

목논습지 환경요인 및 생태영향권 내 토지피복유형 변화 분석

박미옥*·권순호**·백승준***·서주영****·구본학*****

*나사렛대학교 교수
**상명대학교 대학원 박사과정
***상명대학교 외래교수
****나사렛대 학교 외래교수
*****상명대학교 교수

An Analysis of Environmental Factors of Abandoned Paddy Wetlands as References and Changes in Land Cover Types in the Influence Area

MiOk Park*·SoonHyo Kwon**·SeungJun Back***·JooYoung Seo****·BonHak Koo*****

Korea Nazarene University, Republic of Korea

**Sang Myung University, Republic of Korea*

(Received : 8 November 2022, Revised : 25 November 2022, Accepted : 25 November 2022)

요약

본 연구는 목논습지 토양 및 수문환경 특성을 분석하고 생태영향권 내 토지피복 유형의 변화를 고찰하여 목논습지에 영향을 끼치는 다양한 환경요인 중에서 목논 토양 및 수질 환경요인을 분석하고 생태영향권 내 토지피복유형의 변화를 살펴보았다. 습지가 진행되고 있는 목논습지를 대상으로 문헌연구와 환경공간정보서비스 및 예비답사를 통해 목논습지를 선정 후 추가 정밀답사를 실시하여 목논습지 생태환경 특성을 규명하였으며, 1980년대 이후 40년간의 생태영향권 내 토지피복유형의 변화를 고찰하여 표준 목논습지의 내부적 외부적 환경요인을 분석함으로써 목논습지 보전 복원 창출을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다. 본 연구를 통해 급증하는 유희농경지를 습지로 천이되도록 하여 자연습지와 동등 또는 그 이상의 기능을 발휘할 수 있도록 관리할 수 있을 것이다. 특히 토지피복변화를 통해 목논습지가 주변 생태적 영향권으로 확산될 수 있는 단서를 확인한 바 본 연구대상지는 목논습지의 표준습지로서의 가능성이 높은 것으로 판단되며, 추후 정밀조사를 통해 지형과 토양, 물순환 체계와 탄소감축 성능 등을 정밀 분석한다면 목논습지의 발달 과정을 표준화할 수 있을 것이다. 목논습지 생태영향권의 토지피복유형은 주로 산림과 농경지가 분포하였지만 대체로 최근 10–20년 사이에 급속도로 감소하였고, 산림은 침엽수림에서 활엽수림이나 혼효림 또는 초지 등으로 바뀌고 있었다. 아직은 습지로 온전히 전화되지 못하고 나지 또는 초지 형태를 유지하고 있는 것으로 나타났는데, 휴경된 지 30년 이상 경과되어 자연습지화 된 사례에서 볼 수 있는 것처럼 점차 자연습지와 구조적으로나 기능적으로 유사한 습지로 천이가 진행될 것으로 예측된다.

핵심용어 : 토지이용, 습지천이, 토양, 수문환경, 표준습지

Abstract

This study analyzed the characteristics of the soil and hydrological environment of abandoned paddy wetlands examined the changes in land cover type in the ecological affect area, analyzed the environmental factors of abandoned paddy wetlands, and examined the changes in land cover type in the ecological impact area. The ecological environment characteristics of the reference abandoned paddy wetlands were investigated through literature research, environmental spatial information service, and preliminary exploration of the abandoned paddy wetlands, and the basic data for the restoration of abandoned paddy wetlands were provided by examining the changes in land cover type in the ecological impact area for 40 years. Through this study, it will be possible to manage the rapidly increasing number of abandoned

†To whom correspondence should be addressed.

Sang Myung University
E-mail: ecoculture@smu.ac.kr

- MiOk Park Korea Nazarene University / Professor (ecoflower@kornu.ac.kr)
- SoonHyo Kwon Sang Myung University / Ph.D. Dept (sundaekong@naver.com)
- SeungJun Back Sang Myung University / Adjunct Professor (E-mail : bsjv@naver.com)
- JooYoung Seo Korea Nazarene University / Adjunct Professor (eep1202@hanmail.net)
- BonHak Koo Sang Myung University / Professor (ecoculture@smu.ac.kr)

farmland to be converted into wetlands so that it can perform functions equivalent to or greater than that of natural wetlands. In particular, as we checked the clues that abandoned paddy wetlands could spread to surrounding ecological influences through land cover changes, the study sites are highly likely to be reference wetlands, and if the topography, soil, water circulation system, and carbon reduction performance are analyzed carefully, it will be possible to standardize the development process. In addition, through the change in land cover, clues were confirmed that the abandoned paddy wetlands could spread to the surrounding ecological affect areas. The land cover type in the ecological impact area, forests was mainly distributed, but generally decreased rapidly in the last 10–20 years, and forests were changing from coniferous forests to broad-leaved forests, mixed forests, or grassland. It has not yet been fully called to the wetland, and it is found that it has maintained the form of barren or grassland, and as can be seen in the case of natural wetlands after more than 30 years after abandoned, it is expected that the transition will gradually proceed to wetlands that are structurally and functionally similar to natural wetlands.

Key words : *landuse, succession, soil, hydrological environment, reference*

1. 서 론

식량생산을 위한 적극적인 간척, 매립 및 농지조성이 진행되던 시기를 지나 1970~80년대 이후 도시화가 빠르게 이루어지면서 농촌을 떠나 도시로 이주하는 인구가 증가하게 되면서 휴경지가 급증하였고, 휴경지로 방치된 국내의 논습지들이 점차 목논화 되고 육화 또는 습지화 되고 있다. e-나라지표의 자료에 의하면 국내 경지면적은 90년대까지는 증가추세를 보이다가 2000년대 이후 급속히 감소하기 시작하였고 반면에 유희농경지는 계속적으로 증가하였다(<https://www.index.go.kr/main.do>). 목논습지는 생산기능을 유지하던 논습지가 자연적 인위적 원인으로 인해 생산기능이 중단된 채 유희농경지화 되어 지형 수문 등의 환경조건에 의해 습지로 천이되는 과정이다. 농업적 생산기능이 주된 기능인 논습지는 접근성이나 노동력, 기계화영농 등에 부적합하여 농업생산을 유지할 수 없어 일시적인 휴경이 아닌 근본적으로 경작 또는 재배에 이용되지 않는 휴경지로 방치되다가 주변의 환경요인에 따라 일부는 육화되어 산림으로 천이되거나 다른 일부는 자연습지로 변화해 가고 있다.

또한 목논습지 수질향상 기능은 질소 등 영양물질 제거를 위한 필터 역할을 하고 있으며 2차 천이가 활발히 나타나 식물의 크기와 밀도가 증가되어 순생산량(NPP)이 높고 조류의 먹이와 보호, 휴식 및 잠자리 제공 등 생물다양성 증가에도 크게 기여하고 있다(Francisco et al., 2001). 특히 자연습지화 된 목논습지는 생물다양성 증진, 물순환시스템 유지, 탄소축적 등 일반적인 습지의 기능을 모두 포함하고 있고, 농업생산을 위해 작물이 잘 자라는 환경이 구축되어 있어 식물생장에 필요한 무기염료가 많이 존재하며 다양한 생물들을 위한 서식처를 제공하고 수질정화 기능도 하는 생태적으로 매우 유용하고 가치있는 공간이다.

그런데 생산기능을 상실한 휴경지가 육화되거나 습지화를 결정하고 나아가 기능을 결정하는 환경요인은 지형환경, 수환경, 토양환경 등의 환경변수들을 들 수 있다. 특히 토지피복은 목논습지의 발달 및 관리, 활용 등에서 가장 중요한 요인이 되고 있는데, 목논 주변의 토지이용형태는 산림,

일반도로, 일반농촌마을 등에서 많이 발생하였으며 이를 토지피복으로 살펴보면 목논은 대부분 대분류 기준으로 산림, 시가지건조지역 등과 같이 접근성이 떨어지거나 도시화된 지역을 중심으로 형성되고 있다(Park et al., 2006). 특히 생태계는 열린 계로서 내부 및 외부 환경과 끊임없이 상호작용하면서 영향을 주고 받으며 구조적으로나 기능적으로 발달해 나간다.

유희농경지 및 목논습지와 관련된 연구로서 목논습지 분포 현황을 밝힌 Park et al.(2006)의 연구와 목논습지의 유형을 분류한 Koo(2003), Park et al.(2006), Park(2019; 2020; 2022)의 연구 등이 수행되었고, 목논습지의 토양과 식생을 밝힌 Yoon(2007)의 연구, 목논기간에 따른 식생변화를 고찰한 Lee et al.(2002) 등이 있다.

이렇게 목논습지 주변 생태적 영향권 내 토지피복 유형은 목논의 발달과정과 관리, 활용, 기능 및 생태계서비스 형성에 큰 영향을 끼치는 요인임에도 불구하고 목논의 토양이나 식생연구에 비해 목논 주변 생태적 영향권 내의 토지피복 현황을 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 우리나라 도시화, 산업화로 휴경지가 급격하게 증가하기 시작하던 1980년대 이후 중부지방에 발달한 목논습지 유형 분류체계를 구축하고 토양 및 수문환경 특성을 분석하고 생태영향권 내 토지피복 유형의 변화를 규명하여 향후 목논습지의 보전 전략과 복원 및 조성모형을 구축하기 위한 기초자료를 제공하기 위해 수행되었다.

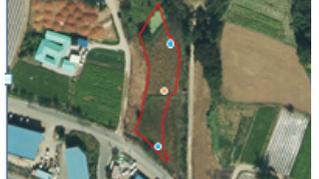
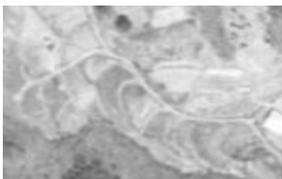
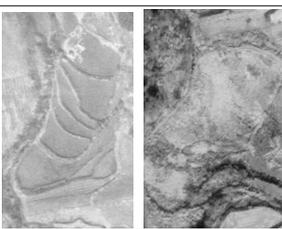
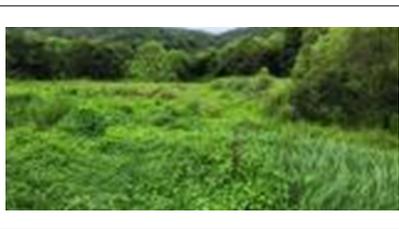
2. 연구 범위 및 방법

2.1 연구 범위

본 연구는 공간적으로는 중부지방의 대표적인 논습지 문화권인 충청남도 및 대전시에 분포하는 목논습지를 대상으로 환경요인을 분석하였으며, 시간적으로는 환경공간정보 서비스(<https://egis.me.go.kr/>)에서 제공하는 토지피복도를 근거로 항공사진과 피복지도 서비스가 시작한 1980년부터 현재(2021년)까지의 변화를 분석하였다.

연구대상지는 마을습지 인벤토리(Park et al., 2014–2019; 6,652 sites), 농림수산부 팜맵서비스(agis.epis.or.kr) 2020년

Table 1. Site location and images

Sites Coordinates	Abandoned time photo images	Current photo images	Satellite images
Dangjin3 37° 0'58.02"N, 126° 32'3.16"E			
Seosan4 36° 49'9.82"N, 126° 27'42.08"E			
Seosan8 36° 47'3.62"N, 126° 23'22.25"E			
Hongseong1 36° 38'5.67"N, 126° 39'19.94"E			
Boryeong2 36° 26'9.83"N, 126° 31'39.73"E			
Yesan8 36° 34'38.80"N, 126° 45'44.29"E			
Daejeon1 36° 14'3.77"N, 127° 19'43.75"E			

영상분석에서 휴경속성정보 추출(7,481sites), MOE(2008) 유희농경지 및 폐염전 생태적 복원 및 활용 기술 개발 연구 중 유희농경지 sample site (119 sites)를 기초자료로 하여 국토정보플랫폼(<http://map.ngii.go.kr/>)과 다음지도 등에서 제공하는 정사영상과 항공사진을 활용하여 휴경여부를 확인하여 1차 대상지 46개소를 선정하였다. 46개 목논습지에 대한 현장답사를 통해 지형, 물순환, 식생 등 습지 3요소를 판별지표로 하여 17개 대상지를 선정하였고, 추가 정

밀조사를 통해 목논습지 유형과 생태성을 대표하는 목논습지 7개소를 선정하였다(Table 1).

2.2 연구방법

2.2.1 유형분류

Koo(2003)의 목논습지 연구에서는 식생, 수문, 지형 및 토양조건을 근거로 자운늪의 습지 유형을 분류하면, 소택형 영구성수생식물습지, 소택형영구성개방수면, 소택형계절성

Table 2. Type Classification of Abandoned Paddy Wetlands

Classification Code	Type	Classification Code	Type
T1V1H1xxx	Flat terrestrial tree shrub dominant groundwater type	T2V2H3xxx	Slope aquatic plants dominant rainwater type
T1V1H2xxx	Flat terrestrial tree shrub dominant surface water consolidated type	T2V3H1xxx	Slope terrestrial plant dominant groundwater type
T1V1H3xxx	Flat terrestrial tree shrub dominant rainwater type	T2V3H2xxx	Slope terrestrial plant dominant surface water consolidated type
T1V2H1xxx	Flat terrestrial aquatic plant dominant groundwater type	T2V3H3xxx	Slope terrestrial plant dominant rainwater type
T1V2H2xxx	Flat terrestrial aquatic plant dominant surface water consolidated type	T3V1H1xxx	Valley tree shrub dominant groundwater type
T1V2H3xxx	Flat terrestrial aquatic plant dominant rainwater type	T3V1H2xxx	Valley tree shrub dominant surface water consolidated type
T1V3H1xxx	Flat terrestrial plant dominant groundwater type	T3V1H3xxx	Valley tree shrub rainwater type
T1V3H2xxx	Flat terrestrial plant dominant surface water consolidated type	T3V2H1xxx	Valley aquatic plant dominant groundwater type
T1V3H3xxx	Flat terrestrial plant dominant rainwater type	T3V2H2xxx	Valley aquatic plant dominant surface water consolidated type
T2V1H1xxx	Slope tree shrub dominant groundwater type	T3V2H3xxx	Valley aquatic plant dominant rainwater type
T2V1H2xxx	Slope tree shrub dominant surface water consolidated type	T3V3H1xxx	Valley land plant dominant groundwater consolidated type
T2V1H3xxx	Slope tree shrub dominant rainwater type	T3V3H2xxx	Valley aquatic plant dominant surface water consolidated type
T2V2H1xxx	Slope aquatic plant dominant groundwater type	T3V3H3xxx	Valley terrestrial plant dominant rainwater type
T2V2H2xxx	Slope aquatic plant dominant surface water consolidated type		

관목습지, 소택형계절성초본습지, 소택형계절성수생식물습지, 수변계절성관목식생대로 분류하였다. Park et al.(2006)은 우리나라에서 가장 대표적 유희농경지 습지유형은 내륙/산지/웅덩이/목논습지/marsh/갈대군락습지와 내륙/산지/웅덩이/목논습지/swamp/버드나무군락 등으로 분류하였다. Park(2019; 2020)의 연구와 Park(2022)의 연구에서는 수문, 토양, 식생 변수에 의해 지하수위가 높고 지표수 유입이 많은 계곡·골짜기·평지형 습생습지, 지하수위가 높고 지표수 유입이 많은 못(pond)형 습생습지, 지하수위가 낮고 지표수 유입이 제한된 육화된 목논으로서 물공급을 위한 둠벙 등을 수반하는 건생습지, 갯벌, 갈대, 물억새, 부들 등 소교목/관목/수생식물 등이 우점하는 목본형습지, 수생식물/초본류 등이 발달된 초본형습지 등으로 구분하였다.

유형분류는 분류 목적에 따라 다양하게 설정할 수 있으나 본 연구에서는 생물다양성에 초점을 맞추어 제안하였다. 1차 답사 후보지 46개 목논습지 조사 결과를 바탕으로 지형 및 입지, 식생군락, 물순환체계를 분류키로 설정하고 각 3개의 변수로 구분하였다. 지형은 평지, 경사지, 계곡/골짜기, 식생군락은 교관목 우점, 수생식물 우점, 육상식생 우점, 물순환체계는 지하수형, 유수연계형, 빗물형 등으로 각각 조합하여 다음과 같이 27개 유형으로 분류하였다.

2.2.2 생태환경분석

목논습지를 대상으로 토양 및 수문환경을 분석하였다. 토양은 각 습지별로 대표 지점을 선정하여 토양 깊이에 따라 S1(0~15cm), S2(15~30cm), S3(30~50cm)로 각각 구분 채취하였다. 분석항목별로는 pH(1:5), EC, 유기물함량, 총질소, 암모니아태질소, 질산태질소, 총인 등 화학성과 물리성으로 토성 등 8개 항목을 분석하였다. 수질은 유입수와 유출수 등 2개 지점에서 채취하여 pH, EC, TOC, 총질소, 암모니아태질소, 질산태질소, 총인 (총 7개 항목)을 측정하였다.

2.2.3 지난 40년간 토지피복 변화

기초 자료로는 환경공간정보서비스에서 제공하는 토지피복지도(대분류, 해상도 30m; 중분류, 해상도 5m; 세분류, 해상도 1m), 국토지리정보원 국토정보플랫폼 통합지도서비스에서 제공하는 정사영상과 1 : 5,000 수치지형도, 항공사진 등을 사용하여 GIS를 이용하여 소형동물의 이동범위와 물순환 등을 기준으로 목논습지 주변 생태적 영향권을 300m로 설정하여 토지피복 유형과 면적, 비율 등을 분석하였다. 시간의 흐름에 따른 토지피복 변화를 분석하기 위해 환경공간정보서비스에서 제공되는 연도를 기준으로 대분류(1:50,000; 해상도 30m급; 7분류)는 1980년, 2000년,

Table 3. Soil and Water (Dangjin 3)

Sample	pH	EC (1:5*, H2O**) (dS/m)	OM* (mg/kg) TOC**(mg/L)	T-N (mg/kg)* (mg/L)**	NH4+-N (mg/kg)* (mg/L)**	NO3--N (mg/kg)* (mg/L)**	T-P (mg/kg)* (mg/L)**	soil texture	
Soil	S1	6.27	0.215	69,461	3,334	29.1	3.4	596	SiCL
	S2	6.32	0.063	26,167	1,080	22.1	12.7	558	SiL
	S3	6.64	0.061	18,818	797	24.7	3.5	562	CL
Water	W1	7.05	0.388	3.3	0.85	0.62	0.08	0.61	
	W2	7.69	0.402	4.3	2.04	0.88	0.12	0.45	

* soil, ** water

2021년 등 20년 간격으로 40년간의 변화를 분석하였다. 중분류(1:25,000; 해상도 5m급; 22분류)는 2000년 이후의 환경공간정보만 제공되기 때문에 2000, 2007, 2013, 2021 등 6-8년 간격으로 20년의 변화를 분석하였다. 세분류(1:5,000; 해상도1m급; 41분류)는 2021년도만 제공되기 때문에 시계열적 변화를 보기보다는 2021년도 각 목논습지 주변 토지피복현황을 비교하였다.

2000년 이후의 속성정보는 환경공간정보서비스에서 제공하는 속성값을 기준으로 면적을 산출하여 분석하였고, 2000년 이전의 토지피복도에는 속성값이 제시되지 않고 시각적인 피복분류도만 제시되기 때문에 GIS를 이용하여 토지피복지도 상에서 수작업으로 폴리곤으로 경계를 따라 다각형을 그린 후 면적기능을 이용하여 면적을 산출하였다. 각 연대별 토지피복지도는 국토지리정보원에서 제공하는 항공사진을 통해 실내에서 검증하였으며, 2021년 토지피복은 작성 이후 현재까지 변화가 있을 수 있으므로 추가 변화 여부는 현장 답사를 통해 확인 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 목논습지 유형 분류

지형입지 기준(T)은 목논습지가 입지한 지형에 따라 습지 주변이 평지로 이루어진 T1(평지형), 경사 구릉지에 입지하였거나 계단식으로 이루어진 T2(경사/계단형), 계곡이나 골에 입지한 T3(계곡형)으로 각각 구분하였다. 식생군락 기준(V)은 우점종 및 아우점종의 식생형에 따라 교목 또는 관목이 우점한 V1(교목/관목 우점형), 정수식물 등 수생식물이 우점하여 개방수면이 넓게 분포한 V2(수생식물 우점형), FACU, UPL 등 육상식생이 우점한 V3(육상식물 우점형) 등으로 각각 구분하였다. 육상식물 우점형은 육화가 진행중인 목논습지 또는 일부 교란되어 침입한 목논습지 등이 해당된다. 물순환체계 기준(H)은 습지의 수원에 따라 지하수로 유지하는 H1(지하수형), 하천이나 호수 등 지표수와 수로로 연결된 H2(지표수연결형), 지표수나 지하수 유입이 없이 빗물에 의해 유지되는 H3(빗물형) 등으로 구분하였다. 분류 및 적용 편의를 위한 유형분류 코드는 각 분류키에 따라 “TnVnHnxxx”의 형태로 구성하였다(Table 2). ‘Tn’은 지형입지코드(T1, T2, T3), ‘Vn’은 식생군락코

드(V1, V2, V3), ‘Hn’은 물순환코드(H1, H2, H3)를 각각 의미한다. ‘xxx’는 각 유형별 일련번호로서 유사 연구인 마을습지 기반 습지정원 연구에서 확인된 습지 수량을 고려하여 3자리로 설정하였으며 연구 성과에 따라 4자리 혹은 그 이상으로 확대 가능하다.

3.2 목논습지 생태환경 및 토지피복 변화

3.2.1 당진3

전체적으로 부들과 갈대군락으로만 덮인 계곡수생식물우점지표수연결형(T3V2H2) 목논습지로서 부들군락이 우점하며(91.6%) 갈대군락이 부분적으로 정착하고 있는 전형적인 수생식물이 우점하는 목논습지이다. 토양 및 수질분석 결과(Table 3) 토양의 pH는 약산성에 가까운 것으로 나타났으며 토성은 미사질식양토~식양토로 분석되었다. 유기물 함량과 총질소 함량은 정의 상관관계를 나타냈는데 유기물 함량은 비교적 높으나 시료별 편차가 나타나고 있다. 암모늄태질소가 질산태질소보다 높게 나타난 것으로 보아 토양은 환원상태의 경향을 나타내고 있는 것으로 보인다. 수환경은 중성으로서 물에 존재하는 무기태 질소의 형태는 암모늄태질소보다 질산태질소가 약세한 것으로 나타났으며 이는 목논습지 내 용존산소가 충분하지 않은 것으로 추정된다.

토지피복변화(Table 4)는 시가화건조지역은 2000년대 이후 10%대 이상으로 증가하다가 2021년 다시 감소추세로서 주거지역과 교통지역이 감소되었다. 농업지역은 1980년 57.75%에서 점차 빠른 속도로 감소하다가 2021년 17.24%로 1/3 수준으로 급격히 감소하였는데, 중분류에서 논과 밭 모두 감소하고 있음을 알 수 있다. 2013년 이후 목장과 과수원, 시설재배지 등으로 일부 대체되고 있음을 확인할 수 있었다. 산림지역은 1980년 39.71%에서 지속적으로 증가하다가 2021년에는 소폭 감소하여 43.07%로 나타나 비교적 산림은 유지되고 있는 것으로 나타났다. 중분류에서 2000년에는 침엽수림이 거의 대부분이었으나 점차 활엽수림과 혼효림으로 대체되고 있어 장기적인 천이의 방향성을 어느 정도 유지하고 있는 것으로 판단된다. 초지의 경우 미미한 수준으로 나타나다가 2021년에는 25.02%로 급증하였는데 묘지 3%를 제외한 기타 인공초지가 22.02%에 이르러 특히 휴경지 논이 목논으로 발달되기 전 단계인 것으

Table 4. Changes in land cover type over time (Dangjin 3) ¹⁾

Land cover			1980		2000		2007		2013		2021	
L1	L2	L3	Area	(%)								
Use.			-		48296	15.18	48578	15.28	34462	10.84	20521	7.22
	Res.				37759	11.87	36398	11.45	29116	9.16	16214	5.71
		Det.									10993	3.87
		Apt.									5221	1.84
	Com.										3989	1.40
		Bus.									3989	1.40
		Pu.					2899	0.91			318	0.11
		Othp.									318	0.11
Agr.	Tra.				10537	3.31	9281	2.92	5346	1.68	-	
	Pad.		183634	57.75	97967	30.80	98678	31.03	86358	27.16	48978	17.24
		Uncl.			40603	12.77	38463	12.10	48750	15.33	25445	8.96
	Field										25445	8.96
		Uncl.			53186	16.72	56178	17.67	32940	10.36	16574	5.83
	Fac.	Fac.			-		-		-		16574	5.83
	Orc.	Orc.			-		-		-		1642	0.58
	Pas.	Pas.			-		-		4668	1.47	4992	1.76
Cul.	Cul.			4178	1.31	4037	1.27	-		325	0.11	
For.			126261	39.71	162668	51.14	161935	50.93	156209	49.12	122354	43.07
	Dec.	Dec.			-		-		16490	5.19	14269	5.02
	Con.	Con.			162277	51.02	161656	50.84	111913	35.19	100082	35.23
	Mix.	Mix.			391	0.12	279	0.09	27806	8.74	8003	2.82
Gra.					9135	2.87	8427	2.65	14961	4.70	71083	25.02
	Nat.	Nat.			350	0.11			7352	2.31	-	
	Art.				8785	2.76	8427	2.65	7609	2.39	71083	25.02
		Cem.									8530	3.00
		Othm.									62553	22.02
Bar.			8092	2.54					25996	8.18	20489	7.21
	Artb.	Artb.			-		-		25996	8.18	-	
	Othb.	Othb.			-		-		-		20489	7.21
Wat			-				369	0.12			662	0.23
	Inw.				-		369	0.12	-		662	0.23
		Lake									662	0.23

로 판단된다. 또한 일부 유희농경지는 나지 형태로 남아있었다. 항공사진과 정사영상으로 확인한 결과 이는 유희농경지와 주택철거지, 묘지 등이 급격하게 증가하였고 목논화되는 과정에서 아직 나지로 남아있거나 초본군락이 우점하는 등의 복합적인 원인으로 판단된다.

3.2.2 서산4

육지화와 습지화가 함께 진행 중인 목논으로서 지역주민의 역사적 이야기를 담고 있는 둔병이 중요한 수원 기능을 하고 있다. 육화가 진행 중인 부분을 중심으로 흰여뀌, 쑥, 칩 등의 육상식생이 우점하는 평지육상실물우점지표수연결

Table 5. Soil and Water (Seosan 4)

Sample	pH	EC (1:5*,H2O**) (dS/m)	OM* (mg/kg) TOC**(mg/L)	T-N (mg/kg)* (mg/L)**	NH4+-N (mg/kg)* (mg/L)**	NO3--N (mg/kg)* (mg/L)**	T-P (mg/kg)* (mg/L)**	soil texture	
Soil	S1	6.32	0.101	48,269	2,296	26.7	ND	331	SiL
	S2	6.33	0.100	45,663	2,109	21.0	3.3	310	L
	S3	6.25	0.084	33,525	1,416	24.5	4.3	263	L
Water	W1	7.06	0.388	6.1	3.96	0.15	3.64	0.02	
	W2	6.95	0.402	4.5	2.20	0.40	0.62	0.07	

*soil, **water

Table 6. Changes in land cover type over time (Seosan 4)

Land cover			1980		2000		2007		2013		2021	
L1	L2	L3	Area	(%)	Area	(%)	Area	(%)	Area	(%)	Area	(%)
Use.			905	0.25	8891	2.41	8889	2.41	9064	2.46	27286	7.41
	Res.				8891	2.41	8889	2.41	-		2078	0.56
		Det.									2078	0.56
	Ind.				-		-		9064	2.46	-	
	Com.				-		-		-		3990	1.08
		Bus.									3990	1.08
	Tra.				-		-		-		20940	5.68
		Road									20940	5.68
	Othp.	Othp.			-		-		-		278	0.08
	Agr.			102807	27.90	169153	45.90	169112	45.90	171264	46.48	149847
Pad.					91089	24.72	91068	24.72	57331	15.56	60173	16.33
		Uncr.									60173	16.33
Field					57142	15.50	57127	15.50	113933	30.92	85878	23.31
		Uncf.									85878	23.31
Orc.		Orc.			12983	3.52	12980	3.52	-		-	
Fac.		Fac.							-		1841	0.50
Oth.					7939	2.15	7937	2.15	-		1955	0.53
		Pas.									1955	0.53
For.				204770	55.58	190500	51.69	190454	51.69	184708	50.13	141198
	Dec.	Dec.			85218	23.12	85198	23.12	45458	12.34	35347	9.59
	Con.	Con.			105282	28.57	105256	28.57	113874	30.91	83147	22.57
	Mix.	Mix.			-		-		25376	6.89	22704	6.16
Gra.			59973	16.28	-		-		3418	0.93	18118	4.92
	Art.				-		-		3418	0.93	18118	4.92
		Cem.									4161	1.13
		Othm.								13957	3.79	
Bar.			-		-		-		25996	8.18	32004	8.69
	Othb.	Othb.			-		-		-		32004	8.69

형(T1V3H2) 묵논습지이다. 토양 및 수질분석 결과(Table 5) pH는 약산성에 가까운 것으로 나타났으며 토성은 미사 질양토~양토로 분석된다. 유기물함량은 평균적으로 높는데 이는 토성중 미사가 많은 것이 원인인 것으로 판단된다. 암모늄태질소가 질산태질소보다 높게 나타난 것으로 보아 토양은 환원상태의 경향을 나타내고 있는 것으로 보인다. 수질 분석결과 물의 pH는 중성인 것으로 나타났다. 물에 존재하는 무기태 질소의 형태는 암모늄태질소보다 질산태질소가 우세한 것으로 나타났으며 이는 묵논습지 내 물의 용존산소가 충분한 것으로 추정할 수 있다.

토지피복변화(Table 6)는 시가화건조지역은 다른 대상지에 비해 주거지와 상업, 공업 등 용지는 거의 없어 1% 대에 불과하고 교통시설(도로)이 개설되고 있다. 농업지역은

시간이 지날수록 대폭 증가하여 40%대까지 이르다가 2010년대 이후 논이 감소하고 밭이 증가하는 추세이다. 이는 산림지역과 초지의 감소 흐름과 일치하여 영농행위가 적극적으로 이루어지면서 초지와 산림의 토지이용에 변화가 있는 것으로 판단된다. 산림지역은 2013년까지는 50%대에서 지속적으로 유지되고 있었으나 2021년 38.32%로 급격히 감소되었으며 특히 다른 대상지와는 달리 활엽수 분포가 23%에서 9%대로 급격히 감소하고 있는 것으로 나타났다. 이는 초지가 1980년 16.28%에서 그 이후에는 나타나지 않거나 극히 미미하게 분포하는 것과는 같은 흐름을 보이고 있으며 항공사진 및 답사 등으로 검증한 바 습지 주변 초지와 산림 일부가 농경지 및 나지 등으로 전환되고 있음을 확인할 수 있었다.

Table 7. Soil and Water (Seosan 8)

Sample	pH	EC (1:5*,H2O**) (dS/m)	OM* (mg/kg) TOC**(mg/L)	T-N (mg/kg)* (mg/L)**	NH4+-N (mg/kg)* (mg/L)**	NO3--N (mg/kg)* (mg/L)**	T-P (mg/kg)* (mg/L)**	soil texture
Soil	S1	6.06	0.091	37,002	1,870	16.7	6.8	SL
	S2	6.04	0.053	26,438	1,275	29.1	ND	SL
	S3	6.05	0.048	12,751	485	23.8	5.6	SL
Water	W1	6.96	0.276	1.5	5.01	0.34	4.28	
	W2	6.94	0.287	4.0	4.03	0.15	3.67	

* soil, ** water

Table 8. Changes in land cover type over time (Seosan 8)

Land cover			1980		2000		2007		2013		2021	
L1	L2	L3	Area	(%)								
Use.			-		74109	21.35	77076	22.21	33139	9.55	51635	14.88
	Res.				47902	13.80	47889	13.80	-		12847	3.70
		Det.									12847	3.70
	Ind.				-		-		-		1848	0.53
		Indf.									1848	0.53
	Com.				-		-		7036	2.03	2005	0.58
		Bus.									2005	0.58
	Tra.				26207	7.55	29187	8.41	26103	7.52	34935	10.07
	Road									34935	10.07	
Agr.			164261	47.34	98743	28.45	95895	27.64	129699	37.38	98970	28.52
	Pad.				18	0.01	18	0.01	332	0.10	-	
		Uncr.									-	
	Field				98725	28.45	95877	27.63	129367	37.29	97192	28.01
		Uncf.									97192	28.01
	Fac.	Fac.			-		-			1778	0.51	
For.			147595	42.54	174192	50.19	173990	50.15	181175	52.22	148406	42.76
	Dec.	Dec.			48013	13.83	48003	13.84	52251	15.06	28797	8.30
	Con.	Con.			126179	36.36	125987	36.31	123635	35.63	84158	24.25
	Mix.	Mix.			-		-		5289	1.52	35451	10.22
Gra.			35103	10.12	-		-		2947	0.85	18650	5.37
	Art.				-		-		2947	0.85	18650	5.37
		Cem.									4	0.00
		Othm.									18646	5.37
Wet.			-		-		-		14901	3.61	2424	0.70
	Inw.	Inw.			-		-		14901	3.61	2424	0.70
Bar.			-		-		-		25996	8.18	26959	7.77
	Othb.	Othb.			-		-		-		26959	7.77

3.2.3 서산8

부들, 미나리, 물억새 등이 분포하고 있는 평지수생식물 우점밭물형(T1V2H3) 습지이며, 토양 및 수질분석 결과 (Table 7) pH는 약산성으로 나타났으며 토성은 사질양토로 분석된다. 유기물함량은 평균적으로 낮는데 이는 토성중 모래가 많은 것이 원인인 것으로 판단된다. 암모늄태질소가 질산태질소보다 높게 나타난 것으로 보아 토양은 환원상태의 경향을 나타내고 있는 것으로 보인다. 수질 분석결과 물의 pH는 중성인 것으로 나타났다. 물에 존재하는 무기태 질소의 형태는 암모늄태질소보다 질산태질소가 우세한 것으로 나타났으며 이는 목논습지 내 물의 용존산소가 충분한 것으로 추정할 수 있다.

토지피복변화(Table 8)는 시가화건조지역은 2000년대부터 20% 내외를 유지하다가 2010년 이후 감소하고 있다. 다른 대상지에 비해 주거지와 상업, 공업 등 용지는 거의 없고 교통시설(도로)의 비율이 높아 교통의 흐름에 의한 영향에 노출되어 있다. 농업지역은 1980년 47.34%에서 점차

감소추세를 보이고 있는데 2013년 일시적으로 증가하였다가 다시 감소하고 있었다. 중분류에서 논은 거의 나타나지 않고 밭의 비율이 높게 나타나고 있는데, 답사결과 현재에도 본 대상지 인접한 주변에는 밭이 분포하고 있음을 알 수 있었다. 산림지역은 40~50% 대에서 지속적으로 유지되고 있지만, 활엽수림에 비해 침엽수림이 2.5배 이상 많이 분포하였으나 점차 침엽수림이 급격히 감소되고 혼효림으로 대체되고 있었다. 그 외에도 인공초지와 나지 등 훼손된 토지가 일부 나타나고 있으며, 항공사진 및 답사 등으로 검증한 바 1990년대부터 주거지역이 형성되기 시작하여 2000년대에 20%대까지 증가했다가 다시 감소하는 추세를 확인할 수 있었다.

3.2.4 홍성1

물억새 순군락이 형성되고 지표수 유입으로 습윤토양이 발달한 평지수생식물우점지표수형(T1V2H2) 습지로, 토양 유기물이 축적된 전형적인 목논습지이다. 토양 분석 결과

Table 9. Soil and Water (Hongseong 1)

Sample	pH	EC (1:5) (dS/m)	OM (mg/kg)	T-N (mg/kg)	NH4+-N (mg/kg)	NO3--N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	soil texture	
Soil	S1	6.71	0.118	30,640	1,541	25.5	1.0	931	L
	S2	6.94	0.084	26,990	1,474	14.6	3.0	647	L
	S3	6.88	0.069	22,855	1,153	17.6	ND	730	L

Table 10. Changes in land cover type over time (Hongseong 1)

Land cover			1980		2000		2007		2013		2021	
L1	L2	L3	Area	(%)								
Use.			1228	0.38	76759	23.93	73974	23.07	7646	2.38	35037	10.92
	Res.				64205	20.02	65595	20.45	7646	2.38	8575	2.67
		Det.									8575	2.67
	Com.				-		-		-		1828	0.57
		Bus.									1828	0.57
	Tra.				12554		8379	2.61			24209	7.55
		Road									24209	7.55
	Pub.				-		-		-		425	0.13
	Othp.									425	0.13	
Agr.			253598	79.07	188165	58.66	188486	58.77	244453	76.23	166012	51.76
	Pad.				61071	19.04	61055	19.04	70559	22.00	59084	18.42
		Culr.									34561	10.78
		Uncr.									24523	7.65
	Field				110717	34.52	111058	34.63	148926	46.44	75366	23.50
		Culf.									3131	0.98
		Uncf.									72235	22.52
	Fac.	Fac.			-		-		9613	3.00	24666	7.69
	Orc.	Orc.			2726	0.85	2725	0.85	2545	0.79	-	
		Cul.			13651	4.26	13648	4.26	12810	3.99	6896	2.15
	Pas.									6896	2.15	
For.			47996	14.97	55854	17.41	58238	18.16	66350	20.69	60803	18.96
	Dec.	Dec.			79	0.02	79	0.02	7825	2.44	14661	4.57
	Con.	Con.			55775	17.39	58159	18.14	56583	17.64	44472	13.87
	Mix.	Mix.							1942	0.61	1670	0.52
Gra.			17888	5.58	-		-		-		42525	13.26
	Art.				-		-		-		42525	13.26
		Cem.									1098	0.34
		Othm.									41427	12.92
Wet.			2857	0.68	-		-		2250	0.70	9254	2.89
	Inw.	Inw.			-		-		2250	0.70	9254	2.89
Bar.			-		-		-		-		6855	2.14
	Othb.	Othb.			-		-		-		6855	2.14
Wat			1790	0.43							224	0.07
		Inw.			-		-		-		224	0.07
		Lake									224	0.07

(Table 9) pH는 중성으로 나타났으며 토성은 양토로 분석된다. 유기물함량은 평균수준으로 어느 정도 축적되어 있는데 이는 토성중 모래가 많은 것이 원인인 것으로 판단된다. 암모니아태질소가 질산태질소보다 높게 나타난 것으로 보아 환원상태의 토양으로 판단된다.

토지피복변화(Table 10)는 다른 지역에 비해 산림의 분

포비율이 낮고 농경지 분포 비율이 매우 높게 나타나고 있다. 시가화권조지역은 2000년대부터 20% 내외를 유지하고 있으며 2010년 이후 감소하여 10%내외를 유지하고 있다. 도청신도시 등의 영향으로 교통시설(도로)이 새롭게 증가하고 있다. 농업지역은 50~80%를 유지하고 있으며, 한때 80%에 근접할 정도로 묵논습지 주변에 여전히 농경지가

Table 11. Soil and Water (Boryeong 2)

Sample	pH	EC (1:5*,H2O**) (dS/m)	OM* (mg/kg) TOC**(mg/L)	T-N (mg/kg)* (mg/L)**	NH4+-N (mg/kg)* (mg/L)**	NO3--N (mg/kg)* (mg/L)**	T-P (mg/kg)* (mg/L)**	soil texture
Soil	S1	6.04	0.120	48,434	2,249	18.4	ND	SiL
	S2	6.10	0.120	47,104	2,280	35.7	ND	SiL
	S3	6.12	0.061	15,940	548	19.6	ND	L
Water	W1	7.37	0.158	3.3	0.85	0.13	0.10	
	W2	6.69	0.194	4.3	2.04	0.15	0.03	

*soil, **water

다수 분포하고 있다. 답사결과 대상지 주변지역에 일부 신설도로 외 대부분 영농행위가 이루어지고 있어 평지 지형임에도 물순환이나 생물다양성 등의 기능이 양호하다.

3.2.5 보령2

갈대, 부들, 버드나무 등이 분포하며 일부 나대지로 방치된 전형적인 평지수생식물우점지표수형(T1V2H2) 목논 습지로서, 토양 및 수질분석 결과(Table 11) pH는 약산성으로 나타났으며 토성은 미사질양토~양토로 분석된다. 유기물함량은 평균적으로 높는데 이는 토성중 미사와 점토질이 많은 것이 원인인 것으로 판단된다. 암모니아태질소가 질산

다 질산태질소가 근소하게 우세한 것으로 나타났으나 그 차이는 미미하였다.

토지피복변화(Table 12)에서 시가화건조지역은 2000년대 이후 10% 내외를 유지하고 있는데 주거지역이 감소하면서 도로가 증가하고 있고 상업업무시설과 기타 공공시설도 들어서고 있다. 농업지역은 2013년까지는 점차 증가추세를 보이다가 2010년대 후반부터 급격히 감소하고 있었다. 중분류에서 논과 밭 모두 감소하고 있었고, 2021년 목장과 과수원, 시설재배지 등이 미미하게나마 조성되고 있음을 확인할 수 있었다. 산림지역은 지속적으로 증가하다가 2000년대 이후 완만하게 감소추세로 전환되었으나 아직까

Table 12. Changes in land cover type over time (Boryeong 2)

Land cover			1980		2000		2007		2013		2021	
L1	L2	L3	Area	(%)	Area	(%)	Area	(%)	Area	(%)	Area	(%)
Use.			-		44824	10.68	50095	11.94	34539	8.38	37150	8.97
	Res.				44824	10.68	42981	10.24	23008	5.58	10371	2.50
		Det.									10371	2.50
	Com.				-		-		-		4605	1.11
		Bus.									4605	1.11
	Tra.				-		7114	1.69	11531	2.80	20195	4.88
		Road					7114	1.69	11531	2.80	20195	4.88
	Pub.				-		-		-		1979	0.48
Othp.										1979	0.48	
Agr.			181512	43.25	212678	50.66	195736	46.64	209285	50.75	135308	32.68
	Pad.				140849	33.55	123996	29.54	107086	25.97	89466	21.61
		Uncr.									89466	21.61
	Field				71829	17.11	71740	17.09	102199	24.78	44224	10.68
		Uncf.									44224	10.68
	Fac.	Fac.			-		-		-		191	0.05
	Orc.	Orc.			-		-		-		855	0.21
	Cul.				-		-		-		572	0.14
		Pas.									100	0.02
		Cul.									472	0.11
For.			112814	26.88	161814	38.54	159868	38.09	132960	32.24	99989	24.15
	Dec.	Dec.			16631	3.96	16571	3.95	119383	28.95	95967	23.18
	Con.	Con.			145183	34.58	143297	34.14	4471	1.08	4022	0.97
	Mix.	Mix.							9106	2.21	-	0.00
Gra.			120740	28.77	-		-		20712	5.02	112245	27.11
	Nat.	Nat.			-		-		20712	5.02	-	
		Art.				-		-		-	112245	27.11
		Cem.								11420	2.76	
		Othm.								100825	24.35	
Wet.			2857	0.68			497	0.12	14901	3.61	17314	4.18
	Inw.	Inw.			-		-		14901	3.61	17314	4.18
	Sew.	Sew.					497	0.12	-		-	
Bar.			-		-		-		25996	8.18	10722	2.59
	Artb.	Artb.			-		-		25996	8.18	-	
	Othb.	Othb.			-		-		-		10722	2.59
Wat			1790	0.43	497	0.12	13517	3.22			1355	0.33
	Inw.				-		13517	3.22	-		1355	0.33
		Lake									1355	0.33
	Sea				497	0.12					-	

태질소보다 높게 나타난 것으로 보아 토양은 환원상태의 경향을 나타내고 있는 것으로 보인다. 수질 분석결과 물의 pH는 중성인 것으로 나타났으나 시료간 편차가 일부 있었다. 물에 존재하는 무기태 질소의 형태는 암모니아태질소보

지는 비교적 유지되고 있는 것으로 나타났다. 다만 침엽수림이 점차 활엽수림 또는 일부는 초지 등 다른 토지피복 형태로 전환된 것으로 보인다. 초지의 경우 1980년에는 광범위하게 분포하였으나 이후 거의 사라지고 2021년에는

Table 13. Soil and Water (Yesan 8)

Sample		pH	EC (1:5*,H2O**) (dS/m)	OM* (mg/kg) TOC** (mg/L)	T-N (mg/kg)* (mg/L)**	NH4+-N (mg/kg)* (mg/L)**	NO3-N (mg/kg)* (mg/L)**	T-P (mg/kg)* (mg/L)**	soil texture
Soil	S1	5.28	0.078	58,511	3,194	25.7	0.04	452	SiCL
	S2	5.49	0.045	23,678	1,081	22.4	1.5	163	SCL
	S3	5.29	0.066	24,171	1,091	27.6	1.8	181	L
Water	W1	7.15	0.209	1.5	5.01	0.34	4.28	0.12	
	W2	7.23	0.203	4.0	4.03	0.15	3.67	0.03	

*soil, **water

27.11%로 급증하였는데 일부 묘지를 제외한 기타 인공초지가 대부분이었는데, 답사를 통해 대상지 주변의 토지이용행태가 자주 전환되고 있음을 알 수 있었다. 나대지는 농업활동으로 인해 습지를 개간했던 흔적이며 그 외 습지와 나지, 수역 등이 미미하나마 조금씩 바뀌고 있었다.

3.2.6 예산8

완만한 경사지에 버드나무 군락과 고마리, 갈대, 부들 등의 식생이 발달한 경사수생식물우점빛물형(T2V2H3) 묵논습지로서, 토양 및 수질분석 결과(Table 13) pH는 산성에 가까운 것으로 나타났으며 토성은 미사질양토~양토로 분

Table 14. Changes in land cover type over time (Yesan 8)

Land cover			1980		2000		2007		2013		2021	
L1	L2	L3	Area	(%)								
Use.			-		2687	0.68	2686	0.68	3853	0.97	10939	2.76
	Res.				2687	0.68	2686	0.68	3853	0.97	2563	0.65
		Det.									2563	0.65
	Com.				-		-		-		307	0.08
		Bus.									307	0.08
	Tra.		Road			-		-			8069	2.04
Agr.			138621	34.98	127527	32.17	127496	32.17	128908	32.53	72785	18.37
	Pad.				80115	20.21	104629	26.40	59476	15.01	19948	5.03
		Culr.									1181	0.30
		Uncr.									18767	4.74
	Field				39671	10.01	6198	1.56	45591	11.51	32886	8.30
		Uncf.									32886	8.30
	Fac.	Fac.			7741	1.95					862	0.22
	Orc.	Orc.			-		-		617	0.16	5583	1.41
For.	Oth.				-		16669	4.21	23224	5.86	13506	3.41
		Pas.									13506	3.41
	Dec.	Dec.	223698	56.45	265651	67.02	265587	67.02	242676	61.24	185573	46.83
	Con.	Con.			41144	10.38	41134	10.38	95880	24.20	95577	24.12
	Mix.	Mix.			42764	10.79	42753	10.79	136695	34.50	80447	20.30
Gra.			33868	8.55	181743	45.85	181700	45.85	10101	2.55	9549	2.41
	Nat.	Nat.			-		-		7609	1.92	101452	25.60
	Art.				-		-					
		Cem.									16262	4.10
		Othm.									85190	21.50
Wet.			-		-		-		4174	1.05	4818	1.22
	Inw.	Inw.			-		-		4174	1.05	4818	1.22
Bar.			-		-		-		8585	2.17	20670	5.22
	Artb.	Artb.			-		-		8585	2.17	-	
	Othb.	Othb.			-		-		-		20670	5.22
Wat			74	0.02	492	0.12	491	0.12	457	0.12	18	0.00
	Inw.				492	0.12	491	0.12	457	0.12	18	0.00
		Lake									18	0.00

Table 15. Soil and Water (Daejeon 1)

Sample	pH	EC (1:5*,H2O**) (dS/m)	OM* (mg/kg) TOC**(mg/L)	T-N (mg/kg)* (mg/L)**	NH4+-N (mg/kg)* (mg/L)**	NO3--N (mg/kg)* (mg/L)**	T-P (mg/kg)* (mg/L)**	soil texture	
									Soil
	S2	5.85	0.039	22,774	969	30.4	0.3	571	L
	S3	5.11	0.098	24,190	975	47.7	ND	613	L
Water	W1	7.03	0.158	3.3	0.85	0.14	0.13	0.11	
	W2	6.69	0.194	4.3	2.04	0.23	ND	0.60	

*soil, **water

석된다. 유기물함량은 평균적으로 높는데 이는 토성중 미사와 점토질이 많은 것이 원인인 것으로 판단된다. 암모니아태질소가 질산태질소보다 높게 나타난 것으로 보아 토양은 환원상태의 경향을 나타내고 있는 것으로 보인다. 물의 pH는 중성인 것으로 나타났으나 시료간 편차가 일부 있었다. 물에 존재하는 무기태 질소의 형태는 암모니아태질소보다 질산태질소가 우세한 것으로 나타났으며 이는 목논습지 내 물의 용존산소가 충분한 것으로 추정할 수 있다.

토지피복변화(Table 14)에서 산림의 분포가 평균 55% 이상으로 지배하고 있으며, 다른지역에 비해 2021년 초지가 급증하였고 산림과 농경지가 급감하는 추세를 보이고

있다. 나지와 습지 및 시가화건조지역은 2013년 이후 미미한 수준에서 나타나고 있다. 이는 목논습지 주변에 분포하던 농경지가 2010년대 후반 이후 급격하게 휴경지로 바뀌면서 목논으로 전환되고 있음을 의미한다. 답사 결과 대상지 주변에 목논 초기 단계의 초본 우점 토지가 증가하고 있었다.

3.2.7 대전1

목논화된지 30년 이상 지난 습지로서 지표수와 지하수가 지속적으로 공급되며 버드나무 군락과 갈대, 부들, 고마리 등이 우점하는 계곡교관목우점지하수형(T3V1H1), 계곡수

Table 16. Changes in land cover type over time (Daejeon 1)

Land cover			1980		2000		2007		2013		2021	
L1	L2	L3	Area	(%)								
Use.			485	0.13	7505	2.04	10375	2.82	-	-	8416	2.28
	Res.				3794	1.03	6664	1.81	-	-	2968	0.81
		Det.									2968	0.81
	Com.				-	-	-	-	-	-	66	0.02
		Bus.									66	0.02
	Rec.	Rec.			3711	1.01	3711	1.01	-	-	-	-
	Tra.				-	-	-	-	-	-	5277	1.43
		Road									5277	1.43
	Pub.				-	-	-	-	-	-	105	0.03
	Othp.									105	0.03	
Agr.			69795	18.95	100449	27.26	116564	31.64	115213	31.28	83761	22.74
	Pad.				64012	17.37	60850	16.52	40099	10.89	33465	9.08
		Uncr.									33465	9.08
	Field				36437	9.89	53597	14.55	75114	20.39	47686	12.95
		Uncf.			-	-	-	-	-	-	47686	12.95
	Fac.	Fac.			-	-	-	-	-	-	2610	0.71
	Orc.	Orc.			-	-	2117	0.57	-	-	-	-
For.			291801	79.22	260496	70.70	230681	62.62	242855	65.93	209816	56.96
	Dec.	Dec.			22976	6.24	19295	5.24	67007	18.19	46716	12.68
	Con.	Con.			237512	64.46	200493	54.43	83160	22.58	73725	20.01
	Mix.	Mix.			8	0.00	10893	2.96	92688	25.16	89375	24.26
Gra.			5564	1.51	-	-	8267	2.24	8116	2.20	64654	17.55
	Nat.	Nat.			-	-	-	-	4328	1.17	-	-
	Art.				-	-	8267	2.24	3788	1.03	64654	17.55
		Cem.									18522	5.03
	Othm.									46132	12.52	
Wet					-	-	-	-	-	-	1355	0.37
	Inw	Inw			-	-	-	-	-	-	1355	0.37
Bar.			719	0.20	-	-	2477	0.67	2180	0.59	357	0.10
	Artb.	Artb.			-	-	2477	0.67	2180	0.59	357	0.10

생식물우점지하수형(T3V1H1), 계곡교관목우점지표수형(T3V1H2), 계곡수생식물우점지표수형(T3V1H2) 등이 혼재한다. 왕버들, 능수버들 등 버드나무류가 자생하고, 멧돼지, 고라니 등 야생동물이 지속적으로 찾고 있어 야생동물 서식환경도 우수한 습지이다. 토양 및 수질분석 결과(Table 15) pH는 약산성~산성에 가까운 것으로 나타났으며 토성은 양토로 분석된다. 유기물함량은 평균 수준인데 이는 토성중 모래성분이 많은 것이 원인인 것으로 판단된다. 암모니아태질소가 질산태질소보다 높게 나타난 것으로 보아 토양은 환원상태의 경향을 나타내고 있는 것으로 보인다. 물의 pH는 중성인 것으로 나타났으나 시료간 편차가 일부 있었다. 물에 존재하는 무기태 질소의 형태는 암모니아태질소와 질산태질소가 비슷한 값을 보이고 있다.

토지피복변화(Table 16)에서 시가화건조지역은 주거지역과 교통시설이 미미한 수준으로 나타나는데 항공사진과 정사영상으로 확인한 결과 주변 지역의 주민들이 대도시로 이주하면서 가옥이 방치되거나 철거되고 종교시설 등이 새로 설치되는 등의 변화가 있었다. 교통지역은 마을에서 이용하던 비포장도로가 도로로 분류되지 않고 다른 토지피복 유형으로 분류되다가 포장이 완료된 이후 2021년에 교통시설로 분류되었다. 농업지역은 20% 내외에서 증가하다가 다시 감소하였는데, 특히 논습지가 매우 급속도로 줄어들면서 휴경지 논의 급증하고 있음을 알 수 있다. 산림지역은 1980년 80% 수준에서 지속적으로 감소하여 2021년에는 56.96%로 40년간 빠르게 감소하였는데 특히 침엽수림이 급격히 쇠퇴하고 혼효림 및 활엽수로 대체되고 있는 것으로 나타나 장기적인 천이의 방향성을 어느 정도 유지하고 있는 것으로 판단된다. 초지의 경우 2021년에 17.55%로 급증하였는데 묘지 5.03%를 제외한 기타 인공초지가 12.52%에 이르러 특히 휴경지 논의 묵논으로 발달되기 전 단계인 것으로 판단된다. 항공사진과 정사영상으로 확인한 결과 이는 유희농경지와 주택철거지, 묘지 등이 급격하게 증가하였고 일부 산림이 개간되는 과정에서 초본군락이 우점하고 농업용 비닐하우스, 온실 등을 확대하는 등의 복합적인 현상이 나타나고 있었다.

4. 결론 및 제언

외국에 비해 도시화와 고령화 속도가 빠른 우리나라 현실에서 70~80년대 이후 급증한 유희농경지는 일부는 육지화되고 또 다른 일부는 습지화되고 있다. 본 연구에서는 습지화가 진행되고 있는 묵논습지의 전형으로서 문헌연구와 위성영상, 항공사진, 답사, 정밀조사 등을 통해 묵논습지 유형 분류체계를 정립하고 묵논습지에 영향을 끼치는 다양한 환경요인 중에서 묵논 토양 및 수질 환경요인을 분석하고 생태영향권 내 토지피복유형의 변화를 살펴봄으로써 향후 묵논습지 보전 복원 창출을 위한 기초 자료를 제공하고자 수행하였다.

본 연구는 충남도마을습지 인벤토리(6652sites), 농림수산

부 팜맵서비스 휴경속성정보(7481sites), 환경부 유희농경지(119sites) 등 기초자료를 토대로, 문헌연구와 정사영상, 환경공간정보서비스 및 답사를 통해 먼저 유형분류체계를 정립하였다. 이를 토대로 모니터링 대상 묵논습지를 선정 후 추가 정밀답사를 실시하여 묵논습지 생태환경 특성을 규명하고 1980년대 이후 40년간의 생태영향권 내 토지피복유형의 변화를 살펴봄으로써 표준 묵논습지의 내부적 외부적 환경요인을 분석하였다.

묵논습지 유형은 생물다양성의 관점에서 지형 및 입지, 식생군락, 물순환체계를 분류기로 설정하고 27개 유형으로 분류하였다. 토성은 대체적으로 미사와 점토가 높게 함유된 경향을 보였으며 pH는 대체적으로 약산성~중성의 경향이고 EC는 대상지 전반적으로 낮은 수치를 보였다. 토지피복 유형은 주로 산림과 농경지가 분포하였지만 대체로 최근 10~20년 사이에 급속도로 감소하였고 산림은 침엽수림에서 활엽수림이나 혼효림 또는 초지 등으로 바뀌고 있었으나 서산4의 경우 오히려 활엽수림이 우세하다가 감소하는 경향을 보이고 있다. 답사와 항공사진으로 확인한 결과 휴경지들은 아직은 습지로 온전히 전화되지 못하고 나지 또는 초지 형태를 유지하고 있는 것으로 나타났는데, 휴경된 지 30년 이상 경과되어 자연습지화 된 대전1의 사례에서 볼 수 있는 것처럼 점차 자연습지와 구조적으로나 기능적으로 유사한 습지로 천이가 진행될 것으로 예측된다.

본 연구를 통해 급증하는 유희농경지를 습지로 천이되도록 하여 자연습지와 동등 또는 그 이상의 기능을 발휘할 수 있도록 관리할 수 있을 것이다. 특히 토지피복변화를 통해 묵논습지가 주변 생태적 영향권으로 확산될 수 있는 단서를 확인한 바 본 연구대상지는 묵논습지의 표준습지로서의 가능성이 높은 것으로 판단되며, 추후 정밀조사를 통해 지형과 토양, 물순환 체계와 탄소감축 성능 등을 정밀 분석한다면 묵논습지의 발달 과정을 표준화할 수 있을 것이다.

또한 본 연구에서는 생물다양성의 관점에서 묵논습지 유형을 분류한 바, 최근의 국내외 중요한 이슈인 탄소감축의 관점에서 탄소흡수원으로서의 묵논습지 유형을 분류하는 방법론 필요성이 제기되는 바 이는 후속연구를 통해 밝혀야 할 것이다.

사 사

“본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 탄소축적 묵논습지 조성복원 관리기술 사업의 지원을 받아 연구 되었습니다.”(2022003630004)

This Work was supported by Korea Environmental Industry&Technology Institute (KEITI) through Wetland Ecosystem Value Evaluation and Carbon Absorption Value Promotion Technology Development Project, funded by Korea Ministry of Environment(MOE) (2022003630004)

References

- Francisco A. Comin., Jose A. Romero., Oliver Hernandez and Margarita Menendez. 2001. Restoration Ecology 9(2) : 201-208.
- Hong, MK., Park, HK., Nam, BE, Kim, JK (2019). Vegetational characteristics of abandoned paddy terraces in comparison with natural and constructed wetlands. Journal of Wetlands Research 21(3) : 199-206. [Korean Literature] [DOI <https://doi.org/10.17663/JWR.2019.21.3.199>]
- Koo, BH. (2003) Wetland Type Classification and Functional Assessment of an Abandoned Rice Paddy Ja-un Wetland. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 6(1) : 65~70.
- Lee,CS., You, YH., Robinson,GR. (2002) Secondary Succession and Natural Habitat Restoration in Abandoned Rice Fields of Central Korea. Restoration Ecology 10(2):306-314. DOI:10.1046/j.1526-100X.2002.00003.x.
- Park, MO (2019). A Study on the Reference Models for Wetland Gardens Based on the Village Wetlands. J. of the Korean Institute of Garden Design 5(2) : 121~130. [Korean Literature] [DOI : [10.22849/jkigd.2019.5.2.006](https://doi.org/10.22849/jkigd.2019.5.2.006)]
- Park, MO (2020a). A study on the classification of wetland garden types based on village wetlands in Gyeryong-si, Chungnam. J. of the Korean Institute of Garden Design 6(1) : 76~86. [Korean Literature] [DOI : [10.22849/jkigd.2020.6.1.008](https://doi.org/10.22849/jkigd.2020.6.1.008)]
- Park, MO (2020). A Study on the Distribution of Village Wetlands on Living Area in Boryeong-si, Chungnam. J. of the Korean Institute of Garden Design 6(3) : 259~268. [Korean Literature] [DOI : [10.22849/jkigd.2020.6.3.006](https://doi.org/10.22849/jkigd.2020.6.3.006)]
- Park, MO and Koo, B.H (2021). A Comparative Study on the Distribution Characteristics of Small Wetlands in the Village according to the Environment Conditions – Case on Seosansi, Chungnam -. J. of the Korean Institute of Garden Design 7(1) : 70~77. [Korean Literature] [DOI : [10.22849/jkigd.2021.7.1.007](https://doi.org/10.22849/jkigd.2021.7.1.007)]
- Park, MO (2022). Analysis of the Distribution Characteristics of Abandoned Paddy Wetlands according to Topographical Environments, J. of Wetlands Research 24(2) : 93-101, [Korean Literature] [DOI : <http://dx.doi.org/10.17663/JWR.2022.24.2.93>]
- Park, MY, Yim, YR, Kim, KG and Joo, YW. (2006). The Status and Characteristics of Wetlands Created from within Abandoned Rice Paddy Fields in South Korea. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 9(2) : 1~15.
- Shim, IS, Kim, JB, Jung, YK, Park, IW, Kim, MH, Shin, HS and Cho, KJ (2015). Eco-floristic Characters of Vegetation in Successional Stages of Abandoned Paddy Fields. J. Korean Env. Res. Tech. 18(4) : 29~41. [Korean Literature] [DOI : <http://dx.doi.org/10.13087/kosert.2015.18.4.29>]
- Spruce, J, Wu, R. and Berry, R (1996). GIS Techniques for Evaluating Wetland Maps Derived from Remotely Sensed Data.
- U. S. Fish and Wildlife Service (1988) national list of plant species that occur in wetlands : 1988 national summary. Biological Report 88(24).
- Yoon, KS (2007). Soil and Vegetation Characteristics of Abandoned Paddy Field. Journal of the Korean Association of Regional Geographers 13(2) : 129~142. [Korean Literature]
- e-index (<https://www.index.go.kr/main.do>)