

□ 종 설

멘델유전학에서 생명공학시대까지 생명관의 변천^{*1}

양재섭

대구대학교 유전공학과

구미정

대구대학교 필휴먼생명학연구소

The Change in the View of Life from the Mendelian Genetics Age to the Biotechnology Age

YANG Jae Sub

Department of Genetic Engineering

Daegu University

KOO Mi Jung

Philhuman Institute of Life Studies

Daegu University

ABSTRACT

In this paper the authors pursue the transition of the view of life from Mendelian genetics to today's biotechnology. The authors focus on Mendel because of the viewpoint that the nature of biology has been changed from

1 * 이 논문은 2003학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

‘observational science’ to ‘experimental science’ by his works. It is rightly said that Mendel and his contemporary Darwin had been influenced by and had reinforced the mechanistic and reductionist view of life. This view confirmed that if we are to study on life, we have to start with bottom-up approach, because an individual life is only a bundle of cells. By integrating genetics with biochemistry, molecular biology was born in 1970s, which is now enthroned in the heart of scientific technology. It is meaningful to notice that this new area has been welcomed in the market and also the nature of market prefers the mechanistic and reductionist view of life to the organic and systematic view of life.

In conclusion, the molecularization of life makes our understanding of life more poor and narrow. So if we really want to perceive what life is, we need to restart top-down approach to life. Only with our responsible participation in building up the integral and inclusive view of life, we can survive in the biotech-future.

Key Words : Mendel, experimental science, mechanistic and reductionist view of life, organic and systematic view of life, bottom-up approach, top-down approach

1. 들어가는 말

지난 40년간 가장 위대한 지적혁명은 생물학에서 일어났다. 오늘날 분자생물학을 잘 모르는 사람을 누가 교육받은 사람이라고 하겠는가?²⁾

하버드대학교 명예교수 웨스트하이머(F. H. Westheimer)가 던진 이 당찬 질문 속에는 현대인의 지적 사유와 일상생활에서 생물학, 특히 분자생물학(molecular biology)이 차지하는 비중이 단적으로 반영되어 있다. 1996년 7월 5일에 만들어져 이듬해 2월에 세계적인 출생 신고식을 치른 복제양 돌리(Dolly)를 기점으로, 이후의 시대를 생명공학의 시대로 부르는 데 이의를 제기할 사람은 별로 없을 것이다. 이제 인류는 단순한 “과학기술 주권시대”를 넘어 “유전자

2) 로버트 위버, 박상대·양재섭 등 공역, □분자생물학□ (2판) (서울: 라이프사이언스, 2003), 14쪽.

주권시대”로 진입하고 있는 중이다.³⁾ 공상과학소설에나 등장할 법한 ‘맞춤 유전자’ 주문 생산 시대가 도래하면, 우수 유전자를 가진 부류가 그렇지 못한 부류에 대해 “생물권력(bio-power)”을 휘두르게 될 것이다.⁴⁾ ‘생명의 책’으로 알려진 유전자의 기능이 속속 밝혀지고 있는 이즈음, 유전자는 자연 내지 신의 지배하에 놓인 불가침의 영역이 아니라, 인간, 그것도 생명공학자가 마음대로 ‘요리’하는 대상이 된 것 같다. 일반적으로 과학기술은 인간 삶의 외적 환경을 변화시키는 반면, 생명공학 기술은 인간 자체를 변화시키기 때문에 그것이 물고 올 사회적·윤리적·법적 파장은 이루 말할 수 없이 클 것이다.

과학사에서 우주의 질서 혹은 운행원리나 자연의 그것에 관하여 우리의 인식에 새로운 지평을 열어준 불후의 인물로는 흔히 코페르니쿠스나 뉴턴, 다윈 등이 거론된다. 그 중에서도 특히 다윈(Charles Robert Darwin, 1809-1882)은 생물학에 문외한인 사람들에게도 ‘진화론’이라는 단어와 짝을 이루어 높은 지명도를 얻고 있는데, 여기에는 기독교의 이른바 ‘창조론’과의 대결구도가 한 몫을 담당했다고 본다. 다윈의 □종의 기원□(1859)이 나온 이후 현재까지도 지칠 줄 모르게 반복되고 있는 ‘창조론 대 진화론’의 갈등이 대중사회로 하여금 생물학계의 유명인사 명단에서 다윈의 이름을 도저히 잊어버릴 수 없게 만든 주요 요인이 되었을 것이다. 그러나 다윈만큼, 아니 어떤 의미에서는 다윈보다 더 주목을 받을 필요가 있는 인물이 있으니, 그가 바로 멘델(Gregor Johann Mendel, 1822-1884)이다. 영국의 다윈과 거의 동시대를 살았던 오스트리아의 이 사제는 오늘날 생명공학의 기초를 구축한 점에서, 그리고 생물계의 생명현상에 대한 과학적 태도를 극적인 방향으로 전환한 점에서 생물학사에 뚜렷한 족적을 남긴 위인이다.

본 논문은 ‘유전학의 아버지’인 멘델의 시대에서부터 오늘날의 생명공학 전성기에 이르기까지 생명관의 변천을 살펴보려는 데 그 목적이 있다. 논문의 제목을 붙임에 있어 “멘델유전학에서부터 생명공학시대까지”로 잡은 것은, 멘델이 확립한 실험과학이 현대 생명공학의 주춧돌이었음을 강조하기 위함이다. 기왕에 ‘멘델’이 인명이니 논리상으로 그 뒤에 인명을 언급하는 것이 마땅하다는 생각도 있었지만, 최근의 분자생물학 내지 생명공학자 중에서 멘델과 나란히 거명할만한 이름을 고르는 일도 그리 쉽지 않아 부득이 통칭적으로

3) 양재섭, “과학기술과 현대사회”, 송진웅·양재섭 등 공저, □과학의 역사적 이해□ (대구: 대구대학교출판부, 1998), 230쪽.

4) 리 실버, 하영미. 이동희 공역, □리메이킹 에덴: 복제생명, 재앙인가 축복인가□ (서울: 한승, 1998).

‘생명공학’을 넣기로 하였다. 따라서 멘델로부터 물꼬가 트인 실험과학의 정신이 인간복제 실험을 낳을 수밖에 없었던 배경을 염두에 두고서, 그 밑바탕에 흐르고 있는 생명관을 고찰하려는 뜻으로 읽으면 족할 것이다. 이러한 목적을 위해 본 논문은 먼저 생물학의 주요 연대기를 살펴본 후, 생물학사에서 멘델이 차지하는 의미론적 위치와 그 영향에 대해 논의하고, 멘델에서부터 생명공학시대까지의 생명관을 점검해보는 순서로 엮어나가게 된다. 끝으로 그러한 생명관의 문제점을 진단하고, 앞으로 강조되어야 할 생명관은 어떠해야 할 것인지를 제안하면서 글을 맺게 된다.

2. 생물학사에서 멘델의 위치와 실험과학의 의미

1) 멘델의 완두콩에서 월머트의 복제양까지

프랑스의 생화학자로서 노벨 생리의학상 수상자인 모노(Jacques Monod)에 의하면, 생물학은 여러 과학 중에서 주변적인 동시에 중심적인 위치를 차지하고 있다.⁵⁾ 주변적이라 함은, 생물계가 우주 안에서 미세하고도 아주 특수한 부분을 차지하고 있으며, 생물의 연구가 생물권 이외의 세계에도 적용될 수 있는 일반 법칙을 밝혀내는 것이 매우 어려울 것으로 생각되기 때문이다. 그러나 모노는 모든 과학의 궁극적인 목적이 인간과 우주와의 관계를 해명하는 데 있다고 믿기 때문에, 생물학은 여러 과학 중에서 중심적인 위치를 차지하지 않으면 안 된다고 주장한다. 그 까닭은 생물학이야말로 형이상학적 용어를 빌리지 않고도 인간의 본성에 관한 문제를 설명할 수 있기 때문이다.

고대로부터 지금까지 인류가 생명에 대해 품어왔던 의문을 세 가지로 요약하면, 첫째는 생명의 기원에 대한 문제요, 둘째는 생명의 유전에 대한 문제이며, 셋째는 개체 발생에 대한 문제라고 하겠다.⁶⁾ 이러한 문제들은 모두 생물학의 중심 주제이므로, 생물학이란 결국 이 세 가지 의문을 해명하기 위한 노력이라고 할 수 있다. 그 가운데서 첫 번째 문제에 대해서는 앞서 언급한 ‘창조론 대 진화론’의 지루한 논쟁에서 알 수 있듯이, 현재까지 뚜렷이 증명할 길이 없으며, 이후로도 해결하기 어려울 것으로 전망된다. 한편, 세 번째 문제의 경우는 17세기 이래

5) 자끄 모노, 김용준 역, □우연과 필연□ (서울: 삼성출판사, 1990).

6) 서정선, “분자생물학의 탄생과 생명현상”, 김용준 외, □현대과학의 제문제□ (서울: 민음사, 1991), 293-340쪽.

고전적 발생학의 주요 관심사로서 여러 방향에서 실험이 계속되다가, 최근 복제양 돌리의 탄생으로 인해 새로운 전기를 맞고 있다. 나머지 두 번째 문제는 다른 두 질문보다도 더욱 대중적 호기심을 자극해온 주제로서, 현재까지 생물학의 중심과제가 아닐 수 없다. 왜냐하면 인간 자신들 사이에게서나, 사육하는 동물, 혹은 재배하는 농작물에게서, 같은 종의 개체로부터 형태상 상이한 특성이 나타날 때마다 언제 어디서나 사람들은 유전의 영향을 느낄 수 있었기 때문이다.⁷⁾ 특히 인간 유전체 계획(Human Genome Project)이 인간의 각종 유전질환과 불치병 등을 치료한다는 명분 아래 대중적 반향을 불러일으키면서 진행되고 있고, ‘유전자 치료’라는 개념이 널리 회자되는 실정이고 보면 생물학의 발전과정은 결국 유전현상 주위를 선회하면서 이루어져왔다고 해도 과언이 아닐 것이다. 이렇게 볼 때 생물학사에서 멘델이 차지하는 비중과 의미가 확연히 드러난다.

자신의 수도원 뜰에서 조출하게 시작했던 완두콩 교배 실험의 결과를 담아 □

자연과학회 잡지 □에 올린 “식물 잡종에 관한 연구”(1866)라는 논문 한 편으로, 멘델은 현대 생물학의 핵심을 이룬다고 할 유전학의 창시자로서 우뚝 서게 된다. 그러나 이러한 영광스런 평가도 그의 생전 몫이 아니었던 점을 생각하면, 새삼 진정한 과학도의 겸허한 삶의 자세를 재고하게 된다. 당시 그는 변방의 사제라는 신분 제약상 과학계에 이름이 별로 알려지지 않았거니와 동료과학자나 제자 한 명 없었기 때문에, 그의 논문 역시 무려 34년간이나 주류 과학계와 세인의 관심 밖으로 밀려나 있었다. 그러다가 마침내 1900년에 이르러, 네덜란드의 드 브리스(Hugo de Vries)와 독일의 코렌스(Carl Correns), 그리고 오스트리아의 체르막(Erich von Tschermak)이 사실상 멘델과 같은 실험결과를 담은 연구 논문을 불과 2개월 사이에 연속 출간함으로써, 멘델의 법칙 역시 재평가 받게 된다. 그러므로 통상 1900년을 유전학의 기점으로 삼고 있으나, 엄밀히 말하면 이 해는 멘델법칙이 재발견된 해에 불과함을 기억할 필요가 있다. 멘델에서부터 오늘날 인간복제에 이르기까지 생물학이 걸어온 역사를 되짚어보는 일은, 앞으로 생물학이 걸어갈 방향을 예견하는 데 필수적일 것이다. 단순한 생명현상에 대한 관찰연구에 국한되던 생물학이 그동안 금기시되어오던 생명 자체의 조작과 복제까지도 꿈꾸게 된 배경에는 일련의 역사적 전거가 있다. 1869년, 미셔(Frederich Miescher)가 부상환자의 상처를 싸맷던 붕대로부터 고름세포를 채취하여 처음으로 디옥시리보 핵산, 소위 'DNA'를 분리해 낸 이후, 그것이 유전현상과 관련이 있음이 규명되는 데는 많은 세월이 필요하였다. 그러고 나서 1953년에 왓슨(James D. Watson)과 크릭(Francis H. Crick)이 DNA의

7) V. Orel, 한국유전학회 역, □멘델: 그의 인생과 학문□ (서울: 아카데미서적, 1989), 2쪽.

6 □한국과학사학회지□ 제27권 제1호(2005)

이중나선구조를 규명함에 따라 비로소 분자생물학이 탄생하게 된다. 그 이후, 유전자 재조합 기술, 세포융합 기술, 핵치환 기술 등이 개발되면서, 마침내 1996년에 체세포 복제기술에 의한 복제양 돌리가 탄생하기에 이른 것이다. 이와 같은 생물학의 역사를 대략 기술해보면 표 1과 같다.⁸⁾

<표 1> 생물학사의 주요 연대표

8) 로버트 위버, “분자생물학사”, □분자생물학□ (2판), 1-14쪽을 기초로 저자들이 보강 정리하였다.

년도	중요한 생물학의 역사
1655	후크(Robert Hooke)가 처음으로 '세포'(Cell)라는 용어를 사용.
1838	슐라이덴(M. J. Schleiden)이 식물 세포설을 제창.
1839	슈반(T. Schwann)이 동물 세포설을 제창.
1859	다윈(C. Darwin)이 □종의 기원□을 출판.
1865	유전학의 아버지 멘델(G. Mendel)이 완두콩을 재료로 '유전법칙'을 발견.
1901	드 브리스(H. de Vries)가 돌연변이 논문을 발표.
1902	서튼(W. S. Sutton)과 보베리(T. Boveri)가 염색체설을 제안.
1910	모건(T. H. Morgan)이 염색체설을 증명.
1913	스터터번트(A. H. Sturtevant)가 초파리의 염색체 지도를 작성.
1927	슈타들러(L. Stadler)와 멀러(H. J. Muller)가 초파리에 X-선을 조사(照射)하여 돌연변이를 유발.
1944	애버리(O. T. Avery) 등이 'DNA'가 유전물질임을 확인.
1953	왓슨(C. Watson)과 크릭(F. Crick)이 DNA의 이중나선 구조를 발표.
1957	콘버그(A. Kornberg)가 실험관에서 DNA를 합성.
1970	탈핵 난자에 다른 개구리의 세포핵을 넣어 올챙이까지 발생시키는데 성공.
1972	폴 버그(Paul Berg)가 최초로 재조합 DNA 분자를 생산.
1982	미국 식품의약국(FDA)이 최초의 재조합 DNA 약인 인슐린을 인정.
1983	맥클린톡(B. McClintock)이 염색체 상에서의 유전자 전이를 발견.
1983	최초의 포유류인 쥐를 복제하는데 성공.
1990	인간 유전체 계획(Human Genome Project)을 시작.
1990	유전자 요법을 환자에게 처음으로 적용.
1994	FDA가 최초로 '유전자 조작된 토마토'를 인정.
1997.2	영국 로슬린 연구소의 윌머트(Ian Wilmut) 박사팀은 다 자란 양의 유선세포를 이용하여 복제양 '돌리'를 탄생시켰다고 발표.
1999.2	황우석 박사가 탈핵 난자에 젖소 체세포의 핵을 결합시키는 방법으로 소를 복제하는데 성공.
2000.1	미국 오리건 주 비버튼 소재 영장류 연구 센터의 제럴드 쉐튼(Gerald Shatton) 교수팀이 배아 분리 기법으로 붉은 털 원숭이 '테트라'(Tetra)를 복제하는데 성공.
2000.6	인간 유전자 염기서열 초안을 완성했다고 발표.
2001.1	미국의 제럴드 쉐튼 교수팀이 유전자 조작을 통해 해파리의 형광유전자를 가진 원숭이 앤디(ANDI)를 만들어냄으로써, 앞으로 인간의 여러 유전자를 가지도록 조작된 원숭이를 대량 복제하여 당뇨병, 치매, 에이즈 등의 질병 치료제를 개발하는 데 실험동물로 사용할 계획임을 밝힘.
2004.2	황우석박사가 사람의 체세포와 난자만으로 인간 배아줄기 세포 제작에 성공.

돌리는 멘델 이후 생물학이 걸어온 지난한 생명탐구의 역사에서 정점에 서 있다.

복제에 따른 조로현상으로 비만과 관절염, 진행성 폐질환 등에 시달리던 돌리는 2003년 2월 14일 자기를 만든 로슬린 연구소에 의해 안락사 당했지만, 아직까지도 그 이름은 하나의 뚜렷한 기호로 살아있다. 그 기호란 포유류 동물에서 최초로 생식세포가 아닌 체세포로부터 생명창조가 이루어졌다는 점, 이로써 이론적으로 인간복제가 가능해졌다는 점을 시사하는 기호이다. 그래서 돌리는 자기보다 앞서 1995년에 태어난 로슬린 연구소의 또 다른 작품인 메간(Megan)과 모락(Morak)을 능가하여 생물학사에서 독보적인 위치를 차지한다.

어쩌면 우리는 지난 1998년 12월, 경희대 불임클리닉의 이보연 교수팀이 세계 최초로 체세포와 미수정란을 이용해 초기 단계의 인간 배아를 만드는 데 성공하였다는 보도와,⁹⁾ 2002년 12월, 사이비 종교단체인 라엘리안(Raelian) 산하 클로네이드(Clonaid) 소속의 프랑스 여성과학자 부아셀리에(Brigitte Boisselier) 박사에 의해 세계 최초로 복제인간 ‘이브(Eve)’가 탄생하였다는 소식,¹⁰⁾ 그리고 2004년 2월, 황우석 교수와 문신용 교수팀이 세계 최초로 사람 난자와 체세포를 이용하여 배아줄기세포를 만드는 데 성공했다고 발표한 것을¹¹⁾ 생물학사의 주요 발자취 목록에 추가해야 할 것이다. 그러나 한편으로 잊지 말아야 할 것은 모두들 ‘세계 최초’에 혈안이 되어 있지만, 그것은 어디까지나 과학자 자신의 성급한 영웅주의와 천박한 대중적 상업주의가 만난 기술자본주의(technocapitalism)의 결과로서, 사실상 가깝게는 돌리의 ‘제작공정’을 응용·답습하고, 멀게는 멘델 이후 생물학의 방법론적 계보를 그대로 잇는, 한마디로 별로 새로울 것이 없는 작업이라는 점이다. 더 노골적으로 말하면, 오늘의 생명공학은 ‘왜’ 그토록 유전자 조작에 집착하고, ‘왜’ 그토록 생명체 복제에 많은 돈을 쏟아 붓는지에 대한 진지하고도 총체적인 반성 없이, 무조건 앞으로만 내달리면서 ‘세계 최초’라는 꼬리표를 내걸 수 있을만한 실험에 맹목적·경쟁적으로 덩벼들고 있는 점에서 고전역학의 제1운동법칙인 ‘관성의 법칙’에 사로잡혀 있다고 해도 과언이 아니다.

이제야말로 생명공학은 가던 길을 잠시 멈추고, ‘어떻게’라는 방법론적 질문보다는 ‘왜’라는 윤리적 질문을 해명하는 데 더욱 많은 시간을 할애함으로써, 앞으로 나아갈 길의 좌표를 새롭게 조정할 수 있어야 할 것이다. 왜냐하면 분자생물학과 생명공학 시대에도 여전히 중요한 생물학적 탐구 자세는 ‘세계 최초’라는 기록 갱신이 아니라, 생명 그 자체의 신비에 대한 경외이기

9) 1998년 12월 16일, BBC 방송과의 인터뷰 참고. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/236089.stm>.

10) <http://www.rael.org>

11) □중앙일보□ 2004. 2. 12. 이 신문은 *Science*의 인터넷 속보를 인용하여 기사를 실었는데, *Science*에 제출한 황우석 교수와 문신용 교수 팀의 논문은 “Evidence of Pluripotent Human Embryo Stem Cell Line Derived from a Cloned Blastocyst,”이다.

때문이다.

2) 멘델의 실험정신과 그 영향

생물학의 발전사에서 중대한 전환점으로 멘델을 꼽는다는 것은, 멘델에서부터 생물학이 실험과학 혹은 분석과학으로 자리매김 되었다는 뜻을 내포한다. 그 이전까지 사람들은 생명체를 단지 관찰의 대상으로 생각했을 뿐, 실험이나 분석의 대상으로 생각하지 않았다. 다시 말하면, 생명체를 분석하기 위해 생명의 체제를 인위적으로 변경시키지는 않고, 다만 생명체 자체에 본래 존재하고 있는 생명현상을 연구하거나 그 체제 안에 자발적으로 유입된 변이들만을 확인하는 소위 ‘관찰 과학’의 시대였다.¹²⁾ 그러나 오스트리아 아우구스틴 수도원 뜰에서 완두콩과 씨름하던 멘델의 실험 정신은 생물학이 관찰 과학에서 실험 과학으로 전환하는 데 결정적인 역할을 한다.

다윈 역시 진화에 관한 연구에서 식물의 교배실험 결과를 포함하여 동식물의

육종에 대한 방대한 양의 정보를 수집했으며, 그 자신이 직접 실험도 했으나, □

종의 기원□에서 그는 “유전을 지배하는 법칙은 대체로 미지(未知)”라는 결론에 도달한 터였다. 멘델에 앞서 식물 잡종에 관해 연구했던 사람들은 여러 가지 형질이 상이한 식물을 이용하여 연구하고 있었다. 그들의 연구 방법은 식물을 전체적으로 관찰함으로써 양친의 형질이 잡종에서 융합되는 소위 ‘혼합설’을 믿고 있었기 때문에 유전의 전달 양식을 도무지 찾아낼 수 없었다. 이에 멘델은 1854년부터 9년에 걸쳐 실험용 식물로 완두콩을 써서 문제를 푸는 새로운 연구방법에 몰두하였다. 그는 확실하게 그리고 쉽게 구분되는 대립형질을 가진 두 개의 순종을 교배하여, 유전 전달을 분석하는 문제에 있어서 모든 잡종들이 양친으로부터 같은 형질을 물려받는데 그것은 다음 대에서 3:1이라는 일정한 비로 나타난다는 사실을 제시하였다. 이로써 멘델은 형질의 전달이 생식세포를 통하여 형질결정인자들(1909년에 가서야 ‘유전자’라고 이름 붙여짐)에 의해 지배되며, 그 결정인자들은 우연의 통계법칙에 따라 결합한다고 결론지었다. 이렇게 해서 1906년 베이트슨(William Bateson)이 ‘유전학’이라 이름붙인 새로운 학문의 기초가 닦아지게 된다.

1900년대에 들어서 멘델법칙의 재발견이 이루어진 다음부터 유전에 관해 연구하는 생물학자들은 멘델이 연구한 방법을 그대로 따라서 교배실험을 하였고,

12) 양재섭, “현대 생물학의 발전”, □과학의 역사적 이해□, 220-221쪽.

이때 사용한 유전부호나 통계처리방법도 멘델식을 그대로 따랐다. 더욱이 드 브리스의 ‘돌연변이설’이 제기되고 난 다음에 진화론자와 유전학자들 사이에서 이 문제를 어떻게 설명할 것인가를 놓고 논쟁을 벌이다가 비로소 1920년대에 진화학과 유전학이 서로 조화를 이루게 되면서, 멘델법칙은 생물학계에 생물체의 근본요소와 생명의 기원 및 진화과정에 관련된 제반 유전현상의 문제들을 연구할 수 있는 길을 새롭게 열어놓게 되었다.

이러한 생물학의 연구 방향에 큰 영향을 끼친 것이 세포학이다. 1903년 미국의 세포학자 서튼(Walter Stanborough Sutton)은 유전현상을 이해하려면 염색체 연구가 수행되어야 한다고 제안하였고, 이는 유전학자 모건(Thomas Hunt Morgan)으로 하여금 유전에 대한 염색체설을 낳게 하면서 초파리(*Drosophila melanogaster*)를 새로운 실험재료로 등장시켰다. 미국의 유전학자들이 즐겨 사용한 초파리는 염색체가 4쌍뿐이고, 알에서 성충이 되는 한 세대가 불과 12일에 지나지 않으며, 대량사육이 용이할 뿐더러 교배실험이 간편하다는 점 때문에 20세기 유전학 발전의 공로자가 되었다. 1911년 모건은 초파리 실험을 통해 염색체의 교차 현상을 관찰하면서, 유전자의 거리에 따라 교차 빈도가 달라진다는 점을 발견함으로써 유전자 지도 작성의 기본원리를 확립하였다. 그 후 거의 반세기 동안 모건이 제시한 방법에 따라 많은 유전학자들이 연구에 임했기 때문에, 유전학의 역사에서는 19세기의 멘델과 20세기의 모건을 양대 산맥으로 비유하기도 한다. 이러한 모건의 연구에 힘입어, 1913년 스터터번트(Alfred Sturtevant)는 초파리를 재료로 맨 처음 유전자지도를 작성하였다. 그리고 1927년에는 스타들러(Lewis Stadler)와 멀러(Herman Muller)가 초파리에 X 선을 쏘여서 인위적으로 돌연변이를 유발시킴으로써 유전학 연구에 새로운 장을 열었다. 이후 1943년 루리아(Salvador Luria)와 델브뤽(Max Delbrück)은 세균(bacteria)이 보통의 유전적 체계를 가지고 있어서 유전현상을 연구하는 데 유용하게 이용할 수 있음을 보여주었고, 이때부터 대장균(*Escherichia coli*)은 초파리와 더불어 현대 유전학을 연구하는 데 중요한 역할을 하는 모델 생명체로 자리 잡게 되었다. 한편, 이 시기에는 생화학이 도입되어 앞으로 전개될 분자생물학의 시대를 예고하게 된다. 아직 DNA가 발견되기 전에, 오스트리아 물리학자로서 노벨 물리학상 수상자인 슈뢰딩거(Erwin Shrödinger)는 자신의 명저 □생명이란 무엇인가?□ (1944)¹³⁾에서 생명은 물리화학적으로 설명될 수 있다고 주장했다. 그가 생각한 생명체란 ‘결정’(結晶)처럼 자라면서 자신의 구조를 반복하는 물질인데, 그 어떤 결정 광물보다도 매혹적이며 예측 불가능한 “비주기적

13) 에르빈 슈뢰딩거, 서인석, 황상익 공역, □생명이란 무엇인가: 물리학자의 관점에서 본 생명현상 □ (서울: 한울, 1992, 2001).

결정”이라고 보았다. 슈뢰딩거의 책이 출판된 때와 같은 해에 미국의 세균학자 에버리(Oswald Avery)는 폐렴의 원인균인 폐렴균을 이용해 독성전환실험을 수행하던 중, 형질전환의 원인은 DNA이며, 따라서 DNA가 유전물질일 가능성이 있다고 처음으로 제시하였다. 당시에는 학계의 분위기가 DNA가 염색체 안에 존재하기는 하지만 구조의 단순성으로 인해 다양한 유전정보를 저장하지 못하리라는 편견이 지배적이어서, 그의 실험결과가 제대로 받아들여지지 않았다. 그러나 그 이후 1952년 허쉬(Alfred Hershey)와 체이스(Martha Chase) 등의 실험에서 그의 이론이 입증됨으로써 에버리는 명실상부하게 DNA가 유전물질임을 발견한 명예를 얻게 된다. 그리고 마침내 1953년 왓슨(James Watson)과 크릭(Francis Crick)이 DNA의 이중나선구조를 밝혀내어,¹⁴⁾ 본격적인 분자생물학의 시대가 열린다. 왓슨과 크릭 이후의 분자생물학은, 1970년대에 아르버(Werner Arber) · 스미스(Hamilton Smith) · 네이션스(Daniel Nathans)가 제한효소(restriction enzymes)를 발견하여 DNA 재조합 기술의 가능성을 보여주었고,¹⁵⁾ 마침내 1972년 폴 버그(Paul Berg)¹⁶⁾가 최초로 재조합(Recombinant) DNA를 만들어냄으로써 바야흐로 생명복제 시대로 접어들게 된다.

그러므로 이상과 같은 일련의 생물학사, 아니 엄밀히 말해 유전학사를 통해 알 수 있는 것은 멘델에 이르러 확립된 실험과학의 정신이 이후의 유전학적 연구 방법론을 결정짓는 데 지대한 영향을 미쳤다는 사실이며, 그리하여 과학적 탐구의 자세 역시 ‘수동적 관찰’이 아니라 ‘능동적 실험’으로 전환되었다는 사실이다. 그렇다면 우리는 “로마는 하루아침에 이루어지지 않았다”라는 명제의 형식을 빌려 이렇게 말할 수 있을 것이다. 유전자 조작과 생명복제는 하루아침에 뚝 떨어진 불경한 욕구가 아니라고, 그것은 생물학에서 분자생물학까지, 고전유전학에서 첨단생명공학까지 일관된 추동력으로 존재해온 실험정신의 필연적 승리라고, 더 나아가 이러한 일련의 과정이 아무런 저항 없이 연속적으로 진행될 수 있었던 데에는 그러한 연구결과를 옹호하고 정당화하고 필요로 하는 사회적 상황이 있었을 것이라고 말이다. 왜냐하면 어떤 과학적 연구도 결코 진공상태에서 이루어질 수 없고, 그 연구가 놓인 사회적 맥락과의 부단한 상호작용을 거쳐 승인되거나 거부되거나 수정되거나 확장되는 등의 과정이 필수적이기 때문이다.

14) DNA의 분자구조 해명과 유전정보 전달에 관한 연구업적으로 왓슨과 크릭은 1962년에

노벨생리의학상을 수상하게 되지만, 그들이 밝힌 이중나선구조가 슈뢰딩거의 ‘비주기적 결정’과 유사했던 점에서 이 물리학자의 공헌을 결코 무시할 수 없을 것이다.

15) 이 세 사람의 과학자는 제한효소 발견의 공로로 1978년 노벨생리의학상을 수상한다.

16) 유전공학의 세계적 권위자인 폴 버그는 유전공학의 장단점을 누구보다 명확히 예견하여, 1975년 16개국 100명의 과학자들과 연명(連名)으로 유전자 재조합 연구의 일시 정지를 호소한 바 있다. 그는 재조합 DNA를 만든 업적으로 1980년 노벨화학상을 수상하였다.

3. 기계론적 · 환원주의적 생명관과 분자생물학의 발생

1) 과학 이론과 사회 상황과의 상호작용

우리 시대의 뛰어난 문명비평가 중의 한 사람인 제레미 리프킨(Jeremy Rifkin)은 “역사상 경제, 사회적으로 큰 변혁이 있을 때마다 생명의 창조와 자연의 작용에 관한 새로운 설명이 동반했다”¹⁷⁾고 지적한다. 이 말은 어떤 새로운 사회질서를 형성하는 데는 자연에 관한 새로운 개념이 항상 가장 중요한 요소로 작용한다는 뜻으로서, 과학적 연구와 사회적 상황과의 상관성을 뒷받침해 준다. 일례로 다윈의 진화론의 경우 1세기 이상 자연과 인간의 본질 및 존재의 의미, 그리고 사회구성에 관한 우리의 통념에 지대한 영향을 미쳐 왔고, 지금도 여전히 미치고 있는 것을 볼 수 있다. 설령 □

중의 기원□을 한 번도 읽어보지 않은 사람이라도, 자신이 처한 특수한 상황을 해명하고 자신의 신념을 뒷받침하기 위해 ‘적자생존’ 이니 ‘자연선택’ 이니 하는 용어를 마치 일삼아처럼 구사한다. 이러한 현상이 벌어지는 까닭은 암암리에 우리 자신이 과학적 이론 그 자체를 사회적 환경이나 문화적 편견으로부터 자유로운 것으로, 다시 말해 자연의 작용원리에 대한 객관적 · 중립적 기술로 전제하기 때문이다. 그래서 사람들은 다윈의 진화론 그 자체는 ‘순수한’ 자연법칙인데 사회 혹은 지배계층이 정치적 목적을 위한 도구로 그것을 이용했다는 식으로 말하고 듣는 것에 익숙하다. 그러나 리프킨은 사실상 다윈의 진화론 그 자체가 문제라고 주장한다. 진화론을 이해하려면 다윈이 “진화론이라는 자신의 ‘창작물’ 을 매우 교묘하게 구성할 당시 그의 가슴 속에 있던 심상(心像)을 제공한 정치, 경제, 사회적 환경을 이해할 필요가 있다” 는 것이다.

다윈의 시대란 어떤 때였던가? 당시는 농업경제로부터 상업자본주의 시대로 이행하던 과도기였다. 역사학자 그린(John C. Greene)은 “영국의 정치 경제가 시장에서의 적자생존 사상에 바탕을 두고 경쟁이라는 사회 사조가 형성되면서, 영국인들 사이에서는 동식물에 대해 이론화한 경쟁적 투쟁 개념을 인간에 대해서도 적용하는 경향이 일반화되었다”¹⁸⁾고 지적한다. 즉 한창 산업화를

17) 제레미 리프킨, 전영택 · 전병기 공역, □바이오테크 시대□ (서울: 민음사, 1999), 353쪽.

18) John C. Greene, *Science, Ideology, and World View: Essays in the History of Evolutionary*

선도하던 영국은 건초더미의 나라에서 공장 굴뚝의 나라로 혁명적인 변화를 겪는 과정에서 이 낯설고 새로운 일련의 사회변동을 이해할 수 있게 해줄 뿐만 아니라 더 나아가 그런 변화를 정당화해주는 새로운 이론이 필요했다는 것이다. 이러한 수요에 부응하여, 그리고 이러한 사회적 요구를 반영하여 다윈은 자신의 진화론을 구상하게 된다. 이 부분에 대해 전기 작가 제프리 웨스트(Geoffrey West)는 다음과 같이 쓰고 있다.

기계의 시대에 살던 그는 유기 생물에 대하여 기계적 개념을 도입했다. 그는 자연의 투쟁과 인간의 투쟁을 대비시켰다. 그는 취득하여 세습하는 사회에서는 취득과 유전이 중요한 제일의 생존 수단이라고 논하였다.¹⁹⁾

리프킨은 다윈이 당시 영국 시장의 경제적, 상업적 거래 관계에서 많은 은유적 표현을 빌려와 그 자신의 이론을 형성했다고 강조한다. 예를 들어, 다윈은 당시 산업화된 공장에서 채용되고 있던 노동력 분배의 원리가 자연 속에서도 똑같이 작용하고 있다고 보았다.

어떤 지역에서 유기적 존재(또는 좀더 엄밀하게 말하면 생물)가 최대한 많이 생존하여 유지되기 위해서는, 다양성이 최대한 유지되어야 한다...²⁰⁾ 자연이라는 조직체 안에 있는 각 개체들이 습성, 성질, 구성이 서로 다르게 다양한 방법으로 분화되어 가능한 한 많은 위치를 점유한다면, 전혀 분화되지 않거나 조금 분화된 경우보다도 훨씬 더 많은 개체들이 대대로 이어져 유지될 수 있다.²¹⁾

다윈에게 있어서 다양성은 “제한된 자원을 차지하기 위한 극심한 경쟁적 투쟁을 피하는 자연의 방법”²²⁾이었다. 다윈은 이러한 자연의 다양성을 ‘분기(分岐)’라는 개념으로도 설명한다. 그의 설명에 따르면 때때로 같은 종(種)이면서도 그 종과 전혀 다른 특성을 보이는 새로운 유기체가 나타난다는 것이다. 그리고 그 새로운 유기체는 전에는 채워지지 않았던 자연계의 새로운 장소를 점유한다고

Ideas (Berkeley: University of California Press, 1981), p. 7.

19) Geoffrey West, *Charles Darwin: A Portrait* (New Haven: Yale University Press, 1938), p. 334;

리프킨, □바이오테크 시대□, 363쪽에서 재인용.

20) R. C. Stauffer(ed.), *Charles Darwin's Natural Selection: Being the Second Part of His Big Species Book Written from 1856-1858* (Cambridge: Cambridge University Press, 1975), p. 233; 리프킨, 앞의 책, 364쪽에서 재인용.

21) Ibid., p. 228 ; 리프킨, 앞의 책, 같은 부분에서 재인용.

22) Robert M. Young, “Darwinism and the Division of Labour,” *Listener* (August 17, 1972); 리프킨, 앞의 책, 같은 부분에서 재인용.

한다. 이와 같은 자연계에 대한 그의 설명은 당시 식민지 팽창의 전성기에 있던 영국 제국주의로부터 그 심상을 얻어왔을 것이고, 또한 역으로 제국주의를 옹호하는 이상적인 보호막이 되었을 것이다. 리프킨은 “19세기에 해외에서 새로운 경제적 기회를 얻기 위하여 영국을 떠나지 않을 수 없었던 수많은 영국인들에게는 다윈의 분기 개념이 상당한 의미가 있었다”²³⁾고 덧붙인다. 더 나아가 우리는 다윈의 이론 속에서 그보다 앞서 살았던 영국인 아담 스미스(Adam Smith, 1723-1790)의 아이디어가 공명하는 것을 볼 수 있다. 스미스는, ‘보이지 않는 손’이 시장에서 수요와 공급을 조절하기 때문에 개인은 자기 이익을 극대화하는 행동전략을 취할지라도 결국 그러한 이기적인 행동이 공공복지에 이롭게 나타난다고 주장했다. 다윈은 스미스의 이러한 이해와 맥을 같이하여, 자연계에서도 각각의 유기체가 자기 이익을 극대화하는 방향으로 제한된 자원을 놓고 다른 유기체와 투쟁함으로써 생존하는 데 열중한다고 설명한다. 문제는 그와 같은 각 개체의 행동이 전체 종에게 어떻게 이익이 되는가를 보여주는 것이었는데, 여기서 다윈은 경제 영역에서 수요와 공급을 조절하는 ‘보이지 않는 손’의 역할이 자연계에서는 ‘자연 선택의 법칙’으로 나타난다고 해명하였던 것이다. 이러한 연유로, 역사학자 슈펜글러(Oswald Spengler)는, 다윈의 이론은 곧 “경제학을 생물학에 응용한 것”²⁴⁾이라고 논평하였다.

2) 기계론적 · 환원주의적 생명관의 심화과정

다윈의 진화론은 결과적으로 기계론적 생명관을 보여준다고 말할 수 있을 것이다. 당시 영국인들의 삶은 급속한 산업화에 따른 새로운 기계들의 출현으로 기계가 구현하는 놀라운 힘에 압도당하고 있었는데, 다윈도 예외가 아니었다. 그는 생명의 현상을 단계적인 기계 조립의 개념으로 파악하여 유기체란 ‘부분들의 총합’에 지나지 않는 복잡하고 효율적인 기계라고 주장하였다. 이로써 기계 시대 이전의 사람들이 지녔던 생명관, 곧 완전하고 오묘하고 거룩한 존재로서의 생명관은 사라지고, 유기체란 한낱 불완전하고 수량화(數量化)될 수 있고 조립 또는 수선 가능한 기계와 마찬가지로라는 관념이 각인되기에 이르렀다.

다윈과 동시대에 살았던 멘델 역시 기계론적 생명관에서 자유로울 수 없었을 것이다. 두말 할 나위도 없이, 기계론적 생명관의 계보를 따져 올라가면 이미

23) 리프킨. 앞의 책, 365쪽.

24) Oswald Spengler, *The Decline of the West* (New York: Knopf, 1939), p. 373.

베이컨(Francis Bacon, 1561-1626)과 데카르트(Rene Descartes, 1596-1650)에게까지 가 닿고 있으니, 그들에게서 연유한 과학혁명과 산업혁명의 시대를 살던 다윈이나 멘델은 당연히 기계론적 생명관의 세례를 받았을 것이다. 멘델은 다윈이 다만 가설로서 제시한 유전물질의 존재에 대해 완두콩의 인위적 교배실험을 통해 확실히 입증해내고, 이들 형질이 3:1의 정확한 비율로 분리된다는 결론을 제시하였다. 경제발전을 이루기 위해서는 필수적으로 과학의 힘을 빌어야 한다는 사회적 합의가 팽배하던 시절, 특히 농업의 현대화운동이 시작되어 가축 및 곡물 육종에 관한 관심이 높은 호응을 얻던 시절, 관찰과학의 수동적·순응적 방법론에서 탈피하여 실험과학의 능동적·공격적 방법론으로 전환한 멘델의 실험 정신은 이후의 과학과 사회에 지대한 영향을 미쳤다고 할 것이다. 이렇게 해서 다윈의 진화론과 멘델의 유전학은 생명과학의 기본 토대를 제공하여 기계론적이고 환원주의적인 생명인식이 확립되는 데 공헌하게 된다.

이와 같은 생명관의 확립 과정에서 술라이텐(Matthias Jakob Schleiden, 1804-1881)과 슈반(Ambrose Hubert Theodor Schwann, 1810-1882)이 주장한 세포설과, 뵐러(Friedrich Woehler, 1800-1882)와 뷔흐너(Eduard Büchner, 1860-1917)에 의해 시작된 생화학의 공헌 역시 지대하였다. 세포설은 당시 기계론적 생명관과 대극점(對極點)에 있던 생기론(生氣論), 곧 생명이란 유기체 내에 있는 어떤 힘(vital force)에 의해 유지되는 것이므로 생명체의 어느 부분도 따로 살아있을 수 없다는 이론을 뒤엎고, 개개의 세포에 생명이 있으며 생물은 구성세포의 성장으로부터 형성된다고 주장하였다. 이러한 세포설의 주장은 생명을 신비스러운 어떤 것에서 구체적인 연구 대상으로 변모시켰고, 생명을 연구하려면 세포 하나하나를 연구해야 한다는 새로운 개념을 유포시켰다. 이것이 멘델에 이르러 본격적으로 개화된 실험생물학을 낳는 기반이 되었음은 물론이다. 멘델은 세포로부터 더 하위단계에 있는 유전자의 존재를 사실상 규명해냄으로써 생명을 더욱 실체적이고 환원주의적으로 고착시키는 계기를 마련하였다.

한편 뵐러는 실험실에서 요소(尿素, urea)와 옥살산을 합성하는 연구를 통해 세포에서 만들어지는 물질이 세포 밖에서도 화학적으로 합성될 수 있음을 증명하였고, 뷔흐너는 발효 실험을 통해 효모라는 생명체에 의해서만 일어날 수 있는 것으로 알려졌던 발효가 생명이 없는 효모세포 추출액에 의해서도 일어날 수 있다는 것을 밝혀내었다. 즉, 뷔흐너는 세포 내에서 일어나는 반응이 생명체만의 특별한 사건이 아니며 구성물질만 있으면 세포 밖에서도 똑같은 반응을 만들 수 있다는 사실을 간단히 증명함으로써 생화학의 새로운 기원을 수립하였다. 이후 생화학은 생명현상을 이해하기 위해서는 세포 내의 유기구성성분을 분석해야 한다는 신념 아래 발전을 거듭하여, 1900년이 되면 단백질의 구성성분인 20개의

아미노산 가운데 16개를 발견하는 개가를 올리게 된다. 그러던 중 1871년 미셔(Friedrich Miescher)가 단백질 분해효소인 펩신을 이용하여 백혈구의 핵으로부터 핵산을 분리하는 실험에 성공함으로써 DNA의 구성성분이 4가지 염기로 이루어져있음을 밝히게 된다. 당시에는 그의 결론이 너무 단순하다고 폄하되어 근 70여 년간 사장되었으나, 이후 유명한 초파리 실험과 생쥐 실험, 박테리아 실험 등을 거치면서 마침내 1953년 왓슨과 크릭에 의해 유전자의 실체가 확연히 규명되기에 이른다.

이처럼 유전학과 생화학이 통합되면서, 그리고 뒤이어 물리학자들이 유전자의 특성 규명에 관심을 갖게 되면서, 기존의 생화학이나 세포생물학과 구분되는 새로운 분과가 탄생하였으니 그것이 바로 분자생물학이다.²⁵⁾ 분자생물학이란 이름 그대로 생명현상 전반에 걸쳐 또는 그 일부를 분자적 수준에서 이해하려는 학문으로서, 좀 더 협의적인 정의로는 유전정보가 발현되는 분자적 기초를 밝히려는 연구 분야를 의미한다.²⁶⁾ 당시 유기체의 분자수준에 이렇게 관심이 쏠리게 된 배경에는 새로운 종류의 생물학을 창출하고자 했던 미국 록펠러 재단의 결정과 함께, 2차 대전 이후 과학기술 전반에 걸친 정부 차원의 막대한 지원이 있었다.²⁷⁾ 그러나 1950년대만 하더라도 분자생물학은 아직 주변적인 위치에 있었고 의학이나 산업 분야에서의 응용은 거의 관심 밖이었다. 그러던 것이 1960년대에 접어들면서 단백질의 3차원 구조가 밝혀지고 박테리아 실험을 통해 단백질 생산이 유전자에 의해 통제된다는 사실이 밝혀짐에 따라, 분자생물학은 다수의 노벨상 수상자를 배출하는, 가장 각광받는 분야로 자리 잡게 된다. 그러다가 1970년대 들어 스톡홀름 회의(1972) 등의 여파로 환경문제에 대한 관심이 증폭되고 반전운동이 여세를 몰아가면서 과학에 대한 비판 여론이 들끓자 미국 정부의

25) 분자생물학이라는 이름 자체는 1945년 에스트버리(W. T. Astbury)가 리즈(Leeds) 대학에 생물분자구조학과를 창설하고 교수직에 취임하면서 붙여진 말이라고 한다. 에스트버리는 분자생물학의 정의를 “생체내 고분자(macromolecule)의 물리화학적 구조를 연구하는 학문”이라고 보았다. 그러나 분자생물학의 발전과정은 이름이 생기고 나서 어떤 정확한 스케줄에 따라 발전된 것이 아니기 때문에, 역사적으로 처음 언급되었다는 점에서만 의미가 있을 뿐 사실상 분자생물학의 토대는 1953년 왓슨과 크릭의 DNA 구조발견에서 마련되었다고 보는 것이 일반적이다. 강광일, “분자생물학사 개요: 분자생물학의 기원에 대하여”, 김우태의 생물교육자료실 홈페이지(<http://kimwootae.com.ne.kr/mb/molecularbiology-origin.htm>)에서 발췌; 서정선, “상향방식의 과학적 생명인식 — 분자생물학의 성과와 한계”, 과학사상연구회 편, □과학과 철학□, 제8집 (서울: 통나무, 1997), 83쪽 참고.

26) 이블린 폭스 켈러, 민경숙·이현주 역, □과학과 젠더□ (서울: 동문선, 1996), 219쪽.

27) 김환석, “양의 복제, 시민의 침묵: 생명공학에 대한 사회적 성찰”, □녹색평론□ 34호(1997), 110-111쪽.

연구비 지원이 대폭 감소된다. 이에 분자생물학자들은 그동안 축적된 발견을 응용하여 서로 다른 생물의 유전자를 조작함으로써 어떤 새로운 형질의 유기체를 만들어내는 가능성에 몰두하게 되는데, 이렇게 해서 나온 것이 ‘유전자 재조합 기술’이다. 1974년 당시 이 연구에 앞장섰던 폴 버그(Paul Berg)는 유전자 재조합 연구가 초래할 의도치 않은 위험에 대해 대중의 우려와 비난이 거세지자, 10여명의 분자생물학자들과 더불어 위원회를 구성하여 예상 위험이 정확히 밝혀질 때까지는 실험을 자진 유예하겠다는 내용의 성명서를 발표하게 된다. 하지만 실제로 그 효력은 얼마 가지 못했고, 1976년 이후 유예조치가 해지됨에 따라 이 분야의 연구가 가속도를 내게 된다. 흥미로운 현상은 이 무렵부터 대부분의 분자생물학자들이 산업적 활동에 진출하게 되었다는 점이다.²⁸⁾ 특히 1980년 6월 유명한 ‘차크라바티 사건’²⁹⁾에 대한 미국 대법원의 판결에 따라 실험실에서 만들어진 새로운 생물도 특허의 대상이 될 수 있게 되면서, 분자생물학은 상아탑을 빠져나와 당당히 시장에 진출하게 되었다. 당시 경제전문가들은 이것이 침체에 빠진 산업계를 구원할 것으로 보고 크게 환영했는데, 이와 같은 풍토가 소위 ‘유전공학벤처기업’의 급속한 성장을 가져온 것으로 풀이할 수 있다.

이상에서 우리는 진화학과 유전학, 세포학과 생화학, 그리고 분자생물학에 이르는 일련의 발전과정을 통해 탐구의 초점이 점점 미세 수준으로 진전해가는 것을 확인하게 된다. 세포가 생물의 가장 기본적인 구성단위라고 간주되었던 19세기와는 달리, 20세기 분자생물학에서는 분자와 유전자로 그 관심이 이동한 것을 볼 수 있다. 그리하여 박테리아에서 인간까지 모든 생물의 기능은 분자구조와 그 메커니즘을 통해 완벽하게 설명될 수 있다는 통념이 널리 퍼지게 되었다. 이러한 유전자 중심적 사고, 즉 유전자 정보를 규명해내기만 하면 생명의 비밀도 저절로 풀릴 것이라는 발상은 근대과학의 주류 생명관인 기계론적·환원주의적 관점을 고스란히 답습하는 것이다.

여기에 중요한 논점이 들어있다. 우리는 앞서 다윈의 세계에서 생물이 부품들의 총합으로 이루어진 기계처럼 파악되는 것을 살펴보았다. 그런데 이제 분자생물학과 생명공학의 시대에는 생물이 유전정보의 다발로 이해되고 있다.

28) 앞의 논문, 111-112쪽.

29) 차크라바티 사건은 차크라바티 박사가 유전자 재조합 기술을 이용하여 지금까지 자연에서 볼 수 없었던 ‘원유 분해 미생물’을 개발해 특허출원함으로써 미국 특허청과의 법정 논쟁이 시작된 것을 말한다. 논점은 미생물이 미국특허법 제101조에서 규정한 특허대상이 되는지의 여부였는데, 대법원은 ‘해 아래 인간에 의해 만들어진 모든 것은 특허의 대상이 된다’고 판시하였다. 따라서 법원은 원유를 분해하는 미생물은 유출된 원유를 정화하는 데 유용하므로, 차크라바티 박사의 발명이 자연의 산물이 아니고 발명자 자신의 것이라고 하면서 그것의 특허성을 인정했다.

리처드 도킨스(Richard Dawkins)는 □이기적 유전자□에서, 생명이란 “유전자에 의하여 암호화되고 자연선택에 의해서 보존되는 정보”라고 규정한 채 “세포는 유전자의 화학공장”이라고 기술하였다.³⁰⁾ ‘정보’로서의 생명관이 대두됨에 따라 과학의 언어 역시 변모되었다. ‘프로그램’이니 ‘암호’니 ‘시스템’이니 하는 컴퓨터 관련 용어들이 생명현상과 접목되기에 이른다. 생물 ‘시스템’의 생존 전략은 환경으로부터 수집한 ‘정보’의 ‘계산’ 및 ‘처리’ 능력과 밀접하게 연관되는데, 그러한 능력을 극대화하려면 복잡하고도 거대한 ‘네트워크’ 속에서 각 부분이 다른 모든 부분과 역동적으로 ‘통신’할 수 있어야 한다는 설명이 호응을 얻고 있다. 유기체에게는 재빠르게 변화하는 환경을 예측하고 신속하게 대응하는 능력이야말로 생존의 필수요소인데, 그렇기 때문에 진화의 사슬에서 뒤를 잇는 각각의 종은 마치 컴퓨터와 같이, 그 앞의 종보다 훨씬 더 복잡한 구조를 가지며 더 짧은 시간 내에 더 많은 정보를 훨씬 잘 처리하게끔 ‘업그레이드’된다는 것이다. 이러한 자연 이해는 마치 다윈의 진화론이 아담 스미스의 국부론과 유사한 음계로 울리듯이 오늘의 경제관을 반영하고, 또한 그것에 영향을 미친다.

20세기 최대의 연구 프로젝트라고 하는 인간 유전체 계획(Human Genome Project)의 기본전제에서도 나타나듯이, 생명을 ‘해독될 수 있는 암호’로 보는 관점은 기계론적·환원주의적 생명관에서 또 다른 차원으로의 도약을 암시한다고 할 수 있다. 생명을 기계로 보던 시대에는 그래도 ‘구조’가 중요한 고려 대상이었으나, 이제는 구조보다 더 중요한 것이 ‘정보’ 및 ‘정보 흐름’이 되었다. 정보의 속성은 넘나들이다. 생명이 정보로 환원됨으로써 생물체의 구조적 경계가 제거된다. 오늘날 생명공학에서 주요 실험 ‘아이템’이 되고 있는 이종간 교잡과 생명복제는 바로 이러한 환원주의 과학의 결정판인 것이다.

그러므로 리프킨이, 화석연료에 기반한 ‘불의 시대’를 지배했던 연금술(alchemy)과, 유전자에 의존하는 생명공학 시대의 생명연금술(algeny) 사이에는 공통점이 있다고 꿰뚫어본 것은 정확한 통찰이라 하겠다. “모든 금속은 금이 되는 과정 중에 있다”³¹⁾고 본 연금술사의 관점은 생물학적 종이란 “잠재적으로 이동 가능성이 있는 유전자들의 저장소”³²⁾라는 생명공학자들의 관점과 상통하는 면이

30) 리처드 도킨스, 홍영남 역, □이기적 유전자□ (서울: 을유문화사, 2002).

31) M. Berman, *The Reenchantment of the World* (Ithaca, NY: Cornell University Press, 1981), p. 88.

32) T. Eisner, “Chemical Ecology and Genetic Engineering: The Prospects for Plant Protection and the Need for Plant Habitat Conservation,” *Symposium on Tropical Biology and Agriculture* (St. Louis, MO: Monsanto Company, July 15, 1985); 리프킨, □바이오테크 시대□,

있다. 양자 모두 어떤 존재를 불연속적으로 분리되어 있는 하나의 실체로 보지 않고, 오히려 유동적인 상황 속에 있는 일시적이고 잠정적인 어떤 것, 다른 무엇이 되어가는 과정에 있는 것으로 생각한다.³³⁾

연금술사의 기도가 실패로 돌아간 것과는 달리, 오늘날 생명공학자들의 기도는 거의 완벽한 성공을 목전에 둔 것 같다. 그들은 “할 수 있으면 해야 한다”는 기술의 정언명법에 충실하게 유전자의 베일을 하나하나 벗겨서 지배영역을 확대해 나간다. 유전자를 자르고 짜맞추고 교환하고 키우는 모든 실험 속에는 베이컨과 데카르트에게서 배태되어 멘델 시대에 비약적인 꼴을 갖추고 드디어 생명공학자들에 의해 극에 달한 기계론적·환원주의적 생명관이 그대로 녹아들어 있다. 이론의 외피만 달라졌을 뿐, 그 밑바탕에 흐르는 생명관은 자연을 ‘길들이고’ ‘짜내고’ ‘구조하고’ ‘형성하라’고 소리치던 ‘창녀 자연론’의 시조 베이컨의 목소리가 담겨있다는 말이다.³⁴⁾ 유전자 재조합 기술과 복제기술 등을 이용하여 인간의 필요에 봉사하는 좀 더 순치(馴致)된 유기체를 창조하려는 시도는 그 자체가 자연 정복의 탐욕을 반영하고 있다고 할 것이다.

4. 나가는 말

이상에서 우리는 멘델 시대로부터 분자생물학 시대까지의 생물학적 변천사와, 각 시대마다 특정한 과학 이론이 형성된 사회경제적 토대를 살펴봄으로써 양자간의 역학관계를 검토해 보았다. 그 결과 생명의 ‘분자화(molecularization)’ 혹은 ‘정보화(informatization)’는 생명에 대한 이해를 더욱 빈약하고 협소하게 만들고 있음을 발견하게 된다. 기계론적·환원주의적 접근방식에 의해 생명을 파악하게 되면 마치 손가락 사이로 빠져나가는 모래알과 같이 생명에 대해 핵심적인 그

77쪽에서 재인용.

33) 이 점에서 우리는 유전공학자들의 심상을 떠받치는 새로운 진화 모델이 20세기 초 수학자이자 철학자인 화이트헤드(Alfred North Whitehead)에게서 많은 영향을 받았음을 짐작하게 된다. ‘과정철학(Process Philosophy)의 아버지’로 일컬어지는 화이트헤드는, 자연의 모든 것이 상호연결되어있고 상호 작용한다는 명제를 확립시켰다. 그는 ‘주관적 목적’이라는 개념을 사용하여, 유기체는 자신의 환경과 상호 작용하는 과정에서 주변의 변화들을 끊임없이 고려하면서 자신의 활동을 변화시켜 나간다고 보았는데, 이 때의 주관적 목적은 ‘정신’과 다름없는 것이다. 그에게서 진화란 종의 사슬이 이어지도록 정신이 그 영역을 확대해 나가는 과정이었다.

34) 구미정, “생태여성신학이 첨단과학을 만날 때”, □이제는 생명의 노래를 불러라□ (서울: 올리브나무, 2004), 89-91쪽.

무엇을 놓쳐버리고 만다. 왜냐하면 보통의 사람들은 누구든 ‘살아있음’의 감각을 유전자나 세포 차원에서 느끼지 않기 때문이다. 그러므로 ‘생명’이란 “살아있음의 성격을 추상해 낸 개념”³⁵⁾으로서, “하나의 형이상학적 개념이고, 따라서 과학의 영역 밖에 있는 것”³⁶⁾이라고 말하는 편이 옳을지도 모른다. 그렇다면 생명이란 무엇인가? 현대물리학의 생명이해는 점점 더 철학이나 종교적 생명관에 가까워지고 있는 듯 하다. 린 마굴리스(Lynn Margulis)와 도리언 세이건(Dorion Sagan)은 다음과 같은 이유를 들어 “생명이란 무엇인가”라는 질문 자체가 언어적 모순이라고까지 선언한다.

문법에 맞게 대답하려면 명사, 즉 구체적인 사물을 들어야 할 것이다. 그러나 지구상의 생명은 오히려 동사(Verb)에 더욱 가깝다. 생명은 자신을 수선하고 유지하며 다시 만들고 자신을 능가한다.

37)

명사가 아닌 동사로서의 생명을 이야기하면서 이 생명이 존속하려면 필연적으로 다른 생명체들과 공생하지 않으면 안 된다고 가르치는 현대물리학의 유기체적·전일적 생명관은 이미 과학의 언어가 아니라 시어(詩語)에 가까워 보인다. 그럼에도 불구하고 우리는 생명에 대한 보다 통합적이고 ‘시스템’적인 접근을 하기 위하여 현대물리학의 통찰에 귀를 기울이지 않으면 안될 것이다. 철저한 “상향방식(bottom-up)의 생명인식”³⁸⁾에 기반한 분자생물학적 접근만으로는 부족하다. 이제는 유전자가 아니라 몸으로부터 “하향방식(top-down)의 생명인식”³⁹⁾을 도모하는 총체론적 접근이 필요하다. 최근 소수의 분자생물학자들을 포함하여 다른 분야의 과학자들이 유전자 돌연변이와 환경적 유발 요인 사이의 관계를 연구한 보고에 따르면, 각 개인의 유전자 감수성은 식사 및 생활양식을 포함한 환경 요인들과 밀접한 연관성이 있는 것으로 나타났다.⁴⁰⁾ 특히 미국을 비롯하여 산업화된 국가들에서 전체 사망의 70 퍼센트 이상을 차지하는 “풍요의 질환”⁴¹⁾의 경우 과도한 흡연과 음주, 동물성

35) 장희익, □삶과 온생명□ (서울: 솔, 1998), 167쪽.

36) 차건희, “생의철학적 생명관—서양 18세기의 생기론”, 과학사상연구회 편, □과학과 철학□ 제 8집, 10쪽.

37) 린 마굴리스·도리언 세이건, 황현숙 역, □생명이란 무엇인가□ (서울: 지호, 1999), 34쪽.

38) 서정선, 앞의 논문, 83쪽.

39) 앞의 논문, 89쪽.

40) 리프킨, □바이오테크 시대□, 403-404쪽.

41) 풍요의 질환에는 비만, 당뇨병, 심장마비, 뇌일혈, 유방암, 결장암, 전립선암 등이 포함된다.

지방이 풍부한 식사, 살충제나 기타 유독성 화학물질에의 노출, 오염된 공기와 물에의 접근, 그리고 운동을 거의 하지 않고 앉아서만 생활하는 근무환경 등이 유전자 돌연변이를 유발한다는 것이다. 인간 유전체 계획에서는 아직까지 유전적 소인과 환경적 요인간의 상호작용에 관한 연구에 초점을 맞추기는보다는 유전자의 암호해독에 급급한 실정이지만, 앞으로는 유전자 조작을 통해 종의 진보를 꾀하는 방향이 아니라 종과 환경 사이의 좀더 지속가능한 관계 정립을 모색하는 방향으로 나아가야 할 것이다.

사실 시장은 환원주의 과학을 선호한다. 특정 질병의 원인을 유전자 이상에 돌리고 그 유전자를 교정하거나 조작하는 방식으로 치료를 진행하는 편이 한결 수월하게 돈을 버는 지름길이다. 시스템적인 사고방식은 사람들로 하여금 유전자 검사에 의존하거나 유전자 치료법을 기웃거리는 대신에 스스로의 생활방식을 돌아보고 자기 몸의 자정능력을 신뢰하면서 환경을 건강하게 가꾸어나가도록 유도하기 때문에 시장의 논리와는 맞지 않는다. 그래서 소위 ‘바이오 산업체’로부터 연구 자금을 지원받는 생명공학자들은 점점 더 시장의 수요에 맞추어 ‘돈 되는’ 유전자를 찾아내는 일에 눈을 돌리고 있으며, 소위 생명자본주의(biocapitalism)의 성실한 추종자들이 되어가고 있다⁴²⁾.

이러한 악순환의 고리를 끊으려면 무엇보다도 기계론적·환원주의적 세계관과 생명관이 극복되어야 할 것이다. 이것은 연구와 실험의 주체인 과학자에게 전적으로 맡길 성질의 일이 아니다. 기계의 시대에는 ‘기계’로서의 생명관이 태어나고 정보의 시대에는 ‘정보’로서의 생명관이 정립되는 법이다. 과학자 역시 사회인으로서 마치 거울처럼 사회를 반영하는 동시에 사회에 영향을 미치기 때문이다. 이러한 맥락에서 볼 때, 가령 우리 사회의 장애인 차별이 사라지지 않는 한, 아무리 유전공학기술이 발달한다고 해도 유전자 차별주의를 없애지는 못할 것이다. 기술이 능사가 아니다. 문제는 어떤 기술을 어떻게 사용할 것인지 결정하는 대중의 합의요, 공동책임감이다.

그렇다면 이제야말로 시민대중이 나서서, 실험실을 신성불가침의 영역으로 신비화·우상화하던 과거의 무책임한 전통에서 벗어나 우리 자신과 우리의 후손과 지구 자체를 위해 적극적인 참여정신을 발휘하는 길 밖에 없는 것 같다. 20세기 전반의 가장 중요한 과학적 업적으로 손꼽히는 핵분열 기술의 경우, 핵폭탄 제조와 원자력 에너지 사용을 줄이거나 중단하도록 강제한 세력은 정부도, 과학자도,

42) 양재섭, “생명자본주의, 그 달콤한 독약”, □내일을 여는 작가□ (작가회의 출판부, 2005년 여름),

6-18쪽; 양재섭, 구미정, “현대 과학기술과 생명”, □세계생명문화포럼: 한국의 생명담론과 실천운동

□ (생명과 평화의 길, 2004), 503-523쪽.

전문가도 아닌 일반대중이 아니었던가? 과학적 연구와 실험은 과학자 개인의 몫이지 몰라도 그로 인한 혜택과 위험은 대중사회 전체의 몫이기 때문에, 시민은 과학자들에게 ‘알 권리’를 요구하고 과학자들은 시민에게 ‘충분한 설명에 근거한 동의’를 얻어낼 수 있도록 겸손하게 대화하는 자세가 필요하다. 이렇게 서로 소통하는 과정은 대단히 느리고도 점진적인 절차가 소요될 것이다. 그러나 진정한 역사 발전은 혁명(revolution)이 아니라 진화(evolution)에 의해 이루어져야 한다는 말도 있지 않은가?

리프킨은 “생명공학의 세기는 궁극적으로 시스템적인 사고방식을 가진 자들의 시대”⁴³⁾라고 전망하면서, “유전자·유기체·생태계·생물권을 하나로 통합하여 ‘슈퍼 유기체’로”⁴⁴⁾ 보는 통합적이고 총체적인 관점만이 우리를 희망 있는 미래로 이끌 것이라고 제안한다. 더 나아가 그는 바로 이런 이유로 인해 결국 생태학자들이 유전공학자들보다 더 우월한 입지를 차지하게 될 지도 모른다고 내다보기도 한다. 중요한 것은 학문간의 서열이나 학자간의 위계가 아닐 것이다. 리프킨이 지적하는 바도 그러한 키 재기 경쟁이 아니라, 우리가 원하고 기대하는 미래를 얻기 위해 각자가 지금 어떤 식으로 책임을 질 것인가를 고민하라는 권면이다.

오랜 진화의 역사에서 특정한 하나의 생명관이 서서히 나타나 개개인의 의식과 사회 전반의 구성원리로 확고하게 자리 잡게 되는 데는 최소한 몇 백 년이 소요된다. 이제 우리는 상대적으로 너무나 빠른 시간 내에 우리 손에 쥐어진 전대미문의 과학적 업적 앞에서, 어떠한 생명의 관점에 입각하여 그 기술을 재편할 것인가 하는 중대한 결단 앞에 서 있다. 지금이야말로 진정한 시민과학의 출현이 필요한 시점이고 책임 있는 시민의식이 절실한 시점이다. 정의롭고 지속가능한 미래를 열어가기 위하여 함께 지혜를 모으는 공동체적 접근이 다양하게 모색되고 실험되기를 바란다.

43) 리프킨, □바이오테크 시대□, 412쪽.

44) 앞의 책, 같은 부분.