

해양생태계 복원기술개발 사업의 경제적 타당성 분석

권영주* · 백상규** · 유승훈***†

*, ***, 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과, ** 한국해양과학기술진흥원 정책개발실

Economic Feasibility Analysis of Marine Ecosystem Restoration Technology Program

Young-Ju Kwon* · Sang-Kyu Paik** · Seung-Hoon Yoo***†

*, ***, Department of Energy Policy, Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science & Technology, 232 Gongreung-Ro, Nowon-Gu, Seoul, 139-743, Korea

** Marine Policy Development Office, Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion, 87 Nonhyeon-Ro, Seocho-Gu, Seoul, 137-941, Korea

요 약 : 정부는 훼손된 해양생태계의 현황 및 원인을 파악하고 생태계 기능 복원 및 손실 방지 전략을 수립하기 위해 해양생태계 복원기술개발 사업의 시행을 고려하고 있다. 사업 시행 여부에 대한 판단을 위해서는 이 사업에 대한 경제적 타당성 분석이 필수적으로 요구된다. 이에 본 연구에서는 조건부 가치추정법(CVM, contingent valuation method)을 적용하여 사업 수행의 경제적 타당성을 분석하고자 한다. 지불의사 유도방법으로 유인일치적인 양분선택형 모형을 이용하되, 지불의사액 추정모형으로 영(0)의 응답을 명시적으로 다룰 수 있는 스파이크 모형을 적용한다. CVM 적용을 위한 설문조사는 미국 해양대기청의 지침에 따라 전국 1,000가구를 대상으로 일대일 개별면접을 통해 2013년에 시행되었다. 분석결과 연간 가구당 평균 지불의사액은 5,414원으로 추정되었다. 이 값을 전국으로 확장하면 향후 5년 동안 연간 약 986억원에 달한다. 이 값과 해양생태계 복원기술개발 사업의 투자비 정보를 이용하여 경제성을 분석한 결과, 순현재가치, 편익/비용 비율, 내부수익률은 각각 3,378억원, 5.20, 65.9%로 산정되어 각각 0, 1.0, 5.5%를 상회하므로 이 사업은 비용-편익 분석을 통과한다.

핵심용어 : 해양생태계 복원기술개발 사업, 경제적 타당성, 조건부 가치추정법, 지불의사액, 비용-편익 분석

Abstract : The Korean government is considering implementation of the marine ecosystem restoration technology program (MERTP) to analyze the current status of the marine ecosystems and causes for the ecosystem deterioration as well as to eventually establish a master strategic plan for restoring ecosystem functions and preventing ecosystem functional loss. In order to determine likelihood of successful implementation, it is essential to perform an analysis of the economic feasibility of the program. The present study assessed economic feasibility of the MERTP. To this end, the dichotomous choice contingent valuation (CV) method is used. In particular, dichotomous choice (DC) format is employed as a method of eliciting willingness-to-pay (WTP) response to incentive-compatible mechanisms. The study also employed the spike model to deal with zero WTP responses from the DC CV survey. This survey of 1,000 randomly selected households in accordance with the guidelines provided by the National Oceanic and Atmospheric Administration (USA) was carried out nationwide in 2013. And, the respondents were asked in person-to-person interviews about their WTP for implementing the MERTP. The results showed that the annual mean WTP was estimated to be 5,414 won per household. Consequently, the annual benefit from the MERTP would be about 98.6 billion won for the next five years. Economic feasibility assessment utilizing the MERTP investment cost and expansion cost of the value provided that net present value, benefit/cost ratio, and internal rate of return are 337.8 billion won, 5.20, and 65.9%, respectively, which are bigger than 0, 1.0, and 5.5%, and that the MERTP passes the cost-benefit analysis.

Key Words : Marine ecosystem restoration technology program, Economic feasibility, Contingent valuation method, Willingness to pay, Cost-benefit analysis

* First Author : yjkwon@seoultech.ac.kr, 02-970-6960

† Corresponding Author : shyoo@seoultech.ac.kr, 02-970-6802

1. 서론

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 아름다운 해양생태계가 많다. 서남해안 갯벌, 민물과 바닷물이 만나는 하구역, 제주도의 연산호 군락지, 남해안의 해중림과 잘피밭, 그리고 신두리 해안사구와 같은 다양한 서식지에 많은 해양생물이 살면서 해양생태계를 이루고 있다. 그러나 지난 반세기 동안 연안개발, 매립, 폐수배출, 유류오염 등으로 인해 해양생태계는 훼손되어 왔다.

해양생태계 복원을 위해 미국, 유럽, 중국, 일본에서는 활발한 연구가 수행되고 있다. 특히 연안생태계 복원에 대해서는 미국의 경우 생물군집의 회복(Johansson et al., 2009; Orth et al., 2006), 개체수의 증가, 서식지 복원(Miller, 2001) 등 다양한 결과가 있으며, 특정 유류오염 지역의 경우 유류오염이 저감되고 오염지역에서 생물량의 회복이 나타났다(Skalski et al., 2001; Carls et al., 2004; Monson et al., 2000). 유럽은 저서생물과 같은 생물량과 동물군 뿐만 아니라 식물군이 다양하게 증가하는 결과가 나타났다(Reading et al., 2008; Diez et al., 2013; Eertman et al., 2002). 일본은 생물군집과 생물다양성의 증가와 산호군락과 해초지 복원의 결과를 보고하였고(Kokub and Yamada, 2011; Terawaki et al., 2003), 중국은 산업시설에서 배출되는 오염물질의 제거와 서식지 복원의 결과를 도출하였다(Ren et al., 2008; Zhang and Sun, 2008).

우리나라는 해양생태계를 종합적이고 체계적으로 보전·관리하기 위하여 2006년에 『해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률』을 제정하고, 2009년에는 ‘제1차(2009~2018) 해양생태계 보전·관리 기본계획’을 수립하였다. 또한 연안습지와 내륙습지의 효율적 보전 및 관리에 필요한 사항을 규정하여 랍사르협약의 국내이행입법 형태인 ‘습지보전법’이 1999년에 해양수산부와 환경부의 공동 법률로 제정되었다.

이러한 관련 법률 근거를 통해 국내에서도 훼손된 해양생태계를 복원하기 위하여 2006년 이후 보호대상 해양생물종의 복원 및 보전을 위한 연구가 시작되었으나 현재까지도 모니터링 중심의 기초조사 수준에 머무르고 있다. 한편, 서식지 복원사업은 2008년부터 수행한 갯벌복원 기초사업 정도로 선진국에 비하면 초보적인 수준이다. 복원개념을 오해한 일례로서 고창군 갯벌의 경우는 영광원전 5, 6호기의 어업피해보상에 따라 어업권이 소멸된 축제식양식장이 관리되지 않아 훼손되자 기존에 사용하던 양식장을 갯벌로 복원하고 염습지를 조성하여 생태공원으로 조성하고자 하였다. 하지만 이는 복원개념이 아닌 해수차단 방식으로 시공되었고, 사업진행시 모니터링이 실시되지 않는 등 문제점이 발생하였다.

이에 정부는 훼손된 해양생태계의 현황 및 원인을 파악하

고 생태계의 기능복원 및 손실 방지를 위한 전략을 수립하기 위해 해양생태계 복원기술개발 사업의 시행을 고려하고 있다. 해양생태계 복원기술개발 사업이 추진된다면 해양생태계의 기능 회복 및 연안서식지를 향상시키고, 주변 경관이 좋아지게 되어 생태관광 등을 통한 지역경제 활성화가 기대된다. 또한 해양생태계 복원기술을 선진국 수준으로 끌어올림으로써 국제시장에서의 기술 및 산업화 선점 가능성이 높아질 것이다.

해양생태계 복원기술개발 사업에는 막대한 정부예산이 소요되므로 경제성 분석은 필수적으로 요구되지만 해양생태계 복원기술로 인해 발생하는 비시장적 편익의 추정은 어렵다. 본 연구의 대상이 되고 있는 해양생태계 복원기술개발 사업의 경우, 어떻게 가치를 측정할 것인지에 대해 선뜻 답을 내리기는 쉽지 않다. 이것은 해양생태계 복원기술이 시장에서 거래가 되고 있는 재화가 아니며, 특히 일반 국민들의 입장에서는 해양생태계 복원기술개발 사업의 혜택이 매우 추상적이기 때문이다. 이러한 재화를 포괄적으로 정의할 때 통상 비시장재화(non-market goods)라 하는데, 이것은 해당 재화가 시장에서 거래되고 있지 않으며, 또한 거래되기도 어려운 측면을 반영하고 있다.

본 연구에서는 비시장재화의 가치를 추정할 수 있는 다양한 방법론 중에서 해양생태계 복원기술에 적합한 과학적 방법론을 선정하고, 이 방법론을 적용시 지켜야 할 다양한 지침들을 준수하는 연구를 수행함으로써 연구결과의 질적 수준을 제고하고자 한다. 특히 조건부 가치추정법(CVM, contingent valuation method)을 적용하여 해양생태계 복원기술개발 사업의 비시장적 편익을 추정하고, 경제적 타당성을 분석함으로써 정책판단에 유용한 정보를 제공하고자 한다.

2. 편익 추정 방법론 및 실증연구절차

2.1 편익 추정의 범위

연구개발사업의 편익은 원칙적으로 연구개발 활동의 결과로 나타나는 모든 경제적 효과를 의미하며, 미시적 수준에서 긍정적 효과를 구분하여 추정한 후, 거시적 수준에서 각각의 긍정적 효과를 적절하게 합산해야 한다. 특정 공공사업으로부터 발생하는 편익은 크게 소비자와 공급자의 측면에서 나타난다.

연구개발사업도 예외는 아니므로 혜택을 얻는 경제주체를 크게 소비자(가계 또는 국민)와 생산자(기업 또는 산업)로 구분한다면, 소비자에게 발생하는 편익을 경제학적 후생의 관점, 즉 소비자 잉여(consumer surplus)로 평가되고, 생산자에게 발생하는 편익은 생산자 잉여(producer surplus) 내지는 부가가치의 관점에서 평가되어야 한다.

수혜의 대상을 소비자와 생산자로 뚜렷하게 구분하기 어려운 경우에는 국가 전체의 부가가치 창출에서 평가할 수 있다. 편익을 추정한다는 것은 가치를 어떻게 측정하느냐와 직접적으로 결부되어 있다. 가치를 추정하기 위한 접근방법은 가치창출의 수혜자가 소비자와 생산자 중에 누구냐에 따라 크게 두 가지로 구분될 수 있다.

해양생태계 복원기술개발 사업의 경우도 편익을 크게 소비자 관점과 생산자 관점으로 구분할 수 있다. 첫째, 생산자 관점에서 본다면 해양생태계 복원기술개발 및 복원 과정에서 그리고 최종 결과물에서 나타나는 해당 산업 및 관련 산업의 부가가치 유발효과가 있을 수 있다. 둘째, 해양생태계 복원기술개발 사업의 혜택에 대한 시각을 일반 국민으로 확대해 보면, 이 사업으로 인해 국민들은 해양환경보전에 대해 만족을 느껴 이로 인해 국민후생은 증가할 수 있으므로 이 효과는 본 사업의 편익으로 포함된다.

하지만 본 연구에서는 두 번째 범주만을 연구대상으로 삼는데, 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 기술개발에는 상당한 불확실성이 따르므로 그 효과를 미리 예측하기 어려우며, 예측을 한다 하더라도 해당 산업의 국내 발전이 아직 미미하여 효과를 예측할 만한 기초자료를 확보하기가 어렵다. 둘째, 소비자 측면의 편익만을 추정하여 경제성 분석을 하여도 경제성이 확보된다면 산업적 측면의 편익 추정은 큰 의미가 없을 수 있기 때문이다.

2.2 평가대상 재화 : 해양생태계 복원기술개발 사업

해양생태계의 훼손 및 변화에 신속하게 대처하기 위해서는 해양환경 건강성을 진단하고 그 위해요소를 판별하는 기술과 해양생태계 복원을 위한 기술 개발이 시급한 실정이다. 그러나 해양생태계 복원기술은 해양공학, 건설공학, 기계공학, 전자공학, 생태공학 등이 포함된 융합기술의 특성을 가짐에 따라 융합기술 뿐만 아니라 각 분야에서의 기술수준의 담보가 요구되지만 기술개발 수준은 미흡한 수준이다.

갯벌, 하구역, 해조류, 산호초 등은 연안생태계의 가치에 큰 비중을 차지하고 있지만, 연안해양생태계의 잠재적 가치에 대한 인식은 여전히 부족하고, 기존의 관련 정책은 규제정책 및 공공투자 위주로 진행되어 왔다.

이에 해양생태계 복원기술개발 사업은 기후변화 및 인위적으로 훼손된 해양생태계의 현황 및 원인을 파악하고 생태계의 기능복원 및 손실 방지를 위한 전략 수립을 목적으로 정부의 지원하에 ‘해양생태계 복원기술개발 기획연구(이하 기획연구)’가 2012년부터 2013년까지 수행되었다(MOF, 2013).

기획연구에서는 복원기술트리를 목적기능, 1차 기본기능, 2차 기본기능에 대한 복원의 제반 과정이 반영된 기술요소

가 포괄적으로 집약될 수 있도록 구성하였다.

이에 따라 해양생태계 복원기술의 대분류에 해당되는 목적기능이 고려된 5대 기술(진단, 설계, 개선(미시공), 조성(시공), 관리)을 선정하고, 각 기술의 중분류, 소분류에 해당하는 1차 기본기능, 2차 기본기능에 속하는 항목들을 세부기술로 정의하였다. 이를 바탕으로 해양생태계 복원의 비전으로 ‘다양하고 건강한 웰빙 생태계 복원’을 수립하였으며, 비전을 구성하는 3대 요소는 ‘자연생태구조, 자연생태기능, 사회생태가치’로 설정하고 서식지별 해양생태계 복원사업 계획을 제시하였다. 즉, 5대 기술을 중점 추진하면서 우리나라 3대 해역(동해, 남해, 서해)의 6개 서식지(하구, 갯벌, 잘피/해중립, 해안사구, 연산호, 특정오염)를 대상으로 하는 해양생태계 복원을 복원 5대 기술의 고도화를 통해 해결한다는 의미이다.

2.3 편익추정의 원칙: 지불의사액

일반적인 재화의 가치는 시장의 거래를 통해서 가격이란 형태로 관측되기 때문에 가치나 편익의 추정이 용이하다. 즉 시장에서 거래되고 있는 재화의 경우라면 해당 재화가 소비자에게 제공하는 효용 내지는 혜택이 명확하며, 해당 재화에 대해 소비자가 지불하고 있는 가격 정보를 이용하여 그 재화의 가치를 추정할 수 있다. 아울러 해당 재화에 대한 수요함수를 추정함으로써 해당 재화가 제공하는 편익도 쉽게 추정할 수 있다.

반면에 본 조사의 대상이 되고 있는 해양생태계 복원기술개발 사업의 경우, 언뜻 보아 가치가 잘 정의되지 않으며, 가치를 정의한다 하더라도 어떻게 가치를 측정할 것인지에 대해 선뜻 답을 내리기가 쉽지 않다. 이것은 해양생태계 복원기술개발 사업의 혜택이 해양환경의 보전을 통한 국민 만족도 제고 등 매우 추상적이기 때문이며, 사업 수혜자의 범위가 국민 전체가 되기 때문이다. 이렇게 사업의 효과가 추상적이며 사업의 수혜자가 일반 국민이라면, 이러한 재화에 대해서는 특별히 고안된 방법론을 적용하여 가치나 편익을 추정할 수밖에 없다.

경제학자들은 지난 수십 년 동안 이러한 비시장재화의 가치를 추정하기 위하여 많은 고민과 연구를 하였으며, 1990년대 이후에 비시장재화 가치추정 방법론은 어느 정도 정립되면서 비약적인 발전을 해 오고 있다.

이러한 비시장재화의 공급으로 인해 발생하는 가치 혹은 편익을 추정하는 데 있어서의 기본 원칙은 해당 재화를 공급받기 위한 소비자의 지불의사액(WTP, willingness to pay)을 추정하는 것이다(Brent, 2007). WTP란 사람들이 특정 공공재나 비시장재화를 공급받기 위해 또는 특정 공공재나 비시장재화의 공급 지장을 피하기 위해 지불할 의사가 있는 최대

금액을 의미한다. 즉, 일정한 소득 하에서 다른 재화에 대한 소비지출을 줄이고 그 만큼 특정 재화의 소비를 위해 지출하고자 한다면 이 금액만큼을 편익으로 보는 것이다. 이러한 WTP의 개념은 편익을 추정하는 데 있어 매우 직관적이며 현대 후생경제학의 기본이론에 부합하기에 편익 추정의 기본 원칙이 되고 있다.

2.4 편익추정 방법론

해양생태계 복원기술개발 사업의 편익을 추정하기 위한 방법론은 현재까지 개발되고 응용되어 온 비시장재화 가치 측정 연구방법론 중에서 가장 널리 사용되면서 가장 공감을 얻고 있는 방법론을 선정하고자 한다. 이와 관련하여 본 연구에서는 현시선호 평가법¹⁾과 진술선호 평가법²⁾ 중에서 진술선호 평가법을 이용하고자 한다. 왜냐하면 현시선호 평가법은 사후적인 평가법이기 때문에, 아직 존재하지 않는 해양생태계 복원기술개발 사업에 대해 적용하는 것이 불가능하기 때문이다.

또한 한국개발연구원의 예비타당성조사 일반지침(제5판)을 살펴보면, 비시장재화에 대해서는 CVM을 통해 WTP를 추정할 것을 가이드라인으로 제시하고 있다(KDI, 2008). 따라서 본 연구에서는 진술선호 평가법의 하나인 조건부 가치 측정법을 이용하고자 한다. 그 이유는 본 연구의 평가대상 재화인 해양생태계 복원기술개발 사업에 대해 컨조인트 분석법을 적용하기에는 응답자의 인식상의 부담문제가 제기되며, 평가에 필요한 다양한 속성에 대한 정의가 용이하지 않기 때문이다. 아울러 컨조인트 분석법보다는 조건부 가치 측정법이 보다 광범위하게 활용되고 있으며, 타당성 및 신뢰성이 어느 정도 확인되었다(Loomis, 1990; Bjornstad and Kahn, 1996).

2.5 시나리오 설계 및 지불수단의 선택

본 연구에서는 설문조사를 하기 위한 첫 단계로서 대상재화와 이에 대한 조건부 시장을 설정해야 하기에, WTP에 관한 핵심질문을 하기 전에 조건부 시장의 일반적 상황을 설

정하였다.

본격적인 WTP 질문을 하기 전에 앞서 응답자에게 해양생태계 복원기술개발 사업을 추진하기 위해서는 비용이 소요됨과 이를 통하여 발생될 경제적 상황을 설명하면서 기꺼이 추가적으로 지불하고자 하는 금액에 대해 질문하였다. 이 과정에서 연안생태계의 종류 및 자연해안 대 매립, 훼손된 해양생태계의 모습 및 해양생태계 복원의 현주소를 설명하기 위해 보조자료를 응답자들에게 제공하여 응답자들의 이해를 도모하였다. 또한 선진국의 해양생태계 복원 사례 및 해양생태계 복원의 경제적 혜택을 시각자료로 응답자에게 제시하였다.

특히 CVM을 적절하게 운용하기 위해서는 가치를 평가하고자 하는 비시장재화의 공급이전 상황과 공급이후 상황을 분명하게 묘사해야 하며, 구체적인 정책수단도 아울러 제시하여 질문에 대한 신뢰성을 확보해야 하므로 본 연구에서는 응답자들에게 다음과 같이 설명하였다.

“우리나라 바다에는 아름다운 해양생태계가 많습니다. 서남해안 갯벌, 민물과 바닷물이 만나는 하구역, 제주도의 연산호 군락지, 남해안의 해중림과 잘피밭, 그리고 신두리 해안사구와 같은 다양한 서식지에 많은 해양생물이 살면서 해양생태계를 이루고 있습니다. 그러나 지난 50년 동안 연안개발, 매립, 폐수배출, 유류오염 등으로 인해 해양생태계는 많이 훼손되어 왔습니다. [보기카드 1 제시]

최근 우리나라 정부에서는 망가진 해양생태계를 복원하는 사업을 시행하고 있습니다. 그러나 아직 복원기술이 초보적인 수준에 머물러 있으며 복원개념을 오해하여 자연갯벌을 방조제로 막아 공원을 조성하는 등 아직 부족한 점이 많습니다. [보기카드 2 제시]

이에 반해 선진국에서는 파괴되고 훼손된 해양생태계를 완벽하게 복원하고 있습니다. [보기카드 3 제시] 연구에 따르면 선진국과 우리나라 해양생태계 복원기술은 약 5년의 격차가 있다고 합니다. 해양생태계를 복원하게 되면 일자리가 늘어나고 경제적인 이익이 발생하게 됩니다. [보기카드 4 제시]

또한 버려져 있던 해안가의 생태계를 복원하면 주거환경과 경관이 좋아지게 되어 지역경제가 활성화 됩니다. [보기카드 5 제시]”

조건부 시장의 설정에 있어서 중요한 역할을 하는 것은 응답자가 밝히고자 하는 지불의사를 쉽게 표현할 수 있도록 지불수단을 제시하는 것이다. 현실성 있는 지불수단이 되도록 시장을 설정하는 것은 응답자가 진정한 가치를 밝힐 수 있도록 유도한다는 점, 가상적 상황을 좀 더 현실화시킨다는 점, 의향과 행동간의 관계를 밀접하게 할 수 있다는 점에서 중요하다. 특정한 지불수단을 결정할 때는 첫째, 평가하고자 하는 재화와 관련된 정도, 둘째, 응답자의 결정을 단순화할 수 있는 정도, 셋째, 여러 가지 편의를 제거할 수 있는 정도를 기준으로 삼게 된다. 즉, 평가하려는 대상과 관련하여 현실성이 있으며 사실과 부합하는 수단을 선택해야 한다

- 1) 비시장재화의 공급에 대한 개개인의 후생변화를 화폐단위로 추정하기 위해서는 비시장재화의 직접적인 거래를 관찰하는 것이 불가능하므로, 시장계를 이용하여 간접적으로 편익을 추정해야 하는데, 사람들의 행동으로 나타난 선호, 즉 현시된 선호(revealed preference)에 기반하여 비시장재화의 가치를 추정하는 방법을 현시선호 접근법이라고 한다. 대표적인 방법론에는 여행비용 접근법(travel cost method), 헤도닉 가격기법(hedonic price technique) 등이 있다.
- 2) 현시된 선호를 관측하기 어려울 때나 그 선호가 정확하다고 보기 어려울 때, 가상적인 시장에 사람들을 몰입시키고 그 상황에서 가상적인 거래를 어떻게 할지를 질문하고 이에 대해 대답한 선호, 즉 진술된 선호(stated preference)를 이용하여 편익을 추정하는 방법을 진술선호 평가법이라고 한다. 이 방법으로는 조건부 가치측정법(contingent valuation method)과 컨조인트 분석법(conjoint analysis)이 대표적이다.

는 것이다.

본 연구에서는 평가하고자 하는 해양생태계 복원기술개발 사업의 시행을 위한 재원확보 차원과 응답자의 친숙성을 종합적으로 고려하여 소득세를 지불수단으로 하였으며, 소득세라는 지불수단의 사용은 한국개발연구원의 예비타당성조사 일반지침(제5판)에도 부합한다. 또한 Arrow et al.(1993)의 지침대로 응답된 WTP에 대한 지불로 다른 재화에 대한 지출을 줄여야함을 응답자에게 인식시켰다.

한편 지불원칙 및 지불기간은 가구당 1회 부담하는 것으로 하였으며 설문조사원들은 이 점을 응답자에게 강조하였다. 또한 가구의 소득은 제한되어 있으며 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 한다는 사실과 정부가 해야 할 사업은 해양생태계 복원기술개발 사업 외에도 많다는 사실을 고려하면서 WTP 질문에 대답할 것을 명시적으로 요청하였다.

2.6 지불의사 유도방법 및 제시금액 설계

본 연구에서는 현실시장에서 소비자들의 행동을 결정하는 유형과 국민투표에서 투표하는 유형과 유사한 양분선택형 질문법으로 지불의사를 유도하고자 한다. 예컨대, 구매하고자 하는 물건의 시장 가격이 1,000원일 때, 합리적 소비자라면 그 물건의 사용으로부터 얻게 될 효용이 1,000원보다 크거나 같으면 물건을 구매할 것이고 그렇지 않다면 구매하지 않을 것이다.

또한 특정법안에 대해 국민투표를 시행시 투표자는 그 법안에 내용이 좋으면 ‘예’라는 응답을, 싫으면 ‘아니오’란 응답을 할 것이다. 이렇게 양분선택형 질문은 단 1회에 걸쳐서 미리 설정된 금액을 “공공재 공급의 대가로 지불할 용의가 있는가”라고 물어보면, 응답자가 ‘예/아니오’로 한번만 대답하는 방식이다. 이 때 예상되는 평균 지불의사액에 의거하여 설문하고자 하는 금액들이 결정되며, 이들 중 임의로 한 가지 금액을 각 응답자에게 제시한다. 다만 각 금액들은 비슷한 수의 응답자들에게 배당된다.

응답자는 제시된 금액이 본인의 지불의사액 보다 같거나 작으면 ‘예’라고 대답하고, 높으면 ‘아니오’라고 대답하게 된다. 이렇게 얻어진 자료를 이용하여 제시된 금액과 ‘예’라고 대답한 응답자의 비율을 분석함으로써 평균 지불의사를 측정하게 된다.

요약하면, 본 연구에서는 지불의사 유도방법으로서 응답자가 대답하기 용이하여 응답률이 높고, 출발점 편이나 설문조사원 편익에 의한 영향이 적으며, 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적으면서 응답자의 전략적 행위를 줄일 수 있는 양분선택형 질문법을 이용하였다.

통상 단 1회에 걸쳐서 미리 설정된 금액을 “공공재 공급의 대가로 지불할 용의가 있는가”라고 물어보면, 응답자가

‘예/아니오’로 한번만 대답하는 방식인 단일경계 모형 및 한번 더 추가적인 질문을 던지는 이중경계 모형이 널리 적용되고 있다. 하지만 한국개발연구원의 예비타당성조사 일반지침(제5판)에서는 이중경계 모형 형태로 설문지에서 질문을 하더라도 첫 번째 질문에 대한 응답만 활용할 것을 제안하고 있다. 즉 단일경계 CVM 모형의 적용을 가이드라인으로 채택하고 있는데, 이것은 이중경계 모형의 편익이 클 수 있으므로 효율성은 좀 떨어지더라도 편익을 줄이는 것이 더 바람직하다는 시대적 흐름을 반영한 것이다.

먼저 응답자들에게 해양생태계 복원기술개발 사업을 위해 A원을 지불할 의사가 있는지를 질문하는데, “예”라고 응답하면 2배 수준의 금액에 대해서는 지불의사가 있는지를, “아니오”라고 응답하면 1/2배 수준의 금액에 대해서는 지불의사가 있는지를 질문한다.

본 연구에서 사용된 설문지는 설문조사 전문기관의 조언으로 가능한 한 쉽고, 간단하며, 압축된 형태로 만들었다. 응답자들이 얼마나 잘 이해하는지를 확인하기 위해 본 설문문에 들어가기 전에 전국에서 30여 실험가구를 선택하여 일대일 개별면접조사를 통해 설문지의 내용을 검증하였다.

제시금액은 최종적으로 얻고자 하는 WTP의 평균값에 민감한 영향을 미칠 수 있으므로 세심한 주의를 기울여 결정되어야 한다. 본 연구에서는 무작위 추출된 30명을 대상으로 한 사전 설문조사를 통해 지불의사액의 범위를 구한 다음에 양쪽에서 15% 정도를 절삭한 후 7개의 제시금액을 결정했다. 1,000원, 2,000원, 3,000원, 5,000원, 7,000원, 10,000원, 15,000원 중 1개를 응답자에게 무작위로 배정하였다. 제시금액에 “예”라고 응답하면 2배의 금액을, “아니오”라고 응답하면 1/2배의 금액을 지불할 의사가 있는지에 대해 추가적인 질문을 하였다.

2.7 설문방법 선택 및 표본설계

설문방법은 개별면접설문, 전화설문, 우편설문 등이 있는데, 해양생태계 복원기술개발 사업의 경제적 편익 추정 의 경우 몇몇 복잡한 내용이 포함되어 있기 때문에 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자가 충분히 이해할 수 있도록 하기 위하여 일대일 개별면접 설문을 실시하였다. 특히 Arrow et al.(1993)은 CVM 설문에서 전화조사나 우편조사가 아닌 일대일 개별면접 설문조사에 근거해야 한다고 강조한 바 있다. 또한 인터뷰 끝에 응답자의 전화번호를 물어 임의로 추출된 가구에 대해 설문조사 감독자들은 조사원들이 일을 제대로 했는지 확인전화를 하였고, 몇 가지 질문을 다시 해서 응답자들의 대답에 일관성이 있는지를 점검하고 응답이 빠진 항목에 대해 다시 질문을 한 후 답을 얻었다.

표본추출 및 면접조사는 전국에 대해 2013년 7월 20일부

터 약 1개월간 여론조사 전문기관인 리서치프라임의 주관으로 실시되었다. 책임있는 가구의 의견에 대한 정보를 도출하기 위해 조사대상은 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 세대주의 배우자로 한정하였으며, 설문조사 대상지역은 전국이기 때문에 대표성을 확보하고 있다. 각 지역의 전체 인구를 대상으로 임의표본을 도출하기 위해 각 지역 내의 인구 구성비를 고려하여 각 나이의 비율에 맞게 표본 수를 할당하였다. 설문단위는 개인이 아닌 가구로 하여, 무작위 추출된 총 1,000 가구의 설문결과를 얻을 수 있었다.

3. WTP모형

3.1 효용격차모형

본 연구에서 적용하는 CVM은 Hanemann(1984)의 효용격차 모형에 기반하며, 효용격차모형은 다음과 같은 절차를 따르고 있다. 우선 제시된 금액에 대해 지불의사가 있는 지 여부를 묻는 질문에 대한 응답을 모형화한다. 즉, ‘예’ 또는 ‘아니오’의 이산응답을 모형화한 후 최우추정법을 통해 관련된 모수들을 추정한다. 분포의 성격과 평균값 또는 중앙값의 정의를 이용하여 WTP의 평균값 또는 중앙값을 계산한다. 응답자가 자신의 효용함수를 정확하게 알고, 주어진 화폐소득(m)과 개인의 특성벡터(S)에 근거하여 비시장재화의 상태(j)에 대해 느끼는 효용은 다음과 같은 간접효용함수 u 로 표현될 수 있다.

$$u = u(j, m; S), \quad j = 0, 1 \quad (1)$$

여기서, $j=0$ 는 비시장재화를 이용할 수 없거나 비시장재화가 공급되지 않는 상태를 의미하며 $j=1$ 는 비시장재화를 이용할 수 있거나 비시장재화가 공급되는 상태를 의미한다. 그런데 연구자에게는 응답자가 측정대상 비시장재화의 상태 변화를 선택 또는 거부하는 데 있어 관측이 불가능한 부분이 존재하므로, 간접효용함수는 다음과 같이 관측 가능한 확정적인 부분 $v(j, m; S)$ 과 관측 불가능한 확률적 부분 ϵ_j 로 구성된다.

$$u(j, m; S) = v(j, m; S) + \epsilon_j \quad (2)$$

간접효용함수에 영향을 미치는 확률적 성분인 ϵ_j 는 j 에 상관없이 독립적이면서 동일한 분포를 갖는(independently and identically distributed) 확률변수로 평균은 0이다. 각 개인이 효용을 최대화한다고 가정하면 각 개인은 다음의 조건을 만족할 때, “당신은 비시장재화의 이용을 위해 또는 비시장재화의 공급받기 위해 A 원을 지불할 의사가 있습니까?”란

질문에 대해 “예”라고 대답하면서 A 원을 기꺼이 지불함으로써 효용을 최대화한다.

$$v(1, m - A; S) + \epsilon_1 \geq v(0, m; S) + \epsilon_0 \quad (3)$$

또는

$$v(1, m - A; S) - v(0, m; S) \geq \epsilon_0 - \epsilon_1 \quad (3')$$

이제 효용의 격차와 오차항의 격차를 다음과 같이 정의한다.

$$\Delta v(A) \equiv v(1, m - A; S) - v(0, m; S), \quad \eta \equiv \epsilon_0 - \epsilon_1$$

그렇다면 “예”라고 응답할 확률은 다음과 같이 표현된다.

$$\Pr\{\text{응답이 “예”}\} = \Pr\{\Delta v(A) \geq \eta\} \equiv F_\eta[\Delta v(A)] \quad (4)$$

여기서 $F_\eta(\cdot)$ 는 η 의 누적분포함수(cdf, cumulative distribution function)이며, “예”란 응답은 $\Delta v \geq 0$ 일 때 관측되며, “아니오”란 응답은 $\Delta v < 0$ 일 때 관측된다.

지금부터 C 로 표기할 WTP는 확률변수로서 이의 cdf는 $G_C(A)$ 로 정의되며, 식 (4)는 다음과 같이 다르게 표현될 수 있다.

$$\Pr\{\text{응답이 “예”}\} = \Pr\{C \geq A\} \equiv 1 - G_C(A) \quad (5)$$

따라서 식 (4) 및 (5)를 비교하면 다음의 관계식을 구할 수 있다.

$$1 - G_C(A) \equiv F_\eta[\Delta v(A)] \quad (6)$$

이 결과는 이산반응모형 식 (4)를 적합시키는 것이 곧 WTP의 분포함수인 $G_C(\cdot)$ 의 모수를 추정하는 것으로 해석될 수 있다는 점을 시사하며, 이 때 C 는 $j=0$ 상태에서 $j=1$ 의 상태로 변화하기 위한 WTP이다. C 가 음의 값도 가질 수 있을 때의 평균(C^+)은 흔히 다음과 같이 계산된다.

$$C^+ = E(C) = \int_0^\infty [1 - G_C(A)] dA - \int_{-\infty}^0 G_C(A) dA \quad (7)$$

3.2 단일경계 모형

주어진 해양생태계 복원기술개발 사업에 대해 i 번째 응답

자가 직면하여 응답하는 상황은 다음과 같이 2개의 변수를 도입하여 묘사할 수 있다.

$$\begin{cases} I_i^Y = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 "예"}) \\ I_i^N = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오"}) \end{cases} \quad (8)$$

이제 효용극대화를 추구하는 N 명의 표본을 가정할 경우 로그-우도함수는 다음과 같이 구성된다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \{ I_i^Y \ln[1 - G_C(A_i)] + I_i^N \ln G_C(A_i) \} \quad (9)$$

통상적인 관례에 따라, $F_\eta(\cdot)$ 를 로지스틱(logistic) cdf로 정형화하고 이것을 $\Delta = a - bA$ 와 결합하면 WTP의 cdf는 다음의 형태를 취하게 된다.

$$G_C(A) = [1 + \exp(a - bA)]^{-1} \quad (10)$$

이때 평균값 WTP는 다음과 같이 계산된다.

$$\overline{WTP} = \int_0^\infty [1 - G_C(A)] dA - \int_{-\infty}^0 G_C(A) dA \equiv a/b \quad (11)$$

3.3 스파이크 모형

지금까지는 WTP 모형을 둘러싼 중요한 논의와 일반적인 WTP 모형에 대해 설명하였는데, 해양생태계 복원기술개발 사업에 국한된 WTP의 성격에 대해서도 검토해 볼 필요가 있다. 사실 해양생태계 복원기술개발 사업은 일반 국민들에게 매우 생소한 재화이며, 해양생태계 복원기술개발 사업의 시행을 위해 본인의 소비를 일부러 줄여 이 금액만큼을 지불한다는 것에 대해 거절의 의사를 가지고 있는 사람들이 적지 않을 것이다.

따라서 이러한 경우에 적용이 가능한 모형의 개발이 필요하며, 이 모형에 투입되어야 할 자료를 확보할 수 있도록 설문지도 적절하게 보완될 필요가 있다.

단일경계 모형에서 제시금액에 대해 지불의사가 없다고 밝힌 응답자를 대상으로 영의 WTP를 가지는지 여부를 식별하는 질문을 추가적으로 하여 응답을 얻게 되면, 지불의사가 없다고 응답한 자료는 영의 WTP와 영보다 크면서 제시금액보다 작은 양의 WTP를 가진 자료로 구분된다.

이중경계 모형에서도 마찬가지로 두 번의 지불의사를 묻는 질문에 대해 모두 “아니오”라고 응답한 경우에 전혀 지불할 의사가 없는지를 물어 응답을 얻게 되면, 마찬가지로 이 자료는 영의 WTP와 영보다 크면서 작은 제시금액보다

작은 양의 WTP로 구성된다.

이러한 지불의사 유도방식 질문을 통해 영의 WTP가 식별될 수 있으므로, 분석모형은 자료와의 일관성을 확보할 수 있도록 영의 WTP를 명백하게 반영해야 한다.

현재까지 영의 WTP를 반영할 수 있도록 CVM 문헌에서 제안되고 응용된 모형은 크게 WTP의 분포함수가 영에서 스파이크(spike)를 허용하도록 하는 스파이크 모형(Krström, 1997; Yoo and Kwak, 2002)과 영의 WTP를 가질 확률 분포와 양의 WTP를 가질 확률 분포를 볼록결합(convex combination) 형태로 결합하는 혼합 모형(Werner, 1999; Yoo et al., 2001a; Yoo, 2004)이 대표적이다. 후술하겠지만 사전적인 예상대로, 조사대상 1,000 가구의 48.5%에 해당하는 485 가구는 해양생태계 복원기술개발 및 복원사업에 대해 지불의사가 전혀 없다는 의견을 밝혔는데, 이러한 상황은 WTP에 관한 설문조사 자료에서 흔히 관측된다(Yoo et al., 2001b; Yoo et al., 2001c).

영의 WTP는 해양생태계 복원기술개발 사업이 가구의 후생에 전혀 기여하지 못하거나 혹은 가구가 해양생태계 복원기술개발 사업에 완전히 무관심할 때, 다음과 같은 소득제약 하의 소비자 효용극대화 문제의 모서리해(corner solution)로서 도출될 수 있으므로, 경제적 행위에 부합한다. 여기서, $U(\cdot)$ 는 효용함수, y 는 해양생태계 복원기술개발 사업에 대한 WTP, Z 는 다른 지출, h 는 개인특성을 나타내는 벡터, m 은 소득이다.

$$\max_{y,Z} [U(y,Z;h) \mid y + Z \leq m] \quad (12)$$

영의 값을 가진 WTP 자료의 분석을 위해서는 다수의 가구들이 해양생태계 복원기술개발 사업에 대해 전혀 지불할 의사가 없다는 사실을 고려해야만 한다. 다시 말해서, WTP의 분포는 영의 값을 갖는 응답자 그룹과 양의 WTP를 갖는 응답자 그룹으로 양분되는 것이며, 경제성 분석 등에 사용될 수 있는 WTP의 평균값을 구하기 위해서는 WTP의 분포를 구해야 하고, WTP의 분포를 구하기 위해서는 이러한 점이 반드시 고려되어야 한다.

만약 영의 WTP 응답을 무시하고 분석을 한다면 적지 않은 오류를 범하게 되며, 통상 양의 값만 가지는 경제변수의 경우는 양의 영역에서만 정의되는 분포를 이용하여 분석하면 되지만, WTP 자료와 같이 영의 값과 양의 값을 함께 가질 수 있는 경제변수의 경우에는 정형화(specification)에 있어서 어려움이 존재한다.

이제 스파이크 모형에 대해 정형화할 수 있는데, 식 (8)의 두 번째 부분에 있는 “아니오”의 응답은 0의 WTP와 제시금액(A)보다 작은 양의 WTP로 구분되므로, I_i^N 은 다시 I_i^{NY} 와

I_i^{NN} 로 세분화된다.

$$\begin{cases} I_i^{NY} = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-예"}) \\ I_i^{NN} = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-아니오"}) \end{cases} \quad (13)$$

앞에서와 마찬가지로, WTP의 누적분포함수를 $G_C(\cdot; \theta)$ 라 하고 이를 로지스틱(logistic) 함수로 가정하여 스파이크 모형을 구성하면 평균값 WTP를 추정할 수 있다.

스�파이크 모형에 있어서, $\theta = (a, b)$ 일 때 WTP의 누적분포 함수는 식 (14)와 같이 정의된다.

$$G_C(A; \theta) = \begin{cases} [1 + \exp(a - bA)]^{-1} & \text{if } A > 0 \\ [1 + \exp(a)]^{-1} & \text{if } A = 0 \\ 0 & \text{if } A < 0 \end{cases} \quad (14)$$

따라서 단일경계 스파이크 모형에 대한 로그우도함수는 각각 식 (15)와 같다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \ln \left\{ I_i^Y [1 - G_C(A_i)] + I_i^{NY} [G_C(A_i) - G_C(0)] + I_i^{NN} G_C(0) \right\} \quad (15)$$

이 때 스파이크는 $1/\ln[1 + \exp(a)]$ 로 정의되며 표본에서 영의 WTP를 갖는 응답자의 비중을 의미한다. 한편 평균값 WTP는 다음과 같이 추정된다.

$$\overline{WTP} = (1/b) \ln [1 + \exp(a)] \quad (16)$$

4. 실증분석 결과

4.1 WTP 응답

Table 1은 WTP 응답을 이끌어내는 부분이다. 응답유형은 스파이크모형을 운용할 수 있도록 “예”, “아니오-예”, “아니오-아니오”로 구분하였다. 조사대상 가구의 48.5%인 485 가구는 해양생태계 복원기술개발 사업에 대해 지불의사가 전혀 없다고 응답하였다.

4.2 단일경계 스파이크모형의 추정결과

추정결과는 Table 2에 제시되어 있는데, 최우추정법 적용 시 전역적 최대값을 쉽게 찾을 수 있도록 제시금액의 단위를 1,000원으로 하여 그 규모를 조정하였다. 제시금액에 대한 추정계수는 음수로 추정되었는데, 이것은 제시금액이 커질수록 제시금액에 대해 “예”라고 응답할 확률이 낮아짐을 의미하므로 합리적으로 추정되었음을 알 수 있다. 한편 추정된 방정식의 통계적 유의도를 살피기 위해, ‘모든 추정계수는 0이다’라는 귀무가설을 상정하면 다음과 같이 Wald-통계량(W)을 구성할 수 있다.

$$W = \delta' [\hat{V}(\delta)]^{-1} \delta \quad (17)$$

여기서 δ 은 추정계수벡터이며, $\hat{V}(\delta)$ 은 δ 의 분산에 대한 추정치이다.

검정통계량 W는 귀무가설 하에서 χ^2 -분포를 따르며, 이 때 자유도는 $\hat{V}(\delta)$ 의 위수(rank)이다. Wald 통계량을 이용할 경우 추정된 모든 계수가 0이라는, 즉 추정된 결과가 무의미하다는 귀무가설을 유의수준 1%에서 기각할 수 있다.

Table 1. Distribution of WTP responses

Bid (won)	"Yes" votes		"No-Yes" votes		"No-No" votes		Totals	
	Number of respondents	Percentage	Number of respondents	Percentage	Number of respondents	Percentage	Number of respondents	Percentage
1,000	76	53.1%	17	11.9%	50	35.0%	143	100.0%
2,000	49	34.3%	38	26.6%	56	39.2%	143	100.0%
3,000	48	33.6%	26	18.2%	69	48.3%	143	100.0%
5,000	38	26.6%	24	16.8%	81	56.6%	143	100.0%
7,000	42	29.4%	22	15.4%	79	55.2%	143	100.0%
10,000	43	30.1%	29	20.3%	71	49.7%	143	100.0%
15,000	31	21.8%	32	22.5%	79	55.6%	142	100.0%
Total	327		188		485		1,000	

Table 2. Estimation results of the spike model

Variables	Estimates (t-values)
Constant	0.0146 (0.24)
Bid amount	-0.1294 (-15.01) [#]
Spike	0.4963 (31.96) [#]
Number of observations	1,000
Log-likelihood	-1,071.46
Wald statistic (p-value)	239.26 (0.000)

Notes: The unit of bid amount 1,000 won. The Wald statistic is computed under the null hypothesis that all the estimated coefficients are zero. The values in the parentheses are t-values. [#] indicates statistical significance at the 1% level.

4.3 평균 WTP의 추정결과

이상의 추정결과로부터 계산된 WTP의 평균값은 Table 3에 제시되어 있는데, 식 (11)의 평균값 WTP는 가구당 연간 5,414원으로 계산되었으며, 델타법(delta method)을 적용하여 추정된 이 값에 대한 표준오차는 379원으로, t-값은 14.27로 계산되므로 추정된 평균 WTP는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 아울러 평균 WTP 추정에 수반된 불확실성을 반영한 신뢰구간의 계산을 위해 Krinsky and Robb(1986)이 제안한 모수적 부트스트랩(parametric bootstrap) 기법인 몬테칼로 시뮬레이션 기법을 적용하였다. 무작위 반복표본추출의 회수는 5,000번으로 하였으며, 95% 신뢰구간 및 99% 신뢰구간의 계산결과는 Table 3에 제시되어 있다.

몬테칼로 시뮬레이션 기법의 적용 절차는 다음과 같다. 우선 (a,b)의 추정치와 이에 대한 분산-공분산 행렬을 이용하여 (a,b)의 다변량 정규분포로부터 (a,b)의 값을 발생시켜 평균 WTP를 계산하며 이 과정을 5,000번 반복한다. 이렇게 발생된 5,000개의 평균 WTP 값을 크기순으로 나열한 다음 양끝에서 각각 2.5%를 버리면 95% 신뢰구간을 얻을 수 있으며, 양끝에서 각각 0.5%를 버리면 99% 신뢰구간을 얻을 수 있다.

Table 3. Estimation results of mean WTP

Variables	Estimates
Annual mean WTP per household	5,414 won
- Standard error	379
- t-value	14.27 [#]
- 95% confidence interval ^a	4,756 - 6,275
- 99% confidence interval ^a	4,575 - 6,581

Notes: ^aThe confidence intervals are calculated by the use of the Monte Carlo simulation technique of Krinsky and Robb (1986) with 5,000 replications. [#] indicates statistical significance at the 1% level.

4.4 추정된 평균값 WTP의 확장

CVM 연구를 수행하는 중요한 목적 중에 하나는 표본정보를 이용하여 해당 지역 전체의 WTP 내지는 편익을 추정하는 것이다. 즉 1,000 가구라는 전국 표본에 대해 도출된 정보를 활용하여 모집단 전체로 확장하는 작업이 필요하다. 이 과정에서 따져봐야 할 중요한 사항은 과연 표본이 모집단을 제대로 반영하고 있는지 여부이다.

앞서 언급하였듯이, 본 연구에서는 상당한 예산이 소요됨에도 불구하고 국내 유수의 전문조사기관에 의뢰하여 과학적인 표본추출 및 조사를 하고자 하였다. 아울러 설문대상자도 가구 내에서 책임있는 의사결정을 할 수 있는 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 세대주의 배우자만으로 한정하였다. 표본은 제주도를 제외한 전국을 대상으로 하였으며, 우리나라 전체 가구의 의견을 잘 반영하고 있다. 따라서 가상시장을 이용했다 하더라도 책임있는 정보를 도출했다고 볼 수 있으므로 표본의 정보를 모집단으로 확장하는 데 별 무리가 없다.

통계청에서 발표한 2013년 추계가구수(STATISTICS KOREA, 2013)는 18,206,328이므로 이를 활용하면, Table 4와 같이 전국의 해양생태계 복원기술개발 사업의 연간 편익을 약 98,569백만원으로 추정할 수 있다.

Table 4. Expansion of the sample value to the population value

Number of households in 2013 ¹⁾	Annual mean WTP per household (won)	Annual benefit (million won)
18,206,328	5,414	98,569

Note: 1) It was compiled from Statistics KOREA (www.kosis.kr)

한편 설문조사 수행시점은 2013년 7월이며 본 경제성 분석의 기준시점은 예비타당성조사 일반지침 제5판에 따라 전년도 말, 즉 2012년 12월이므로 위의 편익을 한국은행의 소비자 물가지수(THE BANK OF KOREA, 2013)를 이용하여 보정하면, 97,927백만원이다³⁾. 아울러 본 조사에서는 설문지에 지불기간을 향후 5년간 매년 1회로 제시하였고, 할인율은 예비타당성조사 일반지침 제5판에 근거하여 5.5%를 적용하므로, 본 사업의 총 편익의 현재가치는 Table 5와 같이 418,175 백만원으로 도출된다.

Table 5. The present value of total benefits
(Unit : hundreds of million won)

Year	The present value of total benefits
Dec-2012	418,175

3) 2012년 12월 소비자물가지수: 106.7, 2013년 7월: 107.4, 2010년=100기준

본 사업의 편익 발생기간, 즉 기술수명주기를 산정할 필요가 있다. 이를 위해 2000년부터 2009년까지 미국 등록 특허 155만 여건의 인용정보를 이용해 국제특허분류(IPC) 클래스별 기술수명주기 중위수(median)를 산정하여 제시한 KISTEP(2011)을 참고하면 본 사업과 가장 근접한 클래스로 ‘CO2 물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리’를 꼽을 수 있는데 이 클래스의 기술수명주기 중위수는 10.5년이다. 본 연구에서는 이를 활용하여 편익은 사업종료 다음 연도인 2019년부터 2029년까지 10.5년 동안 발생하는 것으로 가정한다(2029년의 경우 상반기 6개월만 편익이 발생).

Table 5에 제시된 편익의 현재가치를 2019년부터 2029년 6월말까지 10.5년 동안에 걸쳐 해당연도의 값으로 배분한 결과는 Table 6과 같은데, 이 표는 경제성 분석, 즉 비용편익 분석 수행시 편익값의 흐름에 대한 정보로 이해할 수 있다.

Table 6. Summary of benefit and present value
(Unit : hundreds of million won)

Year	Benefit	
	Value	Present value
2019	73,780	50,719
2020	73,780	48,075
2021	73,780	45,569
2022	73,780	43,193
2023	73,780	40,941
2024	73,780	38,807
2025	73,780	36,784
2026	73,780	34,866
2027	73,780	33,049
2028	73,780	31,326
2029	36,890	14,846
Total	774,691	418,175

5. 경제성 및 민감도 분석

5.1 경제성 분석

1) 경제성 분석 방법

경제적 타당성을 평가하는 분석기법으로는 편익/비용비율(B/C ratio, benefit-cost ratio), 내부수익율(IRR, Internal rate of return), 순현재가치(NPV, Net Present Value) 등이 있는데, 일반적으로 이해가 용이하고, 사업규모의 고려가 가능한 B/C 분석 기법을 많이 사용하고 있다.

B/C ratio, IRR, NPV는 그 분석기법마다의 장·단점을 가지고 있고, 어느 한 기법만을 가지고 사업의 경제적 타당성을 판단하기에는 적당하지 않은 경우가 자주 있으므로 본 연구에서는 B/C ratio, IRR, NPV를 모두 분석하여 경제적 타당성을 분석한다.

각 평가기법의 특징을 살펴보면 다음과 같다. B/C ratio는 운영 후 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용(사업비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준년도 가격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로 (B/C ratio) ≥ 1이면 경제성이 있다고 판단한다. IRR은 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율 r 을 구하는 방법으로 일반적으로 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다. NPV는 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제외한 값이며 (NPV) ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단한다. 식 (18)에서 B_t 는 시점 t 에서의 편익, C_t 는 시점 t 에서의 비용, r 은 할인율(이자율), n 은 내구연도(분석연도)이다.

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

$$IRR \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t} \quad (18)$$

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

2) 경제성 분석의 주요 전제

경제성 분석을 수행하기 위해서는 분석대상 기간에 대한 확정이 필요하며 이는 비용의 투입이 일어나는 기간 및 편익의 발생이 일어나는 기간을 고려하여 정한다.

사업기간은 투입인력의 유지 등의 이슈와 연결되므로 연구개발사업 비용의 산정에 있어서 중요한 사항이며 사업 종료 이후 본 사업의 성과가 나타나는 기간, 즉 경제성 분석 대상기간은 편익인정의 시간적 범위를 결정하는 사항이므로 중요하다. 연구개발사업의 수행 기간은 2014년부터 2018년까지 5년간이다. 한편 앞서 언급하였듯이 본 사업의 기술수명주기는 10.5년이므로 경제적 타당성 분석기간은 2014년부터 2029년 6월 말까지이다.

비용은 기술개발사업 및 복원사업이 모두 포함되어 있으므로, MLTM(2009)의 『제1차 (2009~2018) 해양생태계 보전·관리 기본계획』에 제시되어 있는 2014년부터 2018년까지의 예상 투자소요액 정보를 활용하였다(Table 7).

Table 7. Annual cost for the marine ecosystem restoration technology program

Year	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Cost (million won)	18,060	18,963	19,911	20,907	21,952	99,793

Source : MLTM (2009)

사회적 할인율은 KDI(2008)에 근거하여 5.5%를 적용한다. 편익과 비용의 평가는 2012년 12월 시점으로 하였으며, 부가 가치세를 제외한 후 비용을 산정하였다.

3) 경제성 분석 결과

해양생태계 복원기술개발 사업에 대한 경제성 분석 결과는 Table 8과 같다. 분석결과 총비용의 현재가치는 80,365백만원, 총편익의 현재가치는 418,175백만원으로 추정되어 순현재가치는 337,810백만원으로 0보다 크기에 경제성 분석을 통과한다. 편익/비용 비율은 5.20로 산정되어 1.0을 초과하며, 내부수익률도 65.9%로 사회적 할인율 5.5%를 초과하여 본 사업은 경제적 타당성을 확보한다.

따라서 본 사업을 수행하는 것은 사회적으로 바람직하다. Table 9는 경제성 분석에서의 비용 및 편익의 흐름을 담고 있다.

Table 8. Summary of economic feasibility analysis for MERTP

	Present value (hundreds of million won)		NPV (million won)	B/C ratio	IRR (%)
	Benefit	Cost			
Value	418,175	80,365	337,810	5.20	65.9

Table 9. Summary of cost and benefit estimates

(unit : hundreds of million won)

Year	Cost		Benefit		Net benefit	
	Value	Present value	Value	Present value	Value	Present value
2014	18,060	16,226			-18,060	-16,226
2015	18,963	16,149			-18,963	-16,149
2016	19,911	16,072			-19,911	-16,072
2017	20,907	15,997			-20,907	-15,997
2018	21,952	15,921			-21,952	-15,921
2019			73,780	50,719	73,780	50,719
2020			73,780	48,075	73,780	48,075
2021			73,780	45,569	73,780	45,569
2022			73,780	43,193	73,780	43,193
2023			73,780	40,941	73,780	40,941
2024			73,780	38,807	73,780	38,807
2025			73,780	36,784	73,780	36,784
2026			73,780	34,866	73,780	34,866
2027			73,780	33,049	73,780	33,049
2028			73,780	31,326	73,780	31,326
2029			36,890	14,846	36,890	14,846
Total	99,793	80,365	774,691	418,175	674,898	337,810

5.2 민감도 분석

타당성을 평가하기 위해서 사용되는 경제성 평가의 편익

과 비용의 계산에는 많은 불확실성이 내포되어 있다. 불확실성에 대처하기 위해서는 민감도 분석(sensitivity analysis)을 많이 시행하는데, 민감도 분석은 투자비나 경제성에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수, 예를 들어서 비용, 편익, 할인율 등에 대해서 각 변수가 일정량만큼 변화되었을 경우 경제성이 어떻게 변화하는지 파악하는 방법이다.

본 연구에서는 편익 및 비용 변화에 대한 민감도 분석을 위해 편익변화와 비용변화를 ±20%까지 10%씩 변화시켰으며, 분석결과는 Table 10에 제시되어 있다. 편익/비용 비율의 경우 편익을 감소시키거나 비용을 증가시키는 경우 경제성 분석결과가 유의하게 변하지는 않았다. 즉 편익 및 비용이 어느 정도 변하더라도 본 사업은 여전히 경제적 타당성을 확보한다.

Table 10. Sensitivity analysis result

	Rate of change				
	-20(%)	-10(%)	0(%)	+10(%)	+20(%)
Benefit changes	4.16	4.68	5.20	5.72	6.24
Cost changes	6.50	5.78	5.20	4.73	4.34

6. 결 론

해양생태계 복원을 위해서는 훼손된 해양생태계의 현황 및 원인을 제대로 파악하고 생태계의 기능 복원(종 다양성 및 서식지 다양성 등) 및 손실 방지를 위한 전략 수립이 필요하다. 이에 본 연구의 대상이 되는 해양생태계 복원기술 개발사업은 이러한 전략 수립을 목적으로 하고 있다.

본 연구에서는 해양생태계 복원기술개발 사업의 시행여부를 판단하기 위해 경제적 타당성 분석을 수행하였다. 특히 경제적 편익의 추정을 위해 CVM을 적용했는데 평균 WTP는 가구당 연간 986억원으로 추정되었고 통계적으로 유의하였다.

경제적 타당성 분석 결과 총비용의 현재가치는 80,365백만원, 총편익의 현재가치는 418,175백만원으로 추정되어 순현재가치는 337,810백만원으로 경제성 분석을 통과한다. 편익/비용 비율은 5.20으로 산정되어 1.0을 초과하며, 내부수익률도 65.9%로 사회적 할인율 5.5%를 초과하여 본 사업은 경제적 타당성을 확보한다. 또한, 민감도 분석결과 편익을 감소시키거나 비용을 증가시키는 경우 경제성 분석결과가 유의하게 변하지는 않았다. 즉 편익 및 비용이 어느 정도 변하더라도 본 사업은 여전히 경제적 타당성을 확보하므로, 본 사업을 시행하는 것은 사회적으로 바람직하다.

사 사

이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Arrow, K., R. Solow, P. R. Portney, E. E. Leamer, R. Radner and H. Schuman(1993), Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation, Federal Register, Vol. 58, No. 10, pp. 4601-4614.
- [2] Bjornstad, D. J. and J. R. Kahn(1996), The Contingent Valuation of Environmental Resources : Methodological Issues and Research Needs, Edward Elgar, pp. 1-305.
- [3] Brent, R. J.(2007), Applied Cost-Benefit Analysis(second edition), Cheltenham: Edward Elgar, pp. 70-75.
- [4] Carls, M. G., P. M. Harris and S. D. Rice(2004), Restoration of oiled mussel beds in Prince William Sound, Alaska, Marine Environmental Research, Vol. 57, pp. 359-376.
- [5] Diez, I., A. Santolaria, N. Muguera and J. M. Gorostiaga(2013), Measuring Restoration in Intertidal Macrophyte Assemblages Following Sewage Treatment Upgrade, Marine Environmental Research, Vol. 84, pp. 31-42.
- [6] Eertman, E. H. M., B. A. Kornman, E. Stikvoort and H. Verbeek(2002), Restoration of the Sieperda Tidal Marsh in the Scheldt Estuary, The Netherlands, Society for Ecological Restoration, Vol. 10, No. 3, pp. 438-449.
- [7] Hanemann, W. M.(1984), Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses, American Journal of Agricultural Economics, Vol. 66, No. 3, pp. 332-341.
- [8] Johansson, J. O. R., W. M. Avery, K. B. Hennenfent and J. J. Pacowta(2009), Restoration of Seagrass Habitat in Tampa Bay using Large Manatee Grass (*Syringodium filiforme*) Sod Units and a Discussion of Planting Site Sediment Elevation Dynamics, Tampa Bay Area Study Group Project Reports, pp. 1-36.
- [9] KDI(2008), Korea Development Institute, A Study on General Guidelines for Pre-feasibility Study (5th Edition), pp. 303-312.
- [10] KISTEP(2011), Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, Development of Knowledge-based Analysis System for R&D Feasibility Analysis, pp. 154-158.
- [11] Kokub, H. and H. Yamada(2011), Evaluation of Tidal Flat Restoration Effect in the Coastal Unused Reclaimed Area by Promoting Tidal Exchange with Public Involvement in Ago Bay, Mie Prefecture, Japan, 9th International Conference on the Environmental Management of Enclosed Coastal Seas, pp. 1-37.
- [12] Krinsky, I. and A. L. Robb(1986), On Approximating the Statistical Properties of Elasticities, Review of Economics and Statistics, Vol. 68, pp. 715-719.
- [13] Kriström, B.(1997), Spike Models in Contingent Valuation, American Journal of Agricultural Economics, Vol. 79, No. 3, pp. 1013-1023.
- [14] Loomis, J.(1990), Comparative Reliability of the Dichotomous Choice and Open-ended Contingent Valuation Techniques, Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 18, pp. 78-85.
- [15] Miller, D. L., M. Thetford and L. Yager(2001), Evaluation of Sand Fence and Vegetation for Dune Building Following Overwash by Hurricane Opal on Santa Rosa Island, Florida, Journal of Coastal Research, Vol. 17, No. 4, pp. 936-948.
- [16] MLTM(2009), Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, The 1st Marine Ecosystem Conservation and Management Master Plan(2009-2018), pp. 1-97.
- [17] MOF(2013), Ministry of Oceans and Fisheries, A Planning Study on the Research and Development of the Marine Ecosystem Restoration, pp. 1-263.
- [18] Monson, D. H., D. F. Doak, B. E. Ballachey, A. Johnson and J. L. Bodkin(2000), Long-Term Impacts of the Exxon Valdez Oil Spill on Sea Otters, Assessed through Age-dependent Mortality Patterns, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 97, No. 12, pp. 6562-6567.
- [19] Orth, R. J., M. L. Luckenbach, S. R. Marion, K. A. Moore and D. J. Wilcox(2006), Seagrass Recovery in the Delmarva Coastal Bays, USA, Aquatic Botany, Vol. 84, pp. 26-36.
- [20] Reading, C. J., A. Garbutt, C. W. Watts, P. Rothery, A. Turk, M. Yates, C. Boffey, J. Saunders and M. Wolters(2008), Managed realignment at Tollesbury, London, Defra, pp. 1-115.
- [21] Ren, H., S. Jian, H. Lu, Q. Zhang, W. Shen, W. Han, Z. Yin and Q. Guo(2008), Restoration of Mangrove Plantations and Colonisation by Native Species in Leizhou Bay, South China, Ecological Research, Vol. 23, pp. 401-407.

- [22] Skalski, J. R., D. A. Costs and A. K. Fukuyama(2001), Criteria for Oil Spill Recovery: A Case Study of the Intertidal Community of Prince William Sound, Alaska, Following the Exxon Valdez Oil Spill, *Environmental Management*, Vol. 28, pp. 9-18.
 원고접수일 : 2014년 03월 03일
 원고수정일 : 2014년 04월 18일
 게재확정일 : 2014년 04월 25일
- [23] STATISTICS KOREA(2013), *Korean Statistical Information Service*, Available at www.kosis.kr
- [24] THE BANK OF KOREA(2013), *Economic Statistics System Principal Indicators*, Available at www.bok.or.kr
- [25] Terawaki, T., K. Yoshikawa, G. Yoshida, M. Uchimura and K. Iseki(2003), Ecology and Restoration Techniques for Sargassum Beds in the Seto Inland Sea, Japan, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 47, pp. 198-201.
- [26] Werner, M.(1999), Allowing for Zero in Dichotomous-Choice Contingent-Valuation Models, *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 17, pp. 479-486.
- [27] Yoo, S. H., H. J. Yang and E. S. Shin(2001a), Analyzing Dichotomous Choice Contingent Valuation Data with Zero Observations: A Mixture Model, *The Korean Economic Review*, Vol. 17, No. 2, pp. 311-327.
- [28] Yoo, S. H., S. J. Kwak and T. Y. Kim(2001b), Modeling Willingness to Pay Responses from Dichotomous Choice Contingent Valuation Surveys with Zero Observations, *Applied Economics*, Vol. 33, No. 4, pp. 523-529.
- [29] Yoo, S. H., T. Y. Kim and J. K. Lee(2001c), Modeling Zero Response Data from Willingness to Pay Surveys: A Semi-parametric Estimation, *Economics Letters*, Vol. 71, No. 2, pp. 191-196.
- [30] Yoo, S. H. and S. J. Kwak(2002), Using a Spike Model to deal with Zero Response Data from Double Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation Surveys, *Applied Economics Letters*, Vol. 9, No. 14, pp. 929-932.
- [31] Yoo, S. H.(2004), South Koreans' Willingness to pay for Korean unification, *Applied Economics Letters*, Vol. 11, No. 1, pp. 15-19.
- [32] Zhang, J. and Y. Sun(2008), Eco-environmental Quality and Ecological Restoration: A Case Study in Wetland of the Loushan River Estuary, Jiaozhou Bay, Qingdao, 2008 International Workshop on Education Technology and Training & 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 1, pp. 186-189.