

남북경제협력에 따른 개발이익 경매와 DMZ 보전기금 확보[†]

박호정* · 김준순** · 김현희***

요약 : DMZ는 반세기 이상 인위적 활동이 배제되어 우수한 생태계를 보유하고 있다. 통일 이후에도 DMZ의 생태계는 보전되어야 하며 이를 위해서는 남북한 통일 이후가 아니라 사전에 그 보전방안이 마련되어야 한다. DMZ 생태자원 보전에는 생태자원 관리 비용 뿐만 아니라 복구비용 및 연구예산까지 수반되어야 하므로 상당한 규모의 예산이 필요하다. 이에 본 논문은 실물옵션과 경매이론을 연계하여 경제적 인센티브 메커니즘을 이용한 DMZ 보전기금 확보 방안을 연구하고자 한다. 다수의 사업자들은 경매를 통해 북한지역 개발사업권을 획득하려고 하고, 매물비용에 대한 사적 정보를 가지고 있으며, 사업수익의 일부를 보전기금으로 지불한다고 할 때, 먼저, 경매 참가자의 최적 투자시기를 결정하는 실물옵션 모형을 분석하고, 다음으로 베이스 내쉬균형을 이용해 경매 참가자가 사적 정보에 대해 진실을 보고할 경매를 설계한다.

주제어 : DMZ 보전, 경매제도, 북한개발, 실물옵션

JEL 분류 : C6, D8, P6

접수일(2018년 10월 9일), 수정일(2018년 11월 8일), 게재확정일(2018년 11월 14일)

[†] 본 논문은 정부(환경부)의 재원으로 국립생물자원관의 지원을 받아 수행하였습니다(NIBR201839202).

* 고려대학교 식품자원경제학과 교수, KU · KIST그린스쿨 겸임교수, 제1저자(e-mail: hjeongpark@korea.ac.kr)

** 강원대학교 산림과학부 교수, 공동저자(e-mail: jskim@kangwon.ac.kr)

*** 한국환경정책·평가연구원 위촉연구원, 교신저자(e-mail: lsmi0725@korea.ac.kr)

A Study on Auction Mechanism for DMZ Conservation using the South-North Korean Economic Development Projects[†]

Hojeong Park*, Joonsoon Kim** and Hyunhee Kim***

ABSTRACT : The Korean Demilitarized Zone (DMZ) has the great ecosystem as all the artificial activities in DMZ have been prohibited over half a century. The ecosystem should be conserved even after the reunification of Korea and hence the conservation plan should be established not after the reunification but before it. It requires a considerable budget to conserve DMZ, considering management of ecology resource, recovery, and research. The objective of this paper is to analyze a fund-raising measure for DMZ conservation, using economic incentives mechanism when multiple developers participate in the auction to get the right to develop North Korean regions, have private information about their sunk costs and pay a part of their profits for the fund. First, we analyze the real option model to decide the optimal investment time. Second, we construct the auction for bidders not to misrepresent their private information, based on Bayesian Nash equilibrium.

Keywords : DMZ, Auction, North Korea development, Real options

Received: October 9, 2018, Revised: November 8, 2018, Accepted: November 14, 2018.

[†] 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(NIBR201839202).

* Professor, Department of Food and Resource Economics and KU · KIST GREEN School, Korea University, First author(e-mail: hjeongpark@korea.ac.kr)

** Professor, Department of Forest Sciences, Kangwon National University, Co-author(e-mail: jskim@kangwon.ac.kr)

*** Researcher, Korea Environment Institute, Corresponding author(e-mail: lsmi0725@korea.ac.kr)

I. 서론

군사지역과 자연생태계 보전은 일견 관련성이 없는 것처럼 보이지만, 토지개발이 집약적으로 이루어지지 않았거나 개발 자체가 금지되어 있다는 점에서 생태적 가치가 높은 지역으로 인식된다.¹⁾ 특히 우리나라의 비무장지대인 DMZ는 지난 반세기 이상 남북 간의 군사 대치지역으로서 인간의 활동이 철저히 배제되었기 때문에 한반도 내에서 생태계가 가장 잘 보전된 지역으로 주목된다. 폭 4km에 총길이 248km에 걸쳐 있는 DMZ는 한반도 전체 면적의 1/250 규모이며, 총 6개의 강, 1개의 평야, 2개의 산맥을 포함하고 있다. 세계적으로 희귀조인 저어새와 천연기념물인 하늘다람쥐를 비롯하여 산양, 고라니 등 동물자원이 다양하게 서식하고 있으며, 북방계 희귀 습지식물이 800여종이 서식하는 등 자원의 보고로 인정받고 있다.

이처럼 생태계의 보고라 불리는 DMZ의 생물자원을 보존하는 과제는 비단 우리나라에만 국한된 것은 아니었다. 2차 세계대전 후 동독과 서독 사이에 총 1,400km에 걸쳐 설치된 국경 접경지역 역시 생태자원의 보고로 인식되었다. 독일 통일 이후에 국경 접경지역의 야생동물 보호구역을 유지한다는 원칙하에 남부의 바이에른에서부터 출발하여 작센과 튀링겐 지역을 포함하는 거대 생태공원인 그뤼네스 반트(Grünes Band)가 형성되었다. 그뤼네스 반트는 생태보전과 생태관광을 결합하여 환경과 지역경제의 공생을 도모하는 성공적인 사례로 소개된다.²⁾ 독일의 통일은 급작스레 이루어졌지만 그 이전에도 이 지역의 생태계 보존을 위한 인식이 동독과 서독 사회에 공유되었기에 DMZ의 상업적 개발이 아닌 생태보전이라는 방향으로 비교적 원만하게 진행될 수 있었다.

<표 1>은 독일의 그뤼네스 반트를 비롯하여 접경지역의 환경협력을 통해 대립 국가간 관계를 개선한 사례를 정리한 것이다. 박은진(2013)은 콘도르 산맥 평화공원이 분쟁해결과 평화·화해의 직접적 상징이 된 드문 사례로서 자원이용 공동 관리와 자유통행을 보장

1) Kustrová(2013)에 의하면 프랑스와 영국 군사시설 지역은 각기 26만ha와 24만ha로서 전체 영토의 각 0.5%와 1%를 차지하고 있으며, 이탈리아는 아부르초 국립공원의 4배 이상 면적에 해당되는 군사시설을 갖고 있다.

2) 그뤼네스 반트는 생물자원 보전을 위한 유럽의 다국가간 협력을 확대하는 데에도 기여하였다. EU가 2003년에 공식 출범시킨 EGB(European Green Belt) 프로그램은 그동안 지역적으로 분절되어 있던 해비타트의 관리를 통합하고 특히 국경 지역의 생태계 보전을 위한 국가간 협력을 촉진하는 것을 목적으로 하고 있다 (Zmelik et al., 2011).

하면서 양국 간의 평화정착에 기여한 중대한 사례라고 평가했다. 이와 같이 위 사례들은 접경지역을 접경생물권보전지역, 초국경 공원, 보호지역 등으로 지정하고 접경지역을 둘러싼 국가들이 공동 관리하여 국경분쟁을 해결하는데 기여했다는 평가를 받고 있다.

독일 그뤼네스 반트 사례가 시사하는 바는 한반도 DMZ의 생태자원 보전방안은 남북 한 통일 이후에 논의되어야 할 것이 아니라, 사전에 대책이 마련되어야 한다는 것이다. 최근 남북경협 논의가 진행되면서 벌써부터 DMZ를 ‘접경지역 벨트’로 개발하거나 ‘혁신벤처클러스터’로 조성하자는 제안이 나오고 있지만 정작 DMZ의 생태자원 보전을 위한 예산을 확보하는 방안에 관한 연구는 수행되지 않았다. 특히 DMZ 생태자원 보전을 위한 비용 확보에 관한 연구는 특정 경제주체에 비용을 유발할 수 있기 때문에 급변상황 이전에 미리 이루어질 필요가 있다. 직접적인 생태자원 관리 비용 뿐만 아니라 지뢰제거

〈표 1〉 한반도 DMZ와 유사한 접경지역 사례

국가	접경지역	면적	유형	정치군사적 특성	현재 이용 상태
독일	그뤼네스 반트	길이 1,393km 폭 0.5~2km	냉전지역	냉전시대에 30년 여간 동독정부에 의해 감시와 무장이 이뤄짐	• 생태보전과 생태관광 결합한 생태공원 • 유럽 그린벨트의 일부
에콰도르, 페루	콘도르 산맥접경 평화공원	면적 16,169km ²	분쟁지역	170년 이상 지속된 잦은 국경 분쟁	• 유네스코 접경생물권 보전지역(TBR) 지정 • 주요 경제활동: 축산업과 관광업
폴란드, 슬로바키아, 우크라이나	동카르 파티아	면적 2,080km ²	공존지역 EU경계	• 폴란드와 슬로바키아는 우호 관계이나 우크라이나 국경에는 펜스와 수비군이 존재 • 2차 대전 동안 버려짐	• 유네스코 접경생물권 보전지역(TBR) 지정 • 주요 경제활동: 관광업, 임업, 제한된 농업
남아프리카 공화국, 모잠비크, 짐바브웨	림포포 초국경 대공원	면적 35,572km ²	분쟁지역	림포포강을 둘러싼 수자원 분쟁	• 초국경 공원(TFP) 지정 • 생태관광 활성화
요르단, 이스라엘	홍해해양 평화공원	길이 4km	분쟁지역	제2·3차 중동전쟁의 주무대	• 해양보호지역(MPA) 지정 • 산호 보전 • 항만 물동량 증가 • 관광업

출처: 김재한(2009), 박은진 외(2012), 이동훈(2008), 장원근 외(2005), 이스라엘 외교부 웹사이트, SADC TFCA 웹사이트, UNESCO TBR 웹사이트.

등 복구비용까지 포함하면 상당한 규모의 예산이 필요할 것이다. 아울러 DMZ 내의 생태자원 현황부터 정밀히 조사할 수 있는 연구예산도 필요하다. Weitzman(1998)은 예산 제약 하에서 생물다양성을 유지하기 위한 프로젝트의 우선순위를 수립 시에 생물종의 진화나 네트워크의 연구정보가 핵심임을 보여준 바 있다. 환경부가 최근 DMZ와 함께 민간인통제구역까지 조사한 결과 약 5979종의 생물이 서식하고 있다고 발표하였지만, 개체간의 영향 등 정밀한 수준의 연구가 부족한 실정이어서 관련한 연구예산도 큰 폭으로 증대되어야 할 것이다.

본 논문의 목적은 DMZ 보전을 위한 기금을 마련하는 방안을 연구하는데 있다. ‘비무장지대’나 ‘DMZ’를 핵심단어로 포함한 기존의 900여건의 국내 논문을 종합적으로 분석한 박은진·여인애(2018)에 의하면 대다수 논문은 야생동물 및 서식지에 대한 조사연구나 남북협력과 지역개발 등의 주제를 다루었으며, DMZ 보전비용의 확보 방안에 관한 연구는 이루어지지 않은 것으로 나타났다. 현재 국내에서는 DMZ 생태보전을 위하여 시민성금이나 생태관광 수입을 활용하고 있다. 그뤼네스 반트 역시 생태관광 활성화를 통해 확보한 재원으로 국경 접경지역 자원을 보전하는데 활용하였다. 그러나 시민들의 자발적 성금이나 생태관광의 수입은 경기변동에 따라 안정적이지 않을 수 있어 생태자원의 지속가능한 관리에 한계가 있을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 향후 급변할 수 있는 DMZ 지역의 생물다양성을 보전하는데 있어 경제적 인센티브 메커니즘이 갖는 역할을 분석하고자 한다.

군사지역은 아닐지라도 유사한 생태보전지역을 대상으로 경제적 수단을 분석한 연구 논문은 상당수 있는데, 이들 대부분은 개발권양도제(TDR: Transfer of Development Rights)나 보전권(Conservation Easement) 또는 생물다양성 상쇄 및 은행(Biodiversity Offset and Banking)을 다루고 있다. 이미 국제적인 생물다양성협약(CBD:Convention on Biological Diversity)에서 생태자원 보전을 위한 경제적 인센티브로 인정받은 이행 수단들이다. DMZ 생태자원 보전기금을 확보하기 위하여 본 논문에서 제시하는 방법과 가장 유사한 메커니즘은 개발권양도제다. 개발권양도제는 사업자가 도심을 개발하고자 할 때 녹지나 농지 소유자로부터 개발권을 구매하는 방식인데, 이를 통해 도시 외곽의 녹지 환경을 보전할 수 있으며 또한 해당 농지의 소유자는 자산 가치를 인정받을 수 있는 경제적 보상 메커니즘이다.³⁾

개발권양도제의 논리를 DMZ 보전기금에 적용한다면, 남북경협 참여 사업자가 개발이익의 일부를 이용하여 보전기금 구성에 기여하는 방식을 고려해볼 수 있다. 하지만 개발사업자와 토지소유자의 쌍방관계에서 거래가 성립되는 개발권양도제와는 달리 DMZ는 사적인 토지소유 대상이 아니므로 보전기금의 조성주체는 국가나 특정 공공기구가 된다. 남북경협 참여 사업자는 사업이익의 일부를 DMZ 보전기금을 지불하고 관리기구가 이를 집행하는 방식이다. 참여 사업자의 선정 방식으로는 경매를 생각해 볼 수 있는데, 이미 미국의 경우 연방정부 소유지의 석유나 광물자원의 민간사업자 선정에 사용하고 있다.⁴⁾

따라서 본 연구에서는 복수의 사업자들이 경쟁적으로 경매를 통해 북한지역 개발사업권을 획득하려고 하는 환경을 고려한다. 경매의 방식은 매우 다양하지만 기본적으로 최고가격경매(first price auction)와 2차 최고가격경매(second price auction)로 구분할 수 있다. 일반적으로 최고가격 밀봉경매는 최고가격경매, 영국식 상향호가 경매(English ascending auction)는 2차 최고가격경매 또는 동일하게 Vickrey 경매로 분류한다(Klemperer, 2004). 미국의 석유 및 가스 OCS 리스 경매는 최고가격 밀봉경매이며, 연방 산림청의 산림 벌채권은 보통 영국식 상향호가 경매를 취한다. 여기서 흥미로운 점은 경매의 참여에 해당 사업의 투자옵션의 가치가 포함되어 있느냐 여부다. 산림 벌채권 경매는 최고가격에 낙찰 받은 사업자는 정해진 기간 동안의 벌채 의무를 지닌다. 반면 OCS 리스는 낙찰자가 해당 광구의 탐사 및 개발권리를 가질 뿐이며 낙찰과 동시에 당장 개발할 의무를 갖지는 않는다. 이러한 점에서 OCS 리스에서 경매는 사업자의 개발투자의 실물옵션 가치를 내재적으로 포함하고 있다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 OCS 리스와 유사하게 DMZ 보전기금의 경매에 북한지역의 개발투자

3) 개발권양도제 하에서 도심지는 개발권의 수입지역(receiving zone)이 되며, 녹지 지역은 수출지역(sending zone)으로 정의된다. 수입지역의 개발자는 수출지역의 토지소유자로부터 개발권을 사야만 도심개발의 권리를 갖게 된다(박호정·황의식, 2003).

4) 미국의 광물관리국(MMS: Mineral Management Service)은 영해의 대륙붕(OCS: Outer Continental Shelf)의 석유개발 리스 권리를 경매에 부치고 있다. 1954년 멕시코만의 리스 프로그램에서부터 출발한 OCS 리스 사업을 통해 정부의 재원도 확보하였다. 보통 9평방 마일(5,760에이커)의 구역 당 경매가 이루어지며 입찰 과정에서 사업자가 정부에 지불하는 로열티 수준이 정해진다(Aradillas-Lopez et al. 2018). 최근에는 셰일 가스 개발 목적으로 노스다코타 주에서 내륙 광구를 대상으로 경매가 이루어지고 있다. 리스 기간은 보통 10년 단위로 갱신되며, 매출액 대비 로열티 지불율은 경매마다 다르지만 평균 12.5%이며, 최근 셰일가스는 이보다 높은 18.75% 정도 수준에 이른다(Holmes et al. 2014).

시기를 결정할 수 있는 옵션가치가 포함되는 것으로 가정한다. 아울러 개발투자에서 발생하는 이익은 시장이나 경제정책 등 다양한 요인에 의해 불확실성에 노출되어 있다고 가정한다. 이는 불확실성과 투자시기의 결정, 그리고 투자의 비가역성을 분석하는 실물 옵션 이론(real options theory)을 자연스럽게 경매이론에 연결해준다. 다음 절에서 소개되는 모형은 시간적으로 역의 순으로 전개되는데, 우선 개발투자의 실물옵션을 구한 후 이 가치가 포함된 경매모형을 구한다. 복수 사업자가 참여하는 경매 특성 상 입찰전략은 베이즈 내쉬균형(Baysian Nash equilibrium)을 따르게 된다.

II. DMZ 보전기금 경매모형

경매에 참여하는 사업자는 프로젝트의 현재가치를 분석한 후 자신의 입찰가를 결정한다는 의미에서 실물옵션과 경매는 매우 밀접한 관계를 갖고 있다. 그럼에도 불구하고 그동안 경매이론과 실물옵션은 각기 독자적으로 개발되어 왔으며 이를 연계하는 시도는 비교적 최근에 이루어졌다. Grenadier and Wang(2005)과 Maeland(2002)에서 비대칭적 정보에서의 메커니즘 설계를 실물옵션 방법론으로 분석한 바 있지만 본격적인 경매연구는 아니었다. DeMarzo et al.(2005)은 프로젝트의 수입의 일부를 경매인(auctioneer)에게 지불하는 다양한 형태의 경매를 분석하였다. DeMarzo et al.(2005)은 경매 참여 사업자에게는 사적 정보인 프로젝트의 현재가치가 내재화된 경매가치를 연구하였지만, 투자의 비가역성을 고려하는 실물옵션 방법론은 아니었다. 최근 Cong(2017)에 의해 두 방법론이 체계적으로 연계되었는데, 그는 투자비용의 사적 정보가 존재할 때 투자 시기가 비효율적으로 결정되는 특정한 경매조건을 연구하였다.

투자비용(Cong, 2017)이든 사업수입(DeMarzo et al. 2005)이든 경매 참여자 즉 프로젝트를 수행하게 되는 사업자만이 갖는 사적 정보가 존재하며 경매인은 이에 대한 정확히 알지 못할 때에 메커니즘 설계에 의해 최적 경매가 마련될 수 있다. 본 논문은 DMZ 보전기금을 DeMarzo et al.(2005)에서처럼 프로젝트 이익의 일부를 사업자가 부담하는 방식을 취한다.

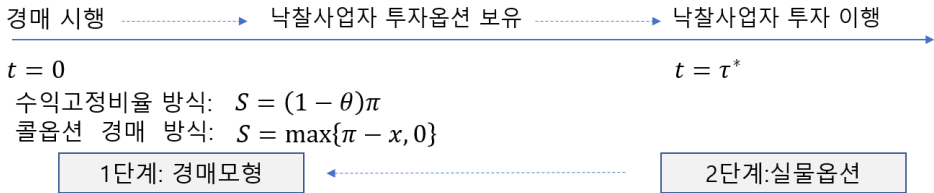
<그림 1>은 본 논문에서 사용하는 모형을 그림으로 전개한 것이다. 관리 기구는 규모가 s 가 되는 특정 지역의 개발을 위해 $i = 1, \dots, N$ 명의 사업자를 대상으로 경매를 시행

한다. 단위면적 당 개발이익이 $p(t)$ 이며 프로젝트 운영비용은 블록함수 성질을 만족하는 $C(s)$ 라고 하면 이로 인한 수익은 $p(t)s - C(s)$ 가 된다. 개발이익은 이후 시장 여건에 따라 불확실하므로 $p(t)$ 는 아래의 기하학적 브라운 과정을 따른다고 하자.

$$dp(t) = \alpha p(t)dt + \sigma p(t)dz(t) \tag{1}$$

위에서 α 와 σ 는 시간에 대해 불변인 증가율과 변동률을 나타내며, $dz(t)$ 는 표준적인 위너증분(Wiener increment)이다. 개발이익은 확률적 과정을 따르고 있어 불확실성에 노출되어 있지만, 확률분포에 대한 정보는 시장 참여자들 사이에 공유되어 있다. 실물옵션 분석을 통해 최종적으로 얻게 되는 정보는 투자를 이행하게 되는 임계 수준인 p^* 인데, $p(t)$ 가 p^* 에 도달하게 되는 최초도달시점(first hitting time)인 $\tau^* = \inf\{t|p(t) \geq p^*\}$ 와 관련된다.

〈그림 1〉 실물옵션 가치가 내재된 DMZ 보전기금 경매 모형



DeMarzo et al.(2005)는 수익배분 방식을 수익고정비율 지불(equity bid)과 콜옵션(call option) 방식으로 구분하였다.⁵⁾ 수익고정비율 지불 경매는 수익인 $\pi(t) = p(t)s - C(s)$ 에서 θ 비율만큼이 보전기금으로 지불되기 때문에 사업자의 사후 수익은 $(1 - \theta)(p(t)s - C(s))$ 또는 $(1 - \theta)\pi(t)$ 가 된다. 콜옵션 지불 경매는 행사가격이 X 라 할 때 $\max\{\pi - X, 0\}$ 의 보전기금을 지불하는 방식이 된다. 수익고정비율 지불 경매에서 사업자가 입찰하는 것은 부담률인 θ 가 되며, 콜옵션 지불 경매에서는 행사가격 X 로 입

5) 이 두 종류 외에도 DeMarzo et al.(2005)은 부채방식, 전환부채 방식 등 총 5개 유형의 경매를 제안하였으며, 경매인의 수입을 제고할 수 있는 경매의 순위를 평가하였다. 결과에 의하면 콜옵션 경매가 경매수입을 가장 극대화할 수 있는 것으로 나타났다.

찰하게 된다.⁶⁾

수익고정비율은 경매집행 주체인 관리 기구의 관점에서 콜옵션 경매 보다는 경매수입이 작을 수 있다고 알려져 있다(DeMarzo et al. 2005). 우리의 목적이 DMZ 보전기금 수입의 극대화라면 따라서 콜옵션 경매를 적용하는 것이 합리적이겠지만, 본 논문에서는 다음의 이유로 수익고정비율에 더 주목하고자 한다. 즉, 콜옵션 경매는 옵션 행사구간에 따라 보전기금을 전혀 부담하지 않을 위험이 존재한다. 만일 콜옵션의 행사가격이 X 라고 하면 수입이 X 를 초과하기 전에는 DMZ 보전기금이 전혀 형성될 수 없기 때문이다.⁷⁾ 또한 수익고정비율 방식은 이윤의 일부를 지불하는 형태인 이윤배분계약(profit sharing contract)과 유사한데, Abhishek et al.(2013)이 증명하는 바와 같이 경매인의 수입 측면에서도 유리한 면이 많다.

프로젝트 초기의 매물비용 정보는 투자주체인 사업자 자신 외에는 경매인인 관리 기구도 정확히 알 수 없는 사적 정보(private information)이다. 사업자 i 의 개발비용을 k_i 라 할 때 이는 사적 정보로서 본인 외에는 정확히 알 수는 없으나 $k_i \in [\text{under}k, \bar{k}]$ 의 구간에 분포되어 있으며 확률분포와 밀도함수가 각각 $F(k_i), f(k_i)$ 인 것은 알려져 있다. 앞에서 언급한 것처럼 문제는 의사결정 시간의 역순인 후향(backward)으로 풀기 때문에 투자시기를 결정하는 실물옵션 모형부터 분석하도록 한다.

표기를 단순화해서 사업자 i 의 하첨자를 구분하지 않은 가운데 투자의 실물옵션 가치를 분석하도록 한다. 경매에서 낙찰한 사업자의 유형이 k 이며 수익고정비율 경매로 DMZ 보전기금을 θ 만큼 부담하게 되는 사업의 현재가치는 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$V(p) = E \int (1 - \theta)(ps - C(s))e^{-\rho t} dt - k \quad (2)$$

위 식에서 E 는 기대연산자이며, ρ 는 할인율을 나타낸다. 만일 남북경협외의 정치적 리스크에 의해 $t + dt$ 사이에 수입이 G 만큼 감소할 확률이 λdt 라고 하면, (2)를 아래의 벨만 방정식(Bellman equation)처럼 전개할 수 있다.

6) 경매인, 즉 DMZ 관리 기구 입장에서는 θ 가 높을수록, X 가 낮을수록 수입이 증가한다.

7) 이를 콜옵션에서는 외가격(out of the money)이라고 하는데, 옵션 기초자산의 가격이 행사가격보다 낮아서 옵션이 행사되지 않는 경우에 해당된다.

$$V(p) = (1 - \theta)(ps - C(s))dt + (1 - \lambda dt)e^{-\rho dt} E(V(p + dp)) + \lambda dt(-G)e^{-\rho dt} \quad (3)$$

다음 단계로 이토 보조정리(Ito's lemma)에 의해 식을 정리하면 아래의 HJB 방정식(Hamilton-Jacobi-Bellman equation)을 얻게 된다.⁸⁾

$$(\rho + \lambda)V(p) = (1 - \theta)(ps - C(s)) - \lambda G + \alpha p V_p(p) + \frac{1}{2}\sigma^2 p^2 V_{pp}(p) \quad (4)$$

식 (4)는 $V(p)$ 에 대한 미분방정식으로서 일반적으로 동차방정식과 비동차방정식의 합으로 구해지는데, 프로젝트의 현재가치라는 점에서 동차방정식의 해를 제외하게 된다(Dixit and Pindyck, 1994). 따라서 (4)의 해는 비동차방정식에서 구한 아래 (5)와 같다.

$$V(p, \theta) = \frac{(1 - \theta)ps}{\rho + \lambda - \alpha} - \frac{\lambda G + (1 - \theta)C(s)}{\rho + \lambda} \quad (5)$$

투자 이전에는 정치적 리스크에 의한 수입 감소 위험은 고려하지 않는다고 가정할 때 투자의 옵션가치 $F(p)$ 는 아래와 같이 만기무한 아메리카 옵션의 단순한 형태를 갖는다.

$$F(p) = Ap^\beta \quad (6)$$

$$\beta = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} \quad (7)$$

투자비용이 너무 높은 사업자로서 탈락(cut off) 수준이 K_c 이상이 되는 사업자는 경매에 처음부터 참여할 유인이 없다는 점에 유의하도록 한다. β 는 동차방정식의 해를 구하는 과정에서 얻게 되는 2차 방정식인 특성방정식의 근인데, 개발이익에 비례하여 투자의 옵션가치가 비례적으로 증가하기 때문에 (+)의 근만 취한 것이다. 식 (6)에서 A 는

8) 식의 자세한 전개과정은 박호정(2018)을 참고하길 바란다.

옵션상수이며, 투자옵션을 행사하는 임계 수준인 p^* 를 결정하기 위한 경계조건을 이용하여 함께 구할 수 있다. 해당 경계조건은 아래 식 (8)의 등가조건(value matching condition)과 한계조건(smooth pasting condition)이 된다.

$$Ap^\beta = \frac{(1-\theta)ps}{\rho+\lambda-\alpha} - \frac{\lambda G + (1-\theta)C(s)}{\rho+\lambda} - k \quad (8)$$

$$\beta Ap^{\beta-1} = \frac{(1-\theta)s}{\rho+\lambda-\alpha} \quad (9)$$

등가조건은 투자의 옵션가치와 투자 순편익을 일치시키는 조건으로서 이른 바 비용 편익 일치 조건으로 이해할 수 있다. 한계조건은 등가조건을 확률상태변수 $p(t)$ 에 대해 미분한 형태인데 투자옵션의 한계가치와 투자 순편익의 한계가치가 일치되는 수준을 나타낸다. (8)과 (9)의 연립방정식에서 p^* 와 A 를 구한 결과는 다음과 같다.

$$p^* = \left[\frac{\lambda G + (1-\theta)C(s)}{\rho+\lambda} + k \right] \left(\frac{\beta}{\beta-1} \right) \left(\frac{\rho+\lambda-\alpha}{(1-\theta)s} \right) \quad (10)$$

$$A = \frac{1}{p^{*\beta}} \left[\frac{(1-\theta)p^*s}{\rho+\lambda-\alpha} - \frac{\lambda G + (1-\theta)C(s)}{\rho+\lambda} - k \right] \quad (11)$$

따라서 (6)을 이용하면 옵션가치는 아래와 같다.

$$Ap^\beta = \left(\frac{p}{p^*} \right)^\beta \left[\frac{(1-\theta)p^*s}{\rho+\lambda-\alpha} - \frac{\lambda G + (1-\theta)C(s)}{\rho+\lambda} - k \right]_{p < p^*} + 0 \Big|_{p \geq p^*} \quad (12)$$

(12)에서 $(p/p^*)^\beta$ 는 Chang(2004)에서 증명하고 있는 바와 같이 기대할인인자(expected discount factor)를 나타낸다.⁹⁾ 투자옵션가치인 (12)는 $p < p^*$ 일 때까지만 적

9) 시간 t 의 가격인 Arrow-Debrew 가격을 의미하기도 하는데(Cong, 2017), 즉 $p(t)$ 가 p^* 에 처음 도달하게 되는 순간에 지불하게 되는 1달러의 가치를 나타낸다.

용되며 $p \geq p^*$ 가 되면 투자옵션의 행사로 인해 더 이상 존재하지 않게 된다.

사업 리스크 λ 가 증가하게 되면 (10)에서 $\partial p^* / \partial \lambda > 0$ 인 것을 확인할 수 있는데, 이는 곧 사업 리스크가 투자시기에 대해 부정적인 영향을 갖는 것을 의미한다. 그 외 변수에 대한 p^* 의 비교정태 분석은 실물옵션 연구의 일반적인 결과와 부합한다. 예를 들면 초기 투자비용 k 의 증가는 투자의 히스테리시스를 증대시켜 투자시기를 지연하는 효과를 갖는다. 개발이익 p 의 불확실성의 증가는 σ 로 측정되는데 σ 역시 p^* 와 (+)의 관계를 가져 투자가 늦추어지게 됨을 알 수 있다.

하지만, 보전기금 부담률인 θ 와 p^* 의 관계는 Cong(2017)에서처럼 일률적이지는 않다. 우선 DMZ 보존기금의 지불의무인 θ 가 없을 때의 투자임계 수준을 구해보면 아래의 p^{**} 와 같다.

$$p^{**} = \left[\frac{\lambda G + C(s)}{\rho + \lambda} + k \right] \left(\frac{\beta}{\beta - 1} \right) \left(\frac{\rho + \lambda - \alpha}{s} \right) \quad (13)$$

위 결과를 이용하여 p^* 와 p^{**} 의 순위에 의해 투자시기를 비교해볼 수 있다. Cong(2017)은 $\partial p^* / \partial \theta > 0$ 로서 수익고정비율의 존재가 투자옵션의 행사시기를 늦추어 투자의 비효율성을 증대시킬 수 있다고 하였는데, 이는 $p^* > p^{**}$ 가 항상 성립한다는 것을 의미한다. 그러나 본 논문의 모형은 이와는 다른 결과를 가질 수도 있는데, (10)에서 $\partial p^* / \partial \theta$ 을 전개하여 항을 정리하면 아래의 결과를 보면 알 수 있다.

$$p^* \geq p^{**} \text{ if } \theta \leq \tilde{\theta} = 1/2 + \sqrt{1/4 + \lambda G + k(\rho + \lambda)}/C \quad (14)$$

$$p^* < p^{**} \text{ if } \theta > \tilde{\theta} = 1/2 + \sqrt{1/4 + \lambda G + k(\rho + \lambda)}/C \quad (15)$$

즉, $\theta > \tilde{\theta}$ 이면 투자시기가 지연되어 경매가 투자시기에 관한 비효율성을 증대시키거나 $\theta \leq \tilde{\theta}$ 이면 수익고정비율 경매 보다 콜옵션 경매의 도입이 투자시기를 앞당길 수 있음을 의미한다.¹⁰⁾ 만일 이윤에 대한 일정 부분이 아니라, 매출액 기준으로 DMZ 보존기금

10) 지면관계상 상세히 다룰 수는 없지만 Cong(2017)의 Proposition 1 및 Corollary 1과 다른 이유는 Cong

이 지불되어야 한다면 투자임계 수준은 아래 p^\dagger 와 같다.

$$p^\dagger = \left[\frac{\lambda G + C(s)}{\rho + \lambda} + k \right] \left(\frac{\beta}{\beta - 1} \right) \left(\frac{\rho + \lambda - \alpha}{(1 - \theta)s} \right) \quad (16)$$

(10)과 (16)을 비교하면 $p^\dagger > p^*$ 임을 쉽게 확인할 수 있는데, 이는 DMZ 보전기금 분담 시 기업의 비용 부분을 인정받지 못할 경우 투자의 유인이 그만큼 줄어들기 때문이다.

지금까지는 수익고정비용 분담 시 최적 투자시기의 결정을 살펴보았다. 만일 수익고정비용 대신에 콜옵션 방식의 분담을 취하게 되면 사업자 즉 경매에서 입찰자는 행사가격 X 로 입찰을 하게 된다. 분담규모는 행사가격 X 에 대해 계약구조인 $S(p) = \max\{V(p) - X, 0\}$ 에 의해 결정된다. 이때 k 유형의 사업자의 지배적 전략은 $(p/p^*)^\beta [V(p^*) - \max\{V(p) - X, 0\} - k]$ 가 0이 이상이 되도록 즉, X 가 k 보다 큰 수준에서 입찰하는 것이다. 그리고 k 유형 사업자가 만일 p^{**} 보다 높은 수준에서 행사가격 X 를 입찰한다면 경매인인 관리 기구 입장에서는 콜옵션이 절대 행사될 수 없다는 것을 알기에 k 유형 사업자의 낙찰기회는 0이 된다. 따라서 k 유형 사업자는 p^{**} 보다는 낮은 수준에서 행사가격을 제시해야 한다. 이상을 정리하면 k 유형 사업자의 입찰 구간은 $X \in [k, p^{**}]$ 이 됨을 알 수 있다. 앞서 본 바와 같이 p^* 와 p^{**} 의 순위가 θ 수준에 따라 달라지기 때문에 수익고정비용 경매와 콜옵션 경매 중 어느 것이 투자를 촉진하는 것인가 역시 최종적으로 결정되는 θ 에 의해 결정된다.

다음 단계로 경매인의 경매 최적 설계를 다루고자 한다. 경매설계의 방향은 참가자가 자신의 유형을 참의 정보로 입찰할 수 있는 메커니즘을 설계하는데 있다. 일반적으로 Vickrey 경매 또는 제2최고가가격경매에서는 입찰자가 자신의 유형을 진실하게 보고하는 것이 내쉬균형(Nash equilibrium)이라고 알려져 있다(Ausubel, 2003). 이 경우 경매문제는 비교적 단순한 형태로 전개될 수 있기 때문에 아래에서는 최고가격경매에서의 메커니즘 설계를 중점적으로 다루도록 한다. 최고가격경매에서는 다수의 참가자가 서로 게임 관계를 갖는다는 점에서 일반적으로 베이즈 내쉬균형(Bayesian Nash equilibrium)으

(2017)의 목적함수는 상태변수에 대해 동차함수인 축약형인 반면 본 논문은 보다 일반화된 함수 구조를 갖기 때문이다. 이 경우 수익고정비용 방식이 투자를 지연시킨다는 Cong(2017)의 결과는 일반화될 수는 없다.

로 도출한다. 우선 수익고정비율 경매를 보면 아래의 과정과 같이 전개된다.

직관적으로 투자비용 수준 k 가 증가하면 기금부담률 θ 를 낮게 입찰할 것이므로 k 에 대해 $\theta(k)$ 가 감소함수인 것으로 가정할 수 있다. $V(k, \theta) = V(\theta) - k$ 로 재정의하고, $P(\theta)$ 가 경매의 낙찰확률이라고 하자. 이때 사업자는 투자가치의 기댓값을 극대화하는 입찰전략(bidding strategy)을 취할 것이므로 $\theta(k) \in \operatorname{argmax} P(\theta) V(k, \theta)$ 와 같다. Krishna (2009)와 같이 낙찰확률은 다음과 같다.

$$P(\theta(k)) = (1 - F(k))^{N-1} \quad (17)$$

$k \in \operatorname{argmax}_{k' \in [\underline{k}, \bar{k}]} P(\theta(k')) V(k, \theta(k'))$ 로 정의하자. 어느 사업자가 자신의 유형이 실제 k 일 때 참의 값 대신에 임의의 $k' < k$ 또는 $k' > k$ 로 속이려고 하는 경우를 제거하는 것이 목적이다. 이를 위해 현시원리(Revelation mechanism)을 적용하기 위해서는, 우선 $k' < k$ 의 경우를 살펴보면 아래의 유인정합성 조건(incentive compatibility condition)을 만족해야 한다.

$$P(\theta(k)) V(k, \theta(k)) \geq P(\theta(k')) V(k, \theta(k')) \quad (18)$$

식 (3) 우변의 $P(\theta(k')) V(k, \theta(k'))$ 에서 $V(k, \theta(k'))$ 는 $(k, \theta(k))$ 근방에서 테일러 전개를 취한다.

$$V(k, \theta(k')) = V(k, \theta(k)) + V_{\theta}(k, \theta)(\theta(k') - \theta(k)) \quad (19)$$

(19)를 (18)에 대입하면 (18)은 아래의 식으로 재정리된다.

$$P(\theta(k)) V(k, \theta(k)) \geq P(\theta(k')) [V(k, \theta(k)) + V_{\theta}(k, \theta)(\theta(k') - \theta(k))] \quad (20)$$

위 식의 항을 정리한 후 양변을 $k' - k$ 로 나누어주어 아래를 구한다.

$$\frac{P(\theta(k')) - P(\theta(k))}{k' - k} \frac{V(k, \theta(k))}{-P(\theta(k')) V_{\theta}(k, \theta)} \geq \frac{\theta(k') - \theta(k)}{k' - k} \quad (21)$$

다음 유형 k 의 사업자가 $k' > k$ 인 것으로 거짓전략을 구사하지 않고 진실보고를 할 수 있는 유인정합성 조건을 세운다. 앞서 마찬가지로 과정을 거치면 해당 유인정합성 조건은 아래 식과 같이 정리된다.

$$\frac{P(\theta(k')) - P(\theta(k))}{k' - k} \frac{V(k, \theta(k))}{-P(\theta(k')) V_{\theta}(k, \theta)} \leq \frac{\theta(k') - \theta(k)}{k' - k} \quad (22)$$

과소보고 내지 과다보고에 해당되는 유인정합성 조건 (21)과 (22)의 양변에 $k' \rightarrow k$ 의 극한을 취한 후, $P'(\theta(k)) = -f(k)(N-1)(1-F(k))^{N-2}$ 을 대입하면 최고가격경매에서의 균형조건은 아래 식으로 정의된다.

$$\theta'(k) = \frac{V(k, \theta(k))}{V_{\theta}(k, \theta(k))} \frac{(N-1)f(k)}{1-F(k)} \quad (23)$$

(23)은 최고가격경매에서의 베이즈 내쉬균형에 해당된다. 경제학적으로 의미가 있는 $ps - C(s) > 0$ 인 구간에서는 $V_{\theta} = -ps/(\rho + \lambda - \alpha) + C(s)/(\rho + \lambda) < 0$ 이므로 (23)에서 $\theta(k)$ 가 k 에 대해 감소함수임을 확인할 수 있다.

다음 투자비용 k 가 $[0, 100]$ 의 균일분포(uniform distribution)를 따른다고 보고 최고가격경매의 베이즈 내쉬균형을 살펴보면 다음과 같다. 우선, $f(k) = 1, F(k) = k$ 의 성질을 이용하여 (23)을 재정리한다.

$$\theta'(k) = \frac{N-1}{1-k} [\theta(k) - \delta k - Q] \quad (24)$$

여기에서 $Q = (\rho + \lambda - \alpha)\lambda G/\Omega + 1$, $\Omega = -((\rho + \lambda)(ps - C(s)) + \alpha C(s)) < 0$ 이며, $\delta = (\rho + \lambda - \rho)(\rho + \lambda)$ 로서 식을 단순화하기 위한 주요 파라미터로 구성된 변수다. 식

(24)는 $\theta'(k) = \frac{N-1}{1-k}\theta(k) - \frac{N-1}{1-k}Q - \frac{N-1}{1-k}\delta k$ 의 미분방정식이므로 이를 풀면 아래의 해를 구할 수 있다.¹¹⁾

$$\theta(k) = (N-1)(k-1) \left[\frac{\delta}{N} + \frac{Q+\delta}{(N-1)(k-1)} \right] + D(k-1)^{(1-N)} \quad (25)$$

위에서 D 는 상수항으로 이를 풀기 위해서는 초기 조건이 필요하다. 만일 투자비가 0이면(즉, $k=0$) 전체 지대(rent)를 가져가기 위해서는 $V=0$ 이 되는 수준의 θ 가 되어야 하므로 아래의 성질을 만족해야 한다.

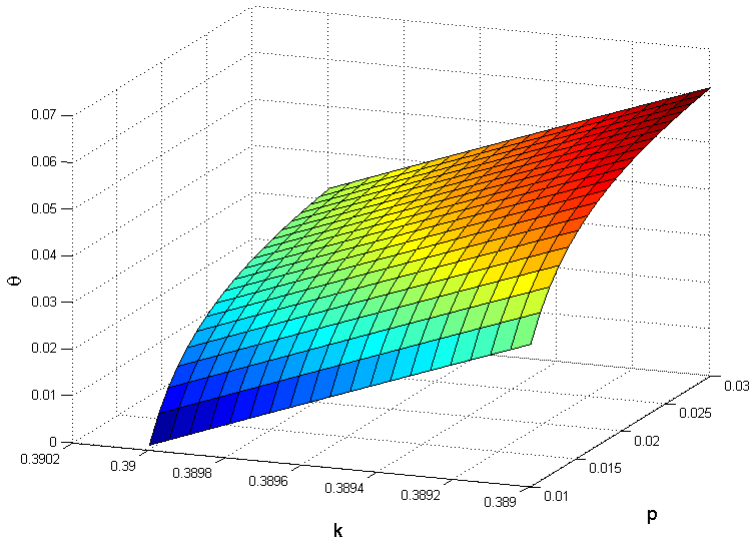
$$\theta^* = \min \left\{ \theta \mid V(p, \theta) = \frac{(1-\theta)ps}{\rho+\lambda-\alpha} - \frac{\lambda G + (1-\theta)C(s)}{\rho+\lambda} - k = 0 \right\} \quad (26)$$

위 식을 풀면 $k=0$ 에서 $\theta(0) = Q$ 을 구할 수 있으므로 이를 초기조건으로 삼으면 상수항인 $D = \left[Q - (N-1) \left(\frac{Q+\delta}{N-1} - \frac{\delta}{N} \right) \right] (-1)^{N-1}$ 를 구할 수 있다. 한편, 만일 콜옵션 경매 방식을 취하게 되면 행사가격 X 에 대해 옵션행사 이후 사업자의 수익은 $X-k$ 가 된다.

$N=20, \rho=0.05, \lambda=0.02, s=1, C(s)=0.05, G=0.4, k=0.389, p=0.01$ 의 가장적 수치를 이용한 시뮬레이션을 수행하도록 한다. 위의 수치 기준으로 (25)의 θ 는 0.031이 나온다. 다음 <그림 2>는 $N=20$ 일 때의 $\theta(k)$ 에 대한 k 와 p 의 민감도 분석 결과를 보여 주는데, 투자비용 k 는 입찰 수준 θ 를 감소시켜 앞의 식 (23)의 결과와 일치함을 알 수 있다. 아울러 p 의 개발이익은 θ 수준을 증대시키는데 이는 개발이익 측면에서 효율적인 사업자의 경매 경쟁력이 높아진다는 직관과도 일치한다.

11) 식 (23)에서 $V/V_\theta < 0$ 을 충족하기 위해서 $\theta < 1 + (\rho + \lambda - \alpha)\lambda G/\Omega$ 의 조건이 추가적으로 필요하다. 따라서 $Q > 0$ 역시 만족한다.

<그림 2> θ 의 투자비용 k 및 개발이익 p 민감도 분석

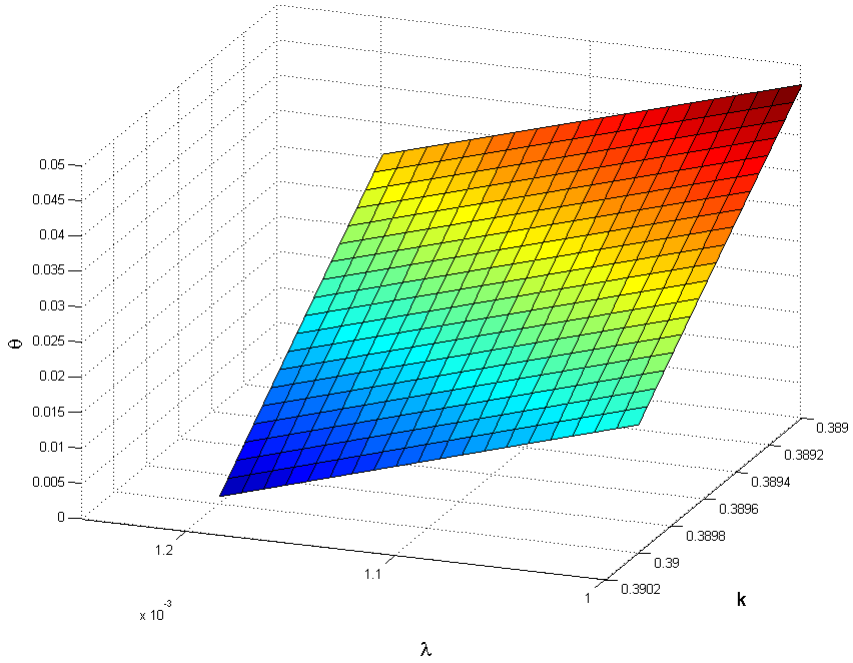


$$N = 20, \rho = 0.05, \lambda = 0.02, s = 1, C(s) = 0.05, G = 0.4$$

<그림 3>은 개발사업의 λ 가 증가하면 경쟁 입찰 수준인 $\theta(k)$ 가 감소하는 것을 보여 주는데, 개발이익의 DMZ 환수규모를 증대시키기 위해서는 개발사업이 직면할 수 있는 정치적 리스크를 최대한 줄이는데 노력해야 함을 알 수 있다. 한편 식 (25)에서 보듯이 참가자 N 의 규모가 $\theta(k)$ 에 미치는 영향은 식에서 일률적으로 정의하기 어렵다.

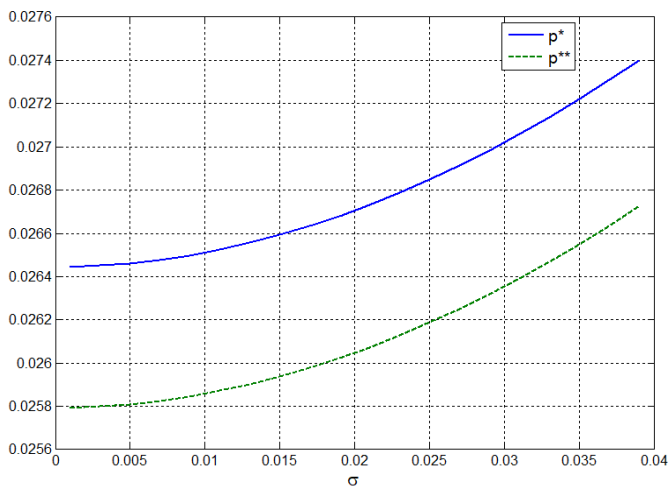
다음 실물옵션을 살펴보면, $N = 20, \rho = 0.05, \lambda = 0.02, s = 1, C(s) = 0.05, G = 0.4, k = 0.389$ 기준으로 볼 때 $p^* = 0.0265, p^{**} = 0.0259$ 로서 $p = 0.01$ 보다 높다. 이 경우 수익고정비용 경매이든 콜옵션 경매이든 낙찰한 사업자는 아직 개발사업의 투자옵션을 행사하지 않는 것이 바람직하다. <그림 4>는 수익고정비용 경매에서 투자임계 수준인 p^* 와 p^{**} 의 σ 에 대한 민감도 분석 결과를 보여주는데, 불확실성이 클수록 투자임계 수준이 증가하여 투자시기가 지연되는 것을 알 수 있다. 비록 가상적인 수치를 이용한 시뮬레이션이지만 분석 결과가 시사하는 바는 DMZ 보전기금의 기여율을 증대시키기 위해서는 적절한 입찰 참가자 규모를 제한하기 보다는 정치적 리스크의 완화나 투자세액 공제 등의 효과가 보다 클 수 있다는 점이다.

〈그림 3〉 θ 의 투자비용 k 및 정치적 리스크 λ 민감도 분석



$$N=20, \rho=0.05, p=0.01, s=1, C(s)=0.05, G=0.4$$

〈그림 4〉 p^* 와 p^{**} 의 불확실성에 대한 민감도 분석



III. 결론

생태조사에 의하면 한반도 DMZ의 생태자원은 우리나라 생물종의 24%, 멸종위기 생물종의 41%에 해당하는 규모로 알려져 있다. 통일 이후에도 DMZ의 생태계는 보전되어야 하며 이를 위해서는 남북한 통일 이후가 아니라 사전에 그 보전방안이 마련되어야 한다. 최근 남북경협 논의가 진행되면서 벌써부터 DMZ를 평화지대로 바꾼 ‘접경지역 벨트’나 ‘혁신벤처클러스터’로 개발하자는 제안이 나오고 있지만 정작 DMZ의 생태자원 보전을 위한 예산의 구체적 확보 방안에 대한 논의는 이루어지지 않고 있다. DMZ 생태자원 보전에는 생태자원 관리 비용 뿐만 아니라 복구비용 및 연구예산까지 수반되어야 하므로 상당한 규모의 예산이 필요하다. 이에 본 논문은 실물옵션과 경매이론을 연계하여 경제적 인센티브 메커니즘을 이용한 DMZ 보전기금 확보 방안을 연구하였다. 다수의 사업자들은 경매를 통해 북한지역 개발사업권을 획득하려고 하고, 매물비용에 대한 사적 정보를 가지고 있으며, 사업수익의 일부를 보전기금으로 지불한다고 할 때, 먼저, 경매 참가자의 최적 투자시기를 결정하는 실물옵션 모형을 분석하고, 다음으로 베이즈 내쉬균형을 이용해 경매 참가자가 사적 정보에 대해 진실을 보고할 경매를 설계하였다.

개발사업자의 수입을 활용하여 DMZ보전기금 형성하는 방안은 전통적인 TDR이나 보전경매와는 달리 DMZ의 생물종 자체의 가치에 대해서는 굳이 몰라도 된다는 장점이 있다. 개발의 경제적 가치만 알면 경매 제도를 설계할 수 있기 때문이다. 이것 역시 사업의 특성상 비대칭적 정보나 시장 불확실성의 이슈가 있겠지만, 생물종 가치를 평가하는 것 보다는 수월하다는 점에서 장점이 존재한다.

한편 DMZ 내의 어떤 생물종을 중점적으로 관리할지도 연구주제이겠지만, 보존대상 생물종의 순위를 세우는 Weitzman(1998)의 연구에서 보듯이 거의 모든 생물종이 다 관리대상이라고 볼 수 있다. 또한 생태계 먹이사슬의 복잡계과 만에 하나 끊어질 수 있는 사슬고리의 리스크를 고려한다면 특정 생물종의 관리를 무시하는 것은 위험할 수 있다. 그럼에도 불구하고 보전대상 생물종의 순위화 작업이 필요하다면 선결과제는 DMZ 생태계의 가치평가일 것이다. 이때에도 경매제도가 도입된다면 고려해 볼 수 있는 방식은 이른 바 이중경매(double auction)인데, 다수의 매도인과 매수인의 동시 입찰을 통해 생물종 가치의 평가가 가능할 수 있다. DMZ 생태자원은 공유지라는 점에서 다수의 시민

이 권리를 가지기 때문에 예를 들면 Cramton et al.(1987) 방식으로 권리의 재분배가 가능할 수 있다. 최근 Posner and Weyl(2018)에 의해 Cramton 방식의 권리분배 경매가 재조명받고 있는데, 오늘날에는 블록체인에서의 스마트 계약 등 관련된 기술이 뒷받침되기 때문이다. 향후 관련된 연구를 실험경매 등을 통해 현장에서 보다 구체적으로 적용할 수 있는 방향으로 연구가 이루어져야 할 것이다.

[References]

- 김재한, “접경지역에서의 국제적 협력 사례연구”, 「21세기정치학회보」, 제19권 제3호, 2009, pp. 305~328.
- 박은진, “세계의 평화공원 사례와 한반도 DMZ에 주는 시사점”, 「신뢰와 평화 희망의 DMZ 세계평화공원」, 통일연구원, 2013, pp. 17~34
- 박은진·심숙경·이상대, 최용환, 황금희, “분단·대립 접경지역의 해외사례와 한반도 DMZ의 시사점”, 「이슈&진단」, 제44호, 2012, pp. 1~25.
- 박은진·여인애, “한반도 비무장지대 일원 정책과 연구의 변화 및 시사점”, 「환경정책」, 2018, pp. 19~45.
- 박호정, 『실물옵션과 투자분석』, 리얼포탈, 2018.
- 박호정·황의식, “실물옵션 모형을 이용한 농지보전 프로그램의 농업투자 효과분석”, 「농업경제연구」, 제44권 제4호, 2003, pp. 121~139.
- 이동훈, “분쟁수역평화적이용사례－요르단과 이스라엘 윈-윈, ‘홍해해양평화공원’”. 「통일한국」, 제26권 제5호, 2008, pp. 36~38.
- 이상현·박윤주, “에콰도르-페루 국경 분쟁의 결과와 의미”, 「이베로아메리카」, 제17권 제1호, 2015, pp. 1~26.
- 장원근·최지연, “홍해해양평화공원 사례 분석 및 남북 접경지역 해양환경 협력 시사점”, 「월간 해양수산」, 제252호, 2005, pp. 37~52.
- Abhishek, V., B. Hajek and S. R. Williams, “Auctions with a Profit Sharing Contract,” *Games and Economic Behavior*, Vol. 77, 2013, pp. 243~270.
- Aradillas-Lopez, A., P. A. Haile, K. Hendricks and R. H. Porter, “Testing Competition in The United States Offshore Oil and Gas Lease Auctions,” *American Economic*

- Association Annual Meeting*, 2018.
- Ausubel, L. M., *Auction Theory for the New Economy*. Palgrave, 2003.
- Chang, F-R., *Stochastic Optimization in Continuous Time*, Cambridge, 2004.
- Cong, L. W., *Timing of auctions of real options*. Chicago Booth, 2017. (https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2143929)
- Cramton, P., R. Gibbons and P. Klemperer, “Dissolving a Partnership Efficiently”, *Econometrica*, Vol. 55, No. 3, 1987, pp. 615~362.
- DeMarzo, P., I. Kremer and A. Skrzypacz, “Bidding with Securities: Auctions and Security Design”, *American Economic Review*, Vol. 95, No. 4, 2005, pp. 936~959.
- Dixit, A. and R. Pindyck, *Investment under Uncertainty*, Cambridge University Press, 1994.
- Grenadier, S. R. and N. Wang. “Investment Timing, Agency and Information”, *Journal of Financial Economics*, Vol. 75, 2005, pp. 495~533.
- Holmes, T. J., B. Seo, and M. H. Shapiro, *Leasing, Learning And Oil Field Development*, Working Paper, 2014.
- Klemperer, P. D., *The Economic Theory of Auctions*, Edward Elgar, 2004.
- Krishna, V., *Auction Theory*, Academic Press, 2009.
- Kustrová, M., “Military Training Areas: Places with High Nature Conservation Value”, *Economics and Management*, Univerzita Obrany, 2013.
- Maeland, J., *Valuation of Irreversible Investments and Agency Problems, Innovation, Organization and Strategy (Trigeorgis, L.)*, Cambridge University Press, 2002.
- Posner, E. and E.G. Weyl, *Radical Markets: Uprooting Capitalism and Democracy for a Just Society*, Princeton University Press, 2018.
- Weitzman, M., “Noah’s Ark Problem,” *Econometrica*, Vol. 66, No. 6. 1998, pp. 1279~1298.
- Zmelik, K., S. Schindler and T. Wrkka, “The European Green Belt: International collaboration in biodiversity research and nature conservation along the former Iron Curtain”, *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, Vol. 23, No. 3, 2011.
- 이스라엘 외교부 웹사이트 <http://www.mfa.gov.il/mfa/foreignpolicy/peace/regional/pages/gulf%20of%20aqaba-%20environment.aspx>
- SADC TFCA 웹사이트 <https://www.sadc.int/themes/natural-resources/transfrontier-conservation-areas/>
- UNESCO Transboundary Biosphere Reserves 웹사이트 <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/transboundary-biosphere-reserves/>