

생태계서비스 가치평가를 활용한 예비타당성조사 편익분석 개선 방향 연구 - 장항습지복원사업 사례를 중심으로 -

오치옥¹⁾ · 주우영²⁾ · 박창석³⁾

¹⁾ 전남대학교 문화전문대학원 교수 · ²⁾ 국립생태원 보호지역팀 팀장 · ³⁾ 한국환경연구원 환경계획연구실 실장

A Study on Improving the Estimation of Social Benefits Using the Economic Valuation of Ecosystem Services in Preliminary Feasibility Analyses for Ecological Restoration Projects

- Focused on the Case of Janghang Wetland Restoration Project -

Oh, Chi-Ok¹⁾ · Joo, Woo-yeong²⁾ and Park, Chang-seok³⁾

¹⁾ Graduate School of Culture, Chonnam National University, Professor,

²⁾ Team of Protected Areas, National Institute of Ecology, Lead Researcher,

³⁾ Division for Environmental Planning, Korea Environment Institute, Director.

ABSTRACT

This study is to propose the ecosystem service valuation method as a complementary or alternative tool to overcome the limitations of the contingent valuation method(CVM), typically used to assess social benefits in preliminary feasibility studies. With an increasing interest in natural and environmental restoration projects, we assessed social benefits with theses CVM and ecosystem service valuation method from a case of Janghang wetland restoration project and compared the extent of the two social benefits. For quantitative evaluation of ecosystem services, the biophysical quantity for each ecosystem service indicator was calculated and then converted into currency (KRW) units to estimate the economic value of ecosystem services. The four ecosystem regulating service indicators were selected including greenhouse gas capture/storage, air pollution, water quantity and quality regulation. The amounts of CO₂ sequestration and storage as a ecosystem's greenhouse gas regulating service in the study area were 73.04 tCO₂/yr and 5,867.53 tCO₂/yr respectively. The reduction of SO₂, one of air pollutant gases

First author : Chi-Ok Oh, Professor, Graduate School of Culture, Chonnam National University, Rep. of Korea,
Tel : *** - **** - **** E-mail : chiokoh@chonnam.ac.kr

Corresponding author : Wooyeong Joo, Lead Researcher, Team of Protected Areas, National Institute of Ecology,
Rep. of Korea,
Tel : +82-41-950-5690, E-mail : wjoo@nie.re.kr

Received : 20 September, 2023. **Revised** : 7 December, 2023. **Accepted** : 27 November, 2023

by ecosystems was calculated to be 180.27 kg/yr, the reduction of NO₂ to be 378.90 kg/yr, and the reduction of fine dust (PM10) to be 9,713.92 kg/yr. The amount of freshwater regulating service by the ecosystem was estimated to be 459,394,319 ℓ/yr, and the amount of nitrogen in freshwater removed by the ecosystem was 78.00kg/yr. Study results show that the benefits derived from the CVM were KRW 227.8 billion over the 30-year analysis period and those from the ecosystem service valuation method were KRW 41.4 billion for regulatory services and KRW 148.8 billion for cultural services, totaling KRW 189.5 billion. With KRW 184.8 billion of the total costs, the benefit/cost ratio using the CVM was 1.23 and that with the ecosystem service valuation method was 1.03. This study implications include that the CVM and ecosystem service valuation method can be applied together to assess and compare social benefits for natural and environmental restoration projects.

Key Words : *Economic Analysis, Ecosystem Services, Ecological Restoration, Social Benefits, Economic Value*

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

환경오염, 자원고갈, 기후·환경변화 등과 맞물려 자연환경자원의 중요성은 더욱 높아지고 있다. 이에 UN(2019)에서는 국제적으로 생태계복원을 위한 유엔생태계복원 10년 계획(The UN decade on ecosystem restoration)을 발표하였고, EU(2020)에서도 훼손된 생태계복원과 자연환경 보호를 위한 2030 생물다양성 전략(The EU's Biodiversity Strategy for 2030)의 추진을 발표하였다. 유엔 산하 국제기구인 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity: CBD)은 2022년 12월 19일 쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크(KM-GBF)를 승인하였는데, 핵심 내용으로 2030년까지 훼손된 육지 및 해양생태계를 30% 이상 복원하고 육상 및 해양의 최소 30%를 보호지역 등으로 보전·관리하고자 하는 실천 목표를 수립하였다. 이런 흐름에 맞춰 국내에서도 정부는 한국판 그린뉴딜 정책의 하나로 도시 및 보호지역 훼손지 복원을 포함한 국토환경 녹색복원 종합계획을 발표하였다(Ministry of Environment, 2021). 또한 2021년 자연환경보전법 개정을 통해 자연환경복원사업의 법적 근거

를 마련하였고 생물다양성 보전·관리 사업, 야생생물 서식지 복원사업, 생태통로 설치사업 등을 자연환경복원사업으로 일원화하고 자연환경 복원사업 대상지 조사·선정, 사업평가 및 사후관리에 이르는 통합적 추진체계를 정비하였다(Ministry of Environment, 2022).

하천, 습지, 공원, 기타 보호지역을 포함한 자연환경복원사업은 상당한 규모의 국가재정 투입이 필요한 공공투자사업으로, 사업의 시행 여부 결정을 위해서는 현재 국가 및 지방재정법에 근거한 예비타당성조사(총사업비 500억 이상)의 경제성, 정책성 분석이 필요하다(KDI PIMAC, 2021). 이 연구에서는 예비타당성조사에서 특히 비용편익분석(cost-benefit analysis)의 경제성 분석에 초점을 맞추고자 한다. 비용편익분석은 사업 추진으로 발생한 영향을 화폐적 가치로 정량화하는 작업으로, 긍정적 변화를 편익으로, 부정적 변화를 비용으로 산정하여 경제적 효율성을 평가하는 수단이다(Boardman et al., 2018). 미래에 발생할 편익과 비용을 사회적 할인율을 통해 현재가치로 환산한 편익/비용 비율(benefit/cost ratio, 일반적으로 B/C라고 통칭)이 1보다 크면 경제적 타당성이 있다고 판단한다.

자연환경복원사업은 훼손된 자연환경의 구조

와 기능의 회복을 목적으로 하는데(Kim, 2003; Son et al., 2019), 이때 얻는 사회적 편익은 대부분 시장에서 거래되지 않는 비시장재로서 비사용가치가 높고, 외부효과(externalities)를 발생시키는 공공재의 성격을 가진다. 따라서 현재 자연환경복원사업은 문화·관광, 환경 보호를 포함한 기타재정사업의 예비타당성조사 지침을 따르게 되어 있다. 이 지침에 따르면 일반적으로 비시장재화추정법(non-market valuation methods)의 조건부가치추정법(Contingent Valuation Method: CVM)을 활용하여 사회적 편익을 산정하게 되어 있다(KDI PIMAC, 2021). 엄영숙·권오상·신영철(2011)에 의하면 국가 기타재정사업의 건수는 계속 증가하고 있으며, 지방재정투자사업의 경우에도 2015년부터 2019년까지 총 182건 중 23개(12.6%) 사업에서 CVM을 활용하고 있다(KRILA, 2019). 하지만 현재까지 국내 예비타당성조사에서 생태계서비스 가치평가를 활용한 사례는 없는 것으로 알려져 있고, 미국을 포함한 외국에서도 경제성 분석에서 생태계서비스 가치평가를 반영하기 위한 여러 노력들을 하고 있다(US Office of Management and Budget, 2023).

최근 자연환경복원사업의 편익 산정에 있어 조건부가치추정법을 활용한 방법론 개선을 요구하는 목소리가 꾸준히 나오고 있다(KRILA, 2020; Kim 2021). 여러 우려의 목소리에 대해 크게 정리해 보면 다음과 같다. 첫째, 가치추정을 위한 설문조사에서 일반 국민이 자연환경복원에 따른 다양한 기능과 서비스에 대한 정확한 인식이 부재한 상황에서 응답하게 되는데, 각 개인의 부정확한 주관적 선호의 합을 바탕으로 사회적 편익이 결정된다는 것이다. 둘째, 앞선 이유와 연관되어 자연환경복원사업으로 발생하는 다양한 자연환경의 기능과 서비스에 대해 생물리적 편익 항목이 제대로 반영되지 못하고 있다는 것이다. 이러한 한계점을 극복할 수 있는 방법론으로 이 연구에서는 최근 주목받고 있는 생태계서비스(ecosystem services) 가치평가법을 소개하

고 보완 또는 대안적 방법으로 제시하고자 한다.

생태계서비스는 자연환경이 인간에게 제공하는 모든 직·간접적인 혜택을 의미한다. 생태계서비스는 식량, 물, 연료 등의 생산물 제공을 뜻하는 공급서비스(provisioning services), 기후조절, 수질정화 등의 조절기능을 의미하는 조절서비스(regulating services), 관광·휴양, 체험과 같은 비물질적 혜택을 의미하는 문화서비스(cultural services), 그리고 앞서 언급한 세 가지 생태계서비스가 작동하기 위해 도와주는 역할의 지지서비스(supporting services)로 구성된다(MEA, 2005). 통상적으로 다른 서비스와 중복계상의 가능성이 있는 지지서비스는 제외하고(Haines-Young and Potschin, 2018), 자연환경복원사업을 통해 발생하는 생태계서비스 중 목재, 담수, 자원, 에너지 등의 공급서비스의 비중은 매우 적거나 미미하고 조절서비스와 문화서비스의 비중이 절대적인 경우가 대부분이다(NIE, 2018). 따라서 이 연구에서는 공급 및 지지서비스는 제외하고, 조절 및 문화서비스에 초점을 맞췄다. 자연환경복원사업이 제공하는 조절서비스는 대기오염 조절, 온실가스 조절, 자연재해 조절 등의 평가항목에 대해 정량적인 생물리량을 산정하고, 이를 화폐가치화하여 제시한다(UK NEA, 2011; Ahn, 2015). 문화서비스의 경우, 생태관광, 휴양, 경관적 가치를 추정할 선행연구를 살펴보면 연구대상지를 실제 이용한 방문객이나 거주민을 대상으로 한 연구가 대부분이다(Kim et al., 2023). 따라서 자연환경복원사업에서도 자연복원사업 대상지를 실제 방문한 방문객과 거주민을 포함하여 방문할 계획이 있는 잠재 방문객만을 대상으로 비시장재화추정법을 적용하여 경제적 가치평가를 수행하는 것이 바람직하다(Hirons et al., 2016).

이를 바탕으로 이 연구의 목적은 생태계서비스 가치평가가 기존의 조건부가치추정법에 비해 사회적 편익 산출에 있어 보완 또는 개선된 평가 방법론 대안이 될 수 있음을 보여주고자 한다.

이를 위해 우선 최근 예비타당성조사가 수행된 장항 국가습지복원사업의 사례로부터 자연환경 복원사업으로 발생하는 사회적 편익을 각각 CVM¹⁾과 생태계서비스 가치평가²⁾를 통해 도출해 보고 두 가치를 비교 평가하고 시사점을 제시해 보고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 조건부가치측정법 사회적 편익 추정과 쟁점

자연환경복원사업을 통해 발생하는 사회적 편익은 비배제성(non-exclusivity)과 비경합성(non-rivalry)의 특징을 갖는 공공재이다. 이러한 공공재적 특성은 사회적 편익의 추정을 위해 비시장 재화추정법의 사용이 필요하다는 것을 뜻한다. 그중에서 특히 사용가치만을 추정할 수 있는 현시선호법(revealed preference methods)보다는 사용가치와 비사용가치를 각각 또는 두루 포함하여 추정할 수 있는 장점을 가진 진술선호법(stated preference methods)에 기반을 둔 조건부가치측정법(CVM)이 가장 폭넓게 사용되고 있다. 이는 기타재정사업 예비타당성조사 지침에서도 조건부가치측정법의 사용을 제시하고 하는 주된 이유이기도 하다. 조건부가치측정법은 표본으로 선택된 응답자에게 지불의사결정이 필요한 가상의 상황을 설정하여 제시하는데, 상황의 개선을 위해 어느 정도의 지불의사가 있는지를 살펴봄으로써 개인(또는 가구)의 지불의사액(Willingness To Pay: WTP)을 도출하게 된다, 이후 영향을 받는 목표 모집단으로 확장한 WTP의

합을 통해 자연환경복원사업의 사회적 편익을 산정하는 방식이다(Eom et al., 2011).

자연환경복원사업으로 얻게 되는 사회적 편익은 환경경제학에서의 경제적총가치(total economic value) 개념으로 이해할 수 있는데, 경제적총가치는 사용가치와 비사용가치의 합으로 구성된다(Plottu & Plottu, 2007). 사용가치는 다시 직접적 사용가치(direct use value)와 간접적 사용가치(indirect use value), 선택가치(option value)로 구분되고, 비사용가치는 유산가치(bequest value)와 존재가치(existence value)로 구분할 수 있다. 경제적총가치에 대한 시간적 범위와 후생 범위에 대해 논의한 안소은(2015)에 따르면, 직접사용가치는 현재·개인적 후생과 연관성이 높으며, 간접사용가치는 현재·사회적 후생에, 선택가치는 미래·개인적 후생에, 그리고 유산 및 존재가치는 미래·사회적 후생과의 연관성이 크다고 하였다.

조건부가치측정법은 이러한 사용가치와 비사용가치를 포함한 경제적총가치를 평가할 수 있다는 장점이 있지만, 응답자의 효용 극대화를 위한 선호체계에 기반을 둔 방법론의 특성상 현재 및 미래에 발생하는 개인적 후생과 직접적 연관성이 높은 공공투자사업의 사회적 편익 측정에 유리하다. 이는 반대로 개인의 직·간접적 소비로부터 얻는 사용가치에 비해 미래·사회적 후생과 관련된 비사용가치의 비중이 큰 경우, 사회적 편익 추정에 있어 상대적으로 과소 평가되거나 부정확할 가능성이 커진다는 것을 뜻한다(Wegner and Pascual, 2011; Ahn, 2015). 특히 이러한 우려는 자연환경복원사업 등의 공공투자사업으로부터 얻을 수 있는 사회적 편익 도출에 있어 더욱 심각한 문제로 작용할 수 있다. 예를 들면 도시공원의 조성에서 지역주민들은 여가, 휴양과 같은 직접사용가치에 대한 인식과 가중치는 높지만, 자연생태 공간으로서의 간접사용가치와 비사용가치에 대해서는 가중치 부여가 낮아 편익으로 인식하지 못하는 문제가 있다고 하였다

- 1) 장항 국가습지복원사업을 예시적 사례로 보여주기 위해 충청남도에서 수행한 옛 장항제련소 오염정화토지 생태복원사업 기본구상 계획 및 타당성 검토 연구용역 보고서(2022)의 경제성평가 부분을 요약하였으며, 조건부가치측정법을 통한 사회적 편익 산출 등은 저자들이 수행하지 않았음을 밝혀둔다.
- 2) 생태계서비스 가치평가 또한 조건부가치측정법을 통한 사회적 편익과 비교를 위해 저자들이 2차 자료를 활용하여 이뤄졌음을 밝혀둔다.

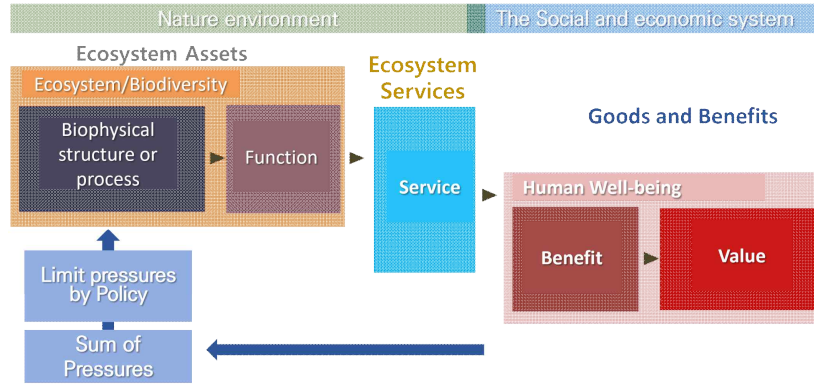


Figure 1. The cascade model of ecosystem services (adapted from Haines-Young and Potschin, 2010)

(KRILA, 2020).

Wegner and Pascual(2011)는 자연환경자원이 제공하는 생태계서비스의 사회적 편익을 조건부 가치추정법으로 추정하는 것에 대해 다음과 같은 이유로 비판하였다. 첫째, 생태계서비스가 제공하는 개인의 웰빙은 선호(효용)로 측정된 경제적 가치를 훨씬 능가한다는 점이다. 둘째, 조절 서비스 같은 생태계서비스는 조건부가치추정법에서 자선희과(warm glow), 도덕적 만족감(moral satisfaction) 등의 형태로 가치에 반영될 수 있지만 이타적 가치(altruistic value), 고유가치(intrinsic value)에 속하는 상당 부분은 개인효용 극대화의 관점에서 충분히 반영되긴 힘들다. 셋째, 조건부가치추정법의 경제적 가치는 소득 범위 내에서 생태계서비스와 다른 재화와의 상대적(한계적, marginal) 가치로 결정되는데, 자연환경자원은 어느 특정 임계점을 넘으면 훼손되며 이로 인한 복구가 힘들다는 특성이 있다. 따라서 이러한 선형(linear)의 한계적 변화를 가정으로 한 조건부가치추정법의 가치추정은 생태계서비스 고유의 특징을 잘 반영하지 못한다는 것이다. 마지막으로 조건부가치추정법을 통한 가치추정은 생태계서비스 변화의 상황에 필요한 모든 정보를 제공하고 이에 대해 완벽한 이해를 한 전지적(omniscient) 응답자를 가정하고 있지

만 이보다는 제한된 합리성(bounded rationality)의 가정이 더 자연스럽다는 것이다. 따라서 예비타당성조사 지침에서 조건부가치추정법을 통한 자연환경복원사업의 사회적 편익의 추정이 여러 편익(bias)의 개입으로 과대 또는 과소 추정될 가능성이 커지게 된다. 이에 대한 편익을 줄이고 개선된 사회적 편익 추정을 위한 대안으로 생태계서비스 평가와 가치추정에 대해 이어지는 장에서 논하고자 한다.

2. 생태계서비스 가치평가

생태계는 필요한 식량과 물을 공급하고 재해와 오염으로부터 안전하게 하며, 아름다운 경관 등 다양한 가치와 혜택을 제공함으로써 인간 삶의 질과 후생(well-being)을 향상하는데 기여한다(MA, 2005; TEEB, 2010). 생태계서비스는 인간이 생태계로부터 인간이 얻는 편익을 의미하는데, 생태계서비스 평가는 경제·사회·건강·생태적 가치로 구분할 수 있으며, 대다수 연구는 화폐단위로 제시되는 경제적 가치평가에 기반한다(TEEB, 2010; IPBES, 2019), 생태계서비스의 경제적 가치평가는 인간의 경제적 활동 및 개발 등과 비교가 가능해져 정책 의사결정에 활용할 수 있다(Christie et al., 2012).

생태계서비스 가치평가를 위해서 연쇄효과 모

텔(cascade model)이 가장 대표적이다(Figure 1, Haines-Young and Potschin, 2010). 이 모델은 생태계서비스와 인간 후생 간의 관계를 이해하기 위해 제시된 개념 틀로써 생태계와 인간사회 관련 연구 및 정책에 활용되고 있다. 생태계의 구조와 과정 그리고 기능을 통해 공급서비스(예: 음식, 물, 목재), 조절서비스(예: 기후 조절, 홍수 조절, 수분), 문화 서비스(예: 레크리에이션, 교육, 영적 풍요로움)의 다양한 혜택을 인간사회에 제공한다. 생태계서비스가 제공하는 편익은 인간의 삶의 질과 후생에 필수이며 사회와 국가의 경제 성장과 안전을 위한 중요 기반을 제공한다. 따라서 이 모델의 가장 핵심은 기존에 분리되어 있던 생태계와 인간사회를 생태계서비스를 통해서 상호의존적으로 연결하는 연쇄효과 모델로 설명하고 있다. 생태계가 제공하는 서비스의 정량적인 가치를 평가하기 위해서는 생태계서비스 항목과 이를 대표하는 지표를 선정하고 생물리적인 제공량을 산출한다. 생태계서비스의 생물리적 제공량을 화폐(원)단위 형태로 변환하여 경제적 가치(화폐화) 추정 결과로 제시할 수 있다(UK NEA, 2011; Hwang et al. 2014; Selivanov and Hlavackova, 2021).

1) 생태계서비스 가치 평가방법론 - 조절서비스

조절서비스는 생태계 생물리화학적 과정의 조절로부터 생성되는 혜택을 의미하며, 대표적으로 기후조절, 수량·수질정화, 자연 재해조절, 수분조절 등을 포함한다(MA, 2005; TEEB, 2010). 이 연구에서는 자연환경복원사업으로 조성되는 습지생태계의 조절서비스 중 입력자료와 측정 방법 유무 및 대표성을 기준으로 4개의 조절서비스 지표(대기오염, 온실가스(이산화탄소), 수량, 수질 조절 서비스)를 선정하였다. 조절서비스는 2단계 가치평가 방식으로 수행하였다. 첫 번째 단계에서 각 서비스 항목별로 생물리적 제공량을 산정하고, 두 번째 단계에서는 서비스 제공량을 단위면적당 단가의 곱으로 경제가치를

추정하였다(UK NEA, 2011; Brown et al. 2014). 생태계 조절서비스 지표별 생물리적 제공량은 연구 대상지역에서 실시한 생태복원사업 기본구상 계획 및 타당성 검토 연구 보고서(Chungcheong Nam-do, 2022)에서 제시한 토지이용계획 자료를 기반으로 산정하였다. 습지가 제공하는 조절서비스 지표는 비시장재화의 특성에 따라 시장가격이 존재하지 않으므로, 경제가치 추정을 위한 단가는 생태계 편익에 대한 대체제의 비용을 측정하여 활용하는 대체비용법과 생태계 피해를 줄이기 위한 직·간접적 처리비용을 고려한 환경비용법을 이용하여 도출하였다(Anh and Kim, 2016).

2) 생태계서비스 가치 평가방법론 - 문화서비스

생태계서비스 기능 중 문화서비스는 인간이 '생태계로부터 얻는 비물질적인 혜택'으로 정의되고, 여가·생태관광, 심미적 감상, 교육, 영적·종교적 혜택, 장소감 및 문화유산 가치 등을 포함한다(TEEB, 2010). 문화서비스는 장항 국가습지복원사업으로 조성된 습지생태계의 비시장재화의 특성에 따른 공공재적 성격과 개인의 주관적인 경험의 가치 부여가 중요하다는 특성을 보인다. 경제학적 가치평가법 중 진술선호법을 주로 이용하는데 그중에서 조건부가치추정법, 선택실험법(choice experiments)이 주로 많이 활용된다. 예비타당성 조사의 경제성 분석에서 사용되는 조건부가치추정법(CVM)은 일반 국민을 대상으로 하여 자연복원사업으로 조성된 생태계가 제공하는 사용가치(use value)와 비사용가치(non-use value)를 합한 경제적총가치를 산출하는데 중점이 있어 우려를 낳았다. 하지만 이 연구의 문화서비스 가치평가에서는 현재 및 잠재 방문객을 대상으로 한 사용가치에만 초점을 맞췄다. 따라서 방문 경험이 없는 일반 국민을 대상으로 한 경제적총가치 산출과 비교하여, 응답자의 제한된 인지능력과 같은 우려를 줄이는 반면, 실제 방문으로 이어질 가능성이 높은 응답자

Table 1. Sizes and Proportions of Land Use Types in the Study Area

Land Use	Details	Areas(m2)	Percent(%)
Built area	Ecological Restoration Experience Center / View Point / Parking lot / Roads	110,456	16.3
Forest	Forest restored / Green space	218,142	32.1
Wetland	natural wetlands and pools / experimental wetlands	349,937	51.5
Total		678,535	100.0

만을 대상으로 한 문화서비스 가치 산출이 가능하다는 장점이 있다(Bull et al., 2016). 다음 장에서는 최근 수행된 장항 국가습지복원사업의 사례를 바탕으로 조건부가치추정법과 생태계서비스 가치평가를 활용하여 사회적 편익을 추정하고 결과값을 비교해 보고자 한다.

III. 연구방법

1. 연구대상지 특성

이 장에서는 옛 장항제련소 터에 훼손된 습지 생태계 복원을 목적으로 추진 중인 장항 국가습지복원사업(이하 장항습지사업으로 칭함)을 사례로 조건부가치추정법과 생태계서비스 가치평가를 활용하여 사회적 편익을 도출하고 비교해 보고자 한다. 장항제련소는 1930년대 이래 비철 금속제련의 역할을 담당한 장소이나 토지오염 문제로 1989년 폐쇄되며 30년 이상 방치된 곳이다. 장항습지사업은 인공습지 조성을 통한 훼손된 생태계복원과 주변 환경생태공원 지정으로 생태관광, 교육의 장소로 제공하는 것을 목적으로 한다.

장항습지사업은 2023년부터 2028년까지 6개년 계획으로 복원사업을 추진할 예정이며, 공간적 범위는 충청남도 서천군 장항읍 장암리 일원으로 총 사업면적인 678,535m²을 포함한다. 생태습지, 습지테스트베드 조성, 자연림 복원과 녹지공간, 생태탐방로, 습지전망대, 생태복원체험관 설치 등의 사업이 계획되어 있는데, 사업 대

상의 토지이용구상안(Chungcheong Nam-do, 2022)에 따르면 체험관, 전망대, 도로 등을 포함하는 인공시설지역의 면적은 110,456m²으로써 전체 사업대상 면적의 약 16%를 차지하며, 둠벙, 습지와 테스트베드 등 생태습지 면적은 349,937m²이며 전체의 약 51%로 가장 높은 비율을 차지한다. 복원자연림과 녹지공간을 포함한 산림지역의 면적은 218,142m²이고, 약 32%에 해당한다(Table 1). 장항습지사업은 공사비, 부대비, 용지보상비, 예비비를 합한 총사업비는 1,178.4억 원과 인건비, 유지관리비를 합한 연간 운영비(특수비용 포함) 33.4억 원의 비용이 소요되는 것으로 산정되었다(Chungcheong Nam-do, 2022).

2. 조건부가치추정법(CVM)을 통한 사회적 편익 도출

장항습지사업이 제공하는 사회적 편익을 도출하기 위해 조건부가치추정법(CVM)을 활용하였는데, 충청남도에서 수행한 옛 장항제련소 오염정화토지 생태복원사업 기본구상 계획 및 타당성 검토 연구용역 보고서(2022)를 발췌, 요약하였음을 밝혀둔다. 조건부가치추정법을 통한 사업의 사회적 편익(경제적 가치)은 일정 기간 제공되는 서비스에 대해 개인의 선호에 기반을 두어 부여한 가치를 현재가치로 합산한 총지불의 사금액(WTP)으로 정의할 수 있다. 조건부가치추정법의 편익 추정 절차는 다음과 같다. 우선 조건부가치추정법 설문지 장항습지사업과 관련하여 이해도를 높이기 위해 복원사업의 필요성

과 시급성에 대해 설명하였고, 가상적인 상황에 대해 지불의사액이 과대 추정되는 것을 방지하기 위한 주의문(cheap talk)이 추가되었고 질문은 아래와 같다.

『장항 국가습지복원사업』의 시행을 위해서는 상당한 비용이 필요하여, 이 비용은 세금으로 충당해야 합니다. 이 재원을 마련하기 위해서는 귀하 가구가 향후 5년간 매년 납부하는 가구 총소득세의 추가적 인상이 필요합니다. 그런데 만약 많은 사람들이 추가되는 소득세를 지불하지 않는다면 『장항 국가습지복원사업』은 불가능할 수 있습니다. 반면 많은 사람들이 소득세의 추가적인 지불에 동의한다면 『장항 국가습지복원사업』은 시행될 수 있습니다. 이제 『장항 국가습지복원사업』의 추진을 위해 귀하의 가구가 기꺼이 부담하고자 하는 소득세 추가인상 수준에 대해 알아보고자 합니다. 응답전 다음의 사항을 염두에 두시고 답해주시기 바랍니다.

① 귀하 가구의 소득은 제한되어 있고 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 합니다. ② 정부가 해야 하는 공공사업은 『장항 국가습지복원사업』 이외에도 다양한 사업들이 있습니다. ③ 귀하께서 지불하시는 소득세는 『장항 국가습지복원사업』의 시행 및 시설유지에 소요되는 비용에만 사용되며 『장항 국가습지복원사업』 완공 후 전시시설 관람 및 시설 체험을 위해서는 별도의 관람료를 지불할 수 있습니다. ④ 『장항 국가습지복원사업』 외에도 서천군에는 국립생태원, 국립해양생물자원관이 존재합니다.

다음으로 CVM 설문에서 포함된 지불수단은 가구의 추가적인 소득세로 설정하였고, 제시금액은 사전조사 결과를 통해 얻은 1,000 ~ 20,000 원의 7개 범위로 선택하여 응답자에게 임의로 할당하였다. 지불의사 유도방법으로는 가장 널리 사용되고 있는 양분선택형(dichotomous choice) 질문법을 적용하였고, 최종적으로 사용된 CVM 질문은 아래와 같이 제시하였다.

귀하의 가구는 『장항 국가습지복원사업』의 추진을 위해 향후 5년 동안 한시적으로 매년 가구당 [제시금액](_____ 원)의 소득세를 추가적으로 지불할 용의가 있으십니까?

자료수집을 위한 모집단은 전국가구(세대)이고, 이에 광역 시·도의 가구 수에 따른 층화표본 추출법을 사용하여 총 1,400가구를 조사하였다. CVM 자료분석은 확률효용모형(random utility model)에 바탕을 두고 있는데, 확정적 부분(deterministic component)과 확률적 부분(stochastic component)으로 구성된 응답자의 간접효용함수에서, 확률적 부분에 로그-로지스틱(log-logistic) 분포를 가정하여 모형을 추정하였다.

3. 생태계서비스 가치평가를 통한 사회적 편익 도출

장항습지사업의 생태계서비스 사회적 편익 도출은 조성된 습지생태계가 제공하는 생태계서비스 중 조절서비스와 문화서비스의 가치를 중심으로 사회적 편익으로 산출하였다. 복원사업을 통해 조성되는 습지생태계는 실질적인 식량 및 목재, 에너지 등 공급서비스를 제공하지 않는 것으로 판단하였다. 지지서비스는 조절, 문화, 공급서비스의 생산에 기여하는 간접적인 서비스에 해당하므로 이중산정(double counting)이 발생할 수 있으므로 제외하였다(Ojea et al., 2012). 따라서 장항습지사업의 생태계서비스 편익 산정을 위해 습지생태계가 제공하는 다양한 생태계서비스 중 조절서비스와 문화서비스를 중심으로 가치를 산출하였으며, 공급서비스와 지지서비스는 제외하였다.

1) 조절서비스의 생물리량 산정과 사회적 편익 추정

장항습지사업 대상지역 내 조성되는 습지생태계가 제공하는 조절서비스 4개 지표(대기오염,

온실가스-이산화탄소, 수량, 수질 조절 서비스)를 대상으로 사회적 편익을 추정하였다(Table 2). 조성되는 습지생태계가 대기 내 오염물질을 조절하는 서비스 제공량을 측정하기 위해, 습지 식생의 대표적인 대기오염 가스(SO₂, NO₂) 흡수량(Jim and Chen, 2008; NIE, 2016, NIE, 2019)과 미세먼지(PM10) 흡착량(Nowak et al. 2014; NIE, 2016; NIE, 2019)을 세부지표로 선정하였다. 대기오염물질 조절 서비스의 생물리량을 산정하기 위해 대기 중 SO₂와 NO₂를 산림 내 입목이 기공을 통해 흡수하여 제거하는 대기오염물질 흡수 방식과 대기 중 미세먼지(PM10)를 식생이 흡착과 침강을 통해 제거하는 흡착·침강 방식인 2가지 방식을 통해 산정하였다(Miyake, 1990, Totsuka and Miyake, 1991, NIE, 2017, NIE, 2019). 대기오염물질 조절 서비스의 생물리량 계산을 위해 장항습지복원사업 기본구상 계획(Chungcheong Nam-do, 2022)의 토지이용계획에 따른 산림면적과 대상지역인 서천군의 대기오염물질 배출량 자료(Seochen-gun, 2021)를 활용하였다. 대상지역 내 산림 이외의 생태계인 습지 및 나지 등 기타 지역에서의 탄소흡수와 대기오염 조절서비스는 현재 국내 검증된 측정 가능한 데이터나 방법론이 미흡하여 본 연구에서는 제외하였다. 대기오염물질별 환경비용은 조세재정연구원(2018)의 발전용 에너지 제세부담금 체계 합리적 조정방안 연구에 제시된 2016년 대기오염물질 환경비용 산정 결과를 2021년 기준 소비자 물가지수로 보정한 값인 35,257,296원/ton(SO₂), 36,935,801원/ton(NO₂), 182,925,642원/ton(PM10)을 사용하였다.

생태계의 이산화탄소 흡수량과 저장량의 추정은 장항습지사업 대상지의 산림 내 식생이 연간 대기 중 이산화탄소를 흡수하는 물리량과 식물내 누적되어 저장되는 물리량을 각각 산출하였다(NIE, 2016; NIE, 2019). 이산화탄소 저장량과 흡수량은 장항습지 내 산림지의 현존 바이오매스 저장량 변화에 기반한 Tier 2 수준의 축적량

이법(stock change method)을 이용하여 산정하였다(IPCC, 2006, Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2019). 산림 식생 탄소 축적량 측정(A) 계산식은 다음과 같다.

$$C_{at} = \sum_{i,j} [A_{i,j} \times V_{i,j} \times BCEFs_{i,j}] \times CF_{i,j} \times (1 + R_{i,j}) \quad (A)$$

C_{at} 은 산림 내 현존 바이오매스의 탄소축적(저장)량이고, at 는 누적연도를 의미한다. A는 산림 면적(ha), V는 단위면적당 재적(m³/ha)을 나타낸다. BCEFs는 바이오매스 전환·확장계수를 의미하는데, 목재기본밀도(D)[t d.m./m³]와 바이오매스 확장계수(BEFs)를 곱하여 계산한다. CF는 바이오매스 건중량의 탄소 비율(탄소전환계수)이며, R은 지상부 대비 뿌리의 비율(활:1.36, 침:1.27, 혼:1.315)을 나타낸다.

연간 산림 성장량 탄소 축적량의 변화 산정(B)을 위한 계산식은 다음과 같다.

$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{t_2 - t_1} \quad (B)$$

ΔC 는 산림지의 현존 바이오매스(지상·지하부) 연간 탄소축적의 변화량을 의미하며, C_{t_1} 는 t_1 년도의 총 바이오매스 탄소저장량이며, C_{t_2} 는 t_2 연도의 총 바이오매스 탄소저장량을 나타낸다. 바이오매스 탄소축적량과 연간 바이오매스 탄소 변화량을 산정한 후 이산화탄소 단위로 변환하기 위하여 탄소와 산소 분자량 비율(44/12)을 반영하였다(tC/yr → tCO₂/yr). 이산화탄소의 환경비용(원/ton)은 최근 가파르게 상승하는 추세를 반영하여 EU의 배출권 거래제 2021년 기준 US\$49.8을 활용하였고, 이는 국회예산정책처(2022)년에서 제시된 값을 2021년 원/달러 환율(1,144.6원)로 보정한 57,001원/ton을 이산화탄소의 환경비용으로 적용하였다.

장항습지사업을 통해 조성된 습지생태계가 제

Table 2. Indicators and Brief Measurement of Ecosystem Regulating Services

Ecosystem regulating services	Indicators	Measurement	References
Air Quality Regulation	SO ₂ Absorption	Amount of SO ₂ removal in the air by trees	Miyake (1990), Totsuka and Miyake (1991), NIE (2017, 2019)
	NO ₂ Absorption	Amount of NO ₂ removal in the air by trees	
	Fine Material Absorption (PM ₁₀)	Amount of PM ₁₀ removal in the air by trees	Nowak et al., (2014), NIE (2016, 2019)
Greenhouse Gas Regulation	CO ₂ Storage	Carbon stocks in biomass of forests	IPCC (2006), GGIRC (2019)
	Annual CO ₂ Sequestration	Annual changes in carbon stocks in biomass of forests	
Freshwater Quantity Regulation	Annual freshwater provisioning	Amount of Annual freshwater quantity by the Budyko water balance model	Budyko (1958), Zhang et al. (2004), NIE (2016, 2019, 2020)
Freshwater Quality Regulation	Annual nitrogen removal in freshwater	Nitrogen removal in freshwater by forests and wetlands	NIE (2021)

공하는 수량 조절의 연간 담수 공급량은 Budyko 물수지 모형을 활용하여 연간 총강수량에서 연간 증발산량을 제외한 생태계의 담수 유출 및 저류량을 산정하였다(Budyko, 1958; Zhang et al., 2004; NIE, 2016; NIE, 2019; NIE, 2020). Budyko 모형은 강수량과 잠재증발산량(PET)으로 실제증발산량(AET)을 추정하는 모형으로써, 대규모의 유역 내 담수 유출 및 저류량 등 물수지를 계산하는 가장 대표적인 방법이다(Zhang et al. 2004, Kim et al., 2022). 수량 조절의 경제가치 산출에는 대체비용법이 적용되었고, 습지 조성을 위한 건설비와 유지관리비용으로 산정하였다. 공사비 및 부대비에서 부가가치세를 제외한 비용을 건설비로 하고 이를 바탕으로 연간등가(분석 기간 30년) 비용을 산출한 후, 연간 유지관리비용을 합쳐 산출하였다. 또한 장항 국가습지복원사업을 통해 조성된 습지생태계가 제공하는 수질 조절서비스의 생물리량은 토지피복 유형에 따라 각 피복별 질소 오염부하량과 삭감률을 적용하여 연간 총질소 조절량을 산정하였다(NIE, 2021). 분석에 사용된 토지 피복은 생태계서비스 대상인 자연 생태계 토지피복인 산림지역과 습지지역 만을 선정하였으며, 시가지지역과 나지지역은 제외하였다.

2) 문화서비스 사회적 편익 추정

이 연구에서는 장항습지사업의 문화서비스 평가를 위한 설문조사를 시간적, 재정적 제약으로 실시할 수 없었기에 최근 내륙 습지보호지역의 문화서비스 가치를 평가한 김남희 외(2023)의 편익 이전법(benefit transfer method)을 적용한 연구 결과값을 사용하였다. 편익이전은 크게 단위가치 이전과 함수이전으로 구분되는데 선행연구 사례가 많지 않으면 함수이전보다는 단위가치 이전이 일반적으로 이용된다(Lee, 2020). 특히 편익이전을 위해서는 실제 연구대상지와 편익이전을 위한 이전대상지의 특성이 유사할수록 편익이전에 따른 오차가 줄어들는데 현재까지 생태계서비스의 문화서비스 가치평가를 통한 연구는 많이 수행되지 않았다. 따라서 기존 습지 관련 가치평가를 수행한 연구 중 문화서비스 가치를 추정한 연구는 김남희 외(2023)의 연구가 이용할 수 있는 최선의 대안으로 이 연구에서 사용했지만, 향후 연구에서는 거주민과 잠재 방문객 집단을 대상으로 한 1차 자료수집이 더 정확한 편익의 도출을 위해 바람직할 것이다. 김남희 외(2023)의 연구에서는 진술선호법 중 최근 경제가치 평가 방법으로 주목받고 있는 선택실험

법(choice experiments)을 활용하였다. 문화서비스가 관광·휴양, 경관·심미, 교육적 가치를 포함한 여러 유형으로 이뤄져 있으므로, 선택실험법에서는 각 유형의 가치를 측정할 수 있는 대리속성을 정하고 또 각 속성을 구성하는 하위수준을 정하게 된다. 그리고 속성과 하위수준의 변화를 통해 조합한 여러 선택 대안 중 하나를 응답자에게 선택하게 만드는 방법인데, 여러 속성을 동시에 평가하여 선택함으로써 속성의 상대적 중요도 및 한계지불(수용)의사액을 평가할 수 있는 장점이 있다. 관광·휴양적 가치측정을 위한 습지 관광활동 구역, 습지 산책로 환경의 2개 속성, 경관·심미적 가치측정을 위한 습지 주변 구조물, 철새 개체수의 2개 속성, 그리고 교육적 가치측정을 위한 생물종 다양성, 생태교육의 다양성의 2개 속성을 포함한 총 6개 속성과 습지보호기금으로 제시한 지불수단 1개 속성을 포함하였다. 자료수집을 위한 연구대상지는 국내 대표 습지보호지역인 경남 창녕의 우포늪이었고, 창녕군 거주민과 관광객을 대상으로 설문조사를 실시하여 혼합로지트모형(mixed logit model)을 통해 자료를 분석하였다.

3) 경제성분석

장항습지사업은 2023~2028년에 사업이 수행되고, 2029년부터 사회적 편익이 발생하기 시작하는 것으로 가정하였다. 분석 기간은 예비타당성조사 지침에 의해 대규모 건설사업의 운영 기간 30년을 적용하여 2058년까지로 하였다. 2022년을 분석 기준연도로 하고 모든 화폐가치는 2021년 원단위를 기준으로 운영 30년 동안 사회적 할인율은 연간 4.5%를 적용하였다(Ministry of Economy and Finance, 2021). 경제성분석은 해당 사업을 통해 얻게 되는 사회적 편익과 비용을 비교하여 공공투자자의 타당성을 검토한다. 경제성평가는 일반적으로 편익/비용비율, 순현재가치(Net Present Value: NPV) 등을 도출하여 사업의 경제성을 파악하는데, 편익을 비용으로 나

는 편익/비용비율이 1보다 크면 경제성이 판단한다. 마찬가지로 순현재가치법에서는 편익에서 비용을 제하고 남은 순현재가치가 0보다 크다면 해당 사업은 경제성이 있다고 판단한다.

IV. 연구결과 및 고찰

1. 조건부가치측정법(CVM)을 통한 사회적 편익 분석

충청남도 보고서(2022)에서는 조건부가치측정법을 통한 장항습지사업에 대한 가구당 평균 지불의사액(WTP)은 3,808원으로 추정하였다. 보고서의 분석을 요약하면 이 값에 지불의사가 있다고 응답한 비율(66%)을 곱한 2,513원을 가구당 평균 지불의사액으로 사용하였다. 도출된 2,513원을 전국 가구수, 21,579,415(Statistics Korea, 2022)로 곱해, 이를 통해 얻은 542.2억 원을 연간 사회적 편익으로 산출하였다. 마지막으로 장항습지사업의 총 사회적 편익 산정을 위해 사회적 할인율은 4.5%를 적용하였고, 설문 시에 사용된 소득세의 지불기간은 5년으로 적용하여 2022년(설문 시점)부터 5년간 총편익을 약 2277.5억 원(2021년 말 기준 현재가치)으로 산출하고, 이를 다시 30년간의 총편익의 연도별 흐름으로 조정³⁾하였다. 조건부가치측정법을 이용한 사회적 편익 산정에 대한 자세한 분석결과는 충청남도 보고서(2022)에서 확인할 수 있다.

2. 생태계서비스 가치평가를 통한 사회적 편익 분석

1) 생태계 조절서비스 생물리량과 사회적 편익 결과

장항습지복원사업을 통해 조성된 생태계의 대

3) 지불의사가 있다고 응답한 비율(66%)을 통한 가구당 평균 지불의사액 추정과, 소득세의 지불 기간 5년으로 총편익을 산출하고 30년으로 조정한 부분은 충청남도 보고서의 내용을 그대로 가져왔다.

Table 3. Biophysical Quantity and Social Benefits of Ecosystem Regulating Services

Ecosystem Regulating Services	Indicators	Biophysical Quantity	Economic Value(won/yr)
Air Quality Regulation	SO ₂ Absorption	180.27(kg/yr)	6,355,907
	NO ₂ Absorption	378.90(kg/yr)	13,994,938
	Fine Material Adsorption (PM10)	9,713.92(kg/yr)	1,776,924,142
Greenhouse Gas Regulation	CO ₂ Storage	5863.26(tCO ₂ /yr),	334,212,289
	CO ₂ Capture	72.98(tCO ₂ /yr),	4,160,187
Freshwater Quantity Regulation	Amount of Annual Freshwater Provisioning	459,394,319 (ℓ /yr)	1,033,886,667 (annual equivalent construction cost)+ 139,000,000 (annual maintenance cost)
Freshwater Quality Regulation	Amount of Annual Nitrogen Removal in Freshwater	78.00(kg/yr),	3,594,758
Total Value of Cultural Ecosystem Services		3,312,128,937	

기조절 서비스인 대기오염 SO₂의 저감량은 180.27kg/년, NO₂의 저감량은 378.90kg/년, 그리고 미세먼지(PM10)의 저감량은 9,713.92kg/년으로 산출되었다. 대기오염 조절의 경제적 가치(원/년)는 SO₂흡수량의 연간 경제가치 6.4백만원, NO₂흡수량의 연간 경제가치 14.0백만원, 미세먼지 흡수량의 연간 경제가치 1,776.9백만원으로 나타났다. 장항습지복원사업을 통해 조성된 생태계의 온실가스 조절서비스인 탄소 흡수량은 73.04 tCO₂/yr, 저장량은 5,867.53 tCO₂/yr으로 나타났다. 온실가스 조절의 경제적 가치(원/년)는 이산화탄소 저장량의 경제가치는 연간 334.2백만원, 이산화탄소 흡수량의 경제가치는 4.2백만원으로 나타났다. 대상지역의 생태계가 제공하는 담수 조절서비스는 459,394,319 ℓ로 산출되었으며, 경제가치는 연간 1,172.9백만원으로 나타났다. 또한, 장항습지사업 내 생태계의 수질 조절서비스인 질소 조절량은 78.00kg/yr로 산출되었다. 생태계 수질 조절서비스의 경제가치 추정을 위해 질소 처리의 환경비용은 Hernández-Sancho et al.(2010)에 따르면 2004년 기준 €22.89(kg)이고, 이를 2004년 원/유로 환율로 바

꾸고, 2021년 기준 소비자물가지수로 보정하여 산출된 질소 처리의 환경비용은 46,087원/kg으로 나타났다. 조성된 습지생태계가 제공하는 수질 조절의 경제적 가치(원/년)는 3.6백만원으로 산정되었다(Table 3).

2) 생태계 문화서비스 사회적 편익 분석 결과

방문객 1인당 우포늪에서 얻는 문화서비스의 연간가치는 14,357원으로 나타났는데, 서비스별 가치를 살펴보면, 1인당 연간 관광·휴양 가치는 5,471원, 경관·심미 가치는 4,686원, 교육적 가치는 4,199원으로 도출되었다(Kim et al., 2023). 이 결과값을 장항습지사업의 방문객당 문화서비스의 연간 가치로 이전하였다. 편익이전에 활용된 1인당 문화서비스의 연간가치 14,357원은 사업 대상 지역 인근 서천갯벌을 대상으로 추정된 문화서비스 연간가치 15,720원(Choi and Oh, 2018)와 유사한 값으로 신뢰성이 있다고 판단된다. 방문객 수는 연구대상지 인근에 있고 유사한 문화서비스를 제공하는 공간으로 판단되는 2019년 국립생태원 방문객 824,609명을 적용하였다. 이 방문객 수를 방문객의 1인당 연간 문화서비스

Table 4. Social Benefits of Cultural Ecosystem Services

Indicators	Tourism·Recreation Value	Landscape·Aesthetic Value	Education Value	Total
Economic value per person (won/yr)	5,471	4,686	4,199	14,357
Total Value of Cultural Ecosystem Services (won/yr)	14,357 (total value per person) × 824,609 (the number of visitors estimated)			11,838,911,413

Table 5. Net Present Value of Janghang Restoration Project

Methods	Costs(billion won)	Benefits (billion won)	Net Present Value (billion won)	Benefits-Costs Ratio
CVM	184.84	227.75	42.91	1.23
Ecosystem Services Valuation Method	184.84	189.51	4.67	1.03

가치를 곱하여 연간 문화서비스 가치(편익)를 산출해 보면 118.4억 원으로 산출되었다(Table 4). 문화서비스 가치의 경우, 관광·휴양, 경관·심미, 교육적 가치로 한정하여 기타 문화서비스 가치를 포함하지 않았고, 방문객 외 거주민의 문화서비스 가치 또한 포함하지 않아 산출된 문화서비스 가치는 최소치에 가깝다고 볼 수 있다.

3) 생태계서비스 총 사회적 편익

장항습지사업으로 발생하는 방문객의 1인당 연간 문화서비스 경제가치(14,357원)를 방문객 수(824,609)로 곱한 연간 문화서비스 편익은 118.4억 원으로 산출되고, 분석 기간 30년을 적용한 총 문화서비스 편익의 현재가치(present value; PV)는 1,480.8억 원으로 산출되었다. 또한 장항습지사업으로 발생하는 조절서비스의 경우, 대기오염 조절의 연간 경제가치는 18.0억 원, 온실가스 조절의 연간 경제가치는 3.4억 원, 수량 조절의 연간 경제가치는 11.7억 원, 수질 조절의 연간 경제가치는 3.6백만 원으로 연간 조절서비스의 총 경제가치는 33.1억 원으로 산출되었다. 이를 분석 기간 30년을 적용한 총 조절서비스 편익의 현재가치(PV)는 414.3억 원으로 산출되었다. 장항습지

사업으로 발생하는 문화서비스와 조절서비스를 더한 연간 생태계서비스 경제가치는 151.5억 원이고, 이를 분석 기간 30년을 적용한 총 생태계서비스 편익의 현재가치(PV)는 1,895.1억 원으로 산출되었다(Table 5).

4) 경제성분석

장항습지사업의 경제성분석 결과를 살펴보면 표 4와 같다. 조건부가치측정법을 활용하여 도출된 사회적 편익은 분석 기간 30년 기준 2,277.5억 원이었고, 생태계서비스 가치평가를 통한 사회적 편익은 조절서비스가 414.3억 원, 문화서비스가 1,480.8억 원으로 총 1,895.1억 원이었다. 비용 측면을 살펴보면, 공사비, 부대비, 용지보상비, 예비비를 합한 총사업비는 1,178.4억 원과 인건비, 유지관리비를 합한 연간 운영비(특수비용 포함) 33.4억 원으로 30년간 환산한 총운영비는 725.4억 원으로 총비용은 1848.4억 원으로 산정되었다(Chungcheon Nam-do, 2022). 따라서 사회적 편익에서 사회적 비용을 뺀 순현재가치는 조건부가치측정법을 바탕으로 한 결과에서는 429.1억 원이었고, 생태계서비스 가치평가를 통한 결과에서는 46.7억 원이었다. 또한 편익/비용 비율로 보면

조건부가치측정법을 활용한 비율은 1.23이고, 문화 및 조절서비스를 합한 생태계서비스 가치평가를 적용한 비율은 1.03로 나타났다.

V. 결 론

이 연구는 자연환경복원사업에 대한 예비타당성조사 지침에서 조건부가치측정법을 활용한 사회적 편익 산정에 대한 한계와 문제점을 알아보고, 이에 대한 보완 또는 대안의 방법론으로 생태계서비스 가치평가를 제시하였다. 최근 생태계복원 등 자연환경복원사업에 대한 관심이 고조되는 사회적 분위기에서 장항습지사업 사례를 통해 조건부가치측정법과 생태계서비스 가치평가를 적용하여 사회적 편익을 도출하였고, 이 두 편익의 크기를 비교해 보았다. 우선 사례의 경제성분석 결과를 간략히 살펴보면 조건부가치측정법을 바탕으로 한 사회적 편익이 2,277.5억 원이고, 생태계서비스 가치평가를 통한 사회적 편익은 1,895.1억 원으로 전자 방법론을 적용한 편익이 더 크게 나타났다. 순현재가치와 편익/비용 비율 또한 생태계서비스 가치평가보다는 조건부가치측정법을 통한 결과값이 더 크게 나왔지만 두 방법론의 결과 모두 양의 순현재가치를 보이고 편익/비용 비율 또한 1보다 큰 것으로 나타났다.

이 연구는 편익/비용 비율에 따라 특정 사업의 경제성 타당성의 적합 여부를 가리는 것이 아닌 사회적 편익 추정에 있어 보완, 개선된 방법론을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 따라서 향후 자연환경복원사업에 있어 조건부가치측정법과 생태계서비스 가치추정 방법론을 함께 적용하여 사회적 편익을 도출하고, 결과값을 비교하여 경제성평가를 실시할 수 있는 점을 시사점으로 제시한다. 우선 두 방법론을 적용한 사회적 편익의 추정값이 사회적 비용보다 일관성 있게 크다면 경제적 타당성을 확보한 것으로 해석할 수 있다. 반대로 두 방법론을 통한 사회적 편익이 사회적 비용보다 작다면 경제적 타당성을 확보하지 못

한 것으로 판단할 수 있다. 하지만 하나의 방법론(예를 들면 조건부가치측정법을 이용)을 적용한 사회적 편익 추정치가 사회적 비용보다 크지만, 다른 방법론(생태계서비스 가치평가를 이용)을 통한 사회적 편익의 추정치는 사회적 비용보다 작다면 경제적 타당성 결정에 있어 더욱 신중할 필요가 있음을 뜻한다. 이런 경우에는 경제성 분석의 최종 판단에 있어서는 추가 분석이 필요하다고 할 수 있다.

자연환경복원사업의 경우 기존의 조건부가치측정법을 적용한 사회적 편익 추정의 문제점으로 응답자 개인의 후생과 직접적 관련이 없는 생태계복원 관련 편익에 대한 인식 부재와 서로 다른 편익 유형을 단일 화폐가치로 환산하는 데 있어 응답자의 제한된 능력 등이 지적되었다(Vatn, 2005; Wegner & Pascual, 2011). 따라서 자연환경복원사업의 경우 사회적 편익의 추정에 있어 부정확하다는 평가와 함께 상대적으로 낮은 평가를 받아 경제성 분석에서 불리한 경향이 있다(You et al., 2008; National Assembly Research Service, 2013; Kim, 2021).

예를 들면, 2016년 이후 실시된 국립난대수목원 조성사업, 새만금 환경생태용지 2단계 조성사업, 새만금 수목원 조성사업, 용봉천 생태하천 복원사업 등의 예비타당성 조사에서 조건부가치측정법을 적용하여 사회적 편익을 추정하였는데, 모두 경제성 분석에 있어 편익/비용 비율이 1 미만으로 경제성이 확보되지 않은 것으로 평가되었다. 물론 이들 사업에 있어 생태계서비스 가치평가를 적용한 사회적 편익의 추정값이 경제성 평가에서 반드시 큰 값으로 도출되어 유리한 것은 아니다. 하지만 조절서비스, 문화서비스에 포함될 일부 편익항목에 대한 저평가에 대한 우려나, 지역적 인지도가 상대적으로 낮은 지역사업의 경우 저조한 국민의 관심과 인식에서 파생될 수 있는 우려를 불식시키는 데 도움이 될 것이다. 따라서 이미 수행된 자연환경복원사업의 사회적 편익 추정에 있어 생태계서비스 가치평가를 적

용하여 경제성평가 결과를 비교해 보는 것도 본격적으로 새로운 방법론의 도입에 앞서 신뢰도 등을 검증해 보는 데 도움이 될 것이다.

생태계서비스 가치평가를 사회적 편익 추정 대안 방법론으로 제시하였지만, 이 연구의 한계점을 언급하는 것이 후속 연구의 진행을 위해 도움이 될 것이다. 세 가지 한계점과 향후 연구 방향성을 간략히 언급하면 다음과 같다. 첫째, 장항습지사업을 사례로 이용하였지만 생태계복원사업의 다양한 사례에 적용한 추가 검증이 생태계서비스 가치평가 틀을 정립하고 정착하는 데 도움이 될 것이다. 둘째, 본 연구에서는 다양한 생태계 조절서비스 중 4개의 조절서비스 지표(대기오염, 온실가스(이산화탄소), 수량, 수질 조절 서비스)를 선정하여 평가하였다. 그 밖에 홍수·산사태 등 자연재해를 저감시키거나 병해충을 조절하고 수분 매개를 조절하는 등 추가적인 조절서비스를 제공하지만 측정 가능한 데이터와 방법론의 부재로 본 연구에는 포함하지 못하였다. 조절서비스의 생물리적 평가는 생태계의 주요 기능인 물, 탄소, 질소 등 물질순환과 수치(budget)에 대한 풍부한 기초 데이터와 연구를 기반으로 한다. 하지만, 현재 국내 장기간 동안 생태계의 물질순환 관련 축적된 연구가 부족하여, 해외에서 개발된 모형이나 환경비용, 계산식을 국내에 맞게 변형하여 사용하고 있다. 도출된 생태계 조절서비스 결과에 대한 불확실성을 줄이고 정확성을 높이기 위해서는 국가 수준의 산림, 습지, 수생태계의 물질순환 관련 연구와 표준화된 생태계서비스 평가방법론 마련과 기초 생태계 데이터의 제공이 필요하다. 셋째, 생태계서비스 가치평가에 있어 문화서비스 평가는 편익이전을 적용하여 가치를 추정하였는데, 후속 연구에서는 거주민과 관광객을 포함한 방문객을 대상으로 한 1차 자료수집이 더 정확한 사회적 편익 추정을 위해 필요할 것이다.

References

- Ahn, S. (2015). Estimating Economic Values of Ecosystem Services: What and How Will We Do It? *Environmental Forums*, 19(2), 1-20.
- Ahn, S., and J. Kim (2016). Economic Values of Freshwater Ecosystem Services from Demand and Supply Perspectives, *Journal of the Korean Society of Environmental Engineers*, 38(10): 580-587.
- Boardman, A. E., D. H. Greenberg, A. R. Vining, and D. L. Weimer (2018). *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. Cambridge University Press, Cambridge, UK,
- Brown, C., B. Reyers, L. Ingwall-King, A. Mapendembe, J. Nel, P. O'Farrell, M. Dixon, & N. J. Bowles-Newark (2014). *Measuring Ecosystem Services: Guidance on Developing Ecosystem Service Indicators*, UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- Budyko, M. I. (1958). *The Heat Balance of the Earth's Surface*, US Dept. of Commerce. Weather Bureau, Washington, DC, USA.
- Bull, J. W., N. Jobstvogt, A. Bohnke-Henrichs, et al. (2016). Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats: A SWOT Analysis of the Ecosystem Services Framework, *Ecosystem Services*, 17, 99-111.
- Choi, S. and C. Oh (2018). Economic Valuation of the Ecosystem Services in Seocheon Intertidal Mudflats, *Environmental and Resource Economics Review*, 27(2), 233-260.
- Christie, M., I. Fazey, R. Cooper, T. Hyde, and J. Kenter (2012). An Evaluation of Monetary and Non-monetary Techniques for Assessing the Importance of Biodiversity and Ecosystem Services to People in Countries with Developing

- Economies, *Ecological Economics*, 83, 67-78.
- Chungcheong Nam-do (2022). A Report on the Design and Feasibility Analysis for the Ecological Restoration Project of the Decontaminated Land at the Former Janghang Smelting Factory.
- Eom Y., O. Kwon, and Y. Shin (2011). Issues in Applying CV Methods to the Preliminary Feasibility Test, *Environmental and Resource Economics Review*, 20(3), 595-628.
- EU Commission (2020). EU Biodiversity Strategy for 2030, https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_el
- Greenhouse Gas Inventory and Research Center (GGIRC) (2019). National Report for Greenhouse Inventory, Ministry of Environment, Sejong.
- Haines-Young, R., and M. Potschin (2010). The Links between Biodiversity, Ecosystem Services and Human Well-being, *Ecosystem Ecology*, 1, 110-139.
- Haines-Young, R., and M. B. Potschin (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure, Fabis Consulting Ltd, Nottingham, UK.
- Hernandez-Sancho, F., M. Molinos-Senante, and R. Sala-Garrido (2010). Economic Valuation of Environmental Benefits from Wastewater Treatment Processes: An Empirical Approach for Spain,” *Science of the Total Environment*, 408(4), 953-957.
- Hirons, M., C. Comberti, and R. Dunford (2016). Valuing Cultural Ecosystem Services, *Annual Review of Environment and Resources*, 51, 545-574.
- Hwang, M., M. Lee, and T. Jung (2014). The Economic Valuation of Ecosystem Restoration in Suncheon Bay, *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 17(4) : 69-79(2014).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change guidelines for national greenhouse gas inventories, Vol. 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston S, L. Buendia, K Miwa, et al. (eds.). Kanagawa, Japan: Institute for Global Environmental Strategies.
- Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services(IPBES) (2019). The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany.
- Korea Development Institute Public and Private Infrastructure Investment Management Center(KDI PIMAC) (2021). Detailed Guidelines for Conducting Preliminary Feasibility Studies in General Sectors, Korea Development Institute, Sejong.
- Kim, K., M. Kang, S. Hwang, S. Jun, H. Lee, and S. Kim (2022). Development of Monthly Hydrological Cycle Assessment System Using Dynamic Water Balance Model Based on Budyko Framework. *Journal of Korean Society of Agricultural Engineers*, 64(2): 71-83.
- Kim, M. J. (2021). A New Direction for the Preliminary Feasibility Study of Public Healthcare Facilities, *Journal of the Korean Regional Science Association*, 37(1), 3-14.
- Kim, M. S. (2003). The Roles of Restoration Ecology, Landscape Ecology and

- Conservation Biology to Restore the Environment, *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 6(4): 17~23.
- Kim, N., C. Oh, and S. Ahn (2023). Valuing the Cultural Ecosystem Service of Wetland Protected Areas Using Choice Experiments, *Journal of Environmental Policy and Administration*, 31(2), 1-31.
- Korea Institute of Public Finance (2018). A Study on the Reasonable Adjustment of Energy Tax Charges for Power Generation, KIPF, Sejong.
- Korea Research Institute for Local Administration (2019). A Study on the Standardization Method of the Conditional Valuation Method (CVM) Survey of the Feasibility Analysis of Local Financial Investment Projects, KRILA, Wonju.
- Korea Research Institute for Local Administration (2020). A Study on Improving Urban Park Feasibility Analysis, KRILA, Wonju.
- Lee, C. (2020). Application of Benefit Transfer in Preliminary Feasibility Study, *Future Growth Studies*, 6(1), 55-73.
- Millennium Ecosystem Assessment(MEA) (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Ministry of Economy and Finance (2021). Significant Improvement of the Standard Guidelines for Preliminary Feasibility Studies such as Strengthening Balanced Regional Development and Improving the Accuracy of the Analysis - Resolution of the 3rd Financial Project Evaluation Committee in 2021, MEF, Sejong.
- Ministry of Environment (2021). The Comprehensive Plan for Green Restoration of the National Land Environments, <https://me.go.kr/home/web/main.do>, [2023.6.5.]
- Ministry of Environment (2022). Establishing the Main Track of Natural Environment Restoration Projects, and Proposing the Detailed Standards and Procedures [2023. 6.5.].
- Miyake, H. (1990). Evaluation of Air Purification Function of Green Spaces Based on Plant Productivity. Ministry of Education, Human Environmental Sciences, Research Report, 038-N31, 1530.
- National Institute of Ecology(NIE) (2016). National Ecosystem Services Assessment (NESA) : Indicators Selection and Assessment for NESA, Seochun-gun, National Institute of Ecology.
- National Institute of Ecology(NIE) (2019). A Guideline for Ecosystem Services Assessment of Wetland Protected Areas, Seochun-gun, National Institute of Ecology.
- National Institute of Ecology(NIE) (2020). Assessment of Key Ecosystem Assets and Ecosystem Services for Conservation Planning, Seochun-gun, National Institute of Ecology, NIE-Strategic Research-2020-03.
- National Institute of Ecology(NIE) (2020). Assessment of Key Ecosystem Assets and Ecosystem Services for Conservation Planning, Seochun-gun, National Institute of Ecology, NIE-Strategic Research-2021-03.
- National Assembly Budget Office (2022). Carbon Pricing System Operation Status and Implications: Cases of Major Countries, Seoul, National Assembly Budget Office.
- National Assembly Research Service (2013). A Study on Issues and improvement of the preliminary feasibility analysis institution,

- Seoul, National Assembly Research Service
- Ojea, E., J. Martin-Ortega, and A. Chiabai (2012). Defining and Classifying Ecosystem Services for Economic Valuation: The Case of Forest Water Services, *Environmental Science & Policy*, 19, 1-15.
- Plottu, E., and B. Plottu (2007). The Concept of Total Economic Value of Environment: A Reconsideration within in a Hierarchical Rationality, *Ecological Economics*, 61, 52-61.
- Selivanov, E., and P. Hlavackova (2021). Methods for Monetary Valuation of Ecosystem Services: A Scoping Review, *Journal of Forest Science*, 67(11), 499-511.
- Seochen-gun (2021). 2020 Seocheon Statistical Yearbook, Seochon-gun, Chungnam-do.
- Son, H.J., D. Kim, N. Kim, J. Hong, and Y. Song (2019). Evaluation indicators for the restoration of degraded urban ecosystems and the analysis of restoration performance, *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 22(6): 97~114.
- Statistics Korea (2022). Population and Household Survey, Statistics Korea, Daejeon.
- TEEB (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, Pushpam Kumar(Ed), Routledge, New York, USA.
- Totsuka, S., and H. Miyake (1991). Air Purification Function of Green Space, *Journal of Atmospheric Environment Society*, 26(4): 71-80.
- UK National Ecosystem Assessment (UK NEA) (2011). *The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings*, UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- United Nations (2019). *Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030*.
<https://www.decadeonrestoration.org/>
- US Office of Management and Budget (2023), *Guidance for Assessing Changes in Environmental and Ecosystem Services in Benefit-Cost Analysis*, Washington DC, USA.
- Vatn, A. (2005). *Institutions and the Environment*, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Wegner, G. and U. Pascual (2011). Cost-benefit Analysis in the Context of Ecosystem Services for Human Well-being: A Multidisciplinary Critique, *Global Environmental Change*, 21, 492-594.
- You, J., G. Kim, G. Yeo, and M. Shim (2008). Improvement Direction for Feasibility Analysis of Water Resources Projects by Analyzing Preliminary Feasibility Analysis Projects, *Proceedings of the Korea Water Resources Association*, 545-549.
- Zhang, L., K. Hickel, W. Dawes, F. Chiew, A. Western,, and P. Briggs (2004). A Rational Function Approach for Estimating Mean Annual Evapotranspiration, *Water resources research*, 40(2).