

나고야의정서 하에서 생물유전자원 이용의 최적계약 연구[†]

박호정* · 정병관**

요약 : 나고야의정서 또는 ABS의 목적은 생물유전자원의 이용에 따르는 대가를 실현시킴으로써 생물다양성을 유지하는데 있으나 아직까지 구체적으로 실현된 사례가 드물다. 이는 이익공유 방식을 둘러싼 논란과 생물유전자원 보유국과 이용국 또는 이용기업간의 정보 비대칭이 존재하기 때문이다. 본고에서는 주인-대리인 모형을 이용하여 정보 불확실성 하에서의 이익공유 방식을 분석하였다. 고정지출계약과 매출액 기준 로열티 방식 중 후자의 방식이 생물유전자원의 가치증대와 자원보전 측면에 우수한 인센티브 계약인 것으로 나타났다. 이는 향후 나고야의정서 하에서 로열티 중심으로 상호협정조건 가이드라인이 마련될 필요가 있음을 시사한다.

주제어 : 나고야의정서, 이익공유, 주인-대리인 모형, 최적계약

JEL 분류 : C70, Q20, Q57

접수일(2017년 1월 31일), 수정일(2017년 3월 19일), 게재확정일(2017년 3월 23일)

[†] 본 연구는 고려대학교 학술지원연구비에 의하여 수행되었다. 아울러 본 논문은 정부(환경부)의 재원으로 국립생물자원관의 지원을 받아 수행하였다(과제번호: NIBR201624201).

* 고려대학교 식품자원경제학과 교수, KU·KIST 그린스쿨 겸임교수, 주저자(e-mail: hjeongpark@korea.ac.kr)

** 고려대학교 식품자원경제학과 대학원, 교신저자(e-mail: milina1004@korea.ac.kr)

Optimal Contract under the Nagoya Protocol for the Benefit Sharing

Hojeong Park* and Byenggoan Jung**

ABSTRACT : The objective of the Nagoya Protocol is to enhance biodiversity by the mean of economic incentives but there has been yet consistent lack of realized contracts between genetic resource users and holders due to the asymmetric information among the parties. This paper presents a principle-agent model to provide optimal contracts under asymmetric information in order to achieve the sustainable biological resource. The model concludes the royalty contracts over the fixed lump-sum benefit transfer as profit sharing mechanism.

Keywords : Nagoya Protocol, Profit-sharing, Principal-agent, Optimal contract

Received: January 31, 2017. Revised: March 19, 2017. Accepted: March 23, 2017.

[†]This work was supported by Research Fund of Korea University and National Institute of Biological Resources financed by the Ministry of Environment(Project Number: NIBR201624201).

* Professor, Department of Food and Resource Economics, Korea University, Main author
(e-mail: hjeongpark@korea.ac.kr)

** Graduate Student, Department of Food and Resource Economics, Korea University, Corresponding author
(e-mail: milina1004@korea.ac.kr)

I. 서론

오늘날 신약, 화장품, 바이오기술, 식음료품 등의 개발에 있어서 빼놓을 수 없는 중요한 생산요소로 생물유전자원이 이용되면서 이의 무분별한 남용과 생물다양성의 훼손이 국제적인 환경문제로 대두되었다. Moran and Kanemoto (2017)는 주요국에서의 소비와 무역으로 인해 생물종이 처한 위협의 글로벌 지도(footprint)를 작성하였다. 미국에서의 소비로 인해 남아시아, 마다가스카르, 멕시코 남부, 중앙아시아, 아마존 삼림지대 등 전 세계에 걸쳐 광범위하게 생물종이 위협받고 있으며, 이와 유사하게 일본과 중국에서의 소비 역시 상대적으로 큰 규모로 글로벌 생물다양성을 위협하는 것으로 보고 있다.¹⁾ 이들의 연구는 생물유전자원의 이용 단계에서부터 적절한 인센티브를 통해 생물다양성을 보존하는 제도가 필요함을 시사한다.

2014년에 발효된 나고야의정서(Nagoya Protocol)의 기본 목적은 생물유전자원의 이용에 따르는 대가를 실현시킴으로써 생물유전자원의 파괴를 예방하고 생물다양성을 유지하는데 있다.²⁾ 국제협약인 생물다양성협약(CBD: Convention on Biological Diversity)에서 파생된 나고야의정서는 제도적인 수단으로 이른바 ABS (Access to Genetic Resources and Benefit Sharing) 가이드라인을 따르는데, 이에 의하면 생물유전자원 이용국과 제공국 사이에 생물유전자원 이용의 편익이 공유되어야 한다. 그리고 나고야의정서에 가입한 국가는 이른바 ABS원칙의 실현을 위해 관련법의 제정과 모니터링, 계약이행을 성실히 수행해야 하는 의무가 있다.

특히 생물다양성협약 제15조에서 규정한 바와 같이, 생물유전자원 이용자는 생물유전자원 제공국의 국내법 하에서 사전통보승인(PIC: Prior Informed Consent)과 상호합의조건(MAT: Mutually Agreed Terms)을 따라야 한다. 사전통보승인의 경우 생물유전자원 표본채취 등의 활동을 위한 사전허가를 의미하는데, 이를 어기고 생물유전자원을 채취하여 제품을 만들 경우 생물해적행위(biopiracy)로 간주될 수 있다. 그리고 상호합의조건은 생물유전자원 제공자와 이용자 간에 체결되는 계약으로서, 생물유전자원의

1) 생물다양성의 피해는 집중되는 경향이 있다. 예를 들어 미국소비에 의해 심각한 위협을 받는 내륙지역은 면적으로는 5%이지만 전체 생물종 손실의 23.6%가 집중되어 있다(Moran and Kanemoto, 2017).

2) 2014년 10월 한국 평창의 총회에서 발효된 나고야의정서는 최근까지 90여개 국가가 비준한 상태이며, 우리나라도 관련 법률을 제정 중에 있다.

이용 대가로 지불하게 되는 유무형의 편익이전과 같은 조항도 포함한다.

나고야의정서 발효 이전에도 이미 생물유전자원을 이용하기 위한 사전허가의 중요성은 충분히 인지되고 있는데, 후디아(Hoodia) 사례에서 대표적으로 발견할 수 있다. 후디아는 남아프리카의 자생 다육식물로서 토속부족인 샌 부족(San)이 식욕 억제제(appetite suppressant)로 전통적으로 사용해왔다. 남아공의 과학산업연구회(CSIR)는 생물탐사 과정에서 이 작물의 식용억제 효과가 시장에서 성공할 가능성이 있다고 판단하여 물질사용에 관한 특허를 1995년 획득하였지만, 이른 바 부쉬맨으로 알려져 있는 샌 부족의 전통지식을 인정하지 않았다. 이후 해당 특허권을 취득한 파이토팜(Phytopharm)이 후디아 성분을 이용한 식욕억제제를 시장에 판매하기 시작하자, 전통지식 보유자인 샌 부족의 사전 접근승인을 간과한 착취적 성격의 생물해적행위라는 비판이 제기되어, CSIR은 샌 부족을 후디아의 전통지식 보유자로 인정하기에 이른다. 2003년 8월에 샌 부족과 CSIR, 파이토팜 사이에 채택된 이익공유 협정에 따르면, 샌 부족은 파이토팜이 CSIR에 제공하는 로열티의 6%를 취득하게 된다. 이같은 사례에서 우리는 나고야의정서 하에서 요구되는 사전통보승인과 상호합의조건의 중요성을 엿볼 수 있다.

후디아 사례에서 보듯이 앞으로 나고야의정서 하에서는 생물유전자원 이용의 대가로 로열티와 같은 이익공유 사례가 증대할 것이다. 그러나 나고야의정서는 기본적으로 쌍무관계에서의 사적계약이기 때문에, 이익공유 방식과 관련하여 다양한 유형의 계약이 존재할 수 있다. 아직까지 뚜렷이 어느 기준으로 이익공유가 이루어져야 하는지에 관한 가이드라인이나, 국가간에 합의가 없이 사안에 따라 매출액 기준, 또는 고정금액 로열티 등이 혼재되어 있다. 브라질의 경우 의무준수 규정에서 허가받지 않은 경제적 이익행위 추구는 해당 제품의 판매로 인해 발생한 이익증명 금액의 20%에 해당하는 금액을 벌금으로 부과하거나, 해당 기술에 대한 라이선싱을 통해 얻은 이익의 20%를 벌금으로 부과하는 방식을 취하고 있다(허인, 2017). 베트남은 생물다양성 세부규정 및 시행안내에 관한 정부의정(65/2010/ND-CP)에서, 생물유전자원 접근으로부터 발생하는 이익은 협의를 통해 확정하거나 현금화되는 이익의 30% 이상이어야 한다고 규정하고 있다.³⁾

3) 그러나 30%라는 고율의 이익공유가 현실성이 없다는 측면에서 베트남 자원환경부는 이익의 금전적 배분을 1% 이상으로 하는 내용으로 2016년 11월에 개정초안을 마련하였다(허인, 2017). 아울러, 전형적 방식인 로열티 지급 외에 이행단계에 따른 마일스톤 지급이나 기금의 조성 등 패키지하는 방식도 고려해 볼 수 있다.

본 논문에서는 나고야의정서의 상호합의조건에서 규정할 이익공유 최적방식을 분석하고자 한다. 이익공유에 관한 설문조사를 실제 수행한 연구에 의하면 대부분의 유전자원 이용자들은 특별히 선호하는 이익공유 방식이 없으며 구체적인 기준의 가이드라인 역시 부족한 것으로 드러났다(장희선·박호정, 2012). 나고야의정서 제19조 제1항에 의하면, 상호합의조건에서 요구하는 표준계약 조항은 기본적으로 당사국간에 체결되어야 하는 쌍무적 규정인데, 이와 같은 특성으로 더더욱 이익공유 계약의 실현이 쉽지 않은 실정이다. 쌍무계약에서는 두 당사자간에 정보공유가 핵심인데, 생물유전자원 이용의 경우 이용자와 제공자 간에 정보격차가 현저히 존재할 수 있기 때문이다(Wynberg et al., 2009). 이러한 이슈는 상호합의조건에서 로열티 규모를 정할 때에 보다 첨예한 주제로 등장한다. 따라서 본 논문에서는 정보 불확실성 문제를 반영하여 나고야의정서 하에서의 최적계약 방식을 분석하도록 한다. 생물유전자원 이용기업은 자원의 활용도를 과소 평가해서 보고하거나, 제품에 대한 기여도를 숨길 가능성이 높으며, 이러한 정보 불확실성 문제는 나고야의정서의 추진력있는 실현에 장애요소로 자주 지목된다(Kate and Laird, 2000). 따라서 본고에서는 이익공유의 최적계약방식을 논하되 유전자원 보유국 관점에서의 정보 불확실성을 반영하고자 한다.

Gatti et al. (2010)은 생물종다양성을 둘러싼 협상문제를 내쉬의 게임모형으로 분석하였는데, 생물다양성협약이 생물종 보존에 효율적이지만 불공정한 게임일 수 있음을 지적하였다. 이들에 의하면, 공정한 게임이 되기 위해서는 생물유전자원 보유국가와 생물유전자원 이용국가가 각 기여도에 비례하여 이익이 분배되어야 한다. 그러나, 복잡한 R&D 과정을 거치는 생물유전자원 이용기술의 특성 상 각 국가의 기여도를 공정하게 평가하기 힘들기 때문에 불공정 배분의 문제가 발생할 수 있다.

Gatti et al. (2010)은 이러한 불공정을 시정하기 위해서 생물유전자원 보유국가가 이른 바 ‘전략적 파괴(strategic destruction)’를 협상과정에서 구사할 수 있다고 본다. 즉, 생물유전자원 보유국가가 의도적으로 보유 생물유전자원의 일부를 파괴함으로써 생물유전자원 가치를 높이는 행위를 말한다. 이와 같은 전략적 파괴행위는 게임적 상황에서 이론적으로 충분히 가능하지만, 현실적으로 뒷받침될만한 사례는 수집하기 힘들다. 카메룬이나 에콰도르와 같은 일부 사례가 Gatti et al. (2010)에서 소개되긴 하지만, 일부 지역이나 국가에 국한된 지엽적인 사례일 뿐 전략적 파괴가 실제 광범위하게 적용되는 사례

는 찾기 힘들다.

전략적 파괴의 실제 사례가 드문 이유는 우선, 반드시 생물유전자원 보유국가의 이득을 높인다는 보장이 없기 때문이다. 그리고 무엇보다도 전략적 파괴는 생물유전자원 보유국가 자신에게도 장기적 관점에서 이득이 되지 않을 수 있다. 따라서 현실적으로는 전략적 파괴와 같은 자기파괴적 전략보다는 생물유전자원 보유국가가 생물유전자원 이용국가와의 협상과정에서 생물유전자원의 이용가치 정보를 최대한 확보할 수 있는 방법으로 이끌고 가는 것이 합리적일 수 있다. Sarr and Swanson (2009)은 R&D의 복잡한 프로세스 때문에 생물유전자원의 정확한 기여도를 평가하는 것이 어렵거나, 또는 가능할 지라도 생물유전자원 이용자만 알 수 있는 정보이기 때문에 생물유전자원 보유국가와 이용국가 간의 협상이 원만치 않다고 지적한다. 따라서 본 논문에서는 생물유전자원 제공국과 이용자 간의 정보비대칭 문제를 고려하기 위하여 주인-대리인 모형 (principal-agent model)을 도입하도록 한다. 생물유전자원 이용자와 보유국의 복수의 행위가 있기 때문에, Baker (1992)와 유사하게 복수기능의 주인-대리인 모형을 도입하도록 한다. 계약방식으로 이익공유 금액이 고정된 고정지출계약과 매출액 규모에 연동된 로열티 계약을 고려한다. 물론 이때 최적계약의 핵심은 나고야의정서의 기본 목적에 부합하게, 생물유전자원의 이익공유가 이루어지는 동시에 생물유전자원을 효과적으로 보전하는데 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 주인-대리인 모형을 나고야의정서의 최적계약에 적합한 구조로 제시한 후, 이익공유 방식을 논하도록 한다. 요약과 시사하는 바는 3장에서 다룬다.

II. 분석모형

생물유전자원(이하 특별한 설명이 필요하지 않을 경우에는 ‘자원’ 보유국을 주인 (principal), 자원 이용기업을 행위자로서 대리인(agent)으로 구분한다. Mulholland and Wilman (2003)는 제약기업을 주인, 유전자원 보유국을 대리인으로 설정하였는데, 이는 제약기업이 유전자원접근 및 이용을 위하여 유전자원 제공국의 정보와 유전자원 보유량 및 관련 제도들을 이용한다는 관점을 취하기 때문이다. 또한 상기 논문은 ABS 규범

이나 나고야의정서의 발효 이전으로서 생물유전자원의 배타적 소유권 개념이 국제적으로 성립하기 전으로서, PIC과 MAT가 요구되는 나고야의정서 하에서는 자원 보유국이 계약관계에 있어서 자원 이용국보다 우위를 점한다는 점에서 자원 보유국을 주인, 그리고 자원 이용국이나 이용기업을 대리인으로 구분하는 방식이 보다 적합할 것이다.

유전자원탐사(bioprospecting)는 유전자원의 탐사, 발굴에 이어 이를 상업화하는 단계까지 포함하는 상당히 광의의 개념이다. 본 논문에서는 전자의 유전자원 탐사 및 발굴에 해당되는 행위와 상업화하는 개념을 구분하여 이를 각기 m 과 a 로 표기한다. 즉, m 은 유전자원을 발굴하고 필요한 내용물을 추출하는 발견탐사행위(discovery and exploitation)까지를 의미하며, a 는 이러한 유전자원을 상업적으로 제품화하기 위한 R&D 단계에서부터 마케팅에 이르기까지의 노력(effort)을 의미한다. 기업이 수행하는 생물탐사·추출 행위인 m 과 제품화 노력 a 는 현장에서 이루어지기 때문에 유전자원 보유국이 관찰 가능한 행위라고 가정한다.

한편, 유전자원 보유국가 차원에서도 생물종 다양성을 보존하는 노력을 나뉠 기울이기 때문에 이러한 보전투자 노력을 u 로 표시한다.⁴⁾ 보전투자의 비용은 $D(u)$ 로서, $D_u > 0, D_{uu} > 0$ 의 볼록성을 만족한다. 생물종의 동태적 변화를 표현하기 위하여 시간을 계약개시 시기 t_0 와 계약종료 시기 t_1 으로 구분하도록 한다. 즉, 유전자원 이용기업과 보유국은 t_0 시점에 PIC과 MAT에 의한 쌍무간 계약관계에 의해 생물자원을 이용하게 되며, t_1 의 계약 종료 시점에서는 해당 생물자원의 스톡(stock)을 재평가한다. 생물종 스톡이 t_0 에 s_0 로 주어질 때, t_1 에서의 생물종 스톡은 아래의 동태적 전이방정식(dynamic transition equation)에 의해 결정된다.

$$s_1 = s_0 - z(m, u) \quad (1)$$

$z(m, u)$ 는 생물탐사·추출 행위(m)와 보존노력(u)에 의해 생물종 스톡의 규모가 증감하는 정도를 나타내는데, 탐사·추출 행위가 증가하며 감소규모가 증대하며 보존노력

4) 본 연구에서는 생물다양성 지표가 존재한다고 가정한다. Weitzman (1998)은 도서관의 문헌분류 방식을 빌려 생물종의 다양성 정도를 계층화한 후, 보존노력과 보존비용을 비교평가하는 방식을 제시하였지만, 이를 정량적으로 수행하는 것은 쉽지 않은 과제일 것이다.

이 증가하면 감소규모가 줄어든다고 볼 수 있다. 따라서 $z(m, u)$ 는 m 에 대해 증가, u 에 대해 감소하는 관계를 갖는다: $z_m > 0, z_{mm} > 0, z_u < 0, z_{uu} > 0$. 생물탐사·추출이 이루어진 후 기업은 a 의 노력을 투입하여 계약기간 동안 해당 제품을 생산하여 Holmstrom and Milgrom (1991)과 유사하게 아래의 기대수입(expected revenue)을 거두게 된다.

$$E_\epsilon\{R(a, m; u, s_0) + \epsilon\} \quad (2)$$

식 (2)의 수입함수 $R(a, m; u, s_0)$ 는 제품화노력, 생물탐사·추출행위, 보유국의 보전노력과 초기 생물종 스톡 s_0 에 대해서는 (+)의 관계를 갖는다. 유전자원을 이용하여 제품개발을 하는 기업은 그 특성 상 벤처투자자로서 위험회피형 보다는 위험중립형에 가깝다고 볼 수 있기에 본고에서는 유전자원 이용기업을 식 (2)에서 보는 바와 같이 위험중립(risk-neutral)하다고 가정한다.⁵⁾ ϵ 은 시장의 외부적인 충격으로서 여기서 충격은 $E(\epsilon) = 0, Var(\epsilon) = \sigma_\epsilon^2$ 을 따른다고 가정한다. 수입함수의 오목성 성질을 만족하도록 $R_a > 0, R_{aa} < 0, R_m > 0, R_{mm} < 0$ 가 성립한다. 아울러 일반적으로 $R_u > 0, R_{s_0} > 0$ 역시 만족하는 것으로 가정한다.

다음, 기업의 비용함수는 $C(a, m)$ 으로 정의하며, 볼록성을 위해 $C_a > 0, C_{aa} > 0, C_m > 0, C_{mm} > 0$ 을 만족하는 것으로 가정한다. 아울러 a 와 m 간에 보완관계가 존재하기 때문에 $C_{am} > 0$ 를 만족한다.

자원 보유국의 이득함수는 $V(s_0 - z(m, u)) + \gamma$ 로서, $E(\gamma) = 0, Var(\gamma) = \sigma_\gamma^2$ 이며 $V(\cdot)$ 는 오목함수 성질을 만족한다. 자원 보유국은 위험회피 또는 위험중립일 수 있는데, 우선 논의의 편의 상 위험중립에서 출발한 후 이를 완화하여 위험회피형인 경우를 살펴 보도록 한다. 그리고 우선 이용기업의 이득과 자원 보유국의 이득을 동시에 반영한 사회적 최적화(first-best) 문제를 살펴본 후, 주인-대리인 모형으로 확장하도록 한다. 사회적 최적화 문제는 아래의 목적함수와 같이 표현된다.

5) 위험회피적인 대리인이라면 효용함수 $W(\cdot)$ 에 대해 $E_\epsilon[W(R(a, m; u, s_0) + \epsilon)]$ 로 전개해야 하지만, 본고에서는 위험중립의 식 (2)를 가정하도록 한다.

$$\max_{a,m,u} E_{\epsilon} [R(a,m;u,s_0) + \epsilon] + \delta E_{\gamma} [V(s_0 - z(m,u)) + \gamma] - C(a,m) - D(u)$$

자원 보유국의 이득은 t_1 기간에 평가되는 생물종 스톡에 영향을 받기 때문에 할인인자 δ 로 현재가치화해 주었다. 사회적 최적화 문제는 자원 보유국과 기업이 공통의 관심사를 갖고 위 목적함수에서 최적 제품화 노력(a^*), 최적 발견탐사행위(m^*), 그리고 최적 보존노력(u^*)을 구하는 환경을 가정한 것으로서, 이에 대한 1계 조건을 구한 결과는 다음과 같다.

$$a^*: R_a - C_a = 0 \tag{3}$$

$$m^*: R_m - C_m - \delta V' z_m = 0 \tag{4}$$

$$u^*: R_u - D_u - \delta V' z_u = 0 \tag{5}$$

위 식 (3)에서 (5)까지의 결과를 아래에서 이익공유 계약에서의 조건과 비교함으로써 고정지출계약과 로열티 계약 중 어느 방식이 바람직한지를 논할 것이다.

1. 고정지출 계약

이익공유를 위한 고정금액이 일회적으로 제공되는 고정지출계약이 상호합의 조건에 의해 이루어지는 경우를 고려해보자. 금전적 편익이나 기타 인적, 물적 자원의 유무형 이전편익 등이 해당된다. 보유국에 이전(transfer)되는 규모가 T 라고 한다면 기업의 이득함수는 아래와 같다.

$$E_{\epsilon} [R(a,m;u,s_0) + \epsilon] - C(a,m) - T \tag{6}$$

식 (6)의 목적함수에서 구한 각 a 와 m 에 대한 1계 조건 결과는 다음과 같다.

$$a^f : R_a - C_a = 0 \tag{7}$$

$$m^f : R_m - C_m = 0 \tag{8}$$

고정지출(fixed payment)이라는 의미에서 상첨자 f 를 이용하였다. 앞의 식 (3), (4)와 비교해보면 $a^f = a^*$ 이지만, $R(\cdot) - C(\cdot)$ 의 오목성 조건에 의해 $m^f > m^*$ 인 것을 알 수 있다. 즉, 기업의 생물탐사·추출행위가 고정지출계약에서는 과도하게 이루어질 수 있다.

자원 보유국의 목적함수는 고정으로 받는 수입 T 와 생물종 스톡의 기대가치에서 보전비용을 제한 것으로 정의되는데, 이를 표현하면 식 (9)와 같다.

$$T - D(u) + \delta E_\gamma [V(s_0 - z(m, u)) + \gamma] \tag{9}$$

주인-대리인 모형에서 주인에 해당하는 자원 보유국은 위 목적함수를 극대화하되 대리인인 기업의 아래 제약식을 고려하여야 한다. 제약식은 아래에서 보는 것처럼 인센티브 정합(incentive compatibility) 조건인 식 (10), (11)과 참여제약식(participation constraint)인 (12)로 구성된다.

$$a^f = \operatorname{argmax} \{ E_\epsilon [R(a, m; u, s_0) + \epsilon] - C(a, m) - T \} \tag{10}$$

$$m^f = \operatorname{argmax} \{ E_\epsilon [R(a, m; u, s_0) + \epsilon] - C(a, m) - T \} \tag{11}$$

$$E_\epsilon [R(a^f, m^f; u, s_0) + \epsilon] - C(a^f, m^f) - T \geq w_0 \tag{12}$$

식 (12)에서 w_0 는 기업이 이익공유 계약에 참여하기 위해 보장되는 최소한의 효용(reservation utility)으로서, 유전자원탐사와 이의 상업화를 위한 노력을 이끌어내기 위해서 필요하다. 주인-대리인 모형에서처럼 보유기업이 참여 제약식을 구속적으로 행사할 수 있다면, 식 (12)를 T 에 대해 재정리한 후 목적함수식 (9)에 삽입하여 아래의 식 (13)을 얻게 된다.

$$\max_u E_\epsilon [R(a^f, m^f; u, s_0) + \epsilon] - C(a^f, m^f) - w_0 - D(u) + \delta E_\gamma [V(s_0 - z(m, u)) + \gamma] \quad (13)$$

식 (13)을 극대화하기 위한 1계 조건에서 $R_u - D_u - \delta V' z_u - \delta V'' z_m (\partial m^f / \partial u) = 0$ 인 것을 알 수 있다. 이어서 음함수정리(Implicit function theorem)를 이용하면 식 (8)의 $R_m - C_m = 0$ 에서 $\partial m^f / \partial u = R_{mu} / (C_{mm} - R_{mm})$ 이므로 위의 1계 조건식은 아래와 같이 재정리된다.

$$R_u - D_u - \delta V' z_u - \delta V'' z_m \frac{R_{mu}}{C_{mm} - R_{mm}} = 0 \quad (14)$$

앞에서 m^f 와 m^* 의 관계를 얻은 것처럼 u^f 와 u^* 를 비교해야 하지만, 식 (14)를 만족하는 u 를 직접 구할 수 없는 관계로 직접적인 비교가 가능하지 않다. 따라서 식 (5)를 만족하는 u^* 와 식 (14)를 만족하는 u^f 간에 큰 차이가 없는 것으로 가정하고 1계 조건식 (5)를 u^f 에서 평가하기 위해 테일러 전개(Taylor series)를 취한다.

$$R_u(u^*) - D_u(u^*) - \delta V' z_u(u^*) \approx R_u(u^f) - D_u(u^f) - \delta V' z_u(u^f) + \left[\frac{\partial (R_u - D_u - \delta V' z_u)}{\partial u} \right]_{u^f} (u^* - u^f) \quad (15)$$

위 식을 $u^* - u^f$ 에 대해 재정리하여 아래와 같이 표현한다.

$$u^* - u^f \approx -\delta V' z_m \left[\frac{R_{mu}}{C_{mm} - R_{mm}} \right]_{u^f} [R_{uu} - D_{uu} - \delta V' z_{uu} - \delta V'' z_u^2]_{u^f}^{-1} \quad (16)$$

수입함수의 오목성과 비용함수의 볼록성 조건이 충족되기 때문에, (16) 우변의 첫 괄호안의 항이 (+)이며, 두 번째 괄호안의 항의 함은 (-)이므로 $u^* > u^f$ 의 관계가 성립하는 것을 알 수 있다. 즉, 유전자원 보유국가의 보존노력이 First-best 때보다 고정지출 계

약 때에 과소하게 투입됨을 의미한다. 이상의 결과를 정리하면 다음과 같다.

정리 1: 고정지출 계약 하에서 기업의 생물탐사 추출행위는 파레토 조건에서보다 과도하게 이루어지며, 유전자원 보유국의 보존노력은 과소하게 이루어진다.

2. 로열티 계약

이어서 상호합의 조건에 의한 로열티 계약부터 살펴보도록 하되 우선 앞에서와 마찬가지로 유전자원 보유국이 위험중립형인 경우를 고려한다. r 은 유전자원 이용기업이 보유국가에 지불해야 하는 로열티 지불률로서 매출액에 적용된다. 유전자원 이용기업은 로열티 지불을 제외한 수입을 차지하게 된다. 로열티 계약에서 고정비용 T 는 반드시 필요하지는 않지만, 모형의 일반화를 위해서 T 는 비록 근소한 값일지라도 양의 값을 갖는 것으로 가정하였다 ($T > \epsilon$). 따라서 목적함수는 다음과 같이 표현된다.

$$(1-r)E_{\epsilon}[R(a,m;u,s_0) + \epsilon] - C(a,m) - T \quad (17)$$

위 식에 해당되는 1계 최적화 조건은 아래와 같다.

$$a^r : (1-r)R_a - C_a = 0 \quad (18)$$

$$m^r : (1-r)R_m - C_m = 0 \quad (19)$$

유전자원 보유국가는 최적 로열티 지불률 r 과 보존노력 u 를 결정하기 위해 아래의 목적함수를 고려한다.

$$rE_{\epsilon}[R(a,m;u,s_0) + \epsilon] - D(u) + T + \delta E_{\gamma}[V(s_0 - z(m,u)) + \gamma] \quad (20)$$

앞서와 마찬가지로 유전자원 이용기업에 대한 인센티브 정합조건과 참여계약조건이

부과되는데, 참여제약식이 구속되어 적용되기 때문에 목적함수식 (20)은 아래처럼 재정리된다.

$$E_{\epsilon}[R(a, m; u, s_0) + \epsilon] - D(u) - C(a, m) - w_0 + \delta E_{\gamma}[V(s_0 - z(m, u)) + \gamma] \quad (21)$$

자원 보유국이 로열티 수준을 정하면 이에 의해 기업의 제품개발 노력인 a 와 m 이 영향을 받는다는 점을 염두에 두고 r 에 대한 1계조건을 구하면 다음과 같다.

$$(R_a - C_a) \frac{\partial a^r}{\partial r} + (R_m - C_m - \delta V' z_m) \frac{\partial m^r}{\partial r} = 0 \quad (22)$$

식 (18)과 (19)에서 $R_a - C_a = rR_a$, $R_m - C_m = rR_m$ 이므로 이를 식 (22)에 대입하여 정리하면 보유국가 관점에서 최적의 로열티 비율을 구할 수 있다.

$$r = \delta V' z_m \frac{\partial m^r}{\partial r} \left[R_a \frac{\partial a^r}{\partial r} + R_m \frac{\partial m^r}{\partial r} \right]^{-1} > 0 \quad (23)$$

유전자원 보유국가의 생물종다양성을 위한 최적보전 노력 u 의 1계조건식은 다음 식 (24)와 같다.

$$(R_a - C_a) \frac{\partial a^r}{\partial u} + (R_m - C_m - \delta V' z_m) \frac{\partial m^s}{\partial u} - D_u + R_u - \delta V' z_u = 0 \quad (24)$$

식 (22)를 만족하기 위해서는 $R_a - C_a = 0$, $R_m - C_m - \delta V' z_m = 0$ 이어야 하므로, 식 (24)를 단순화하면 즉,

$$R_u - D_u - \delta V' z_u = 0 \quad (25)$$

와 같다. 위 결과를 정리하면, 최적보전 노력 u 에 대한 식 (25)는 First-best에서의 식 (5)와 동일하며, a 와 m 을 구하기 위한 식 (22)의 결과는 First-best의 식 (3)과 식 (4)와 동일한 것을 알 수 있다. 즉, 로열티 계약에서는 파레토 최적의 조건을 달성하게 된다.

정리 2: 기업의 매출액 일부를 r 의 로열티 지불률에 의해 자원 보유국에 지급하는 로열티 계약 하에서는 생물탐사 추출 노력, 제품화노력, 자원보전 노력이 파레토 조건에서의 수준과 같다.

상기 정리1과 정리2가 의미하는 바는, 매출액 기준의 로열티 지불방식이 고정금액 이익공유 방식보다는 생물유전자원의 보존 및 이익 창출 측면에서 장기적으로 바람직하다는 것이다. 나고야의정서나 ABS 가이드라인 관련하여 실제 기업체나 관계 기관을 대상으로 한 설문연구에서 상당수 실무 당사자들이 어떤 기준으로 이익공유를 실현할지 기준을 세우지 못하는 것을 관찰할 수 있다(장희선·박호정, 2012). 따라서 국제적으로 통용될 수 있는 구체적인 가이드라인이 부재한 가운데 쌍무적 계약방식에 의해 이익공유가 이루어지기 때문에, 향후 매출액 기준 로열티 방식 중심으로 보다 합의를 기초로 한 이익공유 메커니즘이 조성될 필요가 있다.

최근 ‘유전자원의 접근·이용 및 이익공유에 관한 법률’(안)의 공포와 더불어 국내의 유전자원의 주권강화 노력이 구체화되고 있는 가운데, 이와 더불어 이익공유 방식에 관한 가이드라인의 마련이나 관련 기관에서의 정보 제공 등이 이루어질 때 계약불확실성 관련 이슈가 상당히 해소될 수 있을 것이다. 그럼에도 불구하고 자원 보유국 입장에서는 계약 종료 후 효용의 불확실성 문제는 여전히 상존하기 때문에 위험회피적 관점에서 살펴볼 필요가 있다. 만일 자원 보유국이 위험회피적이라면 $U(\cdot)$ 의 효용함수에 대해 $R(a, m; u, s_0) - C(a, m) - w_0 - D(u) + \delta E_\gamma [U(V(s_0 - z(m, u) + \gamma))]$ 을 극대화하는 1계 조건을 구해야 한다.

$$a^{**}: R_a - C_a = 0 \tag{26}$$

$$m^{**}: R_m - C_m - \delta E_\gamma [\partial U / \partial V] V' z_m = 0 \tag{27}$$

$$u^{**}: R_u - D_u - \delta E_\gamma [\partial U / \partial V] V' z_u = 0 \quad (28)$$

앞의 절차와 유사하게 식 (26)~(28)의 First-best 결과를 주인-대리인 모형에서의 로열티 계약 1계 조건과 비교한다. 자원 보유국 입장에서 r 의 1계조건을 구하면 다음과 같다.

$$(R_a - C_a) \frac{\partial a^r}{\partial r} + (R_m - C_m - \delta E_\gamma [\partial U / \partial V] V' z_m) \frac{\partial m^r}{\partial r} = 0 \quad (29)$$

$$(R_a - C_a) \frac{\partial a^r}{\partial u} + (R_m - C_m - \delta E_\gamma [\partial U / \partial V] V' z_m) \frac{\partial m^s}{\partial u} - D_u + R_u - \delta E_\gamma [\partial U / \partial V] V' z_u = 0 \quad (30)$$

식 (29)와 (30)이 만족된다는 것은 $R_a - C_a = 0$, $R_m - C_m - \delta E_\gamma [\partial U / \partial V] V' z_m = 0$, $R_u - D_u - \delta E_\gamma [\partial U / \partial V] V' z_u = 0$ 임을 의미하기 때문에 이는 First-best의 최적화 조건과 일치함을 쉽게 확인할 수 있다. 결국 앞의 정리2의 결과는 자원 보유국이 위험회피형인 경우에도 유효하며, 로열티 계약이 기업과 자원 보유국 양자의 이득에 모두 기여함을 의미한다.

III. 요약 및 정리

생물유전자원의 적절한 이용과 이익공유, 그리고 궁극적으로는 생물다양성을 보전하기 위하여 나고야의정서가 2014년에 발효되었지만, 아직 생물유전자원 보유국과 이용국 또는 이용기업간의 쌍무적 계약이 성립된 사례가 많지 않다. 대부분의 기업들은 신제품 개발에 대한 유전자원의 활용도와 그것에 대한 정보들을 유전자원 제공자와 제공국, 관리기관들에게 숨기거나 더 낮은 비중으로 알릴 가능성이 높기 때문에 이와 같은 정보는 자원 보유국 입장에서는 불확실성으로 다가온다. 정보의 비공개는 기업 상호간 경쟁과 이익공유에 따른 추가적인 비용 부담액이 ABS를 어겼을 경우에 받을 패널티보다 크면 클수록 빈번하게 발생할 것이다. 관련된 국내법들이 강화되더라도, 해당 정보들의

진위는 이용자의 양심과 자발적인 보고 및 전달에 의존해야 하는 현실적인 문제가 존재하고 있기 때문에 국내법과 제도를 통한 관련 정보 및 이익공유의 보편성 강화뿐만 아니라 경제학적 메커니즘에 근거한 이익공유 접근법이 요구될 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 정보의 불확실성을 고려한 주인-대리인 모형을 이용하여 나고야의정서에서의 최적 이익공유 계약방식을 살펴보았다. 생물유전자원의 이익공유 뿐만 아니라, 지속가능한 생물자원의 보전을 위한 최적계약 방식을 모색하였으며, 고정금액과 매출액 기준 로열티의 두 방식 중에서 후자가 사회적으로 바람직한 것으로 나타났다.

로열티 지급은 특히, 연구기관이나 기업 모두 흔히 사용하는 이익공유 방식으로서 보통 유전자원의 이용으로부터 발생한 이익의 5~6%를 로열티 지급률로 채택하고 있다(국립생물자원관, 2015). 로열티 지급은 유전자원의 이용으로부터 실현된 이익의 크기와 실현된 이익에 대한 유전자원의 기여도 등을 통해 결정된다.

그러나 로열티 방식의 이익공유 계약 시에도 여전히 도전적인 과제가 상존한다. 유전자원접근 및 이용을 위해 사전통보승인과 상호합의조건을 체결하지만, 실제 적용에 있어 신제품을 만드는 기간 동안 관련 정보들을 매번 갱신하기에 상당한 어려움이 따르며 지급 기준 또한 기밀정보로 취급될 수 있기 때문에 논란이 발생할 수 있다. 따라서, 매출액 기준의 로열티 결정을 위해서는 유전자원 이용 기업 자체적으로도 생물유전자원의 제품 부가가치 기여도를 파악하는 노력이 필요하다. 이를 평가하는 방법론의 개발과 적용이 하나의 비즈니스 모델로도 자리잡을 수 있을 것이다.

본 연구에서는 이익공유 방식으로 최근에 거론되는 마일스톤 방식이나 인적·물적 제공 등 다양화되는 패키지 방식의 이익공유는 고려하지 못하였다.

[References]

- 국립생물자원관, 알기쉬운 유전자원의 접근 및 이익공유 안내서, 2015.
장희선·박호정, 나고야의정서 하에서의 국내 제약산업의 천연물 신약 R&D 투자옵션 연구, 보건경제와 정책연구, 2012.
허 인, 나고야의정서 국내외 동향 및 이익공유 사례, 한국지식재산연구원, 2016년 생명자

- 원 통합DB 구축사업 완료보고 및 협의회, 2016.12.16.
- Baker, G., Incentive Contracts and Performance Measurement, *Journal of Political Economy*, Vol. 100, 1992, pp. 598~614.
- Gatti, R., T. Goeschl, B. Groom, and T. Swanson, The Biodiversity Bargaining Problem, *Environmental and Resource Economics*, 2010.
- Holmstrom, B. and P. Milgrom, Multitask Principal-agent Analysis: Incentive Contracts, Asset Ownership and Job Design. *Journal of Law, Economics and Organization*, January: 1991, pp. 24~52.
- Kate, T. and S. A. Laird, Biodiversity and Business: Coming to Terms with the ‘Grand Bargain,’ *International Affairs*, Vol. 76, No. 2, 2000, pp. 241~264.
- Moran, D. and K. Kanemoto, Identifying Species Threats Hotspots from Global Supply Chains, *Nature Ecology and Evolution*, Vol. 1, 2017, 0023.
- Mulholland, D. M. and E.A. Wilman, Bioprospecting and Biodiversity Contracts, *Environment and Development Economics*, Vol. 8, No. 3, 2003, pp. 417~435.
- Sarr, M. and T. Swanson, IPR and North-South Hold-up Problem in Sequential R&D, working paper, 2009.
- Weitzman, M. L., 1998. The Noah’s Ark Problem, *Econometrica*, Vol. 66, No. 6, pp. 1279~1298.
- Wynberg, R., D. Schroeder, and R. Chennells, Indigenous Peoples, Consent and Benefit Sharing: Lessons from the San-Hoodia Case, London and New York: Springer, 2009.