

지속가능한 항만운업을 위한 효율적 항만환경관리에 관한 연구 (I): 부산 신항만 개발로 인한 해양환경 및 자원 영향성 평가 사례

† 김태군

† 한국해양대학교 해사수송과학부 부교수

Study on Efficient Port Environmental Management for Sustainable Port Operation (I): Case Study of Marine Environments and Natural Resources Impacts by Busan New Port Development

† Tae-Goun Kim

† Associate Professor, Division of Maritime Transportation Science, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 국가물류경제의 중추산업인 항만의 지속가능한 운영과 개발을 위해서는 인프라 확충을 통한 경쟁력확보와 더불어 대기오염, 수질 오염, 소음 및 생태계 파괴 등의 항만환경문제에 의한 지역커뮤니티와의 갈등해소가 더 중요한 요소로 부각되고 있다. 우리나라 부산 신항만 개발사업의 경우도 신항만 공사용 바다모래 채취로 인한 어민들과의 갈등 때문에 항만공사가 중단된 경험이 있으며, 그 주요 원인으로 현행 어업피해조사제도를 포함한 항만환경피해에 대한 정량적인 영향성 평가법의 부재와 한계라 할 수 있다. 따라서 본 연구의 주목적은 우리나라 항만의 지속가능한 항만운영 및 개발을 위한 효율적인 항만환경관리에 필수적인 정량적 환경영향성평가 방안의 제시에 있다. 이를 위해 국내의 항만의 환경정책과 사례분석을 통해 전반적인 항만환경문제와 그 영향(피해)에 대해서 살펴보고, 피해를 입은 환경재와 서비스의 전체적 경제적 가치를 평가할 수 있는 경제적 가치평가법을 제시하였다. 제시된 방법론 중에서 부산 신항만 개발로 따른 정박지 지정으로 인한 해양 생태계 서비스 피해 사례에 대해 보다 과학적으로 추정할 수 있는 Habitat Equivalency Analysis(HEA)를 적용하여, 예시적인 피해액을 추정하였다. 본 연구의 결과를 토대로, 제시된 항만환경피해에 대한 경제적 영향성평가방법론의 제도적 도입을 통하여 보다 효율적인 항만환경관리방안을 제시하였다.

핵심용어 : 지속가능한 항만운영, 환경피해, 경제적 가치평가 방법론, 부산 신항 개발, 서식지 등가분석법

Abstract : The sustainable operation and development of ports is a key industry for Korea's national economy. It is increasingly more important to resolve conflicts with local communities due to port environmental problems such as air pollution, water pollution, noise and ecosystem destruction while securing port competitiveness through infrastructure expansion. In case of the Busan New Port development project in Korea, construction has been temporarily suspended due to conflict with local fishermen over marine sand mining for construction. A primary reason for this is the absence and limitation of qualitative port environmental impact assessment methodologies in Korea. This includes the current investigation of fisheries damaged by ports. Therefore, the main purpose of this study is to propose economic valuation methods for assessing environmental impacts that are essential for efficient port environmental management and for sustainable port operation and development in Korea. To do this, this study examines the overall port environmental problems and their effects (damages) through the analysis of environmental policies and case studies of domestic and overseas ports. Then economic valuation methods are suggested for total economic values (TEV) of damaged environmental goods and services. Among the proposed methods, Habitat Equivalency Analysis (HEA), as a more scientific data based method, was applied to estimate marine ecosystem service damages from the designation of Busan New Port Anchorages. Finally, based on the study results, more efficient port environmental management will be achieved through the institutional adoption of the proposed economic impact assessment methods for port environmental damages.

Key words : Sustainable Port Operation, Environmental Impacts, Economic Valuation Methods, Busan New Port Development, Habitat Equivalency Analysis (HEA)

1. 서 론

항만법 제2조에 정의된 바와 같이, 오늘날의 항만이란 국가

경제적 측면에서 지속적인 국제무역지수의 증가추세에 따른 전체 국제물류체계에서 통과화물의 물류 부가가치활동을 제공하 는 “물류거점”으로의 역할이 요구되어지고 있으며, 국가 항만개

† Corresponding author : 중신회원, teddykim48@kmou.ac.kr 051)410-4437

발 계획도 우리나라 항만의 동북아 고부가가치 물류허브화를 지향하고 있다 (Gwak, et al., 2014; Kim, 2015).

그러나 이러한 경제적인 측면과 더불어, 항만의 환경적 측면에서의 역할, 즉 항만활동과 개발로 인한 해양 및 대기오염, 소음, 진동 등 환경을 해치는 요소의 효율적인 관리문제가 오늘날 항만의 지속가능한 운영 및 개발의 중요한 요소로 부각되고 있다 (Gwak, et al., 2014; Kim, 2015; Kim and Kim, 2014; ESPO, 2013). 유럽의 대표적인 항만조직인 유럽항만기구 (ESPO, 2013)는 EU국가 항만들을 대상으로 1996년부터 매 5년 마다 10대 항만환경문제에 대한 설문조사(총 4회)를 실시해 오고 있으며, 그 주요결과는 다음과 같다. 첫째, 과거(1996년)부터 현재(2013년)까지 항만개발로 인한 해상 및 육상오염과 항만준설과 준설토투기 문제는 항만운영과 개발에 필연적인 환경문제로 인식되어 오고 있지만, 그 중요도는 점점 낮아지고 있는 추세이다 (Kim and Kim, 2014). 둘째, 과거에는 중요시되지 않았던 CO₂, NO_x, 미세먼지(PM) 등 대기오염문제는 호흡기 질환 등의 건강문제와 인류의 최대 관심사인 기후변화문제로 인하여 가장 중요한 항만환경문제로 떠오르고 있다.¹⁾ 마지막으로, 이와 같은 항만활동으로 인한 환경오염문제가 인근 지역주민들의 건강과 생활 및 여가활동 등 후생에 영향을 미침으로 인하여, “지역커뮤니티와의 관계개선”이 2009년 이후 여섯 번째로 중요한 항만환경문제로 인식되어 오고 있다는 것에 주목할 필요가 있다 (ESPO 2013; Kim and Kim; 2014).

다시 말해, 국가 기간산업으로써 국가경제발전에 매우 중요한 항만산업의 지속적인 운영과 개발을 위해서는 경쟁항만들과의 치열한 항만경쟁에서 우위 확보가 중요하며, 이를 위한 필수적인 해결방안으로 미래에 증가하는 물동량 변화에 따른 시의적절한 항만인프라의 확충 및 개발이 최우선시 되어 오고 있다 (Kim, 2015; Lee and Back, 2015). 그러나 무엇보다도 이러한 개발계획이 차질 없이 이루어지기 위해서는 효율적인 항만환경문제 관리를 통한 지역커뮤니티와의 관계개선이 더 우선시 되어야 할 것이다²⁾. 그 대표적인 예로써, 우리나라 최대 컨테이너 항만인 부산항의 경우, 동북아 국제물류 비즈니스 허브항만 경쟁에서 우위를 점하기 위하여 1995년부터 막대한 자본투입과 장기간 개발계획(26년 간 약 16.7조원의 사업비) 하에 신항만 건설을 추진해 오고 있지만 (BPA), 사업 초기인 1999년부터 항만건설에 필요한 바다모래의 수급문제로 지역 주민(어업인)들과 갈등을 빚어 왔다. 급기야 2008년 10월에는 바다모래 채취로 인한 어장 및 해양생태계의 파괴를 막기 위한 어민들의 강력한 시위로 중단된 바다모래 채취는 결국 일시적인 신항만 공사의 중단으로 이어지게 되었다 (Gwon, 2008; Park, 2007). 이처럼 항만개발사업 등으로 인한 지역주민과의 갈등은 국가 항만개발사업의

차질을 가져올 수 있으며, 이는 곧 항만경쟁력 저하로 이어질 수 있어 국가경제에 크나큰 악영향을 미칠 가능성이 높은 것이다.

그러나 해외 선진항만과 달리 우리나라의 경우, 항만운영 및 개발에 따른 환경문제로 인한 지역주민과의 원만한 갈등해소에 필요한 정량적인 영향성평가를 통한 효율적인 관리방안이 미흡한 상태이다. 현재, 우리나라에서 여러 항만환경문제 중에서 유일하게 정량적인 영향평가가 이루어지고 있는 부분은 수산(해양)자원의 피해에 대한 “어업피해조사”가 유일하다 할 수 있다. 이는 우리나라 수산업법에 따라 공공사업 등으로 피해를 입은 수산자원에 대한 정량적 평가를 통한 어업손실보상이 이루어지도록 하고 있으나, 여전히 과학적이고 객관적이지 못한 피해조사방법 및 결과에 대한 신뢰성 문제 등으로 인하여 어민들과의 갈등이 유발되고 있다 (Jeon, 2015; MOF, 2013). 예컨대, 부산항 신항 개발사업 및 정박지 지정에 따른 어업손실조사 결과에 대하여 경남 거제도 어민들의 반발과 민원이 끊이지 않았으며, 어업피해 보상이 완료된 이후에도 지정된 정박지를 개설정해 줄 것을 요구하는 민원이 발생하고 있는 실정이다 (Kim, 2012; BPA, 2015). 이러한 이유로 해양수산부에서는 항만 어업피해보상 제도의 개선에 관한 연구수행과 더불어, 항만공사로 인한 어업피해영향조사의 표준화 방안을 위한 연구과제를 현재 추진 중에 있다(해양수산부, 2013; 2016).

따라서 본 연구의 주목적은 지속가능한 항만의 운영 및 개발을 위한 효율적인 항만환경관리에 필수적인 정량적(경제적) 환경영향성평가 방안의 제시에 있다. 이를 위하여, 첫째, 전반적인 항만환경문제를 살펴보고, 국내의 사례조사를 통하여 효율적인 환경관리를 위한 정량적인 환경영향성평가 방법론에 대하여 고찰하고자 한다. 둘째, 여러 항만환경문제 중에서 부산 신항만 개발 (정박지지정) 사례를 통하여 해양환경 및 자원(수산자원)의 피해에 대한 기존 어업피해조사방법의 대안으로 적용 가능한 “보상대체비용법 (Compensatory Replacement Cost Approach)”을 제시하고자 한다. 셋째, 실제 보상대체비용법의 부산 신항만 공사 사례에 적용한 후, 그 분석결과를 통한 시사점을 제시하고자 한다.

2. 항만관련 환경문제 및 환경피해 영향성 평가 방법론

2.1 항만 환경문제

항만의 운영 및 개발 등으로 인한 환경피해 문제는 이미 오

1) 항만 대기질문제 (Air Quality)는 ESPO(2009; 2013) 최초의 설문조사시기인 1996년에는 10대 항만환경문제로 인식되지 못하였으나, 2004년 6위, 2009년 2위, 그리고 2013년에는 1위를 차지할 정도로 대기오염 문제의 심각성이 높아지고 있는 추세이다

2) 친환경환경정책인 그린포트정책의 선도적인 추진 항만인 미국의 LA/LB 항만은 항만 대기오염으로 인해 지역 주민의 Health risk (암 발생률) 증가 문제가 대두됨으로 인하여 2006년부터 그린포트정책을 시행해오고 있다 (Lam and Notteboom, 2014; Kim and Kim, 2014)

래전부터 여러 연구를 통하여 이슈화 되어왔다. 즉, Grigalunas et al (2001)은 미국 컨테이너항만의 준설토 투기로 인한 상업적, 레저용 수산자원의 피해에 대하여 정의하고 생경제학모델을 이용하여 직간접적 생태계영향에 대한 경제적 피해금액을 추산하였다. 또한 위의 저자들이 참여한 한국 해양수산개발원 (KMI, 2004)의 연구에서는 컨테이너항만의 개발과 관련한 환경문제에 대해서 전반적으로 분석하였으며, 대표적인 항만환경문제는 대기오염, 소음, 교통체증, 해양생태계 파괴, 연안경관의 훼손, 습지의 상실 등임을 밝혔다. 그리고 더 나아가 이러한 환경피해 비용을 추산할 수 있는 경제적 가치평가 방법론 (economic valuation methods)를 소개하고, 대기오염(NOx)으로 인한 추가적 환경외부비용 (external cost)를 추정하였다.

앞에서 설명한 바와 같이, 유럽항만기구 (ESPO, 2013)의 설문조사분석 시리즈 연구 중에서, 가장 최근인 2013년에 조사된 10대 환경문제는 대기오염, 항만쓰레기 및 폐기물, 항만에너지 소모문제, 소음, 선박 폐기물, 지역주민과의 관계, 준설, 먼지, 항만개발 (육상공간)문제 및 수질오염으로 나타났다. 그리고 북동 대서양지역의 해양환경보호를 위한 유럽 15개국 연합기구인 OSPAR(2009)는 항만의 최대 고객인 선박으로 인한 환경문제를 정립하였으며, 주요 위험요소는 유류 및 위험물 유출, 대기물질배출, 선박폐기물 유출, 선박페인트 유해물질, 발라스트유로 인한 외래어종의 유입 및 소음 등으로 분석하였다.

또한 최근 세계적으로 유명한 유럽, 아시아, 아메리카 항만들(40개 항만)의 실제 항만환경관리사레들을 조사·분석한 GHD(2013)의 연구결과, 준설, 항만의 개발 및 하역작업 등으로 인하여 발생하는 수질오염, 소음 및 진동, 불빛, 경관저하, 연안환경의 물리적, 생물학적 변화, 대기오염, 생태계 파괴, 외래어종 유입 등이 대표적인 항만환경 위험요소인 것으로 정리하고 있다. 그리고 항만환경 문제를 다루기 위하여 대부분의 국제 항만들이 취하고 있는 관리방안으로서, 첫째, 강력한 정부 규제(법)과 ISO 14001 환경관리시스템과 같은 환경정책을 채택하고 있으며, 둘째, 항만부지의 선정과 항만 마스트플랜 수립 과정에 모든 항만 이해관계자들과 지역주민들의 참여원칙 하에, 지역 커뮤니티와의 갈등해소를 통한 장기적인 항만 운영방안을 수립하고 있다. 셋째, 항만개발 및 운영과 관련한 모든 환경위해 요소와 이에 대한 영향성 평가를 철저히 하여 이를 고려한 환경관리방안을 수립하고 있다.

마지막으로 친환경 항만정책인 그린포트정책을 주도적으로 시행하고 있는 미국의 LA/LB항만을 중심으로 유럽은 물론, 우리나라 부산항 및 울산항 등의 그린포트정책시행의 계기 또한 여러 가지 항만환경문제, 특히 대기오염 물질로 인한 지역

주민의 건강악화 문제해결을 통한 지속가능한 항만운영 위한 것으로 나타났다 (Kim and Kim, 2014). 따라서 이러한 선행 연구들을 통하여 밝혀진 항만의 운영 및 개발과 관련한 대표적인 환경위험요소들을 정리하면 Table 1과 같으며, 이러한 환경문제는 결국 지역주민과의 갈등을 유발하여 지속적인 항만의 운영과 개발에 악영향을 줄 수밖에 없는 것이다.

Table 1 Potential environmental and resource impacts from sea port

No.	Environmental Issues	Consequences	
1	Air Quality (Nox, Sox, CO2, dust, Particulate Material(PM), etc.)	Health Risk, Welfare loss	
2	Noise pollution and vibration	Welfare loss, Marine resources and ecosystem depredation	
3	Water Quality		
4	Dredging Operation	Marine resources and ecosystem depredation, Coastal change, etc.	
5	Dredging Disposal		
6	Port Development and Expansion	Water	Conflicts of local communities, impacts on local amenities, housing prices, welfares, etc.
		Land	
7	Oil and Hazardous Material Spills	Marine resources, habitat and ecosystem depredation, Property damages, Recreational opportunities, etc.	
8	Road Congestion	Welfare loss from Increased traffic congestion cost ³⁾	
9	Ballast Water Discharge	Invasive Species	
10	Light pollution	Welfare loss	

2.2 환경피해 영향성 평가 방법론

Table 1에서 정리된 항만환경문제로 인한 결과 (consequences) 또는 영향 (impacts)인 건강피해, 후생감소, 해양자원 및 환경의 훼손 등⁴⁾은 시장에서 거래되는 일반 제화(market goods)과 달리 그 피해액을 추정하기가 쉽지 않다.

왜냐하면 공공재 (public goods)의 성격을 가진 이러한 환경재 및 서비스는 소유권이 명확하지 않고, 일반 시장에서 거래되지 않아 적정 가격 (또는 가치)를 추정하기가 용이하지 않기 때문이다. 그러나 공기와 물과 같은 환경재와 서비스 질의 변화는 인간의 후생에 직간접적으로 영향을 주기 때문에, 항만환경오염으로 기인한 피해에 대한 명확한 영향성 평가와 이를 통한 충분한 피해 배보상이 이루어지지 않는다면 지역커뮤니티와의 갈등해소는 어려울 것이다 (Champ et al. 2003). 따라서 이에 대한 해결방안으로 피해를 입은 각각의 환경재

3) 교통혼잡비용(traffic congestion cost)은 환경오염비용 및 교통사고비용과 더불어 교통수요 증가에 따른 사회적 비용으로써, 도로교통 수요의 증가로 인한 정상속도 이하로 운행함으로써 발생하는 추가시간비용 및 추가 운행비용의 합으로 이루어져 있다 (NIS)

4) 본 연구에서는 항만환경 오염으로 발생된 이러한 피해를 “환경재 및 서비스 (environmental goods and services)”의 피해로 정의하고자 한다

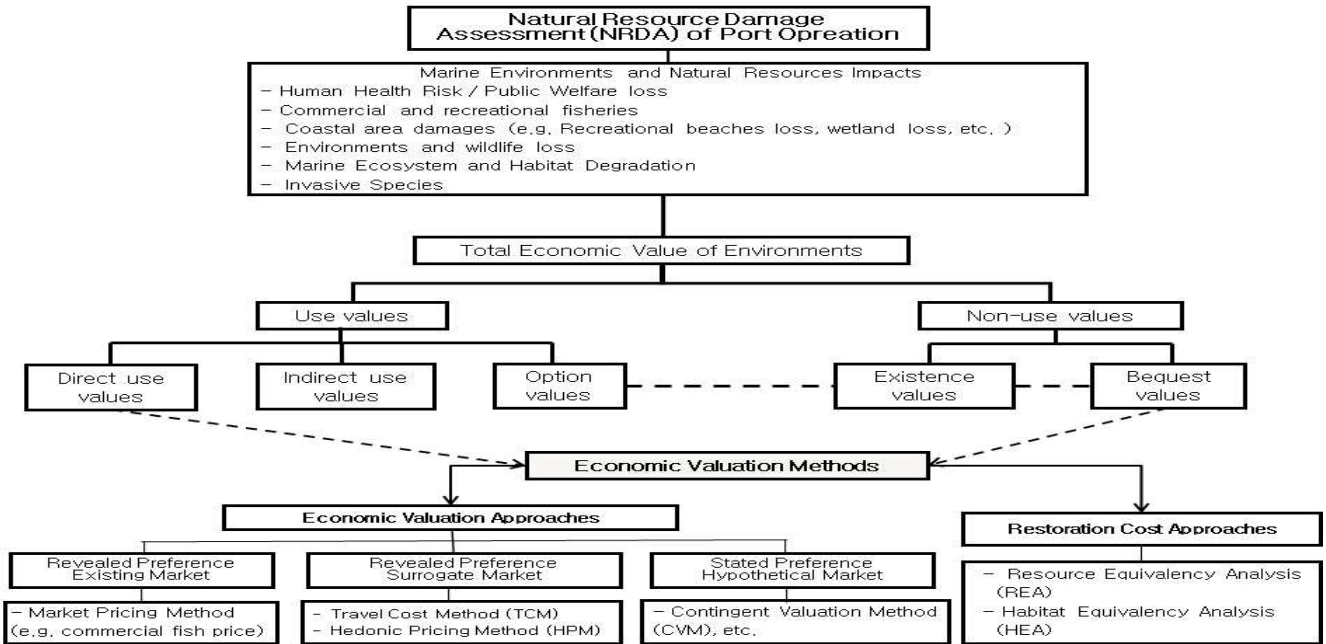


Fig. 1 Economic valuation methods of damaged environments and natural resources from port operation

및 서비스가 가진 전체 경제적 가치 (Total economic values; TEV)에 대한 이해와 이에 대한 정량적(경제적) 가치를 평가할 수 있는 적절한 방법론의 도입이 필수적이라 할 수 있다. 즉, Fig. 1은 항만운영 및 개발로 피해를 입은 환경 및 천연자원에 대한 영향성평가 (Environmental and Natural Resource Damage Assessment; NRDA)의 전체적인 흐름과 환경제와 서비스가 가진 경제적 가치분류, 그리고 이러한 가치를 평가할 수 있는 방법론을 제시하고 있다.

먼저 항만운영 및 개발로 피해를 입은 환경제에 대한 TEV는 사용가치 (Use Value; UV)와 비사용가치 (Non-use Value; NUV)의 합으로 나타낼 수 있다. 첫째, 사용가치는 인간에 의한 환경제와 서비스의 실제 이용이나 앞으로 예정된 이용 등을 통하여 효용을 가져다주는 가치를 의미하며, 수산자원의 어획이나 해수욕장 등의 이용에 대한 가치인 직접적 사용 가치(Direct UV), 습지나 맹그로브 등이 제공하는 홍수, 태풍 보호기능 서비스 등에 대한 가치인 간접적 사용가치 (Indirect UV), 그리고 셰일가스(shale gas)와 같은 지금은 사용하지 않지만 미래에 직간접적으로 사용가능성이 있는 환경제에 대한 가치인 선택가치 (Option value)로 이루어져 있다 (Barbier et al. 1997; Freeman, 2003; Pascual, et al. 2010; Salem and Mercer, 2012).

둘째, 비사용가치란 인간이 직접 현재 또는 미래에 이용하지 않아도, 나이가가라 폭포 등과 같은 환경제가 존재하는 것에 가치(Existence value)를 부여하거나, 미래 세대 (Bequest value)뿐만 아니라 현재 세대의 다른 사람(Altruistic value)을 위하여 깨끗한 환경제를 보전하려는 것에 가치를 부여하는 것을 말한다. 따라서 항만활동으로 영향을 받는 환경제와 서비스에 대한 전체적인 경제적 가치피해에 대한 명확하고 정량

적인 영향성 평가가 이루어져야 충분하고 합리적인 피해 배분 상 등을 통한 갈등해소가 이루어질 수 있는 것이다(Table 2).

Table 2 Total economic values of environmental goods and services

Category	Use Values (UV)			Non-Use Values (NUV)
	Direct UV	Indirect UV	Option Value	
Environmental Goods and Services	Fish, Agriculture recreation, wildlife harvesting, energy resources, etc.	Nutrient retention, flood control, storm protection, Climate change control, etc.	Potential future uses (as per direct and indirect uses) Future value of information	Bequest value, Altruistic value, Existence value related to biodiversity and cultural heritage, scenery, etc.

Source : Barbier, et al. 1997; Pascual, et al. 2010.

다음으로, 위에서 정의된 환경제에 대한 TEV의 정량적인 추정에는 비시장제로써 직접적인 시장가격을 찾을 수 없기 때문에, 환경제의 가격이라 할 수 있는 경제적가치를 평가할 수 있는 방법론 (Economic Valuation Methods)를 도입해야 한다. Fig 1.에서 나열된, 경제적 가치평가법에 대한 연구 또한 오래전부터 수행되어져 왔으며, 항만운영 및 개발을 포함한 인간의 활동으로 피해를 입은 환경 및 천연자원의 영향성 평가에 있어 해양유류오염피해조사 등 많은 분야에서 적용되어 왔다 (Barbier, et al. 1997; Freeman, 2003; Pascual, et al.

2010; Salem and Mercer, 2012).

이러한 환경에 대한 경제적 평가법은 크게 두 가지 그룹으로 나뉜다. 첫 번째는 경제적 가치추정접근법 (Economic Valuation Approaches)로서, 1) 실질적으로 환경재 (e.g. 상업적 수산자원)에 대한 시장이 존재할 경우 그 시장가격을 직접 대입하는 방법 (Market pricing method)와 2) 직접적인 시장은 존재하지 않지만, 환경재 관련 시장(Surrogate market)이 존재할 경우, 해당 환경재 (e.g. 해수욕장)를 이용하기 위하여 소요된 여행시간과 비용 (Travel time and cost)을 환경재를 위해 기꺼이 지불할 의사 (Willingness to pay: WTP)로 간주하고 이 비용을 가치로 추정하는 방법 (여행자비용법; Travel cost method (TCM)), 그리고 환경재의 가치가 관련 시장재화의 가격상승 (e.g. 인접 해수욕장으로 인한 아파트 가격상승) 효과를 가치로 추정하는 방법(헤도닉가격법, Hedonic pricing method (HPM))이 있다. 또한 3) 습지나 해양생태계와 같이 직접적으로 관련 시장재화가 존재하지 않거나 비시장가치를 추정할 경우, 환경재에 대한 선호 (preference)가 반영된 가상시장(Hypothetical market)에서 환경재의 질적 변화 (quality change)에 대해 인간의 WTP를 설문형식의 방법을 통하여 직접적으로 물어보는 방법 (Stated preference method; SPM)가 있으며, 대표적인 SPM으로 조건부 가치추정법 (Contingent Valuation Method: CVM)을 들 수 있다.

두 번째 그룹의 가치평가방법론은 복원비용접근법 (Restoration Cost Approaches) 또는 보상대체비용법 (Compensatory Replacement Cost Approach)으로서, 피해를 입은 환경재에 대한 충분한 보상을 위하여 복원노력 (restoration efforts)에 소요된 비용을 추정하는 접근법이다. 대표적인 방법론으로는 자원 동가분석법 (Resource Equivalency Analysis; REA)과 서식지 동가분석법 (Habitat Equivalency Analysis; HEA)이 있다 (본 연구에서는 HEA를 대표 보상대체비용법으로 간주한다). 예를 들어 항만공사로 피해를 입은 해양생태계가 피해를 입은 시점에서 피해를 받기 이전의 수준 (pre-damaged level; baseline)으로 복원될 때까지 잃어버린 전체 서비스 가치를 동등하게 제공할 수 있는 생태계복원 사업의 크기를 시행하는데 소요되는 복원비용 (restoration cost)를 해당 생태계 서비스의 가치로 평가하는 방법이다.

특히 환경재가 가진 비사용가치에 대한 경제적 가치 평가는 쉽지 않는데, 미국의 대표적인 유류오염사고인 엑센 발데즈 (Exxon Valdez oil spill, 1989)사고 이후 CVM이 NUV를 추정할 수 있으며 법적으로 통용될 수 있는 NRDA 가치평가법으로 인식되어 왔으며, 현재에도 여러 환경영향성 평가분야에서 활발하게 사용되고 있다 (Hampton and Zafonte, 2002; Shaw and Wlodarz, 2013). 그러나 가상환경시장재에 대한 설

문조사를 바탕으로 한 가치추정법인 CVM이 가진 여러 가지 편향요소(bias) 또는 제약요소(limitation)⁵⁾로 인하여 기름유출 사고 피해 배보상 등에 대한 법적공방의 근거자료로 이용되기에 문제점이 노출됨에 따라, 1995년 미국해양대기청 (National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA)에서 대안으로 HEA를 도입하였다. 그 결과 미국 해양오염법 (Oil Pollution Act; OPA) 하의 공식적인 유류오염으로 피해에 대한 NRDA 방법론인 CVM과 HEA 중에서 HEA가 법정에서 더욱 적극적으로 이용되고 있는 실정이다 ((NOAA 1995; Hampton and Zafonte, 2002; Shaw and Wlodarz, 2013). 비록 HEA 또한 진정한 환경재의 가치 (True value of environmental goods)를 충분히 대변하지 못할 수 있다는 비판도 있지만 (Barbier 2011; Hampton and Zafonte, 2002; Petrolia 2014), CVM에 비하여 상대적으로 보다 과학적인 자료를 바탕으로 한 추정과 저렴한 가치평가 비용 등의 장점을 가지고 있기 때문에, 본 연구에서 다룰 부산 신탄만 개발공사 (특히 정박지 지정)로 인한 해양생태계환경 및 자원의 영향성 평가 방법론으로 채택하고자 한다 (Hampton and Zafonte, 2002; Shaw and Wlodarz, 2013).

3. 항만 해양환경 및 자원 영향성 평가를 위한 보상대체비용법 (Compensatory Replacement Cost Approach)

3.1. 새로운 영향성 평가대안의 필요성

이미 언급한 바와 같이, 우리나라에서 Fig. 1에 나열된 여러 가지 항만환경피해에 대하여 정량적 평가가 이루어지고 있는 부분은 항만의 개발 또는 준설 등으로 인한 해양자원인 상업적 수산업의 피해에 대한 영향성조사 (어업피해조사)뿐이다. 그러나 이러한 어업피해조사제도는 실제로 피해를 입은 해양환경 및 자원서비스 전체적 영향을 평가하기에 많은 문제점을 가지고 있다. 첫째, 우리나라 현행 관련법과 제도상 항만개발공사나 정박지 지정 등으로 영향을 받는 해양환경재 및 서비스, 그리고 천연자원인 1) 상업적 수산자원이나 2) 레저용 수산자원 (recreational fishery), 3) 해양생태계 또는 서식지 파괴 및 4) 해양경관의 훼손 또는 해양레저활동의 제한 등으로 인한 후생의 감소 등에 대한 피해보상으로 오직 “상업용 수산업”에 대한 손실보상만 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 제도적으로 Fig. 1에서 제시된 피해를 입은 환경재의 TEV에 대한 충분한 보상이 이루어지지 못하는 근본적인 문제점을 가지고 있는 것이다.

둘째, 어업손실보상에 이용되고 있는 「수산업법 시행령」

5) 일반적인 CVM 추정에 대한 논쟁은 환경재의 피해정도에 대한 명확한 정의가 부족하며, 이에 따라 피해가 큰 환경재와 피해가 적은 환경재에 대한 WTP 크기 차이에 대한 검사 (scoping test) 문제가 발생하며, 과대한 WTP 추정경향을 보이는 것으로 알려져 있다 (Barbier, 2011; Petrolia, 2014; Shaw and Wlodarz, 2013)

제69조 <별표 4>는 영향을 받은 환경재에 대한 정량적 가치 평가법이라 할 수 있는 “손실액 산출방법과 기준”에 대하여 상세히 설명하고 있다. 그러나 이미 여러 연구에서 지적한 바와 같이, 현행 수산업법상 지정된 어업피해 전문조사기관들에 의해 어업피해조사가 이루어지고 있지만, 조사기관에 따라 조사방법과 자원량 추정 방법론이 상이하하며, <별표 4>의 규정 내용의 적용과 더불어 제한손실액 산출에 있어 제한정도의 판단, 그리고 어업피해 범위와 정도의 판단에 있어서 주관적인 해석이 가능하여, 해당 어민과의 갈등과 국고의 낭비를 초래하는 일이 빈번하다 (Jeon, 2015; MOF, 2013).

특히 국가적으로 항만운영 및 개발과 관련한 어업피해보상 제도의 문제점을 개선하기 위하여 해양수산부(2013)는 14개 국가관리무역항을 대상으로 실시된 어업피해조사연구들을 면밀히 비교·분석하여 현 제도의 문제점과 표준화된 과업지시서를 제시하였다. 이 중 본 연구의 사례지역인 부산 신항 개발 및 정박지 지정으로 인한 어업손실보고서에 대해 해양수산부(MOF, 2013)가 지적한 문제점을 요약하면, 첫째, 정박지에서 발생하는 부유사로 인한 김양식장의 어업피해범위의 산정 시 중요한 요소인 생물검정에 이용된 독성실험 해조류는 2종류로써, 최소권장 해조류 개수(3개) 보다 적은 대상으로 이루어졌다. 둘째, 정박지의 소음진동으로 인한 피해범위 산정시 구간별 전달손실 등에 대하여 실제 현장관측이 이루어지지 않았으며, 셋째, 여러 가지 피해요인별 (특히 해수유동 및 퇴적환경 변화) 임계환경변화량⁶⁾의 산정에 있어, 실제 생물검정 등의 조사결과를 통해서가 아닌, 인근해역에서 실시된 기존 다른 연구보고서를 인용하거나, 심지어 해양환경이 다른 서해안 지역에서 실시된 연구보고서를 인용하는 등 주관적이거나 비과학적인 방법에 의하여 어업피해 범위가 추정되고 있는 실정이다. 마지막으로 수산업법 시행령 <별표 4>에서는 피해액 산출기준으로 “평균연간어획량 (보통 3년 평균)”을 사용토록 명시하고 있지만, 자의적인 어류연령별 자원량 추정의 우려가 있는 자원해석학적인 이론적 방법론을 사용하고 있다는 지적이다.

즉, 어업피해조사제도의 문제점을 보여주는 단적인 사례가 바로, 2007년에 발생한 허베이 스피리트호 유류오염사고이다. 우리나라는 현재 유조선 유류오염사고로 피해를 입은 수산업 및 양식업에 대한 배상은 관련 국제협약인 92민사책임협약(92 CLC)와 92 국제기금협약(92 FC)에서 제시하는 배상청구 매뉴얼에 따라 피해배상청구를 할 수 있다. 그리고 어업생산량의 근거자료로 수산업법 시행령과 마찬가지로, 3년간 어업 판매실적 (Commission sales records over the previous three years)을 중요한 증거자료로 제출토록 명시하고 있다 (KFAFPI, 2009; IOPC Fund, 2014). 그러나 2015년 9월 현재, IOPC Fund에서 청구한 수산 및 양식업의 피해배상 청구건수는 총 110,332건 (약 1조 605 십억원)이며, 이중 건수로는

51.2% (56,511건)이 기각되었지만, 청구금액의 경우 96.9% (약 1조 556 십억원)이 기각되었다 (HSDST, 2015). 대부분의 청구금액이 기각된 주요 이유는 앞에서 정리한 어업피해조사제도의 문제점과 동일하게, 해당 유류오염으로 피해를 입었다는 사실관계를 증명할 과학적 증거부족과 평균생산량 산정에 있어 명시된 근거가 아닌, 자원해석학적인 이론적인 방법에 의한 피해산정 등이라고 지적되었다 (IOPC Fund, 2012).

따라서 현재 항만운영 및 개발로 인하여 피해를 입는 해양환경 및 자원(수산자원)의 피해 영향성 평가방법으로 사용 중인 “어업피해조사방법”은 전체적 경제적 가치(TEV)를 대별하기에 부족할 뿐만 아니라, 수산자원만의 피해액 추산에도 많은 문제점을 내포하고 있어, 이에 대한 보다 과학적이고, 국제적으로도 통용 가능한 평가대안이 필요한 것이다.

3.2. 서식지 등가분석법 (Habitat Equivalency Analysis: HEA)

HEA는 복원비용접근법 또는 보상대체비용법의 대표적인 NRDA 가치평가 방법론으로서, 1995년 NOAA (1995)의 연구 보고서에서 처음 소개되었다. 2000년과 2006년 두 번의 수정 과정을 거쳐 미국 OPA 하에서 유류오염으로 피해를 입은 환경재 및 자원서비스의 정량적 평가방법으로 도입되었으며, 전통적인 가치평가접근법인 CVM의 대체제로 현재 주도적으로 이용되고 있다 (NOAA, 1995; Hampton and Zafonte, 2003; Kohler and Dodge, 2006; Shaw and Wlodarz, 2013). 그리고 현재 유류오염사고 뿐만 아니라 항만개발 등을 포함하여 다른 해양환경 및 생태계 서비스 영향성 평가방법론으로 적용되고 있는 실정이다 (Ray, 2009; Scemama and Levrel, 2016).

이러한 HEA의 기본 개념은 서비스 대 서비스 접근법 (Service-to-Service approach)으로서, 피해를 입은 환경재와 자원의 단위 서비스 (unit service; V_d)와 복원사업이 제공하는 단위 서비스 (unit service from restoration project; V_{RP})에 대해 국민들이 일대일 교환관계(one-to-one trade-off)를 기꺼이 받아들인다는 의미를 내포하고 있다 (아래 식 참조). 즉, Fig. 2. a와 식에서 보인바와 같이, 유류오염이나 항만개발로 피해를 입은 자원 서비스는 일정한 시간이 지나면 자연적으로 회복하게 되는데, 피해를 입기 이전 서비스 수준 (baseline service; b^1)까지 완전히 복원되는 시간(T_R)까지가 전체적인 손실 (S)이 된다. 따라서 기존 피해 자원서비스와 같거나 비슷한 서비스 질(service quality)을 제공할 수 있는 복원사업이 시작되어, 자원회복 기간과 같이 일정기간 이후 100%의 성숙(maturity)단계에 도달하며(T_M), 성숙기간을 포함하여 그 이후에 동등한 자원서비스를 제공하게 되는데, 이때 피해를 입은 크기(S)와 똑같은 양의 복원사업의 크기(RP)를 추정하면 되는 것이다 (Fig. 2. b). 마지막으로 생태계 피

6) 일반적으로 어업피해조사연구를 통하여 수집된 해양물리, 수질, 해양생태계, 생물검정, 소음진동 등의 자료를 토대로 가장 중요한 피해요인별 임계환경변화량을 설정하여 최종 피해범위를 산정한다 (MOF, 2013)

해와 복원사업은 장기간, 그리고 다른 시간공간에서 이루어지기 때문에 현재와 미래의 시간적 가치를 고려하기 위하여 사회적 할인율 (r)을 적용하여 계산해야 한다(Shaw and Wlodarz, 2013).

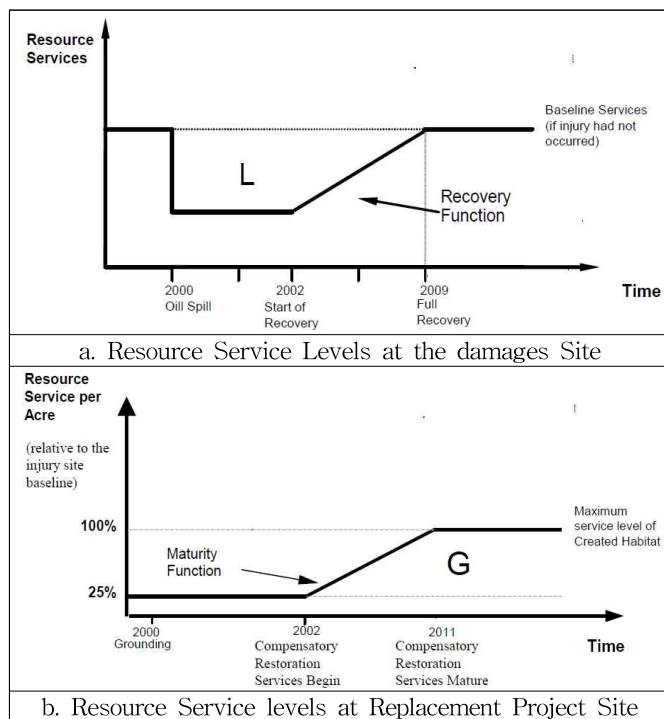


Fig. 2 Concept of HEA for damaged natural resources
Source : Adopted from NOAA(1995)

다음은 위에서 설명한 HEA 개념에 대한 구체적인 계산공식이다.

$$RP = S * \frac{V_d}{V_{RP}} * \frac{\sum_{t=t_0}^{T_R+1} [((b^j - x_t^j)/b^j)(1+r)^{(C-t)}] + [((b^j - x_{t=T_R+1}^j)/b^j)(1+r)^{(C-(T_R+1))} * \frac{1}{r}]}{\sum_{t=RP_0}^{T_M+1} [((x_t^p - b^p)/b^j)(1+r)^{(C-t)}] + [((x_{t=T_M+1}^p - b^p)/b^j)(1+r)^{(C-(T_M+1))} * \frac{1}{r}]}$$

- 단, RP = 피해보상적 생태계 복원사업의 크기
- S = 생태계 피해를 입은 지역의 크기
- V_d = 피해를 입은 생태계가 제공하는 단위 생태자원

- 서비스 당 가치
- V_{RP} = 복원된 생태계가 제공하는 단위 생태자원
- 서비스 당 가치
- b^j = 피해를 입기 이전 (baseline)의 생태계 서비스수준
- x_t^j = 피해지역 생태계가 제공하는 t시점의 서비스수준
- b^p = 복원사업이 이루어지는 지역 생태계의 초기 생태계 서비스수준

- x_t^p = 복원지역 생태계가 제공하는 t시점의 서비스수준
- t₀ = 항만개발사업 (정박지 지정)이 시작된 시점
- RP₀ = 복원사업이 시작된 시점
- T_R = 피해지역이 피해이전 (baseline) 상태로 완전히 회복된 시점
- T_M = 복원사업이 완전한 성숙단계에 도달한 시점
- T_L = 복원사업에서 제공하는 생태계 서비스가 종료되는 시점
- r = 사회적 할인율 (5.5%)

일반적으로 피해지역과 복원사업지역의 해양자원 서비스의 질은 시간에 불변하며(time invariant), 동일한 것 ($\frac{V_d}{V_{RP}}=1$)으로 가정하고 있다(NOAA, 1995; Kohler and Dodge, 2006). 그러나 피해 지역이 역사적·문화적인 가치 등을 내포하고 있을 경우, 단순한 복원사업으로 제공되는 서비스의 질은 과소 평가될 수 있으며, 반대로 피해지역이 수산업이나 해양관광지역 등으로도 이용되지 못하는 하찮은 지역일 경우, 과도한 복원사업의 수행은 과대평가된 결과일 수도 있는 것이다. 따라서 본 연구에서는 동일한 서비스 질을 제공한다고 가정하고자 한다.

4. HEA를 이용한 신항 정박지 지정으로 인한 항만 해양환경 및 자원 피해 분석

4.1. 부산 신항 정박지 지정 개요

21세기 급격하게 증가할 컨테이너 항만물동량 변화에 대비하여 충분한 시설확충을 통한 동북아시아 물류비즈니스 거점 항만의 경쟁력 확보를 위한 전략으로, 민간기업과 공동 출자를 통하여 2020년까지 연간 최대 1,584만 TEU의 컨테이너 물동량을 처리할 수 있는 신항만을 단계별 계획에 따라 개발 중에 있다 (BPA; Song, et. al, 2003). 이러한 신항만 개발로 인하여 신항 이용 대기선박들을 위하여 정박지를 2008년 6월 27일 (부산지방해양항만청 고시 제2008-72호) 지정 고시 하였으며, 아래의 Fig. 3과 같이 8만톤급 2척 (정박지 W-1 & W-2)과 3만톤급 6척 (정박지 U-1 ~ U-6)이 동시에 정박할 수 있는 시설능력을 갖추고 있다 (BPA, 2015).



Fig. 3 Busan new port development and anchorage

이러한 새로운 정박지의 지정으로 인한 해양환경 및 해양 자원 서비스의 피해를 살펴보면, 1) 직접적 사용가치에 대한 피해로서, 기존의 해양생태계 서비스 사용에 대한 금지로 양식업이나 연안어업 등에 직접적인 손실을 가져오며, 향후 정박지 이용 선박들에 의한 소음 및 진동, 그리고 부유사 확산 등에 의하여 어업피해를 입게 된다. 2) 상업적 수산업 이외에 레저용 낚시어업도 영향을 받으며, 간접적 사용가치인 3) 선박의 묘박으로 인한 해양생태계의 파괴와 비사용가치인 4) 경관훼손 등으로 인한 후생 감소 등을 들 수 있다. 그리고 한번 지정된 정박지는 정박지 변경이나 항만이 폐쇄되지 않는 이상, 피해의 지속기간이 무한하다고(infinite) 할 수 있다.

이러한 해양환경 및 해양자원 서비스의 피해에 대하여 부산항 신항 개발사업 남권 2-3단계 및 정박지 지정에 따른 어업손실조사 연구를 통하여, 직접적 사용가치인 수산자원 피해(정박지 지정 및 외곽 1km 밖까지의 영향)에 대한 보상만이

이루어진 상태이다(BPA, 2005; PNUOSI, 2011). 그러나 위에서 지적한 여러 가지 어업피해 영향성 평가방법상의 문제점 등으로 인하여 결과에 대한 지역 커뮤니티와의 갈등이 지속되고 있다(BPA, 2015; Kim, 2012).

따라서 본 연구에서는 위에서 나열한 여러 가지 해양환경 및 자원서비스의 피해 중에서, 소음, 진동 등으로 발생하는 피해를 제외하고, 단지 정박지 지정(정박지와 외곽 1km 밖까지 면적)으로 인하여 발생하는 전체적인 경제적 피해 (TEV)를 제시된 HEA를 통하여 산정하고자 한다.

4.2. 자료(Data)

HEA를 적용하기 위해서는 피해정도와 범위, 피해 생태계의 회복기간 등의 물리학적, 생물학적 자료와 사회적 할인율과 같은 경제학적 자료들이 필요하다. 첫째, 정박지 지정으로 인해 피해를 입은 해양환경 및 해양자원 서비스는 지정과 동시에 무한하게 사용이 금지되기 때문에, 100% 피해가 영원히 지속되는 것과 같다 할 수 있다.

둘째, 피해지역인 정박지의 해양생태계 서비스와 동질의 서비스를 제공해 줄 수 있는 복원사업의 선정이다. 즉, HEA의 결과는 어떠한 복원사업을 선정하느냐에 따라 그 결과가 달라질 있기 때문에, 기존 해양생태계와 비슷한 복원사업을 진행하는 것이 중요하다. 그러나 우리나라 해역에서 이루어지는 해양생태계 복원사업은 인공어초사업, 바다목장사업, 그리고 인공숲 조성사업이며, 이 중에서 table 3에 나타난 바와 같이 1970년대부터 가장 대표적으로 시행되어 오고 있는 것은 인공어초를 통한 생태계 복원사업이다 (Choi, 2013; Kim et al. 2008; KFRA, 2015). 또한 여러 가지 인공어초 중에서도 신항 정박지 지역인 가덕도 지역에서 시행된 인공어초사업은 연근

Table 3 Status of artificial reefs restoration project in korea(1971-2014)

Area		Years	1971~2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	합계	7년 평균
All Korea	Artificial Reefs Projects	Project area(ha)	198,119	3,899	4,319	4,167	3,133	3,274	2,778	2,938	222,627	3,501
		Project Cost (million won)		39,154	50,453	44,334	39,384	44,864	37,933	40,891	1,074,591	42,430
		Unit Cost (million won/ha)	3.92	10.04	11.68	10.64	12.57	13.70	13.65	13.92	4.83	12.32
	Cubic Artificial Reefs Projects	Project area(ha)	138,979	434	608	552	368	256	564	638	142,399	489
		Project Cost (million won)	416,821	2,783	3,509	3,129	2,207	2,056	4,091	6,053	440,655	3,404
		Unit Cost (million won/ha)	3.00	6.41	5.77	5.67	6.00	8.03	7.25	9.49	3.09	6.95
Busan	Artificial Reefs Projects	Project area(ha)	2,490	72	96	96	80	64	88	48	3,034	78
		Project Cost (million won)	11,775	875	875	850	970	970	970	850	18,135	909
		Unit Cost (million won/ha)	4.73	12.15	9.11	8.85	12.13	15.16	11.02	17.71	5.98	12.30
	Cubic Artificial Reefs Projects	Project area(ha)	1,799		32	32	16	32	16	8	1,935	23
		Project Cost (million won)	5,709		279	252	120	532	120	95	7,136	233
		Unit Cost (million won/ha)	3.17		8.72	7.88	7.50	16.63	7.50	11.88	3.69	10.02

Source : KFRA, 2015

해 어업용으로 개발된 “사각어초사업(Cubic Artificial Reefs Projects)”이 2008년 이전에 시행되었다 (KFRA, 2015). 따라서 본 연구에서 피해지역과 동질의 서비스를 제공할 수 있는 생태계복원사업은 사각어초사업으로 하며, 단위사업시행 비용 (marginal cost per unit project size (million won/ha))은 10.02 백만 원으로 한다(Table 3).

셋째, 복원사업이 시행된 이후, 인공어초사업지역에서 제공하는 동질의 생태계 서비스 수준, 즉 성숙도 (maturity)가 100%에 도달하는 시기는 사업시행 3년이 지난 이후부터로 하며, 인공어초가 서비스를 제공하는 기간은 사업시행 후 30년까지로 한다 (Choi, 2013; Kim et al. 2008). 그리고 우리나라에서 인공어초의 연도별 성숙도에 대한 연구는 현재 Yoo et al.(2014)에 의한 연구를 인용하였다⁷⁾.

마지막으로, 사회적 할인율(r)은 우리나라 공공투자사업의 경제성분석과 예비타당성 분석에 사용되고 있는 5.5%를 적용하였으며, 민감도 분석에서는 미국의 환경재에 대한 사회적 할인율인 3.0%도 적용하여 비교분석하고자 한다 (Choi, 2013; KDI, 2008).

Table 4 Summary of variables used in HEA

Variable Names	Values	Remarks
t_0	2008. 06	
T_R	Infinite	
S	2,288.0 ha	Anchorage area(8.95 km ²) + 1km outside of Anchorage(13.93 8.95 km ²)
Proposed restoration Project	Cubic Artificial reefs	
Marginal Cost of project	10.02	one million won/ha
RP_0	2009	Restoration Implementation year
T_L	2039	30 years function of the project
T_M	2012	After 3 years of RP_0
r	5.5%	3.0% for sensitivity analysis

Table 4는 신항 정박지 지정으로 인한 해양생태계 서비스 피해에 대한 영향성 평가를 위한 HEA에 사용된 변수들을 정리하였다. 즉, 최초로 피해를 입은 시기 (t_0)는 정박지로 지정 고시된 시점인 2008년 6월말부터로 하며, 그 다음해인 2009년부터 인공어초사업이 시작되는 시기(RP_0)로 정하였으며, 인공어초사업의 기능이 끝나는 시기 (T_L)는 사업 시작 후 30년이 되는 2039년으로 정하였다. 그리고 피해를 입은 지역의 해양생태계 크기 (S)는 지정된 정박지 전체 면적 (8.95 km²)과 정박지 외곽 1km (3.93 8.95 km²)를 더한 2,288.0 ha로 한다.

4.3. 피해추정 결과 (Results)

위에서 설명한 HEA의 추정 개념과 자료(data), 그리고 본 연구에 사용된 가정 (assumptions)을 이용하여, 부산항 신항 개발로 인한 정박지 지정에 따른 해양환경 및 자원 (해양생태계)의 피해에 대한 예시적인 경제적 피해를 추정하였다. Fig 4와 Table 5에 나타난 바와 같이, 사회적으로 할인된 피해지역의 생태계서비스 손실 (discounted effective area lost)은 무한대로 이루어진 전체 그래프의 아래 영역의 합이며, 이와 동질의 사각인공어초 생태계복원사업으로 30년간 제공되는 할인된 서비스의 크기 (discounted effective area gains)는 손실 크기와 같도록 (equivalency) 시행된 것이다.

따라서 피해기간(infinite)동안 전체 해양생태계 피해지역은 43,872.7 ha이며, 이와 등가(equivalency)하는 3,166.7ha의 인공어초사업을 30년간 제공하면 되는데, 이를 토대로 전체 신항 정박지 지정을 발생한 해양생태계 피해액은 약 317.5백억 원으로 추정되었다 (Base case in Table 5). 즉, 본 연구의 기본 추정사례(Base case)는 인공어초의 성숙도가 4년째부터 100%에 도달하여 지속하는 가정 하에서 추정하였다.

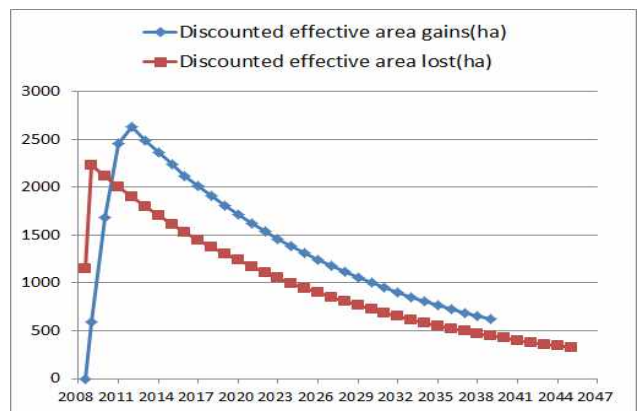


Fig. 4 Estimated discounted effective lost and gains from busan new port anchorage by HEA

4.4. 민감도 분석 (Sensitivity Analysis)

다음은 HEA를 이용한 신항 정박지 지정으로 인한 해양생태계 피해에 대한 보상적 복원비용(compensatory restoration costs)은 몇 가지 다른 가정(assumptions)이나 조건에 따라 바뀔 수 있기 때문에, 이에 따른 민감도 분석을 시행하였다. 첫째, Yoo et al. (2014)의 연구결과에 충실하여, 완전히 성숙된 정도가 76.9%이며 (Lower Maturity case: LM case), 이대로 마지막 서비스 년도 (2039년)까지 지속된다면, 인공어초 복원사업의 크기는 4,028.2ha로 커지며, 총 보상적 피해액도 약 403.6 백억 원으로 나타났다.

7) Yoo et al. (2014)는 인공어초 사업이 시행된 이후, 인공어초 지역과 주변 해역의 생태계 서비스 수준을 연도별로 비교하였으며, 시행 후 3년째에 평균 성숙도가 76.9%임을 밝혔다. 따라서 이 연구결과를 단순한 선형모형으로 추정하면, 2년째에 38.5%, 3년째 76.9%, 그리고 3년 이후인 4년째부터 100%의 성숙도를 보이는 것으로 추정하여 적용하였다

둘째, 사회적 할인율은 3.0%로 적용하였을 경우, 현재 생태계 피해에 대한 높은 가치부여로 인하여 전체 피해지역이 78,546.2 ha로 증가하였으며, 이에 따라 복원사업의 크기와 전체 피해금액도 Base case는 4,136.0 ha, 약 414.4 백억 원으로 그리고 LM case는 5,286.6 ha에 대하여 약 529.7 백억 원으로 가장 많이 추정되었다.

Table 5 Sensitivity analysis of environmental damages estimation from the HSOSA

Estimation Cases		Total damaged habitat areas (ha/years)	Total replacement habitat Size (ha/30 years)	Total Restoration Costs (million wons)
Base Case	5.5% Discount Rate	43,872.7	3,168.7	31,749.9
LM Case		43,872.7	4,028.2	40,362.3
Base Case	3.0% Discount Rate	78,546.2	4,136.0	41,443.2
LM Case		78,546.2	5,286.6	52,971.7

5. 결론 및 시사점

국가물류경제산업에 크나큰 영향력을 가진 항만의 지속적인 운영과 개발을 위해서는 항만인프라 확충을 통한 항만경쟁력 확보의 중요성과 함께, 대기오염, 수질오염, 항만개발로 인한 해양생태계 파괴 등 항만환경문제에 대한 효율적인 관리를 통한 지역커뮤니티와의 갈등해소가 더 우선시 되고 있는 추세이다.

따라서 본 연구에서는 첫째, 국내외 항만의 환경관리정책과 사례분석 등을 통하여 항만운영과 개발로 인하여 발생하는 10대 항만환경문제 (대기오염, 소음, 수질오염, 준설 및 준설토 투기, 항만개발, 유류 및 위험물 유출 등)와 이로 인하여 발생 가능한 피해(영향)결과인 지역주민의 건강 악화 및 후생감소, 해양환경 및 자원, 생태계의 피해, 그리고 이로 인한 지역커뮤니티와의 갈등유발 등을 조사·분석하였다.

둘째, 이러한 항만환경문제의 효율적인 관리를 위해서는 항만활동으로 피해를 입은 환경재의 전체적인 가치에 대한 이해와 갈등해소에 필수적인 원활한 피해보상을 위한 객관적인 영향성 평가방법론의 선정이 필수적이라 할 수 있다. 따라서 국내외 환경 및 자원영향성평가(NRDA) 방법론에 대한 선행연구조사를 통하여, 항만활동으로 피해를 입은 환경재 및 서비스가 가진 전체적인 경제적 가치 (TEV = UV + NUV)와 이를 객관적이고 과학적으로 평가할 수 있는 방법론으로서, 미국의 OPA 하에서 법적으로 사용 중인 두 가지 NRDA 방법론인, 1) CVM 등을 중심으로 한 경제적 가치추정접근법 (Economic Valuation Approaches)과 2) HEA로 대표되는 보상대체비용법 (Compensatory Replacement Coast Approaches)를 제시하였다.

셋째, 제시된 방법론과 현재 우리나라 항만개발 등으로 피해를 입은 수산자원에 대한 유일한 정량적 평가법인 어업피해

조사방안을 비교분석하여, 전체 환경서비스 가치에 대한 과소평가와 비과학적이고 자의적인 해석이 가능한 어업피해조사 방법의 문제점을 제시하였다. 그리고 이에 대안일 될 수 있는 보다 과학적인 자료를 근거로 추정이 가능한 HEA를 적용하여, 부산 신항만 개발로 인한 정박지 지정에 따른 해양환경 및 자원서비스의 피해를 추정하였다.

넷째, 신항 정박지 지정으로 해당 생태계 서비스지역 (2,228.0 ha)에 대한 이용금지로 발생하는 상업적, 레저용 수산업에 대한 피해, 생태계 파괴와 경관훼손 등으로 인한 후생감소에 대한 경제적 가치를 동질의 서비스를 제공해 줄 수 있는 인공어초복원사업비용으로 추정하였다. 그 결과 5.5%의 사회적 할인율과 4년째부터 100%의 성숙도를 가정한 Base case의 경우 피해액은 약 3,175.5백억 원으로 나타났다. 그리고 민감도 분석을 통하여 3.0%의 할인율과 낮은 성숙도로 가정한 LM case는 최대 5,297.7백억 원으로 추정되었다.

본 연구에서 보상대체비용법인 HEA를 적용하여 신항 정박지 지정에 따른 전체적인 해양생태계 가치 (TEV)에 대한 피해액 추정은 예시적인 결과 (illustrative results)로서, 이미 어업피해조사로 추정된 단순히 상업적 수산업 만에 대한 피해보상결과와의 직접적인 비교는 불가하다. 그러나 본 연구를 통하여, 전 세계적으로 지속가능한 항만운영 및 개발을 위하여, 적극적인 항만환경관리를 통한 지역커뮤니티와의 갈등해소에 많은 노력을 기울이고 있다는 점을 인지하여야 한다. 그리고 여러 항만환경문제 중에서 우리나라에서 제도적으로 갈등해소방안이 마련된 수산업 피해조사방법론은 많은 문제점으로 인하여 항만개발의 중단으로 이어지고 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 제시된 효율적인 항만환경관리를 위한 환경피해 영향성 평가 방법론에 대한 국가적 차원에서의 적극적인 이해와, 미국의 OPA 하에서 법적 NRDA 방법론으로 채택되고 있는 것과 같이, 제도적 개선을 통하여 우리나라 항만의 지속적인 운영과 발전에 도움이 될 것으로 판단된다.

비록 본 연구에서 제시한 항만개발에 따른 해양환경피해액의 예시적 추정결과는, HEA를 적용하기 위한 보다 더 자세한 과학적인 자료 확보의 한계에 있다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 자료의 확보를 통한 실질적인 항만개발 등으로 해양환경피해액의 추정이 필요하다.

References

[1] Barbier, E. B., Acreman, M., and Knowler, D(1997), Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners. Gland: Ramsar Convention Bureau.
 [2] Barbier, E. B(2011), "Coastal wetland restoration and the Deepwater Horizon Oil Spill." Vanderbilt Law Review, Vol.. 64, No. 4, pp. 1820-1849.
 [3] BPA(Busan Port Authority), Development Plan of Busan

- New Port, www.busanpa.com.
- [4] BPA(2015), A Study on efficient Management Plan Busan Southern-outer Anchorage and North Port Mooring Facility, Busan Port Authority.
- [5] Champ, P. A., Boyle, K. J., & Brown, T. C. (Eds.)(2012), A primer on nonmarket valuation, Vol. 3, Springer Science & Business Media.
- [6] Choi, J. D(2013), "A Study on the Economic Effectiveness of the Artificial Fish Reef Project in the Tae-an Marine Ranching." *The Journal of Fisheries Business Administration*, Vol. 44, No. 3, pp. 103-109.
- [7] ESPO (European Sea Ports Organisation)(2013), ESPO Port Performance Dashboard, ESPO, www.espo.be.
- [8] KMI(Korea Maritime Institute)(2004), Environmental Issues in Container Port Development, KMI, p. 138.
- [9] Freeman III, A. M(2003), *The Measurement of Environmental and Resource Values*, second ed. Resources for the Future, Washington, DC.
- [10] GHD(2013), Environmental best practice port development: an analysis of international approaches, GHD, www.ghd.com.
- [11] Grigalunas, T., Opaluch, J., Luo, M., & Chang, Y. T(2001), "Estimating environmental costs in port development: case study of economic costs to fisheries of marine disposal of clean dredge sediments", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1756), pp. 94-99.
- [12] Gwon, G. H(2008, October 13), "Busan and Tonyoung Offshore Marine Sand War", *The Chosun Ilbo*, Retrieved from <http://www.woonews.com>.
- [13] Gwak, G. S., S. H. Moon, B. I. Park, and I. H. Baek(2014), *Management of Port Operation*, Pakyoungsa, p. 419.
- [14] Hampton, S. and Zafonte, M(2002), "Calculating compensatory restoration in natural resource damage assessments: recent experience in California." *Proceedings of the California and the World Ocean*, Vol. 2, pp. 833-844.
- [15] HSDST(Hebei Spirit Damage Support Team)(2015), *Data of Indemnification and Compensation Status of Hebei Spirit Oil Spill Accident*, Ministry of Oceans and Fisheries.
- [16] IOPC Fund(2012), *Incident involving the IOPC Funds - 1992 Funds: Hebei Spirit*, IOPC Fund 1992.
- [17] IOPC Fund(2014), *Example Claim Form: 2014 Edition*, London: IOPC Fund(1992).
- [18] Jeon, S. G(2015), "A study on the Problems and Remedies of the Fishery Compensation", *Maritime Law Review*, Vol. 27, No. 2, pp. 227-255.
- [19] KFAFPI(Korea Fisheries Association Fishery Policy Institute)(2009), *A Study on Fisheries Sector's Response Evaluation and Improvement Measures of Hebei Spirit Oil Spill*. Report No. 11-1541000-000383-01.
- [20] KFRA (Korea Fisheries Resources Agency)(2015), *Statistics of Artificial Reefs Projects(1971~2014)*. Korea Fisheries Resources Agency.
- [21] Kim, C. G(2102, July 13), "Action for Survival rights if fishery damages for Busan New Port are not investigated well. *The Geoje News*", Retrieved from <http://www.geojenews.com>.
- [22] Kim, Dae-Young, Jeong-Gon Ryu, and Jung-Sam Lee(2008), *Study on Establishing the Evaluation System of the Stock Enhancement Program*. Korea Maritime Institute.
- [23] KDI(Korea Development Institute)(2008), *A study on Modification and Complementation of General standard guidelines for pre-feasibility study (5th Ed.)*, KDI.
- [24] Kim, S. H(2015), "Sustainable Port Competitiveness in International Port Operations", *Journal of Korea Port Economic Association*, Vol.31, No. 30, pp. 61-74.
- [25] Kim, T. G. and Kim, H. S(2014), "Study on establishing Green Port Policy in Korea to meet Ports' Characteristics: Development of Ulsan Green Port Policy by using AHP", *Journal of navigation and port research*, Vol. 38, No. 5, pp. 549-559.
- [26] Kohler, K. E. and Dodge, R. E(2006), "Visual_HEA: Habitat Equivalency Analysis software to calculate compensatory restoration following natural resource injury." *Proceedings of 10th International Coral Reef Symposium*, pp. 1611-1616.
- [27] Lam, J. S. L. and Notteboom, T(2014), "The Greening of Ports: A Comparison of Port Management Tools Used by Leading Ports in Asia and Europe", *Transport Reviews*, Vol. 34, No. 2, pp. 169-189.
- [28] Lee, K. T. and Baek, I. H(2015), "The Analysis on the Determinations Factors of Container Port Competitiveness", *Journal of fisheries and marine sciences education*, Vol. 27, No. 1, pp. 265-272.
- [29] MOF (Ministry of Oceans and Fisheries)(2013), *A Study on System Improvement of Compensation for Fisheries Damages by Port*, MOF.
- [30] MOF(2016). "MOF established standards for investigation of fisheries damage by Port", *Press Releases*, MOF.

- [31] NIS(National Index System), Road Traffic Congestion Cost, <http://www.index.go.kr/>.
- [32] NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)(1995), Habitat Equivalency Analysis: An Overview. Washington, DC: NOAA Damage Assessment and Restoration Program, NOAA.
- [33] OSPAR Commission(2009), Assessment of the impacts of shipping on the marine environment, OSPAR Commission, www.ospar.org.
- [34] Pascual, U., Muradian, R., Brander, L., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Verma, M., ... & Farley, J.(2010), "The economics of valuing ecosystem services and biodiversity", TEEB - Ecological and Economic Foundation.
- [35] Park, C. G.(2007, August 02), "Geoje Fisheries Cooperation and Joint Fisheries Damages Committee submitted the Proposal for Anti-Marine sand extraction in EEZ to MOF", The Geoje Times, Retrieved from www.geojetimes.co.kr.
- [36] Petrolia, D. R.(2014), "What Have We Learned from the Deepwater Horizon Disaster? An Economist's Perspective." *Journal of Ocean and Coastal Economics* 2014(1).
- [37] PNUOSI (Pukyong National University Ocean Science Institute)(2011). Final Report of Fisher Damages Assessment from Busa New Port Development: South Container 2-3 Phrase and Anchorage Designation", PNUOSI.
- [38] Ray, G. L.(2009), Application of Habitat Equivalency Analysis to USACE Projects, ERDC TN-EMRRP-EI-04.
- [39] Salem, Marwa E. and D. Evan Mercer(2012), The Economic Value of Mangroves: A Meta-Analysis, *Sustainability*, Vol. 4, pp. 359-383.
- [40] Scemama, P. and Levrel, H(2016), Using Habitat Equivalency Analysis to Assess the Cost Effectiveness of Restoration Outcomes in Four Institutional Contexts, *Environmental Management* Vol. 57 No. 1, pp. 109-122.
- [41] Shaw, W. D. and Wlodarz, M(2013), "Ecosystems, Ecological Restoration, and Economics: Does Habitat or Resource Equivalency Analysis Mean Other Economic Valuation Methods Are Not Needed?" *Ambio*, Vol. 42, pp. 628 - 643.
- [42] Song, Y. S., Nam, K. C., Yeon, J. H., Kim, J. E(2003). "An Empirical Study on Berth-Length Calculation of Container Terminal", *Journal of navigation and port research*, Vol. 27, No. 2, pp. 179-184.
- [43] UPA (Ulsan Port Authority)(2013), A Strategic Development of Green Port Policy of Ulsan Port, UPA, p. 395.
- [44] Yoo, J. W., Hong, H. P., Hwang, J. Y., Lee, M. S., Lee, Y. W., Lee, C. S., and Hwang, S. D(2014), "A Study on the Ecological Indices for the Assessment of the Function and Maturity of Artificial Reefs." *Journal of the Korean Society of Oceanography* Vol. 19, No. 1, pp. 8-34.
- [45] Yoo, S. H(2016), "The Marina Harbor Development Project and Compensation for Fishery Loss", *Ilkam Real Estate Law Review*, Vol.13, pp. 139-172.

Received 12 December 2016
 Revised 15 December 2016
 Accepted 16 December 2016