

동해시 7개 습지의 수질과 동식물상

한갑수 · 박정호*+

강릉원주대학교 환경조경학과, * 강원대학교 환경연구소

Water Quality, Flora and Fauna of 7 Wetlands in Donghae City

Gab-Soo Han · Jung Ho Park**

Department of Environmental Landscape Architecture, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Korea

* Institute of Environmental Research, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

요 약

본 연구에서는 동해시에 분포하는 7개 습지에 대해 수질과 야생동식물의 분포를 조사하고 분석하였다. 조사결과, 대부분 습지의 수질은 오염물질의 외부유입에 의해 부영양화 상태로 나타났다. 식물은 총 234분류군으로 69과 168속 207종 24변종 3품종이었으며, 이 중 습생식물은 18종, 수생식물은 43종으로 나타났다. 산림청 지정 희귀·멸종위기식물 2종, 귀화 식물은 27종이 확인되었으며, 도시화 지수와 귀화율은 각각 8.4%, 11.6%로 나타났다. 저서성 대형무척추동물은 총 3문 5강 12목 26과 35종이 확인되었고, 희귀종은 3종이 발견되었다. 어류는 총 5과 5종이 서식하였고, 멸종위기 야생생물에 II급 1종이 발견되었다. 대부분의 습지는 그 면적이 비교적 작고, 일부 습지는 산림 및 하천의 원거리에 고립되어 분포하는 등 외부종의 유입 및 유출의 제한이 있었다. 하지만, 특정 종을 포함한 다양한 동식물의 서식이 확인되었으며, 향후 습지 유지 및 기능 제고를 위한 대책이 요구되었다.

핵심용어 : 습지생태계, 수질, 식물, 저서성 대형무척추동물, 어류

Abstract

In this study, we investigated and analysed the water quality, distribution of the vegetation and the wildlife to seven wetlands in Donghae city. As a result, most of the wetlands was found to be very poor water quality and some specific pollutants from entering the wetland. A total of 234 taxa on vegetation were identified including 207 species, 24 varieties, 3 formaes, 168 genera and 69 families. 2 species were recorded as designated rare plant of Korea Forest Service. The naturalized plants were 27 species. The urbanization rate of naturalization index was 8.4% and 11.6% respectively. The number of benthic macroinvertebrate taxa was 35 species, 26 families, 12 orders, 5 classes and 3 phylums. Rare species were recorded 3 species. Taxa for fishes were 5 family and 5 species. Endangered wildlife was found 1 species. Most wetlands in Donghae city were the relatively small in size, and some wetlands were separately located from forest and river ecosystems. It was limited inflow and outflow of species into a wetland from the outside. However, various vegetation were found at whole wetlands and some special species also inhabited. The wetlands performed the role as a habitat of wild life.

Keywords : Benthic macroinvertebrate, fish, vegetation, water quality, wetland ecology

1. 서론

일반적으로 습지란 물을 담고 있는 땅으로 일정기간 이상 물에 잠겨 있거나 젖어 있는 지역을 말하며 (Mitsch and Gosselink, 1993), 국가 습지보전법에서는 “습지란 담수·기수 또는 염수가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역”으로 정의하고 있다. Ramsar Convention(2000)에서는 “습지란 자연 또는 인

공이든, 영구적 또는 일시적이든, 정수 또는 유수이든, 담수, 기수 혹은 염수이든, 간조 시 수심 6 m를 넘지 않는 곳을 포함하는 늪, 습원, 이탄지, 물이 있는 지역” 또는 “습지에 인접한 하천변과 섬, 그리고 습지 내 있는 저수위시 6 m를 초과하는 해양도 함께 고려되고 있으며, 양어장, 농경지 연못, 관수 농경지, 저수지, 운하 등과 같은 곳”도 습지로 분류한다. 이러한 습지는 육상생태계와 수서생태계의 전이대로서 두 생태계의 가장자리에 있는 공간으로 영양물질이 풍부

+ Corresponding Author : ecology0@chol.com

하고 생산성이 높은 생태계로 인식되고 있으며, 홍수 조절, 다양한 동식물의 서식처, 탄소의 흡수 및 저장소, 수질정화, 생태교육 및 체험의 장으로서의 기능을 수행하고 있다(Kim, 2003; Cowardin et al., 1979).

한편 도시습지는 도시 내에 있는 습지를 이르는 말로 기존의 자연습지가 도시 안에 자연적으로 편입된 경우와 도시 안에 새로이 인공적으로 조성된 경우 모두를 포함하는 광의의 습지로서 보통 저수지, 인공호수, 저류지, 실개천 등의 형태로 존재한다(Bang et al., 2010). 도시습지의 경우, 도시의 생태환경 및 물순환체계와 유기적으로 연결되어 다양한 습지의 기능을 수행하도록 함이 바람직하나, 토지이용의 효율성을 고려한 매립, 쓰레기의 투기 및 수질오염에 대한 관리소홀, 사유지로서 효율적 관리의 어려움 등으로 그 기능이 제한되어 있는 실정이다.

최근 도시 내 위치한 습지를 대상으로 식물상 및 습지 기능을 분석한 여러 연구가 진행되어 왔다(Chun, 2008; Lee et al., 2013; Kim et al., 2011a; Kim et al., 2011b; Kang et al., 2012; Chun, 2008). 하지만 이들 연구대상의 습지들은 비교적 넓은 면적으로 일반인들에게 잘 알려져 있는 경우가 대부분이며, 도시 지역과 근거리에 위치하고, 상대적으로 소규모로 분포하는 습지들에 대한 연구는 찾아보기 드문 실정이다. 도시 내 산재한 소규모의 습지들은 때로는 방치되고 버려진 공간으로 여겨지거나, 농업용수 공급 등 특정목적에 의해 관리되고 있으며, 습지생태계로서의 기능 및 중요성이 낮게 평가되어 왔다.

도시 생태계에서 이 습지들의 원활한 기능 수행을 위해서는 분포 현황의 파악과 더불어 다양한 생태환경에 대한 조사 및 분석 연구가 요구된다. 본 연구에서는 도시 내에 산재하여 분포하는 소규모 습지를 대상으로 그 분포특성과 수질 및 동식물상을 조사 및 분석하여 습지로서의 기능수행 여부를 확인하고, 향후 습지생태계의 보존 및 관리를 위한 자료를 제공하는 것을 목적으로 하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상지

동해시는 서고동저, 남북고저의 지형을 나타내며, 남서측에는 두타산(1,353 m), 청옥산(1,404 m), 고적대(1,354 m) 등의 높은 산들이 위치하며, 북측으로 백봉령(922 m)에 이르기 까지 800 m 이상의 고산이 분포하며 이들 산으로부터 분기한 매봉산(607 m), 형제봉

(483 m), 원음산(688 m) 등이 광범위하게 분포한다. 이에 따라 도시경계의 서측 산지와 동측의 해안지대까지 1,000 m 이상의 고도 차이를 보이고 있어, 서부 산지는 고랭지 기후, 동부 해안은 해양성 기후를 보인다. 최근 10년간의 연평균 강수량은 1,450 mm이며, 최다우월은 9월로 268 mm였다(Donghae city, 2013). 서측 고산지대에서 흘러 온 지표수와 지하수는 전천과 오십천을 형성하며, 전천에 의해 도시지역은 남북으로 분리되었다.

연구대상지는 습지의 위치를 확인하고, 현지답사를 통해 최종 선정되었다. 먼저, 동해시 내 분포하는 습지의 존재 및 위치에 대해 문헌조사, 관련기관에서의 자료수집 및 지역주민과의 면담을 통해 파악하였다. 이를 통해 16개의 습지가 확인되었으며, 이들 습지를 현장 답사하여 물리적 환경 및 동식물 서식특성을 조사하였고, 이를 통해 육화가 대부분 진행된 습지, 동식물이 서식하지 않는 인공 구조물, 일시적으로 물이 존재하는 습지 등을 제외한 나머지 7개의 습지를 연구 대상으로 선정하였다(Fig 1).

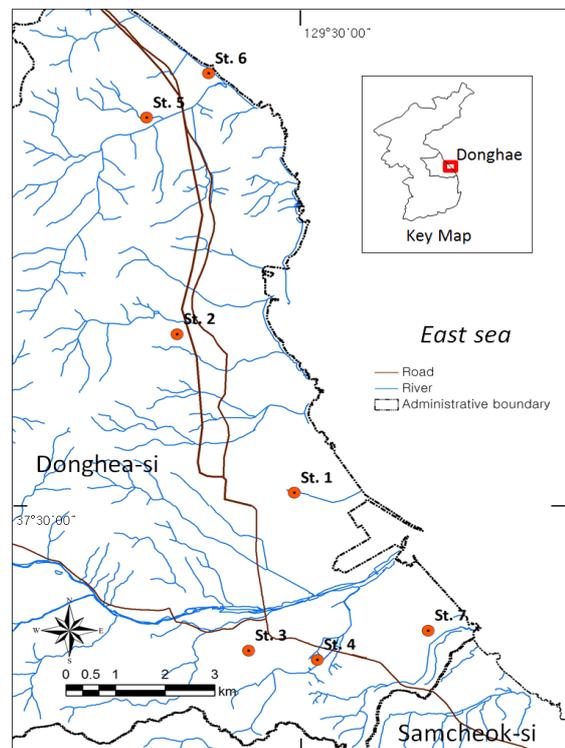


Fig. 1. The location of the study sites

2.2 조사 및 분석방법

각각의 습지에 대해 일반적 현황으로서 습지의 위치, 규모, 형태 및 지역적 특성, 습지의 유형 및 연혁 등 역사문화 등 인문·사회환경을 조사하였다. 생태환

경은 현장답사를 통한 측정과 수집된 자료를 통해 조사하였다. 습지 면적 및 수량은 현장답사를 통해 실측하고, 인문·사회환경은 지역주민과의 면담 및 문헌을 통해 조사되었다. 수질은 간이 수질분석기 556 MPS(YSI inc, USA)를 이용하여 수온, pH, TDS, DO, Conductivity, 염분도 등을 현장에서 측정하고 기록하였으며, BOD, COD, SS, T-N, T-P 등은 현장에서 채수된 시료를 실험실에서 수질공정시험법에 준하여 분석하였다. 습지별 수계, 지질 및 토양은 수치지도와 농촌진흥청 정밀토양도를 통해 분석하였다.

2010년 9월 5일~11월 20일 동안 식물, 저서성 대형무척추동물과 어류를 각 분야별로 1~2회에 걸쳐 조사하였다. 대상 습지에서 관찰되는 식물종을 야장에 기록하였으며, 현장에서 동정이 어려운 수종은 대한식물도감(Lee, 2003)을 참조하여 식물 동정을 실시하였다. 어류는 수생태건강성 조사 및 평가 방법(National institute of environmental research, 2009)에 따라 투망(7×7mm)과 족대(5×5mm)를 사용하여 채집하였으며, 투망은 지점당 10회 투척, 족대는 50분 작업을 기준으로 하였으며, 조사의 강도는 조사 지점의 규모에 따라 투망의 투척 횟수와 족대 작업 시간을 적절히 가감하였다. 치어나 표층성 소형어류를 채집하기 위해 뜰채(2×2mm)를 사용하였으며 채집된 어류는 Jeong(1977), Choi et al.(1990), Kim and Park(2002), Son and Song(2006)을 통해 동정하였고, Nelson(2006)의 분류 체계를 따랐다. 채집된 어종의 종별 개체수를 파악하고 각 종의 상대풍부도를 산출하여 우점종, 우세종 및 희소종을 조사하고 법적 보호종의 서식여부를 확인하였다. 저서성 대형무척추동물의 채집은 지점별로 Modified D-frame deep net(mesh size: 500 μ m), Surber net(30×30cm, mesh size:500 μ m) 등을 사용하여 채취한 후 채집된 채집물은 현장에서 90% 에틸알코올로 고정하였고, 실험실로 옮긴 후 골라내어 80% 에틸알코올에 보존하였다. 실험실에서 각 분류군별 도감에 준하여 해부현미경(Olympus SZX-16) 또는 광학현미경(Nikon Eclipse 80i) 하에서 동정을 실시하고, 동정된 학명의 체계 및 국명은 한국곤충총목록(Baek et al, 2010), 한국동물명집(Korean Society of Systematic Zoology, 1997)에 의거하여 작성하였다.

군집분석은 각 습지에서 출현한 종과 개체수를 기준으로 우점도(McNaughton, 1967), 종 다양도(Shannon and Weaver, 1949), 균등도(Pielou, 1966), 종 풍부도(Margaref, 1958)를 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 습지 분포 특성

7개 습지는 산림, 농경지, 해안사구 등에 다양하게 분포하며, 이에 따라 수원도 산간계곡, 소하천, 지하수 등으로 다양하게 나타났다(Table 1). St. 6는 해안에 위치한 해안사구의 배후 습지로 분포하였다. St. 7은 23,000 m²로 가장 넓은 면적을 나타내었으며, St. 4는 168 m²로 가장 작은 면적을 차지하였다. 수심은 0.1~1.3 m였으며, 수량은 31~9,200 m³로 폭넓게 분포하였다. St. 6은 해안사구에 위치한 사구습지로 형성되었고, St. 7은 목논에서 습지로 변화된 것이었다. 그 외의 습지는 농업용수 공급, 우수 처리 등을 위해 조성된 인공습지로 나타났다.

St. 1은 저수지 형태의 인공습지로서 인접한 계류에 의해 수량이 안정적으로 공급되며, 갈대밭, 농경지, 주거지 등이 인접하여 분포하였다. 면적과 수량은 2,700 m²과 1,620 m³로서 타 습지에 비해 비교적 큰 규모를 나타내었다. 수변식물이 비교적 다양하게 서식하였고, 유입구 부분에는 수생식물이 발달하였다. 습지 주변 도로와 습지사이에는 울타리가 설치되어 인위적인 접근을 제한하고 있었다. 이 습지는 일제강점기에 농업용수 공급 목적으로 조성되어, 1년 중 저수 후 봄철에 농업용수로서 공급되었으나, 현재에는 그 기능을 수행하지 않고 있었다.

St. 2는 상대적으로 작은 면적을 가진 습지로서 산림계곡에 위치한다. 습지 상부에 샘이 있어 주민의 식수로 활용되고 일부는 습지로 유입되었다. 연중 수심의 큰 변화가 없으며, 인접한 농경지로의 용수 공급원으로 활용되고 있었다. 일부 시기에는 부엽식물이 습지의 대부분을 차지하였다.

St. 3은 산림의 하부에 위치하며 점토 채취 후 자연적으로 형성된 습지이다. 과거 지자체에서 어류를 방사하고, 가뭄에 물을 공급하는 등의 관리가 이루어진 바가 있으나, 현재는 인위적인 관리없이 일부가 낚시터로 이용되고 있었다. 면적은 12,300 m²로 타 습지에 비해 넓게 분포하고, 수량이 풍부하며 소하천이 인접하여 수위가 일정하게 유지되고 있었다.

St. 4는 장방형의 인공습지로 면적이 168 m²로 가장 소규모로 농경지 내에 분포하지만, 수심은 1.0~1.2 m로서 수량이 비교적 풍부하였다. 현재 인접한 농경지의 농업용수 공급을 위해 이용되고 있었다. 부엽 및 침수식물이 습지의 대부분을 차지하고 있으며, 각종 곤충의 서식이 확인되었다.

St. 5는 습지면적이 6,700 m²인 장방형의 습지이다.

산림일부와 농경지가 인접하며, 일제 강점기에 인위적으로 조성된 저수지로서 인접 농경지 용수공급에 활용되고 있다. 인접한 마을에서 분출하는 샘물에 의해 물이 공급되며, 독 붕괴를 대비하기 위해 마을에서 수위를 인위적으로 조절하고 있다. 최근에는 일부 공간에 목재테크가 설치되고, 주민의 휴식공간으로 활용되고 있다.

St. 6은 동해안에 접한 해안사구의 배후 습지로서 자연적으로 형성되었으며, 해수욕장이 인접하고 있다. 습지 주위에 펜스가 설치되어 인위적인 접근을 제한

하고 있으나, 해수욕장 이용객을 위한 주차장이 인접하고, 각종 쓰레기와 부유물질이 투기되어 있었다.

St. 7은 목논이 시간이 지남에 따라 습지의 형태로 변화된 것으로 논과 논 사이에 조각의 형태로 분포하며, 일부는 산림에 접하였다. 습지의 물은 서측의 논에서 흘러나온 물과 인접하여 흐르는 도랑에서 유입되었다. 연구대상 습지 중 가장 큰 면적(23,000 m²)으로 해안에 인접한 습지이지만 비교적 염분도가 낮고 해수의 유통은 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 1. Physical factors of each wetland

Sites	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
Location	N37°30'19.0" E129°07'05.5"	N37°32'13.8" E129°05'32.0"	N37°28'24.6" E129°06'2.6"	N37°28'22.0" E129°07'29.0"	N37°34'43.1" E129°05'08.2"	N37°35'22.1" E129°05'47.5"	N37°28'38.5" E129°09'10.7"
Land use	Residential, Farm, Road	Forest, Farm	Forest, Farm	Farm	Forest, Farm	Dune, Forest	Forest, Farm
Source	Small stream	Valley, spring	Valley	Small stream	Valley, spring	Influent water	Valley, small stream
Shape	Trapezoid	Quadrangle	Irregular	Irregular	Trapezoid	Irregular	Rectangle/ trapezoid
Area(m ²)	2,700	208	12,300	168	6,700	1,016	23,000
Quantity(m ³)	1,620	31	9,300	185	7,370	812	9,200
Depth(m)	0.2 ~ 0.7	0.1 ~ 0.4	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.2	0.8 ~ 1.2	0.5 ~ 1.3	0.1 ~ 0.4

3.2 수질 특성

각 항목별 범위를 살펴보면 수소이온 농도(pH)는 6.8 ~ 7.9로 나타났으며, 용존산소량(DO)은 9.5 ~ 10.7 mg/ℓ로 어류가 서식하기에 적합한 상태를 나타내었다 (Table 2). 화학적산소요구량(COD)는 2.5 ~ 20.4 mg/ℓ, 부유물질량(SS)은 4.8 ~ 55.5 mg/ℓ로 습지에 따라 다소 큰 차이를 보였다. 특히 St. 5와 St. 7은 부유물질 농도가 매우 높았는데 이는 특정 오염원의 유입에 기인된 것으로 보인다. 총질소량(T-N)은 0.42 ~ 1.41 mg/ℓ

이며, 호소수질기준(Ministry of environment, 2013)에 의하면 St. 5와 St. 6은 5등급으로 나타났다. 총인량(T-P)은 0.02 ~ 0.09 mg/ℓ로 2 ~ 4등급을 유지하였으나, 호수의 부영양화지수를 고려하면 대부분의 습지가 부영양화상태인 것으로 나타났다. 총대장균의 농도가 일반적으로 오염된 물에서 5,000 이하이지만, 본 연구대상 습지의 경우, 이를 초과하는 습지가 3곳 분포하였으며 이는 하수, 축산폐수 등 특정오염원의 유입에 따른 것으로 추정된다.

Table 2. Environmental factors of each wetland

Sites	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
Temperature(°C)	18.5	13.7	16.2	16.7	16.4	16.3	15.8
TDS(mg/L)	0.180	0.082	0.353	0.322	0.182	2.085	0.222
pH	7.7	7.1	7.7	7.9	7.5	6.8	7.3
COD(mg/ℓ)	10.1	7.2	9.6	8.1	13.9	2.5	20.4
SS(mg/ℓ)	15.0	9.5	4.8	14.5	37.5	6.2	55.5
DO(mg/ℓ)	9.6	10.2	10.2	9.5	10.7	9.5	9.8
T-P(mg/ℓ)	0.061	0.061	0.042	0.030	0.092	0.021	0.042
T-N(mg/ℓ)	0.907	0.505	0.567	0.470	1.412	1.318	0.685
Conductivity	243	99	452	408	234	267	281
Salinity(g/kg)	0.13	0.06	0.26	0.24	0.13	1.69	0.16
Total coliforms	4,900	7,900	4,900	7,900	2,400	7,900	2,400

3.3 습지 식물상

동해시 습지에 출현한 관속식물은 37목 69과 168속 234분류군의 식물이 확인되었다(Table 3). 이 중 양치식물은 1과 1속 2분류군이었으며, 나자식물은 3과 4속 4분류군 그리고, 피자식물문은 65과 163속

228분류군이었다. 피자식물문 중 쌍자엽식물은 51과 126속 167분류군, 단자엽식물은 14과 37속 61분류군이었으며, 총 분류군의 구성 비율은 종이 88.5%, 변종 10.2%. 그리고 품종이 1.3%를 차지하였다.

Table 3. The number of vascular plant in survey wetlands

Class of tracheophyta		Order	Family	Genus	Species	Variety	Forma
Pteridophyta	Sphenopsida	1	1	1	2	0	0
Gymnospermae	Coniferopsida	2	3	4	4	0	0
Angiospermae	Dicotyledoneae	26	51	126	147	17	3
	Monocotyledoneae	8	14	37	54	7	0
Total		37	69	168	207	24	3

St. 2에서는 총 87분류군이 조사되어 타 습지에 비해 다양한 식물이 서식하는 것으로 확인되었다(Appendix 1). 이는 습지면적은 작지만 산림과 인접하였고, 수량이 안정적으로 공급되었기 때문으로 사료된다. St. 1과 St. 7는 각각 77분류군씩 확인되었고, 이들은 타 습지에 비해 상대적으로 넓은 면적을 차지하였다. 한편, St. 6은 총 46분류군이 서식하는 것으로 나타났는데, 이는 해안사구에 위치하여 식물의 서식환경이 제한받고 있는 것에 기인하는 것으로 판단된다. 한편, St. 5는 면적 및 수량이 풍부한 편이지만 61분류군만이 관찰되었는데, 이는 습지가 산림과 동떨어져 있고, 도로 및 농경지에 면하여 있어 외부종의 유입이 제한되었기 때문으로 여겨진다.

Oh et al.(2009)는 제주도에 산재하는 28개 습지에서 각 지점당 6~40분류군이 서식하고, 총 131분류군이 서식하는 것으로 보고하였다. 서식환경의 차이로 직접적인 비교는 어려우나 본 연구에서는 7개 습지에서 각 지점당 46~87분류군이 서식하며 총 234분류군이 확인되어 보다 다양한 식물상이 나타났다.

쭉(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 질경이(*Plantago asiatica*), 소리쟁이(*Rumex crispus*)는 모든 습지에 서식하는 것으로 나타났으며, 6곳 이상의 습지에 출현한 종은 쇠뜨기(*Equisetum arvense*), 강아지풀(*Setaria viridis*), 산국(*Chrysanthemum boreale*), 돌피(*Echinochloa crusgalli* var. *frumentacea*), 참억새(*Miscanthus sinensis*)이었으며, 5곳 이상의 습지에는 환삼덩굴(*Humulus japonicus*), 고마리(*Persicaria thunbergii*), 쇠별꽃(*Stellaria aquatica*), 박주가리(*Metaplexis japonica*), 가막사리(*Bidens tripartita*), 바랭이(*Digitaria sanguinalis*) 등이 서식하였다.

특산종으로는 키버들(*Salix koriyanagi* var. *japonica*), 은사시나무(*Populus tomentiglandulosa*), 고려엉겅퀴(*Cirsium setidens*)가 서식하였으며, 산림청 지정 희귀·멸종위기 식물인 갯방풍(*Glehnia littoralis*)과 흑삼릉(*Sparganium stoloniferum*)이 관찰되었다. 해안사구에 위치한 St. 6에는 갯방풍(*G. littoralis*), St. 1, St. 5와 St. 7에는 흑삼릉(*S. stoloniferum*)이 서식하는 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. List of the endemic plants and rare plants in each wetland

Scientific name	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	Remarks*
<i>Salix koriyanagi</i> 키버들			○					E
<i>Populus tomentiglandulosa</i> 은사시나무			○					E
<i>Sparganium stoloniferum</i> 흑삼릉	○				○		○	R
<i>Cirsium setidens</i> 고려엉겅퀴							○	E
<i>Glehnia littoralis</i> 갯방풍						○		R

*E: endemic plants, R: rare plants

본 연구대상 습지에 분포하는 귀화식물은 총 27종이었으며, 국내 귀화식물 총 종수(Lee et al., 2011)를 고려하면 도시화지수와 귀화율은 각각 8.4%, 12.6%로 나타났다(Table 5). 전체적으로 소리쟁이(*R. crispus*), 토끼풀(*Trifolium repens*), 개망초(*Erigeron annuus*) 등

의 출현비율이 높았다. 국화과 식물은 전체 귀화식물의 약 52%인 14종이 분포하였으며, 개망초(*E. annuus*), 망초(*Erigeron canadensis*), 미국쭉부쟁이(*Aster pilosus*), 털별꽃아재비(*Galinsoga ciliata*) 등이 과반수 이상의 습지에서 출현하였다. 이어서 토끼풀

(*T. repens*), 잔개자리(*Medicago lupulina*), 족제비싸리 (*Amorpha fruticosa*) 등 3종의 콩과식물이 조사되었다. 귀화도 5등급의 식물로는 소리쟁이(*R. crispus*), 족제

비싸리(*A. fruticosa*), 토끼풀(*T. repens*), 달맞이꽃 (*Oenothera biennis*) 등의 출현율이 높았다.

Table 5. The numbers of naturalized plants in each wetland

Scientific name	ND*	PE**	Orgin***	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
<i>Rumex crispus</i> 소리쟁이	5	Pe	Eu	○	○	○	○	○	○	○
<i>Chenopodium ficifolium</i> 쯤명어주	5	1	Eu						○	
<i>Phytolacca americana</i> 미국자리공	3	Pe	nA		○	○				○
<i>Medicagolupulina</i> 잔개자리	3	2	Eu					○	○	○
<i>Amorpha fruticosa</i> 족제비싸리	5	T	nA			○	○		○	
<i>Trifolium repens</i> 토끼풀	5	Pe	Eu-Af	○		○	○	○	○	
<i>Ailanthus altissima</i> 가축나무	5	T	As			○				
<i>Oenothera biennis</i> 달맞이꽃	5	2	nA			○		○	○	○
<i>Quamoclit angulata</i> 둥근잎유홍초	1	1	tA			○	○	○		
<i>Symphytum officinale</i> 컴프리	3	Pe	Eu				○	○		
<i>Veronica persica</i> 큰개불알풀	2	2	Eu-As	○	○					
<i>Bidens frondosa</i> 미국가막사리	3	1	nA						○	
<i>Erigeron annuus</i> 개망초	1	2	nA	○	○	○	○	○		
<i>Erigeron canadensis</i> 망초	1	2	nA		○	○	○		○	
<i>Senecio vulgaris</i> 개쑥갓	1	1	Eu					○		
<i>Xanthium strumarium</i> 도꼬마리	1	1	As						○	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> 돼지풀	2	1	nA						○	○
<i>Tagetes minuta</i> 청하향초	3	1	sA				○			
<i>Aster pilosus</i> 미국쑥부쟁이	3	Pe	nA			○	○	○		○
<i>Aster subulatus</i> 비짜루국화	3	1	nA				○			
<i>Taraxacum officinale</i> 서양민들레	1	Pe	Eu					○		
<i>Sonchus oleraceus</i> 방가지뚝	1	2	Eu			○	○			○
<i>Cosmos bipinnatus</i> 코스모스	2	1	nA		○					
<i>Coreopsis lanceolata</i> 금계국	2	Pe	nA			○				
<i>Galinsoga ciliata</i> 털별꽃아재비	3	1	tA		○		○	○		○
<i>Dactylis glomerata</i> 오리새	1	Pe	Eu-As	○						○
<i>Festuca arundinacea</i> 큰감의털	3	Pe	Eu	○				○	○	○

*ND: Naturalized degree

**PE: Period of life, Perennial, T: Tree, 2: Biennial, 1: Annual

***Eu: Europe, nA: north America, As: Asia

식물의 습지 출현빈도를 기준으로 한 식물의 5개 유형(Jeong et al., 2012) 중 대부분 습지에서 출현하나 낮은 빈도로 육상에서도 출현하는 임의습지식물 (facultative wetland plant)은 18종으로 나타났다(Table 6). 또한 자연상태에서 거의 항상 습지에서만 출현하는 식물을 의미하는 절대습지식물(obligate wetland plant)은 총 25종이 확인되었다. 절대습지식물은 모두 수생식물에 해당하였으며, 이중 정수식물은 20종으로서 대부분을 차지하였다. 부엽식물은 가래(*Potamogeton*

distinctus), 마름(*Trapa bispinosa* var. *inumai*), 애기마름(*Trapa pseudoincisa*) 등 3종이었으며, 부유식물은 좁 개구리밥(*Lemna perpusilla*), 침수식물은 물질경이 (*Ottelia alismoides*) 등이 각각 1종씩 출현하였다.

St. 7와 St. 4에서 비교적 다양한 수생식물이 관찰되었다. St. 7은 가장 넓은 면적을 가진 반면, St. 4는 가장 작은 면적을 보였으나 수심이 상대적으로 깊은 특징이 있었다.

Table 6. Type of wetland plants by degree of wetness and morphology in each wetland

Degree of wetness	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	Total
Hygrophyte	6	8	3	6	4	6	7	18
Emergent	5	5	5	9	7	1	10	20
Aquatic Floating-leaf		1		1	1			3
macrophyte Floating		1			1		1	1
Submerged				1				1

3.4 저서성 대형무척추동물

주요 습지에 서식하는 저서성 대형무척추동물은 총 3문 5강 12목 26과 35종으로 나타났으며(Table 7), 멸종위기 야생생물 I·II급 및 천연기념물 등 각종 법적보호종에 해당되는 종은 확인되지 않았다(Table 8). 가장 다양한 종조성을 나타낸 곳은 St. 2였으며, St. 6은 서식종이 상대적으로 다양하지 않았다.

오염지표종은 원돌이물달팽이(*Physa acuta*), 실지렁이(*Limnodrilus gotoi*), 실지렁이 sp.(*Limnodrilus* sp.), 붉은색깔따구 sp.(*Chironomidae* sp. 2 Red Type) 등 4종이 조사되었고, 희소종은 민물삿갓조개(*Laevapex nipponicus*), 넝점박이잠자리(*Libellula quadrimaculata*), 연물명나방(*Elophila interruptalis*) 등 3종이 확인되었

다(Table 8). 전체 습지를 대상으로 확인된 종 분포를 살펴보면 환형동물문이 3종으로서 가장 빈약한 종수를 보여주었으며, 연체동물문은 6종이 조사되었다. 특히 절지동물문에 속하는 저서성 대형무척추동물은 총 26종으로서 비교적 다양하게 나타났으며, 이 중 하루살이목은 1종, 잠자리목 6종, 노린재목 5종, 딱정벌레목 4종, 파리목 5종, 날도래목 1종, 나비목 2종 등으로 확인되었다. 각 저서성 대형무척추동물 중 수서곤충류를 포함한 절지동물문은 전체 종수의 약 74.3%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 잠자리목, 노린재목, 딱정벌레목의 출현빈도가 상대적으로 매우 높은 전형적인 정수역의 수환경 특성을 나타내었다.

Table 7. Summary of the number of benthic macroinvertebrate taxa in each wetland

Taxa	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	Total
Phylum	1	3	2	2	2	1	2	3
Class	2	4	3	2	2	2	2	5
Order	4	9	7	4	5	2	5	12
Family	6	18	7	5	7	2	6	26
Genera	7	21	7	6	9	2	6	32
Species	8	22	8	6	11	3	6	35

Table 8. Benthos species and number of individuals in each wetland

Scientific name	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	Remarks*
Phylum Mollusca 연체동물문								
Class Gastropoda 복족강								
Order Mesogastropoda 중복족목								
Family Viviparidae 논우렁이과								
<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> 논우렁이		48					19	
Order Basommatophora 기안목								
Family Lymnaeidae 물달팽이과								
<i>Radix auricularia</i> 물달팽이		30		59				I
Family Physidae 원돌이물달팽이과								
<i>Physella acuta</i> 원돌이물달팽이				41	7		7	
Family Planorbidae 또아리물달팽이과								
<i>Gyraulus chinensis</i> 또아리물달팽이		67						
<i>Hippeutis cantori</i> 수정또아리물달팽이							70	
Faily Ancyliidae 민물삿갓조개과								
<i>Laevapex nipponica</i> 민물삿갓조개		30	7					R
Phylum Annelida 환형동물문								
Class Oligochaeta 빈모강								
Order Archiologochaeta 물지렁이목								
Family Tubificidae 실지렁이과								
<i>Limnodrilus gotoi</i> 실지렁이		15				552		I
<i>Limnodrilus</i> sp. 실지렁이 sp.						85		I
Class Hirudinea 거머리강								
Order Arhynchobdellida 딱거머리목								
Family Hirudinidae 거머리과								
<i>Whitmania acranulata</i> 갈색말거머리		4						
Phylum Arthropoda 절지동물문								

Class Crustacea 갑각강								
Order Decapoda 십각목								
Family Atyidae 새뱅이과								
<i>Caridina denticulata</i> 새뱅이	311							
Family Palaemonidae 징거미새우과								
<i>Palaemon paucidens</i> 줄새우			4					
Class Insecta 곤충강								
Order Ephemeroptera 하루살이목								
Family Baetidae 꼬마하루살이과								
<i>Cloeon dipterum</i> 두날개하루살이	459	448	11	30	15			
Order Odonata 잠자리목								
Family Coenagrionidae 실잠자리과								
<i>Paracercion calamorum</i> 등검은실잠자리	4	44	30	15	11			
<i>Ischnura asiatica</i> 아시아실잠자리	11			7	30			
Family Platycnemididae 방울실잠자리과								
<i>Copera annulata</i> 자실잠자리					19			
Family Aeshnidae 왕잠자리과								
<i>Anax parthenope</i> 왕잠자리	4	107						
Family Libellulidae 잠자리과								
<i>Orthetrum albistylum</i> 밀잠자리		22			4			
<i>Libellula quadrimaculata</i> 너점박이잠자리		4						R
Order Hemiptera 노린재목								
Family Corixidae 물벌레과								
<i>Hesperocorixa hokkensis</i> 왕물벌레		7			19			
<i>Micronecta</i> sp. 꼬마물벌레류					11			
Family Notonectidae 송장해엄치게과								
<i>Notonecta triguttata</i> 송장해엄치게		15						
Family Belostomatidae 물장군과								
<i>Appasus japonicus</i> 물자라		7					7	
Family Nepidae 장구애비과								
<i>Ranatra chinensis</i> 게아재비		7						
Order Coleoptera 딱정벌레목								
Family Dytiscidae 물방개과								
<i>Agabus</i> sp. 땅콩물방개류			4					
<i>Rhantus pulverosus</i> 애기물방개		26						
Family Hydrophilidae 물뽕뽕이과								
<i>Enochrus simulans</i> 애넓적물뽕뽕이		4					4	
Family Chrysomelidae 잎벌레과								
<i>Galerucella nipponensis</i> 일본잎벌레		7						
Order Diptera 파리목								
Family Canacidae 해변파리과								
Canacidae sp. 해변파리류					41		4	
Family Chironomidae 깔따구과								
Chironomidae sp.1 깔따구 sp.1	7	48	11	107	78			
Chironomidae sp.2 깔따구 sp.2(Red Type)					48			I
Chironomidae sp.3 깔따구 sp.3	107	822	152		404			
Family Culicidae 모기과								
<i>Culex</i> sp. 집모기류	19							
Order Trichoptera 날도래목								
Family Limnephilidae 우묵날도래과								
Nothopsyche sp. 갈색우묵날도래류			7					
Order Lepidoptera 나비목								
Family Pyralidae 명나방과								
<i>Elophila interruptalis</i> 연물명나방		63						R
Cataclysta sp. 노란물명나방 sp.		7						
종 수	8	22	8	6	11	3	6	
개체수	922	1,833	226	259	644	678	111	

*I: Indicator species, R: Rare species

습지별 우점종은 파리목의 깔다구 sp.(Chironomidae sp.)와 더불어 실지렁이(*L. gotoi*), 두날개하루살이(*Cloeon dipterum*), 수정또아리물달팽이(*Hippeutis cantori*) 등 청수역을 선호하는 종이 주로 차지하였다(Table 9). 아우점종은 새뱅이(*Caridina denticulata*), 두날개하루살이(*C. dipterum*), 등검은실잠자리(*Paracercion calamorum*), 물달팽이(*Radix auricularia*), 깔다구 sp.(Chironomidae sp.), 실지렁이 sp.(*Limnodrilus* sp.), 논우렁이(*Cipangopaludina chinensis malleata*) 등으로 나타났다. 파리목의 깔다구 sp.(Chironomidae sp.)는 일반적으로 하천의 오수역부터 청수역까지 존재하는 매우 다양한 생태특성을 지니고 있다. 본 연구에서 확인된 대부분의 깔다구 sp.(Chironomidae sp.)는 청정수역을 선호하는 green이나 white형의 종들이 전반적인 우위를 차지하였으나, St. 5의 경우 오염지표종인 붉은색깔다구 sp.(Chironomidae sp. 2 Red Type)가 집중 분포하였다.

우점도지수(DI)는 환경의 변화가 악화될수록 특정 종의 우세가 나타나므로, 어떤 우점종이 군집에서 가지는 상대적인 비를 통해 환경의 변화에 대한 명료한 지표로서 이용되고 있다. 각 습지별 우점도지수는 0.64(St. 4)~0.94(St. 6)로 나타났으며, St. 6의 경우, 매우 높은 값을 나타내었는데, 이는 타 습지와는 달리 염분도가 높은 수역의 특성에 기인하는 것으로 여

겨진다.

다양도지수(H')는 동물군집의 종 풍부도와 개체수의 상대적 균형성을 뜻하는 것으로 군집의 복잡성을 나타낸다. 연구 대상습지의 다양도지수는 St. 1(0.60)을 제외하고는 1.18(St. 4)~1.86(St. 3)이었다. 기존 도시 내 습지의 저서성 대형무척추동물상 연구는 찾아보기 어려워 비교하기 어려웠지만, 우포늪(Bae et al., 2004)은 1.35~4.50, 황성호(Lee et al., 2012)는 1.03~3.16, 농촌습지(Son et al., 2012)가 1.66~2.90인 것에 비하면 동해시의 습지는 다양도지수가 낮아 상대적으로 안정되지 않은 군집양상을 나타내는 것으로 분석되었다.

한편, 풍부도지수(RI)는 총 개체수와 총 종수만을 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로서, 지수값이 높을수록 종의 구성이 풍부하게 되므로 환경의 정도가 양호하다는 것이 전제된다. 풍부도지수는 다양도지수와 비슷한 경향으로 St. 3(2.79)로 가장 높고, St. 1(0.31)이 가장 낮았다. St. 1은 다양도지수와 풍부도지수가 상대적으로 낮게 나타나 타 습지에 비해 불안정한 군집구조를 나타내었다. 한편 균등도지수(E)는 St. 6이 0.84로 가장 높았으며, St. 1이 0.54로 가장 낮았다.

Table 9. Dominance species and community indices of Benthos in survey wetlands

Sites	Dominant species	Sub-dominant species	Community indices*			
			DI	H'	E	RI
St. 1	<i>Cloeon dipterum</i> 두날개하루살이	<i>Caridina denticulata</i> 새뱅이	0.84	0.60	0.54	0.31
St. 2	Chironomidae sp.3 깔다구 sp.3	<i>Cloeon dipterum</i> 두날개하루살이	0.69	1.40	0.58	1.55
St. 3	Chironomidae sp.3 깔다구 sp.3	<i>Paracercion calamorum</i> 등검은실잠자리	0.80	1.86	0.60	2.79
St. 4	Chironomidae sp.1 깔다구 sp.1	<i>Radix auricularia</i> 물달팽이	0.64	1.18	0.57	1.03
St. 5	Chironomidae sp.3 깔다구 sp.3	Chironomidae sp.1 깔다구 sp.1	0.75	1.19	0.57	1.29
St. 6	<i>Limnodrilus gotoi</i> 실지렁이	<i>Limnodrilus</i> sp. 실지렁이 sp.	0.94	1.51	0.84	0.90
St. 7	<i>Hippeutis cantori</i> 수정또아리물달팽이	<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> 논우렁이	0.80	1.18	0.66	1.06

3.5 어류

전체 습지에서 채집된 어류는 총 5과 5종 354개체였으며 이중 잉어과, 미꾸리과, 송사리과, 큰가시고기과, 가물치과 등이 각각 1종씩 채집되었다(Table 10). 과별 개체수는 잉어과가 89개체(25.1%), 미꾸리과가 6개체(1.7%), 송사리과 250개체(70.6%), 큰가시고기과 8개체(2.6%), 가물치과 1개체(0.3%) 등이었으며, 송사리과가 가장 높은 비중을 차지하였다. 생태형으로는 총 5종 중 순수담수어가 4종, 육봉형은 가시고기 1종이었다. 한국고유종은 없었으며, 보호종 중 천연기념물은 발견되지 않았으나 멸종위기 야생생물 II급인 가시고기(*Pungitius sinensis*)가 St. 7에서 조사되었다.

이 종은 동해 유입하천에 주로 서식하는데(Che and Yang, 1989; 1990), 수환경의 훼손에 따라 개체수가 급감하고 있는 상황으로 서식환경을 시급히 보전 및 복원해야 할 필요가 있는 어종이다.

수환경과의 상관관계를 분석한 결과, 어류서식은 수량, 용존산소량 그리고 대장균군의 분포에 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 수량, 용존산소량 많고, 대장균군이 적은 습지에서 어종이 상대적으로 다양하고, 개체수가 많은 것으로 나타났다. 이는 습지 내 어류의 생태환경 확보를 위해서는 습지가 적정 깊이를 유지하고, 외부에서의 특정오염물질 차단이 필요함을 시사하는 것이다.

Table 10. Fish species and number of individuals in each wetland

Scientific name	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	Total	RA*	Remarks**
Cyprinidae, 잉어과										
<i>Carassius auratus</i> 붕어	47	6	11	-	25	-	-	89	25.14	P
Cobitidae, 미꾸리과										
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리	-	-	-	-	2	-	4	6	1.69	P
Adrianichthyidae, 송사리과										
<i>Oryzias latipes</i> 송사리	-	-	110	-	19	-	121	250	70.62	P
Gasterosteidae, 큰가시고기과										
<i>Pungitius sinensis</i> 가시고기	-	-	-	-	-	-	8	8	2.56	II
Channidae, 가물치과										
<i>Channa argus</i> 가물치	-	-	-	-	1	-	-	1	0.28	P
Number of family	1	1	2		4		3	5		
Number of species	1	1	2		4		3	5		
Number of Individuals	47	6	121		47		133	354		

*RA: Relative abundance

**P: Pure freshwater fish, II: Endangered II

군집분석 결과, 우점도지수는 0.94~1.00 사이로 매우 높은 우점도 값을 나타내었으며, 이는 대부분의 지역에서 특정 종의 개체수가 많이 채집된 결과로 보인다. 다양도지수는 0~0.92의 범위였으며 평균 0.77로 나타났으며, 균등도지수는 0~0.66의 범위로 평균 0.48로 나타났다. 한편 풍부도지수는 0~0.78의 지수 값을 나타내었고, 지점 평균은 0.68이었다. 대상 습지

들은 종수가 매우 빈약하고 특정 어종의 비중이 높게 나타나 우점도지수가 높았으며 상대적으로 다양도지수, 균등도지수 및 풍부도지수 값은 낮게 나타났다. 이는 수질뿐만이 아니라 대상 습지의 규모가 타 습지에 비해 상대적으로 작아 다양한 종이 서식하기에 안정적인 생태환경을 제공하지 못하고 있는 것에 기인하는 것으로 여겨진다.

Table 11. Dominance species and community indices of fish in survey wetlands

Sites	Dominant species	Sub-dominant species	Community indices*			
			DI	H'	E	RI
St. 1	<i>Carassius auratus</i> 붕어	-	1.00	0.00	0.00	0.00
St. 2	<i>Carassius auratus</i> 붕어	-	1.00	0.00	0.00	0.00
St. 3	<i>Oryzias latipes</i> 송사리	<i>Carassius auratus</i> 붕어	1.00	0.31	0.44	0.21
St. 4	-	-	-	-	-	-
St. 5	<i>Carassius auratus</i> 붕어	<i>Oryzias latipes</i> 송사리	0.94	0.92	0.66	0.78
St. 6	-	-	-	-	-	-
St. 7	<i>Oryzias latipes</i> 송사리	<i>Carassius auratus</i> 붕어	0.97	0.36	0.33	0.41

4. 결론

본 연구에서는 동해시 도시 내에 산재하는 7개 습지를 대상으로 수질 및 동식물상을 조사하고 분석하였다. 내륙습지는 6개, 해안습지는 1개소로서 면적은 168~23,000 m²로 폭넓게 분포하였다. 수질분석 결과, 일부 습지의 부유물질 농도와 총대장균의 농도가 높아 특정 오염원의 유입에 대한 대책이 요구되었다.

동해시 습지에 출현한 관속식물은 습지별로 46~87분류군이 확인되었고, 총 8목 69과 168속 234분류군이 서식하는 것으로 나타났다. 산림청 지정 희귀·멸종위기 종으로는 갯방풍과 흑삼릉, 특산종으로는 키버들, 은사시나무, 고려엉겅퀴가 조사되었다. 귀화식

물은 총 27분류군이 출현하였으며, 도시화지수와 귀화율은 각각 8.4%, 12.6%로 나타났다. 이 중 국화과 식물은 전체 귀화식물의 약 52%인 14종이 분포하였다.

저서성 대형무척추동물은 총 3문 5강 12목 26과 35종으로 나타났으며, 오염지표종은 원돌이물달팽이(*P. acuta*), 실지렁이(*L. gotoi*), 실지렁이 sp.(*Limnodrilus* sp.), 붉은색깔따구 sp.(*Chironomidae* sp.2) 등 4종이 조사되었다. 희소종은 민물삿갓조개(*L. nipponicus*), 녀점박이잠자리(*L. quadrimaculata*), 연물명나뭇(E. *interruptalis*) 등 3종이 확인되었다. 우점도지수(DI)는 대체로 높았으며, 우점종은 파리목의 깔다구류(*Chironomidae* sp.), 실지렁이(*L. gotoi*), 두날개하루살이(*C. dipterum*), 수정또아리물

달팽이(*H. cantori*) 등이었다. 다양도지수(H')와 풍부도지수(RI)는 상대적으로 낮았다.

어류는 총 5과 5종 354개체였으며 잉어과, 미꾸리과, 송사리과, 큰가시고기과, 가물치과 등이 조사되었다. 한국고유종과 천연기념물은 발견되지 않았으나 일부 습지에서 멸종위기 야생생물Ⅱ급인 가시고기(*P. sinensis*)가 서식하는 것으로 확인되었다.

동해시의 연구대상 습지들은 주거지와 농경지에 인접하여 인위적인 접근이 쉽고, 수량이 적고 소규모로서 습지의 훼손 가능성이 큰 것으로 나타났다. 일부 습지에서는 농업용수 공급, 어로행위, 쓰레기 투기, 인공시설물 설치 및 연과 같은 특정 식물종의 식재 등 인위적인 행위가 지속적으로 확인되었다. 이에 따라 몇몇 습지의 경우, 수환경의 차이에 따라 어류 서식이 직접적으로 영향을 받는 것으로 나타났다. 한편, 수생식물 및 저서생물은 종수에 있어서 수질에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났는데, 이는 수질 오염에 적응하는 종들의 출현에 의한 것이었다. 본 연구에서는 습지 내 분포하는 동식물의 분포현황을 조사하였으며, 향후 수질과의 동식물의 서식 및 분포 등 깊이있는 연구가 필요할 것이다. 이와 더불어 습지생태계의 지속적 유지와 생물 다양성 증진을 위하여 수질 개선 및 수량의 확보, 습지 기능 회복을 위한 생물상의 주기적인 모니터링 실시 등이 요구될 것이다.

References

Bang, SW, Kim, ES, Jeon, SH, Lee, HS and Chae, SK (2010). *A Study on the Restoration and Composition of Urban Wetlands with the Multi-functional for the Future Implementation Green City*. Korean Environ. Inst. Report. p. 6. [Korean literature]

Bae, YJ, Jo, SI, Hoang, DH, Lee, HG and Na, KB (2004). Biodiversity and community composition of benthic macroinvertebrates from Upo wetlands in Korea, *J. Environ. Sci.*, 18(1), pp. 75~91. [Korean literature]

Baek, MK, Hwang, JM, Jeong, GS, Kim, TW, Kim, MC, Lee, YJ, Jo, YB, Park, SW, Lee, HS, Goo, DS, Jeong, JC, Kim, GG, Choi, DS, Sin, IH, Hwang, JH, Lee, JS, Kim, SS, and Bae, YS (2010). *Checklist of Korean Insects*, Nature & ecology academic, Seoul, p. 598. [Korean literature]

Che, SS and Yang, HJ (1989). Geological change of

scutes in *Pungitius sinensis* from Korea, *Korean. J. Ichthyol.*, 1(1), pp. 42~53. [Korean literature]

Che, SS and Yang, HJ (1990). Natural hybrids of *Pungitius sinensis* and *Pungitius sinensis kaibarae*, *Kor. J. Ichthyol.*, 2(1), pp. 88~94. [Korean literature]

Choi, KC, Jeon, SR, Kim, IS and Son, YM (1990). *Coloured Illustrations of the Freshwater Fishes of Korea*, Hyangmoonsa, Seoul. p. 278. [Korean literature]

Chun, SH (2008). Distributional patterns and the evaluation of hydrophytic plants of urban wetlands in Seongnam city, *Korean. J. Environ. Ecol.*, 22(2), pp. 159~172. [Korean literature]

Cowardin, LM, Carter, V, Golet, FC and LaRoe, ET (1979). *Classification of Wetland and Deepwater Habitats of the United States*, U.S. Dept. of the Interior, Fish and wildlife services, Washington, D.C. p. 131.

Donghae city (2013) <http://www.dh.go.kr>.

Jeong, MK (1977). *The Fishes of Korea*, Iljisa, Seoul. p. 727. [Korean literature]

Jeong, YS, Lee, WT, Jo, KH, Joo, KY, Min, BM, Hyun JO and Lee, KS (2012). *Categorizing Vascular Plant Species Occurring in Wetland Ecosystems of the Korean Peninsula*, Doohyeon press. pp. 24~132. [Korean literature]

Kang, EO, Choi, YE and Kim, CH (2012). Study on function and vegetational assessment values of man-made wetland in Gunsan city, *J. Env. Sci.*, 21(8), pp. 997~1007. [Korean literature]

Kim, CH, Choi, YE, Kim, JW, Myong, H and Lee, SI (2011a). 3-year change of vegetation and life form at the man-made wetland in Sinpyeoncheon in Suncheon city, *Kor. J. Env. Eco.*, 25(1), pp. 57-64. [Korean literature]

Kim, CH, Kang, EO, Choi, YE, Park, BM and Baek, JS (2011b). Flora and life form of 4 man-made wetlands in Gunsan city, *J. Env. Sci.*, 20(9), pp. 1125~1140. [Korean literature]

Kim, IS and Park JY (2002). *Freshwater Fishes of Korea*, Kyohaksa, Seoul. p. 465. [Korean literature]

Kim, KG (2003). *Wetland and Environment*, Academy books, Seoul. pp. 52~60. [Korean literature]

Lee, HG, Jung, SW and Choi, JK (2012). Spatial analysis of ecological characteristics for benthic

- macroinvertebrate community structure in lake Hoengseong region, *Kor. J. Env. Eco.*, 26(1), p. 45 ~ 56. [Korean literature]
- Lee, KS, Cho, MG, Moon, HS and Jeon, KS (2013). The list of vascular plants at Junam wetland in Changwon city, *Kor. J. Agri. and For. Meteorol.*, 15(2), pp. 67~75. [Korean literature]
- Lee, TB (2003). *Coloured Flara of Korea*, Hyangmoonsa, Seoul. p. 824. [Korean literature]
- Lee, YM, Park, SH, Jung, SY, Oh, SH and Yang, JC (2011). Study on the current status of naturalized plants in south Korea, *Kor. J. Pl. Taxon*, 41(1), pp. 87~101. [Korean literature]
- Margalef, R (1958). *Information theory in ecology*, Gen. Syst., 3, pp. 36~71.
- McNaughton, SJ (1967). *Relationship among functional properties of California Glassland*. *Nature*, 216, pp. 144-168.
- Ministry of Environment (2013). <http://water.nier.go.kr>.
- Mitsch, WJ and Gosselink, JG (1993). *Wetlands, 2nd ed.*, John Wiley, Newyork. p. 722.
- National Institute of Environmental Research (2009). *Research and Evaluation on Aquatic Ecosystem Health*, Incheon. p. 439. [Korean literature]
- Nelson, JS (2006). *Fishes of the World, 4rd ed.*, Wiley, Hoboken, p. 624.
- Oh, SJ, Zhin, KL and Koh, SC (2009). Studies on flora of wetlands on Jeju city for application as nature exploration sites, *J. Env. Sci.*, 18(4), pp. 411 ~422. [Korean literature]
- Pielou, EC (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections, *J. Theoret. Biol.*, 13, pp. 131~144.
- Ramsar Convention on Wetlands (2000). *Developing and Implementing National Wetland Policies*, p. 64.
- Shannon, CE and Weaver, W (1949). *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. of Illinois press, Urbana. p. 125.
- Son, YM and Song, HB (2006). *Freshwater Fishes of Kum River*, Jiseongsa, Seoul. p. 239. [Korean literature]
- Son, JK, Kim, NC, Kim, MH and Kang, BH (2012). Community characteristics of benthic macroinvertebrates according to growth environment and rural palustrine wetland, *J. Kor. Env. Res. Tech.*, 15(5), pp. 129~144. [Korean literature]
- The Korea Society of Systematic Zoology (1997). *List of Animals in Korea*, Academy books, Seoul. p. 488. [Korean literature]

- 논문접수일 : 2014년 04월 14일
- 심사의뢰일 : 2014년 04월 21일
- 심사완료일 : 2014년 07월 29일

Appendix 1. The list of vascular plants at wetland in Donghae city

Scientific name	Life Form				St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
	L	R	D	G							
Equisetaceae 속새과											
<i>Equisetum palustre</i> 개쇠뜨기	G	R _{2,3}	D ₁	e			○	○			
<i>Equisetum arvense</i> 쇠뜨기	G	R _{2,3}	D ₁	e	○	○	○		○		○
Ginkgoaceae 은행나무과											
<i>Ginkgo biloba</i> 은행나무	MM	R ₅	D ₄	e	○	○					
Pinaceae 소나무과											
<i>Cedrus deodara</i> 개잎갈나무	MM	R ₅	D ₁	e	○						
<i>Pinus thunbergii</i> 곰솔	MM	R ₅	D ₁	e						○	
Cupressaceae 측백나무과											
<i>Thuja orientalis</i> 측백나무	M	R ₅	D ₁	e	○						
Salicaceae 버드나무과											
<i>Salix koreensis</i> 버드나무	MM	R ₅	D ₁	e	○	○		○	○		
<i>Salix matsudana</i> for. <i>tortuosa</i> 용버들	MM	R ₅	D ₁	e	○						
<i>Salix koriyanagi</i> 키버들	N	R ₅	D ₁	b			○				
<i>Populus tomentiglandulosa</i> 은사시나무	MM	R ₅	D ₁	e			○				
Juglandaceae 가래나무과											
<i>Juglans mandshurica</i> 가래나무	MM	R ₅	D ₄	e	○						
Fagaceae 참나무과											
<i>Castanea crenata</i> 밤나무	MM	R ₅	D ₄	e		○	○				
<i>Quercus mongolica</i> 신갈나무	MM	R ₅	D ₄	e		○					
<i>Quercus serrata</i> 졸참나무	MM	R ₅	D ₄	e		○					
Moraceae 뽕나무과											
<i>Morus alba</i> 뽕나무	MM	R ₅	D ₂	e	○	○	○				○
<i>Fatoua villosa</i> 뽕모시풀	Th	R ₅	D ₃	e			○				
Cannabaceae 삼과											
<i>Humulus japonicus</i> 환삼덩굴	Th	R ₅	D ₄	l	○		○	○	○	○	○
Urticaceae 켄기풀과											
<i>Boehmeria tricuspis</i> 거북꼬리	Ch	R ₃	D ₄	e	○						
<i>Boehmeria spicata</i> 쯤깨잎나무	Ch	R ₃	D ₄	e	○				○		
<i>Pilea mongolica</i> 모시물통이	Th	R ₅	D ₄	e	○		○	○			○
Polygonaceae 마디풀과											
<i>Persicaria blumei</i> 개여뀌	Th	R ₅	D ₄	e,b	○	○		○			○
<i>Persicaria thunbergii</i> 고마리	HH _(Th)	R ₄	D _{4,1}	b-p	○	○	○	○	○		○
<i>Persicaria filiforme</i> 머느리배꼽	G	R ₃	D ₂	e					○		
<i>Persicaria hydropiper</i> 여뀌	HH _(Th)	R ₄	D _{4,1}	e,b	○						
<i>Persicaria nodosa</i> 큰개여뀌	Th	R ₅	D ₄	es				○	○		
<i>Rumex crispus</i> 소리쟁이	H	R ₅	D ₄	pr	○	○	○	○	○	○	○
<i>Polygonum aviculare</i> 마디풀	Th	R ₅	D ₄	b,e					○		
Chenopodiaceae 명아주과											
<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> 명아주	Th	R ₅	D ₄	e				○		○	○
<i>Chenopodium ficifolium</i> 쯤명아주	Th	R ₅	D ₄	e						○	
<i>Salsola collina</i> 솔장다리	Th	R ₅	D ₄	b						○	
Amaranthaceae 비름과											
<i>Celosia cristata</i> 맨드라미	H	R ₅	D ₄	b		○					
<i>Amaranthus mangostanus</i> 비름	Th	R ₅	D ₄	e							○
<i>Achyranthes japonica</i> 쇠무릅	H	R ₅	D ₂	e	○	○	○	○			○
Phytolaccaceae 자리공과											
<i>Phytolacca americana</i> 미국자리공	G	R ₅	D ₂	e		○	○				○
Portulacaceae 쇠비름과											
<i>Portulaca oleracea</i> 쇠비름	Th	R ₅	D ₄	b							○
Caryophyllaceae 석죽과											
<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i> 벼룩나물	Th	R ₄	D ₄	b				○			
<i>Stellaria aquatica</i> 쇠별꽃	Th	R ₅	D ₄	b	○	○	○	○	○		○
<i>Cerastium holosteoides</i> var. <i>hallaisanense</i> 잡나도나물	H	R ₅	D ₄	b		○					

Appendix 1. (Continued)

Scientific name	Life Form				St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
	L	R	D	G							
Nymphaeaceae 수련과											
<i>Nelumbo nucifera</i> 연	HH	R ₃	D ₄	e			○	○			
Ranunculaceae 미나리아재비과											
<i>Clematis apiifolia</i> 사위질빵	N	R ₅	D ₁	l	○	○	○				○
Menispermaceae 방기과											
<i>Cocculus trilobus</i> 땡땡이덩굴	N	R _{2,3}	D ₁	l		○					
Lauraceae 녹나무과											
<i>Lindera obtusiloba</i> 생강나무	N	R ₅	D ₂	e		○					
Papaveraceae 양귀비과											
<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> 애기똥풀	Th _(w)	R ₅	D _{4,2}	e	○						
Cruciferae 십자화과											
<i>Rorippa indica</i> 개갯냉이	Th _(w)	R ₅	D ₄	pr		○					○
<i>Rorippa islandica</i> 속속이풀	Th _(w)	R ₅	D ₄	ps							○
<i>Capsella bursa-pastoris</i> 냉이	Th _(w)	R ₅	D ₄	ps				○			
<i>Raphanus sativus</i> var. <i>hortensis</i> for. <i>acanthiformis</i> 무	Th _(w)	R ₅	D ₄	ps					○	○	
<i>Cardamine flexuosa</i> 황새냉이	Th _(w)	R ₅	D ₃	ps							○
Rosaceae 장미과											
<i>Rubus parvifolius</i> 명석딸기	N	R ₅	D ₂	p-l			○				
<i>Rubus oldhamii</i> 줄딸기	N	R ₅	D ₂	p-l	○						○
<i>Duchesnea chrysantha</i> 뱀딸기	Ch	R ₄	D ₂	p-ps	○		○				
<i>Prunus persica</i> 복사나무	M	R ₅	D ₂	e	○						
<i>Prunus yedoensis</i> 왕벚나무	MM	R ₅	D ₂	e	○				○		
<i>Potentilla chinensis</i> 세잎양지꽃	Ch	R ₅	D ₄	ps		○					
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> 양지꽃	Ch	R ₃	D ₄	b-ps	○	○					
<i>Rosa multiflora</i> var. <i>platyphylla</i> 덩굴장미	M	R ₅	D ₄	l					○		
<i>Agrimonia pilosa</i> 쉼신나물	G	R ₃	D ₂	ps		○					
<i>Rosa multiflora</i> 찔레꽃	N	R ₃	D ₂	e	○	○					○
<i>Rosa rugosa</i> 해당화	N	R ₅	D ₂	e,b						○	
Leguminosae 콩과											
<i>Lathyrus japonica</i> 갯완두	G	R _{2,3}	D ₁	e						○	
<i>Lathyrus quinquerivius</i> 연리초	G	R _{2,3}	D ₃	l	○	○	○				
<i>Sophora flavescens</i> 고삼	G	R ₃	D ₄	e,b		○					
<i>Vicia japonica</i> 넓은잎갈퀴	G	R _{2,3}	D ₃	l			○				
<i>Vicia amurensis</i> 벌완두	G	R ₅	D ₃	l		○		○			
<i>Cercis chinensis</i> 박태기나무	N	R ₅	D ₃	e	○						
<i>Lespedeza cuneata</i> 비수리	H	R ₅	D ₄	b		○		○			
<i>Lespedeza maximowiczii</i> 조록싸리	N	R ₅	D ₄	e		○					
<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i> 새콩	Th	R ₅	D ₃	l-b	○	○			○		○
<i>Alvizzia julibrissin</i> 자귀나무	M	R ₅	D ₄	e	○						
<i>Medicago lupulina</i> 잔개자리	Th _(w)	R ₅	D ₂	b					○	○	○
<i>Amorpha fruticosa</i> 족제비싸리	N	R ₅	D ₄	e			○	○		○	
<i>Pueraria thunbergiana</i> 칩	Ch	R _{5(s)}	D ₄	l-b							○
<i>Trifolium repens</i> 토끼풀	Ch	R ₄	D ₄	p	○		○	○	○	○	
Geraniaceae 쥐손이풀과											
<i>Geranium thunbergii</i> 이질풀	H	R ₅	D ₃	psb	○						
<i>Geranium sibiricum</i> 쥐손이풀	H	R ₅	D ₃	ps-b					○		
Oxalidaceae 팽이밥과											
<i>Oxalis corniculata</i> 팽이밥	Ch	R ₄	D _{3,2}	p-b					○		
Rutaceae 운향과											
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> 산초나무	N	R ₄	D ₄	e		○					
<i>Zanthoxylum piperitum</i> 초피나무	N	R ₃	D ₄	e			○				
Simaroubaceae 소태나무과											
<i>Ailanthus altissima</i> 가죽나무	MM	R ₅	D ₁	e			○				

Appendix 1. (Continued)

Scientific name	Life Form				St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
	L	R	D	G							
Euphorbiaceae 대극과											
<i>Acalypha australis</i> 깨풀	Th	R ₅	D ₃	e		○			○		○
<i>Ricinus communis</i> 피마자	Th	R ₅	D ₄	e				○			
Anacardiaceae 옷나무과											
<i>Rhus trichocarpa</i> 개옷나무	M	R ₅	D ₄	e		○	○				
<i>Rhus chinensis</i> 붉나무	M	R ₅	D ₄	e			○				
Celastraceae 노박덩굴과											
<i>Celastrus orbiculatus</i> 노박덩굴	M	R ₅	D _{2,4}	l	○	○	○				
<i>Euonymus japonica</i> 사철나무	N	R ₅	D _{2,4}	e	○						
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i> 회잎나무	M	R ₅	D _{2,4}	e		○					
Balsaminaceae 봉선화과											
<i>Impatiens balsamina</i> 봉선화	Th	R ₅	D ₃	e		○					
Vitaceae 포도과											
<i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuata</i> 까마귀머루	M	R ₃	D ₂	l	○						
<i>Vitis amurensis</i> 왕머루	MM	R ₃	D ₂	l	○						
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> 담쟁이덩굴	M	R ₅	D _{2,4}	l	○		○				
Malvaceae 아욱과											
<i>Hibiscus syriacus</i> 무궁화	N	R ₅	D ₄	e	○						
Violaceae 제비꽃과											
<i>Viola mandshurica</i> 제비꽃	H	R _{3(v)}	D ₃	r	○						
<i>Viola verecunda</i> 콩제비꽃	H	R _{3(v)}	D ₃	b-ps	○						
<i>Viola lactiflora</i> 흰젓제비꽃	H	R _{3(v)}	D ₃	r							○
Cucurbitaceae 박과											
<i>Cucurbita moschata</i> 호박	Th	R ₅	D _{2,4}	l			○				○
Trapaceae 마름과											
<i>Trapa bispinosa</i> var. <i>inumai</i> 마름	HH _(rd)	R ₅	D _{1,2}	p-b					○		
<i>Trapa pseudoincisa</i> 애기마름	HH _(rd)	R ₅	D _{1,2}	p-b		○					
Onagraceae 바늘꽃과											
<i>Oenothera odorata</i> 달맞이꽃	Th _(w)	R ₅	D _{4,1}	pr			○		○	○	○
<i>Ludwigia prostrata</i> 여뀌바늘	HH _(Th)	R ₅	D _{1,4}	e				○	○		○
Umbelliferae 산형과											
<i>Glehnia littoralis</i> 갯방풍	G	R ₅	D ₄	ps						○	
<i>Angelica polymorpha</i> 궁궁이	G	R ₃	D ₄	ps					○		
<i>Oenanthe javanica</i> 미나리	HH	R ₄	D _{1,4}	p-ps		○		○	○		○
<i>Torilis japonica</i> 사상자	Th _(w)	R ₄	D ₂	ps			○				
Cornaceae 층층나무과											
<i>Comus controversa</i> 층층나무	MM	R ₅	D _{2,4}	e			○				
Ericaceae 진달래과											
<i>Rhododendron mucronulatum</i> 진달래	N	R ₅	D ₄	e		○					
Ebenaceae 감나무과											
<i>Diospyros kaki</i> 감나무	MM	R ₅	D ₂	e		○					○
<i>Diospyros lotus</i> 고욤나무	MM	R ₅	D ₄	e	○		○				
Oleaceae 물푸레나무과											
<i>Ligustrum obtusifolium</i> 쥐똥나무	N	R ₅	D ₂	e	○						
Asclepiadaceae 박주가리과											
<i>Metaplexis japonica</i> 박주가리	G	R _{2,3}	D ₁	l	○	○		○	○	○	○
Convolvulaceae 메꽃과											
<i>Calystegia soldanella</i> 갯메꽃	G	R _{1,3}	D ₄	p						○	
<i>Calystegia japonica</i> 메꽃	G	R _{2,3}	D _{5,4}	l				○	○		○
<i>Quamoclit angulata</i> 둥근잎유홍초	Th	R ₅	D ₄	l			○	○	○		
Boraginaceae 지치과											
<i>Trigonotis peduncularis</i> 꽃마리	Th _(w)	R ₅	D ₄	b		○	○	○	○		
<i>Symphytum officinale</i> 컹프리	H	R ₅	D ₄	ps				○	○		

Appendix 1. (Continued)

Scientific name	Life Form				St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
	L	R	D	G							
Verbenaceae 마편초과											
<i>Vitex rotundifolia</i> 순비기나무	N	R ₅	D ₄	p-l						○	
Labiatae 꿀풀과											
<i>Lamium amplexicaule</i> 광대나물	Th _(w)	R ₅	D ₄	b	○			○	○		○
<i>Mosla punctulata</i> 들깨풀	Th	R ₅	D ₄	e			○				
<i>Salvia plebeia</i> 배암차즈기	Th _(w)	R ₅	D ₄	ps							○
<i>Stachys riederi</i> var. <i>japonica</i> 석잠풀	H	R ₂₋₃	D ₄	e	○			○	○		○
<i>Lycopus ramosissimus</i> var. <i>japonicus</i> 습싸리	HH	R ₂₋₃	D ₄	e						○	
<i>Leonurus sibiricus</i> 익모초	Th _(w)	R ₅	D ₄	pr	○	○					
<i>Clinopodium chinensis</i> var. <i>parviflorum</i> 층층이꽃	H	R ₂₋₃	D ₁	e		○					○
<i>Elsholtzia ciliata</i> 향유	Th	R ₅	D ₄	e				○	○		
Solanaceae 가지과											
<i>Solanum nigrum</i> 까마중	Th	R ₅	D ₂	b				○	○		
Scrophulariaceae 현삼과											
<i>Mimulus tenellus</i> 애기물파리아재비	HH	R ₅	D ₄	e		○					
<i>Mazus pumilus</i> 주름잎	Th _(w)	R ₅	D ₄	b-ps				○			○
<i>Veronica persica</i> 큰개불알풀	MM	R ₃	D ₂	l	○	○					
<i>Linaria japonica</i> 해란초	G	R ₂₋₃	D ₄	e						○	
Plantaginaceae 질경이과											
<i>Plantago asiatica</i> 질경이	H	R _{3(o)}	D _{2,4}	r	○	○	○	○	○	○	○
Rubiaceae 꼭두서니과											
<i>Galium spurium</i> 갈퀴덩굴	Th _(w)	R ₅	D ₂	b-l		○	○		○		
<i>Rubia akane</i> 꼭두서니	G	R ₃	D ₂	b-e	○						
Caprifoliaceae 인동과											
<i>Lonicera japonica</i> 인동	M	R ₃	D _{2,4}	l-b	○		○				
Lobeliaceae 숫잔대과											
<i>Lobelia chinensis</i> 수염가래꽃	H	R ₄	D ₄	p-e				○			
Compositae 국화과											
<i>Bidens tripartita</i> 가막사리	Th	R ₅	D _{1,2}	e	○	○		○	○	○	○
<i>Bidens bipinnata</i> 도깨비바늘	Th	R ₅	D ₂	e			○		○	○	
<i>Bidens frondosa</i> 미국가막사리	Th	R ₅	D _{1,2}	e						○	
<i>Saussurea pulchella</i> 각시취	Th _(w)	R ₅	D ₁	ps			○				
<i>Erigeron annuus</i> 개망초	Th _(w)	R ₅	D ₁	pr	○	○	○	○	○		
<i>Erigeron canadensis</i> 망초	Th _(w)	R ₅	D ₁	pr		○	○	○		○	
<i>Senecio vulgaris</i> 개쑥갓	Th _(w)	R ₅	D ₁	e,b					○		
<i>Ixeris repens</i> 갯쑥바귀	G	R ₁₋₂	D ₁	ps						○	
<i>Youngia sonchifolia</i> 고들빼기	Th _(w)	R ₅	D ₁	ps						○	
<i>Youngia japonica</i> 뿌리뱅이	Th _(w)	R ₅	D ₁	ps		○	○		○		
<i>Cirsium setidens</i> 고려엉겅퀴	H	R ₅	D ₁	pr							○
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i> 엉겅퀴	H	R ₅	D ₁	ps			○		○		○
<i>Carpesium abrotanoides</i> 담배풀	Th _(w)	R ₂₋₃	D ₂	e			○				
<i>Xanthium strumarium</i> 도꼬마리	Th	R ₅	D ₂	e						○	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> 돼지풀	Th	R ₅	D ₄	e						○	○
<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i> 등골나물	G	R ₃	D ₁	e		○					
<i>Tagetes minuta</i> 청하향초	Th	R ₅	D ₁	e				○			
<i>Petasites japonicus</i> 머위	HH	R ₄	D ₁	e	○			○	○		
<i>Aster pilosus</i> 미국쑥부쟁이	H	R ₅	D ₁	e			○	○	○		○
<i>Aster subulatus</i> 비짜루국화	Th _(w)	R ₃	D ₁	ps				○			
<i>Aster scaber</i> 참취	G	R ₃	D ₁	e		○					
<i>Taraxacum mongolicum</i> 민들레	H	R _{3(v)}	D ₁	r	○			○		○	
<i>Taraxacum officinale</i> 서양민들레	H	R _{3(v)}	D ₁	r					○		
<i>Sonchus oleraceus</i> 방가지똥	Th _(w)	R ₅	D ₁	pr			○	○			○
<i>Sonchus brachyotus</i> 사데풀	H	R ₂₋₃	D ₁	pr						○	○

Appendix 1. (Continued)

Scientific name	Life Form				St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
	L	R	D	G							
<i>Artemisia feddei</i> 뽕쭉	H	R _{2,3}	D ₄	e	○						
<i>Artemisia capillaris</i> 사철쭉	H	R ₃	D ₄	e						○	
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> 쭉	Ch	R _{2,3}	D ₄	pr	○	○	○	○	○	○	○
<i>Artemisia japonica</i> 제비쭉	H	R ₃	D ₄	pr			○	○			
<i>Chrysanthemum boreale</i> 산국	H	R _{2,3}	D ₄	e	○	○	○	○			○
<i>Kalimeris yomena</i> 쭉부쟁이	Ch	R ₃	D ₄	pr					○		
<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i> 왕고들빼기	Th	R ₅	D ₁	pr	○			○		○	○
<i>Breea segeta</i> 조뱅이	H	R ₃	D ₄	pr	○						○
<i>Hemistepta lyrata</i> 지칭게	Th _(w)	R ₅	D ₁	pr			○	○			
<i>Siegesbeckia pubescens</i> 진득찰	Th	R ₅	D ₂	ps			○				
<i>Cosmos bipinnatus</i> 코스모스	TR	R ₅	D ₁	e		○					
<i>Coreopsis lanceolat</i> 큰금계국	H	R ₅	D ₁	e			○				
<i>Galinsoga ciliata</i> 털별꽃아재비	Th	R ₅	D ₄	e		○		○	○		○
<i>Eclipta prostrata</i> 한련초	Th	R ₅	D _{1,4}	e				○	○		
<i>Helianthus annuus</i> 해바라기	Th	R ₅	D ₄	e		○					
Typhaceae 부들과											
<i>Typha orientalis</i> 부들	HH	R _{2,3}	D ₁	t	○	○	○				
<i>Typha angustata</i> 애기부들	HH	R _{2,3}	D ₁	t			○		○		○
Sparganiaceae 흑삼능과											
<i>Sparganium stoloniferum</i> 흑삼능	HH	R ₅	D ₄	ps	○				○		○
Potamogetonaceae 가래과											
<i>Potamogeton distinctus</i> 가래	HH	R _{2,3}	D ₁	r				○			○
Alismataceae 택사과											
<i>Sagittaria trifolia</i> 벼풀	HH	R ₅	D ₁	r				○			○
<i>Sagittaria aginashi</i> 보풀	HH	R ₅	D ₁	r				○			
<i>Sagittaria trifolia</i> var. <i>edulis</i> 소귀나물	HH	R ₅₍₀₎	D ₁	r							○
<i>Alisma plantago-aquatica</i> var. <i>orientale</i> 질경이택사	HH	R ₅	D ₁	r				○	○		○
Hydrocharitaceae 자라풀과											
<i>Ottelia alismoides</i> 물질경이	HH _(Th)	R ₅	D ₁	r				○			
Gramineae 벼과											
<i>Eriochloa villosa</i> 나도개피	H	R ₃	D ₄	t		○					
<i>Phragmites communis</i> 갈대	HH	R _{1,2}	D _{1,4}	e	○			○		○	○
<i>Phragmites japonica</i> 달뿌리풀	HH	R ₄	D ₁	e			○		○		○
<i>Phalaris arundinacea</i> 갈풀	HH	R _{2,3}	D _{1,4}	e						○	
<i>Setaria viridis</i> 강아지풀	Th	R ₅	D ₄	t		○	○	○	○		○
<i>Setaria glauca</i> 금강아지풀	Th	R ₅	D ₄	t			○	○		○	○
<i>Panicum bisulcatum</i> 개기장	Th	R ₅	D ₄	b-p		○					○
<i>Elymus mollis</i> 갯그렁	G	R _{2,3}	D ₄	t						○	
<i>Zoysia sinica</i> 갯잔디	HH	R _{2,3}	D ₁	t						○	
<i>Leersia japonica</i> 나도겨풀	HH	R _{2,3}	D _{1,4}	t-p	○				○		
<i>Microstegium vimineum</i> 나도바랭이새	Th	R ₅	D ₄	b-p			○				○
<i>Echinochloa crus-galli</i> 돌피	HH _(Th)	R ₅	D _{1,4}	t-p		○	○	○		○	○
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> 띠	G	R _{1,2}	D ₁	e		○				○	○
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> 물억새	H	R _{2,3}	D ₁	t							○
<i>Miscanthus sinensis</i> 참억새	H	R ₃	D ₁	t	○	○		○	○	○	
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>echinata</i> 물피	HH _(Thw)	R ₅	D _{1,4}	t		○		○			○
<i>Digitaria sanguinalis</i> 바랭이	Th	R ₄	D ₄	t		○	○	○	○	○	○
<i>Oryza sativa</i> 벼	H	R ₄	D ₂	p							○
<i>Calamagrostis epigeios</i> 산조풀	G	R _{2,3}	D ₄	t		○				○	
<i>Pennisetum alopecuroides</i> 수크렁	H	R ₃	D ₄	t	○	○					
<i>Melica onoei</i> 쌀새	H	R ₃	D ₄	t		○	○				
<i>Dactylis glomerata</i> 오리새	H	R ₃	D ₁	e	○						○
<i>Eleusine indica</i> 왕바랭이	Th	R ₅	D ₄	t		○	○		○		

Appendix 1. (Continued)

Scientific name	Life Form				St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
	L	R	D	G							
<i>Pseudosasa japonica</i> 이대	M	R ₁₋₂	D ₄	e		○					
<i>Arthraxon hispidus</i> 조개풀	Th	R ₄	D ₄	b-p			○	○			
<i>Oplismenus undulatifolius</i> 주름조개풀	H	R ₄	D ₂	p	○	○			○		○
<i>Zizania latifolia</i> 줄	HH	R ₂₋₃	D ₁	t	○						
<i>Muhlenbergia japonica</i> 쥐꼬리새	H	R ₃	D ₄	t-p	○						
<i>Spodiopogon sibiricus</i> 큰기름새	H	R ₃	D ₄	e							○
<i>Festuca arundinacea</i> 큰김의털	H	R ₃	D ₄	t	○				○	○	○
Cyperaceae 사초과											
<i>Carex lanceolata</i> 그늘사초	H	R ₃	D ₄	t		○	○				
<i>Carex siderosticta</i> 대사초	H	R ₂₋₃	D ₄	r		○					
<i>Carex pumila</i> 좁보리사초	H	R ₁₋₂	D ₄	t						○	
<i>Carex kobomugi</i> 통보리사초	G	R ₂₋₃	D ₄	t						○	
<i>Cyperus amuricus</i> 방동사니	Th	R ₅	D ₄	t		○	○		○		○
<i>Cyperus orizetorum</i> 알방동사니	HH _(Th)	R ₅	D _{1,4}	t		○		○			○
<i>Scirpus triangulatus</i> 세모고랭이	HH	R ₃	D _{1,4}	t							○
<i>Scirpus juncooides</i> 술방울고랭이	HH	R _c	D _{1,4}	e		○					
<i>Scirpus tabernaemontani</i> 큰고랭이	HH	R ₂₋₃	D ₁	e		○					
Lemnaceae 개구리밥과											
<i>Lemna perpusilla</i> 좁개구리밥	HH _(Th)	R ₅	D ₁	n,r		○					○
Commelinaceae 닭의장풀과											
<i>Commelina communis</i> 닭의장풀	Th	R ₅	D ₄	b-p		○			○		○
<i>Aneilema keisak</i> 사마귀풀	HH _(Th)	R ₄	D _{1,4}	b-p		○					
Juncaceae 골풀과											
<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> 골풀	HH	R ₃	D _{1,4}	t		○					○
Pontederiaceae 물옥잠과											
<i>Monochoria korsakowii</i> 물옥잠	HH _(Th)	R ₅	D _{1,4}	ps				○			
Liliaceae 백합과											
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> 등굴레	G	R ₃	D _{2,4}	e		○					
<i>Smilax nipponica</i> 선밀나물	G	R ₅	D ₂	e		○					
<i>Smilax sieboldii</i> 청가시덩굴	N	R ₅	D ₂	l	○						
<i>Smilax china</i> 청미래덩굴	N	R _{3(s)}	D _{2,4}	l	○	○					
<i>Disporum smilacinum</i> 애기나리	G	R ₅	D ₄	e		○					
<i>Hemerocallis fulva</i> 원추리	G	R _{3(s)}	D ₅	t	○						
Dioscoreaceae 마과											
<i>Dioscorea batatas</i> 마	G	R _{5(s)}	D ₁	l	○		○				
Iridaceae 붓꽃과											
<i>Iris ensata</i> var. <i>spontanea</i> 꽃창포	G	R ₃	D ₃	ps	○						
Family					31	34	35	28	25	15	32
Genus					59	77	62	56	58	40	70
Species					68	79	68	60	56	41	68
Variety					6	7	0	4	5	4	9
Forma					1	1	0	0	0	1	0
Taxa No. of each wetland					77	87	68	64	61	46	77