

내륙습지 총량관리제도의 고찰 및 도입 방안 제안

강유진* · 이준형* · 이태우* · 김덕길** · 서재승*** · 김수진**** · 김형수*****

*인하대학교 스마트시티공학전공
**LIG System 재난안전연구소 책임연구원
***인하대학교 수자원시스템연구소
****인하대학교 사회인프라공학과

Review of No Net Loss(NLL) of Wetland and Suggestion of Appropriate NLL in Korea

Yujin Kang* · Junhyeong Lee* · Taewoo Lee* · Duckgil Kim** · Jaeseung Seo*** · Soojun Kim**** · Hung Soo Kim*****

*Department of Smart City Engineering, Inha University, Korea
**Senior Researcher, Disaster and Safety Research Institute, LIG system
***Inha Institute of Water Resources System
****Department of Civil Engineering, Inha University, Korea

(Received : 24 July 2024, Revised : 06 August 2024, Accepted : 06 August 2024)

요약

내륙습지는 생물 다양성 보존, 수질 정화, 홍수 조절, 탄소 흡수 등 중요한 기능을 제공한다. 그러나 도시화와 산업화로 인해 많은 내륙습지가 훼손되고 있어, 보전과 복원의 필요성이 커지고 있다. 본 연구에서는 국내외 사례를 고찰함으로써 습지 보전 및 복원을 위한 습지총량관리제도와 순손실방지(No Net Loss of Wetlands) 도입을 제안하였다. 이를 위해 미국, 캐나다, 독일, 일본, 호주의 습지 보전·관리 제도를 분석하고, 각국의 제도적 특징과 성공 요소를 도출하여 국내 상황에 맞게 적용할 방안 및 방향성을 모색하였다. 미국의 사례는 법적 틀과 민관 협력의 중요성을, 캐나다는 체계적 관리 방안을, 독일은 개발과 보전 간 균형 유지를, 일본은 협력적 보전 활동의 필요성을, 호주는 상쇄 시장의 효율성을 강조하였다. 이들 제도의 도입과 운영은 기후변화 완화, 생물 다양성 보전, 수질 개선에 기여할 것으로 기대되며, 제도의 정착을 위해 지속적인 연구와 정책적 노력이 필요하다.

핵심용어 : 내륙습지, 습지 기능, 보전 및 복원, 습지총량관리제도

Abstract

Inland wetlands provide important ecosystem services or functions, including biodiversity conservation, water purification, flood control, and carbon sequestration. However, many inland wetlands are being degraded by urbanization and industrialization, raising the need for conservation and restoration. This study proposes the adoption of No Net Loss(NLL) of Wetland for wetland conservation and restoration in Korea by the review of the literatures. To this end,, we analyzed the wetland conservation and management systems of the United States, Canada, Germany, Japan, and Australia, and identified institutional features and success factors of each country, and sought ways to adapt them to domestic conditions of Korea. The case of the United States highlights the importance of legal frameworks and public-private collaboration, Canada demonstrates systematic management approaches,

*All authors equally contributed

†To whom correspondence should be addressed.

Department of Civil Engineering, Inha University, Korea

E-mail : sookim@inha.ac.kr

- Yujin Kang Department of Smart City Engineering, Inha University, Korea / rkddb1215@naver.com
- Junhyeong Lee Department of Smart City Engineering, Inha University, Korea / lee_junhyeong@naver.com
- Taewoo Lee Department of Smart City Engineering, Inha University, Korea / dfd0d7cf@nate.com
- Duckgil Kim Senior Researcher, Disaster and Safety Research Institute, LIG system / k1004dk@hanmail.net
- Jaeseung Seo Inha Institute of Water Resources System / cjhsjs98@gmail.com
- Soojun Kim Department of Civil Engineering, Inha University, Korea / sk325@inha.ac.kr
- Hung Soo Kim Department of Civil Engineering, Inha University / sookim@inha.ac.kr

Germany maintains a balance between development and conservation, Japan underscores the need for cooperative conservation efforts, and Australia emphasizes the efficiency of offset markets. The introduction and operation of these schemes are expected to contribute to climate change mitigation, biodiversity conservation, and water quality improvement, but ongoing research and policy efforts are needed to ensure that the schemes are well established.

Key words : Inland wetlands, wetland functions, conservation and restoration, No Net Loss of Wetlands

1. 서론

내륙습지는 생물다양성을 보호하고, 수질을 정화하며, 홍수를 조절하고, 탄소를 흡수하는 등 다양한 생태계서비스를 제공하는 데 필수적인 역할을 하는 중요한 생태계이다. 하지만 도시화, 산업화 및 농업 활동과 같은 인간 활동으로 인해 전 세계의 많은 내륙습지가 손상되고 있으며, 국내도 예외가 아니다. 2015년 기준으로 우리나라 내륙습지는 2,499개였으나, 2020년에는 174개가 소실되었다. 이 중 20%는 골프장이나 도로 건설로 인한 손실이었다(Ministry of Environment, 2022). 최근 들어 기후변화와 생물 다양성 감소 문제의 심각성이 대두되면서, 내륙습지의 보전과 복원 필요성이 더욱 강조되고 있다(Spieles, 2005; Moser et al., 2007; Wissel and Wätzold, 2010; Vaissière and Levrel, 2015).

국내 내륙습지는 지속적으로 감소하고 있으며, 기존의 보전 및 관리 체계는 이를 효과적으로 막지 못하고 있다. 생태계 다양성 유지와 기후변화 완화에 중요한 역할을 하는 내륙습지의 보전을 위해 면적 및 기능 파악, 가치 평가, 복원 기술 개발 등이 선행적으로 이루어져야 한다(KEI, 2006; Robertson, 2009; Teeffelen et al., 2014; Maron et al., 2018). 내륙습지의 감소는 생물 다양성 손실과 생태계 기능의 저하를 초래하며, 이는 장기적으로 인간의 생존과 생활에도 부정적인 영향을 미치기 때문이다. 따라서 국내 내륙습지의 법적 및 제도적 수단을 마련하는 것이 중요하다. 이에 따라 내륙습지의 순손실을 방지하고, 불가피하게 상실되는 습지의 면적과 가치를 복원 또는 대체할 수 있는 정책 수단이 필요하다(Bruland and Richardson, 2005; John, 2007; Rainey et al., 2015; Ruhl and Salzman, 2022).

습지총량제는 습지에 등급을 부여하여 보전 가치가 높은 습지에 대해 개발을 엄격히 제한하는 제도이다. 이 제도는 습지가 훼손되거나 손실될 경우 원래의 습지를 복원하거나 대체습지를 조성하여 전체 습지 면적을 유지하도록 한다. Kim and Lee(2009)는 습지총량제 도입 과정에서 발생하는 문제점과 개선 방안을 다루었다. 습지총량제는 생태적 및 환경적으로 중요한 습지를 보호하기 위한 제도로, 현재 운영 중인 시스템의 불완전성, 관리 주체 간 협력 부족, 법적 기반의 미비 등 여러 한계가 드러나고 있다. 이러한 문제를 분석하고, 법적·제도적 기반 강화, 관리 체계 일원화, 이해관계자 협력 강화, 과학적 모니터링 시스템 구축 등 개선 방안을 제시하였다. Bang et al.(2011)은 미국의 습지은행제도(Mitigation banking)를 분석하여 국내 습지보전 방안을 고찰하였다. 국내에는 습지보전법이 있음에도 보전이 제

대로 이루어지지 않는 반면, 미국은 'No Net Loss(NLL) of Wetlands Policy'로 습지 손실을 최소화하고 보상 및 완화 조치를 통해 습지의 총량과 기능을 유지하고 있다. 따라서 해당 연구에서는 미국의 제도를 국내에 도입하기 위한 방안과 법률 개선을 제안하고자 하였다. Bendor(2009)은 미국에서 습지 손실에 대한 보상과 복원 규제를 어떻게 다루고 있는지에 대해 논의하였으며, 습지 면적과 기능의 '순손실 방지' 달성을 목표로 동적 모형을 사용하여 1993년부터 2004년까지 시카고 지역의 습지 변화와 복원 상황을 분석하였다. 특히, 해당 연구에서는 복원 지연이 일시적으로 습지 기능의 손실을 초래할 수 있다는 점을 강조하였다. 이를 통해 복원 작업의 효과를 개선하고, 복원 지연으로 인한 사회적 비용을 줄이기 위한 정책적 제안이 이루어졌다. Ruhl and Salzman(2022)은 「청정수질법(Clean Water Act, CWA)」 제404조에 따른 습지 보전 은행의 발전과 현재 상태를 조사하였으며, '순손실 방지'라는 정책이 어떻게 등장하게 되었는지, 그리고 습지은행제도가 채택된 과정을 설명하였다.

미국의 습지은행제도는 1983년 시작되어 1991년부터 민간 부문이 참여할 수 있게 되었고, 2007년 「수자원개발법(Water Resources Development Act, WRDA)」에 의해 공식 채택되었다(Burgin, 2010). 이로 인해 습지의 개발과 보전 간의 균형을 맞추고, 민관 협력을 강화하여 습지 보전 프로젝트를 효과적으로 추진하고 있다(Kozich and Halvorsen, 2012). 캐나다는 미국의 영향을 받아 1990년부터 10년 주기로 습지 보전 프로그램을 실행하고, 습지 인벤토리를 구축하여 환경영향평가제도를 통해 습지의 보존 및 복원을 진행하고 있다(Austen and Hanson, 2008). 독일은 자연침해조정 제도를 통해 개발자가 자연침해에 대한 책임을 지고, 대체지 은행과 생태계좌를 통해 개발과 자연보호의 조화를 이루고 있다(Zelnik and Germ, 2023). 일본은 자연재생추진법을 통해 다양한 이해관계자가 참여하여 자연환경을 보전, 재생, 조성하고 있다(Shoyama and Yamagata, 2014). 그리고 호주는 부시브로커 프로그램을 통해 생태계 손실을 보상하기 위한 상쇄(offset) 대책을 마련하고, 상쇄 시장의 효율성을 높이기 위해 중개 역할을 수행한다(Adame et al., 2019).

본 연구의 목적은 해외의 성공적인 습지 보전 및 관리 제도를 분석하고, 이를 바탕으로 국내 내륙습지 총량관리제도의 도입 및 운영 방안을 제시하는 데 있다. 특히, 미국, 캐나다, 독일, 일본 및 호주의 사례를 통해 각국의 제도적 특징과 성공 요소를 도출하고, 이를 국내 상황에 맞게 적용할 수 있는 방안을 도출하고자 한다.

본 연구는 두 가지 주요 주제로 구성된다. 첫째, 미국, 캐나다, 독일, 일본, 호주의 습지 보전·관리 제도를 고찰하고, 각국의

제도적 배경, 법적 기반, 운영 메커니즘, 성공 사례 등을 분석하였다. 둘째, 해외 사례의 분석을 통해 국내 내륙습지 총량 관리제도의 도입 방안을 모색하고, 국내 내륙습지 보전·관리 현황 및 문제점을 분석하여, 해외 사례에서 도출한 시사점을 바탕으로 구체적인 도입 필요성 및 방향을 제시하고자 한다.

2. 해외 습지 보전 및 관리제도 분석

2.1 미국의 사례

습지은행제도는 1983년 미국 어류 및 야생생물국(U.S. Fish and Wildlife Service, FWS)에서 최초로 지지하는 지침을 발표하면서 시작되었다. 초기에는 주 교통 부서나 기타 주기관들이 주도하는 보상·완화 사이트가 주로 설립되었기 때문에 민간 부문의 참여가 제한적이었다. 1991년부터 1994년 사이에 최초의 상업형 보상은행이 설립되어 허가를 받은 모든 사람에게 크레딧을 판매하기 시작하면서 민간 부문도 참여할 수 있게 되었다. 1995년에는 EPA, 육군공병단, FWS, NOAA, NRCS가 공동으로 최종 연방 지침을 발표하여 주 정부, 지방 정부, 민간 부문이 보상은행 운영을 승인받기 위한 절차적 틀이 마련되었다(NRC, 2001; ELI, 2002).

2007년 「수자원개발법(Water Resources Development Act, WRDA)」은 보상은행을 불가피한 습지 영향에 대한 주요 보상 메커니즘으로 공식적으로 채택하였다. 미국의 습지총량제도는 「청정수질법(Clean Water Act, CWA)」, 「국가환경정책법(National Environmental Policy Act, NEPA)」, 「멸종위기종법(The Endangered Species Act)」 등 여러 법률에 의해 관리되고 있다. 특히 CWA의 제404조 규제 프로그램을 통해 습지에 대한 준설 또는 매립 행위를 규제하고 있으며, 모든 습지 개발은 미국 육군공병단의 허가를 받아야 한다(Burgin, 2010; Kozich and Halvorsen, 2012).

미국의 습지총량제도에에는 초기 습지 정의의 혼란, 보상·완화 조치가 완료되기 전에 습지개발허가권을 발행하는 문제 등이 있었다. 이를 해결하기 위해 습지 정의를 명확하게 재정립하고, 대체습지의 생태적 기능을 검증하는 정책을 채택하였다. 연방정부는 습지총량제 운영을 위한 재정적, 기술적 지원을 제공하며, 세금 감면, 모니터링, 교육, 기술지원 프로그램을 통해 통합적이고 유기적인 제도 운영을 보장한다. 민간 기업과 비정부 조직이 정부 기관과 협력하여 습지 보전 프로젝트를 수행하는 등 협력적 보전 노력을 기울이고 있다(Gibbons and Lindenmayer, 2007). 최근 미국의 습지 보전 정책은 2023년 대법원판결에 따라 연방정부의 습지 규제 권한이 제한되었다. 이에 따라 각 주는 자체적인 복원 프로그램과 규제 보호 조치를 마련할 필요성이 대두되고 있다(Moilanen et al., 2024).

2.2 캐나다의 사례

캐나다는 1990년부터 10년 주기로 습지 보전 프로그램을 계획하고 실행하고 있다. 이러한 프로그램은 습지의 기능과 가치를 보호하고 복원하기 위한 것이다. 캐나다 전체 면적

의 14%가 습지로 구성되어 있으며, 이는 전 세계 습지의 25%에 해당한다. 이러한 넓은 습지 면적 때문에 캐나다는 습지의 기능과 가치에 대해 일찍부터 관심을 가져왔다. 캐나다의 습지 보전 목표는 습지를 보전하고 지속 가능한 가치를 보호하는 것이다. 이를 위해 행정부는 캐나다 내의 습지 전략을 이끌어가며, 습지보전계획을 제공하고 조언하는 역할을 한다. 또한, 습지의 보전 및 복원 정책을 마련하고, 과학적 접근법을 통해 습지와 습지 생물을 보호하고 있다. 습지 개발 시 가이드라인을 제공하며, 의사결정권자에게 습지와 습지 생물에 대한 정보를 제공한다(Austen and Hanson, 2007).

캐나다는 2002년부터 습지 정보의 효과적인 관리를 위해 습지 인벤토리(Canadian Wetland Inventory)를 수치지도 형태로 작성하고 활용하고 있다. 이 인벤토리는 GIS 기술과 원격 탐사 기술을 통해 작성되며, 지속적으로 업데이트된다. 이를 통해 습지의 위치, 크기, 상태 등을 체계적으로 관리하고 있다. 습지 인벤토리는 습지 보전과 복원 정책 수립에 중요한 기초 자료로 활용된다. 이를 통해 정확한 데이터 기반 정책을 수립할 수 있으며, 습지의 생태적, 경제적 가치를 평가하여 보전 전략을 마련할 수 있다. 또한, 습지의 상태를 지속적으로 모니터링하고 평가하여 정책의 실효성을 높이고 필요한 개선 조치를 적시에 취할 수 있다(Hostedde et al., 2007; Austen and Hanson, 2008).

캐나다는 환경영향평가제도를 통해 개발로 인한 습지 손실을 최소화하고 있다. 모든 개발 프로젝트는 습지 개발의 회피 방안을 우선 고려해야 하며, 불가피한 경우 최소화와 보상 단계로 진행된다. 이를 통해 습지의 총량을 유지하며, 개발로 인한 습지 손실을 보완하는 대체습지의 조성 또는 복원을 추진하고 있다. 캐나다의 습지은행제도는 개발로 인해 소실되는 습지의 대체재로서 대체습지의 조성 및 복원을 주요 목적으로 한다. 습지은행은 대체습지 조성을 위한 자금을 모아 운영되며, 개발자는 대체습지를 직접 조성하는 대신 습지권을 구매할 수 있다. 이는 개발자가 대체습지 조성에 필요한 시간을 최소화하면서도 습지 보전을 촉진하는 효과적인 수단이다(Rubec and Hanson, 2009; Clare et al., 2011).

캐나다의 습지 보전 노력은 국가 차원의 체계적인 정책과 프로그램, 정확한 습지 인벤토리 구축 및 활용, 환경영향평가제와 습지은행 제도의 시행을 통해 이루어지고 있다. 이러한 사례는 다른 국가들이 습지 보전 정책을 수립하고 시행하는 데 있어 중요한 시사점을 제공한다. 앞으로도 캐나다는 지속 가능한 습지 보전을 위해 다양한 노력을 기울이고 있으며, 이를 통해 글로벌 환경 보호에 기여하고자 하고 있다.

2.3 독일의 사례

자연침해조정제도(Eingriffsregelung)는 자연환경을 훼손하는 개발 활동에 대해 복원 및 보상 조치를 통해 자연의 기능을 유지하고자 하는 제도이다. 이 제도는 생물서식

지의 보전뿐만 아니라 일반적인 자연환경의 훼손에 대한 복원을 다루는 중요한 개념으로, 독일의 연방자연보호법(Bundesnaturschutzgesetz, BNatSchG)에 기반을 두고 있다. 이 제도는 세 가지 기본 원칙을 중심으로 운영된다. 첫째, 원인자부담원칙으로 개발자는 자연침해에 대한 모든 책임을 지고, 필요한 보상 및 복원 조치를 취해야 한다. 이는 개발로 인한 환경 훼손을 최소화하고, 개발자가 환경 보호에 대한 책임감을 갖도록 한다. 둘째, 자연균형원칙으로 자연환경 훼손이 불가피할 경우, 훼손된 자연의 기능과 성능을 재생할 수 있도록 균형 조치를 시행한다. 이를 통해 개발과 자연보호 간의 조화를 이루고자 한다. 셋째, 자연대체원칙으로 자연침해가 발생한 지역 외부에서 생태계의 균형을 보전하는 조치이며 대체지 은행(Flächenpool)과 생태계좌(Ökokonto)를 통해 실행된다. 이는 다른 지역에 새로운 자연환경을 조성하거나 기존의 환경을 강화하여 전체적인 생태계 균형을 유지하려는 목적을 가진다(Tanneberger et al., 2020; Zelnik and Germ, 2023).

자연침해조정제도의 주요 용어 및 개념으로는 자연침해(Eingriff), 회피(Vermeidung), 저감(최소화)(Minimierung), 균형(Ausgleich)이 있다. 자연침해는 자연생태의 성능과 경관을 현저히 훼손하는 행위를 의미하며, 회피는 개발에 의한 자연 훼손을 사전에 예방하는 조치, 저감(최소화)은 개발 규모와 정도를 제한하여 부정적 영향을 최소화하는 방법, 균형은 훼손을 회피할 수 없을 때 복원이나 복구를 통해 자연환경 기능을 유지하는 조치를 말한다. 독일의 자연침해조정제도는 자연환경 보호와 개발 간의 균형을 유지하는 데 중요한 역할을 하며, 지속 가능한 발전을 추구한다. 이러한 제도적 접근은 다른 국가들에게도 중요한 시사점을 제공하고, 자연환경 보호를 위한 정책 개발에 유용한 모델이 될 수 있다. 독일의 자연침해조정제도는 다양한 프로젝트에서 실질적으로 적용되고 있으며, 그 대표적인 사례로 바이에른주(Freistaat Bayern) 택지개발 프로젝트와 구동독 지역 도로건설 프로젝트가 있다. 바이에른 주는 균형계수를 이용하여 자연침해의 보상 범위를 산정하고, 주거지역 인근의 발전장지 개발로 인한 자연침해를 보상했다. 이 과정은 다양한 관련 기관과 부서의 협력 아래 이루어졌으며, 자연침해조정제의 중요한 모범 사례로 간주된다. 이는 자연환경 보호와 개발 간의 균형을 맞추기 위한 구체적인 실천 사례로서 큰 의미가 있다. 구동독 지역에서는 연방고속도로 20번 건설을 추진하면서 자연환경 침해를 최소화하기 위해 환경영향평가를 실시하였다. 이러한 접근은 개발로 인한 자연침해를 보상하고, 자연환경을 복원하기 위한 독일의 제도적 노력의 일환이다(KRIHS, 2012; Baggethun et al., 2019; Stefanakis, 2019).

독일의 습지 보전 정책은 연방자연보호법을 중심으로 이루어지며, 자연침해조정제도의 일환으로 습지 보전을 강화하고 있다. 연방자연보호법은 자연침해조정 규정을 포함하여, 습지를 포함한 모든 자연환경의 보호와 복원을 규정하고 있다. 특히, 2010년 개정된 연방자연보호법은 주정부의

자연보전 정책을 통합하고 일관성을 부여하는 데 중점을 두었다. 독일은 대체지 은행과 생태계좌를 통해 복원 및 대체 조치를 계획하고, 미리 확보된 대체지와 생태계 복원 조치를 계약 형태로 관리함으로써 자연환경 보호와 개발 간의 갈등을 최소화하고 지속 가능한 발전을 촉진하고 있다. 이러한 제도는 자연환경을 효과적으로 보호하면서도 개발이 필요할 때 상호 보완적으로 작용하여 균형을 이루게 한다. 중앙정부와 지방자치단체 간의 협력을 강화하고 자연환경 보호정책의 통합성을 높임으로써 보다 효과적인 자연환경 관리가 가능하다. 이는 대규모 개발 프로젝트 시 자연침해조정을 적용할 구체적인 방안을 마련하고, 환경영향평가와 함께 대체지 은행의 활용, 생태계 보상 및 복원 조치를 포함하여 계획하고 실행함으로써 개발과 자연환경 보호 간의 균형을 유지하는 데 큰 도움이 된다.

2.4 일본의 사례

자연재생추진법은 2002년 제정된 법률로, 훼손된 생태계와 자연환경을 복원하기 위해 제정되었다. 이 법은 중앙행정기관, 지방자치단체, 지역주민, 비영리 활동법인, 자연환경 전문가 등 다양한 이해관계자가 참여하여 자연환경을 보전, 재생, 조성하는 것을 목적으로 한다. 법 제2조에서는 자연 재생을 과거에 훼손된 생태계와 자연환경을 복원하는 것이라고 명시하며, 이는 하천, 습원, 갯벌, 바다숲, 사토야마 및 삼림 등의 자연환경을 보전, 재생, 조성하여 그 상태를 유지 관리하는 것을 포함한다. 이는 습지 보전과 재생에 대한 법적 근거를 제공하는 것이다. 자연재생추진법은 일본 정부가 환경보전 정책을 강화하고 생태계 복원 사업을 적극적으로 추진하기 위해 마련한 법적 기반이다. 1993년 람사르협약 제5차 총회를 일본의 쿠시로에서 개최하면서 습지 보전의 중요성을 인식하게 되었고, 이후 1994년 환경기본계획, 2001년 수정 환경기본계획, 그리고 1995년 지구환경 보전 각료회의에서 생물 다양성 국가전략을 수립하게 되었다(Nakamura et al., 2006).

자연재생추진법 외에도 일본의 습지 보전과 관련된 법률로는 하천법, 국토종합개발법, 자연공원법, 자연환경보전법 등이 있다. 이들 법률은 습지 보전을 위한 법적 근거를 마련하고 있으며, 각각의 법률은 습지의 다양한 측면을 관리하고 보호하는 역할을 한다. 일본의 습지 보전과 관련된 법률에는 자연재생추진법 외에도 하천법, 국토종합개발법, 자연공원법, 자연환경보전법이 있다. 이들 법률은 습지 보전을 위한 법적 근거를 마련하며, 각각의 법률은 습지의 다양한 측면을 관리하고 보호하는 역할을 한다. 하천법은 수자원의 보호와 관리, 홍수 조절 및 하천 개발 프로젝트를 다룬다. 국토종합개발법은 생태계 보호를 위한 건설 규제와 환경영향평가를 포함한다. 자연공원법은 국립공원의 보전을 중심으로 하며, 많은 습지가 국립공원으로 지정되어 보호받고 있다. 자연환경보전법은 자연환경 보전 및 훼손된 생태계 복원을 목표로 하며, 멸종위기종과 그 서식지를 보호하는 내용을 담고 있다. 이 법적 체계는 일본의 습지

보전과 복원 활동을 체계적으로 지원하며, 지속 가능한 자연환경을 유지하는 데 기여하고 있다(Natuhara, 2013; Hamman, 2019).

자연재생추진법은 다양한 이해관계자의 참여를 강조하며, 이를 통해 생태계 복원 사업의 효율성을 높인다. 중앙행정기관, 지방자치단체, 지역주민, 비영리 단체, 전문가 등이 협력하여 습지 보전과 복원 활동을 진행한다. 또한, 일본은 국가적으로 중요한 습지 633개소를 선정하고, 이들 습지의 정보를 데이터베이스화하여 온라인으로 공유하고 있다. 이를 통해 체계적인 관리와 대중의 관심을 유도하고 있으며, 지속적인 생태계 모니터링을 통해 보전 활동의 효과를 평가하고 있다. 일본의 자연재생추진법은 훼손된 생태계와 자연환경을 복원하고 보전하기 위한 법적 기반을 제공하며, 다양한 이해관계자의 참여를 통해 효율적인 관리체계를 구축하고 있다. 이 법은 습지 보전과 재생에 중요한 역할을 하며, 관련 법률들과 함께 일본의 자연환경 보전 정책을 강화하는 데 기여하고 있다. 지속적인 모니터링과 평가를 통해 법과 정책의 효과를 높이고, 이를 바탕으로 개선 방안을 마련함으로써 자연환경 보전 활동을 지속적으로 발전시켜 나가고 있다(Shoyama and Yamagata, 2014; Matsuzaki et al., 2019).

2.5 호주의 사례

호주의 부시브로커(BushBroker) 프로그램은 2006년 빅토리아주에서 도입된 생태계 보호 및 복원 프로그램이다. 이 프로그램의 주요 목적은 토착 식생의 보호 및 복원으로, 개발 활동으로 인해 손실된 생물 다양성을 보상하기 위한 상쇄 대책을 마련하는 것이다. 부시브로커 프로그램은 개발자와 토지 소유자 간의 중개 역할을 하여 상쇄 대책을 제공하고 상쇄 시장의 효율성을 높이는 데 기여한다. 부시브로커 프로그램의 주요 특징은 다음과 같다. 첫째, 개발 시 허가를 요구하고 상쇄 대책을 필수적으로 마련하여 생태계 다양성을 증진시키고 기존 상태를 개선하는 것이다. 둘째, 서식지 헥타르(habitat hectares)라는 자연 식생의 면적 및 상태 변화를 평가하는 기준을 통해 식생의 보호와 복원 상태를 정량적으로 평가한다. 셋째, 상쇄 대책의 중개 역할을 수행하며, 이를 통해 상쇄 시장의 효율성을 높이고 환경보전 프로젝트의 실행을 촉진한다(Rogers et al., 2016; Adame, 2019; Lovelock et al., 2022).

호주는 습지 보호와 복원을 위해 다양한 상쇄 대책을 도입하고 있다. 특히, 생물다양성 상쇄 체계인 바이오뱅크(Biobanking)과 부시브로커 프로그램을 통해 생태계의 손실을 보상하는 제도를 운영하고 있다. 뉴사우스웨일즈(New South Wales)주는 2008년부터 바이오뱅크 제도를 도입하여 운영하고 있다. 이 제도는 개발 활동으로 인한 생물다양성 손실을 상쇄하기 위해 개발자와 토지 소유자가 생물다양성 크레딧 증서를 작성하고 이를 시장에서 거래할 수 있게 한다. 이 크레딧은 멸종위기종, 습지, 하천 서식지 등의 중요한 생물다양성을 보호하는 데 중점을 둔다. 호주

는 개발 프로젝트 시 허가 절차를 엄격히 하고 필요한 상쇄 조치를 요구함으로써 생태계 다양성을 증진시키고 자연 상태의 개선을 도모한다. 이러한 상쇄 대책은 생태계의 건강을 유지하고 지속 가능한 개발을 촉진하는 역할을 한다. 부시브로커 프로그램은 상쇄 대책을 제공하는 공급업체와 개발자 간의 중개 역할을 하여 상쇄 시장의 효율성을 높이고 있다. 이는 상쇄 대책의 효과적인 실행을 보장하고, 환경보전 프로젝트의 성공적인 수행을 촉진한다(Alvarado-Quesada et al., 2014; Bino et al., 2016; James and Lovelock, 2019).

2.6 해외 사례 분석을 통한 시사점

미국의 습지 보전 사례를 통해 국내에서는 명확한 법적 틀을 마련하고, 여러 법률 간의 조화를 이루는 것이 필요하다. 보상 및 완화 조치에 대한 명확한 정의와 책임 규정을 통해 이해관계자 간의 논란을 최소화해야 하며, 습지은행제도와 대체납부금제도를 도입하여 개발과 보전의 균형을 맞추어야 한다. 민간 협력을 강화하여 습지 보전 프로젝트를 효과적으로 추진하고, 연방정부의 재정적, 기술적 지원을 통해 습지 보전 활동의 효과를 극대화해야 한다. 장기적인 모니터링과 평가 시스템을 구축하여 습지 보전 활동의 효과를 지속적으로 검토하는 것도 중요하다.

캐나다의 사례를 통해 국내에서는 국가 차원의 포괄적인 습지 인벤토리를 구축하여 습지 정보를 체계적으로 관리하고, 정확한 데이터 수집과 분석을 통해 정책을 수립해야 한다. 관련 법률을 제정하고 강화하여 습지총량제 및 습지은행제를 도입하고, 다양한 기관을 통해 습지 보전 활동을 지원할 수 있는 재정적 지원 방안을 마련해야 한다. 지방정부가 주도적으로 습지 보전 정책을 실행하도록 지원하는 것도 중요하다.

독일의 사례를 통해 국내에서는 개발 시 다른 지역의 자연 복원 및 보전을 통해 전체적인 환경 총량을 유지해야 한다. 개발 초기 단계에서 자연 침해를 예방하고 줄이는 체계를 마련하고, 대체지 은행과 생태계좌를 통해 자연 침해 발생 시 신속한 대응이 가능하도록 해야 한다. 중앙정부와 지방자치단체 간의 협력을 강화하고 자연환경 보호정책의 통합성을 높여야 하며, 대규모 개발 프로젝트 시 자연침해조정을 적용할 구체적인 방안을 마련해야 한다.

일본의 사례를 통해 국내에서는 습지 보전을 위한 종합적이고 통합적인 법률을 제정하여 체계적으로 지원해야 한다. 지역주민, 민간 단체, 전문가, 정부 기관이 협력하는 협의체를 구성하여 습지 보전 및 복원 사업을 추진하고, 전국의 중요한 습지 정보를 데이터베이스화하여 공개하고 정기적인 생태계 모니터링 시스템을 구축해야 한다. 충분한 예산을 확보하고 이를 효과적으로 집행할 수 있는 체계를 마련하여 습지 보전 활동을 지원하고, 지역별 특성과 환경을 고려한 맞춤형 보전계획을 수립하여 지역사회의 참여를 유도해야 한다. 민간 단체의 역할을 강화하고 국제적인 협력 네트워크를 구축하여 습지 보전 및 복원 활동을 확장해 나가

야 하며, 환경교육 프로그램을 강화하고 대중 홍보를 추진하여 국민의 관심과 참여를 유도해야 한다. 습지 보전 및 복원 사업의 지속적인 모니터링과 과학적 평가를 통해 사업의 효과성을 높이고 필요시 개선 방안을 마련해야 한다.

호주의 사례를 통해 국내에서는 개발로 인한 생물 다양성 손실을 보완하기 위한 제도를 도입해야 한다. 개발 프로젝트 시 허가 절차를 엄격히 하고 필요한 상쇄 조치를 요구함으로써 생태계 다양성을 증진시키고, 상쇄 대책의 중개를 담당하는 플랫폼을 구축하여 상쇄 시장의 효율성을 높여야 한다.

미국, 캐나다, 독일, 일본 및 호주의 습지 보전 정책들은 법적 체계의 명확성, 이해관계자 간 협력, 과학적 데이터 기반 정책 수립, 체계적인 모니터링과 평가 시스템, 재정적 및 기술적 지원의 중요성을 강조하고 있다. 우리나라는 습지의 중요성을 인식하고 보전의 필요성에 대한 공감대가 형성되어 있으며, 관련 정책 수립의 기초는 마련되어 있다. 하지만 우리나라는 습지 보전 관련 법적 체계가 상대적으로 미비하며, 이해관계자 간의 협력 부족, 체계적인 데이터 관리 시스템 부재, 재정적 및 기술적 지원의 제한 등의 문제점이 있다. 특히, 습지 개발과 보전 간의 균형을 맞추기 위한 구체적인 제도적 장치가 부족하다. 이를 지속적으로 발전시키기 위해서는 법적 체계 강화, 이해관계자 협력 강화, 데이터 기반 정책 수립, 체계적인 모니터링 및 평가, 재정적 및 기술적 지원 확대가 필요하다.

3. 국내 내륙습지 총량관리제도의 도입 필요성 및 방향

3.1 국내 내륙습지의 현황 및 문제점

환경부의 조사에 따르면, 1989년부터 2009년까지 약 61%의 내륙습지가 감소하였다. 이로 인해 생태계 파괴와 생물 다양성 감소가 심각하게 진행되고 있다. 현재 2022년까지 확인된 국내 습지의 총면적은 약 3,635.6km²이며, 이 중 내륙습지는 총 2,704개로 면적은 약 1,153.6km²에 이른다. 이러한 내륙습지는 총 51개소의 습지 보호지역으로 지정되어 다양한 생물다양성과 생태계서비스 가치를 보유하고 있다(Ministry of Environment, 2022). 현재 내륙습지의 현황을 통해 문제점을 정리하면 아래와 같다.

(1) 국내 내륙습지 보호를 위한 법적 틀은 여러 법률에 분산되어 있어 통합적 접근이 부족하다. 「습지보전법」, 「자연환경보전법」, 「환경영향평가법」 등 다양한 법률이 습지 보호를 다루고 있으나, 각 법률 간의 조화와 구체적인 규제가 미흡한 실정이다. 이는 습지 보호와 개발 간의 균형을 유지하는 데 어려움을 초래하고 있다.

(2) 내륙습지의 체계적 관리가 어려운 상황이다. 습지 보전 및 관리 계획이 수립되고 있으나, 효과적인 이행과 모니터링 체계가 부족하다. 환경부와 시도 등 지방자치단체는 습지보전계획을 수립하여 습지의 가치에 따라 보호지역, 개

선지역, 주변관리지역 등으로 지정하고 있으나, 실제 관리 및 복원 활동의 지속가능성을 확보하기 위한 체계적 지원이 미흡하다.

(3) 습지 보전 활동에 필요한 재정적, 기술적 지원이 충분하지 않다. 이는 습지 복원 및 관리 활동의 지속가능성을 저해하는 주요 요인이다. 예산은 습지 보전 활동, 생태계 복원 사업, 교육 및 홍보 활동 등에 사용될 수 있으며, 재정적 지원의 투명성과 효율성을 확보하기 위한 체계적인 관리가 필요하다.

3.2 국내 내륙습지 총량관리제도의 도입 방향

현재 국내 내륙습지 보호와 관련된 법률들은 분산되어 있으며, 각 법률 간의 조화가 부족하다. 이를 개선하기 위해 미국, 캐나다, 독일, 일본의 사례를 참고하여 종합적이고 통합적인 법적 틀을 마련해야 한다. 예를 들어, 미국의 습지 보호 관련 법률들은 명확한 책임 규정을 통해 이해관계자 간의 논란을 최소화하고 있다. 이러한 접근 방식을 통해 국내에서도 여러 법률 간의 중복과 충돌을 줄이고, 효과적인 습지 보호와 관리를 위한 일관된 법적 체계를 구축해야 한다.

개발과 보전의 균형을 맞추기 위해 습지은행제도와 대체 납부금제도 등을 도입해야 한다. 개발로 인한 생태계 손실을 최소화하고, 필요시 신속하게 대체 및 복원할 수 있는 시스템을 구축해야 한다. 호주의 상쇄 조치와 상쇄 시장의 효율성을 높이기 위한 플랫폼 구축 사례를 참고하여, 국내에서도 상쇄 시장을 통한 효율적인 보상 및 복원 시스템을 마련할 필요가 있다. 이를 통해 개발로 인한 환경 피해를 체계적으로 보상하고, 습지 보전의 효과성을 높일 수 있다.

또한 습지 보전 활동의 지속가능성을 확보하기 위해 충분한 재정적, 기술적 지원이 필요하다. 재정적 지원의 투명성과 효율성을 확보하기 위한 체계적인 관리가 필요하며, 이를 위해 연방정부와 지방자치단체 간의 협력을 강화해야 한다. 일본의 충분한 예산 확보와 효과적 집행 체계 마련 사례를 벤치마킹하여, 국내에서도 지속 가능한 재정적 지원 시스템을 구축해야 한다. 이를 통해 습지 보전 활동의 연속성과 안정성을 보장할 수 있다.

장기적인 모니터링과 평가 시스템을 구축하여 습지 보전 활동의 효과를 지속적으로 검토하고, 필요시 개선 방안을 마련해야 한다. 이를 통해 습지 보호의 실효성을 높일 수 있다. 미국의 장기 모니터링 시스템 구축 사례를 참고하여, 국내에서도 체계적인 모니터링 및 평가 시스템을 도입하고, 지속적인 데이터 수집과 분석을 통해 정책의 효과성을 평가해야 한다.

국가 차원의 포괄적인 습지 인벤토리를 구축하여 습지 정보를 체계적으로 관리하고, 정확한 데이터 수집과 분석을 통해 정책을 수립해야 한다. 캐나다의 포괄적 습지 인벤토리 구축 사례를 참고하여, 국내에서도 습지의 현황을 체계적으로 파악하고, 이를 바탕으로 효과적인 보전 및 관리 정책을 마련해야 한다. 이를 통해 습지 관리의 효율성을 높이고, 정책 수립의 근거를 강화할 수 있다.

환경자원총량제를 효과적으로 실행하기 위해서는 주민의 참여와 사회적 수용성이 필수적이다. 주민들이 습지 보전의 필요성과 중요성을 이해하고, 적극적으로 참여하도록 하는 방안을 모색하여야 한다. 이를 위해 지역주민과의 소통을 강화하고, 주민 참여형 관리 방안을 도입하여 지역사회와의 협력을 강화하는 것이 중요하다. 이를 통해 주민의 적극적인 참여와 협조를 이끌어내고, 습지 보전 활동의 지속가능성을 높일 수 있다.

대체지 비축 제도와 생태계좌 제도를 활용하여 개발로 인한 환경 훼손을 줄이고, 훼손된 환경을 신속하게 복원할 수 있는 방안 도입을 고려하여야 한다. 이를 통해 환경 훼손을 최소화하고, 지속 가능한 생태계를 유지할 수 있다. 대체지 비축 제도는 환경 훼손이 예상되는 지역에 대해 사전에 대체지를 마련하여 환경 훼손 시 이를 복원하는 방안이며, 생태계좌 제도는 환경 훼손을 금전적으로 보상받아 그 자금을 환경 복원에 사용하는 방안이다. 이를 통해 개발로 인한 환경 피해를 체계적으로 관리하고, 효과적인 생태계 복원을 이룰 수 있다.

4. 결론

본 연구는 해외 사례를 통해 국내 내륙습지 총량관리제도의 도입 및 운영 방안을 모색하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 미국, 캐나다, 독일, 일본, 호주의 습지 보전 정책을 심도 있게 분석하여 각국의 성공 요소를 도출하였다. 이를 통해 법적 체계의 명확성, 이해관계자 간 협력, 과학적 데이터 기반 정책 수립, 체계적인 모니터링과 평가 시스템, 그리고 재정적 및 기술적 지원의 중요성을 확인할 수 있었다. 이러한 요소들은 국내 습지 보전 정책에도 적용 가능할 것으로 보인다.

둘째, 국내 내륙습지 보호와 관련된 법률의 통합적 접근과 조화를 이루어야 하며, 명확한 책임 규정을 통해 이해관계자 간의 논란을 최소화하는 것이 중요하다. 습지은행제도와 대체납부금제도의 도입을 통해 개발과 보전의 균형을 맞추는 체계를 구축해야 한다. 이는 미국과 호주의 사례에서 볼 수 있듯이, 개발로 인한 생태계 손실을 최소화하고 보전을 촉진하는 효과적인 방법이 될 수 있다.

셋째, 국가 차원의 포괄적인 습지 인벤토리를 구축하여 습지 정보를 체계적으로 관리하고, 정확한 데이터 수집과 분석을 통해 정책을 수립해야 한다. 또한, 장기적인 모니터링과 평가 시스템을 도입하여 습지 보전 활동의 실효성을 지속적으로 검토하고 개선해 나가는 것이 필요하다. 캐나다의 포괄적 습지 인벤토리 구축 사례는 이 점에서 유용한 모델이 된다.

연구의 한계점으로는 해외 사례의 모든 요소를 국내에 직접 적용하기 어려운 점과 제도적, 사회적 환경의 차이를 충분히 반영하지 못한 점이 있다. 추후 연구에서는 국내 환경에 적합한 세부 실행 방안을 마련하고, 지역사회와의 협력

방안을 구체화할 필요가 있다. 특히, 법적 체계의 개선과 이해관계자 간의 협력을 통해 습지 보전 활동의 효과성을 높이는 것이 중요하다.

앞으로 습지 관리를 위해 법적 체계 강화, 이해관계자 협력 강화, 데이터 기반 정책 수립, 체계적인 모니터링 및 평가, 재정적 및 기술적 지원 확대 등의 노력이 필요하다. 이를 통해 습지 보전 활동의 지속가능성을 확보하고, 개발과 보전 간의 균형을 맞추는 체계를 구축함으로써 내륙습지의 생태계를 유지 및 복원할 수 있을 것이다. 이러한 노력이 기후변화 완화, 생물 다양성 보전, 수질 개선, 자연 재난 저감 등 다양한 환경적 혜택을 증진시키는 데 기여할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 “기후위기에 대응 홍수방어능력 기술개발사업”의 지원을 받아 연구되었습니다.(2022003460002)

References

- Adame, MF, Arthington, AH, Waltham, N, Hasan, S, Selles, A, and Ronan, M (2019). Managing threats and restoring wetlands within catchments of the Great Barrier Reef, Australia, *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(5), pp. 829–839. [DOI:https://doi.org/10.1002/aqc.3096]
- Alvarado-Quesada, I, Hein, L, and Weikard, HP (2014). Market-based mechanisms for biodiversity conservation: a review of existing schemes and an outline for a global mechanism, *Biodiversity Conservation*, 23, pp. 1–21. [DOI:https://doi.org/10.1007/s10531-013-0598-x]
- Austen, E and Hanson, A (2007). An analysis of wetland policy in Atlantic Canada, *Canadian Water Resources Journal*, 32(3), pp. 163–178. [DOI:https://doi.org/10.4296/cwrj3203163]
- Austen, E and Hanson, A (2008). Identifying wetland compensation principles and mechanisms for Atlantic Canada using a delphi approach, *Wetlands*, 28(3), pp. 640–655. [DOI:https://doi.org/10.1672/07-170.1]
- Bang, SW, Yoon, IJ, and Shin, KE (2011). Analysis of U.S. mitigation banking system and its implications for wetland conservation management in Korea, *J. of Environmental Policy and Administration*, 19(1), pp. 1–21. [Korean Literature]
- Baggethun, EG, Tudor, M, Doroftei, M, Covaliov, S, Năstase, A, Onăreă, DF, Mierlă, M, Marinov, M, Dorosencu, AC, Lupu, G, Teodorof, L, Tudor, IM, Köhler, B, Museth, J, Aronsen, E, Johnsen, SI, Ibram, O, Marin, E, Crăciun, A,

- and Cioacă, E (2019). Changes in ecosystem services from wetland loss and restoration: An ecosystem assessment of the Danube Delta (1960–2010), *Ecosystem Services*, 39, 100965.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100965]
- Bendor, T (2009). A dynamic analysis of the wetland mitigation process and its effects on no net loss policy, *Landscape and Urban Planning*, 89(1–2), pp. 17–27.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.09.003]
- Bino, G, Kingsford, RT, and Brandis, K (2016). Australia's wetlands – learning from the past to manage for the future, *Pacific Conservation Biology*, 22, pp. 116–129.
[DOI:https://doi.org/10.1071/PC15047]
- Bruland, GL and Richardson, CJ (2005). Hydrologic, edaphic, and vegetative responses to microtopographic reestablishment in a restored wetland, *Restoration Ecology*, 13(3), pp. 515–523.
[DOI:https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00064.x]
- Burgin, S (2010). 'Mitigation banks' for wetland conservation: a major success or an unmitigated disaster?, *Wetlands Ecology and Management*, 18, pp. 49–55.
[DOI:https://doi.org/10.1007/s11273-009-9147-5]
- Clare, S, Krogman, N, Foote, L, and Lemphers, N (2011). Where is the avoidance in the implementation of wetland law and policy?, *Wetlands Ecology and Management*, 19, pp. 165–182.
[DOI:https://doi.org/10.1007/s11273-011-9209-3]
- Environmental Law Institute(ELI) (2002). *Banks and fees: the status of off-site wetlands mitigation in the United States*
- Gibbons, P and Lindenmayer, DB (2007). Offsets for land clearing: No net loss or the tail wagging the dog?, *Ecological Management & Restoration*, 8(1), pp. 26–31.
[DOI:https://doi.org/10.1111/j.1442-8903.2007.00328.x]
- Hamman, E (2019). Wetland restoration in Japan: What's law got to do with it?, *New Voices in Japanese Studies*, 11, pp. 47–73. [DOI:https://doi.org/10.21159/nvjs.11.03]
- Hostedde, BS, Walters, D, Powell, C, and Shrubsole, D (2007). Wetland management: An analysis of past practice and recent policy changes in Ontario, *Journal of Environmental Management*, 82(1), pp. 83–94.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.12.007]
- James, JB and Lovelock, CE (2019). Legal barriers and enablers for reintroducing tides: An Australian case study in reconverting ponded pasture for climate change mitigation, *Land Use Policy*, 88, 104192.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104192]
- John, S (2007). Wetlands mitigation: Retroactive application of Clean Water Act requirements to property destroyed by natural disasters, *William & Mary Environmental Law and Policy Review*, 31(3), pp. 861–891.
- Kim, YJ and Lee, SD (2009). Studies on problems and improvement of introducing no wetland loss, *J. of Environment Impact Assessment*, 18(4), pp. 235–243. [Korean Literature]
- Korea Environment Institute(KEI) (2006). *A study of policy for wetland conservation: with a focus on wetland banking*
- Korea Research Institute for Human Settlements(KRIHS) (2012). *Impact Mitigation Regulation of Germany and Its Policy Implications to Korea*
- Kozich, AT and Halvorsen, KE (2012). Compliance with wetland mitigation standards in the upper peninsula of Michigan, USA, *Environmental Management*, 50, pp. 97–105.
[DOI:https://doi.org/10.1007/s00267-012-9861-2]
- Lovelock, CE, Adame, MF, Bradley, J, Dittmann, S, Hagger1, V, Hickey, SM, Hutley, LB, Jones, A, Kelleway, JJ, Lavery, PS, Macreadie, PI, Maher, DT, McGinley, S, McGlashan, A, Perry, S, Mosley, L, Rogers, K, and Sippo, JZ (2022). An Australian blue carbon method to estimate climate change mitigation benefits of coastal wetland restoration, *Restoration Ecology*, 31(7), e13739.
[DOI: https://doi.org/10.1111/rec.13739]
- Maron, M, Brownlie, S, Bull, JW, Evans, MC, Hase, A, Quétiér, F, Watson, JEM, and Gordon, A (2018). The many meanings of no net loss in environmental policy, *Nature Sustainability*, 1, pp. 19–27.
[DOI:https://doi.org/10.1038/s41893-017-0007-7]
- Matsuzaki, SS, Kohzu, A, Kadoya, T, Watanabe, M, Osawa, T, Fukaya, K, Komatsu, K, Kondo, N, Yamaguchi, H, Ando, H, Shimotori, K, Nakagawa, M, Kizuka, T, Yoshioka, A, Sasai, T, Saigusa, N, Matsushita, B, and Takamura, N (2019). Role of wetlands in mitigating the trade-off between crop production and water quality in agricultural landscapes, *Ecosphere*, 10(11), e02918.
[DOI:https://doi.org/10.1002/ecs2.2918]
- Ministry of Environment(ME) (2022). *The 4th Basic Plan for Wetland Conservation 2023–2027*
- Moilanen, A, Jalkanen, J, Halme, P, Nieminen, E, Kotiaho, JS, and Kujala, H (2024). Monitoring in biodiversity offsetting, *Global Ecology and Conservation*, 54, pp. 30–39.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03039]
- Moser, K, Ahn, C, and Noe, G (2007). Characterization of microtopography and its influence on vegetation patterns in created wetlands. *Wetlands*, 27, pp. 1081–1097.
[DOI:https://doi.org/10.1672/0277-5212(2007)27[1081:COMAII]2.0.CO;2]
- Nakamura, K, Tockner, K, and Amano, K (2006). River and wetland restoration: Lessons from Japan, *BioScience*, 56(5), pp. 419–429.
[DOI:https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)056[0419:RAWRLF]2.0.CO;2]
- National Research Council(NRC) (2001). *Compensating for*

- wetland losses under the Clean Water Act*
- Natuhara, Y (2013). Ecosystem services by paddy fields as substitutes of natural wetlands in Japan, *Ecological Engineering*, 56, pp. 97–106.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.04.026]
- Rainey, HJ, Pollard, EHB, Dutson, G, Ekstrom, JMM, Livingstone, SR, Temple, HJ, and Pilgrim, JD (2015). A review of corporate goals of No Net Loss and Net Positive Impact on biodiversity, *Oryx*, 49(2), pp. 232–238.
[DOI: https://doi.org/10.1017/S0030605313001476]
- Robertson, M (2009). The work of wetland credit markets: two cases in entrepreneurial wetland banking, *Wetlands Ecology and Management*, 17, pp. 35–51.
[DOI:https://doi.org/10.1007/s11273-008-9096-4]
- Rogers, K, Boon, PI, Branigan, S, Duke, NC, Field, CD, Fitzsimons, JA, Kirkman, H, Mackenzie, JR, and Saintilan, N (2016). The state of legislation and policy protecting Australia's mangrove and salt marsh and their ecosystem services, *Marine Policy*, 72, pp. 139–155.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.06.025]
- Rubec, CDA and Hanson, AR (2009). Wetland mitigation and compensation: Canadian experience, *Wetlands Ecology and Management*, 17, pp. 3–14.
[DOI:https://doi.org/10.1007/s11273-008-9078-6]
- Ruhl, JB and Salzman, J (2022). No Net Loss? The Past, Present, and Future of Wetlands Mitigation Banking, *Case Western Reserve Law Review*, 73(2), pp. 411–439.
- Shoyama, K and Yamagata, Y (2014). Predicting land-use change for biodiversity conservation and climate-change mitigation and its effect on ecosystem services in a watershed in Japan, *Ecosystems Services*, 8, pp. 25–34.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.02.004]
- Spieles, DJ (2005). Vegetation development in created, restored, and enhanced mitigation wetland banks of the United States. *Wetlands*, 25, pp. 51–63.
[DOI:https://doi.org/10.1672/0277-5212(2005)025[0051:VDICRA]2.0.CO;2]
- Stefanakis, AI (2019). The role of constructed wetlands as green infrastructure for sustainable urban water management, *Sustainability*, 11(24), 6981.
[DOI:https://doi.org/10.3390/su11246981]
- Tanneberger, F, Schröder, C, Hohlbein, M, Lenschow, U, Permien, T, Wichmann, S, and Wichtmann, W (2020). Climate change mitigation through land use on rewetted peatlands – cross-sectoral spatial planning for paludiculture in northeast Germany, *Wetlands*, 40, pp. 2309–2320.
[DOI:https://doi.org/10.1007/s13157-020-01310-8]
- Teeffelen, AJA, Opdam, P, Wätzold, F, Hartig, F, Johst, K, Drechsler, M, Vos, CC, Wissel, S, and Quétier, F (2014). Ecological and economic conditions and associated institutional challenges for conservation banking in dynamic landscapes, *Landscape and Urban Planning*, 130, pp. 64–72.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.06.004]
- Vaissière, AC and Levrel, H (2015). Biodiversity offset markets: What are they really? An empirical approach to wetland mitigation banking, *Ecological Economics*, 110, pp. 81–88.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.01.002]
- Wissel, S and Wätzold, F (2010). A conceptual analysis of the application of tradable permits to biodiversity conservation, *Conservation Biology*, 24(2), pp. 404–411.
[DOI: https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01444.x]
- Zelnik, I and Germ, M (2023). Diversity of inland wetlands: Important roles in mitigation of human impacts, *Diversity*, 15(10), 1050.
[DOI:https://doi.org/10.3390/d15101050]