

## 과학기술의 20세기 회고(回顧)와 21세기의 전망(II)

*On the Reflection of 20<sup>th</sup> and Observation of 21<sup>st</sup> at Science & Technology (II)*



글 / 崔榮博

(Choi, Young Bak)

수자원개발기술사,

토목시공기술사,

이학박사, 수원과학대 학장.

E-mail: ybchoi@mail.suwon-sc.ac.kr

본 원고는 2001년 4월호

(VOL.34 NO.2) 기술사지에서

이어지는 원고입니다.

### < IV >

20세기 과학의 최대 발견은 양자역학(量子力學), 상대성원리 그리고 DNA(遺傳子)라고 말한다. 확실히 이들의 발견은 이때까지의 과학사상을 근거로부터 뒤엎고 우리들의 세계적 인식 그 자신까지 변화시켰다.

하지만 도대체 무엇이 변했다는 것인가?

우리 인간들은 현재까지도 원시 이래의 어리석은 행동을 되풀이해 왔고 그와 같은 여러 대 발견이 있었는데도 불구하고 20세기 말까지 조금도 진보된 상황을 느낄 수가 없었다.

하지만 명백히 무엇인가 변했다는 것이다.

최근 일어난 원자력 임계(臨界)사고의 뉴스는 양자역학 발견의 파문이 우리들 신변 가까운 사회 문제로서 나타나고 있다는 것을 알려주고 있다.

핵무기나 핵에너지의 미래라 말하는 먼 이념적 문제가 아니고 동해안이나 울산지대에 발생한 인위적 사고이다. 하지만 원자력 발전소도 조금의

유지관리 실수로 그 고장 전 지역에 포함될 가능성이 있는 것이다.

상대성 원리도 우주관측과 같이 지나간 먼 우발적인 사건으로 멈춰야 할 것이 아니다. 이 원리가 없었다면 오늘날의 computer network의 세계가 있을 수 없다.

20세기 초의 이 2개의 과학적 발견이 오늘날 우리들 인간 주변의 가까운 세계에 파문을 넓히고 있다.

새로운 원리는 인간을 감싸고 있는 세계를 조금씩 바꾸고 인간은 여기에 무엇인가 적응하여 왔다. 벌써 되돌아가는 것은 불가능하다.

그런데 DNA(遺傳子)의 경우는 어떤가.

20세기 후반이 되어 발견된 DNA구조는 인간 존재를 다른 어떤 생명체하고도 차별할 수 없는 분자(分子)기체로서 위치를 확보하였다.

응용면에서도 타 생명체의 DNA와 같은 공학적 조작의 대상인 것을 증명하였다.

DNA조작으로 인간을 바꾸게 하는 것도 반드시 이루어진다고 생각된다. 가능한 것은 반드시 하고야 마는 것이 인간의 본성이므로 그것까지 변경하지 않는 한 누군가가 실행 할 것이다. 잠시 윤리 도덕면에서 금지 압력이 있을 것이나 가까운 장래에 실행되고 만다는 것은 최근의 생식의료(生殖醫療)의 확대를 보아도 그 상상이 어렵지 않다고 본다. 예컨대 노화(老化)나 죽음의 유전자를 파괴해서 장생할 수 있도록 한다. 같은 성질을 가지며 말하자면 같은 DNA를 가진 것은 “쿠론”이라 하는데 예컨대 자기의 부분적 “쿠론”을 만들어 이식을 위한 장기(臟器)로 사용한다. 기억력이나 체력을 향상시키는 유전자, 병을 생기게 하는 유전자의 갈아넣기, 이것도 생식세포의 수준에서 영속적인 DNA의 개조를 시행한다. 인류의 복지만을 지상 목적으로 해 온 인간이 새삼스럽게 이것을 금지하는 이유를 찾는 것은 불가능하다.

지금은 꿈같은 이야기인지 모르나 이론적으로는 가능하다 과학자는 벌써 연구를 진전시켜 동물 실험은 성공했다.

20세기 초의 물리학에 있어서 이 2개의 대 발견은 앞으로 21세기 100년을 걸고 20세기의 세기를 천천히 바꾸어가고 있다.

인간 생명과학의 쪽도 100년을 걸어 겨우 대응 가능한 규범을 만들어 왔다. 그런데 DNA쪽은 50년 사이에 그 연구가 가속적으로 진보해 왔다.

지구의 인구가 60억을 초과한 지금 수명을 2배 연장 하든가 몸의 장기를 재배하는 기술이 응용 가능하게 되면 우리들은 어떻게 대응할 것인가의 문제가 21세기의 과제라고 본다.

20세기에 있어서 우리들 세대의 하나 하나가 경제면에서 물질적으로는 극빈에서 풍요의 극한까지 경험할 수 있게 되었지만 경제적으로는 과학기술의 진보의 혜택에 힘입은 바 크다. 20세기 초에는 물리학의 응용으로서 전기를 동력과 조명에

사용된 시대로서 전화나 라디오도 일상생활에 보급되었다. 나아가서는 TV나 냉난방 그리고 냉장고 없는 생활을 생각할 수 없게 되었다.

후반에는 주로 생물학의 응용인 의학의 놀라운 진보이다. 탄생된 아이가 성년에 도달하기 전에 죽음의 운명을 면하기가 어려운 시대에서 항생물질의 극적인 등장으로 평균수명이 대폭적으로 연장되었다.

20세기 후반에도 역시 물리의 응용으로서 컴퓨터, 정보혁명(IT)의 시대로 바뀌어져 갔으며 이것이 TV방송에 있어서 「analog파」에서 「digital파」로 바뀌어지고 있다.

사실 과학기술의 발달은 20세기에 있어서 「대량생산시스템」이 정비되고 또한 20세기는 전쟁의 세기인 까닭에 「전쟁은 위대한 발명의 어머니」라고 말한 바와 같이 거의 전부가 전쟁의 부산물이다. 즉, 「원자핵」은 물론이지만 “페니실린”까지도 전쟁 까닭에 발명되었다.

20세기는 다른 세기에 비해 특히 다양한 특색을 가지고 있다. 과학기술의 진보, 생산력의 확대, 세계 통합과 문화의 교류, 지구인구의 급증 등 일찍이 인류사에서 볼 수 없는 급속한 경제, 사회, 생활 면에서의 여러 변화와 성장이 일어났다. 이에 앞선 19세기도 진보의 시대이고 세계문명 통합의 시대이며 생산력과 인구확대의 시대였다. 즉, 열강(列強)이라고 부르는 근대 공업국가들의 경쟁이었다. 18세기 중에 산업혁명을 경험한 영국에 비해 뒤늦게 근대 공업을 확립한 나라는 프랑스, 독일 등이 있는 유럽 대륙이었다. 여기에다 북미 각 나라가 도전해서 자원과 시장을 싸고 다각적인 경쟁을 하였다.

그런데 20세기가 되자 그 양상은 변화했다. 경제발전과 국력확대를 위해서는 개인의 이기심에 의한 사유선택을 첫째로 하는 국가군과 현명한 관료의 선정에 의해 규격대량생산을 실현하는 것이

가장 좋다고 생각하는 국가군으로 나타났다. 전자의 밑바닥에는 자조정신과 사육의 미화가 있고 후자는 평등지향과 독재에의 지향이 있었다.

세계 제1차(1901~1905년) 전쟁의 종결과 동시에 자유주의 경제체제와 전체주의 계획 경제체제의 대립의 결과로 제2차 세계(1941~1945년) 대전이 되고 전체주의는 사상으로서도 정치세력으로서 멸망하고 뒤에 남은 것은 미·영의 자유주의 체제국이고 좌의 전체주의 즉, 소련, 중국의 사회주의 체제국이었다.

20세기 후반은 이 두 체제 대립에 의한 냉전구조의 답습이었다. 우리나라도 1945년 8월 15일 광복이 되었으나 좌우의 대립 등의 정치혼란과 6.25사변(1950~1953년)이 발생했다. 이렇게 필자도 현재까지 20세기의 4분의 3을 살아 왔으나 이 기간의 3분의 1인 청년시대를 전쟁이나 근로동원 그리고 종군(從軍) 등으로 소비하였다. 그래서 몇 백억년이란 우주시대 중에 이와 같은 희유(稀有)의 시대에 태어났다는 감개가 새삼 무량하다.

20세기말에 와서  $10^{-9}$ (나노미터·오더)까지 계측의 정도(精度, precision)가 향상되었다. 이와 같은 상세한 관찰의 결과 인류의 시야(視野, scope)는 1세기 사이에 비약적으로 확대하고 신발견·신이론(model)이 속속 창출되었다. 19세기까지 완성되었다고 간취된 일종의 패쇄 상태에 있던 고전적 여러 과학체계, 예컨대 Newton역학이 Maxwell전자기학의 한계가 일거에 돌파되고 20세기 개막 초의 상대성이론이나 양자역학 등에서 초대물의 순 “20세기제” 과학 비전이 탄생되었다. 이것으로 인류는 다음의 “프론티어”를 확실하게 잡는데 성공했다. 20세기의 본질은 이 “프론티어”의 과감한 도전이고 나아가서 20세기 후반에는 분자생물학과 “digital”정보기술(IT) 혁신이 합쳐져 21세기의 시나리오가 대체적으로 마련되었다. 의학과 공학의 학부교육을 1970년 이전에

교육받은 학생은 의용공학(醫用工學)을 비롯한 “바이오(Bio)분야”나 digital정보기술에 대해서는 대학원생 이후 연구나 교육의 직업적 활동 중에서 그 기술정보를 경험해 온 것으로 추측된다. 말하자면 확립되어온 20세기 전반의 과학적 성과를 계승한 뒤에 세기 후반의 개척에 실제로 씀씀한 세대들이다. 8.15광복, 6.25사변 후의 거의 경제적 빈곤조건에 시달린 상태에 기술기반 재건을 현장에서 담당하고 보태어서 고도성장기의 신규 사회간접자본 건설공사 작업에 종사하고 적지 않게 기술입국에 실질적 공헌을 한 세대가 되어 왔다.

인류사에 있어서 수족(手足)의 동작을 보완·대체하는 도구로서 여러 가지를 만들어 왔다. 하지만 두뇌의 작용을 보완하고 대체하는 기계는 20세기 중엽까지는 존재하지 않았다. “컴퓨터”가 역사의 이 단계까지 등장하지 못한 사유에는 몇 가지의 이유가 있다. 특히 기계적 부품으로서는 실용적인 컴퓨터는 만들 수 없었으므로 전자관(電子管)의 등장은 불가결의 조건이었다. 자동계산 기계에 대한 수요는 예부터 존재해서 여러 시도가 취해졌으나 이들은 모두 현존하는 “컴퓨터”와는 이질적 설계사상에 의거한 까닭이다. 이와 같이 기계부품을 전자소자(電子素子)로 치환해도 오늘날의 “컴퓨터”가 되지 않는다.

컴퓨터의 이론적 설계는 프로그램 내장형(內藏型)이라는 사상에서 이루어졌다. 이 내장형의 사상이 문서화 된 것은 1945년이다.

20세기 전반에 양자역학과 사대성 이론이라는 물질에 대한 새로운 과학이 탄생하였다. 이것은 “뉴턴”에 의해 시작된 물리학의 연장상에 있는 학문으로 그 정밀함에 있어서 뉴턴의 물리학을 고전으로서 매장할 정도의 힘을 가지고 있다. 이와 같은 새로운 과학은 우주의 비밀을 해명하고 지금 이야말로 생명의 탄생은 물론 지구의 탄생도 이 태양계 중에 생기게 한 역사로 보게 되었다. 이것

은 기술의 발달을 가져와서 이때까지의 인류가 극복하지 못한 기아의 공포를 많은 나라에서 없애게 했다. 현재 선진국에서의 인간 생활은 의(衣)식(食)면에서 지난날의 왕후가족 정도가 되었다. 그리고 교통의 발달에 의해 세계는 하나가 되고 지구의 한 구석에서 발생한 사건이 바로 전 세계에 알려지게 되었다. 옛날 인류가 그린 이상향 “유토피아”의 물질부분은 거의 실현된 것 같이 보여진다. 한편 20세기 후반에는 새로운 생명과학(life science)이 탄생되어 인간은 이 과학을 사용해 유전자(DNA)를 조작해서 이것을 스스로의 욕망을 충족시키고자 노력하고 있다.

기술은 과학만큼 급속하게 변화하기가 불가능하다. 1950년대까지 제2차 세계대전 중에 확대한 선진 구미 각국 사이의 기술격차를 어떻게 축소시키려는가가 중·후진 각국의 최우선 과제가 되어 왔다. 특히 일본과 동아시아 각국은 과거의 낡은 설비가 공습 등으로 괴멸한 것은 일본의 젊은 세대에 있어서는 최신 기술을 필요로 하고 이것을 부수어 체험 가능한 절호의 기회가 되었다. 그래서 일본 SONY와 같은 강력한 벤처기업이 탄생했다. 1970년경이 되면서 많은 기술분야에서 최고수준에 육박하게 되고 1970년 중반에 세계시장에 진출 가능한 분야가 출현되었다.

예컨대 기계공장에 있어서 “mother machine”이라고 부른 동작기계의 수·출입 밸런스가 처음으로 흑자기준으로 전환되었다. 1973년과 1979년의 2회의 석유파동이 좋은 도화선이 되어 소위 “메카트로닉스”에 의한 산업구조 변화가 시작되고 역사상 처음으로 제조업에 있어서 일본 우위의 시대가 1980년대에 실현되고 기술입국의 실현이 된 셈이다. 하지만 일본의 시점에서 20세기를 보면 전반은 정치·경제의 시대, 후반은 경제의 시대라고 볼 수 있다. 전반기는 노·일전쟁(1904~1905년)으로 개막된 후 패전하였지만 후반에서

일본은 폐허에서 스스로 부흥하여 아시아 신흥공업국(한국·대만·홍콩·싱가포르)과 동남아시아 4개국(태국·말레이시아·비율빈·인도네시아)을 지원하면서 동아시아의 기적적 발전을 선도하는데 주력했다. 하지만 20세기말 10년은 거품과 같은 부동산 투기에 춤추다가 그 포말이 파열되어 오늘날 아시아 금융위기의 선봉을 이루었다. 한편 1980년대 후 무역마찰이 생겨나자 구미 예로의 현지 생산으로의 이행과 엔고 대응을 위한 아시아 각국의 생산 거점의 분산을 진행하였다. 바꾸어 말하면 일본기술의 세계화(global)였다.

하지만 1990년대가 되어 internet의 보급의 지체 등 새롭고 어려운 과제를 포용하게 되면서 20세기를 끝내었다.

## < V >

휴대전화, 전자우편(mail), “인터넷”, 위성통신 시스템, 자동통역, IT진단과치료, “디지털·하이비전” 등 20세기말부터 온 세상은 「IT혁명」이라는 키워드(keyword)로 되어 크게 소란을 떨고 있다. IT란 아시는 바와 같이 정보기술(또는 공학)로서 21세기는 이 IT가 우리들 생활에 직결되면서 발전되어 가는 것은 확실하다.

벌써 교육현장까지 일찍이 20세기 후반부터 침투하기 시작해서 초등학교도 전자계산교실이 설치되어 컴퓨터수업이 시작되고 아이들은 여기에 몰두하기 시작했다.

아이들에게 IT의 보급도 좋으나 여기서부터 인간관계와 정서 등의 감성(感性) 형성을 해 가야만 하는 중요한 시기에 인간이 상대가 아니고 전기로서 움직이는 기기(mechanic)만을 상대로 해서 아동들의 초기 인격이 형성된다고 하면 교육 결과가 헛되기 쉽다. IT를 만지는 사람만 탄생해서 장래 이 나라를 걸머질 인재로서 생각할 때 장래에 있어서 여러 가지 우려가 된다는 생각이 드

는 것은 나쁜 만일 것인가?

이와 같은 것을 생각하면 IT혁명은 인간에 있어서 좋은 것만이 아니고 여러 가지 폐해도 있다는 것을 지금부터 인식해두어야 한다.

한편, 이와 같이 「21세기는 IT의 시대」라고 말하는 것에 대해 다가올 세기에 있어서 또 하나 매우 중요한 기술혁명이 도래한다는 것을 망각하고 있지 않은가?

사실 돌아오고 있는 21세기는 바로 FT혁명이 라는 것이다. F는 발효(Fermentation, 醱酵), T는 기술(Technology)이다.

21세기에 인류가 최초로 생각해야 할 중대 문제를 들면 「환경」, 「식량」의 생산, 인간의 「건강」 그리고 「에너지」의 4개 문제이다. 이 중대하고 불가피한 문제를 인간과 자연(지구)에 의한 방법으로 해결하고자 한다면 발효(醱酵)미생물의 응용에 의지하는 것이 가장 적절하다고 본다.

먼저 「환경」문제에서는 벌써 실증되었지만 FT에 의한 하수와 오수의 처리이다. 이는 1970년대 우리나라도 경제의 고도성장으로 도시 중소하천은 벌써 가정생활수가 하천으로 방류되어 산소의 결핍으로 고기 때의 부사(浮死)가 빈번하게 발생해서 이 해결책으로 도시하수당국이 활성오니(活性汚泥)법이나 매탄발효법 등의 FT로서 하수처리에 활용하였다. 최근에는 도시인구 집중에서 초래된 생활쓰레기 대책이었다. 이때까지는 생쓰레기나 인축의 분뇨 등은 주로 소각이나 강, 바다로의 운반·투기, 매립이 주된 처리책이었으나 이 까닭에 “다이옥신” 등에 의한 대기오염, 지구온난화, 해양오염 등으로 확대되었다. 최근, 이 방법에 의한 처리는 어렵게 되고 지금 선진국에서 가장 실용화되어 시작한 것이 「발효법」이다. 생쓰레기는 폐기물이 아니고 조토(造土)의 자원화로서 처리하고 비육한 흙, 즉 퇴비로서의 재이용에 의해 농업으로 활성화와 재구축이 도모되

고 있다.

다음에 「식량」의 생산은 발효미생물의 매우 높은 단백질 함유량을 이용해서 안전한 원료 예컨대 고엽, 볏짚 등의 자연의 섬유에서 얻어지는 포도당의 예를 사용해서 이들의 식용발효미생물을 증식, 얻어진 고단백 균체를 사료로 해서 소, 돼지, 닭고기 등을 사용해서 인간의 식용으로 하는 것 등이다. 또한 버섯 등의 식균(食菌)의 대량생산화를 FT에 의해 처리해서 인공육(人工肉)의 생산이 가능하게 되었다.

나아가서는 인류의 「건강」에 대해서는 새로운 항생물질의 발견에 의한 난치병의 치료나 신규의 항암제나 제암제의 개발을 발효 미생물로서 시행하고 있다.

나아가서는 앞으로 인류에게 내습해 올 것으로 볼 수 있는 공포세균(속칭으로 사람잡아 먹는 박테리아 등)을 FT로서의 구축이 거론되고 있다. 그리고 「에너지」문제에 대해서는 현재 그 연구가 출발 시작된 수소세균의 응용에 의한 무공해 에너지의 개발이다. 지구상에 해마다 7000억 ton에서 1조 ton이나 내려오는 낙엽(고엽)이나 고초(枯草)를 원료로 하는 석유 유사물의 발효생산 등이 가장 주목을 받고 있다. 이와 같이 FT는 21세기의 시점에서 보면 이 기술이 인류를 구원하고 하나뿐인 지구를 수호하기 위해 일대 혁명을 일으키는 것에는 틀림이 없다.

화란의 “레우엔 후크”가 현미경을 발명해서 인류가 처음으로 미생물의 존재를 알았을 때는 1673년이다. 우리도 이 보다 수백년 전에 벌써 곰팡이를 순수 분리해서 배양하고 이것을 상거래하는 「씨누룩집」이 있었다는 것을 생각하면 이 FT 혁명도 유망하다고 사료된다.

(원고 접수일 2001. 1. 19)