

천수만 부남호 하구복원 사업의 경제성 분석*

Economic Feasibility Analysis of Restoration Project of the Bunam Lake in Cheonsu Bay

권영주** · 박세현*** · 진세준****
Young-Ju Kwon · Se-Hun Park · Se-Jun Jin

요약: 충청남도는 천수만 하구환경의 자연생태로의 복원 및 자연복원기능의 극대화를 위해 천수만 내 부남호의 해수유동을 통한 복원사업을 추진하고 있다. 이 사업을 위해서는 막대한 예산이 투입되므로, 본 사업의 편익을 정량화한 후 경제성 분석을 통해 경제적 타당성 확보 여부를 파악해야 한다. 이에 본 연구에서는 전국 1,000가구를 대상으로 면대면 설문조사를 수행하고, 이를 통해 얻은 자료를 바탕으로 조건부 가치측정법을 활용하여 경제이론에 근거한 천수만 부남호 환경개선 편익을 추정하고자 한다. 분석 결과, 천수만 부남호 하구복원 사업을 위한 연간 가구당 평균 WTP는 3,055원으로 분석되었다. 또한 이 편익 값을 활용한 천수만 부남호 하구복원 사업의 경제성 분석 결과, 편익/비용 비율 값이 1.05로 1을 초과하여, 본 사업은 경제적 타당성을 확보하는 것으로 판단된다.

핵심주제어: 천수만 부남호, 조건부 가치측정법, 지불의사액, 경제적 편익, 비용-편익분석

Abstract: The Chungnam Provincial Government is pursuing a sea water distribution project at Bunam Lake in Cheonsu Bay in order to fully restore the natural environment of the Cheonsu Bay Estuary to its original natural ecology. Since is a large investment, it is necessary to use economic analysis to identify the benefits of the project and determine its economic feasibility. This paper surveyed 1,000 randomly selected households where respondents were asked in person-to-person interviews about the degree to which they would be willing to pay (WTP) for the project's implementation. After data was collected, a contingent valuation methodology was used, and the average WTP per household for the restoration project was concluded to be KRW 3,055. As a result of using this benefit value in the economic analysis of the Bunam Lake in Cheonsu Bay restoration project, the benefit cost ratio value was found to be 1.05, which exceeds 1.0, and therefore demonstrates the project's economic feasibility.

Key Words: Bunam Lake in Cheonsu Bay, Contingent Valuation Method, Willingness to Pay, Non-Market Benefit, Cost-Benefit Analysis

* 본 논문은 한국해양과학기술원 '해양공간 통합관리 연구(PE99843)', 충청남도 '천수만 하구환경 종합관리 기본계획 수립 연구용역(PG51110)'의 지원으로 수행되었습니다.

** 주저자, 한국해양과학기술원 해양정책연구소 연수연구원

*** 공동저자, 한국해양과학기술원 해양정책연구소 책임연구원

**** 교신저자, 한국해양과학기술원 해양정책연구소 선임연구원

I. 서론

하구역은 해수와 담수가 만나 만들어내는 독특한 전이생태계로서 생산성이 매우 높고 인간 활동의 중심 공간이며, 많은 동식물의 산란·서식처, 수산물 생산이나 아름다운 경관 등과 같은 다양한 생태적·사회경제적 가치를 가지고 있다. 그러나 하굿둑 건설 후 30여년이 지난 현재 하굿둑은 생활하수, 가축분뇨, 산업폐수 등에 의한 심각한 수질오염으로 농업용수로도 사용이 불가할 정도의 본래 기능을 상실한 경우가 곳곳에서 나타나고 있다.

천수만 부남호는 농경지 및 용수확보를 위해 1982년 물막이 공사로 해수유통을 차단하여 담수호 및 간척지를 조성하였다. 그러나 방조제 축조로 해수유통이 차단됨에 따라 부남호의 수질등급은 악화되었고, 수질 악화 및 저염분수로 인하여 농업용수로의 활용이 어려워 그 기능이 상실되었다(충청남도, 2016).

하구생태계에 대한 사회적 인식이 높아지고 있는 현 시점에서 하구생태계의 체계적 관리 및 이에 근거한 복원 정책의 추진은 우리나라 하구생태계 관리에 있어서 중요한 전환점으로 받아들여지고 있다. 이에 정부는 해양수산발전기본법, 해양환경 보전 및 활용에 관한 법률, 해양환경관리법, 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률, 습지보전법 등 관련 법률을 제정하였다. 또한 각 지자체별로도 해양환경 오염 및 해양생태계 훼손을 방지하기 위한 다수의 정책을 추진함으로써 해양환경을 보전하고, 국민들의 삶의 질 향상을 위해 노력하고 있다(충청남도, 2015, 2019b).

본 연구에서는 천수만 부남호 하구복원 사업의 환경개선 편익을 추정하고, 이 값을 활용하여 경제적 타당성을 분석하고자 한다. 환경개선 편익을 추정하기 위해 기존에 선행되었던 낙동강 하구(유승훈, 2007a), 섬진강 하구(유승훈, 2007b; 국토해양부, 2010), 영산강 하구(유승훈·이주석, 2011), 금강하구(권영주 등, 2013; 신영철, 2017)의 경제적 가치 평가에 사용된 방법론과 유사한 조건부 가치추정법(CVM, contingent valuation method)

을 적용하고자한다. 더불어 경제성 분석을 통해 하구 관리와 관련된 정책적 시사점 도출 및 방향성을 제안하고자 한다.

II. 천수만 부남호 현황 및 문제점

〈그림 1〉에서와 같이 부남호는 천수만의 북측에 위치한 두 인공호소(부남호, 간월호) 가운데 하나로 간척사업의 일환으로 건설된 부남호 방조제에 의해 천수만과 분리되어 있다. 부남호는 남북으로 기다란 형태이며 폭은 2~3 km이고 길이는 약 13 km 정도이다. 평균 수심은 약 8 m 정도이나 남측 방조제 부근에 최대 25 m 정도로 깊고 대부분의 지역은 수심이 얇으며, 담수호 수질 등급은 6등급으로서 매우 나쁜 상황이다(환경부, 2018a; 충청남도, 2019a).

〈그림 1〉 천수만 부남호



방조제 공사로 인해 부남호는 본래 천수만에서 인공호수로 변하였고, 호수 조성 이후 생태계 및 지역 주민들의 삶은 물론 주변 경관도 변화시켰다. 연안으로부터 공급된 유기물들이 바다로 빠져나가지 못하고 부남호에 모두 퇴적되어 유기물 오염을 야기하며, 이로 인해 빈산소수괴(oxygen deficient water mass) 형성 등으로 인한 생물의 사체는 퇴적물에 축적되어 수질악화는 물론 악취를 발생하는 요인이 되었다. 영양염의 부족으로 생물 다양도가 감소하고, 수층 생태계 및 저서생물에 큰 영향을 미치고

있는 것이다. 현재, 부남호 수질 내 염분 분포는 바다와 가장 가까이 인접해 있는 하류지역은 수심이 깊어질수록(0~15 m) 염분 농도(4.7~31.4 psu²⁾)가 높아지는 경향을 보이고 있으며, 중간 및 상류 지점에서는 깊이에 상관없이 모든 층에서 염분농도 2.0~4.0 psu를 나타내고 있다(환경부, 2018b; 충청남도, 2019b).

최근 천수만 내 부남호의 환경현황과 관리여건의 분석을 통하여 내외측의 환경개선 및 생태복원 추진을 위한 종합관리시스템 및 관리 대책이 논의되고 있다. 부남호 하구역 주변의 환경·생태계 및 수산생물 등의 자원 현황 조사·평가, 부남호 하구역의 건강성 평가 및 생태환경의 경제적 가치평가, 환경생태 및 자원관리를 위한 하굿둑 상시개방 시나리오별 수치모형 개발, 하굿둑 단계별 염수 유입에 따른 육지생태계 영향가능 범위 조사·평가, 부남호 하구역 환경개선 기본계획 수립 등을 통하여 과학적인 자료에 기반한 하구역 관리와 복원 목표를 계획하고 있다. 세부 추진내용으로는 부남호의 수질 및 오염문제 해결을 위해 핵심 수치모델링을 통한 해수유통 가능성이 검토되었다. 해수유통 사례는 네덜란드 휘어스호, 영국 런던 하구의 테임즈 배리어, 독일 홀머질, 미국 캘리포니아 볼사치카 하구습지 복원, 우리나라의 시화호가 있다(충청남도, 2019b). 이들은 해수를 유통시킴으로써 하구의 수질 및 오염문제를 해결하여 하구의 수질 및 생태계를 회복시킨 성공사례이다.

III. 연구방법

1. 비용 추정

충청남도(2019b)는 부남호의 제방을 상시 개방하여 부남호 내부가 기

2) psu(practical salinity unit)는 실용염분단위로 해수 1 kg에 들어있는 총 염분의 g을 나타내는 값이며, 바닷물의 전기 전도도를 측정하여 염분의 정도를 산출할 때 사용하는 단위이다.

수해역으로 복원하는 것이 가능한지, 기존의 매립지 침수도 방지할 수 있는지에 대한 내용을 모델모사로 평가하였다. 또한 하굿둑 개방 시나리오에 따른 환경 변화를 예측하기 위해 규모, 개수, 위치 등의 다양한 시나리오별 부남호 내부의 환경변화 모델을 도출하였다.

해수순환 채용 방식은 부남호 하굿둑 절개 방식에 의해 현재의 수문으로는 부남호의 오염담수를 효과적으로 희석하여 수질을 개선하기 어렵다는 판단 하에 더 큰 규모의 해수 유통 통로 확보를 모색하였다. 이를 위해서는 부남호 하굿둑 중심부분의 종전 조석 수로를 절개하고 도로는 교량으로 연결하는 방식이 효과적임을 제시하였다.

부남호 해수면과 유통량은 수중암거·유통갑문의 규모와 유통속도에 따라 결정되므로 갑문운영·하굿둑개방 시나리오별 수치모형실험을 실시하여 부남호의 해수교환 및 수질개선, 천수만의 담수 및 수질영향을 검토하였다. 최종적으로 현 배수갑문을 통한 해수유통도 수질개선에 어느 정도 효과를 보이므로 신규 설치되는 수중암거와 현 배수갑문을 동시에 운용하는 방안이 효과가 있음을 파악하고 현 배수갑문에 유통갑문(90 m×10 m)을 추가하는 안으로 사업계획을 수립하였다.

비용 추정은 하굿둑 건설 사업의 전문 설계업체인 (주)헤인E&C에 의뢰하여 산출되었다. <표 1>과 같이 천수만 부남호 하구복원 사업은 해당 공종을 크게 기존 수중암거 설치, 통선물 설치, 갯벌 복원, 준설(오니), 제방차수, 신규제방, 논둑제거 등으로 구분하였다. 총사업비는 2020년부터 2024년까지 5년간 총 297,189백만원이 소요될 것으로 추정되었다(충청남도, 2019b).

〈표 1〉 천수만 부남호 하구복원 사업의 연도별 총사업비

(단위: 백만원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
수중암거 설치	15,000	15,000	15,000	12,118		57,118
통선문 설치	40,000	40,000	55,000	55,000	22,074	212,074
갯벌복원				600	663	1,263
준설	10,000	9,696				19,696
제방 차수 및 보강	1,602	2,000				3,602
신규제방			1,500	1,103		2,603
논둑제거	833					833
합계	67,435	66,696	71,500	68,821	22,737	297,189

2. 편익 추정 방법론

1) CVM 적용

환경에 대한 가치를 측정할 수 있는 다양한 방법론 중에서 하구라는 대상에 가장 적합하면서도 현실에 부합하는 과학적 방법론 선정이 필요하다. 더불어 본 연구의 대상인 천수만 부남호 하구복원 사업의 경우, 표면적으로는 비시장적 가치를 정의하기 어려우며 어떻게 가치를 측정할 것인지에 대한 결정도 어렵다.

기존의 하구복원, 환경보존 및 비시장재화의 경제적 가치와 환경비용을 추정한 국내·외 연구사례의 다수는 CVM을 적용하였다(유승훈·이주석, 2008; 권영주 등, 2014; 안병윤 등, 2014; 장정인·박선영, 2017; 유윤희 등, 2018; Tuan et al., 2014; Lim et al., 2017; Ndebele and Forgie, 2017; Jin et al., 2018; Kim et al., 2018). 또한 천수만 부남호 하구복원 사업과 유사한 비시장재화 편익을 발생시키는 사업으로서 동두천 캠프캐슬 오염토양 정화사업(박소연·유승훈, 2017), 생태하천 복원사업(임슬예·유승훈, 2015)의 경우에도 편익의 산정을 위해 CVM을 적용하였다. 이에 본 연구에서는 천수만 부남호 하구복원 사업의 편익 추정을 위해 CVM을 적용하고자 한다.

본 연구는 기존 선행연구들과 세 가지 측면에서 비교된다. 첫째, CVM은

선행연구에서 가장 광범위하게 사용되는 기법이며, 본 연구에서도 CVM을 적용하여 가구당 지불의사액(WTP, willingness to pay)을 조사하고자 한다. CVM은 사람들이 공공재화에 부여하는 가치를 직접 질문으로 이끌어내는 방법으로, 설문을 통해 얻어진 자료는 개인의 후생을 측정할 수 있다. 본 연구에서 도출된 정보는 정책결정에 활용될 수 있으므로 합리적이고 타당한 방법론에 근거한 결과 도출이 매우 중요하다. 이러한 점에서 CVM은 미시경제학의 소비자선택이론에 근거한다(Carlsson and Johansson-Stenman, 2000; Vlachokostas et al., 2011).

둘째, Arrow et al.(1993)와 다수의 문헌에서 제시된 바와 같이 CVM 적용에 대한 수많은 권고를 본 연구를 위한 설문지에 반영하였다. 즉, 1,000개 이상의 표본크기, 양분선택형(DC, dichotomous choice) 질문 사용(Hanemann, 1984; Bateman et al., 2001; Johnston et al., 2017), 평가대상 재화 선정, 지불수단으로 소득세 선택 등이 설문지에 설계되었다.

셋째, 본 연구에서는 응답편의, 효율성 및 0의 WTP 응답의 정형화 처리가 세심하게 검토되었다. 예를 들면, Cooper et al.(2002)에 의해 제안된 1.5경계(one-and-one-half-bound) 질문유형을 사용함으로써, 단일경계 양분선택형(SBDC, single-bounded dichotomous choice) 질문에 비해 효율성이 높아질 수 있고, 이중경계 양분선택형(DBDC, double-bounded dichotomous choice) 질문사용 시 발생할 수 있는 편의를 줄일 수 있다(Carson and Groves, 2007). 또한 Kriström(1997)가 제안한 스파이크 모형은 0의 WTP를 정형화할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 1.5경계 모형과 스파이크 모형을 적용한다.

2) 지불수단

CVM은 가상적인 상황의 질문을 통해 응답자들의 WTP를 유도하기 때문에 응답자들이 선택하기가 어려울 수 있다. 따라서 응답자들에게 친숙하고 현실성 있는 지불수단이 제시되어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 소득세를 지불수단으로 하였다. 이는 천수만 부남호 하구복원 사업이 공

공의 목적으로 수행되기 때문에 사업의 시행을 위한 재원확보와 응답자의 친숙성을 고려하였기 때문이다. 또한, 선행 CVM 실증연구에서도 다수가 소득세를 지불수단으로 설정하고 있으며, 한국개발연구원(2008)의 예비타당성조사 일반지침에도 부합한다.

또한 설문지에 제시된 WTP 질문에서는 사업의 시행을 위해서는 많은 재원이 소요되며, 이에 대한 비용을 많은 사람들이 부담해야 한다는 사실을 설명하였다. 즉, 천수만 부남호 하구복원 사업이 시행된다면, 응답자 가구의 연간 소득세가 인상됨에도 불구하고 향후 5년간 매년 1회 부담할 의향 여부에 대한 물음이었다.

3) 표본설계 및 설문방법

표본설계는 모집단 특성을 기반으로 계층화 임의표본추출법을 설계했다. 전국 16개 광역자치단체를 기준으로 각 계층 내에서 임의표본을 추출하였다. 표본이 된 대상은 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 세대주의 배우자로 한정하였으며, CVM 조사 경험이 풍부한 전문 설문조사 기관을 통해 2019년 10월부터 약 한달간 전국 1,000 가구를 대상으로 실시하였다. 설문조사 수행 전 설문조사 연구진은 조사원들에게 설문방법을 교육하였으며, 이후 조사원들은 일대일 개별 면접을 통해 표본대상자들에게 설문을 수행하였다.

또한 응답자들을 위한 설문지의 이해도와 명료성을 확인하기 위해 30명의 표적집단 사전설문 결과를 이용하여 설문지의 초안을 검증했다. 설문지의 최종본은 다음과 같은 순으로 구성하였다. 첫째, 설문조사의 목적을 설명하고, 응답자들의 이해를 돕기 위해 배경정보를 전달한다. 둘째, 천수만 부남호 하구복원에 대한 응답자들의 인식과 판단을 묻는 질문을 제시한다. 셋째, 응답자들에게 천수만 부남호 하구복원을 위한 WTP에 관한 질문을 제공한다. 마지막으로 응답자들의 특징에 관한 정보를 얻기 위한 질문을 한다.

설문조사는 응답자들의 천수만 부남호라는 특정지역에 대한 생태환경

지식과 해당 지역 방문여부가 결과에 영향을 줄 수 있을 것이다. 따라서 설문과정에서의 이해도를 높이기 위해 천수만 부남호 하구복원 사업에 대한 배경 및 목적을 설명하고 천수만 부남호의 위치, 현재 상황, 국내외 유사 사례, 사업의 시행으로 인한 수질개선, 생물다양성 회복, 관광자원 확대 등의 기대효과에 대한 시각적 자료를 제시하였다. 또한 설문조사가 끝난 후 확인 전화를 하여 조사에 참여한 응답자들의 대답의 일관성을 확인하기 위해 몇 가지 질문을 다시 한 후 답을 얻었다.

3. WTP 모형

본 연구에서는 1.5경계 양분선택형 모형을 적용하였다. 1.5경계 양분선택형 모형의 질문은 Hanemann(1984)이 제시한 SBDC 질문과 Hanemann et al.(1991)이 제시한 DBDC 질문의 장점을 선택적으로 활용할 수 있다. 즉 Cooper et al.(2002)가 제안한 1.5경계 양분선택형 모형은 DBDC 모형의 효율성을 상당 부분을 달성하면서도, 비밀치성을 크게 감소시킬 수 있다.

1.5경계 양분선택형 모형 적용시 i 번째 응답자가 응답하는 상황은 6개의 변수로 묘사할 수 있다. 앞서 3개의 경우는 첫 번째 질문에서 A^L 을 제시한 경우이며, 뒤의 3개의 경우는 첫 번째 질문에서 A^U 를 제시한 경우이다.

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

또한, 본 연구에서는 0의 값을 가진 WTP 분석을 목적으로 스파이크모형(Krström, 1997; Yoo and Kwak, 2002)을 활용한다. 모형에 대한 WTP

의 누적분포함수를 $H_Y(\cdot)$ 라 하면 식 (1)과 같다. γ_0 과 γ_1 는 $H_Y(\cdot)$ 의 매개변수이다.

$$H_Y(A; \gamma_0, \gamma_1) = \begin{cases} [1 + \exp(\gamma_0 - \gamma_1 A)]^{-1} & \text{if } A > 0 \\ [1 + \exp(\gamma_0)]^{-1} & \text{if } A = 0 \\ 0 & \text{if } A < 0 \end{cases} \quad (2)$$

T 를 표본크기라 하면, 아래와 같이 스파이크모형에 대한 로그우도함수가 도출될 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln L = & \sum_{j=1}^T \{ I_j^Y \ln[1 - H_Y(A_j^U; \gamma_0, \gamma_1)] \\ & + (I_j^{YN} + I_j^{NY}) \ln[H_Y(A_j^U; \gamma_0, \gamma_1) - H_Y(A_j^L; \gamma_0, \gamma_1)] \\ & + I_j^{TY} (I_j^N + I_j^{MN}) \ln[H_Y(A_j^L; \gamma_0, \gamma_1) - H_Y(0; \gamma_0, \gamma_1)] \\ & + (1 - I_j^{TY}) (I_j^N + I_j^{MN}) \ln H_Y(0; \gamma_0, \gamma_1) \} \end{aligned} \quad (3)$$

최대우도(ML, maximum likelihood) 추정량은 일치성과 점근적 효율성 두 가지 조건 모두를 충족하는 것으로 알려져 있다. 따라서 식 (3)에 ML추정법을 적용하여 식 (3)을 극대화하는 γ_0 과 γ_1 의 값을 찾는다. 식 (2)와 평균의 정의를 활용하면 $(1/\gamma_1) \ln[1 + \exp(\gamma_0)]$ 라는 평균 WTP에 대한 식이 도출될 수 있다.

4. 편의 추정 결과

본 연구에서 사용되는 천수만 부남호 하구복원 사업에 대한 가구의 WTP 응답을 위해 설문에서는 전국 1,000 가구를 7개 그룹으로 구분하였다. 각 그룹에 제시된 금액의 범위는 <표 2>와 같으며, 응답자의 520 가구

는 설문을 통해 제시된 금액에 대해 지불할 의사가 전혀 없다고 응답하였다. 이는 천수만 부남호 하구복원 사업에 대해 52%의 응답자들이 0의 WTP를 갖는 것이며, 스파이크모형 적용을 통해 WTP를 추정해야 함을 의미한다.

〈표 2〉 WTP 응답의 분포

제시금액(원)		표본 크기 (명)	첫 번째 질문에서 A^L 을 제시한 경우				첫 번째 질문에서 A^U 를 제시한 경우			
A^L	A^U		예 / 예	예 / 아니오	아니오 / 예	아니오 / 아니오	예	아니오 / 예	아니오 / 아니오	아니오 / 아니오
1,000	3,000	142	24	33	1	13	20	31	5	15
3,000	4,000	142	14	26	2	29	12	26	3	30
4,000	6,000	144	14	19	5	34	9	23	5	35
6,000	8,000	144	4	24	11	33	8	11	10	43
8,000	10,000	144	9	19	4	40	1	16	6	49
10,000	12,000	142	2	7	14	48	1	13	13	44
12,000	15,000	142	0	9	12	50	1	7	6	57
계		1,000	67	137	49	247	52	127	48	273

〈표 3〉은 1.5경계 스파이크 모형의 추정결과이며, 추정된 제시금액의 계수는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 스파이크 값은 0.5054로 계산되며, 이 값은 응답자가 0의 WTP 응답을 밝힌 비중 52%와 유사한 값으로 추정되었고 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하였다. 추정된 방정식의 통계적 유의도는 Wald 통계량에 의해 ‘모든 추정계수는 0이다’라는 귀무가설이 유의수준 1%에서 기각된다.

〈표 3〉 스파이크 모형의 추정결과

구분	추정치	t-값
상수항	-0.0217	-0.35
제시금액	-0.2209	-17.77*
스파이크	0.5054	33.08*
로그우도(Log-likelihood)	-1386.258	
Wald-통계량 (p-value)	346.35* (0.000)	
관측 가구수	1,000	

주) * 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함

추정결과로부터 계산된 평균 WTP는 <표 4>에 제시된 바와 같이 가구당 연간 3,087원으로 계산된다. 이 값에 대해 델타법(delta method)을 적용하면 t -값은 16.34로 계산되어, 추정된 평균 WTP는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. Krinsky and Robb(1986) 기법을 적용하여 평균 WTP의 신뢰구간을 분석한 추정결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 평균 WTP 추정결과

구분	추정치
연간 가구당 평균 WTP	3,087원
t -값	16.34*
95% 신뢰구간	2,751원 - 3,485원
99% 신뢰구간	2,653원 - 3,632원

주) *은 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미하며, 평균 WTP 추정에 수반된 불확실성을 반영한 신뢰구간의 계산을 위해 Krinsky and Robb(1986)이 제안한 모수적 부트스트랩(parametric bootstrap) 기법인 몬테칼로 시뮬레이션 기법을 적용함(Park et al., 1991; Cooper, 1994; 조용철 등, 2016)

표본정보를 이용하여 모집단 전체의 편익을 추정하는 것은 CVM 연구를 수행하는 중요한 목적 중에 하나이다. 이에 앞서 선행되어 고려해야 할 점은 표본의 대표성이다. 표본이 모집단을 제대로 반영하는지 여부가 모집단에 대한 정보획득의 핵심이다. 앞서 언급하였듯이 설문 대상자는 가구 내에서 책임을 갖고 의사결정 할 수 있는 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 세대주의 배우자만으로 한정하였다. 표본추출도 전국을 대상으로 하였으므로 전체 가구의 의견을 잘 반영하고 있다. 또한 전문조사업체에 과학적인 표본추출 및 조사를 의뢰하여 표본의 대표성을 유지하고, 설문조사원은 무작위로 추출된 표본에 대해 설문응답을 전량 회수함에 따라 무응답률은 낮았다. 따라서 1,000 가구의 유효한 표본정보를 모집단으로 확장하는데 어려움이 없다고 판단된다(박선영 등, 2013).

표본의 대표성이 확보되고 무응답 문제가 없으므로 표본에서 추정된 연간 WTP를 모집단으로 확장할 수 있다. 통계청(2019)의 추계 가구 수 정보를 활용하여 앞서 추정한 연간 가구당 WTP 3,087원과 20,115,725 가구를

곱하여 계산한 결과, 2019년 10월 기준 천수만 부남호 하구복원사업의 편익은 연간 약 62,097백만원으로 분석되었다.

본 연구의 설문조사 수행시점은 2019년 10월이며 경제성 분석의 기준시점은 한국개발연구원(2008)에 따라 분석시점의 전년도 말, 즉 2018년 12월이다. 따라서 앞서 계산한 편익을 소비자 물가지수를 이용하여 2018년 말 기준으로 보정이 필요하다. 추정된 연간 가구당 WTP 3,087원을 2018년 12월 소비자 물가지수³⁾로 보정하면, <표 5>와 같이 3,055원으로 계산된다.

<표 5> 천수만 부남호 하구복원 사업의 연간 경제적 편익

중앙값 WTP 추정치 (원/가구/년)	2019년 기준 통계청 추계 가구수	연간 총편익 (백만원)
3,055*	20,115,725	61,454*

주) * 2018년말 불변가격 기준

IV. 분석결과

1. 분석의 주요 전제

진술한 연간 편익을 이용하여 천수만 부남호 하구복원 사업의 경제성 분석 수행이 가능하다. 편익은 사업의 방조제 공사가 완료된 후부터 50년간 발생한다고 가정하였고, 설문조사시 이를 응답자들에게 인식시켰다. 또한 비용은 2020년부터 2024년까지 5년간 총 297,189백만원으로 추정되었다.

본 사업의 투자기간은 2020년부터 2024년까지이며, 편익은 2025년부터 2074년까지 발생하여, 2020년부터 2074년까지를 경제성 분석 대상 기간으로 가정하였다. 현재가치는 한국개발연구원(2008)에 따라 전년도 기

3) 통계청의 2019년 10월 기준 소비자 물가지수는 105.46(2015년=100), 2018년 12월 기준 소비자 물가지수는 104.35(2015년=100)이다.

말 기준으로 분석하므로, 본 연구에서는 사업의 비용 및 편익에 대해 2018년 말을 기준으로 현재가치화를 적용한다. 더불어 본 사업의 특성상 비용이 초기에 집중적으로 발생하는 반면, 편익은 사업 종료 후 장기간 발생하기 때문에 분석기간 동안 예상되는 비용과 편익에 사회적 할인율을 적용하여 현재가치로 환산하여 평가하였다. 여기에서 사회적 할인율은 기획재정부(2017)의 지침을 준용하여 비용과 편익 발생 30년 동안은 4.5%를 적용하고, 30년부터 50년까지는 3.5%를 적용하였다.

2. 분석기법

경제적 타당성을 평가하는 분석기법으로는 편익/비용 비율(B/C ratio, benefit cost ratio)과 내부수익률(IRR, internal rate of return) 및 순현재가치(NPV, net present value)가 있다. B/C ratio는 운영 후 연도별로 발생하는 편익과 투입되는 비용 즉 사업비 및 유지관리비를 사회적 할인율로 할인하여 기준년도 가격으로 환산한 금액의 비율이다(김동건, 2008). 일반적으로 편익/비용 비율이 1.0 이상이면 경제성이 있다고 판단한다. 더불어 IRR과 NPV의 경제성이 있다고 판단하는 기준은 각각 사회적 할인율보다 크고, 0보다 클 경우이다.

$$\begin{aligned}
 B/C \text{ ratio} &= \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \\
 IRR : \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+IRR)^t} &= \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t} \\
 NPV &= \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}
 \end{aligned} \tag{4}$$

각 분석기법은 장·단점이 있어 어떤 사업의 경제적 타당성의 유무판단 기준으로서 어느 한 기준에 전적으로 의존하는 것은 문제가 있음을 인식해야 한다. 결론적으로 B/C ratio, IRR, NPV 세 가지를 모두 적절하게 고려한 후 의사결정을 내리는 것이 합리적인 결과를 도출하기에 유리하다.

3. 경제성 분석 결과

천수만 부남호 하구복원 사업의 경제성 분석에 대한 결과는 <표 6>에 요약되어 있다. 분석 결과, 총 비용의 현재가치는 245,609백만원, 총편익의 현재가치는 258,179백만원으로 추정되었으며, NPV는 12,570백만원으로 나타났다. B/C ratio는 1.05로 분석되어 경제성 분석 기준인 1.0을 초과한다. 그러나 IRR이 사회적 할인율 4.5%에 약간 못 미치는 4.3%로 나타났다. NPV와 B/C ratio가 경제성 분석 기준을 상회하므로, 본 사업은 경제적 타당성을 확보하였다고 판단한다.

<표 6> 천수만 부남호 하구복원 사업의 경제성 분석 결과

구분	현재가치 합계 (백만원)		순현재가치 (NPV) (백만원)	편익-비용 비율 (B/C ratio)	내부수익률 (IRR)
	편익	비용			
값	258,179	245,609	12,570	1.05	4.3%

더불어 본 연구에서는 민감도 분석(sensitivity analysis)을 수행하여 편익 및 비용의 변화에 따른 사업의 경제적 타당성 확보 여부를 분석한다. 민감도 분석은 투자비나 경제성에 영향을 미칠 수 있는 비용, 편익, 할인율 등에 대해서 각 변수가 일정량만큼 변화되었을 경우 경제성이 어떻게 변화하는지 파악하기 위해서 시행한다(권영주 등, 2014).

본 연구에서는 편익 및 비용 변화에 대한 B/C ratio의 민감도 분석을 위해서 편익 변화와 비용 변화를 20%까지 증감시켜 10%씩 변화된 결과를 <표 7>에 제시하였다. 민감도 분석 결과, 천수만 부남호 하구복원 사업의 총사업비 변화에 따라 경제적 타당성 확보 여부가 바뀔 수 있으므로 비용 산정에 신중한 판단이 요구된다.

〈표 7〉 편익 및 비용의 변화에 따른 민감도 분석(B/C)

구분	변화율(%)				
	-20	-10	0	+10	+20
편익변화	0.84	0.95	1.05	1.16	1.26
비용변화	1.31	1.17	1.05	0.96	0.88

V. 결론

최근 인구밀도 증가, 매립·간척, 하굿둑 건설 등 하구 생태계를 위협하는 요인들이 급증하여 이들의 가치가 심각하게 저하된 상태에 있는 것이 사실이다. 본 연구는 부남호 하구 관리에 대한 합리적 결론을 도출하기 위하여 하구복원의 경제적 타당성을 추정하였다. 천수만 부남호 하구복원 사업의 경제적 편익을 평가하기 위하여 CVM을 적용하였으며, 응답자들은 부남호 하구복원 사업을 위해 매년 가구당 평균 3,055원의 WTP를 가지고 있었다. 이 값을 전국으로 확장하면 61,454백만원에 해당된다. 또한 부남호 하구복원 사업의 편익과 비용을 활용하여 경제성을 분석한 결과, 편익/비용 비율 값이 1.05로 본 사업은 경제적 타당성을 확보하는 것으로 판단된다.

천수만과 부남호 하구역은 존재 그 자체로 의미가 있기에, 본 연구의 결과는 천수만과 부남호 하구의 잠재적 가치를 정량화함으로써 향후 하구역 개발을 위한 정책 근거자료로 제시함으로써 해양환경에 대한 관심이 늘어나고 있는 국민들의 삶의 질 향상에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다. 다만 생태적 요인이 부각되는 하구 복원 사업의 경제성 분석시 편익을 산정함에 있어 환경비용을 최대한 계량화하는 작업이 필요하며, 결과의 일반화를 위해 사업지 인근지역과 비인근지역에 있는 응답자들의 결과를 도출하여 평가하는 작업이 필요할 것이다.

또한 천수만과 부남호 하구의 경제적 가치 평가로 하구복원 사업에 대한 방향 및 정책 의사 결정 지원 방안 마련이 요구되는 가운데 본 연구결

과는 천수만과 부남호의 경제적 편익을 규명할 수 있는 기초자료로 활용 가능하다. 더불어 충청남도의 투자 의사결정 지원을 통한 국가재정의 효율적 투입이라는 하구역 관리사업의 목표를 효과적으로 달성하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 천수만 부남호의 환경적 가치 제고와 수산자원의 회복, 하구역 문화 복원, 친수공간 조성, 관광 및 여가·심미적 가치의 증진 등의 다양한 사회경제적 편익을 높일 수 있는 전향적인 기수역 관리 기본계획 수립이 요구된다. 그러나 본 사업은 충청남도의 강력한 의지에 의해 진행되는 연구이지만 농어민을 비롯한 다양한 이해당사자와의 합의가 중요하다. 이해관계자간 갈등해소 및 협력방안 마련을 위해 먼저, 다양한 문제 해결을 위해 이해당사자들의 적극적인 참여와 협조가 이루어질 수 있는 네트워크 시스템 구축이 필요하며 통합적·협력적 거버넌스 구축이 요구된다.

구체적으로는 다양한 환경·사회·경제·문화자원의 유기적인 관리 및 보호, 제도적 지원능력의 확보, 이해관계자간 이익의 분배 및 갈등의 조정 등 통합적인 전략의 개발과 실행을 위한 기반 제시가 필요하다. 또한 분산되어 있는 관리주체 및 체계를 통합할 수 있는 제도적 장치 마련, 통합관리를 위한 전담조직 및 기구 등의 환경관리체계 구축, 하구라는 공간을 기반으로 하는 주민, 이용자, 경제활동가 등 다양한 이해관계자 간의 조정체계 구축 방안, 다양한 이해당사자의 참여를 제도화하는 방안 제시 등이 요구된다.

■ 참고문헌 ■

- 국토해양부, 2010, 『하구역 관리체계 구축 연구(III): 섬진강 하구 (제2권 관리체계 수립분야)』, 세종: 국토해양부.
- 권영주·백상규·유승훈, 2014, “해양생태계 복원기술개발 사업의 경제적 타당성 분석,” 『해양환경안전학회지』, 20(2), pp.130-142, DOI: 10.7837/kosomes.2014.20.2.130.
- 권영주·유승훈·박세현, 2013, “금강하구의 환경가치 평가,” 『해양환경안전학회지』,

- 19(5), pp.417-429, DOI: 10.7837/kosomes.2013.19.5.417.
- 기획재정부, 2017, 예비타당성조사 운용지침, 기획재정부훈령 제435호.
- 김동건, 2008, 『비용 편익 분석』, (제3판), 서울: 박영사.
- 박선영·남정호·유승훈, 2013, “해양환경 위해성 평가 및 관리 기술개발사업의 경제성 분석,” 『기술혁신학회지』, 16(1), pp.20-40.
- 박소연·유승훈, 2017, “동두천 캠프캐슬 오염토양 정화사업에 대한 공공의 지불의사액,” 『환경정책』, 25(2), pp.165-181, DOI: 10.15301/jepa.2017.25.2.165.
- 신영철, 2017, “조건부가치측정법을 이용한 금강 하구의 비사용가치 추정-Turnbull 비모수적 추정 방법을 적용하여,” 『한국산학기술학회논문지』, 18(11), pp.479-485, DOI: 10.5762/KAIS.2017.18.11.479.
- 안병윤·김택민·홍승진·김길호·김수전·김재근 등, 2014, “하도습지의 생태보전 및 치수를 고려한 하천관리 방안 연구,” 『한국습지학회지』, 16(4), pp.463-476.
- 유승훈, 2007a, “다속성 효용이론에 근거한 조건부 가치측정법을 이용한 낙동강 하구의 환경가치 추정,” 『Ocean and Polar Research』, 29(1), pp.69-80.
- _____, 2007b, “섬진강 하구의 환경가치 추정,” 『환경정책연구』, 6(2), pp.1-25, DOI: 10.17330/joep.6.2.200706.1.
- 유승훈·이주석, 2008, “가로림만의 환경가치 평가,” 『경제학연구』, 56(3), pp.5-28.
- _____, 2011, “영산강 하구역의 경제적 가치 평가,” 『한국수자원학회 논문집』, 44(8), pp.629-637.
- 유윤희·이희찬·오희균, 2018, “조건부가치측정법을 이용한 해양생태관광지 환경개선사업의 경제적 가치추정: 거문도 바다숲 조성사업을 중심으로,” 『관광레저연구』, 30(7), pp.179-194.
- 임슬예·유승훈, 2015, “생태하천 복원사업의 경제적 편익 분석- 남양천 및 유구천을 중심으로,” 『지역연구』, 31(4), pp.25-45.
- 장정인·박선영, 2017, “연안경관 관리의 경제적 편익 분석,” 『한국해양환경·에너지학회지』, 20(4), pp.209-218.
- 조용철·진세준·최한주·류문현·유승훈, 2016, “늪조 발생의 심미적 환경비용 추정,” 『환경정책』, 24(4), pp.227-246, DOI: 10.15301/jepa.2016.24.4.227.
- 충청남도, 2015, 『충청남도 해양수산발전계획』, 부산: 한국해양과학기술원.
- _____, 2016, 『충청남도 연안 및 하구생태복원방안 연구용역』, 경기: 충남: (주)이산: 충남연구원.
- _____, 2019a, 『천수만권역 종합발전전략 수립 연구』, 충남: 충남연구원.
- _____, 2019b, 『천수만 하구환경 종합관리 기본계획 수립 연구용역-부남호 하구(갯벌)복원 기본계획 수립용역』, 부산: 한국해양과학기술원.
- 환경부, 2018a, 『지하수조사연보』, 세종: 대전: 환경부; 한국수자원공사.
- 한국개발연구원, 2008, 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구』, (제5

판), 세종: 한국개발연구원.

- 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*, 58, pp.4601-4614.
- Bateman, I. J., L. H. Langford, P. Jones, and G. N. Kerr, 2001, "Bound and path effects in double and triple bounded dichotomous choice contingent valuation," *Resource and Energy Economics*, 23, pp.191-213, DOI: 10.1016/S0928-7655(00)00044-0.
- Carlsson, F. and O. Johansson-Stenman, 2000, "Willingness to pay for improved air quality in Sweden," *Applied Economics*, 32(6), pp.661-669, DOI: 10.1080/000368400322273.
- Carson, R. T. and T. Groves, 2007, "Incentive and informational properties of preference questions," *Environmental Resource Economics*, 37, pp.181-210, DOI: 10.1007/s10640-007-9124-5.
- Cooper, J. C., 1994, "A comparison of approaches to calculating confidence intervals for benefit measure from dichotomous choice contingent valuation survey," *Land Economics*, 70, pp.111-122, DOI: 10.2307/3146445.
- Cooper, J. C., M. Hanemann, and G. Signorello, 2002, "One and one half bound dichotomous choice contingent valuation," *The Review of Economics and Statistics*, 84(4), pp.742-750.
- Hanemann, W. M., 1984, "Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses," *American Journal of Agricultural Economics*, 66(3), pp.332-341, DOI: 10.2307/1240800.
- Hanemann, W. M., J. Loomis, and B. J. Kanninen, 1991, "Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation," *American Journal of Agricultural Economics*, 73(4), pp.1255-1263, DOI: 10.2307/1242453.
- Jin, S. J., S. Y. Lim, and S. H. Yoo, 2018, "The public value of building large oil spill response vessels in Korea," *Marine Policy*, 88, pp.242-247, DOI: 10.1016/j.marpol.2017.11.016.
- Johnston, R. J., K. J. Boyle, W. Adamowicz, J. Bennett, R. Brouwer, and T. A. Cameron et al., 2017, "Contemporary guidance for stated preference studies," *Journal Association Environmental and Resource Economists*, 4(2), pp.319-405, DOI: 10.1086/691697.
- Kim, H. J., S. J. Jin, and S. H. Yoo, 2018, "Public assessment of releasing a captive Indo-Pacific bottlenose Dolphin into the wild in South Korea,"

- Sustainability*, 10(9), 3199, DOI: 10.3390/su10093199.
- Krinsky, I. and A. L. Robb, 1986, "On approximating the statistical properties of elasticities," *Review of Economics and Statistics*, 68(4), pp.715-719, DOI: 10.2307/1924536.
- Krström, B., 1997, "Spike models in contingent valuation," *American Journal of Agricultural Economics*, 79(3), pp.1013-1023, DOI: 10.2307/1244440.
- Lim, S. Y., S. J. Jin, and S. H. Yoo, 2017, "The economic benefits of the Dokdo Seals restoration project in Korea: A contingent valuation study," *Sustainability*, 9(6), 968, DOI: 10.3390/su9060968.
- Ndebele, T. and V. Forgie, 2017, "Estimating the economic benefits of a wetland restoration programme in New Zealand: A contingent valuation approach," *Economic Analysis and Policy*, 55, pp.75-89, DOI: 10.1016/j.eap.2017.05.002.
- Park, T. J., B. Loomis, and M. Creel, 1991, "Confidence intervals for evaluating benefits estimates from dichotomous choice contingent valuation studies," *Land Economics*, 67, pp.64-73, DOI: 10.2307/3146486.
- Tuan, T. H., N. H. D. My, L. T. Q. Anh, and N. V. Toan, 2014, "Using contingent valuation method to estimate the WTP for mangrove restoration under the context of climate change: A case study of Thi Nai lagoon, Quy Nhon city, Vietnam," *Ocean & Coastal Management*, 95, pp.198-212, DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2014.04.008.
- Vlachokostas, C., C. Achillas, T. Slini, N. Moussiopilos, G. Baniias, and I. Dimitrakis, 2011, "Willingness to pay for reducing the risk of premature mortality attributed to air pollution: A contingent valuation study for Greece," *Atmospheric Pollution Research*, 2(3), pp.275-282, DOI: 10.5094/APR.2011.034.
- 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*, 9(14), pp.929-932, DOI: 10.1080/13504850210139378.
- 통계청, 2019, <http://www.kosis.kr>.
- 환경부, 2018b, <http://water.nier.go.kr>.

권영주: 서울과학기술대학교 에너지환경대학원에서 경제학 박사를 취득하고, 현재 한국해양과학기술원 해양정책연구소 해양신산업연구실에서 연수연구원으로 재직중이며, 환경 및 자원경제 등이 주요 관심 분야이다(yjkwon@kiost.ac.kr).

박세현: 도쿄대학대학원에서 박사학위를 취득하고, 현재 한국해양과학기술원 해양정책연구소에서 해양신산업연구실장으로 재직 중이다. 주요 연구분야는 해양에너지, 해양자원, 해양환경 등 해양신산업 분야의 경제성 및 파급효과 분석을 수행하고 있다(shpark@kiost.ac.kr).

진세준: 서울과학기술대학교 에너지환경대학원에서 경제학 박사를 취득하고, 한국해양과학기술원 해양정책연구소 해양신산업연구실에서 선임연구원으로 재직 중이다. 현재 해양과학기술 및 해양산업 관련 경제성 분석을 수행하고 있다(sjjin@kiost.ac.kr).

투 고 일: 2020년 03월 04일
심 사 일: 2020년 03월 05일
게재확정일: 2020년 03월 10일