
능 및 역학을 연구하는 새로운 기술이 개발될 것이다.  
단일 생세포의 행동에 관한 새로운 연구방법이 개발될  
것이다.

## • 태아의 미래를 예측

Harvey F. Lodish  
(Whitehead Institute for Biomedical Research,  
Cambridge, Massachusetts, U.S.A.)

시험관수정과 관련된 기법을 사용하여 발육중인 배  
(胚)에서 1개의 세포를 제거할 수 있고 DNA의 어떤  
영역의 특성을 밝힐 수 있다. 그래서 단백질의 구조와  
기능의 예측은 매우 정확하게 할 수 있어 염색체의  
DNA 배열순서만으로도 중요한 단백질의 관련된 특성  
을 자동적으로 추론할 수 있다. 이 모든 정보는 영양,  
환경의 독소, 일광 등을 포함한 환경에 관한 정보와 함  
께 슈퍼컴퓨터에 입력한다. 이것을 출력하면 컬러영화

가 되는데 화면에서 배아가 발달하여 태아가 되고 출생  
한 뒤 성인으로 자란 모습을 볼 수 있다.

또 몸의 크기와 모습 그리고 머리털, 피부, 눈의 색  
깔도 생생하게 묘사된다. 마침내 이 기법은 말과 음악  
의 능력까지 확대되어 수태한 엄마는 배 속의 배아가  
어른이 되었을 때 말하거나 노래부르는 것을 들을 수  
있는 날이 도래할 것이다.

## • 생물데이터베이스의 완성

Michael Ashburner(Department of Genetics,  
University of Cambridge, U.S.A.)

2000년을 전후하여 최소한 5개의 전형적인 진핵세포  
의 완전한 게놈배열이 밝혀질 것이다. 새로운 방법의  
등장으로 DNA의 배열순서 해명속도는 적어도 1천배나  
빨라질 것이다. 또 분류학 자료만 아니라 형태학, 생태  
학, 생물지도학 및 생물학적 자료까지 포함하여 모든  
생물에 관한 완전한 데이터베이스를 갖게 된다.

## • 모든 질병관련 유전자 해명

Peter N. Goodfellow(Department of Genetics,  
University of Cambridge, U.S.A.)

1990년대 말까지 인간의 복잡한 유전병과 관련된 모

든 유전자가 밝혀진다. 그래서 전 국민의 진단검사를 통해 당뇨병, 정신분열증, 비만증 그리고 많은 다른 질병의 위협을 받고 있는 사람들을 찾아낼 수 있다. 많은 경우에 유전자의 수정으로 병을 피할 수 있다.

**• 식물에서 사람 단백질 생산**

Charles J. Arntzen(Institute of Bioscience and Technology Texas A&M University, U.S.A.)

“순무에서 피를 얻을 수 없다”는 오랜 경구는 최소한 부분적으로는 옳지 않다는 것이 드러날 것 같다. 유전자도입식물은 혈장(血漿)에서 발견되는 단백질을 포함하여 광범위한 종류의 사람 단백질의 생물생산공장의 역할을 할 것으로 보인다. 예컨대 혈청알부민(혈장의 주요 단백질)은 그 유전자를 식물에 도입할 때 정확하게 발현된다는 사실이 밝혀졌다.

이 시나리오에서 빠진 부분은 식물조직의 단백질을 처리하는 대규모의 정제기술이다. 앞으로 10년 내에 종자, 과일 또는 괴경(塊莖)과 같은 특화 식물조직에서 높은 수준의 단백질을 발현시키는 기술이 발전되면 이런 정제기술도 가능할 것 같다.

**• 유전자의 수평이전**

Michael Ashburner(Department of Genetics, University of Cambridge, U.S.A.)

1990년대 후반에는 자연이 수백만년간에 걸쳐 이룩한 유전자도입생물에 관해 더 많이 이해하게 될 것이다. 유전자수평이전에 관한 자연의 메커니즘을 발견하게 되어 유전자도입생물에 관한 일반개념과 이 생물을 환경에 방출하는 데 주요한 영향을 미칠 것이다.

오랜 세월동안 곤충의 제어방법은 박멸을 강조해 왔다. 그러나 이보다 더 좋은 장기전략은 예컨대 말라리아의 주요한 매개체인 ‘아노펠레스 감비에’의 집단을 이런 기생충을 옮길 수 없는 집단과 대체하는 것처럼 해를 줄 수 없는 집단과 대처하는 것이다.

**• 고온초전도의 신세계**

Theodore H. Geballe(Department of Applied Physics, Stanford University, U.S.A.)

가까운 장래에는 고온초전도물체에 근거를 두고 의학, 장거리통신 그리고 전력시스템 분야에서 큰 혜택을 볼 것이다. 보다 강력하되 해가 덜하며 값이 싼 심장, 뇌 및 신체의 비침습성 진단용의 새로운 의학장비를 기대할 수 있다. 현재로서는 가장 민감한 자장신호 탐지 장치인 ‘스퀴드’(SQUID : 초전도 양자 간섭계)를 이용하는 임상조사는 부정맥과 그밖의 심장질환과 관련된 과잉전류를 찾는 데 사용되는 위험하고 비싼 카테터방법과 대치될 것이다. 자기공명영상(MRI)시스템은 병원보다는 의사의 방에서 사용할 수 있는 낮은 자장의 시스템이 등장할 것이다. X선 정밀검사를 대체할 수 있는 MRI 유방 X선 사진은 보다 신뢰성이 있고 안전하다.

대량의 극초단파를 다룰 수 있는 수동무선주파회로의 발전으로 당국이 배정한 한정된 주파대의 효과를 2배로 끌어올릴 수 있는 극초단파 장거리통신의 송수신이 가능해 진다. 높은 용량의 시각공해가 없고 비교적 비용이 덜 드는 동축초전도 지하송전케이블이 도시로 더 많은 전력을 전송하는데 사용될 것이다.

**• 암의 새로운 조기발견법**

Bert Vogelstein and Kenneth W. Kinzler(Oncology Center, Johns Hopkins University, U.S.A.)

암의 사망률을 줄이는 최선의 방법 중의 하나는 조기 발견이다. 정상적인 조직에서는 세포의 사망수가 세포의 탄생수와 정확하게 같아 특유하게 균형을 이룬다. 이런 균형이 약간만 변해도 수년이 지나면 종양이 발생하게 된다. 이런 사소한 불균형을 탐지하는 방법은 현재 실용화되어 있지 않으나 오늘날 우주의 구성과 원자 이하의 구조를 조사하는데 사용되고 있는 극단적으로 정확하고 민감한 물리적인 방법을 이런 목적에 사용할 수 있을 것이다.

두가지의 장치를 사용할 수 있는데 그 중의 하나는 세포의 탄생(예컨대 세포의 유사분열 또는 DNA합성)을 탐지하며 다른 하나는 세포의 사망을 탐지한다. 사망이 탄생과 같은 작은 조직에서는 정상화된 신호도 같을 것이다. 중앙에서는 플러스전기의 신호가 기록되는데 그 진폭은 순 성장율과 직접 비례한다. 이 탐지장치에서 나온 신호는 민감한 단층 X선사진 촬영장치(자기 공명영상과 흡사)로 탐지함으로써 고해상에 대한 신호의 비율을 결정한다. 비정상적인 성장영역은 섬유외과 기법으로 제거하거나 또는 탐지에 사용된 장치의 도움으로 입체적으로 겨냥한 방사선으로 근절할 수 있다.

• **조당 1조비트 전송**

William F. Brinkman(AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey, U.S.A.)

장거리통신에 혁명이 일고 있다. 21세기가 밝기 전에 광섬유 한가닥에 초당 1테라(1조)비트의 정보를 전송하게 될 것이다. 불과 12년 전만해도 초당 45메가(4천5백만)비트를 전송하는데 그쳤으나 오늘날 2천~3천km거리를 초당 10~20기가(1기가는 10억)비트를 전송할 수 있다.

연구실의 실험결과 파장분할다중접속(WDM)방법을 통해 한개의 섬유가 초당 각각 20기가비트의 속도로 17개 파장을 실어 날려 총 340기가비트를 전송할 수 있는 것이 밝혀졌다. 이것은 초당 1테라비트라는 목표의 3분의 1에 이른다는 것을 말하고 있다.

• **과일의 성숙률을 조절**

Charles J. Arntzen(Institute of Bioscience and Technology, Texas A&M University, U.S.A.)

과일과 야채의 성숙률을 제어하는 노력이 활발하게 진행되고 있다. 이 분야의 기술 및 규제 성공으로 1994년에는 보존기간이 연장된 토마토를 출시할 수 있게 되었다. 현재 바나나에서 파파야에 이르기까지 많은

제품들이 계획되고 있다. 열대작물의 수확후 안정률이 향상되어 수출량이 늘어나고 다양화된다면 새로운 수입원을 창출할 수 있게 된다. 부패로 인해 발생하는 손실을 줄임으로써 가난한 나라들이 식량생산의 자급자족을 이룩할 수 있게 된다.

• **크게 발전할 정신병치료**

Shigetada Nakanishi(Institute of Immunology, Kyoto University, Japan)

뇌기능의 이해에는 착실한 진전이 있을 것이나 앞으로 10년 내에 큰 발전을 기대하기 어려울 것이다. 대신 뇌기능에 없어서는 안될 분자(수용체 및 소낭분자)의 이해를 통해 정신병의 진단기술과 치료에는 큰 발전이 있을 것이다.

• **개인 '정보처리 프로파일'**

Stephen M. Kosslyn(Department of Psychology, Harvard University, U.S.A.)

학생들은 개인에 따라 특정한 강점도 있고 약점도 있다. 효과적인 교육은 이런 개인의 차를 존중한다. 최근 사람의 뇌의 영상기술이 진보함에 따라 과학자들은 특정한 일을 처리하는 동안 뇌의 어떤 부분이 활성화되는가 알 수 있게 되었다. 그래서 이제는 서로 다른 형의 인식전략에서 핵심적인 역할을 하는 곳을 포함하여 뇌의 서로 다른 영역을 선택적으로 활성화하는 과제를 설계할 수 있게 되었다. 이런 과제는 컴퓨터가 관리하고 채점하면서 각 개인의 '정보처리 프로파일'을 평가할 수 있게 되었다. 컴퓨터는 학생의 효율적인 처리방법을 이용하되 그의 인식의 약점을 책망하는 것을 피하는 식으로 제시하는 스타일을 조율할 수 있다.

머지않아 어떤 인식기능이 뇌졸중이나 또는 다른 종류의 뇌의 손상으로 파괴되었는가 진단하고 다치지 않은 조직의 성장과 재구성을 선택적으로 부추기는 회복계획을 설계할 수 있게 된다. 중추신경계의 활동이 신체에

미치는 방법은 이제 이해할 수 있게 되었다. 우리는 치유를 부추기는 메커니즘만 아니라 이런 메커니즘에 관여하는 심리적 요인도 이해할 것이다. 새로 등장하는 이 기술은 일부의 약물요법과 대체되어 보건비용을 줄이는 한편 보다 건전한 인구집단을 창출할 것이다.

어떤 형태의 심리요법은 뇌의 메커니즘을 바꾼다는 것이 드러났다. 이런 방법은 특정한 개인을 위한 가장 효과적인 치료방법으로 사용할 수 있을 것이다. 최근의 뇌영상과 뇌의 국부자극기술의 진보로 새로운 '가상현실'의 영역을 열 수 있을 것이다. 이런 발전은 기계장치의 원격제어만 아니라 커뮤니케이션, 심리요법 그리고 오락분야를 위해서도 쓸모가 있을 것이다.

### • 감기에 세균요법

Philippa Marrack(Howard Hughes Medical Institute, Denver, Colorado, U.S.A.)

대중지들은 미국인들에게 박테리아제품이 감기와 같은 전염병에 면역반응을 일으키는데 도움이 될 것이라고 말할 것이며 그 결과 헬스클럽은 '입과구에 근력병기' 프로그램을 신설할 것이다. 그래서 레오타드(소매 없는 셔츠)를 입은 젊은 지식층들은 꿀벌 꽃가루를 섞은 그림양성의 세균세포벽을 내포한 캡슐을 꿀꺽 삼킬 것이다.

### • 마이크로제조 기술의 등장

Arno Penzias(AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey, U.S.A.)

오늘날의 경제발전은 지난 4반세기동안에 걸친 꾸준한 석판기술의 향상으로 이루어진 실리콘 집적회로(IC)의 가격과 성능의 증가로 많은 영향을 받았다. 우리는 아직도 같은 방법으로 제작하고 있으나 종착역은 가까워진 것 같다.

회로의 폭이 0.1마이크로미터로 근접하고 공장건설비가 하나에 10억달러로 뛰어 오르면서 종래의 석판인쇄

술에는 더 이상 개선의 여지가 없게 된 것 같다. 그래서 10억단위의 트랜지스터회로를 만드는 전혀 새로운 방법을 발명하게 될 것 같다. 한번에 원자 한개씩을 쌓아 올리는 방법은 좀 지루하기는하겠으나 이런 마이크로제작 기술이 얼마나 신속하게 작업될지 속단할 수 없다.

### • 컴퓨터제어의 미니화학공장

Allen J. Bard(Department of Chemistry and Biochemistry University of Texas, Austin, U.S.A.)

복잡하고 쓸모있는 분자의 생물합성은 마이크로미터 크기의 작은 세포 속에서 이루어지지만 이런 합성물질의 총 규모는 우리의 식품은 물론 섬유와 약품 등을 만드는 데 사용되는 인공의 산업용 화학물질에 비하면 엄청나게 크다. 대형 연구실의 플라스크와 더 큰 파일럿 공장도 산업용 반응로에 비하면 작은 규모로 반응을 일으키는 이점은 실험조건을 조심스레 제어하고 정확하게 시간을 맞출 수 있다는 것이다.

그래서 분석 및 분리용 장치를 가진 밀리미터에서 마이크로미터 규모의 작은 반응로로 구성된 컴퓨터제어의 통합 화학합성장치의 등장을 예측할 수 있다. 제품의 생산량을 늘리기 위해서 많은 이런 반응로를 병렬로 운용할 필요가 있다. 마이크로반응로 제작에는 집적회로 생산기술과 같은 양산 및 조립기법이 필요하다. 그러나 이런 시스템은 보다 대규모의 재래식 공장에 비하면 수량이 많고 열전도율이 좋으며 고온과 고압에서 작업할 수 있을 것이다.

### • 열대지방의 역할

Paul J. Crutzen(Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz, Germany)

열대지방의 역할과 이 지방의 점증하는 인간활동의 영향은 중요한 문제로 부상한다.

그래서 이 지역 과학자들의 훈련과 적극적인 참여가 매우 중요하다. ⑤7