

이익공유를 고려한 유전자원 이용 사업 투자 의사결정 분석[†]

홍원경* · 장희선** · 박호정***

요약 : 나고야의정서의 발효로 유전자원을 이용하려는 기업들은 유전자원 이용 이익 공유방안을 제공국과 협상을 통해 결정해야 할뿐만 아니라 유전자원 이용 사업 자체에 대한 투자 의사를 결정해야 한다. 본 연구에서는 유전자원의 이용으로 인한 이익의 공유방안을 샵플리 밸류와 매출액 기준 일정 비율에 의한 방법을 통해 기업의 수익구조에 반영한 후 실물옵션기법을 이용해 유전자원 이용 프로젝트에 대한 경제성을 분석하였다. 그 결과 이익공유 비율과 할인율, 그리고 유전자원의 상품화 시기가 상기 두 분석 방법에 따른 투자임계가격의 순위에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 협상을 통해 이익공유 방안에 대해 상호합의된 조건을 도출해야 하는 기업에게는 이와 같은 다양한 방법에 의한 접근과 분석이 협상 시 유용한 참고자료가 될 것이다.

주제어 : 나고야의정서, 이익공유, 샵플리 밸류, 실물옵션

JEL 분류 : C61, C71, Q20, Q57

접수일(2018년 11월 29일), 수정일(2019년 2월 14일), 게재확정일(2019년 3월 12일)

[†] 본 논문은 정부(환경부)의 재원으로 국립생물자원관의 지원을 받아 수행하였습니다(NIBR201524201).

* 고려대학교 식품자원경제학과 박사과정 수료, 주저자(e-mail: hwky@naver.com)

** 에너지경제연구원 부연구위원, 교신저자(e-mail: heesun.jang@keei.re.kr)

*** 고려대학교 식품자원경제학과 교수, 공동저자(e-mail: hjeongpark@korea.ac.kr)

Analysis on the Investment in the Project using the Genetic Resources Considering the Benefit Sharing[†]

Wonkyung Hong*, Heesun Jang** and Hojeong Park***

ABSTRACT : As the Nagoya Protocol has been in effect since 2014, firms that invest in projects related with the genetic resources should establish methods to share the benefits arising from using genetic resources with the country providing such resources. The objective of this paper is to investigate the factors that affect the genetic resources related investment decisions under the Nagoya Protocol. Specifically, we construct the model of Shapley value and benefit sharing rate in order to consider the results of benefit sharing with a providing country under the Real Options, and simulate the model in the context of Madagascar Banana project. The results show that the product time to market, benefit sharing rate, and discount rate significantly influence the investment decisions.

Keywords : Nagoya Protocol, Benefit sharing, Shapley Value, Real options

Received: November 29, 2018. Revised: February 14, 2019. Accepted: March 12, 2019.

[†] This work was supported by a grant from the National Institute of Biological Resources(NIBR), funded by the Ministry of Environment(MOE) of the Republic of Korea(NIBR201524201).

* Department of Food and Resources Economics, Korea University, Main author(e-mail: hwky@naver.com)

** Associate Research Fellow, Korea Energy Economics Institute, Corresponding author(e-mail: heesun.jang@keei.re.kr)

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

I. 서론

‘지구의 허파’인 아마존 밀림의 수종(樹種) 중 절반 이상이 멸종할 위기에 처해 있으며 (ter Steege et al., 2015), 지금 우리가 즐겨 먹고 있는 캐번디시(Cavendish) 품종의 바나나도 이미 그로스 미셸(Gros Michel) 품종을 거의 멸종시킨 파나마 병의 한 변형인 Tropical Race 4란 곰팡이에 의해 사라질 위기에 놓여있다(Ordóñez et al., 2015). 한편, 2015년에 노벨 생리의학상을 수상한 중국인 학자는 전통지식에서 영감을 얻어 개똥썩에서 말라리아 치료제를 추출해 ‘아르테미시닌’을 개발하였고,¹⁾ 어느 프랑스 향수 회사는 우리나라 진해 벚꽃을 원료로 한 향수를 출시했다고 한다.²⁾ 이외에도 생물다양성³⁾이 위협받고 파괴되는 사례는 많이 찾아 볼 수 있으며, 천연물질내지 유전자원을 활용한 사례도 또한 어렵지 않게 접할 수 있다.⁴⁾ 생물다양성에 대한 이와 같은 위협과 생물자원의 가치가 저평가되어 있음으로 인해 초래되는 부정적 상황에 국제적으로 공동 대응하기 위해 ‘생물다양성협약’(Convention on Biological Diversity, CBD)과 ‘나고야의정서’(Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from Their Utilization to the Convention on Biological Diversity, Nagoya Protocol) 등이 채택되었다.⁵⁾ 우리나라는 2017년 5월 19일에 ‘나고야의정서’에 대한 비준서를 UN 사무국에 기탁함으로써 2017년 8월 17일부터 당사국의 지위를 갖게 되었고,⁶⁾ 또한 같은 날부터 「유전자원의 접근·이용 및 이익 공유에 관한 법률」 과 동법 시행령을 시행하여 ‘생물다양성협약’과 ‘나고야의정서’의 적용과 이행을 위한 국내 법적 근거를 마련하였다.

이처럼 생물다양성, 생물자원 및 관련 전통지식의 중요성에 대한 인식이 제고됨에 따

1) <http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2015&no=981298>

2) http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2016/02/03/2016020300218.html

3) 종내, 종간의 다양성 및 생태계의 다양성을 포함한다.(협약 2조 참조)

4) 생물자원 및 유전자원 이용 이익공유의 다양한 사례는 사라 레어드·레이첼 윈버그(2012)에 소개되어 있다.

5) 생물다양성협약은 1992년 케냐 나이로비 회의에서 채택, 1993년 말에 발효되었으며, 나고야의정서는 2010년 10월 채택, 2014년 10월에 발효되었다.

6) 우리나라는 생물다양성협약에 1992년 6월 13일에 서명하고, 1994년 10월 3일에 비준하여 1995년 1월 1일부터 협약의 당사국이 되었으며, 카르타헤나의정서의 경우에는 2000년 9월 6일에 서명하고, 2007년 10월 3일에 비준하여, 2008년 1월 1일부터 당사국이 되었다. 나고야의정서에는 2011년 9월 20일에 서명하였다.

라 자원보유국의 보유자원에 대한 권리의식 또한 강화되었으며, 이를 반영해 생물다양성협약 및 나고야의정서는 자원보유국의 보유 생물자원⁷⁾에 대한 주권적 권리를 명시적으로 인정하고 있다. 나아가 그 유전자원의 이용에 따른 이익을 공정하고 공평한 방법에 의해 공유하도록 정하고 있다. 생물다양성협약과 나고야의정서는 이익공유에 대해 상호합의된 조건(Mutually Agreed Terms, MAT)에 따를 것을 규정하고 있다. 일부 유전자원 보유국들은 한발 더 나아가 입법을 통해 자국의 유전자원을 이용하여 발생하는 이익에 대해 제공국과 이용국 간의 이익공유 비율을 정하고 있다. 따라서 유전자원의 이용에 따른 이익을 어떻게 공정하고 공평하게 공유할 것인지에 대한 이해와 해석이 관련 당사자 간의 핵심 쟁점 중의 하나가 될 것으로 예상된다.

그동안 국내에서도 생물다양성 등에 대한 다양한 연구가 진행되어 오고 있는데, 그 중 생물다양성협약 내지 유전자원 이용 이익 공유에 관한 경제학 관련 연구는 다음과 같다. 박호정·정병관(2017)은 주인-대리인 모형을 통해 정보의 불확실성하에서 이용국과 제공국 간의 이익공유 방식에 대해 분석하였다. 그 결과 매출액 기준의 로열티 방식이 고정지출계약의 경우보다 생물자원의 가치증대와 자원보전 측면에서 더 유리한 것으로 나타났다. 남영식·홍원경(2016)은 나고야의정서에 의한 유전자원 이익공유가 제약산업계의 R&D 투자전략에 미치는 영향을 실물옵션 방법론으로 분석하였다. 선제적 투자를 통한 수익 증가가 있을 경우에는 기업들이 적극적으로 R&D 투자에 나설 유인이 존재하는 것으로 나타났다. 박호정(2012)은 유전자원의 이용과 그로 인한 이익의 분배에 초점을 둔 나고야의정서를 중심으로 경제적 파급효과에 대해 바이오산업을 대상으로 분석하였는데, 바이오산업의 불확실성을 고려한 동태적 관점에서 기업의 연구개발 투자의 사결정보형을 제시하였다. 일정 수준 이상으로 매출 증가하면 로열티 비용 부담은 증가할 것이나, 연구개발투자의 경제성은 확보되므로 연구개발의 불확실성과 투자의 비가역성에도 불구하고 기업은 연구개발에 투자하는 것으로 나타났다. 장희선·박호정(2012)은 나고야의정서 발효가 국내 제약업계에 미치는 비용 증가를 고려하여 연구개발 투자에 대한 경제성을 실물옵션을 이용해 분석하였다. 시장의 불확실성, 연구개발 투자의 성공 여부의 불확실성, 그리고 연구개발 투자의 비가역성을 전제로 국내 20개 제약사를 대상으로 분석한 결과, 나고야의정서가 발효되더라도 연구개발에 대한 투자의 경제

7) 생물자원에는 유전자원, 생물체, 생태계 등이 포함된다.(협약 제2조 참조)

성이 충분이 있는 것으로 나타났다. 박용하·김준순·최현아(2012)는 우리나라가 나고야의정서에 가입할 경우 국내 바이오기업이 추가적으로 부담하게 될 비용을 국내 바이오산업의 규모, 해외 유전자원 의존비율, 그리고 로열티 수준을 이용하여 산출하였다. 분석 결과, 의정서 가입에 따른 국내 바이오기업의 매출액 감소폭이 크지 않을 것으로 전망했다. 그밖에 박노형·정명현·이선(2015)은 협약이 정하고 있는 목표 중 하나인 공정하고 공평한 이익공유를 위해 마련된 ABS체계의 효과적 이행을 위한 핵심문제들(MAT 활성화, ABS체제 간 국제적 분열 방지, 국내 이행조치의 도입, 나고야의정서 적용 예외 등)에 대해 검토하고 대안을 제시하고 있다.

그동안의 연구가 대체로 나고야의정서 발효와 우리나라의 가입이 국내 산업에 미칠 영향에 초점이 맞춰져 있었는데, 본 연구는 유전자원 이용 이익에 대한 이익 공유 방법이 유전자원 보전 및 이용 프로젝트에 대한 투자의사결정에 어떤 영향을 미치는지 살펴보고자 한다. 협약과 의정서가 요구하는 공정하고 공평한 이익 공유를 위한 방안의 하나로 협력게임의 해의 하나인 샤플리 밸류(Shapley Value)에 의한 이익공유의 경우와 일부 제공국이 국내법으로 정한 이익공유 비율에 의한 경우를 비교·분석한다. 또한 바나나 산업을 분석 대상으로 하여 바나나 유전자원 보호 및 이용 프로젝트에 대한 투자의사결정에 대해 분석을 하고, 시사점을 도출하고자 한다.

II. 유전자원의 이용으로 인한 이익의 공유

먼저 생물다양성 보전을 위한 국제적 노력의 근간을 이루는 생물다양성협약과 나고야의정서에서 유전자원 이용에 따른 이익공유에 대해 어떻게 정하고 있는지 살펴보기로 한다.

이익공유에 대해서는 생물다양성협약 전문과 제1조(목적)에서 언급되고 있으며, 협약 제15조에서 좀 더 상세히 규정하고 있다. 협약 제15조는 나고야의정서의 적용범위의 근간이 된다. 나고야의정서는 제5조에서 유전자원 이용에 따른 이익을 제공국과 공정하고 공평하게 공유(fair and equitable sharing of benefits)할 것을 정하고 있으며, 공유 방법에 대해서는 상호합의조건(MAT)에 따르며 공유 대상 이익은 금전적 이익뿐만 아니라 비금전적 이익도 포함하는 것으로 정하고 있다. 부속서에서 금전적 이익과 비금전적

이익에 대해 열거⁸⁾하고 있는데, 공유대상은 그 열거된 이익에 한정되지 않음을 명시하고 있다. 따라서 공유대상 이익은 부속서에 포함된 이익을 포함해 상호합의조건에서 정해질 것으로 판단된다. 공유 대상인 이익의 범위는 협약과 의정서의 관련 규정에 따라 ‘연구·개발의 결과와 유전자원의 상업적 및 그 밖의 이용으로부터 발생하는 이익’⁹⁾ 내지 ‘유전자원 이용 및 후속하는 응용 및 상업화에 따른 이익’¹⁰⁾이 된다. 유전자원의 이용은 생명공학기술의 적용을 통한 것을 포함하여, 유전자원의 유전적 그리고/또는 생화학적 구성성분에 관한 연구·개발을 수행하는 것을 의미한다고 의정서 제2조에서 정의하고 있다. 그런데 공유할 이익을 발생시키는 원인행위로서의 유전자원의 이용이 연구·개발을 수행하는 것에 한정되는 것이라고는 볼 수는 없을 것이다. 협약과 의정서도 이익 공유를 위한 유전자원의 이용 행위를 연구·개발 행위에만 한정하지 않고 ‘연구·개발의 결과와 유전자원의 상업적 및 그 밖의 이용’으로 발생하는 이익(협약 제15조)과 ‘유전자원 이용 및 후속하는 응용 및 상업화’에 따라 발생하는 이익(의정서 제5조)을 공유할 것을 적시하고 있다. 유전자원 이용에 따른 이익의 해석에서 그 ‘이용’은 의정서의 정의 규정의 범위보다 넓다고 봐야 할 것이다.

이익의 공유는 자원 제공국과 이용국 간에 공정하고 공평한 방법에 의할 것을 협약과 의정서는 요구하고 있다. 그러나 어떤 방법이 공정하고 공평한지에 대해서는 특별한 언급이 없다. 그러나 본(Bonn) 가이드라인 제45조가 ‘~ 상황에 비추어 공정하고 공평한 것으로 간주되는~’이라고 규정하고 있어 ‘공정하고 공평함’이 상황에 따라 유동적임을 시사하고 있다. 그리고 협약 제15조와 의정서 제5조에서 공정하고 공평한 방식에 의한 공유는 상호합의조건에 따라야 한다¹¹⁾고 하므로 제공국과 이용국 간의 협상에서 유전자원 이용으로 인한 이익에 대한 분배 방법이 정해지면, 이를 공정하고 공평한 공유 방법으로 인정하겠다는 취지로 이해할 수 있을 것이다.

8) 금전적 이익으로는 접근료, 선금금, 중도금, 로열티, 면허료, 연구지원금, 합작투자, 지적재산권 공동소유 등이 있으며, 비금전적 이익으로는 연구개발 결과의 공유, 연구개발 참여/협력, 제품개발 참여, 교육 및 훈련 협력, 기술 이전 및 역량강화 등이 있다(의정서 부속서)

9) the results of research and development and the benefits arising from the commercial and other utilization of genetic resources(CBD)

10) benefits arising from the utilization of genetic resources as well as subsequent applications and commercialization(Nagoya)

11) “Such sharing *shall* be upon mutually agreed terms.”(협약 제15조 제7항, 의정서 제5조 제1항)

한편, 일부 제공국은 국내 입법으로 이익 공유 비율을 규정하고 있다.¹²⁾ <표 1>에서 보듯이, 국가마다 다양한 이익 공유 방법과 기준을 법령으로 정하고 있다. 이익 공유에 관해 당사자 간의 협상에 의한 합의된 조건에 따를 것을 정하고 있는 협약이나 의정서와 이익 공유 방법과 기준을 정한 제공국의 국내법 간의 관계를 명확히 하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

<표 1> 제공국의 유전자원 이익공유 비율

국가	법률	주요 내용	나고야의정서 기준
인도	Guidelines on Access to Biological Resources and Associated Knowledge and Benefits Sharing Regulations, 2014	- 내국기업은 출고가 기준 최소 0.1% - 매출규모에 따라 0.1%, 0.2%, 0.5% - 외국기업은 매출규모별로 출고가 기준 0.2%~1% - 상품 수출 시 FOB* 포함 자원가격의 3%~5% - 지재권 양도 시 0.5%~5%, 양수인은 매년 2%~5% 로열티 지불	비준 (2012.10.9.)
브라질	Lei Ordinaria 13123/2015 (2015.5.30)(PL7735/ 2014)	- 상업화로 발생한 연간 순이익의 1%	미비준
말레이시아	Draft Access to Biological Resources and Benefit Sharing Bill	- 내외국인 동일 - 금전적 이익의 1%	비준 (2018.11.5.)
필리핀	Guidelines for Bioprospecting Activities in the Philippines(2005)	- 생물탐사료: 건당 \$3,000~\$9,000 - 로열티 선금금: \$1,000/년 - 로열티: 세계 총매출액의 2% 이상	비준 (2015.9.29.)

*선적운임.

(자료: ABS산업지원센터, 2015)

12) 베트남의 경우, 당사자 간에 협의를 통해 결정하거나 ‘이익의 30% 이상’을 분배하도록 관련 규정에서 정하고 있었으나, 이 배분율을 ‘1% 이상’으로 낮추는 방향으로 개정을 추진하고 있다(박호정·정병관, 2017).

III. 분석모형

유전자원을 이용하여 제품을 생산하거나 상품화하는 경우, 유전자원을 이용하는 주체는 대부분 기업일 것이다. 협약과 의정서 등이 유전자원 제공국과 이용국 간에 유전자원 이용으로부터 발생한 이익을 공정하고 공정하게 공유할 것을 요구하고 있지만, 실제 적용에 있어서는 제공국 내지 제공국 내에서 유전자원에 대한 권리를 가진 단체 등과 이용기업 간의 문제가 될 것이다. 어느 기업이 유전자원을 이용한 사업에 투자를 고려한다면 일단 투자를 결정하고 의정서 등에 의한 제공국과의 공정하고 공평한 이익공유를 이행하는 것이 아니라, 먼저 그 투자 안에 대한 경제적 타당성을 검토하고 경제성이 있는 경우에 투자를 결정할 것이다. 기업의 입장에서 보면 제공국과의 이익에 대한 공유는 비용요소이므로 철저한 사전 분석과 전망이 필요한 부분이다. 따라서 본 연구에서는 유전자원을 상업화 하는 프로젝트에 대한 기업의 투자의사결정에 대해 이익공유라는 비용요소를 고려하여 분석하고자 한다.

현재 전 세계적으로 약 1억 톤의 바나나(디저트용 및 요리용)가 생산되고 있으며, 그 중 우리가 즐겨먹는 바나나는 디저트 바나나인 캐번디시 품종으로 국제적으로 거래되는 바나나 물량의 99%를 차지하고 있다. 1960년대 이전까지는 그로스 미셸이라는 품종이 있었으나 파나마 곰팡이병(Tropical Race1, TR1)으로 인해 거의 멸종되다시피 해 TR1에 저항성이 있는 캐번디시 품종이 그로스 미셸을 대체하게 되었다. 그런데 다시 TR1의 변종인 TR4에 의해 캐번디시 품종마저 현재 위협을 받고 있는 상황이다. TR4는 1990년에 대만에서 발견되어 현재 아시아 및 아프리카 지역으로 확대되고 있으며, TR1보다 더 강력한 것으로 알려져 있다. 또한 적절한 치료제가 마련되어 있지 않을 뿐만 아니라 토양 속에서 40여 년 이상 잠복할 수도 있는 것으로 연구자들은 보고 있다. 많은 연구자들이 TR4에 저항성이 있는 야생바나나를 찾아 상용화하거나 경작방법을 개선하는 등의 연구를 진행하고 있다. 그런데 최근에 마다가스카르에서 TR4에 내성이 강할 것으로 기대되는 야생 품종의 바나나가 발견되었는데, 성숙한 바나나 개체가 5 그루밖에 없는 것으로 조사되어 멸종 위기에 처해 있는 것으로 나타났다.¹³⁾ 유전적 보전 조치가 시

13) 분류학상 명칭은 *Ensete perrieri* Claverie Cheesman 또는 *Musa perrieri* Claverie 이고, 일반적으로 마다가스카르 바나나(Madagascar Banana)라고 부른다.

급한 상황이다.

본 연구에서는 이 마다가스카르 야생바나나를 보전하여 캐번디시 품종을 대체하는 새로운 품종으로 육성하여 상업화하는 것을 가상의 프로젝트로 하여 분석한다. 이 프로젝트의 경제성은 불확실한 바나나 가격에 의존하고 있으며, 또한 대규모 자본투자를 요하고 일단 투입된 자본은 회수하기가 어렵다는 투자의 비가역성이 존재한다. 불확실성과 비가역성이 있는 투자대상에 대한 효과적인 분석방법인 실물옵션기법과 공정하고 공평한 이익분배를 위해 협력게임의 해의 하나인 샤플리 밸류에 의한 이익공유 방법을 활용해 바나나 유전자원 활용 프로젝트에 대한 분석모형을 설정한다. 실물옵션 모형을 구축하기 위한 기업의 목적함수를 샤플리 밸류를 활용한 이익 공유를 고려하여 도출하도록 한다.

먼저 샤플리 밸류에 대해 간략히 살펴본다. 샤플리 밸류(Shapley Value)는 폰 노이만과 모르겐스틴(von Neumann-Morgenstern)의 특성방정식 (characteristic function)에 관한 이론에 기초하여 로이드 샤플리(Lloyd Shapley)가 개발한 협력게임의 해로서 다음과 같은 가정을 전제로 하고 있다. (1) 효용은 객관적이며 이전 가능해야 하고, (2) 협력게임이어야 하며, (3) 앞의 (1)과 (2)가 인정될 경우, 게임은 특성방정식에 의해 적절히 표현되어야 한다(Shapley, 1953). 그리고 샤플리 밸류는 아래에 소개된 공리(Axiom)들에 의해 특성화된다. U 는 전체 경기자, v 는 특성방정식 또는 게임, i 는 개별 경기자, $\phi(v)$ 는 게임 v 의 값, $\Pi(U)$ 는 U 의 순열의 집합, $\pi \in \Pi(U)$ 일 때, 다음과 같은 3가지 공리와 보조정리(lemma)를 생각할 수 있으며, 샤플리 밸류는 이를 충족하는 유일한 해이다(Shapley, 1953; 전영섭, 1991).

Axiom1(대칭성, Symmetry): $\Pi(U)$ 에 속한 모든 π 에 대해,

$$\phi_{\pi_i}(\pi v) = \phi_i(v).$$

이는 서로 다른 경기자라도 한계공헌도가 같다면, 동일한 보수를 갖는 것을 의미한다.

Axiom2(효율성, Efficiency): 모든 게임 v 에 대해,

$$\sum_N \phi_i(v) = v(N).$$

게임의 전체 연합의 가치가 개별 경기자들의 보수의 합과 같을 것이 요구된다.

Axiom3(가산성, Aggregation): 임의의 두 게임인 v 와 w 에 대해,

$$\phi(v+w) = \phi(v) + \phi(w).$$

두 독립된 게임이 결합하게 되면, 그 게임의 가치는 개별 게임들의 가치의 합이다.

Lemma1(허상성, (Null player)¹⁴): 경기자 i 가 게임 v 에 속하지 않을 경우,

$$\phi_i(v) = 0.$$

경기자의 게임에 대한 공헌이 없는 경우, 그 경기자의 보수도 없음을 의미한다. 이와 같은 공리와 보조정리를 만족하는 샤플리 밸류는 식 (1)과 같다.

$$\phi_i(v) = \sum_{S \subseteq N} \frac{(s-1)!(n-s)!}{n!} [v(S) - v(S \setminus (i))], \quad (all \ i \in U) \quad (1)$$

N 은 U 의 부분집합으로 경기참가자 집합($N = \{1, \dots, n\}$), s 는 연합 S 의 수, i 는 경기자, $v(S)$ 는 연합 S 의 가치, $S \setminus (i)$ 는 경기자 i 를 제외한 연합을 나타낸다. 식 (1)은 경기자 i 의 연합 S 에 대한 한계기여도($v(S) - v(S \setminus (i))$)와 각 연합이 발생할 확률($(s-1)!(n-s)!/n!$)의 곱으로 이루어져 있음을 알 수 있다.¹⁵)

샤플리 밸류는 협력게임에서 이익 배분뿐만 아니라 비용 배분에도 적용되고 있다. 예를 들면, 컨테이너부두의 비용 배분(성숙경, 2008), 수요반응프로그램의 참여자들의 전력구매 비용 절감 기여도 산정(김지희·위영민·주성관, 2009), 안양천 유역 통합관리계획에 따른 비용 분담(송양훈, 2010), 국제적인 CO₂ 감축을 위한 지역 간 또는 경기자 간의 감축노력 분배(Filar and Gaertner, 1997)등이 있다. 이익 배분 문제에 적용된 경우는 수도권 대중교통 수익금의 배분(Park, 2011), 수박브랜드 통합에 따른 경제적 이익의 배분(김성섭·서상택, 2012), 그리고 합작투자(joint venture) 사업의 이익 분배(Yeung and Petrosyan, 2006) 등 다양하다.

유전자원의 이용으로 인한 이익을 유전자원 제공국과 이용기업 간에 공정하고 공평하게 분배함에 샤플리 밸류를 적용하기 위해서는 유전자원 이익 분배의 문제가 협력게임이어야 하고, 그 이익이 이전 가능해야 하며, 또한 분배 게임이 특성방정식으로 적절

14) Axiom2.(효율성)과 Lemma1(허상성)을 합쳐 Carrier axiom이라고도 한다(Roth, 1988).

15) 한편, 평균공헌도를 이용하여 계산하여도 한계공헌도에 의한 결과 동일한 결과를 얻는다(전영섭, 1991).

히 표현될 수 있어야 한다. 협력게임은 경기 참가자들이 공동의 전략을 수립하고 서로를 구속하는 계약이 가능한 경우로, 어떤 물건에 대한 매수자와 매도자 간의 흥정을 통한 매매 내지 신기술 또는 신제품 개발을 위한 기업 간의 합작투자를 예로 들 수 있다(Pindyck and Rubinfeld, 2010).

유전자원 보유국이 이용기업에게 유전자원을 제공하고 이용기업은 이를 이용해 연구 개발 및 상품화를 통해 수익을 창출하는 모습이 기술, 자금, 원료를 각각 출자하여 사업을 영위하고 그로부터 발생하는 수익을 분배하는 합작투자(joint venture)와 비슷하다.

유전자원의 제공국과 이용국은 유전자원을 이용해 이익을 창출하고 이를 공정하고 공평하게 공유함으로써 생물다양성의 보전과 그 구성요소의 지속가능한 이용에 기여하는 것을 공동의 목적으로 하고 있으며, 접근과 이익공유는 사전통보승인(prior informed consent, PIC)과 상호합의된 조건(mutually agreed terms, MAT)에 의해 정해지므로 협력게임의 핵심요소인 공동전략 요건과 상호구속 요건을 충족하고 있다. 발생한 수익은 제공국과 이용기업 간에 분배되는 것이므로 이익의 이전이 가능하다고 하겠다. 그리고 연합의 가치 또한 특성방정식으로 적절히 표현할 수 있으므로 유전자원 제공국과 이용기업 간의 이익 분배 문제에 샤플리 밸류를 적용함에 무리가 없는 것으로 판단된다.

1. 샤플리 밸류에 의한 이익공유 시 투자분석 모형

마다가스카르 바나나가 종 보존을 위한 투자가 필요한 상황이므로 마다가스카르 바나나를 상업적으로 이용하기 위해서는 종 보존을 위한 대규모의 투자가 수반되어야 할 것이다. 이용기업이 종 보존을 위한 투자를 하며, 독점 이용권을 획득한다고 가정하여 이용기업의 가치함수를 샤플리 밸류를 이용해 구하면 다음과 같다.

〈표 2〉 연합의 가치

연합	연합의 가치
{H, U}	$V(S^{HU}) = \int_T^{\infty} (p-c)qe^{-rt} dt$
{H}	$V(S^H) = 0$
{U}	$V(S^U) = \int_0^T (p-c)qe^{-rt} dt$

H 는 유전자원 보유국, U 는 유전자원 이용기업, S^{HU} 는 유전자원 보유국과 이용기업 간의 연합, $V(S^H)$, $V(S^U)$, $V(S^{HU})$ 는 연합의 가치, p 는 바나나 1kg의 가격, c 는 kg당 바나나 생산비용, q 는 바나나의 생산량(kg)을 나타낸다. T 는 현재의 캐번디시 바나나가 시장에서 퇴장하고 마다가스카르 바나나가 생산 및 판매되는 시점을 의미한다. 유전자원 보유국이 연합을 하지 않는 경우의 가치는 없는 것으로 가정하였으며, 이용기업은 현재 캐번디시 바나나로부터 발생하는 수입이 T 시점까지 유지되는 것으로 가정하였다. 그리고 유전자원 보유국과 이용기업이 협력하는 경우의 가치는 캐번디시 바나나에서 마다가스카르 바나나로 교체된 시점부터 지속적으로 발생하는 수익으로 가정하였다.

게임 참여자가 2인(자원보유국 1개, 이용기업 1개)인 경우를 분석대상으로 한다. 따라서 연합의 구성은 1인 연합과 2인 연합의 경우가 있다. 각 경우마다 이용기업이 연합에 기여한 기여도를 구하고 이에 연합의 발생가능성을 가중치로 적용하여 계산한다.¹⁶⁾

$$\Phi^U = \frac{1}{2} \{ V(S^U) - V(S^{U \setminus U}) \} + \frac{1}{2} \{ V(S^{HU}) - V(S^{HU \setminus U}) \} \quad (2)$$

위 표의 연합의 가치를 대입해 정리하면 이용기업의 샤플리 밸류(Φ^U)를 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\Phi^U = \frac{1}{2} \int_0^\infty (p-c) q e^{-rt} dt \quad (3)$$

바나나의 가격(p)이 기하브라운 운동(Geometric Brownian Motion)을 따를 때, 실물 옵션기법에 의한 투자임계가격(p^*) 산정을 위한 기업의 목적함수로 이용기업의 샤플리 밸류를 사용한다.

16) 참고로 자원보유국의 샤플리 밸류(Φ^H)는 다음과 같다.

$$\Phi^H = \frac{1}{2} \left\{ \int_T^\infty (p-c) q e^{-rt} dt - \int_0^T (p-c) q e^{-rt} dt \right\}$$

$$dp = \alpha p dt + \sigma p dz \quad (4)$$

$$V(p) = \int_0^{\infty} \frac{1}{2}(p-c)q e^{-rt} dt \quad (5)$$

동적계획법에 따라 목적함수를 전개한다.¹⁷⁾

$$rV = \frac{1}{2}(p-c)q + \frac{1}{dt} E[dV] \quad (6)$$

이토의 보조정리(Ito's lemma, $dV = V_p dp + \frac{1}{2} V_{pp} (dp)^2$)와 $E[dz] = 0$, $Var[dz] = dt$, $dt^2 \rightarrow 0$, $dt dz \rightarrow 0$ 를 이용해 위 식을 정리하면 다음과 같은 HJB방정식(Hamilton-Jacobi-Bellman)을 얻는다.

$$rV = \frac{1}{2}(p-c)q + \alpha p V_p + \frac{1}{2} \sigma^2 p^2 V_{pp} \quad (7)$$

미분방정식의 해는 동차방정식과 비동차방정식의 해의 합으로 이루어지는데, 먼저 동차방정식의 해부터 구하기로 한다.

$$rV = \alpha p V_p + \frac{1}{2} \sigma^2 p^2 V_{pp} \quad (8)$$

위와 같은 형태의 미분방정식의 해는 일반적으로 $V(p) = Ap^\beta$ 와 같은 형태를 갖는다. 따라서 $V(p) = Ap^\beta$ 와 $V_p = \beta Ap^{\beta-1}$, $V_{pp} = \beta(\beta-1)Ap^{\beta-2}$ 를 위 식에 대입하면, 다음과 같은 특성방정식을 얻을 수 있다.

17) 실물옵션기법의 자세한 풀이 방법에 대해서는 박호정(2018)을 참고하기 바란다.

$$r - \alpha\beta - \frac{1}{2}\sigma^2\beta(\beta - 1) = 0 \quad (9)$$

그리고 특성방정식의 두 근은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} > 1 \\ \beta_2 &= \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} - \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} < 0 \end{aligned} \quad (10)$$

이 특성방정식의 근은 위와 같이 두 개가 있으므로 동차방정식의 해는 $V(p) = A_1p^{\beta_1} + A_2p^{\beta_2}$ 로 표기할 수 있다.

다음으로 비동차방정식의 해를 미정계수법을 이용해 구하기 위해 $V(p) = M_1pq + M_2cq$ 라 두고, V_p 와 V_{pp} 를 구해 식 (7)에 대입해 M_1 과 M_2 를 구한다.

$$M_1 = \frac{1}{2(r - \alpha)}, \quad M_2 = -\frac{1}{2r} \quad (11)$$

따라서 식 (7)의 해는 비동차방정식의 해와 동차방정식의 해의 합으로 다음과 같다.

$$V(p) = \frac{pq}{2(r - \alpha)} - \frac{cq}{2r} + A_1p^{\beta_1} + A_2p^{\beta_2} \quad (12)$$

식 (12)의 우변의 세 번째 네 번째 항은 투기적 거품(speculative bubble)¹⁸⁾으로 볼 수 있으므로 이를 제거한 후 논의를 진행하기로 한다.

다음으로 본 사업의 투자옵션 $F(p)$ 를 앞서 사업가치를 구한 방식을 활용해 구한다. 이토의 보조정리 등에 의해 다음의 식을 얻을 수 있다.

18) Dixit and Pindyck, 1994, p181.

$$rF(p) - \alpha p F_p(p) - \frac{1}{2} \sigma^2 p^2 F_{pp}(p) = 0 \quad (13)$$

투자옵션의 해가 $F(p) = B_1 p_1^\beta + B_2 p_2^\beta$ 형태를 취한다고 하면, 가격이 감소할 경우 옵션의 가치도 감소해야 하므로 $B_2 = 0$ 이 되어야 하며, 투자옵션의 가치는 다음과 같이 쓸 수 있다. 이 때 β 는 $\beta > 1$ 를 만족한다.

$$F(p) = B p^\beta \quad (14)$$

다음으로 등가조건(value matching condition)과 한계비용-편익일치조건(smooth pasting condition)을 이용해 앞서 구한 사업가치와 투자옵션의 가치로부터 투자임계가격을 구한다.

$$B p^\beta = \frac{pq}{2(r-\alpha)} - \frac{cq}{2r} - I \quad (15)$$

$$\beta B p^{\beta-1} = \frac{q}{2(r-\alpha)} \quad (16)$$

샤플리 벨류를 적용한 투자임계가격이므로 p_s^* 라 표기하기로 한다.

$$p_s^* = \frac{\beta}{(\beta-1)}(r-\alpha) \left(\frac{c}{r} + \frac{2I}{q} \right) \quad (17)$$

2. 이익공유율에 의한 이익공유 시 투자분석 모형

다음은 유전자원을 이용한 제품의 매출액의 일정 비율을 자원보유국에게 제공해야 하는 경우, 기업의 투자임계가격을 구하도록 한다. λ ($0 < \lambda < 1$)는 매출액(pq)에 대한 이익공유율을 나타낸다. 투자기업의 목적함수는 다음과 같다. 다른 조건들은 앞의 경우와 동일하다.

$$V(p) = \int_T^\infty \{(1-\lambda)p - c\}qe^{-rt} dt = \int_0^\infty \{(1-\lambda)p - c\}qe^{-rT}e^{-rt} dt \quad (18)$$

동적계획법, 이토의 보조정리 등을 이용해 위 식을 전개 및 정리하면 다음과 같은 HJB 방정식을 얻을 수 있다.

$$rV = \frac{1}{2}\sigma^2 p^2 V_{pp} + \alpha p V_p + \frac{1}{2}(p-c)qe^{-rT} \quad (19)$$

앞서 샵플리 벨류에 의한 투자임계가격을 구할 때처럼 동차방정식과 비동차방정식의 해를 각각 구해 합하는 방식으로 해를 구한다. 이때도 앞의 경우와 같이 동차방정식의 해에 해당하는 항들은 투기적 거품으로 보고 생략되어 비동차방정식의 해만 남게 된다.

$$V(p) = \frac{(1-\lambda)e^{-rT}}{r-\alpha} pq - \frac{e^{-rT}}{r} cq \quad (20)$$

매출액의 일정 비율을 이익공유할 경우의 투자옵션의 가치, $F(p)$ 를 구하기 위한 HJB 방정식은 식(19)와 같다. 따라서 투자옵션은 $F(p) = Bp^\beta$ 가 되고, 1계 미분하면 $F'(p) = \beta Bp^{\beta-1}$ 이다. 이어 프로젝트의 가치와 투자옵션의 가치에 등가조건과 한계조건을 적용해 투자임계가격을 도출한다.

$$Bp^\beta = \frac{(1-\lambda)e^{-rT}}{r-\alpha} pq - \frac{e^{-rT}}{r} cq - I \quad (21)$$

$$\beta Bp^{\beta-1} = \frac{(1-\lambda)e^{-rT}}{r-\alpha} q \quad (22)$$

앞서 구한 샵플리 벨류에 의한 이익공유시의 투자임계가격(p_s^*)와 구분하기 위해 매출액의 일정 비율을 이익공유할 경우의 투자임계가격은 p_λ^* 로 표기한다.

$$p_{\lambda}^* = \frac{\beta}{\beta-1} \frac{r-\alpha}{1-\lambda} \left(\frac{c}{r} + \frac{Ie^{rT}}{q} \right) \quad (23)$$

$\lambda = 0$ 인 경우는 이용기업이 자원보유국과 이익공유를 하지 않는 경우로 나고야 의정서 적용 전인 경우에 해당한다.

유전자원 이용에서 발생한 이익을 샤플리 밸류와 매출액의 일정 비율에 의해 공유하는 경우 및 이익공유를 하지 않는 경우의 투자임계가격을 비교해 본다.

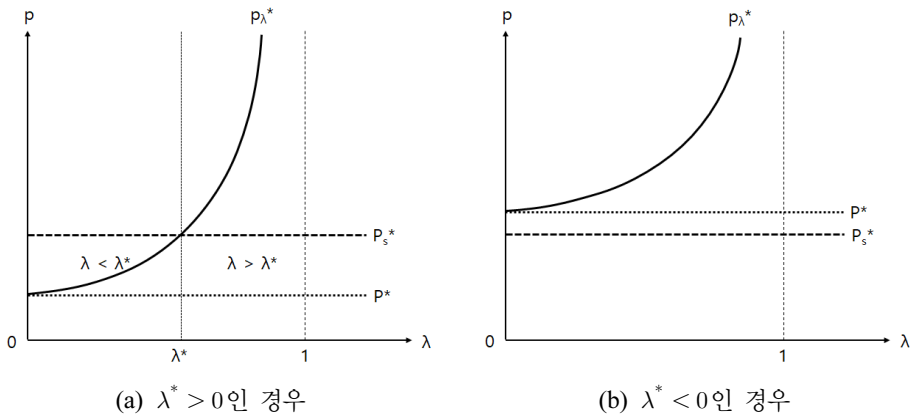
$$p_s^* - p_{\lambda}^* = \frac{\beta}{\beta-1} (r-\alpha) \left\{ \frac{c}{r} + \frac{2I}{q} - \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{c}{r} + \frac{Ie^{rT}}{q} \right) \right\} = 0 \quad (24)$$

두 투자임계가격이 같아지는 균형이익공유율(λ^*)은 다음과 같다.

$$\lambda^* = \frac{rI(2 - e^{rT})}{cq + 2rI} \quad (25)$$

λ 를 독립변수로, p 를 종속변수로 두고 p_s^* 와 p_{λ}^* 의 개략적인 모습을 그래프로 나타내면 다음 그림과 같다<그림 1>.

<그림 1> p_s^* 와 p_{λ}^* 의 관계



<그림 1(a)>의 경우는 $\lambda = 0$ 일 때 $p_s^*(0) > p_\lambda^*(0)$ 일 것을 전제로 한다. 이익공유율이 λ^* 보다 작은 구간($\lambda < \lambda^*$)에서는 $p_s^* > p_\lambda^*$ 로 샤플리 밸류에 의한 투자임계가격이 더 높고, $\lambda > \lambda^*$ 구간에서는 $p_s^* < p_\lambda^*$ 로 이익공유율에 의한 투자임계가격이 더 높다<그림 1(a)>. 그러나 $\lambda = 0$ 일 때, $p_s^*(0) < p_\lambda^*(0)$ 인 경우<그림 1(b)>, 즉, $e^{rT} > 2$ 인 경우에는 이익공유율에 의한 투자임계가격이 샤플리 밸류에 의한 투자임계가격보다 항상 높게 나타나므로 이익공유율에 의한 투자 시 보다 보수적인 의사결정이 요구된다. 할인율(r)이 증가하거나 신품종으로의 교체시점(T)이 길어지게 되면 이익공유율에 의한 투자임계가격선의 p 축의 절편이 상방으로 이동하는 효과가 발생해 λ^* 가 음의 값을 갖는다. 이는 이익공유율에 의한 투자임계가격이 샤플리 밸류에 의한 경우보다 높게 형성됨을 의미하므로 투자시기를 상대적으로 지연시키는 효과가 있다. 나고야의정서의 적용을 받지 않는 경우의 투자임계가격은 이익공유율(λ)이 0인 경우의 투자임계가격과 동일하다 ($p_\lambda^*(0) = p^*(0)$). 그러나 이익공유율이 증가할수록 프로젝트의 수익성이 감소하게 되어 투자임계가격(p_λ^*)이 상승하게 된다. 따라서 p_λ^* 는 항상 p^* 보다 위쪽에 위치하게 된다. 이를 정리하면 아래 <표 3>과 같다.

<표 3> 균형이익공유율(λ^*)의 위치에 따른 p_s^* 와 p_λ^* 의 관계

구분	내용
$e^{rT} < 2$	$\begin{cases} \text{if } 0 = \lambda < \lambda^*, & p_s^* > p_\lambda^* = p^* \\ \text{if } 0 < \lambda < \lambda^*, & p_s^* > p_\lambda^* > p^* \\ \text{if } 0 < \lambda^* < \lambda, & p_\lambda^* > p_s^* > p^* \end{cases}$
$e^{rT} > 2$	$\begin{cases} \text{if } \lambda^* < 0 = \lambda, & p_\lambda^* = p^* > p_s^* \\ \text{if } \lambda^* < 0 < \lambda, & p_\lambda^* > p^* > p_s^* \end{cases}$

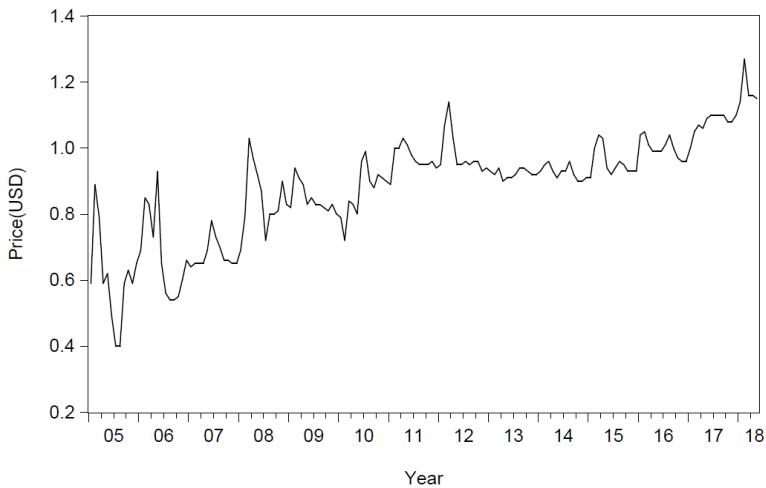
IV. 실증분석

앞서 구축된 모형을 이용해, 마다가스카르 바나나 품종을 보존하고 상업적으로 이용하는 프로젝트를 가정하여 투자의사결정 문제를 분석한다. 에콰도르는 전 세계 바나나

생산량(2013년 기준)의 약 5%에 해당하는 약 674만 톤을 생산해 세계 6위 생산국이며, 전 세계 디저트 바나나 수출시장 1위 국가로 연간 약 576만 톤의 디저트 바나나를 수출하고 있다. 그리고 Chiquita Inc.는 디저트 바나나 전 세계 수출시장 점유율 1위 기업이다. 따라서 Chiquita Inc.가 에콰도르에서 마다가스카르 바나나 내지 이에 기초한 신품종 바나나로 캐번디시 바나나를 대체하는 경우를 가정하여 분석한다.

바나나의 가격(p)은 미국의 월별 수입가격¹⁹⁾을 사용하였다.²⁰⁾ 2005년 1월부터 2018년 5월까지의 월별 가격의 추이는 아래 그림과 같다. 월별가격의 비정상성을 테스트하기 위해 Augmented Dickey-Fuller 단위근 검정을 실시한 결과 t -통계량이 -2.7899 로 10% 유의수준에서는 단위근을 갖는다는 귀무가설이 기각되었으나, 1%와 5%의 유의수준에서는 귀무가설을 기각하지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 바나나 가격이 기하브라운 운동과정을 따른다는 가정 하에 논의를 전개함에 무리가 없는 것으로 판단했다. 2018년 5월 현재, 바나나 1kg당 약 USD 1.15이다.

〈그림 2〉 바나나 월별 가격 추이(2005.01~2018.05)



19) <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=bananas&months=360> 참조.

20) 실제 기업이 받는 바나나 가격과는 차이가 있을 수 있으나, 본 연구가 보이고자하는 시사점에는 큰 영향이 없고, 자료 확보의 한계로 미국 월별 수입가격을 사용하였다.

〈표 4〉 단위근 검정 결과

ADF test statistic	Test critical values
t-Statistic: -2.7899	1%: -3.4714
one-sided p-value: 0.0620	5%: -2.8794
Exogenous: Constant	10%: -2.5764

바나나 월별 가격으로부터 추정된 바나나 가격의 기대증가율은 0.0976이며, 순간변동률은 0.3083이다. 바나나 1kg당 생산비용(c)은 에콰도르의 평균 생산비용 USD 0.21 (USDA Foreign Agricultural Service, 2011)을 적용하여 분석한 후 그 변동에 따른 투자임계가격을 함께 살펴본다. 생산량(q)은 2013년 에콰도르의 디저트용 바나나 생산량에서 Chiquita Inc.²¹⁾의 2013년도 전 세계 수출 시장점유율 13%를 적용하여 산정한 약 80만 톤을 적용한다. 초기 투자비(I)는 생산단가(c)와 전 세계 평균 1ha당 산출량, 에콰도르 내 Chiquita Inc.의 예상 재배면적 등을 고려하여 산정한 약 USD 1.7억을 적용하였다. 마다가스카르 바나나의 유전형질을 보존 및 확산하거나 이를 기초로 새로운 유전형질의 품종을 개발하기 위한 연구개발비용도 추가로 고려되어야 하므로 이는 민감도 분석을 통해 살펴본다. 마다가스카르 품종 내지 이를 기초로 한 신품종이 상용화되는 시점(T)은 약 5년 정도가 소요되는 것으로 가정하였다. 할인율(r)은 5년 만기 미국 재무성 채권(U.S. treasury bill) 수익률²²⁾에 분석대상인 에콰도르의 국가리스크 프리미엄 7.50%²³⁾를 고려하여 10.59%로 산정하였다. 이익공유율(λ)은 앞서 살펴본 바와 같이 일부 국가에서 국내 입법을 통해 매출액 또는 순이익 대비 일정비율 또는 정액으로 정하고 있는데, 본 연구에서는 이익공유율을 매출액 대비 1%로 설정하여 분석한 후 이익공유율의 변동에 따른 투자임계가격의 변화를 함께 살펴본다.

분석결과는 다음과 같다. 샤플리 밸류에 의한 투자임계가격(p_s^*)은 USD 0.38, 이익공유율에 의한 경우(p_λ^*)는 USD 0.37로 나타났다. 2018년 5월 현재 바나나 1kg의 가격이

21) Chiquita가 2002년(22%)에 이어 2013년에도 전 세계 바나나 수출시장 점유율 13%로 1위를 기록하였다 (FAO, 2014).

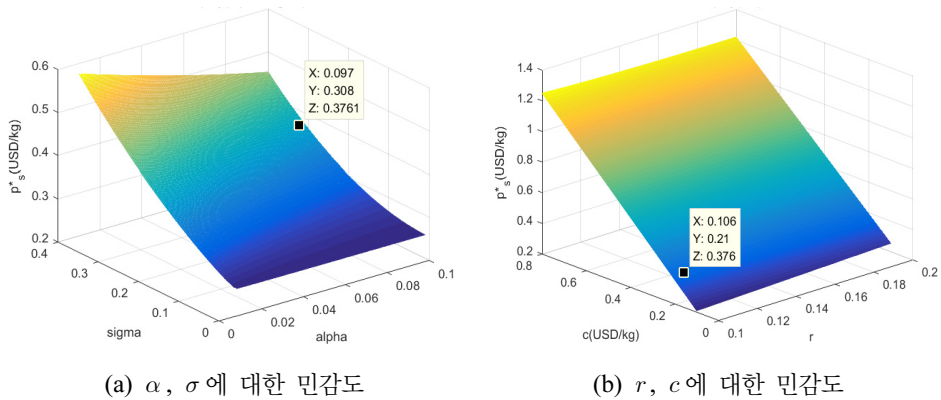
22) <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yield> 참조. 분석일 현재(2018. 11. 08)기준으로 최근일, 최근 1주일 평균, 최근 1개월 평균 중 가장 큰 값(3.09%)을 적용하였다.

23) http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html 참조.

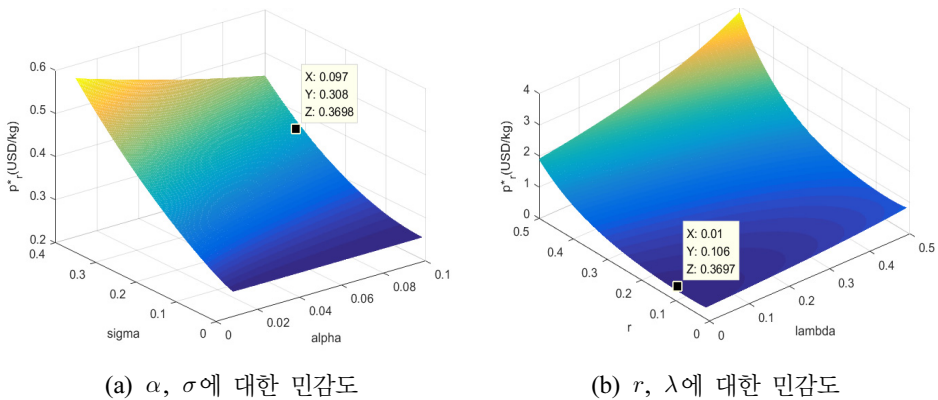
USD 1.15로 두 경우보다 상당히 높으므로 본 프로젝트에 대한 투자가치가 충분히 있는 것으로 판단된다. 샤플리 밸류에 의한 투자임계가격이 이익공유율에 의한 투자임계가격보다 근소하지만 높게 나타났는데, 이는 두 가격을 일치시키는 이익공유율(λ)이 양의 값을 갖는다는 것을 의미한다. 투자임계가격에 영향을 미치는 각 변수들과의 관계를 살펴본다.

바나나 가격의 기대증가율(α)과 순간변동률(σ)은 투자시기를 조절해야 할 정도의 큰 영향은 미치지 않는 것으로 나타났다<그림 3(a), 그림 4(a)>. 할인율의 경우도 10%에서 20%까지 상승하더라도 투자임계가격에는 큰 변화가 없는데, 이에 대해 뒤에서 좀 더 살

〈그림 3〉 민감도 분석1 (샤플리 밸류)



〈그림 4〉 민감도 분석2 (이익공유율)

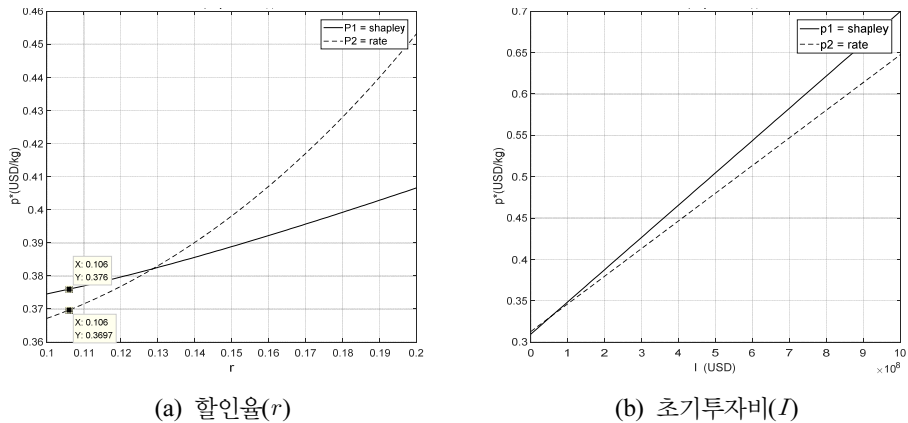


펴보기로 한다. 반면, 생산단가(c)의 상승은 투자임계가격을 급격히 증가시킬 수 있는 것으로 나타났다<그림 3(b)>. 생산단가가 약 USD 0.74 이상으로 상승하게 되면, 투자임계가격이 현재 바나나 가격 USD 1.15를 초과하게 되어 투자시점 연기에 대한 검토가 필요하다.

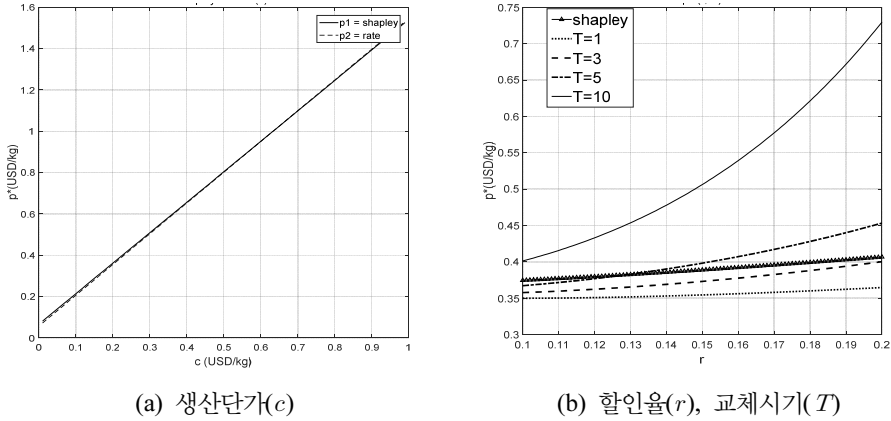
이익공유율에 의한 투자임계가격은 이익공유율보다 할인율에 더 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 그러나 이익공유율과 할인율 모두 20~30%대까지는 투자임계가격에 크게 영향을 미치지 않으나, 40~50%대를 넘게 되면 투자임계가격이 크게 증가하는 모습을 보이고 있다<그림 4(b)>.

개별 변수들이 투자임계가격에 미치는 영향을 좀 더 살펴보면, 이익공유율에 의한 투자임계가격이 샤플리 밸류에 의한 경우보다 할인율에 대해 더 민감하게 반응하는 것으로 나타났다<그림 5(a)>. 그 이유는 두 투자임계가격의 형태에서 찾을 수 있는데(식 (17), 식 (23)), 둘 다 분자와 분모에 할인율을 갖고 있어 그 증감 효과가 서로 상쇄되어 할인율에 대한 가격 탄력성이 비탄력적인 모습을 갖기 때문이다. 반면, 이익공유율의 경우에는 분자에 지수형태로 할인율이 반영되어 있어 할인율의 상승에 따라 투자임계가격이 지수적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 한편, 초기 투자비의 규모에 대해서는 샤플리 밸류에 의한 투자임계가격이 상승속도가 더 빠른 것으로 나타났다<그림 5(b)>. 그러나 초기 투자비가 USD 1.7에서 5배 이상 상승하더라도 두 경우 모두 투자임계가격이 투자시기를 지연할 만큼 상승하지는 않았다.

<그림 5> 샤플리 밸류와 이익공유율에 의한 경우 비교(1)



<그림 6> 샤플리 밸류와 이익공유율에 의한 경우 비교(2)



생산단가의 증감은 샤플리 밸류와 이익공유율에 의한 투자임계가격에 미치는 영향이 거의 동일한 것으로 나타났다<그림 6(a)>. 다음으로 마다가스카르 바나나의 상용화 시기(T)의 변동에 따른 투자임계가격의 움직임을 보면, 일단 샤플리 밸류에 의한 경우에는 영향이 없음을 확인할 수 있고, 이익공유율에 의한 경우는 T 가 길어질수록 투자임계가격이 상승할 뿐만 아니라 할인율에 대해서도 더 민감하게 반응하는 것을 볼 수 있다 <그림 6(b)>.

V. 결론

많은 기업들이 나고야의정서 발효 이후로 유전자원 이용에 따른 이익공유라는 문제에 직면해 있다. 그 동안 이와 같은 제약 없이 유전자원 내지 생물자원을 원료로 하여 상품과 제품을 생산·판매하여 수익을 올렸으나, 앞으로는 유전자원을 이용해서 발생하는 금전적·비금전적 이익을 유전자원 제공국과 공유하게 되어 추가적인 비용 요소가 발생하게 된 것이다. 유전자원을 활용한 사업에 대한 투자 의사결정을 위해 이에 대한 고려와 평가가 필요하게 되었다. 유전자원 이용 이익을 어떻게 공유할지에 대해 관련 규정은 상호합의된 조건(MAT)에 의하도록 정하고 있지만, 입법을 통해 이익공유 방법을 미리 정한 국가들도 있다.

따라서 본 연구에서는 유전자원 이용 프로젝트를 이익공유 당사자 간의 협력게임으로 보고, 발생한 이익에 대한 각자의 한계공헌도를 고려하여 도출한 해인 샤플리 밸류를 이익공유 방안으로 하여 해당 프로젝트에 대한 경제성 평가를 위한 모형을 설정하였다. 그리고 일부 국가의 예에서처럼 법령으로 정한 이익공유율에 의한 이익공유 방안의 경우도 모형화하여 양자를 비교·분석하였다.

실증분석은 현재 유전자원의 보전이 필요한 캐번디시 바나나를 대상으로 하였다. 우리가 즐겨먹는 과일 중 하나인 바나나는 반세기 전 파나마 병으로 인해 그로스 미셸 품종에서 캐번디시 품종으로 교체된 경험이 있다. 그런데 다시 그 파나마 병의 한 변형에 의해 캐번디시 품종마저 생존이 위협받고 있다. 따라서 병에 저항성이 있는 야생 품종을 발견해 보급하거나 유전적 조작을 통해 새로운 품종을 만들어 내야 하는 상황이다. 마다가스카르에서 파나마 병에 저항성을 가진 바나나 품종이 발견되었으나, 멸종 위기종에 해당하여 보호 조치가 시급한 것으로 알려졌다. 그래서 본 연구는 이 마다가스카르 바나나의 유전자를 보존하고 이를 이용해 상업화하는 프로젝트를 가정하여 앞서 설정한 모형을 통해 분석을 진행하였다. 주어진 조건 하에 샤플리 밸류에 의한 경우와 이익공유율에 의한 경우 모두 경제성이 충분히 있는 것으로 나타났다. 현재 바나나 가격 수준에서는 투자임계가격에 영향을 미치는 다른 변수들이 급격하게 또는 동시에 변하지 않는 이상 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 이익공유 방법이 협상을 통해 어떻게 정해지는가에 따라 분석 모형과 분석 결과는 달라질 것이다. 그리고 실제 협상에서는 금전적 이익뿐만 아니라 비금전적 이익까지 포함하여 상호합의가 이루어질 것이므로 비금전적 이익을 투자분석 시 어떻게 고려할 것인지에 대한 고민도 필요하다. 본 연구에서 이익공유 방법으로 살펴본 샤플리 밸류와 이익공유율에 의한 경우 외에 내쉬의 협상문제(bargaining problem)로도 접근해 볼 수 있을 것이며, 유전자원 제공국과 다수의 이용자 간의 협력문제로 확장해 이용자 간의 비용 및 이익 분배에 관해 추가적으로 살펴볼 수도 있을 것이다.

이익공유 방안을 결정해야 하는 관련 당사자들에게는 다양한 이익공유 방법에 의한 분석은 협상 시 유용한 자료가 될 것이며, 특히 유전자원을 이용해야 하는 기업에게는 대상 사업의 투자성을 보다 정밀하고 다각적으로 검토할 수 있는 기회를 제공할 것으로 사료된다.

[References]

- 김성섭·서상택, “사플리가치를 이용한 수박 브랜드 통합의 경제적 이익 배분 연구”, 「농업경제연구」, 제53권 제2호, 2012, pp. 33~54.
- 김지희·위영민·주성관, “Shapley Value를 이용한 수요반응 프로그램 참여자의 전력 구매 비용 절감 기여도 산정”, 「전기학회논문지」, 제58권 제12호, 2009, pp. 14~17.
- 남영식·홍원경, “나고야의정서 하에서의 제약산업 최적 R&D 투자관리 연구: 기업간 경쟁을 고려한 실물옵션분석”, 「보건경제와 정책연구」, 제22권 제4호, 2016, pp. 21~58.
- 박노형·정명현·이선, “유전자원 접근 및 이익공유에 관한 나고야의정서의 주요 과제에 대한 법적 분석”, 「안암법학」, 제47권, 2015, pp. 111~142.
- 박용하·김준순·최현아, “우리나라의 나고야의정서의 가입이 바이오산업에 미치는 경제적 영향 분석”, 「환경정책연구」, 제11권 제4호, 2012, pp. 39~57.
- 박호정, 『실물옵션과 투자분석-불확실성과 경제성 평가』, 리얼포털, 2018
- 박호정·정병관, “나고야의정서 하에서 생물유전자원 이용의 최적계약 연구”, 「자원환경경제연구」, 제26권 제1호, 2017, pp. 85~101.
- 박호정, “유전자원 이용에 관한 나고야 의정서의 산업계 파급효과 분석”, 「한국경제포럼」, 제5권 제3호, 2012.
- 사라 레어드·레이첼 윈버그, 『유전자원 접근과 이익공유 사례 연구』, (국립생물자원관 옮김), 국립생물자원관, 2012.
- 생명공학정책연구센터, “국내 신약개발 현황”, [http://www.bioin.or.kr/board.do? num=218992&cmd=view&bid=industry&cPage=1&cate1=all&cate2=all2&s_key=title&s_str=신약개발&sdate=&edate=](http://www.bioin.or.kr/board.do?num=218992&cmd=view&bid=industry&cPage=1&cate1=all&cate2=all2&s_key=title&s_str=신약개발&sdate=&edate=), 2011.
- 성숙경, “게임이론 접근법에 의한 부산항 컨테이너부두의 비용배분에 관한 연구”, 「한국항만경제학회지」, 제24권 제3호, 2008, pp. 23~35.
- 송양훈·유진채·공기서·김미옥·안소은, “Shapley Value를 이용한 안양천 유역 통합관리 계획에 따른 비용분담방안의 연구”, 「환경정책연구」, 제9권 제2호, 2010, pp. 3~19.
- 장희선·박호정, “나고야의정서 하에서의 국내 제약산업의 천연물 신약 R&D 투자옵션 연구”, 「보건경제와 정책연구」, 제18권 제3호, 2012, pp. 121~138.
- 전영섭, “사플리밸류를 응용한 비용배분의 공정성”, 「경제논집」, 제30권 제2호, 1991.
- Pindyck, R. and Rubinfeld, 『미시경제학 제7판』, (박원규, 강정모, 이상규 옮김), 시그마프

- 레스, 2010.
- ABS산업지원센터, 유전자원의 이용에 따른 금전적 이익 공유, 2015.6.19. (http://www.abs.kr/2015/06/19/bbs51_69/)
- Dixit, A. and R.S. Pindyck, Investment under Uncertainty, Princeton University Press, 1994.
- FAO, “The Changing Role of Multinational Companies in the Global Banana Trade”, FAO, 2014.
- Filar, J. A. and P. S. Gaertner, “A regional allocation of world CO₂ emission reductions”, *Mathematics and Computers in Simulation*, Vol. 43, 1997, pp. 269~275
- Ordonez, N., M. F. Seidl, C. Waalwijk, A. Drenth A, Kilian A, B.P.H.J. Thomma, et al., “Worse Comes to Worst: Bananas and Panama Disease: When Plant and Pathogen Clones Meet”, *PLoS Pathog*, Vol. 11, No. 11, 2015.
- Park, S., “Fair Revenue Sharing for Public Transportation System in Seoul Metropolitan Area”, 「재정학연구」, Vol. 4, No. 3, 2011, pp. 135~162.
- Roth, A. E., Introduction to the Shapley value, In A. E. Roth (Eds.), *The Shapley value: essays in honor of Lloyd S. Shapley*, Cambridge University Press, 1988, pp. 1~27.
- Shapley, L. S., “A Value for n-Person Games”, In H. W. Kuhn and A. W. Tucker, (Eds.), *Contributions to the Theory of Games II*, (pp. 307~17), *Annals of Mathematics Studies* 28, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1953.
- ter Steege, H., N. C. A. Pitman, T. J. Killeen, W. F. Laurance, C. A. Petes, J. E. Gueara, et al., “Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species”, *Science Advances*, Vol. 1, No. 10, 2015.
- Tsay, R. S., *Analysis of financial time series*, Wiley, 2002.
- USDA Foreign Agricultural Service, “GAIN Report”, No. EC1109, 2011.5.25.
- Yeung, D. W. K. and L. Petrosyan, “Dynamically stable corporate joint ventures”, *Automatica*, Vol. 42, 2006, pp. 365~370.