

국가습지유형분류체계의 습지 유형 (하천형과 호수형)에 따른 경남지역 습지의 어류군집 특성 분석

김정희 · 윤주덕¹ · 임란영² · 김구연³ · 조현빈^{4,*}

에코리서치, ¹국립생태원 환경영향평가팀, ²부산대학교 생명과학과,
³경남대학교 과학교육과, ⁴부산대학교 환경기술산업개발연구소

The Analysis of the Fish Assemblage Characteristics by Wetland Type (River and Lake) of National Wetland Classification System of Wetlands in Gyeongsangnam-do. Kim, Jeong-Hui (0000-0003-2331-4232), Ju-Duk Yoon¹ (0000-0003-1667-327X), Ran-Young Im² (0000-0002-0090-0338), Gu-Yeon Kim³ (0000-0003-1071-0383) and Hyunbin Jo^{4,*} (0000-0001-8064-7880) (EcoResearch, Gongju 32588, Republic of Korea; ¹Environmental Impact Assessment Team, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea; ²Department of Biological Sciences, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea; ³Department of Science Education, Kyungnam University, Changwon 51767, Republic of Korea; ⁴Institute of Environmental Technology and Industry, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea)

Abstract Twenty-nine wetlands (20 river type and 9 lake type wetlands) in Gyeongsangnam-do were investigated to understand the characteristics of fish assemblages by the wetland type and to suggest management strategies. As a result, 10.3 ± 4.8 species were collected from river type wetlands on average (\pm SD) and 9.1 ± 4.1 species from lake type wetlands. Thus, there was no significant difference in the number of species between them (Mann-Whitney *U* test, $P > 0.05$). However, the species that constitute the fish assemblage showed statistically significant differences between the two wetland types (PERMANOVA, Pseudo-F = 2.9555, $P = 0.007$). Furthermore, the species that contribute the most to each type of fish assemblage were *Zacco koreanus* (river type, 28.51%) and *Lepomis macrochirus* (lake type, 23.21%), respectively (SIMPER). The results of the NMDS analysis using the fish assemblage by place classified the species into three groups (river type, lake type, and others). The current wetland management is only focused on endangered species, but this study shows a difference in fish assemblage by wetland type. Therefore, a management system based information on endemic species, exotic species and major contribution species should be provided. Furthermore, the classification of some types of wetlands based on the present topography was found to be ambiguous, and wetland classification using living creatures can be used as a complementary method. This study has limitations because only two types of wetlands were analyzed. Therefore, a detailed management method that can represent every type of wetland should be prepared through the research of all types of wetlands in the future.

Key words: inland wetland, freshwater fish, PERMANOVA, wetland management

Manuscript received 24 November 2017, revised 27 March 2018,
revision accepted 24 April 2018
* Corresponding author: Tel: +82-51-510-3344, Fax: +82-51-583-0172,
E-mail: prozeva@pusan.ac.kr

서 론

습지는 담수, 기수 또는 염수가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로 전 세계의 육지 표면의 약 6~7%를 차지하는 것으로 보고되어 있다(Lehner and Döll, 2004). 이러한 습지는 홍수조절, 먹이공급, 탄소저장, 수질정화, 식량, 여가, 문화, 관광 등 사회 전반적으로 매우 다양한 기능을 가지고 있어 중요성이 높은 지역이며(Lambert, 2003), 육지 특성을 지닌 내륙과 수생태계 사이에 일종의 전이 지대로(Cowardin *et al.*, 1979), 종 다양성이 높은 생태계이다(Mitsch and Gosselink, 2000).

우리나라의 습지는 유형별로 약 2,500개소의 습지가 분포하는 것으로 보고되었으며, 그 면적은 약 734 km²로 추정된다(국립습지센터, www.wetland.go.kr). 습지의 효율적인 관리를 위해 분류체계를 통해 습지의 유형을 구분하며 국내의 경우 과거 “람사르습지유형분류체계”를 통해 분류가 이루어졌다. 반면 본 분류체계는 전 지구에 걸친 기후현상과 수문지형적 특성을 반영하고 있기 때문에 국내 실정을 반영할 수 있는 분류체계 구축에 대한 필요성이 대두되었다. 이에 따라 환경부에서 “국가습지유형분류체계”를 마련하였다(MOE, 2010). “국가습지유형분류체계”는 위계에 따라 대분류(3개 유형), 중분류(6개 유형), 소분류(35개 유형)로 구분된다(MOE/NIER, 2014). 대분류는 습지의 입지 및 형성에 따라 연안습지, 내륙습지, 인공습지로 구분되며, 이 중 담수환경에서 자연적으로 형성된 습지는 내륙습지로 포함된다. 중분류는 지형적 특성에 따라 구분되며, 내륙습지의 경우 3개의 유형(하천형, 호수형, 산지형)으로 구분된다. 이러한 분류체계는 현재 국가습지조사 및 습지보전 및 복원과 같은 관련 정책에 활용되고 있다.

국내에서 습지관리는 “습지보전법”에 따라 이루어지며, 이를 통해 습지조사, 습지보전기본계획 수립, 습지보호지역 지정, 행위 및 출입제한 등 습지 관련 제반 사항을 규정하고 있다. 반면 습지 관리에 대한 구체적인 방법은 습지 내에서의 행위 제한, 출입 제한, 과태료 부과 등으로 인간의 간섭을 배제하는 쪽으로 관리가 이루어지고 있다(MOE/NIER, 2015). 국외의 경우 물새(Batzer and Resh, 1992; Naugle *et al.*, 2001), 양서·파충류(Semlitsch and Bodie, 2003), 어류 및 저서생물(Beck *et al.*, 2001) 등 생물상을 중심으로 습지 관리 전략을 마련하고 있으나, 국내의 경우 습지보호지역 설정을 위한 기준에만 생물의 다양성, 멸종위기종의 서식 등에 대한 내용이 포함되어 있을 뿐 직접적인 습지의 관리에 있어서는 생물상이 큰 중요성을 차지하고 있지 않다. 습지의 생물상은 유형에 따라 다르기 때문에 생물상을 중심으로 한 관리 전략을 마련하기 위해

서는 습지 유형별 생물상의 특성을 이해하는 연구가 선행되어야 한다.

수생태계에서 최상위 포식자 중 하나인 어류(Moyle and Cech, 2000)의 분포는 다양한 환경 변수와 서식처의 특성에 의해 영향을 받는다(Matthews *et al.*, 1992; Buisson *et al.*, 2007). 국내 습지의 유형에 대한 구분은 지형, 수원·수질 등의 차이를 통해 나타나기 때문에 습지의 유형에 따라 어류군집의 차이가 예상된다. 따라서 본 연구는 국내 습지 유형 중 높은 비율을 차지하는 하천형과 호수형 습지를 대상으로 유형별 어류군집의 특성 및 차이를 확인하고자 하였다. 이를 통해 현재의 보호종을 중심으로 이루어지는 일원적인 습지관리 전략의 한계를 파악하고 습지 유형별 생물상을 반영할 수 있는 포괄적인 관리 전략을 마련할 수 있는 방향성을 제시하고자 하였다. 이와 더불어 서식생물의 정보를 활용하여 기존의 습지의 유형 분류의 단점을 보완할 수 있는 방법을 고찰하였다.

재료 및 방법

어류 조사는 행정구역상 경상남도 고령군, 함천군, 거창군, 함양군, 산청군, 진주시, 고성군, 사천시, 하동군 일대에 포함되는 29개의 습지를 대상으로 실시하였다(Fig. 1, Appendix 1). 국내에 분포하는 담수어류는 지리적 위치에 따라 또는 수계에 따라 종조성에 차이를 보이기 때문에 보다 정확한 분석을 위해서 유사 지역(경남) 및 수계(낙동강 및 섬진강)에 포함되는 지점을 선정하였으며, 조사지점으로 선정된 습지의 규모는 11,582 m²에서 1,694,330 m²으로 다양하다. 조사대상 습지의 유형 구분은 환경부(국립습지센터)가 “국가습지유형분류체계”에 따라 구분한 습지정보시스템(<http://gis.wetland.go.kr/wetland/>)의 정보를 활용하였다. 모든 습지는 대분류에 의해 내륙습지(육지 또는 섬에 있는 호, 소, 늪 또는 하구 등의 지역)에 포함되며, 이는 다시 중분류에 의해 하천형(river type, 20개소)과 호수형(lake type, 9개소)의 2개 유형으로 구분된다(Appendix 1). 하천형 습지는 하천 범람과 침식, 퇴적작용의 영향으로 형성된 습지로서 하도와 하구, 범람원 지역을 의미하며, 호수형 습지는 영구적 혹은 계절적으로 침수되어 폐쇄적인 정체수역을 의미한다(MOE, 2010).

습지의 어류군집을 파악하기 위해 2016년 홍수기 전(5~6월), 후(9~10월) 조사를 실시하였다. 습지의 어류군집을 보다 명확하게 파악하기 위해서 습지별 서식처 유형이 다른 2개 이상의 지점에서 조사가 이루어졌다. 어류 채집은 투망(망목, 7×7 mm)과 족대(망목, 5×5 mm)를 이용

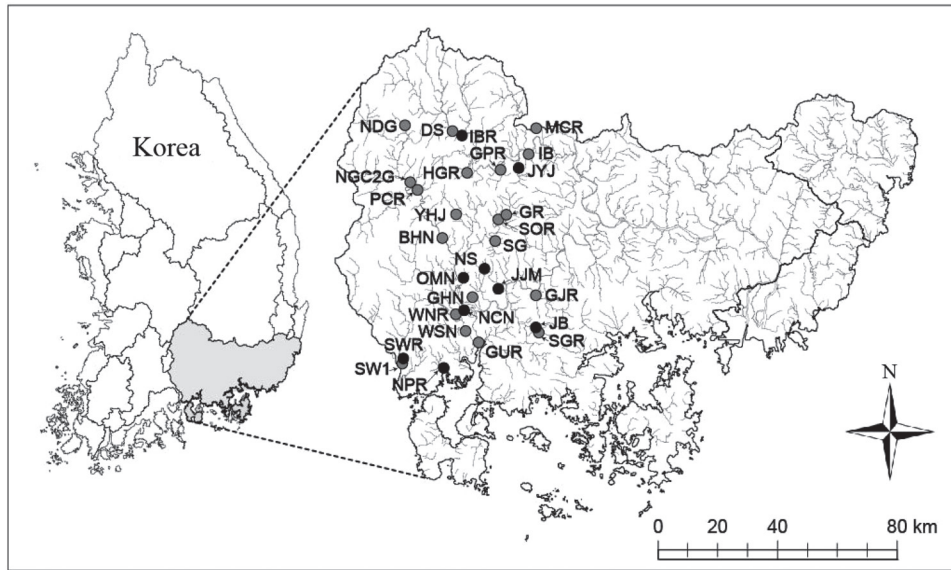


Fig. 1. Map of the study sites. A total of 29 wetlands that were classified into two types, river type and lake type, were investigated. Gray and black circles represent river and lake types, respectively.

하였으며, 세부 방법은 “전국내륙습지 조사지침” (MOE/NIER, 2011)을 따랐다. 채집된 어류는 Kim and Park (2002)을 이용하여 동정하였으며, Nelson (2006)의 분류체계를 따라 정리하였다.

하천형과 호수형 습지의 어류군집 특성을 비교하기 위해서 총 8개의 요인(지점별 전체 채집 종수 및 개체수, 고유종 종수 및 고유종 개체수, 외래종 종수 및 외래종 개체수, 섭식 길드, 내성도 길드)에 대한 비교가 이루어졌다. 모든 요인의 값이 정규분포를 이루지 않아 비모수 검정인 Mann-Whitney *U* test를 이용하여 습지 유형 간 어류군집 특성의 차이를 분석하였다(SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

습지 유형에 따른 어류군집의 차이를 확인하기 위해 PERMANOVA (permutational multivariate analysis of variance) 분석을 실시하였으며, SIMPER (similarity percentage) 분석을 통해서 습지 유형별 어류군집의 유사도에 기여하는 주요종을 파악하였다. 또한 전체 조사 습지의 출현 종수 및 개체수에 대해 NMDS (nonmetric multidimensional scaling) 분석을 실시하여 습지별 군집 유사도를 확인하였다. NMDS 분석은 similarity matrix의 지점들 간 최적의 관계를 나타낼 수 있는 two-dimensional ordination을 이용하였다(Field *et al.*, 1982). Similarity matrix는 습지별 채집된 개체수를 square-root-transforming 하고 각 pairwise assemblage에 대한 Bray-Curtis similarity index를 산정하였다. Ordination의 robustness는 stress value에 의해 표시되며, 범위에 따라 <0.2 (보통), <0.05 (우수)로 해석된

다(Clarke and Warwick, 1994). PERMANOVA, SIMPER, NMDS는 모두 Primer 6 (Primer-E Ltd. Plymouth, UK)를 이용하여 분석되었다.

결 과

조사가 이루어진 29개의 습지에서 총 16과 57종의 어류가 서식하는 것으로 확인되었다(Appendix 2). 과별 출현 종 비율을 확인한 결과 잉어과가 전체 채집 어종의 45.6%를 차지하였으며, 이외 망둑어과(15.8%), 미꾸리과(8.8%) 순서로 나타났다. 전체 조사지점에서의 우점종은 피라미(RA, 21.5%), 아우점종은 블루길(RA, 10.7%)로 확인되었다. 조사가 이루어진 경상남도 습지의 경우 천연기념물, 멸종위기종을 포함한 보호종이 전혀 채집되지 않았으며, 17종의 국내 고유종, 3종의 외래종이 채집되어 서식을 확인할 수 있었다.

습지 유형별 어류군집을 분석한 결과 하천형 습지에서 평균(\pm SD) 10.3 ± 4.8 종, 호수형 습지에서 평균 9.1 ± 4.1 종의 어류가 채집되었으며(Table 1), 이는 Mann-Whitney *U* test를 이용한 분석에서 유의한 수준의 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 반면, 총 개체수($P = 0.030$), 고유종 종수($P = 0.049$) 및 고유종 개체수($P = 0.007$)에서 차이를 보였으며, 외래종 종수 및 외래종 개체수의 경우 습지 유형에 따라 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다

Table 1. Characteristics of fish assemblage by wetland types. The difference between river and lake types wetland fish assemblage was analyzed by Mann-Whitney *U* test. SD indicated standard deviation.

Major factors	River type		Lake type		Mann-Whitney <i>U</i> test	
	Mean	±SD	Mean	±SD	P-value	
Total	No. of species	10.3	4.8	9.1	4.1	P>0.05
	No. of individuals	266.5	127.7	149.1	92.4	P=0.030
Endemic	No. of species	4.2	3.0	1.9	2.0	P=0.049
	No. of individuals	134.1	112.8	16.1	28.5	P=0.007
Exotic	No. of species	0.5	0.9	0.9	0.9	P>0.05
	No. of individuals	17.4	36.2	53.3	66.2	P>0.05
Trophic guild	Carnivore species %	18.5	10.9	14.5	10.1	P>0.05
	Omnivore species %	25.4	17.5	47.9	22.3	P=0.018
	Insectivore species %	51.7	14.7	34.5	20.5	P=0.040
	Herbivore species %	4.5	12.0	3.1	7.4	P>0.05
Tolerance guild	Tolerant species %	32.5	24.6	57.3	28.0	P=0.042
	Intermediate species %	41.7	12.5	28.2	22.8	P>0.05
	Sensitive species %	25.8	19.1	14.5	11.0	P>0.05

Table 2. Similarity of fish assemblage by each types as determined using SIMPER. "Species contribution" shows the contribution of each species to fish assemblages of each wetland types. Only species with contribution (%)>5% are given.

Group	Average similarity	Species	Average abundance	Average similarity	Ratio similarity/standard deviation	Species contribution (%)	Cumulative contribution (%)
River	24.23%	<i>Zacco koreanus</i>	6.46	6.91	0.78	28.51	28.51
		<i>Pungtungia herzi</i>	3.85	3.24	0.67	13.35	41.86
		<i>Zacco platypus</i>	3.08	2.26	0.48	9.34	51.20
		<i>Odontobutis platycephala</i>	1.67	2.07	0.80	8.53	59.73
		<i>Rhinogobius brunneus</i>	1.87	1.57	0.65	6.49	66.22
Lake	20.88%	<i>Lepomis macrochirus</i>	4.60	4.85	0.47	23.21	23.21
		<i>Carassius auratus</i>	2.33	4.62	0.94	22.14	45.34
		<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1.65	2.85	0.74	13.64	58.98
		<i>Hemibarbus labeo</i>	1.61	1.65	0.42	7.91	66.90
		<i>Pseudorasbora parva</i>	1.32	1.18	0.29	5.64	72.54

($P>0.05$). 섭식 길드를 비교한 결과 하천형 습지에서 충식성 종의 비율($P=0.040$)이, 호수형 습지에서 잡식성 종의 비율($P=0.018$)이 높게 나타났으며, 육식성 종 및 초식성 종의 경우 습지 유형에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 내성도 길드를 비교한 결과 호수형 습지에서 하천형 습지와 비교하여 내성종의 비율($P=0.042$)이 높게 나타났으며, 중간종 및 민감종의 비율은 습지 유형에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

습지 유형별 출현 종수는 유사하게 나타났으나, 그 종을 구성하는 어류군집의 차이는 뚜렷하게 나타났다 (PERMANOVA, Pseudo-F=2.9555, $P=0.007$). 이러한 차이에 기여하는 종을 확인하기 위해 SIMPER 분석을 실시

한 결과 하천형 습지의 경우 참갈겨니(기여도, 28.51%), 호수형의 경우 블루길(기여도, 23.21%)이 각 습지 어류군집의 유사성에 가장 큰 기여를 하는 것으로 확인되었다 (Table 2).

조사가 이루어진 29개 습지의 어류군집을 이용하여 NMDS 분석을 실시한 결과 20%의 유사도에서 3개의 그룹으로 구분되었다 (Fig. 2). 첫번째 그룹은 하천형으로 구분되며, 일부 호수형 습지(남성저수지습지, NS; 임불리 인공호습지, IBR)가 포함되었다. 두번째 그룹의 경우 호수형 습지로 구분되며, 일부 하천형 습지(원내리 하천습지, WNR; 가화늪, GHN; 완사늪, WSN; 가진리 하도습지, GJR)가 포함되었다. 세번째 그룹의 경우 총 3개의 습지(신월1습지, SW1; 검우리 하구염습지, GUR; 낭포리 간척호습지, NPR)

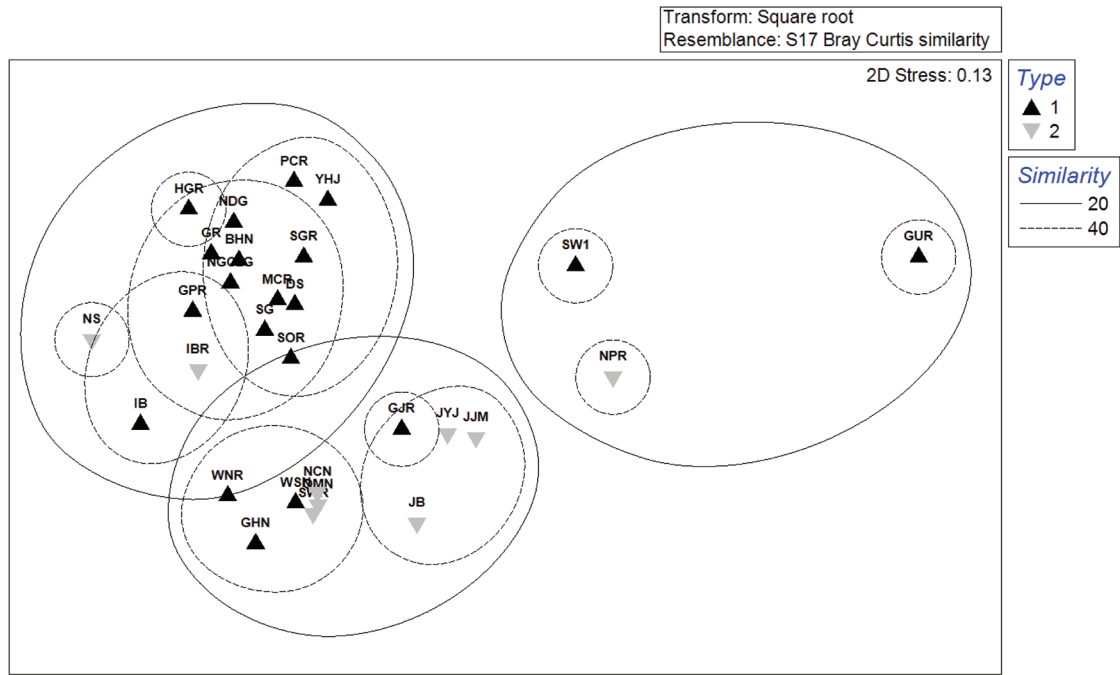


Fig. 2. Non-metric multidimensional scaling of samples based on Bray-Curtis similarities. Black and grey triangles indicate river and lake types, respectively. The sites are classified by three groups based on cluster analysis at a similarity level of 20 and 40.

가 포함되었으며, 이들은 완전한 담수 지역이 아닌 하구 또는 간척호를 포함하는 공통점을 가지고 있었다.

고찰

국내에 분포하는 하천형 및 호수형 습지에는 약 10종 내외의 어류가 서식하는 것으로 확인되었으며, 습지의 유형에 따라서 서식 어종의 다양성 및 군집이 차이가 있었다. 국내 습지의 가치평가 및 보호지역 설정에 있어서 희귀종 및 멸종위기종의 서식 여부가 주요 평가요인으로 적용되고 있다(습지보전법 제8조). 그러나 멸종위기종은 특정 환경에 대한 선호도로 인하여 분포 범위가 좁으며 개체수가 적어 쉽게 발견되지 않는다(Engler *et al.*, 2004). 조사가 이루어진 29개 습지의 경우 기존에 멸종위기종의 서식지로 확인되지 않은 지역이며(NIBR, 2011), 본 조사에서도 멸종위기종의 서식이 전혀 확인되지 않았다. 이러한 결과는 현 습지 관리 시스템에서 본 습지들의 가치가 저평가될 수 있는 결과를 초래한다. 보호종과 함께 고유종과 외래종은 습지의 어류군집을 간접적으로 평가할 수 있는 요인 중 하나이다. 담수 어류의 한국 고유종은 약 60여 종이 보고되고 있으며(Kim and Park, 2002), 본 연구에서도 하천형 습지에서 평균 4.2종, 호수형 습지에서 평균 1.9종이 서식하

는 것으로 나타났다. 고유종은 한국만이 가지고 있는 고유의 생물자원으로 고유종의 서식은 습지를 보호해야 할 훌륭한 명분을 제공해 준다. 앞서 언급하였듯이 보호종은 분포지역이 제한되어 있기 때문에 보호종의 서식 유무가 전국적으로 분포하는 수많은 습지의 가치를 대변할 수 없다. 반면 고유종은 전국적으로 분포하여 대부분의 습지에서 확인되며, 습지별 서식 종수 및 개체수의 차이를 보이기 때문에 습지의 가치 평가에 있어서 고유종의 서식 정보를 포함시킬 필요성이 있다. 또한 두 개의 습지 유형 모두에서 외래종의 서식이 확인되었으며, 이들은 대부분 환경부에서 생태계교란야생동식물로 포함되는 배스와 블루길이다(MOE/NIER, 2014). 배스와 블루길은 강한 포식력으로 인하여 기존의 어류생태계에 악영향을 미치는 생물학적 교란요인이다(Jang *et al.*, 2006; Jo *et al.*, 2014, 2016). 따라서 외래종의 출현은 습지의 가치에 있어서 부정적인 영향을 미치는 요인에 포함되어야 하며, 향후 복원 및 건강성 회복을 위한 습지를 선정하는 기준에 있어서 우선적으로 적용되어야 할 기준으로 판단된다.

본 연구에서 두 개의 습지 유형별 출현 종수는 유사하나 어류군집을 구성하는 종 조성의 차이가 있는 것으로 확인되었다. 하천형 습지 어류군집의 유사성에 가장 큰 기여를 하는 종은 참갈겨니, 돌고기, 피라미로 확인되었다. 이들 종의 경우 대부분 유수역 환경을 선호하는 종이며, 특

히 피라미와 참갈겨니의 경우 국내 하천에서 우점적으로 출현하는 종으로 보고되어 있다(Yoon *et al.*, 2011). 호수형 습지 어류군집의 유사성에 가장 큰 기여를 하는 종은 블루길, 붕어, 미꾸리로 확인되었으며, 이들 종의 경우 대부분 정수역 환경을 선호하는 종이다(Kim and Park, 2002). 이처럼 습지 유형별 어류군집의 주요 기여종은 습지의 환경을 대변하고 있는 것으로 확인되었다. 습지 환경 변화는 서식 어류군집에 직접적인 영향을 미치며, 습지 유형별 주요 기여종은 그 영향을 가장 쉽게 파악할 수 있는 종이라 할 수 있다. 따라서 습지의 유형별 관리에 있어서 각 유형을 대표할 수 있는 주여 기여종의 정보를 적극적으로 활용할 필요성이 있다. 뿐만 아니라 두 개의 습지 유형별 섭식 길드 및 내성도 길드를 구성하는 일부 종의 차이를 확인하였다. 유수역 특성을 지니고 있는 하천형 습지와 비교하여 호수형 습지의 어류군집에서 잡식성 종 및 내성종이 차지하고 있는 비율이 높게 나타났다. An and Han (2013)의 연구에 의하면 정체수역이 증가할수록 잡식성 종 및 내성종의 비율이 높게 나타나며, 이는 본 연구에서도 동일한 결과를 확인할 수 있었다. 반면 단순한 정체수역의 증가보다는 수체가 정체됨으로 인해 나타나는 수질의 차이, 서식처 환경, 먹이원 특성이 복합적으로 영향을 미칠 것으로 예상되나 현재의 경우 습지별 어류군집에 대한 자료만이 도출되고 있어 원인 분석이 어렵다. 따라서, 이러한 부분을 정확하게 분석하기 위해서는 향후 단순하게 어류군집만을 조사하는 것에서 벗어나 습지의 수질, 서식처 환경, 먹이원을 포함하는 조사를 고려해야 할 것이다.

습지의 어류군집을 활용한 NMDS 분석을 통해서 일부 습지의 어류군집이 다른 유형의 어류군집과 유사성이 높게 나타나는 결과를 확인하였다. 남성저수지(NS)와 임블리 인공호습지(IBR)의 경우 호수형 습지로 구분되지만 하천형 습지의 어류군집 특징을 갖는 것으로 나타났다. 두 습지의 경우 인공호 말단의 유입천 유입부에 위치하고 있으며, 따라서 습지의 물리적인 특성이 하천의 형태를 가지고 있다. 반면 원내리 하천습지(WNR), 가화늪(GHN), 완사늪(WSN), 가진리 하도습지(GJR)의 경우 하천형 습지로 구분되지만 호수형 습지의 어류군집 특징을 갖는 것으로 나타났다. 원내리 하천습지(WNR)와 가진리 하도습지(GJR)의 경우 하천의 주수로 옆으로 형성되어 있는 배후 습지로 수체가 정체되어 있다. 가화늪(GHN), 완사늪(WSN)의 경우 대형 댐의 유입부를 포함하고 있으며, 일부 유수 환경을 포함하고 있으나 댐의 정수 환경 어류군집의 영향을 보다 많이 받는 것으로 확인되었다. 이처럼 본 연구결과에 의하면 호소 및 댐의 유입부에 위치하여 정수환경(호수형)과 유수환경(하천형)을 모두 포함하는 부분에

대한 습지 유형 구분이 명확하지 않은 것으로 확인되었다. 이와 더불어 하천형과 호수형에 묶이지 않는 기타 그룹(신월1습지(SW1), 검우리 하구염습지(GUR), 낭포리 간척호습지(NPR))이 나타났는데, 본 습지들의 경우 모두 하구 및 간척호로 해수의 영향을 받고 있는 기수역 습지라는 공통점을 가지고 있었다. 현재 “국가습지유형분류체계”에서 기수역 습지는 수원 및 수질 등으로 구분되는 소분류 체계에 포함되어 있으며, 중분류 유형인 하천형과 호수형 모두에서 기수역 습지가 포함되어 있다. 따라서 중분류(하천형, 호수형)에서 소분류 체계로 내려가면 이들 습지 유형이 별도로 구분될 것으로 예상된다. 반면, 어류군집은 하천형과 호수형을 구분하는 서식지의 지형특성 뿐만 아니라 염도와 관련된 수원(담수, 기수, 해수)에 따라 큰 차이를 보이기 때문에(Baek *et al.*, 2013; Park *et al.*, 2013), 어류군집을 이용한 구분에서 기수역 습지가 별도의 그룹으로 구분된 것으로 판단된다.

현재 습지의 중분류 유형에 대한 분류 기준은 지형 환경에 대한 정보를 활용하고 있다. 본 연구결과에 의하면 두 가지 지형 환경(정수 및 유수)의 경계에 있는 습지의 유형 구분이 해당 습지의 생물상 정보와 상이하게 나타남을 확인하였다. 하천형과 호수형의 습지 유형에 따른 어류군집이 명확하게 차이가 나타나기 때문에 지형 환경을 통한 습지 유형 구분이 모호한 경우 어류군집과 같은 생물상 정보를 활용하는 것이 명확한 습지 유형 구분에 도움이 될 수 있다. 따라서 지형 환경의 경계에 있어서 습지 유형 구분에 오류가 생길 수 있는 남성저수지(NS)와 임블리 인공호습지(IBR), 원내리 하천습지(WNR), 가화늪(GHN), 완사늪(WSN), 가진리 하도습지(GJR)에 대한 유형 구분이 재검토 될 필요성이 있을 것으로 판단된다. 반면 지형 환경 이외에 습지 어류군집에 영향을 미칠 수 있는 습지의 규모, 수령, 각종 교란요인 등의 영향을 배제할 수 없기 때문에 이 부분에 대해서 향후 추가 연구가 이루어질 필요성이 있다.

본 연구는 하천형 습지와 호수형 습지를 대상으로 어류군집의 차이를 분석하였다. 그 결과 두 습지 유형에 대한 어류군집의 차이를 확인하였으며, 이를 통해 현재의 멸종위기종 중심의 습지 관리에서 벗어나 고유종 및 외래종 중심의 습지 관리 필요성을 제안하였다. 또한 지형 환경을 통해 구분되는 중분류 습지 유형에서 서로 다른 지형의 경계에서 명확한 구분이 이루어지지 않을 때 해당 습지의 생물상이 습지 유형 구분에 도움이 될 수 있음을 확인하였다. 반면 하천형 습지와 호수형 습지가 국내에 분포하는 모든 습지의 유형을 대변할 수 없기 때문에 향후 습지의 전반적인 관리를 위해서는 본 두 개의 유형을 포함한 총 6

개의 습지 유형(중분류)에 대한 모든 정보를 확인할 필요성이 있다. 이를 통해 다양한 유형의 습지에 대한 어류군집을 분석하고, 각 습지의 유형을 대변 할 수 있는 세부적인 관리 방법 마련이 이루어져야 할 것이다.

적 요

습지 유형에 따른 어류군집 특성을 파악하고 이를 통해 관리 전략을 마련하기 위해 경상남도에 위치한 29개의 습지(하천형 20개소, 호수형 9개소)를 대상으로 조사를 실시하였다. 조사결과 하천형 습지에서는 평균(\pm SD) 10.3 ± 4.8 종이, 호수형 습지에서는 평균 9.1 ± 4.1 종이 출현하였으며, 출현 종수의 차이는 확인되지 않았다(Mann-Whitney U test, $P > 0.05$). 반면 두 습지 유형의 어류군집을 구성하는 종들은 통계적으로 유의한 수준의 차이를 보였으며(PERMANOVA, Pseudo-F=2.9555, $P=0.007$), 각 유형의 어류군집에 가장 크게 기여하는 종은 참갈겨니(하천형, 28.51%)와 블루길(호수형, 23.21%)로 확인되었다(SIMPER). 지점별 어류군집을 활용한 NMDS 분석결과 총 3개의 그룹(하천형, 호수형, 기타)으로 구분되어 기존의 유형 구분과 차이를 확인할 수 있었다. 현재 습지 관리는 멸종위기종을 중심으로 한 일원화된 방법이 제시되고 있으나, 본 연구에 의하면 습지 유형별 어류군집에 있어서 차이가 있기 때문에 고유종, 외래종, 주요 기여종에 대한 정보를 활용한 관리방법이 마련되어야 한다. 또한 현재 지형을 기반으로 한 습지의 유형 분류가 이루어지고 있으나 일부 습지의 유형에 대한 분류가 모호한 경우가 확인되었으며, 이에 대해 생물상 분석을 통한 보완이 이루어질 필요가 있다. 본 연구는 두 개의 습지 유형에 대한 분석결과로 한계가 있기 때문에 향후 모든 유형의 습지를 대상으로 연구를 실시하여 각 습지의 유형을 대변할 수 있는 세부적인 관리 방법 마련이 이루어져야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국립습지센터의 지원(2016 전국내륙습지 모니터링 조사사업)으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

REFERENCES

- An, K.G. and J.H. Han. 2013. Chemical Water Quality and Fish Community Characteristics in the Mid- to Downstream Reach of Geum River. *Korean Journal of Environmental Biology* **31**: 180-188.
- Baek, S.H., J.D. Yoon, J.H. Kim, H.J. Lee, K.R. Choi and M.H. Jang. 2013. Characteristics of fish community in the Seomjin River and brackish area. *Korean Journal of Environmental Biology* **31**: 402-410.
- Batzer, D.P. and V.H. Resh. 1992. Wetland management strategies that enhance waterfowl habitats can also control mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association* **8**: 117-125.
- Beck, M.W., K.L. Heck Jr, K.W. Able, D.L. Childers, D.B. Eggleston, B.M. Gillanders, B. Halpern, C.G. Hays, K. Hoshino, T.J. Minello, R.J. Orth, P.F. Sheridan and M.P. Weinstein. 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience* **51**: 633-641.
- Buisson, L., L. Blanc and G. Grenouillet. 2007. Modelling stream fish species distribution in a river network: the relative effects of temperature versus physical factors. *Ecology of Freshwater Fish* **17**: 244-257.
- Clarke, K.R. and R.M. Warwick. 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology* **118**: 167-176.
- Cowardin, L.M., V. Carter, F.C. Golet and E.F. LaRoe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. US Department of the Interior, US Fish and Wildlife Service.
- Engler, R., A. Guisan and L. Rechsteiner. 2004. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology* **41**: 263-274.
- Field, J.G., K.R. Clarke and R.M. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series* **8**: 37-52.
- Jang, M.H., G.J. Joo and M.C. Lucas. 2006. Diet of introduced largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. *Ecology of Freshwater Fish* **15**: 315-320.
- Jo, H., J.A. Gim, K.S. Jeong, H.S. Kim and G.J. Joo. 2014. Application of DNA barcoding for identification of freshwater carnivorous fish diets: Is number of prey items dependent on size class for *Micropterus salmoides*? *Ecology and Evolution* **4**: 219-229.
- Jo, H., J.D. Yoon, J.H. Kim, K.S. Jeong, Y. Do and G.J. Joo. 2016. Diet shifts and delayed piscivory specialisation during the ontogenesis of the largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepede, 1802) in the Nakdong River and Upo Wetlands, South Korea. *Indian Journal of Fisheries* **63**: 48-54.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyo-Hak Publishing Co, Seoul.
- Lambert, A. 2003. Economic valuation of wetlands: an import-

- ant component of wetland management strategies at the river basin scale. Conservation Finance Guide, Washington.
- Lehner, B. and P. Döll. 2004. Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology* **296**: 1-22.
- Matthews, W.J., D.J. Hough and H.W. Robison. 1992. Similarities in fish distribution and water quality patterns in streams of Arkansas: congruence of multivariate analysis. *Copeia* **1992**: 296-305.
- Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink. 2000. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics* **35**: 25-33.
- MOE. 2010. The study on manual of wetland classification by type/class and wetland restoration in Korea. The Ministry of Environment, Gwacheon.
- MOE/NIER. 2011. Monitoring guideline of Korean inland wetland. The Ministry of Environment/National Institute of Environmental Research, Incheon.
- MOE/NIER. 2012. Wild fauna and flora disturbing the ecosystem. The Ministry of Environment/National Institute of Environmental Research, Incheon.
- MOE/NIER. 2014. Guidebook for wetland policy officer. The Ministry of Environment/National Institute of Environmental Research, Incheon.
- MOE/NIER. 2015. Guideline for natural environment protected areas. The Ministry of Environment/National Institute of Environmental Research, Incheon.
- Moyle, P.B. and J.J. Cech. 2000. Fishes: an introduction to ichthyology (4th edition). Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Naugle, D.E., R.R. Johnson, M.E. Estey and K.F. Higgins. 2001. A landscape approach to conserving wetland bird habitat in the prairie pothole region of eastern South Dakota. *Wetlands* **21**: 1-17.
- Nelson, J. 2006. Fishes of the world. Wiley, New York.
- NIBR. 2011. Red data book of endangered fishes in Korea, National Institute of Biological Resources, Incheon.
- Park, S.H., J.W. Lee, J.H. Kim, S.H. Baek, J.D. Yoon, K.R. Choi and M.H. Jang. 2013. Fish distribution and salinity in the Saemangeum Reservoir. *Korean Journal of Environmental Biology* **31**: 411-418.
- Semlitsch, R.D. and J.R. Bodie. 2003. Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles. *Conservation Biology* **17**: 1219-1228.
- Yoon, J.D., J.H. Kim, M.S. Byeon, H.J. Yang, J.Y. Park, J.H. Shim, H.B. Song, H. Yang and M.H. Jang. 2011. Distribution patterns of fish communities with respect to environmental gradients in Korean streams. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **47**: 63-71.

Appendix 1. Information of fish sampling sites. Table showed type (river or lake), abbreviation, GPS information, and area of each wetlands.

Type	Wetland (abbreviation)	GPS		Area (m ²)
River	Gajinri hadoseupji (GJR)	N35° 12' 37.26"	E128° 13' 17.60"	114,035
	Geomuri haguyeomseupji (GUR)	N35° 04' 54.59"	E128° 01' 57.54"	92,360
	Gopumri boseupji (GPR)	N35° 32' 33.51"	E128° 06' 33.51"	817,611
	Geumri hadoseupji (GR)	N35° 25' 21.77"	E128° 07' 40.30"	60,322
	Maechonri boseupji (MCR)	N35° 40' 41.34"	E128° 13' 39.45"	313,431
	Seonggokri Hadoseupji (SGR)	N35° 06' 36.01"	E128° 13' 53.32"	61,242
	Soori boseupji (SOR)	N35° 24' 40.02"	E128° 06' 19.00"	48,608
	Wonnaeri hacheonseupji (WNR)	N35° 09' 29.96"	E127° 57' 43.79"	162,606
	Yulhyeonji hadoseupji (YHJ)	N35° 25' 33.89"	E127° 57' 48.41"	16,857
	Wansaneup (WSN)	N35° 06' 48.34"	E127° 59' 36.51"	1,694,330
	Pyeongchonri hadoseupji (PCR)	N35° 29' 21.34"	E127° 50' 10.03"	144,339
	Hageumri Ingonghoseupji (HGR)	N35° 32' 11.21"	E127° 59' 57.31"	85,290
	Gahwaneup (GHN)	N35° 12' 17.00"	E128° 00' 43.00"	109,327
	Namgangcheon2gyoseupji (NGC2G)	N35° 30' 35.00"	E127° 48' 41.00"	346,682
	Naedonggyoseupji (NDG)	N35° 39' 43.00"	E127° 47' 32.00"	21,879
	Daesanseupji (DS)	N35° 38' 50.00"	E127° 57' 05.00"	317,671
	Beomhakneup (BHN)	N35° 21' 39.00"	E127° 55' 01.00"	178,992
	Songgyeseupji (SG)	N35° 21' 16.00"	E128° 05' 25.00"	80,353
	Sinwol1seupji (SW1)	N35° 01' 48.00"	E127° 47' 02.00"	156,677
	Imbukseupji (IB)	N35° 35' 03.00"	E128° 11' 51.00"	786,694
Lake	Namseongjeosujiseupji (NS)	N35° 16' 50.00"	E128° 03' 18.20"	13,779
	Nangpori gancheokoseupji (NPR)	N35° 00' 54.52"	E127° 55' 14.93"	131,610
	Sinwolri guhadoseupji (SWR)	N35° 02' 12.93"	E127° 47' 21.58"	11,582
	Omineup (OMN)	N35° 15' 32.51"	E127° 59' 07.01"	485,407
	Imbulri ingonghoseupji (IBR)	N35° 38' 00.89"	E127° 58' 55.98"	138,174
	Jangjaemot Ugakoseupji (JJM)	N35° 13' 29.37"	E128° 06' 01.92"	60,263
	Jeongyangji (JYJ)	N35° 32' 57.55"	E128° 09' 58.18"	424,387
	Jubongjeosuji (JB)	N35° 07' 29.00"	E128° 13' 20.00"	110,017
	Naechonneup (NCN)	N35° 10' 12.00"	E127° 59' 19.00"	1,299,690

