

## 울산 태화강하구습지의 생태적 특성 및 보전을 위한 제안

# Ecological Characteristics and Their Implications for the Conservation in the Taehwagang River Estuarine Wetland, Ulsan, South Korea

김평범<sup>1</sup> · 장연희<sup>2</sup> · 추연수<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup>국립생태원 습지연구팀 연구원, <sup>2</sup>국립생태원 수생태팀 연구원, <sup>3</sup>국립생태원 습지연구팀 전임연구원,

<sup>4</sup>인하대학교 바이오시스템융합학과 박사과정

Pyoungbeom Kim<sup>1</sup>, Yeonhui Jang<sup>2</sup> and Yeounsu Chu<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Wetlands Research Team, National Institute of Ecology, Changnyeong 50303, Korea

<sup>2</sup>Researcher, Aquatic Ecosystem Research Team, National Institute of Ecology, Changnyeong 50303, Korea

<sup>3</sup>Junior Researcher, Wetlands Research Team, National Institute of Ecology, Changnyeong 50303, Korea

<sup>4</sup>Doctor Course, Department Biological Sciences and Bioengineering, Inha University, Incheon 22212, Korea

Received 8 November 2023, revised 11 December 2023, accepted 11 December 2023, published online 31 December 2023

**ABSTRACT:** Estuarine wetlands, which form a distinctive brackish water zone, serve as important habitats for organisms that have adapted to and thrive in this environment. Nonetheless, excessive development and utilization result in artificial disruptions that alter the distinctive functions and attributes of estuarine wetlands. To collect the basic data for the conservation of estuarine wetlands with excellent ecosystems, we investigated the vegetation distribution characteristics and biota status of the Taehwagang River Estuarine Wetland. Data from vegetation surveys have shown that 25 plant communities of six physiognomic vegetation types, including willow vegetation, lotic and lentic herbaceous vegetation, floating/submerged vegetation. In the upper reaches, where topographical diversity was high, various types of wetland vegetation were distributed. In terms of biodiversity, a total of 696 species, including 7 endangered wildlife species, were identified. Due to good ecological connectivity, tidal rivers are formed, brackish water species including various functional groups are distributed around this section. The inhabitation of various water birds, such as diving and dabbler ducks, were confirmed according to the aquatic environment of each river section. The collection of ecological information of the Taehwagang River Estuarine Wetland can be used as a framework for establishing the basis for conservation and management of the estuarine ecosystem and support policy establishment.

**KEYWORDS:** Biodiversity, Ecotone, Endangered species, Intensive survey, Vegetation

**요약:** 하구습지는 독특한 기수역이 형성되며 이러한 환경에 적응하여 살아가는 생물에게 중요한 서식처로 기능을 수행한다. 그러나 과도한 개발과 이용에 따른 인위적 간섭으로 하구습지 고유의 기능 및 특성을 변화시킨다. 본 연구는 생태계가 우수한 하구습지 보전을 위한 기초자료를 수집하기 위해서, 태화강하구습지를 대상으로 식생 분포 특성 및 생물상 현황을 조사하였다. 연목림 식생, 정수 및 유수역 다년생 초본식생, 부유·침수식생 등 6개 상관식생형의 25개 식물군락이 확인되었다. 지형다양성이 높은 상류부에서 다양한 유형의 습지식생이 분포하고 있었다. 생물종 다양성은 멸종위기 야생생물 7종 포함 총 696종이 확인되었다. 생태적 연결성이 양호하여 감조하천이 형성되는 구간을 중심으로 다양한 기능군을 가지는 기수성 생물종이 분포하며, 하천 구간별 수환경에 따라서 잠수 및 수면성오리류 등 다양한 수조류의 서식을 확인하였다. 태화강하구습지의 생태정보의 수집은 하구 생태계의 보전·관리 기반을 마련하고 정책 수립을 지원하는 데 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

**핵심어:** 생물다양성, 점이지대, 멸종위기 야생생물, 정밀조사, 식생

\*Corresponding author: hhloveys@nie.re.kr, ORCID 0000-0002-8323-0746

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서 론

하구역 (estuarine)은 담수와 해수가 만나서 형성되는 생태적 점이지대 (ecotone)이다. 일반적으로 지리적인 경계보다는 물의 염도 구배에 따라 그 구간을 구분하며, 유역 내의 강수량, 계절 그리고 조석 등의 영향에 따라 염분의 농도가 0.1 - 35‰로 매우 광범위하다 (Wołowicz et al. 2007, Wolanski and Elliott 2015). 또한, 조석과 파랑의 해양프로세스와 육상의 지하수, 유수에 의한 하천프로세스가 복합적으로 작용하는 공간이다 (Sawyer et al. 2013). 이러한 이유로 하구역은 지형 및 생물다양성이 높은 생태계이자 점이지대가 형성되는 다양한 생태계 유형 중 생산성이 높은 것으로 평가받고 있으며, 조류와 기수성 생물에게 휴식처와 산란장 등 서식처로서도 중요한 역할을 수행하고 있다 (Costanza et al. 1997, Chabrerrie et al. 2001, Douglas et al. 2022). 그러나 산업화 이후 과도한 개발과 서식처 파괴 등 인위적 교란으로 하구 생태계를 풍부하고 다양하며 생산적인 생태계라는 생태학적, 역사적 관점에서 멀리 밀어내고 있으며, 기수역에 서식하는 생물이 자연적으로 대체되는 속도를 가속화시키고 일부 종에 대해서는 절멸 가능성을 증가시켰다 (Lotze et al. 2006, Worm et al. 2006). 최근에는 전 세계적으로 하수, 산업 폐수, 농업 관행 등 다양한 인간 활동으로 오염물질이 포함된 영양염이 수역으로 유입되어 자연적인 부영양화를 촉진하는 배양부영양화 (cultural eutrophication)에 직면하고 있다 (Greening et al. 2014, Duarte et al. 2015). 이와 같은 교란은 하구 생태계 특성 및 기능에 큰 영향을 미치며 환경을 변화시킬 수 있는 강한 잠재력을 가지고 있기에, 생태계 균형 유지와 안정성 확보를 위해서 하구 고유의 생태계 현황과 가치를 지속적으로 파악하는 것이 중요하다 (Zu Ermgassen et al. 2013, O'Brien et al. 2016).

국제사회의 습지보전에 대한 움직임에 따라 우리나라가 1997년에 101번째로 람사르협약에 가입하였으며, 이후 1999년에는 환경부와 해양수산부가 공동으로 습지보전법을 제정하여 습지와 습지의 생물다양성 보전 및 관리에 앞장서고 있다. 2004년에 국내 처음으로 환경부에서 강과 바다가 만나 특이한 생태계가 형성되는 하구역에 대한 보전 가치를 인식하고 정밀조사를 시작하였다. 자연성이 높고 다양한 동식물상이 서식하고 있는 하구역을 중심으로 정밀조사하여 습지보호지역

으로 지정하기 위한 노력을 수행하였으며, 지금까지 낙동강하구, 한강하구, 순천 동천하구, 고창 인천강하구, 경남 고성 마동호 총 5개 하구습지가 습지보호지역으로 지정되었다. 이에 대한 연장선상으로 2022년에는 울산광역시 도심을 가로질러 동해로 흘러가는 태화강 하구습지를 대상으로 정밀조사하여 생태계 현황과 변화양상에 관한 자료를 축적하였다 (NIE 2022).

본 연구의 조사지역인 태화강은 하구에 넓게 발달한 모래톱과 다양한 조류의 서식 환경, 동해안에 위치한 지리적인 특성으로 겨울 철새의 월동지로 가치가 높은 것으로 알려져 있다. 동해로 흘러 들어가는 울산만과 맞닿아 있어 해수가 유입되는 감조하천이자 강물과 바닷물이 섞이는 기수역이 형성된다. 과거 울산시는 지리적 특성으로 태화강을 반농반어 목적으로 활용하였으나 1962년 특정 공업지구로 지정되면서 태화강은 기존과는 다른 환경으로 변하였다. 석유, 화학 등을 기반으로 한 대규모 산업단지가 태화강 주변으로 조성되어 대한민국 경제성장에 큰 축을 담당하였으나, 이면에는 산업폐수가 흘러들고 하수오니가 퇴적되는 등 수질오염으로 생물다양성과 생태적 건강성이 급격하게 감소하였다. 이를 극복하기 위해 환경개선사업의 일환으로 ‘태화강 살리기 사업’이 2002년부터 2012년까지 10년 간 진행되었다. 그 결과 태화강은 수질환경기준 6등급에서 1등급으로 개선되는 등 생태복원과 동시에 시민들에게 수변 휴식공간으로 자리매김하게 되었다 (Kim et al. 2011). 2021년에는 동아시아-대양주 철새이동경로 파트너십 (East Asian-Australasian Flyway Partnership, EAAFP)에서 태화강 일대를 국제철새이동경로 (Flyway Site Network, FSN)로 인정하는 등 도심지를 관류함에도 불구하고 연안과 맞닿는 건강한 생태하천으로 중요성이 다시 부각되고 있다 (EAAFP 2023).

태화강하구습지는 급격한 공업화와 도시화가 이루어짐에 따라 습지를 비롯한 주변 생태계가 급격하게 변하고 있는 지역으로 변화의 패턴과 원인을 파악하고 생태적 균형을 회복하기 위해서는 지속적인 모니터링이 필요하다. 그러나 태화강 일대에 관한 생태계 조사 및 연구는 2017년 국립환경과학원에서 수행한 정밀조사 이외에는 식생, 조류, 어류 등 특정 분류군에 한정하여 수행되는 등 미흡한 실정이다 (Lee 2005, Kim et al. 2010, Kim et al. 2016). 따라서 본 연구에서는 태화강 하구습지의 서식처 및 생태학적 특성과 생물 분포 현황

을 파악하여 습지보호지역으로서 지정 타당성을 논의하고 체계적인 관리 방안을 제시하고자 한다. 구체적인 연구 내용으로는 (1) 하구습지 내 염도 구배에 따른 식생 분포 특성 및 생물다양성 현황을 파악하고, (2) 생물상 분포에 영향을 미치는 서식환경 특성을 종합적으로 분석하여, (3) 태화강하구습지의 보전 가치와 관리 방안을 제시하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 조사지 개황

태화강 유역은 서고동저의 지형을 띠며 유역의 서쪽에는 낙동강의 지류인 양산천이 흐르며 북쪽으로는 형산강, 남쪽으로는 회야강이 흐른다. 행정구역상 울산광역시의 도심지를 가로질러 동해로 유입되는 도시하천이다. 과거에는 울산광역시 올주군 상북면의 가지산이 태화강의 발원지로 알려져 있었으나, 울산광역시에서 2006년도에 재조사한 결과 정확한 발원지는 백운산 탑골샘으로 밝혀졌다(Lee 2009). 태화강은 총연장 47.54 km, 유역면적 657.12 km<sup>2</sup>, 하폭 300 - 650 m인 비교적 규모가 큰 국가하천으로, 하류부는 만조 시 해수가 유입되는 감조하천이자 담수와 해수가 섞이는 기수역이 형성된다.

본 연구의 조사범위는 태화강 범서대교에서 울산항 제1부두까지 기수역을 형성하는 약 12 km 구간으로 하천 수위 및 유속이 주기적으로 변동하는 특징이 나타난다(Fig. 1). 조사구간 상류부는 하중도, 사력퇴적지, 망류하도 등이 분포하여 지형다양성이 높고 산지 및 구릉

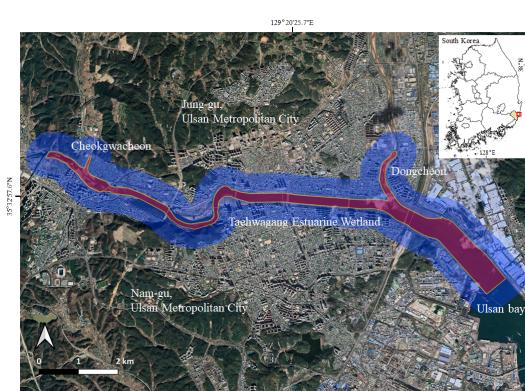
지와 인접하여 생태적 연결성이 우수한 것으로 확인되었다(Lee et al. 2023). 중하류부로 내려갈수록 단조로운 하천지형이 나타나며 하도 양안에 사력퇴단이 넓게 분포하여 태화강 국가정원이 조성되어 있다. 태화강 하류부와 하구역은 시가지와 공단이 밀집한 지역으로 산업단지와 항만 건설로 하천부지 일부가 매립되어 동천 합류부에서 확인되던 소규모 삼각주 지형이 사라지는 등 지형 환경의 변화가 큰 구간이며, 울산만과 맞닿는 최하류부는 간조 시에 사력퇴적지가 넓게 드러난다.

태화강하구습지가 위치한 울산시의 최근(1992년 - 2021년) 연평균기온은 14.49°C, 최고기온은 평균 19.45°C, 최저기온은 평균 10.26°C로 연교차는 약 9.2°C이다. 연평균강수량은 1,274 mm이며 이 중 50% 이상이 주로 하계에 집중되어 있다(KMA 2022).

### 2.2 연구방법

태화강하구습지의 환경 특성과 생태계 현황을 바탕으로 체계적인 보전 및 관리방안 제시를 위하여 습지의 물리적 환경, 식생 분포 및 생물상 현황을 종합 분석하였다. 습지라는 서식 공간을 주로 활용하는 생물 분야를 중심으로 서식 특성을 파악하고자 식생, 어류, 조류, 포유류, 담수무척추동물, 기수무척추동물 총 6개 분야를 선정하였으며, 조사시기는 분류군별 특성을 고려하여 3 - 10월 중 2 - 3회 조사를 진행하였다(Table 1, NIE 2022).

현장 조사는 내륙습지 조사지침을 준용하여 분야별 외부전문가를 활용하여 수행하였다(NIE 2020). 식생 조사는 Z.-M. 학파의 식물사회학적 방법에 따라 수행하였다(Braun-Blanquet 1965). 식물군락별로 획득한 식생조사표를 바탕으로 서식처 특성 및 단위식생을 분



**Fig. 1.** Map showing the study site of the Taehwagang River Estuarine Wetland, Korea. The lines on the keymap indicate the borders of the provinces.

**Table 1.** Survey period according to survey order for taxonomic group

Taxonomic group	1st survey	2nd survey	3rd survey
Vegetation	May	Jun	Aug
Fish	Apr	Jul	Sep
Bird	May	Jul	Oct
Mammal	-	Aug	Oct
Benthic invertebrate (fresh water)	Mar	Jul	Aug
Benthic invertebrate (sea water)	May	Jul	Oct

류하였으며, 정밀 항공사진과 유형화된 단위식생을 이용하여 현존식생도 작성 및 분포 면적을 산출하였다. 이 외의 5개 분야에 대한 생물상 조사는 분야별 조사 방법에 따라 분포현황과 종다양성을 조사하였으며, 이를 통해 멸종위기 야생생물, 고유종, 외래종, 생태계교란 생물 현황을 파악하였다. 또한 태화강하구습지 관련 문헌 자료를 활용하여 비교 분석을 수행하였으며 (NIER 2017), 이상의 결과를 종합 분석하여 도출된 태화강하구습지의 생태적 가치를 바탕으로 습지보호지역 지정 기준 검토 및 보전을 위한 관리 방안에 대한 제언이 이루어졌다.

### 3. 결 과

#### 3.1 식물군락의 다양성과 분포

태화강하구습지를 구성하는 식생은 서식처 특성 및 종조성에 따라 총 6개 상관식생형의 25개 식물군락으로 분류되었으며, 습지 선호도 (wetland preference)에 따라서 절대습지식물 (Obligate wetland plant; OBW) 11개, 양생식물 (Facultative plant, FAC) 1개, 임의육상식물 (Facultative upland plant, FACU) 1개, 절대육상식물 (Obligate upland plant, OBU) 12개로 확인되었다 (Table 2). 태화강하구습지를 대표하는 식생은 갈

**Table 2.** Vegetation diversity in the Taehwagang River Estuarine Wetland, Korea

Physiognomic type	Plant community	Wetland preference*	Area (m <sup>2</sup> )	Ratio (%)	
Willow vegetation	<i>Salix integra</i> community	OBW	800	0.14	1.35
	<i>Salix pierotii</i> community	OBW	3,167	0.56	
	<i>Salix chaenomeloides</i> community	OBW	3,676	0.65	
Lentic herbaceous vegetation	<i>Phragmitetum australis</i>	OBW	126,534	22.21	22.24
	<i>Scirpetum tabernaemontani</i>	OBW	172	0.03	
Lotic herbaceous vegetation	<i>Phragmites japonica</i> community	OBW	49,234	8.64	33.26
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> community	OBW	12,847	2.25	
	<i>Phalaridetum arundinaceae</i>	OBW	127,439	22.37	
Floating/submerged vegetation	<i>Nymphoides peltata</i> community	OBW	742	0.13	0.13
	<i>Ceratophyllum demersum</i> community	OBW	-	-	-
	<i>Spirodela polyrhiza</i> community	OBW	-	-	-
Summergreen broad-leaved forests	<i>Ulmus parvifolia</i> community	OBU	2,928	0.51	0.51
Substitutional vegetation	<i>Humulus japonicus</i> community	OBU	264	0.05	42.51
	<i>Bromus catharticus</i> community	OBU	30,165	5.29	
	<i>Bromus japonicus</i> community	FAC	24,392	4.28	
	<i>Lolium multiflorum</i> community	OBU	2,597	0.46	
	<i>Brassica napus</i> community	FACU	121,931	21.40	
	<i>Festuca arundinacea</i> community	OBU	7,595	1.33	
	<i>Ambrosia trifida</i> community	OBU	413	0.07	
	<i>Conyza canadensis</i> community	OBU	-	-	
	<i>Solidago altissima</i> community	OBU	333	0.06	
	<i>Robinia pseudoacacia</i> community	OBU	331	0.06	
	<i>Euonymus japonicas</i> - <i>Robinia pseudoacacia</i> community	OBU	23,451	4.11	
	<i>Pseudosasa japonica</i> community	OBU	26,026	4.57	
	<i>Amorpha fruticosa</i> community	OBU	4,733	0.83	
Total area			569,770	100.00	100.00

\*OBW, Obligate wetland plant; FACW, Facultative wetland plant; FAC, Facultative plant; FACU, Facultative upland plant; OBU, Obligate upland plant

풀군집, 갈대군집, 달뿌리풀군락 등 홍수터에서 생육하는 전형적인 하천 식생으로 척과천이 유입되는 상류부와 동천이 유입되는 하류부에 주로 분포하고 있었다. 특히 상류부는 하중도, 사력퇴, 분류하도 등 다양한 퇴적 지형이 발달하여 연목림, 정수 및 유수역 다년생 초본식생, 부유·침수식생 등 서식처 특성에 부합하는 다양한 상관식생형이 출현하였다. 세부적으로 모래가 집적된 하중도를 중심으로 개키버들과 왕버들군락이, 유속이 느리고 수심이 얕은 수변부에 노랑어리연군락이, 유속이 빨라지는 입지를 중심으로 검정말군락 등이 확인되었다.

태화강하구습지에는 국가정원이 조성되어 있어 유채군락, 이대군락, 큰이삭풀군락 등 대상식생이 가장 넓은 면적( $216,205\text{ m}^2$ )으로 분포하고 있으며, 그 다음

으로 유수역 다년생 초본식생( $189,520\text{ m}^2$ ), 정수역 다년생 초본식생( $126,706\text{ m}^2$ ) 순으로 분포 면적이 넓었다(Table 2, Fig. 2). 이 중 절대습지식물에 해당하는 갈풀군집(*Phalaridetum arundinaceae*,  $127,439\text{ m}^2$ )과 갈대군집(*Phragmitetum australis*,  $126,534\text{ m}^2$ )이 식생 분포 면적의 약 45%를 차지하는 등 분포 면적이 넓은 것으로 나타났다.

### 3.2 생물다양성 현황

습지를 주요 서식처로 활용하는 5개 생물 분야를 중심으로 현장 조사를 수행한 결과 총 156종이 확인되었다(Table 3, Appendix 1). 태화강 일대는 울산만과 연결되는 열린 하구로서 겨울철새의 서식처로 중요성이

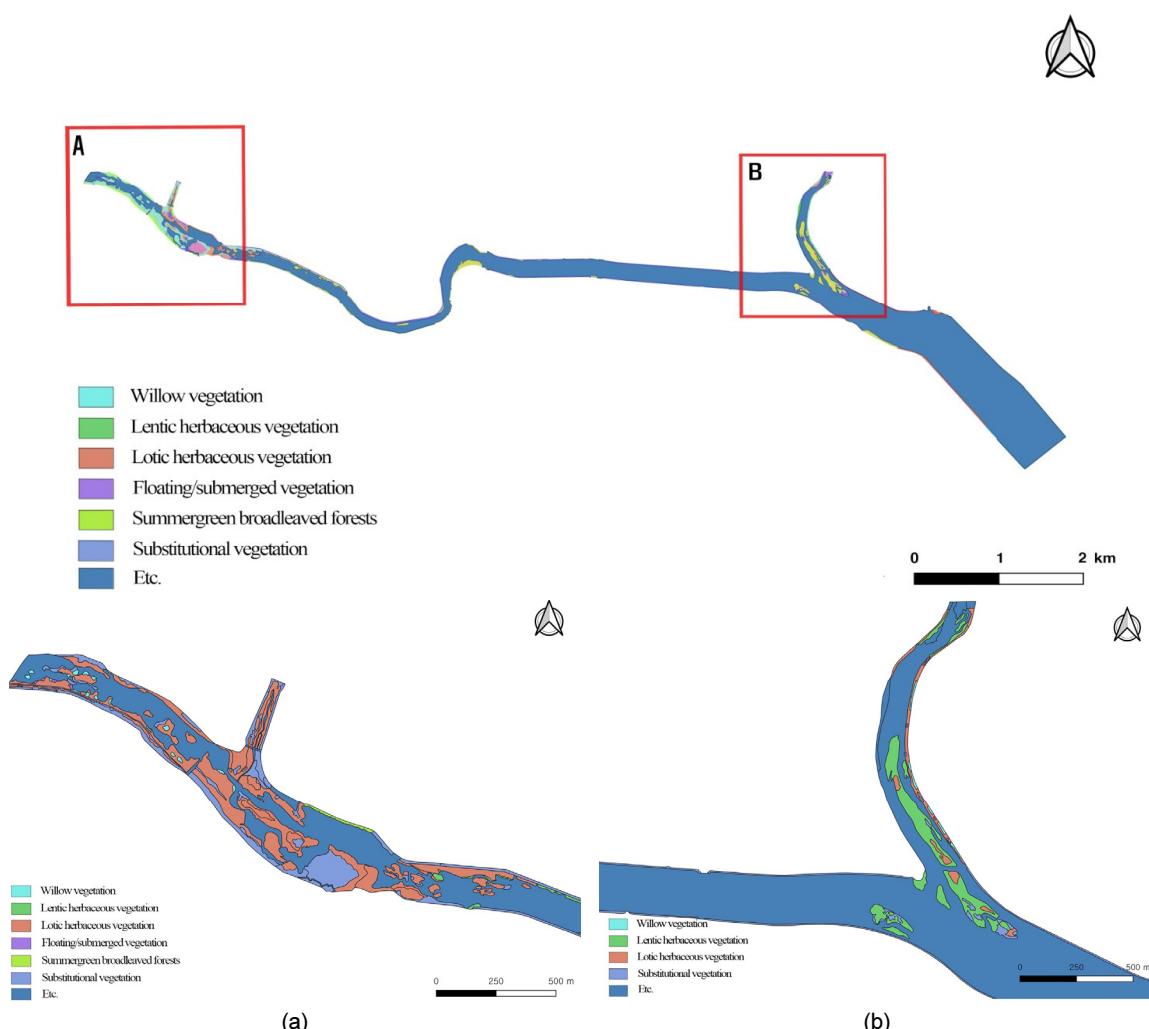


Fig. 2. Actual vegetation map of the Taehwagang River Estuarine Wetland, Korea.

**Table 3.** Number of species by taxonomic groups in 2017 and 2022 in the Taehwagang River Estuarine Wetland, Korea

Taxonomic group	Survey year		Total
	2017*	2022	
Plant	257	-	257
Amphibian/reptile	8	-	8
Fish	21	26	31
Terrestrial insect	213	-	213
Bird	82	76	96
Mammal	5	5	5
Benthic invertebrate (fresh water)	42	24	52
Benthic invertebrate (sea water)	22	25	34
Total	651	156	696

\*NIER (2017)

확인되어 2021년에 국제철새이동경로 네트워크 사이트(Flyway network site, FNS)로 등재되는 등 조류 분야의 종다양성이 특히 높은 것으로 나타났다. 이전 조사 자료를 비교 분석한 결과, 2017년에는 식물상, 양서·파충류, 육상곤충 분야가 추가로 조사되었으며 5개 분야에서는 담수무척추동물에서 18종이 감소하였고 나머지 분야는 비슷한 수준으로 유지되고 있었다. 담수무척추동물 분야는 조사 시간에 따라 해수 유입 범위가 달라져 담수 특성이 나타나는 상류부에서만 담수성 분류군의 서식이 제한적으로 확인되었기 때문에 종종부도가 감소한 것으로 판단된다. 이번 조사와 문헌 조사 결과를 종합하면 태화강하구습지 일대에 총 696종이 서식하는 것으로 나타났으며, 분야별 조사결과는 아래와 같다.

어류는 총 10과 26종 876개체가 확인되었다. 잉어과 어류가 9종으로 가장 많이 나타났으며 송어 (*Mugil cephalus*)와 피라미 (*Zacco platypus*)가 각각 우점 및 아우점하였다. 고유종은 동방종개 (*Ikssookimia yongdokensis*), 참몰개 (*Squalidus chankaensis tsuchigae*), 얼룩동사리 (*Odontobutis interrupta*), 동사리 (*Odon-tobutis platycephala*) 4종, 생태계교란 생물을 블루길 (*Lepomis macrochirus*)과 배스 (*Micropterus salmoides*)가 확인되었다. 또한 하구말단은 개방된 환경으로 하천과 바다를 오가는 양측회유성 (amphidromous) 및 강하성 (catadromous) 어종인 뱀장어 (*Anguilla japonica*), 황어 (*Tribolodon hakonensis*), 은어 (*Plecoglossus altivelis*)가 출현하였다. 2017년도 조사결과와 비교하면 10종이 새로이 출현하였으며 해산종에 속하는 노래미, 망상어 등 4종이 발견되지 않았다. 이는 하구습

지 특성상 상류부까지 해수의 영향이 미치는 만조 시기 조사 여부에 의해 출현종의 차이가 나타난 것으로 판단된다.

조류는 총 34과 76종 2,566개체가 확인되었다. 물닭 (*Fulica atra*)이 729개체로 우점하였고, 참새 (*Passer montanus*)가 266개체로 아우점하였다. 서식 유형별 도래 현황으로는 토성 28종 (36.8%), 여름철새 20종 (26.3%), 겨울철새 19종 (25.0%) 순으로 나타났으며, 수심이 얕은 지역은 수면성오리류와 갈매기류가, 수심이 깊은 하구말단은 참수성오리류가 우점하는 등 약 출현 개체의 65% (1,644개체) 이상이 물새류로 확인되었다. 2017년에는 겨울철 조사가 수행되어 황새, 혹부리오리, 청머리오리 등 겨울철새를 포함한 조류상에서 일부 차이가 나타났다.

포유류는 총 3목 5과 5종이 확인되었으며, 2017년과 출현종은 동일하였다. 고라니 (*Hydropotes inermis*)와 너구리 (*Nyctereutes procyonoides*)의 출현빈도가 높았으며, 중대형포유류의 흔적은 국가정원 이용에 따른 인간간섭이 심한 태화강하구습지 중하류부보다 수변 공간이 확보된 상류부에서 주로 확인되었다.

담수무척추동물은 총 19과 24종이 확인되었다. 수서곤충류 14종, 연갑강 2종 포함 절지동물류가 16종 (66.6%)으로 가장 많이 관찰되었으며, 이 밖에 연체동물류 6종 (25.0%), 환형동물류 2종 (8.0%) 순서로 나타났다. 우점종은 파리목의 깔따구류 (*Chironomidae* sp.), 아우점종은 옆새우류 (*Gammarus* sp.)로 확인되었다. 해수 유입에 따른 염분의 증가로 담수특성이 나타나는 최상류부에서 담수무척추동물의 서식이 주로 확인되었다. 기수무척추동물은 총 17과 25종이 확인되

었으며, 연체동물류 16종 (64.0%), 절지동물류 8종 (32.0%), 환형동물류 1종 (0.4%)이 관찰되었다. 해수에 직접적으로 영향을 받는 하류부의 갈대군락에서 말똥개 (*Chiromantes dehaani*)와 갈대밭기수우렁이 (*Assiminea hiradoensis*)의 출현 빈도가 높았다. 저서성 대형무척추동물은 크기가 작고 조사 지점의 차이로 2017년의 출현 종 구성과 크게 차이가 나타났다.

### 3.3 멸종위기 야생생물의 다양성과 분포 특성

태화강하구습지 일대에서 확인된 멸종위기 야생생물은 총 7종으로 I급 수달 (*Lutra lutra*), II급 노랑부리저어새 (*Platalea leucorodia*), 새호리기 (*Falco subbuteo*), 물수리 (*Pandion haliaetus*), 흰목물떼새 (*Charadrius placidus*), 삵 (*Prionailurus bengalensis*), 기수갈고등 (*Clithon retropictus*)이었다 (Table 4).

포유류 분야에서 수달은 상류부터 하류부까지 배설물이 확인됨에 따라 습지 전 구간을 서식처로 이용하는 것으로 판단되며, 끄리, 피라미, 숭어 등 다양한 어류가 서식하여 먹이원도 풍부한 것으로 나타났다. 반면 삵은 해수 유입의 영향이 적은 상류부에서만 배설물이 확인되었으며 무인센서카메라에서 실체가 포착되었다.

조류 분야에서 노랑부리저어새는 명촌대교 부근 수심이 얕은 곳에서 휴식 중인 개체가 확인되었으며, 맹금류인 새호리기와 물수리는 태화강하구습지 상공에서 이동하는 개체가 확인되었다. 흰목물떼새는 모래톱과 자갈밭이 발달한 태화강으로 유입되는 동천하구 중류부에서 확인되었다.

기수역의 독특한 환경에 서식하는 기수갈고등은 동천 합수부와 명촌대교 하류부에서 각각 37개체와 2개체가 확인되었다. 명촌대교 하류부는 태화강 본류 구간에 해당하여 수심이 깊고 하폭이 넓어 정수 구간이 형성되므로 기수갈고등 서식에는 부적합한 환경으로 판단된다.

## 4. 고찰

### 4.1 식생 분포에 따른 습지 생태계 특성

태화강하구습지의 중부지역은 국가정원을 비롯하여 공원, 풋살장, 주차장 등 다양한 인공 시설물이 설치되어 있어, 이에 상응하는 유채군락 환삼덩굴군락, 망초군락, 단풍잎돼지풀군락, 양미역취군락 등의 대상식생이 넓은 면적으로 분포하여 전형적인 하천 식생과는 다른 이질적인 경관이 나타나고 있다. 그럼에도 불구하고 상류부와 하류부에 비교적 넓은 수변부와 하중도가 발달하여 연목림에서부터 부유·침수식생까지 다양한 유형의 습지식생이 분포하고 있으며, 총 6개 상관식생형의 25개 식물군락이 확인되었다.

본 연구지역에서는 전형적인 하천식생에 해당하는 갈풀군집, 갈대군집, 달뿌리풀군락 순으로 우점하고 있었다. 갈풀군집은 상류부와 하류부 홍수터를 중심으로 발달하고 있으며, 물억새군락보다 수환경에 가까운 입지를 선호하여 비교적 낮은 고도의 평탄지를 중심으로 생육하고 있었다. 갈대군집은 전 구간에 걸쳐 단순 우점하는 상관으로 대상분포하며, 자연적인 하천지형이 위치한 하류부 간석지에서 비교적 넓게 발달하였다. 일반적으로 하천 폭이 넓을수록 수심이 낮게 유지되어 갈대군집이 발달하기에 좋은 환경을 형성하나, 태화강하구습지에서는 하류부에서만 넓은 면적으로 발달하고 있었다. 하천정비작업에 의해 인공소재로 구성된 둑치 등 인위적인 하천지형이 발달하고, 급격한 지형 구배가 나타나는 지형적 특성으로 갈대군집이 발달 가능한 서식처 범위가 좁게 나타난 것으로 판단된다 (Carlson Mazur et al. 2014). 달뿌리풀군락은 조사지점의 상류부에 해당하는 태화강으로 유입되는 척과천 지역의 선상을 중심으로 분포하고 있었다. 척과천은 태화강에 합류하는 하천 가운데에서도 좁은 하천폭을 나타내어 장마 또는 강우 시 빠른 유속 환경을 보이고 있다. 달뿌

**Table 4.** The list of endangered species designated by the Korea Ministry of Environment in the Taehwagang River Estuarine Wetland, Korea

Taxonomic group	Endangered species category	
	I	II
Bird	-	<i>Charadrius placidus</i> , <i>Falco subbuteo</i> , <i>Pandion haliaetus</i> , <i>Platalea leucorodia</i>
Mammal	<i>Lutra lutra</i>	<i>Prionailurus bengalensis</i>
Benthic invertebrate (sea water)	-	<i>Clithon retropictus</i>

리풀균락은 이와 같은 빠른 유속에 내성을 가지므로 비교적 넓게 분포하는 것으로 판단된다(Park et al. 2018).

태화강하구습지 일대는 초본류 위주의 자연 하천식 생이 우점함에 따라 천이 초기 단계로 평가될 수 있겠지만, 상류와 하류부는 자연적인 하천지형의 발달로 습지 식물군락의 다양성이 높은 지역이므로 지속적인 관리를 통해 자연적 천이가 유도된다면 식생의 보전가치는 상승할 것으로 판단된다.

#### 4.2 생물종 분포 특성

태화강하구습지는 울산만과 맞닿는 개방된 환경으로 종적 연결성이 확보되어 있으며 구간별 서식처 및 지형 특성에 부합하는 생물종이 분포하고 있었다. 상류부에는 보 건설에 따른 정수역이 형성되어 노랑어리연, 애기마름 등 부유·부엽식물이 생육하며 중류부에는 대나무군락이 넓게 발달하여 백로 및 까마귀류의 집단서식이, 하류부에는 갈대군락이 우점하는 사질간석지가 발달하여 기수갈고등, 말똥개 등 기수무척추동물 중심으로 서식이 확인되었다. 특히 생태적 연결성이 양호하여 회유성 어종인 황어, 은어, 뱀장어가 태화강 및 동천 상류부에서 서식이 확인되었다. 황어와 은어는 봄철 산란을 위해 강으로 소상한 개체들과 당해연도 부화한 개체이며, 뱀장어는 인근 연안에 산란된 치어가 강으로 소상한 것으로 판단된다. 또한 하구를 주서식처로 살아가는 기수성 어종이 6종(23%), 퇴적물 또는 하상구조의 건강성을 평가하는 저서성 어종이 12종(46%) 등 다양한 기능군을 가지는 종이 서식하여 어류 서식처로 가치가 높은 것으로 판단된다. 저서성대형무척추동물 분야에서도 마찬가지로 하구를 주 서식처로 살아가는 기수종이 23종(49%), 수환경의 오염상태를 평가하는 지표인 민감종은 14종(30%) 출현함으로써 기수성 무척추동물의 건강성은 양호한 것으로 판단된다. 하구습지는 담수와 해수가 혼합되는 기수역이 형성되는 구간으로 생태적 연결성이 확보되어 염분 농도가 안정적으로 조절되면 서로 다른 생태학적 조건에 적응하는 생물들이 서식 및 번식하게 되며, 이로 인해 생물다양성이 풍부해지며 안정적인 생태계가 유지될 수 있다(van der Linden et al. 2012). 태화강하구습지는 만조 시 태화교 부근에서 염도가 2.51 psu로 나타나 해수의 영향을 받는 구간은 하구말단을 기준으로 약 7km인 것으로 확인된다. 자연스러운 염도 구배가 형성되므로 생태계

관점에서 보전 가치가 높은 것으로 판단된다(Chu et al. 2022, NIE 2022).

하폭이 넓고 수심의 변동 폭이 구간별로 다양하여 수환경을 선호하는 잠수 및 수면성오리류 등 물새류가 52%(39종)를 차지하였다. 서식 환경별로 수심이 깊은 중하류부는 잠수성오리류와 뜰부기류가, 수심이 얕은 상류부와 모래톱이 발달한 지천 합수부는 수면성오리류와 할미새류의 채식 및 월동지로 적합한 환경이었다(Baek et al. 2010). 특히 태화강하구습지 일대는 세계 150번째, 국내 17번째로 국제철새이동경로 네트워크 사이트(Flyway Network Site)로 등재되었으며, 3년(2018년 - 2020년) 평균 4만 마리를 부양하는 것으로 보고되었다(EAAFP 2023). 철새 이동 경로상에서 공통으로 출현하는 이동성 물새의 종, 개체군 그리고 서식지의 상호연결성을 의미하는 것으로, 이동하는 동안 생산성이 높은 습지에서 휴식 및 먹이활동을 수행해야 하므로 태화강하구습지를 보전하는 것은 필수적이며 동시에 겨울철새의 중간기착 및 월동지로 가치가 높은 것으로 판단된다. 반면 포유류 분야에서 수달을 제외한 대부분의 종은 산림과 인접하거나 충분한 수변 공간이 확보된 상류부에서만 제한적으로 확인되어 안정적인 서식 공간을 확보하거나 주변 산림생태계와 연결성을 증가시키는 방안이 필요한 것으로 나타났다. 돋질산(울산남구 여천동)과 마골산(울산 북구 양정동) 등 동서 및 남북 간의 산지축 복원으로 지형·생태적 연결성을 증가시킨다면 태화강하구습지 일대 서식처 및 생물다양성 증진에 획기적인 역할을 수행할 것으로 판단된다.

기존에 지정된 하구습지 유형의 습지보호지역 3개소 한강하구, 순천 동천하구, 고창 인천강하구에서 출현한 생물종은 평균적으로 멸종위기 야생생물 14종 포함 약 1,100종으로 확인되었다(NIE 2023). 식물과 육상곤충의 출현종수가 700종 이상 높은 비율을 차지하고 있어 태화강하구습지의 생물다양성 수준과 유사한 것으로 판단된다. 하구습지의 주 기능은 이동물새의 주요 서식지로 3개소 모두 동일한 기능을 수행하고 있었다. 현재 동해안과 연결되며 면적이 넓고 FNS로 등재된 습지는 태화강하구습지가 유일하다. 이외에도 다양한 지형 및 경관적 가치도 지니고 있기에 습지보전법 제8조에 따른 습지보호지역 지정 기준에 부합할 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결론 및 제언

본 연구는 태화강하구습지를 대상으로 식생 및 생물상 분포 특성을 종합 분석하여 보전가치를 도출하고 관리방안을 제시하기 위해 수행되었다. 태화강하구습지는 인위적 간섭을 지속적으로 받는 도심을 관류하고 있으나 사력퇴적지, 망류하도, 사력퇴단 등 비교적 다양한 하천지형이 발달하여, 이에 조응하는 식생 및 생물상이 분포하고 있었다(Lee et al. 2023). 또한 과거 조사 결과와 비교 시 조사시기와 횟수에 따라 생물종 구성의 일부 변화는 있었으나 하구 특성을 반영하는 좋은 지속해서 출현하고 있었다. 상류부는 지형다양성이 우수하고 인접 산림과의 연결성이 높아 연목림, 다년생 초본식생, 부유·침수식생 등 다양한 생활형의 하천식생이 발달하고 조류, 포유류, 저서무척추동물의 종다양성 증진에 기여하는 것으로 확인되었다. 중하류부는 갑조구간이 넓게 형성되고 간석지가 발달하여 기수종, 저서종 등 다양한 기능군을 갖는 생물들의 서식과 조류의 철새도래지로 중요한 역할을 수행하고 있었다.

태화강하구습지는 지속된 생태복원과 수질개선 사업으로 도심생태하천으로 거듭나고 있음에도 불구하고, 주변으로 시가지 및 산업단지가 위치하고 태화강 국가정원 이용으로 교란 강도가 강하고 빈번하게 나타나고 있다. 우수 관로를 통해 유입되는 각종 비점오염원에 의한 수질 오염 및 악취 발생 여부에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 수변부에는 국가정원, 주차장, 자전거도로 등이 조성되어 이질적인 인공 경관을 보이며 높은 강도의 인간 간섭이 일어나므로 습지 및 환경보전에 대한 인식 증진이 필요하다. 또한 양미역취, 단풍잎돼지풀, 블루길, 배스 등 생태계교란 생물 12종이 서식하는 것으로 확인되어 적극적인 방제 사업을 통해 생물다양성을 보전하고 생태계 안정성 유지에 기여할 필요가 있다.

## 감사의 글

본 연구는 국립생태원 “하구 생태계 조사(‘23) NIE-법정연구-2023-20)”의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 조사에 참여하신 모든 분들과 관계자분들께 감사드립니다.

## References

- Baek, C.R., Yi, J.H., Oh, T.H., Yeom, K.S., Han, I.H., Jung, J.W., and Cho, S.R. 2010. Investigation of habitat preferences, according to changed of water level in ducks. Kor. J. Orni. 17(3): 205-216. (in Korean)
- Braun-Blanquet, J. 1965. Plant sociology: the study of plant communities. Transl. rev. and ed. by C.D. Fuller & H.S. Conard. Hafner, London, p. 439
- Carlson Mazur, M.L., Kowalski, K.P., and Galbraith, D. 2014. Assessment of suitable habitat for *Phragmites australis* (common reed) in the Great Lakes coastal zone. Aquatic Invasions 9(1): 1-19.
- Chabrerie, O., Poudevigne, I., Bureau, F., Vincelas-Akpa, M., Nebbache, S., Aubert, M., Bourcier, A., and Alard, D. 2001. Biodiversity and ecosystem functions in wetlands: a case study in the estuary of the Seine river, France. Estuaries 24: 1088-1096.
- Chu, Y., Cho, K.J., and Lim, J. 2022. Characteristics of Vegetation and Biota in the Gahwacheon Estuarine Wetland, Sacheon, South Korea: Proposals for the Ecosystem Conservation. Ecology and Resilient Infrastructure 9(4): 237-246. (in Korean)
- Costanza, R., Kemp, W.M., and Boynton, W.R. 1997. Predictability, scale and biodiversity in coastal and estuarine ecosystems: implications for management. Ambio 22: 88-96.
- Douglas, E.J., Bulmer, R.H., MacDonald, I.T., and Lohrer, A.M. 2022. Estuaries as coastal reactors: importance of shallow seafloor habitats for primary productivity and nutrient transformation, and impacts of sea level rise. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 56(3): 553-569.
- Duarte, C.M., Borja, A., Carstensen, J., Elliott, M., Krause-Jensen, D., and Marbà, N. 2015. Paradigms in the recovery of estuarine and coastal ecosystems. Estuaries and Coasts 38: 1202-1212.
- EAAFP. 2023. East Asian-Australasian Flyway Partnership. <https://www.eaaflyway.net>. Accessed 01 September 2023.
- Greening, H., Janicki, A., Sherwood, E.T., Pribble, R., and Johansson, J.O.R. 2014. Ecosystem responses to long-term nutrient management in an urban estuary: Tampa Bay, Florida, USA. Estuarine, Coastal and Shelf Science 151: A1-A16.
- Kim, H., Yoon, S.O., and Hwang, S.G. 2016. The Change of Vegetation Environment since middle-late Holocene in the lower reaches of Taehwa River, Taehwa-dong, Ulsan-si, Korea. Journal of the Korean Geomorphological Association 23(2): 1-13. (in Korean)
- Kim, J.D., Yang, H., Cho, Y.C., Kim, Y.C., and Cho, M.Y. 2010. Monitoring of pathogens and characteristics

- of fish community in the Taewha River. Korean Journal of Environmental Biology 28(3): 143-149. (in Korean)
- Kim, S.H., Kim, H.T., and Woo, H.S. 2011. Reviving the River of Life: Interactions between Rivers, Wildlife, and Humans. Water for future 44(5): 23-31. (in Korean)
- KMA. 2022. Open MET Data Portal. <https://data.kma.go.kr>. Accessed 01 September 2023. (in Korean)
- Lee, J.N. 2005. Winter bird monitoring of lower Taehwa river in the Ulsan city. Journal of Wetlands Research 7(4): 81-88. (in Korean)
- Lee, S., Chu, Y., and Oh, J.S. 2023. Environmental Characteristics in Taehwa Estuary Zone and Its Sustainable Management. Journal of the Association of Korean Photo-Geographers 33(1): 19-31. (in Korean)
- Lee, S.U. 2009. Ulsan's lifeline-Finding Taehwagang River Station. River and Culture 5(1): 71-78. (in Korean)
- Lotze, H.K., Lenihan, H.S., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R.G., Kay, M.C., Kidwell, S.M., Kirby, M.X., Peterson, C.H., and Jackson, J.B. 2006. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. Science (New York, N.Y.), 312(5781): 1806-1809.
- NIE. 2020. Inland Wetland Survey Guidelines. National Institute of Ecology, Seocheon, South Korea. (in Korean)
- NIE. 2022. Survey on Estuarine Ecosystem ('22). National Institute of Ecology, Seocheon, South Korea. (in Korean)
- NIE. 2023. National Institute of Ecology. <https://nie.re.kr>. Accessed 01 September 2023. (in Korean)
- NIER. 2017. The Intensive Survey on Estuarine Ecosystem (2017). National Institute of Environmental Research, Incheon, South Korea. (in Korean)
- O'Brien, A., Townsend, K., Hale, R., Sharley, D., and Pettigrove, V. 2016. How is ecosystem health defined and measured? A critical review of freshwater and estuarine studies. Ecological Indicators 69(2016): 722-729.
- Park, H.J., Nam, B.E., Hong, M.G., and Kim, J.G. 2018. Slope and soil nutrients can explain the distribution of *Phragmites australis* and *Phragmites japonica* in riparian wetlands. River Research and Applications 34(9): 1229-1233.
- Sawyer, A.H., Shi, F., Kirby, J.T., and Michael, H.A. 2013. Dynamic response of surface water-groundwater exchange to currents, tides, and waves in a shallow estuary. Journal of Geophysical Research: Oceans 118(4): 1749-1758.
- van der Linden, P., Patricio, J., Marchini, A., Cid, N., Neto, J.M., and Marques, J.C. 2012. A biological trait approach to assess the functional composition of subtidal benthic communities in an estuarine ecosystem. Ecological Indicators 20(2012): 121-133.
- Wolanski, E. and Elliott, M. 2015. Estuarine Ecohydrology: An Introduction. 2nd edition. Elsevier Science, Amsterdam, Oxford.
- Wołowicz, M., Sokołowski, A., and Lasota, R. 2007. Estuaries - a biological point of view. Oceanological and Hydrobiological Studies 36(3): 113-130.
- Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S., ... and Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. Science 314(5800): 787-790.
- Zu Ermgassen, P.S., Spalding, M.D., Grizzle, R.E., and Brumbaugh, R.D. 2013. Quantifying the loss of a marine ecosystem service: filtration by the eastern oyster in US estuaries. Estuaries and coasts 36: 36-43.

**Appendix 1.** The list of species in the Taehwagang River Estuarine Wetland, Korea

Family	Scientific name	Korean name	Remarks
<b>Fish</b>			
Anguillidae	<i>Anguilla japonica</i>	뱾장어	
Centrarchidae	<i>Lepomis macrochirus</i>	블루길	Invasive alien plant
	<i>Micropterus salmoides</i>	배스	Invasive alien plant
Centropomidae	<i>Coreoperca herzi</i>	꺽지	
Cobitidae	<i>Cobitis hankugensis</i>	기름종개	
	<i>Iksookimia yongdokensis</i>	동방종개	
	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	미꾸리	
Cyprinidae	<i>Hemibarbus labeo</i>	누치	
	<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	꼬리	
	<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	참물개	
	<i>Zacco platypus</i>	피라미	
	<i>Carassius auratus</i>	붕어	
	<i>Cyprinus carpio</i>	잉어	
	<i>Tribolodon hakonensis</i>	황어	
	<i>Erythroculter erythropterus</i>	강준치	
	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	버들치	
Gobiidae	<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어	
	<i>Tridentiger brevispinis</i>	민물검정망둑	
	<i>Rhinogobius giurinus</i>	갈문망둑	
	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	문절망둑	
	<i>Gymnogobius urotaenia</i>	꼭저구	
Moronidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>	농어	
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	송어	
Odontobutidae	<i>Odontobutis platycephala</i>	동사리	
	<i>Odontobutis interrupta</i>	얼룩동사리	
Osmeridae	<i>Plecoglossus altivelis</i>	은어	
<b>Bird</b>			
Accipitridae	<i>Pandion haliaetus</i>	물수리	Endangered species II
Aegithalidae	<i>Aegithalos caudatus</i>	오목눈이	
Alaudidae	<i>Alauda arvensis</i>	종다리	
Alcedinidae	<i>Alcedo atthis</i>	물총새	
Anatidae	<i>Anas poecilorhyncha</i>	흰뺨검둥오리	
	<i>Anas penelope</i>	홍머리오리	
	<i>Anas crecca</i>	쇠오리	
	<i>Anas platyrhynchos</i>	청둥오리	
	<i>Aythya fuligula</i>	댕기흰죽지	
	<i>Anas strepera</i>	알락오리	
	<i>Aythya ferina</i>	흰죽지	
	<i>Mergus serrator</i>	바다비오리	
	<i>Mergus merganser</i>	비오리	
Ardeidae	<i>Ardea alba alba</i>	대백로	
	<i>Ardea cinerea</i>	왜가리	
	<i>Egretta garzetta</i>	쇠백로	
	<i>Ardea alba</i>	중대백로	
	<i>Bubulcus ibis</i>	황로	
	<i>Nycticorax nycticorax</i>	해오라기	
	<i>Butorides striata</i>	검은댕기해오라기	
Charadriidae	<i>Charadrius dubius</i>	꼬마물떼새	
	<i>Charadrius placidus</i>	흰목물떼새	Endangered species II
Columbidae	<i>Streptopelia orientalis</i>	멧비둘기	
	<i>Columba livia domestica</i>	집비둘기	
Coraciidae	<i>Eurystomus orientalis</i>	파랑새	

**Appendix 1.** Continued

Family	Scientific name	Korean name	Remarks
Corvidae	<i>Pica pica</i>	까치	
	<i>Corvus frugilegus</i>	떼까마귀	
	<i>Corvus macrorhynchos</i>	큰부리까마귀	
	<i>Garrulus glandarius</i>	어치	
Cuculidae	<i>Cuculus canorus</i>	빠꾸기	
Emberizidae	<i>Emberiza elegans</i>	노랑턱멧새	
Falconidae	<i>Falco subbuteo</i>	새호리기	Endangered species II
Fringillidae	<i>Carduelis sinica</i>	방울새	
Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	제비	
	<i>Cecropis daurica</i>	귀제비	
Laridae	<i>Larus crassirostris</i>	팽이갈매기	
	<i>Larus argentatus</i>	재갈매기	
	<i>Larus ridibundus</i>	붉은부리갈매기	
	<i>Chlidonias hybrida</i>	구레나룻제비갈매기	
	<i>Sterna hirundo</i>	제비갈매기	
	<i>Larus cachinnans</i>	한국재갈매기	
Motacillidae	<i>Motacilla alba lugens</i>	백할미새	
	<i>Motacilla alba</i>	알락할미새	
	<i>Motacilla cinerea</i>	노랑할미새	
	<i>Motacilla grandis</i>	검은등 할미새	
	<i>Anthus hodgsoni</i>	횡등새	
Muscicapidae	<i>Phoenicurus auroreus</i>	딱새	
Paridae	<i>Saxicola torquatus</i>	검은딱새	
	<i>Parus major</i>	박새	
	<i>Parus palustris</i>	쇠박새	
Passeridae	<i>Parus ater</i>	진박새	
	<i>Passer montanus</i>	참새	
	<i>Phalacrocorax capillatus</i>	가마우지	
Phasianidae	<i>Phalacrocorax carbo</i>	민물가마우지	
	<i>Phasianus colchicus</i>	꿩	
Picidae	<i>Dendrocopos kizuki</i>	쇠딱다구리	
	<i>Picus canus</i>	청딱다구리	
	<i>Dendrocopos major</i>	오색딱다구리	
Podicipedidae	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	논병아리	
	<i>Podiceps cristatus</i>	뿔논병아리	
Pycnonotidae	<i>Microscelis amaurotis</i>	직박구리	
	<i>Pycnonotus sinensis</i>	검은이마직박구리	
Rallidae	<i>Gallinula chloropus</i>	쇠물닭	
	<i>Fulica atra</i>	물닭	
Scolopacidae	<i>Actitis hypoleucos</i>	깝작도요	
	<i>Heteroscelus brevipes</i>	노랑발도요	
	<i>Tringa nebularia</i>	청다리도요	
Sturnidae	<i>Sturnus sericeus</i>	붉은부리찌르레기	
	<i>Sturnus cineraceus</i>	찌르레기	
Sylviidae	<i>Acrocephalus orientalis</i>	개개비	
	<i>Phylloscopus inornatus</i>	노랑눈썹솔새	
Threskiornithidae	<i>Platalea leucorodia</i>	노랑부리저어새	Endangered species II
Timaliidae	<i>Paradoxornis webbianus</i>	붉은머리오목눈이	
Troglodytidae	<i>Troglodytes troglodytes</i>	굴뚝새	
Turdidae	<i>Turdus eunomus</i>	개똥지빠귀	
Zosteropidae	<i>Zosterops japonicus</i>	동박새	
<b>Mammal</b>			
Canidae	<i>Nyctereutes procyonoides</i>	너구리	
Cervidae	<i>Hydropotes inermis</i>	고라니	

**Appendix 1.** Continued

Family	Scientific name	Korean name	Remarks
Felidae	<i>Prionailurus bengalensis</i>	삵	Endangered species II
Mustelidae	<i>Lutra lutra</i>	수달	Endangered species I
Talpidae	<i>Mogera robusta</i>	두더지	
<b>Benthic invertebrate</b>			
Assimineidae	<i>Assiminea lutea</i>	좁기수우렁이	
	<i>Assiminea hiradoensis</i>	갈대밭기수우렁이	
	<i>Assiminea japonica</i>	기수우렁이	
Atyidae	<i>Neocaridina denticulata denticulata</i>	새뱅이	
Baetidae	<i>Procloeon pennulum</i>	갈고리하루살이	
	<i>Baetis fuscatus</i>	개똥하루살이	
	<i>Acentrella sibirica</i>	콩알하루살이	
Balanidae	<i>Fistulobalanus albicostatus</i>	고랑따개비	
	<i>Amphibalanus reticulatus</i>	줄따개비	
	<i>Amphibalanus improvisus</i>	흰따개비	
Calopterygidae	<i>Atrocalopteryx atrata</i>	검은물잠자리	
Coenagrionidae	<i>Paracercion calamorum</i>	등검은실잠자리	
	<i>Ischnura asiatica</i>	아시아실잠자리	
Corophiidae	<i>Sinocorophium sinensis</i>	중국뱀옆새우	
Cyrenidae	<i>Corbicula papyracea</i>	엷은재첩	
	<i>Corbicula japonica</i>	일본재첩	
	<i>Corbicula fluminea</i>	재첩	
Ephemerallidae	<i>Teloganopsis punctisetae</i>	등줄하루살이	
Ephemeridae	<i>Ephemera orientalis</i>	동양하루살이	
Erpobdellidae	<i>Erpobdella lineata</i>	돌거머리	
Gerridae	<i>Aquarius paludum paludum</i>	소금쟁이	
Gomphidae	<i>Davidius lunatus</i>	쇠족범잠자리	
Heptageniidae	<i>Epeorus pellucidus</i>	부채하루살이	
Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	꼬마줄날도래	
	<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	줄날도래	
	<i>Hydropsyche valvata</i>	흰점줄날도래	
Laternulidae	<i>Laternula gracilis</i>	띠조개	
Ligiidae	<i>Ligia exotica</i>	갯강구	
Lymnaeidae	<i>Radix auricularia</i>	물달팽이	
Mytilidae	<i>Limnoperna fortunei</i>	민물담치	
	<i>Xenostrobus securis</i>	바다살이민물담치	
	<i>Arcuatula senhousia</i>	종잇	
	<i>Mytilus unguiculatus</i>	총합	
Nereididae	<i>Hediste japonica</i>	참갓지렁이	
Neritidae	<i>Clithon retropictum</i>	기수갈고동	Endangered species II
Ostreidae	<i>Magallana gigas</i>	굴	
Palaemonidae	<i>Palaemon paucidens</i>	줄새우	
Physidae	<i>Physa acuta</i>	원돌이물달팽이	
Pleuroceridae	<i>Semisulcospira gottschei</i>	곳체다슬기	
Sesarmidae	<i>Chiromantes dehaani</i>	말뚱게	
Sphaeromatidae	<i>Gnorimosphaeroma nakdongense</i>	낙동잔벌레	
Succineidae	<i>Oxyloma hirasei</i>	뾰족짬물우렁이	
Talitridae	<i>Platorchestia joi</i>	도약엎새우	
Trapeziidae	<i>Neotrapezium liratum</i>	돌고부지	
Tubificidae	<i>Limnodrilus gotoi</i>	실지렁이	
Varunidae	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	풀게	
	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	무늬발게	
	<i>Helice tridens</i>	방게	
Veneridae	<i>Cyclina sinensis</i>	가무락조개	