

생물자원의 관리와 정책

An Introduction of Management and Policy of Biological Resources

조순로(Cho, Soon-Ro)*, 설성수(Seol, Sung-Soo)**, 박정민(Park, Jung-Min)***

목 차

I. 서론	IV. 최근의 국제이슈
II. 이론적 고찰	V. 주요국의 정책 의지
III. 생물자원의 국제적인 관리	VI. 결어

국 문 요 약

본 연구는 새로운 국가자원인 생물자원에 대한 최근의 국제적인 이슈와 주요국의 정책의지 및 관리 체계 등을 살펴 본 것이다. 그렇지만 논의의 전개를 위해 생물자원과 관련된 이론적인 논의, 역사 등을 먼저 검토하였다. 생물자원과 관련된 최근의 이슈는 지적재산권, 보관과 배송의 안전과 관련된 국제규약의 강화, 생물자원의 생물학적 표준강화, 생물자원센터의 윤리문제 등으로 특징지어진다. 이러한 논의를 바탕으로 본고는 생물자원정책의 방향, 체계 및 내용을 간단히 권고하였다. 특히 범부처적 차원에서의 생물자원의 관리와 확보를 위한 종합 조정과 시스템 구축의 필요성을 강조하였다.

핵심어 : 생물자원, 국가자원, 생물자원센터, 생물다양성협약

※ 논문접수일: 2008.4.28, 1차수정일: 2008.6.7, 게재확정일: 2008.6.13.

* 한국과학재단 책임연구관리원, srcho@kosef.re.kr, 042-869-6100

** 한남대학교 경제학과 교수, s.s.seol@hnu.kr, 042-629-7608

*** 한국기초과학연구원 선임연구원, parkjm@kbsi.re.kr, 042-865-3924

ABSTRACT

This paper aims to suggest a policy for biological resource based on a comprehensive understanding on biological resources. Biological resources are different from traditionally recognized viable organisms (Biodiversity) in ecosystems. Biological resources are culturable and replicable resources of living organisms such as tissues, cells and genes. Moreover, biological resources include human-derived biological materials. Biological resources is not simply a matter of science and technology. Biological resources should be dealt with as national resources.

There are many international issues regarding biological resources, such as intellectual property rights (IPRs), safety on handling and distribution, material transfer agreements (MTAs) for mutual benefits and biological standards. Ethical debates are also being raised because biological resources are related with human-derived biological materials.

Every nation has tendency to adopt its government policies to strengthen its sovereignty on biological resources and international cooperation. In addition, international linkages are essential for providing enhanced worldwide accessibility to biological resources. Japan has shown several international initiatives in the field of biological resources.

Korea has just begun to design appropriate policies for the use and R&D of biological resources. Therefore, this paper suggests the following needs: 1) policy at the national level beyond the interests of researchers, 2) inter-ministerial coordination across government ministries, 3) expansion of scope and size of each BRC (Biological Resource Centers), and 4) building networks and systems such as national information center, representative centers by field, and each BRC.

Key Words : Biological Resource, National Resource, Biological Resource Centers, Culture Collection, Convention on Biological Diversity

I. 서 론

21세기에 들어서 전 세계적으로 생물자원에 대한 국가적인 관심과 중요성이 크게 부각되고 있다. 이는 생물자원이 금, 원유, 천연가스 등의 자원에 버금갈 정도로 부가가치의 원천이 되고, 미래 무한한 가치를 지닌 바이오산업의 핵심요소로 간주될 수 있기 때문이다. 이에 따라 각국은 생물자원의 확보를 위한 경쟁을 함과 동시에, 한편으로는 개별국가 차원에서 확보가 곤란한 자원을 위해 국제적인 차원에서의 협력 움직임을 활발히 시도하고 있다.

국내에서도 최근 생명자원에 대한 정부의 정책이 크게 변화하고 있다. 2005년부터 국가 차원의 종합관리 체제를 구축하고자 노력하고 있으며, 최근 국제적인 이슈가 되는 인체조직과 관련된 생명윤리까지도 관심을 갖기 시작하였다 (과학기술부, 2007). 나아가 2007년부터 생명자원의 확보와 활용을 위한 입법이 추진되고 있다.

그러나 최근 진행되거나 계획 중인 정부정책도 실행에 대한 구체성이 부족하다. 부문별 추진과제는 있으나 추진주체가 불분명하고 추진에 필요한 예산 조달계획도 불분명하다. 특히 최근 이슈가 되고 있는 안전, 지적재산권, 윤리, 자원 표준화 등의 문제에 대한 정책이 전혀 없거나 있어도 필요성만을 강조하는 수준에 머무르고 있다.

이에 따라 본고는 생물자원에 대한 종합적인 이해를 촉진시키고, 이에 기반하여 정책이 이루어질 수 있도록 하고자 한 것이다. 다시 말해 본고는 생물자원이 무엇이고 왜 국가적으로 관심을 가질 수밖에 없으며, 세계적으로 어떠한 이슈를 가지며 또 어떠한 형태로 관리되고 있는지를 검토하고자 한 것이다. 그 과정에서 국내에서 추진 중인 정책이 논의될 것이고 그러한 정책의 개선점을 언급할 것이다. 이러한 과정이 선행되어야 새로운 생물자원 정책이 왜 중요한지를 이해하게 되고, 나아가 이와 관련된 정책의 체계화와 종합화가 가능하다고 보기 때문이다.

본고는 2장에서 새로운 생물자원을 정의하고 관련된 이론적인 문제를 검토한다. 3장에서는 새로운 생물자원이 역사적으로, 또한 세계적인 차원에서는 어떻게 관리되고 있는지를 검토한다. 4장에서는 생물자원과 관련된 최근의 국제적인 이슈에 대해 살펴보고, 5장에서는 생물자원과 관련한 주요국의 정책의지를 살펴볼 것이다. 결론부분인 6장에서는 연구의 의의를 살펴보고 새로운 생물자원과 관련된 정책적인 제언을 하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 새로운 생물자원

생물자원은 “... 배양가능한 생물체(미생물 식물 동물 인간세포 등), 인체유래생물자원, 복제가능한 부분, 배양불가능한 생명체 및 이와 관련된 분자, 생리, 구조적 정보를 포함” 한다 (OECD, 2001; 과학기술부, 2007). 단어 자체만 보자면 생물자원은 동식물이나 미생물 등 자원으로 활용될 수 있는 모든 생명체를 말하는 것처럼 보이지만, 생물자원은 생태계 내에 존재하는 모든 동식물이나 미생물, 즉 생물다양성과는 다른 의미로 정의된다. 다양한 생명체 자체보다 이들의 유전자나 세포 조직 등 배양 혹은 복제와 관련된 영역을 언급하고 있는 것이다.

또한 생물자원과 생명자원이라는 용어는 구분되어 정의된다. 생명자원에는 생물자원과 생물다양성 및 생명정보가 포함된다. 생물다양성은 생태계에 존재하는 다양한 생물체를 말하고, 생명정보는 생물자원이나 생물다양성에서 유래되거나 가공된 정보를 말한다. 결국 생물자원이란 전통적으로 인식되어 오던 생물체와는 달리 새롭게 등장하는, 생물체 기반 자원이라 할 것이다.

생물자원이라는 용어는 1992년 체결된 생물다양성협약에 의해 부각된 것이다. 대체로 생물다양성은 개발도상국이 보유하고 선진국들은 그러한 생물체에 대한 유전자나 관련 기술을 가지고 있었는데, 유전자 관련 지적재산권을 선진국에게 부여하면 개도국의 자원주권은 소멸될 처지에 있었다. 그러기에 1980년대 후반부터 생물다양성과 관련된 국제적인 협약의 필요성이 제기되었던 것이다. 그 결과 체결된 협약은 개별국가의 생물다양성 주권은 인정하나, 이를 개발하려는 제반 노력은 자원주권국의 상호동의를 전제로 하고 발생한 이익도 상호배분을 하도록 하였다. 결국 이 협약은, 생물다양성의 훼손을 방지한다는 목적도 있지만, 유전자 조작기술의 발전에 대한 국제적인 대응이라 할 것이다.

새로운 생물자원은 전통적인 생물자원과는 달리 모든 생물의 유전자가 포함(Commonwealth Secretariat, 1993; American Society of Agronomy, 1998; Lesser, 1998; Frankham et al., 2002)되고, 또한 과거에는 크게 중시되지 않던 인체에서 유래된 세포, 조직, 유전자 등이 포함된다. 사람 자체도 자원으로 인식되기 시작한 것이다.

이러한 새로운 생물자원은 다음과 같은 특징이 있다. 첫째, 자연 속에 그대로 존재하는 것이 아니라 인공의 힘에 의해 배양되거나 복제되어 확대가능성과 재생가능성이 큰 자원

이라는 점이다. 또한 전통적인 생물자원은 보존이나 환경이라는 차원에서 강조되지만, 새로운 생물자원은 혁신적인 차원에서 강조될 수 있다. 세 번째는 새로운 생물자원은, 모두가 다 그렇지는 않지만, 눈에 잘 보이지 않는 자원이다. 미생물이 그렇고, 최근에 새롭게 인식되는 모든 생명체의 유전체들이 그렇다. 네 번째는 이들의 종류는 너무도 다양하고 많기에 보관하고 관리하는 것이 활용을 위한 기본 전제가 된다는 점이다.

이와 같은 속성이 있기에 생물자원에 대한 접근은 과학기술적인 문제만은 아니다. 혁신의 대상으로 검토될 필요가 있고, 국가자원으로 검토될 필요가 있다. 그런가 하면, 네 번째 속성인 보관과 관리에 대한 과학기술 외적인 접근도 필요한 것이다.

2. 새로운 생물자원의 위상

국가자원이란 한 국가의 생존과 유지 및 번영을 위해 필수적인 자원이라 할 것이다. 그만큼 중요하고 필수적이지만 국가자원이 과연 무엇이나에 대해서는 통일된 견해가 없다. 아니 국가 자원 전체를 종합적으로 보려는 시도도 찾기 어렵다. 이는 국가자원이 그만큼 다양하다는 것을 의미한다할 것이다.

최근 자원과 관련되어 일어나는 물리적인 전쟁은 대부분 자연자원을 중심으로 나타나고 있다. Klare(2002)는 국가간 혹은 사회집단간 자원전쟁이 원유, 천연가스, 물, 광물 및 목재를 중심으로 이루어지고 있다고 지적한다. Billon(2005)은 나이지리아, 페르시아만, 카스피해, 시에라레온, 중앙아프리카 등의 분쟁이 결국은 이들 자연자원에 관한 전쟁임을 보인다. 그리고 자원에 관련된 논의는 전통적으로 농업, 임업, 수산해양업, 자원공학과 같은 분야의 학자들에 의해 언급되었다.

자연자원을 중심으로 한 전통적인 시각에서는 자원은 매장자원, 유동자원 및 생물자원으로 구분된다(Randall, 1981). 여기서 유동자원이란 태양열, 대기, 강우와 같이 발생과 흐름이 존재하는 자원을 말한다. 그런가 하면 Neher(1990)는 자연자원이 수산자원, 삼림자원, 공기, 물, 숲과 같은 환경자원 및 광산자원으로 구성되어 있다고 서술한다. 이들은 본고에서 언급하는 새로운 생물자원은 언급 자체를 하지 않고 있다.

Sweeney(1993)는 자연자원을 생물계, 비에너지광물, 에너지, 환경자원으로 구분하고, 이들 자원은 확대가능성과 재생가능성 및 소멸가능성이라는 세 속성이 있다고 주장한다. 한편 Tietenberg(2006)는 자연자원이 가진 속성을 소멸가능(depletable), 재순환가능(recyclable), 보충가능(replenishable), 재생산가능(reproducible), 축적가능(storable), 갱신가능(renewable)

등으로 보다 더 구분한다.

日本 科學技術廳(1961)은 이미 1960년대에 국가자원을 자연자원, 문화적 자원 및 인적 자원으로 구분하여 큰 시각으로 보기도 하였다. 국가자원을 이렇게 큰 시각으로 본다면 국가자원은 자연자원과 인공자원 및 인적자원으로도 구분될 수 있을 것이다. 이러한 구분은 국가자원의 구분 자체를 위한 것이 아니라 본고에서 논의되고 있는 새로운 생물자원의 속성을 보다 강조하기 위한 것이다.

새로운 생물자원은 확대가능성과 재생가능성이 훨씬 더 큰 자원이기 때문이다. 또한 Meadows et al.(1972), Meadows et al.(2004)에서 보는 바와 같은 자연자원의 한계나 생태계 교란이라는 문제를 극복하는 중요한 한 수단일 것이다. 물론 본고는 Simon(1996)과 같이 인간의 노력만이 유일한 대안이라는 관점을 강조하는 것은 아니다. 새로운 생물자원은 일반적인 과학기술과 같이 국가적으로 보다 적극적으로 관리하고 탐색하며 활용할 필요가 있다는 것을 강조할 뿐이다.

3. 기존 연구

생물자원이나 유전자원 혹은 생물다양성협약과 관련된 연구는 국제협약과 관계되기에 대단히 많이 존재한다. 그러나 이들 자원의 관리라는 차원이 되면 연구물이 그렇게 많이 존재하지 않는다. 선진국에서도 생물자원은 주로 생물다양성협약의 결과로 인해 생물다양성 확보나 관리를 위한 자연보호나 환경보호라는 관점에서 언급되거나 생물자원 자체를 활용하기 위한 경제학적인 혹은 사회제도적인 측면에서 언급된다. 후자는 환경이나 자원경제학 등이 대표라 할 것이다.

그런데 이들 자원의 종합적인 관리라는 측면에서는 연구가 거의 없다. 미생물이나 동식물 각각의 유전체 등에 관해서는 일부 연구가 있으나 이러한 자원을 종합적으로 보는 시각에서는 기존 연구가 거의 없는 것이다.¹⁾ OECD(2001, 2007), Stern(2004), Daniel et al.(2006), 박정민 등(2007) 정도가 생명자원센터 전반에 관한 논의를 하고 있을 정도이다. 이연희(2005)는 미생물 자원을 중심으로 생물자원의 관리를 논한다. 한편, 장수익(2007)은 국가 생명자원 관리의 발전방향, 최홍근 등(2007)은 국가 생명자원 현황 실태조사를 실시하였다.

1) 과학기술정보연구원이나 국회도서관의 데이터베이스를 생물자원으로 검색하면 60여개의 논문이 도출된다. 그런데 이들은 대부분 전통적인 생물자원을 다루고 있고, 새로운 의미의 생물자원을 다루는 논문은 거의 없다. 임종현(2001) 정도가 생물자원은 國富라는 점을 지적하고 있을 정도이다.

Ⅲ. 생물자원의 국제적인 관리

최근에는 배양되고 복제되는 생물자원에 유전자나 인체유래자원을 포함시키지만 복제기술이 일반화되기 이전인 1990년대 이전에는 미생물이 주로 잘 보관되고 관리되었다. 배양은 동식물도 대상이 되지만 이들은 전 과정이 실험실에서 이루어지는 것이 아니라 자연환경에 의존하는 부분이 컸기에 주로 미생물이 배양관리의 대상이었던 것이다. 따라서 미생물 배양의 역사가 생물자원 관리의 역사라 해도 과언이 아니다.

1. 역사

배양은행 (culture collection)의 역사는 페니실린의 상업적 활용이 크게 확대된 시기를 기점으로 2차 세계대전 전후로 크게 구분할 수 있다. 2차 세계대전 이전의 배양은행은 미생물자원의 상업적 활용보다는 전통 발효식품과 관련된 미생물의 실험과 연구활동을 지원하기 위한 기능을 수행하였다.

미생물 활용의 역사는 인류 역사와 함께 하였다고 주장되지만, 서비스적인 개념의 미생물 배양은행은 1890년 체코슬로바키아 German대학의 Frantisek Král 교수(1846-1911)가 설립한 것이 최초라 소개된다 (WFCC, 1990). 이어 1930년대 이후에는 다양한 목적을 가진 많은 배양은행이 설립되었다.

2차 세계대전 이후에는 페니실린의 등장으로 인해 미생물의 상업적 활용이 크게 확대되었고 배양은행은 이를 위한 전진기지가 되었다. 이에 따라 미생물자원의 상업적 자원으로서의 가치를 깨달은 많은 나라들이 미생물자원의 수집과 연구를 위한 배양은행을 추가 설립하고 자국내 배양은행간 협력을 보다 적극적으로 추진하였다. 1948년 영국은 British Commonwealth Collection of Microorganisms (BCCM)을 설립하였고, 같은 해에 캐나다도 Canadian Committee on Culture Collections(CCCC)을 구성하였다. 일본은 1951년 Japanese Federation of Culture Collections of Microorganisms(JFCC)을 설립하였다.

1992년 생물다양성협약 (Convention on Biological Diversity, CBD)의 채택과 1995년 헤모필루스 인플루엔자균의 유전정보 해독 등 새로운 유전공학기술의 발달에 따라 배양은행의 역할도 많은 변화를 가져왔다. 배양은행은 새로운 생명공학에의 응용이나 생물다양성 보존 및 지적재산권보호를 위한 생명자원의 보관 (Safe-deposit) 기능과 역할을 수행하게

된 것이다 (OECD, 2001).

한편 생물자원에 대한 정치 경제 사회 문화적 요구의 다양성에 부응하여 배양은행도 공공정보, 정책수립, 투자유인을 위한 기능이 추가되었다. 즉 자원정보를 DB화하여 일반대중, 정부 및 기업에 보다 적극적으로 제공할 필요가 있게 된 것이다 (Daniel et al., 2006).

2. 국제기구와 역할

1940년대 후반부터 권역별 또는 세계적인 배양은행간 협력이 나타나기 시작하였다. 세계적인 자원조사와 미생물자원의 교류활성화의 필요성을 서로 공감했기 때문이다. 1947년 세계 최초의 국제배양은행연합기구인 International Federation of Culture Collections (IFCC)가 제 4차 국제미생물학의회에서 구성되어 사무국을 스위스 Lausanne에 설치하였으나 동 연합은 1954년 폐지되었다.

현존하는 가장 대표적인 배양은행 국제연합조직은 1962년 “배양은행의 전망과 문제”라는 주제로 캐나다 몬트리올에서 개최된 국제컨퍼런스에서 잉태되었다. 그 결과 1963년 국제미생물학회연합(International Association of Microbiological Societies, IAMS 현재는 International Union of Microbiological Societies, IUMS) 총회에서 WFCC가 결성되었다 (Komagata, 2005).

WFCC는 1972년 유엔환경계획 (UNEP)과 UNESCO의 지원으로 산하에 World Data Center for Microorganisms (WDCM)을 설립하였다. 이를 통해 미생물 배양은행에 대한 World Directory를 처음 발간하였으며 몇몇 위원회는 도서출판, 비디오 제작, 교육훈련, 특허 및 공급 규정 제정, DB, 네트워크 등의 기능을 수행해 오고 있다.

WDCM은 최초에는 호주의 Queensland 대학에 설치되었으나 1986년에 일본의 이화학연구소 (Institute of Physical and Chemical Research, RIKEN)로 이전되었다가 1999년에 일본국립유전학연구소 (National Institute of Genetics, NIG)로 이전되었다 (Smith, 2003; Canhos 1990). 2006년 말 현재 66개국 522개 배양은행이 회원기관으로 등록되어 있다 (Smith, 2007).

WFCC(1999)는 배양자원의 수집과 관리 및 국제적인 사용자를 위한 서비스 표준을 과학적으로 새롭게 정립하기 위해 1990년 미생물 배양은행의 설립과 운영에 관한 가이드라인을 작성 제시하였다. 이 가이드라인은 세계적인 모든 배양은행을 포괄하는 최초의 가이

드라인으로, 배양은행의 목적, 직원 및 시설 수준, 자원의 수집, 보존, 배송절차 및 준수사항, 교육훈련, 배양은행간 국내 및 국제협력 등의 사항이 포함되어 있다. 동 가이드라인은 1999년 6월에 2차 수정판이 발간되었다.

생물자원의 중요성이 커지고 배양은행의 역할이 강화되자 과학기구가 아닌 국가간 종합기구인 OECD 역시 생물자원과 배양은행에 관심을 보이기 시작하였다. OECD(2001)는 배양은행이 아닌 생물자원센터(Biological Resource Centers, BRC)라는 개념을 2001년 처음으로 도입하고 생물정보 및 재료의 수집, 국제적인 협력과 국제적인 네트워크 설립을 강조하였다. 한편 2007년에는 운영 가이드라인 형태로 2판(OECD, 2007)을 발행하였다.

IV. 최근의 국제이슈

1. 규제규약의 강화

1990년대 초부터 배양은행과 관련한 국제적인 차원에서의 변화가 뚜렷해 졌다. 생물다양성 보전과 생명자원의 지속가능한 이용을 위한 국제적인 협약인 생물다양성 협약이 체결되었고, 두 번째로는 생물자원의 지적재산권 보호와 안전한 보관, 배송 등에 관한 국제규범 및 협약의 이행이 강화된 것이다.

1) 생물다양성협약의 채택

생물다양성협약²⁾은 1987년 유엔환경계획이 3,000만종으로 추정되는 지구상 생물종이 매년 25,000-50,000종 정도가 멸종되고 있음을 보고하면서 제안한 생물다양성 보전에 관한 국제적인 행동계획이다. 이후 7차례의 정부간 협상을 통해 1992년 6월 '생물다양성 보전과 유전자원의 지속가능한 개발 및 그에 따른 이익의 공정한 배분' 을 목적으로 한 협약이 유엔환경개발회의 (UNCED)에서 158개국 정부의 서명으로 채택되었다.

이 협약은 전문, 본문 42개 조항, 부속서 2개로 구성되어 있다. 주요 내용은, 생물자원 보유국의 유전자원에 접근할 때는 해당국 사전승인제도 (prior informed consent)를 준수해야 하며, 상호동의조건 (mutually agreed terms)에 의해 금전을 포함한 정보, 기술이전, 훈련 등에 대한 이익의 배분을 규정하고 있다

2) 생물다양성협약은 1993년 12월 29일 발효되었으며, 현재 185개국 이상이 가입되어 있다.

2) 지적재산권 보호 강화

생물자원과 관련된 지적재산권에 관한 국제적인 규약으로는 1883년에 체결된 산업재산권 보호에 관한 파리협정이 최초이다. 동 협정 제 1조에는 농업과 이와 관련된 와인, 쌀, 담배 과일 등을 해당 산업으로 포함하고 있다(WIPO, 2007).

한편 특허절차를 위한 미생물 기탁의 국제 승인에 관한 부다페스트조약 (Budapest Treaty)이 1977년에 체결되었다(USPTO³⁾, 2007). 이 조약은 미생물을 개별국가만이 보관하는 것을 방지함으로써 신청자에게는 특허보호를 위한 비용절감과 조약 가입국에는 효과적인 기탁이나 활용확대가 가능하도록 하였다. 2006년 현재 24개국 37개 기관이 국제기탁 승인(International Depositary Authority)을 얻어 운영 중에 있다.⁴⁾

그러나 부다페스트조약의 실제 이행력은 부족하였다. 이러한 상황을 반영하여 생물다양성협약은 생물자원의 이용에 따른 이익의 공정한 배분을 위한 가입국간 협력사항과 국가적 의무사항들을 명시하였다. 또한 1994년 WTO협정의 부속서인 Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS)협정이 체결되었다. TRIPs 제 27조에는 생명공학 기술의 특허대상과 관련하여 논쟁이 되고 있는 사항을 보다 명확하게 기술하고 있다.

더 나아가 1999년에는 생물다양성협약에 부응하는 유전자원의 효율적 접근과 미생물의 표준물질이전 협약으로 국제적 행동규칙인 Microorganisms Sustainable Use and Access Regulation International Code of Conduct(MOSAICC)이 체결되었다. 이는 부다페스트조약, 생물다양성협약, TRIPs협정의 관련조항들의 행동규칙이다(Smith et al., 1999; MOSAICC, 2007).

2002년에는 생물다양성협약의 상호동의조건(mutually agreed terms)과 사전승인제도(prior informed consent)⁵⁾를 보완하는 Bonn 가이드라인⁶⁾이 채택되었다 (Garforth, 2007).

3) 보관과 배송의 안전규범 강화

미생물 자원은 경우에 따라 인체에 해를 주거나 환경을 오염시킬 수 있다 (Mas-Castella, 2004). 따라서 자원의 수집, 수집자원의 검증, 유지 보존과정에서 국제적인 관리규정이

3) United States Patent and Trademark Office

4) 부다페스트 조약 제 6조 및 7조에 국제기탁승인 기관의 요구사항과 획득에 관한 사항이 각각 기술되어 있다. 미국은 1980년, 한국은 1988년, 중국은 1995년에 조약에 가입하였다.

5) CBD의 제 15조 (유전자원의 접근)는 타 보유국의 유전자원 접근 시 해당국가와의 상호동의조건과 사전승인제도의 준수를 요구하고 있다.

6) CBD 5차 회의(2000년)에서 생물자원의 접근과 이익의 공동배분에 관한 Bonn Guideline이 작성되었고, 6차 회의(2002년)에서 일부수정과 함께 채택되었다.

필요하고, 국내외 배송과정에서의 위험관리 규정 역시 필요하다. 이와 관련된 국제규범들은 1990년대에 보다 명확하게 되고 강화되었다.

취급 관련 국제기구는 WHO, 위험병원체자문위원회(Advisory Committee on Dangerous Pathogens, ACDP), 유럽생명공학연합(European Federation of Biotechnology, EFB) 등이다. 이들 국제기구에서는 위험미생물에 대한 표준분류를 하고 있는데 WHO가 정한 분류가 주로 활용되어지고 있다. WHO는 위험정도에 따라 4개 단계로 분류⁷⁾하고 단계가 높을수록 위험성이 높은 것으로 간주한다.

한편 미생물자원의 포장, 우편운송, 여타 운송서비스의 경우 반드시 국제 및 지역협약과 관련국의 국내법을 준수할 것을 요구하고 있다. 미생물 자원의 포장, 배송등과 관련된 국제규범은 국제우편연합(Universal Postal Union, UPU)의 Universal Postal Convention Compendium of Information과 International Air Transport Association(IATA)의 Dangerous Goods Regulations(DGR) 등이 있다 (Smith et al., 1999).

WHO(2007)는 1997년부터 이들 기구에 자문을 실시하여 각각의 기구들이 정한 규정의 실행기준인 가이드라인을 제시하고 있는데, 동가이드라인은 2005년 개정되었다.

4) 물질이전협정의 강화

생물자원센터는, 생물다양성협약, MOSSAIC, Bonn 가이드라인에 의해, 제공하는 생물 자원의 적절한 접근과 사용을 보장할 수 있는 정책과 실행의무가 요구된다. 물질이전협정(Material Transfer Agreements, MTAs)은 이를 달성할 수 있는 메카니즘으로 MOSSAIC 홈페이지나 Bonn 가이드라인 부속서에 작성 샘플이 제시되고 있다(OECD, 2007).

최근 대부분의 배양은행은 자체 MTAs 가이드라인을 제시하며 사용자의 의무를 강화하고 있다. 실례로 미국의 American Type Culture Collection(ATCC)는 기탁자의 지적재산권 보호, 배양은행과 구입자의 권리 보호 등을 위해 MTAs를 강화하고 있다. 이 때문에 국제분류학위원회는 MTAs의 제한성이 오히려 생물자원의 분류목적의 사용에 악영향을 줄 수 있다고 우려를 하고 있을 정도이다(Perrone and Soriano, 2005).

7) 1그룹은 개인과 사회에 위험이 적거나 없고, 2그룹은 보통의 개인 위험과 낮은 사회 위험, 3그룹은 높은 개인 위험과 낮은 사회 위험, 4그룹은 높은 개인 및 사회 위험으로 각각 분류하고 있다.

2. 생물자원의 생물학적 표준강화

연구결과의 신뢰성, 재 실험 결과에 대한 책임성, 과학적 연구방법의 일관성 확보를 위해 생물자원의 표준은 중요하다. 최근 대부분의 학술지 편집위원회는 실험에 사용된 연구소재의 출처를 반드시 기록토록 요구하고 있다. 따라서 공인받은 배양은행의 표준 샘플로부터 얻은 연구결과만이 연구성과로 인정받을 수 있다.

미국의 경우 ATCC의 표준 생물자원만을 인정하려는 경향이 높아지고 있으며, 동료로부터 확보한 재료나 ATCC의 카다로그 번호의 인용만으로는 연구결과를 보증 받을 수 없다. 특히 ATCC의 생물자원은 식품의약청(FDA), 농무부(USDOA), WHO 등에서 인용하고 있으며 식품의 질, 수질 환경 샘플 테스트, 정확한 의학적 진단, 건전한 법의학적 정보의 획득 등에 사용되고 있다(ATCC, 2007).

한편 선진국들은 국제기구를 통한 생물자원의 정보 표준화로 세계적 우위를 선점하려고 노력하고 있다. 미국은 세계생물다양성정보기구(Global Biodiversity Information Facility, GBIF)⁸⁾에 1,300만 건의 생물자원 정보를 등록하고 있으며, 유럽 국가들은 EU 지원의 European Biological Resource Centers Network (EBRCN)을 통한 생물자원의 표준화에 노력하고 있다(과학기술부, 2007).

3. 배양은행의 윤리문제

1) 유전자변형생물의 취급

현대 생명공학기술은 분류학적인 과를 넘어선 세포융합기술의 적용이 확대되고 있다. 이의 결과 창출된 Living Modified Organisms (LMO)는 인간의 복지에 크게 기여할 수 있지만 잠재적 위험성을 갖고 있다. 2000년 1월 캐나다에서 열린 생물다양성협약 총회에서는 LMO의 국가간 이동을 규제하는 최초의 국제협약인 바이오안전성의정서 (Cartagena Protocol on Biosafety)가 채택된다 (최승환, 2007).

의정서는 LMO의 취급, 운송, 포장, 식별, 사용에 관한 사항을 포함하고 있으며, 특히 국가간 이동에 초점을 두고 적절한 보호 수준을 보장하는데 목적을 두고 있다. 의정서는 2003년 9월 11일자로 발효되었으며, 우리나라는 2008년 1월 1일부터 당사국의 지위를 획득하게 되었다.

8) 생물다양성자료 및 정보의 교류 목적으로 2001년에 설립되었다. 2007년 현재 81여개 국가 및 관련기구가 참여하여 약 9천 9백만 건의 자원정보가 등록되어 있다.

2) 인체 조직과 유전자 취급

인체조직 (tissue)은 장기 (organ)보다는 포괄적인 개념으로 사용된다. 신장, 간, 심장, 폐, 췌장, 소장 등과 같은 장기 이외의 피부, 뼈, 심장 판막, 각막, 힘줄, 혈관 등과 같이 장기간 보관하여 독특한 배양, 생산과정을 거쳐 치료용은 물론 그 외 미용재료로 사용될 수도 있다. 인체조직 산업은 연간 미화 10억 달러 이상의 가치가 있는 산업으로 일부는 비영리로 운영되나 일부는 영리목적으로 운영되기도 한다 (President's Council on Bioethics, 2008).

따라서 인체조직의 남용으로 인한 질병 확산의 위험 방지를 위해 엄격한 관리가 요구된다. 이의 중요성을 인식한 OECD는 2007년 발간된 생물자원센터 가이드라인에 인체를 다루는 인체조직 배양은행의 관리 가이드라인을 별도로 작성 제시하고 있다. 기존의 미생물 배양은행의 가이드라인과 비슷하나 인체조직 배양은행의 경우에는 인체를 다룬다는 점에서 기증자의 가계 임상기록, 나아가 이를 관리 감독하는 윤리위원회의 설치, 생물자원센터의 국가승인 등을 규정하고 있다 (OECD, 2007).

인체조직의 활용이 활발한 미국의 경우 역시 윤리문제를 중요하게 취급하고 있다. 윤리문제를 관장하는 FDA는 2005년에 인체조직 관리에 관한 새로운 규정을 도입했다. 규정이 강조하고 있는 것은 크게 두 가지로 기증자의 적합성과 인체조직의 배양, 보관, 분류표시, 포장, 배송 등에서 수준 높은 질적관리를 요구하고 있다 (President's Council on Bioethics, 2008).

한편 1989년 인간유전체의 매핑, 서열 결정, 유전자 명명법, 윤리적, 사회적, 법적 영향, 지적소유권에 관한 사항 정의, 교육과 공공성 사업의 수행 등을 목적으로 하는 인간유전체 기구 (Human Genome Organization, HUGO)가 설립되었다. HUGO는 현재 23개국 220명의 회원을 두고 있다 (과학기술부 2007).

V. 주요국의 정책 의지

1. 일본

일본의 미생물과 배양은행에 대한 정책적인 지원과 관심은 뿌리가 깊다. 2차 대전 중에는 미생물이나 바이러스를 전쟁에 활용한 바 있고, 전후에는 패전했음에도 몇 년 후인 1951

년 일본배양은행연합(JFCC)⁹⁾을 설립한다.

이어 1962년에는 12차 UNESCO총회에 세계적인 규모의 배양은행 설립과 동 분야 연구자 훈련 등의 제안서를 제출하였고, 그 결과 1968년 제1차 배양은행 국제 컨퍼런스(The First International Conference on Culture Collections, ICC-1)가 일본 동경에서 개최되었다. 동 회의에서는 WFCC의 최초의 가이드라인이라 할 수 있는 7개 항목에 관한 내용을 작성하고 합의하였다. 이는 국제기구 제안, 배양은행 국제대회 개최, 특별훈련과정 필요성 조사, 참고 실험실의 설립, 미생물자원 특성화를 위한 국제센터 설립, 자원공급 규정 마련, 국제정보센터 설립 타당성 조사 등이다 (Komagata, 2005).

일본은 또한 1986년 WFCC 산하의 세계정보센터인 WDCM을 자국으로 유치하여 현재까지 운영하고 있다. 국제무대에서의 일본의 역할은 최근까지도 지속되고 있다. 일본은 미생물 정도가 아닌 보다 확대된 생물자원관리의 필요성을 인식하고 1998년 OECD에 생물자원센터의 중요성을 평가하도록 요청한다. 이를 기반으로 미생물 배양은행이 아닌 포괄적인 새로운 생물자원센터의 관리에 관한 국제 워크숍이 개최되고, 결과가 세계 최초의 생물자원센터 가이드라인(OECD, 2001)으로 연결된다.

2. 미국

미국의 생물자원정책은 여느 과학기술 관련 정책과 같이 분산형으로 추진되므로 각 분야별 주요 기관의 활동을 개별적으로 파악해 종합하는 형태를 취해야 한다. 미국의 생물자원정책은 크게 다섯 분야에서 접근되고 있으며, 각 분야를 대표하는 기관들은 대규모로 각각이 모두 세계를 선도하는 수준이다. 이들의 주요 기관의 특징은 각 기관이 미국 내에만 국한되지 않고 미국 이외 지역에 대한 생물자원을 오래 전부터 수집하고 연구한다는 점이다.

스미소니언 자연사박물관은 동식물의 표본 등을 수집 전시하는 기관이지만 이미 19세기부터 미국 외 아태지역의 동식물에 대한 체계적이고 방대한 수집을 하고 있다. 최근에는 DNA 등도 수집 보관 중이다.

미국배양은행(ATCC)은 1925년 설립된 생물자원센터이자 비영리기관 연구기관이다. 박테리아나 바이러스 등을 포함하는 미생물 중앙은행 역할을 수행하였지만 최근에는 셀라인

9) JFCC는 1993년 Japan Society for Culture Collections (JSCC)로 명칭을 변경하였으며 2004년 현재 25개의 배양은행으로 확대되었다.

(cell lines) 등도 수집 보관중이다. 보유하고 있는 공인된 자원만 73,000주에 달한다. 이들은 종사자만 350여명인 큰 기관이고¹⁰⁾, 여러 기관으로부터의 연구자금과 보유 생물자원 분양으로부터의 수수료로 운영되고 있다. 특히 보유 생물자원에 입각한 연구활동이 강하다는 특징이 있다. 최근에는 새로운 질병연구를 위한 소재보관과 연구, 말라리아 연구를 위한 참조연구센터, 유전연구를 위한 DNA RNA 조달, 환경변화에 의한 유전자 변화와 같은 연구를 수행하고 있다.

국가유전자원보관센터(National Center for Genetic Resources Preservation, NCGRP)는 농무부 산하에 1958년 설립된 기관이다. 농업경제의 기반인 생물다양성을 지키기 위한 국가 동식물 유전자원을 보관 연구하는 곳이다. 전통적인 동식물 유전자원 보관 연구소라 할 것이다.

국가생명공학정보센터(National Center for Biotechnology Information, NCBI)는 1988년 국립보건원 산하의 미국의학도서관에 국가 분자생물자원 정보를 위해 설립되었다. 인간의 건강과 질병에 영향을 미치는 분자과정의 이해를 촉진하는 모든 소재를 수집 보관 배포 연구하는 기관이며, 유전자은행과 DNA, RNA 및 단백질 시퀀스 정보데이터베이스 등 580만 건의 정보와 40개의 데이터베이스를 운영하고 있다. 독립된 근거법(Public Law 100-607)을 가지고 있는 기관이며, 약 3.15억불의 예산과 400여명의 인력을 가진 기관이다. 미국의 국가예산으로 이루어진 연구개발된 생명자원은 모두 이 기관에 의무 등록하도록 되어 있다.

국가생물자원정보인프라 (National Biological Information Infrastructure, NBII)는 국가 생물자원 정보를 제공하는 기능으로, 자체 보유형이라기보다 정부, 정부연구소, 대학, 비정부기구, 기업체 등 국가 전체의 데이터베이스, 정보상품, 분석도구를 연계하는 프로그램이다. 미국 지질조사국 (Geological Survey) 생물정보실 (Biological Informatics Office)에서 운영하고 있다.

3. 유럽

유럽의 많은 국가들은 1900년대 초부터 미생물연구와 배양은행의 설립에 관심을 가져왔다. 이들 국가들은 배양은행의 국제기구 설립, 자원의 공동이용, 배양은행 운영 가이드라인 및 국제 규범 마련 등에 절대적인 역할을 하였다. 또한 유럽 국가들은 자국 배양은행

10) 한국의 유사 배양은행이 실제 2-3명으로 운영되는 것과 비교할 때 엄청난 규모 차이라 할 것이다.

간의 협력은 물론 권역 내 관심국가간 협력도 활발하게 수행하였다.

유럽의 국가간 배양은행의 협력을 보면, 1981년에 공통적인 정책협약, 기술 교류, 협력 프로젝트의 발굴 등을 위해 European Culture Collection' Organization (ECCO)가 설립되었으며, 현재 22개 국가 61개 배양기관을 회원으로 두고 있다 (ECCO, 2007). 또한 EU는 1996년부터 Common Access to Biological Resources and Information(CABRI)프로젝트를 추진하였는데, 현재 9개 협력기관 26개 배양은행을 포함하고 있다(CABRI, 2007).

CABRI(2007)는 권역 내 회원 배양은행의 생물자원과 정보의 공동이용 및 OECD에서 제기되는 BRC관련 주요문제를 협의하기 위한 목적으로 추진되었다. CABRI가 작성한 배양은행 운영 가이드라인은 2007년 2월 OECD가 발간한 가이드라인에 주요 참고가 되었다. 한편 유럽은 2004년까지 EU 지원으로 EBRCN 프로젝트를 수행하였다(EBRCN, 2007). 이는 CABRI 회원 배양은행의 생물자원의 통합DB를 구축하기 위한 것이었다.

4. 한국

1992년 생명다양성협약이 체결됨에 따라 한국도 생물자원에 관심을 갖게 되어 1994년 10월 이 협약에 가입하였다. 이어 1995년부터 시작된 한국과학재단의 연구소재은행 사업¹¹⁾에서 생물자원 분야도 부분적으로 지원하기 시작하였다. 생물계 소재은행들은 종류가 다양하고 숫자도 많기에 미생물, 인체유래검체 및 식물분야에서 각 1개, 총 3개의 거점은행이 해당분야 소재은행 네트워크를 관리한다. 다른 국가에 비해 생물자원에 대한 국가적인 관심과 체계적인 관리의 시점이 늦기는 했으나, 현재는 각종 연구소재의 DB구축 및 국제네트워킹으로 발전하고 있다(이연희, 2005; 한국과학재단, 2007).

최근 들어 정부의 생물자원의 중요성에 대한 인식이 높아져 개별 부처차원에서 산발적으로 관리 운영되던 생명자원에 대한 종합적인 국가 관리를 위한 기본 계획의 수립 및 법제도의 정비를 추진하고 있다(과학기술부, 2007). 2005년에는 국가 생물유전자원 종합관리 위원회가 구성되었고, 2006년에는 국가생물자원정보센터가 설치되었다. 또한 2007년에는 국가생명자원 확보·관리 및 활용 마스터플랜을 마련하고 생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 기본법(안)을 마련하고 입법을 추진 중이다.¹²⁾

11) 1995년에는 5개이었으나 2007년 현재 36개로 확대되었다. 이중 33개가 광의의 생물계 소재은행이다.

12) 한편 정부는 국제적으로 이슈가 되고 있는 윤리문제나, 유전자 변형생물체의 문제 등에 대처하기 위해 2005년에 생명윤리 안전에 관한 법률, 인체조직의 안전 및 관리 등에 관한 법률, 유전자 변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률 등을 각각 제정한 바 있다.

국가 생명자원 확보·관리 및 활용 마스터플랜을 보면 한국 정부는 생명자원을 무궁한 가치를 가진 미래자원으로 인식하고 있다는 점이 보여진다. 특히 한국이 세계 10위권의 생명자원 보유국임에도 불구하고, 선진국과는 자원의 보전과 관리에 큰 격차¹³⁾를 보이고 있다는 점을 지적한다. 따라서 지속가능한 바이오경제의 기반을 구축하는 한편, 2016년 세계 7위권의 생명자원 보유국으로 도약하기 위한 4대 전략을 추진할 것을 밝힌다. 첫째 미래 고부가가치 생명자원의 확보, 둘째 생명자원 종합 및 연계시스템 강화, 셋째 생명자원의 산업화 활용체계의 강화, 넷째 정책 및 법·제도의 정비가 그것이다.

만약 전술한 법률(안)이 제정될 경우 배양은행과 관련한 기본적인 근거법은 마련된다. 그러나 정책의 세부내용들은 아직은 선언적인 수준에 그치고 있고, 관련예산도 상징적인 수준에 그치고 있다. 그럼에도 체계적인 국가정책을 염두에 두고 있다는 점은 높이 평가될 수 있을 것이다.

VI. 결 어

1. 연구의 의의와 과제

새로운 생물자원은 미래 바이오산업의 소재로서 그 중요성이 인식되고 있고 최근 국가 주도로 보다 체계적으로 관리하려는 움직임을 보이고 있다. 그러나 국내의 연구현장에서는 생물자원은 여전히 연구자가 알아서 챙겨야 하는 연구활동의 부속물로 간주되고 있다. 그러기에 생물자원과 관련된 체계적이고 종합적인 연구는 찾아보기 어렵고, 정책적인 필요성을 제기하거나 정책적인 필요성을 충족시키기 위한 단편적인 조사연구만 있었던 것이다. 그러한 점에서 본 논문은 생물자원 문제를 종합적으로 거론한 최초의 논문이라는 의의가 있다.

본 논문은 생물자원의 속성과 새로운 국가자원으로서의 위상에 대해 지적하였다. 나아가 이들 자원을 관리하는 생물자원센터의 역사와 국제기구의 동향을 언급하였다. 또한 생물자원과 관련된 최근의 이슈와 주요국의 정책 역시 살펴보았다. 이 분야에 대한 선행 연구가 없는 관계로 관련된 주요 사항을 모두 지적할 수밖에 없었다. 이는 추가로 분석해야할 세

13) 종자의 경우 15만점으로 미국의 1/3, 중국의 1/2.5, 일본의 1/1.8 수준이며 미생물은 미국의 1/4, 생명정보는 미국의 1/97로 더욱 더 큰 격차가 존재한다(과학기술부, 2007).

부 과제가 그만큼 많다는 것을 의미한다할 것이다.

새로운 생물자원의 국가간 이전 확대에 따른 지적재산권과 안전문제는 추가 연구과제이다. 또한 인간의 조직이나 세포의 상업적 활용확대에 따른 윤리적인 문제도 관심을 두어야 할 영역이다. 이 밖에도 개인 연구실 단위로 운영되는 자원관리를 국가 전체로 확대시켜 보다 효율적으로 운용할 수 있는 구체적인 대안 제시 등도 정책적으로 필요한 주제일 것이다. 나아가 현재 입법 추진 중인 기본법(안)을 포함하여 현존 법제도를 분석하는 것도 중요한 연구주제일 것이다.

2. 정책 제언

생물자원 관련 정책은 크게 네 방향으로 전개될 필요가 있다. 첫째는 생물자원은 개별 연구자들의 차원이 아니라 국가 차원에서 관리되어야 할 국가 자원이라는 점이다. 국가자원은 당연히 국가 차원에서 관리되어야 한다.

두 번째로는 범부처적인 생물자원정책이 필요하다는 점이다. 생물자원은 과거 과학기술부, 농림수산부, 보건복지부, 해양수산부 등 각 부처에서 개별 법령 및 제도에 의해 운영되어 왔다. 이런 이유로 유용한 생물자원이 어디에 얼마나 있는지 정확하게 파악되지 못하고 있다. 2007년 작성된 종합관리를 위한 마스터플랜에는 신설된 교육과학기술부가 전체를 관장하게 되어 있지만, 부처 이기주의가 심한 과거 전통을 미루어 볼 때 실행여부가 의심된다. 따라서 중앙부처의 소관별 사업별 중복을 방지하고 예산운영의 효율화를 위한 조정 노력이 필요할 것이다.

세 번째는 관리되는 생물자원의 종류를 확대시키고 이를 관리하는 생물자원센터를 확대시킬 필요가 있다는 점이다. 생물자원은 동물, 식물, 미생물, 인체유래 자원 등으로 범위가 넓고 이들 각각도 대단히 다양하게 구분된다. 그런데 국내의 자원은행들은 다루는 범위가 좁고 규모도 작으며 관리인력도 극히 제한적이다.¹⁴⁾ 그러기에 대외 연계는 관리책임자의 역량에만 의존할 수밖에 없다. 각 은행들의 범위와 규모를 확대시켜 진정한 의미에서 특정 분야를 대표하는 국가 자원센터가 되어야 할 것이다.

네 번째는 국가적인 관리체계의 구축이다. 현재의 정책방향은 중앙센터, 분야별 거점센터, 수집은행이라는 3단계 형태를 갖추고 있지만(과학기술부 기초연구국, 2007), 중앙센터의

14) 인간조직의 경우 인간의 질병만큼이나 많은 종류가 수집되어야 하고, 각각은 연구에 충분히 사용될 정도로 다양한 샘플을 갖추어야 한다. 그러기에 여러 센터가 존재할 수밖에 없으나, 작은 유사분야는 동시에 관리되도록 각 센터의 기본단위가 어느 정도는 커야 할 것이다.

기능이 모호하고 분야별 거점센터도 너무 광범위하다. 따라서 중앙센터는 정보의 수집, 확산, 표준화 등과 같은 역할을 수행하고 3개의 분야별 거점센터¹⁵⁾는 숫자를 늘려 보다 특성화하고 해당분야를 체계적으로 관리하는 역할을 가질 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- 과학기술부 (2007), 「국가 생명자원 확보·관리 및 활용 마스터플랜(안)」 .
- 과학기술부 기초연구국 (2007), 「국가지정연구소재은행 개선방안」 , 6.19.
- 박정민 · 설성수 · 지현수 · 조순로 (2007), 「국가 R&D 인프라 구축강화를 위한 사전조사 - 연구소재/자원」 , 한국과학재단.
- 이연희 (2005), 「국가 연구 소재의 체계적인 활용 체계 구축 방안 연구」 .
- 임종현 (2001), “國富로서의 생물자원” , 「나라경제」 , 서울: KDI 경제정보센터, 12: 68-70.
- 장수익 (2007), “국가 생명자원 현황 및 발전방향” , 세계 연구소재 현황 국제 심포지움 발표자료집, 87-100.
- 최승환 (2007), “바이오 안정성의정서의 주요 내용과 의미” , 한국생명공학연구원, 「BIOSAFETY」 , 8(4): 4-17.
- 최홍근 외 13명 (2007), 「국가 생명자원 현황 실태조사」 , 생명공학정책연구센터, 실태조사 Working group.
- 한국과학재단 (2007), 「국가지정연구소재은행 소개자료」 .
- 日本 科學技術廳 (1961), 「日本の資源問題」 , 資源調査會編, 上券.
- American Society of Agronomy (1998), *Intellectual Property Rights III Global Genetic Resources: Access and Property Rights*, CSSA miscellaneous publication.
- ATCC (2007), "Who we are", <http://www.atcc.org> (30 September 2007).
- Billon, P. Le (ed) (2005), *The Geopolitics of Resource Wars*, New York: Frank Cass.
- CABRI (2007), "CABRI home page", <http://www.cabri.org> (1 October 2007).
- Canhos, V. P. (1990), "The Impact of Computers on Culture Collections", *100 Years of Culture Collections*, 20-29.

15) 3개의 거점은행은 식물거점은행, 미생물거점은행, 인체유래거점은행이다.

- Commonwealth Secretariat (1993), *Biological Diversity and Genetic Resources*.
- Daniel, H. -M., U. Himmerreich and T. Dedeurwaerdere (2006), "Integrating Different Windows on Reality: Socio-economic and Institutional Challenges for Culture Collections", *International Social Science Journal*, 58(188): 369-380.
- EBRCN (2007), *Convention on Biological Diversity (CBD)*, World Federation of Culture Collections Publications, WFCC website.
- ECCO (2007), "ECCO home page", <http://www.eccosite.org> (1 October 2007).
- Frankham, R., J. D. Ballou, and D. A. Briscoe (2002), *Introduction to Conservation Genetics*, Cambridge University Press.
- Garforth, K. (2007), "A New Regime on Access to Genetic Resources and Benefit-sharing?", *CISDL Legal Brief*, Centre for International Sustainable Development Law. <http://www.iucn.org/themes/pbia/themes/trade/training/Access%20to%20GenRes%20and%20BenSharing.pdf> (2 October 2007).
- Klare, M. T. (2002), *Resource Wars: The New Landscape of Global Conflict*, New York: Henry Holt and Company.
- Komagata, K. (2005), "Milestone in Japanese Culture Collections", World Federation of Culture Collections, *Newsletter*, 40: 9-20.
- Lesser, W. (1998), *Sustainable Use of Genetic Resources under the Convention on Biological Diversity: Exploring Access and Benefit Sharing Issues*, Cabi Publishing.
- Mas-Castella, J. (2004), "Opportunities for Microbiologists in an Emerging Industry", *International Microbiology*, 7: 1-2.
- Meadows, D., et al. (1972), *The Limits to Growth*, New York: Universe Books.
- Meadows, D., J. Randers and Dennis Meadows (2004), *The Limits to Growth: The 30 year Global Update*, White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing.
- MOSAICC (2007), MOSAICC Brochure, <http://www.belspo.be/bccm/mosaic>, (2 October 2007).
- Neher, P. (1990), *Natural Resource Economics: Conservation and Exploitation*, Cambridge University Press.
- OECD (2001), *Biological Resource Centres: Underpinning the Future of Life Sciences and Biotechnology*.

- OECD (2007), *OECD Best Practice Guidelines for Biological Resource Centres*.
- Perrone, J. and J. Soriano (2005), "Material Transfer Agreements Serve a Critical Function", American Society for Microbiology, *Newsletter*, 71(9): 393.
- President's Council on Bioethics (2008), "Appendix: "Organs" and "Tissue" in the Therapeutic Transplantation Context", http://www.bioethics.gov/background/organs_and_tissue_appendix.html (March 30, 2008).
- Randall, A. (1981), *Resource Economics*, Columbus: Grid Publishing.
- Simon, J. (1996), *Ultimate Resource*, Princeton University Press.
- Smith, D. (2003), "Culture Collection over the World," *International Microbiology*, 6: 95-100.
- Smith, D. (2007), "Report on World Federation for Culture Collections Activities", World Federation of Culture Collections, *Newsletter*, 43: 2-3.
- Smith, D., C. Rohde and B. Holmes (1999), "Handling and Distribution of Micro-organisms and the Law", *Microbiology Today*, 26: 14-16.
- Stern, S. (2004), *Biological Resource Centers: Knowledge Hubs for the Life Sciences*, Brookings Institution Press.
- Sweeney, J. L. (1993), "Economic theory of depletable resources: An introduction," in A. V. Kneese & J. L. Sweeney (eds.), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, Elsevier, 1st edition, 3(17): 759-854.
- Tietenberg, T. (2006), *Environmental and Natural Resource Economics*, 7th edition, Boston: Pearson/Addison Wesley.
- USPTO (2007), "Budapest Treaty", <http://www.uspto.gov> (5 October 2007).
- WFCC (1990), *100 Years of Culture Collections*.
- WFCC (1999), *World Federation for Culture Collections Guidelines for the Establishment and Operation of Collection of Cultures of Microorganisms*, 2nd edition.
- WHO (2007), "Guidance on Regulations for the Transport of Infectious substances", http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/WHO_CDS_EPR_2007_2.pdf (10 October 2007).
- WIPO (2007), "Paris Convention for the Protection of Industrial Property", http://www.wipo.int/treaties/en/ip/paris/trtdocs_wo020.html (10 October 2007).

조순로

서울대학교 농업교육과를 졸업하고, 동대학교에서 교육학석사학위를 취득하였다. 현재 한국과학재단에 혁신기획단장으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 국가 R&D 관리 정책, 과학기술 혁신경영, 생명자원 관리 정책 등이다.

설성수

고려대학교에서 “정보기술혁신의 경제성 분석” 으로 박사학위를 취득하고 현재 한남대학교 경제학과 교수로 근무 중이다. 한국기술혁신학회 회장을 역임했고, 주요 연구 분야는 기술혁신, 가치평가, 지식 활동분류 등이다.

박정민

이화여자대학교 생물학과를 졸업하고, 한남대학교에서 2005년 2월 경제학박사학위를 취득하였다. 현재 한국기초과학지원연구원 정책연구부 선임연구원으로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 바이오 기술혁신, 가치평가, 연구장비정책 등이다.