

유전자원 이용에 관한 나고야의정서의 산업계 파급효과 분석*

박 호 정 (고려대학교 식품자원경제학과 교수)

1. 서 론

2010년 10월에 제10차 생물다양성협약 당사국 총회를 통해 이른바 나고야 의정서(Nagoya Protocol)가 채택됨에 따라 그동안 접근이나 이용에 크게 제약이 없었던 유전자원에 대한 인식과 활용방안이 크게 바뀔 것으로 예상된다. 나고야의정서는 생물다양성협약 하에 유전자원의 접근 및 이익공유(ABS: Access to Genetic Resources and Benefit Sharing)라는 구속적인 국제규범을 마련하기 위해 그동안 국제사회가 노력한 결과물이다. ABS국제규범이 발효되면, 생물유전자원을 이용하기 위해서는 자원보유국으로부터 사전허가를 받아야만 접근이 가능하며, 또한 유전자원을 이용해서 발생하는 이익을 공유해야만 한다. 타결된 나고야의정서에는 유전자원을 이용한 파생품의 포함여부, 모니터링의 방법론 등 미결정된 세부사항이 많으나, 이는 향후 정부간협의체를 통해 결정될 전망이다.

나고야의정서를 통해 국내의 자생생물 유전자원에 대한 권리를 국제사회에서 인정받을 수 있으므로 자원의 무형적 가치를 경제적인 가치로 유형화하는데 기여할 수도 있다. 반면, 해외로부터 유전자원을 도입하여 이용하는 국내 관련기업이나 연구기관에 경제적 부담을 초래할 수도 있다.

ABS국제규범이 기업의 R&D투자에 미칠 파급효과에 대한 경제학적 연구는 아직까지 국내뿐만 아니라 해외에서도 기초적인 단계에 머물러 있으며, 대부분의 연구가 생물종다양성에 초점을 두었다. Grajal(1999)는 많은 생물유전자원들을 보유한 개발도상국들이 생물다양성에 대한 입법화를 추진하고 있는 현황을 보고하고, 이것이 관련 연구기관들에 어떠한 영향을 미칠 것인지에 대해

* 본 연구는 한국생명공학연구원의 지원을 받아 수행한 “유전자원의 접근 및 이익공유에 따른 산업계 파급효과 분석 및 대응방안 연구”의 일부를 재정리한 것임을 밝혀둔다.

논의하였으나 정량적인 분석결과는 제시하지 않았다. Oldham and Hall(2009)은 PATSTAT(World Patent Statistical Database)의 특허데이터를 활용하여 ABS국제규범이 생물종다양성에 미치는 영향을 분석하였다. Ferrara and Missios(2008)은 유전자원에 대한 로열티지급과 정부의 규제를 포함한 ABS국제규범이 기업의 R&D투자에 미치는 영향을 분석한 이론적 논문으로서, 정부가 세금보다는 보조금 중심의 정책을 시행할 때에 기업이 불확실한 시장 환경에서 투자를 보다 적절히 유도할 수 있음을 보였다.

국내의 ABS국제규범 관련 대부분의 연구는 유전자원의 접근 및 이익공유에 대한 국제협상 동향을 소개하고 이에 대한 국내 대응책의 살펴보는데 초점을 두었다. 이재곤(2002)은 유전자원에의 접근과 이익공유문제에 대한 UNEP에서의 논의동향을 소개한 바 있으며, 특허청(2009) 보고서는 생물다양성 및 ABS국제규범과 관련한 국내·외 사례를 조사하였다. 최근, 장희선·박호정(2012)은 국내 제약산업에 국한하여 나고야의정서로 인한 경제적 파급효과를 분석한 바 있다.

본 논문의 목적은 향후 발효될 나고야의정서가 국내 관련 산업계에 미치는 파급효과를 해외유전자원을 이용하는 산업계를 대상으로 분석하고, 이에 대한 대응방안을 연구하는데 있다. 생물자원의 보존에 초점을 둔 생물다양성협약과는 달리, ABS국제규범, 즉 나고야의정서는 유전자원의 이용과 그로 말미암은 산업계 이익의 배분이라는 측면에서 논의되고 있으므로, 본 연구 역시 생물자원의 보존가치를 논하기 보다는 경제적 파급효과의 분석에 초점을 두었다.

2. 나고야의정서의 경과

생물다양성협약 하에 유전자원의 접근 및 이용에 관한 노력의 일환으로 유전자원의 접근 및 이익공유를 위한 ABS라는 보다 구속적인 국제규범을 만들기 위한 작업이 그동안 계속 진행되어왔다. 우선, 2002년에 ABS에 대한 이른 바 ‘본 가이드라인(Bonn Guideline)’이 채택되었는데, 이는 법적 구속력은 제공하지 않으며 다만 ABS의 국내이행을 위한 실질적인 지침을 제공하는데 의의가 있었다. 이후 생물다양성협약의 당사국총회 등을 통해 지속적으로 ABS국제규범의 실현을 위한 논의가 이루어졌다. 2002년 네덜란드에서 열린 제6차 생물다양성협약 당사국총회에서는 각 나라가 보유하고 있는 유전·생물학적 자원에 대한 권리를 인정하도록 하였으며, 다른 나라가 이를 이용한 제품을 개발했을 때 상호 협력을 통해 개발원 인정여부를 따지거나 이익을 공유하도록 하는 유전자원의 접근 및 이익공유에 대한 본 가이드라인을 마련, 유전·생물학적 자원에 대한 국가적 자본화에 대한 논의가 본격적으로 시행되었다.

지난 2010년 10월 일본 나고야에서 열린 제10차 당사국총회에서는 국제협약 형태의 ‘ABS국제레짐’을 위한 이른 바, 나고야의정서가 극적으로 채택되었다. 향후 본격적으로 나고야의정서가 발효되면, 각국이 가진 생물학적 자원에 대한 권리가 강화되어 특허 취득이 까다로워지거나 이미 획득한 특허도 취소될 수 있을 것으로 전망된다. 의정서의 핵심 구성요소에는 사전통보동의(PIC:

Prior Informed Consent)와 상호합의조건(MAT: Mutually Agreed Terms)가 있다. 사전통보동의, 즉 PIC에 의하면 유전자원 이용국은 보유국의 사전승인을 확보해야 한다. 그리고, PIC를 통한 유전자원에 대한 접근은 최저의 비용으로 용이하여야 하며, 접근에 대한 제한은 생물다양성의 목적에 부합하는 법적 근거에 의해서만 적용되어야 한다. 상호합의조건, 즉 MAT에 의하면, 유전자원의 형태와 양, 활동의 지리적 범위, 물질의 가능한 용도, 자원에 대한 소유, 이익공유 등에 대한 구체적인 조건이 합의되어야 함을 요구하고 있다.

이와 같은 PIC와 MAT이 국내의 제약·화장품·식품산업 등에 어떠한 영향을 미칠지는 정확히 전망하기 어렵다. 하지만 우리나라는 상대적으로 천연자원이 부족하여 제약·화장품 산업의 원료로 다량의 천연물을 해외로부터 수입하거나 수입한 식물들을 국내에서 재배하여 사용하고 있는 상황임을 고려할 때, 그 영향이 상당할 것으로 전망된다. 앞서 ‘본 가이드라인’에서는 유전자원 자체 외에 유전자원을 이용해서 만들어진 파생물(derivative)까지도 ABS에 포함될 것을 권고하고 있어, 해당 규범이 도입될 경우 바이오·생물 산업에의 영향이 심대할 것이다.

3. 실증분석

1) 분석모형

바이오산업은 대표적인 고수익고위험(High-risk & High-return)군에 속하는 산업으로, 기초원천기술 연구에 대한 의존성이 크기 때문에 초기에 장기간의 연구개발투자가 필요하고 회임기간이 타 산업에 비해 길다는 특징을 가진다. 본 연구에서는 바이오산업의 생산물가격과 R&D투자의 성공가능성에 대한 불확실성을 고려한 가운데 동태적관점에서의 기업의 R&D투자 의사결정모형을 제시하고, ABS국제규범의 국내 바이오산업계 파급효과를 분석하도록 한다. 실물옵션(real options)의 관점에서 바이오산업의 생산물가격과 R&D투자의 성공확률에 불확실성을 도입한 기업 R&D투자 의사결정모형을 제시하도록 하며, 투자의 최적시점은 투자를 촉발시키는 기업의 매출액 수준으로 정의한다. 매출액의 증가는 기업의 R&D투자역량을 증대시키는데, 이때 매출액의 어느 임계수준을 넘어서면 기업은 R&D투자 성공의 불확실성, 투자의 비가역성을 감내하고 투자를 이행하는 것이 바람직할 것이다. 그러나 매출액이 이 임계수준까지 상승하기 전에는 비가역적이고 성공여부가 불확실한 R&D투자옵션을 행사하지 않는 것이 최적이다.

우선, 생산물가격 $p(t)$ 가 다음과 같은 기하학적 브라운 운동(geometric Brownian motion)의 확률과정을 따른다고 가정한다.

$$dp(t) = \mu p(t)dt + \sigma p(t)dz$$

dz 는 $E(dz) = 0$, $Var(dz) = dt$ 를 만족하는 위너과정(Wiener process)을 의미하며, $p(t)$ 의

기대증가율인 μ 와 순간변동율 σ 는 시간에 관계없이 일정한(time invariant) 상수이다. 기업의 생산함수는 일반적인 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 생산함수의 형태인 $Q(R) = L^{\alpha_1} K^{\alpha_2} R^{\alpha_3}$ 로 가정하며, 또한 $wL + rK + sR$ 는 기업의 지출을 나타내는 함수로서, w 는 임금, L 은 노동자 수, r 은 자본의 사용자비용, K 는 자본스톡, s 는 R&D스톡의 사용자비용, 마지막으로 R 은 R&D스톡을 의미한다. 투자를 통해 R&D스톡은 R_0 에서 R_1 으로 증가한다.

기업이 R&D투자에 성공할 경우 $m_0 Q(R_1)$ 만큼의 매출액 증가분이 발생하는데, ABS국제규범 하에서 의무적으로 자원보유국과 공유하게 되는 매출액 증가분에 대한 일정부분을 g 라고 하면 최종적인 매출액 증가분은 $\lambda_0 m_0 Q(R_1)(1-g)$ 와 같이 표현할 수 있다. 반면 기업이 R&D투자를 수행하고 있지 않은 상황이라면 경쟁기업이 R&D투자에 성공할 경우 매출액이 감소하게 될 위험을 부담해야 하며, 이 때 매출액의 감소분은 $-\lambda_1 m_1 Q(R_0)$ 와 같이 표현된다. 이와 같은 논의를 종합하면 ABS국제규범 하에서 R&D투자 여부를 고려하는 바이오기업의 목적함수는 다음과 같다.

$$V_1(p) = E_0 \int_0^{\infty} (Q(R_1)p - (wL + rK + sR_1) + m_0 Q(R_1)p(1-g)dq_0 - m_1 Q(R_0)p dq_1) e^{-\rho t} dt \quad (1)$$

$s.t. \quad dp = \mu p dt + \sigma p dz$

ρ 는 무위험이자율을 나타내며 E_0 는 시점 $t=0$ 에서의 기대연산자임. $p(t)$ 가 임계점 p^* 보다 높은 수준으로 증가하면 기업은 R&D투자를 이행하는 것이 최적이다. 위와 같은 목적함수로부터 최적투자임계점 p^* 를 도출하면 다음과 같다.²⁾

$$p^* = \left[\frac{\beta-1}{\beta} \left(\frac{\Omega_1 + \Omega_2}{\rho - \mu} \right) \right]^{-1} \left[C + R_1 - R_0 + \frac{s(R_1 - R_0)}{\rho} \right] \quad (2)$$

여기에서,

$$\Omega_1 = Q(R_1) - Q(R_0) + \lambda_0 m_0 Q(R_1)p(1-g)$$

$$\Omega_2 = -\lambda_1 m_1 Q(R_0)$$

식 (2)의 우변에서 $\beta/(\beta-1)$ 은 실물옵션모형에서 불확실성과 투자의 비가역성을 반영함으로써 나타나는 투자의 지연효과(hysteresis)를 의미하며 이 값이 클수록 투자에 대한 지연효과가 크게 된다. 또한 Ω_1 은 ABS국제규범 하에서 새로운 R&D투자를 통한 추가적인 매출액의 증분은, Ω_2 는 경쟁기업의 R&D투자 성공으로 인한 매출액의 감소분을 의미한다. 따라서 Ω_1 이 증가할수

2) 자세한 전개과정은 지면관계상 생략하고, 기본적인 방법론은 Dixit and Pindyck(1994)와 동일하게 확률동태 프로그램을 통해 이용하였음.

록 최적투자임계점 p^* 는 낮아지며, Ω_2 이 감소할수록(즉, Ω_2 의 절대값이 커질수록) 최적투자임계점 p^* 가 낮아진다.

위 실물업선 모형을 바탕으로 바이오산업에 대한 과급효과를 실증적으로 분석하기 위해서는 기업의 R&D와 성과에 대한 이해가 필요하다. Klette(1996)는 불완전경쟁시장에서 단기에 이윤을 극대화하려는 목적을 가진 기업의 입장에서 지식스톡이 아닌 연구개발투자를 바로 설명변수로 이용할 수 있는 모형을 제시하고 있는데, 우선 지식스톡의 축적과정을 다음과 같이 가정하였다.

$$K_{i,t+1} = \Omega_{it} K_{it}^{\rho-v} R_{it}^v \quad (3)$$

식 (3)에 의하면 기업 i 의 다음기의 지식스톡 $K_{i,t+1}$ 은 현재의 지식스톡 K_{it} 및 현재의 연구개발투자 R_{it} 에 의해서 결정되며, Ω_{it} 는 평균이 1인 랜덤변수(random component)이다. ρ 는 지식생산과정에서 규모의 경제를 나타내며 v 는 연구개발투자의 생산성을 의미한다. 또한 Klette (1996)는 생산함수에 있어서 총요소생산성에 해당하는 성과지표(performance index) \hat{a}_{it} 를 다음과 같이 정의하고 있다.

$$\hat{a}_{it} \equiv \hat{s}_{it} - \sum_{l=M,L} \bar{\theta}_{it}^l (\hat{x}_{it}^l - \hat{x}_{it}^C) - \hat{x}_{it}^C \quad (4)$$

식 (4)에서 모든 변수는 대표기업(reference firm)과 개별기업 사이의 비율로 정의 되며, 실증분석에서 대표기업은 중간값(median value)을 적용하였다. \hat{s}_{it} 는 매출액, $\bar{\theta}_{it}^l$ 은 중간재 M 과 노동 L 의 두 투입요소비용에 대한 매출액 대비 비중, \hat{x}_{it}^C 는 당기의 자본스톡, \hat{x}_{it}^l 은 당기의 노동투입요소를 나타낸다. 따라서 Klette(1996) 모형에서의 성과지표는 근본적으로 솔로우 잔차(Solow residual)를 톨퀴비스트지수(Tornquist index)로 계산한 것으로 볼 수 있다. 다음으로 Klette(1996)는 기업의 생산성 함수를 다음과 같이 도출하였다.

$$\begin{aligned} \hat{a}_{it} = & (\rho-v)\hat{a}_{i,t-1} + (\epsilon/\mu-1)\hat{x}_{it}^C - (\rho-v)(\epsilon/\mu-1)\hat{x}_{i,t-1}^C \\ & + \gamma v \hat{r}_{i,t-1} + \hat{e}_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)에서 $\hat{x}_{i,t-1}^C$ 는 전기의 자본스톡, $\hat{r}_{i,t-1}$ 은 전기의 연구개발투자를 의미한다. 이론적으로 식 (5)에는 종속변수의 전기치가 설명변수로 포함되어 있으므로, 현재의 지식스톡은 무한대의 과거치부터 1년 전기까지의 연구개발투자에 의존하며 현재의 연구개발투자는 무한대의 미래에 이르기까지 영향을 준다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 위 모형을 바탕으로 50개 국내 바이오기

업의 패널데이터를 구축, 산업계과급효과에 대한 실증분석을 수행하도록 한다.

2) 데이터 분석

국내 50개 바이오기업들의 2003년~2009년 패널데이터를 활용하였다. 한국바이오협회에서 2003년 이후 매년 수행하고 있는 국내 바이오산업에 대한 실태조사에서도 나타나는 바와 같이, 국내 바이오산업의 경우 총 종사자 규모가 50명 이하인 기업이 전체의 62.1%, 1996년 이후 창업한 기업이 59.8%로 소규모의 기업이 많은 것이 현실이다. 본 연구에서는 국내 대형 제약회사들을 비롯한 분석에 필요한 데이터가 존재하는 중견규모 이상의 바이오기업들로 분석대상을 한정하였다. 각 기업별 데이터는 한국신용평가의 기업재무제표를 이용하였으며, 부가가치의 경우 손익계산서의 경상이익인건비, 순금융비용, 임차료, 조세공과와 감가상각비를 합하였으며 순금융비용이란 사채이자와 이자비용, 이자수익을 합한 비용으로 구하였다. 자본의 경우 대차대조표의 유형고정자산을 이용하였으며, R&D스톡은 손익계산서의 경상연구개발비와 제조원가명세서의 연구개발비를 이용하였다. 구체적으로 본 연구에서의 R&D스톡의 추계는 과학기술정책연구원(2002)에서 이용한 방법과 같이, $TS_t = TF_t + (1 - \delta)TS_{t-1}$ 로서, 여기에서 TS_t 는 t 시점에서의 R&D스톡, TF_t 는 t 시점에서의 새로운 R&D투자, δ 는 R&D스톡의 감가상각율을 나타낸다. 상기 방법을 이용하여 50개 바이오기업의 R&D스톡을 추계하였으며, R&D스톡의 감가상각율 δ 는 과학기술정책연구원(2002)에 따라 0.14286의 값을 적용하였다. 이후 부가가치는 2005년을 기준으로 생산자물가지수로 불변화하였으며 그 외의 변수들은 2005년을 기준으로 GDP디플레이터로 불변화하였다. 기업재무제표에서 매출액은 중간투입액과 부가가치로 구성되므로 중간투입액은 매출액에서 부가가치를 제한 값을 사용하였다.

<표 1> 기초통계량

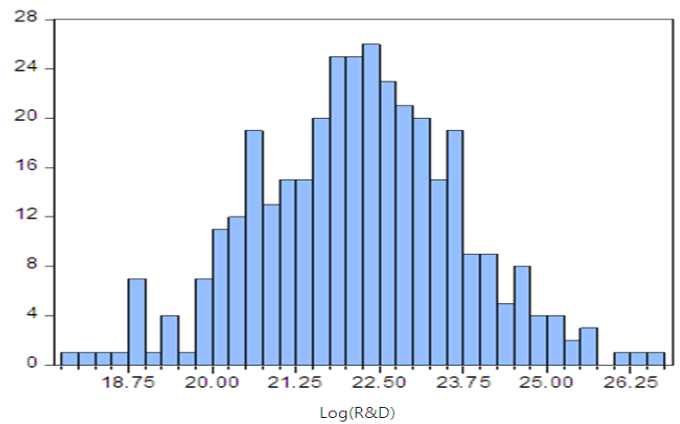
	매출액 (억원)	부가가치 (억원)	노동 (명)	인건비 (억원)	자본 (억원)	R&D스톡 (억원)
평균	1360	229	577	184	530	220
중간값	785	141	383	120	277	76.8
표준편차	1370	221	439	181	641	471
왜도	1.8115	1.9481	1.5376	2.0597	2.5534	5.3539
첨도	6.0194	6.8705	5.0262	4.5103	10.2844	34.1497
표본수	350	350	350	350	350	350

자료: 한국신용평가에서 구축하여 재정리.

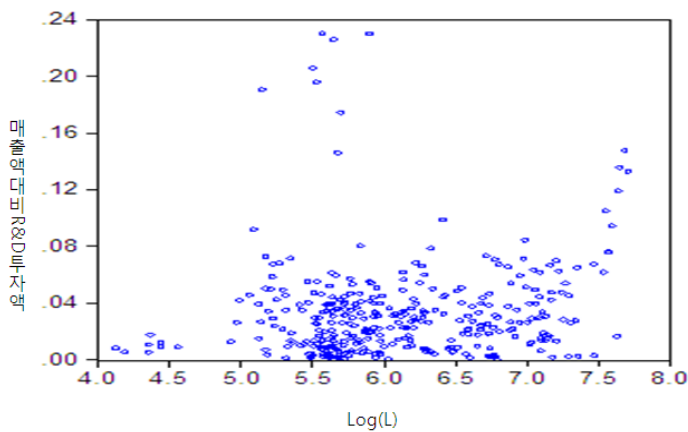
데이터의 특성을 정리한 것이 <표 1>의 기초통계량인데, 가장 큰 특징은 R&D스톡의 왜도와 첨도가 눈에 띄게 높다는 것으로, 이는 R&D투자가 상위기업에 크게 집중되어 있으며 기업 간 차

이도 매우 크다는 것을 보여준다. 그러나 연구개발투자수준을 로그함수로 전환하면 <그림 1>과 같이 정규분포에 가까운 모습을 보여준다. 다음으로 매출액 대비 연구개발투자의 비율로 정의한 연구개발집약도를 기업규모를 나타내는 노동자수에 따라 나타낸 것이 <그림 2>와 같은데, 보이는 것처럼 둘 사이의 규칙적인 관계를 정의하기 힘들다는 것을 알 수 있다.

<그림 1> R&D스톡의 분포



<그림 2> 기업규모에 따른 연구개발집약도



<표 2>는 바이오산업의 콥-더글라스 생산함수를 로그함수로 전환하여 추정한 결과를 보여준다. 모형의 적절성을 판단하는 Hausman검정 결과, 임의효과(random effect)모형에 비해 고정효과(fixed effect)모형이 더 적합하다는 결론을 얻을 수 있었다. 따라서 고정효과모형의 추정결과를

살펴보면, 노동, 자본, R&D스톡의 추정계수가 각각 0.590453, 0.124694, 0.089230으로 도출됨으로써, 국내 바이오산업군의 기업들은 현재 상당히 노동에 대한 비중이 크다는 것을 알 수 있다.

<표 2> 생산함수 추정결과

	고정효과	임의효과
상수항	14.86485*** (0.987505)	14.37161*** (0.683133)
log(노동)	0.590453*** (0.076444)	0.817933*** (0.059163)
log(자본)	0.124694*** (0.046348)	0.062043 (0.039852)
log(R&D스톡)	0.089230*** (0.033025)	0.117094*** (0.020465)

주) *: 10%수준에서 유의, **: 5%수준에서 유의, ***: 1%수준에서 유의.

다음으로 기대증가율 μ 와 분산율 σ 를 추정하기 위해 대상기업의 주가데이터를 이용하였다. 2006년 1월 2일부터 2009년 12월 30일까지 분석대상 기업들의 일일주가데이터를 매주의 평균주식가격을 이용하여 주간데이터(weekly data)로 변환한 뒤 μ 와 σ 의 추정치를 구하였다.

<표 3> 국내 신약개발비 및 매출액

(단위: 억 원)

회사	제품	허가일시	누적매출액	총개발비	평균연간매출액	수익률*
SK제약	선폴라주	1999년7월	99.9	81	9.51	0.1174
대웅제약	이지에프 외용액	2001년1월	32.5	50	4.35	0.087
동화약품	밀리칸주	2001년1월	13	43	1.3	0.0302
SK제약	조인스정	2001년7월	885.7	60	93.23	1.5539
중외제약	큐록신정	2001년12월	157.1	50	17.46	0.3491
동아제약	스틸렌정	2002년6월	2583.7	180	303.96	1.6687
LG생명과학	팩티브정	2002년12월	660	3000	82.5	0.0275
종근당	캄토벨정	2003년10월	126.1	150	18.01	0.12
유한양행	레바넥스정	2005년9월	420	400	84	0.21
동아제약	자이데나정	2005년11월	520	200	104	0.52
부광약품	레보비르캡슐	2006년11월	426.4	1118	106.58	0.0953
대원제약	펠루비정	2007년4월	28	60	8	0.1333
SK케미칼	엠빅스정	2007년7월	55.2	150	15	0.1051
일양약품	놀텍스정	2008년10월	2.3	500	1.15	0.0023
합 계				6,042 ^a	850 ^b	0.1406 ^c

* 평균연간매출액을 총개발비로 나눈 값.

** c는 b를 a로 나눈 값.

이렇게 구한 50개 바이오기업의 μ 와 σ 의 추정치들의 중간값을 기본 파라미터 값으로 적용하였다. 이익공유율은 본 연구를 위해 수행한 설문조사결과를 반영하여 3%를 기준으로 하였다. 다음으로 R&D투자로부터의 수익률에 대한 추정은 다음 <표 3>의 국내 신약개발비 및 매출액에 대한 자료를 이용하였음.

<표 4> 분석에 이용된 파라미터 값

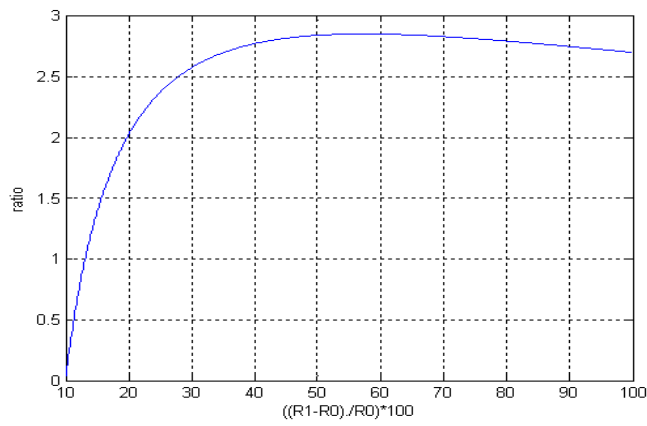
파라미터	값	파라미터의 정의
w	31,493	1인당 인건비 (단위: 천원)
L	383명	노동자 수
r	0.0581	자본스톡의 사용자비용
K	27,702,530	자본스톡 (단위: 천원)
s	0.07	R&D스톡의 사용자비용
R_0	7,680,705	현재 R&D스톡 (단위: 천원)
R_1	$R_0 \cdot 1.13$	새로운 투자를 이행한 후의 R&D스톡
μ	0.005002	생산물가격의 기대증가율
σ	0.171026	생산물가격의 변동율
ρ	0.05	할인율
g	0.03	이익공유(benefitsharing) 비율
m_0	0.1406532	R&D투자 성공시 수입(revenue) 증가율
m_1	0.1406532	경쟁기업의 R&D투자 성공시 수입(revenue) 감소율
λ_0	0.01	R&D투자의 성공에 대한 포아송확률
λ_1	0.07	경쟁기업의 R&D투자 성공에 대한 포아송확률
α_1	0.590453	생산함수에서의 L 에 대한 추정계수
α_2	0.124694	생산함수에서의 K 에 대한 추정계수
α_3	0.089230	생산함수에서의 R_0 에 대한 추정계수
C	$(R_1 - R_0) \cdot 0.001$	MAT 및 PIC에 대한 비용
2006~2009년 평균매출액	78,524,362	2006년에서 2009년까지의 평균 매출액 (단위: 천원)

이밖에 R&D투자에 대한 성공률은 일반적인 신약개발의 성공률로 보고되는 1%, 경쟁기업의 R&D투자에 대한 성공률은 Schwartz(2004)의 연구에 따라 7%를 적용하도록 하며, 생산함수 파라미터는 고정효과모형의 생산함수 추정결과를 적용하였다. 한편 본 연구에서 투자를 촉발하는 최적시점은 기업의 적정매출액 수준인 $S^* = Q(R_1)p^*$ 으로 나타나는데, 결과해석의 편의를 위해서 일종의 B/C ratio와 유사한 적정매출의 최소임계율(threshold ratio of revenue)을 (2006년 - 2009년 평균매출액) / $Q(R_1)p^*$ 로 정의하도록 한다. 사업수익의 리스크를 감안하여 바이오R&D

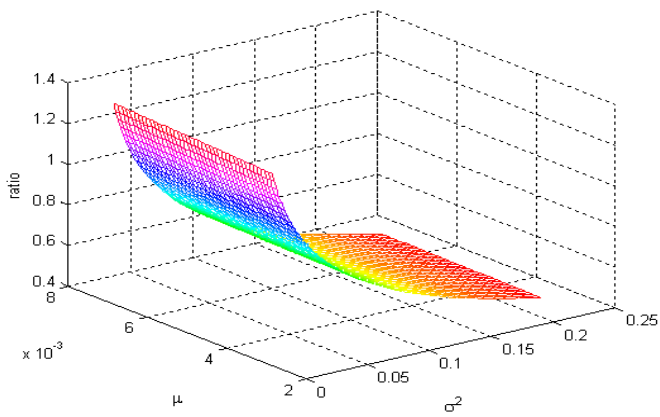
투자비를 보전할 수 있는 매출액의 최소규모 대비 예상매출액 수준으로서, 최소임계율이 1이상이면 투자가 적절하다고 판단할 수 있다. 따라서 최소임계율이 1보다 크면 기업의 현재 매출액 수준이 투자를 촉발하는 매출액 수준보다 크기 때문에 R&D투자의 경제성이 있다는 것을 의미하며, 반대로 1보다 작으면 현재 매출액 수준이 투자를 촉발하는 매출액 수준에 미치지 못하는 것을 의미한다.

<표 4>의 파라미터를 적용하여 시뮬레이션한 결과는 다음과 같다. 우선 <그림 3>은 기업의 R&D투자규모에 따른 최소임계율의 변화를 보여주는데, ABS국제레짐 하에서 일정수준까지 기업의 R&D투자규모를 증대시킬 때 최소임계율이 증가하는 것을 알 수 있다.

<그림 3> 최적 R&D투자규모의 선택



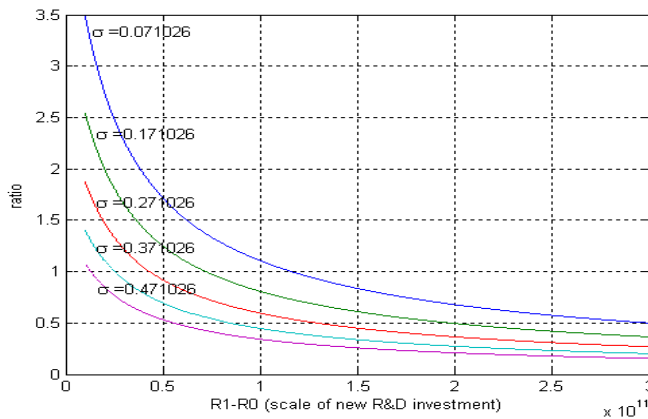
<그림 4> μ 와 σ 에 대한 최소임계율(*ratio*)의 변화



최소임계율이 최대인 경우에 해당하는 R&D투자는 56%로서, 투자의 비용대비효과를 극대화된다. 이처럼 투자효과가 높게 나타나는 이유는 그동안 국내 관련 산업계의 R&D투자가 상당히 낮은 수준에서 형성되었기 때문인 것으로 사료된다. 다음 <그림 4>는 생산물가격의 기대증가율 μ 와 변동율 σ 에 따른 최소임계율의 변화를 나타내며, σ 에 대해 상당히 민감한 것으로 분석되었다.

마지막으로 <그림 5>는 새로운 R&D투자규모, $R_1 - R_0$ 에 따른 민감도분석의 결과를 나타내는데, 기본 파라미터 값에서 최소임계율이 1보다 낮아지는 투자규모의 시점은 약 700억 원~800억 원 수준인 것으로 분석되었다.

<그림 5> 기업의 R&D투자규모에 따른 최소임계율(ratio)의 변화



다음으로 <표 5>는 Klette(1996)에서 정의한 대로 회귀분석을 한 결과를 보여준다. ρ 는 지식 생산의 규모의 경제(rate of return to knowledge capital)를, ν 는 연구개발투자의 생산성을 나타내는 파라미터로 해석할 수 있는데, $\rho=1$ 로 가정한 후 추정계수 값을 이용하여 ν 를 계산하면 0.295992를 얻을 수 있으며, 매출액 대비 기업의 지식스톡(value of the knowledge-capital stock relative to a firm's sales)을 의미하는 γ 의 값은 0.310698로 도출되었다. Klette(1996)의 경우 노르웨이의 기업들의 대상으로 실증분석을 수행하였는데, $\nu=0.2$, $\gamma=0.07$ 로 도출된 것과 비교할 때 국내 바이오산업의 경우 연구개발투자를 통한 기술혁신이 기업 성장에 기여하는 정도가 상당히 큰 것으로 이해된다.

한편 현재 나고야의정서가 발효되지 않아 사례가 부재한 관계로 가상의 시나리오를 설정하여 국내 바이오산업에 미칠 파급효과를 분석해보면 다음과 같다. 의정서가 발효되기 이전의 매출액 수준을, 의정서 발효 이후 기업이 해외생물유전자원에 대한 새로운 R&D투자를 이행할 때, 예상 매출액 수준과의 차이와 비교하는 방식을 취하였다.

<표 5> 바이오기업의 생산성 함수 추정결과

상수항	0.043533*** (0.005415)
성과지수-1	0.704008*** (0.054624)
자본스톡	-0.937527*** (0.076347)
자본스톡-1	0.793476*** (0.073411)
R&D투자-1	0.091964*** (0.020060)

주) *: 10%수준에서 유의, **: 5%수준에서 유의, ***: 1%수준에서 유의.

한편 의정서의 이익공유(benefit sharing) 방식으로는 매출액 기준 일정부분 로열티 지불이 있다. 본 연구에서는 앞서 기업들을 대상으로 한 설문조사에서 나타난 바와 같이, 대부분의 기업들이 가장 선호하는 방식으로 매출액 증가분의 일정부분을 이익공유를 위해 지불한다고 가정하였으며, 1%에서 5%까지에 대한 민감도분석을 실시하였다.

<표 6> 나고야의정서 발효 이전의 R&D투자에 따른 매출액의 변화 (R&D12%~15%)

	R&D12%	R&D13%	R&D14%	R&D15%
매출액 변화율	0.062952	0.06789	0.072784	0.077635

<표 6>의 결과는 의정서 발효 이전, 즉, 이익공유를 고려하지 않은 상태에서 기업의 R&D투자가 현재 스톡의 12%에서 15%만큼 이루어졌을 때 매출액의 변화율을 분석한 결과를 보여준다. 이익공유를 고려하지 않을 경우 기업의 매출액 증가율은 약 6.2%에서 7.7%수준인 것으로 분석된다.

다음 <표 7>의 결과는 나고야의정서의 발효 이후, 즉, 이익공유를 고려한 상태에서 기업의 R&D투자가 현재 스톡의 12%에서 15%만큼 이루어졌을 때 매출액의 변화율을 분석한 결과를 보여준다. 의정서 발효 시의 이익공유를 반영할 경우 기업의 매출액 증가율은 약 1.1%에서 3.5%수준인 것으로 분석되었다.

한편 <표 7>에서 파급효과란 이익공유를 반영하였을 때의 매출액의 증가율과 <표 6>의 이익공유를 반영하지 않았을 때의 매출액의 증가율의 차이를 의미하며, 이러한 ABS국제규범의 국내 바이오산업 내 파급효과는 약 -4.1%에서 -5.4%까지 이르는 것으로 분석되었다. 또한 <표 7>에서 수익률이란, R&D투자율 대비 매출액증가율을 의미하는 것으로 R&D투자가 증가할수록 수익률 또한 체증하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 바이오산업계 파급효과를 2009년 바이오산업의

매출액을 기준으로 계산해보면, 연간 약 22억원에서 71억원의 나고야의정서 준수비용에 대한 부담이 증가하는 것으로 분석된다. 물론 이는 나고야의정서 하에서의 바이오파생상품이나 소급적용을 배제한 것으로서, 이를 고려할 경우 비용부담은 더욱 증가할 것이다.

<표 7> 나고야의정서 발효 시 R&D투자에 따른 매출액의 변화 (R&D12%~15%)

	이익공유비율				
	1%	2%	3%	4%	5%
R&D12%	0.021494	0.018973	0.016451	0.013927	0.011402
파급효과	-0.04146	-0.04398	-0.0465	-0.04903	-0.05155
수익률	0.179117	0.158108	0.137092	0.116058	0.095017
R&D13%	0.026246	0.02354	0.020833	0.018123	0.015412
파급효과	-0.04164	-0.04435	-0.04706	-0.04977	-0.05248
수익률	0.201892	0.181077	0.160254	0.139408	0.118554
R&D14%	0.030959	0.028071	0.025181	0.022289	0.019395
파급효과	-0.04183	-0.04471	-0.0476	-0.0505	-0.05339
수익률	0.221136	0.200507	0.179864	0.159207	0.138536
R&D15%	0.035631	0.032565	0.029496	0.026424	0.023351
파급효과	-0.042	-0.04507	-0.04814	-0.05121	-0.05428
수익률	0.23754	0.2171	0.19664	0.17616	0.155673

4. 요약

바이오산업은 연구개발비중이 크고 원천기술확보가 중요한 기술집약적 고부가가치 산업으로서, 전 세계 각국이 정책적으로 지원 및 육성하고 있는 차세대 성장동력산업이다. 정보통신산업 이후 세계 경제를 선도할 핵심 전략산업 분야로 급부상하고 있으며, 고령화·환경·에너지 등 인류의 난제를 극복할 수 있는 핵심기술로 그 중요성이 크게 부각되고 있다. 이에 일본·미국·유럽 등 선진국들은 정부주도 하에 바이오공학기술의 선점 및 글로벌 시장을 주도하기 위한 노력을 강화하고 있으며, 우리나라 역시 1983년 생명공학육성법을 제정한 이래 지난 2006년에는 제2차 생명공학육성기본계획을 수립하는 등 2016년 세계 생명공학 7위 강국 진입을 목표로 바이오산업을 발전시키기 위한 다양한 정책을 추진하고 있다.

이와 같은 상황에서 1992년 채택된 생물다양성협약의 다양한 의제 중 최근 진행되고 있는 생물유전자원의 접근 및 이익공유 협상은 생물유전자원의 관리에 대한 국제적 규범을 확립하기 위한 노력의 일환이다. 특히 2010년 10월 일본 나고야에서 열린 제 10차 생물다양성협약 당사국총회에서는 ABS국제규범에 대한 나고야의정서가 채택되었으며, 이러한 ABS국제규범이 가시화될 경우 유전자원 관련 산업 및 연구에 직·간접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

본 연구에서는 나고야의정서가 국내 바이오산업에 가져올 영향에 대해 각 기업의 R&D투자 및 전반적인 산업계 파급효과의 두 가지 관점으로 나누어 분석하였다. 분석결과, 의정서가 발효될 경우 로열티 지불 등으로 인한 기업들의 추가적인 비용부담은 증가할 것으로 나타났으며, 로열티 지불의 규모는 연간 약 22억원에서 71억원 정도에 이르는 것으로 분석되었다. 또한 본 연구의 이러한 분석결과는 나고야의정서의 범위가 바이오파생품에 대한 것까지 포함할 경우는 고려하지 않은 것으로, 바이오파생품이 포함될 경우 그 파급효과는 더욱 커질 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에서의 결과는 바이오관련 기업의 투자가 투자를 하지 않았을 때보다도 충분히 경제성이 있는 것으로 보고되기 때문에, 시장 선점의 차원에서 적극적인 R&D투자를 고려해야 할 것이다.

의정서를 채택하는 과정에서 바이오파생품의 포함 여부에 대해서는 합의에 이르지 못하였으며, 향후 국가간협의체를 통해 결정될 예정이다. 따라서 본 연구를 통해 도출된 경제적 파급효과는 보수적인 측면에서, 즉, ABS국제규범의 예상 파급효과에 대한 하한선의 규모로서 받아들여야 할 것이다. 또한 장기적인 관점에서 바이오산업을 육성하고 신·유망산업에 기회요인을 창출하기 위해서는 R&D에 대한 적극적인 투자가 필요한 바, 블록버스터급의 제약R&D에 성공을 목표로 한 기초연구 및 유전자원에 대한 개발, 상용화 단계까지 이르는 과정에서의 기업의 적극적인 투자, 정부의 직·간접적인 지원의 유기적인 관계가 형성되어야 할 것이다. 하지만 현재 국내 바이오기업들의 R&D투자는 상위기업에 크게 집중되어 있으며 중소기업인 대부분의 기업들은 연구개발을 하지 않거나 못하고 있는데, 그 근본적인 원인의 하나는 연구개발을 위해 필요한 초기비용, 또는 고정비용이 중소기업이 개별적으로 감당할 수 있는 수준보다 높기 때문인 것으로 보인다.

■ 참고문헌

- 과학기술정책연구원, 연구개발투자와 지식축적량의 국제비교, 2002.
- 이재곤, 유전자원에의 접근과 이익공유문제에 대한 UNEP에서의 논의동향, 『충남대학교 법학연구』, 제13권 제1호, 2002, pp.59-84.
- 장희선·박호정, 나고야의정서 하에서의 국내 제약산업의 천연물 신약 R&D 투자옵션 연구, 『보건경제와정책연구』, 제18권 제3호, 2012, pp.121-138.
- 조순로·설성수, 생물자원의 관리와 정책, 『기술혁신학회지』, 제11권 제2호, 2008, pp.219-240.
- 특허청, 해외유전자원과 전통지식의 효과적 이용방안 및 합리적 국제보호 방안, 2009.
- 한국바이오협회, 2008년도 국내바이오산업통계, 2009.
- Dixit, A. and R. Pindyck, Investment under Uncertainty, Princeton University Press, 1994.
- Ferra, I. and P. Missios, Implications of Uncertainty and Spillovers for Access and Benefit Sharing Agreements, Ryerson University, 2008.
- Grajal, A., Biodiversity and the Nation State: Regulating Access to Genetic Resources Limits Biodiversity Research in Developing Contries, Society for Conservation Biology, 1999.

- Hansen, L.P., Large Sample Properties of a Generalized Methods of Moments Estimates, *Econometrica*, 1982.
- Klette, T.J., R&D, Scope Economics, and Pland Performance, *RAND Journal of Economics*, 1996.
- Oldham, P. and Hall, An Access and Benefit-Sharing Commons? The Role of Commons/Open Source Licenses in the International Regiam, *UNEP/CBD/WG-ABS*, 2009.
- Schwartz, E.S., Patents and R&D as Real Options, *Economic Notes by Banca Monte dei Paschi di Siena SpA*, 2004.