발생과 생식 제 14권 제 4호, 307~316 (2010)
Dev. Reprod. Vol. 14, No. 4, 307~316 (2010)


# 두 문화와 생명윤리, 그리고 생명공학자 윤리

이 경 희†

성신여자대학교 윤리교육과, 고려대학교 안암병원 IRB 원외·비과학 심의위원

# Two Culture and Bioethics, Professionalism and Ethics of Bio Technology

**Kyunghee Lee†**

*Dept. of Ethics Education, Sungshin Women's University, Seoul 136-742, Korea*

**ABSTRACT** : This thesis attempts to describe the basis and value system respectively selected by opinions pro and against bio engineering technology and to induce discussions on the basis of the concept called 'two culture' issue by C. P. Snow - science culture, human culture, a teleological ethical theory and a deontological ethical theory, traditional eugenics, and liberalism eugenics. In addition, it will discuss about inconvenient truth about science and bio engineering which we have wrongly understood up to now - a myth on objectivity of science, autonomy of science and a scientist, a hunger of world, science expected to be responsible for all men. Lastly, it will describe study ethics and social responsibility, openness, moral imagination, self-examination, character of a bio engineer as professionalism.

**Key words** : Two culture, Bioethics, Professionalism, Bio technology, Sciense culture, Human culture, Social responsibility, Openness, moral imagination, Ethics of self-examination and traits.

**요 약** : 본 논문의 목적은 생명공학 기술에 대한 찬성 또는 반대 의견에 대한 가치체계의 근간을 스노우(C. P. Snow)의 '두 문화' 문제 - 과학문화와 인문문화 - 개념을 모티브로, 목적론적 윤리설과 의무론적 윤리설, 전통우생학과 자유주의 우생학 등 가치선택의 다양한 갈래가 공존하고 있음을 논하는데 있다. 또한, 과학과 생명공학 기술에 대한 '잘못된 신화' - 과학의 객관성에 대한 신화, 과학과 과학자의 독립성과 자율성, 생명공학 기술의 세계기아 해결 - 를 지적함으로써 과학 기술에 대한 적확한 판단을 모색하고 있다. 마지막으로, 생명공학 기술의 생산주체인 생명공학자에게 연구윤리와 사회적 책임은 물론 개방성, 도덕적 민감성과 상상력, 성찰과 품성의 윤리학을 요구하고 있다.

## 생명공학 기술 시대의 도래

오늘날 우리는 첨단 과학 기술(high science and technology) 시대에 살고 있다. 브리태니카 사전에 따르면 첨단 과학 기술이란 '기술의 집약도가 높고 기술 혁신성이 풍부하여 산업으로서 성장성이 높은 일련의 기술군'으로 정보기술(IT), 생명공학 기술(BT), 나노기술(NT), 환경공학 기술(ET), 우주항공기술(ST), 문화콘텐츠기술(CT) 등의 6T로 대표된다.

그 중에서, 생명공학 기술은 생명과학의 과학적 발견에 기반한 응용기술을 창출하여 산업에 적용하는 분야를 말한다. 생명공학 기술은 정보처리, 통신, 컴퓨터, 반도체, 로봇, 기계, 재료, 광·생물 공학의 복합화, 융합화[1]의 산물로서 생물학은 물론 의학, 농업, 생명산업, 약학에 이르기까지 전체 산업구조 및 인간 생활양식과 가치의식의 변화를 수반하는 메가트랜드로 부상하였다.

애초에 생명공학은 농업의 육종 교배를 통한 품종 개량으로 시작해서 토마토, 담배, 땅콩, 옥수수, 콩, 어종 확보 등 먹거리 해결과 멸종된 종의 복원을 위한 유전자 분석·조작으로 발전되었지만, 최근에는 불치병과 난치병을 치료하기 위한 의약품, 화학섬유와 화학식품 등의 품질 개선, 합성 피부, DNA 분석 및 게놈 특허 판매 비즈니스, 단백질 유전체학인 프로테움 프로젝트, 비교 유전체학, 생물정보학(Bio-Informatics) 등 다양한 응용과 성장 가능성으로 주목받고 있다.

그러나, 최근 생명공학 기술의 연구 및 적용 대상이 기존의 동·식물에서 인간의 신체 - 즉 배아, 수정란, 체세포 - 로 이전되고, 세계 주요 국가의 '난치병이나 불치병 극복을 위한 배아연구 허용' 결정으로 실용화 가능성에 임박하면서,

† 교신저자: 서울시 성북구 동성동 3가 249-1 성신여자대학교 윤리교육과. (우)136-742 (전) 02-920-7629, (팩) 02-920-7226, E-mail : leekh64@sungshin.ac.kr

환자가 아닌 일반인들도 그 기술의 확대 적용 가능성에 관심을 갖게 되었다. 만약, 기술의 안전성과 경제성이 확보되어 유전자 시술이 환자의 '치료'가 아닌 일반인의 '강화'에 허용된다면 교육비와 성형수술에 드는 막대한 비용과 시간, 고통과 부작용을 알고 있는 부모는 태어날 때부터 외모, 지능과 건강까지 함께 보강된 자녀를 계획하고 꿈꾸게 되지 않을까.

필자가 30년 전 독서 동아리를 통해 올더스 헉슬리(A. Huxley)의 『멋진 신세계(New Brave World, 1923)』[2]를 읽고 공상과학에 지나지 않는다고 여겼던 일들이 어쩌면 현실로 다가올지 모르겠다. 이미, 분자생물학자인 리 실버(R. Silver)와 프란시스 후쿠야마(F. Hukuma)가 각각 그들의 저서 『Remaking Eden』과 『Our Post-Human Future』를 통해 유전공학과 맞춤아기의 실현으로 인류는 서로 교배 불가능한 두 가지 종으로 구분되거나, 극단적인 계급화 - Gene Rich와 Gene Poor - 의 가능성에 대해 경고한 바 있다.

사실, 우리는 자녀를 둔 대부분의 부모들이 자녀의 능력을 후천적으로 강화시킬 목적으로 교육비와 성형수술비에 투자를 아끼지 않는다는 것을 잘 알고 있다. 안전한 생명공학 기술의 확보로 선천적으로 강화된 지능과 외모, 체력을 지닐 수 있다면 어떤 윤리적 근거로 그 기술을 반대할 수 있는가? 또한, 생명공학 기술의 안전성을 확보하기 위해 얼마나 많은 인간의 배아와 난자, 체세포가 쓰여지고 실패하게 될 것인가. 자연법 전통과 기독교, 유교 윤리가 지켜내고 있는 '자연'과 기술적 강화인 '인공'의 명확한 경계는 무엇이며 어디까지인가. 생명을 연장한다는 것과 잘 산다는 것의 의미는 무엇이며, 삶의 질은 측정할 수 있는가. 혹시, 거대 생명공학기업과 그들의 형제인 정치집단과 매스컴의 덩치만 불리는 것은 아닌가.

21세기 생명공학 시대의 생산자인 정부, 거대 글로벌 생명공학 회사, 생명공학자는 물론 소비자인 일반인들도 '생명의 의미'와 '삶의 본질'이라는 추상적이고 철학적인 문제에 대해 관심을 가질 때가 온 것 같다. 우리는 생명공학 기술 시대를 맞을 준비가 되었는가?

## 통합적, 복합적 · 총체적인 사회현상으로서의 과학

우리 사회는 이미 「생명윤리및안전에관한법률」을 입안하고 제정하는 과정과 국내외 생명공학 성과들에 대한 매스컴의 보도를 통해 그리고, 국론 분열이 무엇인지 실감하게 한 황우석 박사의 논문 표절 시비를 통해 생명공학 기술에 대한 초보적인 정보와 지식을 접한 경험이 있다.

남녀노소 직업과 전공 불문하고 생명공학과 시험관 아기 시술, 배아 복제와 체세포 복제, 난자공여 및 매매, 원천기술, 사이언스지와 네이처지를 운운하게 되었고, 생명공학 기술과 정부, 기업, 정치인, 언론과의 부적절한 관계에 주목하게 되었다. 또한 생명공학과 국책사업, 정치집단과의 관계, 지도교수와 석 · 박사 연구원 간 권력 관계, 자연과학계 연구 관행까지 속속들이 알게 되면서 정의, 사회적 책임, 정직, 성실, 권력, 명성, 자질, 품성 등 윤리적 가치에 대해 재고하게 되었다.

황우석 박사 사건은 '생물학' 이나 '생명공학'이라는 하나의 전공영역에 한정된 사건이 아닌 의학, 축산학, 산부인과학, 약학, 광학, 통계학, 페미니즘과의 경계를 넘나드는 학제적 · 통합적 접근이 요구되는 사건이다. 또한 정치, 경제, 법률, 사회, 언론, 문화와 불가분의 관계를 지닌 한국사회의 고질적인 문제를 그대로 압축해 놓은 초대형 스캔들로 평가된다. 또한, 하나의 과학적 사건이 단순히 과학적 사실과 관행의 차원을 넘어 세계 생명공학계는 물론, 한국사회의 제반 환경여건 및 구조와 밀접한 상호연관성을 지니는 매우 복합적인 문제이자 총체적인 사회적 현상이라는 것을 알게 되었다.

그런데, 생명공학 기술의 생산과정 및 적용에 대한 우리 사회 구성원들의 가치판단은 자신의 입장과 이익에 한정되어 상대방을 이해하는데 인색한 경향이 있는 것 같다. 전공영역이나 가치체계, 보수 또는 진보 성향에 따라 매우 상이한 결정[3]을 내리고 있으며, 때로는 찬성과 반대의 양극단에

1) 인간게놈 지도(2003)는 왓슨과 클릭(James Dewey Watson & Francis Harry Crick)의 DNA 이중나선구조 발견(1953) 50주년에 맞춰 완성되었다. 이러한 개가는 생명공학 기술과 정보기술의 융합의 산물로서 광학 현미경과 게놈 샷건(shotgun), 슈퍼 컴퓨터의 개발이 없었다면 불가능한 일이었다.

2) 알파 계급부터 엡실론 계급에 이르기까지 유전자 공학의 결정체인 통치 계급, 지식인 계급, 기술자 계급, 육체노동 계급, 그리고 자연임신을 통해 태어난 불가촉 자연인인 야만인 계급으로 설계된 정치사회적 구도가 기술지상주의와 기능주의, 엘리트주의와 계급론에 철저히 입각해 있다.

3) 물론 사람이 지닌 의식과 가치, 경향성이란 타고난 유전자와 주변 환경 - 즉 부모, 종교, 문화, 교육, 정치성향 - 의 상호작용을 통해 형성된

서 사안과 입장에 따라 견해가 중첩되고 일관성을 유지하지 못하며, 그 간극을 메워줄 제 3의 언어나 집단, 가치가 부재한 것으로 보인다. 이를 테면, 배아 또는 인간복제를 찬성하는 생명윤리학자와 목사, 유학자(儒學者)와 시민단체는 물론, 배아 또는 인간복제를 반대하는 생명공학회사 임원이나 생명공학자를 찾아보기 힘든 실정이다. 더군다나, 생명공학 기술 찬반 논란의 이론적 근거인 목적론적 윤리와 의무론적 윤리, 기독교 윤리와 전통 윤리도 가치판단의 기준을 제공하는데 한계가 있는 것으로 보인다.

그리하여, 본 논문은 생명공학 기술에 대한 찬성 또는 반대 의견에 대한 가치체계의 근간을 스노우(C. P. Snow)의 '두 문화' 문제 - 과학문화와 인문문화 - 개념을 모티브로, 목적론적 윤리설과 의무론적 윤리설, 전통우생학과 자유주의 우생학 등 가치선택의 다양한 갈래가 공존하고 있음을 논하고자 한다. 또한, 과학과 생명공학 기술에 대한 잘못된 신화 - 즉, 과학의 객관성, 과학과 과학자의 독립성과 자율성, 생명공학 기술의 세계기아 해결 - 를 지적함으로써 과학에 대한 적확한 판단을 모색할 것이다. 마지막으로, 생명공학 기술의 생산주체인 생명공학자에게 연구윤리와 사회적 책임은 물론 개방성, 도덕적 민감성과 상상력, 성찰과 품성의 윤리학을 요구하고 있다.

## 생명공학 기술에 대한 '두 문화' 대립의 문제

### 두 문화 1 : 과학문화 vs. 인문문화

필자는 몇 년 전부터 병원 IRB 비과학・원외위원으로 참여, 활동하고 있는데, 지금은 많이 익숙해졌지만 처음 일정기간 동안 보고서를 읽고 심의하는 과정이 매우 큰 스트레스였음을 고백해야겠다. 의학적인 전문용어는 물론이고 의료산업 세계에서 의료인들이 공유하는 언어와 문화가 인문학자인 필자에게 낯설고 불편했기 때문이다.

찰스 스노우(C. P. Snow)는 1959년 캠브리지 대학에서 있었던 리드 강연 〈두 문화와 과학혁명〉을 통해 인문과학 전공자와 자연과학 전공자간 '두 문화'의 견해 차이를 아래와 같이 지적한 바 있다.

> 이 두 그룹(two culture, 인문 문화와 과학 문화)에 속하는 사람들은 지식수준이 비슷하고 같은 인종, 출신성분도 크게 다를 바 없고, 거의 같은 수입을 가지지만 교양, 도덕, 심리적인 경향에 있어서 거의 공통점이 없다. 그래서 피차간 서로 접촉을 끊은 채 사우스 켄싱턴에서 첼시(런던 문학인 주거지)로 가는 대신 대서양을 건너 미국으로 가고자 한다. ····· 두 그룹은 서로 몰이해, 때로는 적의와 혐오, 왜곡된 이미지로 크게 갈라지고 도무지 서로를 이해하려 들지 않는다. ····· 비과학자들은 과학자가 인간의 조건을 알지 못하며, 천박한 낙천주의자라는 뿌리 깊은 선입관을 가지는 한편, 과학자들은 문학적 지식인이 전적으로 선견지명이 결여되어 있으며, 자기네 동포에게 무관심하고, 깊은 의미에서는 반지성적이며, 예술이나 사상을 실존적 순간에만 한정시키려고 한다는 것이다. ····· 요컨대 이러한 현상은 서구 전체의 문제인 것이다(Charles Percy Snow, 1959).

위와 같은 인문문화와 과학문화간 편견과 몰이해는 르네 데카르트(R. Descartes)의 심신이원론 이후 깊어졌는데, 과학의 발달로 전문화・분업화하면서 그 현상이 가속화된 것으로 보인다. 김환석은 우리 사회의 생명윤리 담론에서 벌어지고 있는 각 집단 간 갈등에 대해 스노우의 과학문화와 인문문화의 '두 문화' 개념에 고급문화와 대중문화를 교차하여 네 개의 문화로 논한 바 있다. 즉, 과학문화이면서 고급문화인 생명과학자와 생명윤리자문위원, 그리고 과학문화이면서 대중문화에 속하는 담론생산자로서의 언론과 수용자로서의 대중, 인문문화이면서 고급문화인 생명윤리학자와 생명윤리자문위원과 인문문화이면서 대중문화인 시민단체와 수용자로서의 대중으로 구성된 네 문화로 분류하면서 이들 문화는 서로 자기문화 중심주의에 빠져 있음을 지적하고 있다. 또한, 고급 문화 집단인 생명과학자나 생명윤리학자는 엘리트 의식의 잔재로 대중을 설득 내지 교육시켜야 할 수동적인 대상으로 본다는 점, 그리고 우리 사회에 학연・지연 문화가 강하게 작용하고 있어 자기가 속한 집단의 의식을 뛰어넘거나 흑백논리에서 벗어날 혼성문화(cross culture)가 없어 생명윤리 담론이 왜 양극단화하고 있는지 지적하고 있다(김환석, 2001b: 311-342).

### 두 문화 2 : 목적론적 윤리관 vs. 의무론적 윤리관

생명공학 기술에 찬성하는 집단과 반대하는 집단이 그 윤

---

다. 그러나, 고등학교 시절부터 철저하게 인문계와 자연계로 분리된 채 대학진학 중심의 교육을 받는 우리의 교육제도 특성상 첨예한 생명공학적 쟁점에 대해 인문인은 자연과학을 모르고 자연과학은 인문학을 모르는 채 지각 및 인식, 접근 및 해결 방법이 판이함을 보인다. 자연과학과 인문과학의 지각, 인식, 실천 과정의 상이성을 체계적으로 논의한 박이문(1992)의 글을 참조할 것.

리적 쟁점에 있어서 서로 첨예하게 대립하는 이유를 윤리학의 대표적 가치판단 기준인 목적론과 의무론에서 찾고자 한다. 두 기준은 가치판단의 대상, 생존권의 범위, 가치판단의 시기와 책임의 범위, 가치판단에 대한 결정 시스템·기본 단위·인지적 필요조건에 따라 대별된다(가토 히사다케, 1993).

일반적으로, 생명공학 기술에 찬성 - 과학계, 기업계, 유전질환자와 난치병환자 - 하는 사람들의 가치판단 기준은 목적론적 윤리관으로서 가치판단의 대상을 인격에, 그리고 생존권의 범위를 윤리적 판단 주체에 한하여 가치판단의 시기를 현재, 동세대간의 합의에 근거해서 최소한의 필요에 의한 개인의 자기결정권에 주목한다.

그러나, 생명공학 기술에 반대 - 종교계, 철학자, 윤리학자, 환경운동가 및 시민단체 - 하는 사람들의 가치판단 기준은 의무론적 윤리관으로서 가치판단의 대상을 인격과 자연물을 포함한 생태계까지 생존권의 범위를 주체뿐만 아니라 객체에까지 가치 판단 결정의 기본 단위를 확장하며, 가치판단의 시기를 미래 및 미래 세대에의 의무에 근거해서 최대한의 필요에 의한 지구 전체로까지 확장하고 있다. 달리 표현하면 전자는 현실적인 행복과 실리를 추구하는 공리주의 입장의 전통적 윤리관에 입각한 선택이고, 후자는 기존의 의무론적 윤리설에 내재적 가치를 가진 모든 생명체까지 윤리적 가치판단의 대상과 결정의 기본 단위를 확장시킨 윤리적 확대주의로 볼 수 있겠다(이경희, 2003).

### 두 문화 3 : 전통적 우생학 vs. 자유주의 우생학

우생학(eugenic)[4]이란 1883년 프랜시스 골턴(F. Galton)이 만든 용어로서 유전적 구성을 통해 인간의 종을 개선하려는 시도이다. 유전이 재능과 성격을 지배한다고 확신한 그는 몇 세대에 걸쳐 결혼을 선택적으로 하면 상당히 놀라운 인종을 만들 수 있다고 생각했다.

사실, 오늘날과 같은 인류의 번성은 자신에게 없는 우월한 유전자를 찾아 배우자를 본능적 또는 제도적으로 선택, 보완하고 강화함으로써 이루어졌다고 해도 과언이 아니다.[5] 그러나 국가적인 차원에서 시도된 우생학이 있었는데, 미국과 독일, 싱가포르에서 유전적으로 열등한 사람을 대상으로 불

생명공학 기술에 대한 윤리적 가치판단 기준

| | 찬성론자의 가치판단기준 | 반대론자의 가치판단기준 |
|---|---|---|
| 기본윤리관 | 목적론적 윤리관 | 의무론적 윤리관 |
| 가치판단의 대상 | 인격/비인격 이원론으로 한정 | 인격과 자연물을 포함한 생태계 |
| 생존권의 범위 | 주체에 한정 | 주체뿐만 아니라 객체까지 확장 |
| 가치판단의 시기와 책임의 범위 | 현재<br>동세대간의 합의 | 미래<br>미래세대에의 의무(세대간의 윤리) |
| 가치판단 결정 시스템 | 공시적(共時的) | 통시적(通時的) |
| 가치판단 결정 기본단위 | 개인의 자기결정권(개인주의) | 지구 전체주의(전체주의) |
| 가치판단의 인지적 필요조건 | 최소한의 필요 : 사적 개인들인 보통 사람들에게 알맞는 정도로 필요함 | 최대한의 필요 : 반성적 숙고, 공적 의지 형성의 집합적 투입을 요할 정도로 필요함 |

4) eugenics는 어원상 well-born 즉, 잘난, 다시 말해서 '우월한 유전자를 가지고 태어난' 이라는 뜻이다.

5) 과거 계급제도 사회에서는 우월한 계급끼리의 결혼이 일반적이었으며, 오늘날과 같은 자유주의 국가에서 배우자를 선택할 경우, 표면적으로는 '사랑'이라는 낭만적 조건을 내세우지만 실제로는 시장의 교환법칙에 따라 이루어지고 있다. 외모가 열등한 사람은 교육으로 지능을 보완하여 외모가 우월한 배우자를 선택하고 또한, 외모와 지능, 좋은 직업을 가진 사람은 마찬가지로 외모와 지능, 좋은 직업 모두 가진 사람을 배우자로 선택하게 되는 것이다. 경제력은 있지만 지능이나 능력, 외모를 갖추지 못한 사람들은 자녀들의 교육과 성형수술에 열을 올린다.

임시술을 입법화한 전통적 우생학이 그것이다.[6]

1960년대 말, 캘리포니아 공과대학의 분자생물학자 로버트 신셰이머(R. L. Sinsheimer)는 〈유전자 변화를 디자인할 시대를 전망하며〉라는 글을 통해 과거 전통적 우생학은 적격자를 출생시키고 부적격자를 도태시키기 위해 국가가 강제적으로 선별하고 비인간적인 방법을 썼지만, 자유주의 우생학은 아이들의 인생계획을 바꾸지 않고 능력을 개선할 수 있는 소질에 대해서만 유전공학적으로 디자인할 수 있으며, 원칙적으로 모든 부적격자에게 태어날 때부터 최고 수준의 유전적 개종을 허용하기 때문에 교육을 통해 아이의 지능을 높이는 것과 유전적인 조작으로 지능으로 높이는 것에 도덕적인 차이가 없음을 피력한 바 있다(마이클 샌들, 2010:145).

사실 오늘날, 자기결정권을 중시하는 자유주의 사회에서 국가가 개인의 자율성에 개입하는 전통적 우생학은 설 자리가 없다. 그러나, 경제력 있는 부모가 자녀의 경쟁력을 강화시키기 위해 교육과 성형수술에 시간과 경제력을 투입하는 현상을 두고 벌어지는 윤리적 논쟁 - 인간의 본성, 또는 아름다움이란 무엇인가, 인간의 자율성이란 무엇인가, 부모의 온정적 간섭주의는 정당화될 수 있는가, 또는 알파 맘이냐, 베타 맘이냐 - 은 아직도 끝나지 않은 채로 남아 있다.

오늘날 유전공학 기술의 가능성에 임박하면서 그 기술이 질병을 치료, 예방하고, 손상을 복구하려는 목적이 아닌 인간의 외모와 근육과 같은 신체 능력, 인지 능력을 강화할 목적으로 유전자를 교정할 수 있게 된다면 어떤 이유를 들어 기술의 사용을 막을 수 있는가? 누구든 강화된 인간으로 살아간다면 평균이나 일반의 의미는 무엇이며, 어떤 능력을 가진 자를 우월하다고 할 것인가? 공정한 경쟁이 갖는 의미는 무엇인가? 장차, 역경을 딛고 성공한 사람의 감동 스토리를 들을 수 있을까?

유전공학 기술은 예전과 질적으로 다른 윤리적 물음들을 우리에게 가져올 것이다. 마이클 샌들은(M. Sandle)은 '완벽한 몸'이란 무한경쟁과 그로 인한 과도한 불안이 만들어 낸 환상이라고 경고한다. 이제 생명공학자들은 자신이 몰입하는 연구의 목적과 그 결과에 대해 기술적 차원만이 아닌 윤리적, 법적, 사회적 함의에 대해 예측할 수 있는 능력도 함께 갖춰야 할 때가 온 것이다.

## 과학과 생명공학 기술에 대한 불편한 진실

### 불편한 진실 1 : 과학의 객관성과 가치중립성에 대한 신화

지금까지의 과학은 비과학 세계로부터 비난, 공격받을 때마다 과학이 지닌 객관성과 보편성, 절대성과 가치중립성을 내세워 과학의 권위와 힘을 유지하는 경향이 있어왔다. 그러나 정말 과학은 객관적이며 가치중립적인가?

여기에서 객관성이란 과학적 지식은 과학자의 주체성과는 상관없이 존재하는 사물현상을 가치중립적으로 서술하는 것으로 믿어왔다는 것이다. 이러한 과학의 지식에 관한 입장은 1960년대 초까지만 해도 논리실증주의에 의해 철학적 뒷받침을 받아왔지만 1962년 토마스 쿤(T. Kuhn)이 그의 저서 「과학혁명의 구조(The Structure of Scientific Revolution)」를 통해 과학사의 수많은 사례와 패러다임(Paradigm)의 담론에 대한 개념 정의를 통해 과학이 더 이상 객관적·절대적일 수 없음을 주장하여 종래의 생각을 완전히 뒤집어 놓았다(토마스 쿤, 1981).

사회구성주의(social constructivism)라고 불리는 이 새로운 과학사회학의 목표는 과학 기술이 구체적인 사회적 맥락 속에서 어떻게 행위자들에 의해 구성되는지를 밝힘으로써 근대 과학 기술의 탈신비화가 가능하다고 보았다. 과학은 몇몇 사회구성주의자들에 의해 반실재론(anti-realism) 또는 비실재론(irrealism)의 입장을 취하게 되었는데, 이들은 과학자들이 실재라고 하는 것이 자연에 존재하는 무엇을 마치 동전을 줍듯이 발견한 것이 아니라, 그것이 존재한다는 과학자들 사이의 합의를 통해 구성된 것(constructed)이라고 주장했다. 또한 과학에 대한 탈신비화란 결코 근대 과학 모두가 옳지 않다는 것을 증명하려 했던 것은 아니다. 그것은 다만 어떤 과학 기술도 사회적 과정을 초월해서 구성될 수 없다는 사실을 지적하고자 하는 것이다[7](앤드류 웹스터, 1995).

한편, 독일의 철학자 하버마스(J. Habermas)는 인간이 어

6) 1907년 미국 인디아나 주에서는 정신질환자, 수감자, 극빈자에게 강제불임을 규정하는 법을 채택함으로써 유전적으로 열등한 미국인이라는 이유로 6만여 명이 불임수술을 당한 적이 있으며, 독일에서는 히틀러 집권 당시 1935년 결함이 있는 자에게 동일한 결함이 갖지 못하도록 하고 사회의 건강 수준도 높이기 위해 불임법을 제정한 바 있다. 강제성이 없는 우생학 정책으로는 1980년 싱가포르의 리콴유 수상이 대졸 여성의 출산을 장려하고 중졸 여성에게는 출산억제 정책을 한 바 있다.

7) 사회구성주의 접근에 따르면, 근대 과학 기술은 보편적이고 합리적인 것이 아니라, 자연 정복적인 세계관으로 특징지어지는 근대 서구의

떤 사건과 사물을 인식할 때 '이익'과 관계있음을 주장함으로써 과학적 지식들은 어느 정도 주관적이며 사물현상에 관한 인간의 지식이 인간의 관심이나 가치관과 떠나 이해되지 않는다는 사실을 뒷받침하고 있다. 하버마스의 주장대로 모든 인식이 이익을 떠날 수 없다면 어떤 패러다임에 의해서 자연현상을 해석하느냐도 우리의 이익에 의존됨을 말하는 것이다(박이문, 1992:29). 그러므로, 과학의 객관성과 중립성에 대한 믿음은 우리의 문화에 깊숙이 자리 잡은 일종의 신화에 불과하다.

### 불편한 진실 2 : 과학자의 독립성과 자율성에 대한 신화

과학과 과학자의 독립성과 자율성은 어떻게 사용하느냐에 따라 무기도, 또한 유용한 도구도 될 수 있는 양날의 칼과 같다. 과학과 과학자의 독립성과 자율성이 오늘날의 과학이 존재하는데 지대한 공헌을 하였음은 사실과 다르지 않다. 그러나 과연 첨단과학 기술 시대, 생명공학 기술 시대의 과학자는 독립적이고 자율적인가? 생명공학자는 스폰서인 대규모 생명공학회사, 제약회사와 무관하게 연구 주제를 자유롭게 결정할 수 있는가? 소위 대박상품이라 불리는 블록버스터 치료약(blockbuster drug) 대신 소수 난치병 환자의 치료약 개발에 매달릴 연구자가 얼마나 될까?

독립성과 자율성은 과학자들을 전문직으로 정체성을 규정하는 핵심 요소이지만, 1980년대 이후 이윤 창출을 목표로 하는 거대 생명공학 회사에 종속되기 시작한 과학자들은 자율성과 독립성을 남용하여 자신의 이익을 확대하면서 도덕적 결함은 물론 대중으로부터 신뢰를 잃고 탈전문주의화하고 있다.

오늘날의 과학이 과거의 과학과 차별화되는 것은, 과학연구가 국가 및 공공의 정책적·사회적 지원 또는 민간의 거대 글로벌 기업으로부터 금전적 지원 없이는 수행하기 힘들 정도로 그 규모가 커졌다는데 있다. 즉, '거대과학(big science)'[8]의 특징을 띤다는 것이다. 2차 세계대전 중 원자폭탄 개발 계획이 단행된 소위 '맨해튼 프로젝트(Manhattan Project)'는 기존의 과학과 달리 거대한 인력, 예산, 시스템을 한 곳에 계획적으로 집중시킴으로써 시너지 효과를 얻었음에도 불구하고 거대과학이 중앙 집중적인 특징을 띠면서 과학자들의 절대적 권위이자 힘이라고 할 수 있는 자율성과 통제권의 상실을 가져왔다.

또한, 21세기 거대과학인 생명과학을 대표하는 인간게놈프로젝트(Human Genome Project)도 상황이 다르지 않다.[9] 개별공학자는 거대한 프로젝트의 한 부분을 담당하며, 그가 맡은 부분이 전체 프로젝트에 어떤 식으로 연결되어 어떤 결과를 산출할지에 대해서는 정확히 모르는 경우가 많게 되었다. 맨해튼 프로젝트에 참여해서 오펜하이머의 지휘에 따라 일선에서 실험을 하고 연구를 보조했던 젊은 과학도들의 대부분은 자신들의 연구와 핵폭탄의 연관성에 대해 전혀 몰랐다고 한다(손화철·송성수, 2006:313).

엘리엇 프라이드슨(E. Friedson)은 전문직으로서 과학인이 갖는 권한이자 위험이 있다면 학문의 발전을 위한 아젠다를 스스로 정하고 학문 사용에 대해 책임을 지는 자유를 갖는 것, 즉 어떤 학문 연구의 선택이 경제적 또는 구조적인 이유에서가 아니라 문화적이고 이데올로기적이며 윤리적인 이유로 선택되어야 함을 강조한 바 있다(엘리엇 프라이드슨, 2007). 이제, 과학자들은 자율성과 독립성의 확보가 과학의 신뢰와 윤리성을 회복할 수 있는 중요한 덕목이라는 것을 인식하고 노력해야 할 것이다.

### 불편한 진실 3 : 생명공학회사가 세계 기아를 책임진다는 신화

지난 100년 동안 인류는 과학 기술 발전의 대가로 식량, 의료, 위생, 주택, 보건, 복지, 여가 부분에서 괄목할 만한 삶의 변화를 누리고 있다. 상습적인 굶주림으로부터 벗어났으며, 상·하수도 시설은 물론 기본적인 의료 혜택과 정기적인 예방접종, 냉난방이 완비된 주택, 1일 생활권을 주도하게 된 고속도로와 자동차, 평균 수명의 증가 등 이루 헤아릴 수 없다.

반면, 자동차 매연과 전자파, 무분별한 제초제와 살충제, 비료의 사용에 따른 유해환경, 인공감미료와 첨가제 중독, 과잉 공급되는 음식으로 인한 습관성 비만과 성인병으로 점점 더 과학과 의료 시스템에 종속되어 가고 있다.[10] 우리는 인

---

부르주아 백인 문화에서 배태된 것으로 본다.

8) 거대과학은 미국의 '맨해튼 프로젝트(Manhattan Project)와 '아폴로 계획(Apollo Project)', 그리고 인간게놈프로젝트(Human Genome Project)로 대별된다.

9) 21세기 생명과학을 대표하는 또 하나의 거대과학, 인간게놈프로젝트(Human Genome Project)는 1988년 미국의 국립보건원(NIH)과 에너지성(DOE)의 주도로 시작되어 현재 프랑스와 일본 등 50여 개 국이 컨소시엄 형태(HUGO)로 참여하고 있는 대규모 국제연구프로젝트다.

류 역사상 유례가 없을 정도로 식품과 관련된 생명공학회사들에 의해 배불리 먹고 있으며, 의료와 관련된 생명공학회사에 의존하여 그 질병을 다스리고 있다. 그러나, 풍요가 넘쳐나는 동시대 지구의 반대편에서 기아나 영양실조로 인한 질병으로 매일 10만 명이 죽어가고 있다면 이 사실을 어떻게 이해해야 하는가?

유엔식량농업기구(FAO, Food and Agriculture Organization)는 2005년 기준, 10세 미만의 아동이 5초에 1명씩 굶어 죽어 가고 있고 세계 인구의 7분의 1에 이르는 8억 5,000만 명이 심각한 만성적 영양실조 상태이며, 블랙 아프리카의 경우, 전인구의 36%가 굶주림에 무방비 상태에 있다고 보고하고 있다(장 글러, 2007). 몬산토(Monsanto)나 훼하스트(Hoechst)같은 생명공학회사들이 유전자 조작 농작물(GMO, Genetically Modified Organism)로 굶주린 세계를 먹여 살리겠다고 발표[11]한 지 10여 년이 훌쩍 지났지만 오히려 2000년 이후 기아에 허덕이는 사람들은 1,200만 명이나 증가했다.

농업 분야에서 진행되는 생명공학 연구의 80% 이상이 제초제와 살충제에 내성 있는 GMO 작물을 개발함으로써 잡초와 병충해를 구제하고, 노동력과 농약 사용의 절감, 농업의 지속 가능성과 생산성 및 수익 증대는 물론 세계를 먹여 살린다는 것이 그들의 주장이지만, 이것은 사실과 다른 신화에 불과하다. 오히려 종자 비용과 기술 사용료, 농약 사용이 증가함으로써 초기 투자 비용을 높이고, 내성이 강한 슈퍼 잡초, 슈퍼 해충, 슈퍼 바이러스 변종을 만들어 내며, 유전자 오염과 단일작물화로 생물 다양성을 파괴하고, 종자 특허권을 빌미로 다음 해 농사에 새로운 종자를 구입하게 함으로써 세계 농민들의 수입 감소와 파산, 심지어 자살하는 농민이 속출하기도 하였다.

유엔식량농업기구에 따르면, 오늘날 전 세계의 농업생산력을 기준으로 지구는 120억 명을 먹여 살릴 수 있다고 보고하고 있다. 문제는 세계의 기아를 해결한다는 생명공학회사들의 식량생산이 저장성과 환금성 높은 옥수수와 콩에 집중되고, 이것이 자원화, 자본화하면서 마치 석유, 천연가스, 구리와 같은 위력을 갖게 됐다는 데 있다. 우리는 이 보고서로부터 지구상에 식량이 부족하다는 이론적 전략이 어떻게 시작되었는지 그리고, 세계의 식량과 기아문제의 해결은 기술과 생산의 문제가 아닌 배분의 문제에 핵심 있다는 것을 깨달아야 할 것이다.

우리는 지금, 건초 대신 콩과 옥수수를 배 터지게 먹고 있는 소 떼와, 콩과 옥수수 한 줌이 없어 풀뿌리 입에 문 채 기아에 허덕이는 아이들을 함께 목격하고 있다.

## 생명공학자의 연구윤리와 사회적 책임

과학자의 연구윤리에 관한 가장 일반적인 논의는 과학사회학자 로버트 머튼(R. Merton, 1973)의 과학의 규범구조(CUDOS)에서 찾아볼 수 있다. 그는 과학공동체는 다른 사회집단에서 찾아보기 힘든 독특한 규범들 - 공유주의(communism), 보편주의(universalism), 무사무욕(disinterestedness), 조직화된 회의주의(organized skepticism) - 이 자리 잡고 있으며, 이 덕분에 과학공동체는 합리적이고 객관적인 지식을 산출할 뿐 아니라 현대 사회가 지향해야 할 민주주의 모델을 지향한다고 주장한 바 있다. 그러나, 머튼의 이론은 오늘날과 같이 거대자본화하고 산업화된 과학의 시대에 적용하기에 비현실적이다. 1980년대 이후 상당한 수의 과학자들이 연구결과의 상업화에 기여를 해왔고, 기존의 논문 발간과 동료 인정에 대한 관심을 경제적 이익을 챙기는 쪽으로 자신의 이해관계를 더 넓히면서 심지어, 기업가를 겸한 과학자(entrepreneurial scientist)로 변질되었다는 점에서 설득성이 사라졌다. 영국의 과학사회학자 멀케이(M. Mulkay)는 '규범'이란 과학자들이 자신의 특정한 행위를 정당화하기 위하여 맥락에 따라 가변적으로 사용하는 주장의 레퍼토리에 지나지 않는다고 지적하기도 했다(김환석, 2001a:65-66 재인용).

과학 기술자가 준수해야 하는 규범은 크게 사회윤리 규범과 내부윤리 규범으로 구분한다(삼성경제연구소, 2006). 과거에는 과학자들이 국가, 사회 등 외부의 간섭없이 자유롭게 연구를 수행해야 한다는 자유방임형 과학관이 보편적 사회가치로 통용되었다. 그러나 원자폭탄, 환경오염, 인간복제 등

10) 자본주의의 성공이란 욕망에 매달려 유해환경에 노출된 채 일에 중독되어 가고 화학적·유전적으로 조작된 옥수수와 콩에서 추출된 인공감미료로 원재료도 모르게 버무려진 패스트 푸드에 중독되어 가고 있다.

11) 월남전 때 화학 살상무기를 제조하던 몬산토(Monsanto)는 1998년 1,600만 달러를 투자한 유럽 미디어 캠페인에서 '세계를 먹여 살린다'는 광고를 내보냈다. 또한 훼하스트(Hoechst)라는 생명공학회사는 1994년 「파이낸셜 타임즈」에 '인구가 늘어나는 만큼 수확이 빠르게 늘어나는 세상을 상상해 보라'는 광고를 한 바 있다(반다나 시바, 2003).

과학의 부작용이 사회문제가 되면서 과학 기술자의 사회적 책임에 대한 논의와 사회윤리 규범이 형성되었다. 사회윤리 규범은 사회적 합의에 따라 만들어지기 때문에 국가별로 기준이 상이한 것이 특징이다. 또한 연구 수행 단계에서 발생할 수 있는 다양한 상황, 즉 스승과 제자 관계, 대학원생 처우, 위험물질 사용관리 등이 있다. 생명과학 분야에서는 사람, 동물 등의 생명존엄성을 훼손하지 않기 위한 '사전설명에 의한 동의(informed consent)'를 중요시 여긴다. 이를테면, 우리나라에서는 2005년부터 시행된 「생명윤리및안전에관한법률」이 대표적인 사례이다.

내부윤리규범은 과학 기술계 내부의 필요성, 또는 사회적 요구에 따라 자체적으로 규정한 윤리기준으로서, 그 핵심은 '연구에서의 충실성(intergrity)' 준수에 있다. 연구에서의 충실성은 내용의 정직성(honesty)과 연구 수행 절차의 완전성(completeness)의 두 가지 의미를 내포한다. 연구의 수행과 보고 과정에서의 정직성, 기만행위의 회피, 기술적 세심함, 연구대상과 학생, 동료들에 대한 윤리적 접근 등을 종합적으로 포괄한다.

과학계 차원에서는 결과보고 단계의 윤리위반을 '연구부정행위(research misconduct)로 처리하며, 가장 강력한 처벌을 부과하고 있다. 선진국에서는 1980년대부터 연구부정행위가 사회적 문제로 대두되었고, 1990년대부터 미국을 비롯한 유럽 각국에서 대형 사건이 잇달아 터지면서 부정행위 조사를 위한 연구윤리 관련 기관이 설립되었다. 1994년부터 10년 동안 미국의 연구윤리 담당기관(ORI)에 신고된 부정행위는 무려 1,777건이나 된다. 그러나, 공개적으로 알려진 사례는 일부이며, 2005년 발표된 미네소타 대학의 설문조사 자료에 의하면, 과학자 3,427명 가운데 30% 이상이 모순된 사실을 무시하거나 데이터를 조작하는 등 윤리적으로 문제가 되는 행위에 개입했다고 한다.

이러한 연구 부정행위 증가의 원인은 과학연구 환경의 급격한 변화 - 경쟁심화, 상업주의 확산, 계층화 심화 - 에 따라 과학계 고유의 자정시스템이 약화된 것이 그 주요 요인이라고 할 수 있다. 먼저, 과학자의 증가와 기술발전 속도의 증가, 그리고 1등만이 살아남는 보상 체계로 인해 경쟁에 대한 심한 압박감이 상존하기 때문이다. 둘째, 과학을 입신출세의 수단 내지, 부와 권력을 동시에 추구하는 과학자가 증가하면서 전통적인 과학규범이 변질되었기 때문이다. 셋째, 과학자 사회에도 조직 내 권위나 위계가 존재하며 사회적 이해관계가 얽혀 있는 계층화를 형성하고 있어 빈익빈 부익부 현상이 심화되었기 때문이다.[12)]

수학자 마이클 프랜시스 아티야(M. F. Atiyah)는 과학자들이 자신의 연구가 낳은 결과에 대해 책임져야 할 이유에 대해 아래와 같이 제시하고 있는데, 과학자에게 전문성과 자율성, 청렴과 신뢰가 얼마나 중요한 가치인지 시사하고 있다(김환석, 2001a:59).

첫째, 과학자들은 평균적인 정치가나 시민보다 기술적 문제들을 잘 알고 있으며, 지식은 그에 따른 책임을 수반한다. 둘째, 과학자들은 나중에 출현할지 모르는 파생적 문제들을 해결하는 데 기술적 자문 및 지원을 제공해줄 수 있다. 셋째, 과학자들은 국가의 경계를 넘어서는 국제적 우애 관계를 형성하고 있기에 인류 전체의 이익을 위한 전지구적 관점을 취하기에 좋은 위치에 있다. 넷째, 과학이나 과학자에 대해 나쁜 대중적 이미지를 갖게 될 때 그 결과는 결국 과학자들에게 돌아오기 때문에 과학이 자신의 대중적 이미지를 개선하는 것, 자신의 청렴성에 대해 사회의 존경을 다시 얻는 것, 그리고 자신의 발언에 대해 대중의 신뢰를 다시 획득하는 것은 매우 중요한 일이다.

이외에도, 미국 와이오밍대학교의 윤리학자 레스닉(D. Resnik)은 과학윤리 원칙 12가지를 정립하여 제시한 바 있는데, 정직성, 조심성, 개방성, 자유, 명성, 교육, 사회적 책임, 합법성, 기회, 상호존중, 효율성, 실험 대상에 대한 존중 등이 그것이다(김환석, 2001a:66-69 재인용).

## 개방성, 도덕적 민감성과 상상력, 성찰과 품성의 윤리학 요구

지금 우리는 인류 역사상 한 번도 경험하지 못한 폭발적인 기술 혁신의 정점에 서 있다. 지난 100년 간 현대 생명과학의 탄생과 눈부신 발전에 의해 생물학은 이제 설명적인 학문

12) 최근 실험 장비에 대한 의존성이 높아지면서 고가의 장비를 가진 연구자가 더 많은 실적을 쌓고, 이를 바탕으로 더 많은 연구비를 획득하며, 명성있는 집단에 소속될수록 과학계나 매스컴에 빈번하게 인용되면서 명성을 날릴 기회를 갖게 되는 것도 과학계의 빈익빈, 부익부 현상의 심화 원인이다.

에서 예언적인 학문으로 탈바꿈(W. F. 루미스, 2010:21-22) 했으며, 프로메테우스가 불을 훔쳐 인간에게 가져다주는 순간부터 인간 고락이 시작되었듯이 생물학 또한 우리에게 그 혜택뿐만 아니라 전례 없이 골치 아프고 어려운 문제를 제기하고 있다. 또한, 정보기술과 생명공학 기술의 합작으로 이루어진 인간 유전체 연구와 복제기술은 윤리적·법적·사회관계뿐만 아니라 인간의 의미, 생명의 본질에 대한 새로운 관점을 요구하고 있다.

그러나, 과학자들과 생명공학자들은 점점 독립성과 자율성을 잃고 거대 생명공학회사와 경제적 이득에 종속되어 가고 있으며, 일반 대중들은 경쟁사회에 적응하기 위한 또 다른 전략으로 교육에 투자하는 대신 좀 더 쉽고 빠른 생명공학 기술을 선호하게 될지도 모른다.

1960년대 미국과 소련의 냉전 시기에 게임이론의 방법을 사용해서 위험천만한 핵전략을 만들었던 미국의 한 과학자는 1980년대에 모스크바를 방문하고 붉은 광장에 수많은 젊은이들이 어울려 노는 것을 보고 울음을 터트렸다고 한다. 그에게 모스크바는 언제든지 핵무기에 의해 소멸될 수 있는 그래프 상의 한 점에 불과했지만 활기 찬 젊은이들을 목격하고 미국의 도시와 같이 사람 사는 도시였음을 깨달았기 때문이다(손화철·송성수, 2006:152).

이 사례는 과학자와 생명공학자에게 요구되는 도덕적 소양과 윤리적 품성이 어떤 것이어야 하는지 시사하는 바 크다.

첫째, 의식의 개방성이 요구된다. 과학자는 기계적인 단순한 학습을 통해 습득 가능한 '기술지'의 차원을 넘어서는 끊임없는 자기해석이 요구되며, 지식의 완결성, 고정성을 지향하지 않고 언제나 새로운 경험과 지식에 대해 의식이 열려 있어야 한다.

둘째, 도덕적 민감성과 도덕적 상상력이 요구된다. 이제 과학자들과 생명공학자들은 자신이 개발하는 기술이 단순히 과학 기술의 개가에 그치는 것이 아니라 그 기술의 적용이 가져오는 윤리적·법적·사회적 함의에 대해 숙고할 수 있어야 한다. 그 기술이 가져올 혜택뿐만 아니라 위험까지도 도덕적 민감성과 도덕적 상상력을 발휘하여 예측할 수 있어야 한다.

셋째, 단순히 행위규칙으로서 연구윤리를 준수하는 것이 아닌 성찰과 품성의 윤리학이 요구된다. 즉, '나는 무엇을 해야만 하는가'가 아닌 '나는 어떤 종류의 사람이 되어야 하는가'에 관심을 갖는 과학자가 되어야 한다.[13)]

## 감사의 글

이 논문은 2009년도 후기 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었습니다.

2010년 가을 학술발표대회에 발표자로 초청해 주신 한국발생생물학회 학회장님과 부족한 내용을 관심있게 경청해 주신 학회 회원님들께 감사드립니다. 권위 있는 한국발생생물학회의 학술지에 필자의 졸고를 실을 기회를 주신 편집이사님과 총무이사님, 학술이사님께도 감사드립니다.

## 인용문헌

과학철학교육위원회 편 (2003) 과학 기술의 철학적 이해. 한양대학교 출판부 p 298-300.

김환석 (2001a) 과학 기술시대의 연구윤리: 생명공학분야를 중심으로. 생명윤리 2:2 58-72.

김환석 (2001b) 생명과학과 두 문화 문제. 과학 기술학연구. 통권 제2집. 311-342.

데자르뎅 JR (1999) 환경윤리 -환경윤리의 이론과 쟁점- 자작나무. 21-39, 159-227.

루미스 WF (2008) 생명전쟁. 글항아리. 19-21.

머피 TF (2008) 생명의학연구윤리의 사례연구. 서광사. 14-18.

박이문 (1992) 자연과학과 인문과학. 사회비평 제7호 223-234.

브라이언트 J, 벨 L, 설 J (2005) 생명과학의 윤리. 아카넷. 46-78.

삼성경제연구소 (2006) 과학분야의 연구윤리. 삼성경제연구소. 5-16.

샌들 M (2010) 생명의 윤리를 말하다. 동녘. 25-32, 81-95, 103-128.

손화철, 송성수 (2006) 공학윤리와 전문직 교육-미시적 접근에서 거시적 접근으로-. 철학 91집 305-331.

송성수 (2005). 과학 기술자의 사회적 책임: 논거 및 쟁점. 한

13) 1981년 노벨화학상 수상자인 호프만(Ronald Hoffman)은 "같기도 하고 아니 같기도 하고"라는 수상록에서 과학자가 진짜와 가짜를 정확히 구별하지 못할 때에 엄청난 재난이 유발될 수 있다고 경고한 바 있다(송성수, 2005:13-27 재인용).

국과학 기술학회 전기학술대회 자료집 13-26.
스노우 CP (1996) 두 문화 -과학과 인문학의 조화로운 만남을 위하여 -. 사이언스북. 11-34.
시바 B (2003) 누가 세계를 약탈하는가. 울력. 15-34, 115-133, 139-168.
언스트 & 영 인터네셔널 (2002) 세계 생명공학 리포트. 김영사. 32-34.
이경희 (2003) 생명공학 기술에 있어서 차별과 윤리적 쟁점. 사회이론 23호 209-237.
이경희 (2010) 두 문화와 생명윤리. 2010 가을 학술발표대회 자료집. 한국발생생물학회 11-15.
이초식 (2001) 윤리는 과학 기술 발전의 적인가. 과학 기술학 연구 통권 1호 291-309.
지글러 J (2007) 왜 세계의 절반은 굶주리는가. 갈라파고스 154-269.
최형록 (2001) 생명공학과 윤리. 진보평론 제7호 218-233.
쿤 T (1981) 과학혁명의 구조. 정음사. 38-76.
펜스 GE (2001) 누가 인간복제를 두려워하는가. 양문. 173-215.
프라이드슨 E (2007) 프로페셔널리즘-전문직에 대한 사회학적 분석과 전망-. 아카넷. 259-316.
홍성욱 (2005) 왜 과학에 윤리를 묻지 않는가?. 당대비평 2005 신년특별호 147-155.
히사다케 가토 (1993) 환경이란 무엇인가. 중문 출판사. 90-98.
Allen AL, Mark Rothstein A, Ed. (1997) Genetic Privacy: Emerging Concept and Values in Genetic Secrets. Yale Press 69-81.
Bertalanffy L (1968) General Systems Theory: Foundation. Development. Application. New York: George Braziller. 45-47 & 75-80.
Beurton PJ, Falk R, Rheinberger HJ (2000) The Concept of the Gene in Development and Evolution: Historical and Epistemology Perspective, Cambridge University Press, 16-23.
Fukuyama F (2002) Our Post-Human Future. New York : Eric Yang Agency, 23-59.
Keller EF (2000) The Century of the Gene. Harvard University Press, 215-268.
Merton R (1973) The Sociology of Science, Chicago: University of Chicago Press, 113-125.
Snow CP (1959) The Two Cultures, Cambridge University Press, 13-36.
Ulrich W (1987) Critical heuristics of social systems design. European Journal of Operational Research 31:278-280.

(received 3 December 2010, received in revised form 13 December 2010, accepted 14 December 2010)