

탐진강 하구역의 생물다양성과 생태적 특성 분석 연구

임정철·김태성[†]

국립환경과학원 국립습지센터

Analysis of Biodiversity and Ecological Characteristics on Tamjin-river Estuarine Ecosystem

Jeongcheol Lim·Taesung Kim

National Wetlands Center, National Institute of Environmental Research

(Received : 17 April 2018, Revised: 14 May 2018, Accepted: 18 May 2018)

요약

본 연구는 탐진강 하구역 생물군집의 군집 동태 및 분포 조건을 통해 기수지역 생태계 관리의 기초정보를 제공하기 위해 각 분류군별 전문가들이 정밀 조사한 결과를 분석하였다. 식생을 포함한 총 11개 생물 분류군에 대한 생물종의 다양성, 풍부성, 상관관계 및 생태적 특성을 분석하였다. 분석 결과 식생은 하천의 물리적 환경과 염도 등 서식처 환경조건에 따라 7개 상관형에 18개 단위식생의 분포가 확인 되었다. 생물종 다양성은 멸종위기야생생물 9분류군을 포함해 총 1,125개 분류군이 확인되었다. 각 분류군별 종조성과 분포 특성은 넓은 구간에 걸쳐 형성되는 자연성 높은 기수역의 하구역 특성을 잘 반영하고 있었다. 특히, 하천을 중심으로 유속과 염도, 토성 등 기반환경 차이에 따른 종다양성과 그 분포가 뚜렷하게 구분되었다. 일부구간에 분포하는 물막이보, 인공제방과 같은 인위적 교란요소에도 불구하고 현재의 환경조건 하에서 생물종의 다양성과 그 분포는 전반적으로 자연성 높은 것으로 평가되었다. 그러나 물막이보, 간척, 주기적인 제방관리, 경작지 확장 등에 의한 야생생물의 서식처 소실과 축소, 생태계 연결성 단절 등은 지역 생태계의 다양성과 건강성을 위협하는 주요 요인으로 지목되었다. 탐진강 하구역의 생물 분포 현황과 그 특성을 규명하는 최초의 정밀조사로서 탐진강을 비롯한 하구역에 대한 각종 개발압력 및 훼손 위기에 대응 할 수 있는 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

핵심용어 : 하구습지, 서식처, 연결성, 기수역, 보전

Abstract

This study was performed to analyze the dynamics and distributional condition of biological community and to support the basic information about the estuarine ecosystem management by using the intensively surveyed results by each taxon experts around Tamjin river. We analyzed the biological diversity, abundance, correlation among species, and ecological characteristics about 11 taxa groups including vegetation, fish, birds, mammals, etc. in the Tamjin river estuarine ecosystem. We classified vegetation types into 7 physiognomic types and 18 communities according to habitat conditions with the physical environments and salinity. In total, 1125 species including 9 species of endangered species were identified in research area. The species composition and distributional characteristics of each taxon were corresponded to the environmental characteristics of the estuarine ecosystem. Especially, the species diversity and distribution were clearly distinguished in the river according to the difference of the environmental factors such as flow rate, salinity, and soil. Despite the disturbance factors such as barrage and levees, the biodiversity and its distribution were evaluated to be high level under the current environmental conditions. However, loss or reduction of wildlife habitat due to reclamation, embankment, barrage installation and expansion of farmland has been identified as a major threat to the diversity and health of the local ecosystem. The results of this study can be used as a basic data to cope with various development pressure and damage crisis of the whole estuaries including Tamjin river.

Key words : Estuarine wetlands, Habitat, Connectivity, Brackish water zone, Conservation

[†] To whom correspondence should be addressed.
National Wetlands Center, National Institute of Environmental Research
E-mail: kimts3@korea.kr

1. 서론

하구역은 담수와 염수가 교차하는 생태적 전이지역인 기수역 생태계이자 물리적, 화학적, 생물학적으로 독특한 조합을 이루는 지역으로서 지구상 가장 높은 생산성을 보유하고 있는 생태계로 알려져 있다(Western and Scheele 1996, Costanza et al. 1997). 하구는 홍수 및 해일 피해를 줄여주는 자연재해 방지기능, 빼어난 경관이 가지는 심미적 기능, 위락 및 휴식장소의 제공, 해상운송 및 산업의 적지 등 다양한 사회·경제적, 환경·생태적 가치를 함께 가지고 있다(Mitsch and Gosselink 2000, Lee et al. 2004). 그러나 최근 하천 구조물 증가에 의한 유속 및 유량감소와 함께 하구 일대에 대한 난개발로 고유 생태계의 질적 저하가 가중(Lu et al. 2002, Han 2009, Wang et al. 2010)되고 있다. 이러한 문제점들은 하구의 수생태계와 하구역 생태계 전반에 대한 체계적 관리의 필요성을 강조하고 있다. 이를 위해 환경부는 2004년부터 “하구역 생태계 정밀조사”를 수행하고 있으며, 하구습지와 그 주변의 생태계를 포괄적으로 포함하는 「하구역」 생태계에 대한 유일한 정밀조사로 진행되고 있다. 본 정밀조사는 전국의 연안하구, 하천하구 및 하구 영향 육역 가운데 생태적 가치가 높은 것으로 평가되는 지역을 대상으로 수행되고 있다. 조사목적은 궁극적으로 하구역 생태계에 대한 체계적인 보전 및 관리의 근거 마련이며, 하구역 일대의 환경 특성과 생물분포 현황파악을 통해 실질적인 생태계 보전 및 관리를 위한 정책과 제도를 마련하는데 활용될 것으로 기대된다. 습지의 보전 및 이용에 관련된 정책과 계획 등을 지원함으로써 이해관계에 있는 당사자들 간의 갈등을 해결 할 수 있는 방안마련과, 국민들이 하구역 생태계에 대한 이해와 이용에 활용 될 수 있을 것이다.

본 연구는 2014년 국립습지센터에서 실시한 탐진강 하구역 생태계 정밀조사의 결과이며, 탐진강 하구역 생물군집의 군집 동태 및 생물군집 분포에 영향을 미치는 서식 조건을 종합적으로 분석하여 생태적 특성을 규명함으로써 생태계 관리를 위한 현황자료를 제공하는 것이 주요 목적이다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구대상

탐진강 하구역은 행정구역상으로 전라남도 강진군 대구면, 칠량면, 신전면, 도암면, 군동면 일대에 위치하고 있다. 강진군은 동쪽으로는 장흥군, 서쪽으로는 해남군, 북쪽으로는 영암군과 접하여 있고, 남쪽으로는 강진군의 중앙부까지 ‘S’자 형태로 발달한 강진만이 위치하고 있다. 강진만은 탐진강을 비롯하여 강진천, 칠량천, 대구천, 산인천, 도암천 등이 강진만으로 유입하는 기수역을 형성하여 다양한 생물 서식에 적합한 환경을 가진다. 한편, 탐진강 하류역인 강진군의 홍수피해 방지를 위하여 설치된 장흥댐에 의해 식생, 어류, 어패류, 플랑크톤, 저서생물 등 하류지역 생태계는 많

은 변화가 생긴 것으로 알려져 있다.

연구지역의 기후는 인접하는 해남군의 기후를 통해 살펴 보면, 연평균기온(1981-2010) 13.4℃, 8월 최고기온 30.2℃, 1월 최저기온 -3.2℃이다(KMA 2017). 연평균강수량은 1325.4mm로 지역적으로 다우지역에 속한다. 지리적으로 국토의 남단에 위치하고, 해양성 기후의 영향으로 내륙에 비해 비교적 고온-습윤한 기후특성을 가지기 때문에 생물지리적으로 무상(無霜)기후의 남부해안형 기후지역이다(Kim 2006).

연구지역은 가우도에서 상류쪽으로 19.5km 구간이며, 조간대의 분포와 물막이보 등 물리적 환경 변화를 고려해 5개로 구분된 소권역(Fig. 1)에 대해 각 생물분류군별 조사와 분석이 이루어졌다. 해역에 인접한 I구간의 대부분은 간조시 절반 이상이 바닥을 드러내는 조간대가 넓게 형성된다. 조간대는 진흙 위주의 갯벌로 사질 혹은 자갈이 많이 포함되어 있다. I구간 주변에는 과거 섬 또는 소규모의 만을 연결하는 방조제를 쌓아 간척지가 넓게 분포하며 주로 논경작지로 이용되고 있다. I구간 말단부에 위치한 가우도는 해송우점의 산림식생이 발달하고 있으며, 도보교로 연결되어 있다. 해수는 II구간까지 영향을 미치며 III구간 시작 지점의

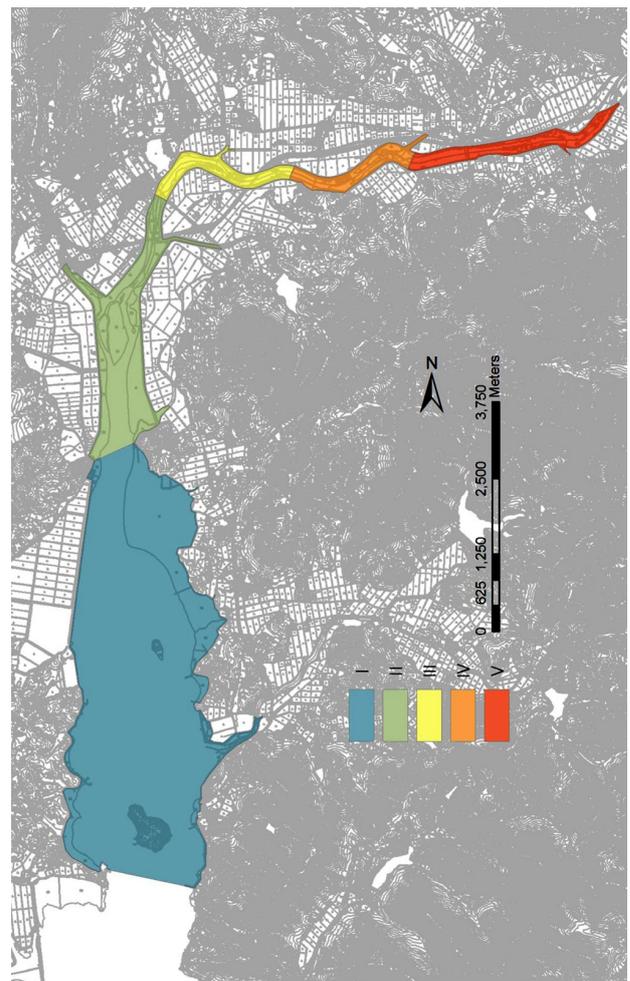


Fig. 1. Tamjin-river estuarine ecosystem divided into 5 research sections(I ~ V)

물막이보에 의해 상류지역으로의 해수유입은 차단되고 있다. Ⅲ구간~Ⅴ구간은 하천 직강화와 제방을 높이는 공사가 이루어졌으며, 곳곳에 농업용수 공급을 위한 물막이보가 조성되어 서식처가 단순하고, 종적-횡적으로 서식처가 단절된 것이 특징적이다. 상류지역의 하천 바닥은 비교적 굽은 자갈과 모래로 이루어져 있으며, 하류로 이동하면서 물막이보를 지나는 동안 점차 모래와 진흙의 구성비가 높아진다(NIER 2014). 하천을 중심으로 연구지역의 기반환경은 제방보강, 하천직강화 등 각종 개발 사업을 통해 비교적 균질한 지형과 토양 등의 환경조건을 이루고 있는 것이 특징이다. 특히, 석축, 콘크리트로 이루어진 I, II 구간을 제외한 대부분 지역의 고수부지와 제방사면은 토성, 사면경사, 관리형태 등이 비슷한 환경을 이루고 있다.

2.2 연구방법

탐진강 하구역 일대의 생물다양성 정보를 바탕으로 지역의 생태적 특성에 대한 정밀한 분석이 이루어졌다. 이를 위해 11가지 생물분류군에 대한 외부전문가의 정밀조사결과 자료(NIER, 2014)를 분석하였다. 현장조사는 내륙습지 정밀조사 지침(MOE, 2011)에 따라 2014년 3월부터 11월까지 수행된 것이다. 지역의 무생물적 환경조건에 따라 형성되는 식생의 다양성과 분포현황을 구간별 환경현황 및 관리적 특성 간의 상관관계와 비교 분석하여 지역적 환경특성을 규명하였다. 식물상, 양서·파충류, 어류, 곤충, 조류, 포유류, 저서성 대형 무척추동물, 기수성 무척추동물, 동물플랑크톤, 식물플랑크톤 등 10가지 생물분류군에 대해서는 탐진강 하구역의 생태계 현황 및 이용과 관리 특성이 드러날 수 있도록 각 분류군별 출현종의 분포를 환경조건과 비교분석 하였다.

3. 결 과

3.1 식생의 다양성과 분포

조사지역에서 식물군락은 총 7개 상관형(physiognomy)의 18개 단위식생(syntaxa)이 확인 되었다(Table 1). 물 흐름의 영향을 직접적으로 받는 습생식생(정수식생, 유수식생, 침수·부엽식생)의 분포면적은 조사면적 대비 좁았으나 비교적 다양한 식물군락이 확인되었다(Fig. 2). 조사 구간별로 상류지역인 V 구간은 달뿌리풀군락이 주로 우점하는 것으로 나타났다. IV 구간은 주로 갈대군락과 달뿌리풀군락이 분포하는 것으로 나타나며, 연구지역 유일의 교목식생인 왕버들군락과 줄군락, 매자기군락, 왜개연꽃군락, 마름군락 등이 수변부를 중심으로 소규모 군락을 형성하고 있다. I, II, III 구간은 갈대군락이 우점적으로 출현하며, 드물게 천일사초군락, 갯잔디군락, 지채군락, 큰비쭉군락 등 염생식생이 소규모로 출현한다. 갈대군락은 중간대 중상부를 중심으로 진흙이 많이 퇴적된 하도 가장자리에 넓게 분포한다. 특히 강진입 목리교 일대에는 대규모 갈대군락이 분포하는데, 이는 다수의 하천 합류, 하천 폭의 급격한 확장, 조수의 영향 증가 등에 의한 퇴적물 증가의 영향인 것으로 판단된다. 기타 염생식생은 비교적 높은 염분영향을 받는 I, II 구간의 중간대 상부지역에서 대부분 확인된다. 토양내 진흙 구성비가 높은 입지에는 천일사초, 지채가 우점하고, 모래 구성비가 높은 입지에는 갯잔디, 큰비쭉이 우점하는 등 제한적인 서식공간 내에서 환경조건에 대응하는 자연적인 식물군락의 분포가 확인되었다. I, II 구간을 제외한 대부분 구간의 고수부지, 제방사면에는 띠군락, 물억새군락, 쭉군락 등이 단순우점 하는 식생경관을 형성하고 있다.

Table 1. Plant communities of Tamjin-river estuarine ecosystem

physiognomy	Syntaxa	NVC*	Area(km ²)
Riverine softwood forests	<i>Salix chaenomeloides</i> community	(7)-[II]	0.0395 (0.1%)
Perennial herb vegetations on lotic water zone	<i>Phragmites japonica</i> community	(3)-[IV]	1.0383 (3.2%)
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> community	(3)-[IV]	
Perennial herb vegetations on lentic water zone	<i>Phragmites communis</i> community	(3)-[IV]	1.2076 (3.8%)
	<i>Scirpus planiculmis</i> community	(3)-[IV]	
	<i>Scirpus fluviatilis</i> community	(3)-[IV]	
	<i>Zizania latifolia</i> community	(3)-[IV]	
Dry meadow vegetation	<i>Carex scabrifolia</i> community	(3)-[IV]	0.5111 (1.6%)
	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> community	(3)-[IV]	
	<i>Artemisia princeps</i> community	(3)-[IV]	
Herb communities on coastal drift-line	<i>Artemisia fukudo</i> community	(3)-[IV]	0.0340 (0.1%)
	<i>Zoysia sinica</i> community	(3)-[IV]	
	<i>Triglochin maritimum</i> community	(3)-[IV]	
Artificial afforestation	<i>Amorpha fruticosa</i> community	(2)-[IV]	0.5611 (1.8%)
	<i>Pinus thunbergii</i> community	(4)-[III]	
	<i>Cosmos bipinnatus</i> community	(0)-[V]	
Open water (aquatic vegetation)	<i>Nuphra pumilum</i> community	(3)-[IV]	28.5881 (89.4%)
	<i>Trapa bispinosa</i> var. <i>inumai</i> community	(3)-[IV]	

* NVC: National Vegetation Class(Kim et al. 2012)

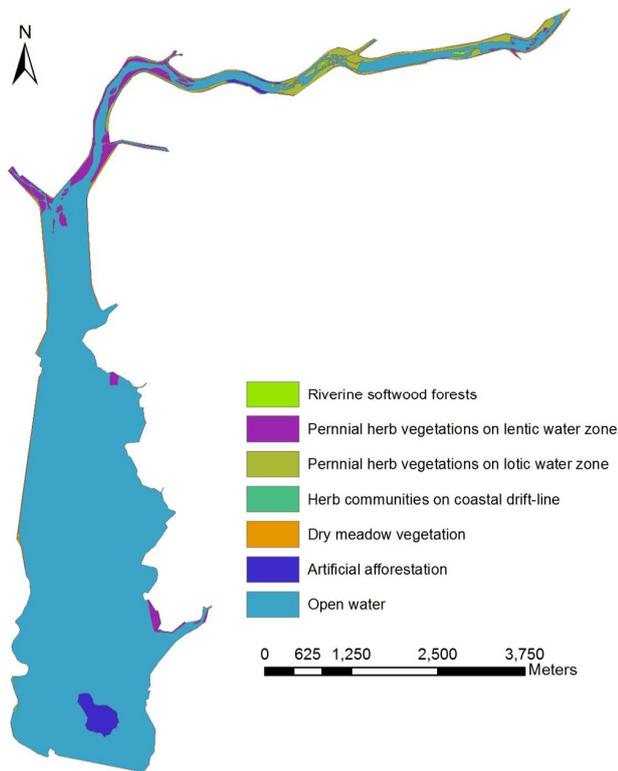


Fig. 2. Actual vegetation map of Tamjin-river estuarine ecosystem

3.2 생물종 다양성

연구지역에 대한 생물 다양성과 그 분포에 대한 조사결과 10가지 생물분류군에서 총 1,125분류군이 조사되었다(Table 2). 분류군별로 기본적인 종급원(species pool)의 크기는 다르지만 식물상이 가장 많은 424분류군이 조사되었으며, 곤충 325분류군, 동물플랑크톤 85분류군, 조류 75분류군, 기수무척추동물 53분류군 순으로 종다양성이 높은 것으로 확인되었다. 식물상은 총 103과 281속 424분류군 조사되었는데, 구간별로 I 구간에서 가장 많은 336분류군이 조사되었다. 나머지 II 구간은 191분류군, III구간 113분류군, IV구간 153분류군, V 구간에서 112분류군이 각각 조사되었다. I 구간의 종다양

성은 가장 높은 것으로 나타났는데, 이는 조사구간 가운데 유일하게 산림식생이 발달하고 있는 가우도에서만 218분류군이 조사되었기 때문이다. 귀화식물은 총 59분류군이 조사되어 지역의 각종 교란요소 및 관리 특성을 반영하는 식물종의 다양성이 높은 것으로 나타났다. 귀화식물의 분포는 대부분 자생식물과 혼생하고 있으며 서식밀도가 높지 않아 현 시점에서 생태적 위해성은 낮은 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 서해안, 남해안 일부지역 등 자생지가 10여 곳 밖에 알려지지 않은 큰비쭉(*Artemisia fukudo*)(Park 2012)과 철원군, 포천시 일대의 매우 제한된 지역에서 적은 개체군이 확인된 논냉이(*Cardamine lyrata*)(NIER 2014)의 분포가 연구지역에서 최초로 확인되는 성과가 있었다.

조류는 총 75분류군 4,958개체가 관찰되었다. 조사시기별로 봄(3월)에 가장 많은 49분류군 3,895개체가 확인되었고, 여름(5월)에 18분류군 307개체, 가을(9월)에 39분류군 1,528개체가 관찰되었다. 종별로는 쇠기러기(740개체), 흑부리오리(397개체), 청둥오리(367개체), 흰뺨검둥오리(289개체), 큰고니(284개체), 큰기러기(222개체) 등의 순으로 많은 개체수가 확인되었다. 계절별, 종별 출현 양상은 연구지역이 겨울철새 도래지로서 그 역할이 지대한 지역임을 확인할 수 있었다. 조사구간별 출현양상의 경우 갯벌과 논경작지가 넓고 서로 인접해 있을수록 다양성과 풍부성이 높은 것으로 나타나 I, II 구간의 종다양성이 가장 높은 것으로 나타났다.

포유류는 총 4목 9과 12분류군이 조사되었다. 각 구간별로 출현종의 차이는 크지 않았으나, I, II 구간 보다 상류지역에서 높은 빈도로 포유류의 서식이 확인되었다.

양서·파충류는 총 3목 6과 11분류군이 확인 되었다. 양서류는 제주도롱뇽, 청개구리, 무당개구리, 움개구리, 황소개구리, 북방산개구리 등 7종 676개체가 관찰되었고 우점종은 참개구리, 아우점종은 황소개구리로 나타났다. 파충류는 줄장지뱀, 유헤목이, 능구렁이, 무자치 등 총 2과 4종 17개체가 출현하였고 우점종은 줄장지뱀이었다. 주로 상류지역(IV, V 구간)을 중심으로 서식하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 물에서만 서식하는 황소개구리는 상류지역에서만 관찰되는 것으로 나타났다.

Table 2. The taxonomic species diversity in Tamjin-river estuarine ecosystem

Taxon	I	II	III	IV	V	Total
Plant	336	191	113	153	112	424
Bird	41	47	22	30	39	75
Mammal						12
Fish	8	15	26	24	24	47
Amphibian/Reptile						7/4
Insect	266	148	102	178	156	325
Benthic Invertebrate (fresh water)	4	5	7	15	31	45
Benthic Invertebrate (brackish water)	39	24	9	5	-	53
Phytoplankton	35	38	40	41	45	48
Zooplankton	27	27	22	32	40	85
Total	756	495	341	478	447	1,125

육상곤충은 한국적색목록 EN에 속하는 여름어리표범 나비(*Mellicta ambigua*)를 포함하여 모두 325분류군이 확인되었다. 구성종은 주로 수변과 농경지 중심의 서식처 특성을 반영하고 있으며, 조사경계가 산지에 인접한 I, II구간의 경우 숲 가장자리 또는 낮은 산지에 적응성이 높은 종들이 혼재하여 나타났다. 종다양성이 가장 높은 곳은 I 구간(266분류군)이며, 그 다음으로 IV구간(178분류군), V 구간(156분류군), II 구간(148분류군), III구간(102분류군) 순으로 나타났다. 각 구간별 우점종은 양봉꿀벌로 동일하며, 아우점종은 각 구간의 서식지 유형에 따라 다양하게 나타났으나 본 조사지만의 서식지 특성을 나타내지 않는 일반종이었다. 주요 곤충자원으로서는 국외만출승인대상생물종 24종, 한국고유생물종 4종, 국가기후변화생물지표종 6종, 한국 적색목록종 7종이 확인되었다.

어류는 총 47분류군이 조사되었다. 과별로 잉어과가 17분류군으로 가장 많았고, 망둑어과 14분류군, 송어과 2분류군 등으로 나타났다. 우점종은 피라미, 아우점종은 갈겨니로 나타났다. 기수어종인 말뚝망둥어, 송어 등도 비교적 높은 빈도로 출현하였다. 한국고유종 9분류군이 조사되었으며, 환경부지정 멸종위기야생생물 II급 꺾저기와 외래종 배스의 출현이 특기되었다. 조사지점별 우점종 및 아우점종은 조간대가 형성되는 제 II 구간까지 기수역의 어류가 우점하고 있으며, III, IV, V 구간은 담수어종이 우점하고 있었다. 그러나 제 IV 구간까지 기타 우세종으로서 기수역의 어류가 분포하고 있는 것으로 나타나 생태적 기수역 범위는 매우 넓은 것으로 나타났다.

저서성대형무척추동물은 총 45분류군이 조사되었다. 조사 구간별로 V 구간에서 가장 많은 31분류군이 확인되었으며, 하류로 내려갈수록 종다양성은 낮게 나타났다. 상류 IV, V 구간에서는 탐진강 하천 본류를 중심으로 출현종의 다양성이 높았으나, 하류구간에서는 대부분 논경작지 주변 수로를 중심으로 출현하는 것으로 나타났다. 서식처 유형에 따라 유속이 느리고, 점토 및 모래 하상이 주로 분포하는 하류지역은 연체동물류, 환형동물류의 다양성이 높았다. 유속이 보다 빠르고 자갈, 모래 등 하상의 재질이 보다 다양한 상류지역에서는 수서곤충류의 서식이 증가하는 것이 특징적인 것으로 나타났다.

기수성무척추동물은 총 53분류군이 확인되었다. 조사지점별 출현 양상은 해수의 영향을 가장 많이 받는 I 구간(39분류군)에서 가장 다양한 것으로 나타났으며, IV구간(5분류군)에서 가장 적은 것으로 나타났다. II 구간에서 24분류군, III구간

에서 9분류군이 조사되었으며, V 구간에서 기수무척추동물은 전혀 관찰되지 않았다.

플랑크톤류 가운데 식물플랑크톤은 총 48분류군이 조사되었으며, 동물플랑크톤은 총 85분류군이 조사되었다. 이들 플랑크톤류는 자연적인 기수역이 형성되는 지역 특성상 I~III 구간에서는 모두 고르게 해산종과 기수종이 출현하는 것이 특징적인 것으로 나타났다. 동물플랑크톤은 III~V 구간에 보가 설치되어 있음에도 불구하고 전 조사구간에 걸쳐 기수성 동물플랑크톤의 분포가 확인되었다. 본 조사를 통해 밝혀진 구간별, 계절별 종다양성과 서식밀도 등에 대한 정보는 보다 과학적인 해석을 위해 수질, 수온, 영양염류, 먹이그물 관계 등에 대해 반복적인 조사가 필요한 것으로 나타났다.

3.3 멸종위기야생생물의 다양성과 분포 특성

연구지역에서 멸종위기야생생물은 모두 9분류군이 확인되었다(Table 3). 가장 많은 분류군은 조류로 4분류군이 확인되었는데, 모두 멸종위기야생생물 II급으로서 큰기러기(*Anser fabalis*), 큰고니(*Cygnus cygnus*), 노랑부리저어새(*Platalea leucorodia*), 알락꼬리마도요(*Numenius madagascariensis*)의 서식이 확인되었다. 큰기러기, 큰고니, 노랑부리저어새는 겨울철새이며, 알락꼬리마도요는 봄과 가을에 확인되는 통과철새이다. 큰기러기, 큰고니는 평야지대, 하구, 간척지, 저수지 등지에서 월동하며, 노랑부리저어새, 알락꼬리마도요는 주로 갯벌에서 먹이활동을 하는 종들로 대부분 I~II 구간에서 확인되었다. 모두 갯벌 매립과 하구 일대 각종 토지개발로 인한 서식지 축소로 국내·외적으로 개체군 유지에 위협을 받고 있는 종들이다. 이러한 멸종위기종의 출현은 연구지역의 서식환경이 비교적 건강한 상태임을 반증하는 것이며, 서식처 보전 및 관리의 관점에서 개체군 동태와 서식처 이용 패턴 등 관련 연구의 확장이 필요할 것으로 판단된다.

포유류는 멸종위기야생생물 I급 수달(*Lutra lutra*)과 II급 삵(*Prionailurus bengalensis*) 2분류군이 확인되었다. 수달과 삵은 모두 배설물 동정을 통해 확인되었는데, 수달의 배설물은 전 구간에 걸쳐 발견되었다. 지역 생태계에서 상위 포식자에 속하는 수달의 지속적인 서식환경 유지를 위해서는 수달의 먹이자원 관리를 위한 환경 관리가 우선적으로 필요한 것으로 나타났다. 특히, 물에서 먹이를 구하는 생활 특성상 강진입과 주변 농경작지에서 유입되는 생활하수, 농업용수 등의 수질관리가 우선되어야 할 것이다. 지속적인 하천 정비공사로 인공제방이 조성됨에 따라 인공보금자

Table 3. The list of Endangered species in Tamjin-river estuarine Ecosystem

	Endangered Species	
	I	II
Bird		<i>Anser fabalis</i> , <i>Platalea leucorodia</i> , <i>Cygnus cygnus</i> , <i>Numenius madagascariensis</i>
Mammal	<i>Lutra lutra</i>	<i>Prionailurus bengalensis euptailurus</i>
Fish		<i>Coreoperca kawamebari</i>
Benthic Invertebrate (brackish water)		<i>Clithon retropictus</i> , <i>Sesarmops intermedius</i>

리의 마련 등 다양한 보전대책 수립과 시행도 요구된다.

어류에서는 멸종위기야생생물 II급의 꺾저기(*Coreoperca kawamebari*) 염분의 영향이 미치지 않는 IV~V 구간에서 확인되었다. 꺾저기는 탐진강을 포함한 한반도 남부지역 일부와 일본 서부의 일부지역에서만 드물게 분포(Nam 2006)하고 있는 것으로 알려져 있다. 국내적으로 분포가 특정 유역에만 집중되어 있기 때문에 꺾저기 보전을 위해 꺾저기 생태를 고려한 서식처 관리가 절대적으로 필요하다. 특히, 바닥에 모래와 자갈이 깔리고 수초가 많이 자라며, 물 흐름이 비교적 느린 입지에 서식하는 특성을 고려하여 무분별한 하상 공사, 골재채취, 물막이보 건설 등은 지양되어야 할 것이다.

기수성무척추동물 가운데에는 멸종위기야생생물 II급의 붉은발말뚝게(*Seearma intermedium*)와 기수갈고둥(*Clithro retropictus*)이 확인되었다. 하구습지가 잘 보존되어 있는 기수역의 수변부를 중심으로 서식하는 붉은발말뚝게는 III 구간에서 확인되었다. 주로 자갈이 풍부하고, 수질이 양호하며, 수심이 깊지 않은 기수역에서 제한적으로 분포하는 기수갈고둥은 가장 낮은 염도의 영향이 미치는 III구간 최상류 지역에서 확인되었다. 이들 멸종위기야생생물 2종은 모두 하구역에 대한 지속적인 개발(간척사업, 하구둑 건설, 물막이보 건설 등) 및 수질오염으로 인해 전국적으로 서식공간이 축소되고 있는 실정이다. 따라서 탐진강 하구역의 자연성을 대변한다고 할 수 있는 기수갈고둥과 붉은발말뚝게 보호를 위한 지속적인 모니터링과 보호를 위한 지역적 관심이 필요할 것으로 나타났다.

4. 고찰

4.1 식생 분포에 따른 지역 환경조건 특성

조사지역은 갈대군락, 달뿌리풀군락, 물억새군락 등 소수의 식물군락이 우점적으로 분포하지만 총 7개 상관형의 18개 단위식생이 확인되어 다양성 측면에서 높은 수준을 나타내었다. 이는 상류에서 하류로 이동함에 따라 물리적 교란요소와 그 강도가 다르고, 해수의 영향 범위가 다른 것이 주요 요인인 것으로 판단된다. 즉, 이미 잘 알려진바 대로 염분내성이 있는 염생식물은 하구역에서 염도구배에 따라 우점적으로 분포하며, 염생식물이 아닌 습지식물은 담수서식처를 따라 우점적으로 분포하고 있다는 것이다(Simpson et al. 1983, Odum and Hoover 1988, Mitsch and Gosselink 2000). 구간별로 달뿌리풀군락이 우점하는 V구간은 다른 구간에 비해 하상의 경사가 높은 곳으로서 유속이 빨라 물리적 교란 강도가 큰 곳이다. 일반적으로 유속은 하천환경을 결정짓는 핵심요소로서(Forrestel 2013) 물리적 교란의 강도가 높을수록 대응 가능한 식생의 다양성이 낮아지므로 상류지역에는 비교적 단순한 식생이 분포하는 것으로 판단된다(Chun et al. 1999). IV구간은 하폭의 확장과 함께 하류지역의 물막이보로 인해 유속이 감소함으로써 고수부지 형태의 퇴적지형과 정수역 환경이 형성된다. 이 때

문에 IV구간 이하지역에서는 갈대군락, 줄, 매자기 등 진흙이 퇴적된 입지를 선호하는 식물군락의 다양성이 높아지는 것으로 이해하였다(Lee and Kim 2005). 호소형 습지를 중심으로 분포하는 왜개연꽃군락과 마름군락이 V구간에서는 나타나지 않고 주로 III~IV간의 보 주변 또는 유속이 매우 느린 입지에서 드물게 관찰되는 것 또한 정수역 환경 형성과 관계 깊은 것으로 판단하였다. IV구간에만 분포하는 왕버들군락 또한 물리적 교란으로부터 안정된 입지에 분포하는 천이후기종인 왕버들의 생태적 특성(Jang and Kim 2006)에 의한 것으로 판단된다. 즉, IV구간의 왕버들군락은 하폭의 확장과 물막이보에 의해 물리적 교란의 강도가 낮아 비교적 안정적인 환경이 유지되고 있다는 것을 반증하는 것이다(Lee and Kim 2005). 한편, III구간(석교교 하류) 이하의 하류지역에서 버드나무류의 군락이 출현하지 않는 것은 기수역 환경이 형성됨으로써 염분의 영향을 받기 때문이며(Yeo et al. 2010), 달뿌리풀군락이 출현하지 않는 것도 같은 맥락인 것으로 판단된다. 조사지역 내 제방사면에서 대규모 군락을 형성하고 있는 띠군락, 물억새군락, 속군락 등은 과거 하천정비사업으로 제방의 재질과 경사, 관리형태 등이 균질하기 때문인 것으로 판단된다. 결과적으로 연구지역의 식물군락은 염도구배, 하천의 물리력, 토양 유형, 침수빈도, 수분구배 등 서식처 환경에 대응하는 식물 종조성에 의해 구분되는 것으로 드러났다. 즉, 본래의 환경 조건에 비해 식물군락의 다양성과 분포 면적에 차이는 있지만 현재의 환경조건 하에서 출현 식물군락은 모두 자연적이라는 것이다.

4.2 생물종 분포 특성

식물상은 조사구간별로 종의 구성과 다양성이 서로 다른 것으로 나타났다. 산림식생이 발달하는 가우도를 포함하는 I구간에서 가장 높은 종다양성이 확인된 것은 해발고도와 사면방향, 경사와 토심, 인간간섭에 따라 다양한 서식처 환경조건이 형성되기 때문인 것으로 판단된다. 반면 I구간을 제외한 나머지 구간은 대부분 하천, 제방, 경작지 등 서식처 환경조건이 단순하고, 지속적인 인간간섭의 영향을 받고 있기 때문에 I구간에 비해 상대적으로 종다양성이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 터주식생 구성종과 귀화식물의 다양성이 높은 것 또한 경작지와 인접해 있고, 제방 관리를 위해 벌초와 같은 주기적인 관리가 이루어지는 각종 교란요소와 관리 특성에 의한 것으로 판단된다. 특히, 하구역이라는 지리적 특성과 이용 및 관리 형태에 의해 귀화식물의 확산 가능성이 높기 때문에 돼지풀, 가시상추, 애기수영, 양미취, 미국쭈부쟁 등 환경부 지정 생태계교란야생생물을 중심으로 귀화식물에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

조류는 갯벌과, 경작지, 하천과 산림 등 다양한 서식처 유형 간에 연결성이 높은 지역에서 종의 다양성과 풍부성이 높은 것은 것으로 나타났다. 이는 이러한 서식처에 대한 겨울철새 유입의 기여도가 높다는 기존의 연구결과와 일치하는

것으로 판단된다(Lee et al. 2002, Lee, Je and Lee 2003). 조류학적 관점에서 연구지역은 새들의 주요 먹이처인 갯벌과 주변 농경지에 대한 생태적 관리가 핵심요소로 대두되었다. 따라서, 하구역 일대의 자연서식처 뿐만 아니라 경작지와 같은 인공서식처에 대한 지속적인 관심과 보전 노력이 요구된다.

육상곤충과 포유류, 양서류·파충류 또한 서식처의 다양성과 그 연결성이 높을수록 종다양성이 높은 것으로 나타났다. 낮은 산지가 인접하며 수변 초지대, 농경지(논, 밭) 및 수로 등 다양한 서식지가 발달하는 IV, V구간에서 주거지에 인접하거나 각종 인공서식처를 많이 포함하는 II~III구간에 비해 종다양성과 풍부성이 높게 나타난 것은 이러한 사실을 반증하는 것이다. 특히 포유류의 경우 하류지역이 해수의 영향과 함께 돌제방, 도로 등에 의해 은신, 휴식 할 수 있는 서식공간이 좁기 때문에 상류지역에서 출현 빈도가 높은 것으로 판단된다. 상류지역 주변에서만 확인된 황소개구리 또한 분포·확산 거점으로 활용될 수 있는 저수지 또는 소규모의 웅덩이 등이 주로 상류지역에 분포하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 하류지역의 일부 논 경작지는 최근까지 간척사업이 이루어졌기 때문에 황소개구리의 서식 및 확산이 제한되었을 것으로 판단된다. 결국 지역 생태계의 건강성 증진을 위해 야생생물을 위한 생태통로 마련과 같은 서식처간 연결성 확대 등의 대책 마련이 필요할 것으로 판단된다. 한편, 연구지역에서 육상곤충은 구간별 서식처 유형이 비슷하고, 연속된 수변지역임을 고려하여 특정 구간만을 대상으로 보전대책을 수립하는 것이 효율적인 것으로 파악되었다. 이것은 구간별 종다양성 차이에 의해 조사지역 전반에 대한 보전대책 마련이 필요하다고 한 다른 분류군과의 큰 차이점이다. 이는 육상곤충 가운데 생활사가 직접적으로 물과 관련된 종이 적고, 주로 생활사가 식생과 밀접한 관계를 맺고 있기 때문인 것으로 판단된다(Strong et al 1984).

연구지역의 어류 다양성은 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 탐진강 하류지역의 서식범위가 넓어 내성종이나 잡식어종이 우세하게 나타난다는 선행연구(Moon et al. 2012) 결과와 일치하고 있다. 탐진강 유역 전체에서 총 56분류군의 어류가 조사된 연구(Nam et al. 2009)에서도 최하류지역(본 연구의 IV구간)에서 가장 많은 44분류군이 조사되었으며, 상류로 갈수록 종다양성은 점차 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 탐진강 하구역의 어류 다양성은 자연적인 기수환경에 의해 기수성, 연안성 생육 특성을 지닌 뱀장어, 망둑어과, 송어과 등의 어류와 하천 중·하류부에서 서식하는 어류들이 함께 서식하기 때문이다. 결국 본 연구를 포함한 선행연구 결과는 하구역에서 어류의 종다양성은 하상구조가 복잡다양하거나, 기수역 환경이 형성되는 지점에서 높게 나타난다는 것이다. 따라서 연구지역에 대해 지금까지 이루어져온 하천내 서식처를 단순화 시키는 비생태적 하천 정비 사업에 대한 제고와 개선을 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다(Hwang 2000).

연구지역에서 저서성대형무척추동물과 기수성무척추동물의 분포는 기본적으로 염도의 분포와 밀접한 관계가 있으며 부가적으로 유속에 따른 서식처의 유형에 따라 종조성이 결정되는 것으로 나타났다. 이는 기수역 형성에 의한 염도와 유속에 의한 하상의 퇴적물 유형에 따라 종조성이 달라지는 일반적인 분포양상과 같은 것이며(Hynes 1970, Tiemann et al. 2004) 과거 하천정비사업과 같은 다양한 교란에도 불구하고 현 시점에서 저서생물의 분포는 자연적이라는 것을 보여주는 것이다. 한편, 일반적으로 저서생물은 생태계 먹이사슬에서 생산자와 소비자의 연결고리일 뿐만 아니라 오염물질 정화에도 큰 역할을 하여 수나 개체수 등의 종다양성 측면에서도 매우 중요한 생물군집이다(Kwak, Song and Chon 2004). 또, 외부영향에 민감하게 반응하는 특징이 있어 하구역 생태계 모니터링의 지표종으로 많이 활용되고 있다(Korea Ocean Research & Development Institute 1999, Won et al. 2006). 따라서 어류, 조류 등의 먹이사슬으로서 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 저서생물(Colwell, Landrum 1993, Lee et al. 1999)의 다양성과 분포 특성에 대한 지속적인 조사연구는 지역 환경 특성에 대한 효과적인 이해와 체계적인 생태계 관리의 기반으로서 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구를 포함한 최근 연구들을 통해 하구역의 생물 다양성과 분포에 영향을 미치는 중요 인자는 서식처의 자연성인 것으로 확인되었다. 규모는 작으나 서식처의 자연성이 높은 남해안의 하구역 3곳을 조사한 2016년 조사(NIER 2016)와 규모는 크지만 도심지를 통과하는 동안 인위적 교란의 영향으로 서식처의 자연성이 낮은 2017년의 조사(NIER 2017)는 본 연구와 더불어 서식처 자연성의 중요성을 다신 한번 보여준다. 즉, 규모에 관계없이 서식처의 유형이 다양하고 자연성이 높은 지역이 서식처 유형이 단순하고 인공적인 지역에 비해 자연성이 높은 생물종으로 건강한 지역 생태계를 구성하게 된다는 것이다.

5. 결 론

본 연구는 열린하구 가운데 비교적 규모가 크고 자연성이 높은 것으로 알려진 탐진강 하구역의 생물분포 특성 파악을 통해 생태계 보전 및 복원 등에 활용하기 위한 기초자료 제공을 위해 진행되었다.

탐진강 하구역은 조간대가 잘 발달하여 일제강점기 전에는 대규모 간석지가 발달하였으나, 2000년대 초반까지 진행된 간척사업으로 하구역 주변에는 간척지가 넓게 조성되어 논경작지로 이용되고 있다. 하천정비 공사로 하천 직강화와 단순한 제방구조가 형성되는 등 지속적인 인간간섭에 의해 조사지역 대부분의 생물서식 환경조건은 단순화되고 획일화 되었다. 환경조건에 따라 서로 다른 식물과 동물이 서식할 수 있는 “서식처”의 다양성이 낮아졌다는 것이다. 서식처의 단순화는 다양한 생물의 서식을 보장할 수 없게 되어 단순하고 획일적인 식생경관과 생물상 분포를 나타내

게 되는 것이다. 식생을 비롯한 여러 생물분류군의 생물다양성은 최근까지 진행된 간척사업과, 하천 직강화, 준설 등 연구지역에 대한 각종 개발 및 교란과 이용의 역사를 반영하고 있었다. 서식처의 단순화로 소수의 식물군락이 우점적으로 식생경관을 형성하고 있으며, 서식처의 다양성과 연결성이 높은 지역에서 높은 생물다양성을 나타내었다. 현재의 환경조건 하에서 식생과 기타생물상의 구성이 자연적인 것으로 평가되나 궁극적으로 연구지역은 인위적 교란에 의한 서식처 단순화가 생태계 관리의 주요 문제점으로 드러났다. 이러한 문제점 해결을 위해 불필요한 물막이보에 대한 생태적 고려, 수변 서식처 다양성 증대, 하천 주변 서식처(경작지, 산림 등)와의 생태계 연결성 강화 등의 노력이 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해 체계적이고 종합적인 관리계획을 수립하여 이를 바탕으로 관리하는 것이 효과적일 것이다. 우선적으로 관리가 필요하고, 관리가 가능한 생물상부터, 서식처 단위에서 생태계 단위로 단계적인 관리전략을 마련하여 추진한다면, 더욱 효과적일 것일 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립환경과학원 국립습지센터의 제2차 하구역 생태계 정밀조사(14) 결과를 이용하여 수행되었기에 조사에 참여하신 모든 분들과 관계자분들께 감사드립니다.

References

- Chun, SH, Hyun, JY and Choi, JK (1999) A Study on the distribution patterns of *Salix gracilistyla* and *Phragmites japonica* communities according to micro-landforms and substrates of the stream corridor. *J. of Korean institute of landscape architecture*, 27: 58-68. [in Korean with English abstract]
- Colwell, MA and Landrum, SL (1993) Nonrandom shorebird distribution and fine-scale variation in prey abundance. *Condor*, 95: 94-103.
- Costanza, R, d'Arge, R, de Groot, RS, Farber, S, Grasso, M, Hannon, B, Limburg, K, Naeem, S, O'Neill, RV, Paruelo, J, Raskin, RG, Sutton, P and van den Belt, M (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Forrestel AB (2013) *The role of disturbance in vegetation distribution, composition and structure at the landscape scale for two western US ecosystem*. Ph. D. dissertation, University of UC Berkely of California.
- Han, YH (2009) Analysis of the Watershed Characteristics for Each River in Gangwon Province. *Report of Research Institute for Gangwon*. [in Korean with English abstract]
- Hwang, YJ (2000) *Ichthyofaunal Changes due to the Construction of Lake Chuam*. Chonnam National University Doctoral Thesis. [in Korean with English abstract]
- Hynes, HBN (1970) *The ecology of running waters*. University of Toronto Press. Toronto.
- Jang, EJ and Kim, JW (2007) *Ecology & Culture of the old-growth and giant trees of traditional village*. World Science. Seoul. [Korean Literature]
- Kim, JW (2006) *Vegetation Science*. World Science. (Korean Literature)
- Korea Meteorological Administration (KMA). (2017) <http://www.kma.go.kr/>.
- Korea Ocean Research & Development Institute (1999) *Development of Monitoring Methods for Mariculture Farm*. Korea Ocean Research & Development Institute. [Korean Literature]
- Kwak, IS, Song, MY and Chon, TS (2004) The effect of natural disturbances on benthic macro-invertebrate. *Korean J. of Limnology*, 37(1): 87-95. [in Korean with English abstract]
- Lee, YK and Kim, JW (2005) *Riparian vegetation of south Korea*. Keimyung University Press. [Korean Literature]
- Lee, CH et al.. (2004) *Development of Sustainable Estuary Management Strategy in Korea(I)*. Korea Environment Institute. [Korean Literature]
- Lee, SW, Je, JG and Lee, HS (2003) Tidal flat aspects of Yellow Sea area and conservation for migratory birds. *Korea J. of Environment and Ecology*, 17(3): 295-303. [in Korean with English abstract]
- Lee, SW, Lee, HS, Yoo, JC, Je, JG, Peak, WK and Levings, C (2002) Factors Affecting the Conservation and Distribution of Migratory Waterbirds in the Southern Tidal Flats of Ganghwa Island, Korea. *Korea J. of Environment and Ecology*, 16(1): 34-45. [in Korean with English abstract]
- Lee, SW, Kwon, YS, Je, JG and Yoo, JC (1999) Benthic animal of Kanghwa Island and gut analysis of some waterbirds. *Kor. J. Orni*. 6: 71-86. [in Korean with English abstract]
- Lu, L, Goh, BPL and Chou, LM (2002) Effects of coastal reclamation on riverine macrobenthic infauna(Sungei Punggol) in Singapore. *J. of Aquatic Ecosystem stress and Recovery*, 9(2): 127-135.
- Ministry of Environment (MOE). (2011) *Guideline on the Investigation of Wetland*. [Korean Literature]
- Moon, WK, Bae, DY, Seo, JW and An, KG (2012). Fish distribution and compositions along with altitude and longitudinal distance from the river mouth in the Tamjin river basin, Korea. *J. of Korean Society on Water Environment*, 28: 512-522. [in Korean with English abstract]
- Mitsch, WJ and Gosselink, JG (2000) *Wetlands*. Van Nostrand

- Reinhold, New York, New York, USA.
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2014) *Intensive Survey on Estuarine Ecosystem(14)*. National Institute of Environmental Research, Incheon. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2016) *Intensive Survey on Estuarine Ecosystem(16)*. National Institute of Environmental Research, Incheon. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2017) *Intensive Survey on Estuarine Ecosystem(17)*. National Institute of Environmental Research, Incheon. [Korean Literature]
- Nam, DW, Cha, SS, Choi, CG, Lee, JB and Lee, HY (2009). Ichthyofauna and habitat type of the fish in Tamjin river system, Korea. *J. of the Environmental Sciences*, 18: 1001–1010. [in Korean with English abstract]
- Nam, DW (2006) *Freshwater Ichthyofauna and Fish Community Structure in Tamjin River system*. Chonnam National University Doctoral Thesis. [in Korean with English abstract]
- Odum, WE and Hoover, JK (1988). A comparison of vascular plant communities in tidal freshwater and saltwater marshes. P. 526–534 in D. D. Hook et al., editors. *The ecology and management of wetlands*. Croom Helm, London, UK.
- Park, MS (2012) *A Taxonomic Study on the Genus Artemisia in Korea*. Andong National University Doctoral Thesis. [in Korean with English abstract]
- Strong, DR, Jr Lawton, JH and Southwood, TRE (1984) *Insects on Plants: community patterns and mechanisms*. Oxford Blackwell Sci. 313p.
- Simpson, RL, Good, RE, Leck, MA and Whigham, DF (1983) The ecology of freshwater tidal wetlands. *Bio-Science*, 33: 255–259.
- Tiemann, JS, Gillette, DP, Wildhaber, ML and Edds, DR (2004) Effects of lowhead dam on riffle-dwelling fishes and macro-invertebrates in a Midwestern river. *Transactions of the American Fisheries Society*, 133: 705–717.
- Western, CJ and Scheele, RJ (1996) *Characteristics of estuaries, Planning Esuaries*, Plenum Press.
- Wang, X, Chen, W, Zhang, L, Jin, D and Lu, C (2010) Estimating the ecosystem service losses from proposed land reclamation projects: A case study in Xiamen. *Ecological Economics*, 69(12). 2549–2556.
- Won, DH, Jun, YC, Kwon, SJ, Hwang, SJ, Ahn, KG and Lee, JK (2006) Development of Korean saprobic index using benthic macroinvertebrates and its application to biological stream environment assessment. *J. of Korean Society on Water Quality*, 22(5): 768–783. [in Korean with English abstract]
- Yeo, JK, Park, JH, Koo, YB, Kim, HC and Kim, HS (2010) Effects of NaCl concentration on the growth of native willow species collected in a coastal reclaimed land. *Korean J. of Soil Science and Fertilizer*, 43: 124–131. [in Korean with English abstract]