

기후변화 대응과 관련된 습지 활용사례 및 정책 개선방향

임정철* · 노백호***

*국립생태원 습지센터

**계명대학교 환경공학과

Improvement Considerations for Strengthening Wetland Policies with Case Studies Related to Climate Change Response Strategy

Jeongcheol Lim* · Paikho Rho**

*Wetland Center of National Institute of Ecology, Korea

**Dept. of Environmental Engineering, Keimyung University, Korea

(Received : 11 October 2024, Revised : 03 November 2024, Accepted : 03 November 2024)

요약

기후변화는 전 지구적으로 심각한 영향을 미치고 있으며, 습지는 탄소 격리와 생물다양성 보전 측면에서 기후변화 완화와 적응에 중요한 생태계로 인정받고 있다. 그러나 우리나라의 습지 정책은 기후변화 대응 전략과의 연계가 부족하여 그 잠재력을 충분히 활용하지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 우리나라 습지가 기후변화에 효과적으로 기여할 수 있는 정책적 개선 방향과 주요 전략을 제시하고자 한다. 이를 위해 국제사회의 기후변화 대응 노력과 주요 국가들의 습지 활용 사례를 분석하고, 우리나라 습지 정책의 현황과 문제점을 비교·검토하였다. 체계적인 문헌 고찰과 TACCC (Transparency, Accuracy, Consistency, Completeness, Comparability) 원칙에 근거한 연구 결과, 기후변화 대응과 습지 보전 정책의 통합적 접근의 필요성이 도출되었다. 특히, 습지의 탄소 격리 능력에 대한 과학적 평가와 이를 기반으로 한 정책 수립이 가장 시급한 것으로 나타났다. 본 연구에서는 다음과 같은 정책과제를 제안한다: (1) 기후변화 대응과 습지 보전 정책 수립에 있어 통합적 접근을 통해 습지를 국가 온실가스 감축 목표(Nationally Determined Contribution, NDC)에 포함하고, 통합적인 기후변화 대응 전략을 수립한다. (2) 과학적 데이터 기반의 습지 관리를 위해 습지의 상태와 변화를 지속적으로 모니터링하고, 탄소 흡수량 등 정량적 데이터를 구축한다. (3) 중앙정부와 지자체 간 협력 강화를 통해 지역 특성에 맞는 습지 보전 및 복원 전략을 마련하고, 지역 사회의 참여를 유도한다. (4) 자연기반해법(Nature-based Solutions, NbS)의 도입으로 습지의 기후변화 완화 및 적응 기능을 극대화한다. (5) 재정적 지원 확대와 전문 인력 양성을 통해 습지 보전 정책의 실행력을 높인다. 이러한 습지 정책 개선 전략은 우리나라의 기후변화 대응 역량을 강화하고, 국제사회의 노력에 동참하여 지속 가능한 습지 생태계 관리에 기여할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 온실가스인벤토리, 자연기반해법, AFOLU(Agriculture, Forestry, and Other Land Use), 탄소격리, 통합적 접근

Abstract

The impacts of climate change are being observed globally, and wetlands are known as important ecosystems for climate change mitigation and adaptation with carbon sequestration and biodiversity conservation. However, current wetland policies in Korea are poorly related to climate change response strategies and are not fully utilizing the potential of wetland capabilities. This study aims to suggest improvement considerations and major strategies for strengthening wetland policies with effective tools for climate change response. Case studies and literature reviews on the international efforts to respond to climate change and the use of wetlands in major developed countries are used to identify the key factors to establish wetland policies with consideration of current status and different wetland issues in Korea. Results of this study with systematic literature review and TACCC(Transparency,

*To whom correspondence should be addressed.

Dept. of Environmental Engineering, Keimyung University, Korea
E-mail : wildlife@kmu.ac.kr

• Jeongcheol Lim Wetland Center of National Institute of Ecology, Korea / limsu8002@nie.re.kr
• Paikho Rho Dept. of Environmental Engineering, Keimyung University, Korea / wildlife@kmu.ac.kr

Accuracy, Consistency, Completeness, Comparability) principles show that integrated approach on wetland policies to climate change response are needed. Based on the results, we propose the following policy recommendations. Firstly, carbon sequestration and storage are integrated through climate change response strategies and wetland conservation policies for national greenhouse gas reduction goals of Nationally Determined Contributions(NDC). Secondly, data-based wetland management should be implemented with scientific research, and wetland conditions and changes are continuously monitored, in particular quantitative data such as carbon absorption of wetlands are systematically collected. Thirdly, cooperating with central and local governments in wetland policies, public participation on wetland conservation are encouraged with establishment of wetland conservation and restoration strategies suitable for local characteristics. Fourthly, expanding the role of wetlands in climate change mitigation and adaptation strategies with incorporation of the Nature-based Solutions(NbS). Fifthly, the implementation capabilities of wetland conservation policies is enhanced by financial supports and training of wetland education and professionals. These wetland policies strengthens the ability of wetlands to respond to climate change effectively, and contribute to sustainable wetland ecosystem management by participating international efforts on wetland conservation and climate change.

Key words : Greenhouse Gas Inventory, Nature-based Solutions, AFOLU(Agriculture, Forestry, and Other Land Use), Carbon sequestration, Integrated approach

1. 서론

현재 기후변화는 전 지구적으로 심각한 영향을 미치고 있으며, 이는 생태계와 인간 사회에 다양한 도전과제를 안겨주고 있다. 기후변화는 기온 상승, 극한 기상 현상 증가, 해수면 상승 등 여러 형태로 나타나고 있으며, 이에 대한 대응이 시급하다(IPCC, 2014). 이러한 문제 해결을 위해 국제사회는 탄소 격리와 흡수 강화를 통한 기후 조절과 완화에 많은 관심과 노력이 이루어지고 있다. 특히, 탄소 저장 능력이 높은 습지와 산림 등의 생태계 관리의 중요한 연구 주제로 대두되고 있다(Lal, 2008; Mitsch and Gosselink, 2015). 이는 지속 가능한 미래를 위해 필수적인 과제로 인식되고 있으며, 다양한 분야에서의 연구와 정책 개발이 활발히 진행되고 있다(UNFCCC, 2021). 그러나 기후변화가 우리사회에 미치는 다양한 문제들의 심각성에 비해 우리나라를 비롯한 많은 국가의 대응 정책은 현실적으로 국민의 지지를 얻기에 부족한 면이 많은 실정이다(Bernauer and McGrath, 2016). 습지는 오래전부터 기후변화 완화와 적응에 중요한 역할을 하는 것으로 알려졌다(Nahlik and Fennessy, 2016). 그러나 지난 30년이 넘는 기간 동안 우리나라 습지 보전 정책을 견인하는 습지보전법과 습지보전 기본계획처럼 강력한 프레임워크 내에서도 생태계 보전을 제외한 기후변화 대응에 관한 혁신적인 성과 또는 실질적인 조치는 미미하였다.

전 세계적으로 습지 면적은 정의와 추정 방법에 따라 차이가 있으나 대략 육지 면적의 약 5~7%정도이다. 그러나 전 지구적 탄소순환에서 습지는 약 20~30%의 탄소저장고 역할을 하고 있다(Mitsch et al., 2013). 지구 전체의 토양 유기탄소 저장량 추정치가 1,550 Pg(Lal, 2008)인 것에 비해 습지에 455~700 Pg(Mitsch and Gosselink, 2015)의 탄소가 저장되어 있다는 것이다(1Pg=10¹⁵g). 맹그로브림과 같은 연안 습지는 열대우림보다 단위 면적당 탄소 저장 능력이 최대 5 배 높은 6~8 tCO₂/ha 정도로 알려져 있다. 이처럼 습지는 모든 육상 생태계 가운데 탄소 저장 밀도가 가장 높은 생태

계이기 때문에 생지화학적 탄소순환과 기후변화 완화에 상당한 잠재력이 있음을 보여준다(Kayranli et al., 2010; IPCC, 2019). 또한 습지는 지구온난화에 잠재적으로 영향을 미치는 것으로 알려진 대기 중 온실가스 농도(메탄 약 60%, 이산화탄소 약 20%, 아산화질소 약 2% 등) 조절에도 중요한 역할을 하고 있다(IPCC, 2007). 많은 과학자들은 상대적으로 낮은 지표면 점유율에도 불구하고 습지 생태계가 지구의 복사 강제력에 중요한 역할을 할 수 있다고 강조하고 있다(Whiting and Chanton, 2001; Frolking et al., 2006; Mitsch et al., 2013). 그러나 습지의 탄소 저장 및 흡수 능력은 전 지구적 온실가스 배출량에 비해 제한적이며, 단독으로 기후변화 문제를 해결하기에는 한계가 있다. 따라서 습지는 기후변화 완화 및 적응 전략의 중요한 요소이지만, 다른 부문과의 통합적인 노력이 필요하다.

습지는 희귀하고 멸종위기에 처한 종을 포함한 많은 생물 종에게 서식지와 번식지를 제공하여 생태계 건강성과 기능을 유지하는 데 필수적이다(Mitsch and Gosselink, 2015). 그러나 기후변화는 습지의 공간적 변화와 습지 내 물리·화학적 물질순환 구조를 전환시켜 다른 생태계 유형으로 변환시킬 수 있다(Ramsar Convention on Wetlands, 2018). 특히 강우와 지표유출수에 의존하는 많은 습지들은 건조와 급격한 수위 변화, 증발산량 증가, 폭우 등으로 인해 습지 고유의 안정적인 구조와 기능에 더 강한 강도와 높은 빈도로 영향을 받게 된다. 이로 인한 급격한 환경 변화는 생물서식에 부정적 영향을 미치며, 습지가 기후변화에 가장 취약한 생태계 중 하나로 평가되는 이유가 되기도 한다(Waddington et al., 2015). 또한, 습지 환경 변화는 습지 내 유기물 분해 속도를 증가시켜 장기적으로 탄소 손실을 증가시킬 수도 있다(Moore and Knowles, 1989; Lafleur, 2009). 기후변화로 인한 안정적인 서식지 감소는 생물다양성 감소로 이어져 생태계의 균형과 기능을 더욱 위협하고 있는 실정이다(WWF, 2020).

현재 인간 활동은 기후변화에 가장 큰 책임이 있는 것으로 간주된다(Bisht et al., 2020). 인간의 삶의 질 개선을 위한 경

제 개발은 종종 습지 손실의 대가로 이루어졌으며, 이는 인류가 직면한 가장 긴급한 문제 중 하나이다(Zedler and Kercher, 2005; Kingsford et al., 2021; Keith et al., 2022). 1700년 이후 전 세계 습지의 최대 87%가 사라졌으며, 최근 10년 동안 그 비율은 가장 높은 것으로 나타났다(Ramsar Convention on Wetlands 2018). 여러모로 중요한 습지 생태계가 축소되고 온전함을 상실하는 동시에 탄소를 격리하는 잠재력도 크게 감소하고 있다(Convention on Wetlands, 2021). 기후변화에 효과적으로 대응하기 위해서는 현재의 습지 보전 정책의 한계를 극복하고, 새로운 전략을 도입할 필요가 있다. 각종 자연환경 보전정책의 시대적 변화와 기후변화 추세와 영향을 고려한 새로운 습지 보전정책 마련을 통해 기존의 탄소 배출 억제와 미래의 탄소 흡수 강화 등 생태계 서비스의 회복력 증대가 필요하다(Moomaw et al., 2018). 이는 기후 변화의 영향을 완화하고, 생태계의 지속 가능성을 확보하는 데 필수적이다. 이를 위해 습지에 대한 다양한 조사, 연구, 생태계 모니터링 등과 함께 대중의 인식 증진과 국제적인 협력 강화 등 다양한 관점에서 구체적인 방안 마련이 필요하다(Prober et al., 2015; Finlayson et al., 2017).

습지는 탄소 흡수와 저장 능력으로 인해 기후 행동에서 막대한 잠재력을 지니지만, 글로벌 기후 변화 대응 의제에서는 그 중요성이 충분히 반영되지 않고 있다(Convention on Wetlands, 2021). 이러한 상황 속에서 파리협정에 따라 우리나라를 비롯한 기후변화협약(UNFCCC) 당사국들은 국가 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contributions)를 설정하고 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 가이드라인에 따라 국가 온실가스 인벤토리 보고서를 작성해야 한다. 국제사회와 국내에서는 기후변화 적응과 완화 전략에 습지의 보전과 체계적인 관리, 현명한 이용을 우선시하는 노력은 그 어느 때보다 중요해지고 있다. 그러나 우리나라의 습지 관리 및 보전 정책에서 정확한 국가 온실가스 인벤토리 산정을 위한 전략은 미흡한 실정이다. 또한, 습지가 국가 온실가스 감축목표에 효과적으로 기여할 수 있는 통합적 접근이나 관계 부처와 지자체 간의 협력 체계도 부족한 것이 사실이다.

이에 본 연구의 목적은 국제적인 사례와 데이터를 통해 습지가 기후변화 완화와 적응 수단으로서 가지는 잠재력과 한계를 파악하고, 이를 바탕으로 우리나라 습지가 기후변화에 효과적으로 기여할 수 있는 정책적 개선 방향과 주요 전략을 제시하는 것이다. 즉, 기후변화 완화와 적응의 수단으로서 습지를 활용함에 있어 필요한 구체적인 보전 및 관리 방법과 효과적인 수단을 제안하고자 한다. 이를 위해 주요 국가들의 NDC와 NbS(Nature-based Solutions) 수단으로서 습지 활용 사례, 기타 기후변화 대응 정책 등에 대해 주요 국가들의 현황을 살펴본다. 특히 우리나라 습지 정책이 기후 변화 대응에 얼마나 효과적인지 국제사회 동향과 비교하여 개선 및 보완 사항을 도출하고자 한다.

2 연구방법

본 연구는 습지 정책과 기후변화 대응에 관한 각국의 문헌

자료와 연구논문, 정책 현황 등을 분석하여 기후변화에 대한 주목할 만한 국내 습지 정책의 개선 과제와 주요 전략을 도출하고자 하였다. 체계적인 문헌 검토는 연구결과에 대한 높은 신뢰성을 보장할 수 있기 때문에 사전에 정의된 프로토콜에 따라 연구 편향을 최소화하고 리뷰의 포괄성과 재현성을 높일 수 있는 연구방법을 따랐다(Khan et al., 2003). 이를 위해 먼저, 기후변화에 따른 새로운 습지 정책에 관한 정보를 얻을 수 있도록 연구 질문을 명확히 하여 “기후변화”, “완화 및 적응”, “습지 정책”, “습지와 기후변화”, “환경정책” 등 여러 키워드를 도출하였다(Fig. 1). 관련 키워드를 이용하여 연구 데이터베이스(Google Scholar, Scopus Index Journals, Elsevier Science Direct, Springer 등)에서 관련 논문과 정책 보고서 등을 검색하였다. 특히, 기후변화에 따른 자연생태계에 관한 국제사회 동향과 국가별 정책, 습지의 탄소 저장 능력과 생태계 서비스 기능을 분석한 연구들을 중점적으로 검토하여, 습지가 기후변화 완화 및 적응에 미치는 영향을 재조명하였다(MEA, 2005; Mitsch and Gosselink, 2015; IPCC, 2021).

또한, 정책적 개선 방향을 제시하기 위해 기후변화에 대한 국제사회의 주요 대응 전략과 국내외 습지 보전 및 관리 사례를 비교 분석하였다. 습지와 기후변화 관련 국외 정책동향과 주요 국가의 습지 정책 사례 및 기후변화 대응 현황을 분석하였다. 현황분석과 함께 국제동향을 고려한 개선방향을 도출하기 위해, 국가 온실가스 인벤토리 작성과 연계한 TACCC(Transparency, Accuracy, Consistency, Comparability, Completeness) 원칙을 활용하였다. 국외 정책 사례는 최근 10년 이내 습지에 대한 자연기반해법을 마련하고, NDC에서 습지 부문을 제시한 유럽연합 포함 7개국을 대상으로 검토하였다. 한편, 국내 기후변화 대응책은 관련 법률과 국가 계획의 추진 과제를 확인하였으며, 습지 정책은 습지보전법과 4차례 수립된 국가 습지보전기본계획을 대상으로 하였다.

키워드와 관련된 모든 문헌을 검토하는 것은 불가능했기 때문에 2000년 이전의 자료, 정책 또는 전략 연구가 아닌 실험적 자료 등 관련성이 낮은 논문은 제외하였다. 주요 검토 자료는 (i) 글로벌 기후변화 영향과 기후변화 적응 및 완화 조치에 관한 문헌, (ii) 최근 환경정책의 패러다임 변화 사항과 관련된 문헌을 참고하였다. 관련 논문들은 연구 주제와 관련된 방법, 맥락, 이론 등을 검토하여 각 요소에 반영하였다. 이를 통해 기후변화에 대한 습지의 중요성을 재조명하고, 정책적 개선 방향을 제시함으로써 지속 가능한 생태계 관리와 기후변화 완화 및 적응에 기여할 것으로 기대한다.

3. 기후변화 대응 습지정책 국제동향

3.1 기후변화 대응 수단으로 자연기반해법의 이해와 활용

파리협정을 달성하기 위해서는 기존에 제출한 국가 NDC 목표를 3배 이상 늘려야 하고, 지구 온난화를 1.5°C 미만으로 유지하려면 NDC 목표를 5배 이상으로 조정해야한다(UNEP, 2022). 대기 중 이산화탄소 농도가 역대 최고치를

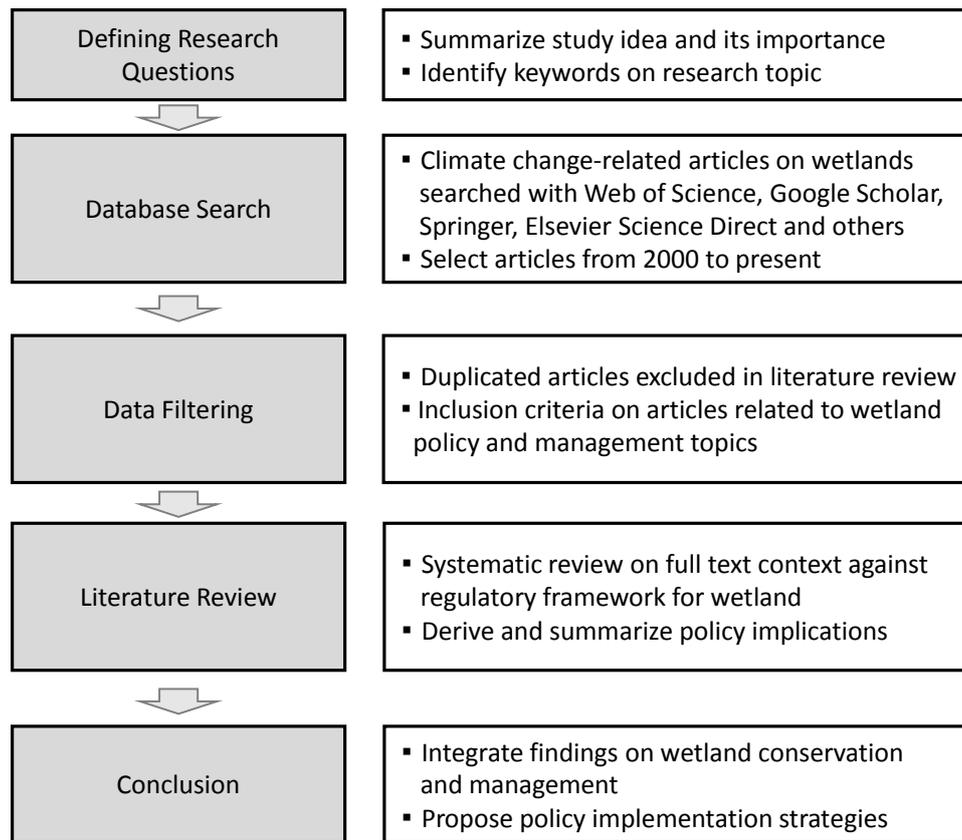


Fig. 1. Framework of the study process

기록하고 있는 지금, 기후변화 대응의 시급성은 그 어느 때보다 중요하다. 기후변화에 관한 정부 간 패널(IPCC)은 지구 온난화를 2°C 이하로 제한하기 위한 주요 시나리오에 화석연료 연소 및 토지 이용 활동과 같은 인간 활동에 의한 온실가스 배출 감축 외에도 대규모 이산화탄소 제거 방법의 사용을 가정하고 있다(Smith et al., 2016). 이 시나리오에서 중요하게 다루어지는 것은 자연 생태계가 제공하는 탄소 흡수 및 격리 능력이다(IPCC, 2019). 실제로, 산림, 농경지, 습지 등 다양한 토지 이용 부문은 인간 활동에 의해 발생하는 탄소를 흡수하고 격리함으로써 지구의 탄소 순환에 중요한 역할을 하고 있다.

전 세계적으로 토지이용 부문(LULUCF)의 배출량은 2013-2022년 기간 동안 평균 1.3±0.7GtC/yr(4.7±2.6Gt CO₂/yr)이지만, 자연 생태계가 흡수하고 격리시키는 온실가스는 이보다 훨씬 많은 3.3±0.8GtC/yr(총 CO₂ 배출량의 31%)에 달한다(Friedlingstein et al., 2023). 이는 2022년에 인위적으로 배출된 온실가스(11.1±0.8GtC/yr(40.7±3.2GtCO₂/yr))의 약 29%를 자연 생태계가 흡수하는 것으로서 자연 생태계가 기후변화 완화에 있어 얼마나 중요한 역할을 하는지를 잘 보여준다. 따라서 자연에 대한 관리 개선은 가장 성숙한 이산화탄소 제거 방법이며, 흡수원 증가와 배출량 감소의 시너지 효과로 대규모 기후변화 완화 성과를 기대할 수 있는 방법이다(Grassi and Dentener, 2015; Field and Mach, 2017).

기후변화 완화와 적응을 위한 자연생태 기반 해법인 자연

기반해법(Nature-based Solutions: NbS)이 최근 큰 주목을 받고 있는 것은 이러한 맥락에서 이해할 수 있다. NbS란 자연과 자연의 기능과 과정을 활용하여 사회적 과제에 대한 해결책을 제공하는 전략으로, 그 범위에는 생태계 보전 및 복원, 지속가능한 농림업, 그리고 도시 녹화 등이 포함된다(Griscom et al., 2017; CBD, 2020b; Seddon et al., 2020). NbS는 생태계의 탄소 흡수 및 격리 기능을 최대한 활용하여 기후변화 대응에 기여할 뿐만 아니라, 생물다양성 보전, 재해 예방, 식량 및 물 안보 제고 등 다양한 사회경제적 혜택을 제공한다. 특히 NDC 수립과 이행에 있어 NbS는 효과적인 수단으로 평가받고 있어, 향후 각국의 기후변화 대응 전략에서 그 비중이 더욱 커질 것으로 전망된다(Finlayson et al., 2019). NDC에 NbS를 이용하는 전략은 그 자체로도 2030년까지 목표 달성에 필요한 비용의 최소 1/3을 감당할 수 있을 것이라는 전망도 있다(Griscom et al., 2017). 파리협정의 일환으로 각국이 제출한 2025년 또는 2030년 배출 목표와 NDC에서 160개국 중 38개국은 자연(토지 부문)을 이용한 완화 기여도를 구체적으로 명시하고 있다(Forsell et al., 2016). 그 밖의 국가들도 구체적이진 못하지만 NDC 목표 달성을 위해 자연을 중요한 완화 수단으로 제시하고 있다는 것은 중요한 사실이다.

3.2 습지의 기후변화 완화 잠재력 평가 및 국제동향

습지는 토지이용, 토지이용변화 및 임업(LULUCF) 분야

중에서도 상대적으로 작은 면적을 차지하지만 탄소 격리(흡수-저장) 능력이 높아 기후변화 대응에 중요한 생태계로 간주된다(Lolu et al., 2020). 습지는 대기 중의 이산화탄소를 흡수하여 식물과 토양에 탄소를 저장함으로써 전 지구적 탄소 순환에 기여한다. 그러나 습지가 제공하는 생태계서비스가 모든 자연 생태계가 제공하는 금전적 가치의 43.5%를 차지할 정도로 높다고 평가(Davidson et al., 2019)되고 있음에도 불구하고, 습지의 광범위한 기후 완화 잠재력은 기후변화 대응 정책 마련 및 관련 제도 개선에 있어 충분히 반영되지 못하고 있다(Anisha et al., 2020).

이러한 상황을 인식한 국제사회는 습지의 중요성을 재조명하며, 기후변화 대응 전략에 습지를 적극적으로 포함시키고 있다. 람사르협약(Ramsar Convention)은 습지 복원, 수질 정화, 지속 가능한 수자원 관리 등을 통해 탄소 흡수 능력 강화와 기후변화 적응력이 증진될 수 있음을 강조하고 있다(Ramsar Convention on Wetlands, 2018). IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)도 습지의 보존과 현명한 이용이 막대한 탄소 격리 잠재력을 실현하고 국가 NDC를 달성하기 위한 약속과 의무를 이행하는 데 도움이 될 수 있다고 강조하고 있다(IPCC, 2021). 생물다양성 협약(Convention on Biological Diversity, CBD) 또한 습지 보전이 생물다양성 목표 달성에 필수적임을 강조하고 있다(CBD, 2020a). CBD는 2030년까지 생물다양성 보전 목표를 달성하기 위한 Aichi 목표달성을 위해 전략과 행동계획(National Biodiversity Strategies and Action Plans, NBSAPs) 개발을 권장하고 있으며, 많은 국가들이 목표 달성 수단으로서 습지 생태계를 포함하고 있다(CBD, 2020a). 이처럼 최근에 국제사회는 습지를 기후변화로 인한 극한 기상 현상과 생태계 파괴를 예방하고 생물다양성을 유지하며 지역 사회의 지속 가능한 발전을 지원하는 중요한 수단으로 인정하고 있다(MEA, 2005; Davidson et al., 2019).

습지가 생태계 및 생물다양성 보전과 기후변화 대응에 있어 매우 중요한 수단이라는 것에 대한 이견은 없다(Nahlik and Fennessy, 2016; Seddon et al., 2021). 이러한 국제사회의 분위기에 따라 각 국가는 습지를 이용한 기후변화 대응 능력 강화를 위해 다양한 제도적 지원과 과학적 데이터 기반의 정책 개발을 지속해 나가고 있다(Ramsar Convention on Wetlands, 2018). 그러나 기후 변화에 따른 국제사회의 정책적 흐름과 국가별 습지관리에는 많은 격차가 있다. 람사르협약도 당사국별 습지 정책 개발을 권장하고 있지만 2018년까지도 140개 당사국 중 73개국만이 그러한 정책을 마련하였고, 18개국은 준비 중인 상태이다(Ramsar Convention on Wetlands, 2018). 국가 습지 정책의 부족은 습지와 관련하여 국가 수준에서 기후 변화를 해결 할 수 있는 기회를 제한하게 된다. 따라서 과학자, 관리자, 정책 입안자는 이 격차 해소를 위해 함께 노력해야 하며, 국제사회와 국가, 지역까지 모든 수준에서 기존의 습지와 기후 변화에 관한 법과 제도 내에서 기회를 찾아 습지를 관리하는 것이 필요하다.

특히, 기후변화 대응 전략에서 습지의 잠재력이 여전히 충

분히 활용되지 못하고 있는 것에 대해 IPCC와 람사르협약 등 국제사회는 습지의 정확한 온실가스 인벤토리 산정을 위한 각 국가가 다양한 정책적 노력을 이행 할 것을 요구하고 있다. 그 중에서 습지의 상태와 변화를 지속적으로 모니터링하고 데이터베이스화하여 기후변화 대응 전략의 기초 자료로 활용하는 활동자료의 구축과 지속적인 업데이트는 가장 우선 시되는 정책 중 하나이다(IPCC, 2019). 활동자료 구축 및 온실가스 인벤토리 작성을 위해 TACCC 원칙에 따라 투명하고 일관된 자료의 확보가 필요하다. 국가 공식통계와 주기적인 활동자료 발간이 요구되며, 국가간 또는 행정구역간 비교 가능한 자료를 생산하는 것이 중요하다. IPCC에서는 정확성을 높이고 전구를 대상으로 온전한 활동자료를 구축하는 것을 강조하고 있다. 활동자료는 습지의 토지이용 변화를 장기적이고 체계적으로 관리하기 위해 토지이용 변화 매트릭스로 구축하고, 이를 통해 습지의 변화를 정량적으로 평가할 수 있도록 해야 한다(IPCC, 2006). 또한, 바이오매스, 토양, 고사목, 유기물 등 분야별로 흡수량과 배출량을 정량화 하는 국가 고유계수 개발 정책의 필요성과 중요성도 강조되고 있다. 내륙습지 부문에서는 수체 표면에서 대기 중으로 확산되는 CO₂, CH₄ 등의 온실가스에 대한 국가 고유계수 개발도 필요하다. 이러한 계수 개발은 습지에서의 정확한 탄소 저장 및 배출량을 산정하고, 이를 기반으로 기후변화 적응과 대응에 적절한 습지 정책을 개발할 수 있다(Longi, 2012).

나아가, 습지의 탄소 저장 능력을 확충하기 위한 정책을 수립하고 기후변화 완화에 대한 습지의 기여도를 확대하는 것도 중요 정책으로 간주되고 있다(TEEB, 2010). 이를 위해 각 국가는 습지 교육 및 인식 제고 활동을 강화하고, 지자체, 기업, 일반 시민이 관련 활동에 참여 할 수 있는 프로그램 개발에 적극적으로 나서고 있다(Ramsar Convention on Wetlands, 2018). 습지의 가치와 중요성에 대한 교육, 습지 생태계 복원, 탄소흡수 증진 프로젝트 참여, 습지 보전 인센티브 제공, 지자체 및 기업 등과의 협력체계 구축을 통한 지속 가능한 습지 관리 동참 지원 등은 각국이 습지를 기후변화 대응에 활용하는 수단들 중 일부이다. 이러한 국제적 동향을 고려할 때, 우리나라도 기후변화 대응 수단으로서 습지의 중요성을 재인식하고, 기후변화 대응과 연계한 통합적 습지 정책을 수립하여 글로벌 노력에 동참해야 할 것이다.

3.3 국가별 습지 정책 사례와 기후변화 대응

기후변화 대응에 있어 습지를 이용한 각 국가별 정책은 국가별 환경 특성과 사회·경제적 현황에 따라 다양한 형태와 수준으로 나타난다. 실제로 기후변화 대응을 위한 NDC와 NbS 전략 속에서 습지 이용 전략은 다양한 형태로 제시되고 있다. 예를 들어, 호주는 기후변화 대응의 일환으로서 습지 보전을 위한 법적 프레임워크를 강화하고, 국가 습지 정책을 통해 습지의 생태적 기능을 유지하고 복원하는 데 중점을 두고 있다(Table 1). 또한, 습지의 탄소 저장 능력을 평가하고 이를 기후변화 완화 전략에 통합하고 있다(DEWHA, 2008). 브라질은 아마존 습지를 보호하고 복원하여 탄소 격리 능력

을 강화하고 있다. 캐나다는 기후변화 대응 목표를 달성하기 위해 이탄지 보존 및 복원에 중점을 두고 있으며, 중국은 초기 2000년대부터 광범위한 습지 복원 프로젝트를 통해 기후변화 대응을 추진하고 있다. 유럽연합(EU)은 그린딜(Green Deal)과 생물다양성 전략의 일환으로 습지의 탄소저장 능력 강화를 위한 복원을 주요 활동으로 설정(European Commission, 2020; European Environment Agency, 2020; EEB, 2022)하고 있다. 유럽이 추진 중인 습지의 농지 전용 최소화 및 매립된 습지 복원과 같은 프로그램은 유럽 외에 많은 국가에서도 추진되고 있다(Convention on Wetlands, 2021). 미국은 에버글레이즈(Everglades) 습지 복원과 같은 대규모 습지 복원 프로젝트를 통해 탄소 격리 능력 및 생물다양성 증진, 홍수 방지 등을 강화하고 있다(Jerath et al., 2016). 특히, 최근에는 Wetland Reserve Enhancement Partnership(WREP), Wetland Mitigation Banking Program(WMBP)처럼 다양한 형태의 습지 복원 프로젝트가 시행되고 있으며, 습지의 기후변화 대응과 적응 능력을 극대화하고, 생태계 서비스를 복원하는 데 중점을 두고 있다(Mitsch et al., 2013, USDA NRCS, 2024).

이처럼 많은 국가가 습지 복원과 보전을 기후변화 대응 전략의 중요한 부분으로 인식하고 있지만, 실제로 습지 복원을 통한 온실가스 배출량 감소에 대한 구체적인 정량 목표를 설정한 국가는 드물다. 이러한 노력은 주로 정책적 방향 설정이나 개별 프로젝트 수준에 머물러 있다(Moomaw et al.,

2018). 실제로 기후변화 대응을 위한 NDC에서 산림, 농경지, 정주지, 초지, 습지 등의 토지이용에 대해 언급하고 있으나, 습지 복원을 통한 온실가스 배출량 감소에 대한 구체적인 정량적인 목표를 설정한 국가는 아직 드물다(Richards et al., 2016; UNFCCC, 2024). 이는 습지 생태계의 복잡성과 이로 인한 과학적, 정책적 불확실성 때문이며, 이러한 불확실성의 해소를 위해서는 습지 보전 및 복원에 관한 보다 체계적인 연구와 데이터 구축을 통해 습지의 역할을 보다 명확히 인식하고 체계적으로 기후변화 완화 전략을 수립할 필요가 있다.

4. 국내 습지정책 현황분석 및 개선방향

4.1 기후변화 대응 정책과 내륙습지 연계 전략

우리나라는 기후변화 대응을 위한 여러 법적 기초를 마련하고 있다. 그중 대표적인 법은 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(2021)이다. 이 법은 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 법적 체계를 구축하고, 국가 차원의 기후위기 대응을 촉진하는 목표를 가지고 있다. 또한, 이 법은 국가 온실가스 감축 목표(NDC)와 탄소중립 목표 달성을 위해 탄소 배출권 거래제와 지속가능한 녹색성장 정책을 포함하고 있어 국가 기후변화 정책의 핵심적인 법적 기반을 구성하고 있다(Kwon et al., 2014).

Table 1. Role of wetlands for mitigation or adaption tools in NDC and NbS strategies

Country	Wetlands Utilization Strategy in NDC(UNFCCC, 2024)	NbS Involvement with Wetlands
Australia	Wetland restoration integrated into carbon farming and emissions reduction initiatives	Emphasizes the maintenance and restoration of wetland ecosystems, which play a critical role in carbon sequestration and biodiversity conservation (Kingsford, 2011; Finlayson et al., 2017).
Brazil	Focus on protecting and restoring the Amazon wetlands to enhance carbon sequestration	Efforts focus on protecting and restoring critical wetlands like the Amazon rainforest and Pantanal to enhance carbon absorption (Penailillo Burgos et al., 2023).
Canada	Focus on peatland preservation and restoration to meet climate targets	Integrates wetland conservation into its national climate strategy through the Pan-Canadian Framework on Clean Growth and Climate Change, with a focus on preserving and restoring peatlands crucial for carbon storage (Government of Canada, 2023).
China	Restoration of degraded wetlands and expansion of wetlands for carbon sinks and biodiversity	Since the early 2000s, has implemented extensive wetland restoration projects as part of its national strategy to address climate change (Sun et al., 2014; Jiang et al., 2024).
European Union	Restoration of peatlands and wetlands as part of the Biodiversity Strategy and Green Deal	The European Green Deal and Biodiversity Strategy emphasize the restoration and protection of wetlands as key actions, with a focus on enhancing carbon sequestration through wetland restoration (European Commission, 2019; Maes et al., 2020).
India	Wetlands conservation as part of broader ecosystem-based approaches to climate resilience	Focuses on the preservation and sustainable management of wetlands that play a critical role in carbon sequestration and biodiversity conservation (Bassi et al., 2014; Yadav and Goyal, 2022).
United States	Wetland restoration is included in climate mitigation strategies	Enhances carbon sequestration and ecosystem services through large-scale wetland restoration projects, focusing on improving flood control, preserving biodiversity, and enhancing carbon sequestration capabilities (Moomaw et al., 2018).

산림청에서는 산림의 탄소흡수 기능을 유지하고 증진시킬 목적으로 「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」을 제정하고, 최근까지 3차례에 걸쳐 「탄소흡수원 증진 종합계획」을 마련하였다. 이 외에도 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」(2012), 「재생에너지 3020 이행계획」(2017), 「에너지 기본법」(2021) 등은 온실가스 감축과 재생에너지 확대를 위해 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 내륙습지의 보호와 복원을 통한 기후변화 대응 전략은 상대적으로 소홀하게 다뤄지고 있다.

따라서 내륙습지의 중요성을 재인식하고, 이를 기후변화 대응 전략에 적극적으로 포함시키는 노력이 필요하다. 우리나라는 현재 다양한 기후변화 대응 계획과 습지 보전 정책을 수립하여 시행하고 있다. 대표적으로 「제2차 국가 기후변화 대응 기본계획(2020-2040)」, 「제3차 국가 기후변화 적응대책(2021-2025)」, 그리고 「제4차 습지보전기본계획(2023-

2027)」이 있다. 「제2차 국가 기후변화 대응 기본계획」은 2050년 탄소중립 달성과 온실가스 감축을 목표로 설정하고 있다. 주요 이니셔티브로는 에너지 전환과 효율 개선, 산업 부문의 온실가스 감축, 교통 및 물류 시스템의 개선, 건물 및 도시 개발, 농림업 관리, 수자원 관리 및 해양 보호 등이 포함되어 있다. 그러나 이 계획에서 습지 등 생태계의 보호와 복원을 통한 기후변화 대응 전략은 상대적으로 소홀하게 다뤄지고 있다. 「제3차 국가 기후변화 적응대책」은 기후변화로 부터 사회와 생태계를 보호하는 것을 목표로 한다. 주요 이니셔티브로는 재난 및 기후 위험 관리 강화, 건강 및 복지 향상, 기후변화 영향 및 취약성 평가, 적응 역량 및 정책 지원 강화 등이 있다(Lee et al., 2022). 이 계획에서도 생태계의 보호와 복원을 강조하지만, 습지에 대한 구체적인 적응 전략은 미흡한 실정이다. 반면에 「제4차 습지보전기본계획」은 습지 생태계의 보전과 생태계 서비스 향상을 목표로 하며,

Table 2. Comparative analysis of major climate change response strategies and wetland conservation policies

Category	2nd National Climate Change Response Plan (2020-2040)	3rd National Climate Change Adaptation Plan (2021-2025)	4th Wetland Conservation Basic Plan (2023-2027)
Goal	Carbon neutrality by 2050, greenhouse gas emission reduction	Protection of society and ecosystems through climate change adaptation	Wetland conservation and enhancement of ecosystem services
Key Initiatives	<ul style="list-style-type: none"> Setting and achieving carbon neutrality goals Energy transition and efficiency improvement Greenhouse gas reduction in the industrial sector Improvement of transportation and logistics systems Building and urban development Agricultural and forestry management Water management and marine protection Disaster and climate risk management Health and welfare improvement Strengthening international cooperation 	<ul style="list-style-type: none"> Climate change impact and vulnerability assessment Strengthening adaptation capacity and policy support Enhancing disaster and climate risk management Strengthening health and safety management Enhancing adaptation in agriculture, forestry, and fisheries, and food security Protecting and restoring ecosystems Securing climate resilience in cities and land management Enhancing adaptation in the industrial and energy sectors Developing adaptation infrastructure and technology 	<ul style="list-style-type: none"> Conservation and restoration of wetland ecosystems Strengthening the carbon absorption function of wetlands Promoting wetland biodiversity Establishing a scientific basis for wetland management Legal and institutional support for wetland protection Strengthening wetland-related education and public awareness Expanding cooperation and participation with local governments Strengthening international cooperation and information sharing Strengthening wetland policies for climate change response Establishing wetland management monitoring and evaluation systems
Ecosystem Health Maintenance Strategy	Protecting ecosystems through greenhouse gas reduction	Monitoring and restoring ecosystem changes	Strengthening restoration and protection of wetland ecosystems
Climate Change Adaptation Approach	Adaptation strategies in the industrial and energy sectors	Developing ecosystem and community adaptation measures	Strengthening wetland functions for climate change mitigation and adaptation
Specialized Strategy	Promoting renewable energy and green industry innovation	Establishing disaster prevention systems and localized adaptation plans	Expanding wetland restoration projects and strengthening carbon sink functions
Implementation Plan	Emissions trading system, promoting energy transition	Adapting in the ecosystem and agriculture sectors, expanding citizen participation	Expanding wetland protected areas, citizen participation in monitoring

탄소 흡수 기능 강화와 기후변화 대응력 증진을 주요 이니셔티브로 포함하고 있다. 구체적으로는 습지 생태계의 보전 및 복원, 생물다양성 증진, 습지 관리의 과학적 기반 구축, 법적·제도적 지원 강화, 교육 및 인식 제고, 지자체와의 협력 강화 등이 있다. 이는 습지의 기후변화 완화 잠재력을 인식하고 이를 정책에 반영하려는 긍정적인 움직임으로 평가할 수 있다 (Table 2).

그러나 이러한 개별 정책들이 존재함에도 불구하고, 국가 차원의 통합적인 기후변화 대응 전략에서 습지의 역할은 아직 충분히 반영되지 못하고 있다. 습지와 각 정책 간의 연계성이 부족하고, 습지의 탄소 격리 및 흡수 기능을 극대화하기 위한 구체적이고 정량적인 실행 방안이 미흡한 것으로 판단된다. 이는 내륙습지가 탄소 격리 및 기후변화 완화에 미치는 잠재적 역할에 대한 인식과 연구가 부족하기 때문으로 판단된다.

따라서 습지의 탄소 격리 및 흡수 기능을 정확하게 평가하기 위한 국가 차원의 연구와 데이터 구축이 시급하다. 이를 통해 습지를 국가 온실가스 감축 목표(NDC)에 포함시키고, 보다 효과적인 기후변화 대응 전략을 수립할 수 있을 것이다 (Jeong, 2010; Wedding et al., 2021). 또한, 습지 보전 및 복원을 촉진하기 위한 법적·제도적 기반을 강화하고, 각종 기후변화 대응 계획과 습지 보전 정책 간의 연계를 강화하여 통합적인 접근이 필요하다. 이와 함께, 습지의 중요성에 대한 국민적 인식 제고와 지역 사회의 참여를 유도하기 위한 교육 프로그램과 홍보 활동도 확대해야 한다. 이러한 노력을 통해 내륙습지를 활용한 기후변화 대응 능력을 강화하고, 국제사회와의 협력에서도 주도적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

4.2 국내 습지정책 현황분석

우리나라의 습지 보전 정책은 1999년 「습지보전법」 제정을 기점으로 지속적으로 발전해왔다. 주요 정책은 습지보호지역의 지정과 관리를 통해 습지 생태계의 건강성을 유지하고 생물다양성을 보호하는 데 중점을 두었다(Kim, 1996). 이를 위해 5년 주기의 습지보전 기본계획이 수립·시행되고 있다.

제1차 습지보전 기본계획(2007-2011)은 습지를 ‘개발 대상’에서 ‘보전 및 지속가능한 이용과 관리’의 대상으로 전환하고, ‘인간과 습지의 조화로운 공존’을 주요 목표로 삼았다(MOE, 2007)(Table 3). 이를 통해 습지의 훼손과 소실을 방지하고, 생물다양성 등 생태적 가치가 우수한 습지를 체계적으로 관리하고자 하였다. 주요 내용으로는 습지보호지역 지정 확대, 생물다양성 조사를 통한 기초 보전 활동, 국민 인식 제고 등이 포함되었다.

제2차 습지보전 기본계획(2012-2016)은 이전 계획과 마찬가지로 ‘습지 보전’과 ‘현명한 이용’의 조화를 강조하며, ‘습지의 생태 가치 재창출’을 목표로 설정하였다(MOE, 2012). 이를 위해 습지 복원과 통합 관리 시스템 구축, 연구와 모니터링 강화 등이 이루어졌다. 과학적 습지 조사와 체계적 관

리를 통해 정책 수립에 과학적 기반을 마련하고, 지속가능한 관리 체계를 강화하여 습지 생태계의 건강성과 생물다양성 보전에 기여하였다(Kim et al., 2013).

제3차 습지보전 기본계획(2018-2022)은 습지 조사 선진화와 결과의 활용성 강화를 주요 목표로 설정하였다(MOE, 2018). 이 계획은 ‘과학적 조사와 효율적 관리로 습지의 지속가능성 확보’를 기본 정책 방향으로 삼았다. 주요 전략으로는 최신 기술 도입을 통한 습지 조사 선진화, 조사 결과의 체계적 관리와 정책 활용을 위한 데이터 관리 및 활용 강화, 관리 주체 간 협력을 통한 습지 관리 체계 개선, 국민 인식 제고를 위한 교육 및 홍보 강화, 국제 협력을 위한 글로벌 네트워크 참여 등이 포함되었다. 그러나 이 계획에서는 기후변화 대응과 관련된 구체적인 내용이 포함되지 않아 습지의 기후변화 완화 및 적응 기능을 정책에 반영하지 못했다는 한계가 있었다.

제4차 습지보전 기본계획(2023-2027)은 이러한 한계를 보완하고자 기후변화 대응 전략과 습지 보전의 통합을 목표로 삼았다(MOE, 2023). 이 계획의 기본 정책 방향은 ‘기후변화에 대응하는 지속가능한 습지 관리’로 설정되었다. 주요 전략으로는 습지의 탄소 격리 능력을 과학적으로 평가하고 이를 기후변화 완화 전략에 적극 반영하는 ‘습지의 탄소 흡수원 기능 강화’, 습지의 상태와 변화를 지속적으로 모니터링하여 데이터베이스화하고 정책 수립과 평가에 활용하는 ‘습지 생태계 모니터링 시스템 구축’, 지자체와의 협력을 통해 지역 특성에 맞는 습지 관리와 복원 전략을 수립하고 지역 주민의 참여를 확대하는 ‘지역사회와의 협력 강화’, 습지의 기후변화 완화 기능을 인정하고 지원하기 위한 법적 근거를 마련하여 통합적인 관리 체계를 구축하는 ‘법적·제도적 기반 강화’, 국민과 지역사회를 대상으로 습지의 중요성에 대한 교육과 홍보를 강화하여 인식을 제고하는 ‘교육 및 인식 제고’ 등이 포함되었다.

그러나 우리나라의 습지 정책은 기후변화 대응 측면에서 수정·보완이 필요하다. 습지 부문의 활동자료가 TACCC 원칙에 부합하지 않거나, 기후변화 대응 정책과 습지 보전 정책이 별도로 운영되어 정책 간 일관성이 부족한 실정이다. 투명성(Transparency)을 위해 습지 거버넌스를 확충하는 것이 필요하며, 부처간 협력이 선행되어야 한다. 습지보전법과 습지보전 기본계획에 기후변화 대응 방안이 명시적으로 포함되어 있지 않으며, 이로 인해 온전성(Completeness)과 일관성(Consistency)을 충족시킬 수 있는 실질적인 정책 수단이 나 예산이 부족하다. 습지 부문 온실가스 인벤토리 산정량의 비교 가능성(Comparability) 및 정확성(Accuracy)을 위한 지역사회 참여방법의 실효성 미흡 등의 문제도 남아 있다. 특히 중앙정부 중심의 정책 추진으로 인한 지역 특성 반영의 한계와 습지 관련 일관성 있고 비교 가능하며 정확한 데이터의 부족이 해결되어야 할 과제로 지적되고 있다.

따라서 우리나라의 습지 정책은 다음의 몇 가지 문제점을 안고 있는 것으로 판단된다. 첫째, 기후변화 대응 정책과 습지 보전 정책의 연계성 부족이다. 「습지보전법」과 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」이 각각 별도

로 운영되고 있지만, 이들 법률을 통해 습지의 기후변화 완화 및 적응 기능을 통합적으로 활용할 수 있는 정책적 연계가 부족하다. 이는 습지의 탄소 격리 능력과 기후변화 완화 잠재력에 대한 인식과 연구의 부족으로 이어져, 습지를 활용한 기후변화 대응 전략 수립에 한계를 초래하고 있다(Lee, 2021). 제2차 기후변화대응 기본계획과 제3차 국가 기후변화 적응대책에서 생태계 변화 모니터링이 강조되고 있다(MOE, 2020; MOE, 2021). 그러나 제4차 습지보전 기본계획은 습지 생태계 건강성 유지와 복원에 중점을 두면서도 기후변화 대응을 위한 습지 생태계 모니터링 계획에 관한 전략과 통합적 접근은 미흡하다(MOE, 2023). 또한, 제3차 습지보전 기본계획까지의 습지 정책은 주로 습지의 분포 현황과 생물다양성 등 기초 데이터 수집에 초점을 맞추고 있어 기후변화 완화 및 적응 측면의 정책이 부족했다. 제4차 습지보전 기본계획에서 기후변화 대응을 위한 새로운 노력들이 추가되기 시작했지만, 기후변화 대응에 필요한 과학적이고 구체적인 데이터 수집과 정책 효과를 모니터링하고 평가하는 시스템 등의 부족은 여전히 해결해야 할 과제이다(Kwon and Choi,

2009).

둘째, 중앙정부 중심의 정책 추진으로 지역 특성을 반영하는데 한계가 있다. 습지 관리와 보전은 지역의 생태적, 사회적, 경제적 특성을 고려해야 하지만, 중앙정부의 정책 수립과 집행으로 지역의 습지환경이나 사회경제적 여건을 충분히 반영하지 못하고 있다(Yook, 2013). 이는 지역 주민의 참여 부족과 정책 실행의 실효성 저하로 이어진다. 습지의 기후변화 완화와 적응 기능에 대한 명확한 인식과 실천 방안이 부족하며, 지자체 차원에서의 습지 보전 정책 및 관리 역량도 미흡한 수준이다. 습지보전법은 중앙정부 주도의 정책 추진 체계를 갖고 있어 지자체의 참여와 역할이 제한적이다. 따라서 향후 기후변화 대응을 위한 효과적인 습지 정책 수립과 이행을 위해서는 국가 차원의 통합적이고 체계적인 접근이 필요하다.

셋째, 재정적 지원과 전문 인력의 부족이다. 습지 보전과 복원을 위한 재정적 지원이 충분하지 않아 정책 실행에 한계를 보이고 있다(Kim et al., 2013). 예산 부족은 습지 복원 사업의 규모와 지속성에 영향을 미치며, 필요한 시설과 장비

Table 3. Historical evolution of national wetland conservation plan and its major contents

Stage	Major Contents
First Plan (2007–2011)	<ul style="list-style-type: none"> Expansion of Designation of Wetland Protected Areas: Strengthening management by designating ecologically important wetlands as protected areas Conducting Biodiversity Surveys: Basic surveys to understand the current status of species in wetlands Raising Public Awareness: Enhancing public awareness of the importance of wetlands through education and publicity Establishment of Legal Basis: Securing the grounds for policy implementation through the enforcement of the Wetland Conservation Act
Second Plan (2012–2016)	<ul style="list-style-type: none"> Promotion of Wetland Restoration Projects: Restoring degraded wetlands to recover ecosystem functions Establishment of Integrated Management Systems: Developing systems for systematic management and sharing of wetland information Strengthening Research and Monitoring: Expanding research and monitoring for long-term tracking of wetland changes Promotion of Wise Use: Developing sustainable use plans such as ecotourism Strengthening International Cooperation: Participating in international cooperative activities like the Ramsar Convention
Third Plan (2018–2022)	<ul style="list-style-type: none"> Advancement of Wetland Surveys: Increasing survey efficiency by introducing the latest technologies such as drones and remote sensing Strengthening Data Management and Utilization: Establishing national wetland databases and expanding information disclosure Improvement of Wetland Management Systems: Promoting integrated management by strengthening cooperation among related ministries and agencies Education and Raising Awareness: Developing wetland education programs linked with school education Strengthening International Connectivity of Wetland Policies: Establishing policies that align with international trends
Fourth Plan (2023–2027)	<ul style="list-style-type: none"> Strengthening the Function of Wetlands as Carbon Sinks: Evaluating wetlands' carbon sequestration capacity and reflecting it in climate change mitigation strategies Establishment of Wetland Ecosystem Monitoring Systems: Collecting and utilizing data through continuous monitoring Strengthening Cooperation with Local Communities: Promoting wetland management suited to regional characteristics through cooperation with local governments Strengthening Legal and Institutional Foundations: Revising laws and expanding support for wetland conservation Expansion of Education and Promotional Activities: Strengthening education programs and campaigns for public participation Establishment of Integrated Management Systems: Enhancing connectivity with other environmental policies such as water resource management

의 확보에도 어려움을 초래한다. 특히, 지방자치단체의 경우 재정 자립도가 낮은 지역이 많아 중앙정부의 지원 없이 독자적으로 습지 보전 사업을 추진하기 어려운 실정이다. 이로 인해 지역별로 습지 관리의 편차가 발생하며, 국가 차원의 통합적인 습지 보전이 어려워지고 있다. 또한, 전문 인력의 부족은 과학적 관리와 모니터링의 미흡으로 이어진다. 습지 생태계는 복잡하고 전문적인 지식을 필요로 하기 때문에, 이를 담당할 수 있는 생태학자, 환경 공학자, 정책 전문가 등의 인력이 충분히 확보되어야 한다. 그러나 현재 인력 수급이 원활하지 않아 전문성 있는 관리와 연구가 제한적이며, 이는 정책의 효과성과 지속가능성에 부정적인 영향을 미친다(Kim et al., 2013).

넷째, 지역 사회의 참여와 인식 부족이다. 습지의 중요성에 대한 국민적 인식이 부족하고, 지역 사회의 참여를 유도하는 프로그램이 미흡하여 지속 가능한 관리가 어렵다(Koh, 2007). 많은 인식 개선이 있었지만 여전히 습지를 단순한 습지대나 개발 잠재력이 높은 토지로 인식하는 경우가 있으며, 습지가 제공하는 생태계 서비스와 기후변화 완화 기능에 대한 이해도 부족한 실정이다. 이로 인해 습지 훼손에 대한 경각심이 낮고, 보전과 복원의 필요성에 대한 공감대 형성에 어려움이 많다. 지역 주민의 참여는 습지 보전의 성공에 필수적이지만, 이를 촉진하기 위한 교육 프로그램이나 참여 기회가 제한적이다. 예를 들어, 지역 주민을 대상으로 한 환경 교육, 시민 과학 프로그램, 자원봉사 활동 등이 활성화되지 못하고 있다. 또한, 지역 사회와의 소통 부족으로 인해 정책 추진 과정에서 갈등이 발생하기도 한다. 이러한 상황은 습지 보전 정책의 실효성을 저해하며, 장기적인 관리와 보호에 부정적인 영향을 미친다(Bang and Shin, 2009).

4.3 통합적 접근 기반의 습지정책 개선방향

우리나라의 습지 정책은 기후변화 대응 정책과의 연계성 부족, 중앙정부 중심의 정책 추진으로 인한 지역 특성 반영의 한계, 재정적 지원과 전문 인력의 부족, 지역 사회의 참여와 인식 부족, 그리고 국제사회에서 강조하는 자연기반해법의 제한적 적용 등 여러 문제점을 안고 있다. 이러한 문제들은 습지의 기후변화 완화 및 적응 기능을 충분히 활용하지 못하게 하며, 지속 가능한 발전과 장기적인 기후변화 대응을 저해하고 있다.

따라서 이러한 문제점을 해결하고 습지의 잠재력을 극대화하기 위해서는 통합적 접근 기반의 새로운 습지 정책 마련이 필요하다. 많은 국가들은 습지와 기후변화 정책이 습지 보전과 훼손에 중요한 영향을 미치며, 그 결과로 습지가 기후변화 완화 및 적응, 회복력 증진에 크게 기여할 수 있다는 점을 인식하고 있다(Erwin, 2009). 각기 다른 접근 방식을 통해 습지의 기능을 기후변화 완화 및 적응 전략의 핵심 요소로 활용하고 있으며, 국제협약에서 제정된 정책들을 국가 수준에서 효과적으로 구현하기 위해서는 국제 정책 도입 시 효과성을 사전에 충분히 검토하고, 국가 정책에 적절히 반영하는 과정이 중요하다(Atisa, 2020).

또한 기후변화 대응은 전 지구적인 관점에서 이루어져야 하지만, 동시에 지역의 특수성을 반영한 정책적 접근이 필요하다. 각국의 습지 정책은 해당 국가의 생태적, 사회적, 경제적 특성을 고려하여 설계되어야 하며, 이를 통해 기후변화에 효과적으로 대응할 수 있다. 예를 들어, 같은 이탄지 복원이라 하더라도 북유럽과 동남아시아에서는 서로 다른 방식으로 수행되어야 하는 것처럼, 우리나라의 기후변화 대응을 위한 습지 보전 전략은 우리나라 고유의 환경과 특성을 고려한 별도의 접근이 필요하다. 장기적인 기후변화 대응을 위해서는 정책의 연속성과 일관성을 유지하고, 정책의 효과가 누적되도록 하는 것도 중요하다. 기후변화 대응을 위한 습지 정책은 더 이상 일시적이고 단기적인 해결책에 그쳐서는 안 된다. 지속 가능한 발전과 장기적인 기후변화 대응을 위해서는 현황 파악과 임기응변식 단순한 정책이 아닌, 시대적 흐름과 국민의 인식 수준 등이 종합적으로 고려된 새로운 전략이 필요하다(Kim et al., 2013)(Table 4).

습지 정책의 기후변화 대응 역량을 높이기 위해서는 TACCC 원칙을 충족시킬 수 있는 전략을 발굴해야 한다. 즉, 투명성(Transparency), 정확성(Accuracy), 일관성(Consistency), 비교 가능성(Comparability), 완전성(Completeness)을 확보하는 것이 필요하다. 새로운 전략은 다음과 같은 5가지 요소들을 포함할 수 있다:

첫째, 통합적 접근과 협력이 필요하다. 현재 기후변화 대응 정책과 습지 보전 정책을 통합하여, 기후변화 완화와 적응 전략을 습지 정책에 포함시키는 통합적 접근과 부처간 협력이 필요하다(Persson et al., 2018; Yeo et al., 2019). 이를 위해 환경부와 해양수산부뿐만 아니라 농림축산식품부, 산림청 등 관련 부처 간의 협력을 강화하여 정책 간의 일관성을 높여야 한다. 예를 들어, 기후친화적 농업을 습지 보전과 연계하거나, 습지 복원 프로젝트와 산림 복원 정책을 통합함으로써 탄소 흡수 능력을 극대화할 수 있다(Van Oosten et al., 2018). 이를 위해 법률과 정책 계획 간의 연계를 강화하고, 부처 간 협력 체계의 구축이 필요하다. 이러한 부처 간 통합적 접근은 정책 실행의 효율성을 향상시키고, 온실가스 인벤토리 작성의 투명성을 높이는 데 기여한다. 더 나아가 습지 관리와 기후변화 대응에 다양한 이해관계자의 참여를 유도하고, 참여적 거버넌스 체계를 구축하는 것도 필요하다(Chandra and Idrisova, 2011). 지역 주민, 지방자치단체, 민간 기업 등이 정책 수립과 실행 과정에 적극적으로 참여할 수 있도록 법적·제도적 기반을 마련함으로써, 정책의 투명성과 효율성을 높일 수 있다. 이는 지역 사회의 참여와 인식 부족이라는 문제점을 해결하는 데도 도움이 될 것이다.

둘째, 과학기술의 적극적 활용이 요구된다. 습지의 탄소 격리 및 흡수 기능을 정확하게 정량화하고 이를 국가 온실가스 감축 목표(NDC)에 반영함으로써, 습지를 기후변화 대응 정책의 핵심 요소로 활용해야 한다(Mcleod et al., 2011; Mitsch and Gosselink, 2015). 이를 위해서는 습지의 탄소 흡수량을 정확하게 측정하고 지속적으로 모니터링 할 수 있는 과학적 기반 마련이 필요하다. 특히, 습지 내 바이오매스

와 토양에 저장된 탄소량은 기후변화 완화에 기여도가 높으므로, 온실가스 인벤토리 산정을 위한 국가 고유계수(Tier 2) 개발 및 체계적인 활동자료 구축(Approach 3)이 시급하다(IPCC, 2014; Moomaw et al., 2018). 가능한 단기간 내에 이를 통해 습지의 탄소 흡수 및 배출량을 정확히 평가하고 기후변화 완화 정책에 적극적으로 활용할 수 있어야 한다(Roe et al., 2019).

또한 습지 조사 및 모니터링에 위성영상, 드론, 인공지능(AI) 기반의 조사 및 연구체계를 도입하여 실시간으로 습지의 변화를 감시하고 데이터의 정확성(Accuracy)을 확보해야 한다(Murray et al., 2018). 이러한 기술은 넓은 지역의 데이터를 신속하게 수집할 수 있어 IPCC에서 요구하는 완전성(Completeness)과 비교 가능성(Comparability)을 충족하는데 적합하다(Bhatnagar et al., 2021). 예를 들어, 미국과 호주 등에서는 위성 및 항공 영상을 활용하여 습지의 물리적 변화와 탄소 흡수량 변동을 실시간으로 추적하고 있으며, 이를 통해 정책의 효과를 분석하고 필요한 경우 즉각적인 대응을 하고 있다(Nahlik and Fennessy, 2016; Lees et al., 2018). 또한, 미래에는 기후변화와 습지의 상호작용에 대한 과학적 연구와 데이터 수집을 강화하여, 데이터 기반 예측 모델을 개발하고 정책 결정 과정을 과학적으로 뒷받침 할 수 있도록 준비해야 한다(Ramsar Convention on Wetlands, 2018; IPCC, 2019). 습지 복원을 활성화 시켜 NDC 목표 달성의 수단으로 활용하기 위해서는 복원 절차의 효과를 검증하고 정량화하는 방법 개발도 필수적이다(Hiraishi et al., 2014). 이처럼 국내 환경에 맞는 새로운 방법론의 개발은 습지의 탄소 흡수 및 배출량을 보다 정확하게 평가함으로써, 기후변화 완화 정책에 습지를 적극적으로 활용하는 계기가 될 수 있다(Mitsch and Gosselink, 2015). 따라서 최신 과학 기술을 활용한 연구, 기초자료의 축적과 모니터링 시스템 구축 등을 통해 데이터 기반의 과학적인 정책 결정을 지원하는 연구를 강화해야 한다(Alongi, 2012).

셋째, 정책적 연속성을 확보해야 한다. 기후변화 대응 정책은 장기적인 관점에서 일관성(Consistency)을 유지해야 한다. 습지 정책의 연속성을 보장하여, 축적된 성과가 지속될 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서는 습지 복원과 기후변화 대응 등의 습지 정책이 정치적 의제의 변동에 영향을 받지 않도록 법적 제도적 틀을 강화하여 정책 실행의 강제성을 높여야 한다. 습지 복원과 관리 활동의 효과를 검증할 수 있는 시스템 구축도 필요하다. 이는 정책 간의 불일치와 비일관성을 해소하고, 환경 정책 통합을 실현하는 데 중요하다(Lafferty and Hovden, 2003; Persson et al., 2018).

그리고 습지 보전과 복원을 위한 재정적 지원이 충분히 확보되어야 한다. 이는 지역별 관리의 편차를 줄이고, 국가 차원의 통합적인 습지 보전을 위해 매우 중요한 요소이다. 이 과정에서 습지의 경제적 가치와 탄소 흡수 기능을 평가하여 탄소 배출권 거래제에서 거래 가능한 형태로 제도화하는 것도 중요한 수단이 될 수 있다(Davidson et al., 2019). 이를 통해 다양한 이해관계자들이 습지 보전과 탄소 흡수 활동에

적극적으로 참여하도록 유도할 수 있으며, 지자체, 기업, 개인에게 효과적으로 인센티브를 제공할 수 있을 것이다(Seddon et al., 2020).

또한, 정책적 연속성 확보를 위해 습지 생태계 관리에 필요한 전문 인력을 양성하고, 체계적인 교육과 연구를 통해 과학적 관리와 모니터링 역량을 강화해야 한다. 수직적·수평적 정책 통합을 통해 의사결정의 단편화를 완화하고, 일관된 정책 수립과 실행을 도모해야 한다(Van Oosten et al., 2018). 이를 위해 습지에 대한 환경 교육, 시민 과학 프로그램, 자원봉사 활동 등 지역주민이 습지 보전에 자발적으로 참여할 수 있는 프로그램을 마련하여 지역 사회의 참여와 인식 부족을 해결해야 한다. 또한, 지역 사회와의 소통을 강화하여 정책 추진 과정에서 발생하는 갈등을 최소화하고, 지속 가능한 관리와 보호에 기여해야 한다.

넷째, 지방정부의 자율성과 책임을 강화해야 한다. 습지의 특성은 국가 및 지역마다 다르기 때문에 각 지역의 생태적, 사회적, 경제적 특성을 반영한 맞춤형 전략이 필요하다. 지방정부의 자율성과 책임 강화를 통해 지역 특성에 맞는 습지 관리와 복원 전략을 수립하고 실행해야 한다(Moore and Kumble, 2024). 그러나 지금까지의 습지보전 정책은 중앙정부의 일방적인 정책 수립과 집행으로 인해 지역 특성이 충분히 반영되지 못하고 있다. 예를 들어, 한국의 내륙습지와 연안습지는 서로 다른 관리 방식이 요구된다. 같은 내륙습지라 하더라도 경상남도와 강원도에서의 관리방식에도 차별성이 요구된다. 따라서 지자체의 참여와 역할을 강화하여 지역 맞춤형 습지 관리와 복원 전략을 수립하고 실행해야 한다(Chandra and Idrisova, 2011). 지역 맞춤형 정책이 기후변화 대응에서 더 큰 성과를 낼 수 있으며, 해당 지역 사회의 참여를 촉진할 수 있다. 지자체의 습지 보전 정책 및 관리 역량을 향상시키고, 지역 주민의 참여를 유도하는 프로그램을 마련하여 정책 실행의 실효성을 높여야 한다(Kim et al., 2015). 이와 같은 전략을 통해 국가와 지역사회 차원에서 투명성(Transparency)을 높이고, 비교 가능성(Comparability)을 제공할 수 있다. 또한 정책의 일관성(Consistency)을 유지하고 기후변화 대응의 효과를 극대화할 수도 있다.

다섯째, 자연기반해법을 적극적으로 활용하도록 한다. 습지는 전 세계 토지 면적의 약 6%를 차지하지만, 토양 탄소의 약 35%를 저장하고 있어 탄소 저장고로서의 잠재력이 크다(IPCC, 2019). 따라서 습지 복원은 기후변화 대응에서 비용 대비 효과가 높은 전략으로 인정받고 있다(Griscom et al., 2017). 생태계 서비스를 활용한 자연기반해법은 지속 가능한 발전을 추구하는 접근법으로서, 습지의 탄소 격리 및 기후변화 완화 기능을 극대화할 수 있다. 따라서 우리나라도 기후변화 완화와 적응을 위한 핵심 전략으로, 자연기반해법(NbS)을 습지 복원과 관리에 이를 적극 도입하여 습지의 기후변화 대응 기능을 극대화해야 한다(Government of Canada, 2023). 습지는 탄소 격리와 생물 다양성 유지에 있어 중요한 역할을 하며, 특히 습지를 보호하고 복원함으로써 탄소 저장 능력을 향상시킬 수 있다(Seifollahi-Aghmiuni et al., 2019).

Table 4. Key recommendations for integrated wetland policy implementation with TACCC principles

Key Recommendations	Description	TACCC Principles
Integrated Approach and Collaboration	Integrate wetland conservation law with climate change plans, strengthen inter-ministerial collaboration for climate-friendly agriculture and wetland restoration.	Transparency, Consistency
Active Use of Science and Technology	Utilize satellite imagery, drones, and AI-based systems for real-time wetland monitoring and data-driven policy making.	Accuracy, Completeness, Comparability
Ensuring Policy Continuity	Maintain long-term consistency in wetland policies, ensuring funding and skilled personnel for scientific management and monitoring.	Consistency
Empowering Local Governments and Responsibility	Incorporate regional characteristics into wetland policies, enhance local governments' roles, and encourage public participation.	Transparency, Comparability
Introducing Nature-Based Solutions	Expand the use of nature-based solutions in wetland restoration for climate mitigation and resilience.	Completeness

이를 위해 습지 복원 사업을 확대하여 훼손된 습지의 탄소 흡수 능력을 증진시켜야 한다(Schuster et al., 2024). 유럽에서는 이탄지 복원을 통해 습지의 탄소 저장 기능을 회복시키고 있으며(Abdul Malak et al., 2021), 인도네시아는 맹그로브 복원을 통해 해안 침식 방지와 탄소 격리를 동시에 달성하고 있다(Arifanti, 2020). 이러한 국제 사례를 참고하여 국내에서도 지역 특성에 맞는 습지 복원 계획을 수립해야 한다. 또한, 생태계 서비스의 경제적 가치를 평가하여 자연기반해법의 경제적 타당성을 입증하고 정책 결정에 반영해야 한다(Costanza et al., 2017). 더 나아가, 농업, 산림, 수자원 관리와 연계한 통합적 습지 관리를 통해 다양한 부문의 협력을 도모함으로써 정책의 일관성을 높이고, 부처 간 시너지 효과를 창출할 수 있다(Persson et al., 2018).

자연기반해법의 확산을 위해 먼저, 습지 복원과 관리에 대한 법적·제도적 기반을 강화해야 한다. 이는 정책의 완전성(Completeness)을 높이고, 장기적인 기후변화 대응에 기여할 것이다. 다음으로, 재정적 투자와 인센티브를 제공하여 습지 복원 사업에 대한 민간 부문의 참여를 유도하고, 효과적인 비즈니스 모델을 구축해야 한다(Seddon et al., 2020). 또한, 과학적 연구와 첨단 기술을 활용한 모니터링 시스템을 구축하여 데이터의 정확성을 확보하고 정책 결정의 과학적 기반을 강화해야 한다(Murray et al., 2018; Jafarzadeh et al., 2022). 마지막으로, 지역 주민과의 협력을 통해 습지 복원 프로젝트를 추진하고, 교육 및 홍보 활동을 통해 지역 사회의 인식을 높여야 한다(Musasa et al., 2023). 이는 정책 실행의 투명성(Transparency)과 지속 가능성을 강화하는 데 필수적이다. 국제기구와의 협력을 통해 해외의 성공적인 자연기반해법 사례를 벤치마킹하고, 기술과 경험을 공유하는 것도 중요하다.

결론적으로, 자연기반해법의 도입은 습지의 기후변화 완화 및 적응 기능을 극대화하고, 생태계 서비스의 지속 가능한 이용을 가능하게 할 것이다. 이를 위해 정책적·재정적 지원, 과학적 연구 강화, 지역 사회 참여, 국제 협력 등 다각적인 노력이 필요하며, 이를 통해 습지 정책의 완전성(Completeness)과 비교 가능성(Comparability)을 높일 수 있을 것이다.

5. 결론

지난 30년이 넘는 기간 동안 우리나라 습지 정책은 생태계 보전 위주로 조사 및 관리가 실행되어 기후변화 대응에 관한 조치는 미미한 실정이다. 이에 본 연구는 기후변화 대응과 관련한 국외 습지활용 사례를 살펴보고, 우리나라 습지 현황 분석을 토대로 정책적 개선 방향과 주요 전략을 제시하였다. 특히 기후변화 완화와 적응의 수단으로서 습지를 활용하는데 필요한 구체적인 보전 및 관리 방법과 효과적인 수단을 제안하였다. 이를 위해 주요 국가들의 온실가스감축목표(NDC)에 있어 습지 역할과 자연기반해법(NbS)으로서 습지 활용 사례, 기타 습지와 기후변화 대응 정책 등에 대해 살펴 보았으며, 우리나라 습지 정책이 기후 변화 대응에 얼마나 효과적인지 살펴보고 국제사회 동향과 비교하여 개선 및 보완 사항을 도출하였다.

체계적인 문헌 고찰과 TACCC 원칙에 근거한 연구 결과, 기후변화 대응과 습지 보전 정책의 통합적 접근의 필요성이 도출되었다. 특히, 습지의 탄소 격리 능력에 대한 과학적 평가와 이를 기반으로 한 정책 수립이 가장 중요한 요소로 나타났다. 본 연구에서는 다음과 같은 주요 정책과제를 제안한다: (1) 기후변화 대응과 습지 보전 정책 수립에 있어 통합적 접근을 통해 습지를 국가 온실가스 감축 목표(NDC)에 포함하고, 통합적인 기후변화 대응 전략을 수립한다. (2) 과학적 데이터 기반의 습지 관리를 위해 습지의 상태와 변화를 지속적으로 모니터링하고, 탄소 흡수량 등 정량적 데이터를 구축한다. (3) 중앙정부와 지자체 간 협력 강화를 통해 지역 특성에 맞는 습지 보전 및 복원 전략을 수립하고, 지역 사회의 참여를 유도한다. (4) 자연기반해법의 도입으로 습지의 기후변화 완화 및 적응 기능을 극대화한다. (5) 재정적 지원 확대와 전문 인력 양성을 통해 습지 보전 정책의 실행력을 높인다. 이러한 전략은 우리나라 습지의 기후변화 대응 능력을 강화하고, 국제사회의 노력에 동참하여 지속 가능한 습지생태계 관리에 기여할 것으로 기대된다.

국제사회에서 강조하는 습지의 기후변화 완화 잠재력과

자연기반해법의 적용이 국내 정책에서는 아직까지 제한적이다. 국제적으로 습지는 탄소 격리와 기후변화 완화에 중요한 역할을 하는 생태계로 인정받고 있으며, 자연기반해법을 통한 지속가능한 발전의 핵심 요소로 제시되고 있다(Ramsar Convention on Wetlands, 2018). 그러나 우리나라의 습지 정책은 이러한 국제적 흐름을 충분히 반영하지 못하고, 자연기반해법의 개념과 적용 방법에 대한 논의가 미흡하다. 예를 들어, 습지 복원을 통한 탄소 흡수량 증가나 기후변화 적응력 향상을 위한 구체적이고 정량적인 전략이 부족하다. 이는 우리나라가 기후변화 대응에 있어 습지를 효과적으로 활용하지 못하고 있음을 의미하며, 국제 사회에서의 역할과 책임을 다하지 못하는 결과를 초래한다. 또한, 자연기반해법의 실질적인 효과와 경험을 가능한 다양한 이해관계자가 공유하도록 하여 사회적 공감대 형성과 확산에 활용하는 것도 자연기반해법의 정착을 위해 중요하다(Seddon et al., 2021). 따라서 국제적 동향을 반영한 정책 수립과 자연기반해법의 적극적인 도입이 필요하다.

본 연구는 습지정책의 개선방향을 제시하는데 있어 국외 동향과 국내 습지정책 현황분석을 토대로 수행하였으나, 국외 사례의 국내 적용에 대한 사회경제적 여건을 반영한 정책 현황 분석에 어려움이 있었다. 본 연구를 통해 기후변화 대응과 관련한 국외 동향과 국내 현황분석을 통해 습지정책의 개선방향을 제시하였다는 점에서 의의가 있으며, 향후 기후변화 대응을 위한 기존 습지 정책에 대한 개선방향을 구체화하고, 지역사회와의 협력을 위한 구체적인 의견수렴이 병행되어야 할 것이다. 즉, 지역사회의 행정관료, 지역주민, 전문가 등의 의견수렴이 필요하다.

사 사

본 연구는 국립생태원 NIE-고유연구-2024-04 (습지 부문 온실가스 인벤토리 고도화 연구 I (24))의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Abdul Malak, D., Marin, A. I., Trombetti, M., and San Roman, S. (2021). Carbon pools and sequestration potential of wetlands in the European Union. European Topic Centre on Urban, *Land and Soil Systems*. ISBN 978-3-200-07433-0.
- Anisha, N. F., Mauroner, A., Lovett, G., Neher, A., Servos, M., Minayeva, T., Schutten, H., and Minelli, L. (2020). *Locking carbon in wetlands for enhanced climate action in NDCs*. Corvallis, Oregon and Wageningen, The Netherlands: Alliance for Global Water Adaptation and Wetlands International.
- Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3(3), 313–322. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>.
- Arifanti, V. B. (2020) Mangrove management and climate change: a review in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 487, 012022.
- Atisa, G. (2020). Policy adoption, legislative developments, and implementation: The resulting global differences among countries in the management of biological resources. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 20, 141–159. <https://doi.org/10.1007/s10784-020-09467-7>.
- Bang, S. W., and Shin, K. E. (2009). Study on the consciousness of the general public toward wetland conservation issues. *Journal of Wetlands Research*, 11(1), 83–90. [Korean Literature]
- Bassi, N., Kumar, M. D., Sharma, A., and Pardha-Saradhi, P. (2014). Status of wetlands in India: A review of extent, ecosystem benefits, threats and management strategies. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2014.07.001>.
- Bernauer, T., McGrath, L. (2016) Simple reframing unlikely to boost public support for climate policy. *Nature Climate Change*, 6, 680–683. <https://doi.org/10.1038/nclimate2948>.
- Bhatnagar, S., Gill, L., Regan, S., Waldren, S., and Ghosh, B. (2021). A nested drone-satellite approach to monitoring the ecological conditions of wetlands. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 174, 151–165. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.01.012>.
- Bisht, A., Kamboj, N.K., Kamboj, V., and Bisht, A. (2020). A review on the role of emerging anthropogenic activities in environmental degradation and emphasis on their mitigation. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 5(3), 419–425. <https://doi.org/10.26832/24566632.2020.0503025>
- CBD (Convention on Biological Diversity). (2020a). *Global Biodiversity Outlook 5*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- CBD (Convention on Biological Diversity). (2020b). *Update of the zero draft of the Post-2020 Global Biodiversity Framework*. CBD Secretariat.
- Chandra, A., and Idrisova, A. (2011). Convention on Biological Diversity: A review of national challenges and opportunities for implementation. *Biodiversity and Conservation*, 20, 3295–3316.
- Convention on Wetlands. (2021). *Global Wetland Outlook: Special edition 2021*. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands.
- Costanza, R., de Groot, D., Braat, L., Kubiszewski, I.,

- Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., and Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.
- Davidson, N. C., van Dam, A. A., Finlayson, C. M., and McInnes, R. J. (2019). Worth of wetlands: Revised global monetary values of coastal and inland wetland ecosystem services. *Marine and Freshwater Research*, 70(8), 1189–1194. <https://doi.org/10.1071/MF18391>.
- DEWHA (Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts). (2008). *National framework and guidance for describing the ecological character of Australia's Ramsar wetlands*. Australian Government.
- EEB (European Environmental Bureau). (2022). *Peatlands and wetlands in the new CAP: too little action to protect and restore*. Retrieved from <https://eeb.org/wp-content/uploads/2022/04/Briefing-Peatlands-and-Wetlands-No-Branding.pdf>
- Erwin, K. L. (2009). Wetlands and global climate change: The role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management*, 17(1), 71–84. <https://doi.org/10.1007/s11273-008-9119-1>.
- European Commission. (2019). *The European Green Deal*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6691.
- European Commission. (2020). *Stepping up Europe's 2030 climate ambition: Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people*. Brussels. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0562>.
- European Environment Agency. (2020). *State of nature in the EU: Results from reporting under the nature directives 2013–2018*. European Environment Agency.
- Field, C. B., and Mach, K. J. (2017). Rightsizing carbon dioxide removal. *Science*, 356(6339), 706–707. <https://doi.org/10.1126/science.aam9726>
- Finlayson, C. M., Capon, S. J., Rissik, D., Pittock, J., Fisk, G., Davidson, N. C., et al. (2017). Policy considerations for managing wetlands under a changing climate. *Marine and Freshwater Research*, 68(10), 1803–1815. <https://doi.org/10.1071/MF16244>.
- Finlayson, C. M., Davies, G. T., Moomaw, W. R., Chmura, G. L., Natali, S. M., Perry, J. E., et al. (2019). The second warning to humanity—Providing a context for wetland management and policy. *Wetlands*, 39(1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13157-018-1064-z>.
- Forsell, N., Turkovska, O., Gusti, M., Obersteiner, M., Elzen, M. G. J. den, and Havlík, P. (2016). Assessing the INDCs' land use, land use change, and forest emission projections. *Carbon Balance and Management*, 11(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s13021-016-0068-3>.
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., et al. (2023). Global Carbon Budget 2023. *Earth System Science Data*, 15(12), 5301–5369. <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>.
- Frolking, S., Roulet, N., and Fuglestedt, J. (2006). How northern peatlands influence the Earth's radiative budget: Sustained methane emission versus sustained carbon sequestration. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 111(G1). <https://doi.org/10.1029/2005JG000091>.
- Government of Canada. (2023). *Canada's national adaptation strategy: Action plan*. Retrieved from <https://www.canada.ca/en/services/environment/wet-her/climatechange/climate-plan/national-adaptation-strategy/action-plan.html>.
- Grassi, G., and Dentener, F. (2015). *Quantifying the contribution of the land use sector to the Paris Climate Agreement*. European Commission Joint Research Centre. Retrieved from <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC98451/jrc%20lul-ucf-indc%20report.pdf>.
- Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., et al. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(44), 11645–11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>.
- Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Jamsranjav, B., Fukuda, M., and Troxler, T. (Eds.). (2014). *2013 Revised supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto Protocol*. Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Institute for global environmental strategies, Hayama, Kanagawa, Japan: IPCC.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007) *Climate change 2007: The physical science basis*. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L., Eds., The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, 296.

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). *Climate change 2014: Synthesis report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2019). *Climate change and land*, An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/srccl/>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jafarzadeh, H., Mahdianpari, M., Gill, E. W., Brisco, B., and Mohammadimanesh, F. (2022). Remote sensing and machine learning tools to support wetland monitoring: A meta-analysis of three decades of research. *Remote Sensing*, 14(23), 6104. <https://doi.org/10.3390/rs14236104>.
- Jeong S. M. (2010) Sustainable Coexistence of Wetlands and Humans in the Era of Climate Change. *Journal of Wetlands Research*, 4(2): 3-4. [Korean Literature]
- Jerath, M., Bhat, M., Rivera-Monroy, V. H., Castañeda-Moya, E., Simard, M., and Twilley, R. R. (2016). The role of economic, policy, and ecological factors in estimating the value of carbon stocks in Everglades mangrove forests, South Florida, USA. *Environmental Science and Policy*, 66, 160-169. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.09.005>.
- Jiang, W., Zhang, Z., Ling, Z., and Deng, Y. (2024). Experience and future research trends of wetland protection and restoration in China. *Journal of Geographical Sciences*, 34, 229-251. <https://doi.org/10.1007/s11442-024-2203-5>.
- Kayranli B, Scholz M, Mustafa A, Hedmark Å. (2010) Carbon storage and fluxes within freshwater wetlands: a critical review. *Wetlands*. 30:111-124.
- Keith, D. A., Ferrer-Paris, J. R., Nicholson, E., and Bishop, M. J., et al. (2022). A function-based typology for Earth's ecosystems. *Nature*, 610, 513-518.
- Kim, J. Y., Do, Y. H., Lee, C. W., Choi, K. R., Joo, G. J., and Jo, H. B. (2015). Wetland conservation action plan of local government: Gyeongsangnam province, South Korea. *Journal of Wetlands Research*, 17(3), 245-250. <https://doi.org/10.17663/JWR.2015.17.3.245>. [Korean Literature]
- Kim, T. S., Jeong, J. W., Moon, S. K., Yang, H. S., and Yang, B. G. (2013). Introduction to national mid-term fundamental plan for wetlands conservation and management. *Journal of Wetlands Research*, 15(4), 519-527. [Korean Literature]
- Kim, W. M. (1996). The Ramsar convention and directions for wetland conservation policy in Korea. *Environmental Information*, 18(11), 12-17. [Korean Literature]
- Kingsford, R. T. (2011). Conservation management of rivers and wetlands under climate change—A synthesis. *Marine and Freshwater Research*, 62(3), 217-222. <https://doi.org/10.1071/MF11029>
- Kingsford, R. T., Bino, G., and Finlayson, C. M. (2021). The extent and drivers of global wetland loss. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 643367.
- Khan, K. S., Kunz, R., Kleijnen, J., and Antes, G. (2003). Five steps to conducting a systematic review. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 96(3), 118-121.
- Koh, J. K. (2007) A Study on a Climate Change Strategy for Local Governments, *Journal of Local Government Studies*, 19(4) 279-301. [Korean Literature]
- Kwon, Y. H., and Choi, H. G. (2009). *The impact of climate change on the ecosystem: The case of wetland plants*. Korea Environment Institute. <https://www.riss.kr/link?id=A102026971>
- Kwon, Y. H., Lee, M. J., Park, C. A., Song, Y. I., Park, C. S., and Lee, J. H. (2014). Measures for strengthening ecosystem environmental security in responding to climate change: Focusing on the examination and prospect of vulnerable ecosystems in terms of climate change. *Climate and Environmental Policy Studies*, 2014, 1157-1475. [Korean Literature]
- Lafleur, P. M. (2009). Connecting atmosphere and wetland: Trace gas exchange. *Geography Compass*, 3, 560-585. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2008.00212.x>
- Lal R. (2008). Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B, Biological Sciences*, 363(1492), 815-830. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2185>.
- Lafferty, W. M., and Hovden, E. (2003). Environmental policy integration: Towards an analytical framework. *Environmental Politics*, 12(3), 1-22. <https://doi.org/10.1080/09644010412331308254>.
- Lee, D. Y., Shin, J. Y., Song, Y. G., Chang, H., Cho, H. N., Park, J. H., and Hong, J. W. (2022). The development process and significance of the 3rd

- National Climate Change Adaptation Plan (2021–2025) of the Republic of Korea. *Science of the Total Environment*, 818, 151728. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151728>.
- Lee, J. S. (2021) The significances and challenges of the framework act on carbon neutrality and green growth to cope with climate crisis. *Environmental Law Review*, 43(3), 243–277. [Korean Literature]
- Lees, K. J., Quaife, T., Artz, R. R. E., Khomik, M., and Clark, J. M. (2018). Potential for using remote sensing to estimate carbon fluxes across northern peatlands – A review. *Science of The Total Environment*, 615, 857–874. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.103>.
- Lolu, A.J., Ahluwalia, A.S., Sidhu, M.C., Reshi, Z.A., Mandotra, S.K. (2020). Carbon sequestration and storage by wetlands: Implications in the climate change scenario. In: Upadhyay, A., Singh, R., Singh, D. (eds) *Restoration of Wetland Ecosystem: A Trajectory Towards a Sustainable Environment*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7665-8_4.
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Condé, S., Vallecillo, S., Barredo, J. I., et al. (2020). *Mapping and assessment of ecosystems and their services: An EU wide ecosystem assessment in support of the EU biodiversity strategy*.
- McLeod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C. M., et al. (2011). A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 552–560. <https://doi.org/10.1890/110004>.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis*. World Resources Institute. Washington, DC.
- Mitsch, W. J., and Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands* (5th ed.). John Wiley and Sons.
- Mitsch, W. J., Bernal, B., Nahlik, A. M., Mander, Ü., Zhang, L., Anderson, C. J., et al. (2013). Wetlands, carbon, and climate change. *Landscape Ecology*, 28(4), 583–597. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9758-8>.
- MOE (Ministry of Environment). (2007). *The 1st National Wetland Conservation Basic Plan (2007–2011)*. Ministry of Environment, Republic of Korea. [Korean Literature]
- MOE (Ministry of Environment). (2012). *The 2nd National Wetland Conservation Basic Plan (2012–2016)*. Ministry of Environment, Republic of Korea. [Korean Literature]
- MOE (Ministry of Environment). (2018). *The 3rd National Wetland Conservation Basic Plan (2018–2022)*. Ministry of Environment, Republic of Korea. [Korean Literature]
- MOE (Ministry of Environment). (2020). *The 2nd Basic Plan for Climate Change Response (2020–2040)*. Ministry of Environment, Republic of Korea. [Korean Literature]
- MOE (Ministry of Environment). (2021). *The 3rd National Climate Change Adaptation Plan (2021–2025)*. Ministry of Environment, Republic of Korea. [Korean Literature]
- MOE (Ministry of Environment). (2023). *The 4th National Wetland Conservation Basic Plan (2023–2027)*. Ministry of Environment, Republic of Korea. [Korean Literature]
- Moomaw, W. R., Chmura, G. L., Davies, G. T., Finlayson, C. M., Middleton, B. A., Natali, S. M., Perry, J. E., Roulet, N., and Sutton-Grier, A. E. (2018). Wetlands in a changing climate: Science, policy and management. *Wetlands*, 38, 183–205. <https://doi.org/10.1007/s13157-018-1023-8>
- Moore, T., and Knowles, R. (1989). The influence of water table levels on methane and carbon dioxide emissions from peatland soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 69, 33–38. <https://doi.org/10.4141/cjss89-004>.
- Moore, A. C., and Kumble, S. (2024). Community-based conservation and restoration in coastal wetlands: A review. *Wetlands*, 44, 62. <https://doi.org/10.1007/s13157-024-01818-3>.
- Murray, N. J., Keith, D. A., Bland, L. M., Ferrari, R., Lyons, M. B., Lucas, R., and Nicholson, E. (2018). The role of satellite remote sensing in structured ecosystem risk assessments. *Science of the Total Environment*, 619, 249–257.
- Musasa, T., Muringaniza, K. C. R., Manyati, M. (2023) The role of stakeholder participation in wetland conservation in urban areas: A case of Monavale Vlei, Harare, *Scientific African*, 19, 2023, e01574, <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01574>.
- Nahlik, A. M., and Fennessy, M. S. (2016). Carbon storage in US wetlands. *Nature Communications*, 7, 13835. <https://doi.org/10.1038/ncomms13835>.
- Park, J. H., Hong, J. W., and Sung, S. Y. (2022). Strategy for Climate Change Actions based on Case Study of Ecosystem-based Adaptation. *Journal of Climate Change Research. The Korean Society of Climate*

- Change Research*. <https://doi.org/10.15531/kscrr.2022.13.2.213>. [Korean Literature]
- Penailillo Burgos, R., Malveira Cavalcanti, V., and Riveros Pavez, A. (2023). *Scoping for Nbs to improve water security and navigation in the Upper Paraguay River Basin and the Pantanal region*. *Deltares*.
- Persson, Å., Runhaar, H., Karlsson-Vinkhuyzen, S., Mullally, G., Russel, D., and Widmer, A. (2018). Editorial: Environmental policy integration: Taking stock of policy practice in different contexts. *Environmental Science and Policy*, 85, 113–115. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.029>.
- Prober, S. M., Doerr, V. A., Broadhurst, L. M., Williams, K. J., and Dickson, F. (2015). Shifting the conservation paradigm: a synthesis of options for renovating nature under climate change. *Ecological Monographs*, 85(4), 453–473.
- Ramsar Convention on Wetlands. (2018). *Global wetland outlook: State of the world's wetlands and their services to people*. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Richards, M., Bruun, T. B., Campbell, B. M., Gregersen, L. E., Huyer, S., Kuntze, V., et al. (2016). *How Countries Plan to Address Agricultural Adaptation and Mitigation: An Analysis of Intended Nationally Determined Contributions*. CCAFS Info Note.
- Roe, S., Streck, C., Weiner, P. H., Obersteiner, M., and Frank, S. (2019). Contribution of the land sector to a 1.5°C world. *Nature Climate Change*, 9(11), 817–828.
- Schuster, L., Taillardat, P., Macreadie, P. I., and Malerba, M. E. (2024). Freshwater wetland restoration and conservation are long-term natural climate solutions. *Science of The Total Environment*, 922, 171218. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171218>.
- Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., and Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B: Biological Sciences*, 375(1794), 20190120. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>.
- Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., and Turner, B. (2021). Getting the message right on nature-based solutions to climate change. *Global Change Biology*, 27(8), 1518–1542. <https://doi.org/10.1111/gcb.15513>.
- Seifollahi-Aghmiuni, S., Nockrach, M., and Kalantari, Z. (2019). The potential of wetlands in achieving the sustainable development goals of the 2030 Agenda. *Water*, 11(3), 609. <https://doi.org/10.3390/w11030609>.
- Smith, P., Davis, S. J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B., Kato, E., Jackson, R. B., et al. (2016). Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions. *Nature Climate Change*, 6(1), 42–50. <https://doi.org/10.1038/nclimate2870>.
- Sun, Z., Zhang, L., Sun, W., Jiang, H., Mou, X., Sun, W., and Song, H. (2014). China's wetlands conservation: Achievements in the Eleventh 5-Year Plan (2006–2010) and challenges in the Twelfth 5-Year Plan (2011–2015). *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(2), 379–394. <https://doi.org/10.30638/eemj.2014.043>.
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: ecological and economic foundations*. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan: London and Washington.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2022). *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window – Climate crisis calls for rapid transformation of societies*. Nairobi: UNEP.
- UNFCCC. (2021). *United Nations Framework Convention on Climate Change: Annual Report*. UNFCCC.
- UNFCCC. (2024). NDC Registry. Retrieved from <https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/All.aspx>.
- USDA NRCS. (2024, July 22). Programs and Initiatives. United States Department of Agriculture. Retrieved from <https://www.nrcs.usda.gov/programs-initiatives>.
- Van Oosten, C., Uzamukunda, A., and Runhaar, H. (2018). Conservation and development in Rwanda: Aligning community engagement with local governance. *Journal of Environmental Management*, 223, 757–766. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.083>.
- Waddington, J. M., Morris, P. J., Kettridge, N., Granath, G., Thompson, D. K., and Moore, P. A. (2015). Hydrological feedbacks in northern peatlands. *Ecohydrology*, 8(1), 113–127. <https://doi.org/10.1002/eco.1493>.
- Wedding, L. M., Moritsch, M., Verutes, G., Arkema, K., Hartge, E., Reiblich, J., Douglass, J., Taylor, S., and Strong, A. L. (2021). Incorporating blue carbon sequestration benefits into sub-national climate policies. *Global Environmental Change*, 69, 102206. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102206>.
- Whiting, G. J., and Chanton, J. P. (2001). Greenhouse carbon balance of wetlands: methane emission versus carbon sequestration. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 53(5), 521–528. <https://doi.org/10.3402/>

tellusb.v53i5.16628.

- WWF (World Wildlife Fund). (2020). *Living planet report 2020: Bending the curve of biodiversity loss*. Wildlife Fund, Gland, Switzerland, 1-83.
- Yadav, S., and Goyal, V. C. (2022). Current status of ponds in India: A framework for restoration, policies and circular economy. *Wetlands*, 42, 107. <https://doi.org/10.1007/s13157-022-01624-9>.
- Yeo, I. E., Hong, S. B., and Park, E. J. (2019). A Study on Development of Climate Change Adaptation in Ecosystem Sector - Focused on Policy and Research Base in Major Countries -. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 28(1), 1-22. <https://doi.org/10.14249/EIA.2019.28.1.1>. [Korean Literature]
- Yook, K. H. (2013). Study on the institutional limitations and improvements for effective management of coastal wetlands. *Journal of Wetlands Research*, 15(4), 477-484. <https://doi.org/10.17663/JWR.2013.15.4.477>. [Korean Literature]
- Zedler, J. B., and Kercher, S. (2005). Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 30, 39-74.