

## 습지 기능 평가의 동향 분석 및 제언

홍문기·김재근\*†

서울대학교 생물교육과  
\*서울대학교 교육종합연구원

### An analysis of trends in wetland function assessments and further suggestions

Mun Gi Hong·Jae Geun Kim\*\*

*Department of Biology Education, Seoul National University*

*\*Center for Education Research, Seoul National University*

(Received : 17 May 2016, Revised: 03 January 2017, Accepted: 03 January 2017)

#### 요약

습지를 대상으로 한 기능 평가는 습지의 현 상태를 면밀히 파악하기 위한 기본 단계일 뿐만 아니라 습지를 '우리에게 수많은 편익을 제공하는 하나의 자원이자 재화'로 인식하는 '생태계 서비스' 개념의 토대가 되는 중요한 과정이다. 20세기 말 미국에서부터 시작된 습지 기능 평가는 WET, EMAP-wetlands 그리고 HGM의 순서로 발달하였다. 21세기에 접어들며 보다 간편하고 신속하게 수행 가능한 RAM이 기능 평가 개발의 주류를 이루기 시작하였다. 그 이후에는 세 가지 수준의 위계를 갖는 기능 평가의 체계가 갖추어졌으며 기능 평가의 대상과 목적 등에 따라 전략적으로 활용되는 형태로 발전하였다. 우리나라 또한 미국의 HGM과 RAM을 토대로 하여 일부 항목과 내용들을 개선하는 형태로 한 기능 평가가 2001년부터 수행되기 시작하였다. 이후 HGM과 RAM의 약점과 단점을 보완할 뿐만 아니라 우리나라의 환경 특성 및 실정에 맞게 개선된 형태의 기능 평가 도구들이 개발되기 시작하였다. 국내외 습지 기능 평가 연구 동향 파악 및 선진국과의 비교 분석을 통해 국내 기능 평가에 있어 우선적으로 보완이 필요한 것들로 다음의 사항들을 제안하는 바이다: 1) 조류와 같이 우리나라의 현실을 고려한 지시자를 활용한 기능 평가 도구가 필요하다. 2) 우리나라 습지의 많은 면적을 차지하고 있는 연안습지를 대상으로 하는 최적화된 기능 평가 도구 개발이 필요하다. 3) 연구자 및 정책담당자들 간의 소통과 협력 공조를 유도할 수 있는 네트워크 구축과 확장이 필요하다.

핵심용어 : 수문지형학적기법, 습지기능평가, 습지생태계, 일반기능평가기법

#### Abstract

Wetland function assessment is not only a basic step to understand wetland ecosystems in detail but also an important process as a base of the term, ecosystem service to recognize wetland ecosystems as valuable and useful resources and goods for human being. WET (wetland evaluation technique), EMAP (environmental monitoring assessment program)-wetlands, and HGM (hydrogeomorphic method) were developed as pioneer wetland function assessments in U.S. at the end of 20<sup>th</sup>-century. RAMs (rapid assessment methods) became a major function assessment tool which is relatively simpler and easier assessment tool at the beginning of 21<sup>th</sup>-century. After that, the hierarchy of three levels of assessment (landscape assessment, rapid assessment, and intensive assesment) has been prepared and strategically utilized according to the objectives and purposes of function assessments. In South Korea, RAM and HGM were used to assess wetland functions with reforming a couple of items and contents at 2001. And, modified and reformed function assessments have been developed to complement and improve upon the existing RAMs and HGMs. Via the trend analysis on wetland function assessments, some needs which require supplements in terms of function assessment are pointed out: 1) wetland function assessments using useful indicators such as birds are needed with considering our environmental characteristics. 2) optimized wetland function assessments for coastal wetlands are also needed. 3) the network construction and further expansion to lead communications and co-operations between researchers and policy makers is needed in the field of wetland function assessment.

Key words : Hydrogeomorphic method, Rapid assessment method, Wetland ecosystems, Wetland function assessment

† To whom correspondence should be addressed.  
Department of Biology Education, Seoul National University  
E-mail: jaegkim@snu.ac.kr

## 1. 서 론

지구상의 습지는 인간의 무지와 잘못된 선입견 등으로 인해 용도변경을 위한 무분별한 개발이나 훼손과 같은 인위적인 활동 등에 오랜 시간 노출되어 왔으며 20세기 말에 들어서야 생태계로서의 중요성이 점차적으로 인식되기 시작하였다(Kusler and Riexinger, 1986; Magnusson, 2004; Nassauer, 2004). 습지에 대한 인식 변화를 유도 하도록 하는 전환점이 된 람사르협약은 철새들을 주요한 국제적 자원으로 규정하고 이를 보호하기 위해 가입국 내 주요 습지들을 관리하고 보전하는 정책을 이행하도록 의무화 해왔다. 또한, 람사르협약은 전 세계적 차원에서 습지에 관한 교육과 홍보, 관리와 복원 등 습지의 중요성을 알리며 그와 관련된 다양한 활동들이 이행될 수 있도록 함으로써 습지에 대한 인식 변화를 주도 하였다. 특히 습지 보전과 관리를 위한 정기 총회나 학회 및 포럼 등을 통해 가입국 내 여러 연구자들 간의 긴밀한 소통과 협력을 이끌어왔다. 람사르협약의 발효를 기점으로 습지에 대한 전 세계적 관심과 인식의 전환이 유발되었을 뿐만 아니라 습지를 대상으로 한 다양한 분야에서의 생태학 연구가 본격적으로 시작되었다(Gerakis and Kalburtji, 1998; Piyankarage et al., 2004; Kim and Kim, 2013).

람사르협약은 훼손된 습지의 복원과 보전 가치가 높은 습지에 대한 철저한 관리뿐만 아니라 필요에 따라 습지를 새롭게 조성하는 등의 여러 활동과 관련된 법안 및 정책을 마련을 포함하는 국가적 차원에서의 통합적인 습지 관리의 필요성을 촉발시켰다(Sutula et al., 2006; Shim, 2011). 그러한 인식 변화에 맞추어 습지를 보다 정확하게 파악하고 체계적으로 관리하고자 하는 차원으로서 습지를 대상으로 한 평가 수행의 필요성이 대두되었으며 20세기 말에 들어서부터 관련 연구 수행이 본격적으로 시작되었다(Breckenridge, 1995; Hauer and Smith, 1998; Rani et al., 2011).

습지를 대상으로 하는 평가 도구들 중 많은 경우는 습지가 수행하는 주된 기능에서 비롯된 역할들에 초점을 맞추어 고안되었다. ‘습지에서 이루어지는 개별적인 혹은 일련의 이화학적 과정’으로 정의할 수 있는 습지의 주요 기능들은 다음과 같다(Novitzki et al., 1996; Tilton et al., 2001). 1) 홍수 조절 기능, 2) 토양 안정 기능, 3) 오염 조절 기능, 4) 서식처 제공을 통한 종 다양성 유지 기능, 5) 물질 순환 기능, 6) 수문 안정 기능, 7) 상업 및 레크리에이션을 통한 사회 문화적 기능. 위와 같이 다양한 항목들로 구성될 수 있는 습지의 기능은 평가 대상 습지의 정체성을 결정할 뿐만 아니라 습지의 현 상태를 파악하기 위한 기본 단위가 된다. 또한, 습지의 기능은 습지로 하여금 수많은 편익을 제공하는 하나의 자원이자 재화로서 인식 하도록 하는 ‘생태계 서비스(ecosystem services)’ 개념의 토대가 되는 중요한 요소라 할 수 있다(Turner et al., 2000).

습지를 대상으로 하는 평가는 결국 습지가 얼마만큼의 생태적·경제적 가치를 지니는지를 평가하는 과정이라 할 수

있다. 이는 추상적 혹은 정성적인 형태라기보다 습지 서비스의 경제적 가치 평가와 같이 얼마만큼의 재화로 환산가능한지 판단하는 등의 실체가 있는 정량적 형태가 되어야 한다(Kim et al., 2009). 이를 위해서는 우선적으로 평가 대상 습지가 수행 가능한 기능의 종류와 그 수준을 파악하여야 한다. 서로 다른 형태와 특성의 습지는 서로 다른 유형의 기능을 수행할 수 있으며 이는 습지가 제공하는 다양한 서비스에 있어서의 양적·질적 차이로 이어지기 때문이다(Novitzki et al., 1996). 즉, 개별 습지에 대한 기능과 서비스 파악 및 습지들 간의 비교 연구 등을 통해 지역적 혹은 국가적 차원에서의 체계적인 습지 관리와 보전을 위한 토대 마련이 가능해 지는 것이다.

습지를 대상으로 한 기능 평가는 습지의 현 상태에 대한 일종의 점검이라 할 수 있다. 즉, 습지 기능 평가는 습지의 현 건강성이나 향후 훼손 가능성 등을 타진하게 되는, 습지를 대상으로 한 일종의 생태적 건강 검진이라 할 수 있다. 습지의 기능 평가는 기존 습지들을 대상으로 한 평가를 통해 관리 필요성에 대한 여부를 판단하고 개별 습지들의 보전 가치를 부여함으로써 습지에 대한 보다 체계적이고 합리적인 관리를 가능하게 한다. 그러한 이유로, 습지 기능 평가 도구는 1) 과학적인 조사 방법을 토대로 수행되어야 하며, 2) 신속하고 경제적이어야 하며, 3) 새로운 지식 및 정보를 탄력적으로 적용할 수 있어야 하고, 4) 작은 변화로 인해 결과가 크게 바뀌지 않아야 한다(Hruby et al., 2001).

미국은 습지 기능 평가 연구와 관련하여 선구자적 역할을 하였을 뿐만 아니라 이후 다양한 형태로의 발전 단계에 이르기까지 주도적인 역할을 선도하며 유럽이나 아시아, 아프리카 등의 여러 대륙들에서의 관련 연구에 많은 영향을 끼쳐왔다(Carletti et al., 2004; Kotze et al., 2012). 약 30여건의 습지 기능 평가 사례들이 보고된 우리나라 또한 대부분의 경우 미국에서 고안된 기능 평가 도구들을 토대로 발전하여 온 것이 사실이다. 그 중 일부는 우리나라의 실정에 맞추어 몇몇 평가 항목들을 개선한 형태로서 적용되기도 하였으나(Koo and Kim, 2001; Lee and Moon, 2011) 국내에서 활용되어 온 평가 도구들의 평가 방법이나 내용 등에 있어 일부 보완이 필요한 것으로 지적받고 있기도 하다(Jang and Lee, 2013).

미국의 경우 새로운 기능 평가 방법 개발이나 개선 그리고 그 필요성을 제안하기 위해 주기적으로 기존의 평가 방법들을 정리하고 체계화하는 과정을 거쳐 왔다(Carletti et al., 2004; Cole, 2006; Fennessy et al., 2007). 우리나라의 경우 지난 15년 간 약 30여건의 습지 기능 평가와 관련된 연구들이 개별적인 형태로 보고되어 왔으나 그러한 연구들의 방향성이나 체계 및 경향성 등에 관해 종합적으로 다룬 총설 형태의 연구는 다소 부족한 실정이다. 본 총설에서는 우선 20세기 말을 기점으로 하여 미국에서부터 본격적으로 시작된 습지 기능 평가의 주된 발전 동향을 분석하고 이를 바탕으로 국내에서 수행 되어온 기존 연구 사례들에 대해 비교분석하였다. 이를 통해 국내 습지 기능 평가 연구의 발

전적 차원에서 우선적으로 보완이 필요한 사항들에 대해 제언하고자 한다.

## 2. 습지 기능 평가에 대한 미국의 연구 동향

### 2.1 습지 기능 평가에 대한 초기 연구 동향

미국의 루이지애나주는 습지 훼손과 그에 따른 복원 사업으로 유명한 사례지 중 하나다(Templet and Meyer-Arendt, 1988; Kesel, 1989). 특히, 루이지애나주의 습지 복원 사업으로 대표되는 미국의 '습지 보전 정책(no net loss of wetlands)'은 습지의 생태적 중요성을 널리 알리는데 크게 기여하였다. 무엇보다도 습지 보전 정책은 습지를 위한 국가적 차원에서의 조치가 이루어질 수 있도록 함으로써 습지 훼손이나 손실 등과 관련된 다양한 대책 마련과 후속 조치를 현실화하였다(Hauer and Smith, 1998; Tilton et al., 2001; Sutula et al., 2006). 또한, 미국 환경보호청(US Environmental Protection Agency, USEPA)이나 미국 지질조사소(United States Geological Survey, USGS) 그리고 미육군공병단(U.S. Army Corps of Engineers, USACE)과 같은 미국 정부의 여러 산하 기관의 주관이나 협력을 통해 다양한 형태의 습지 기능 평가 도구가 개발되었다.

20세기 말을 기점으로 지금의 다양한 습지 기능 평가 도구들의 전신 격에 해당하는 평가 도구들이 개발되기 시작하였다. 그 중에서도 1983년에 고안된 'Wetland Evaluation Technique (WET)'은 체계와 형식을 갖춘 통합적 습지 기능 평가의 시초라 할 수 있다(Adamus, 1983; Adamus and Stockwell, 1983). 이후 WET은 미육군공병단을 통한 지원과 협력을 통해 계속적으로 보완되고 개선되었다(Adamus et al., 1987). 그러한 개선 과정을 거친 WET은 이후 'Hydrogeomorphic approach (HGM)'의 전신으로서 활용 되기도 한다. WET은 기본적으로 습지의 물리적, 화학적 그리고 생물학적 특성을 주된 평가 대상으로 하고 있는데, 특히 세 가지 특성들 중에서도 평가 대상 습지가 위치해 있는 지역 사회에 해당 습지가 얼마나 유익하고 유용한 영향(국가적 유산으로서의 가치와 같은 습지의 특수성)을 미치는지에 관한 항목들에 보다 밀도 있는 평가가 이루어질 수 있도록 고안 되었다.

또한, WET은 습지의 기능 평가에 있어 다음과 같은 네 가지 특성들에 보다 주목하도록 기획되었다. 첫 번째는 1) 효율성이다. 용어 그대로, 평가 대상 습지가 특정 기능을 얼마나 효율적으로 수행 가능한지를 정량적으로 평가하게 된다. 예를 들어, 퇴적물의 잔재성과 같은 기능 평가 시 유출구가 따로 존재하지 않는 습지는 보다 높은 평가 점수를 받게 되는 반면, 댐으로부터의 유출수가 형성하는 습지의 경우 상대적으로 낮은 평가 점수를 받게 되는 것이다. 두 번째는 2) 기회다. 이는 일종의 잠재성에 관한 평가로서 습지의 현 상태를 통해 향후 어떤 기능을 추가적으로 수행 가능한지 여부에 관한 평가라 할 수 있다. 예를 들어 사막화가 진행되고 있는 습지로부터 높은 생물량을 기대하는 것

은 현실적이지 않을 것이다. 세 번째는 3) 사회문화적 중요성이다. 예를 들어 습지 내 멸종위기종이나 유용자생식물과 같은 생물들의 서식 여부는 생태계로서의 습지 자체뿐만 아니라 습지가 위치해 있는 지역 사회에도 중요한 의미를 갖는다 할 수 있다. 또한, 하천이나 갯벌과 같이 습지가 레크리에이션을 위한 장소로서 활용가능한지 여부 또한 중요한 평가 지표가 될 수 있다. 마지막으로 4) 생물 서식처로서의 적합성이다. 습지가 서식처로서 적합하다는 것은 습지 내 연중 충분한 유량이 확보되고 습생종의 서식에 유리한 환경이 발달되어 있어 습지에 의존하여 살아가는 다양한 생물들에 대한 수용이 용이함을 의미한다.

다양한 유형의 개별문항들에 답을 하는 형태로 구성 되어 있는 WET은 비전문가들이나 다른 전공 분야의 전문가들도 손쉽게 접근할 수 있도록 고안되었다. 예를 들어 생물학자들도 얼마든지 수문학적 내용에 해당하는 문항에 답할 수 있으며 그 반대로 마찬가지로. 각 분야별로 배치된 문항들에 대한 응답 결과를 토대로 평가 대상 습지가 특정 기능을 수행하게 될 가능성에 대해 '높음', '보통' 그리고 '낮음' 형태의 확률적 등급을 부여받게 된다. 이는 어디까지나 해당 습지가 특정 기능을 수행할 수 있을지 여부에 관한 가능성이거나 개연성을 뜻할 뿐 기능 수행의 정도나 강도 등을 의미하지 않는다.

또한, WET은 습지의 지정학적 위치 및 유형 그리고 어떤 전공자에 의해서 수행되는지 등의 여부가 WET을 수행하는데 불편함을 유발하지 않도록 기획되었다. 그렇다보니 기능 평가 수행을 완료하기 위해 필요로 하는 문항의 수도 많을 뿐만 아니라 평가자 입장에서 다소 불필요하다고 느낄 수 있는 형태와 내용의 문항들에 대한 중복적인 응답이 불가피한 단점을 드러내기도 하였다. 그러한 WET의 단점들을 극복하기 위해 특정 지역에 특화된 형태의 WET이나 여러 가지 수준을 포함하는 등급 형태의 WET이 추가적으로 제안되기도 하였다(Adamus, 1988).

미국에서 개발된 습지 기능 평가 도구들 중 WET과 함께 거론될 수 있는 도구로서 'Environmental Monitoring Assessment Program - wetlands (EMAP-wetlands)'를 들 수 있다. WET이 개별 습지를 대상으로 한 종합적인 습지 기능 평가의 성격을 띠다면 EMAP-wetlands는 보다 넓은 범위와 시야의 습지를 모니터링 하기 위한 성격의 도구로 볼 수 있다. 1988년 미국 환경보호청에 의해 제안된 EMAP-wetlands는 해당 지역 내 여러 습지들의 현 상태에 관한 모니터링을 수행할 뿐만 아니라 지역적 혹은 국가적 수준에서의 보다 넓은 시야에서 습지의 상황이나 환경의 변화 양상에 초점을 맞추는 것을 주안으로 한다(Novizki, 1994). 이를 통해 습지에 대한 보다 효율적인 관리나 지속가능한 보전을 위한 행정 지역 간의 소통과 협력이 수월해질 수 있도록 하는 차원에서 정보를 축적하고 제공하게 된다.

습지가 수행하는 몇몇 기능들은 직접적으로 파악하거나 분석하기 용이하지 않을 수 있는데 이럴 경우 일종의 지시자(indicator) 형태의 정보를 지정하여 모니터링 함으로써 해당

기능의 수행 정도를 간접적으로 평가할 수 있다. EMAP-wetlands는 그러한 지시자를 적극적으로 활용할 수 있도록 고안된 습지 평가 도구다. 예를 들어, 일정 면적의 습지에 얼마나 많은 수의 수금류가 있는지에 관한 정보는 현장에서의 실측을 통해서 확보할 수 있다. 이러한 정보는 해당 습지가 수금류의 서식처로서 얼마나 잘 기능하는지를 가리키는 정보를 제공할 뿐만 아니라 습지에 의존하는 다양한 생물들의 서식처로서의 기능 수행 여부나 정도를 평가할 수 있도록 하는 중요한 지시자로서도 활용될 수 있는 것이다.

EMAP-wetlands가 주로 활용하는 중요한 지시자로서의 정보들은 보통 해당 습지의 생물종 다양성과 직결되는 서식처의 특성, 해당 습지의 생물종 분포와 서식 특성과 직결되는 수문학적 특성, 그리고 습지의 생태적 가치와도 직결되는 습지의 수질 특성 등과 밀접한 관련을 갖는다. 앞서 언급하였듯이 EMAP-wetlands는 특정 지역 혹은 국가 내 다수의 습지들에 관한 정보를 토대로 한 비교 분석하게 되는 일종의 메타 분석을 수행하게 된다. 특히 여러 측면에서의 생태학적 기능들을 우수하게 수행하는 참고 습지(reference wetland)를 지정하고 비교·분석함으로써 개별 습지들의 기능 평가를 수행하는 것이 EMAP-wetlands의 중요한 특징 중 하나다. 이와 같은 EMAP-wetlands의 비교 분석 방식은 인위적인 교란이나 오랜 시간에 걸쳐 이루어진 습지의 특성 변화 등 높은 수준의 환경 변화가 습지 생태에 미치는 영향 규명에 있어서도 효과적으로 활용될 수 있다. 특히, 습지를 대상으로 하여 적용된 관련 기술이나 관리 방안 등의 실효성이나 효율성 등을 평가하는데 있어서도 유용하게 활용될 수 있다.

1983년의 WET과 1988년의 EMAP-wetlands에 이어 1990년 미육군공병단에 의해 제안된 HGM은 위 두 습지 평가 도구의 핵심적인 특성들을 두루 갖춘 일종의 하이브리드 형태의 습지 평가 도구다. 습지가 수행하는 물리적, 화학적 그리고 생물학적 기능에 초점을 맞춘 습지 평가 도구라는 점에서는 WET의 특성이 잘 드러나지만(Brinson, 1993; Smith et al., 1995) 참고 습지와 평가 습지 간의 비교를 통한 형태의 상대적 평가는 EMAP-wetlands의 특성에 보다 가깝다. HGM은 전신격의 두 평가 도구를 단순히 합쳐 놓은 수준을 넘어 두 도구들의 장점들을 취합하고 개선하는 형태로 개발 되었다고 볼 수 있다. HGM은 WET보다 상대적으로 손쉽게 수행 가능한 평가 도구로서 평가 받고 있다. 그와 더불어 EMAP-wetlands의 주된 장점이라고 할 수 있는 메타 분석적인 요소도 함께 갖추고 있어 특정 지역이나 국가적 차원에서 습지 관리와 보전에 보다 효용가치가 있는 정보를 제공 하도록 특화되어 있다(Fig. 1).

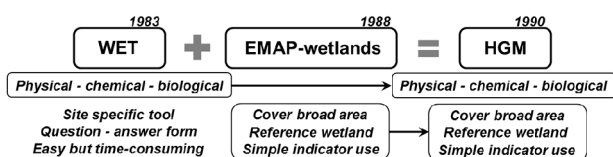


Fig. 1. Early representative wetland function assessments in the United States.

또한, HGM은 EMAP-wetlands와 유사하게 지시자로서 기능할 수 있는 형태의 정보를 통해 해당 습지가 수행할 수 있는 기능을 간접적으로 평가하는 특성도 갖추고 있다. 예를 들어, 습지의 수변을 따라 배열된 나무 잔재물의 흔적을 습지 침수 여부의 지시자로서 활용할 수 있다. 배열된 나무 잔재물의 높이를 통해 침수 시 습지가 얼마 만큼 침수되는지 정량적으로 파악할 수 있다. 그 뿐만 아니라, 하천변에 위치한 나무 잔재물의 종류나 크기는 침수 시 유속의 강도를 짐작할 수 있는 지표로서 활용될 수 있다. 예를 들어, 나뭇잎이나 작은 가지에 비해 큰 가지나 나무 기둥 형태의 잔재물은 상대적으로 높은 수준의 유속에 의한 흔적으로 이해할 수 있는 것이다. HGM이 지시자를 활용한다는 방법론적인 측면에서는 EMAP-wetlands와 유사하나, 비전문가도 얼마든지 기능 평가 수행이 가능하다는 접근성적인 측면에서는 WET과 유사한 특성을 갖추고 있다.

HGM은 EMAP-wetlands와 유사하게 참고 습지를 두고 평가 대상이 되는 습지의 기능을 비교하는 형태의 상대적 평가를 수행한다. 즉 기준이 되는 습지의 기능을 '1.0'으로 정하고 그와 비교하여 '0'에서 '1.0' 사이의 점수를 부여하는 형태로 평가되며 경우에 따라서 '1.0' 이상의 점수가 부여되기도 한다(즉, 비교 대상이 되는 참고 습지가 모든 유형의 기능 수행에 있어 최상위 수준에 이르지 못할 수 있음을 의미한다). HGM을 활용한 습지 평가는 단순히 대상 습지와 참고 습지를 비교하는 형태뿐만 아니라 특정 습지를 기준으로 태풍과 같은 교란 전후나 완화 조치 전후를 비교함으로써 습지 기능 전반이나 특정 기능의 수행 수준의 변화 양상 등을 확인하는데 활용될 수도 있다(Hauer and Smith, 1998).

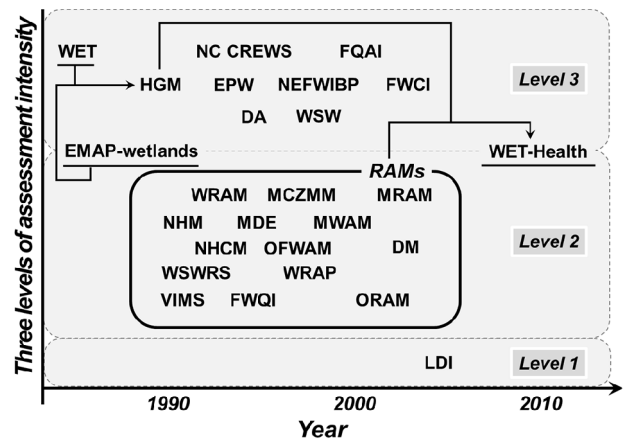
## 2.2 습지 기능 평가에 대한 후속 연구 동향

20세기 말을 기점으로, WET이나 HGM과 같은 초기 습지 기능 평가 도구의 후속 형태로서 더 간편하고 신속하게 수행 가능한 습지 기능 평가인 'rapid assessment method (RAM, 이후 여러 가지 형태의 RAM을 편의 상 총칭하여 RAM으로 지칭하도록 함)'이 연구자들에 의해 다양한 형태로 제안되기 시작하였다(Miller and Gunsalus, 1997; Magee, 1998; Tilton et al., 2001). 이 RAM은 2001년 Koo and Kim (2001)의 연구를 기점으로 시작된 국내 습지 기능 평가 및 관련 후속 연구들에도 큰 영향을 미친 습지 기능 평가이기도 하다. WET이나 HGM 등에 비해 보다 간이 형태의 평가 도구라 할 수 있는 RAM은 일회적인 현장 답사를 통해서도 습지 기능 평가가 가능하여 짧은 기간 내에 넓은 면적에 걸친 여러 습지를 대상으로도 평가 수행이 용이하다. 21세기로 접어들면서 RAM과 같은 간소화된 습지 기능 평가 도구들의 발달이 보다 활발하게 이루어진 것은 습지생태계의 보전이나 관리 등에 있어 정책 담당자나 위정자들의 소요 시간 및 비용 절감에 관한 요구가 반영된 결과물로 볼 수 있다(Fennessy et al., 2004).

RAM의 경우 간이성이 가장 큰 장점으로 평가 받는 한편, 습지의 수문학적인 특성에 대한 정밀한 수준에서의 기능 평가가 어렵다는 한계점이 지적되기도 하였다. 또한, RAM의 세부 평가 항목들을 살펴보면 토지 이용, 습지의 규모, 식생형 및 유입·유출 형태 등의 몇몇 세부 항목들이 여러 평가 분야에 걸쳐서 중복되어 활용된다. 또한, RAM의 경우 습지의 몇몇 특성들이 평가 전반에 상대적으로 편중된 형태로 관여하게 되는 구조적 약점을 지니고 있다고 평가되기도 하였다. 그럼에도 불구하고 상대적으로 손쉽게 습지 기능 평가 수행이 가능하다는 강점으로 국내외의 다양한 연구 및 모니터링 등에서 계속적으로 활발하게 활용되고 있는 실정이다(Koo and Kim, 2001; Carletti et al., 2004; Park et al., 2007; Fennessy et al., 2007).

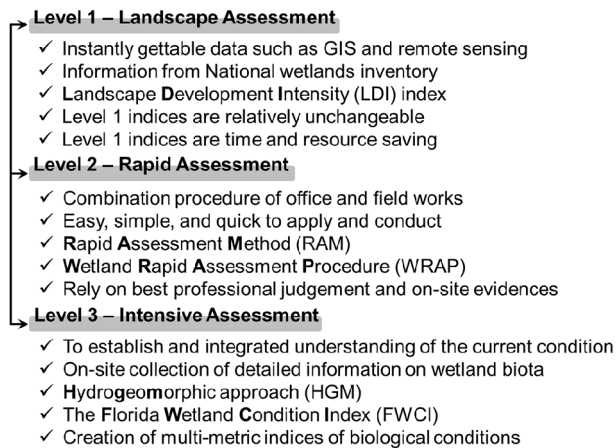
20세기 말에는 WET, EMAP-wetlands 그리고 HGM과 같은 소수의 평가 도구들에 의존하는 다소 제한된 형태의 기능 평가가 이루어졌다면, 21세기에 접어들며 RAM의 개발과 더불어 기존 도구들에 대한 지속적인 개선 과정을 통해 기능 평가 도구들이 보다 다분화 되는 형태로 발전되었다(Carletti et al., 2004; Fennessy et al., 2007). 특히, 'Ohio Rapid Assessment Method (ORAM)', 'Minnesota Rapid Assessment Method (MRAM)', 'Oregon Freshwater Wetland Assessment Method (OFWAM)', 'Florida Wetland Condition Index (FWCI)' 등과 같이 특정 국가나 지역의 국소적인 영역을 대상으로 적용하기 위해 특화된 형태라 할 수 있는 최적화된 습지 기능 평가 도구들이 다수 개발되었다(Fig. 2).

최근 들어서는 WET-Health와 같은 통합적인 시스템적 접근을 통한 습지 기능 평가 시도가 새롭게 이루어지고 있다. HGM이 WET과 EMAP-wetlands의 장점들을 취한 하이브리드 형태의 습지 기능 평가 도구였다면, WET-Health는 기존의 HGM과 이후 계속적으로 고안된 RAM의 이점들을 수렴하고자 한 형태의 습지 기능 평가 도구라 할 수 있다. WET-Health 또한 RAM으로 분류될 수 있으나 HGM과 같이 전문적인 지식이나 정보 등이 토대가 될 수 있도록 개발되었다. 또한, WET-Health의 경우 HGM과 유사하게 수문학적 특성, 지형학적 특성 그리고 식생 항목을 주된 평가 대상으로 한다. 특이점이 있다면, WET-Health는 다른 기능 평가 도구들과 비교하여 남아프리카의 이질적이고 복잡·다양한 환경적 특성을 보다 잘 반영하였을 뿐만 아니라 남아프리카의 사회·문화적인 환경 특성까지도 반영하고자 한 맞춤형 기능 평가 도구라는 것이다. 특히, WET-Health는 개발로 인해 높은 강도의 생태계 훼손이나 파괴 등과 같은 교란 요소가 습지 생태계의 건강성에 미치는 영향을 규명하기 위해 개발된 평가 도구로서 아시아와 같은 다른 지역의 개발도상국들에서도 활용 가능성을 제시하고 있다. 또한, WET-Health는 습지 내 교란 수준을 주된 지시자로 활용함으로써 평가 대상 습지에 대한 정밀 자료나 정보가 결여되어 있더라도 기능 평가가 가능한 장점이 있다(Macfarlane et al., 2009).



**Fig. 2.** Classification of representative wetland function assessment tools of three different levels of assessment intensity. WET = wetland evaluation technology (Adamus, 1988). NC CREWS = North Carolina crews (Sutter and Wuenschler, 1996), FQAI = floristic quality assessment index (Cohen et al., 2004). HGM = hydrogeomorphic method (Brinson, 1993), EPW = evaluation for planned wetlands (Bartoldus et al., 1994), NEFWIBP = New England freshwater wetlands invertebrate biomonitoring protocol (Hicks, 1997), FWCI = Florida wetland condition index (Reiss and Brown, 2005), DA = descriptive approach (US Army Corps of Engineers, 1995), WSW = Washington state WFAP (Hruby et al., 1998), EMAP-wetlands = environmental monitoring assessment program-wetlands (Novitzki, 1994), WET-Health = wetland evaluating technology-Health (Macfarlane et al., 2009), WRAM = Wisconsin rapid assessment method (Wisconsin Department of Natural Resources, 1992), MCZMM = Massachusetts coastal zone management method (Hicks and Carlisle, 1998), MRAM = Minnesota routine assessment method (Minnesota Board of Water and Soil Resources, 2003), NHM = New Hampshire method (Ammann and Lindley Stone, 1991), MDE = Maryland department of the Environment method (Furgro East, Inc., 1995), MWAM = Montana wetland assessment method (Burglund, 1999), NHCM = New Hampshire coastal method (Cook et al., 1993), OFWAM = Oregon freshwater wetlands assessment method (Roth et al., 1996), WSWRS = Washington state wetland rating system (Washington State Department of Ecology, 1993), WRAP = wetland rapid assessment procedure (Miller and Gunsalus, 1997), DM = Delaware method (Jacobs, 2003), VIMS = Virginia institute of marine science (Bradshaw, 1991), FWQI = Florida wetland quality index (Lodge et al., 1995), ORAM = Ohio rapid assessment method (Mack, 2001), LDI = the landscape development intensity (Brown and Vivas, 2005). Different vertical position of individual tools within same level of assessment intensity does not indicate different assessment intensity.

21세기 이후 진행된 기능 평가 연구들에서 가장 현저하게 드러나는 특징은 국가나 지역, 습지의 유형 등에 특화된 형태의 기능 평가 도구가 본격적으로 개발되기 시작하였다는 사실과 그러한 습지 기능 평가 도구들을 위계화 하였다는 것이다(Fig. 2 and 3). 가장 간소한 형태라 할 수 있는 Level 1의 기능 평가 도구에서부터 여러 항목들에 대한 현장 조사가 수반되는 Level 3의 기능 평가 도구에 이르기까지 습지 기능 평가 도구의 평가 방법과 항목, 평가의 강도 등에 따라 크게 세 가지 위계로 체계화 된 것이다. Level 1에



**Fig. 3.** Details in the assessment hierarchy of three levels that vary in the degree of effort and scale of function assessments (Reiss and Brown, 2007).

해당하는 경관 수준에서의 기능 평가는 데이터베이스나 지리정보시스템으로부터 즉각적으로 얻을 수 있는 방대한 정보를 토대로 하여 많은 수의 습지를 대상으로 한 메타 분석으로 볼 수 있다. Level 1 수준의 기능 평가의 경우 개별 습지에 대한 구체적이고 정확한 정보를 얻기는 어렵지만 습지에서의 변화 양상이나 경향성 등을 파악하는데 보다 뛰어난 것으로 알려져 있으며 'Landscape Development Index (LDI)'가 그 대표적인 예라 할 수 있다(Brown and Vivas, 2005).

RAM으로 대표되는 Level 2 기능 평가의 경우 Level 1에 해당하는 정보를 일부 활용할 뿐만 아니라 간소하게 진행되는 현장 조사 결과도 함께 반영되어 실제 습지의 환경적 특성 등이 보다 잘 반영되는 형태라 할 수 있다. Level 2의 경우 Level 3에 비해 평가 과정이 간소화된 만큼 현장 조사 등에 있어서는 보다 전문적인 식견과 판단을 필요로 하며 무엇보다도 시간과 비용이 절감되는 강점으로 활발히 활용되고 있는 실정이다.

HGM으로 대표되는 Level 3의 경우 밀도 있는 분석을 통해 보다 정밀하고 정확한 정보 분석을 기본으로 한다. Level 1이나 2에서는 대표성을 띄는 유용한 지시자나 지표 등에 의존한 분석이나 평가가 이루어졌다면 Level 3의 경우 습지의 특성이나 성격을 규정짓는 여러 가지 정보를 복합적으로 고려한 분석과 평가가 이루어진다. Level 3의 경우도 Level 2와 마찬가지로 기능 평가에 있어 전문가적인 식견이나 지식, 경험 등을 필요로 하며 평가를 위한 정보를 얻는데 있어 상대적으로 긴 시간과 많은 비용이 요구된다. 'Floristic Quality Assessment Index (FQAI)'나 'Biotic Integrity (BI)'가 그 대표적인 예다.

세 가지 위계의 평가 수준은 서로 다른 성격과 규모로 습지의 특성이나 상황에 따라 적재적소에서 활용될 수 있는 유용한 체계다. 그럼에도 불구하고 기능 평가에 있어 Level 1과 Level 3의 장점 등을 두루 활용할 수 있는 절충안에 해당하는 Level 2가 보다 우선적으로 선호되는 추세다. 이와 같은 경향은 습지 기능 평가 연구의 발원지인 미국뿐만 아

니라 우리나라를 포함한 여러 국가들에서도 공통적으로 보여 지고 있는 경향이다(Koo and Kim, 2001; Fennessy et al., 2007; Kotze et al., 2012).

경우에 따라 Level 1이 보다 유용하게 활용되는 경우도 있다. Level 1에 해당하는 LDI와 Level 2나 3에서 얻을 수 있는 상대적으로 정확하고 정교한 정보들을 대상으로 상관 분석을 수행한 결과 LDI가 높은 수준의 유의미한 상관을 나타낸 것으로 확인된 바 있다(Reiss and Brown, 2007; Wardrop et al., 2007). 이는, 때와 상황에 따라 Level 1 수준의 기능 평가를 활용함으로써 시간과 비용을 효율적으로 절감할 수 있을 뿐만 아니라 Level 2와 3에 준하는 높은 수준의 신뢰도도 확보할 수 있음을 의미한다. 또한, 습지 기능 평가의 목적에 따라 특정 습지를 대상으로 하여 Level 3에 해당하는 정밀 분석이 필요한 경우도 많다. 람사르습지와 같이 보전 가치가 높은 습지를 지정하는 경우나 훼손된 습지를 복원해야 하는 경우 등의 의사 결정 시에는 Level 3 수준의 정밀한 기능 평가를 통한 근거 확보가 반드시 선행되어야 한다.

### 3. 국내 습지 기능 평가 동향 분석

1997년에 람사르협약국이 된 우리나라는 20세기말을 기점으로 습지를 대상으로 한 연구와 정책 제언이 본격적으로 시작되었다(Kim, 1996; Kim, 2003; Ha, 2009). 그러한 움직임의 일환으로 국내 습지들의 이화학적 환경 특성뿐만 아니라(Kim, 2004; Kim, 2005; Kim and Lee, 2005; Lee et al., 2007) 해당 습지에 서식하는 개별 생물종들의 생태에 관한 연구들이 활발히 수행되었다(Lee et al., 2005; Ju et al., 2006; Kwon et al., 2006). 또한, 람사르협약의 취지에 입각하여 습지를 국가적 차원에서 관리하고 보전하고자 하는 시대적 흐름에 발맞추고자 습지 기능 평가와 관련된 여러 연구가 본격적으로 시작되었다(Koo and Kim, 2001; Yang et al., 2005; Park et al., 2007).

Koo and Kim (2001)에 의해 발표된 'RAM을 이용한 내륙 습지 기능 평가'는 국내 습지를 대상으로 수행된 약 30여 건의 습지 기능 평가 연구들의 시초 격에 해당하는 연구라 할 수 있다. 이에 앞서 Koo and Kim (1999)이 발표한 연구 논문인 '습지형 비오톱 기능모델 구성 -방동소택지를 중심으로-' 또한 일종의 기능 평가 사례로 볼 수도 있으나 엄밀한 의미에서 습지를 대상으로 한 인벤토리 구축의 일환으로 보는 것이 바람직할 것이다. Koo and Kim (2001)은 미국 등지에서 활용되어 온 RAM (Tilton et al., 2001)을 그대로 도입하지 않고 국내 현실과 실정을 반영하여 변형된 형태의 RAM (modified RAM)으로 가공하여 국내 습지(제주도 물영아리 습지와 방동소택지 습지)를 대상으로 적용하였다(Koo and Kim, 2001). 2001년 미국에서 수행된 습지 기능 평가 틀(Tilton et al., 2001)과 비교하여 본 연구에서 국내 습지를 대상으로 적용하기 위해 수정된 구체적인 사항들은 다음과 같다(Table 1).

**Table 1.** Revised conditions in ‘the modified RAM’ with considering of domestic wetlands circumstances.

Main metrics	Sub metrics	Revised conditions	
		Tilton et al., 2001	Koo and Kim, 2001
Flood/storm water storage	Wetland size	High = > 20 acres Moderate = 5 ~ 20 acres Low = < 5 acres	High = 20 acres Moderate = 1 ~ 20 acres Low = < 1 acres
Runoff attenuation	Wetland size	High = > 20 acres Moderate = 5 ~ 20 acres Low = < 5 acres	High = 20 acres Moderate = 1 ~ 20 acres Low = < 1 acres
Water quality protection	Wetland size	High = > 20 acres Moderate = 5 ~ 20 acres Low = < 5 acres	High = 20 acres Moderate = 1 ~ 20 acres Low = < 1 acres
Shoreline/stream bank protection	Vegetation width	> 20 ft. = High 10 ~ 20 ft. = High for stream, moderate for lake < 10 ft. = Low	> 10 ft. = High 5 ~ 10 ft. = Moderate < 5 ft. = Low
Aesthetics and recreation	Wetland size	High = > 20 acres Moderate = 5 ~ 20 acres Low = < 5 acres	High = 20 acres Moderate = 1 ~ 20 acres Low = < 1 acres

Koo and Kim (2001)의 연구에서 다양한 평가 항목 및 요소에 걸친 수정이 이루어졌는데 특히 미국에 비해 상대적으로 작은 규모의 습지가 많은 국내 실정을 고려하여 주로 습지 면적에 관한 지표 수정과 함께 식생대 폭의 지표에 대한 수정도 이루어졌다. 이를 통해 국내 습지의 다소 협소한 규모나 식생대 폭 등의 지표가 왜곡된 형태로 저평가되는 것을 방지하였다. 특히 우리나라에 국지적으로 분포해 있는 산지습지나 계단식 묵논습지와 같은 경우 습지의 면적은 상대적으로 협소하나 여러 생물종들이 서식하는 높은 종다양성을 나타내는 경우가 많기 때문에 이와 같은 고려가 포함되었다고 볼 수 있다(Hong and Kim, 2013; Park et al., 2013). 이렇게 수정된 평가 틀은 이후 국내 기능 평가와 관련된 여러 후속 연구들에서 활발하게 활용된다(Yang et al., 2005; Park et al., 2007; Son et al., 2010).

HGM의 경우 실제 처음 개발이 이루어진 미국에서는 RAM 보다도 약 10년 가까이 먼저 고안된 반면, 국내의 경우 오히려 10년 정도 더 늦은 2009년에서야 처음으로 습지 기능 평가에 활용되었다(Shin et al., 2009). 국내 HGM 또한 Koo and Kim (2001)의 변형된 RAM과 유사하게 국내의 지리적·지역적 특성 등을 고려하여 일부 내용들을 수정한 형태로 적용되었다(Jin et al., 2013). 국내 습지를 대상으로 한 RAM의 경우 내륙 습지(Koo and Kim, 2001, Park et al., 2009, Kim et al., 2011), 하천변 습지(Koo, 2004), 호소성 습지(Yang et al., 2005, Son et al., 2014) 및 해안 습지(Park et al., 2007) 등 광범위한 습지 유형을 대상으로 활용되었다면, HGM의 경우 주로 댐 습지(Kim et al., 2011; 2012)나 산지성 습지(Kim et al., 2013) 그리고 하천변 습지(Yin et al., 2010; Jin et al., 2013) 등 주로 수문학적 요소들에 대한 고려가 필요한 유형의 습지들을 대상으로 활용되어왔다.

국내에서 수행된 기존의 습지 기능 평가 연구들 중 많은 경우는 미국에서 개발된 HGM과 RAM의 기본 틀을 활용하되 국내 실정 등을 감안하여 일부 항목들에 대해 수정을

거쳐 적용한 사례가 많았다(Kim and Koo, 2001; Shin et al., 2009; Jin et al., 2013). 최근에 들어서는 그러한 일부 항목에 대한 수정을 넘어 기존의 HGM과 RAM이 갖고 있는 한계점들을 극복하기 위한 차원에서의 연구들이 수행되고 있다. Lee et al. (2009)은 기존까지 적용되어 왔던 RAM 평가방법이 갖고 있는 일종의 한계점이라 할 수 있는 ‘간이성’과 ‘정성적 특성’ 등을 보완하고자 하는 차원에서의 연구를 수행하였다. 특히, 산지습지의 공간데이터를 구축함으로써 보다 실질적인 보전가치 평가를 위한 토대를 설정하고 이를 바탕으로 한 관리권역을 설정하고자 하였다. 국내 최대 규모의 산지습지 중 하나라 할 수 있는 경상남도 밀양시의 재약산에 위치한 산들늪을 그 연구대상으로 하여 전문가를 통한 설문분석 수행을 통해 수문환경, 토양환경, 지형환경, 자연성 등의 항목에 가중치를 부여하는 형태의 기능 평가를 시도하였다(Table 2).

Lee et al. (2009)의 연구에서 분석 항목 선정에 대해 참고한 문헌들을 보게 되면 RAM에서 주로 활용되는 항목들 뿐만 아니라 수문환경 등 HGM에서 보다 중점적으로 다루게 되는 내용들도 포함이 되어 있는 것을 알 수 있다. 즉, 기존의 다양한 습지 평가 항목들로부터 산지습지의 보전가치 평가에 필요한 항목들을 선별하여 해당 연구 이행을 위한 분석틀을 재구성하고자 한 것이다.

또한, 전문가를 대상으로 한 사전 설문조사를 통해 주요 항목들에 가중치를 부여하는 식으로 분석을 진행하였으며 이를 토대로 ‘선 평가’와 ‘후 평가’로 나누어 평가를 진행한 점 또한 특이적인 사항이라 할 수 있다. 따로 가중치를 부여받지 않은 ‘습지식생’과 ‘위험성’ 항목의 경우 선 평가를 진행하였으며 나머지 4개 항목의 경우 가중치를 반영한 후 평가를 진행하였다. 이를 토대로 한 습지 보전 가치 평가를 수행하고 그에 따른 관리권역을 다음과 같이 다섯 단계 형태로 제안하였다 : 1) 절대보전지역, 2) 보전지역, 3) 완충지역, 4) 전이지역, 5) 복원지역.

**Table 2.** An integrated assessment tool using HGM and RAM (Lee et al., 2009).

Metrics	Characteristics	References
Vegetation	▶ Indicator for delineate and classify wetland types ▶ Emergence of certain vegetation and conservative value assessment of plant species	A, B, D, E, H, I, K, M
Hydrology	▶ Factors affecting hydrology formation (topography and soil characteristics) ▶ Water flow and accumulation rate	A, D, E, H, I, K, M
Soil	▶ Formation degree of wet soil and anaerobic environmental characteristics ▶ Soil sedimentation, soil texture, soil depth, and etc.	A, D, E, H, I, K
Topography	▶ Structure and feature of topography ▶ Hydrology and baseline of soil environment	G, K, L, M
Naturalness	▶ Disturbance degree by anthropogenic activities ▶ Factors determining habitat and species	C, E, K
Riskiness	▶ Negative factors in ecosystem ▶ Degraded wetland area and threatened ecosystem	E, F, J, K

A : Environmental laboratory (1987), B : Reed (1988), C : Gosselink and Lee (1989), D : Kent (1994), E : Lemly (1996), F : Ramsar convention (1999), G : Rodhe and Seibert (1999), H : Tiner (1999), I : Koo and Kim (2001), J : Kellett et al. (2005), K : Kim (2007), L : Andersson and Nyberg (2008), M : Zhou et al. (2008).

이는 기존의 RAM을 활용한 연구 등에서 제시된 3단계 ('보전' - '향상' - '복원 또는 개발', Koo and Kim, 2001) 나 4단계('절대보전' - '보전' - '향상' - '복원 혹은 향상') 형태의 습지 보전 가치 판단 기준들과 비교하여 볼 때 다소 차이가 있음을 알 수 있다. Lee 등(2009)에 의한 산지습지의 가치 평가 및 보전을 위한 관리 권역 설정 연구는 기존의 습지 평가 틀을 여과 없이 활용하기보다 '산지습지'라는 환경적 특성에 맞추어 보다 유의미한 결과 도출을 위한 항목 선별과 전문가를 활용한 가중치 부여 등 국내에서 이행되지 않았던 시도들이 새롭게 이루어진 첫 연구라는 점에서 그 의미가 크다고 할 수 있다.

미국에서 개발되어 국내에 도입된 RAM은 Koo and Kim (2001)에 의해 보다 국내 실정에 맞는 형태로 1차 수정이 이루어졌다. 그 이후에 Son et al. (2014)의 연구를 통해 평가 대상이 되는 습지의 유형이나 특성 등을 고려한 2차 수정을 진행함으로써 습지 기능 평가의 타당성과 실효성을 제고시키고자 하는 노력이 이루어졌다. Son et al. (2014)의 연구에서는 기존의 RAM을 활용한 연구들과는 달리 보다 유의미성을 띠는 것으로 예상되는 기능에 가중치를 부여함으로써 농촌지역 내 연못형태의 습지에 보다 적합한 습지 기능 평가 모델을 제안하고자 하였다(Fig. 4). RAM을 활용한 국내 연구 중 다수는 보전가치가 높거나 면적 등의 규모가 큰 습지를 대상으로 수행되었다. 이에 반해 상대적으로 작은 규모의 연못형 습지를 대상으로 하여 기존의 RAM을 그대로 적용하는 것은 여러모로 부적절하다는 선행연구 결과(Son et al., 2010)가 있었다. Son et al. (2014)의 연구는 그러한 한계점을 극복하고자 하는 차원에서 연못형 습지를 대상으로 RAM을 활용한 습지 기능 평가 시 보다 중점적으로 고려되어야 하는 항목과 상대적으로 낮은 비중을 갖는 항목들에 차등적인 가중치를 부여하고자 하였다.

Son et al. (2014)의 선행 연구에서는 연못형 습지의 주요 기능을 생물, 환경, 사회문화 등 총 3개의 분야로 구분

한 뒤, 총 22가지의 세부 기능으로 분류하여 개별 기능을 대상으로 리커트 척도를 활용한 전문가 평가를 수행하였다. Son et al. (2014)은 선행 연구 결과(Son et al., 2010)를 토대로 하여 RAM의 8가지 기능에 대해 기능별 가중치를 부여하였다. 먼저 식생다양성 및 야생동물 서식처 기능은 선행연구에서 제시한 식생다양성, 포유류 서식처, 조류 서식처의 중요도 평균을 생물분야의 중요도에 적용하였다. 어류 및 양서파충류서식처 기능은 선행연구의 어류서식처, 양서파충류서식처기능을 적용하였으며, 홍수저장 기능은 홍수 조절 기능보다는 용수저장기능에 가깝다는 판단으로 선행연구의 용수저장을 적용하였다. 표면유하 저감의 경우 용수 저장과 반대로 홍수조절 기능에 가깝기 때문에 홍수 조절을 적용하였으며, 수질보호 기능은 수질 정화와 침식 조절 기능의 평균을 적용하였다. 미적 레크리에이션 기능은 선행연구에서 제시한 기능의 총 4가지와 부합하여 생태 체험, 생태 교육, 여가 공간, 심미적 경관을 적용하였으며, 지하수 충전기능은 동일하게 지하수 충전을 적용하였다. 수정 RAM의 8가지 기능에 대한 최종 가중치 설정은 선행연구의 유사 기능의 중요도 평균과 분야별 중요도(BW, EW, SW)를 곱한 8개의 중간 가중치를 계산하고, 합의 비율로 설정하였다. 설정된 가중치를 바탕으로 수정 RAM 평가결과에 적용할 수 있는 적용계수를 계산하였다.

가중치를 적용한 기능 평가결과 연못형 습지는 어류 및 양서파충류의 서식처 기능에 대한 기여도가 가장 높고 식생 및 야생동물서식처 기능, 수질보호 기능 또한 높은 기여도를 나타내었다. 이에 비해 미적 레크리에이션 기능, 표면유하 저감 기능, 제방보호 기능, 홍수조절 및 저장 기능은 연못형 습지가 일반적으로 크지 않은 규모를 보이는 특성으로 인해 낮은 기여도를 나타내는 것으로 확인되었다. 이는 습지의 기능 평가 시 어떤 항목에 보다 높은 비중을 부여하느냐에 따라 동일한 습지를 대상으로 하더라도 기능 평가 결과가 상이해 질 수 있음을 시사하는 연구결과라 할 수 있다. 즉, 습지를 대상으로 한 기능 평가에 있어 평가 도구의



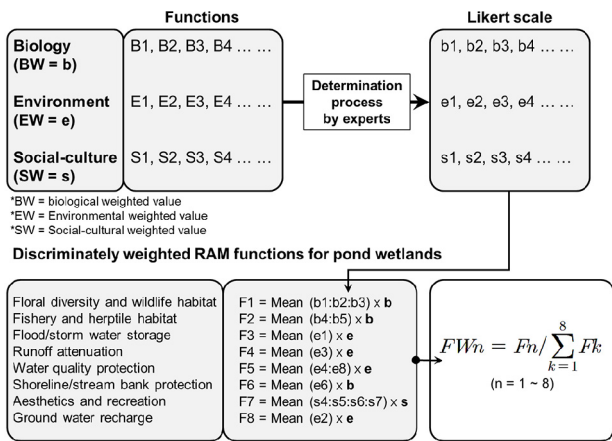


Fig. 4. The schematic diagram of discriminately weighted RAM functions for pond wetlands (Son et al., 2014).

종류뿐만 해당 평가 도구가 어떠한 유형의 습지에 특화되어 있는지 혹은 어떠한 평가 항목을 주된 내용으로 하는지 등도 중요한 고려 대상이 되어야 함을 의미하는 연구 결과라 할 수 있다.

#### 4. 결론 및 제언

습지를 대상으로 한 기능 평가는 습지의 현 상태를 면밀히 파악하기 위한 기본 단계일 뿐만 아니라 습지로 하여금 ‘우리에게 수많은 편익을 제공하는 하나의 자원이자 재화’로 인식할 수 있게 하는 ‘생태계 서비스’ 개념의 토대가 되는 중요한 과정이라 할 수 있다. 생태계 서비스를 제공하는 재화로서 습지를 제대로 인식하고 체계적으로 관리하기 위해서라도 보다 발전된 형태의, 최적화된 습지 기능 평가 도구의 개발이 중요하다. 습지 기능 평가와 관련된 초기의 국내 연구는 미국의 HGM과 RAM의 일부 항목과 내용만을 변형하여 적용하는 형태의 기능 평가가 주를 이루었다면, 최근에 들어서는 HGM과 RAM의 단점이나 약점을 보완하거나 개선함으로써 우리나라 습지의 지리적·환경적 특성 등이 보다 잘 반영될 수 있도록 하는 기능 평가 도구 개발이 계속적으로 수행되고 있다(Son et al., 2010, 2014). HGM과 RAM 모두를 고려한 하이브리드 형태의 평가 도구나 RAM을 활용하는데 있어 평가 대상 습지 유형에 대한 전문가들 다수의 의견을 반영함으로써 개별 항목 및 요소들에 대한 가중치를 부여하는 형태의 평가 도구가 그 대표적인 예시라 할 수 있다.

또한, 앞선 기능 평가 연구들이 다소 국지적이고 협소한 적용 대상의 연구들이었다면 후속 연구들의 경우 특정 유형의 습지들을 대상으로 하여 범용할 수 있는 형태의 도구 개발이 주를 이루고 있는 것이 특징적이다. 그 뿐만이 아니라 미국에서 제안된 기능 평가 도구의 세 단계 위계(Level 1 ~ Level 3)를 토대로 국내에서 수행된 기존의 기능 평가 연구들을 평가해 보더라도, 여러 유형의 습지들을 대상으로 한 다양한 위계의 기능 평가 연구들이 진행되어왔음을 알 수 있다(Fig. 5).

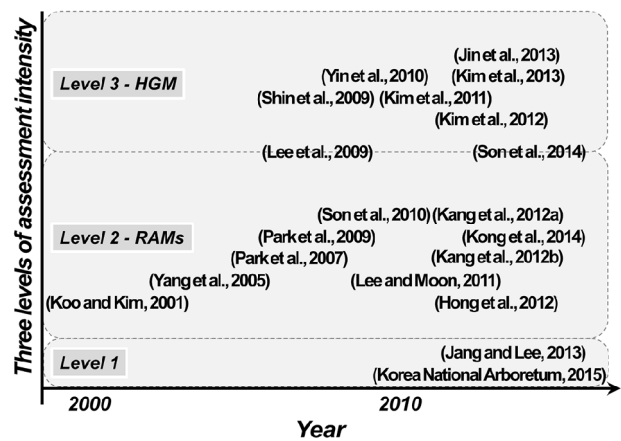


Fig. 5. Classification of representative wetland function assessment tools of South Korea according to three different levels of assessment intensity. Different vertical position of individual tools within same level of assessment intensity does not indicate different assessment intensity.

특히 최근 들어서는 국가적 차원에서 일정 면적 이상의 습지들을 대상으로 한 전수조사 실시를 통해 습지의 기능 및 가치 평가와 그 결과를 토대로 하는 관리 및 보전 방안을 위한 우선순위 평가가 이루어지고 있는데(Jang and Lee, 2013; Korea National Arboretum, 2015) 이는 향후 국내 습지생태계에 대한 체계적인 관리와 지속적인 보전 등을 위한 차원에서 상당히 고무적인 시도들로 평가할 수 있다.

국가 차원에서 조사와 관리의 필요성이 인식되어 파악된 국내 내륙습지만 하더라도 1,500여개에 달할 뿐만 아니라 그러한 습지들의 유형이나 면적 등의 지리·지형학적인 특성 또한 복잡다양하다(Jang and Lee, 2013; Korea National Arboretum, 2015). 우리나라의 습지 기능 평가와 관련된 연구나 관련 사업들을 선진국의 그것들과 비교한다면 양적으로나 질적으로 보더라도 많은 보완과 개선이 필요한 것이 사실이다. 다만, 습지생태계를 대상으로 한 본격적인 연구가 시작된 지 20년도 채 되지 못한 상황적 요소와 다른 분야에 비해 상대적으로 부족한 연구비와 연구 인력 등의 환경적 요소들을 고려해 본다면 무조건적으로 부정적인 평가를 할 필요는 없을 것이다. 다만, 국내의 습지 기능 평가 동향을 분석한 결과를 토대로 하여 국내 습지를 대상으로 보다 체계적이고 합리적인 형태의 기능 평가 및 관련 연구와 사업 진행을 위해서 반드시 고려되어야 하는 개선점들은 다음과 같다.

첫째, 조류와 같은 유용한 형태의 지시자를 적극적으로 활용하는 습지 기능 평가 도구 개발의 필요성이다. 습지 기능 평가 도구는 습지의 상태를 직·간접적으로 나타낼 수 있어야 할 뿐만 아니라 해당 습지 내 서식하는 다양한 생물들의 서식 특성이나 상태 등에 관한 정보도 제공할 수 있어야 한다. 즉, 미국의 ORAM에서와 같이 식물이나, 양서파충류 그리고 조류 등과 같은 특정 분류군을 지시자 형태로 활용하여 습지의 기능을 대략적으로 파악할 수 있는 형태의 연구 시도가 필요한 것이다(Peterson and Niemi, 2007). 물론 그러한 평가 도구의 활용을 위해서는 다수 습지를 대상으로 한 여러 위계의

기능 평가 간 상관 분석을 통해 타당성을 검증하는 절차가 반드시 선행되어야 할 것이다(Lee et al., 2015).

람사르협약은 이주성 조류를 보호하고자 하는 차원에서 습지를 대상으로 한 범국제적인 협력과 조치를 강조해 오고 있다. 이는 조류가 갖고 있는 다양한 생태적 특성에 기인한 것인데 특히 조류의 생활사의 상당 부분이 습지에 의존하는 특성 때문이다. 즉, 습지 내 조류의 서식 및 분포 특성이 습지의 상태를 대변하는 지표로서 활용될 수 있음을 의미한다(O'Connell et al., 2000; Niemi and McDonald, 2004). 또한, 조류는 서식처의 구조적 특성에 민감할 뿐만 아니라(Stauffer and Best, 1980; Murkin et al., 1997; Whitt et al., 1999) 인간 활동 등에 따른 환경 변화와 같은 교란 요소에 예민하게 반응하는 특성을 보이는 등 환경 변화에 따른 생태계의 영향을 판단할 수 있는 지표로서 활용 가치가 높다(Finch, 1991; Blair, 1996; Mensing et al., 1998). 우리나라의 경우 매년 방대한 숫자의 철새들이 경유하는 도래지로서 역할 하는 습지가 다수 분포하고 있을 뿐만 아니라 동시에 해당 습지들이 인위개변적인 영향에 노출되어 있을 확률 또한 높기 때문에 조류를 습지 기능 평가를 위한 지시자로서 활용하는 것이 적극적으로 고려되어야 할 것이다(Kim et al., 2015).

둘째, 연안습지를 대상으로 한 습지 기능 평가와 관련된 연구의 필요성이다. 우리나라 기수습지(estuaries)의 경우 내륙습지로 분류되어 상대적으로 많은 관심과 연구가 진행된 반면, 염습지나 사구습지 그리고 석호와 같이 해안선을 따라 분포하고 있는 연안 습지들(coastal wetlands)의 경우 상대적으로 관련 연구나 사업들이 미진하게 진행되어 온 것이 사실이다(Park et al., 2007). 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있을 뿐만 아니라 갯벌을 포함하는 연안 습지는 습지 중에서도 가장 높은 생산성과 뛰어난 생태적 가치를 보이는 것으로 잘 알려져 있다(Mitsch and Gosselink, 2011). 그러한 연안습지에 대한 보다 체계적인 파악과 객관적인 기능 평가는 연안습지를 '우리에게 수많은 편익을 제공하는 하나의 자원이자 재화'로 인식하기 위한 출발점이 될 것이다.

셋째, 국내 습지 기능 평가와 관련된 연구나 사업 진행에 있어서의 네트워크 구축을 통한 정보 공유 및 협력 공조 강화의 필요성이다. 우리나라의 경우 습지 기능 평가와 관련된 연구나 기술 개발만을 중점적으로 수행하는 연구 기관이나 학회 또한 선진국들에 비해 상대적으로 열악한 상황이다. 우리나라의 경우 국토는 상대적으로 좁은 편이지만 높은 비율의 산지로 인해 발달한 다양한 유형으로 분류되는 다수의 습지가 국토 전반에 걸쳐 분포해 있다. 그렇기 때문에 보다 효율적이고 합리적인 형태의 습지 기능 평가를 위해서는 관련 연구자들이나 정책담당자들 간의 네트워크 구축을 통해 보다 활발한 교류와 정보 공유 및 협력 공조가 반드시 필요하다. 그렇지 못할 경우 일회적인 기능 평가 도구들이 산발적으로 개발되거나 일부 평가 도구들은 중복된 형태로 개발될 여지가 발생할 것이다.

## References

- Adamus, PR (1983). *FHWA Assessment Method, v.2 of Method for Wetland Functional Assessment*. Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration Report no. FHWA-IP-82-24, p. 134.
- Adamus, PR and Stockwell, LT (1983). *Critical Review and Evaluation Concepts, v. 1 of Method for Wetland Functional Assessment*. Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration Report no. FHWA-IP-82-23, p. 176.
- Adamus, PR, Clairain, EJ, Smith, RD and Young, RE (1987). *Wetland Evaluation Technique (WET), v. 2 of Methodology*. Vicksburg M, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Operational Draft Technical Report p. 206.
- Adamus, PR (1988). The FHWA/Adamus (WET) *Method for Wetland Functional Assessment*, in Hook, DD, McKee, WH, Smith, HK, Gregory, J, Burrell, VG, DeVoe, MR, Sojka, RE, Gilbert, S, Banks, R, Stolzy, LH, Brooks, C, Mathews, TD and Shear, TH. *Management, Use, and Value of Wetlands*, vol. 2 of The ecology and management of wetlands. Portland, Oreg., Timber Press, pp. 128-133.
- Allan, JD, Erickson, DL and Fay, J (1997). The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. *Freshwater Biology*, 37(1), pp. 149-161.
- Ammann, AP and Lindley Stone, AL (1991). *Method for the Comparative Evaluation of Nontidal Wetlands in New Hampshire*. New Hampshire department of environmental services, Concord, NH, USA.
- Anderson, JO and Nyberg, L (2008). Relations between topography, wetlands, vegetation cover and stream water chemistry in boreal headwater catchments in Sweden. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 5(3), pp. 1191-1226.
- Bartoldus, CC, Garbisch, EW and Kraus, ML (1994). *Evaluation for Planned Wetlands (EPW)*. Environmental Concern Inc.: St Michaels, MD.
- Blair, RB (1996). Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Application*, 6(2), pp. 506-519.
- Bradshaw, JG (1991). *A Technique for the Functional Assessment of Nontidal Wetlands in the Coastal Plain of Virginia*. Special report No. 315. In Applied Marine Science and Ocean Engineering. Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary, Gloucester Point, VA, USA.
- Breckenridge, RP, Kepner, WG and Mouat, DA (1995). A process for selecting indicators for monitoring conditions of rangeland health. *Environmental Monitoring and Assessment*, 36(1), pp. 45-60.
- Brinson, MM (1993). *Hydrogeomorphic Classification for*

- Wetlands*, Washington D.C., U.S. Army Corps of Engineers, Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-4, p. 79.
- Brooks, RP, Wardrop, DH and Bishop, JA (2004). Assessing wetland condition on a watershed basis in the Mid-atlantic region using synoptic land-cover maps. *Environmental Monitoring and Assessment*, 94(1), pp. 9-22.
- Brown, MT and Vivas, MB (2005). Landscape development intensity index. *Environmental Monitoring and Assessment*, 101(1), pp. 289-309.
- Burglund, J (1999). *Montana Wetland Assessment Method*. Montana department of transportation and Morrison Maierle, Inc., Helena, MT, USA.
- California Resources Agency (1999). California's Valuable Wetlands.
- Carletti, A, de Leo, GA and Ferrari, I (2004). A critical review of representative wetland rapid assessment methods in North America. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14(1), pp. S103-S113.
- Choi, H, Park, PS, Kim, JG and Suh, SE (2010). Change of the vegetation due to Soyanggang dam construction. *J. of Korean Wetlands Society*, 12(3), pp. 1-13. [Korean Literature]
- Cohen, JM, Lane, CR and Carstenn, SM (2004). Evaluation of floristic quality indices for biotic assessment of depressional marsh condition in Florida. *Ecological Applications*, 14(3), pp. 784-794.
- Cole, CA (2006). HGM and wetland functional assessment: six digress of separation from the data *Ecological Indicators*, 6(3), pp. 485-493.
- Comin, FA, Romero, JA, Hernandez, O and Menendez, M (2001). Restoration of wetlands from abandoned rice fields for nutrient removal, and biological community and landscape diversity. *Restoration Ecology*, 9(2), pp. 201-208.
- Cook, RA, Lindley Stone, AJ and Ammann, AP (1993). *Method for the Evaluation and Inventory of Vegetated Tidal Marshes in New Hampshire: Coastal Method*. Audubon Society of New Hampshire, Concord, NH, USA.
- Crosbie, B and Chow-Fraser, P (1999). Percentage land use in the watershed determines the water and sediment quality of marshes in the Great Lakes basin. *Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(10), pp. 1787-1791.
- Cylinder, PD, Bogdam, KM, Davis, EM and Herson, AI (1995). *Wetlands Regulation: A Complete Guide to Federal and California Programs*. Point arena: Solano press books.
- Environmental laboratory (1987). *Corps of Engineers Wetlands Delineation Manual*. Technical report Y-87-1, U.S. army engineer waterways experiment station, Vicksburg, MS, NTIS No. AD A176-912.
- Fennessy, MS, Jacobs, AD and Kentula, ME (2004). *Review of Rapid Methods for Assessing Wetland Condition*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA. EPA/600/R-04/009.
- Fennessy, MS, Jacobs, AD and Kentula, ME (2007). An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands. *Wetlands*, 27(3), pp. 543-560.
- Finch, DM (1991). Positive associations among riparian bird species correspond to elevational changes in plant communities. *Canadian J. of Zoology*, 69(4), pp. 951-963.
- Francis, CM, Austen, MJW, Bowles, JM and Draper, WB (2000). Assessing floristic quality in southern Ontario woodlands. *National Areas J.*, 20(1), pp. 66-77.
- Furgo East Inc. (1995). *A Method for the Assessment of Wetland Function*. Maryland department of the environment, Baltimore, MD, USA.
- Gerakis, A and Kalburtji, K (1998). Agricultural activities affecting the functions and values of Ramsar wetland site of Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 70(2-3), pp. 119-128.
- Gosselink, JG and Lee, LC (1989). Cumulative impact assessment in Bottomland hardwood forests. *Wetlands*, 9(1), pp. 83-174.
- Ha, YS (2009). A study about environmental protection and international environment law -Focus on Ramsar convention-. *World Constitutional Law Review*, 15(3), pp. 475-498. [Korean Literature]
- Hauer, FR and Smith, RD (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(3), pp. 517-530.
- Hicks, AL (1997). *New England Freshwater Wetlands Invertebrate Biomonitoring Protocol* (NEFWIBP). The Environmental Institute, University of Massachusettes, Amherst, MA.
- Hicks, AL and Carlisle, BK (1998). *Rapid Habitat Assessment of Wetlands, Macro-invertebrate Survey Version: Brief Description and Methodology*. Massachusetts coastal zone management wetland assessment program, Amherst, MA, USA.
- Hong, I, Kang, JG, Kang, SJ and Yeo, HK (2012). Functional assessment for preservation and restoration of wetland-type old river channel: Mangyoung river. *J. of the Korean Society of Civil Engineers B*, 32(4B), pp. 213-220. [Korean Literature]
- Hong, MG and Kim, JG (2013). Inhabitation characteristics of *Sphagnum palustre* in abandoned paddy terrace wetland: a case report in Ansan. *J. of Wetlands Research*, 15(1), pp. 71-78. [Korean Literature]
- Hruby, T, Ganger, T, Brunner, K, Cooke, S, Dublanica, K, Gersib, R, Reinelt, L, Richter, K, Sheldon, D, Wald, A and Weimmann, F (1998). *Methods for Assessing Wetland*

- Functions. Volume I. Riverine and Depressional Wetlands in the Lowlands of Western Washington*. Publication No 99-115 Olympia, WA: Washington State Department of Ecology.
- Hruby, T (2001). Testing the basic assumption of the hydrogeomorphic approach to assessing wetland functions. *Environmental Management*, 27(5), pp. 749-761.
- Jacobs, AD (2003). *Delaware Rapid Assessment Procedure*, Version 1.2. Delaware Department of Natural Resources and Environmental Control, Dover, DE, USA.
- Jang, HJ and Lee, GG (2013). A study on national wetland evaluation for the selection of priority control target wetlands in South Korea. *KSCE J. of Civil Engineering*, 17(7), pp. 1603-1613.
- Jin, YH, Li, L, Moon, SK and Koo, B (2013). Functional assessment of Jilnalnup wetland by HGM. *J. of the Korean Society of Environmental Restoration and Technology*, 16(2), pp. 13-22. [Korean Literature]
- Ju, EJ, Kim, JG, Lee, YW, Lee, BA, Kim, H, Nam, JM and Kang, HJ (2006). Growth rates and nutrient content changes of *Humulus japonicus*. *J. of Ecology and Field Biology*, 29(5), pp. 461-467.
- Kang, BH, Shim, SI and Ma, KH (2003). Floristic composition of plant community in set-aside fields with regard to seral stages. *Korean J. of Environmental Agriculture*, 22(1), pp. 53-59. [Korean Literature]
- Kang, SJ, Kang, JG, Hong, I and Yeo, HK (2012a). Proposal of functional assessment for wetland-type abandoned channel. *J. of Wetlands Research*, 14(4), pp. 547-559. [Korean Literature]
- Kang, EO, Choi, YE and Kim, CH (2012b). Study on function and vegetational assessment values of man-made wetland in Gunsan city. *J. of the Environmental Sciences*, 21(8), pp. 997-1007. [Korean Literature]
- Kellett, B, Walshe, T and Bristow, KL (2005). *Ecological Risk Assessment for the Wetlands of the Lower Burdekin*. CSIRO land and water technical report, 2605, p. 30.
- Kent, DM (1994). *Applied Wetlands Science and Technology*. Lewis publishers, CRC press, Boca raton, Florida, USA p. 436.
- Kesel, RH (1989). The role of the Mississippi River in wetland loss in southeastern Louisiana, U.S.A.. *Environmental Geology and Water Sciences*, 13(3), pp. 183-193.
- Kim, JG (2003). Wetland conservation and restoration. *Nature Conservation*, 123, pp. 44-54. [Korean Literature]
- Kim, JG (2004). Seasonal variation of redox potential in Jinkwan-naedong ecological conservation area. *J. of Korean Wetlands Society*, 6(2), pp. 65-71. [Korean Literature]
- Kim, JG (2005). Assessment of recent industrialization in wetlands near Ulsan, Korea. *J. of Paleolimnology*, 33(4), pp. 433-444.
- Kim, HA (2007). *A study on setting up wetland management area through assessment of wetland ecosystem - Focusing on watershed of An-ho reservoir in Go-sung DMZ*. Master's thesis of Seoul National University, p. 121.
- Kim, JG and Lee, YW (2005). Recent vegetation history and environmental changes in Wangdeungjae moor in Mt. Jiri. *Korean J. of Ecology*, 28(3), pp. 121-127. [Korean Literature]
- Kim, DE and Kim, JM (2013). Insect fauna of Ungok wetland in Gochang, Jeonbuk, Korea, designated as a wetland protection area at Ramsar convention. *J. of Environmental Science International*, 22(9), pp. 1141-1152.
- Kim, B-S, Yeo, Y, Oh, D, Sung, K (2015). Status of birds in the Nakdong river estuary bird sanctuary before the four major rivers project. *J. of Wetlands Research*, 17(3), pp. 264-272.
- Kim, DG, Yoo, BK, Kim JG, Shin, HK, Kim HS, Park, DH, Ahn, JH and Ahn, KS (2009). Study on assessment of value and functions of dam-wetland (2) - Assessment of value by CE: Focussing on Boryung dam-. *J. of Korean Wetlands Society*, 11(3), pp. 133-143. [Korean Literature]
- Kim, DG, Shin, HK, Kim JG, Kim, HS, Yoo, BK, Ahn, KS and Jang, SW (2011). Functional assessment of Yongdam dam-wetland by HGM. *J. of Korean Wetlands Society*, 13(3), pp. 665-675. [Korean Literature]
- Kim, DG, Yoo, BK, Kim, JG, Shin, HK, Kim, HS, Ahn, KS and Jang, SW (2012). Study on assessment of value of Yongdam dam-wetland using contingent valuation method. *J. of Wetlands Research*, 14(1), pp. 147-158. [Korean Literature]
- Kong, MJ, Lee, BM, Kim, NC and Son, JK (2014). The analysis of function and factors for the value assessment of ecosystem service at rice paddy wetland. *J. of Wetlands Research*, 16(2), pp. 251-259. [Korean Literature]
- Koo, BH (2004). Classifying type and assessing function of the Banbyun-chon wetlands. *The Industrial Science Researchers*, 16(0), pp. 1-10. [Korean Literature]
- Koo, BH (2007). *Final Report on the Construction Business of National Wetlands Inventory*. Ministry of Environment, UNDP/GEF, Final report of the center for conservation and management of national wetlands. [Korean Literature]
- Koo, BH and Kim, KG (1999). Constructing the functional models of wetland biotopes. *J. of Korean Environment Restoration and Revegetation Technology*, 2(2), pp. 1-8. [Korean Literature]
- Koo, BH and Kim, KG (2001). A study on the assessment for the functions of inland wetlands using RAM (Rapid Assessment Method). *J. of Korean Environment Restoration and Revegetation Technology*, 4(3), pp. 38-48. [Korean Literature]
- Korea National Arboretum (2015). *A Study Function and Criteria of Forest Wetland*. A report on conservation project of forest wetland. [Korean Literature]

- Kotze, DC, Ellery, WN, Macfarlane, DM and Jewitt, GPW (2012). A rapid assessment method for coupling anthropogenic stressors and wetland ecological condition. *Ecological Indicators*, 13(1), pp. 284–293.
- Kusler, J and Riexinger, P (1986). *National Wetland Assessment Symposium*: Albany NY, Association of state wetland managers, Proceedings, p. 331.
- Kusler, J and Opheim, T (1996). *Our National Wetland Heritage: A Protection Guide* (2nd ed.). An Environmental law institute publication.
- Kwon, GJ, Lee, BA, Byun, CH, Nam, JM and Kim, JG (2006). The optimal environmental ranges for wetland plants: I. *Zizania latifolia* and *Typha angustifolia*. *J. of the Korean Society of Environmental Restoration and Revegetation Technology*, 9(1), pp. 72–88. [Korean Literature]
- Lee, SD and Kim, MJ (2010). Development of ecosystem assessment index for the priority management of inland wetland in Gyeongsangnam-do, *Proceeding for Korean Society of Environment and Ecology Conference*, 20(1), pp. 89–92. [Korean Literature]
- Lee, EY and Moon, SK (2011). Assessment of characteristics and functions of abandoned rice paddy wetlands as habitats for the amphibia within land development districts, *J. of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 14(1), pp. 35–42. [Korean Literature]
- Lee, BA, Kwon, GJ and Kim, JG (2005). The relationship of vegetation and environmental factors in Wangsuk stream and Gwarim reservoir: I. water environments. *The Korean J. of Ecology*, 28(6), pp. 365–374.
- Lee, SC, Kim, BC and Ahn, YH (2005). Fundamental study of Hanon wetland in Seogeupo city, Jeju island – The case of natural environment, bird species and vascular plants –, *J. of Plant and Environment*, 1(2), pp. 49–57. [Korean Literature]
- Lee, BA, Kwon, GJ and Kim, JG (2007). The optimal environmental ranges for wetland plants: II. *Scirpus tabernaemontani* and *Typha latifolia*. *J. of Ecology and Field Biology*, 30(2), pp. 151–159.
- Lee, SY, Choi, JY, Kim, L-H (2015). Suggestion of appropriate design and maintenance in a constructed wetland using monitoring results. *J. of Wetland Research*, 17(4), pp. 428–435. [Korean Literature]
- Lee, WS, Park, KH, Jung, SG, You, JH and Kim, KT (2009). An classification of management area using assessment of conservation value on forest wetland –Focusing on Sandeul wetland in Mt. Jaeyak, Gyeongsangnam-do–, *J. of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 12(2), pp. 52–68. [Korean Literature]
- Lemly, AD (1996). Risk assessment in the regulatory process for wetlands. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 35(1), pp. 41–56.
- Lim, YR and Kim, KG (2009). Wetland restoration site selection for promoting biodiversity in abandoned rice paddy fields – Focusing on Gounpo Ban-wol stream watershed, *J. of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 12(1), pp. 52–66. [Korean Literature]
- Lodge, TE, Hillestad, HO, Carney, SW and Darling, RB (1995). *Wetland Quality Index (WQI): A Method for Determining Compensatory Mitigation Requirements for Ecologically Impacted Wetlands*. Proceedings of the American Society of Civil Engineers South Florida Section. Miami, FL, USA.
- Lopez, RD and Fennessy, MS (2002). Testing the floristic quality assessment index as an indicator of wetland condition. *Ecological Application*, 12(2), pp. 487–497.
- Macfarlane, DM, Kotze, DC, Ellery, WN, Walters, D, Koopman, V, Goodman, P and Goge, M (2009). *WET-Health: A Technique for Rapidly Assessing Wetland Health*. WRC Report No. TT 340/09. Water Research Commission, Pretoria.
- Mack, JJ (2001). *Ohio Rapid Assessment Method for Wetlands v. 5.0: User's Manual and Forms*, Columbus, OH: Ohio Environmental Protection Agency, Division of Surface Water Technical Report WET/2001–1.
- Mack, JJ (2004). *Integrated Wetland Assessment Program, Part 4: Vegetation Index of Biotic Integrity (VIBI) and Tiered Aquatic Life Uses for Ohio Wetlands*. Ohio EPA technical report WET/2004–4. Ohio Environmental Protection Agency, Wetland Ecology Group, Division of Surface Water, Columbus, OH.
- Mack, JJ (2007). Developing a wetland IBI with statewide application after multiple testing iteration. *Ecological Indicators*, 7(4), pp. 864–881.
- Magee, DW (1998). *A Rapid Procedure for Assessing Wetland Functional Capacity*. Normandeau Associates: Bedford, NH.
- Magnusson, SE (2004). The changing perception of the Wetlands in and around Kristianstad, Sweden: From waterlogged areas toward a future water kingdom, Kristianstads vattenrike biosphere reserve. *Annals of the New York academy of sciences*, 1023(0), pp. 323–327.
- Mensing, DM, Galatowitsch, SM and Tester, JR (1998). Anthropogenic effects on the biodiversity of riparian wetlands of a northern temperate landscape. *J. of Environmental Management*, 53(4), pp. 349–377.
- Micacchion, M (2004). *Integrated Wetland Assessment Program. Part 7: Amphibian Index of Biotic Integrity (AmphIBI) for Ohio Wetlands* Ohio EPA, Wetland Ecology Group, Division of Surface Water. Columbus, OH. Ohio Environmental Protection Agency technical report WET/2004–7.
- Miller, RE Jr and Gunsalus, BE (1997). *Wetland Rapid Assessment Procedure (WRAP)*. West Palm Beach, FL:

- South Florida Water Management District, Technical Publication REG-001.
- Minnesota Board of Water and Soil Resources (2003). *Minnesota Routine Assessment Method for Evaluating Wetland Functions (MNRAM) Version 3.0*. Minnesota Board of Water and Soil Resources, St. Paul, MN, USA.
- Mitsch, WJ and Gosselink, JG (2011). *Wetlands* 4<sup>th</sup> edition, John Wiley & Sons Inc..
- Murkin, HR, Murkin, EJ and Ball, JP (1997). Avian habitat selection and prairie wetland dynamics: a 10-year experiment. *Ecological Application*, 7(4), pp. 1144-1159.
- Nassauer, JI (2004). Monitoring the success of metropolitan wetlands restorations: Cultural sustainability and ecological function. *Wetlands*, 24(4), pp. 756-765.
- Niemi, GJ and McDonald, ME (2004). Application of ecological indicators. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 35, pp. 89-111.
- Novitzki, R (1994). EMAP-Wetlands-A program for assessing wetland condition, in Mitsch WJ, ed., *Global wetlands-old world and new*, New York, Elsevier Science Publishers, pp. 694-709.
- Novitzki, R, Smith, R and Fretwell, J (1996). *Wetland Functions, Values, and Assessment*. in National Water Summary on Wetland Resources, USGS Water Supply Paper 2425, Fretwell, J, Williams, J and Redman, P (compilers), pp. 79-86 (Washington, DC: U.S. Geological Survey).
- O'Connell, TJ, Brooks, RP, DeMoss, T and Jackson, LE (2000). *MAIA Project Summary Birds Indicate Ecological Condition of the Mid-Atlantic Highlands*. U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development. EPA/620/R-00/003.
- Park, MY, Yim, YR, Kim, KG and Joo, YW (2006). The status and characteristics of wetlands created from within abandoned rice paddy fields in South Korea. *J. of Korean Society of Environmental Restoration and Revegetation Technology*, 9(2), pp. 1-15. [Korean Literature]
- Park, MO, Park, ML and Koo, BH (2007). A study on function assessment of coastal wetlands for ecological network establishment. *J. of the Korean Society of Environmental Restoration and Revegetation Technology*, 10(6), pp. 70-80. [Korean Literature]
- Park, MO, Koo, BH and Kim, HN (2009). Characteristics and function assessment of inland wetlands in Chungnam province. *J. of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 12(5), pp. 92-100. [Korean Literature]
- Park, J, Hong, MG and Kim, JG (2013). Relationship between early development of plant community and environmental condition in abandoned paddy terraces at mountainous valleys in Korea. *J. of Ecology and Environment*, 36(2), pp. 131-140.
- Peterson, AC and Niemi, GJ (2007). Evaluation of the Ohio rapid assessment method for wetlands in the western Great Lakes: an analysis using bird communities. *J. of Great Lakes Research*, 33(sp3), pp. S280-S291.
- Piyankarage, SC, Mallawatantri, AP, Matsuno, Y and Pathiratne, KAS (2004). Human impacts and the status of water quality in the Bundala Ramsar wetland lagoon system in Southern Sri Lanka. *Wetlands Ecology and Management*, 12(5), pp. 473-482.
- Ramsar convention (1997). *The Ramsar Convention Manual: A Guide to the Convention on Wetlands*. 2nd ed.
- Ramsar convention (1999). Resolution VII.10. Wetland risk assessment framework. [http://www.ramsar.org/key\\_guide\\_risk\\_e.htm](http://www.ramsar.org/key_guide_risk_e.htm).
- Rani, M, Kumar, P, Yadav, M and Hooda, RS (2011). Wetland assessment and monitoring using image processing techniques: a case study Ranchi, India. *J. of Geographic Information System*, 3(4), pp. 345-350.
- Reed, PB (1988). *National List of Plant Species that Occur in Wetlands: 1988 National Summary*. U.S. Fish and wildlife service, Washington, DC, USA. *Biology reports*, 88(24), p. 99.
- Reiss, KC and Brown, MT (2005). *Pilot Study-the Florida Wetland Condition Index (FWCI): Preliminary Development of Biological Indicators for Forested Strand and Floodplain Wetlands*, Gainesville, FL: Howard T Odum center for wetlands, University of Florida.
- Reiss, KC and Brown, MT (2007). Evaluation of Florida palustrine wetlands: application of USEPA level 1, 2, and 3 assessment methods. *Ecohealth*, 4(2), pp. 206-218.
- Rodhe, A and Seibert, J (1999). Wetland occurrence in relation to topography: A test of topographic indices as moisture indicators. *Agricultural and Forest Meteorology*, 98-99 (1999), pp. 325-340.
- Roh, YH, Lim, CK and Park, HC (2010). The ecotourism with the restoration of the crested ibis at Upo wetland. *J. of the Korean Association of Regional Geographers*, 16(4), pp. 417-427. [Korean Literature]
- Roth, E, Olsen, R, Snow, P and Summer, R (1996). *Oregon Freshwater Wetland Assessment Methodology*. Wetlands program, Oregon division of state lands, Salem, OR, USA.
- Shim, SO (2011). Possibility of wetlands as eco-friendly tourism resources - Focusing on Upo Ramsar wetland-. *Social Science Research Institute*, 27(1), pp. 133-153. [Korean Literature]
- Shim, HB, Cho, WB and Choi, BH (2009). Distribution of halophytes in coastal salt marsh and on sand dunes in Korea. *Korean J. of Plant Taxonomy*, 39(4), pp. 264-276. [Korean Literature]
- Shin, HK, Kim, DG, Kim, JG, Kim, HS, Ahn, JH, Yoo, BK, Ahn,

- KS and Park, D (2009). Study on assessment of value and functions of Dam-wetland (1) -Assessment of functions by HGM: Focusing on Boryung dam-. *J. of wetlands research*, 11(3), pp. 115-132. [Korean Literature]
- Smith, RD, Ammann, A, Bartoldus, C and Brinson, MM (1995). An Approach for *Assessing Wetland Functions Using Hydrogeomorphic Classification, Reference Wetlands, and Functional Indices*. Technical Report WRP-DE-9, Waterways Experiment Station, U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, Mississippi.
- Son, JK, Kim, NC and Kang, BH (2010). The type classification and function assessment at small palustrine wetland in rural areas. *J. of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 13(6), pp. 117-131. [Korean Literature]
- Son, JK, Kang, DH, Lee, SY and Kang, BH (2014). The functional selection for the assessment of ecosystem service at pond wetland in agricultural landscape. Conference book. [Korean Literature]
- Son, JK, Kim, M, Lee, SY, Kang, DH and Kang, BH (2014). The assessment of conservation value for agricultural pond wetland using the weighted function of modified RAM. *J. of the Korean Society of Rural Planning*, 20(4), pp. 13-24. [Korean Literature]
- Stauffer, DF and Best, LB (1980). Habitat selection by birds of riparian communities: evaluating effects of habitat alterations. *J. of Wildlife Management*, 44(1), pp. 1-15.
- Sutter, LA and Wuenschel, JR (1996). NC-CREWS: a wetland functional assessment procedure for the North Carolina coastal area. Division of Coastal Management, North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC.
- Sutula, MA, Stein, ED, Collins, JN, Fetscher, AE and Clark, R (2006). A practical guide for the development of a wetland assessment method: the California experience. *J. of the American Water Resources Association*, 42(1), pp. 157-175.
- Templet, PH and Meyer-Arendt, KJ (1988). Louisiana wetland loss: A regional water management approach to the problem. *Environmental Management*, 12(2), pp. 181-192.
- Tilton, DL, Shaw, K, Ballard, B and Thomas, W (2001). *A Wetland Protection Plan for the Lower One Subwatershed of the Rouge River*. RPO-NPS-SR28. Rouge river national wet weather demonstration project.
- Tiner, RW (1999). *Wetland indicators: A Guide to Wetland Identification, Delineation, Classification, and Mapping*. Lewis Publishers.
- Turner, RK, van den Bergh, JCJM, Söderqvist, T, Barendregt, A, van der Straaten, J, Maltby, E and van Ierland, EC (2000). Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. *Ecological Economics*, 35(1), pp. 7-23.
- US Army Corps of Engineers (1995). *The Highway Methodology Workbook Supplement. Wetland Functions and Values: A Descriptive Approach*. US Army Corps of Engineers, New England division, NENEP-360-1-30a.
- USGS (1999). *Restoration, Creation, and Recovery of Wetlands: Wetland Functions, Values, and Assessment*. National water summary on wetland resources. United states geological survey water supply paper 2425.
- Wardrop, DH, Kentula, ME, Stevens, DL, Jensen, SF and Brooks, RP (2007). Assessment of wetland condition: an example from the upper Juniata watershed in Pennsylvania, USA. *Wetlands*, 27(3), pp. 416-431.
- Washington State Department of Ecology (1993). *Washington State Wetlands Rating System: Western Washington, Second Edition*. Washington State Department of Ecology, Olympia, WA, USA, Publication #93-74.
- Wisconsin Department of Natural Resources (1992). *Rapid Assessment Methodology for Evaluating Wetland Functional Values*. Wisconsin Department of Natural Resources.
- Whitt, MB, Prince, H and Cox, Jr R (1999). Avian use of purple loosestrife dominated habitat relative to other vegetation types in a Lake Huron wetland complex. *The Wilson Bulletin*, 111(1), pp. 105-114.
- Yang, BH, Cho, US and Koo, BH (2005). Type classification and functional assessment of a dam lake - In the case of the Boryung lake -, *J. of Korean Environmental Restoration and Revegetation Technology*, 8(6), pp. 80-91. [Korean Literature]
- Yin, S, Kim, DG, Kim, HS and Kwak, JW (2010). Assessment of Hwapo riverine wetland function using hydrogeomorphic approach. *J. of the Korean Society of Civil Engineers B*, 30(1B), pp. 53-60. [Korean Literature]
- Zhou, D, Gong, H and Liu, Z (2008). Integrated ecological assessment of biophysical wetland habitat in water catchments: Linking hydro-ecological modelling with geo-information techniques. *Ecological Modelling*, 214 (2-4), pp. 411-420.