

## 신속평가방법 (Rapid Assessment Method)을 이용한 습지평가 및 평가항목의 개선

최종윤 · 김성기\* · 윤종학 · 주기재<sup>1</sup>

국립생태원 생태평가연구실, <sup>1</sup>부산대학교 생명과학과

### Wetland Assessment and Improvement of Evaluation Index Using Rapid Assessment Method (RAM).

Choi, Jong-Yun (0000-0001-6052-9473), Seong-Ki Kim\* (0000-0002-4940-7499), Jong-Hak Yun (0000-0002-2102-6790) and Gea-Jae Joo<sup>1</sup> (0000-0002-5617-7601) (National Institute of Ecology, Seo-Cheon Gun, Chungcheongnam-do 33657, Republic of Korea; <sup>1</sup>Department of Biological Sciences, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea)

**Abstract** In order to consider application and evaluation of value and class of domestic wetland, we investigated 146 wetlands located Gyeongsangnam-do using Rapid Assessment Method (RAM). We utilized Self-Organizing-Map (SOM) to analysis relationship between evaluation index and land coverage ratio surrounding wetland. Among total 8 evaluation index, 'Fish and herptile habitat' and 'Aesthetic value' were higher, most of the wetlands evaluated as 2, 3 grade. Result of SOM analysis, 'vegetation diversity and wild animals habitat' is negatively related to the 'Fish and herptile habitat', because fishes were not prefer habitat excessively occupied by plant. However, high vegetation diversity can be support high score of 'Aesthetic' in wetland. Also, 'Erosion control' and 'Flood storage and control' were closely related, wetlands with high score of 'Erosion control' have high score of 'Flood storage and control'. When applied RAM in domestic wetland, six out of 6 evaluation index induced biased results, the index of RAM need a little change as some new or modify evaluation index. Therefore, we consider to need adjustable, subdivide, and actualization of some evaluation index for application of RAM in domestic wetlands. Consequently, wetland assessment and class using RAM can be utilized as important indicate for conservation and management of wetland, and contributed greatly to maintain biodiversity include to endangered species by preserving remaining wetland.

**Key words:** wetland assessment, Rapid Assessment Method (RAM), Self-Organizing Map (SOM), wetland conservation, endangered species

## 서 론

습지는 전 세계적으로 작은 면적을 차지하지만, 연평균 1,000 gC m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup> 정도의 생산력을 가질 정도로 지구상

에서 가장 생산성이 높은 생태계이다 (Sutton-Grier and Megonigal, 2011; Zhu *et al.*, 2011). 습지는 육상생태계와 수생태계 간의 전이지역으로 다양한 영양분과 먹이원이 집결되며, 수생식물이나 저질 등이 복잡하게 구성되어 다양한 서식공간을 제공하기 때문에 많은 생물들이 서식하기 적당한 환경이다. 특히, 습지에서 풍부한 수생식물은 플랑크톤이나 미소무척추동물 등 다양한 수서생물들의 서식처로서 활용되며 (Kuczynska-Kippen and Nagengast, 2006;

Manuscript received 5 June 2017, revised 9 August 2017, revision accepted 11 August 2017  
\* Corresponding author: Tel: +82-41-950-5616, Fax: +82-41-950-6157, E-mail: skkim@nie.re.kr

Choi *et al.*, 2014b), 포식자의 무분별한 포식을 제한하여 피식자의 생존을 돕는다(Manatunge *et al.*, 2000). 다양한 수생식물 중 침수식물(붕어마름, 말즘 등)은 복잡한 형태와 구성 때문에 다양한 생물들의 상호관계를 조절하는 것으로 알려져 있으며, 생물다양성 증진에 크게 기여한다(Choi *et al.*, 2015).

습지의 높은 생물다양성으로 인해, 현재 160개국 이 국제습지협약(Ramsar Convention on Wetlands)에 가입하여 2018개의 습지를 보호·관리하고 있다(Ramsar Convention on Wetlands homepage, 2015). 하지만 습지의 생태적 중요성이 인식된 것은 최근이며(약 20~30년), 과거에는 쓸모 없는 지역으로 인식되어 농지개간, 제방건설, 위생 관리 등의 이유로 개발되어 전 세계적으로 많은 습지가 훼손 또는 소멸되었다(Lehtinen *et al.*, 1999). 특히, 습지는 수심이 얇고 비교적 작은 면적이기 때문에 농경지로 전환이 용이하다(Verhoeven and Setter, 1989). 최근에는 기후변화와 같은 불가항력에 가까운 교란과 함께 토지이용 변화, 외래종 침입, 경제상황 변화 등 습지의 서식처와 생물다양성이 위협받고 있다(Findlay and Bourdages, 2000; Wood *et al.*, 2003). 그래서 습지를 보존하고 관리하는 문제는 상당한 주의와 노력이 필요하다.

습지의 소실을 방지하고 효율적인 관리를 위해 전 세계적으로 습지를 보전하고 현명한 이용을 위해 노력을 기울이고 있다(Turner *et al.*, 2001; Salzman and Ruhl, 2005; Bendor, 2009). 습지를 보전하기 위해서는 구획화되어 고립된 상태로 분포하는 작은 습지들을 서로 연결하는 것이 서식처의 안정성과 특성을 유지하는 데 중요하다(Semlitsch and Bodie, 1998). 습지서식처 연결을 위해서는 경관요소에 대한 기본정보가 확보되어야 하고, 습지가 위치한 모반(matrix)에 따라 습지의 기능과 가치가 다르게 평가될 수 있어 습지 주변의 토지이용상태도 조사할 필요가 있다(Mitsch and Gosselink, 2000). 미국은 습지의 보전 및 관리를 위한 목적으로 ‘습지의 총량유지(No Net Loss of Wetlands)’를 새로운 정책으로 수립하였다(Robertson, 2000). 이 정책은 습지의 총면적을 유지하는 정책으로 개발이나 개간 등으로 습지 훼손 시 훼손된 면적만큼 대체습지 조성을 의무로 하고 있다. 우리나라의 경우, 습지의 체계적인 관리와 보전을 목적으로 1997년 람사르협약에 가입하여 물새 서식처를 보호하기 위한 노력에 참여하고 있으며, 1999년에는 환경부와 국토해양부가 공동으로 “습지보전법”을 제정하여, 현재까지 내륙습지 16개소, 연안습지 9개소, 지자체지정습지 3개소 등 총 28개 지역이 습지보전지역으로 지정되어 있다. 하지만 습지보전법은 습지보전지역으로 지정되지 못한 습지에 대해서는 적용되지 않기 때문에, 습지

훼손을 막을 수 없는 본질적인 한계에 놓여있는 것이 현실이다. 따라서 습지생태계를 보존하고, 관리하기 위한 효율적인 방안을 모색하여야 하며, 이와 함께 습지의 기능과 중요성을 평가하기 위한 체계적인 방법이 필요한 실정이다.

전 세계적으로 습지의 기능을 평가하기 위한 많은 방법이 개발되고 있으며, HGM(Dekeyser *et al.*, 2003)이나 IBI(Karr, 1981) 등과 같은 평가방법을 그 예로 들 수 있다. 하지만, 이러한 평가방법들은 신속한 평가 수행이 어렵고, 특정 생물 분류군에 대한 평가가 편중된다는 단점이 있다. 이와 비교할 때, 신속평가방법(Rapid Assessment Method, RAM)은 54개의 세부항목을 통해 습지에 대한 빠른 정보를 얻을 수 있으며, 면밀한 습지평가가 가능하다. 미국의 경우, 신속평가방법은 습지의 일반기능을 평가할 수 있는 대표적인 평가기법이며, 습지의 관리전략 수립을 위한 기초 자료로서 활용되고 있다(Tilton *et al.*, 2001). 신속평가방법으로 평가된 점수를 통해 각 습지의 등급을 정할 수 있으며, 등급을 통해 습지 보전의 우선순위를 판단할 수 있다. 이러한 장점에도 불구하고, 신속평가방법은 2001년에 우리나라에 도입된 후(Koo and Kim, 2001) 비교적 활용이 적은 편이다(Kim and Lee, 2009; Park *et al.*, 2009; Kang *et al.*, 2012). 신속평가방법의 항목은 국외 습지의 특성을 반영하는 내용으로 구성되었기 때문에, 우리나라의 습지평가지표로 이용하기 위해서는 신속평가방법을 구성하는 항목들이 우리나라 습지 특성에 적용 가능한 것인지에 대한 확인 및 점검이 반드시 필요하다. 이 과정에서 평가항목 간의 재조정 및 수정이 불가피할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 경상남도에 위치한 146개 습지를 대상으로, 신속평가방법을 이용하여 습지의 평가 및 등급화를 수행하였으며, 이 결과를 통해 습지의 가치평가의 정확성과 효율성을 높일 수 있는 방안을 모색하였다. 우리나라에서 평가방법의 적용을 위해 특정 지역에서 대규모로 습지평가가 진행된 예가 적기 때문에 본 연구 결과는 신속평가방법의 적용 가능성을 평가하고, 추후 다른 평가방법의 적용에 대한 사례로서 중요성을 가질 수 있다. 또한, 많은 수의 습지에서 평가가 진행되었기 때문에 경상남도에 위치한 습지에 대한 특성과 가치 파악에 용이하며, 차후 습지보전 방안에 대한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 재료 및 방법

### 1. 신속평가방법을 활용한 습지평가

경상남도에는 국내 전체 습지 중 20.6%를 차지하는 총 197개의 내륙습지가 위치하고 있으며(국립습지센터; www.

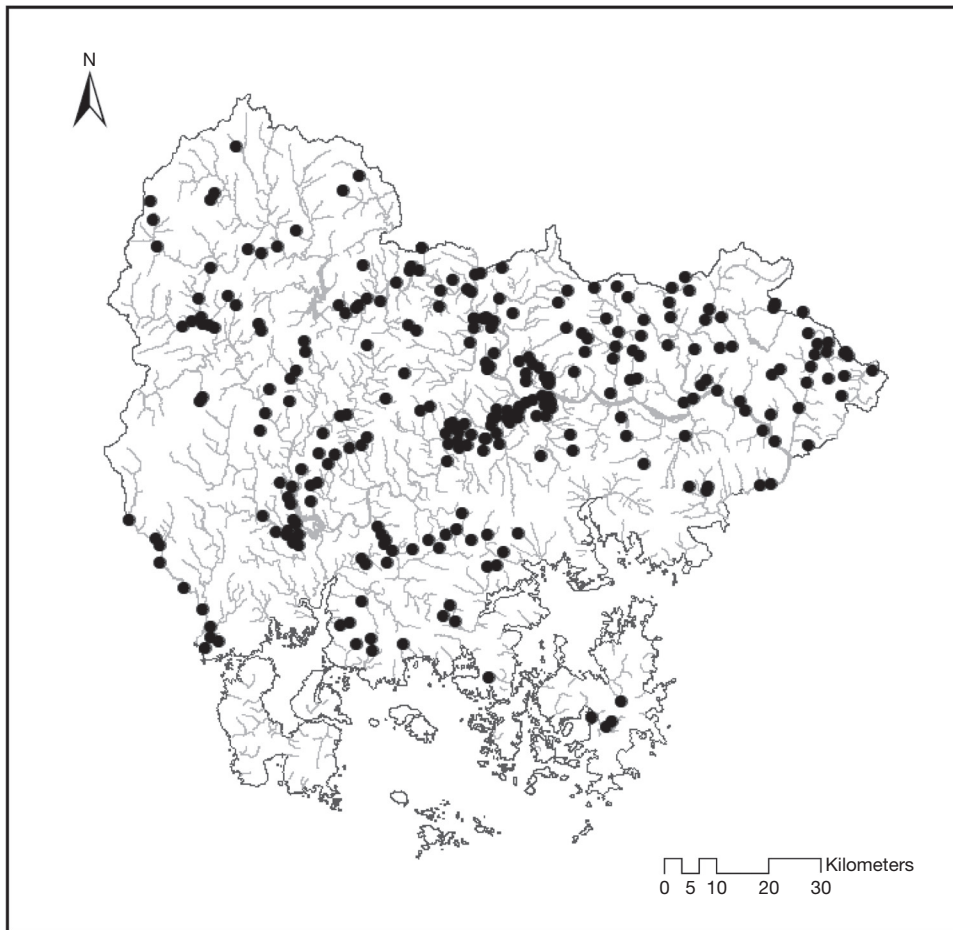


Fig. 1. Map of the study sites. The study sites are indicated as solid circles (●), and located in the southeast South Korea.

wetland.go.kr), 이 중 습지로서 적당하지 않거나, 매립 또는 소실된 습지를 제외한 146개의 습지를 대상으로 조사·평가를 수행하였다(Fig. 1).

습지평가방법으로는 일반적 수준에서 습지의 기능별 중요성을 파악할 수 있는 기법인 신속평가방법(RAM)을 활용하였다. 신속평가방법은 총 8개의 대항목(식생다양성·야생동물 서식처, 어류·양서·파충류 서식처, 홍수 저장·조절, 침식조절, 수질보호·개선, 호안·제방 보호, 미적·레크레이션, 지하수 유지·보충)으로 구성되어 있으며, 각 대항목에는 4~9개의 소항목이 총 52개로 구성되며, 높음, 보통, 낮음으로 배점되어 있다(일부 “높음”과 “낮음”만으로 구성된 항목도 있음). 항목별 점수는 높음이 3점, 보통은 2점, 낮음은 1점으로 배점되며, 전체 평가항목의 평균 점수의 높고 낮음에 따라 습지가치를 비교할 수 있다. 각 습지의 등급 또한 신속평가방법으로 평가된 점수를 바탕으로 분석되었으며, 환경부의 “3차 전국내륙습지조사지침(2011)”에 따라 전체 항목에서 “높음”으로 나타난 항목

이 3/5 이상인 경우는 1등급, “높음”으로 나타난 항목이 2/5 이상인 경우는 2등급, “높음”으로 나타난 요소가 없으나 “보통”으로 나타난 항목이 2/5 이상인 경우는 3등급, “높음”으로 나타난 요소가 없으나 “보통”으로 나타난 항목이 1/8 이상인 경우는 4등급, 이외에는 5등급으로 평가하였다.

신속평가방법과 같이 정성적 특성을 정량화하는 방법은 평가에 참여하는 연구진들 간의 평가기법에 대한 이해가 가장 중요한 요소이다. 따라서 습지를 평가하기 전에 신속평가방법의 질적인 보증(Quality Assurance, QA)과 조절(Quality Control, QC)을 통해 조사를 시행하기 전에 연구진들 간 숙지 및 상호 의견을 교환하여 결과의 편향성과 오류를 최소화하도록 하였다.

## 2. Self-Organizing Map (SOM)을 이용한 평가지수 분석

신속평가방법을 이용하여 평가된 8개의 대항목(식생다양성·야생동물 서식처, 어류·양서·파충류 서식처, 홍

수 저장·조절, 침식조절, 수질보호·개선, 호안·제방 보호, 미적·레크레이션, 지하수 유지·보충)과 7개의 습지 주변 토지피복 비율 간의 관계는 생태정보학(Ecological Informatics)에서 널리 활용되고 있는 비선형 생태모형기법 중 하나인 Self-Organizing Map (SOM) 알고리즘을 이용하여 패턴분석을 실시하였다. 습지의 경우 영양염류의 유입 등 습지 특성이 주변 토지 피복에 민감하게 영향받기 때문에, 신속평가방법의 항목이 어떤 토지피복과 상관관계를 가지는지 분석해 볼 필요성이 있다. 습지 주변 토지 이용을 파악하기 위해 환경부(2010)에서 제공되는 1:25000 축척의 토지피복도를 이용하여 5 km 이내의 토지피복율을 산출하였다. 최적의 SOM 구조는 두 가지의 quantization error 및 topographic error 항을 이용하여 결정하였으며, 다양한 구조의 SOM 모형을 구축한 뒤 두 error 항이 가장 낮은 값을 보인 구조를 최종적으로 선택하였다. 조사지점을 클러스터링하기 위해서 U-matrix를 이용하였으며, SOM 모형을 구성하는 각각의 node들 간의 유사도를 이용하여 가장 적합한 클러스터를 추출하도록 하였다. SOM 모형 구축과 데이터 분석은 Matlab 6.1을 활용하여 분석되었으며, SOM 모형 구축에 관련된 여러 가지 함수와 기능들은 Matlab 환경에서 구동되는 SOM\_PAK (Kohonen *et al.*, 1996) 툴박스를 이용하였다.

3. 신속평가방법 항목의 개선사항 도출

신속평가방법은 습지의 일반적인 정보를 비교적 신속하게 획득할 수 있다는 장점을 가지지만, 미국 등 국외 습지에 적합하다는 단점을 동시에 가진다. 본 연구에서는 경상남도에 위치한 습지 146개소를 기반으로 신속평가방법이 우리나라 습지에 적용되었을 때 수정이나 개선이 필요한 사항을 도출하여 추후 습지평가 시 오류나 편중된 항목 점수를 최소화하였다. 경상남도에 위치한 습지를 통해 평가된 신속평가방법의 52개 소항목 중 점수가 편중되거나 수정이 필요한 사항을 분석하였다. 또한 1~2등급으로 평가된 습지 외 3~5등급으로 평가된 습지에서 과거 출현이 목격된 멸종위기종 분포 현황을 기존 문헌(국립습지센터 자료)을 통해 확인하여 신속평가방법이 가지는 한계를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

1. 습지평가 및 등급화

본 연구에서 조사된 습지는 총 146개이며, 각 행정구역

별로 함안 35개, 창녕 21개, 진주 17개, 합천 15개, 밀양 13개, 함양 11개, 의령 7개, 김해 5개, 사천 5개, 양산 5개, 하동 5개, 산청 3개, 거제 2개, 거창 1개, 창원 1개로 조사되었다(Fig. 1). 이 중에서 함안과 창녕이 가장 많은 수의 습지가 분포하였으며, 그 다음으로는 진주, 합천, 밀양 등의 순서로 나타났다.

경상남도에 위치하고 있는 146개의 습지에서 신속평가방법을 활용한 습지평가를 수행한 결과, ‘8개의 대항목 중 식생다양성·야생동물 서식처(F1)’ 항목과 ‘미적·레크레이션(F7)’ 항목이 가장 높은 점수를 나타냈으며, 나머지 항목은 비슷한 점수대를 가지는 것으로 평가되었다(Fig. 2).

본 연구에서 평가된 총 146개의 습지 중에서 1등급으로 평가된 습지는 총 13개로 나타났으며, 밀양시가 총 5개로 가장 많은 분포를 보였다. 2등급으로 평가된 습지는 총 43개로 함안, 함양, 합천 지역에 위치한 습지가 절반 이상을 차지하였다(27개). 이 지역은 다른 지역보다 산림이 많이 분포하기 때문에 습지 점수가 상대적으로 높게 나타난 것으로 사료된다. 3등급으로 평가된 습지는 총 60개로, 평가된 등급 중 가장 많았으며, 행정구역 중 함안군에서 가장 많은 수를 보였다(20개). 4등급으로 평가된 습지는 총 28개로 함안군에서 가장 많은 분포를 보였으며(6개), 이 밖에 양산시, 창녕군, 하동군 등도 각각 4개씩 분포하였다. 5

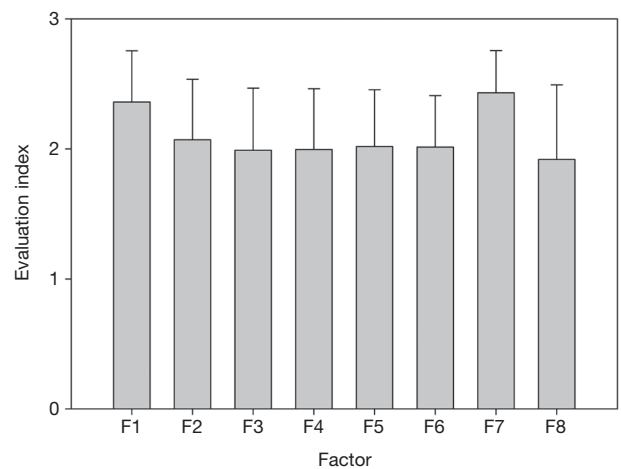


Fig. 2. Wetland evaluation using RAM in 146 wetlands located in the southeast South Korea. F1, Vegetation diversity and wild animals habitat; F2, Fish and herptile habitat; F3, Flood storage and control; F4, Erosion control; F5, Water quality protection and improvement; F6, Levee protection; F7, Aesthetic; F8, Groundwater maintain and supplement. The bars represent an factor average of each wetland. Letters above the bars indicate statistically different mean values (standard deviation).

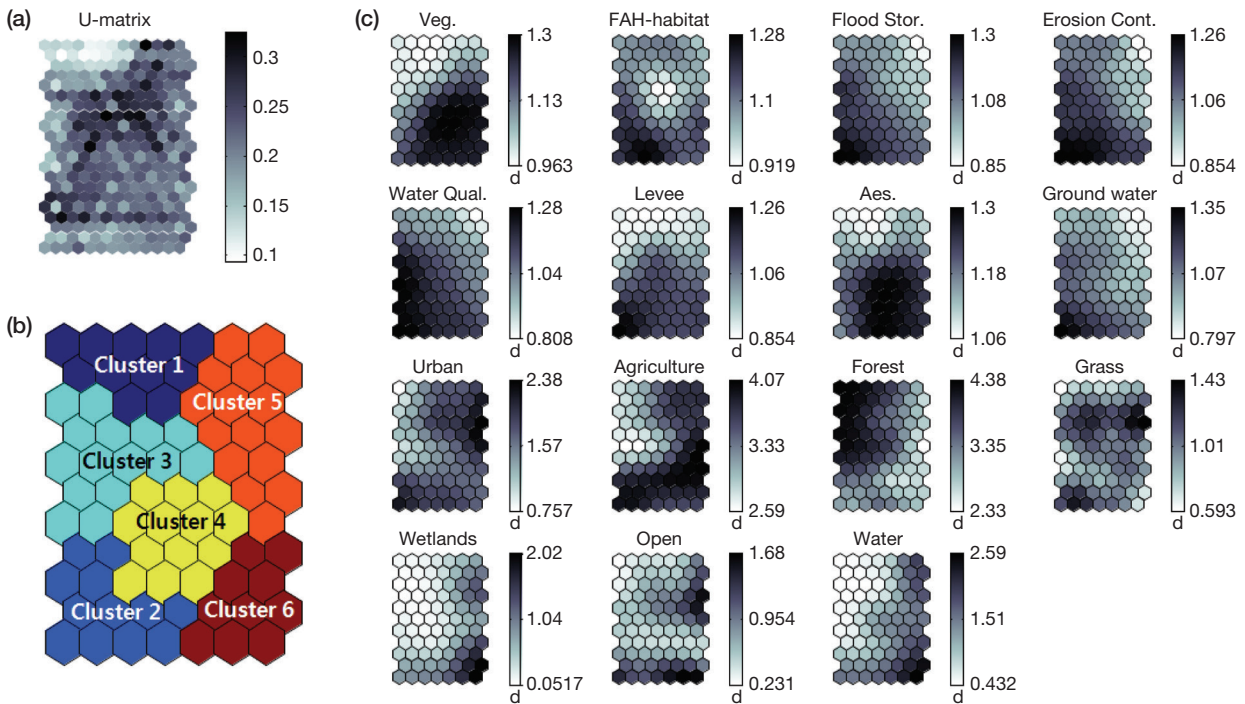


Fig. 3. Results of SOM modeling using eight RAM index and seven land coverage (urban, agriculture, forest, grass, wetland, open and water area). (a) U-matrix. (b) Clustering results. (c) Patterning fifteen input variables. Abbreviations for the eight field monitoring factors can be found in Fig. 2.

등급으로 평가된 습지는 총 2개로 가장 적은 수를 보였으며, 진주시와 함안군에 각각 분포하였다.

## 2. 경상남도 습지의 분석 및 평가

SOM 평면을 구축한 결과  $11 \times 7$  구조에서 최적화되었다 (Quantization error, 0.312; Topographic error, 0.01;  $n = 175$ ). SOM 모형을 적용시킨 결과, 각 항목들은 총 6개의 클러스터로 구분되는 것으로 평가되었다 (Fig. 3). SOM 평면의 위쪽에 형성되어 있는 클러스터가 각각 클러스터가 1과 5이며, 중앙에 각각 3과 4, 아래쪽에 2와 6으로 지정되었다. 각 클러스터의 특징을 살펴보면, 클러스터 1은 주로 3등급의 습지로 구성되었으며, 습지 주변에 우점하는 토지피복은 '산림 (forest)'으로 나타났다. 클러스터 2는 높은 등급으로 평가된 습지 (1~2등급)들로 구성되었으며, 주변 토지피복은 주로 '농경지 (agriculture)'였다. 클러스터 3은 홍수 저장·조절, 침식조절, 미적·레크레이션, 지하수 유지·보충의 높은 값을 가지는 반면, 식생다양성·야생동물 서식처, 어류·양서·파충류 서식처, 미적·레크레이션의 낮은 값을 가진 습지들로 구성되었으며 (주로 2~3등급), 주변 토지피복은 '산림 (forest)'이었다. 클러스터 4는 식생다양

성·야생동물 서식처, 홍수 저장·조절, 침식조절, 수질보호·개선, 호안·제방 보호, 미적·레크레이션 기능의 높은 값을 가진 반면, 어류·양서·파충류 서식처와 지하수 유지·보충은 낮은 값을 가진 습지로 구성되었으며, 주로 4등급으로 평가되었다. 클러스터 5는 식생다양성·야생동물 서식처와 미적·레크레이션의 높은 값을 가졌지만, 그 외 항목은 모두 낮은 값을 가진 습지로 구성되었으며, 우점하는 토지피복은 '농경지 (agriculture)'로 나타났다. 클러스터 6은 2~3등급의 습지로 주로 구성되었으며, 지하수 유지·보충 기능만 낮았고, 나머지 항목은 높은 것으로 나타났다 (Tables 1, 2).

일반적으로, 수생식물의 높은 풍부도는 복잡한 서식처를 구성하기 때문에 어류와 같은 시각적 포식자의 포식활동을 제한하고, 피식자 (저서무척추동물 등)의 성장과 개체군 발달을 돕는다 (Warfe and Barmuta, 2004). 본 연구에서 또한 식생다양성·야생동물 서식처 점수가 높은 습지에서는 대부분 어류·양서·파충류 서식처 점수가 낮은 경향을 나타냈는데, 이는 전술하였듯이 어류 분포와 수생식물 풍부도 간에 상충되는 관계 때문인 것으로 사료된다. 반면, 어류·양서·파충류 서식처 점수가 높은 습지에서는 홍수 저장·조절 기능이 높은 것으로 나타났다. 기존 문헌에서

**Table 1.** Characteristics of each cluster assumed based on the distribution patterns of input variables and number of study sites in each of clusters. Abbreviations for each input variable can be found in Table 1 (2~3 score: Good, 1~2 score: Normal).

Cluster NO.	Variable		Characteristics	Dominated land cover	Total wetland number
	Good	Normal			
1	—	Veg. FAH-habitat Flood Stor. Erosion cont. Water Qual. Levee Aes. Ground Water	This cluster had normal score in total variable	Forest	36
2	Veg. FAH-habitat Flood Stor. Erosion cont. Water Qual. Levee Aes. Ground Water	—	This cluster had high wetland value	Agriculture	34
3	Flood Stor. Erosion cont. Aes. Ground Water	Veg. FAH-habitat Levee	This cluster had high wetland capacity, but wetland value relation with biology habitat low	Forest	28
4	Veg. Flood Stor. Erosion cont. Water Qual. Levee Aes.	FAH-habitat Ground Water	This cluster had variable vegetation and excellent aesthetic, but lack of pool near wetland	Agriculture	13
5	Veg. Aes.	FAH-habitat Flood Stor. Erosion cont. Water Qual. Levee Ground Water	This cluster had high impermeability area, wetland value is low	Agriculture	19
6	Veg. FAH-habitat Flood Stor. Surface Water Water Qual. Levee Aes.	Ground Water	This cluster had to mixed wetland and open area near wetland, easier of development is expected	Agriculture	16

어류는 홍수 발생 시 범람으로 인해 새롭게 형성된 서식처에서 주로 머무르는 것으로 알려져 있는데(Kwak, 1988; King *et al.*, 2003), 이는 새로운 서식처에서 먹이원이 풍부하고, 경쟁, 포식 등이 상대적으로 적기 때문인 것으로 보인다. 미적·레크레이션 점수가 높은 습지의 경우, 대부분 식생다양성·야생동물 서식처 점수가 높은 것으로 나타났다. 습지의 미적은 부분을 충족시키는 요인은 주로 수생식

물(예, 갈대, 부들, 연 등)이기 때문에, 수생식물이 다양하게 분포하는 습지는 미적·레크레이션 점수가 높은 것으로 사료된다. 일반적으로, 침식조절 기능의 경우 홍수 저장·조절 기능과 밀접한 상관관계를 가지며, 본 연구에서 또한 침식조절 기능이 높은 습지는 홍수 저장·조절 기능 또한 높은 경향을 보였다. 신속평가방법의 항목과 주변 토지피복 비율과의 관계를 살펴보면, 식생다양성·야생동

물 서식처 점수가 높은 습지의 경우, 주변 토지피복은 주로 농경지인 것으로 나타났다. 습지에서 수생식물의 성장과 발달은 주변으로부터 유입되는 영양염류 농도에 영향 받기 때문에 주변 토지피복이 숲이나 초지보다는 농경지로 구성된 습지가 수생식물이 발달되기 적당한 것으로 사료된다. 주변토지피복이 산림으로 구성된 습지는 클러스터 1과 3에서 주로 나타났는데, 이들 습지들은 2~3등급의 가치를 가지는 것으로 평가되었다. 그 밖에 토지피복 비율은 신속평가 평가항목에 영향이 없거나 적은 영향을 주는 것으로 평가되었다.

### 3. 신속평가방법의 수정 및 개선사항

경상남도에서 신속평가방법을 이용하여 경상남도에 위치한 습지를 평가한 결과, 크게 다음과 같은 두 가지의 수정 및 개선사항이 검토되었다: (1) 일부 평가항목의 대표성의 문제, (2) 생물 서식처로서의 기능 평가능력 부재 등. 첫 번째의 경우, 일부 항목(식물군집의 수, 현존식생의 종류, 최대 수심, 토지 이용, 접근성, 시각적 개방성)이 경상남도에 위치한 습지의 특성이나 범위에 맞지 않기 때문에 수정되거나 개선할 필요가 있다(Table 3, Fig. 4).

평가항목별로 살펴보면, ‘식물 군집의 수’ 항목의 경우 식물 군집이 3개 이상이면 ‘높음’으로 설정되어 있는데, 경상남도에 위치한 습지 대부분은 식물군집이 3개 이상으로

나타나며, ‘보통’과 ‘낮음’ 간에 차이가 미미하여 이에 대한 수정 및 개선이 필요하다. 국내 내륙 습지의 경우, 주변이 대부분 농경지로 구성되어 영양염류(총인, 총질소 등)가 높은 특성을 가지며 이는 수생식물의 성장과 발달을 촉진시킨다. 그래서 대부분의 습지는 호안사면의 식물까지 포함하여 8~11종 정도의 식물종수(Choi *et al.*, 2014a, b)를 가지기 때문에 이를 기준으로 한 평가항목의 개선이 필요하다. 이와 비슷하게 ‘현존 식생의 종류’ 항목 또한 ‘높음’ 기준이 3종 이상이기 때문에 전술한 내용과 같이 15종을 기준으로 한 평가항목의 개선이 요구된다. 식생 군집에 대한 평가기준을 조정하여 평가결과가 편중되는 현상을 제거하고, 높음과 낮음 간의 기준을 명확하게 제시할 필요가 있다.

‘최대수심’ 항목 또한 수심이 15 cm 이하와 이상에 따라 각각 “높음”과 “낮음”으로만 평가하도록 제시되어 있다. 경상남도의 습지 대부분이 수심이 15 cm 이상으로 “높음”에 해당되기 때문에 이 또한 변별력이 없다. 더욱이, 우리나라와 같이 강우량이 비교적 짧은 특정 기간(주로 여름)에 집중되는 경우에는 습지의 수심이 연중 크게 차이를 보일 수 있다(Jeong *et al.*, 2008). 즉, 최대수심을 어느 시기에 평가하는가에 대한 문제가 선결되어야 대표성을 가질 수 있는 결과를 얻을 수 있다. 따라서 최대 수심과 같이 계절성이 크게 작용할 수 있는 항목은 1년 중 최소 계절 조사 실시 등의 조건을 부여하여 자료의 대표성을 확보하는 방향을 취하는 것이 바람직하다.

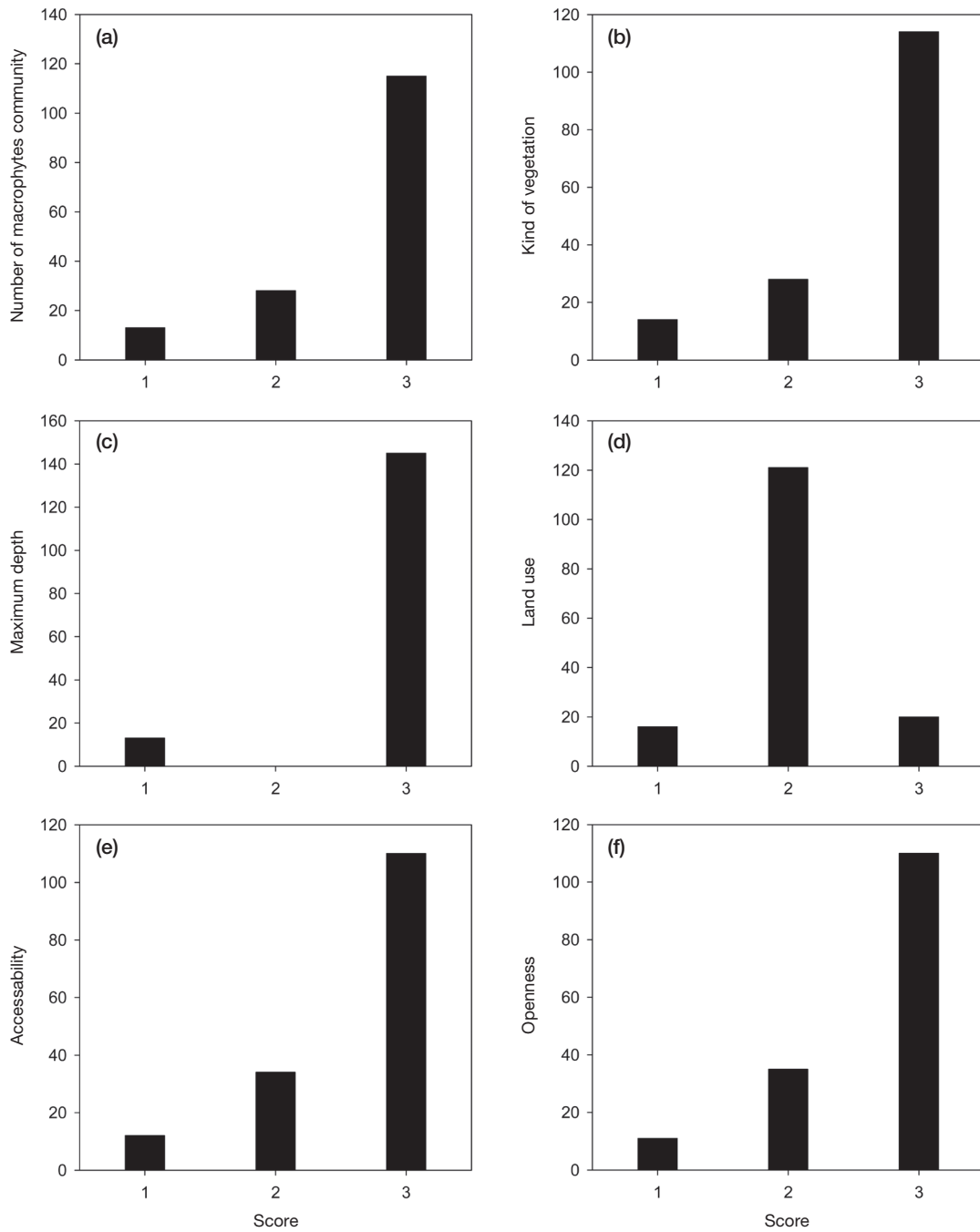
‘토지이용’ 항목 또한 ‘보통’ 점수에 집중되는 것으로 평가되었다. 우리나라 습지의 경우 대부분 관계용수와 밀접하게 관련되어 있기 때문에 농경지 주변에 습지나 둠벙이 위치한 경우가 대부분이다. 또한 과거 습지가 밀집되어 있는 지역은 매립 등으로 인해 농경지로 활용하였기 때문에 일반적으로 농경지 주변에는 습지가 산재해 있다. 특히 경상남도에 위치한 습지의 경우, 주변이 농경지인 경우가 전체의 80% 이상이다. 이러한 특성으로 인해 우리나라의 습지를 신속평가방법을 이용하여 평가할 경우 대부분 ‘보통’

**Table 2.** Wetlands number according to wetlands grade in each cluster based on SOM analysis.

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Total
Cluster 1	0	0	33	3	0	36
Cluster 2	11	20	2	1	0	34
Cluster 3	1	15	10	2	0	28
Cluster 4	0	0	0	13	0	13
Cluster 5	0	0	10	8	1	19
Cluster 6	1	8	5	1	1	16
Total	13	43	60	28	2	146

**Table 3.** Evaluation index and drawback for RAM in 146 wetlands located in the southeast South Korea.

Factor	Evaluation index			Drawback
	High	Medium	Low	
Number of aquatic plants community	>3 number	2 number	1 number	Most of “High”
Kind of vegetation	>3 species	2 species	1 species	Most of “High”
Maximum depth	<15 cm	–	>15 cm	Most of “Low”
Land use	Natural Land	Low residential road highway	Industrial, highway	Most of “Medium”
Accessibility	Free	–	Difficulty	Most of “High”
Openness	Open	Moderate open	Closure	Most of “High”



**Fig. 4.** Assessment index with problems when applying the RAM in 146 wetlands located in the southeast South Korea. (a) Number of macrophyte communities. (b) Kind of vegetation. (c) Maximum depth. (d) Land use. (e) Accessibility. (f) Openness.

으로 평가될 수밖에 없다. 따라서 주변 토지 피복의 항목을 논, 밭, 과수원 등으로 세분화 하는 등 평가항목을 조정하여 평가결과가 편중되는 현상을 제거할 필요가 있다.

서식처 보존 및 보전 관점에서 기준의 모호성이 존재하는 항목으로 2가지가 나타났으며, “접근성” 및 “시각적 개

방성” 항목들은 습지가 외부로부터 자연적으로 단절되어 있을수록 등급이 낮게 평가되도록 구성되어 있다. 서식처 보전생태학적 관점에서 서식처에 대한 인간의 접근성이 낮을수록 평가가치가 높아지는 것이 일반적이나, 본 항목들은 반대의 개념으로 설정되어 있어, 항목들에 대한 수정



및 재평가가 필요한 실정이다. 2가지의 평가방법이 친수 기능을 평가하기 위함이라면 인간의 접근성이 높을수록 점수가 높아지는 것이 바람직하지만, 서식처의 보존 및 보전 관점에서는 적합하지 않다. 특히 우리나라의 경우, 인간의 접근성이 높을수록 습지의 자연성이 훼손될 수 있을 가능성이 높으므로, 앞서 언급한 두 항목의 경우 높음과 낮음 기준을 바꾸는 등의 수정이 필요한 실정이다.

#### 4. 습지평가를 위한 신속평가방법의 적용

습지에 대한 평가는 수문지형학적 (Hauer and Smith, 1998), 주변 토지피복 (Jeong *et al.*, 2009), 식생 등의 생물상 (Grace, 1999)이 매우 중요하게 적용되나, 신속평가방법의 경우 습지의 자연경관, 형태적 특성 등에 초점이 맞추어져 있기 때문에, 생물에 대한 평가에 취약하다는 단점을 가진다. 이는 습지의 기능평가 (Functional assessment)가 생물학적 평가 (Biological assessment)에 대한 내용을 담고 있지 않기 때문에 발생하는 문제이다. 1, 2등급으로 평가된 습지 외, 3, 4등급으로 평가된 습지 일부에서 멸종위기종 및 천연기념물 서식이 확인된 경우 1, 2등급의 습지와 비슷한 보전 및 관리전략이 요구되나, 현 습지평가에서는 그렇지 못하다. 기존 문헌에서 조사된 내용을 참고하여 분석한 결과, 3, 4등급으로 평가된 습지 중 멸종위기종 및 천연기념물 서식이 확인된 습지는 총 17개로 나타났다 (Table 4). 이들 대부분은 산지습지였으며, 대부분 자연성이 뛰어나지만 수리수문학적 요소와 관련된 항목 (홍수저장 및 조절, 지하수 유지 및 보충 등) 점수가 낮아 높은 등급으로 평가되지 못한 것으로 사료된다. 이들 산지습지 (대성뚝늪, 대성큰늪, 안적늪, 안적D늪, 학골늪)에서는 황조롱이 (*Falco tinnunculus interstinctus*), 수달 (*Lutra lutra lutra*) 등의 멸종위기종 및 천연기념물 서식이 확인되었다. 보전전략상 1~2등급으로 평가된 습지에 대해서만 우선적인 보전계획 수립이 요구되나, 멸종위기종 및 천연기념물 서식이 확인된 3, 4등급의 습지에 대해서도 이와 상응하거나 그 이상의 보전 전략 수립이 필요할 것으로 판단된다. 또한 멸종위기종 및 천연기념물로 지정된 동·식물의 서식범위를 파악하여 해당 습지뿐만 아니라 주변 지역까지 함께 보호하는 방안도 필요할 것으로 사료된다.

신속평가방법은 다양한 관점에 대한 평가항목들로 구성되어 있어, 습지생태, 관리, 경관 등의 차원에서 비교적 쉽게 검토할 수 있도록 구성되어 있으나, 본 연구 결과, 수십종의 항목들에 대해서는 조정 및 수정이 불가피할 것으로 사료된다. 신속평가방법의 각 항목은 해당 습지의 가치 및 등급을 결정하는 중요한 요소이기 때문에 일부 편중된 항

**Table 4.** Endangered species and Natural monuments with a 3, 4 grade of RAM.

Wetlands	Prefecture	Grade	Endangered species / Natural monument
Gahua	Jinju	III	<i>Lutra lutra lutra</i> <i>Felis bengalensis euphilura</i>
Naecheon	Jinju	III	<i>Lutra lutra lutra</i> <i>Felis bengalensis euphilura</i>
Daegok	Changnyeong	III	<i>Falco tinnunculus interstinctus</i>
Daesung 1	Changnyeong	III	<i>Bubo bubo kiautschensis</i> <i>Falco subbuteo</i> <i>Otus scops</i>
Daesung 2	Yangsan	III	<i>Bubo bubo kiautschensis</i> <i>Falco subbuteo</i> <i>Otus scops</i>
Daepyeong	Haman	III	<i>Euryle ferox</i>
Dohwa	Haman	III	<i>Felis bengalensis euphilura</i>
Duncheol	Sancheong	III	<i>Nannophya pygmaea</i>
Tteun	Haman	III	<i>Euryle ferox</i>
Anjeok 1	Yangsan	III	<i>Utricularia yakusimensis Masamune</i> Common Kestrel
Anjeok 2	Yangsan	III	<i>Felis bengalensis euphilura</i>
Jangcheok	Changnyeong	III	<i>Euryle ferox</i> <i>Lutra lutra lutra</i> <i>Anas falcata</i>
Jilral	Haman	III	<i>Euryle ferox</i>
Hakgol	Yangsan	III	<i>Felis bengalensis euphilura</i>
Samgam	Yangsan	IV	Common Kestrel <i>Lutra lutra lutra</i>
Samsu	Yangsan	IV	<i>Lutra lutra lutra</i>
Ohbanggok	Hapcheon	IV	<i>Triops longicaudatus</i>

목으로 인해 높거나 혹은 낮은 점수로 평가될 수 있다. 현 습지평가의 체제상 습지평가 결과에서 어떤 점수로 평가되던 정밀조사가 진행되기 때문에 이를 뒷받침 해 줄 수 있는 여건이 마련되지만, 신속평가방법이 정확한 평가 체제가 구축되지 않았음에도 불구하고, 평가 결과에 따라 습지의 보전 및 관리 계획이 수립될 수 있기 때문에 신속평가방법을 습지평가지표로서 활용하기 위해서는 항목의 조정은 반드시 필요하다.

따라서 신속평가방법을 경상남도에 위치한 습지에 적용함에 있어서 항목 내 평가기준의 조정 혹은 세분, 현실화가 반드시 필요한 것으로 판단된다. 이와 같이 개선된 습지평가기법은 경상남도에 분포한 습지의 등급화에 최적화된 것이므로 다른 지역에 적용할 때에는 평가기법의 재고

찰이 반드시 필요하다. 또한, 전국적인 습지 등급화가 진행될 경우, 지역별 특성이 충분히 고려되어 전국 규모로 적용될 수 있는 기법으로의 개선 전략이 이루어져야 할 것으로 보인다.

## 적 요

국내 습지의 가치와 등급을 평가하고 적용방안을 고찰하기 위해, 경상남도에 위치한 146개 습지를 대상으로 신속평가방법(Rapid Assessment Method)을 이용한 습지평가를 수행하였다. 각 습지에서 평가된 8개 대항목과 주변 피복 비율 간 관계를 분석하기 위해 Self-Organizing Map(SOM) 알고리즘을 이용하여 패턴분석을 실시하였다. 총 8개의 항목 중, ‘식생다양성·야생동물 서식처’와 ‘미적·레크레이션’ 항목 점수가 가장 높았으며, 대부분 2~3등급의 가치를 가지는 것으로 평가되었다. SOM 분석 결과, 식생다양성·야생동물 서식처 항목이 높은 습지에는 대부분 어류·양서·파충류 서식처 항목이 낮은 성향을 보였는데, 이는 어류 등은 식생다양성이 높은 지역을 선호하지 않기 때문인 것으로 사료된다. 습지 내 수생식물의 높은 풍부도는 미적인 부분을 충족시키기 때문에 미적·레크레이션 점수가 높은 습지는 대부분 식생다양성·야생동물 서식처가 높았다. 또한, 침식조절 기능의 경우 홍수 저장·조절 기능과 밀접하게 관련되며, 침식조절 기능이 높은 습지는 홍수 저장·조절 기능 또한 높은 경향을 가진다. 국내 습지에 신속평가방법을 적용한 결과, 일부 항목이 국내 습지 특성이나 범위에 맞지 않아 개선이 요구되며, 습지 보전 측면에서 ‘접근성’이나 ‘시각적 개방성’ 등 항목들은 점수 체제의 전환이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 신속평가방법을 국내 습지에 적용하기 위해서는 항목 내 평가기준의 조정 혹은 세분화, 현실화가 필요한 것으로 판단된다. 향후 신속평가방법을 이용한 등급화는 습지의 보전이나 관리 방안 마련에 중요한 지표로서 활용될 수 있으며, 잔존하는 습지를 보존하여 멸종위기종 등 생물상 유지에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구는 ‘습지총량제 도입을 위한 습지 등급화 조사연구 용역(2010)’과 국립생태원 ‘낙동강 중·하류지역 생태공간 조사·평가(2017)’의 지원으로 작성되었다.

## REFERENCES

- Bendor, T. 2009. A dynamic analysis of the wetland mitigation process and its effects on no net loss policy. *Landscape and Urban Planning* **89**: 17-27.
- Choi, J.Y., K.S. Jeong, S.K. Kim, G.H. La, K.H. Chang and G.J. Joo. 2014a. Role of macrophytes as microhabitats for zooplankton community in lentic freshwater ecosystems of South Korea. *Ecological Informatics* **24**: 177-185.
- Choi, J.Y., K.S. Jeong, G.H. La, S.K. Kim and G.J. Joo. 2014b. Sustainment of epiphytic microinvertebrate assemblage in relation with different aquatic plant microhabitats in freshwater wetlands (South Korea). *Journal of Limnology* **73**: 197-202.
- Choi, J.Y., S.K. Kim, K.S. Jeong and G.J. Joo. 2015. Distribution pattern of epiphytic microcrustaceans in relation to different macrophyte microhabitats in a shallow wetland (Upo wetlands, South Korea). *Oceanological and Hydrobiological Studies* **44**(2): 151-163.
- Dekeyser, E.S., D.R. Kirby and M.J. Eii. 2003. An index of plant community integrity: development of the methodology for assessing prairie wetland plant communities. *Ecological Indicators* **3**: 119-133.
- Findlay, C.S. and J. Bourdages. 2000. Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands. *Conservation Biology* **14**: 86-94.
- Grace, J.B. 1999. The factors controlling species density in herbaceous plant communities: an assessment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **2**: 1-28.
- Hauer, F.R. and R.D. Smith. 1998. The hydrogeomorphic approach to functional assessment of riparian wetlands: evaluating impacts and mitigation on river floodplains in the U.S.A. *Freshwater Biology* **40**: 517-530.
- Jeong, K.S., G.J. Joo, D.K. Kim, M. Lineman, S.H. Kim, I. Jang, S.J. Hwang, J.H. Kim, J.K. Lee and M.S. Byeon. 2008. Development of habitat-riparian quality indexing system as a tool of stream health assessment: case study in the Nakdong River basin. *Korea Journal of Limnology* **41**: 499-511.
- Jeong, K.S., D.K. Kim, D.K. Hong, J.Y. Choi, J.D. Yoon and G.J. Joo. 2009. Relationships among a habitat-Riparian indexing system (HIS), water quality and coverage: a case study in the main channel of the tangsan stream (South Korea). *Korea Journal of Limnology* **42**: 502-509.
- Kang, E.O., Y.E. Choi and C.H. Kim. 2012. Study on function and vegetational assessment values of man-made wetland in Gunsan city. *Journal of the Environmental Sciences* **21**: 997-1007.
- Karr, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* **6**: 21-27.
- King, A.J., P. Humphries and P.S. Lake. 2003. Fish recruitment on floodplains: the roles of patterns of flooding and life

- history characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **60**(7): 773-786.
- Kim, Y.J. and S.D. Lee. 2009. Studies on problems and improvement of introducing no wetland loss. *Environmental Impact Assessment* **18**: 235-243.
- Kohonen, T., J. Hynninen, J. Kangas and J. Laaksonen. 1996. Sompak: The self-organizing map program package. Report A31, Helsinki University of Technology, Laboratory of Computer and Information Science.
- Koo, B.H. and K.G. Kim. 2001. A Study on the Assessment for the Functions of Inland Wetlands Using RAM (Rapid Assessment Method). *Journal of Korean Environmental Restoration Technology* **4**(3): 38-48.
- Kuczynska-Kippen, N. and B. Nagengast. 2006. The influence of the spatial structure of hydromacrophytes and differentiating habitat on the structure of rotifer and cladoceran communities. *Hydrobiologia* **559**: 203-212.
- Kwak, T.J. 1988. Lateral movement and use of floodplain habitat by fishes of the Kankakee River, Illinois. *American Midland Naturalist* **241**-249.
- Lehtinen, R.M., S.M. Galatowitsch and J.R. Tester. 1999. Consequences of habitat loss and fragmentation for wetland amphibian assemblages. *Wetlands* **19**: 1-12.
- Manatunge, J., T. Asaeda and T. Priyadarshana. 2000. The influence of structural complexity on fish-zooplankton interactions: A study using artificial submerged macrophytes. *Environmental Biology of Fishes* **58**: 425-438.
- Mitsch, W. J. and J.G. Gosselink. 2000. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics* **35**(1): 25-33.
- Park, M.O., B.H. Koo and H.N. Kim. 2009. Characteristics and Function Assessment of Inland Wetlands in Chungnam province. *Journal of Korean Environmental Restoration Technology* **12**(5): 92-100.
- Robertson, M. 2000. No net loss: wetland restoration and the incomplete capitalization of nature. *Antipode* **32**: 463-493.
- Salzman, J. and J.B. Ruhl. 2005. 'No net loss' - instrument choice in wetlands protection. *Technology & Innovation Research Paper Series* **1**: 1-24.
- Semlitsch, R.D. and J.R. Bodie. 1998. Are small isolated wetlands expendable? *Conservation Biology* **24**(5): 1129-1133.
- Sutton-Grier, A.E. and J.P. Megonigal. 2011. Plant species traits regulate methane production in freshwater wetland soils. *Soil Biology & Biochemistry* **43**: 413-420.
- Tilton, D.L., K. Shaw, B. Ballard and W. Thomas. 2001. A wetland protection plan for the lower on subwatershed of the Rouge River. Rouge River National Wet Weather Demonstration Protect.
- Turner, R.E., A.M. Redmond and J.B. Zedler. 2001. Count it by acre or function-mitigation adds up to net loss of wetlands. *National Wetlands Newsletter* **23**: 5-16.
- Verhoeven, J.T.A. and T.L. Setter. 1989. Agricultural use of wetlands: opportunities and limitations. *Annals of Botany* **105**: 155-163.
- Warfe, D.M. and L.A. Barmuta. 2004. Habitat structural complexity mediates the foraging success of multiple predator species. *Oecologia* **141**: 171-178.
- Wood, P.J., M.T. Greenwood and M.D. Agnew. 2003. Pond biodiversity and habitat loss in the UK. *Area* **35**: 206-216.
- Zhu, G.B., S.Y. Wang, X.J. Feng, G.N. Fan, M.S. M. Jetten and C.Q. Yin. 2011. Anammox bacterial abundance, biodiversity and activity in a constructed wetland. *Environmental Science & Technology* **45**: 9951-9958.