

## 발표 2. 인간게놈프로젝트의 여러 얼굴

김동광 과학세대 대표, 시민과학센터 시민교육위원장

지난 6월 26일 클린턴 대통령과 블레이 총리는 사람의 DNA 염기서열의 위치를 해독하는 인간게놈 프로젝트(Human Genome Project)의 초안을 발표하면서 “인류 역사상 가장 중요한 사건 중 하나”, “신이 인간을 창조한 언어를 이해하는 과정에 들어선 사건”이라고 격찬했다. 전세계의 신문과 TV는 한결같이 게놈 프로젝트의 완성이 질병을 극복하고 생명의 신비를 풀 수 있는 열쇠를 얻게 되었다는 축제의 광파를 울렸다.

인간은 17세기의 과학혁명과 그 이후의 산업혁명 이래 세계의 모습을 바꾸어 놓았다. 지금까지의 변화가 인간을 둘러싼 조건과 환경의 변화였다면 게놈프로젝트의 완성이 본격화되고 있는 생물공학의 혁명은 인간과 생명 그 자체의 변화를 의미한다. 제레미 리프킨(Jeremy Rifkin)은 최근 발간된 “바이오테크의 세기(The Biotech Century)”라는 저서의 1장에서 이렇게 말하고 있다. “향후 25년 동안 우리의 생활양식은 우리가 과거 2백년 동안 겪었던 변화보다도 더 근본적으로 변화할 것이다. 2025년까지 우리와 우리의 후세들은 인류가 일찍이 과거에 경험했던 세계와는 전혀 다른 세계에서 살게 될지도 모른다.” 리프킨이 이야기하는 변화는 상당히 근본적이고 포괄적인 것이다. 그것은 그 변화의 정도가 생물에 대한 정의, 인간의 본성(즉 인간스러움[humanity]), 성(性), 생식, 출생, 부모의 역할, 나아가 평등과 자유의지에 대한 의미까지도 바꾸어 놓을 수 있음을 뜻하는 것이다. 말 그대로 ‘생물공학(biotechnology)의 시대’가 오고 있는 것이다.

현재 진행되고 있는 과학에 대해 이야기하기는 무척 힘들다. 특히 그 의미와 파급효과라는 측면에서 일찍이 그 유례를 찾아보기 힘든 변화가 우리 사회와 우리 자신에게 어떤 의미가 있는지를 개괄적으로나마 평한다는 것은 더욱 힘들다. 그렇지만 모든 변화가 그러하듯 오늘날 생물공학을 둘러싸고 벌어지는 급격한 변화도 우리를 기다려주지 않는다. 작년 큰 소동을 빚었던 유전자 조작 콩과 옥수수는 여전히 두부, 콘플레이크의 모습으로 우리들의 밥상에 오르고 있고, 며칠 전에는 한국에서 처음 복제소를 탄생시켰던 한 교수가 인간의 배아(胚芽)세포를 복제하는데 성공했다는 기사가 보도되었다. 이미 우리는 그 변화의 한복판에 놓여있고, 어떤 식으로든 이러한 변화에 대응하지 않을 수 없는 것이다.

이 글에서는 오늘날 생물공학을 둘러싼 문제의 중요한 토대인 인간게놈프로젝트의 정치경제학에 대해 간략하게 살펴보고, 이 프로젝트의 완성과 이후의 전개 양상이 우리들에게 어떤 의미를 가지는지 그 인식론적 함축과 윤리, 사회적 문제를 살펴보기로 하겠다.

### 1. 사상 최대의 거대과학 인간게놈프로젝트

사람의 전체 유전자, 즉 인간 게놈을 해석하는 인간게놈프로젝트(Human Genome Project, HGP)는 그 출발과 함께 “인간이라는 책을 읽는 대장정”, “생물학의 성배(聖杯)” 등 화려한 수사로 장식되었다. 게놈 프로젝트는 약 10만개에 달하는 사람의 유전자의 정확한 지도를 작성해서, 어느 유전자가 어떤 특성에 관여하는지를 밝혀낸다는 야심찬 계획이다. 1953년 왓슨과 크릭이 DNA의 이중나선구조를 밝힌지 불과 30여년 후인 1985년 미국의 산타크루스의 캘리포니아 대학에서 최초로 인간 게놈을 해석하는 계획에 대한 논의가 시작되었고, 그후 21세기에 미국이 세계를 주도하게 만들 핵심기술이 생물공학임을 간파한 미국 에너지성(ODE)과 국립보건연구소(NIH)가 주도권을 놓고 치열한 경쟁을 벌이다가 1989년에 상호협조 각서에 서명하면서 인간게놈프로젝트는 본격적으로 착수되었다.<sup>1)</sup> 일본과 유럽도 같은 해에 연구계획에 착수했다. 역사상 가장 많은 돈이 들어가고, 세계의 주요한 국가들이 대거 공동으로 참여하는 거대과학(big science)<sup>2)</sup>이 시작된 것이다.

이 연구에 참여한 대부분의 과학자들과 국가 연구프로젝트를 지원하는 각국 정부들은 인간게놈프로젝트가 우리에게 줄 수 있는 긍정적인 측면들을 적극적으로 부각시켰다. 가장 많이 거론되는 분야가 하늘이 내린 천벌로 불리는 유전병이다. 유전성 알츠하이머병, 헌팅턴무도병, 낭포성섬유증, 겸형적혈구빈혈증 등이 여기에 속한다. 유전병에 관여하는 유전자의 발견은 그 예방과 치료약 개발로 이어지기 때문에 유전병에 시달리는 이들에게는 복음과도 같은 반가운 소식이다. 그외에도 유방암, 대장암 등의 암(癌)과 에이즈를 비롯해서 아직까지 인류가 극복하지 못하고는 있는 난치병들도 유전자와의 관계가 밝혀진다면 치료와 예방을 위한 새로운 길이 열릴 수 있다는 것이다. 그러나 무려 30억 달러라는 천문학적인 천문학적 비용이 들어간 것으로 추정되는 인간게놈프로젝트가 전체 인구 중에서 극히 일부를 차지하는 유전병 환자들을 위해 계획된 것은 물론 아니다. 이 프로젝트가 처음 논의가 시작된지 불과 몇 년만에 일사천리로 결정된 데에는 다음 세기에 열릴 엄청난 규모의 시장에 대한 예상이 큰 역할을 했다.

## 21세기에 열릴 천문학적 규모의 생물공학 시장

많은 사람들은 유전공학의 진전이 21세기에 수조 달러의 천문학적 시장을 형성할 것이라고 입을 모은다. 현재 진행되고 있는 게놈프로젝트는 일부 추산에 따르면 30억 달러 이상의 예산이 들어갈 것으로 추정되지만 실제로 얼마가 들어갈지는 아무도 정확히 계산하지 못한다. 이 규모는 인간을 달에 보낸 아폴로 계획과는 비교도 되지 않는 정도이다. 60년대의 아폴로 계획은 소련과 벌인 냉전의 일환이었기 때문

1) AAAS(미국과학진흥협회)의 기관지 <사이언스(Science)> 1990년 7월 27일호(vol. 249) pp. 342-343에서 분자유전학자 Bernard D. Davis는 게놈프로젝트의 출발에 대해 이렇게 말한다. “. . . HGP는 특이한 기원(unusual origin)을 가지고 있다. 이 프로젝트가 실질적인 연구 필요성을 주장하는 분자유전학자나 생의학 기금에 의해 주도된 것이 아니라 정치적으로 눈치빠른(politically astute) 에너지성의 행정가들에 의해 추진되었기 때문이다. 그들은 분자생물학이라는 강력한 도구가 중앙통제되는 ”거대 과학“을 생의학 연구에 도입시키는 것을 가능하게 해줄 것이라고 확신했다. . . .” 데이비스와 함께 공동집필자로 나선 하버드대학의 분자유전학 및 미생물학자들은 이 글에서 “엄청난 규모의 설비와 시설들을 필요로 하는 물리학의 다른 분야들과는 달리 생물학은 그런 정도의 ”거대 과학“에 대한 분명한 요구를 갖지 않는다. 분자생물학 분야에서 미국이 그동안 극적인 성공을 거둘 수 있었던 것은 독립적이고, 연구자가 주도하고 (investigator-initiated), 동료평가가 이루어지는 연구에 크게 힘입었다. . . .”라고 말하면서 게놈프로젝트의 거대과학화에 분명한 반대를 표시했다.

2) 2차대전 이후 과학 연구활동의 특성이라 할 수 있는 big science는 다음과 같은 공통요소를 갖는다. 첫째, 연구에 동원되는 물질, 인적 자원의 규모가 크다. 둘째, 그 이전까지 과학자 개인의 연구 동기나 목표가 중시되던 비해 국가나 대기업이 연구주제의 설정, 진행 등을 주도한다. 셋째, 연구과정의 중앙집중화, 관료화, 연구 조직의 위계화가 강화된다.

에 가능할 수 있었다. 57년 소련이 스푸트니크 인공위성을 지구 궤도에 올리자 미국은 자존심에 큰 상처를 입었고 ‘스푸트니크 충격’에서 벗어날 수 있는 아폴로계획을 제창하게 되었다. 따라서 60년대의 거대 과학인 아폴로 계획이 냉전(冷戰)의 대리전이라는 정치적 동기의 산물이었다면, 역시 미국에서 시작된 90년대의 거대과학인 게놈프로젝트는 냉전 이후의 세계질서를 그대로 반영하면서 경제적 동기에 의해 힘차게 굴러가고 있는 것이다.<sup>3)</sup> 그리고 이 바퀴를 굴리는 원동력은 자본의 논리이다. 여담이지만 같은 미국에서 입자물리학 분야의 획기적인 진전을 가져다줄 것으로 기대되었던 세계 최대의 입자 가속기 SSC 건설계획이 미 의회의 지원 중단 결정으로 사실상 백지화되었고, 지구밖 생물체의 가능성을 탐지하는 SETI 계획이 예산 부족으로 허덕이고 있는 상황은 기묘한 대조를 이룬다.

그동안 미국을 비롯한 전세계의 우수 생물공학회사들은 막대한 비용을 들여 유전자 해석 프로젝트를 지원하거나, 과학자들을 고용해 독자적으로 염기서열 해석작업을 진행시켰다. 미국의 셀레라 게노믹스사가 대표적인 경우라 할 수 있다. 초기의 게놈프로젝트에 참여했던 일부 과학자들이 연구소를 나와 기업을 차린 경우도 있다. 이들 기업들은 장래에 열릴 엄청난 규모의 시장을 선점하기 위해서 유전자 특허를 얻기 위한 시도를 벌이고 있다. 즉, 돈벌이가 될 중요한 유전자의 염기배열에 대한 특허를 얻어 이후 개발될 치료약이나 그밖의 상업적 이윤을 독점하려는 것이다. 유전자 특허가 러시를 이루고 있는 상황에서 “유전자는 인류 공동의 유산”이라는 유네스코(UNESCO)의 게놈현장은 힘을 잃고 있다. 클린턴 대통령은 지난 3월 14일에 게놈프로젝트의 결과를 인류에게 공유시키겠다고 발표했지만 아이러니컬하게도 현재 인간 유전자와 연관해서 가장 많은 특허를 획득한 기관은 미국 정부이다(99년 말 현재 388건).

이번 발표에서 클린턴 대통령과 함께 셀레라 게노믹스사의 크레이그 벤터 박사가 나타난 사실이 상징하듯이 게놈 프로젝트는 그 출범 자체가 유전자 상업화라는 동기에서 시작되었고, 앞으로도 상업주의의 대세를 막기는 힘들 것으로 예상된다. 셀레라게노믹스사는 이미 그동안 해독한 유전 정보를 기초로 6천 건 이상의 특허를 출원해놓은 상태이다.

## 2. 유전자 결정론을 우려한다 — “우리, 유전자 안에 없다”

### 인식론적 문제; 인간 = 유전자?

인간게놈프로젝트를 지지하는 과학자와 정책입안자들은 생물공학에서 이루어지는 새로운 진전이 인류에게 풍요로운 미래를 약속해줄 것이라고 말한다. 그러나 많은 과학자와 환경운동단체, 과학기술 시민운동단체들은 이미 오래전부터 유전자 해석과 조작에 따른 부작용과 사회적, 윤리적 문제들을 지적해왔고, 몇해전 복제양 돌리 사건 이후에는 일반 대중들 사이에서도 그 우려의 목소리가 높아지고 있다. 그러나

3) 여러 가지 측면에서 생물공학과 연관된 주제들은 과거의 원자력을 둘러싼 논쟁과 비슷한 측면이 있다 - 합성 괴물(synthetic monster), 돌연변이 동물들, 일탈 과학자, 그리고 통제불능의 산업체들. 이처럼 유사한 특성들은 big science의 정치경제학, 그 기반에 깔려있는 자본주의적 initiative와 동기 등의 구조적 측면들에서 연유한다고 볼 수 있다. 그밖에도 양자는 2차대전 이후의 과학기술에 대한 일반인들의 위험인식이라는 문화적 측면들, 그리고 현대 기술문화 속에서 앞선 기술이 좋은 기술로 인식되는 기본적인 흐름들로 인해 자신도 모르는 사이에 그런 흐름들이 establish될 것이라는, 그리고 무엇으로도 그 흐름을 막을 수 없으리라는 암묵적인 예상까지도 공유하는 측면이 있다.

많은 사람들은 그러한 술한 우려의 바닥에 깔려있는 보다 근본적인 인식론적(epistemological) 문제를 간과하고 있다. 게놈초안이 발표된 이후 우리나라의 많은 언론들은 “생명의 신비가 풀린다”, “질병과 노화에서 벗어날 수 있는 길이 열렸다” 등의 보도를 연일 계속했고, 많은 생물학자들은 유전자를 인간의 청사진(blueprint)에 비유했다. 이러한 일련의 사태는 일반인들 사이에서 유전자 결정론(genetic determinism)<sup>4)</sup>이 확산되고 있다는 우려를 불러일으키고 있다.

유전자 결정론이란 말 그대로 유전자가 인간을 비롯한 모든 생물을 결정하며, 유전자를 해석하기만 하면 인간의 모든 것을 알아낼 수 있다는 생각이다. 이러한 생각은 유전자 재조합이라는 유전자 조작을 통해 질병 뿐 아니라 사람의 육체적, 정신적 특성까지 좌지우지할 수 있다는 생각으로 발전할 수 있다. 이런 생각은 사람을 비롯한 모든 생물을 기계나 컴퓨터로 간주하고, 그 설계도나 프로그램에 해당하는 유전자를 분석하기만 하면 사람의 정신적 특성 나아가 인간스러움(humanity)의 본성까지도 낱낱히 밝혀질 수 있다는 기계론적 사고방식의 연장이라 할 수 있다.<sup>5)</sup> 게놈프로젝트는 그 출발에서부터 이러한 유전자 결정론적인 사고방식을 그 바탕에 깔고 있는 셈이다. 그러나 인간은 유전자로 환원될 수 없다. 유전자의 작동방식이 컴퓨터의 프로그램과는 크게 다르기 때문이다.

유전자 속에 들어있는 유전정보와 컴퓨터 프로그램의 정보는 유사하기는 하지만, 다음과 같은 본질적인 차이를 갖는다. 첫째, 유전자가 발현되는 과정은 컴퓨터처럼 외부의 지시에 의한 타율적인 것이 아니라 자율적인 과정이다. 둘째, 유전자는 컴퓨터 프로그램이 결과와 1 대 1 대응하는 것과는 달리, 개체를 이루는 많은 유전자들이 발현 과정에서 서로 상호작용하며 이러한 과정을 통하여 개별 유전자의 속성과는 전혀 다른 새로운 속성을 나타낸다. 셋째, 유전정보가 발현되는 과정에는 끊임없이 외부환경의 정보가 유입되며 이러한 외부환경의 영향에 의해 새로운 발현 과정이 창발(創發)될 수 있다.

큰 차이점만 개괄했지만, 이러한 유전자의 특성을 감안할 때 유전자 하나 하나를 따로 떼어 각각의 역할이나 구조를 규명함으로써 알 수 있는 것은 이 유전자가 지니는 속성의 일부에 지나지 않는다. 사람을 이루는 여러 가지 특성의 발현, 나아가 생명활동은 여러 유전자들이 서로 연합하고 상호작용하는 과정에서 이루어지며 동시에 주변환경의 요인에 의하여 끊임없이 변화한다. 따라서 생물의 특성이나 생명현상 자체를 다룰 때에는 하나의 유전자가 지니는 유전정보를 하나씩 따로 떼어서 생각하기 보다 전체를 조망하여야 할 필요가 있다. 따라서 인체의 특정한 특성은 단일 유전자에 의해 결정되는 것이 아니라 여러 유전자와 발생과정, 그리고 주변 환경의 복잡한 상호작용을 통해 나타나는 것으로 이해되어야 한

4) 이 글에서 유전자결정론은 유전자 환원주의(genetic reductionism)와 같은 의미로 사용되고 있다. Sarkar는 세가지 판단근거를 기초로 환원주의를 여러 종류로 나누고 있다. 근거는 1)본질주의(fundamentalism) 2)추상적 위계(abstract hierarchy) 3)공간적 위계(spatial hierarchy)이다. Sarkar는 환원주의를 크게 3종류로 나눈다. 첫째, 약한 환원주의(weak reductionism)는 1)만을 만족시킨다. 둘째, 추상적 위계적 환원주의는 1)과 2)를 만족시킨다. 셋째, 강한 환원주의는 1), 2), 3)을 만족시킨다. Sarkar에 따르면 유전자 환원주의는 두 번째인 추상적 위계적 환원주의에 해당하며, 강한 환원주의는 물리적 환원주의에 속한다. 그러나 현재 확산되고 있는 유전자주의(geneticism, 이 말도 Sarkar가 만든 용어이다)는 두 번째를 넘어 실질적인 물리적 환원주의의 수준으로까지 심화되는 추세이다.

5) 분자생물학과 게놈프로젝트의 영향으로 생명현상에 대한 인식과 그 연구에서 “분자화(molecularization)”가 과학적 진보와 동의어처럼 사용되고 있는 추세에 대해서도 논란이 있다. 분자화가 힘있는 경향으로 자리매김되어 있는 상황에서 분자화는 생명인식과 연구의 한 방식이 아니라 마치 유일한 방식인양 오해되고, 그렇지 않았으면 여러 가지 풍부하고 다양한 방식으로 전개될 수 있었을 생명연구의 여러 가지 접근방식들을 한가지 방향으로 제약하고 다른 접근방식을 가로막는 경향이 있다는 것이다. 유기체로서의 생물 시스템을 포괄적으로 이해하는데 분자 차원의 정보가 실제로 어느 정도의 의미를 갖는 것인지에 대한 균형있는 인식이 방해받는다든 점에서 현재의 분자화 추세는 DNA 염기서열의 가치를 과대포장하는 경향이 있다.

다. 하물며 한 개인의 성격, 지적 능력과 같은 복잡한 정신적 특성이 유전자에 대한 해석으로 규명될 수 있다는 생각은 낚센스에 가깝다.<sup>6)</sup> “사람 = 유전자”라는 생각은 “사람 = 기계”라는 생각과 다르지 않으며, 서구의 오랜 전통인 기계론적 인체관이 자기발전을 거듭한 결과이다.<sup>7)</sup>

그동안 인류는 자연을 개발의 대상으로 삼으면서 물질적 풍요로움과 누려왔다. 근대 이후 개발과 조작의 대상은 점차 확대되어 생물과 인체까지 그 속에 편입되었다. 그리고 게놈프로젝트를 통해 날로 강화되고 있는 유전자결정론은 종(種)의 경계를 뛰어넘어 모든 생물을 자신의 의도에 따라 조작할 수 있을 뿐 아니라 인간스러움을 구성하는 여러 가지 특성들까지 조작가능하다는 생각을 - 의식적이든, 무의식적이든 - 불어넣고 있다. 이것은 우리의 생명관(生命觀) 자체의 급격한 변화를 뜻한다. 유전암호의 해독으로 생명의 신비가 모두 풀리고 마음대로 조작할 수 있다는 생각은 게놈프로젝트로 인해 발생할 것으로 우려되는 윤리적, 사회적 문제의 인식론적 토대를 이룬다. 산업혁명 이래 자연에 대한 무분별한 개발과 조작은 생태계 파괴와 환경오염과 같은 전지구적 위기를 낳았다. 그 토대에는 근대과학이 형성시킨 역학적, 기계론적 세계관이 있었다. 우리는 아직 그 위기를 어떻게 극복할 수 있을지 대안을 찾지 못하고 있다. 그리고 지금 게놈프로젝트는 유전자 결정론을 통해 조작주의적인 생명관을 조장시키고 있다. 생명에 대한 유전자적 이해가 생명이라는 포괄적인 생태적 현상을 이해하는데 도움을 줄 수 있다는 것은 사실이지만, 그것이 부분적인 이해에 불과하다는 사실을 분명히 해야 할 필요가 있을 것이다. 생명은 DNA의 염기서열로 환원될 수 없으며, 우리는 유전자 안에 있지 않다.

### 3. 윤리적 문제; 누가 인간의 가치를 판단할 수 있는가

이러한 인식론적 문제는 곧바로 현실의 윤리 문제로 발전한다. 인간게놈프로젝트는 유전병 치료와 암을 비롯한 불치의 질병 극복을 목표로 내걸었지만, 그 프로젝트의 출발을 가능하게 했던 다음 세기의 잠재적 시장은 치명적인 유전적 질병 뿐아니라 키, 비만도 등 이른바 “질병 이외의 특성”에까지 뻗어있다.

건강한 자식을 갖고 싶다는 욕구는 동서고금을 막론하고 예외가 없을 것이다. 유전병이 있는 가계(家系)의 부모가 앞으로 태어날 자식이 유전병과 같은 질병에 걸릴 가능성이 있는지를 미리 판별해보고 싶은 심정은 어찌 생각하면 이해가 갈 수 있을 것이다. (물론 이 경우에도 유전병의 소질을 가진 태아를 미리 제거한다는 것은 엄청난 윤리적 문제를 야기한다. 유전병을 가지고 살아가는 짧은 삶이 가치가 없다고 누가 판단할 수 있을까.) 그러나 이른바 출산전, 또는 착상전 유전자 검사가 확산되면 유전병 가계가 아닌 사람들도 경제적 여유만 있다면 자신들의 자식에 대해 이러한 ‘유전자 감별’을 하려 들 것이다. 실제로 일부 보고에 따르면 이미 미국을 비롯한 선진국에서 부유층을 중심으로 출산전 유전자 감별이 자행되고 있다. 따라서 바람직하지 않은 유전자를 가진 태어나 인간의 배아(胚芽)는 세상 구경도 하지

6) 지난 97년 복제양 돌리가 처음 탄생했을 때, 일부 언론에서 히틀러나 아인슈타인을 여러명 복제할 수 있을 것이라는 기막힌 보도를 내보낸 것은 대표적인 사례이다. 여기에서 주목해야 할 것은 일부 기자들의 무지가 아니라 이런 보도가 나갈 수 있는 환경으로서 암묵적으로 대중들 사이에 퍼져있는 유전자 결정론적 사고이다.

7) 분자생물학과 연관된 주요한 키워드가 “유전자 재조합, 조작, 변형, 삽입, 복제” 등의 기계론적 용어들이라는 것도 이러한 사실을 잘 보여준다.

못한채 사전에 제거될 운명에 처하는 것이다.

일부 과학자와 생물공학 회사들은 질병 이외의 특성에 대한 유전자 검사에 대해 긍정적인 주장을 제기한다. 선천성 난장이를 비롯해서 유전자에 의해 빚어지는 모든 신체 부자유자들이 사라진다면, 그 결과는 바람직한 것이 아닌가? 태어날때부터 선천적인 기형(奇形)을 가지거나 선천성 간질병과 같은 질병을 갖고 세상에 나온 이들의 고통을 줄일 수 있다면 얼마나 좋겠는가? 일견 타당한 이야기이다. 그들이 겪는 고통은 이른바 정상인들로서는 상상할 수 없을 정도이다. 그렇지만 그들이 겪는 고통이 과연 어디에서 연유한 것인지를 조금더 깊이 파고들면 우리는 전혀 다른 해결책에 도달할 수 있음을 깨닫게 된다. 그리고 이런 고통을 빚어내는 사회적 구조가 온존하는 한, 정상과 비정상이라는 사회적 편견이 존재하는 한 이 불행의 고리는 결코 끊어지지 않을 것이다.

과학철학자 필립 키처(Philip Kitcher)는 이 지점을 “의료가 사회적 편견에 의해 대체되는 지점”이라고 날카롭게 지적했다. 키처는 그의 저서 “다가올 우리의 삶 - 유전공학의 혁명과 인간의 가능성”에서 유전공학을 통해 “삶의 질”을 개선할 수 있다는 주장을 펴는 일부 학자들을 비판했다. 과연 귀머거리, 정신박약아, 난장이는 이 세상에 태어나서 살아갈 권리가 없는 것인가? 누가 그들이 이른바 정상인보다 못한 삶의 질을 누리도록 강요하고 있는 것인가? 그 답은 매우 분명하다. 소위 정상인이라 불리는 자들이 그들에게 고통을 강요하고 있는 것이다. 우리는 매일같이 텔레비전과 잡지를 통해 늘씬한 미인과 미남 배우들을 보고, 광고에 등장하는 기형에 가까울만큼 호리호리한 남녀를 선망의 대상으로 삼으며, 그렇게 하도록 강요받고 있다. 전세계의 다국적 기업 화장품 회사들은 사람들을 인공적인 아름다움에 길들인다. 아이들이 좋아하는 일본제 만화영화에 등장하는 여자 주인공들은 한결같이 영덩이에 닿을만큼 긴 머리와 날씬한 몸매, 늘씬한 키의 소유자들이다. 이렇듯 우리의 아이들은 어린 시절부터 “비현실적인 서양의 미남 미녀에 대한 콤플렉스”를 키우며 자라나는 셈이다. 우리나라에도 많은 독자층을 확보하고 있는 일본의 작가 무라카미 하루키의 작품에 등장하는 남자 주인공들은 “군살이라고는 단 1그램도 붙지 않은” 모습으로 정형화된다. 우리는 매년 전세계에서 살빼는데 들어가는 비용이 작은 나라의 GNP를 넘어서는 세상에 살고 있다. 우리에게 많은 돈을 들여 살빼기를 강요하고, 정상 체중을 가진 십대 여학생들의 상당부분이 자신을 비만으로 생각하게 만들고, 무리한 살빼기를 계속하다 건강까지 해치게 만드는 것은 누구인가?

자본은 이러한 편견과 콤플렉스를 조장하면서 엄청난 이윤을 올린다. “정상과 비정상”의 대립구도에서 가장 득을 보는 쪽은 자본인 셈이다. 그들이 어떻게든 이 구도를 유지시키려 하는 것은 피할 수 없는 자본의 논리이다. 가령 유전자 검사로 난장이가 사라진다면, 키에 대한 콤플렉스가 모두 없어지고 우리들의 삶의 질이 높아질 수 있을까? 그렇지 않은 것 같다. 이렇게 되면 과거에 정상에 속하던 키작은 사람들이 비정상의 범주로 내려오게 될 뿐이다. 난장이가 사라진 세상에 또다른 난장이가 태어나는 셈이다. 유전자 검사로 돈벌이를 하는 기업들은 어떻게든 사회적 편견을 조장하고, 비정상인들을 ‘만들어내기’ 위해 갖은 수단과 방법을 동원할 것이다.

따라서 우리는 이런 물음을 제기할 필요가 있다. 과연 누가 정상과 비정상을 구분할 기준을 가지고 있는가? 무슨 기준으로 정상인과 비정상인을 구분하는가? 사회적인 편견과 그 편견의 원천인 왜곡된 구조가 온존하는데, 누가 온전한 삶의 질을 누릴 수 있단 말인가?

유전정보가 사람들의 삶의 질을 향상시키는데 기여할 수 있기 위해서는 오늘날 모든 문제를 기술적으

로 해결하려는 위협스러운 경향에 대한 인식이 선행되어야 할 것이다.

#### 4. 사회적 문제; 사회적 권력으로서의 유전정보

오래 중요한 과학적 진전이 이루어질 때면 그 결과가 실제 이상으로 부풀려지고, 그 과장된 이미지는 대중매체를 타고 일반인들에게 깊이 각인되어 이런 환상이 사라지기까지 상당한 시간이 걸리곤 한다. 얼마전부터 우리 주변에서도 게놈프로젝트와 유전자를 둘러싸고 이런 현상이 나타나고 있다. 한편에서는 생물공학을 간판으로 내건 회사들의 주가가 연일 폭등하고, 여러 사람들이 모인 자리에서는 유전자 코드가 모두 해독되지만 하면 암을 비롯한 모든 질병이 사라지고 무병장수의 시대가 열릴 것이라는 이야기가 자못 심각하게 오가곤 한다. DNA 이중나선 구조를 묘사한 온갖 기호와 장식들은 서적, 회사 로고, 간판 등에서 우리시대를 나타내는 대표적인 상징물로 자리를 잡아가고 있다. 이제 유전자는 실험실을 넘어 주요한 하나의 문화현상으로 등장하고 있는 셈이다. 이 과정은 유전자, 또는 유전정보가 사회적 권력(Social Power of Genetic Information)으로 자리를 잡아나가는 과정이기도 하다. 그리고 대중매체에서 나타나는 유전자와 유전정보에 대한 정형화된 인식은 기자들의 고안물이나 상상의 산물로 그치지 않는다. 그것은 과학자들에 의해 투영된 이미지에 그 기반을 두고 있는 것이다.

##### 1) 유전정보가 게이트 키퍼로 활용될 가능성

유전정보가 갖는 사회적 권력을 제대로 이해하기 위해서는 유전자라는 개념이 갖는 포괄적이고 광범위한 문화적 호소력(cultural appeal)을 잘 파악해야 한다. 현재 사회적으로 중요한 제도인 학교, 법정, 보험회사, 고용주 등은 과거의 IQ 검사, 정신병 검사의 뒤를 이어서 유전자 검사를 받아들일 채비를 하고 있다. 그런 면에서 유전자 검사는 전혀 새로운 종류의 검사가 아닌 셈이다. 앞서의 검사들과 마찬가지로 유전자 검사는 일종의 게이트 키퍼(gate keeper), 즉 접근 통제에 사회적 역할을 맡는다. 우리는 요즘 개인 정보가 판매회사나 정보기관, 범죄자들의 손에 넘어가는 사태에 대해 우려하고 있다. 인간게놈프로젝트로 인간의 모든 유전자가 해석되고, 주민등록증이 전산화되듯 개인의 유전자 검사가 보편화될 경우, 유전정보의 유출은 개인 신상정보의 경우와는 비교할 수 없는 정도의 심각한 문제를 야기시킬 수 있다. 가장 우려되는 사태는 유전병이나 그밖의 유전적 경향을 갖는 질병의 가족력(家族歷)을 가지고 있는 사람의 정보가 보험회사나 기업에 유출되어 보험에 가입할 수 없게 되거나 취업할 기회를 원천봉쇄당하는 일이다. 실제로 최근 미국의 경우 유전병의 가계를 가진 사람들이 유전자 검사를 기피하는 현상이 나타나고 있다. 자신이 유전병 유전자를 가지고 있다는 사실을 안다고 해도 현재까지는 뚜렷한 치료법도 개발되어 있지 않은 상황에서 여러 가지 불이익을 당할 위험을 감수할 필요가 없다는 생각 때문이다.

##### 2) 유전정보가 사회적 문제를 개인적 문제로 전가시킬 가능성

앞으로 그 범위가 확대되리라고 예상되는 유전자 검사는 사회적으로 발생한(그 원인이 사회적인) 증

후군들을 개인의 문제로 돌릴 수 있는 여지를 제공한다. 즉, 사회적 책임을 개인에게 전가시키고, 일상적인 제도의 활동을 그대로 유지시킬 수 있는 강력한 도구를 제공하는 셈이다. 유전자 검사를 활용할 수 있다는 것은 그 기구나 제도가 기존의 프로그램이나 활동에 아무런 지장을 주지 않으면서, 제도 실패 (institution failure)나 사고, 또는 특이한 문제들을 다룰 수 있는 과학적(?) 수단을 제공해주는 것이다.

예를 들어 학교라는 제도에서 학생들의 학습부진(learning difficulty), 학내 폭력, 학생 비행, 학습태도 등을 설명하고, 그 해결책을 마련해야 하는 경우 모든 책임을 개인 또는 그 유전적 원인으로 돌리는 것은 매우 편리한 설명법이다(예를 들어 “교실붕괴”<sup>8)</sup>). 과거에 미국에서는 과다활동성(hyperactivity)을 어떤 특수한 결핍(deficit)<sup>9)</sup>, 가령 결손가정(缺損家庭)의 문제로 돌리려고 시도한 적이 있었다. 그 결과 “노동자 어머니 신드롬(working-mother syndrome)”이라는 말이 유행한 적도 있었다. “주의력 결핍 이상(attention-deficit disorder)”이 실제로 병리적인 현상인지 여부는 차치하고, 이러한 시도는 학교 내에서 학습 능력이 뒤지거나 여러 가지 문제를 일으키는 아이들을 정상적인 아이들로부터 격리시키고, 그 아이들에게 주어져야 할 적절한 사회, 문화적 관심을 소홀하게 만들 수 있는 가능성은 분명히 존재한다.

작업장의 경우에도 노동자들에 대한 정기적인 생물학적 검사는 한편으로는 노동자들의 건강을 지켜주는 수단이 될 수 있지만, 자칫 질병이나 위험에 대한 감수성에 대한 판단만으로 노동자들을 격리시키고 배제시키는 수단으로 이용될 수도 있다. 치료비나 건강유지비에 대한 부담을 안지 않으려 하는 고용주들에게는 특히 그러하다. 경제적 경쟁이 날로 치열해지는 사회적 맥락에서 이러한 검사 기법(screening technique)은 장기결근(absenteeism), 보상 요구, 미래의 의료처리 비용 등을 간편하고 값싸게 해결할 수 있는 비용효율적(cost-effective) 방법으로 비쳐질 수 있다.

### 3) 유전정보가 부적합자, 또는 그 집단을 양산할 가능성

유전자 검사와 같은 제도의 정착으로 유전정보가 낳을 수 있는 가장 심각한 문제는 적합하지 않은 사람들(who do not “fit in”), 즉 부적격자들의 숫자를 증가될 수 있다. 그것은 “정상으로부터의 이탈(deviation from the norm)”로 간주될 수 있는 사람들이 양산될 가능성, 특히 아직 증상이 발병하지도 않은 질병(pre-symptomatic ill)을 가진 사람들이라는 전혀 새로운 범주가 등장하고 거기에 속하는 수많은 “환자 아닌 환자”들이 발생할 가능성이 있다.

이렇게 될 경우 유전자 검사는 단지 의학적 절차에 머물지 않고 특정 사회적 범주를 창조하는 방식이 될 수 있다. 가령 기존의 사회질서를 유지시키고, 특정 집단이 다른 집단에 대한 지배와 통제를 강화시키는 수단으로 사용될 수도 있다. 물론 이것은 새로운 개념이 아니다. 이미 푸코(Michel Foucault)는 교육

8) 얼마전 미국과 일본에서 학생들의 주의력집중과 교실붕괴를 환경호르몬으로 설명하려는 시도가 일부 언론에 보도된 적이 있었다. 세계자연보호기금(WWF)의 과학고문을 맡고 있는 테오 콜분을 비롯한 과학자들은 5대호 유역에서 잡은 환경호르몬에 오염된 물고기를 먹은 여성들이 낳은 아이들이 5명에 한명꼴로 화학물질의 영향을 받았으며, 그 영향이 지능지수와 지적능력과 상관관계가 있다고 밝혔다고 한다. 일본의 한 평론가 다치다바 다카시는 콜분을 찾아가 일본에서 심각한 교실붕괴 현상이 환경호르몬으로 인한 주의력결핍 과다활동성 장애(ADHD)의 원인이 아닌지 토론했다. (“환경호르몬에 무너지는 교실”, 한겨레 5월 16일) 이것은 제도적 실패, 또는 사회적 실패를 개인적 원인으로 돌리려는 편의적 접근의 한 예이다.

9) 어떤 현상을 ‘결핍’으로 설명하려는 경향은 기계론적 사고의 투영으로 볼 수 있다. 모든 것을 실체(entity)로 인식하는 실체론적 사고방식은 데카르트의 기계론 철학과 뉴턴이래의 기계론적 세계관의 중요한 한 요소이다. 정상-비정상, 남성-여성의 이분법은 항상 좌향이 가지고 있는 무언가를 우향이 결핍하고 있다는 사고를 바탕으로 깔고 있다.



적으로 이루어지는 검사를 규범화(normalization)의 수단으로서의 정치적 지배전략이라고 불렀다.

이러한 가능성은 문화적인 맥락에 의해 더욱 강화될 수 있다. 가령 벨킨은 미국문화에서 검사에 대해 날로 증가해온 선입관들이 어떤 문제를 보험통계적인 방식으로 해결하려는 경향성을 투영하고 있다고 말한다. 이러한 보험통계적인 사고(actuarial thinking)는 미래의 불확실성을 계산하고, 예상되는 손실을 고려에 넣기 위해서 요구되어진다. 이러한 과정은 개인을 통계적인 집적물에 견주어서 이해하는 경향을 낳는다. 이러한 맥락(context) 속에서 테스트에서 얻어진 정보들은 매우 가치있는 자원(valued resource)이 된다. 따라서 실제로 검사는 이러한 맥락 속에서 진행되는 여러 가지 경향의 일부일 뿐이다. 표준화된 검사는 실제로 그 유용성 여부와는 무관하게 대중들에게 중립적이고, 필수적이며 건전한 무엇으로 인식되며 강제될 수 있다.

이러한 점들을 고려할 때 영화 ‘가타카’에서 묘사된 생물학적 최하층 계급은 허구적인 상상물에 그치지 않을 수도 있다. 우리는 2차대전에서 벌어진 유대인 대학살이 단지 우연한 사건이 아니라 유럽의 역사에서 끊이지 않았던 단종(斷種) 전통의 확대재생산이라는 사실을 알고 있다. 따라서 역사는 인종, 남녀, 장애 등에 대한 불평등과 편견이 온존하는 한 과학기술의 발전만으로 이러한 문제가 해결될 수 없다는 것을 보여주고 있다. 사람의 유전자를 해석하려는 과학 프로젝트가 유대인 대량학살에 이용된 가스실 처럼 기존의 사회적 편견들을 확대재생산해서 생물학적인 하층계급으로 고정시키는 도구가 되지 않으리라는 보장은 어디에도 없다.

#### 4) 유전정보의 과용(過用)으로 인한 전통적인 시스템의 위축 가능성

마지막으로 유전자 검사와 같은 유전정보를 이용한 테스트가 사회적으로 민감한 논쟁적 사안을 결정하는 근거로 과도하게 사용될 위험성이 있다. 예를 들어, 법정과 같은 법률 시스템에서 유전정보가 증거의 한 원천 이상으로 사용되고 있다. 이러한 문제는 전통적인 법률 개념 자체에도 영향을 미치고 있다. 법률적 판단(유무죄 선고)에 포함되었던 여러 가지 요소들이 논쟁적이라는 이유로 이른바 과학적 요소들로 축소될 위험성이 있다. 가령 PET(양전자방사단층촬영)이 정신 질환에 대한 판단근거로 사용되는 경우가 그런 예에 해당한다. 그렇지만 이러한 테스트들 역시 다양한 해석이 가능하다. 대부분의 진단적 테스트(diagnostic test)들은 정상에 대한 통계적 정의에 의해 해석될 수 있을 뿐이다. 또한 현재의 설명과 해석은 상관관계(인과관계가 아니라)에 근거하고 있다. 따라서 현재 상태의 생물과학적 검사 기술의 오류발생률은 상당히 높다. 또한 신뢰성이 비교적 높은 경우에도 미래에 대한 예측가능성은 지극히 낮을 수밖에 없다.

### 5. 글을 맺으면서

현재 우리 주위에서 벌어지고 있는 일들을 살펴볼 때, 생물공학이 21세기의 가장 중요한 기술 중 하나가 될 것이라는 데에는 큰 이견이 없는 것 같다. 이 분야와 연관된 기술의 발전은 과거 컴퓨터의 발전을 능가할 정도로 가속되고 있다. 더구나 우리나라의 연구자들은 세계 생명공학기술 수준에 뒤지지 않는 연구 노하우와 기술을 가지고 있다고 한다. 지난 몇 년 동안의 젓소와 한우 복제 성공은 그것을 실증해

주고 있다. 그러나 이런 기술이 우리의 삶에 어떤 변화를 가져올지에 대해서는 아무도 선불리 예측할 수 없다. 다만 지금까지의 발전과정을 고려할 때, 그 진전이 우리의 삶을 풍요롭게 해주고 우리 사회의 불평등과 편견을 해소해줄 수 있을지는 의구심을 떨치기 힘들다.

인간게놈프로젝트와 생물공학은 지금 ‘만들어지고 있는’ 과학이다. ‘만들어지고 있다’는 의미는 그 과학이 어디를 향해 무엇을 위해 만들어지는가의 결정이 아직 열려있다는 뜻이다. 게다가 더욱 중요한 것은 그것이 만들어지는 과정에 우리들도 포함되어 있다는 것이다. 물론 게놈프로젝트와 생물공학을 둘러싸고 현재 진행되고 있는 상황은 워낙 엄중해서 그 방향을 변화시키기란 쉽지 않을 것이다. 그러나 지금까지 개괄적으로 언급한 여러 가지 문제에 대한 대중적 인식도 날로 높아지고 있다. 현재 시점에서 게놈프로젝트와 생물공학이 일부 집단이 아닌 모든 이들의 생활과 삶에 도움이 되기 위해서는 강력한 규제와 조절이 필요할 것이다.

첫째, 제도적 규제. 현재 상정조차 되지 않고 있는 “생명공학 인권윤리법”의 마련이 시급하다. 높은 기술적 수준에 비해 아무런 제도적 규제장치가 마련되지 않은 현재 상황에서 당장 인간복제가 이루어져도 막을 방도가 없는 실정이다. 자칫 외국 생물공학회사들의 전진기지가 될 수 있는 상황을 막고, 연구자들이 안심하고 연구에 종사할 수 있는 분명한 가이드라인을 정해주어야 할 필요성이 시급하다.

둘째, 가이드라인의 설정을 위한 시민참여의 제도적 장치가 필요하다. 그 영향이 인식과 생활의 모든 측면에 걸쳐 있는 생물공학 연구의 여러 가지 문제점에 대한 적절한 방침을 마련하기 위해서는 전문가와 과학자들만의 합의만으로는 불충분하다. 연구비를 부담하고 연구의 혜택과 피해의 실질적인 당사자인 시민들이 직접 의사결정에 참여하고, 연구과정을 감독할 수 있는 제도적 장치가 마련되어야 할 것이다. 98년과 99년 두차례에 걸쳐 유전자조작식품과 생명복제를 주제로 한국 유네스코가 주최한 합의회의(consensus conference)를 상설화시키는 것도 하나의 방안이 될 것이다.<sup>10)</sup>

셋째, 잘못된 유전자 결정론을 유포시키지 않기 위한 과학자들 자신의 노력이 필요하다. 과거 70년대에 유전자 재조합 연구에 일시적으로 모라토리엄을 선언한 과학자들의 결정은 그 연구가 미칠 사회적 영향을 공론화시키는데 큰 도움이 되었다. 연구를 직접 담당하는 과학자들이 유전정보에 대한 잘못된 인식을 바로잡는데 큰 역할을 할 수 있다는 것은 분명하다. 최근 게놈 초안 발표 이후 언론들이 게놈연구에 대한 지나친 기대를 부풀린 것은 단지 언론의 책임만으로 돌릴 수 없다. 그것은 과학자들의 직간접적인 인식을 반영하는 것이다.

---

10) 작년에 우리나라에서 두 번째로 한국 유네스코 주최로 생명복제에 대한 합의회의가 열렸다. 지원한 보통 시민들 중에서 선발된 16명의 시민패널들은 찬반 양쪽 입장의 전문가들과 생명복제의 윤리적, 사회적 문제를 놓고 열띤 토론을 벌였다. 토론 과정과 결과는 언론에 보도되어 일반시민과 정책입안자들에게 많은 도움을 주었다.

## <보론> 생명소외로서의 복제

DNA 이중나선 구조의 발견 이래 급속하게 발전한 분자생물학은 생명현상의 본질을 DNA로 환원시켜서 설명하려고 시도한다는 점에서 기계론적 인식론의 극치를 이룬다고 할 수 있다. 사람의 유전체(genome)를 해독하는 인간게놈프로젝트는 유전자를 해석함으로써 인간의 모든 것을 알 수 있다는 식의 유전자 결정론적 관점을 다분히 포함하고 있다. 그리고 최근의 동물복제와 인간복제 시도에 이르러 과학 혁명 이래 자기-강화된 기계론적 인식론은 그 절정에 도달한다.

1953년 왓슨과 크릭의 발견이 ‘생명의 설계도가 DNA이고 생물은 DNA를 보관하는 용기(container)’라는 생각으로 발전하기까지 한걸음에 불과했듯이, 유전자 해석에서 유전자 조작과 생명복제로의 진전도 한걸음에 불과했다. 그것은 앞에서 언급한 근대사회의 인식론적 환경이 그 변환을 거의 자동적으로 진행시켰기 때문이다. 그 과정은 다른 한편으로 생명소외의 과정이다.

생명복제 기술의 근저에 깔려있는 ‘DNA = 생명’이라는 사고는 우선 DNA에서 35억년에 걸친 생명탄생의 과정(process)을 배제시키고 DNA를 그러한 과정과 무관한 부호(code)로 환원시킨다. 아직까지 단세포 생물에서 동물에 이르는 진화과정에서 DNA가 어떻게 지금과 같은 모습을 하게 되었는지 확실히 밝혀지지 않았다. 그러나 DNA가 처음부터 지금과 같은 모습을 띠지 않았으며, 선형적(linear)이 아닌 복잡하고 우회적인 많은 경로를 통해 오늘에 이르렀으리라는 것은 분명하다. 오늘날 각광받고 있는 체세포(體細胞) 복제기술은 유성생식(有性生殖)이라는 복잡한 생식과정을 배제하고 우량의 특성을 나타내는 개체의 유전자를 복사하듯 복제하는 기계적 효율성을 추구하고 있다.

정확히 언제 유성생식(有性生殖)이 진화했는지는 확실치 않지만, 많은 생물학자들은 유성생식이 생물의 다양성과 풍부함을 낳은 중요한 계기가 되었다는데 동의한다. 사실 무성생식에 비하면 유성생식은 무척이나 번거롭고 복잡한 과정들을 수반한다. 가령 짝짓기에서 성공하기 위해 동물들이 벌이는 지난한 구애 행위나 한쌍의 남녀가 만나서 아기를 낳기까지 거치는 복잡다단한 과정과 그에 따른 슬한 물리적, 심리적 비용(cost)을 생각해보라. 그러나 이런 비용은 그로 인해 획득되는 풍부함과 다양성에 의해 보상되고 남는다. 어쩌면 우리가 인간스러움(humanity)의 중요한 특성으로 꼽는 고도한 뇌 기능과 풍부한 감정도 거기에서 비롯되었을 수 있다. 그러나 복제는 생명에서 이런 모든 과정들을 제거한다. 이것은 생명이 오늘에 이를 수 있었던 과정과 그 배경들에서 생명을 소외시키고, DNA가 탄생할 수 있었던 풍부한 토대를 제거하는 것이다. 복제의 논리는 불확실하고 비효율적인 우회로들을 제거해서 효율적으로 ‘우량’의 품종(인간을 포함해서)을 대량생산할 수 있다는 것이다. 그러나 그 우량성(優良性)을 가능하게 했던 원천이 복잡하고 불확실한 과정이었으며, DNA 자체가 그러한 진화과정의 산물이라는 사실을 간과하고 있다.

그밖에도 생명복제는 생명이 생태계(ecosystem)와 맺고 있는 물질과 에너지 순환의 연결망(network)을 간과하며, 유전자의 발현과정 자체가 기계적인 1:1 대응관계가 아니며, ‘유전자-발생과정-주위환경’ 사이의 상호작용이라는 사실도 무시하고 있다.

근대사회는 여러 겹으로 소외를 일으켰다. 일찍이 자연과 인간 사이의 풍부한 연결망을 잘라내 자연을 개발대상으로 환원시키면서 자연과 인간 모두를 소외시켰고, 사회적인 영역에서는 삶의 총체성에서

노동과 여가를 분리시키고 노동을 소외시켰다. 그리고 급기야는 복제를 통해 인간조건의 근본토대인 생명과 탄생성(한나 아렌트의 “인간조건”)까지 소외시키고 있다. 아마도 그 결과는 지금까지 인류가 겪은 어떤 고통보다도 큰 대가를 요구할 것이다. 그리고 우리가 치를 대가의 상당부분이 우리의 정체성(identity)과 연관되리라는 것은 자명하다.

<주요 참고문헌>

- Bishop Jerry E. and Waldholz, Michael, 1990, Genome; The Story of Our Astonishing Attempt to Map All the Genes in the Human Body(“유전자 사냥꾼”, 김동광/과학세대 옮김, 동아출판사)
- Cook-Deegan Robert, 1994, The Gene Wars; Science, Politics and the Human Genome(“인간게놈프로젝트“, 황현숙/과학세대 옮김, 민음사)
- Grace Eric S. 1997, Biotechnology Unzipped, Promises & Realities(“생명공학이란 무엇인가“, 싸이제닉 생명공학연구소 옮김, 지성사)
- Kelves Daniel J. and Hood, Leroy(Edit), 1992, The Code of Codes; Scientific and Social Issues in the Human Genome Project, Harvard University Press
- Kimbrell Andrew, 1993, The Human Body Shop(“휴먼보디숍-생명의 엔지니어링과 마케팅“, 김동광/과학세대 옮김, 김영사)
- Kitcher Philip, 1996, The Lives To Come; The Genetic Revolution and Human Possibilities, Simon & Schuster
- Lewontin R, C, 1991, The Doctrine of DNA; Biology as Ideology, Penguin Books
- Nelkin Dorothy, 1995, The DNA Mystique, The Gene as a Cultural Icon, W. H. Freeman and Company
- Nelkin Dorothy, 1995, Selling Science, How the Press Covers Science and Technology ,W. H. Freeman and Company
- Rifkin Jeremy, 1998, The Biotech Century(“바이오테크의 시대“, 민음사)
- Sarkar Sahotra(Edit), 1996, The Philosophy and History of Molecular Biology; New Perspectives, Kluwer Academic Publishers
- Sarkar Sahotra, 1998, Genetics and Reductionism, Cambridge University Press