

Post-ELSI 지형도: 합성생물학 거버넌스와 ‘수행되지 않은 사회과학’†

우 태 민*·박 범 순**

이 논문에서는 ‘수행되지 않은 사회과학(undone social science)’의 한 사례로 한국에서 합성생물학에 대한 사회과학적 연구의 부재를 지적하고 그 구조적 원인을 고찰해보고자 한다. 합성생물학은 자연에 존재하지 않는 생명물질을 만들어내고 새로운 생물체의 시스템을 설계하거나 자연에 있는 생명시스템의 재설계를 목표로 21세기 초 등장했다. 이 새로운 과학기술은 인류가 직면한 에너지, 식량, 질병 문제들을 해결해 줄 수 있을 것이라는 기대를 받고 있지만, 이전에 없던 합성생물체의 등장과 바이오 테러, 바이오 해커 등으로 인류의 생존 자체가 위협받을 수 있다는 극단적인 우려도 낳고 있다. 따라서 이 분야를 주도하고 있는 미국과 유럽의 과학기술계는 초창기부터 사회과학자들의 관심과 참여를 중요하게 생각해서 함께 연구할 수 있는 방법을 모색해왔다. 그런데 왜 한국에서는 합성생물학의 생명윤리, 생물안전성, 생물안보 등의 문제에 대한 연구가 거의 없을까? 만약 지금부터라도 사회과학자들의 참여를 독려한다면, 어떤 방식으로 하는 것이 좋을까? 이에 답하기 위해 인간유전체사업과 함께 도입되었던 ELSI(Ethical, Legal,

† 이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013S1A3A2053087). 한국-영국 합성생물학 워크샵에서 도움을 주신 로빈 윌리엄스(Robin Williams), 제인 켈버트(Jane Calvert), 김기홍 교수님과, 한국과학기술학 학회에서 토론에 참여해 주신 김효민, 이영희, 김동광 교수님께 감사드립니다. 자료수집과 분석 등 연구에 직접적 도움을 준 KAIST의 이우민과 이지원, 그리고 논문수정에 큰 도움을 준 강연실에게도 감사의 마음을 전합니다.

* KAIST 과학기술정책대학원 (제 1 저자).
전자메일: innoerin@gmail.com

** KAIST 과학기술정책대학원 (교신 저자).
전자메일: parkb@kaist.edu

and Social Implications) 연구의 성과와 논란을 살펴보고, ELSI의 한계를 극복하기 위해 등장한 post-ELSI의 다양한 방법론을 소개할 것이다. 이를 바탕으로 본 논문에서는 새로운 과학기술에 대한 ELSI 프로그램의 제도화가 시급하고, post-ELSI 논의의 활성화로 한국에 맞는 연구방법을 찾는 것이 필요하며, 사회과학자들의 자율성과 독립성을 확보할 수 있는 지적 공간과 제도적 장치를 마련해야 할 것이라는 세 가지 제언을 할 것이다.

【주제어】 합성생물학, post-ELSI, 휴먼 프랙티스, 초국가적 거버넌스, 합성미학, 수행되지 않은 사회과학

1. 서론

이 글은 과학에 ‘수행되지 않은 과학(undone science)’이 있듯이 사회과학에도 ‘수행되지 않은 사회과학(undone social science)’이 존재한다는 문제의식에서 출발한다. 수행되었거나 수행 중인 과학의 영역 밖에 사회적 가치는 있지만 간과되고 지원받지 못한 연구 영역, 즉 수행되지 않은 과학에 대한 관심은 1980년대 말부터 과학기술학, 여성학, 신과학정치사회학 등에서 일어났고(Hess, 1998, 2007; Hilgartner, 2001; Haraway, 1989; Harding, 1992, 1993, 1998; Kleinman, 2003; Frickel and Moore, 2006), 이러한 움직임이 최근 한국에도 소개되어 과학기술학계를 중심으로 새로운 연구 성과가 나오고 있다(한재각, 장영배, 2009; 김동광, 2010, 2011, 2014). 수행되지 않은 과학의 문제에 대해서는 데이비드 헤스(David J. Hess)가 잘 설명하고 있다.

정치경제 엘리트들이 지식이라는 정원에 물을 대고 잡초를 뽑을 자원을 소유하기 때문에, 지식은 정치경제 엘리트들의 목표에 부합하는 방향으로 성장하는 (“선택되는”) 경향이 있다. 사회 변화를 원하는 사회운동 지도자들과 산업 혁신가들이 그들의 연구문제에 대한 답을 얻기 위해 ‘과학(Science)’에 도움을 기대할 때, 종종 그들은 텅 빈 공간을 - 한 번도 발간되지 않은 저널의 특집호, 개최되지 않았던 학술회의, 한 푼도 자금이 지원되지 않은 인식론적 연구 - 발견하는 반면, 훨씬 풍부한 자금을 지원받은 적들은 마음대로 가져다 쓸 수 있는 지식의 병기고를 갖추고 있다는 사실을 깨닫게 된다. 나는 이것을 “수행되지 않은 과학의 문제(undone science problem)”라고 부른다. 활동가와 개혁지향적인 혁신가들의 관점에서, 수행되어야 할 과학이 수행되지 않은 이유는 그 연구가 이루어지지 못하게 가로막는 구조가 있기 때문이다

(Hess, 2007: 22; 김동광, 2014 번역).

여기에서 우리가 주목해야할 점은 수행되지 않은 과학의 존재이유가 단순히 연구자

개인성향이나 관심부재 차원의 문제가 아니라 사회에 구조적 장벽이 있기 때문이라는 것이다. 그 구조를 유지하는 힘은 무엇인지, 권력과 자원의 비대칭성은 어떤 결과를 가져오는지, 실험실 밖의 정치사회경제적 관계가 지식생산에 어떤 영향을 주는지 등의 문제에 대한 주장들이 첨예하게 제기되었다(Hess, 2007; Kleinmann, 2003).

이러한 구조적인 관점은 과학에서뿐만 아니라 사회과학에서도 왜 특정 연구가 수행되지 않는지를 설명하는데 유용할 수 있다. 본 논문에서는 ‘수행되지 않은 사회과학(undone social science)’의 한 사례로 한국에서 합성생물학에 대한 사회과학적 연구의 부재를 지적하고 그 구조적 원인을 고찰해보고자 한다. 물론, 새롭게 등장한 모든 과학 분야에 대해 사회과학자들이 관심을 갖고 연구를 해야 한다는 뜻은 아니다. 18세기 말 계몽주의시대의 백과전서파와 같이 지식의 계보를 세우고 분류를 통해 사회 발전의 흐름을 찾아내려는 목적이 아니라면, 수없이 명멸하는 과학의 세부 분야에 대해 관심을 가질 이유는 없을 것이다. 하지만 합성생물학 사례는 특별한 의미를 가진다. 합성생물학은 21세기 초에 마치 레고 블럭을 조립하듯 화학과 유전학의 기술을 이용해 자연에 존재하지 않는 생명물질을 만들어내는 것을 기치로 등장했다. 나아가 합성생물학은 만들어진 생명물질들로 생물체의 시스템을 설계하고 제작하며, 심지어는 자연에 있는 생명시스템을 재설계하는 시도도 한다. 생명물질을 만들어낸다는 연구의 방향은 다양한 사회적 이슈를 내포하고 있는데, 생명윤리(bioethics), 생물안전성(biosafety), 생물안보(biosecurity)의 문제가 그것이다. 즉, 인류가 직면한 에너지, 식량, 질병 문제들을 해결해 줄 대안이 될 것이라는 기대와 함께, 이전에 없던 합성생물체의 등장과 바이오 테러, 바이오 해커 등으로 인류의 생존 자체가 위협받을 것이라는 극단적인 우려를 낳고 있다. 그렇기 때문에 이 분야를 주도하고 있는 미국과 유럽의 과학계는 초창기부터 사회과학자들의 관심과 참여를 중요하게 생각했고 서로 함께 연구할 수 있는 방법을 모색해왔다. 한국에서도 최근 합성생물학에 대한 관심이 커지고 대형 사업단이 여러 개 출범하여 총 1000억이 넘는 규모의 연구지원비를 받고 있다. 그런데 미국 및 유럽의 경우와는 달리, 한국에서 합성생물학의 윤리적,

법적, 사회적 이슈에 관심을 가지고 있는 사회과학자는 거의 없으며,¹⁾ 과학자들의 연구팀 또는 사업단에 포함되어 함께 연구하는 사람은 전무한 상태이다.

한국에서는 왜 합성생물학의 사회과학적 연구가 거의 없을까? 만약 지금부터라도 사회과학자들의 참여를 독려한다면, 어떤 방식으로 하는 것이 좋을까? 이 두 질문이 본 논문의 핵심적인 질문이다. 이에 답하기 위해 먼저 해외의 연구동향을 살펴보면서 과학자와 사회과학자의 협력이 어떻게 이루어지고 있으며, 사회과학자의 입장에서 이를 통해 얻을 수 있는 것은 무엇이고 그 한계는 어디까지인지 알아보려고 한다. 그런 다음, 한국에서의 상황을 언급하고 사회과학자들이 합성생물학의 여러 이슈들을 연구할 방향과 방법을 모색할 것이다. 이 과정에서 합성생물학의 사회과학적 연구가 부재한 이유를 찾는 성찰적 질문과 어떻게 연구를 하면 좋을지를 탐구하는 방법론적 질문이 서로 연결되어 있음을 보일 것이다. 그리고 그 연결 고리는 1990년대 인간유전체사업과 함께 도입된 ELSI(Ethical, Legal, and Social Implications) 연구에 대한 평가와 반성에 있음을 주장할 것이다. Post-ELSI라고 불리는 다양한 시도들에 대한 지형도가 필요한 이유가 여기에 있다.

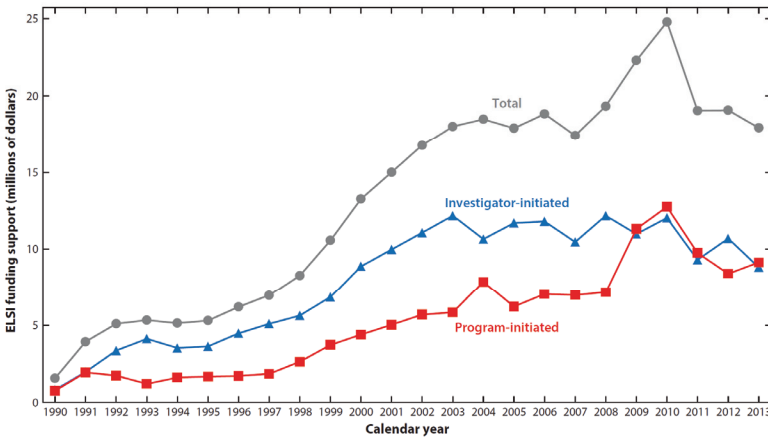
2. “실험”으로서 ELSI 프로그램

ELSI 프로그램은 1990년 출범한 인간게놈프로젝트(Human Genome Project)의 한 부분으로 시작했고, 행정적으로는 미국국립보건원(NIH: National Institutes of Health)의 외부연구프로그램(extramural research program)에서 지원을 받았다. 3년 뒤 NIH 안에 인간게놈연구센터(National Center for Human Genome Research, 나중에 National Human Genome Research Institute로 발전)를 설립하는 법안이 의회에서 통과하면서, NIH의 인간게놈연구 총예산의 “5%보다 적지 않은” 연구비를 책정할 것이 법적으로 마련되었다. 이후 20년이

1) 외국에서 논의되고 있는 합성생물학의 사회적 이슈를 소개하고 한국에서의 부재를 지적한 김훈기(2010)의 책, 『합성생명』이 유일하다. 언론에서의 관심도 미미한 상황이다.

넘게, 인간게놈프로젝트가 공식적으로 종료된 2003년이 지난 후에도, ELSI 프로그램은 꾸준히 성장해 2013년 한 해만 1,800만 달러(200억 원 정도)의 지원을 받았다. 처음부터 2013년까지 지원한 프로젝트는 480개가 넘고, 수천편의 논문과 책이 나올 정도로, ELSI 프로그램은 미국 정부의 적극적인 지원에 힘입어 제도화 되었다고 볼 수 있다(McEwen, 2014).

〈그림 1〉 ELSI 프로그램의 연구비 지원 역사



자료: McEwen et al, (2014)

이와 같은 양적인 성장과 제도적 정착에도 불구하고, 최근 NIH는 자체평가에서 ELSI 프로그램이 “실험으로 시작했으며 많은 점에서 그렇게 지속되고 있다”고 조심스럽게 기술하고 있다.²⁾ 왜 이런 평가를 내릴까? 과학 연구에서 종종 볼 수 있듯이, 많은 경우 실험은 실패로 끝나거나 예상치 못한 결과를 가져오며, 그렇게 나온 결과에 대한 해석은 쉽게 결론으로 도출되지 않고 추가 실험의 수행

2) McEwen et al. (2014). 이 논문의 저자들은 거의 모두 NIH 소속 연구자들인데, 부제를 “계속되고 있는 실험에 대한 성찰(Reflections on an Ongoing Experiment)” 라고 할 정도로 ELSI 프로그램의 실험적 성격을 강조하고 있다.

또는 새로운 실험 기획을 요구하는데, 이러한 평가의 핵심은 ELSI 프로그램이 그런 성격을 지녔다는 것이다. 다시 말해 ELSI 프로그램이 처음 기획의도와는 다른 방향으로 흘렀음을 솔직히 인정한 것이다. ELSI 프로그램은 애초에 “인간 유전체에 관한 기초과학 연구를 진행함과 동시에 이것의 윤리적, 법적, 사회적 함의를 찾아내고, 분석하며, 표출함으로써, 과학연구에 새로운 방법론”을 제시하는 것을 목적으로 하고 있었고, “이런 방식으로, 과학적 연구결과에서 얻은 지식들이 의료보건의정 책 등에 통합되기 이전에 문제가 될 수 있는 부분을 미리 찾아내고 해결책을 제시할 수 있을 것”이라고 기대했었다(National Human Genome Research Institute, 2004; Macnaghten et al., 2005에서 재인용). 그런데 과학자들의 시각에서 볼 때, 이런 기대와는 달리 새로운 방법론이 크게 부각되지 않았고 문제의 해결책도 미약했었던 것이다.

실제로 2003년 인간게놈프로젝트가 채 끝나기도 전에 ELSI 연구의 결과와 그 영향에 대해서 사회과학자들 사이에서도 다소 부정적인 평가가 제기되기 시작했다. 가장 논란이 되었던 부분은 ELSI 프로그램이 사회과학자들의 역할을 특정 범위 내로 제한하고 있었다는 점이었다. 그들이 보기에 ELSI 프로그램을 통해 사회과학자들이 과학자들의 연구과정에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 방법은 실제적으로 거의 없었고, 이보다는 연구에서 파생되어 나오는 결과물이 가져올 수 있는 윤리적, 법적, 사회적 영향, 즉 최종 결과를 분석하는 하향식(downstream)의 연구밖에 할 수 없는 구조적 특징을 가지고 있었다(Rabinow and Bennett, 2012: 18). 사람을 대상으로 하는 연구에서 개인의 사전 동의서 확보와 윤리적 검토와 같이 기관감사위원회(Institutional Review Board)에서 행사하는 규제는 연구기획의 초기과정에 개입하여 상향식(upstream)의 방식으로 연구에 영향을 주는 반면, “인류 역사상 최대 규모의 윤리 프로젝트”로 일컬어지는 ELSI 프로그램은 하향식으로, 즉 인간유전체연구에서 파생되는 부정적인 사회적 결과들을 완화하려는 것을 목적으로 한 장치로 보일 수 있었다(Rabinow and Bennett, 2008: 389; 김동광, 2014).

그나마 하향식으로 만들어진 ELSI 연구 결과들조차 거시적인 과학기술정책이나 세세한 연구 과정에 어떤 가시적인 영향을 주기 힘들었다는 점도 지적되었다. 예컨대, ELSI 연구가 주력했던 이슈들인 유전정보의 프라이버시, 유전자의 특허권, 태아의 유전자 감별 문제 등에 대한 사회적 논란이 전혀 해소되지 못했고, 오히려 유전체 연구와 기술이 빠른 속도로 발전하면서 논란이 가중되거나 새로운 이슈들이 계속 등장하는 등, ELSI 프로그램의 문제점과 한계가 드러났던 것이다(윤정로, 2001).

또한 ELSI 프로그램을 통해 사회과학자들과 과학자들 사이에 형성된 협력 관계는 진정한 의미의 동반자적 파트너십이 아니라, 사회과학 연구의 독립성을 저해할 가능성이 충분히 있었다. 사회과학자들은 인간게놈프로젝트의 한 부분으로 ELSI 프로그램에 참여하는 것이기에 과학자들과 연구비 지원 기관들의 기대에 부응하는 가이드라인 또는 연구결과 도출이란 도구적 역할을 수행하는데 동원된 것은 아닌가 하는 의구심을 가지게 되었다. 특히 사회과학자들의 참여가 새로운 과학기술에 대한 대중들의 수용성을 높일 수 있다는 전제가 있었기에, ELSI 방식의 협력관계에서는 사회과학자들이 실제로 과학자들과 대등한 파트너가 되기에 근본적인 한계가 있었다(Barry et al., 2008).

3. 기술영향평가 전통에서의 Post-ELSI

인간유전체연구 ELSI 프로그램의 한계를 극복하기 위한 시도는 다양하게 나타났는데, 과학 연구의 초기 단계에서부터 여러 이해당사자, 즉 과학자, 사회과학자, 정책입안자, 시민들이 참여할 수 있는 방법을 모색하고 있다는 데 공통적인 특징이 있다. 그 중의 한 흐름이 기술영향평가를 참여적, 구성적인 관점으로 개선하여 기존의 ELSI가 충분히 하지 못했던 상향식(upstream) 연구를 하자는 것이고, 여기에는 1980년대부터 네덜란드에서 개발되었던 ‘구성적 기술영향평가를 바탕으로 하는 모델과, 미국의 학자들을 중심으로 2000년대에 새롭게 개발된 ‘실시간 기술영향평가가 있다.

1) 구성적 기술영향평가 (Constructive Technology Assessment)

구성적 기술영향평가는 1980년대 중반 네덜란드에서 등장한 모델로서, 과학자, 사회과학자뿐만 아니라 기술로부터 영향을 받는 다양한 이해당사자들이 초기 단계부터 참여하여 학습하는 사회적 과정을 그 핵심요소로 담고 있다. 물론 정부부처 관계자, 국회의원, 반관반민 기관들이 여전히 중요한 주요 참가자들이지만, 기업, 소비자 단체 등 기술의 수요자들이 정부 보다 효율적으로 기술의 발전과정에 피드백을 주고 영향을 예측할 수 있다는 것을 전제로 한다. 기존의 기술영향평가가 기술을 이미 개발 완료된 정적인 것으로 이해하여 기술의 긍정적, 부정적 영향을 찾아내는 것에서 출발했다면, 구성적 기술영향평가는 평가과정 자체의 역동성, 즉 평가와 기술개발이 함께 진행되면서 서로 영향을 주는 것을 목표로 하고 있다는 점이 특징이다. 혁신의 사회적 측면을 연구 설계의 추가적 항목으로 삼자는 것이다. 따라서 여기서 평가하고자 하는 것은 기술이 사회에 미치는 영향뿐만 아니라, 기술의 사용자, 조합, 압력단체 등과 같은 제 3의 행위자들이 기술의 발전 방향에 미치는 영향력까지 포함한다. 새로운 기술에 대한 사회적 조정기능을 강조한 평가방법인 것이다(Schot and Rip, 1996).

구성적 기술영향평가의 단점은 실제로 이를 구현하는 것이 쉽지 않다는 데 있다. 새롭게 등장한 기술을 이 방법을 가지고 관리하기 위해서는 사회 구성원들이 '책무성'에 대한 기본적 공감대를 가지고 있어야 하며, 학습과 성찰, 예측과 같은 구성적 기술영향평가의 목표를 위해 상당한 노력을 기울여야 하기 때문이다. 하지만 사실상 사람들은 자신들만의 관점과 이해관계를 가지고 기술영향평가에 참여하는 경향이 있기에, 개방형의 학습 과정이 그 의미를 온전히 유지하는 데 한계가 있고, 참여와 학습에 대해 어떤 인센티브를 제공할 수 있는지도 논란의 여지가 있다(Schot and Rip, 1996: 266).

이러한 문제점에도 불구하고 구성적 기술영향평가는 나노기술 평가의 유용한 모델로 받아들여졌다. 네덜란드의 라데나우 연구소(Ratehнау Institute, 공식

명칭은 네덜란드 기술영향평가국을 포함, 유럽의 상당수의 기관이 구성적 기술영향평가 모델을 기반으로 기술영향평가 활동을 진행했고, 구성적 기술영향평가 모델을 발전시킨 학자인 아리 립(Arie Rip)은 2005년부터 네덜란드 국가 나노기술 컨소시엄(NanoNed)을 조직하는 데에 이 모델을 프로그램의 핵심 구성요소로 적용하기도 했다. 구성적 기술영향평가는 특히 시나리오 기법을 발전시키는데 이론적 기반이 되었는데, 나노기술에 대한 시나리오 구성 작업들은 사회-기술 사이의 복잡하고 역동적인 관계에 대해 고려할 수 있는 ‘유용한 소설(useful fiction)’로서 역할을 해 낼 수 있다는 평가를 받고 있다(Rip and Kolve, 2008).

2) 실시간 기술영향평가(Real-Time Technology Assessment)

미국에서의 기술영향평가는 “과학은 제안하고, 사회가 처리한다(science proposes, society disposes)” 라는 기조 하에 진행되어왔다(Guston, 2001). 과학기술의 발전이 가져올 결과에 대한 사회적 수용 또는 대응이 기술영향평가의 핵심과제로 자리 잡게 되었고, 이러한 상황에서 영향평가와 연구개발은 완전히 별개의 과정으로 간주되었다. 미국에서 이 관점이 오랫동안 유지되었던 것은 연구개발 과정에 대한 정치적 간섭을 배제하고 독립성을 확보하려는 과학자 사회의 노력의 결과이기도 했다. 미국 과학기술정책의 청사진이라고 여겨지는 바네바 부시(Vannevar Bush)의 『과학, 끝없는 프론티어』 보고서에서도 사회과학자들이 과학자들과 동등한 입장에서 함께 협력하며 일하는 비전은 철저히 외면당했고, 1950년 발족한 국립과학재단(NSF: National Science Foundation)에서도 사회과학의 역할은 과학연구 사업을 평가하는 일이 아닌, 모니터링하는 일로 제한되었다. 1960년대 말과 70년대 초 시민운동과 환경운동의 사회적 분위기 속에서 1974년 국회에 설치된 기술영향평가국(Office of Technology Assessment)은 이런 한계를 극복해보려고 했지만, 결국 정치적으로 그리고 기술적으로도 적절한 대응책을 제공하지 못했다는 비난 속에 1994년 문을 닫게 되었다(Guston and Sarewitz, 2002).

데이비드 거스톤(David Guston)과 다니엘 사레위츠(Daniel Sarewitz)는 미국 기술영향평가국의 폐쇄가 오히려 긍정적인 효과를 가져왔다고 주장했다. 국회 주도의 기술영향평가가 여러 정부기관 또는 민간 주도로 선회하여 다양한 평가방법이 도입될 수 있는 여지가 마련되었다는 것이다. 이들은 인간게놈프로젝트의 ELSI 프로그램에서 영향평가와 기술개발을 연결하려는 시도 자체는 전통적인 기술영향평가 보다는 진일보 한 것으로 평가했고, 이 시도를 성공적으로 수행해 과학기술정책과정이나 연구 설계과정에 직접적인 영향을 주기 위해선 다른 차원의 노력이 필요함을 피력했다. “ELSI의 필연적이고 논리적인 다음 단계는 사회과학과 정책연구를 자연과학 및 공학연구에 처음부터 연계하는 것이다—우리는 이것을 ‘실시간 기술영향평가라 부르겠다”(Guston and Sarewitz, 2002: 94). 이들은 기존 ELSI 프로그램이 노출한 한계와 문제점이 2001년 발표된 미국의 국가 나노기술 주도전략 (National Nanotechnology Initiative)에서도 답습되고 있다고 비판하면서, 실시간 기술영향평가의 모델을 ELSI의 대안으로 제안했다(Karinen and Guston, 2010).

기술영향평가 결과를 연구개발과정에 반영한다는 목표설정에 있어서 ‘실시간 기술영향평가와 ‘구성적 기술영향평가’는 같은 선상에 있었다(Guston and Sarewitz, 2002: 97-98). 이 둘 사이의 가장 큰 차이점은 이 목표를 구현하는 방법에 있었다. 구성적 기술영향평가에서는 평가결과를 가지고 기술개발에 참여하여 대안적인 발전 경로까지 제시할 것을 추구한 반면, 실시간 기술영향평가에서는 지속적인 여론조사, 포커스 그룹, 시나리오 개발 등을 통해 보다 성찰적으로 가치를 끄집어내고 잠재적 대안을 탐색하는 방법을 택했다. 즉, 실시간 기술영향평가는 궁극적으로 과학적 지식과 사회적 인식, 그리고 가치들이 시간에 따라 어떻게 진화하는지 통시적 맥락에서 분석하여, 새롭게 등장하는 문제를 조기에 발견하고 이해 당사자 간의 소통에 도움이 되도록 하는 것을 골자로 하고 있다(Guston and Sarawitz, 2002: 98; KISTEP, 2004).

〈표 1〉 Post-ELSI 지형도

	연구자	특징	평가
구성적 기술영향평가	Arie Rip NanoNed	- 사회구성원들의 학습, 성찰, 예측 필요, 기술개발에도 참여	- 다양한 사회구성원들의 참여와 학습을 어떻게 이끌어 낼 수 있는가?
실시간 기술영향평가	David Guston CNS-ASU	- 과학기술과 사회적인식, 가치관의 변화를 실시간 모니터링 - 지속적인 여론조사, 포커스 그룹, 시나리오 개발 - Anticipatory Governance	- 가까운 미래의 기술발전과 그 사회적 영향을 예측해 평가한다면, 결국 하향식의 기존 기술영향평가와 어떤 차이인가?
휴먼 프랙티스	Paul Rabinow SynBERC	- Human Practices를 디자인 끝임 없는 성찰적 질문과 대화 - 과학자들은 연구대상으로 한 실시간 인류학적 실험	- 인류학적 실험을 통해 얻은 성과는 무엇인가?
초국가적 거버넌스	Nikolas Rose BIOS	- 과학적 불확정성, 초경계성(조직, 학문, 국가) 고려 - 유동적, 비정형화된 거버넌스	- iGEM을 지나치게 이상화한 것 아닌가? - 초국가적 거버넌스를 어떻게 운영할 것인가?
합성미학	Jane Calvert 영국 합성생물학 연구 네트워크	- 연구 네트워크에 대한 비교연구 - 과학자-사회과학자 사이의 대등한 실험적 협력관계를 위한 인식론적 공간마련	- 합성미학의 실험적 공간이 실제 실험실 공간과는 다른 인위적인 것인가?

2005년 NSF의 지원으로 설립된 미국 아리조나 주립대학의 '사회 속의 나노기술 센터(CNS: The Center for Nanotechnology in Society)'는 실시간 기술영향평가 방식을 따라 연구를 진행하고 있는 대표적인 기관이라 할 수 있다. CNS에서는 네 가지 종류의 실시간 기술영향평가 프로그램을 수행하고 있는데, 나노 연구 자체를 분석하고 이들의 사회적 영향들을 예측하는 '연구와 혁신 시스템 분석,' 나노기술에 대한 대중과 연구자들의 의견의 변화를 모니터링 하는 '여론과 가치,' 상호적인 교육 행사들을 통해 연구자들과 대중들이 참여하는 '예측과 숙의,' 마지막으로 나노기술 연구자들이 선택하고 창출한 결정과 가치가 반영된 연구 활동들의

영향을 평가하는 '통합과 성찰'로 이루어져 있다.³⁾ 이 센터는 실시간 기술영향평가와 함께 '테마형 연구 클러스터'라고 하는 프로그램을 진행하면서 평등과 책무성문제, 도시 디자인과 인프라 환경 등 보다 넓은 범위의 사회적 맥락 내에서 나노기술의 영향을 분석하는 작업을 진행하고 있다. 실시간 기술영향평가는 기본적으로 영향평가 체제로서 과학기술계의 영향에 종속적이라는 비판도 있지만, 과학자와 사회과학자가 동반자적 협력관계 속에서 협력할 수 있는 방식을 제시하고 보다 성찰적인 의사결정을 하도록 하는데 도움을 주었다는 데 그 의미를 두고 있다(Guston, 2014).

4. 합성생물학의 거버넌스와 Post-ELSI

1) 합성생물학 사회적 이슈의 확산

ELSI 프로그램에 대한 대안 찾기는 나노기술에 대한 영향평가 방법 개선과 함께 합성생물학 거버넌스 논의에서도 계속되었다. 합성생물학 분야는 서론에서 언급한 바와 같이 분야의 정의조차 내려지지 않은 신생 분야로 보이지만, 2004년 개최되었던 합성생물학 국제 컨퍼런스를 시작으로 과학자들과 사회과학자들이 연구센터, 정부, 시민단체, 국제기구 및 국제회의 등에서 이미 이 분야의 사회적, 윤리적 영향과 이들의 관리 및 규제에 대해 고민해왔다. 예컨대 합성생물학의 위험에 대한 국제협력체제를 구축해야 할 필요성이 생물안보, 생물안전성, 생물다양성의 측면에서 제기되기 시작했다. 2008년 생물무기금지협약(Biological Weapons Convention) 당사국 회의에서는 합성생물학 기술의 오용 가능성에 대한 우려가 제기되었고, 약 1년 뒤에 프랑스 파리에서 개최된 경제협력개발기구(OECD) 합성생물학 전문가 회의에서는 호주 그룹의 주도로 합성 바이러스의 등장으로 인한 우려사항에 대한 논의가 이루어졌다. 국제적인 논의와 합의는 아직 미미한 수준이지만, 합성생물학 연구를 주도하고 있는 미국과 유럽에서는 정부차원의 보고서를 발간한다거나, 과학자들과 사회과학자들이 함께 연구할 수

3) <http://cns.asu.edu/research> 참조.

있는 장을 마련하기 시작했다(김훈기, 2010)

미국의 경우, 2010년 5월 크렉 벤터 연구소(J. Craig Venter Institute) 소속 연구팀이 합성유전체를 삽입해 합성미생물을 실험실에서 만들었다고 발표해, 생물 안전성 및 생물안보에 대한 사회적 논의를 촉발했다. 오바마 대통령은 대통령 직속 생명윤리위원회에게 이에 관련한 보고서 작성을 요청했고, 그해 12월 대통령 위원회는 합성생물학의 윤리적 이슈를 분석한 『새로운 방향: 합성생물학과 신생기 술의 윤리』라는 리포트를 제출했다(PCSBI, 2010). 이 보고서는 기본적으로 합성생물학 분야의 연구 활동은 지속되어야 한다는 입장을 고수하면서도, 안전성에 대한 감독이 더욱 체계화되어야 한다고 제안했다. 구체적으로, 합성생물학의 위험을 최소화하고 혁신을 일으키기 위해서 “공공의 이익, 책임 있는 직무, 지식의 자유와 책임성, 민주적인 숙려, 정의와 공정” 이라는 다섯 가지 윤리 원칙에 따라 기술의 사회적 의미가 고려되어야 한다고 권고했다. 생명윤리위원장이었던 에이미 거트만(Amy Gutmann)은 인터뷰에서 보고서의 제안에 따라 미국 정부의 생명과학 정책이 크게 변화할 것으로 기대하지는 않지만, 연구개발 감독 기관들의 행정적 체계 개편이 이어질 것으로 예상했다.⁴⁾

미국 생명윤리위원회의 보고서가 합성생물학에 대한 기대와 우려 가운데서 “중간의 길”이라는 실용적인 대처 방안을 선택했다고 평가 받고 있는 반면에⁵⁾,

4) “뉴스: 미국 합성생물학 기대와 우려 ‘중간의 길’ 선택” (한겨레 사이언스 온, 2010. 12. 27).

5) 자문위원회의 보고서가 “중용(중간)의 길”을 선택한 것인지에 대해서는 비판적인 해석도 제기되었다. 국내의 경우 이상현 박사는 스페인독감 바이러스나 소아마비 바이러스의 합성 사례를 들며 합성생물학의 위력을 결코 낮게 볼 수 없다는 점을 강조했고, 특히 특정 연구단체의 관리를 받지 않으면서 독자적으로 합성생물학을 연구하는 DIY 집단이 2000명 규모에 이른다고 지적했다. 이상현 박사는 ETC 그룹에서 지적하고 있는 것처럼, 아무런 안전장치 없이 이루어지는 자가 연구의 위험은 측정하기 어려운 수준으로 증폭될 가능성이 크고, 소통을 통한 자율규제만을 강조하고 있는 자문위원회의 보고서가 이전의 핵 기술, 우주항공 기술, 컴퓨터 기술에 대해 미국이 보였던 태도와는 다르지 않은가 하는 의문을 제기했다.: “이상현의 과학기술 속에서 윤리 읽기: 생명의 합성, 희망인가 재앙인가?” (Hello DD, 2011. 6. 9).

유럽의 경우에는 나노기술과 유전자 조작 식품 논란에서도 나타난 바와 같이 엄격한 사전예방 원칙을 적용하고 있다. 유럽의 경우 유럽연합의 주도로 여러 편의 보고서를 발간하고 프로젝트를 진행하고 있는데, 규범적인 성격 보다는 대중의 참여와 사회적 합의를 통해 합성생물학의 위험에 대한 논의 자체를 활성화하려고 했다. 2007년 '신바이오세이프(SYNBIOSAFE)' 프로젝트가 그 대표적인 예이다. 이 프로젝트는 유럽연합의 대규모 FP6 사업(6th Framework Program)의 지원을 받아 착수된 사업으로, 합성 LMO(Living Modified Organism)의 위해성에 대한 논의와 함께, 합성생물학의 사회적, 윤리적 이슈들을 거론하기 시작했다. 여기에는 합성생물학 분야 연구자들뿐만 아니라 생물안전성, 생물안보, 생명윤리, 대중의 인식, 기술 평가 분야의 전문가들이 참여해, 책과 논문들을 출판하고 다큐멘터리를 제작해 발표했다.⁶⁾ 신바이오세이프 프로젝트에 참여했던 구성원들은 1년이라는 프로젝트 기간이 종료된 이후에 다양한 프로젝트를 이끌면서 합성생물학의 연구와 사회의 접점을 전시, 디자인, 영화 등의 문화적 측면과 건강, 윤리, 법적, 환경적 측면으로 넓혀가고 있다.⁷⁾

나노기술의 ELSI 연구가 인간유전체연구에서와 같이 제도적, 관료적 틀에서 크게 벗어나지 못했다는 비판을 받았던 반면, 합성생물학의 사회적, 윤리적 이슈에 대한 논의는 특히 유럽에서 사회과학자들의 보다 적극적인 참여와 함께 디자인, 전시과 같은 예술적 측면으로의 접근도 시도되고 있다.⁸⁾ 합성생물학에 대한 예술적, 미학적 접근들은 합성생물학 연구자들이 지향하는 탈기술화(deskilling)와 DIYbio(Do It Yourself Bio)의 방향과도 닿아있어 대중들은 합성생물을 사용한

6) <http://synbiosafe.eu/> 참조.

7) 그 예로는 다음과 같은 프로젝트들이 있음; COSY: Communicating synthetic biology, CISYNBIO: Cinema and Synthetic Biology, SYBHEL: Synthetic Biology for Human Health, Ethical and Legal Issues, Making perfect life: Bio-engineering in the 21st century.

8) 다음과 같은 연구를 참고할 것; Ginsberg, D, Calvert, J, Schyfter, P, Elfick, A and Endy, D, Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature (Cambridge, MA: MIT Press, 2014).

디자인과 작품들을 통해 합성생물학 기술을 접하게 되면 동시에 윤리적, 사회적 이슈들에 대한 논의에 자연스럽게 참여하게 될 것이라는 전제에서 출발하고 있다. 따라서 합성생물학의 거버넌스에 대한 논의는 나노기술을 중심으로 살펴본 구성적 기술영향평가 또는 실시간 기술영향평가를 그대로 적용하기보다 개방적이고 유연한 post-ELSI 모델을 고안해야 한다는 필요성이 더욱 강조되었다.

2) 폴 래비노우의 휴먼 프랙티스(Human Practices)

합성생물학에 대한 post-ELSI 연구모델로 제시된 것들 중 하나는 폴 래비노우(Paul Rabinow)의 ‘휴먼 프랙티스(Human Practices)’이다. 인류학자인 래비노우는 2006년 합성생물학 분야의 주요 연구자들이 공동으로 조직한 합성생물공학연구센터(SynBERC: Synthetic Biology Engineering Research Center) 사업에 참여하면서 새로운 형태의 사회과학적 실험을 기획했다. 그는 ELSI 모델에서 사용했던 사회적 함의(social implications) 또는 사회적 결과(social consequences) 라는 용어 자체에 과학과 사회과학 사이의 분절이 내포되어 있음을 지적하고, 실험실에서 연구가 진행되고 있는 과정을 관찰하고 성찰하여 지속적으로 새로운 질문을 과학자들에게 던지고 대화하면서 그들의 연구행위에 변화가 있기를 기대했다. 즉, “합성생물학을 휴먼 프랙티스의 프레임 안에서 발전시키는 것”을 목표로 삼았다.

우리는 이 분과의 목표와 전략을 이전의 시도, 즉 “과학과 사회”를 하나의 프레임으로 묶어 과학의 “사회적 결과”를 예상하고 개선하려고 했던 것과 차별화하기 위해 휴먼 프랙티스 라는 용어를 제안했다. 따라서 휴먼 프랙티스 분과의 과업은 합성생물학이 가까운 미래에 의료, 안보, 에너지, 환경 등의 분야에서 약속한 미래를 실현하는 데 공헌하고 있는 방식, 또는 공헌하고 있지 못하고 있다면 그런 이유에 대해 질문하고 다시 질문하는 것과 함께, 새로운 세대의 젊은 생명과학자를 양성하는 방식에 대해서도 논의하도록 디자인되었다(Rabinow and Bennett, 2012: 19).

이런 목표를 가지고 래비노우는 과학자들과 사회과학자들이 서로 다는 전문분야의 지식을 공급하는 수준의 공동연구(cooperation)가 아닌 서로의 관점과 목표가 변할 수 있는 진정한 협력(collaboration)을 원했다. 즉 합성생물학에서 생명물질과 시스템을 새롭게 디자인하듯이, 이와 맞추어 휴먼 프랙티스도 새롭게 디자인할 수 있을 거라 믿었던 것이다.

SynBERC는 하버드, MIT, UC 버클리 등 5개 학교의 합성생물학자들이 NSF에서 10년 단위의 센터설립 사업비를 지원받아 설립되었는데, 과학기술 연구, 교육, 대중화와 관련 세 가지 미션을 가지고 있었다. 첫째로 생물학적 부품을 만들고 이를 이용해 작업을 할 수 있는 시스템 구축을 위한 기초적인 이론과 기술들을 개발하고, 둘째로 전문성을 가진 새로운 핵심 과학기술자들을 양산하며, 셋째로 합성생물학의 혜택과 위험에 대해 대중들과 함께 고민하는 것이다. 이를 위해 SynBERC는 핵심 목표별로 부품(Parts), 장치(Devices), 새시(Chassis), 그리고 위에서 언급한 휴먼 프랙티스 분과로 조직을 나누었다. 부품, 장치, 새시 분과에서는 합성생물학 분야의 기술적인 문제들을 해결하기 위한 것으로, 디자인 규칙을 만들어 생물의 구성요소들을 구성하고 개선하는 과정에 적용하는 것을 목표로 했다(Rabinow and Bennett, 2012).

래비노우의 휴먼 프랙티스 분과는 사회과학자들이 과학연구의 초기과정부터 상향식(upstream)으로 과학자들과 협력하기 위한 개념과 이론을 마련하여, 이들 연구자들의 성명서들과 SynBERC에서 진행 중인 연구 프로그램에 적용해서 진단과 평가를 내놓았다. 그리고 합성생물학 분야 자체의 발전과 변화에도 주의를 기울였다. 예컨대 2009년 두 명의 과학자가 제기한 합성생물학 분야의 '두 번째 물결 (Second Wave),' 즉 기존의 디자인 방식은 복잡한 생물학적 시스템을 구현해 내기에는 적합하지 않고 합성 생태계, 합성 생명체와 같은 시스템에 집중한 연구와 디자인 기준들이 필요하다고 지적(Purnick and Weiss, 2009)한 것에 큰 관심을 보였다. 래비노우는 이처럼 합성생물학 자체의 성격과 내용이 변화하고 있으므로, 휴먼 프랙티스에도 '두 번째 물결'을 만들어야 한다고 생각했다. 분야가 갖는 특성에

대한 진단과 평가뿐만 아니라 효과적이고 전략적으로 개입(intervention)할 방법에 대해서 고민할 필요가 있다는 주장이었다(Rabinow and Bennett, 2012).

이처럼 래비노우는 휴먼 프랙티스를 그 내용이 변화할 수 있고, 결과분석 중심이 아니며, 사회과학자와 과학자가 대등한 동반자적 입장에서 수행하는 협력연구로 제시했다. 이것은 현재 벌어지고 있는 상황에 대한 “실시간 인류학적 ‘실험’ (real-time anthropological ‘experiment’)”으로서, 인간에 대한 사회과학과 자연과학을 상호 치료적이고 개입적인 방법으로 변화시켜 엮어주는 시도였다.⁹⁾

하지만 래비노우는 이 연구 프로젝트에서 많은 어려움에 봉착했고 2010년 SynBERC에서 갑작스럽게 사임했다. 이와 함께 SynBERC에서 휴먼 프랙티스의 두 번째 물결 연구는 더 이상 진행되지 못했고, 이 분과의 이름과 성격도 바뀌게 되었다. 그 배경에는 다양한 이유들이 있었는데, 래비노우는 사임 직후 뉴욕 타임즈와의 인터뷰에서 과학자들이 윤리적 문제에 대해 무관심한 태도를 보이는 것에 대해 심각한 우려를 표시했고, 생물안보와 대처방안에 대한 실용적인 방법들을 제시했지만 무시당했다고 주장했다.¹⁰⁾ 반면 SynBERC의 센터장이었던 제이 키슬링(Jay Keasling)과 NSF는 이에 대해 래비노우가 안보와 위협에 대한 연구부문은 충분히 주도적이거나 발전적이지 못했고, 주로 인류학적 관찰 연구에 머물렀다고 비판하며 그가 막대한 예산을 지원받으면서 본연의 역할을 제대로 해내지 못했다고 비판했다. 진실은 래비노우의 주장과 그를 둘러싼 과학자 및 과학행정가의 비판 사이에 존재하겠지만, 어쨌든 수년 동안 인류학적 실험의 대상이 되어 일상이 관찰되고 도덕적으로 도전받으며 변화를 요구 받는 일을 감내해온 과학자들의 피로감도 무시 못 할 중요한 요인이었다.

래비노우의 사임 사건을 이렇게 개인 갈등 차원의 문제로 보지 않고, 구조적인

9) 막스플랑크연구소의 과학사학자이자 과학철학자인 한스-요르그 라인버거(Hans-Jörg Rheinberger) 언급. 폴 래비노우가 동료 생명윤리학자와 함께 쓴 책 『휴먼 프랙티스 디자인하기: 합성생물학과의 실험』 겔표지(Rabinow and Bennett, 2012).

10) Jennifer Gollan, “Lab Fight Raises US Security Issues” (New York Times, 2011, 10, 22).

차원에서 분석하면 그 핵심은 ELSI 모델과 post-ELSI 모델 사이의 긴장과 힘의 불균형에 있다. 일부 정부 관료와 과학자들에게 ELSI는 아직도 효과적이고 유용한 모델인 반면, 래비노우와 같은 사회과학자들은 이를 폐기물로 보고 새로운 협력 모델을 제시하려고 했던 것이다. 실제로 휴먼 프랙티스 분과는 SynBERC 안에서 동등한 구성요소로 공식적으로 시작했음에도 불구하고, 시간이 지나면서 많은 어려움을 노출했다. 예컨대 NSF의 연례 현장검토 위원들과 SynBERC의 과학자문위원회 위원들은 대부분 휴먼 프랙티스 분과의 인류학적 실험을 지지해 주었는데 반해, 산업자원 위원회 위원들과 NSF의 일부 관료들은 이 분과에 연구의 우선순위를 두는 것에 대해 적극적으로 반대했다. 연구센터 내에서도 과학자와 사회과학자 사이에 권력의 비대칭성이 계속 존재했는데, 이것은 단순히 연구비 배분의 문제만이 아니라 사회과학 연구 방법론의 선택문제이기도 했다. 정부 관료들과 마찬가지로 SynBERC 주요 연구자들은 과학연구 밖에서 사회적 결과를 다루는 ELSI 모드의 연구를 규범과 표준을 세우기 위한 효과적인 모델이라고 보았다. 이처럼 연구센터 안팎의 ELSI에 대한 긍정적인 인식과 이로 인한 관심은 휴먼 프랙티스의 적용과 발전에 심각한 장애물이 되었다(Rabinow and Bennett, 2012: 20-29).

실제로 래비노우가 사임한 뒤 그의 분과는 합성생물학 분야의 대표적인 대변인으로 꼽히는 드류 앤디 (Drew Endy)가 임시로 맡게 되었고,¹¹⁾ 생물학적 위험과 생물안보 문제에 보다 집중한다는 기치 아래 '정책과 프랙티스' 라는 이름으로 변경되었으며, 정치학자인 켄 오이(Ken Oye)가 단장으로 임명되었으나 실제 연구는 생물공학을 전공한 매건 팔머(Megan Palmer)에 의해 주도되고 있다.¹²⁾

3) iGEM에서의 휴먼 프랙티스

래비노우가 사임하면서 그의 인류학적 실험은 적어도 SynBERC에서는 그 의미가 퇴색되었지만, post-ELSI 모델로서 휴먼 프랙티스는 그 영향력을 확장했

11) Ibid.

12) <http://www.synberc.org/> 참조; Megan Palmer가 Deputy Director로 임명되었음.

다. 특히 합성생물학 회의와 함께 이 분야의 국제적인 대회로 관심을 받은 iGEM(International Genetically Engineered Machine)에서 휴먼 프랙틱스 개념을 별도의 심사기준으로 도입한 것은 주목할 만하다. iGEM은 2004년 드류 앤디와 톰 나이트가 중심이 되어 만든 대학생 경연대회이고 현재는 고등학생도 참가할 수 있다. 학생들은 팀을 구성해 참가하는데, 바이오브릭스(BioBricks)에 표준화된 생물학적 부품으로 등록되어 있는 유전정보를 활용해 환경, 에너지, 의료 분야 등 다양한 분야 중 특정 문제들을 해결 할 수 있는 생물학적 시스템을 직접 디자인하고 살아있는 세포 내에서 작동하도록 구현해내는 프로젝트를 여름방학 동안 발전시켜 iGEM 개최기간 동안 발표하여 심사받는다.¹³⁾ 디자인과 경쟁이라는 iGEM의 포맷은 교육적 효과뿐만 아니라 젊은 과학자들을 합성생물학 분야로 끌어들이는 효과도 크기 때문에 합성생물학 분야에서 중요한 위치를 담당하고 있는 것으로 평가 받고 있다.

2008년부터 iGEM 경연대회에서 휴먼 프랙틱스가 중요한 평가 기준으로 포함되면서, 사회과학자들이 합성생물학 분야의 성장과 교육 과정에 직접적으로 참여하고 협력할 수 있는 길이 좀 더 폭넓게 열렸다.¹⁴⁾ ‘Best Advance in Human Practices’라는 상을 별도로 수여하고 ‘informal shout out’이라는 부문도 새롭게 만들어졌다. 따라서 iGEM 참가팀들은 휴먼 프랙틱스가 본인들의 프로젝트에 어떻게 연관되는지, 그 연관성을 어떤 방법으로 분석할 수 있는지, 이 개념이 합성생물학을 연구하는데 어떻게 기여하고 있는지, 또한 이것을 통해 분석한 내용들을 어떤 형태로

13) <http://igem.org/About> 참조.

14) 래비노우가 고안했던 휴먼 프랙틱스 개념이 iGEM에 포함되게 되는 과정에는 그의 역할이 컸었던 것으로 보인다. 버클리 대학 인류학과 학생들은 “Bio-power, Bio-Sociality, Bio-Design”라는 그의 강의를 통해 휴먼 프랙틱스 개념을 자연스럽게 접하게 되었고, 이들 중 일부가 iGEM 팀원으로 참가하게 되면서 팀에서 디자인하고 구현 중인 생물학적 시스템 개발 과정에 휴먼 프랙틱스 요소를 적용하려는 시도가 이루어지게 되었다. <http://blogs.coe.berkeley.edu/igem/about-us/> 참조. 그러나 버클리 대학 iGEM팀이 휴먼 프랙틱스 요소를 프로젝트에 적용한 시도가 2007년 iGEM 대회에서 처음 발표되었을 때 좋은 반응을 얻지 못했다고 한다(Stavrianakis, 2012).

다른 사람들에게 전달하고 평가 받을 것인지 등에 대해 프로젝트 기획 단계부터 팀원들과 함께 고민하게 되었다. 2009년부터 2010년 사이에 좋은 평가를 받았던 프로젝트들의 예를 살펴보면, 생명체를 디자인하는 과정에서 나타날 수 있는 위험을 파악하고 위험인식에 대한 분석을 시도한 프로젝트, 윤리적 이슈에 대해 팀원들이 어떻게 고민하고 논의했는지에 대해 인류학적 관찰을 바탕으로 분석한 프로젝트, 베이징에서 생물학적 물질을 집 주소를 통해 배달하는 이슈와 같은 DIY Bio 연구에 관련된 문제들을 분석한 프로젝트, 또는 유럽과 미국의 위험과 규제를 다양한 측면에서 비교 분석한 프로젝트 등이 있었다.¹⁵⁾

래비노우의 휴먼 프랙티스가 iGEM 경연대회에 포함된 사실은 SynBERC 내에서 그가 마주했던 어려운 점들에 대비해 볼 때 중요한 함의를 가진다. 많은 사회과학자들이 실제로 심사위원으로 참여하거나 iGEM 팀에 직접 참여해 합성생물학의 기술적 측면과 연구과정에 사회적, 윤리적 이슈들을 통합하려는 시도를 계속할 수 있게 되었다. 이들은 휴먼 프랙티스 개념이 대회의 심사기준으로 포함된 사실을 대단히 긍정적으로 보면서, 실제로 이 개념이 post-ELSI 모드로써 경연자의 연구과정과 결과에 영향을 미치고 있는지에 대해서는 여전히 조심스러운 평가를 내놓고 있다. 특히 iGEM에서 실제로 적용되고 있는 휴먼 프랙티스의 개념은 래비노우가 처음 디자인한 개념적 함의들을 상당부분 놓치고 있고 많은 부분이 변형되었다는 비판이 제기되면서, 규범적인 성격의 ELSI 모드로 회귀하고 있다는 인상을 주었다는 것이다. 이를 극복하기 위해서 시도도 나왔다. 예컨대, 영국 셰필드 대학의 사회과학자들은 iGEM 팀원들이 대회를 준비하는 과정에 직접 참여했고, 프로젝트의 초기단계부터 연구 질문을 찾고, 아이디어를 발전시켜 나가는 모든 과정을 함께 진행했다(Balmer and Bulpin, 2013). 또한 이들은 단순히 인류학적 관찰에서 멈춘 것이 아니라 '사회-기술적 회로(sociotechnical circuit)'라는 장치를 고안해 연구자들로 하여금 본인들의 아이디어가 갖는 윤리적, 사회적 함의에 대해 연구과정에서 고민하도록 유도하기도 했다.

15) <http://igem.org/FAQ> 참조.

4) 니콜라스 로즈의 ‘초국가적 거버넌스(Transnational Governance)’

ELSI의 대안으로 등장한 래비노우의 휴먼 프랙티스는 과학기술의 사회적, 윤리적 측면을 연구자들과 함께 고민할 수 있는 장과 이론을 제공했다는 측면에서 사회과학자들 사이에 긍정적인 평가를 받았다. 특히 런던정경대학의 사회학자이자 임페리얼 대학의 BIOS 센터(Center for the Study of Bioscience, Biomedicine, Biotechnology and Society)를 이끌던 니콜라스 로즈(Nikolas Rose)는 래비노우의 인류학적 실험에 대해 후한 점수를 주었다.¹⁶⁾ 예컨대, 휴먼 프랙티스 연구를 통해 합성생물학의 거버넌스는 개방적이어야 하며 행동의 결과보다는 네트워크 내의 관계에 집중할 것을 강조한 점, iGEM이란 새로운 공간을 통해 연구자가 스스로 개선해 나갈 수 있는 경험을 하게 한 것, 그리고 iGEM의 영향력이 특정 국가나 전문가 단체들로부터 나온 정치적인 것이 아니라 외부의 다양한 전문가들이 참여하는 과정 자체에서부터 나오게 한 것은 매우 의미심장한 고찰을 가능케 했기 때문이었다. 실제로 로즈는 여기서 ‘초국가적 거버넌스(transnational governance)’의 필요성을 보았던 것이다(Zhang, Marris and Rose, 2011: 25-27).

로즈의 초국가적 거버넌스 모델은 iGEM과 휴먼 프랙티스에서 큰 영감을 받은 것이 사실이지만, 합성생물학 거버넌스에 대한 약 40건의 보고서들에 대한 내용분석과 참여관찰을 바탕으로 제안된 것이었다. 로즈는 지금까지의 논의가 환경 및 건강에 미칠 수 있는 잠재적인 영향, 다국적 기업들에 의한 독점, 합성 생명의 창조와 관련된 윤리적 문제들에 대해 국한되어 왔다는 점을 지적하고, 합성생물학의

16) BIOS 센터는 ‘생물학 시대’에서 나타나고 있는 ‘문화적 변화’에 대한 논의를 이끌어 가기 위해 2002년에 설립된 조직으로, 여기서는 합성생물학 외에도 줄기세포, 재생의학, 뇌 과학 연구 분야 등 다양한 주제에 대한 연구 과제들이 진행되어왔고, 생명과학자, 임상 의사, 정책 결정자, 사회과학자, 인문학자들이 참여했다. 2011년 BIOS 센터의 연구 그룹들이 런던의 킹스 칼리지(King's College)로 옮겨가게 되면서 문을 닫게 되었으나, 로즈도 함께 이동해 센터에서 진행되던 연구의 지속성은 어느 정도 유지할 수 있게 되었다. <http://www.lse.ac.uk/researchAndExpertise/units/BIOS/home.aspx>

근본적인 특징인 과학적 불확실성 및 국가, 기관, 학문의 경계를 넘나드는 초경계성(cross-borderness)이 더욱 강조되어야 한다고 주장했다. 지금까지 발간된 보고서들의 경우 합성생물학 규제와 관련하여 여전히 일관되지 않거나 상충하는 논리들을 펴고 있고, 대부분의 서술 구조가 천편일률적으로 기술적 측면에 대한 소개, 특정한 규제 이슈에 대한 논의, 대중 참여의 필요를 제시하는 천편일률적인 형식을 취하고 있다는 것이다(Zhang, Marris and Rose, 2011).

로즈는 과학의 불확실성이 더 많은 지식을 얻는다고 해소되지 않기에, 지식기반 정책만으로는 불확실성이 가져오는 사회적 문제를 해결할 수 없음을 강조했다. 그렇기 때문에 좋은 거버넌스가 필요한데, 이를 위해서는 과학자 사회 내부 구성원의 의식, 도덕성, 책임감이 중요할 뿐만 아니라, 분야와 조직 및 국가의 경계를 넘어 외부 전문가들도 거버넌스에 참여하는 것도 필요하다고 역설했다. 물론 이렇게 참여한 전문가들이 특정 사안의 논의에 대해 동일한 사회적 권위를 가질 수는 없고 아무나 무작위로 외부 전문가를 모시는 것은 아니기에, 전문가 선정의 정당성과 배경에 대해서 신중하게 고려해야 한다고 덧붙였다. 기존의 과학지식에 바탕을 둔 관료주의적 거버넌스에서 불확실성과 초경계적 성격을 잘 다룰 수 있는 '기술적 거버넌(Artistic Governance)'로의 전환이 필요한 이유가 바로 여기 있었다. 합성생물학은 분야 자체가 급속도로 발전하고 진화하고 있기에, 이 분야의 거버넌스도 고정되거나 정형화된 규제가 아닌 유동적인 관점, 즉 연구과정을 주기적으로 관찰하고 조정하며 개입하는 장치가 필요하다는 것이다(Zhang, Marris and Rose, 2011).

위에서 언급한 것처럼 래비노우의 휴먼 프랙티스가 합성생물학에 대한 실시간 인류학적이고 미시적인 실험이라고 한다면, 로즈의 초국가적 거버넌스 모델은 좀 더 이론적이고 거시적인 측면에서 규제, 통제, 통치성의 문제에 접근하려는 시도로 볼 수 있다. 래비노우와 로즈의 차이는 합성생물학의 거버넌스에 대한 인류학적 접근과 사회학적 접근의 차이로도 볼 수 있는데, 이들은 미셸 푸코의 저작에서 영향을 받은 학자들로 실제적으로 큰 관점의 차이가 있다기 보다는

참여적, 개방적, 상향식의 거버넌스를 통해 ELSI 모델의 한계를 극복하려고 했다는 점에서 공통점을 많이 가지고 있다.¹⁷⁾

5) 실험적 협력으로서의 ‘합성미학(Synthetic Aesthetics)’

래비노우의 인류학적 실험은 비록 SynBERC에서 한계에 봉착했지만 사회과학자들에게 많은 영감을 불어 넣어주었다. 로즈의 이론적인 연구가 그 한 예이고, 2012년 영국의 사회과학자들이 모여 발표한 과학자와 사회과학자 사이의 ‘실험적 협력(experimental collaborations)’을 위한 선언문이 다른 예이다(Balmer et al, 2012).¹⁸⁾ 이들은 기본적으로 ELSI 모드의 협력방식을 비판하고 post-ELSI로 전환할 것을 강력히 요구했다. 지금까지 영국의 경제사회연구협의회(Economic and Social Research Council, ESRC)의 지원으로 이루어진 과학자들과 사회과학자들 사이의 협력방식에서는, 사회과학자들이 기술의 발전에 따른 윤리적, 사회적 결과를 밝히는 데에만 주력하도록 한정된 역할을 부여 받았을 뿐, 실제 지식 생산 과정에서 과학자들과 협력하는 동등한 파트너십 구축과는 거리가 멀었다고 지적했다. 선언문에서는 기술과 사회적 책무성을 구분 짓는 모델에서 벗어나 새로운 기술이 어떻게 디자인되고, 개발 및 활용되어야 하는지에 대해 과학자와 사회과학자들이 비판적인 이해를 바탕으로 함께 협력할 수 있어야 한다고 주장했다.

합성생물학에서 실험적 협력을 위한 선언문은 다음과 같은 일곱 가지 원칙들을 담고 있다. 과학자와 사회과학자들은 협력연구를 진행하고, “왜”라는 질문을 통해 성찰적인 접근을 시도하며, 다양성 추구를 통한 과학과 기술의 본질에 대한 이해를 강화할 필요가 있고, 이런 이해에 바탕 한 거버넌스 모델을 구성해야 하며, 실험적 협력 관계를 위해서는 때로는 위험을 감수할 필요가 있고, 과학자와 사회과학자가 서로에게 개방되고 우호적인 태도를 갖는 것이 중요하다는 것이 그 골자이다. 이 선언문에서 제시된 원칙들은 과학자와 사회과학자들 간의 말 그대로 실험적인

17) 니콜라스 로즈에 대해선 김환석(2014) 참조.

18) <http://experimentalcollaborations.wordpress.com>에 선언문 전문이 나와 있음.

협력을 도모하기 위한 것으로 규범적이고 고정된 원칙이라기보다는 협력의 형태와 범위, 그리고 내용에 대해 논의를 앞으로 이어나가는 데에 지침이 될 수 있을 것이라는 기대에 따른 것이었다(Balmer et al, 2012).

영국 정부는 2014년 현재 총 7개의 합성생물학 네트워크를 지원하고 있는데 여기에 사회과학자들의 참여와 협력을 필수로 포함하여, 선언문에 담긴 내용을 실현하기에 좋은 환경을 제공하고 있다. 예컨대, 에딘버러 대학의 과학기술학자로 이 선언문 작성에도 참여했던 제인 켈버트(Jane Calvert)는 연구자간 네트워크를 하나의 참여관찰 대상으로 삼아 활발한 연구를 진행하고 있다. 실험실에서 과학자들을 관찰하고 대화하는 일 뿐만 아니라, 실험실 밖에서, 학술대회나 워크샵 등 다양한 기회를 활용하여 합성생물학 연구의 진행을 분석하고 있다. 현재 4개의 네트워크(SynbioStandards, Flowers, Yeast, SynthSys)에 공식적으로 참여연구자로 등록되어 있는 켈버트는 post-ELSI 모드로 진행되고 있는 현재의 실험적 협력의 방식의 가능성과 함께, 여전히 해소되지 않고 있는 과학자와 사회과학자 사이의 긴장과 갈등을 동시에 보고하고 있다.¹⁹⁾

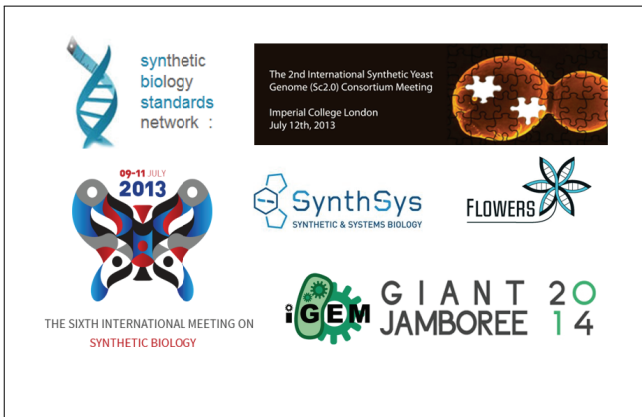
켈버트에 따르면 SynbioStandards 네트워크의 경우 사회과학자들이 생물안전성 등과 같은 규제와 같은 이슈에 대해 적극적인 활동을 해 줄 것이라는 기대가 제안서에 반영되어 있었고, Flowers 네트워크에서는 사회과학자들이 합성생물학 연구결과와 시장 사이를 잇는 ‘혁신, 영향, 개발(innovation, impact, and exploitation)’이라는 부문의 연구를 맡게 되었다. 켈버트는 이에 대해 ‘책임 있는 혁신(responsible innovation)’으로 그 내용과 취지를 수정할 것을 제안했으나 사회과학자들의 역할에 대한 상반된 기대들이 충돌하고 있어 절충에 어려움을 겪고 있다고 설명했다. SynthSys의 경우에는 에딘버러 대학 내의 과학자들과는 오랜 협력관계에 있었기 때문에 사회과학자들의 연구에 대해 다소 우호적인 분위기

19) Jane Calvert, "Synbio Activities in the U.K.," 4th UK-Korea Workshop on Synthetic Biology, Jeju, Korea, November 16, 2014. 켈버트는 이 발표에서 본인이 참여하고 있는 4개의 네트워크에서 사회과학자들의 연구 목표 및 상황에 대해 설명했다.

를 형성하고 있었지만, 과학연구개발 사업비의 일부를 사용하고 있다는 점에서 연구비 지원 기관과 과학자들이 기대하는 활동들을 수행해야 하는 압박에서는 마찬가지로 자유로울 수 없다고 설명했다.²⁰⁾

앞선 사례들과는 반대로 Yeast 네트워크에서는 제안서 작성 때부터 사회과학자들의 역할과 연구내용에 대해 완전한 자유를 보장받았고, 비록 리뷰 과정에서 반대가 있었지만 내용의 변경 없이 연구비를 따내는데 성공했다고 설명했다. 켈버트의 경험을 통해 영국을 중심으로 이루어지고 있는 다양한 실험적 협력에서 무엇보다 사회과학자들이 연구의 독립성을 확보하는 것이 중요하다는 점을 알 수 있는데, 이를 위해서는 별도의 연구비를 확보를 통해 재정적 독립성이 먼저 이루어져야 하며, 동시에 선언서에서도 강조된 바와 같이 협력의 형태와 내용에 있어서 다양성을 추구하는 것이 중요하다는 점을 잘 보여준다.²¹⁾

〈그림 2〉 Post-ELSI의 실험적 협력 네트워크



켈버트는 과학자들의 연구개발 네트워크에 참여하는 것뿐만 아니라 재정 및

20) Ibid.

21) Ibid.

역할의 압박에서 보다 자유로울 수 있는 합성생물학 국제 컨퍼런스와 iGEM에도 참여하면서 과학자들과의 다양한 형태의 협력을 시도해 왔다. 그러나 이러한 국제무대는 과학자 중심의 네트워크로서 '사회는 종종 기술과 분리된 채로 상호작용할 필요가 있는 공간으로 인식되고 있음을 발견했고, 특히 2013년 런던에서 열린 합성생물학 국제 컨퍼런스에는 특히 기업, 정치가, 과학자들이 대거 참석해 지배적인 분위기가 형성되면서 그 속에서 사회과학적 접근을 통해 합성생물학의 위험이나 대중의 인식에 대해 이야기하기가 더욱 힘들었다고 말했다(Calvert, 2013). 이러한 경험을 통해 그는 과학자와 사회과학자의 실험적 협력을 위해서는 실험적인 '공간'이 먼저 마련되어야 할 필요가 있다고 주장했다. 이러한 노력의 일환으로 켈버트는 '합성미학(Synthetic Aesthetics)' 프로젝트를 통해, 합성생물학 연구자, 사회과학자, 예술가와 디자이너들이 협력을 통해 새로운 지식과 연구방향을 함께 만들어 나가는 것을 추구했다(Ginsberg et al., 2014). 즉, 합성미학이라는 새로운 공간에서는 과학자와 사회과학자가 그 어떤 형태의 인식론적 권위도 가지고 있지 않은 채로 협력 할 수 있었기 때문에 다른 공간에서 관찰되었던 긴장이나 갈등관계가 나타나지 않았다고 설명했다. 켈버트는 이러한 실험적 공간들이 다양한 형태로 더 많은 곳에서 만들어 진다면, 학제나 전문분야에 관계없이 다양한 그룹들이 협력 할 수 있을 것이라고 내다보았다.²²⁾

6) ELSI의 업그레이드?

위에서 살펴본 post-ELSI 관점들은 일부 사회과학자들로부터 예상치 못한 비판적인 반응을 받기도 했다. 예컨대 2014년 노르웨이 연구자들은, "우리는 ELSI 연구자인 적이 없었다: post-ELSI로의 전환은 필요 없다," 라는 다소 도발적인 제목의 논문에서, 과학자-사회과학자의 실험적 협력을 위한 선언문이 담고 있는 내용을 정면으로 비판하고 나섰다(Myskja, Nydal and Myhr, 2014). 이들에 따르면, post-ELSI로의 전환은 오히려 ELSI 연구의 범위와 방법론을 좁히는

22) Ibid.

것이며, ELSI 모델로 제안되어 온 다양하고 창의적인 제안서가 배제되는 결과를 가져왔을 뿐만 아니라, 결국 사회과학자의 지적 자유를 침해 하고 있다는 것이다. 이들은 post-ELSI로의 전환은 급진적일 뿐만 아니라 불필요한 접근이며, 오히려 ELSI를 한 단계 업그레이드하는 방식으로 사회과학자들의 지적, 방법론적 능력의 범위를 넓히고, 과학과 사회 간의 복잡한 관계에 사회과학자들이 관여하게 하는 것이 바람직하다는 주장을 했다.

이처럼 합성생물학 거버넌스에 대한 post-ELSI 모드를 개발하기에 앞서, 기존의 ELSI 모델에 대한 비판들을 재고하고 부적절한 일반화를 피해야 한다는 의견도 제기되기 시작했다. 프랑스의 과학사학자인 베르나데트 방소드-방상(Bernadette Bensaude-Vincent)은 ELSI 모델이 결국 결과주의적 접근으로 비판 받게 된 배경으로 과학자들이 미래 예측을 통한 기술적 해결방법을 선호하는 사고를 가지고 있기 때문으로 설명했다. 대부분의 연구자들은 과학의 발전 방향과 영향을 미리 예측해 기술적 방법으로 부정적인 영향들을 미연에 방지할 수 있다고 믿고 있고, 이런 믿음 때문에 기술의 위험에 대해 대응하는 방식은 대중의 참여나 정치적 규제보다는, 연구센터 또는 위원회에 단순히 몇 명의 사회과학자나 윤리학자들을 포함시켜 '자율 규제'를 지향하고 있다는 것이다. 그는 자율 규제뿐만 아니라 생명과학기술 거버넌스 논의에서 제시되었던 위험 평가, 증거 기반 정책 등이 모두 한계점이 드러내고 있고, 이러한 시점에서 합성생물이라는 새로운 분야의 등장과 빠른 성장은 거버넌스를 더 이상 수십 명의 전문가에게 맡긴 채 그들에게 새로운 기술을 규제할 필요성과 규제 방법에 대해 결정하도록 내버려두어서는 안 되는 상황을 만들었다고 주장하였다. 방소드-방상은 이처럼 ELSI 모델을 결과주의적 접근의 한 방편으로 활용하면 계속 문제를 야기 시킬 수 있기에, 예측 가능한 위험뿐만 아니라, 우리가 모르는 영향들, 가령 지식이 많아지면서 발생하는 무지나 과학적 불확정성을 고려해야 한다고 강조했다. 다시 말해, 문제의 핵심은 ELSI 모델의 활용에 있는 것이므로, 이 모델을 폐기하고 post-ELSI로 전환하기 보다는, 과학의 불확정성과 우발성(contingency)과 같은 요소를 기존의

ELSI에 도입해 그 모델을 개선하면 된다는 것이 그의 주장이었다(Bensaude-Vincent, 2013).

5. 한국의 ELSI 경험과 합성생물학

한국에서 생명과학기술의 윤리적, 법적, 사회적 문제에 대한 연구는 2001년 인간유전체기능연구를 기점으로 본격적으로 시작되었다. 정부는 2001년을 생명공학의 원년으로 선포하면서 인간유전체기능 연구에 대한 지원과 함께 10년 동안 약 15억 4천만 원의 연구비를 ELSI 연구에 지원하기로 결정했는데, 이 시기부터 과학과 민주주의, 시민참여, 유전자 개인정보 보호 등에 대한 과학기술학적 연구가 나오기 시작했다(이영희, 2001; 조성겸, 윤정로, 2001; 김동광, 2001; 이영희, 김명진, 김병수, 2003; 김병수, 2003). 인간유전체기능연구의 ELSI 사업단을 이끌었던 윤정로는 당시 국내에 과학기술에 대한 ELSI 연구가 전무한 상황이었기 때문에 사업단은 ELSI를 어떠한 방향으로 진행해야 할 것인가에 대해 내부에서도 격렬한 토의가 있었다고 설명했다. 이처럼 ELSI 사업단은 초기에 국내 연구 활동 조성과 방향설정에 많은 노력을 기울여야만 하는 상황이었고, 점차 연구윤리 지침 개발과 교육, 효과적인 커뮤니케이션 방안, 사회인식 조사 등으로 그 범위를 넓혀갔다. 궁극적으로는 인간유전체기능연구와 같이 개별적인 국가연구개발사업의 틀 안에서 추진되고 있는 ELSI 연구를 생명공학 분야 전반의 연구개발과정에 확대해야 한다는 인식을 가지고 있었다(윤정로, 2003).²³⁾

인간유전체기능연구의 ELSI 사업이 연구기반 구축에 주력하고 제도화와 확산에 주력했던 것과 달리, 2001년 나노기술종합발전계획에는 ELSI 요소가 포함되지 않았고, 대체로 이 기술에 대해 긍정적인 전망을 내리고 있었다(이영희, 2004; 이은경, 2007). 이런 상황에서 그나마 기술영향평가의 일부분으로 사회적 영향에

23) 인간유전체기능연구의 일환으로 진행된 ELSI 프로젝트는 『ELSI 연구』라는 학술지를 창간하고, 다수의 ELSI 연구를 발표했고, 연구논문의 목차는 다음에서 참조할 것: 윤정로(2003), p353 (총 5편), 윤정로(2006), pp158-159 (총 29편), 윤정로(2010), pp88-89 (총 18편).

대한 조사가 이루어졌다. 2002년 나노기술개발촉진법과 시행령이 제정되면서 나노기술 영향평가에 대한 법적 근거가 처음으로 마련되었고, 5년마다 '나노기술종합발전계획'을 수립하고 '나노기술의 영향평가에 관한 사항'이 포함되어야 한다는 사실이 명시되게 되었다. 이와 함께 2003년 일부 개정된 과학기술기본법에도 기술영향평가의 법적근거가 마련되었다. 이 법령에 의거, 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 주관 하에 나노-바이오-정보기술(NBIT)의 기술영향평가가 실시되었고, 나노기술의 개념에 대한 분석과 함께 사회, 문화, 환경, 법적 측면의 영향평가 및 정책제언이 이루어졌다. 또한 2005년 발표된 제 2기 나노기술종합발전 계획에는 '나노기술 영향 등 사회적 요구에 대응하는 기술개발'이 4대 목표 중 하나로 설정되었고, KISTEP 주관으로 나노기술의 정의와 산업, 경제, 사회문화적 관점에서 영향평가가 시행되었다. 나노기술 영향평가는 시민들을 대상으로 한 설문조사와 공청회를 통해 일반인들의 인식 조사가 함께 진행되었다.²⁴⁾

정부기관이 수행한 기술영향평가의 형태로 진행되었던 ELSI 연구는 2008년부터 나노기술 제품들이 산업화되면서 나노기술의 환경, 보건, 안전에 관련된 이슈들을 중심으로 강화되고 그 대응이 가시화되기 시작했다. 각 부처별로 나노기술의 사회적 영향에 대해 적극적인 대응이 나오기 시작했고, 나노기술의 사회영향 위원회가 설치되었다. 2010년 수립된 제 3기 나노기술종합발전계획에는 나노기술 연구개발의 사회적, 윤리적 책무성을 강화해야 한다는 내용이 포함되었고, 나노기술영향평가를 통해 나노기술의 발전이 사회에 미치는 영향을 연구하고 부정적 영향을 최소화하는 방안을 수립해야 할 필요성이 강조되었으며, 영향평가 결과를 제품생산에 반영할 수 있는 피드백 과정 개발해야 한다는 내용이 기술되었다.²⁵⁾

이처럼 정부주도의 나노기술 육성사업과 기술영향평가가 함께 진행되면서 제대로 된 ELSI 연구조차 수행하기 어려웠다. 실제로 한국의 나노기술종합발전계

24) 나노기술 관련 법령에 대해선, <http://nanofriends.ibizonoff.com/trend/elsi/elsi01.html> 참조.

25) Ibid.

획은 미국 국가 나노기술 주도전략을 모델로 하였는데, 미국은 나노기술의 사회적 영향문제를 나노기술의 교육과 훈련과정과 별도의 범주로 설정하고 추진한 것과 달리 한국의 나노기술 정책에서는 전문 인력 양성만이 강조되었다(이은경, 2007).

인간유전체기능연구와 나노기술의 사례에서 볼 수 있듯이 한국에서는 post-ELSI는 고사하고 아직 ELSI 연구 자체도 자리를 확고히 잡지 못한 상황이다. 인간유전체기능연구의 일환으로 시작된 ELSI 연구에는 언론정보학, 법학, 철학, 사회학 등 여러 전문가들이 참여했지만 이 사업의 종료와 함께 더 이상 활성화되지 못했다. 나노기술의 ELSI 연구는 국가 주도의 기술발전계획 안에 있는 기술영향평가의 형태로 수행되었기에, 기술의 사회적, 윤리적 영향을 연구하는 것 자체가 기술혁신에 걸림돌이 될 것이라는 산업계의 우려와 비판을 떠안고 진행될 수밖에 없었다. 한국에서 ELSI는 '충분히 수행되지 못한 사회과학으로 남아있게 된 것이다.

한국에서 합성생물학의 거버넌스는 사회적 관심의 부재와 사회과학적 논의 부재를 동시에 마주하고 있는 상황인데, 이에 비해 합성생물학 연구 자체는 2004년 이후부터 꾸준히 증가해 왔다. 특히 차세대바이오그린 21 사업과 글로벌 프론티어사업 등 대규모 사업단으로 선정되면서 빠른 상승세를 보이고 있다(표 2 참조).²⁶⁾ 아직 국가적인 차원에서 합성생물학 연구에 대한 규제 가이드라인이 마련되어 있지 않고, 사회과학적 연구와 협력도 미미한 상태이지만, 연구자들은 윤리적 측면의 위험에 대해서도 나름대로의 기술적, 사회적 해석을 내놓고 대중들에게 친숙하게 설명하려는 시도도 보이고 있다. 예를 들면, '지능형바이오시스템 설계 및 합성연구단'이란 대규모 국가사업을 이끌고 있는 김선창은 여러 매체와의 인터뷰를 통해 합성생물학의 중요성을 설명하는 한편, 윤리 및 안전 문제도 철저히 대비해야 된다고 강조했다. 그는 합성생물학 기술을 자동차에 비유하면서 "자동차가 삶에 편의를 주었지만 사고 위험이 언제나 따른다는 점을 누구나 받아들이는 것처럼 바이오디자이너가 정말 가치 있는 기술로 인정받는다면 위험 요인을 최소화하는 노력이 동시에 진행되어야 한다"고 했다.²⁷⁾ 합성생물학 연구자가 윤리적, 사회적

26) 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 통해 "합성생물학"이라고 분류되는 과제를 검색해 본 결과.

측면에 대해 충분히 인지하고 있어서 이에 대한 기술적인 해결도 제시해야 한다고 믿는 것이다. 이와 비슷하게 대사공학의 관점에서 합성생물학을 접근하고 있는 이상엽도 유전자 합성기술의 윤리적 문제를 중요하게 보고 있다. 그는 앞으로 자연에 있는 유전자를 변형한 것이 아니라 직접 설계하고 합성하는 창조 또는 인공 생명체가 머지않아 등장할 것이라고 내다보면서 연구자와 유전자 합성회사 모두 책임감과 윤리의식을 갖는 것이 중요하다고 지적했고, 이와 동시에 새로운 기술의 위험만을 너무 부각하다 보면 좋은 점들이 간과될 수 있으므로 적절한 균형이 필요하다고 강조했다.²⁸⁾

〈표 2〉 한국의 합성생물학 연구 현황 (괄호 안 숫자는 프로젝트 수)²⁹⁾

년도	연구책임자	과제수행기관	과제관리기관	예산사업명
2014 (52)		KRIBB (57)	한국연구재단 (170)	차세대바이오그린
2013 (66)	이승구 (19)	KAIST (26)	농촌진흥청 (89)	21 (86)
2012 (75)	이성국 (15)	경상대학교 (22)	농림수산식품기술기획	일반연구자지원
2011 (46)	손정훈 (8)	UNIST	평가원 (11)	(37)
2010 (30)	박희성 (8)	산학협력단 (13)	한국과학재단 (9)	글로벌프론티어사
2009 (19)	권오석(7)	UNIST (13)	국립원예특작과학원	업 (31)
2008 (6)	이상열 (5)	서울대학교 (12)	(3)	글로벌프론티어
2007 (4)	이상엽 (4)	충북대학교 (10)	기초기술연구회 (3)	(13)
2005 (2)	조병관 (4)	부산대학교 (9)	(재)한국산업기술재단	중견연구자지원
2004 (1)		연세대학교 (9)	(2)	(11)

6. 결론: ‘수행되지 않은 사회과학’을 위한 제언

합성생물학 연구자들은 이 분야의 윤리, 안전, 사회적 책임 등의 이슈를 공론화하

27) 카이스트 생명과학과 김선창의 인터뷰는 “세포공장 만드는 ‘바이오디자인’이 세상을 바꾼다, 동아사이언스 (2013년 6월 7일) 참조. 한국생명과학연구원 바이오화학연구센터를 운영하고 있는 이승구에 대한 기사도 참조. “궁금한 화요일, 세포공장 만들어 레고처럼 DNA 조립” 중앙일보 (2014년 4월 22일).

28) 카이스트 생명화학공학과 이상엽에 대한 기사는 “슈퍼 대장균 빚어낸 ‘생명공학 신세계,’” 한겨레신문 (2010년 8월 13일) 참조.

29) 국가과학기술지식정보서비스에서 추출한 데이터.

고 있고, 미국과 유럽의 사회과학자들은 이 문제를 post-ELSI 이론 개발의 중심 주제로 삼고 있는데, 한국에서는 아직 '수행되지 않은 사회과학'으로 남아있다. 왜 이런 상황이 발생했을까? 이를 극복하기 위해선 어떤 일을 해야 하나? 합성생물학의 ELSI 연구를 새롭게 추진해야 할까? 아니면 post-ELSI의 방법을 시도해야 하나? 본 논문에서는 ELSI 연구의 등장, post-ELSI 방법론의 발전, 그리고 제한적 이나마 한국에서의 ELSI 연구 경험을 살펴보면서 위 질문들에 대한 답의 실마리를 찾으려 했다. 여기에서는 한국에서 '수행되지 않은 사회과학'이 생긴 상황을 진단하고 이를 타개하기 위한 몇 가지 제언으로 결론을 대신하려 한다.

첫째, 새롭게 등장하는 과학기술에 대한 ELSI 사업의 제도화가 필요하다. 미국에서는 2003년 인간게놈프로젝트가 공식적으로 종료된 이후에도 ELSI 연구가 NIH를 통해 꾸준히 지원받아오고 것에 반해, 한국 ELSI 연구팀은 2010년 인간유전체기능연구사업 종료와 함께 해체되고 말았다. 나노기술과 관련해서는 법령에 의거 기술영향평가의 일환으로 사회적 영향평가가 수행되고 있지만, 정부기관의 주도로 이루어지고 있기 때문에 이를 진행하는 방식과 내용에 있어서 한계를 보이고 있다. 그리고 합성생물학 분야에서는 ELSI 연구 또는 기술영향평가가 전혀 진행되지 않고 있는 상황이다. 이는 ELSI 연구와 관련한 한국의 척박한 환경을 보여주는 사례들이다. 국가가 주도로 하는 연구사업에서 신기술의 사회적, 윤리적, 법적 영향을 살펴보는 것이 국제경쟁력을 높이는 데 기여할 수 있다는 측면에서도, 기본적으로 총사업비의 3~5퍼센트를 ELSI 연구에 지원하는 것을 골자로 하는 제도마련이 시급하다.

최근 합성생물학에 큰 관심을 보이고 있는 중국의 경우, 생명윤리 및 안전, 위험평가 등에 대한 연구가 증가하고 있다(Zhang, 2011). 한때 “생물학의 ‘거친 동부’(the wild East)”라고 조롱받을 정도로 생명윤리에 대한 무관심과 부주의한 태도로 악명이 높았던 중국에서(Dennis, 2002), 합성생물학 윤리와 안전에 관련된 국내 컨퍼런스가 개최되고 국제적 논의에도 적극적으로 참여하는 학자들이 늘고 있는 것은 참으로 고무적이다. 아직 합성생물학 관련 행정 가이드라인이나 학회의

내규는 마련되어 있지는 않지만, 중국자연과학재단(National Natural Science Foundation of China)은 합성생물학의 사회과학적 연구를 지원하기 시작했다. 이러한 노력을 쌓아가면서 중국은 국가적 차원의 이미지 전환과 함께, 국제안전표준 안 마련과 같은 실용적인 차원의 일에도 참여하고 있다(Zhang, 2011). 한국은 이런 점에서 중국에 크게 뒤쳐져 있는 상황이다. 합성생물학의 탈국가적 거버넌스 논의가 활발히 진행되고 있는 만큼, ELSI의 제도화를 통해 이런 논의에 참여할 국내 연구자의 양성에 적극적으로 나서야 할 것이다.

둘째, ELSI 사업의 제도화와 더불어, post-ELSI 논의의 활성화가 필요하다. 한국의 ELSI 프로그램은 당시 연구 기반 자체가 매우 약한 상태에서 시작되었을 뿐만 아니라 ELSI에 대한 방법론적 비판도 제기되고 있었던 상황이어서 어려운 점이 많았다. 이 프로그램이 마주했던 어려움과 한계, 그 성과와 함의에 대한 본격적인 평가와 성찰이 필요하고, 이를 바탕으로 신기술의 사회과학적 접근에 대해 보다 구체적인 전략이 마련하는 것이 중요하다고 생각된다. 예컨대, post-ELSI 이론들이 주장하는 상향식(upstream) 접근, 참여적 학습 및 개입, 실험적 협력과 같은 시도를 해보았는지, 아니면 애초에 불가능했는지, 어떤 장벽이 있었는지 등을 알아보는 것은 앞으로 합성생물학의 사회적 이슈를 연구할 때 도움이 될 것이다. 또한 현재 KISTEP 주도로 진행되고 있는 나노기술 영향평가에도 이와 같은 post-ELSI의 요소들이 적용될 수 있는지, 영국 합성생물학 네트워크에서와 같이 사회과학자들이 과학자들과 어울려 ‘실험적 협력’을 하면서 사회적 영향평가를 할 수 있는지 검토할 필요가 있다.

셋째, 사회과학 연구의 독립성을 지킬 수 있는 장치가 필요하다. ELSI 연구가 제도적으로 보장되고, ELSI를 포함 post-ELSI의 다양한 방법론이 개발된다고 하더라도, 사회과학 연구의 독립성이 확보되지 않는다면, 지속가능한 형태로 유지되기 힘들 수 있다. 어느 사회에서 ‘수행되지 않은 과학’이 존재하는 이유가 권력과 자원의 비대칭성과 같은 구조적인 문제에 있듯이, 과학기술의 사회적 이슈와 관련하여 ‘수행되지 않은 사회과학’이 생기는 이유는 과학기술자-사회과학자 사이

에 지적, 물적 차원에서의 독립성 유지가 어렵기 때문이다. 이상적으로는 연구재원의 독립성을 확보하는 일, 즉 총사업비의 일부가 아닌 독자적인 사회과학 연구지원 프로그램에서 연구비를 받으면 가장 좋겠으나, 국가 연구개발사업의 구조상 쉽지 않다. 현실적으로는 영국 Yeast 네트워크에 대해서 켈버트가 설명했듯이, 제안서 작성 때부터 사회과학자들의 역할과 연구내용에 대해 분명히 기술하고 연구의 자유를 확보하는 것이 좋은 방법일 것이다. 이와 같은 선상에서, 사회과학 연구의 독립성을 지킬 수 있는 다른 중요한 장치는 연구평가방법의 자율성이다. 레비노우가 SynBERC에서 겪었던 어려움은 사실 일반적으로 사회과학자들이 과학기술자들과 협력할 때 발생하는 문제의 한 단면이었다. 전체 사업을 주도하는 사람이 과학기술자이고 재원도 NSF나 NIH와 같은 과학기술연구 지원기관이라면, 사회과학연구의 성과를 판단할 때 그것이 해당 과학기술의 발전에 어떤 기여를 했는가와 같은 상당히 실용적이고 도구적인 잣대를 사용하게 된다. 이럴 경우, 사회과학자는 지적인 위계상 하부에 위치하게 되어 단순히 과학기술연구를 위한 들러리로 전락한 것은 아닌가 하는 회의감을 가질 수 있다. 따라서 적어도 업적평가의 자율성을 보장 받는 식으로 사업을 설계하여 접근해야 할 것이다.

본 논문은 보다 많은 사회과학자들, 특히 과학기술학 연구자들이 지금까지는 '수행되지 않은 사회과학'으로 남아 있는 합성생물학의 거버넌스 문제에 관심을 갖고 탐구하길 바라면서, 과거의 경험과 해외의 사례를 바탕으로 몇 가지 제언을 했다. 이 제언이 앞으로 일종의 '중간진입전략'으로 활용될 수 있기를 기대한다.

참 고 문 헌

- 김동광 (2001), 「생명공학과 시민참여: 재조합 DNA 논쟁에 대한 사례 연구」, 『과학기술학연구』, 제2권 제1호, pp. 107-134.
- 김동광 (2010), 「상업화와 과학지식생산양식 변화 - 왜 어떤 연구는 이루어지지 않는가?」, 『문화과학』, 2010년 겨울호 (통권 64호), pp. 324-347.
- 김동광 (2011), 『지향점으로서의 공익과학』, 시민과학센터 시민과학, 사이언스 북스.
- 김동광 (2014), 「수행되지 않은 과학(Undone Science) 과학지식 비생산의 정치」, 과학기술학회 후기학술대회 발표문
- 김명식 (2001), 「생명복제, 합의회의, 심의민주주의」, 『과학기술학연구』, 제1권 제1호, pp. 123-153.
- 김병수 (2003), 「신원확인 유전자정보은행 설립을 둘러싼 쟁점 연구」, 『과학기술학연구』, 제3권 제2호, pp. 83-104.
- 김훈기 (2009), 「합성생물학의 위해성에 대한 국내 규제법률 검토: LMO 법과 생물무기금지법을 중심으로」, 『ECO』 제13권 제2호, pp.175-208.
- 김훈기 (2010), 『합성생물: 창조주가 된 인간과 불확실한 미래』, 이음.
- 김환석 편저 (2014), 『생명정치의 사회과학: 경계넘기의 사회과학을 위한 탐색과 제언』, 서울: 알렙.
- 윤정로 (2001), 「인간유전체연구와 인문사회과학적 접근: ELSI 연구의 현황과 과제」, 『과학기술학연구』 제1권 제2호, pp. 423-475.
- 윤정로 (2003), 『인간유전체연구의 ELSI 기반구축 및 확산 프로젝트』, 과학기술부.
- 윤정로 (2006), 『인간유전정보의 건전한 활용을 위한 ELSI 연구』, 과학기술부.

- 윤정로 (2010), 『인간유전체 연구에 대한 사회적 신뢰 구축에 대한 연구』, 과학기술부.
- 이영희 (2001), 「과학기술의 사회적 통제와 수용성 연구: 생명공학을 중심으로」, 『과학기술학연구』, 제1권 제1호, pp. 71-103.
- 이영희 · 김명진 · 김병수 (2003), 「인간 유전정보 보호와 시민참여」, 『과학기술학연구』, 제3권 제1호, pp. 41-73.
- 이영희 (2004), 「나노기술을 둘러싼 사회적 쟁점 연구」, 『과학기술학연구』, 제4권 제1호, pp. 59-82.
- 이은경 (2007), 「한국의 나노기술: 초기 정책 형성과 사회적 수용을 중심으로」, 『과학기술학연구』, 제7권 제1호, pp. 91-116.
- 조성겸 · 윤정로 (2001), 「생명공학에 대한 사회적 인식」, 『과학기술학연구』, 제1권 제2호, pp. 343-369.
- 한국과학기술기획평가원 (2004), 『2003년도 기술영향평가 보고서』, 한국과학기술기획평가원.
- 한재각, 장영배 (2009), 「과학기술 시민참여의 새로운 유형: 수행되지 않은 과학하기 - 한국의 두 가지 사례 - 아토피와 근골격계 질환」, 『과학기술학연구』, 제9권 제1호, pp. 1-31.
- Balmer, Andy, Bulpin, K., Calvert, J., Kearnes, M., Mackenzie, A., Marris, C., Martin, P., Molyneux-Hodgson, S. and Schyfter, P. (2012), *Towards a Manifesto for Experimental Collaborations between Social and Natural Scientists*, Accessible at: <http://experimentalcollaborations.wordpress.com>
- Barr, M., and Zhang, J. Y. (2010), "China: Bioethics Education, Biosecurity, and the Rise of Its Science." In *Ethics, Education, and the Life Sciences*, Rappert, B. ed., pp. 115-130. Canberra, Australia: Australian National University Press.
- Barry, A., Born, G., Weszkalnys, G. (2008), "Logics of Interdisciplinarity",

- Economy and Society*, vol. 37, no. 1, pp. 20–49.
- Bensaude-Vincent, B. (2013), “Ethical Perspectives on Synthetic Biology”, *Biol Theory*, vol. 8, pp. 368–375.
- Calvert, J. (2013), “Collaboration as a Research Method? Navigating Social Scientific Involvement in Synthetic Biology”, in Doorn, N. eds. (2013) *Early Engagement and New Technologies: Opening up the Laboratory*, Philosophy of Engineering and Technology vol. 16, Springer.
- Calvert, J. (2014), “Synbio Activities in the U.K.” Presented at the 4th UK–Korea Workshop on Synthetic Biology, Jeju, Korea (November 16, 2014).
- Dennis, C. (2002), “China: Stem Cell Rise in the East.” *Nature*, vol. 410, pp. 334–336.
- Frickel, S. and Moore, K. eds. (2006), *The New Political Sociology of Science, Institution, networks and Power*, The University of Wisconsin, (국역, 스콧 프리켈, 켈리 무어, 김동광, 김명진, 김병윤 번역 (2013), 『과학의 새로운 정치사회학을 향하여』, 갈무리)
- Ginsberg, D., Calvert, J., Schyfter, P., Elfick, A. and Endy, D. (2014), *Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology’s Designs on Nature*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Guston, D. H. (2001), “Integrity, Responsibility, and Democracy in Science”, *SciPolicy: The Journal of Science and Health Policy*, vol. 1, no. 2, pp. 168–189.
- Guston, D. H., Sarewitz, D. (2002), “Real-time Technology Assessment”, *Technology in Society* vol. 24, pp. 93–109.
- Guston, D. H. (2014), “Understanding ‘Anticipatory Governance’”, *Social Studies of Science*, vol. 44, no. 2, pp. 218–242.

- Haraway D. J. (1989), *Primate Visions: Gender, Race, and Nature in the World of Modern Science*, Psychology Press.
- Harding, S. (1992), "After the Neutrality Idea: Science, Politics, and Strong Objectivity", *Social Research*, vol. 59, no. 3, pp. 567-587.
- Hardings, S. (1993), *The "Rational" Economy of Science: Toward a Democratic Future*, Indiana University Press.
- Harding, S. (1998), *Is Science Multicultural?: Postcolonialisms, Feminisms, and Epistemologies*, Indiana University Press.
- Hess, D. J. (1998), "The Problem of Undone Science", Paper presented at annual meeting of Society for Social Studies of Science, Halifax.
- Hess, D. J. (2007), *Alternative Pathways in Science and Industry: Activism, Innovation, and the Environment in an Era of Globalization*, MIT Press.
- Hilgartner, S. (2001), "Election 2000 and the Production of the Unknowable", *Social Studies of Science*, vol. 31, no. 3, pp. 439-441.
- Karinen, R. and Guston, D. H. (2010), "Toward Anticipatory Governance: The Experience with Nanotechnology", in Kaiser, M. et al. eds., *Governing Future Technologies, Sociology of the Sciences Yearbook* vol. 27, pp. 217-232, Springer Science+Business Media B. V.
- Kleinman, D. L. (2003), *Impure Cultures, University Biology and the World of Commerce*, The University of Wisconsin Press.
- McEwen, J. E., Boyer, J. T., Sun, K. Y., Rothenberg, K. H., Lockhart, N. C., and Guyer, M. S. (2014), "The Ethical, Legal, and Social Implications Program of the National Human Genome Research Institute: Reflections on an Ongoing Experiment", *Annu. Rev. Genomics Hum. Genet.*, vol. 14, pp 481-505.

- Macnahgten, P., Kearnes, M. B. and Wynne, B. (2005), “Nanotechnology, Governance, and Public Deliberation: What Role for the Social Sciences?”, *Science Communication*, vol. 27, pp. 268–291.
- Myskja, B. K., Nydal, R. and Myhr, A. I. (2014), “We have never been ELSI researchers: There Is No Need for a Post-ELSI Shift”, *Life Sciences, Society and Policy* vol. 10, no. 9.
- National Human Genome Research Institute (2004), *About ELSI: About the Ethical, Legal and Social Implications (ELSI) program*. (Available from <http://www.genome.gov/10001754>.)
- Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues (2010), *New Directions: The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies*, Washington D.C.
- Purnick, P. E. M. and Weiss, R. (2009), “The Second Wave of Synthetic Biology: From Modules to Systems”, *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, vol. 10, pp. 410–422.
- Rabinow, P., Bennett, G. (2012), *Designing Human Practices: An Experiment with Synthetic Biology*, University of Chicago Press.
- Rabinow, P., Bennett, G. (2008), “From Bioethics to Human Practices, or Assembling Contemporary Equipment”, in Costa, B and Philip, K, eds., *Tactical Biopolitics: Art, Activism, and Technoscience*, pp. 389–400, The MIT Press.
- Rip, A. and Kulve, H. (2008), “Constructive Technology Assessment and Sociotechnical Scenarios”, in Fisher, E., Selin, C., Wetmore, J. M. eds., *The Yearbook of Nanotechnology in Society, vol 1: Presenting Futures*, pp. 49–70, Berlin etc: Springer.
- Schot, J. and Rip, A. (1996), “The Past and Future of Constructive Technology Assessment”, *Technological Forecasting and Social Change* vol.

54, pp. 251-268.

Stavrianakis, A. (2012), *Flourishing and Discordance: On Two Modes of Human Science Engagement with Synthetic Biology*, Doctoral Dissertation, Department of Anthropology, UC Berkeley.

Zhang, Yueyue (2011), "The 'National' and the 'Cosmos': The Emergence of Synthetic Biology in China", *EMBO Reports* vol. 12, pp. 302-306.

Zhang, J. Y., Marris, C. and Rose N. (2011), *The Transnational Governance of Synthetic Biology: Scientific Uncertainty, Cross-borderness and the 'Art' of Governance*, BIOS Working paper no.4, BIOS.

신문

동아사이언스 (2013년 6월 7일), 「세포공장 만드는 '바이오디자인'이 세상을 바꾼다」.

중앙일보 (2014년 4월 22일), 「궁금한 화요일, 세포공장 만들어 레고처럼 DNA 조립」.

한겨레 사이언스 온 (2010. 12. 27), 「미국 합성생물학 기대와 우려 '중간의 길' 선택」.

한겨레신문 (2010년 8월 13일), 「슈퍼 대장균 빚어낸 '생명공학 신세계」.

Hello DD (2011년 6월 9일), 「이상헌의 과학기술 속에서 윤리 읽기: 생명의 합성, 희망인가 재앙인가?」.

New York Times (2011. 10. 22), 「Lab Fight Raises US Security Issues」.

논문 투고일 2014년 12월 10일

논문 수정일 2014년 12월 15일

논문 게재 확정일 2014년 12월 23일

The Landscape of Post-ELSI Methodologies: The Governance of Synthetic Biology and 'Undone Social Science'

Taemin Woo and Buhm Soon Park

This paper explores what we call 'the problem of undone social science' by examining the lack of interests in the social, ethical, and legal issues of synthetic biology among social scientists in Korea. This new field of science, which has emerged in the twenty-first century with the promise of solving future problems of energy, food, and disease in the world, has also created a considerable degree of anxiety over the issues of bioethics, biosafety, and biosecurity. From its beginning, therefore, researchers of synthetic biology in Europe and the U.S. have sought to engage social scientists in their projects. Yet scientists and social scientists in Korea have shown no sign of working together to deal with both potential benefits and risks of synthetic biology. Why this silence? What strategic moves would be needed to overcome the structural barrier for their collaboration? Surveying the diverse methodologies developed during and after ELSI (ethical, legal, social implications) experiments, this paper aims to provide three suggestions that might make possible mutually profitable and continuously stimulating dialogues between the two worlds of science and social science: first, institutionalize the ELSI studies on any newly emerging science and technology of concern; second, explore diverse post-ELSI methodologies experimented elsewhere and develop ones that might be applicable best to the Korean situation; and third and perhaps most

important, create an intellectual space and a lawful protection for social scientists to exercise their research freedom at the reasonable level and receive a fair review by their peers, not solely by funding agencies and scientific organizations.

Key Terms: synthetic biology, post-ELSI, human practices, transnational governance, synthetic aesthetics, undone social science