

## 생물공학의 사회적 차원들 : HGP의 형성과정을 중심으로

김 동 광\*

오늘날 유전자는 실험실을 넘어 사회적 권력의 지위를 획득하고 있다. 이러한 과정은 기술중심적 관점이 힘을 발휘하는 사회문화적 맥락을 통해 실현된다. 인간게놈프로젝트(HGP)는 생물공학의 진전과정에 대한 사회학적 분석에서 중요한 지점에 위치한다. HGP에 대한 일반적인 가정은 HGP가 과학기술적 진전의 선형적 귀결이며, 그를 뒷받침하는 제도적, 기술적 하부구조가 필연적인 수반이며, 오늘날 생물공학에 대한 사회적 상(像)도 DNA에 대한 이해의 진전에 따른 자연스러운 결과로 간주한다. 그러나 HGP는 멘델의 유전법칙 발견에서 DNA 이중나선구조 발견, 그리고 재조합 DNA 기술의 출현의 자연스러운 진전 과정이 아니라 기술적 요소 이외의 무수한 사회적 차원들이 개입된 복합체이다. 효소기술과 양조기술을 중심으로 한 구 생물공학에서 신생물공학으로의 단절적 이행 과정과 미에너지성(DOE)이 결정적인 역할을 한 HGP의 출범과정은 생물공학의 사회적 차원의 한 측면을 구성한다. 특히 "생물학의 맨해튼 프로젝트"로도 불리는 미국의 HGP는 냉전 이후 국가안보 개념의 변화에 따른 거대과학의 중심축 이동으로 파악할 수 있다. 이러한 과정에서 HGP는 대량처리 기술의 개발, 계놈 콘서시엄과 셀레라 게노믹스사(社)가 서로 목표시한을 앞당기는 속도경쟁 등의 새로운 연구프로그램을 탄생시키기도 했다. 또한 HGP는 제도적, 물적 하부구조 뿐 아니라 인지적 토대를 마련하기 위해서 다양한 매체와 커뮤니케이션 자원들을 동원해서 유전자결정론과 환원주의를 주된 내용으로 삼는 신념 체계를 유포시켰다. HGP를 중심으로 한 생물공학의 형성과정은 기술적, 정치경제적, 사회문화적 요소들이 포괄되는 이질적인 구성과정으로 파악되어야 할 것이다.

[주제어] 바이오테크놀로지(생물공학), 인간게놈프로젝트, 거대과학, 유전자결정론, 환원주의.

\* 고려대학교, 성공회대학교 강사  
전자우편: kwahak@nownuri.net

## 1. 문제제기

오늘날 유전자는 실험실을 넘어 주요한 사회-문화 현상으로 등장하고 있다. 이 과정은 유전자, 또는 유전정보가 과학 분야에서 뿐 아니라 사회 속에서 권력을 획득하는 과정이기도 하다. 더구나 DNA, 그리고 게놈은 생물공학과 그 연관 분야들을 넘어서 일반인들의 담론과 광고의 소재로까지 등장하면서 우리 시대의 빼놓을 수 없는 문화적 상징물(cultural icon)이 되었다(Nelkin, 1995a). 게놈이 사회적 권력(social power)을 획득할 수 있는 토대는 근대 세계를 이끌어온 기술중심적(technology centric) 관점이 힘을 발휘하는 사회-문화적 맥락(socio-cultural context)<sup>1)</sup>이다. 이러한 맥락에서 새로운 기술은 진보, 선(善)과 동의어가 되며, 거의 자동적으로 그 사회의 주된 문제해결방식으로 번역된다. 그리고 이 번역과정에 국가, 산업, 대학, 언론 등의 주요한 사회적 제도들이 총체적으로 개입하면서 특정 기술은 권력을 획득하게 된다.

이러한 현상의 중심에 인간게놈프로젝트(Human Genome Project, 이하 HGP)가 있다. 일반적으로 생물공학(bio-technology)의 진전과정과 최근 생물산업의 수립과정, 그리고 그에 따른 사회문화적 변화에 대한 설명양식은 그 동안 이루어진 몇 차례의 주요한 과학기술적 진전(breakthrough)을 중심으로 삼는 경향이 있다. 그중 가장 대표적으로 꼽히는 진전들이 멘델의 유전 법칙 발견, 1953년 왓슨과 크릭의 DNA 이중나선구조 발견, 1970년대 중반 일단의 분자생물학자들에 의한 재조합 DNA(recombinant DNA) 기술의 등장, 그리고 1989년-1990년의 인간게놈프로젝트의 출범과 2001년의 HGP 완성이다. 이러한 설명양식은 다음과 같은 가정을 기초로 삼고 있다.

- 
- 1) '기술중심적 관점이 힘을 발휘하는 사회문화적 맥락'이라는 記述은 다음과 같은 두가지 의미를 갖는다. 첫째, 이 맥락은 기술을 포함해서 이해관계, 가치 등의 사회적, 문화적 요소들이 모두 포괄되는 이질적인 망(heterogeneous net)이다. 기술결정론적 사고가 현실적인 힘을 얻게 되는 것은 이러한 망의 수립을 통해서이다. 둘째, 이 맥락은 자기조직적(self-organizing) 특성을 갖는다. 기술중심적 관점은 자신을 실현시키기 위한 여러 가지 제도와 장치들을 수반한다. 가령, 해당 기술의 확산을 용이하게 하기 위해서 신념체계(信念體系)를 생산하고, 자기유지를 위해 여러 가지 infrastructure를 개발하며, 필요한 경우에는 스스로의 문제점을 보완하기도 한다.

첫째, 생물공학의 역사에서 이루어진 과학기술적 진전들은 생물학의 내적 논리의 자기 발전으로서의 연속적 과정이다. 이 관점에 의하면 맨델에서 시작해서 지난 2001년 2월 13일의 게놈 프로젝트 완성 발표에 이르는 일련의 과정들은 생물학의 역사 속에서 일관된 선형적(linear) 흐름으로 파악될 수 있다. (HGP의 기술결정론적 구조)

둘째, 과학적 진전과 그를 뒷받침해준 제도적, 기술적 하부구조(infra-structure)들은 자연스럽게 유기적 연관성을 이루며 수립되었다. 이 가정은 오늘날 하나의 연구 프로그램(research program)으로 생물학은 물론, 과학 활동 전반에 영향을 주고 있으며, 새로운 기술궤적(technological trajectory)을 형성시키고 있는 HGP의 기술 및 자원집약적, 속도지향적, 거대과학적 접근방식을 자연스러운 진전과정으로 간주한다. (HGP의 존재론적 구조)

셋째, 새로운 분자생물학의 출현과 게놈프로젝트의 완성으로 고조된 유전자 중심의 생명관은 생명현상에 대해 새롭게 밝혀진 과학 지식의 자연스러운 확산에 따른 결과이다. 즉, 오늘날 유전병을 필두로 암, 에이즈 등의 인간의 질병은 물론 질병 이외의 특성까지도 유전자를 통해 이해하려는 일련의 사회-문화적 움직임은 HGP가 우리에게 제공한 유전자에 대한 지식의 결과로 이루어진 것이며, 이러한 움직임은 생명 현상에 대한 인식의 진전이라는 것이다. (HGP의 인식론적 구조)

HGP는 단일 과학 프로젝트로는 역사상 유례를 찾아보기 힘든 규모의 인적, 물적 자원을 10년이라는 짧은 기간에 집중시켰고, 미국을 중심으로 한 국제적인 연구 조직을 탄생시켰다. 그리고 그 과정에서 새로운 과학활동(scientific practice)의 전범(典範)이 출현했다. 또한 HGP의 완성으로 목전에 다가온 이른바 “포스트 게놈(post-genome)” 시대는 우리에게 예측하기 힘든 사회문화적 변화를 가져다 줄 것으로 생각된다.

HGP는 그 자체가 복합적인 구성물이다. DNA를 둘러싼 기술적 진전은 자연스러운 것처럼 보일 수 있지만 실제로는 매우 잘 짜여진 일련의 과정들을 통해 한편으로 예비되고, 다른 한편으로 그 과정을 향해 강제되어진 과정이기도 하다. 현재 진행되고 있는 DNA, 또는 게놈 기술의 전개 양상

은 기술적 진전의 자기 확장이 아니라 사회적 차원에 속하는 여러 요소들이 개입된 복합적인 사회적 구성(social construction)의 과정이다. 그리고 이 구성과정은 한편으로 단절의 과정이며, 다른 한편으로는 연속의 과정이다. 이러한 연속성과 단절성을 구분해서 살펴보려는 시도는 사회문화적 복합체로서의 HGP를 이해하는데 도움을 줄 것이다.

이 글은 HGP를 기술결정론적 구조, 존재론적 구조, 그리고 인식론적 구조의 측면에서 분석함으로써, HGP로 대표되는 생물공학의 진전과정의 사회적 차원<sup>2)</sup>들을 제기하는 것을 목적으로 한다. 그것은 한편으로는 HGP에 이르는 생물공학의 전개과정에 작용한 사회적 차원들이지만, 다른 한편으로는 생물공학에 의해 영향을 받는 사회적 차원들의 문제이기도 하다.

## 1. 생물공학의 연속성과 단절성: HGP의 기술결정론적 구조

### 1.1. 생물공학의 개념적 뿌리와 연속성

생물공학이라는 말은 1917년에 헝가리의 칼 에레키(Karl Ereky)에 의해 처음 만들어졌다. 원래 그 의미는 당시까지와는 다른 생물학적 원료를 이용한 기술을 뜻하는 것이었다. 과학사학자 로버트 버드(Robert Bud)는 그의 저서 『The Uses of Life』에서 공학(engineering)의 전형이 화학공학이며 그 특성은 자본과 에너지 집약적인 공정을 이용해서 그 산물을 대량 생산하는 것이라고 말한다. 따라서 'bio' 와 'technology'라는 얼핏 보기에 서로 잘 어울리지 않는 두 가지 개념이 하나로 결합된 '생물공학'<sup>3)</sup>이라는 용어는 종전 화학공학의 효소기술(zymotechnology)과 양조기술(brewing technology)에서 사용되던 공학적 개념이 그 대상을 생물로까지 자기확장한 것이다. 오늘날과 흡사한 생물공학의 개념이 처음 등장한 것은 2차 세계대전이 끝난 후인 1960년대 중반으로, 당시 이미 MIT, 컬럼비아 대학을 비롯한 미국의 5개 대학에서 "생화학 공학(Bio-chemical Engineering)"이라는 이

2) 여기에서 사회적 차원이라 함은 기술적 진전을 제외한 요소들을 총칭한다.

3) 이러한 역사적 맥락을 토대로 이 글에서는 'bio-technology'를 '생물공학'으로 번역했다. 그 의미는 생물을 공학의 대상으로 삼는다는 뜻이다. 생명과학(life science)은 생명현상에 대한 과학적 탐구활동이라는 포괄적인 개념으로 사용되고 있다.

름의 강좌가 개설되었다. 이 무렵 화학공학의 방법을 생물학적 처리에 적용시킨다는 연구의 방향성이 이미 정립되었다. 그것은 공학적 방법이 1) 생물학적 시스템의 탐구를 위한 수단이 될 수 있고, 그 방법을 통해서 2) 생물학적 물질의 대량 조작과 처리가 가능하다는 것이었다.

1982년에 OECD의 보고서가 내린 정의는 이 두 가지 방향성에서 후자의 특성을 잘 보여준다. “생물공학이란 상품과 재화를 생산하기 위해 생물학적으로 요소에 의해 원료를 처리하는 과정에 과학적, 공학적 원리를 적용시키는 것이다.” 이러한 추이는 기술중심주의 사회에 내재된 공학적 이상(engineering ideal)이 역사적으로 표상되는 과정이기도 하다. 따라서, 곧 설명되겠지만, 생물공학의 연속성은 일련의 기술적 진전들의 연속성이 아니라, 실제로는 자연을 공학적 대상으로 삼는다는 공학적 관점의 연속성이라 할 수 있다.

## 1.2. 구생물공학과 신생물공학의 단절

기술중심적 현대 사회가 화학공학을 거쳐 생물공학에 이르기까지 공학적 정향성을 관철시킨 것이 연속성의 측면이었다면, 분자생물학(molecular biology)의 수립을 통해 본격화되기 시작한 생물공학의 진전은 단절의 측면으로 볼 수 있다. 흔히 생물공학은 효소 기술과 발효 기술을 중심으로 한 미생물적 접근방식의 구생물공학(old biotechnology)과 1970년대 이후의 신생물공학(new biotechnology)으로 구분된다(Bud, 1998).

그런데 이러한 불연속, 또는 단절의 과정은 흥미롭게도 생물과학 내부가 아니라 주로 사회적 차원에서 이루어졌다. 1974년에 독일의 화학기업 연합인 데케마(Dechema)는 생물공학에 대한 새로운 전망을 제시하는 보고서를 작성했다. 그것은 그 동안 서로 고립분산적으로 이용되던 화학, 화학공학, 미생물학, 그리고 1973년에 스탠리 코헨(Stanley Cohen)과 허버트 보이어(Herbert Boyer)에 의해 이루어진 최초의 재조합 DNA 기술 등의 방법을 종합해서 보다 효율적인 공학적 방법으로 발전시킬 것을 주장하는 내용이였다. 이것은 오늘날의 생물공학의 개념과 상당히 부합한다. 그후 1978년에 유럽생물공학 연맹(European Federation of Biotechnology)이 등장한다.

당시 EFB가 내린 생물공학의 정의는 다음과 같다. “생물공학은 미생물, 배양된 조직과 그 일부의 기술적 능력을 획득하기 위해서 생화학, 미생물학, 공학적 과학을 통합적으로 사용하는 것이다.”<sup>4)</sup>

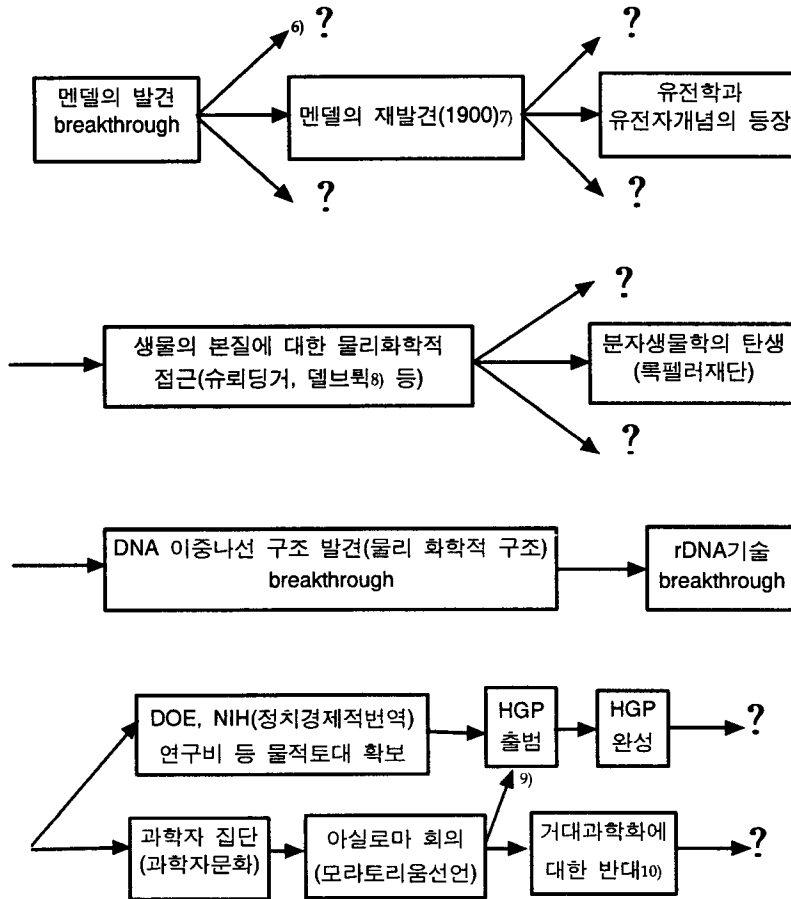
이 새로운 분자생물학은 전통적인 미생물학의 산물이 아니었다. 사실상 분자생물학이라는 분과가 처음 등장했을 때 아직 그 학문분야의 토대는 충분히 마련되어 있지 않은 상태였다.<sup>5)</sup> 물론 1973년의 재조합 DNA 기술의 등장으로 구(舊)분자생물학과 신(新)분자생물학은 미생물학과 유전학으로 구분되었다. 그러나 그 구분이 이루어진 기본 동력은 당시 사회가 생물공학을 새로운 기술로 구분지으려 했던 갈망이었다. (Bud, 1998)

이것은 당시 재조합 DNA 기술을 처음 발견한 생물학자들과 기존 연관 업체들의 태도를 볼 때 분명하게 드러난다. 1974년에 재조합 DNA 기술을 발견하는데 중요한 기여를 했던 폴 버그(Paul Berg)는 영국의 과학잡지 네이처(Nature)와 미국의 사이언스(Science)에 보낸 공개서한에서 그 기술의 사회, 윤리적 위해성 여부가 밝혀질때까지 과학자들이 자발적으로 연구의 일시중지(moratorium)을 선언할 것을 제안했고, 1975년에는 같은 주제로 캘리포니아의 아실로마(Asiloma)에서 회의가 열리기도 했다. 그 무렵 과학자들은 새로운 기술의 엄청난 잠재력에 무척 놀랐고, 새로운 기술이 가지는 상업적 가치에 대해서는 눈길을 돌릴 여유가 없었다. 그런 가능성을 알아차리고 있던 조슈아 레데버그(Joshua Lederberg)와 같은 학자는 오히려 소수 그룹이었다.

또한 당시 연관업체였던 제약회사나 생화학기업들도 새로운 분자생물학의 상업적 가능성에 대해서는 거의 알아차리지 못했다. 유럽의 기업들은 새로운 기술을 보조적이거나 부수적인 기술 정도로 생각했다. 기술적 가능성이 현실화된 것은 그 이후 미국에서 진행된 HGP를 통해서였다. 이 과정을 다시 재구성하면 [그림 1]과 같다.

4) Bud (1998) "Molecular Biology and History of Biotechnology"에서 재인용.

5) 분자생물학의 탄생과정 자체에 대해서도 굳이 생화학에서 독립된 학문분과로 될 이유가 있었는가에 대해 많은 연구가 이루어졌다. 당시 분자생물학 분야의 탄생에 결정적인 기여를 한 록펠러 재단과 그 책임자였던 워렌 워버(Warren Weaver)가 인위적으로 만들어낸 'private science'였다는 주장도 있다(Kay, 1998).



[그림 1] 재구성한 생물공학의 비연속적 진전과정

- 6) 이 그림에 표시된 물음표는 다른 경로(path)의 가능성을 시사하는 것이다. 일반적인 가정에서는 생물공학의 진전이 선형적인 과정인 것처럼 묘사되고 있지만, 실제로 그 모든 단계에서 복수의 경로가 존재할 수 있었음을 뜻한다.
- 7) 1900년에 독일의 저널 *Proceedings of the German Botanical Society*에 Hugo de Vries, Carl Correns, 그리고 Erich von Tschermak 세사람이 논문을 발표해서 각기 독립적으로 40년만에 Gregor Mendel의 유전법칙을 재발견했다. 이 재발견은 이후 genetics라는 학문분과가 성립하는데 중요한 출발점을 제공해준다. 그들의 발견은 멘델의 유전법칙에서 '유전인자'라는 애매한 개념으로 제기되었던 유전자를 "분리가능한 실체"로 부각시켰다는 점에서 큰 의미를 갖는다. 아직 유전자의 물리적 구조가 밝혀지기 전에 이루어진 이 재발견은 근대과학의 주요한 이념인 환원주의라는 인식적 토대에서 이루어진 일종의 invention으로 볼 수 있다. 처음 genetics라는 말이 만들어진 것은 1906년 생물학자 William Bateson에 의해서였다. gene이라는 용어는 3년 후인 1909

## 2. “미국의 HGP”와 그 물적 토대들

### 2.1. 생물학의 맨해튼 프로젝트 - 거대과학이라는 연속성

1945년 7월, 전쟁 과학의 핵심인물이자 미국 과학연구개발국(OSRD) 국장이었던 배너버 부시(Vannevar Bush)는 “과학 - 끝없는 프론티어 (Science - the Endless Frontier)”라는 유명한 보고서를 발표했다. 이 보고서는 1년 전인 1944년에 “국가안보를 유지하고, 미국이 전쟁 동안 이룬 과학적 업적을 전후에 지속시킬 수 있는 방안을 마련하라”는 당시 루즈벨트 대통령의 주문에 대한 답변이었다. 전기공학자이기도 했던 부시는 이 역사적인 보고서에서 오늘날까지 그 영향이 지워지지 않는 핵심적인 메시지

---

년, Wilhelm Johannsen에 의해 주도되었다. Johannsen은 Darwin의 gemmules, Weisman의 determinants, 그리고 de Vries의 pangens라는 개념들을 기초로 이 용어를 만들었고, “이 용어는 여러 가지로 적용가능한 작은 용어에 지나지 않는다. . . . 이는 근대적 멘델 연구에 의해 이루어진 생식체의 ‘기본단위’, ‘요소’, 그리고 대립형질을 나타내는데 유용하다. . . .”(Keller의 The Century of the Gene (2000)에서 재인용)라고 말했다.

- 8) Erwin Schrödinger, Max Delbrück 등은 유전자라는 실체를 물리화학적으로 이해하려는 흐름을 형성한 주요한 인물들이다. 이들은 모두 유전자를 물리학의 atom과 같은 개념에서 파악했고, 이러한 접근방식은 이후 분자생물학의 탄생에 결정적인 영향력을 미쳤다.
- 9) David Botstein처럼 초기에 거대과학화에 반대했던 많은 생물학자들은 결국 연구비가 집중되는 HGP에 합류했다(Cook-Deegan, 1994).
- 10) 거대과학화에 대한 반대의 근거는 크게 세 가지이다. 첫째는 거대과학화에 따른 필연적인 환원주의적 경향에 대한 반대이다. 분자생물학에 의해 과학적 진보와 동의어인 것처럼 사용되고 있는 “분자화(molecularization)”는 생물과학이 채택할 수 있는 하나의 방법론일 뿐 유일한 것은 아니며, 그 동안 HGP가 수립되는 과정에서 마치 생물을 이해하기 위한 가장 근본적인 접근인 것처럼 과장되어 있다는 것이다. 분자적 접근이 생물과 생명현상을 이해하는데 중요한 역할을 하는 것은 사실이지만 그 이외에도 여러 수준(level)의 접근들이 함께 이루어져야 하며, 현 단계에서는 그중 어느 것이 더 근본적이라고 확정적으로 이야기할 수 없다는 것이다. 둘째는 Leroy Hood와 Caltech의 연구진들에 의해 처음 개발된 자동화된 sequencing machine의 사용에 기반으로 한 생물학의 기계화에 대한 반발이다. HGP 초기부터 많은 문제제기를 했던 David Baltimore는 연구자들이 자동화된 기계에 달라붙어 염기서열을 해독하는 army of “worker bees”로 전락하는 것을 우려했다. 또한 Bernard D. Davis는 “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. . . .”(Science, vol. 249: 342-343)라고 말했고, 그 외의 여러 학자들도 생물학이 일종의 “fishing expedition”이 되는 것에 반대했다. 세 번째는 HGP로 많은 연구자금이 집중되면서 다른 중요한 연구 분야들이 상대적으로 위축되는 현상에 대한 반대이다.



를 전달했다. 그것은 “근대 사회에서 국가 안보를 지키고 국부를 증진시키기 위해 과학발전은 필수적이며……전시든 평화시든 국가안보를 위해 과학이 효율적인 기여를 하기 위해서는 과학자들이 팀을 이루어 연구활동을 해야 한다”는 것이었다. 40쪽 분량의 그리 길지 않은 이 보고서는 2차대전 기간 동안 많은 소출을 거둔 전쟁과학의 성과를 기반으로 전후 과학의 방향을 결정지은 이정표가 되었다.

사람의 전체 유전자, 즉 인간 게놈을 해석하는 인간게놈프로젝트(HGP)는 약 10만개에 달하는 사람의 유전자의 정확한 지도를 작성해서, 어느 유전자가 어떤 특성에 관여하는지를 밝혀낸다는 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 HGP는 본격적으로 착수되었다(Cook-Deegan, 1994).

HGP는 철저하게 “미국의” HGP로 시작되었다. 원자폭탄 제조계획으로 거대과학을 본격화시킨 맨해튼 프로젝트(Manhattan Project)의 산모적인 원자폭탄 위원회(Atomic Bomb Casualty Commission, ABCC)가 이번에도 중요한 역할을 담당했다. ABCC는 원자에너지위원회(Atomic Energy Committee)가 설립한 것이며, 이후 미국 에너지성(Department of Energy, DOE)이 된다. ABCC는 80년대 중반부터 HGP를 구상한 것으로 알려져 있다. 이 기구는 에너지성으로 변화했지만, 냉전 이후 시대의 미국의 안보를 중심에 놓는 사고는 변화하지 않았다. HGP는 냉전 종식으로 변화된 상황에서 새로운 안보, 즉 기술력과 경제력을 확보해주는 축으로 인식되었다. 따라서 HGP는 탈냉전 프로젝트(post cold-war project)로 추진되었지만(Beatty, 2000), 실제 내용상으로 냉전 이후 안보개념의 변화에 의한 새로운 냉전 프로젝트였다.

DOE는 흔히 제기되는 “왜 생물학과 아무 관련이 없는 DOE가 HGP를 주도하는가?”라는 물음에 크게 두 가지 답변을 한다. 1) 이전에 DOE가

- 안보의 축 : 군사 → 경제
- 대상기술 : 원자력 → DNA
- 상대국 : 독일 → 일본

[그림 2] 냉전 이후 안보 개념의 전환

관여했던 대규모 과학연구 프로젝트가 성공을 거두었기 때문에 그 연속성을 유지할 필요성, 2)신기술 개발과 신기술의 상업화를 촉진시키는데 발효되었던 이전의 경험. 이 답변은 미국의 HGP의 성격을 잘 보여준다. 그것은 한마디로 미국의 안보를 중심축으로 삼는 거대과학(big science)의 연속성의 담보이다.

## 2.2. 과학활동에 미친 HGP의 영향

### · 새로운 연구프로그램의 측면에서의 단절

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. 그외에도 유방암, 대장암 등의 암(癌)과 에이즈를 비롯해서 아직까지 인류가 극복하지 못하고 있는 난치병들도 유전자와의 관계가 밝혀진다면 치료와 예방을 위한 새로운 길이 열릴 수 있다는 것이다. 그러나 공식적으로만 30억 달러에 가까운 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.

HGP는 단일 프로젝트로는 가장 큰 규모였을 뿐 아니라 그밖의 여러 가지 특성에서 과학활동(scientific practice)에 새로운 전범을 제공했다. 어떤 면에서 HGP는 거대과학의 전형을 이루지만, 다른 한편으로 “미리 설정된

기한 내에 명확하게 주어진 목표를 실천"하는 새로운 "연구양식(research style)"을 선보였다. 또한 HGP 완성 단계에서 이루어진 게놈 콘서시엄과 셀레라 게노믹스사의 경쟁에서 잘 나타났듯이 자료의 대량처리 기술, 그리고 연구결과를 놓고 벌이는 속도경쟁<sup>11)</sup>을 과학연구활동이 달성해야 할 주요한 목표이자 덕목으로 부상시켰다. 그리고 그 과정에서 이른바 과학연구의 "아메리칸 스타일"이라 불리는 자기 선전과 광고도 연구활동에서 빼놓을 수 없는 지위를 확보하게 되었다.<sup>12)</sup> 지난 2월 13일에 공적 지원을 받는 인간게놈프로젝트 콘서시엄측과 개인기업인 셀레라 게노믹스가 공동으로 결과를 발표한 이후, 셀레라 게노믹스사는 공개적으로 자신들이 해석한 게놈 정보를 판매하고 있다. 이러한 현상은 그동안 공적(公的) 활동으로 이해되었던 과학연구의 성격이 사적 활동, 또는 상업적 활동으로 변화되는 중요한 전환점을 이룬다. HGP는 그동안 유전자와 생물 특허를 둘러싼 논쟁, 공적 콘서시엄을 탈퇴한 과학자들의 바이오 벤처 설립, 공적 콘서시엄과 기업의 속도 경쟁, 연구결과와 공공연한 판매 등의 과정을 통해 그동안 암묵적으로 진행되어온 과학활동 및 그 결과의 사유화 및 상업화를 공식화, 합법화시키는 과정이기도 했다.

이러한 여러 가지 현상은 생물학 이외의 다른 분야의 과학활동에도 많은 영향을 주고 있다. 과거 근대과학의 형성기에 많은 학문분야들이 물리학을 동경하던 양상이 오늘날에는 여러 분과들이 HGP의 접근방식을 모방하려는 양상으로 나타나고 있다. 따라서 HGP는 생물학뿐 아니라 다른 과학분야에 대해서도 라카토스의 개념으로서의 연구프로그램(research program), 또는 쿤의 개념으로서의 전범(exemplar)을 제공하고 있는 셈이다.<sup>13)</sup>

11) HGP를 속도경쟁의 정치학으로 분석한 글은 Michael Fortun의 "The Human Genome Project and the Acceleration of Biotechnology"를 보라.

12) 2000년 6월 26일에 있었던 게놈 초안 발표는 철저한 준비를 거쳐 극적인 효과를 노리고 정교하게 안무된 한 편의 의식(儀式)이었다. 클린턴과 블레어는 인공위성까지 동원한 화려한 의식을 통해 게놈 지도의 초안 발표를 "인류사에서 가장 중요한 사건" 중 하나로 끌어올렸고 전 세계를 상대로 DNA에 초국적 권위와 힘을 부여했다. 클린턴과 블레어는 세계를 상대로 DNA 독트린을 발표한 셈이다.

13) HGP가 영향을 준 과학활동의 제 측면, 특히 생물학에서 DNA를 중심으로 한 새로운 기술궤적(technological trajectory)이 형성되고, 이러한 기술궤적이 생물정보학(bio-informatics) 등으로 IT와 같은 다른 기술에 영향을 미치는 측면에서 대해서는

### 2.3. 하부구조의 창출 - 지원체계, 소규모 벤처 기업, 생물시장

흔히 생물학을 중심으로 형성되고 있는 새로운 시장은 그 동안의 기술적 진전의 결과로 열린 것으로 가정된다. 그러나 오늘날 생물시장은 아직 실현된 시장이 아니라 앞으로 실현될 시장에 대한 기대이다. 이것은 자연스러운 시장(natural market) 개념과는 크게 다르다. 오늘날의 생물시장은 HGP가 새롭게 열어놓은 경제적 공간(new economic space)이다(Kenny, 1998).

이 과정을 간략히 요약하면, “하부구조의 확보 → 새로운 기업의 등장 → 미래의 생물시장 창출”이다. 하부구조의 확보는 생물특허 제도의 획득, 대학과의 긴밀한 공조 체계의 수립이 중요한 과정이다. 다른 기술의 경우도 마찬가지이지만 생물공학도 기술진의 공급처를 대학으로 삼았다. 연구기술진을 얻기 위해 사용된 중요한 전략은 “과학자문위원회(scientific board of director)”의 형태를 띠었다. 이는 이미 대학 내에서 안정된 지위를 확보하고 있는 교수와 연구자들, 그리고 박사후 연구원들을 이끌어들이기 위한 전략이다.<sup>14)</sup> 미국에서 새로운 기술의 가능성에 뛰어난 기업들이 대개 기존의 제약회사가 아닌 다국적기업(multinational companies, MNCs)이 투자한 소규모 벤처기업들이었다는 점도 새로운 하부구조를 창출해야 하는 이유 중 하나였다.<sup>15)</sup>

중요한 점은 신생물공학이 수립되던 당시 경제적 공간은 전혀 존재하지 않았으며, 기존의 대규모 제약회사들은 생물공학 기술을 높게 평가하지 않았다. 그리고 미국에서만 소규모 기업들을 중심으로 새로운 생물공학 기업들이 등장했다.<sup>16)</sup> 대규모 제약회사들이 생물공학으로 눈을 돌린 것은 소규모 기업들이 상당한 기반을 확보하고 시장에 대한 전망을 수립한 이후의 일이었다.

---

추후 독립적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

14) 최초로 등장한 생물 벤처 업체 중 한 곳인 Genentech는 샌프란시스코에 있는 캘리포니아 대학(UCSF)의 연구진을 기반으로 이루어진 기업이다.

15) 왜 기존의 제약회사가 아니라 벤처 자본과 같은 새로운 기업 형태가 생물산업에서 등장하게 되었는지도 별도로 연구되어야 할 중요한 주제이다.

16) 미국의 생물공학과 그밖의 유럽국의 생물공학 및 산업에 대해서는 별도의 연구가 필요할 것이다.

### 3. HGP의 신념체계: 인식론적 구조

생물공학 발전을 주도하는 미국을 비롯한 선진국들은 기술중심적 접근을 통해 생물공학 기술의 발전을 곧바로 사회에 적용시키려는 일관된 움직임을 보였다. 이것은 기술생산국들이 취하는 일반적인 접근방법이다. 이 과정에서 기술 수입국들은 기술과 함께 그 기술을 정당화시키기 위한 신념체계까지 함께 수입하게 되며 그 과정에서 기술 자체의 문제 이외에도 많은 사회-문화적 문제가 야기된다. 이러한 양상은 특히 기술생산국들과 상이한 사회-문화적 배경을 갖고 있는 기술 수입국인 제 3세계의 경우에 두드러지게 나타난다.

오늘날 언론과 일부 과학대중서를 통해 확산되고 있는 DNA주의는 기술 공급국들이 유전자 기술에 대한 국제적 저항과 반대를<sup>17)</sup> 극복하고 유전자 기술의 인지적 정당화(cognitive legitimation)를 얻기 위한 신념체계의 유포라는 측면을 갖는다. 그 중심 내용은 환원주의와 유전자 결정론이다.

#### 3.1. 근대과학과 환원주의: 근대과학의 신념체계로서의 연속성

롱기노는 환원주의를 다음과 같이 정의했다. “환원주의는 방법론적 실행이자 형이상학적 관점이다. 방법론적으로 환원주의는 어떤 시스템이나 과정의 특성을 가장 작은 기능단위(functional unit)로 특징지우는 것이다. 형이상학적 또는 존재론적 환원주의는 이러한 최소의 기능단위가 실재(實在)하며, 모든 인과적 과정들이 궁극적으로 이러한 가장 작은 단위들의 상호작용의 기능을 통해 이해될 수 있다고 주장한다. 방법론적 환원주의는 연구자들을 어떤 과정의 메커니즘이나 물질적 구성으로 이끄는 데 종종 유용하다.”(Longino, 1990) 또한 생물철학자 아알라(F. J. Ayala)는 환원주의를 존재론적 환원주의, 방법론적 환원주의, 그리고 인식론적 환원주의의 세 가지로 구분한다. 간단하게 요약하자면 존재론적 환원주의(ontological reductionism)는 모든 생물이 물리화학적인 실체(entity)와 그 과정으로 이루어진다는 주장이다. 방법론적 환원주의(methodological reductionism)는

17) GMOs(Genetically Modified Organisms)에 대한 반대가 가장 대표적인 경우이다.

지금까지 자연과학이 발전시킨 가장 성공적인 방법이 환원주의의 접근방식이며 앞으로도 그러할 것이라는 입장이다. 마지막으로 인식론적 환원주의(epistemological reductionism)는 어떤 과학의 이론이나 법칙을 그보다 근본적인 수준의 과학으로부터 도출할 수 있다는 믿음이다. 생물학자들은 분자생물학의 접근방식이 지금까지 자연에 대한 탐구에서 가장 성공적인 방법이었다는 경험론적 근거를 통해 방법론적 환원주의의 정당성을 주장하려는 경향이 있다. 다시 말해서 지금까지 거둔 성과가 이 방법론의 정당성을 입증하며 그렇지 않다면 기적(奇蹟)으로밖에 볼 수 없다는 의미이다. 롱기노도 “형이상학적 환원주의는 방법론적 환원주의가 국부적(local) 적용에서 거둔 실용적 성공을 진리의 담보자나 보편적 환원성에 대한 약속으로 혼합시킨다”라고 말하면서 방법론적 환원주의에 비해 존재론적 환원주의가 빈약한 토대를 가지고 있다고 말한다.

그러나 환원주의는 근대 과학의 형성과 불가분의 관계를 갖는 서구의 인식론적 전통(epistemological tradition)에 깊은 뿌리를 내리고 있기 때문에 경험적인 근거를 기초로 방법론적 환원주의만을 취하고 존재론적 환원주의를 배제하기란 쉽지 않다. 롱기노는 크게 두 가지 측면에서 이러한 관계를 설명한다. 첫째는 근본주의(foundationalism)이다. 앵글로 아메리칸 철학의 주류는 감각 데이터와 같은 특정한 핵심이 우리가 정말 알고 있는 것, 그리고 가장 근본적인 요소로 환원가능한 무엇으로 식별될 수 있을 때에만 인정하는 정도로 환원주의적이다. 둘째, 개인을 기반으로 삼는 이론체계이다. 서구의 지식 이론은 개인의 지식에 대한 이론이며, 개인의 믿음을 그 근거로 삼는다. 이러한 맥락에서 생물공학이 기반으로 삼고 있는 환원주의는 근대적 인식론의 연장선 상에 있다.

### 3.2. 유전자 결정론: 새로운 형태의 결정론으로서의 단결성

17세기의 과학혁명과 그 이후의 산업혁명 이래 이러한 공학적 정향성은 자연을 개발과 공학의 대상으로 삼으면서 지속·강화되어왔다. 그러나 지금까지의 변화가 인간을 둘러싼 조건과 환경의 변화였다면 인간게놈프로젝트의 완성으로 본격화 되고 있는 생물공학의 혁명은 인간과 생명 그 자체를

공학의 대상으로 삼고 있다는 점에서 차이를 갖는다. 둘째, 생물공학이 발전하는 역사적 과정의 특수성으로서, 생물공학의 급격한 발전은 경제적 동기에서 비롯된 “거대사업(big business)과 거대과학(big science)의 결합”이다.<sup>18)</sup> 물론 지금까지 모든 기술이 정치경제적 동기없이 개발된 적은 없었지만 생물공학은 게놈프로젝트의 경우에서 알 수 있듯이 지금까지 유례를 찾아볼 수 없을 정도로 “의도적인” 경제적 동기에서 출발되었다. 이러한 의도성으로 인해 생물공학은 53년 이래 불과 반세기 남짓한 기간 동안 빠른 속도로 발전할 수 있었다. 그러나 이러한 빠른 발전과 병행해서 그 사회적 영향에 대한 폭넓은 연구가 이루어지지 못하면서 오늘날 많은 사회적·윤리적 문제가 발생하고 있으며 그만큼 신념체계의 유포를 통한 인지적 정당성 확보의 필요성도 높아지는 셈이다.

유전자 결정론은 물리학에서 물질의 기본적인 단위를 원자로 파악하듯 생물을 결정하는 가장 근본적인 단위를 유전자로 파악하는 사고 방식이다. 유전자 결정론은 멘델의 유전법칙에 대한 재해석에서부터 DNA 이중나선 구조의 발견에 이르기까지 일관된 흐름으로 지속되었지만, 그 공고화와 대중적 차원으로의 확산은 HGP를 통해서였다. HGP는 그 출발부터 게놈의 염기서열을 해독함으로써 생명의 본질을 이해하고, 질병, 건강 등의 문제에 대한 포괄적인 해결책을 얻을 수 있다는 신념을 자기강화해왔다. 그리고 이러한 신념은 여러 차례의 이벤트와 언론매체를 통해 대중적으로 전파되면서 확고한 사실(fact)의 지위를 확보하게 되었다.<sup>19)</sup> 현실적으로 생물학자들

18) 생물학자 르윈틴(R. C. Lewontin)은 그의 저서 『DNA 독트린』에서 이렇게 말했다. “우리는 인간게놈프로젝트에서 자주 거론되지는 않지만 무엇보다 가장 신비화된 생물 과학의 한 측면을 보게 된다. 생명의 본성에 대한 궁극적인 발견이라고 일컬어지는 것들은 그 밑에 연구의 방향과 주제에 대해 강력한 자극을 제공하는 지극히 단순한 상업적 연관을 감추고 있다.……대학에서 교수직을 맡고 있는 분자생물학자들 중 상당부분은 여러 생물공학 기업에서 중요한 과학자로 역할을 하거나 그런 기업의 중요한 주주이다. 여기에서 나오는 기술은 주요한 산업이며, 벤처 자본이 이익을 얻기를 원하는 주요 원천이다. 인간게놈프로젝트는, 그것이 대중들을 희생시켜서(대중들에게서 나오는 돈으로) 새로운 기술을 창조하는 한, 생물공학 기업들이 자신들의 상품을 시장에 내놓을 수 있는 강력한 도구들을 제공하게 될 것이다. 게다가 이 프로젝트의 성공은 생물공학이 유용한 산물을 만들어내는 힘에 대해 좀더 강력한 신뢰를 부여해줄 것이다……인간게놈프로젝트는 거대한 사업(big business)이다.”

19) HGP를 communication의 측면에서 접근한 연구도 필요한 과제의 하나이다. 특히 유전자 결정론이 communication의 과정으로 통해 확립되는 과정은 이후 HGP의 사회

중에도 극히 예외적인 경우를 제외하면<sup>20)</sup>, 유전자 결정론을 그대로 받아들이는 사람은 없다. 그러나 건강과 질병에 대한 커뮤니케이션과 수사(修辭)를 통해 유전자 결정론은 대중들 사이에서 이미 지우기 힘든 사실적 지위를 확보하고 있는 상태이다.

지난 2월 13에 발표된 HGP 결과는 이러한 유전자 결정론을 상당 부분 스스로 와해시켰다는 점에서 무척 흥미롭다. 셀레라 게노믹스의 크레이그 벤터 박사는 이번에 밝혀진 유전자 숫자가 2만 6천에서 3만개 사이라고 설명하면서, 그 동안의 유전자 결정론을 뒷받침하기에는 너무 작은 숫자이기 때문에 “유전자 결정론은 더 이상 설 자리가 없다”고 말하면서 환경의 중요성을 강조했다.

#### 4. 맺음말

지금까지 살펴보았듯이 HGP는 단순한 기술적 자기발전의 산물이 아니라 그 형성과정에서 술한 사회문화적 차원들이 작용한 거대한 복합체이다. 결국 HGP는 그 탄생과정부터 완성에 이르기까지 수많은 이질적인 요소들이 개입한 사회문화적 구성물(socio-cultural construction)이다.

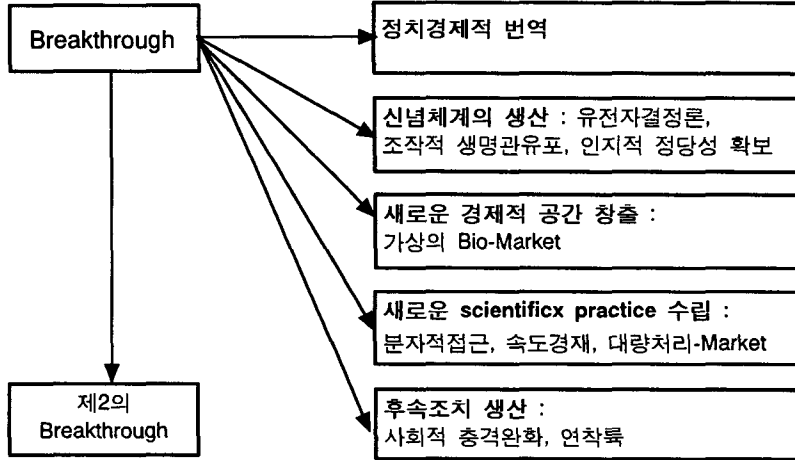
HGP가 형성되는 과정은 일종의 자기조직과정이다. HGP는 이러한 자기조직과정을 통해 자신이 수립될 수 있는 물적 토대와 그것을 지탱하기 위한 신념체계를 생산하고, 술한 부속장치와 후속조치들을 통해 그 생존과 지속을 꾀한다. 또한 그것은 기술적·정치경제학적·사회적·문화적 요소들이 포괄되는 이질적인 망(heterogenous net)의 형성과정이다. 이 이질적인 망에는 자금·염기배열 자동해석장치·지원제도·하부구조 등의 물적 토대와 환원주의적 방법론·유전자 결정론과 같은 신념체계가 모두 포함된다. 따라서 우리가 HGP라 부르는 것은 존재론적·인식론적 요소들이 다양한 사회·문화적 차원에서 관여하는 거대한 복합체인 셈이다. 생물공학의 형성은 기술적 진전이 연속되는 평면적인 과정처럼 보이지만, 기술적 진전들 사이에는 수많은 다

---

적·윤리적 문제를 해결하기 위한 노력에서 중요한 의미를 갖는다.

20) 영국의 생물학자 Richard Dawkins가 대표적인 경우이다.





[그림 3] 재구성한 기술적 진전과정

른 차원들이 개입된다. [그림 3]은 HGP가 구성되는 과정에서 나타난 여러 차례의 기술적 진전을 재구성한 것이다. 이 글은 HGP를 중심으로 생물공학의 사회적 차원을 밝히려고 시도했다. 그러나 이 짧은 글 속에서 드러난 많은 사회학적 분석의 지점들에 대한 좀더 정교한 연구가 뒤따라야 할 것이다.

### □ 참고문헌 □

- 르윈턴 저, 김동광 역 (1991) 『DNA 독트린: 이데올로기로서의 생물학』, 궁리.
- Ayala, F. J. (1974) 'Introduction', in F. J. Ayala and T. Dobzhansky eds., *Studies in the Philosophy of Biology*, Macmillan
- Beatty John (2000) 'Origins of U.S Human Genome Project; Changing Relationships between Genetics and National Security', in Phillip R. Sloan, ed., *Controlling Our Destines, Historical, Philosophical, Ethical, and Theological Perspectives on the Human Genome Project*, University of Notre Dame Press.
- Bud, Robert (1993) *The Uses of Life, A History of Biotechnology*,

Cambridge University Press.

- Bud, Robert (1998) 'Molecular Biology and History of Biotechnology' in Arnold Thackray ed., *Private Science, Biotechnology and the Rise of the Molecular Sciences*, University of Pennsylvania Press.
- Cook-Deegan Robert (1994) *The Gene Wars; Science, Politics and the Human Genome* (황현숙/ 과학세대 옮김, 『인간게놈프로젝트』, 민음사).
- Kay, E. Lily (1998) 'Problematizing Basic Research in Molecular Biology', in Arnold Thackray ed., *Private Science, Biotechnology and the Rise of the Molecular Sciences*, University of Pennsylvania Press.
- Kenny, Martin (1998) 'Biotechnology and the Creation of a New Economic Space', in Arnold Thackray ed., *Private Science, Biotechnology and the Rise of the Molecular Sciences*, University of Pennsylvania Press.
- Keller Evelyn Fox (2000) *The Century of the Gene*, Harvard University Press.
- Longino Helen E. (1990) *Science as Social Knowledge; Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton University Press.
- Nelkin Dorothy (1995a) *The DNA Mystique, The Gene as a Cultural Icon*, W. H. Freeman and Company.
- Nelkin, Dorothy (1995b) *Selling Science, How the Press Covers Science and Technology*, W. H. Freeman and Company.
- Paul Diane B. (1998) 'Is Human Genetics Disguised Eugenics?', in David L. Hull and Michael Ruse eds., *The Philosophy of Biology*, Oxford University Press.
- Sloan, Phillip R.(edit.) (2000) *Controlling Our Destines, Historical, Philosophical, Ethical, and Theological Perspectives on the Human Genome Project*, University of Notre Dame Press.
- Vicedo, Marga (1992) 'Human Genome Project; Towards an Analysis of The Empirical, Ethical, and Conceptual Issues Involved', *Biology and Philosophy* 7: 255-278.
- Yoxen, Edward, Martino and Vittorio Di eds. (1989) *Biotechnology in Future Society, Scenarios and Options for Europe*, Office for Official Publications of the European Communities.

## A Study on Social Control and Acceptance of Science and Technology: Focusing on Biotechnology

Lee, Young-Hee

Usually social control and acceptance of science and technology is thought to be a separate or even confronting thing. But this paper aims to go beyond this simple and dichotomous thinking. Rather, this paper argues that social control and acceptance of science and technology can be combined altogether organically. In other words, this paper argues that social control of a particular science and technology has functional effects to the acceptance of that science and technology. Social control of a particular science and technology is a signal that something is going wrong; it reallocates attention and enhances social awareness; it evaluates ongoing activity; and it alters this activity in various ways to secure a sustainable future.

In order to prove this functional hypothesis, this paper tries a case study of biotechnology from a perspective of sociology of science and technology. Especially social controversies around genetically modified organisms(GMOs) and embryo cloning in Korea are analysed deeply. As a conclusion, this paper proposes some policy implications of this study.

## Social Dimensions of Bio-technology: Focusing on HGP's Shaping Process

Kim, Dong-Kwang

These days, the gene become a socio-cultural phenomenon beyond the bio-laboratory, and DNA or genome acquire a important power in our society. So DNA is established as a cultural icon(Nelkin, 1995). This process is actualized by the socio-cultural context, in which technology-centered initiative is empowered. In the center of this

process is the Human Genome Project(HGP). HGP is 'socio-cultural complex' which contain many social dimensions. This paper is aimed to present the social dimension of bio-technology, focusing on HGP's shaping process.

Generally the development of bio-technology is considered as a linear process, and in this process important technological breakthroughs is emerged in sequence. Secondly, the establishment of institutional, technological infrastructure is taken of a natural process as a necessary product of technological advance. And thirdly, the present image of bio-technology which spread publicly(for example, over-esteemed public belief of health/medicine implication which HGP will provide) is the natural result of new understanding of human DNA.

But HGP is neither a linear product of technological developments nor a necessary effect of biological outgrowth. HGP, especially U.S HGP had to do with issues of national security. In fact, U.S Department of Energy(DOE) involve in the early stage of HGP and play a very important role in the establishment of HGP. They consider HGP as a "Manhattan Project of biology". For them U.S HGP is, both through technology and the creation of a powerful infrastructure, is helping to insure the future world leadership. At the other hand, many scientists who developed recombinant DNA technology firstly were very horrified by the potential of the technology, and criticized HGP as "molecularization and mechanization of biology". HGP is the result of negotiation in which political, economic, and cultural dimensions are intervened.

And this paper examine epistemological aspect of HGP. From the very early stage, HGP require cognitive legitimation. Being shown in the case of GMOs(Genetically Modified Organisms), people fear that bio-technology is exploring and altering the life itself. Thus HGP developed, directly or indirectly, a system of belief, and diffused it. Principal elements of the system of value is genetic determinism and reductionism.