

NIE Issue Report

습지 복원 동향과 활성화 방안

습지 생태계 회복과 기후변화
대응을 위한 접근

습지센터 임정철 선임연구원



목 차

I. 우리나라 습지 현황	3
1. 습지란?	3
2. 우리나라 습지 현황	4
3. 습지 훼손 현황	5
4. 습지 훼손의 역사	8
5. 습지 개발(간척사업)의 성과와 한계	12
II. 습지 복원 사례	15
1. 습지 복원 개요	15
2. 개발된 습지의 복원	16
3. 국외 습지 복원사례	17
4. 국내 습지 복원사례	26
III. 우리나라 습지 보전에 대한 시사점	31
1. 습지 보전의 기본방향	31
2. 국내·외 습지 복원사례의 시사점	33
3. 기후변화 시대 습지 복원의 의의	34
IV. 습지 복원 활성화를 위한 정책 제언	37
1. 정책건의	37



요약

습지는 기후 변화를 완화하고 홍수 방지 및 기후조절, 물의 순환과 통제 등을 통해 재해 위험성을 줄이는 등 다양한 생태계서비스를 제공하고 있다. 비교적 최근까지 우리나라의 습지는 토지이용 확대를 위해 많은 지역이 개발되어 농지나 산업단지 등으로 이용되어왔다. 그러나 새만금 간척사업과 같은 대규모 습지 개발 사업을 통해 경제적 이익보다 환경문제로 인한 사회적 비용이 더 클 수 있다는 사회적 공감대가 형성되면서 우리 사회의 습지에 대한 인식은 달라졌다. 습지를 비롯한 자연 자원의 지속 가능한 이용을 위한 생태적 관리의 필요성에 대해 사회적 공감대가 증가하게 된 것이다. 습지의 지속적인 손실과 황폐화로 습지에 저장된 탄소가 대기 중으로 상당량 노출 되었다는 사실은 기후변화 시대에 습지 복원의 또 다른 배경이 되고 있다. 이러한 사회적 분위기로 습지는 일방적인 개발의 대상이기보다 다양한 생태적 기능과 가치를 가진 생태계서비스가 풍부한 보전의 대상으로 인식되기 시작했다. 최근에는 사회적 비용을 고려하여 개발된 습지의 생태계를 복원하는 이른바 습지 복원, 역간척의 필요성과 사회적 수요가 증가하고 있다. 국외에서는 개발로 매립 또는 간척된 습지를 자연적인 습지로 되돌리고자 하는 복원사업이 활발하게 진행되고 있다. 습지 복원은 지형과 토양, 수리·수문체계 등 무생물적 환경 조건의 복원은 물론이고 생물과 생물, 생물과 무생물 간의 상호관계를 복원시킴으로써 습지가 지역사회의 활동무대가 될 수 있도록 하는 배경이 된다.

또한, 기후변화로 인한 재해 위험을 줄이는 데 있어 습지의 가치에 대한 다양한 연구들은 습지의 손실이 더 큰 인적, 생태적 영향 및 경제적 비용과 관련됨을 나타내고 있다. 기후변화의 역효과에 대한 지역사회 및 생태계의 효과적인 대응을 위해 습지의 생태적 기능 활용은 기후 회복력 증진에 효과적일 수 있다. 기후변화가 지속됨에 따라 우리의 적응 능력은 다양한 대응책 마련 능력에 달려 있으며, 습지의 현명한 이용과 황폐화된 습지의 복원은 핵심 대응 과제로 대두되고 있다.

우리나라는 아직 습지 복원의 필요성에 대한 사회적 인식에 비해 그 실행은 미미한 실정이다. 복원사업에 대한 법 제도적 기반조성 및 세부적인 복원지침 등 습지 복원 전반에 대한 관리체계가 미비한 상태이다. 간헐적인 습지 복원이 시행되고 있으나 계획시 고려하지 못했던 기술적, 생태적, 사회적 문제들로 복원사업의 필요성이 의심받고 있기도 하다. 대상지별 습지 복원의 목표 구체화 및 복원에 투입되는 사회·경제적 비용의 적절성 검토 등을 통한 체계적인 습지 복원사업 추진이 필요하다. 하천·산지·호소·갯벌·하구 등의 습지 복원사업을 안정적으로 수행할 수 있는 제도와 기술을 정비하여 대상 범위를 점차 확대해 나가는 것이 필요하다. 복원사업에 대한 법적 근거를 명확히 하고, 실제 사업 추진과정에 필요한 복원 기준과 절차, 복원기술, 관계기관별 역할, 시민의 참여방안 등 다양한 요소에 대해 검토하여 시스템화하는 등 습지 보전에 대한 국가의 의지를 명확히 해야 하는 시점이다.

I. 우리나라 습지 현황

1. 습지란?

습지(wetland)에 대한 학술적 정의는 1890년 미국의 지리학 연구보고서 “General Account of the Freshwater Morasses of The United States”에서 marshes, swamps, bogs, fens 등으로 구분하여 부르던 습지에 관한 용어를 일반화하여 “wetland”라고 한 것에서 시작된다.¹ 특정 대상에 대한 명확한 정의는 대상의 실체를 규정하여 적절한 이용을 가능하게 할 뿐만 아니라 체계적인 보전 및 관리를 위한 법·제도적 접근을 위해서도 매우 중요한 과정이다. 이러한 배경으로 인해 세계 각국은 사회적 인식과 관리 형태, 학술적 연구 수준 등에 따라 습지의 정의와 유형을 다양하게 분류하기도 한다.² 현재 통용되고 있는 습지의 과학적 정의는 Cowardin 등이³ 정의한 ① 배수가 불량한 토양환경 이거나 ② 수생식물이 연중 일정 기간 생육하거나 ③ 일정 기간 토양 내 수분이 포화 된 경우 중 한 가지를 만족하는 것이다(표 1).

표 1. 습지의 일반적인 조건

구분	조건
수문	생물의 생육기 또는 상당기간 동안 지하수위가 지표면 가까이 또는 보다 높게 유지
토양	토양은 배수가 불량해 오랫동안 침수되어 물리적, 화학적 변화를 초래하며, 가장 먼저 발생하는 산소의 급격한 감소로 혐기성 환경이 유지
식생	혐기성 토양환경에 적응하기 위해 뿌리까지 산소를 원활하게 공급하기 위한 통기조직이 발달한 식물종으로 구성

1 Tiner, R.W. 1999. Wetland indicators: a guide to wetland identification, delineation, classification and mapping. Lewis Publishers. Boca Raton, London, New York. and Washington D.C. p392.

2 환경부. 2011. 제3차 전국내륙습지 조사지침 작성 연구.

3 Cowardin, L.M., V. Carter, F.C. Golet and E.T. LaRoe. 1979. Classification of Wetland and Deepwater Habitats of the United States. Publ. No. FWS/OBS-79/31. U.S. Fish and Wildlife Service. Washington, D.C.

2. 우리나라 습지 현황

우리나라의 습지 관리는 습지보전법에 따라 크게 ‘내륙습지’와 ‘연안습지’로 구분된다. 2016년부터 2020년까지 위성영상과 수치지도 등을 이용하여 습지보전법의 ‘습지 정의’를 만족하는 지역을 지도화한 결과 환경부가 관리하는 내륙습지의 대략적인 면적은 전국에 총 3,833.4km⁴ 인 것으로 나타났다. 이 가운데 담수습지 626.5km⁴와 하구습지 527.7km⁴, 총 1,154km⁴(2,704개 습지) 지역은 2000년부터 시작된 각종 습지 조사사업으로 습지인벤티리에 등록되어 있으며, 그 현황은 2013년부터 시작된 내륙습지 모니터링 조사사업으로 지속적으로 관리되고 있다(표 2).

해수부에서 관리하는 연안습지 면적은 2018년 기준으로 2,482km⁵ 이다(표 3). 전라남도지역에 연안습지의 50%가량이 분포하고 있으며, 인천광역시, 충청남도 순으로 많은 면적을 차지하고 있다. 습지 현황 파악 방법으로 이용된 현장 조사 및 위성영상 분석의 기술적 한계로 전국의 모든 습지가 통계에 담겼다고 확정할 수 없으나 현시점에서 우리나라의 습지 면적은 총 6,315.4km⁴로서 국토 면적의 6.29%를 차지하고 있다. 한편, 2021년 7월까지 「습지보전법」에 따른 전국의 습지보호지역은 환경부 27개소(132.265km⁴), 해양수산부 13개소(1,431.69km⁴), 시·도지사 7개소(8,254km⁴) 등 총 47개소(1,572,209km⁴)로 국토 면적의 1.54%를 차지하고 있다(표 4).

표 2. 행정구역별 내륙습지 현황

행정구역명	합계		담수습지		하구습지	
	습지수(개소)	면적(km ⁴)	습지수(개소)	면적(km ⁴)	습지수(개소)	면적(km ⁴)
강원도	275	62.8	222	46.3	53	16.6
경기도	179	143.8	163	102.7	16	41.0
경상남도	319	74.4	230	66.1	89	8.3
경상북도	373	121.0	347	112.9	26	8.1
광주광역시	51	9.5	51	9.5	-	0.0
대구광역시	20	6.6	20	6.6	-	0.0
대전광역시	13	1.5	13	1.5	-	0.0
부산광역시	27	63.7	8	38.4	19	25.4
서울특별시	9	0.8	9	0.8	-	0.0
세종특별자치시	13	10.7	13	10.7	-	0.0
울산광역시	30	7.2	17	1.1	13	6.2
인천광역시	24	8.0	9	4.2	15	3.8
전라남도	476	228.3	339	67.7	137	160.6
전라북도	316	170.4	295	52.8	21	117.7
제주특별자치도	127	2.8	112	2.5	15	0.3
충청남도	268	198.3	223	58.5	45	139.8
충청북도	184	44.2	184	44.2	-	0.0
합계	2,704	1,154.2	2,255	626.5	449	527.7

4 국립환경과학원 국립습지센터(2016년~2018년), 국립생태원 습지센터(2019년~2020년)에서 조사한 제4차 내륙습지 일반조사 결과를 참고한 것임.

5 국가통계포털(<https://kosis.kr>, 2021.3.20. 검색).

표 3. 행정구역별 연안습지 현황

지역구분명	1987년(km ²)	2008년(km ²)	2013년(km ²)	2018년(km ²)
전체	3,203.6	2,489.4	2,487.2	2,482
경기도	1,179.6	168.8	165.9	167.7
인천광역시	-	703.9	709.6	728.3
충청남도	434.2	358.8	357	338.9
전라북도	321.6	117.7	118.2	110.5
전라남도	1,179.1	1,036.9	1,044.4	1,053.7
경상남도 및 부산광역시	89.1	103.3	92.1	82.9

표 4. 습지보호지역 현황(2021. 7. 기준)

구분	습지보호지역	
	개소	면적(km ²)
환경부	27	132.265
해양수산부	13	1,431.69
지자체	7	8.254
합계	47	1,572.209

3. 습지 훼손 현황

3.1. 훼손 습지의 개념

훼손이란 헐리거나 깨져 못 쓰게 되는 것을 이른다.⁶ 따라서 습지 훼손에 대한 사전적 의미는 생물과 무생물을 아우르는 습지 생태계의 근원적인 공간이 제 기능과 역할을 하지 못하게 만드는 행위라고 할 수 있다.

법적으로 습지 훼손에 대한 정의는 없으나, 환경 관련 최상위법인 환경정책기본법에서 훼손에 대해 제3조 5항은 “환경훼손”이란 야생동식물의 남획(濫獲) 및 그 서식지의 파괴, 생태계 질서의 교란, 자연경관의 훼손, 표토(表土)의 유실 등으로 자연환경의 본래적 기능에 중대한 손상을 주는 상태를 말한다.’로 정의하고 있다. 그 밖에 자연환경보전법과 동법 시행령에서 습지를 포함하는 자연환경의 훼손에 대해 다음과 같이 설명하고 있다(표 5).

6 표준국어대사전

표 5. 법률상 자연환경 훼손에 대한 정의

자연환경보전법 제15조(생태·경관보전지역에서의 행위제한 등) ①누구든지 생태·경관보전지역안에서는 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 자연생태 또는 자연경관의 훼손행위를 하여서는 아니된다. 다만, 생태·경관보전지역안에 「자연공원법」에 따라 지정된 공원구역 또는 「문화재보호법」에 따른 문화재(보호구역을 포함한다)가 포함된 경우에는 「자연공원법」 또는 「문화재보호법」에서 정하는 바에 따른다.

1. 핵심구역안에서 야생동·식물을 포획·채취·이식(移植)·훼손하거나 고사(枯死)시키는 행위 또는 포획하거나 고사시키기 위하여 화약류·덫·올무·그물·함정 등을 설치하거나 유독물·농약 등을 살포·주입(注入)하는 행위
2. 건축물 그 밖의 공작물(이하 “건축물등”이라 한다)의 신축·증축(생태·경관보전지역 지정 당시의 건축연면적의 2배 이상 증축하는 경우에 한정한다) 및 토지의 형질변경
3. 하천·호소 등의 구조를 변경하거나 수위 또는 수량에 증감을 가져오는 행위
4. 토석의 채취
5. 그 밖에 자연환경보전에 유해하다고 인정되는 행위로서 대통령령으로 정하는 행위

자연환경보전법 시행령 제37조(생태계 훼손면적의 산정) ①법 제46조제3항 본문의 규정에 따른 생태계의 훼손면적은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 훼손행위가 발생하는 지역의 면적으로 한다.

1. 토양의 표토층을 제거·굴착 또는 성토하여 토지 형질변경이 이루어지는 행위
2. 식물이 군락을 이루며 서식하는 지역을 제거하거나 파괴하는 행위
3. 습지 등 생물다양성이 풍부한 지역을 개간·준설·매립 또는 간척하는 행위

사전적, 법적 정의를 통해 습지 훼손이란 습지의 고유 성질이나 상태가 손상되거나 망가지는 상태로서 매우 포괄적인 범위를 포함하고 있다. 이러한 훼손의 원인은 태풍, 홍수 등 자연재해로 인한 자연적인 원인과 건설, 토지 형질변경, 생물자원 남획, 비점오염원 등으로 인한 인위적 원인으로 구분할 수 있다.

3.2 습지 훼손 현황

습지는 생물다양성이 풍부하고 생물의 생산적 가치가 높으며 수위 조절, 오염물질 정화, 식량 생산 등 다양한 기능을 하는 보전 가치가 높은 생태계이다.⁷ 그러나 습지는 오래전부터 쓸모없거나, 버려진 땅으로 인식되어 다양한 형태로 개발되어왔다. 사회·경제 발전과 함께 습지 개발이 가속화된 것은 기정사실이며, 이는 우리나라뿐만 아니라 전 세계적인 추세였다.

전 세계적으로 습지의 소실은 20세기에 들어 64~71% 감소한 것으로 추정된다.⁸ 내륙습지의 감소(평균 61% 손실)는 연안습지(46% 손실)보다 더 빨리 더 많이 진행 되었다. 오세아니아에서 12%, 라틴아메리카에서 최대 59% 감소했으며, 최근 자료에 따르면 1970년부터 2015년 사이 내륙 및 연안습지의 약 35%가

7 Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G. 2007. Wetlands, 4th ed.. 600p. John Wiley & Sons, Inc. New York.

8 Davidson, N.C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. Marine and Freshwater Research, 65, 934-941.

손실되었다.⁹ 습지의 감소 비율은 증가하고 있으며 지난 세기 감소율은 이전 세기보다 3.7배 증가한 것으로 추정되고 있다.¹⁰ 습지 감소에 따른 생태계서비스에 대한 영향에는 탄소 격리율 감소, 연안지역 취약성 증가, 홍수 빈도 증가, 어류 서식지 소실 등을 포함하고 있다.¹¹

우리나라의 경우 1960년대 이후 최근까지 식량 증산을 포함한 경제개발을 국정운영의 최우선 과제로 삼아 왔다. 이러한 경제개발 정책은 지난 수십 년간 자연환경의 급격한 훼손 및 소실이 담보되어 성공적으로 이루어질 수 있었다. 특히, 국토 면적 대비 인구밀도가 높고 급격한 경제 발전이 추진됨에 따라 비교적 개발이 쉬운 대규모 연안습지(갯벌)와 하천과 호소 등의 내륙습지는 개발의 주요 대상¹²이 되었다. 서산 부남호·간월호, 새만금 등의 서해안 갯벌 간척과 소규모 내륙습지의 매립, 개간 등 전국 각지에서 다양한 형태의 습지 개발이 이루어졌다. 이러한 습지 개발은 습지의 생태적 기능과 가치가 국가와 국민 모두에게 제대로 인식되지 않음으로써 쉽게 통제되지 않았다. 2000년대 초반 새만금 개발 사업에서 환경시민단체와 정부 사이의 갈등 관계가 형성되면서 습지 보전의 필요성에 대한 국민적 관심도 증가하게 되었다. 이와 함께 습지 보전에 관한 국제협약인 람사르협약에 우리나라가 1997년 가입하면서 습지 보전에 대한 인식 확산은 발돋움할 수 있었고, 추가적인 습지 훼손은 감소 추세에 들어서게 되었다.

한편, 국토의 환경능력과 수용능력을 고려하지 않은 과잉·난개발로 1989년부터 2009년까지 국토의 습지 면적은 61% 감소¹³한 것으로 알려져 있다. 2000년부터 2015년까지 조사된 내륙습지의 이력 조사 결과에서도 1,876,665㎡의 습지는 소실되었고 194개 습지에서 총 4,122,822㎡가 감소한 것으로 나타났다.¹⁴ 연안습지의 경우에는 1987년 3,203.6km²였으나 지난 30년간 각종 개발로 721.6km²가 감소¹⁵한 것으로 알려져 있다. 이러한 습지 감소는 내륙습지와 연안습지 모두 이용 가능한 토지 확장을 위한 간척과 매립, 개간이 주요 원인이며 조수간만의 차가 큰 우리나라의 연안 지역 지형 특성상 연안습지의 대량 소실과 직접적인 관계를 맺고 있다.

9 Ramsar Convention on Wetlands. 2018. Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat. Available at: <https://www.global-wetland-outlook.ramsar.org/>.

10 Davidson, N.C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65, 934-941.

11 Duarte, C. M., Losada, I., Hendricks, I., Mazarrasa, I. and Marba, N. 2013. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3, 961-968.

12 환경부. 2018. 제3차 습지보전기본계획. 세종.

13 환경부. 2016. 제3차 자연환경보전기본계획. 세종.

14 제2차 전국내륙습지 모니터링(2016~2020) 조사결과 참고.

15 KOSIS 국가통계포털(<https://kosis.kr>, 2021.3.23. 검색).

4. 습지 훼손의 역사 - 습지 간척의 역사

습지는 주로 지대가 낮고 평평한 입지에 만들어진다. 유기물이 풍부하게 축적된 습지는 오래전부터 습지와 그 주변을 경작지로 활용하기 위해 개발해왔다. 자연 상태로는 인간의 이용이 제한됨에 따라 쓸모없는 땅으로 인식되어 다양한 목적에 따라 개발되는 매우 취약한 생태계였다. 습지가 가지는 생태적·공익적 가치를 깨닫기 전에 이미 많은 습지는 소실 또는 훼손되었으며, 주요 훼손 요인은 매립, 간척, 개간 등 토지의 용도변경 등을 들 수 있다.

간척(Reclamation, 干拓)은 사전적 의미로 ‘이용 가능한 토지 확장을 위해 바다나 갯벌, 호수, 습지 등을 메워 육지화 하는 것’¹⁶을 말한다. 우리나라에서 간척은 새만금 간척사업 등 연안습지 개발과 관련된 환경시민단체와 정부 사이의 갈등 덕분에 일반적으로 바다나 갯벌을 메우는 행위로 인식되고 있으나 호수나 습지를 육지화하는 것도 간척에 속하는 것이다. 과거에 간척은 농지 확보를 통한 식량 증산 등 농업경쟁력 강화를 위해 주로 시행되었다. 그러나 근대 이후에는 산업화와 도시화가 진행됨에 공업단지, 주거지역, 공항, 항만 조성 등 다양한 목적으로 이루어지고 있다. 이 가운데 대규모 간척사업으로 습지 훼손이 심각한 연안습지 훼손의 역사는 다음과 같다.

우리나라의 해안선은 14,962.8km로 지구 둘레의 37%에 해당한다고 한다.¹⁷ 특히 서·남해안은 해안선이 복잡한 리아스식 해안 발달로 만(bay)의 입구 양단간 거리가 짧고 내부 간척지¹⁸ 면적은 넓어 간척하기 매우 좋은 조건을 가지고 있다. 이러한 지형적 특성을 바탕으로 서해안은 간척의 주요 대상지가 되어왔다(표 6). 문헌 기록상 우리나라 최초의 간척기록¹⁹은 고려 시대 몽골군의 침입으로 강화도로 수도를 천도한 이후 1235년 축조한 해상 방어용 연안 제방이다.

표 6. 시대별 연안습지 간척지 현황

시기	주요 간척지역
13C	강화연안 제방 축조, 평남 위도(갈대섬)
17C ~ 18C	강화도 연안
1910 ~ 1960	태안, 부안, 진도 연안
1970년대	금강, 평택 대단위 농업개발
1980년대	삼교, 영산, 대호, 김포, 시화, 서산
1990년대 ~	화옹, 새만금, 홍성, 보령, 고흥 연안

16 두산백과.

17 연안포털(<https://coast.mof.go.kr>, 2021.3.27. 검색).

18 간척지는 바다, 갯벌, 호수 습지 등을 메워 물을 빼어 만든 땅이고 간척지는 밀물과 썰물이 드나드는 갯벌을 뜻함.

19 농촌알리미(<https://www.alimi.or.kr>, 2021.3.28. 검색).

고려 시대와 조선 시대의 간척사업은 식량과 군량미 조달을 목적으로 관 또는 부농, 권세가들의 주도로 이루어졌다. 기록상 1636년(인조)부터 1800년(정조)까지 약 30개소의 간척사례가 기록으로 전해져 오고 있으며, 정약용의 ‘목민심서(1818년)’에는 간척을 위한 제방 및 배수 갑문 축조에 대한 기록이 전해질 정도로 국가적 관심 증가와 기술개발이 있었다.

일제 강점기에는 일본의 식량 수탈정책 목적으로 식량 증산과 토지 개량을 위해 간척이 이루어졌으며, 1908년부터 1945년까지 190개 지구에서 33,659ha의 간척이 이루어진 것으로 추정되고 있다.^{20 21} 광복 후 우리나라의 간척사업은 1960년대까지 식량난 개선을 목적으로 소규모로 이루어졌으나, 1970년대 이후에는 대단위 농업개발 사업을 목적으로 이루어졌다. 다시 1990년대 이후에는 공단 조성 및 공항, 항만 건설 등 대형 국책사업 추진을 위해 이루어졌다.

간척사업을 위해 1917년부터 1923년까지 일제는 「조선공유수면매립령」을 만들어 농지 확장을 위한 간척과 수리 시설 확충을 추진하였다. 독립된 후에는 농업기반 확충, 산업단지 개발, 대규모 국책사업을 위해 1962년 「공유수면매립법」을 제정²²하여 적극적인 간척사업을 추진해왔다(그림 1, 2). 이러한 법 제도적 지원과 더불어 간척 기술의 발전으로 간척사업은 점차 소수 지역을 대상으로 대규모화되는 양상을 나타내었다. 시대별 간척지 개발 면적은 1960년대 사업지별 평균 0.15㎢에서 1970년대 0.83㎢, 1990년대에는 12.3㎢로 증가하였다.²³



그림 1. 동진강 수리간척사업 제2방조제 축조공사(1964)
(출처: 사진 대한민국)



그림 2. 동진강 간척사업 제2방조제 축조공사(1965년)
(출처: 사진 대한민국)

20 안재숙. 1989. 한국농지개발사. 효석선생 회갑기념 출판 봉정추진위원회.

21 국가통계자료에 등록된 간척지 현황에는 연안습지로 분류되는 갯벌뿐만 아니라 내륙습지에 속하는 하구도 포함된 것임.

22 연안포털(<https://coast.mof.go.kr>, 2021.4.1. 검색).

23 환경부. 1996. 갯벌보전과 이용의 경제성 평가. 한국해양연구소.

2020년 농림축산식품부 자료²⁴에 의하면 우리나라는 갯벌 간척사업으로 201지구에 총 197,158ha가 매립²⁵ 된 것으로 확인된다(표 7). 담수호와 인공습지를 제외한 간척지는 총 135,100ha로서 '18년까지 86,182ha가 준공되었고 48,918ha의 개발이 진행 중이다. 이는 매립, 간척, 준설 등을 통한 농지 확보, 사회기반시설 조성 등과 같은 다양한 인간 활동이 연안습지 감소의 가장 큰 원인으로 지목²⁶ 되는 국제사회의 연안습지 감소 양상과 같은 것이다.

표 7. 연안습지 간척개발사업 및 간척지 현황

구 분	총대상면적(ha, 개소)		'18까지(ha, 개소)		'19이후(ha, 개소)		비 고
	매 립	간척지	매 립	간척지	매 립	간척지	
계	197,158 (201)	135,100	126,201 (196)	86,182	70,957 (5)	48,918	※() 지구수
□ 정부시행	147,238 (199)	94,911	76,281 (194)	45,993	70,957 (5)	48,918	
○ 대단위	104,843 (11)	63,825	33,886 (6)	14,907	70,957 (5)	48,918	
○ 서남해안	42,395 (188)	31,086	42,395 (188)	31,086	-	-	
- 서남해안	16,954 (14)	11,881	16,954 (14)	11,881	-	-	
- 소규모	15,177 (44)	12,677	15,177 (44)	12,677	-	-	
- 미완공	10,066 (127)	6,380	10,066 (127)	6,380	-	-	
- 유희지	198 (3)	148	198 (3)	148	-	-	
□ 민간시행	49,920 (2)	40,189	49,920 (2)	40,189	-	-	
○ 민간기업	17,058 (2)	12,763	17,058 (2)	12,763	* 매립면적 · 서산 15,409 · 김포 1,649		* 간척면적 · 서산 1,114 · 김포 1,649
○ 소규모	32,862	27,426	32,862	27,426	민간시행		

내륙습지의 훼손 역사도 연안습지와 그 양상이 크게 다르지 않다. 주로 인공적인 원인으로 감소했으며, 그 원인으로는 제방 축조, 수로 변경, 경작지 조성, 도로 건설, 택지 조성 등과 그로 인한 인위적 활동이다.²⁷ 본격적인 내륙습지의 개발은 연안습지와 마찬가지로 일제 강점기부터이며, 하구습지에 대한 매립과

24 농림축산식품부(<https://www.mafra.go.kr>, 2021.4.1. 검색).

25 간척지와 담수호, 인공습지 등을 포함한 국토확장 면적.

26 Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystem and Human Well-being : Wetlands and Water. World Resource Institute.

27 정진순. 2004. 낙동강 하류의 습지 환경 변화 연구. 지리과교육 7: 179-197.

간척으로 내륙습지의 면적은 많이 감소되었다.²⁸ 1910년대 제작한 지형도부터 2000년대 지형도까지 GIS-DB를 구축하여 하구습지 변화를 비교한 연구에서 한강하구 습지 면적은 31,440ha에서 17,347ha로 감소하였으며, 영산강과 가화천에서도 습지 감소 양상은 다르지 않았다(표 8)²⁹. 경제가 발전하고 토지이용 강도가 높아짐에 따라 내륙습지의 개발도 가속화된 것이다.

표 8. 1910년대부터 2000년대까지 한강, 영산강, 가화천 하구의 습지유형별 면적변화

하구	총면적(ha)	유형	습지면적(%)		
			1910년대	1970년대	2000년대
한강	440,723	갯벌	25,894 (5.87)	25,044 (5.68)	16,441 (3.73)
		모래톱	5,546 (1.26)	2,872 (0.65)	234 (0.05)
		습지	0 (0.00)	1,005 (0.23)	672 (0.15)
		합계	31,440 (7.13)	28,920 (6.56)	17,347 (3.94)
영산강	152,800	갯벌	30,893 (20.22)	25,612 (16.76)	1,421 (0.93)
		모래톱	48 (0.03)	122 (0.08)	10 (0.01)
		습지	0 (0.00)	1,192 (0.78)	98 (0.06)
		합계	30,940 (20.25)	26,926 (17.62)	1,530 (1.00)
가화천	19,898	갯벌	1,097 (5.51)	1,178 (5.92)	1,093 (5.49)
		모래톱	310 (1.56)	48 (0.24)	44 (0.22)
		습지	14 (0.07)	61 (0.31)	50 (0.25)
		합계	1,422 (7.14)	1,287 (6.47)	1,186 (5.96)

쓸모없는 땅이라고 인식되던 내륙습지를 간척하고자 하는 최근까지의 시대적 분위기는 우리나라의 대표적인 내륙습지이자 현재에는 습지보호지역인 우포늪도 예외가 아니었다. 1930~40년대에는 농지 확장을 위해 인공제방을 쌓아(그림 3. 파란화살표) 홍수 시 범람원 역할을 하던 습지 면적이 축소되었다. 이후 1970년대에도 우포늪은 농지 확장을 위해 간척사업이 일부 진행되었으나 비용과 기술력 부족으로 중지되었으며, 그 흔적은 그대로 남아있다(그림 3. 붉은화살표).



그림 3. 좌) 1930년대 축조된 제방-파란화살표, 1970년대 간척 흔적-붉은화살표(Daum 지도, 화살표의 지형은 우포늪을 간척하기 위한 일종의 방조제임), 우) 1970년대 우포늪 간척 흔적은 우리나라 최고이자 최대의 내륙습지 생태계 건전성을 위협하고 있다(‘20.08.14).

28 Koh, C.H. 1997. Korean megatidal environmental and tidal power projects. La Houille Blanche, 3: 66-78.

29 노백호, 이창희. 2007. GIS를 활용한 하구의 습지추정 및 변화추이 분석에 관한 연구. 한국습지학회지 9(2): 21-31.

한편, 이러한 습지의 훼손은 기후 조건에 악영향을 미칠 수도 있다. 습지를 매립하여 식생을 훼손하면 지표면 반사도가 낮아져서 태양 에너지의 흡수율이 증가하여 지표면 온도 상승에 영향을 미친다.³⁰ 또한, 습지로 전달된 태양 에너지는 물이 증발하는데 많이 소비되어 육상지역 확대에 영향을 미친다. 육상지역에서의 태양 에너지는 대부분 열로 변환됨에 따라 습지의 소실 및 훼손은 지역 기온상승과 연간 강우량 감소에 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려져 있다.^{31 32}

5. 습지 개발(간척사업)의 성과와 한계

우리나라의 습지 개발(간척)은 1970년대 식량 자급정책을 위해 본격적으로 시작되어 식량 자급자족과 국가경제발전에 이바지한 것이 사실이다. 농지, 도시, 공단지역 등 새로운 경제활동의 터전을 제공하는 등 긍정적인 측면이 있다. 대표적인 사례로서 사회지구의 경우, 갯벌 면적은 1985년 117.5km²에서 1994년 40.3km²로 약 1/3이 감소하였다(그림 4). 반면 유역면적의 5.3%(24.9km²)에 불과했던 도시면적은 23.7%(110.4km²)로 4.5배 증가하였다. 습지 개발을 통한 이러한 토지이용의 변화는 단순히 산업구조의 변화뿐만 아니라 복잡다양한 사회를 형성하는 바탕이 되므로 긍정적인 효과라고 할 수 있을 것이다. 그러나 개발우선주의라고 할 수 있는 그 당시에 인지하지 못했던 개발에 따른 사회적 비용에 대한 고려도 매우 중요하다는 사회적 공감대가 형성되면서 간척사업의 추진은 신중해지기 시작했다.

일부 대규모 습지 개발지역(간척지)은 경작지, 산업단지 등 본래 계획과 다르게 이용되거나 그 이용률이 저조해 경제적 손실을 초래하는 문제가 발생하기도 하였다. 주변 지역의 도시화와 산업화를 촉진시켜 자연생태계의 소실과 쇠퇴를 초래하기도 하였다. 습지 개발에 의한 지표면 토지피복 양상 변화가 열수지 및 수분수지 등 다양한 환경변화를 초래하여 국지적인 기후변화를 초래할 수 있다는 것은 잘 알려진 사실이다.³³

한국산업경제연구원³⁴은 연안습지 개발로 갯벌의 저서생물과 철새 등 생물서식처 소실, 생물학적 물질순환 단절, 방조제 건설로 인접 해안의 유속 저하, 생물 다양성 감소, 연안 수질 악화 등의 생태계 훼손 문제를 제시하였다. 실제 연안습지 간척사업으로 만들어진 일부 담수호에서는 수질오염, 생태계 파괴 등 환경적 문제가 대두되어 사회·경제적 손실을 초래하고 있다. 새만금 간척사업과 같은 대규모 습지 개발 사업을 통해 개발로 인한 경제적 이익보다 생태계 훼손으로 인한 사회적 갈등과 비용이 더 크게 발생한다는 인식이 형성되었다.

30 Foley, J., Costa, M., Delire, C., Ramankutty, N. & Snyder, P. 2003. Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. *Front. Ecol. Environ.* 1: 38-44.

31 Pokorný, J., Brom, J., Cermak, J., Hesslerova, P., Huryňa, H., Nadezhdina, N. & Rejskova, A. 2010a. Solar energy dissipation and temperature control by water and plants. *Int. J. Water*, 5 (4).

32 Pokorný, J., Kvet, J., Rejskova, A. & Brom, J. 2010b. Wetlands as energy-dissipating systems. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 37 (12), 1299 - 1305.

33 이현영. 1995. 도시화가 대기환경에 미치는 영향. *환경영향평가*. 4(3): 73-86.

34 한국산업경제연구원. 1998. 영산강 IV 단계 개발사업 타당성 조사.

간척과 매립 등 습지 개발에 대한 국민의 인식과 국가 정책이 전환점을 맞을 수 있었다. 이러한 인식을 토대로 만들어진 제3차 국토종합개발계획(1992~2001)과 「연안관리법」, 「습지보전법」 등은 습지 개발의 한계를 극복하기 위한 새로운 도전이라고 할 수 있을 것이다.



1987년 위성영상



1991년 위성영상



2004년 위성영상



2020년 위성영상

그림 4. 시화호 간척사업지구의 연차별 지형변화(구글어스 갈무리, 2021.4.3. 검색)

습지를 개발의 대상에서 지속 가능한 이용과 보전으로 사회적 관심이 전환되면서 습지 보전에 대한 사회적 요구도 커졌다.³⁵ 습지의 생태적 가치와 보전의 필요성에 대한 새로운 이해를 일깨우고, 습지 자체의 소중한 가치를 잘 보존하기 위해서는 습지 소실 및 훼손의 주요 원인인 습지에 대한 개발 사업의 정책 방향 재설정이 매우 중요하다. 이제까지 다양한 목적에 의해 추진되어온 간척 활동에 대한 평가를 통해 그동안의 성과는 물론 문제점 도출도 필요하다. 습지는 국토의 일부이자 소중한 자산으로서 생태적 가치를 비롯한 다양한 가치를 잘 보존하기 위해 지금보다 더 현명한 이용과 관리가 요구된다. 이에 다음 장에서는 습지 보전 및 관리의 한 유형으로서 습지를 복원하기 위한 국내·외 노력 사례를 살펴보고자 한다.

35 윤성순, 박수진, 신철오. 2012. 공유수면 매립에서의 공유재 가치 보존 방안연구. 한국해양수산개발원.



습지 복원 동향과 활성화 방안

II. 습지 복원(restoration) 사례

1. 습지 복원 개요

습지의 복원을 개념적으로 단순히 정의하기는 쉽지 않다. 그러나 복원의 정의에 따라 복원을 위한 법 제도의 정비 방향, 기술개발 수준 등이 달라지므로 습지 복원에 대한 정의는 중요한 부분이다. 복원에 대한 전통적이고 보편적인 설명은 미국 국가연구위원회(National Research Council)가 정의한 “훼손된 생태계의 원상태 또는 그와 비슷한 상태로 생태계의 구조와 기능을 조성함으로써 생물서식처로서의 기능 및 생물종 서식을 증진 시키는 것³⁶⁾”을 일컫는다. 국제생태복원학회는 복원의 개념을 질적·양적으로 저하(degraded)되었거나, 훼손(damaged)되었거나, 파괴(destroyed)된 생태계의 회복을 도와주는 과정³⁷⁾으로 정의하고 있다. Elliott 등³⁸⁾은 여러 연구를 종합하여 복원을 “감소 또는 손실된 생태계의 구조적·기능적 특성의 일부 또는 전체를 완전히 대체 하는 활동”으로 정의하기도 하였다.

여러 연구 결과를 종합할 때 습지 복원은 습지 생태계의 구조와 기능을 현재 상태보다 증진 또는 개선하여 훼손되기 전과 비슷한 상태로 만들기 위해 “원래 있었거나 있었을 것으로 추정되는 식물군락과 수리·수문 체계의 재확립”으로 정의할 수 있다³⁹⁾. 따라서 습지 복원은 생물·물리·화학·지질학적 상태의 변화 수반하며, 최근에는 이러한 기술적 관점뿐만 아니라 생태계서비스 복원이라고 하는 사회경제체계와의 연계⁴⁰⁾도 궁극적인 복원 목적 달성을 위해 매우 중요한 요소로 간주하고 있다.

36 NRC. 1991. Restoration of aquatic ecosystems: science, technology, and public policy. National Research Council, Washington DC, 485p.

37 Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser_primer.pdf

38 Elliott, M., Burdon, D., Hemingway, K.L. and Apitz, S.E. 2007. Estuarine, coastal and marine ecosystem restoration: confusing management and science—a revision of concepts. *Estuar Coast Shelf S* 74:349–366.

39 Conservation Program Manual (CPM). Title 440, Part 528 - Agricultural Conservation Easement Program, February 2020.

40 Lloyd, R.A., Lohse, K.A., and Ferre, T.P.A. 2013. Influence of road reclamation techniques on forest ecosystem recovery. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(2), 75–81. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(2), 75–81.

2. 개발된 습지의 복원

해외 많은 선진국은 습지 복원의 필요성에 대한 사회적 공감대가 일찍이 형성되어 많은 곳에서 습지 복원이 이루어졌고, 지금도 계속되고 있다. 습지의 복원, 특히 개발된 습지의 복원은 생물서식처 제공, 오염물질 정화, 식량 생산, 기후변화 대응 등 다양한 기능을 복원하는 것으로서 단순히 습지의 생태적·경제적 가치로 환산할 수 없을 정도로 무궁무진한 가치를 가진다. 개발된 습지 복원의 필요성과 중요성에 대한 사회공통의 인식에 기초하여 일부 나라에서는 국가 차원의 습지 복원을 위한 제도와 지침 등 다양한 복원 및 관리 기술을 마련해 두고 있다.

개발된 습지 가운데 특히, 간척, 매립된 습지의 복원 및 관리 기술개발은 갯벌이 넓게 분포하여 간척이 많이 이루어진 북유럽의 네덜란드, 독일을 비롯하여 미국, 일본 등의 여러 선진국에서 활발히 진행되고 있다. 이들 선진국은 간척된 습지 복원을 통해 수질 개선, 생물서식처 복원, 침식억제, 생태교육 활성화 등 다양하고 복합적인 목적으로 장기간 습지를 조사·모니터링 하여 복원체계의 설정 및 복원기법 개발을 진행하고 있다. 간척된 습지의 제방 또는 육상화 된 지역의 단순 복원이 아닌 간척하기 이전의 생태적인 상태로 돌려놓으려는 이른바 ‘역간척’을 습지 복원사업의 궁극적인 목표로 설정하고 있다.

우리나라의 경우 간척된 습지 복원을 위한 사회적 합의를 비롯하여 복원에 대한 지식기반도 미흡한 실정이다. 다양한 생태계 유형에 대한 복원사업 활성화로 훼손된 습지 또는 소실된 습지의 복원에 대한 필요성과 요구도가 증가할 것으로 예상되나 복원사업에 관한 법 제도적 기반 부족으로 실질적인 복원은 지지부진한 상태이다. 이에 국외 및 국내 사례를 검토하여 간척된 습지를 포함한 훼손된 습지를 복원하기 위한 제도적 기반을 확립하고 복원 대상지를 목록화하는 등 순차적인 습지 복원의 방향성 설정이 필요하다.

3. 국외 습지 복원사례

3.1 미국의 습지 복원

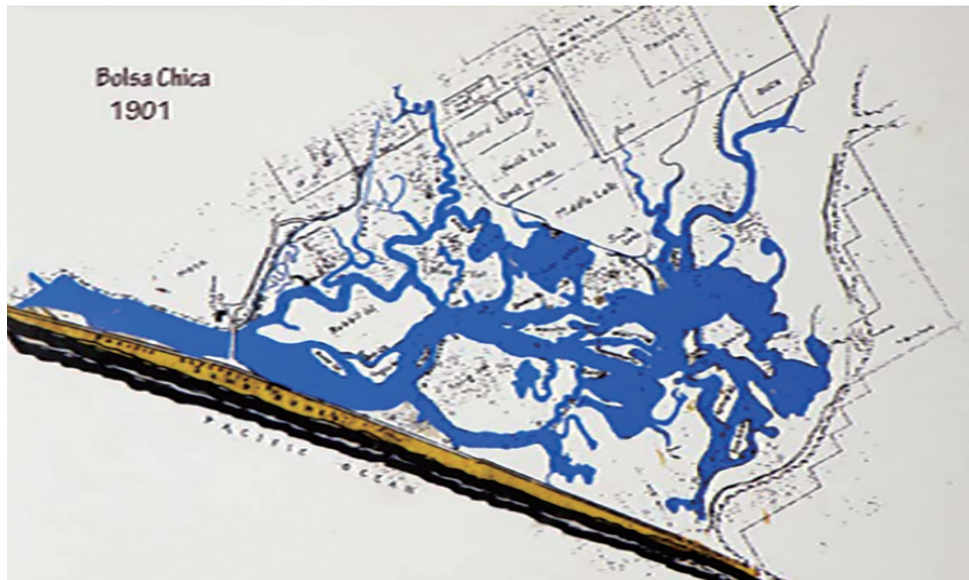
미국은 습지 훼손 방지를 위한 법과 제도의 강화에도 불구하고 습지 복원을 위한 적극적인 정책 지원 없이는 습지의 지속적인 감소를 피할 수 없다는 전제하에 1988년 미국 국가습지정책 포럼에서 제안된 습지의 순손실 방지 정책(습지총량제, No net loss of wetlands)을 확산시켜 오고 있다. 습지총량제를 통해 주별로 습지 관련 법에 보상·완화조치(compensatory mitigation)의 법제화가 이루어졌으며, 습지 복원 및 조성을 장려하여 습지의 순손실을 방지하고 있다. 이에 1991년 미국 국가연구위원회는 2010년까지 천만 에이커의 습지를 복원한다는 계획을 추천⁴¹하기도 하였다.

훼손된 습지의 목록화와 복원 등 실질적인 습지 복원 노력은 미국 환경부(EPA)의 Clean Water Act, Estuary Restoration Act, The Coastal Wetland Planning, Protection and Restoration Act, Clean Water State Revolving Funds, 5 Star Restoration Program 등 연방정부와 주 정부에서 복원 관련 법과 프로그램 등을 통해 이루어지고 있다. 이를 통해 갯벌의 50% 이상이 훼손된 미국은 2005년부터 2009년까지 12,140km²에 달하는 갯벌 복원⁴² 사업의 성과를 거두었다. 특히, 인구의 절반 정도가 연안 지역에 사는 미국은 연안 지역 인구밀도와 개발압력이 높아 산업화, 현대화 과정에 많은 습지가 훼손되었다. 그 결과 미국의 습지 복원은 하구습지 또는 연안습지에서 그 사례가 다수 확인된다.

캘리포니아주 헌팅턴비치에 있는 'Bolsa Chica Ecoregion'의 복원사업은 세계적인 습지 복원사례 가운데 하나이다. 본래 아메리카 원주민이 살던 지역이었으나, 1920년 석유 채취가 시작되면서 한때에는 캘리포니아에서 두 번째로 큰 대규모 유전지대로 개발된 지역이다. 이러한 유전지대 사이사이의 습지에 멸종위기종을 포함한 200종 이상의 조류가 도래하면서 지역사회에서 형성된 'Amigo de Bolsa Chica' 단체를 주축으로 1976년부터 습지 보전 및 복원 운동이 시작되었다. 그 결과 볼사치카 습지(6.5km²)는 2004년 복원사업을 시작하여 107년만인 2006년에 약 2.4km²의 습지에 해수가 순환되는 복원사업이 완료(그림 5)되었고 현재에는 'Amigo de Bolsa Chica'의 주도로 지속적인 모니터링이 이루어지고 있다.

41 Stevens, Panel Urges Big Wetlands Restoration Project, N.Y. Times, 1991. 12. 12, B16.

42 국토해양부, 「갯벌 복원을 통한 녹색미래가치 창출」, 보도자료, 2009.2.17.



훼손되기 전 볼사치카 지역의 지도(1901년)⁴³



복원사업 전(1994.6.)(구글어스 갈무리, 2021.4.)



복원사업 후(2007.7.)(구글어스 갈무리, 2021.4.)

그림 5. 미국 캘리포니아주 볼사치카 지역의 습지 복원사례

미국의 또 다른 대표적인 습지 복원사례는 1880년대부터 제방과 운하 건설, 수량관리 등으로 훼손된 플로리다주 남부의 ‘Everglades’ 습지 복원이다. 남한 절반 면적에 이르는 약 47,000km²의 Everglades 습지는 홍수로 인한 범람 위험 감소를 명분으로 1900년대 초 오키초비호와 마이애미강, 대서양 사이의 하천 직강화, 수로 건설 등 수자원 관리를 위한 대규모 프로젝트가 진행되었다.⁴⁴ 2차 세계대전 후에는 농경지 확대, 수로 건설, 도시 확장 등으로 추가적인 습지 개발이 이루어졌다. 이러한 습지 개발로 Everglades로 유입되는 물질 훼손과 서식처는 교란되어 50% 정도의 습지가 제 기능을 상실하기에 이르렀다(그림 6⁴⁵).

43 Tours of the Bolsa Chica Ecological Reserve EDUCATOR'S GUIDE (https://amigosdebolsachica.org/pdf/educators_guide.pdf, 2021.4.15. 검색).

44 <https://www.evergladesrestoration.gov>(2021.4.15. 검색).

45 그림 출처 Ingebritsen, S.E., McVoy, C., Glaz, B., Park, W. 1999. Florida Everglades: Subsidence threatens agriculture and complicates ecosystem restoration. in Galloway, D., Jones, D.R., and Ingebritsen, S.E. eds. Land Subsidence in the United States: U.S. Geological Survey Circular 1182, p. 95-106.

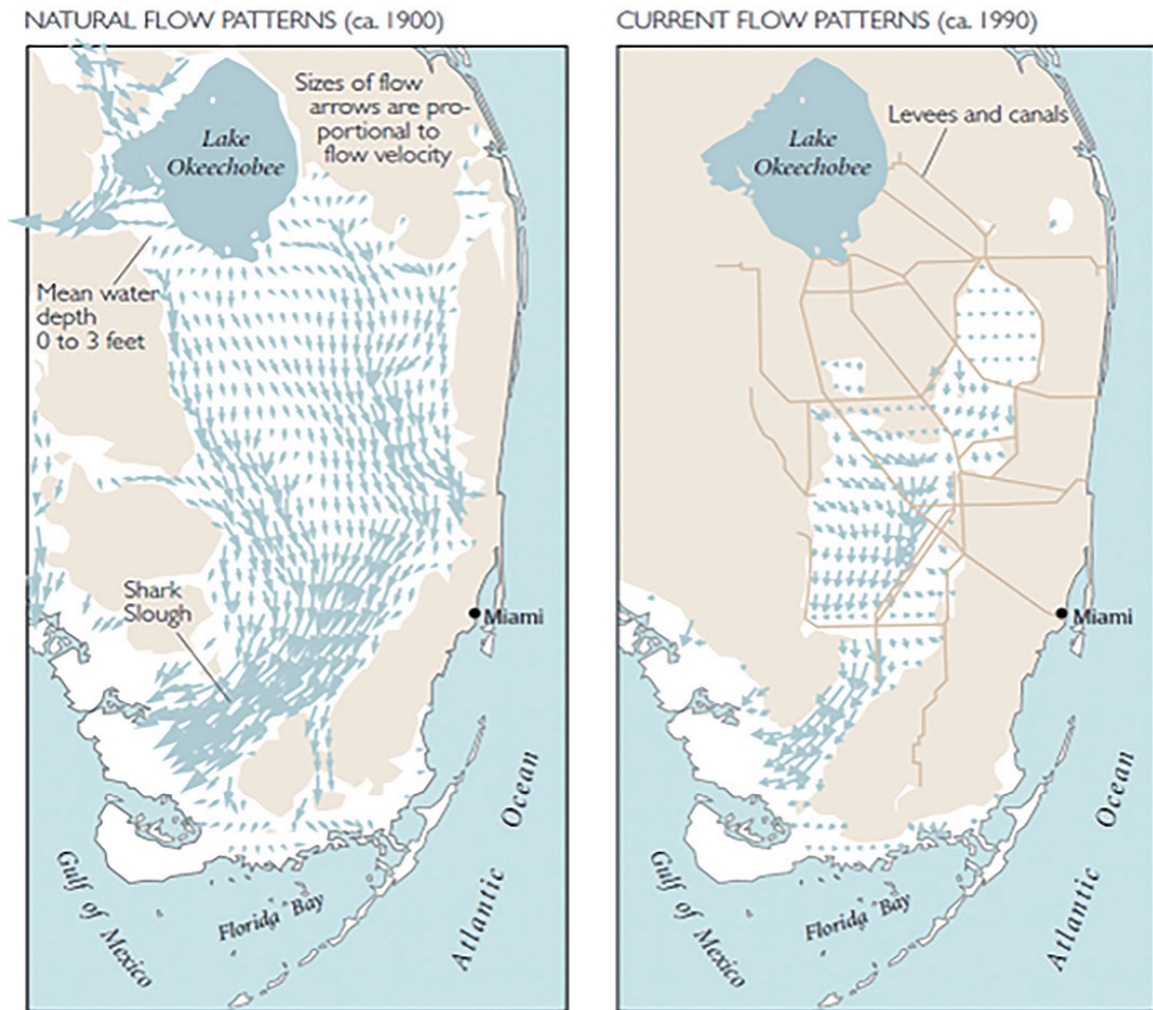


그림 6. ‘Everglades’ 습지, 운하, 수로 등으로 훼손되기 전(1900년대, 좌)과 후(1990년대, 우)의 물 흐름 모식도. 복원 프로젝트는 1900년대 물 순환 체계 복원을 궁극적인 목표로 삼고 있다.

그 결과 홍수는 줄었지만 물새 서식처의 90%가 감소하고 수질오염이 증가하는 등 다양한 생태적 문제가 부각 되어 원래의 물순환 시스템 회복을 위한 노력이 시작되었다. 하도 복원과 범람원 조성 등 습지 복원을 위해 1983년부터 5년간의 사전 조사가 이루어졌으며, 이를 토대로 복원계획이 수립되었다. 미 의회는 1999년 기준 8.2억⁴⁶ 달러 이상의 예산이 소요될 것으로 예상되는 “Comprehensive Everglades Restoration Plan(CERP)”을 승인하였으며 이를 토대로 연방, 주, 지방정부는 보를 제거하고, 직강화된 하도 및 습지를 복원하였다(그림 7⁴⁷). 지금도 생태계를 모니터링하고 관리하는 등 수백 개의 프로젝트가 운영되고 있다.

46 Congressional Research Service. 2017. Everglades Restoration: Federal Funding and Implementation Progress.

47 그림 출처 좌: <https://freshwatermanagement.wordpress.com>, 우: [https://freeassociationdesign.wordpress.com/2010/03/10/reclaiming-the-florida-everglades\(2021.4.17. 검색\)](https://freeassociationdesign.wordpress.com/2010/03/10/reclaiming-the-florida-everglades(2021.4.17. 검색)).



그림 7. 'Everglades' 습지 복원사업으로 원형 복원된 Kissimmee River 하도(좌) 모습과 사탕수수 농장으로 간척된 범람원의 복원 중인 모습(우)

이 외에도 미국 각지에서 다수의 대규모 습지 복원이 이루어지고 있으며, 볼사치카 습지 복원을 주도한 'Amigo de Bolsa Chica'와 같은 소규모 지역사회기반 복원프로그램(community-based restoration program)도 습지 복원 활성화에 기여하고 있다.

현재 해양대기청이 지원하는 지역사회기반 복원프로그램 수는 2,180개⁴⁸에 203백만 달러가 넘고 있다(그림 8⁴⁹). 해양대기청과 같은 주 정부뿐만 아니라 Costal America의 Corporate Wetland Restoration Partnership, Restore America's Estuaries와 같은 민간단체에 의한 습지 복원 활동도 미국 내에서는 활발하게 이루어지고 있다.

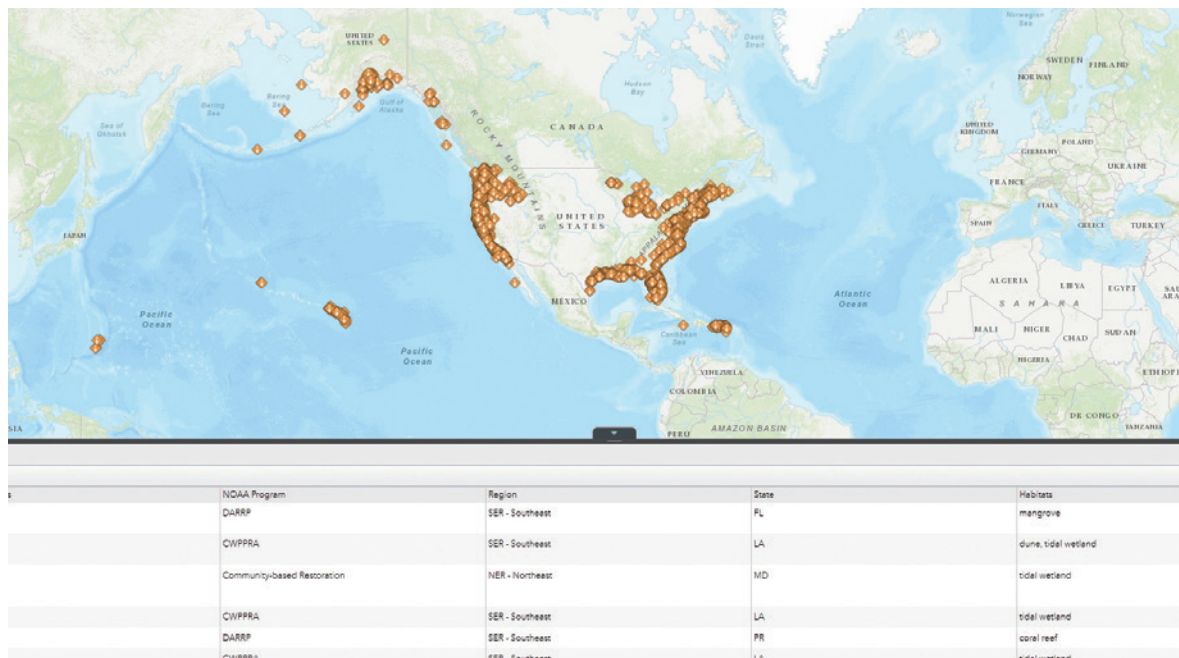


그림 8. 미국 해양대기청에서 관리하고 있는 복원지역에 대한 현황

48 NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION(<https://www.fisheries.noaa.gov/national/habitat-conservation/current-and-past-community-based-restoration-projects>. 2021.4.20. 검색).

49 그림 출처 <https://www.fisheries.noaa.gov>(2021.4.20. 검색).

3.2. 일본의 습지 복원

일본도 세계의 다른 여러 나라들과 마찬가지로 산업화 현대화 과정에서 간척과 농지 개량, 환경오염 등으로 습지 생태계가 위협받고 있다.⁵⁰ 2차 세계대전 이후 인구 급증과 귀농 정책 활성화 등의 이유로 농지개혁과 식량 증산을 위한 간척사업은 일본 내 습지 감소의 대표적인 원인으로 지목되고 있다. 특히 갯벌이 넓게 발달한 아리아케해(有明海)(그림 9⁵¹)와 도쿄만(東京灣) 지역 등은 공단, 도시, 경작지, 항만 등을 건설하기 위한 매립으로 급격한 습지의 감소가 이루어졌다. 그 결과 일본의 갯벌은 1998년 기준 1945년(827km²)의 약 40%가 감소⁵² 하는 등 다양한 생태적, 사회·경제적 문제 증가의 배경이 되었다. 이는 습지의 생물다양성 보호, 오염물질 정화, 기후조절 등 다양한 생태적 기능에 대해 시민과 사회의 인식 확산 계기가 되어 1970년대부터 습지 보전 운동이 시작되었다.⁵³ 결정적으로 1993년 쿠시로(Kushiro) 에서 개최된 제5차 람사르협약 당사국총회는 NGO와 조류학자들에 의해 일본 정부의 습지 관리 방향이 평가받는 계기가 되었으며, 정부의 습지 보전 및 복원정책 강화를 압박하게 되었다. 이러한 사회적 관심을 바탕으로 일본은 자연재생추진법이 제정되어 2002년부터 훼손 및 소실된 생태계를 보전·재생·창출하는 정책을 추진⁵⁴ 하고 있으며 일본의 잔존 습지 면적의 60%를 차지하는 쿠시로습지 복원은 자연재생추진법의 대표적인 성과로 손꼽히고 있다.

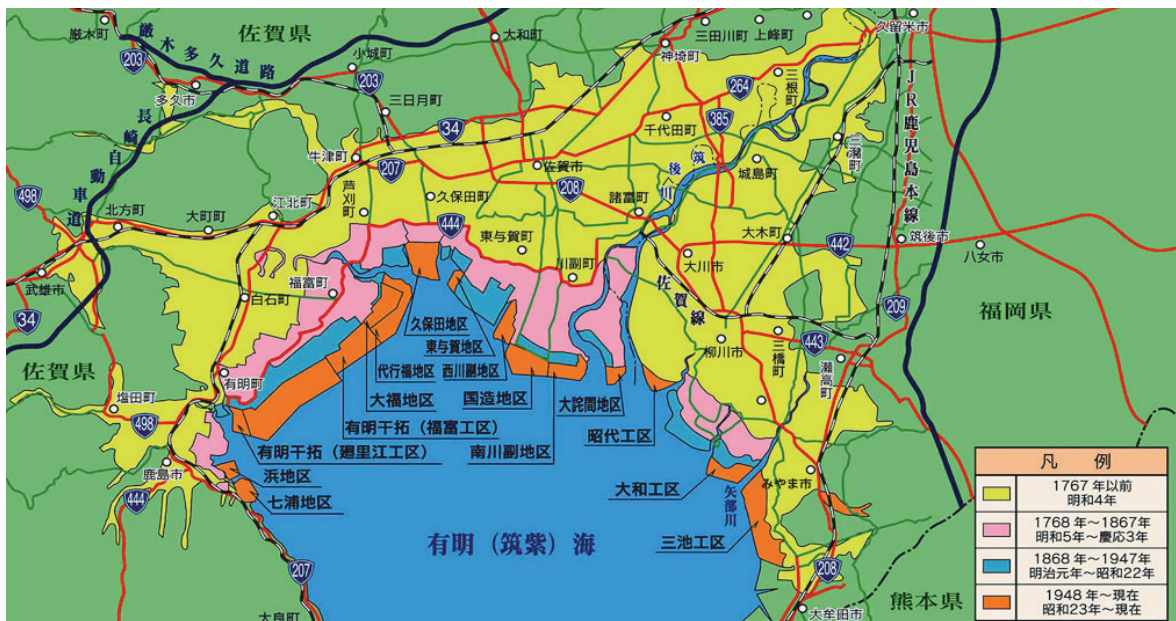


그림 9. 아리아케해의 시대별 간척 역사

50 Davidson, N. 2014. "How Much Wetland has the World Lost? Long-Term and Recent Trends in Global Wetland Area." Marine and Freshwater Research 65 (10): 934-1.

51 출처 <https://www.maff.go.jp/kyusyu/seibibu/kokuei/18/kantaku/index.html>, 2021.4.25. 검색.

52 재인용. 김동성, 제종길, 이시완. 1998. 일본의 갯벌 현황과 보존 활동. Ocean Research 20(2): 211-235.

53 김동성, 제종길, 이시완. 1998. 일본의 갯벌 현황과 보존 활동. Ocean Research 20(2): 211-235.

54 해양수산개발원. 2007. 연안환경 복원의 경제적 편익 분석

1950년대에 농경지로 개발된 쿠시로 습지는 지속적인 하도 퇴적으로 생물상이 감소하고 홍수 발생 빈도가 증가하는 등의 피해가 증가하였다(그림 10⁵⁵). 이러한 환경문제 개선을 위해 쿠시로 습지에는 하천 직강화 등 각종 관리가 이루어졌으나 물 순환 체계는 더욱 교란되어 습지 면적 감소와 생태계 교란 등의 문제가 지속되었다. 이에 1999년 “쿠시로습지 하천 자연환경 보존위원회(Committee for the Conservation of the River Environment in the Kushiro Mire)”가 설립되었다⁵⁶. 이들은 자연재생추진법에 근거하여 훼손된 자연환경 그 자체 복원을 목적으로 하여 ①자연환경 보호 및 보전, ②복원과 농업의 조화, ③지역사회와의 협력 달성 등 3가지 목표를 세워 2001년 복원 프로젝트를 시작하였다. 복원의 목표는 2000년도의 습지 상태를 유지하는 것으로서 집수구역의 유사유출 40% 저감 및 총질소부하 30%를 저감 해야 했다.⁵⁷ 이를 위해 구하도 복원(그림 11⁵⁸), 식생 복원 등 세부 추진전략이 마련되어 실행에 옮겨졌다.

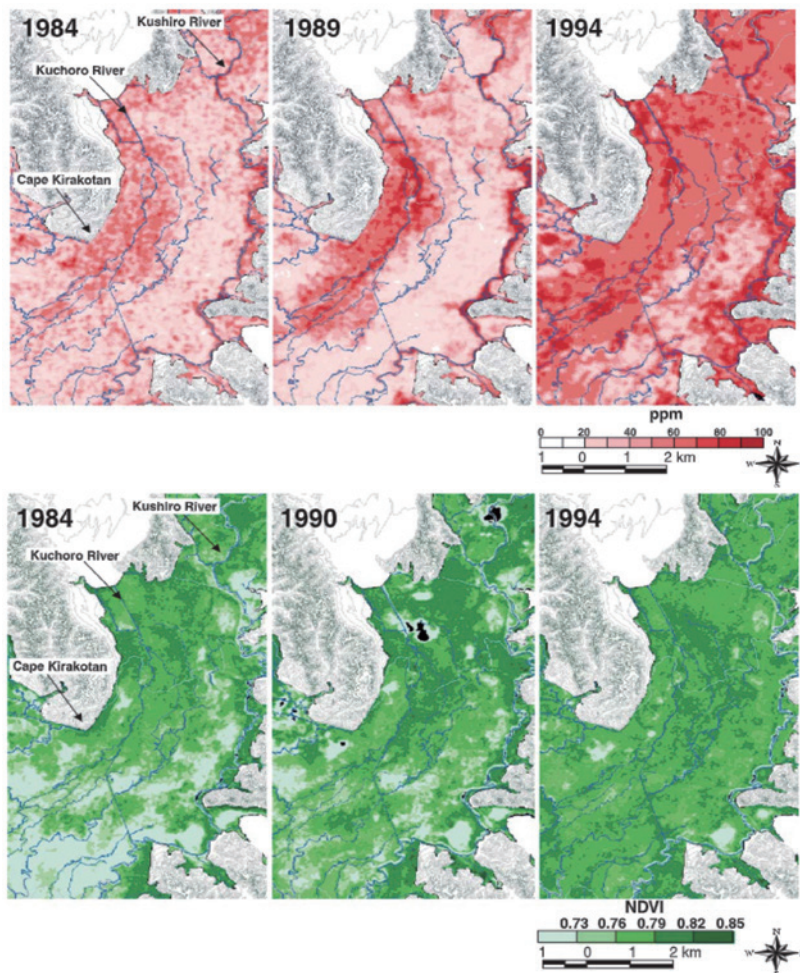


그림 10. 쿠시로습지의 연도별 탁도지수 변화(위: 짙은 색일수록 탁도가 높다)와 NDVI 식생지수 변화
(아래: 짙은 색일수록 교목식생의 구성비가 높다). 습지의 훼손이 점차 심각해짐에 따라 짙은 색의 구성비가 높아졌다.

55 F. Nakamura, S. Kameyama, S. Mizugaki. 2004. Rapid shrinkage of Kushiro Mire, the largest mire in Japan, due to increased sedimentation associated with land-use development in the catchment. CATENA 55(2); 213-229.

56 Keigo Nakamura. 2008. 일본의 하천복원 노력-개요와 전망. 제4차 하천환경국제워크숍. 재인용.

57 Keigo Nakamura. 2008. 일본의 하천복원 노력-개요와 전망. 제4차 하천환경국제워크숍. 재인용.

58 그림 출처 <https://www.env.go.jp/en/nature/nps/park/kushiro/effort.html>(2021.4.26. 검색).



그림 11. 쿠시로습지 구하도 복원 전(좌)과 후(우) 모습

3.3. 네덜란드

저지대가 많은 네덜란드는 역사적으로 9세기 이후 간척사업으로 넓은 국토를 확보하였으며, 전 세계적으로 ‘간척의 나라’로 유명하다. 본격적인 간척지 개발은 암스테르담, 할렘 등의 도시가 국제무역을 통해 번성하게 된 16~17세기이다. 부의 축적은 자연스럽게 바다보다 낮은 국토확장을 위한 간척사업으로 이어지게 되었으며, 농지와 도시 확장이 이루어졌다. 특히 1953년 대홍수 이후 시작된 델타프로젝트는 1958년부터 1997년까지 약 6조원 이상의 예산 투입으로 네덜란드 남서부 삼각주 지대에 대규모 댐과 방조제를 건설하게 되었다. 그러나 방조제 건설로 수질 악화 및 생태계 교란 등 다양한 문제가 발생하여 사회적 논란이 일자 습지 복원사업이 시작되었다.

바다를 막은 간척지가 많은 네덜란드의 습지 복원은 단순히 폐쇄형 하구 개방을 통한 해수 순환으로 복원의 목표가 쉽게 달성되기도 하였으며, 1961년 건설되어 2004년 해수 순환이 이루어진 Zandkreek dam(잔트크리크 댐) 개방은 하구 개방의 대표적인 사례로 알려져 있다. 잔트크리크 댐 개방으로 지역의 수질 개선과 질소와 인 감소, 생태계 복원, 탐방객 증가 등 긍정적인 생태계 복원성고가 나타나자 네덜란드는 Rammegors(라메호르), Kremmer(크라머) 등 다른 지역의 방조제와 하굿둑 개방도 적극적으로 나서는 계기가 되었다.

하구 개방을 통한 해수 순환과 함께 네덜란드에서도 간척지를 호수와 늪, 갯벌로 전환하는 습지 복원 사업이 활발하게 이루어지고 있다. 대표적인 예는 과거에 간척된 Breskens 지역의 농경지를 갯벌로 복원한 Waterdunen 사업이다⁵⁹. 본 사업은 조수 간만의 차를 이용한 자연적인 습지 복원을 통해 습지를 생태관광 자원으로 활용할 목적으로 2013년에 추진되었다. 2021년까지 제방 일부를 헐어 해수 순환이 가능한 2.5km²의 갯벌을 복원(그림 12)하고 휴양시설 및 체험시설, 연구소 등을 설치하여 생태관광에 활용할 계획이다.

59 <http://www.waterdunen.com>(2021.04.30 검색).



그림 12. 네덜란드 Waterdunen 습지복원 사업. 습지복원 전(좌, 2013년)과 후(우, 2020년)(구글어스 갈무리, 2021.04.30.)

3.4. 독일

유럽의 네덜란드, 독일, 덴마크 일대의 해역을 통칭하는 바덴해(Wadden sea)는 세계 5대 갯벌의 하나로서 우리나라 서해안과 비교되는 갯벌이 넓게 발달하고 있다. 총연장 약 400km, 면적 14,000km²에 이르는 바덴해 갯벌 가운데 독일은 60% 이상을 차지하고 있다(그림 13 (좌)).⁶⁰

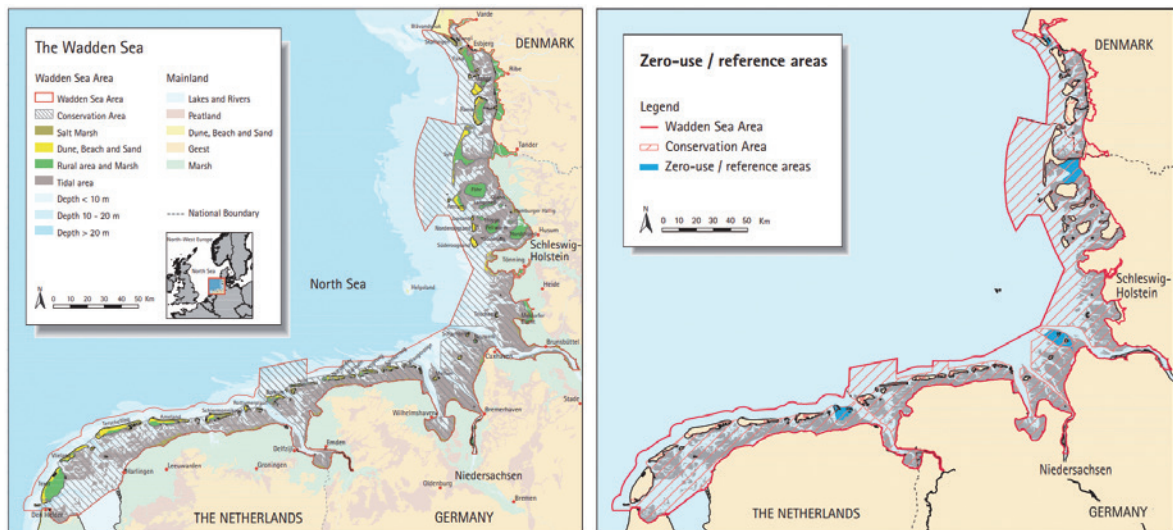


그림 13. 바덴해 갯벌 지역의 분포(좌), 습지 복원을 위한 참조습지 분포 현황(우)

60 Essink, K., Dettman, C., Farke, H., Laursen, K., Luerßen, G., Marencic, H. and Wiersinga, W. (eds.). 2005. Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.

이러한 자연환경 특성에 의해 북해지역 국가들은 약 1,000년 전부터 해일 방지 및 영토 확장 등을 위한 방조제 건설 및 간척사업이 이루어져 왔다. 독일 또한 각종 환경오염 및 생태계 변화 등 각종 문제에도 불구하고 재해 예방 명목으로 지속적으로 방조제의 규모와 높이를 확장⁶¹하고 있는 실정이다. 그 결과 바덴해의 지형⁶²과 생물상⁶³은 방조제 건설 이후 급격한 변화가 일어난 것으로 조사되기도 하였다. 그러나 1976년 바덴해의 일부가 람사르습지로 등록되면서 인위적인 간섭을 최소화 하려는 노력이 본격적으로 시작되었다.

1982년에는 독일, 네덜란드, 덴마크 3국 공동선언을 통해 바덴해 보전을 위한 제도마련과 활동을 공표하였고, 독일은 1985년부터 1990년까지 독일 지역 바덴해를 모두 국립공원으로 지정하여 추가적인 개발을 방지하였다. 1997년 수립된 바덴해 계획은 보호 대상 갯벌과 규제 대상 인간 활동을 명시⁶⁴함으로써 갯벌 보전에 관한 기본 틀을 마련했다고 할 수 있다. 바덴해 계획의 최우선 목적은 가능한 현재 상태로 갯벌을 보호하는 것으로서 자연적인 복원을 추구하였다.⁶⁵ 이러한 복원 방향에 의해 습지 복원의 참조 사이트(표준 지역: reference areas)가 설정(그림 13 (우))되었으며, 인공습지 조성 및 습지 복원 등 다양한 복원 시도(그림 14)⁶⁶가 이루어졌다.



그림 14. 바덴해 염습지 복원 계획의 디자인(Jadebusen 지역 염습지 복원)

바덴해 지역을 대상으로 한 독일의 습지 복원사업은 철새 서식지와 생태관광지로서 매우 유용하게 이용됨에 따라 성공적인 것으로 평가되고 있다(그림 15)⁶⁷. 그러나 방조제를 갯벌 훼손의 지속적이고 근본적인

61 Karsten Reise. 2005. Coast of change: habitat loss and transformations in the Wadden Sea. Helgol Mar. Rrs. 59: 9-21.

62 Karsten Reise. 2005. Coast of change: habitat loss and transformations in the Wadden Sea. Helgol Mar. Rrs. 59: 9-21.

63 Heike K. Lotze. 2005. Radical changes in the Wadden Sea fauna and flora over the last 2,000 years. Helgol Mar. Rrs. 59: 71-83.

64 CWSS. 2010. Wadden Sea Plan 2010. Eleventh Trilateral Governmental Conference on the Protection of the Wadden Sea. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. 102 pp.

65 Esselink P., van Duin W.E., Bunje J., Cremer J., Folmer E.O., Frikke J., Glahn M., de Groot A.V., Hecker N., Hellwig U., Jensen K., Korber P., Petersen J. & Stock M. 2017. Salt marshes. In: Wadden Sea Quality.

66 Esselink P., van Duin W.E., Bunje J., Cremer J., Folmer E.O., Frikke J., Glahn M., de Groot A.V., Hecker N., Hellwig U., Jensen K., Korber P., Petersen J. & Stock M. 2017. Salt marshes. In: Wadden Sea Quality.

67 Esselink P., van Duin W.E., Bunje J., Cremer J., Folmer E.O., Frikke J., Glahn M., de Groot A.V., Hecker N., Hellwig U., Jensen K., Korber P., Petersen J. & Stock M. 2017. Salt marshes. In: Wadden Sea Quality.

원인으로 지목하여 장기적인 관점에서 현재의 습지 복원 노력에 대한 실효성을 문제 삼고 있기도 하다.⁶⁸ 최소 10년간은 지속적인 모니터링을 통해 습지 복원을 피드백 하고 있는 독일의 복원 프로그램은 독일의 습지 복원 문제의 대안으로 고려된다.



그림 15. 좌)Jadebusen 지역 염습지 복원 모습, Norderney의 염습지 배후지역에 자연적인 배수 환경을 복원하기 위해 표토 층을 제거 하기 전(중)과 후(우) 모습

4. 국내 습지 복원사례

최근 우리나라도 습지의 생태적 기능과 가치 감소 방지를 위해 습지 개발과 훼손을 중단하고, 훼손된 습지의 복원과 재창출에 대한 사회적 요구와 그 필요성이 증가하고 있다. 특히 연안습지 개발로 인한 대규모 습지 훼손 문제는 사회적으로 심각하게 받아들여져 복원을 위한 사회적 논의와 실제 복원이 풍부하게 일어나고 있다.

최근에는 일부 선진국의 사례처럼 간척지의 방조제를 제거하여 간척 이전의 습지 생태계를 복원하고자 하는 적극적인 역간척 노력도 추진되고 있다. 이처럼 연안습지(갯벌) 복원에 관한 국내 사례는 전국적인 수준에서 다양한 형태로 풍부하게 보고되고 있다. 반면, 내륙습지 복원은 별도의 추진전략과 기본방향 없이 습지보호지역 또는 생태관광, 생태교육, 오염저감 등 적극적인 이용이 이루어지는 개별 습지를 대상으로 이루어지고 있다.

습지 훼손 및 교란에 따른 생태적 기능 수준에 관계 없이 습지에 관한 관심 수준에 따라 생태적 기능 개선을 위한 복원사업이 이루어지고 있는 것이 사실이다. 본 장에서는 복원사례가 비교적 풍부한 연안습지를 제외한 내륙습지 가운데 습지의 생태성 회복을 위한 적극적인 복원사례 몇 곳을 소개하고자 한다.

68 Flemming, B.W. 2002. Effects of climate and human interventions on the Wadden Sea. In: Wefer, G. Berger, W. Behre, K.E., Janse, E. (eds). Climate Development and History of the North Atlantic Realm. Springer, Heidelberg, pp.399-413.

4.1. 산박벌

창녕군 유어면 대대리 일원의 산박벌은 2012년 우포늪 습지보호지역의 훼손 방지 및 효율적인 보전관리를 위해 우포늪 습지보호지역 인근 농경지를 습지개선지역으로 지정한 곳이다. ‘산 밖 굽퉁진 곳의 벌’이란 뜻의 산박벌은 2012년 62,940㎡가 습지개선지역으로 지정되었고, 2019년 105,420㎡로 확대되었다. 제방을 쌓아 농경지로 이용하던 습지를 복원하기 위해 2016년부터 2017년까지 복원사업이 이루어졌다(그림 16).



그림 16. 산박벌 습지 복원 전(좌, 2013년, 구글어스 갈무리)과 복원 후(우, 2020.8.14)

복원사업의 주요 내용은 간척된 농경지의 토양을 걷어내어 호소형 습지를 조성함으로써 우포늪의 생태 용량을 분담하는 것이었다. 복원사업으로 평균수심 100cm, 최대수심 205cm 가량의 수역이 조성되어 자연적인 천이가 이루어지고 있다. 그러나 복원의 목표가 구체적이지 못해 육상과 수역 전이지대의 수심 분포가 급격히 바뀌는 구조로 조성되었고, 사후모니터링이 이루어지지 않아 복원사업 이후 환경변화 분석과 복원 효과의 활용이 부족했던 것으로 확인된다.⁶⁹ 현재 습지의 생태적 기능 강화를 위한 지역 기관·단체의 논의가 진행 중이다. 철새도래지로서의 생태적 기능이 큰 우포늪의 생태용량 분담을 위해 다양하고 안정적인 조류 서식처 조성 및 지속적이고 점진적인 개선을 위해 지역주민이 참여하는 지속적인 모니터링이 요구되고 있다.

4.2. 순포습지

순포습지는 강릉시 사천면 산대월리 일원의 석호습지이다. 2003년 습지 발굴 조사에서 규모는 작으나 전형적인 석호의 특성을 가진 것으로 평가되었다. 과거에 순포습지는 강릉의 5대호 가운데 하나로서 넓은 호수였다. 홍수시에는 자연적인 갯터짐으로 해수가 호수로 유입되기도 하였다. 그러나 오랫동안 이루어진 퇴적과 농지개간 등에 의해 습지는 육상화 되어 생태적 기능이 훼손된 지역이었다. 복원사업은 2011년부터

69 임정철, 2020. 산박벌 생태계 조사 결과(식물상-식생-수심분야). 경상남도람사르환경재단. 미발표자료.

2017년까지 7년간 120여억 원이 투입되었으며, 1920년대의 면적인 89,000㎡보다 65% 증가한 151,442㎡ 규모로 복원되었다(그림 17). 순포습지는 복원사업 후 매토종자로부터 발아한 순채가 확인되어 복원의 성과가 긍정적인 것으로 평가되기도 하였다.



그림 17. 순포습지 복원 전(좌, 2013)과 복원 후(우, 2020)(구글어스 갈무리)

4.3. 달성습지

낙동강과 금호강의 합류 지역에 형성된 달성습지는 해평습지(구미)와 우포늪(창녕)을 연결하는 철새 이동 축선의 중간 기착지로서 중요한 역할을 하던 곳이다. 그러나 1990년대 중반 이후 주변 지역의 급격한 개발로 흑두루미 등 주요 겨울철새의 도래는 멈추게 되었다. 이와 함께 금호강의 수질 개선을 위한 달성습지의 생태용량 확대 필요성이 제기되자 2003년 습지 복원사업이 시작되었다. 복원사업은 수질 개선을 주요 목적으로 하여 수로형 습지, 폐쇄형 습지, 개방형 습지 등 3개 유형의 습지 조성을 계획하였다. 그러나 복원의 목표가 명확하지 않았고, 복원될 습지의 물 순환 등 물리적 구조에 대한 정밀한 검증 없이 복원사업이 추진되어 개방형습지, 폐쇄형습지만을 조성하고 2005년 12월 1차 복원사업은 중단되었다(그림 18).



그림 18. 1차 달성습지 복원사업 후 개방형 습지 경관(2007.04.)

그러나 복원사업 중단 후 방치된 습지는 자연적으로 식생이 복원되고, 수질도 개선되는 등 점차 안정적인 상태로 천이가 이루어져 습지 복원성과에 대한 논란이 컸다.⁷⁰ 이후 달성습지는 생태관광 기능 활성화를 위해 2015년 12월 2차 복원사업이 시작되었으며, 2021년 3월 완공되었다(그림 19).



그림 19. 달성습지 복원사업 전(좌, 2009.04.)과 후(우, 2020.08.) 모습(구글어스 갈무리)

70 한국환경정책평가연구원. 2007. 자연환경복원포럼.



습지 복원 동향과 활성화 방안

Ⅲ. 우리나라 습지 보전에 대한 시사점

1. 습지 보전의 기본방향

3면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 영토 확장을 위해 불과 얼마 전까지도 서해와 남해 일대의 지형도가 바뀔 정도로 규모가 큰 습지 개발이 이루어졌다. 특히 조수 간만의 차가 큰 서해안의 경우 금강 수계 하천 하구 91%가 담힌하구로 개발될 정도로 개발 사업이 활발하게 이루어졌으며, 내륙습지 개발도 크게 다르지 않은 것이 사실이다. 다양한 형태의 습지 개발로 많은 습지가 훼손되어 수많은 야생생물이 서식처를 잃거나 오염된 환경에서 살게 되었다. 우리는 농경지, 공업용지, 항만, 담수호 등 이용하기 좋은 토지를 확보하는 경제적 이익만 얻을 수 있었다.

그러나 최근에는 산업 패러다임 변화로 대규모 습지 개발은 종래의 개발목적 상실과 환경오염, 수자원 감소 등의 부작용이 대두되어 이득보다 손실이 더 큰 경우가 빈번하게 발생 되고 있다.

외국에서도 연안습지를 중심으로 대규모 간척사업이 이루어졌으나 내륙습지도 개발 대상에서 예외가 되지는 않았다. 해외 각국의 습지 개발에서도 수질오염 및 생태계 교란, 생물다양성 감소, 환경 교란 등의 공통적인 문제는 발생 되었다. 그러나 이러한 문제는 습지 개발에 대한 사회적 문제를 인식하고 변화하는 계기로 작용하였다. 또한 습지의 생태적, 경제적 가치에 대한 인식 확산으로 습지 보전 및 복원의 필요성에 대한 사회적 요구가 확산됨에 따라 국가별 다양한 보전 전략 마련과 복원사업이 이루어지고 있다. 습지 훼손과 관련된 각종 개발 사업 정책의 수립은 주로 정부 주도로 이루어진 반면 습지 보전 및 복원과 관련된 사회적 요구와 참여는 지역주민 또는 민간단체, 일반시민들이 주도하고 있다는 것은 우리나라와 공통적인 특징으로 보여진다.

우리나라에서도 습지 개발과 보전에 관한 대립은 오랫동안 이어져 오고 있다. 과거에 연안습지와 같은 대규모 습지 개발은 농지 및 영토 확장을 위해 주로 이루어졌으며, 습지 훼손에 대한 문제 인식이 미흡해 무분별한 개발이 이루어졌다. 그러나 1997년 람사르협약 가입, 1999년 습지보전법 제정 등을 통해 습지에 대한 우리나라 국민의 인식은 전환되기 시작했다. 자연환경보전법을 비롯하여 연안습지 보전과

관련된 연안관리법, 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률, 갯벌 및 그 주변 지역의 지속 가능한 관리와 복원에 관한 법률 등의 제정으로 개발 중심의 습지 관리는 보전과 복원을 통한 건전한 이용으로 전환될 수 있었다.

그러나 현재 우리나라의 습지 정책은 습지보호지역 중심의 보전과 관리로 한정되고 있는 것이 사실이다. 「습지보전법」에 의한 유일한 습지 보전 체계인 습지보호지역 지정도 기존의 습지 이용행위를 대부분 수용함으로써 습지보호지역 이외의 습지 보전으로 그 영향력이 확산되는 것은 제한적이다. 즉 단순히 습지보호 지역 지정 확대만으로는 일반 습지의 훼손과 소실을 막아내는 것은 한계가 있다는 것이다. 2016년에서 2018년 사이 내륙습지 75곳 소실과 91곳 면적 감소⁷¹ 및 1982년부터 2007년까지 연안의 420여 개 지구에서 754km²의 공유수면이 매립⁷² 되었다는 것은 습지정책에 대한 변화의 필요성을 나타내는 것이다. 이제는 습지 이용에 대한 비가역적 개발 문화를 복원과 보전으로 전환하여 적극적인 습지 보전정책 추진이 필요하다는 것이다. 특히, 훼손된 습지에 대한 적극적인 복원정책의 도입과 적용은 습지 원래의 생태계를 회복(그림 20)⁷³ 시킴으로써 생물다양성을 확보하고 자연과 인간의 공생을 견인하여 생태적이고 지속 가능한 사회 구현에 이바지할 수 있을 것이다.

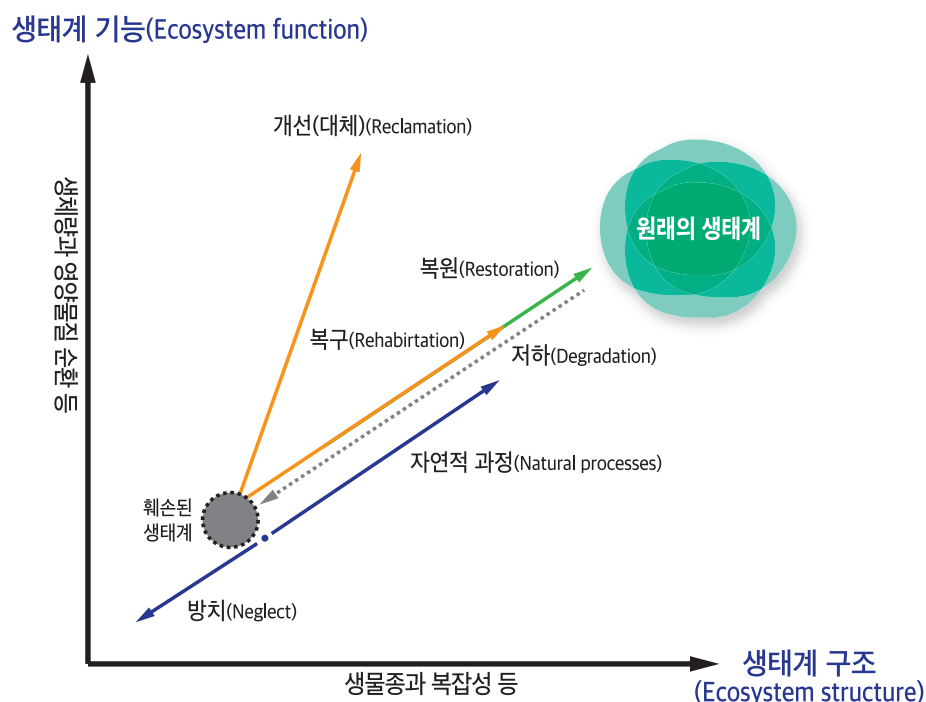


그림 20. 복원의 개념과 유형

71 보도자료(생물다양성의 보고, 습지가 사라지고 있다. 2019.1.4.).

72 국토해양부. 2011. 제2차 연안통합관리계획(2011-2021). 국토해양부, 337p

73 그림 출처: 환경부. 2011. 훼손 자연환경의 체계적 복원을 위한 연구. 235p

2. 국내 · 외 습지 복원사례의 시사점

최근 매립, 간척 등의 인위적 교란과 훼손이 이루어진 습지에 대한 우리나라를 비롯한 해외 선진국들의 인식은 크게 다르지 않다. 생태계의 보고로 알려진 습지에 대한 인위적 개발로 생태계 교란, 환경오염 등 다양한 환경문제가 발생하였고 이제는 습지 개발의 패러다임이 바뀌어야 한다는 것이다. 이제 습지 개발은 비판받거나 개발계획의 취소를 강요받고 있으며, 더 나아가 개발 이전의 상태로 돌려놓으려는 복원사업도 활발히 진행되고 있다. 물론 이러한 복원사업의 바탕에는 환경오염, 생태계 교란 등의 문제점에 대한 사회적 공감대와 습지의 생태적·경제적 가치가 매우 크다는 인식이 큰 역할을 하고 있다.

습지 개발로 경제적 이익과 환경오염 문제를 모두 경험한 미국, 일본, 네덜란드, 독일 등은 이미 오래전부터 습지를 개발 이전의 상태 또는 그와 유사한 상태로 돌려놓으려는 복원사업을 활발히 진행하고 있다. 우리나라 또한 습지 복원사례가 점차 증가하고 있으며, 2008년 국토부 조사 결과에서는 전국 15개 시·군에 32.12km²(81개소)가 갯벌 복원을 희망할 정도로 그 관심은 높은 수준이다.

최근의 습지 복원 노력을 통해 각국은 뚜렷한 습지 복원성과를 거두고 있으며 습지 생태계 복원을 통해 자연과 인간이 공존하는 지속 가능한 생활 방식을 찾기 위해 노력하고 있다. 습지 훼손은 습지의 생물다양성뿐만 아니라 우리의 삶의 질 저하에도 심각한 영향을 미친다는 공감대가 확산되고 있는 것이다. 그러나 여전히 복원사업을 조정하거나 합리적으로 역할을 분담할 수 있는 시스템은 존재하지 않고 있다. 복원사업을 추진하는 사업자의 전문성 검증 수단과 복원기술 부족으로 복원사업으로 인해 오히려 생태계 건전성이 악화되기도 하고 있다. 이에 해외 복원사례 가운데 미국과 일본의 사례를 통해 고려하고 개선이 필요한 내용을 아래와 같이 제시하고자 한다.

국토 면적이 넓은 미국은 습지 복원을 위한 중앙정부 차원의 직접적인 관련 법규는 없으나 환경보호청, 내무부, 농무부 등의 관계부처에서 습지 생태계에 대한 보전 및 관리를 목적으로 제도적, 행정적 구체적인 방법과 목표를 제시하고 있다. 습지의 유형과 복원 수준, 복원 분야별 매우 다양한 복원지침과 가이드라인, 평가지침 등이 마련되어 있다. 이는 다소 추상적인 목적과 내용으로 구성된 우리나라의 습지보전법상 습지 복원 관련 내용의 구체화 필요성을 제기하는 부분이다. 또한 미국은 습지 복원사업에 지역사회 또는 민간단체, 자원봉사자 등 다양한 계층이 기부, 후원, 자원봉사, 모니터링 등 다양한 형태로 활발한 참여가 이루어지고 있다. 이를 위해 복원사업에 대한 충분한 교육과 안내, 보고서 발간, 모니터링 결과의 DB 구축 및 공개 등 일반시민의 적극적인 참여 기회를 제공⁷⁴하고 있다. 또한 미국은 습지 등 자연환경을 훼손 및 교란시킨 원인행위자가 복원에 필요한 예산을 부담하도록 하고 있으며, 원래의 생태계 복원하는 완전한 복원보다 현재의 상태를 개선, 증진 시키기 위한 유사복원 또는 향상을 도모하는 것이 일반적인 형태로서 우리나라

74 미국은 5 Star Program을 통해 복원사업에 일반 시민의 참여가 적극적으로 이루어지고 있다.

습지 보전 및 복원정책 발전에 참고할 부분이다.

일반적으로 하나의 단위 습지를 대상으로 하는 우리나라의 습지 복원사업에 비해 일본은 자연재생추진법에 의해 지역(시·도, 광역시)수준에서 복원계획을 수립하고 실행하는 것이 특징이다. 훼손된 생태계를 원생태계 또는 그와 비슷한 생태계가 될 수 있도록 구조와 기능을 복원하는 것이 법안의 주요 목적이다. 복원사업은 대상지의 환경조건과 생태계 현황, 훼손 원인 등을 종합적으로 고려한 목표중심으로 이루어지는 것이 특징적이다. 또한 미국처럼 복원사업에 시민, 전문가, 정부 등의 다양한 이해관계자가 참여할 수 있도록 제도적인 시스템을 만들어 둔 것은 우리나라가 참고할 필요성이 높은 사항이라고 할 수 있다.

순포습지와 산박벌, 달성습지 등 국내 습지 복원사업은 공통적으로 습지 복원에 대한 계획수립-설계-복원실시-사후모니터링 등의 과정에 다양한 이해관계자의 참여 기회가 매우 제한적이었다. 지방자치단체와 시행업체 주도로 복원사업이 추진됨에 따라 복원사업으로 인한 긍정적인 성과(보전문화 확산, 자발적 보전, 현명한 이용 확산 등)가 주변 습지로 확산되지 못했다. 습지의 생태성 복원을 위해 습지와 관계를 맺고 있는 습지 주변의 다양한 환경요소 및 인문·사회적 요소 등에 대한 복원은 고려되지 못했던 것이다. 이것은 관 중심의 지속적인 사후관리를 필요로 하는 우리나라 습지 복원사업의 주요 한계로 지목되는 부분이다.

3. 기후변화 시대 습지 복원의 의의

최근 지구의 기후는 전례를 찾아볼 수 없을 정도로 빠르게 변화하고 있다. 해수면 상승과 빈번한 홍수, 가뭄 등 기후변화의 영향은 이미 전 세계 곳곳에서 다양하게 관측되고 있다⁷⁵. 습지의 손실과 건조화, 식생 훼손 등의 황폐화는 지표면의 태양 반사도를 낮추고 흡수되는 태양 에너지를 증가시키는 등 기후 조건에 악영향^{76 77 78}을 미칠 수 있다. 2006년에서 2015년 사이에 기상 및 기후 관련 재해로 인한 인명 손실 비율이 자연 재해로 인한 인명 손실의 40%에서 49%로 증가^{79 80} 하는 등 전 세계적으로 기후와 관련된 재해 발생의 위험성은 증가하고 있다. 최근 발생하는 각종 재해의 약 90%가 물과 관련된 것으로 추정⁸¹ 될 정도이다.

75 Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P.M. (eds.). Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

76 Foley, J., Costa, M., Delire, C., Ramankutty, N. and Snyder, P. 2003. Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. Front. Ecol. Environ. 1: 38-44.

77 Pokorny, J., Brom, J., Cermak, J., Hesslerova, P., Huryna, H., Nadezhdina, N. and Rejskova, A. 2010. Solar energy dissipation and temperature control by water and plants. Int. J. Water, 5 (4).

78 Pokorny, J., Kvet, J., Rejskova, A. and Brom, J. 2010. Wetlands as energy-dissipating systems. J. Ind. Microbiol. Biotechnol., 37 (12), 1299 - 1305.

79 United Nations International Strategy for Disaster Reduction(UNISDR). 2015. The human cost of weather-related disasters 1995-2005. Geneva, Switzerland: UNISDR Office.

80 Kumar, R., Tol, S., McInnes, R. J., Everard, M. and Kulindwa, A.A. 2017. Wetlands for disaster risk reduction: Effective choices for resilient communities. Ramsar Policy Brief No. 1. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.

81 United Nations International Strategy for Disaster Reduction(UNISDR). 2015. The human cost of weather-related disasters 1995-2005. Geneva, Switzerland: UNISDR Office.

습지는 지구 전체 육지 표면의 약 5~8%에 불과하지만, 기후변화의 주요 원인물질로 지목되는 탄소의 양은 그와 비례하지 않는다. 지구 전체 토양 속에 저장된 약 1,500Gt(기가톤)으로 추정되는 유기탄소의 35% 이상이 습지 토양에 저장된 것으로 보고되고 있다.⁸² 습지에 서식하는 식물은 광합성을 통해 대기 중의 탄소를 흡수하고 식물 바이오매스를 만들어 토양에 유기물을 축적하는 한편, 토양 내 다양한 미생물과 각종 이화학적 반응은 온실가스인 CO₂(이산화탄소), CH₄(메탄) 등의 형태로 유기물을 분해하여 대기 중으로 탄소를 방출하기도 한다. 탄소 흡수와 배출 사이의 균형은 습지 유형에 따라 다르며 습지가 탄소 흡수원으로 작용하는 능력을 결정하게 된다.

Web of Science 검색엔진을 이용하여 습지를 대상으로한 탄소축적과 관련된 논문을 검색한 결과 2000년 전까지 10개 미만으로 확인되나, 최근까지 지속적으로 증가하여 2017년 이후에는 매년 100개 이상의 논문이 발표될 정도로 습지의 탄소축적에 관한 관심은 매우 높은 상태이다. 습지의 탄소축적에 관한 연구는 미국, 중국, 호주, 캐나다 등 일부 국가에 편중되어 있지만 환경과학, 생태학, 지구과학, 해양학, 수자원공학 등 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 이러한 탄소 순환과 관련된 다양한 연구 결과 이탄습지는 탄소 저장에 중요한 역할을 하고 있으며, 생태계 유형 중 가장 큰 탄소 저장고 역할을 하고 있는 것으로 나타난다.⁸³

이탄습지는 지구 육지 표면의 단 3%를 차지하지만 전 세계적으로 지구의 모든 숲을 합친 것보다 2배나 많은 약 180~450Gt으로 추정되는 탄소를 저장하고 있는 것으로 알려져 있다.⁸⁴ 그러나 전 세계 이탄지대의 약 15%(6,500만ha)가 농업, 방목, 이탄 채광 및 바이오에너지 생산으로 인해 소실된 것으로 나타난다.⁸⁵ 자연을 개발 하고자 하는 인간의 끊임없는 욕구로 인해 기후변화를 가속화 시킬 수 있는 탄소의 대기 중 배출이 증가하고 있는 것이다.

한편, 습지의 탄소축적 능력을 평가한 연구사례를 살펴보면, 아프리카 Botswana(Tropical seasonally flooded wetland)는 연간 42 g-Cm⁻²year⁻¹, 중앙아메리카 Costa Rica(Tropical flow-through wetland)는 306 g-Cm⁻²year⁻¹ 이 축적되는 것으로 연구⁸⁶ 되는 등 습지의 유형과 환경조건에 따라 축적량은 많은 차이가 있는 것으로 나타난다. 그럼에도 불구하고 습지는 그 자체로 거대한 탄소 흡수원이자 저장고 역할을 하고 있기 때문에 이탄습지를 비롯한 다양한 유형의 전세계 모든 습지의 생태적 보전 및 관리는 기후를 조절하려는 전 세계적 노력에 있어 중요한 자산이다. 훼손된 습지의 복원은 CO₂ 배출량을 줄이고 기존에 저장된 탄소 축적량을 보존하여 현 시대의 기후변화 흐름을 늦추는 효과적인 수단이 될 수 있다.

82 Mitsch, W. and Gosselink, J. 2015. Wetlands, 5th ed., Hoboken, New Jersey, U.S.A.: Wiley.

83 Joosten, H. 2016. Peatlands across the globe. In Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H., Stoneman, R.(eds.). Peatland Restoration and Ecosystem Services. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

84 Joosten, H., Sirin, A., Couwenberg, J., Laine, J. and Smith, P. 2016. The role of peatlands in climate regulation. In Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. & Stoneman, R. (eds.). Peatland Restoration and Ecosystem Services. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

85 Biello, D. 2009. Peat and Repeat: Can Major Carbon Sinks Be Restored by Rewetting the World's Drained Bogs? Scientific American.

86 Mitsch, W.J., Bernal, B., Nahlik, A.M., Mander, U., Zhang, L., Anderson, C.J., Jørgensen, S.E. and Brix, H. 2013. Wetlands, carbon, and climate change. Landscape Ecol., 28:583-597.

연구에 따르면 복원된 습지는 건조화된 지역에 비해 탄소 배출량이 낮고 시간이 지남에 따라 순 탄소 흡수원이 될 수 있다.⁸⁷ 특히, 습지의 탄소축적 능력은 혐기성 조건이 유지될 때 증대되기 때문에 습지의 탄소축적을 제고를 위해 습지의 육상화, 건조화 방지가 무엇보다 중요한 것으로 나타난다.⁸⁸ 상시 침수되는 습지가 간헐적으로 침수되는 습지보다 탄소축적률이 3배 이상 높다는 연구결과⁸⁹ 와 습지의 침수 빈도가 높을수록 탄소축적률도 증가한다는 연구결과⁹⁰ 등은 기후변화 시대 탄소흡수를 위한 습지복원의 필요성과 그 방향성을 제시해주고 있는 것이다.

또 다른 사례로 2010년 폭염으로 불탄 모스크바 주변 이탄습지 복원 프로젝트는 35,000ha의 습지 복원과 연간 200,000톤의 CO₂ 배출량 감소를 이끌어 낸 것으로 알려져 있다.⁹¹ 습지 복원은 토양 내 저장된 탄소의 산화를 늦추고 초목이 다시 정착할 수 있도록 하기 때문에 토양에서 탄소 배출량을 크게 줄일 수 있다. 습지 복원을 통한 재습윤(rewetting) 초기에는 메탄 배출량이 증가할 수 있지만 초기 몇 년 사이 회복되며, 또 다른 강력한 온실 가스인 아산화질소의 배출을 줄이기도 한다. 결국 우리는 습지 복원 노력을 통해 불필요한 탄소 배출을 저감함으로써 토양 내 현재의 탄소 저장량을 유지하고, 습지 내 탄소 격리 프로세스를 재현·강화하여 탄소 저장량을 증가시킴으로써 기후변화 시대에 효과적으로 대응할 수 있을 것이다.

87 Joosten, H., Sirin, A., Couwenberg, J., Laine, J. and Smith, P. 2016. The role of peatlands in climate regulation. In Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. & Stoneman, R. (eds.). Peatland Restoration and Ecosystem Services. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

88 Mitsch, W.J., Bernal, B., Nahlik, A.M., Mander, U., Zhang, L., Anderson, C.J., Jørgensen, S.E. and Brix, H. 2013. Wetlands, carbon, and climate change. *Landscape Ecol.* 28:583-597.

89 Euliss, N., Gleason, R.A., Olness, A., McDougal, R.L., Murkin, H.R., Robarts, R., Bourbonniere, R., Warner, B. 2006. North American Prairie Wetlands are Important Nonforested Land-Based Carbon Storage Sites. *The Science of the total environment.* 361. 179-88

90 Bai, J., Yu, L., Du, S., Wei, Z., et al. 2020. Effects of flooding frequencies on soil carbon and nitrogen stocks in river marginal wetlands in a ten-year period, *Journal of Environmental Management*, 267: 2020,110618

91 Pearce, F. 2017. Peat swamps: the forgotten fix for climate change. *Impakter.* (Dec. 12, 2017). <http://impakter.com/peat-swamps-forgotten-fix-climatechange/>.

IV. 습지 복원 활성화를 위한 정책제안

1. 정책건의

원활한 습지 복원사업 추진을 위해서는 다양한 분야에 대한 정책적 지원이 필요하다. 이를 위해 관련 정책의 수요 발굴과 법 제도적 기반조성, 복원지침, 사후관리 등의 기술개발, 사회적 인식 확산 등 다양한 노력이 필요하다. 습지 복원사업의 활성화와 과학적인 습지 복원사업 추진을 위해 우선적으로 필요하다고 판단되는 사항은 다음과 같다.

첫째, 습지 복원에 관한 구체적인 법률 마련이 필요하다. 습지 복원의 원칙과 국가 수준의 복원계획, 개별 습지에 대한 복원 근거, 복원 대상의 선정, 복원 기준, 복원 절차 등에 대한 명문화 된 근거를 토대로 복원사업이 진행되어야 한다. 그러나 현재 「습지보전법」에서 습지 복원의 정의와 복원과 관련된 직접적인 규정은 없는 상태이다.

「습지보전법」 제5조(습지보전기본계획의 수립) 2항6호에서 대통령령으로 정하는 사항⁹²으로서 훼손된 습지의 복원에 관한 사항을 다루도록 하는 것이 전부이다. 동법 제17조(훼손된 습지의 관리), 제18조(인공습지의 조성·관리 권장)에서 훼손된 습지에 대한 복원의 필요성에 대해 간접적인 해석을 가능하게 하는 규정이 있으나, 현실적으로 적용되기 어려운 실정이다. 습지 복원에 대한 강제적인 의무사항 또는 구체적인 절차 등의 미비로 현 「습지보전법」상 습지 복원의 실효성은 의문시되고 있다.

이에 「습지보전법」과 하위법률들이 실효성을 갖추기 위해 물리적인 습지 복원뿐만 아니라 생태적 기능과 인문사회학적 측면까지 고려하여 훼손 및 교란, 소실된 습지가 복원될 수 있도록 복원의 개념을 도입하고 관련 규정을 정비해 나가야 할 것이다.

92 1. 습지의 훼손원인 분석 및 훼손된 습지의 복원, 2. 습지보전에 관한 관계중앙행정기관 및 지방자치단체의 협조사항, 3. 습지보전을 위한 전문인력 및 전문기관의 육성, 4. 습지보전을 위한 교육·홍보, 5. 법 제5조의 규정에 의한 습지보전기본계획(이하 “기본계획”이라 한다)의 시행을 위한 소요재원 및 재원의 조달방안

이와 관련하여 해양수산부는 연안습지인 갯벌의 체계적인 보전 및 관리와 복원을 위해 「갯벌 및 그 주변 지역의 지속 가능한 관리와 복원에 관한 법률」을 공포하여 2021년 4월부터 시행중이므로 「습지보전법」 개정시 참고되어야 할 것이다.

둘째, 습지 복원에 관한 기술개발과 연구 확산이 필요하다. 습지 복원은 기본적으로 수리·수문 체계 변화를 위한 지형 변경을 필요로 한다. 지형을 조성하는 방법에 따라 습지 토양과 식생의 상호작용이 달라지고 여기에 갯들어 서식하는 생물상이 변하게 된다. 끊임없는 생물과 무생물 간의 상호작용으로 유지되는 습지 생태계 복원을 위해 생물과 무생물 간의 상호작용에 영향을 미치는 통제요소에 대해 많은 연구가 필요한 이유이다.

최근 이루어진 습지 복원사례에서 수질오염, 생태계 기능 부족, 생태계 교란 등의 각종 문제가 발생하는 이유 또한 국내의 습지 복원 연구와 복원 경험이 충분하지 않기 때문이다. 해양생태계 복원을 위한 연구보고서⁹³에서도 우리나라는 선진국의 40~70% 수준인 복원 기술 향상을 위해 관련 연구 활성화가 시급함을 지적한 바 있다. 이에 습지 복원사업의 확대와 성공적인 사업 추진을 위해 과학적이고 효과적인 복원 방법 개발과, 유지, 보수, 모니터링 등 폭넓은 범위에서 실용적인 기술개발이 이루어져야 할 것이다. 습지 생태계의 물질순환과 에너지 흐름에 대한 기초연구를 비롯하여 서식처 유형별 생물다양성 관계 등 습지의 무생물적 환경 변화가 생태계 현황과 기능에 어떤 영향을 미치는지 예상하고 해석할 수 있는 연구가 이루어져야 한다.

셋째, 습지 복원사업을 통합·조정 할 수 있는 가칭 「습지 복원팀」 신설이 필요하다. 습지 복원은 근본적으로 습지 생태계 정상화를 통해 습지의 생태계서비스를 복원·강화하여 현명한 이용을 활성화하는 것으로 일반적으로 이루어지는 조경·토목공사와 그 목적과 성격이 다르다. 복원 대상 습지에 따라 복원의 목적과 목표를 구체화하고, 복원에 적용되는 기술과 방법 등이 적절한지 검토하는 전문부서(기관/단체)가 필요한 이유이다. 무엇보다 국가 수준의 습지 복원 전략과 추진계획 및 법 제도가 미수립된 상태에서 복원사업의 신속한 정착을 위해 습지 복원팀과 같은 전문부서가 관련 제도 정비에 필요한 제반 사항을 전문적으로 지원할 수 있을 것이다.

효과적이고 지속 가능한 복원성과 달성을 위해 복원에 관련된 기관과 전문가, 시민 등 다양한 이해관계자들로 구성된 습지 복원 거버넌스 구성도 습지 복원팀의 역할이라 할 수 있을 것이다. 적절한 방법과 절차에 따라 복원사업 대상지를 선정하고 복원계획을 수립함으로써 복원사업의 성공 확률을 높이고, 중간 점검 및 사후모니터링 등을 통해 복원의 목표가 달성될 수 있도록 지속적으로 보완할 수 있는 전문가 집단 형성이 필요하다.

93 해양수산부, 한국해양과학기술진흥원. 2013. 해양생태계 복원기술개발 기획연구 최종보고서.

넷째, 국가 수준의 습지 복원 전략과 목표 수립이 필요하다. 최근 습지는 기후변화 대응과 관련하여 탄소를 흡수, 저장, 배출을 완충하는 역할을 하는 곳으로서 그 가치가 높게 평가되고 있다. 해수부는 연안습지(갯벌) 복원에 관한 법률과 기본계획, 기술지침 등을 수립하여 전국을 대상으로 추진하고 있다. 그러나 습지 보전에 관한 환경부와 해수부의 공동입법인 「습지보전법」에서 습지 복원에 관한 사항을 엄격히 다루지 못함으로써 실질적으로 국가 수준의 습지 복원 전략과 이행방안에 대한 계획수립은 부재한 상태이다.

최근의 습지 보전 및 복원 필요성에 대한 전 세계적인 인식 확산으로 습지 복원의 사회적 요구가 증가할 추세라는 사실을 고려한다면 지금보다 더 많은 습지 복원 시도가 모색될 것이다. 따라서 한정된 자원(예산과 인력)의 효율적인 배분과 이용을 위해 국가 수준의 습지 복원 목표 설정과 목표 달성을 위한 세부 전략의 수립은 개별 습지 복원계획 수립보다 선행되어야 할 것이다. 더불어 이러한 전략 수립에는 습지 개발에 대한 사회경제적 분위기 변화를 반영하여 농경지, 공장 등으로 개발하고자 하는 개발수요를 복원으로 전환할 수 있는 정책의 전환을 위한 환경 조성에도 고려되어야 할 것이다. 복원사업의 실효성을 개선 시킬 수 있는 모니터링 체계나 일반시민, NGO 등 다양한 이해관계자의 참여 확산 방안에 대해서도 개선방안이 마련된다면 성공적인 습지 복원에 한 걸음 나아갈 수 있게 될 것이다.

습지 복원 동향과 활성화 방안

습지 생태계 회복과 기후변화 대응을 위한 접근

발간일 | 2021. 11
발행인 | 조도순
편 집 | 연구정책부
발행처 | 국립생태원 충남 서천군 마서면 금강로 1210
인쇄처 | 주)스톡앤 T.032-885-4127

1. 이 책의 무단 복제 및 전제는 삼가해주시기 바랍니다.
2. 이 책은 국립생태원 홈페이지(www.nie.re.kr)를 통하여 보실 수 있습니다.
3. 문의 : 국립생태원 경영기획실 연구정책부(전화 : 041-950-5365)

