

도시 내 습지의 식생구조 변화 모니터링*

김나영¹⁾²⁾ · 남종민³⁾ · 이경연¹⁾ · 이근호⁴⁾ · 송영근⁵⁾

¹⁾국립생태원 멸종위기종복원센터 전문위원 · ²⁾서울대학교 대학원 협동과정 조경학 학생 ·
³⁾국립생태원 습지센터 차장 · ⁴⁾(주)국토환경엔지니어링 부장 · ⁵⁾서울대학교 환경대학원 환경설계학과 교수

Monitoring Vegetation Structure Changes in Urban Wetlands*

Kim, Na-Yeong¹⁾²⁾ · Nam, Jong-Min³⁾ · Lee, Gyeong-Yeon¹⁾
Lee, Kun-Ho⁴⁾ and Song, Young-Keun⁵⁾

¹⁾National Institute of Ecology, Research Center for Endangered Species,

²⁾Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University,

³⁾National Institute of Ecology, Research Center for Wetland,

⁴⁾Dept. of Environmental Design, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University.

ABSTRACT

Urban wetlands provide various ecosystem services and are subject to restoration and creation projects due to their increased value in the context of climate change. However, the vegetation structure of wetlands is sensitive to environmental changes, including artificial disturbances, and requires continuous maintenance. In this study, we conducted a vegetation survey of three wetlands created as part of a project to restore urban degraded natural ecosystems and monitored the quantitative changes in wetland vegetation structure using an unmanned aerial vehicle. The vegetation survey revealed 73 species in Incheon Yeonhui wetland, and the change in vegetation composition based on wetland occurrence frequency was 11.5% on average compared to the 2018 vegetation survey results. The vegetation survey identified 44 species in Busan Igidae wetland, and the proportion of species classified as obligate upland plants was the highest at 48.8% among all plants, while the proportion of naturalized plants accounted for 15.9% of all plants. The open water surface area decreased from 10% in May 2019 to 6.7% in

* 본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 습지생태계 가치평가 및 탄소흡수 가치증진 사업의 지원을 받아 수행되었음 (2022003630004).

First author : Kim, Na-Yeong, National Institute of Ecology, Research Center for Endangered Species,

Tel: +82-54-680-7256, **E-mail:** nynayeong@gmail.com

Corresponding author : Song, Young-Keun, Dept. of Environmental Design Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University,

Tel: +82-2-880-8860, **E-mail:** songyoung@snu.ac.kr

Received : 20 November, 2023. **Revised** : 20 December, 2023. **Accepted** : 4 December, 2023

May 2020. Iksan Sorasan wetland was surveyed and 44 species were confirmed, and it was found that the proportion of facultative wetland plant decreased compared to the 2018 vegetation survey results, and the open water surface area increased from 0.4% in May 2019 to 4.1% in May 2020. The results of this study showed that wetlands with low artificial management intensity exhibited a tendency for stabilization of vegetation structure, with a decrease in the proportion of plants with high wetland occurrence frequency and a relatively small number of new species. Wetlands with high artificial management intensity required specific management, as they had a large change in vegetation structure and a partially high possibility of new invasion. We reaffirmed the importance of continuous monitoring of vegetation communities and infrastructure for wetlands considering the function and use of urban wetlands, and restoration stages. These research results suggest the need to establish a sustainable wetland maintenance system through the establishment of long-term maintenance goals and monitoring methods that consider the environmental conditions and vegetation composition of wetlands.

Key Words: *Sustainable ecological wetland, Wetland vegetation monitoring, Wetland ortho-imagery, Unmanned aerial vehicle monitoring*

I. 서론

도시생태계에서 습지는 다양한 생태계서비스를 제공하며 주요한 가치를 지닌다. 이러한 습지 가치의 중요성에 대한 인식 증가와 사회적 관심에 힘입어 인공습지를 조성하거나 훼손된 기존 자연습지체계를 복원하는 등 다양한 기능과 규모의 습지가 복원·조성되고 있다(Hong et al., 2018; Ministry of Environment, 2019, 2020).

하지만 도시 내 복원·조성된 습지는 서식처 소실이나 오염, 수환경 체계의 변경, 외래종의 도입과 같은 다양한 훼손 위협에 노출되기 쉬우며 도시의 구조적 변화에 취약한 특성이 있다(Guo et al., 2017; Ghosh & Das 2019; Alikhani, 2023). 특히, 중소규모 도심 습지의 경우, 인위적 교란이 빈번하고 회복탄력성이 낮아 습지생태계 기능을 유지하기 위한 관리에 주의를 기울여야 한다(Kang et al., 2007; Chun, 2008; Li et al., 2014; Comer et al., 2017). 습지 식생은 기반환경과 상호작용하여 발달하며, 습지생태계의 주요 구성요소이다(Jang, 2013). 수환경의 부영양화는 식생 변화를 야기하고, 이는 습지 내 야

생 동·식물 서식환경 변화로 이어지게 된다(Bressler & Paul, 2005; Moor et al., 2017). 따라서 습지 복원·조성 시부터 습지 식생 구조의 변화를 고려해야 하며, 중장기 모니터링 결과를 반영하여 유량, 식생과 같은 습지 기반환경에 대한 종합적인 유지관리방안을 마련해야 한다(Ministry of Environment, 2007b, 2020; Bai et al., 2013; Paul, 2013).

도시 내 복원·조성된 습지를 대상으로 습지 식생 구조 변화(Nishimoto et al., 2013; McCoy-Sulentic et al., 2017; Fan et al., 2019; Wanek et al., 2022), 영상 등을 이용한 습지 내 식생 유형 분류(Lee et al., 2003; Ahn et al., 2016; Pande-Chhetri et al., 2017; Yang et al., 2021), 모니터링 방법 고도화(Jill, 2006; Taddeo, 2013; Sremački et al., 2020), 습지 식생 천이과정(Kim & Myuong, 2008; Ho & Richardson, 2013; Tuttle, 2013; Son et al., 2015; Brinkmann et al., 2020) 등에 관한 연구가 진행된 바 있다. 그러나 기존 연구들은 도시 내 습지에 적용되는 부정기적, 인위적 유지관리에 따른 식생의 변화, 개방수면, 우점군락 특성에 따른 환원 가능성

등 유지관리 계획 수립 시 반영되어야 하는 내용이 충분히 다루어지지 못하였다. 따라서, 도시 내 복원·조성된 습지를 대상으로 유지관리(개방수면, 교란종 제거, 우점군락 관리 등)가 주요 식생군락에 미치는 영향을 정량적으로 평가하고 이해하기 위한 기초자료와 연구가 필요하다.

본 연구는 생태습지의 조성 후 식생 구조 연구(Kim et al., 2018)의 후속 연구로, 습지 내외부 식생 유지관리의 여부가 우점군락 또는 출현종의 양상에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 이를 위해 유지관리 단계가 다른 연희자연마당 습지, 이기대자연마당 습지, 소라산자연마당 습지를 연구의 대상으로 선정하고 드론 촬영과 식생 조사를 통해 습지의 식생 면적, 주요 식생 군락 구성, 개방수면, 기반환경 등의 변화를 약 2년에 걸쳐 모니터링하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 도시 내 복원·조성된 습지 유지관리에 필요한 주의점과 시사점을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구범위

본 연구는 도시 내 손상된 자연생태계를 복원하기 위한 사업 대상지 중에서, 면적이 50,000 m² 이상이고 조성 후에도 지속해서 관리되고 있으며 주변부 50m 이내 자연생태계가 존재하는 세 곳의 생태복원 습지(연희자연마당, 이기대자연마당, 소라산자연마당)를 대상으로 하였다. 대상 지역은 서로 다른 목적으로 복원된 생태습지로 2014년에서 2016년 사이에 완공되어 2020년 9월 기준으로 조성 4년 이상이며 유지관리로 안정화 과정에 있는 습지이다. 세부 사항은 다음과 같다.

1) 연희자연마당 습지(Site 1)

인천광역시 서구 연희동 414-1(위도 37° 32' 44.4", 경도 126° 39' 46.0")에 위치하며 소규모 잔존 산림, 경작지와 접하고 있다. 수체계 개선

을 통한 습지 조성, 생태숲 복원을 목표로 조성되었으며 주요 목표종은 큰기러기, 금개구리, 맹꽁이, 대모잠자리 등이다. 총면적 3,852m², 평균 수심 약 1m이며 내부에 모래톱과 인공섬이 조성되어 있다. 일정 수준 이상의 개방수면 비율 유지를 위해 식생군락 면적을 제한하고 있다. 2019년 5월 대비 9월 식물군락 면적이 27.4%로 인위적 유지관리 강도가 매우 높은 지역이다.

2) 이기대자연마당 습지(Site 2)

부산광역시 남구 용호동 산 197(위도 35° 06' 11.1", 경도 129° 07' 21.7")에 위치하며 해안 및 산림 진입부와 접하고 있다. 난대성 해안림 및 습지 조성을 목표로 조성되었으며 주요 목표종은 매, 산개구리, 도롱뇽 등이다. 총면적 1,865 m², 평균 수심 약 1.2m이며 내부에 인공섬 6개소가 조성되어 있다. 2019년 5월 대비 9월 식물군락 면적이 92.6%로 우점군락을 중심으로 미관을 해치지 않는 범위 내에서 경계를 다듬는 형태의 유지관리가 이루어지고 있다.

3) 소라산자연마당 습지(Site 3)

전라북도 익산시 영등동 291-25(위도 35° 57' 11.8", 경도 126° 58' 02.8")에 위치하며 갈대 습지, 소규모 잔존 산림, 경작지, 주거지와 접하고 있다. 구룡성 계류와 수환경체계 복원을 목표로 조성되었고 주요 목표종은 맹꽁이 등이다. 총면적 7,013m², 평균 수심 약 1.9m이다. 2019년 5월 대비 9월 식물군락 면적이 95.3%로 인위적 유지관리 강도와 빈도가 다른 대상지와 비교하여 낮게 관리되고 있다.

2. 연구방법

1) 식물상

각 대상지 내 생태습지와 주변의 출현종을 확인하며 군락별 경계와 조성을 조사하였으며, 2020년 9월에 실시하였다. 동정이 어렵거나 외래종의 경우에는 표본 사진 촬영 후 도감을 이

Table 1. Location and description of study sites

Site 1 (Incheon Yeonhui)				Site 2 (Busan Igidae)				Site 3 (Iksan Sorasan)			
											
414-1, Yeonhui-dong, Seo-gu, Incheon				197, Yongho-dong, Nam-gu, Busan				291-25, Yeongdeung-dong, Iksan-si, Jeollabuk-do			
Area	3,852m ²	Created	2016.06.	Area	1,865m ²	Created	2014.12.	Area	7,013m ²	Created	2015.12.
Target species	Bean goose, Great spotted woodpecker, Bekko tomo, Giant water bug, Korean golden frog	Major vegetation	East Asian water-chestnut, Whorled water-milfoil	Target species	Dybowski's frog, Korean salamander, Peregrine falcon	Major vegetation	Yellow floating heart, Whorled water-milfoil	Target species	Boreal digging frog, Giant water bug, Common kestrel, Asian swallowtail butterfly	Major vegetation	Lesser cattail, Common reed, Manchurian wild rice
Management intensity (Comparison of wetland plant community area in 2019)	May, 2019	September, 2019		Management intensity (Comparison of wetland plant community area in 2019)	May, 2019	September, 2019		Management intensity (Comparison of wetland plant community area in 2019)	May, 2019	September, 2019	
	99.7%	15.9%			90%	93.3%			99.6%	95.9%	

용해 확인 후 기록하였다. 식물 동정과 학명, 국명은 한국 식물도감(Lee, 1997), 원색 대한 식물도감(Lee, 2003), 한국의 수생식물과 생활 주변 식물도감(Guh, 2009) 등을 참고하였다.

2) 현존식생도

습지 경계는 습지 조성 계획 도면과 2018년 조사 결과의 경계를 기본으로 현장 정사영상을 참고하여 작성하였다. 2019년 5월과 9월, 2020년 5월의 식생 조사 결과, 상대 피도 10.0% 이상인 종들을 대상으로 시기별 면적 변화를 분석하였다. 식생도 작성을 위하여 DJI사의 무인항공기 Phantom4 pro를 이용하였고 정해진 경로와 조건에서 촬영하였다. 자세한 조건과 예시는 [Figure 1], [Table 2]와 같다. 정사영상 정합 시,



Figure 1. A Screenshot of Pix4D mapper(site 2)

Table 2. Settings for Aerial Photography

Pix4D mapper software			
Overlap	70-80%	Altitude	20m
Camera angle	70-90°	Look grid center	Yes
GSD	0.55cm/pixel	IMU/Compass (status)	good

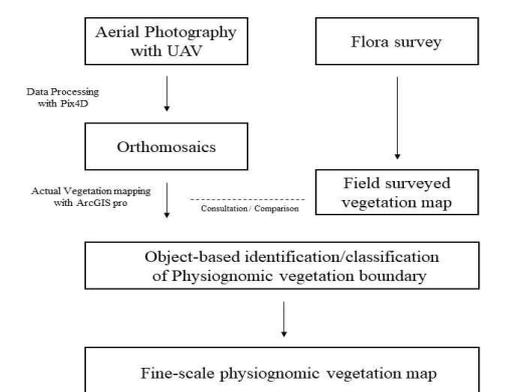


Figure 2. Process of Physiognomic vegetation mapping

정확한 군락별 위치와 경계 확인을 위해 2회 반복 촬영한 영상을 비교하여 활용하고, 10개 이상의 지상 기준점을 설정하였다. 추후, 현장조사 결과와 정사영상을 대조하여 현존식생도를 최

중 작성하였으며 과정은 [Figure 2]와 같다.

3) 식물 유형 분류(습지출현빈도, 생활사 및 성장유형)

우리나라 습지생태계 관속식물의 유형 분류(Choung et al., 2012)을 참고, 습지출현빈도에 따라 절대습지식물(obligate wetland plant; OBL), 임의습지식물(facultative wetland plant; FACW), 임의식물(facultative plant; FAC), 임의 육상식물(facultative upland plant; FACU), 절대 육상식물(obligate upland plant; UPL)로 분류하였다. 추가로, 식물 생활사(일년생, 다년생), 성장유형(침수식물, 부유식물, 부엽식물, 덩굴식물, 관목, 교목, 기타), 귀화식물, 외래식물, 재배식물 등의 분류는 국가생물종지식정보시스템의 국가표준식물목록(Korea National Arboretum, 2023)을 기준으로 정리하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식물상

1) 연희자연마당 습지(Site 1)

연희자연마당 습지는 2018년에 19과 25속 28종 3변종 총 31분류군(Kim et al., 2018), 2020년에 38과 56속 65종 8변종으로 총 73분류군이 조사되었다[Table 3]. 해당 기간 42종이 추가 정착하여 총 135.5% 증가하였다. 새로 정착한 초본은 침수식물 1종(실말), 부유식물 1종(개구리밥), 덩굴식물 4종(메꽃, 애기메꽃, 미국실새삼, 환삼덩굴), 기타식물 25종, 식재를 통해 도입된 부엽식물 1종(수련), 교목 5종(팽나무, 단풍나무, 신나무, 곰솔, 소나무), 관목 5종(화살나무, 말발도리, 꼬리조팝나무, 쉬땅나무, 영산홍)을 포함한 모든 유형의 식물이 증가하였다. 2020년 조사 결과 기준, 전체 식물 중 재배식물은 1종, 1.4%, 귀화식물은 9종 12.3%로 나타났다.

2016년 조성계획한 18종에서(Kim et al., 2018) 2020년 73종으로 급격히 증가한 것은 물

리적 제거와 함께 교목, 관목 등을 포함한 11종이 식재되는 인위적 관리의 영향으로 보인다. 강도 높은 인위적 관리는 필연적으로 대규모의 물리적 교란을 수반한다. 또한, 대상지 1의 경우 여름철 예초가 여러 번에 나눠서 진행되었기 때문에 시기별로 나지 형태의 공간이 자주 발생하였다. 기존의 우점 식물이 물리적으로 제거될 경우, 해당 지역에서 피압되어 있던 유묘나 매토종자(토양종자은행), 그리고 외부에서 유입되는 종자들이 정착할 가능성이 크다(Shiferaw et al., 2018; Lishawa et al., 2019). 대상지 내 덩굴성 초본이 4종 추가로 발견되었으며 교란 상황에서 유입되는 경우가 많은 쇠뜨기, 미나리아재비, 썩싸리, 질경이 등이 조사되었다. 범람에 의한 수위 변동이 크게 발생하지 않는 습지에서 덩굴성 초본은 식생 구조를 크게 변화시킬 수 있는 식물 유형이므로 이러한 유형의 증가는 인위적 관리가 중단될 경우, 식생구조 변화가 빠르게 진행될 수 있다는 것을 의미한다. 추가로, 신규 정착종 중 생태계교란생물인 환삼덩굴과 미국쭈부쟁이가 포함되어 있어 추후 이에 대한 모니터링이 요구된다.

2) 이기대자연마당 습지(Site 2)

이기대자연마당 습지는 2018년에 19과 27속 26종 4변종 1품종으로 총 32분류군(Kim et al., 2018), 2020년에 24과 35속 37종 6변종 1품종 총 44분류군으로 조사되었다[Table 4]. 해당 기간 12종이 추가 정착하였다. 새로 정착한 초본은 부엽식물 1종(이삭물수세미), 덩굴식물 1종(메꽃), 기타식물 10종으로 총 37.5% 증가하였다. 특히, 대상지 2의 2020년 조사 결과, 전체 식물 중 재배식물은 1종, 2.3%를 차지하였으며, 귀화식물은 7종 15.9%로 나타났다.

이러한 증가폭은 대상지 1에 비해선 낮고, 대상지 3과 비교했을 때는 높은 결과로 이기대자연마당 습지의 인위적 관리(특정 식생구락 구획, 물리적 제거, 경관을 고려한 식재 등)의 영향으



Figure 3. Changes of vegetation cover area within wetlands due to maintenance in site 2 (a: May 2020, b: June 2020, c: July 2020)



Figure 4. *Actinostemma lobatum Maxim.* suppresses lower vegetation in site 3 (d, e, f: September 2019, g, h, i: August 2020)

로 추정된다. 대상지 2는 [Figure 3]과 같이 주요 관리 식물 군락의 경계선을 정하고, 해당 경계를 넘어서 확장하는 부분만을 물리적 제거하는 방식으로 관리되었다. 그 결과, 군락의 경계선 부근은 대상지 1과 같이 우점종이 제거되어 다른 종의 유입이 촉진되지만, 경계선 내부는 순군락이 안정적으로 유지되는 모습을 보인다. 이처럼 대상지 2는 유지관리 특성이 복합적으로 작용하고 이로 인한 식물상 변화가 야기되는 것으로 판단된다.

3) 소라산자연마당 습지(Site 3)

소라산자연마당 습지는 2018년에 21과 29속 34종 2변종 총 36분류군(Kim et al., 2018), 2020년에 24과 36속 42종 2변종 총 44분류군으로 조사되었다[Table 5]. 해당 기간 물달개비, 부들, 바보여뀌, 별개미취 4종이 소실되었으며, 12종이 추가 정착하였다. 새로 정착한 초본은 침수 식물 1종(검정말), 부엽식물 1종(수련), 기타식

물(9종), 목본은 교목 1종(동백나무)으로 총 33.3% 증가하였다. 2020년 조사 결과 기준, 전체 식물 중 귀화식물은 8종 18.2%로 나타났다.

대상지 3은 [Figure 4]와 같이 습지 외곽 경계 지역의 초지를 제한적으로 관리하고 있어 나지 형태의 공간이 거의 나타나지 않는다. 연 1~2회 물리적 제거가 진행되나, 식물의 성장기에는 자연 상태를 유지하도록 하여 성장 속도가 빠른 다년생 우점종 군락이 안정적으로 유지되면서 일년생 초본 및 목본의 신규 유입종수 증가가 다른 습지와 비교해 낮은 값을 보인다.

2. 현존식생도

1) 연희자연마당 습지(Site 1)

연희자연마당 습지의 식생 총면적은 2019년 5월 99.7%에서 9월 27.3%, 2020년 5월 15.9%로 감소하였다[Figure 5]. 특히, 2019년에 있었던 강도 높은 인위적 관리(물리적 제거)에 의해 식생 총면적이 급격히 감소하였는데 그 중에서도 우점종인 마름(43.7%), 갈대(8.6%), 줄(8.3%), 애기부들(7.9%)의 감소폭이 컸다. 이는 해당 군락의 5월 대비 85.1%~96.3% 면적을 제거했다는 것을 의미한다. 또한, 대상지 1은 복원 계획의 목적이 수질 정화로, 이를 위해 개방수역 면적이 일정 비율로 유지될 수 있도록 관리하고 있다. 개방수역은 침수환경으로 식물 종자 및 유묘 정착이 제한적일 수밖에 없다. 개방수면 지역은 유지관리의 영향으로, 2020년 5월에는 개방수면 면적은 84.1%로 2019년 5월 대비 약 333.6배 증가하였다. 다만, 과도한 개방수면 관리로 인한 급격한 식생 피복률 변화는 야생동물 서식공간을 교란하거나 다양한 식생군락 형성에 어려움을 줄 수 있어 유의해야 한다(Jang, 2013; Hong et al., 2018; Neo scape laboratory, 2021). 또한, 습지 수환경 내의 수생식물에도 물리적 제거를 수반한 지속적 유지관리가 이루어져 면적 대비 구역별 순군락 위주로 분리되는 양상을 보이는 것으로 나타났다[Figure 11].

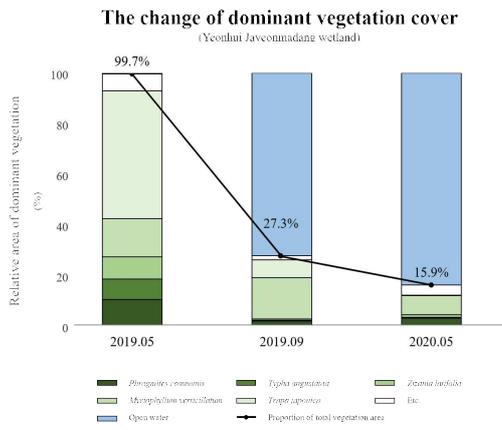


Figure 5. Change of dominant vegetation area in site 1

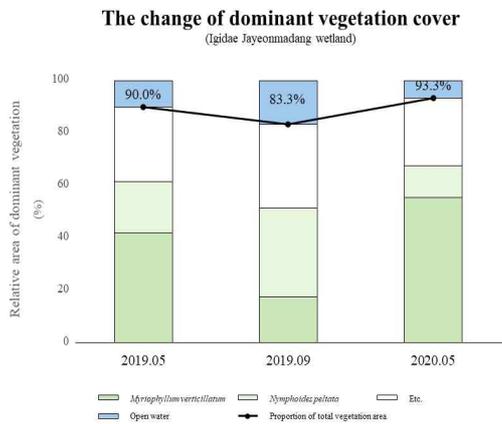


Figure 6. Change of dominant vegetation area in site 2

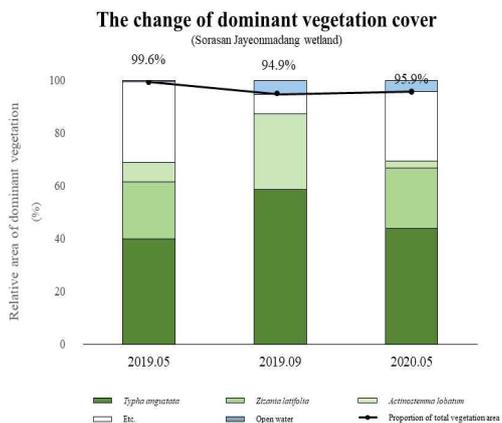


Figure 7. Change of dominant vegetation area in site 3

2) 이기대자연마당 습지(Site 2)

이기대자연마당 습지의 개방수면 면적은 2019년 5월 10.0%, 9월 16.7%로 인위적 제거 때문에 일시적으로 증가하였다[Figure 6]. 그러나 군락의 경계 지역만을 대상으로 제거하였기 때문에 줄기 및 뿌리 성장으로 빠르게 식생 점유 면적이 증가하여 2020년 5월에는 6.7%로 오히려 2019년보다 감소하였다. 특히, 우점종인 노랑어리연은 제거된 면적이 빠르게 복구되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 비정기적으로 부엽식물 군락의 외곽 경계를 관리하는 것만으로는 생태습지 내 식생군락의 구성이나 개방수면 면적 등을 유지하기 어렵다는 것을 의미한다 [Figure 12].

3) 소라산자연마당 습지(Site 3)

소라산자연마당 습지의 식생 총면적은 2019년 5월 99.6%, 9월 94.9%로, 2020년 5월 95.9%로 거의 변동이 없었다[Figure 7]. 반면, 우점종인 줄과 뚜껑덩굴 군락의 면적은 변동 폭이 매우 컸다. 전체 식생 면적에서 변화를 살펴보면, 줄은 각 조사 시기별 21.6%, 0.0%, 23.0%의 면적을 차지하였으며 뚜껑덩굴은 7.4%, 28.7%, 2.4%의 면적을 차지한다. 이러한 변화는 줄 군락이 범람 때문에 쓰러진 후 덩굴식물(뚜껑덩굴)이 줄 군락의 상부를 덮으면서 우점종이 바뀐 영향으로 보인다[Figure 13]. 덩굴식물은 다른 군락을 타고 올라가서 상층을 덮어 전체 종 조성에 영향을 줄 수 있는 식물유형으로 인위적 관리 시 주의를 기울여야 한다. 다른 두 대상지에서는 상대적으로 높은 강도로 유지관리가 이루어지고 있어 덩굴식물이 우점종으로 나타나지 않는다. 습지 식물은 종의 유입과 제거, 수환경 변화 등에 민감하게 반응하므로, 다양한 환경조건 또한 복합적으로 고려되어야 한다. 추가로, 식생 구조의 다양성 유지를 위해 덩굴식물 분포와 변화를 지속 관찰할 필요가 있다.

3. 식물 유형(습지출현빈도)

1) 연희자연마당 습지(Site 1)

습지출현빈도(Choung et al., 2012)에 따라 분류하여 구성의 변화를 살펴보면, 육상식물의 비율이 2018년 조사 결과와 비교하여 2배 이상 증가하였다[Figure 8]. 습지 주변의 과도한 관리의 영향으로 인해 절대습지식물 비율은 18.1% 감소하였으며, 그에 비해 임의식물, 임의육상식물, 절대육상식물의 비율은 각각 16.9%, 9.9%, 31.0%로 증가하였다. 이는 습지 외곽부 강도 높은 관리를 통한 절대습지식물인 갈대, 애기부들, 물억새 등이 제거되고, 그 위치에 신규 조경종을 식재하는 등 적극적 관리의 영향과 일부 매토종자 발아로 육상식물의 종 수가 증가하였기 때문으로 해석된다. 또한, 말즘, 검정말, 붕어마름 등 침수식물의 지속적인 제거, 관리가 습지 내부 식생에 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

2) 이기대자연마당 습지(Site 2)

임의육상식물로 분류되는 번창초와 사데풀 2종이 2020년 조사로 확인되어, 전체 출현종 중 임의육상식물이 차지하는 비율이 4.9%로 증가하였다[Figure 9]. 그 외의 습지출현빈도에 따른 분류 유형은 평균 약 1.2% 감소하여 전체 구성상의 변화는 크지 않은 것으로 나타났다. 다만, 이와 같은 결과는 대상지 2가 공원 내부에 위치, 비정형 소규모 습지로 조성되었으며 이용객 동선으로 둘러싸여 있는 물리적 상황과 초화류 위주의 경관식재를 도입한 결과가 반영된 것이라 할 수 있다. [Figure 3]에서 볼 수 있는 것과 같이 습지 식생의 관리가 절대습지식물인 노랑어리연, 물수세미 군락을 고려한 방향으로 진행되었으며 습지 내부 섬이 있어 육상식물, 임의육상식물이 서식할 수 있는 환경이 조성, 관리되고 있는 것으로 확인되었다.

3) 소라산자연마당 습지(Site 3)

습지출현빈도로 출현종을 분류해보면, 2018

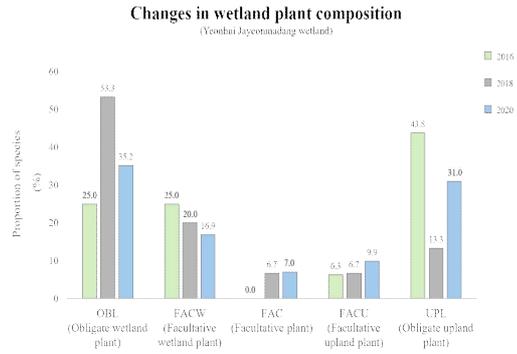


Figure 8. Change trend of wetland plant composition in site 1

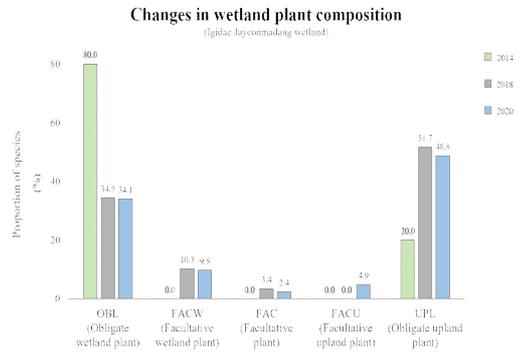


Figure 9. Change trend of wetland plant composition in site 2

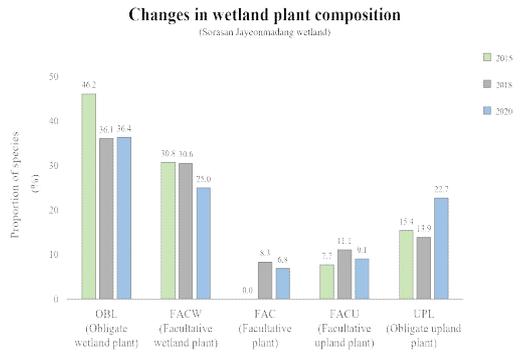


Figure 10. Change trend of wetland plant composition in site 3

년 조사 결과와 비교하여 절대육상식물로 분류되는 식물의 종 수가 2배 증가하였다[Figure 10]. 습지 조성 당시인 2015년 이후, 임의습지식

물 출현 비율은 지속 감소하며 임의육상식물과 임의식물은 소폭 증가하다 감소하는 추세를 보이는 것으로 나타났다. 이는 다른 대상지와 달리 기존 갈대 군락 연계, 습지 내부의 연간 인위적 관리 횟수를 겨울철 1~2회로 최소화하며 최대한 자연적으로 습지를 관리, 적절한 유량의 유지가 어려워 습지 주변부의 육상식물들이 유입되는 환경이 만들어진 결과라 할 수 있다(Bac & Lee, 2018). 특히, 대상지 3의 경우는 덩굴식물의 피압으로 습지 내 우점군락 구성의 변화가 보이며, 습지 식생부의 인위적 유지관리를 겨울철에 제한적으로 시행함과 동시에 유량(수위)이 비교적 저관리되는 환경 요인이 반영되어 식물종 구성과 식생 구조가 육지와 가깝게 변하고 있는 과정임을 알 수 있다.

IV. 결론

인위적 관리의 강도가 높은 지역인 대상지 1은 전체 습지에서 차지하는 식물 군락의 면적을 제한하여 관리, 2019년과 비교하여 습지 전체 면적 대비 개방수면의 비율이 약 83.8% 높아졌으며, 다년생 초본 및 목본 종수의 증가율이 높다. 그러나 2020년 조사 결과, 신규 정착종 중 생태계교란종이 2종 포함되어 있고 식재된 종이 많아 인위적 관리가 중단되면 식생 구조가 급격히 변할 수 있다(Ministry of Environment, 2007a). 특히, 신규 정착종 수가 늘어남에 따라 우점군락 등 습지 내 전체 식생 구성과 수질정화 습지라는 조성 목적을 고려한 유지관리 계획이 요구된다.

인위적 관리 강도가 낮은 지역인 대상지 3은 2019년과 비교하여 습지 전체 면적 대비 개방수면의 비율이 약 3.9% 높아졌으며, 상대적으로 새로 정착하는 종수가 적고 식생 구조 변화가 점진적으로 이루어지고 있는 것으로 보인다. 계류형의 습지 형태로 인해 수위 변화가 심한 구역이 존재하여 이러한 지역의 육화를 방지하기

위한 수위 조절, 식생군락 구획 등 유지관리가 요구되며 습지 내 생물다양성을 증진시키기 위해 개방수면을 15.0% 이상으로 유지하는 것이 좋을 것으로 판단된다(France, 2003; Hong et al., 2018; Neoscape laboratory, 2021). 또한, 덩굴성 식물, 외래종 등을 관리하지 못하면, 우점군락의 다양성이 저하될 수 있다는 점을 주의해야 한다.

대상지 2는 2019년과 비교하여 습지 전체 면적 대비 개방수면의 비율이 약 3.3% 감소하였다. 또한, 습지 내부 인공섬의 초본류 식재와 유입으로 습지 식생 중 절대육상식물이 차지하는 비율이 48.8%, 귀화식물 비율이 15.9%로 높게 나타났다. 도시 내 공원에 위치, 산책로로 둘러싸여 인간의 이용과 출입으로 인한 외래종 유입 가능성이 큰 환경적 조건을 고려해, 신규 유입종들에 대한 지속적인 모니터링과 조사가 요구된다(Lee & Kim, 2021). 습지 내 수생식물 군락의 다양성을 높이기 위해서는 수생식물의 서식공간인 원수대, 연안대 등의 면적을 넓게 하고, 수분 구배가 완만하게 이루어질 수 있도록 기반환경을 관리하는 것이 필요하다.

이러한 결과는 습지의 환경조건과 유지관리 강도에 따른 습지 식생의 변화 양상에 대한 이해를 바탕으로 한 관리방안 수립이 필요하다는 점을 시사한다. 덧붙여, 단순 출현 식물종의 수뿐 아니라 우점군락(면적) 구성, 식물 유형, 기반환경 등 생태적 특성을 고려한 모니터링을 통해 습지의 상태를 진단하고 이러한 결과를 활용하면 보다 지속가능한 방향으로 유지관리가 이루어질 수 있다는 가능성을 제시하였다. 습지 내 식생과 시설 관리는 지역 커뮤니티의 참여와 (Geist & Galatowitsch, 1999; Simpson & Newsome, 2017) 생물지표 활용을 통해 효과적으로 이루어질 수 있다(Dressing et al., 2016). 이러한 방법을 통해 습지의 미기후 조절, 야생동·식물 서식처 제공 기능 등을 포함하는 통합 모니터링이 가능하며 더 나아가 그 결과가 유지

관리에 반영될 수 있도록 기존 모니터링 체계를 발전시켜 나갈 수 있을 것이다.

본 연구는 생태적으로 조성되어 지속적인 유지관리가 요구되는 습지의 상관식생 변화 과정에 대한 분석 결과를 제시하고, 도시 내 습지에서 볼 수 있는 주요 우점군락을 대상으로 유지관리 방향을 도출해 생태적 특성을 고려한 모니

터링의 중요성을 시사하였다. 이 연구의 결과는 도시 내 유지관리되는 습지를 대상으로 한 것이라는 한계가 있지만, 도시생태계에서 다양한 형태의 습지가 만들어지고 관련 연구와 관심이 높아지고 있는 현실을 고려하면, 습지생태계의 지속가능한 유지관리를 위한 유용한 기초자료로 활용될 수 있다.

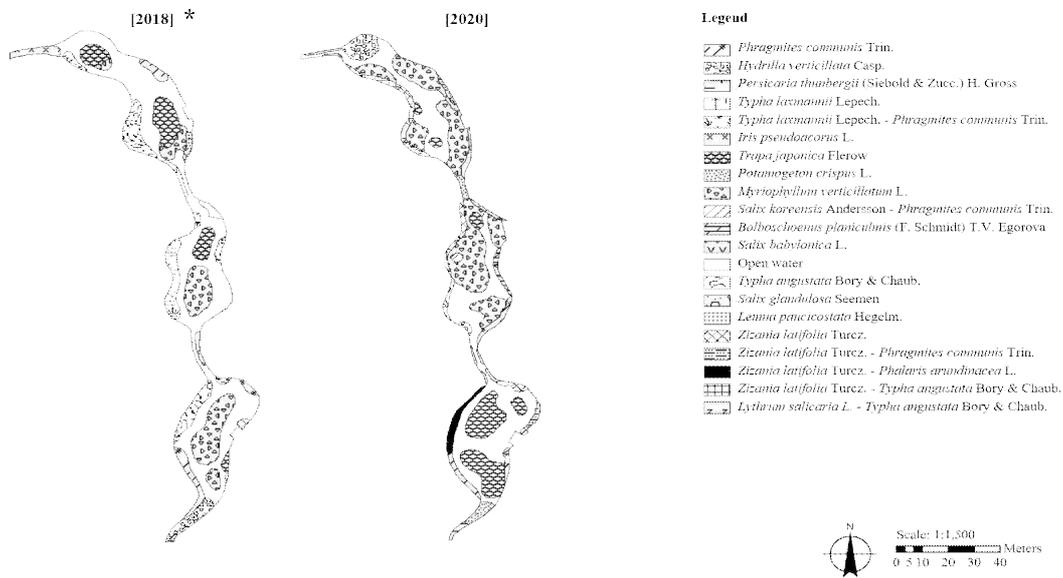


Figure 11. The actual vegetation map on physiognomy classification in site 1

* Kim NY, Song YK, & Lee KH. 2018. Change in the Wetland Vegetation Structure after the Ecological Restoration. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology, 21(6), 95-113.

Table 3. Comparison of aquatic plant morphology and life-form in site 1

2018*	Herbaceous plants		Woody plants		Total	2020	Herbaceous plants		Woody plants		Total
	Annual/Biennial	Perennials	Shrub	Tree			Annual/Biennial	Perennials	Shrub	Tree	
Submerged plants	-	3			3	Submerged plants	-	4			4
Floating plants	-	1			1	Floating plants	-	2			2
Floating-leaved plants	1	2			3	Floating-leaved plants	1	3			4
Climbing Plants	-	-			0	Climbing Plants	2	2			4
Etc.	8	12	1	3	24	Etc.	13	32	6	8	59
Total	9	18	1	3	31	Total	16	43	43	8	73

*Kim NY, Song YK, & Lee KH. 2018. Change in the Wetland Vegetation Structure after the Ecological Restoration. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology, 21(6), 95-113.

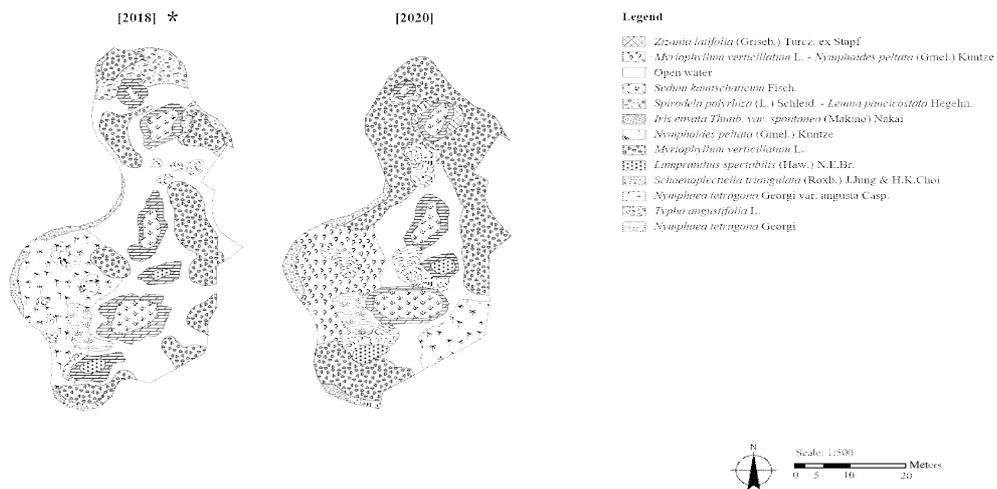


Figure 12. The actual vegetation map on physiognomy classification in site 2

* Kim NY, Song YK, & Lee KH. 2018. Change in the Wetland Vegetation Structure after the Ecological Restoration. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology, 21(6), 95-113.

Table 4. Comparison of aquatic plant morphology and life-form in site 2

2018*	Herbaceous plants		Woody plants		Total	2020	Herbaceous plants		Woody plants		Total
	Annual/Biennial	Perennials	Shrub	Tree			Annual/Biennial	Perennials	Shrub	Tree	
Submerged plants	-	-			0	Submerged plants	-	-			0
Floating plants	-	2			2	Floating plants	-	2			2
Floating-leaved plants	-	4			4	Floating-leaved plants	-	5			5
Climbing Plants	-	-			0	Climbing Plants	-	1			1
Etc.	5	15	3	3	26	Etc.	9	21	3	3	36
Total	5	21	3	3	32	Total	9	29	3	3	44

*Kim NY, Song YK, & Lee KH. 2018. Change in the Wetland Vegetation Structure after the Ecological Restoration. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology, 21(6), 95-113.

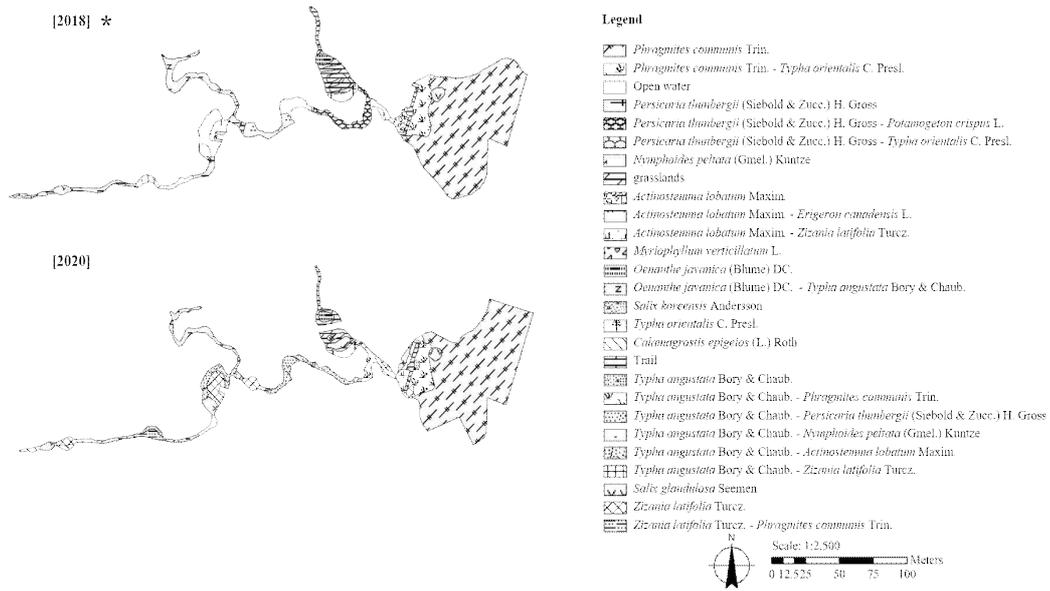


Figure 13. The actual vegetation map on physiognomy classification in site 3

* Kim NY, Song YK, & Lee KH. 2018. Change in the Wetland Vegetation Structure after the Ecological Restoration. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 21(6), 95-113.

Table 5. Comparison of aquatic plant morphology and life-form in site 3

2018*	Herbaceous plants		Woody plants		Total	2020	Herbaceous plants		Woody plants		Total
	Annual/ Biennial	Perennials	Shrub	Tree			Annual/ Biennial	Perennials	Shrub	Tree	
Submerged plants	-	1			1	Submerged plants	-	2			2
Floating plants	-	2			2	Floating plants	-	2			2
Floating-leaved plants	-	2			2	Floating-leaved plants	-	3			3
Climbing Plants	2	-			2	Climbing Plants	2	-			2
Etc.	10	15	1	3	29	Etc.	12	18	1	4	35
Total	12	20	1	3	36	Total	14	25	1	4	44

*Kim NY, Song YK, & Lee KH. 2018. Change in the Wetland Vegetation Structure after the Ecological Restoration. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 21(6), 95-113.

References

- Ahn KH, Lim JC, Lee YK, Choi TB, Lee KS, Im NS, Go YH, Suh JH, Shin YK, & Kim MJ. 2016. Vegetation Classification and Distributional Pattern in Damyang Riverine Wetland. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 25(2), 89-102.
- Alikhani, S., Nummi, P., & Ojala, A. 2023. Modified, Ecologically Destroyed, and Disappeared – History of Urban Wetlands in Helsinki Metropolitan Area. *Wetlands* 43, 33. <https://doi.org/10.1007/s13157-023-01671-w>
- Bae SH & Lee SD. 2018. Construction and Management Plan of Constructed Wetland for Promoting Biodiversity, *Journal of People, Plants, and Environment* 2018;21(3):185-202., <https://doi.org/10.11628/ksppe.2018.21.3.185>
- Bai Jh., Cui, Baoshan., Cao, Huicong., Li, Ainong., & Zhang, Baiyu. 2013. Wetland Degradation and Ecological Restoration. *The Scientific World Journal*. 2013. 523-632. <https://doi.org/10.1155/2013/523632>.
- Bressler, D. W., & Paul, M. J. 2005. Effects of eutrophication on wetland ecosystems. Unpubl. report, Tetra Tech, Inc.(online) http://nsteps.tetrattech-ffx.com/PDF&otherFiles/literature_review/Eutrophication%20effects%20on%20wetlands.pdf (December 10 2010).
- Brinkmann, K., Hoffmann, E., & Buerkert, A. 2020. Spatial and Temporal Dynamics of Urban Wetlands in an Indian Megacity over the Past 50 Years. *Remote Sensing*, 12(4), 662.
- Choung YS, Lee WT, Cho KH, Joo KY, Min BM, Hyun JO, & Lee KS. 2012. Categorizing Vascular Plant Species Occurring in Wetland Ecosystems of the Korean Peninsula. Center for Aquatic Ecosystem Restoration, Chuncheon. 243pp.
- Chun SH. 2008. Distributional Patterns and the Evaluation of Hydrophytic Plants of Urban Wetlands in Seongnam City, Gyunggi-do Province, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 22(2), 159-172.
- Comer, P.J. D. Faber-Langendoen, S. Menard, R. O'Connor, P. Higman, Y.M. Lee, & B. Klatt. 2017. User Guide for Wetland Assessment and Monitoring in Natural Resource Damage Assessment and Restoration. Prepared for DOI Natural Resource Damage Assessment and Restoration Program. NatureServe, Arlington VA.
- Dressing, S.A., D.W. Meals, J.B. Harcum, J. Spooner, J.B. Stribling, R.P. Richards, C.J. Millard, S.A. Lanberg, & J.G. O'Donnell. 2016. Monitoring and Evaluating Nonpoint Source Watershed Projects. United States Environmental Protection Agency Office of Water
- Fan, Hongxiang., Xu, Ligang., Wang, Xiaolong., Jiang, Jiahu., Feng, Wenjuan., & You, Hailin. 2019. Relationship Between Vegetation Community Distribution Patterns and Environmental Factors in Typical Wetlands of Poyang Lake, China. *Wetlands (Wilmington, N.C.)*, 39(S1), 75-87.
- France, R.L. 2003. *Wetland Design: Principles and Practices for Landscape Architects and Land-Use Planners*. W.W. Norton, New York.
- Geist, C., & Galatowitsch, S. M. 1999. Reciprocal Model for Meeting Ecological and Human Needs in Restoration Projects. *Conservation Biology*, 13(5), 970-979.
- Ghosh, Sasanka. & Das, Arijit. 2019. Urban

- expansion induced vulnerability assessment of East Kolkata Wetland using Fuzzy MCDM method. *Remote Sensing Applications*, 13, 191-203.
- Guh JO, Lee DJ, Kuk YI, & Chon SW. 2009. Water and ruderal plant flora of Korea. Seoul: Haksuljungbocenter.
- Guo, Meng., Li, Jing., Sheng, C.L., Xu, Jiawei., & Wu, Li. 2017. A Review of Wetland Remote Sensing. *Sensors*. 17. 777. <https://doi.org/10.3390/s17040777>.
- Ho, Mengchi., & Richardson, Curtis J. 2013. A five year study of floristic succession in a restored urban wetland. *Ecological Engineering*, 61, 511-518.
- Hong JP, Kim HS, Sim YJ, Eo YJ, Lee KS, Lim JH, Kim MH, Kim SJ, Kim HY, & Jo KY. 2018. Research on the establishment of guidelines for urban ecological restoration projects. Ministry of Environment, Korea Association of ecological restoration.
- Jang JH. 2013. Method of Restoration and Management for Biodiversity Improvement of Urban Wetlands in Seoul. PhD dissertation. Department of Landscape Architecture Graduate School, University of Seoul. Seoul, South Korea
- Jill A. Hapner. 2006. Development of Methods to Assess and Monitor Small Wetlands Restored on Private Lands. Final Report to U.S. EPA - Region V Wetland Program Grant # CD96509801-0
- Kang MJ, Kim CS, & Oh KH. 2007. Flora, Actual Vegetation Map, and Primary Production of the Vascular Hydrophytes and Hygrophytes in the Upo Wetland. *Journal of Wetlands Research*, 9(2), 44-.55.
- Kim CH, & Myuong H. 2008. A 4-year Follow-up Survey of Flora at the Human-made Wetlands Along Boknaecheon of Juam Lake. *Korean Env. Res & Revg. Tech*, 11(5), 25-37.
- Kim NY, Song YK, & Lee KH. 2018. Change in the Wetland Vegetation Structure after the Ecological Restoration. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 21(6), 95-113.
- Korea National Arboretum. 2023. Checklist of Vascular Plants in Korea. Korea National Arboretum. Retrieved Mar. 22 2023 available from <http://www.nature.go.kr/kpni/index.do..>
- Lee CB. 2003. Coloured flora of Korea. Seoul: Hyangmunsa
- Lee IW, & KIM KD. 2021. A Study on the Ecological Characteristics and Management of Vegetation in Gudam Wetland. *Journal of Wetlands Research*, 23(2), 133-143.
- Lee KJ, Lee SD, & Kwon JO. 2003. The Analysis of the Ecological Characteristics of the Major Wetland Types in Seoul. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 17(1), 44-55.
- Lee ST. 1997. 韓國植物檢索集 / Seoul: Academybooks
- Li, Yangfan., Shi, Yalou., Qureshi, Salman., Bruns, Antje., & Zhu, Xiaodong. 2014. Applying the concept of spatial resilience to socio-ecological systems in the urban wetland interface. *Ecological Indicators*, 42, 135-146.
- Lishawa, S. C., Lawrence, B. A., Albert, D. A., Larkin, D. J., & Tuchman, N. C. 2019. Invasive species removal increases species and phylogenetic diversity of wetland plant communities. *Ecology and Evolution*, 9(11), 6231-6244.
- McCoy-Sulentic, M. E., Kolb, T. E., Merritt, D. M., Palmquist, E. C., Ralston, B. E., & Sarr, D. A. 2017. Variation in species-level plant

- functional traits over wetland indicator status categories. *Ecology and evolution*, 7(11), 3732–3744. <https://doi.org/10.1002/ece3.2975>
- Ministry of Environment. 2007a. Ecological risk assessment and management of invasive vines for biodiversity and ecological functions in riverine wetland. [online] Available at: <<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO200800000313>>
- Ministry of Environment. 2007b. Master Plan for Wetland Conservation
- Ministry of Environment. 2019. A treasure trove of biodiversity, wetlands are disappearing. [online] Available at: <<https://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=933440&menuId=286>>
- Ministry of Environment. 2020. Wetland Protected Area and Ramsar Wetland Status. [online] Available at: <http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10259&orgCd=&condition.deleteYn=N&seq=7479>
- Moor, Helen., Rydin, Håkan., Hylander, Kristoffer., Nilsson, Mats B., Lindborg, Regina., & Norberg, Jon. 2017. Towards a trait-based ecology of wetland vegetation. *The Journal of Ecology*, 105(6), 1623-1635.
- Neoscape laboratory. 2021. Establishment of space restructuring plan for Tancheon Taepyeong Wetland Ecological Garden where nature and people coexist. Seongnam city
- Nishimoto, Takashi., Nishimoto, Takashi., Hada, Yoshio., & Hada, Yoshio. 2013. Twelve years of vegetation change in an artificial marsh after the transfer of plants and hydrological restoration. *Landscape and Ecological Engineering*, 9(1), 131-142.
- Pande-Chhetri, R., Abd-Elrahman, A., Liu, T., Morton, J., & Wilhelm, V. L. 2017. Object-based classification of wetland vegetation using very high-resolution unmanned air system imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 564-576.
- Park MO, Kwon HJ, Koo BH, Kim HG, Li L, & Choi IK. 2013. Inventory Development according to Aquatic Environment Fitness and Classification Characteristics of Plants for Urban Water Space. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 16(2), 93-104.
- Paul, s. Ed. 2013. Workbook for managing urban wetlands in Australia. 1st edn(Sydney Olympic Park Authority). eBook available through www.sopa.nsw.gov.au/education/WETeBook/, ISBN 978-0-9874929-0-4
- Shiferaw, W., Demissew, S., & Bekele, T. 2018. Ecology of soil seed banks: Implications for conservation and restoration of natural vegetation: A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 10(10), 380-393.
- Simpson, G., & Newsome, D. 2017. Environmental history of an urban wetland: from degraded colonial resource to nature conservation area. *Geo: Geography and Environment* 4(1): e00,030.
- Son DJ, Lee HH, Lee EJ, Cho KH, & Kwon DM. 2015. Flora and Vegetation Structure in a 15-Year-Old Artificial Wetland. *Ecology and Resilient Infrastructure*, 2(1), 54-63. <https://doi.org/10.17820/ERI.2015.2.1.054>
- Sremački, M., Obrovski, B., Petrović, M., Mihajlović, I., Dragičević, P., Radić, J., & Miloradov, M. V. 2020. Comprehensive

- environmental monitoring and assessment of protected wetland and lake water quality in Croatia and Serbia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(3), 1-11.
- Taddeo, Sophie. 2013. Remote Sensing Tools for the Large-Scale Monitoring of Vegetation Dynamics in Wetland Ecosystems. University of California, Berkeley.
- Tuttle, K.N. 2013. Continued monitoring of the constructed wetland at Diversion Reservoir, Jordon River Watershed, Southern Vancouver Island. LGL Report EA3285. Unpublished report by LGL Limited environmental research associates, Sidney, B.C., for BC Hydro, Fish and Wildlife Compensation Program (Coastal), B.C. 38 pp. + Appendices
- Wanek, A. S., Hargiss, C. L., & Norland, J. 2022. Hydric vegetation communities across rural, peri-urban, and urban zones within the Prairie Pothole Region, *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 70, 2022, 127539, ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127539>.
- Yang, Zhaohui., Bai, Junwu., & Zhang, Weiwei. 2021. Mapping and assessment of wetland conditions by using remote sensing images and POI data. *Ecological Indicators*, 127, Ecological indicators, 2021-08, Vol.127.

Appendix 1. List of plant species in each study sites(2018*-2020)

Family Scientific name (Korean name)	Incheon Yeonhui* (2018)	Incheon Yeonhui (2020)	Busan Igidae* (2018)	Busan Igidae (2020)	Iksan Sorasan* (2018)	Iksan Sorasan (2020)
Equisetaceae						
<i>Equisetum arvense</i> L. (쇠뜨기)		○			○	○
Pinaceae						
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. (소나무)		○				
<i>Pinus thunbergii</i> Parl. (곰솔)		○				
Nymphaeaceae						
<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn. (연꽃)			○	○		
<i>Nymphaea tetragona</i> Georgi (수련)		○	○	○		○
Ceratophyllaceae						
<i>Ceratophyllum demersum</i> L. (붕어마름)	○	○				
Ranunculaceae						
<i>Ranunculus japonicus</i> Thunb. (미나리아재비)		○				
Ulmaceae						
<i>Celtis sinensis</i> Pers. (팽나무)		○				
Cannabaceae						
<i>Humulus japonicus</i> Siebold & Zucc. (환삼덩굴)		○			○	○
Aizoaceae						
<i>Tetragonia tetragonoides</i> (Pall.) Kuntze (번행초)				○		
Portulacaceae						
<i>Lampranthus spectabilis</i> (Haw.) N.E.Br. (송엽국)			○	○		
Polygonaceae						
<i>Persicaria hydropper</i> (L.) Delarbre (여뀌)					○	○
<i>Persicaria nodosa</i> (Pers.) Opiz (큰개여뀌)						○
<i>Persicaria pubescens</i> (Blume) H. Hara (바보여뀌)					○	
<i>Persicaria thunbergii</i> (Siebold & Zucc.) H. Gross (고마리)		○			○	○
<i>Rumex crispus</i> L. (소리쟁이)			○	○	○	○
<i>Rumex obtusifolius</i> L. (돌소리쟁이)					○	○
Theaceae						
<i>Camellia japonica</i> L. (동백나무)			○	○		○
Cucurbitaceae						
<i>Actinostemma lobatum</i> (Maxim.) Franch. & Sav. (뚜껍덩굴)					○	○
Salicaceae						
<i>Salix chaenomeloides</i> Kimura (왕버들)	○	○			○	○
<i>Salix gracilistyla</i> Miq. (갯버들)	○	○	○	○	○	○
<i>Salix pierotii</i> Miq. (버드나무)	○	○	○	○	○	○
<i>Salix babylonica</i> f. <i>tortuosa</i> Y.L. Chou (용버들)			○	○		
<i>Salix pseudolasiogyne</i> H. Lév. (능수버들)	○	○			○	○
Brassicaceae						
<i>Cardamine flexuosa</i> With. (황새냉이)					○	○
Ericaceae						
<i>Rhododendron indicum</i> (L.) Sweet (영산홍)		○				
Myrsinaceae						
<i>Ardisia japonica</i> (Thunb.) Blume (자금우)			○	○		
Pittosporaceae						
<i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) W. T. Aiton (돈나무)			○	○		
Hydrangeaceae						
<i>Deutzia parviflora</i> Bunge (말발도리)		○				

Family Scientific name (Korean name)	Incheon Yeonhui* (2018)	Incheon Yeonhui (2020)	Busan Igidae* (2018)	Busan Igidae (2020)	Iksan Sorasan* (2018)	Iksan Sorasan (2020)
Crassulaceae						
<i>Sedum kamschaticum</i> Fisch. & C. A. Mey. (기린초)			○	○		
<i>Sedum oryzifolium</i> Makino (땡채송화)				○		
Rosaceae						
<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun (쉬땅나무)		○				
<i>Spiraea salicifolia</i> L. (꼬리조팝나무)		○				
Fabaceae						
<i>Trifolium repens</i> L. (토끼풀)		○			○	○
Halorrhagaceae						
<i>Myriophyllum spicatum</i> L. (이삭물수세미)	○	○		○		
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L. (물수세미)	○	○	○	○	○	○
Lythraceae						
<i>Lythrum salicaria</i> L. (털부처꽃)		○				
Hydrocaryaceae						
<i>Trapa japonica</i> Flerow (마름)	○	○				
Celastraceae						
<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold (화살나무)		○				
Aceraceae						
<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> (Maxim.) Wesm (신나무)		○				
<i>Acer palmatum</i> Thunb. (단풍나무)		○				
Oxalidaceae						
<i>Oxalis corniculata</i> L. (괘이밥)					○	○
Geraniaceae						
<i>Geranium sibiricum</i> L. (쥐손이풀)		○				
Balsaminaceae						
<i>Impatiens textorii</i> Miq. (물봉선)					○	○
Apiaceae						
<i>Oenanthe javanica</i> (Blume) DC. (미나리)		○			○	○
<i>Peucedanum japonicum</i> Thunb. (갯기름나무)			○	○		
Menyanthaceae						
<i>Nymphoides peltata</i> (S. G. Gmel.) Kuntze (노랑어리연)			○	○	○	○
Convolvulaceae						
<i>Calystegia hederacea</i> Wall. (애기메꽃)		○				
<i>Calystegia pubescens</i> Lindl. (메꽃)		○		○		
<i>Cuscuta campestris</i> Yunck. (미국실새삼)		○				
Lamiaceae						
<i>Lycopus lucidus</i> Turcz. ex Benth. (쉽싸리)		○				
<i>Stachys japonica</i> Miq. (석잠풀)	○	○				
Plantaginaceae						
<i>Plantago asiatica</i> L. (질경이)		○				
Scrophulariaceae						
<i>Mazus pumilus</i> (Burm. f.) Steenis (주름잎)	○	○				
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. (큰물칭개나물)					○	○
<i>Veronica pusanensis</i> Y.Lee (부산꼬리풀)			○	○		
Campanulaceae						
<i>Lobelia chinensis</i> Lour. (수염가래꽃)		○				
Asteraceae						
<i>Aster pilosus</i> Willd (미국쑥부쟁이)		○				

Family	Incheon Yeonhui* (2018)	Incheon Yeonhui (2020)	Busan Igdal* (2018)	Busan Igdal (2020)	Iksan Sorasan* (2018)	Iksan Sorasan (2020)
Scientific name (Korean name)						
<i>Aster spathulifolius</i> Maxim. (해국)			○	○		
<i>Aster koraiensis</i> Nakai (별개미취)					○	
<i>Bidens frondosa</i> L. (미국가막사리)	○	○		○	○	○
<i>Coreopsis lanceolata</i> L. (큰금계국)			○	○		
<i>Coreopsis tinctoria</i> Nutt. (기생초)				○		
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. (코스모스)	○	○				
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. (개망초)		○	○	○		○
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist (망초)		○		○		○
<i>Farfugium japonicum</i> (L.) Kitam. (털머위)			○	○		
<i>Inula britannica</i> L. var. <i>chinensis</i> Regel (금불초)		○				
<i>Lactuca indica</i> L. (왕고들빼기)			○	○		
<i>Rudbeckia hirta</i> var. <i>pulcherrima</i> Farw. (원추천인국)			○	○		
<i>Serratula coronata</i> subsp. <i>insularis</i> (Iljin) Kitam. (산비장이)				○		
<i>Sonchus brachyotus</i> DC (사데풀)				○		
<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg. (서양민들레)		○			○	○
<i>Xanthium strumarium</i> L. (도꼬마리)					○	○
Alismataceae						
<i>Sagittaria pygmaea</i> Miq. (올미)		○				
<i>Sagittaria trifolia</i> L. (벧풀)	○	○				
Hydrocharitaceae						
<i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) Royle (검정말)	○	○				○
Potamogetonaceae						
<i>Potamogeton pusillus</i> L. (실말)		○				
<i>Potamogeton crispus</i> L. (말즘)	○	○			○	○
Lemnaceae						
<i>Lemna perpusilla</i> Torr. (좀개구리밥)	○	○	○	○	○	○
<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid. (개구리밥)		○	○	○	○	○
Commelinaceae						
<i>Murdannia keisak</i> (Hassk.) Hand.-Mazz. (사마귀풀)	○	○				
<i>Commelina communis</i> L. (닭의장풀)	○	○	○	○		
Juncaceae						
<i>Juncus effusus</i> L. var. <i>decipiens</i> Buchenau (골풀)		○			○	○
Cyperaceae						
<i>Carex neurocarpa</i> Maxim. (괭이사초)		○				
<i>Cyperus amuricus</i> Maxim. (방동사니)	○	○			○	○
<i>Cyperus microiria</i> Steud. (금방동사니)		○				
<i>Eleocharis kuroguwai</i> Ohwi (올방개)		○			○	○
<i>Bolboschoenus planiculmis</i> (F. Schmidt) T.V. Egorova (새섬매자기)		○				
<i>Scirpus radicans</i> Schkuhr (도루박이)						○
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C. Gmel.) Palla (큰고랭이)						
<i>Schoenoplectiella triangulata</i> (Roxb.) J. Jung & H. K. Choi (송이고랭이)			○	○		
<i>Schoenoplectus triqueter</i> (L.) Palla (세모고랭이)		○		○		
Poaceae						
<i>Beckmannia syzigachne</i> (Steud.) Fernald (개피)		○				
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth (산조풀)						○
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Hack. (물억새)	○	○			○	○
<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng. (수크령)	○	○				○
<i>Phalaris arundinacea</i> L. (갈풀)	○	○				○

Family	Incheon Yeonhui* (2018)	Incheon Yeonhui (2020)	Busan Igidae* (2018)	Busan Igidae (2020)	Iksan Sorasan* (2018)	Iksan Sorasan (2020)
Scientific name (Korean name)						
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. (갈대)	○	○			○	○
<i>Phragmites japonica</i> Steud. (달뿌리풀)		○				
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv. (강아지풀)			○	○		
<i>Zizania latifolia</i> (Griseb.) Turcz. ex Stapf (줄)	○	○		○	○	○
Typhaceae						
<i>Typha angustifolia</i> L. (애기부들)	○	○	○	○	○	○
<i>Typha laxmannii</i> Lepech. (꼬마부들)	○	○				
<i>Typha orientalis</i> C. Presl (부들)	○	○	○	○	○	○
Pontederiaceae						
<i>Monochoria korsakowii</i> Regel & Maack (물옥잠)					○	○
<i>Monochoria vaginalis</i> (Burm. f.) C. Presl (물달개비)	○	○		○		
Liliaceae						
<i>Hemerocallis fulva</i> L. (원추리)		○	○	○		
<i>Liriope platyphylla</i> F. T. Wang & T. Tang (맥문동)			○	○		
Iridaceae						
<i>Iris ensata</i> Thunb. (꽃창포)		○	○	○		
<i>Iris nertschinskia</i> Lodd. (붓꽃)	○	○				
<i>Iris pseudacorus</i> L. (노랑꽃창포)	○	○	○	○		

*Kim NY, Song YK, Lee KH. 2018. Change in the Wetland Vegetation Structure after the Ecological Restoration. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology, 21(6), 95-113.