

습지형 구하도의 기능평가 제안

강 수 진* / 강 준 구**+ / 홍 일*** / 여 홍 구****

Proposal of Functional Assessment for Wetland-type Abandoned Channel

Su Jin Kang* / Joon Gu Kang**+ / Il Hong*** / Hong Koo Yeo****

요지 : 구하도는 예전에 물이 흘렀던 흔적을 말하며 우리나라는 1960년대 하천정비사업으로 인해 인위적으로 생성된 습지형 구하도가 대부분이다. 습지형 구하도는 홍수조절을 하며, 생물서식의 보고가 되고, 인간에게 심미적 가치를 주는 등 중요한 생태계이다. 하지만 폐천부지로 분류되어 관리가 소홀하고 그 흔적조차 사라지고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 습지형 구하도의 훼손정도를 명확히 파악하고 적절한 관리 및 투자의 근거자료를 마련하기 위해 습지형 구하도의 기능을 평가하는 방법을 제안하였다. 국내 습지형 구하도 환경에 적합한 4가지 속성(자연성, 서식처, 친수성, 수질)과 21개의 지표를 선정하였으며, 낙동강의 두 개 지점에 적용해 본 결과 지점1은 중·장기적으로 보호 또는 개선이 필요한 지역으로 나타났으며, 지점2는 우선보호지역으로 나타났다. 이 평가법은 국내에 방치되어 있는 습지형 구하도의 상황에 맞는 적절한 관리에 도움을 줄 것이며, 향후 국가하천사업시 하도에 최적화된 평가틀로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 구하도, 기능평가, 지표

Abstract : Abandoned channel is vestiges of running in the past. Abandoned channels have been formed mostly by artificial river maintenance through channel straightening in Korea. Managed properly, these now abandoned channels can provide habitat for wildlife, maintain biodiversity of aquatic life, security against flooding and recreation area for human. However, because the areas are officially classified as abandoned, the channels is collapsing and decaying from years of neglect. This study suggested functional assessment for wetland-type abandoned channel in order to provide appropriate management and investment. For this reason, The study will examine and evaluate these channels with regard to the following four major criteria (Natureless, Habitat, Water-friendliness and Water quality) and 21 indices. Consequently, abandoned channel in two Nakdong river sites, site 1 was needed for protection or improvement in the medium to longer term, while site 2 was in good condition. This evaluation method will be helpful to manage wetland-type abandoned channel in Korea and will be able to use National River Health Program.

Keywords : Abandoned channel, Functional assessment, Index

1. 서 론

구하도는 예전에 물이 흘렀던 하도 흔적을 말하며, 총적하천의 발달과정에서 자연스럽게 발생되거나 치수목적의 제방 등 인위적인 공사에 의

해 생성된다. 하천공간을 확대하기에 가장 좋은 지역이나 과거에 이미 하천에서 농지나 도시공간으로 변형되어 사용되고 있기 때문에 이들은 모두 하천공간으로 되돌려 주는 것은 어렵지만 일부는 아직 많은 가능성을 가지고 있다. 이는 우각호

+ Corresponding author : jgkang02@kict.re.kr

* 정회원 · 한국건설기술연구원 · 하천해안실 · 전임연구원 · E-mail : sjk@kict.re.kr

** 정회원 · 한국건설기술연구원 · 하천해안실 · 수석연구원 · E-mail : jgkang02@kict.re.kr

*** 비회원 · 한국건설기술연구원 · 하천해안실 · 전임연구원 · E-mail : hongil93@kict.re.kr

**** 비회원 · 한국건설기술연구원 · 하천해안실 · 전임연구원 · E-mail : yeo917@kict.re.kr

형상의 습지형 구하도와 이미 육역화되어 농경지나 난대지로 이용되는 육화형 구하도로 구분할 수 있다. 습지형 구하도는 야생동물의 서식처를 제공하며, 수중서식처의 생물다양성을 유지할 수 있는 환경을 제공하는 반면 비점오염원으로 인한 수질 오염 문제, 하도들의 양적 질적 영향을 미칠 수 있는 수위저하 문제, 육역화 등 다양한 문제점들을 가지고 있다(Pierre et al. 2008). 하천공간의 잠재적 복원 대상지가 될 수 있는 습지형 구하도의 상태를 평가·진단해 봄으로써 다시 하천으로 되돌려 주는 것도 장래에 소요될 하천복원 비용을 최소화하는 하나의 방법이 될 것이다.

최근 국내외적으로 하천환경의 가치가 강조되고 있고 다양한 흐름과 생태 서식처를 갖는 구하도를 포함한 홍수터의 중요성이 증대되고 있다. 현재 하천관리는 사행 복원, 홍수터 복원, 제방후퇴 등 하천공간의 확보를 통하여 홍수저감, 생태계 회복, 어메니티 복원 등을 꾀하고 있다. 최근 4대강 살리기 및 국가하천 종합정비사업에서는 영산강 2개소, 만경강, 청미천, 고막원천 각 1개소 등 총 5개소에 대한 구하도 복원사업이 진행중에 있다. 국외의 경우, 키시미강복원사업은 세계에서 가장 큰 하천복원사업 중 하나이다. 이 사업에서 약 104 km²의 홍수터습지가 복원되며, 사행하천 69 km 가 다시 연결되면서 이 결과 40,500 ha의 토지가 확보될 것이다. 현재 상당부분 복원사업이 진행되어 키시미 강은 원래의 하천 형태는 물론 그 동안 사라졌던 생물이 다시 돌아오는 등 옛 모습이 살아나고 있다(생태공학포럼, 2011). 미국 캘리포니아주 Sacramento 강에서는 수중식생을 평가하기 위한 16개 대상지역이 선정되었으며, 이 연구를 기초로 사라져가는 폐천을 보호하고 복원하기 위한 보존전략이 제시된바 있다(Morken et al. 2003).

하지만 제내지 구역의 과밀한 토지점용으로 인해 하천공간의 확보가 현실적으로 매우 어렵다. 따라서 구하도의 보전 또는 복원을 통한 하천관리는 유역관리 및 홍수소통 공간확보 차원의 Room for the river를 위한 현실적인 대안이 될

수 있다. 이런 현 상황에 맞춰 구하도의 적절한 복원과 관리대책 수립을 위한 환경적 기능 평가가 매우 필요하며 시급한 상황이다.

평가기법에 대한 기존 연구를 살펴보면, 국내외적으로 구하도를 평가하는 기법은 제안되어 있지 않다. 구하도는 대부분 습지형으로 유지되므로 기존 습지평가에 대한 연구를 검토하였다.

검토 자료 중 국내 자료로는 제3차 전국내륙습지조사 지침(환경부, UNDP/GEF국가습지보전관리사업단, 2008), 내륙습지의 유형별 평가기법(환경부, 2001), 습지건강성 평가모델연구(2009)이다.

외국의 자료로는 미국에서 습지관리 전략을 수립할 때 기초평가에 이용되는 RAM(Rapid Assessment Method; 일반기능평가법)기법(Tilton et al. 2001), 습지의 기능과 가치를 적절하게 인식하여 평가할 수 있도록 하는 WET평가방법(Paul et al. 1991), 캐나다 온타리오습지평가시스템(Ontario Ministry of Natural Resources, 2002), 오스트레일리아의 Avon자연지역 내의 습지평가기법(Susan et al. 2009), 미국 플로리다의 간이습지평가기법(Raymond et al. 1997), 미국 루지강 습지복원계획(Donald et al. 2001), 메릴랜드 습지평가기법(Maryland Department of the Environment, 1995), HGM(Hydrogeomorphic) 평가기법 등이 있다. 국외 평가기법 중 RAM 및 HGM 평가법은 국내 내륙습지에 적용한 연구들도 수행된 바 있다(김덕길 등, 2011; 구분학, 2001).

본 연구 목적은 습지형 구하도 특성을 고려한 평가법을 개발하여 단절된 구하도습지의 환경 상태를 평가할 수 있는 방안을 제안하기 위한 기초 연구로 활용되는 것이다. 평가법 개발은 향후 습지형 구하도의 보전, 복원 및 관리 등 대책을 마련하는 기초자료로 물리적 구조평가기법을 수립하고자 하는 것이며, 본 연구에서의 평가법은 국내외 현존하는 내륙형 습지평가방법을 검토하여 단절된 습지형 구하도의 특성에 맞는 평가틀을 제안하고자 한다.

2. 습지형 구하도 평가지표 개발

본 연구에서 습지형 구하도의 평가는 주요 복원 목적인 자연성, 서식처, 친수효과 및 수질로 주요 4항목으로 구분하여 제안한다. 첫째는 자연성으로 하천정비 등으로 인위적으로 단절된 습지형 구하도의 특성에 따라 얼마나 자연적인지를 평가한다. 자연성 평가 속성에 따른 지표는 5가지이다. 규모, 홍수저장, 시설물, 포장율, 주변 토지이용으로 규모는 지형도를 통해 측정하거나 GIS를 이용하여 환산된 면적을 이용한다. 홍수저장능력은 습지형 구하도와 다른 지표수와의 연결 관계로 평가한다. 구하도 주변에 넓은 천변저류지가 있는 양질의 상태에서부터 연결성이 없는 상태에까지 5등급으로 구분하였다. 인간활동에 의한 자연성 평가 지표로 시설물의 유무를 등급화 하였다. 또한 포장율을 평가하여 인간에 의한 교란정도를 평가하는 지표로 제안하였다. 습지형 구하도 주변의 토지이용은 습지주변의 토지이용현황을 파악함으로써 주민의 생업과 습지형 구하도의 관련성 정도를 파악할 수 있는 지표로 본 연구는 습지형 구하도 주변에 주로 이용되는 토지이용정도를 5단계로 구분하여 제시하였다. 둘째는 서식처로 생물 서식처의 보고로 가치가 있는 습지형 구하도의 특징을 반영하여 지표로 평가하는 것이다. 서식처평가에 대한 속성은 총 8가지이다. 본 연구는 습지형 구하도의 공간적 특이성을 평가할 수 있는 공간형성기간을 평가지표에 포함하였다. 일반적으로 우리나라에 존재하는 습지형 구하도는 1960년대에 하천정비사업으로 생성된 경우가 대부분으로 비교적 안정된 상태라고 볼 수 있다. 육상 및 수생태계의 연결성 역시 서식처의 건강을 평가하는 지표로 활용하였다. 육상생태계에서 연계성은 주변에 큰 산림이 있는 경우 가장 우수한 상태로 평가되며, 주변이 차단 및 격리된 공간으로 연계성이 희박한 경우 가장 낮은 점수로 제안하였다. 수생태계에서는 주변에 하천으로의 접근이 용이할 경우 가장 높은 등급으로 평가되며, 역시 범람요인이 없는 차단된 공간으로 연계성이 없을 경우

가장 낮은 점수를 획득하도록 하였다. 희귀성을 평가하기 위해서는 공간의 희귀성, 희귀 동·식물 종의 서식 등이 조사 분석되어야 한다. 본 연구는 광역적으로 아주 희귀한 장소나 보호종, 멸종위기 종이 서식하는 경우 가장 높은 등급으로 평가하였으며, 대상지내에서 흔히 볼 수 있는 유형의 경우 낮은 등급으로 평가하였다.

식생은 서식처 평가에 있어 가장 시각적으로 드러나는 지표로 본 연구는 습지형 구하도의 식생의 활착을 평가하기 위해 식생구조 및 피도를 평가지표로 제안한다. 4층 이상의 다양한 층위구조를 갖는 구하도의 경우 가장 높은 점수를 주었으며, 나지로 식물 생육에 제한적일 경우 가장 낮은 점수로 평가된다. 식생이 어느 정도의 면적으로 있어 무성하게 생육하고 있는가를 나타내는 피도는 20 % 이하에서부터 100 %까지 등급을 나누어 평가를 제안한다. 또한 단절된 습지형 구하도의 특징에 따라 수원함량과 토양의 입경분포를 서식처 평가 지표로 활용하였다. 셋째는 친수성으로 심미적 가치를 제공하는 습지형 구하도의 특징을 반영하여 지표로 선정하였다. 친수성은 총 4가지를 평가한다. 시각경관, 생태경관, 접근성, 친수시설공간으로 시각경관 및 생태경관 평가의 경우 습지형 구하도의 길으로 보이는 시각적 상태를 평가하는 지표이다. 친수시설 및 활동 지표는 습지형 구하도 습지주변에서 발생하는 인간활동과 관계되는 지표로써 램프의 유무, 휴게공간 및 생태학습공간 등이 지표를 평가하는 요소로 포함되었다. 마지막으로 단절된 습지형 구하도는 과거에 물이 흘렀으나 현재 단절되어 물의 유입유출이 거의 없는 공간이므로 이에 대한 평가항목으로 수질지표를 포함시켰다. 수질 평가는 4가지 지표를 평가한다. BOD, COD, pH, DO로 단절된 습지형 구하도의 정체된 수질의 상태를 파악하기 위한 지표로 제안하였다. 이를 위해 본 연구는 선행된 기존연구의 지표를 검토하고 분석하였으며, 구하도 특성을 평가할 수 있는 항목을 정리하였다.

각 세부 속성에 따른 지표설정에 대한 근거는 다음과 같다.

2.1 자연성

우리나라에 존재하는 구하도의 대부분은 60-70년대에 하천정비사업에 의해 인위적으로 형성된 경우가 대부분이다. 하지만 이렇게 단절된 습지형 구하도는 생물서식의 보고로 자연성이 우선적으로 평가되어야 한다. 단절된 습지형 구하도에서 인간에 의해 얼마나 변형 및 교란되었는지 그 여부에 따라 자연성을 평가할 수 있다. 본 연구는 습지규모, 홍수저장, 인간 활동, 토지이용에 대한 평가를 제안하고자 한다. 첫째, 단절된 습지형 구하도는 그 자체만으로도 충분한 가치를 가지므로 기능의 질도 중요하지만 면적의 크기도 중요하다. 크기가 큰 습지일수록 더 높은 질의 서식처 및 종의 다양성을 가진다. 또한 습지형 구하도 면적이 넓을수록 주변의 스트레스 요인을 저감시킬 수 있는 완충공간을 더 확보할 수 있어 생태적 안정성 및 가치가 높아진다. 미국 환경보호국(EPA)에서 발주된 루지강 습지복원 프로젝트에서 습지를 평가하는 지표 중 하나로 대상면적을 이용하였으며(Donald et al. 2001), 캐나다 남부의 온타리오에서 개발된 습지평가기법에서도 습지의 크기가 생물다양성과 관련이 있다고 하여 규모별 생물다양성정도를 지수화 하였다. 또한 면적은 경제적

가치, 레크레이션 활동, 거주지 등 사회적 지표에도 영향을 준다고 하여 면적에 따른 사회적 요소 인자를 지수화 하였다(Ontario Ministry of Natural Resources, 2002). 본 연구는 환경부에서 발간된 전국 내륙습지 자연환경조사(2002~2003)보고서를 바탕으로 데이터베이스화된 149개 습지의 면적값을 5등분하여 등급을 조정하였다(강수진, 2004). 둘째, 홍수저장 능력으로 습지는 홍수시에 초과되는 홍수량을 축적하는 저수지 역할을 한다. 또한 습지에 서식하는 식생들이 물의 흐름을 지연시켜 하천유량의 극심한 변화를 막고 홍수발생을 완화시킨다. 비록 면적이 작은 습지들이 많은 물을 저장하지는 못하지만 이러한 습지들이 모여 막대한 수량을 저장할 수 있다. 실제로 미육군 공병단의 조사에 따르면 미국 보스턴 메사추세츠 찰스강을 따라 조성된 습지를 보호함으로써 1,700만달러를 절약할 수 있었다(EPA, 2001). 미국 미시건주에서도 습지를 보호함으로써 홍수피해를 줄이고 있다(Donald et al. 2001). 셋째, 인간활동으로, 자연에 대한 인간 간섭의 정도를 평가하는 지표로 습지 주변의 인위적 시설물들에 대한 평가와 포장율, 저수호안의 상태를 평가하는 것을 제안하였다. 넷째, 토지이용으로 산업화에 따른 인해 도시에 인구가 집중되면서 단절

표 1. 자연성 평가 지표

자연성 평가			평가 기준				
			①	②	③	④	⑤
습지 규모	(1)	구하도 규모	단절습지로 3 ha이하	단절습지로 3~9 ha	단절습지로 9~20 ha	단절습지로 20~60 ha	단절습지로 60 ha 이상
홍수 조절	(2)	홍수 저장 (분류와의 연결관계)	연결 안됨	하천유역과 가까운 포장된 시가지	하천유역과 가까운 비포장 시가지	호소변/하천변	넓은 천변저류지 (범람원)
인간 활동	(3)	시설물	중규모이상 수공구조물 (0.5 m이상)	소규모 수공구조물 (0.5 m이하)	펌프장 등	관찰데크 등 (수변공원)	시설물 없음
	(4)	포장율	80 % 이상	60~80 %	40~60 %	20~40 %	0~20 %
토지 이용	(5)	주변 공간	공업지, 상업지, 도로	녹지가 빈약한 시가지, 주거지	녹지가 풍부한 주거지, 농경지	인공녹지 및 공원	자연림, 자연초지

된 습지 주변에서 인간에 의해 이루어지는 인위적인 활동은 습지의 건강도를 평가함에 있어 중요한 지표라 할 수 있다. 온타리오 습지평가법에서는 습지주변의 농경지 및 도시지, 산림지대, 자연초지의 비율에 따라 등급을 매겨 습지의 건강도를 평가하였다(Ontario Ministry of Natural Resources, 2002). 습지간이기능평가법(WRAP; Wetland Rapid Assessment Procedure)에 의하면 습지 주변에서 일반적으로 나타나는 18가지 토지이용에 따라 0부터 3까지 점수를 주어 습지의 건강도를 평가하는 지표로 삼았다(Raymond et al. 1997). 미동부 메릴랜드주에서 연구된 습지기능평가법에서는 토지이용 범주를 고·중·저밀도 세 가지로 구분하여 토지이용정도를 평가하였다. (Maryland Department of the Environment, 1995). 본 연구는 한국의 단절된 습지형 구하도 주변의 토지이용 정도를 구분하여 1-5점까지 점수화 하는 것을 제안한다.

2.2 서식처

서식처는 식생과 물이 기본으로 어우러져 조류, 어류, 기타 야생 동물의 먹이 및 번식환경을 제공하는 중요한 의미를 가진다. 이러한 서식처를 평가함으로써 단절된 습지형 구하도가 얼마나 건강한지를 평가해 볼 수 있다. 서식처 평가에서는 서식처 자체의 물리적 평가요소로 공간형성기간을 평가하는 안정성, 공간의 가치를 따지는 희귀성, 육상 및 수생태계와의 연결성을 평가지표로 제안하였으며, 동·식물의 서식과 직접적 관련이 되는 식생, 수량, 토양을 지표로 삼는다.

첫째, 습지가 형성되기까지 소요된 시간을 평가한다. 이는 시간이 오래 경과된 습지일수록 자연적 천이과정에 의해 안정적으로 그 기능을 하여 더욱 자연적이고, 종의 다양성도 풍부하여 그 가치가 높게 평가된다. 외국의 경우 이탄층으로 형성된 산성습원(bogs)이 늪(marsh)이나 소택지(swamps)보다 그 형성기간이 오래된 것으로 간주하여 높은 등급으로 간주한다(Ontario Ministry of Natural Resources, 2002). 우리나라의 경우

60~70년대에 이루어진 하천정비사업에 의해 단절된 습지구간이 생겨 그 형성기간이 상당히 오래된 것으로 판단되어 안정된 상태로 보인다. 이에 일반 습지와 차별성을 줄 수 있는 지표로 공간형성기간을 포함하였다. 둘째, 수생태계 및 육상생태계의 연결성을 평가한다. 습지는 육상생태계와 수생태계를 연결하는 전이대로서 이 부분이 끊어지지 않고 자연스럽게 연계가 되어야 할 것이다. 공간 내에 서식처간의 연계가 되는 것은 생물군집의 다양성을 위해서라도 필수적 요소이다.

셋째, 희귀성을 평가한다. 멸종위기 동식물이나 보존가치가 높은 희귀 생물이 서식하거나 지형학적 특성상 보존가치가 높은 경우를 일컫는다. 이러한 서식처는 단지 일반적인 종들만 지원하는 서식처보다 더욱 가치를 지닌다. 군, 국가 더 나아가 국제적 수준에서 희귀한 모든 종들은 그 지역의 중요한 자연자본의 한 부분을 형성한다(김귀곤, 2003). 넷째, 식생으로 습지에서 식생은 심미적인 기능과 함께 수질정화작용을 하며, 곤충 및 새들에게 중요한 서식처가 된다. 이러한 식생의 분포는 다양해야 한다. 야생동물들은 식생의 다양도에 따라 자신에게 적합한 서식환경을 선택하기 때문에 식생의 구조가 다양할수록 잠재적인 야생동물종의 다양성도 높아지는 것으로 알려져 있다(최일기 등, 2009). 또한 빈영양상태의 환경에서 뿌리를 내리고 있는 습지식물은 토양에 산소를 순환시키는 역할을 한다. 이것은 분해를 가속화함으로써 보유한 영양분을 소모하거나 토양 내에 인의 고정화 또는 탈질소작용에 의해 영양분의 보유를 증가시키는 것으로 보고된다(Hackney, 1987; Gersberg et al. 1986). Keighery(1994)는 식생의 구조 및 상태에 따라 6개 등급으로 나누고 습지의 건강도를 평가하였다. 미국 플로리다 수자원국에서 나온 습지간이기능평가법에서는 식생의 피도를 10 % 이하에서부터 75 %이상까지 그 정도에 따라 4등급으로 분류하여 점수화하였다(Raymond et al. 1997). 다섯째는 수원함량으로 습지내에 물의 유출입이 원활하여 수량이 풍부하면 더욱 다양한 서식환경을 제공할 수 있듯이 수

심과 주기적인 수위의 연중변화는 식물과 동물의 군집에 중요한 영향을 주므로 습지형 구하도에서 수원함량은 중요한 지표가 될 수 있다. 마지막으

로 토양은 습지가 전반적 기능을 수행하는데 기본이 되며, 식물 서식의 기반이 되므로 식생의 번성 과도 관련된다.

표 2. 서식처 평가 지표

서식처 평가			평 가 기 준				
			①	②	③	④	⑤
안정성	(1)	공간형성기간	5년 미만	5~10년	10~25년	25~40년	40년 이상
연결성	(2)	육상생태계 연계성	주변 차단 및 격리 (주거지 등)	주변 부분 차단	농경지 연결	인위적 공원	산 (국립공원 등)
	(3)	수생태계 연계성	주변 차단 (범람요인 없음)	계절적 하천 범람시	주변연못, 웅덩이, 농경지	주변 저수지	주변 하천 접근 용이
희귀성	(4)	공간유형별 희귀성 (Rarity)	대상지내에서 동등한 습지 유형 혼한 경우	대상지내서 동등한 습지 유형 드문 경우	지역적으로 유사습지 있고 동등습지 유형 드문 경우	광역적으로 유사습지 드물고 동등 습지유형 드문 경우	광역적으로 아주 희귀 (보호종, 멸종위기종 서식)
식생	(5)	식생구조	나지, 인간 이용으로 식물 생육 제한적	단순 층위구조	2층 구조 (다양한 초본층)	다양한 층위 구조(층위 구조가 3층)	다양한 층위 구조(4층 이상)
	(6)	식생피도	20 %이하	20~40 %	40~60 %	60~80 %	80~100 %
수량	(7)	수원함량	0~20 % (수량부족)	20~40 %	40~60 %	60~80 %	80~100 % (연중 수량 풍부)
토양	(8)	입경 분포	점토 (0.001 mm)	굵은점토 (0.004 mm)	잔실트 (0.016 mm)	굵은 실트 (0.062 mm)	모래 (0.25 mm~)

2.3 친수성

단절된 습지는 조류, 어류, 식생 등의 각종 생물의 서식 및 수변과 연계된 경관을 만들어 심미적으로 아름다운 경관을 인간에게 제공한다. 축제나 행사의 장이 될 수도 있고 역사문화의 공간으로 활용하고, 야생 동·식물을 관찰할 수 있는 장소가 될 수 있는 등 풍부한 레크레이션 자원으로 이용할 수 있다. 미국의 경우 인구의 절반 이상이 습지라는 공간에서 낚시, 사냥, 관망, 야생생물 사진찍기 등의 활동을 한다고 보고되었으며, 이들이 습지와 관련된 활동을 하며 소비되는 돈이 매년

590 억원에 달한다고 한다(EPA, 2012). 우리나라의 경우 경기도 안산 시화호 갈대습지일원에서 자연의 소중함을 함께할 수 있는 환경축제의 일환으로 시화호갈대습지 환경축제를 열어 올해로 4 회를 맞이하였으며, 이곳은 매년 20여만명의 관람객이 방문하는 축제로 자리 잡아 가고 있다(Kwater, 2012). 이처럼 습지가 인간에게 주는 심미적 가치 또한 무궁무진하며, 이를 평가할 수 있는 지표가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 친수성에 대한 평가지표로 습지경관, 친수시설 및 활동을 평가지표로 제시한다.

표 3. 친수성 평가 지표

친수성 평가		평가 기준					
		①	②	③	④	⑤	
습지 경관	(1)	시각경관 (습지 및 그 주변)	경관불량 (산업 및 상업지역 오물 및 하수처리장, 쓰레기 매립지의 존재)	경관불량 (부유물+쓰레기)	인공경관 (시설물)	인공+ 자연	자연습지에 가까움
	(2)	생태경관 (고유수종, 산림)	고유수종, 주변 산림 없음	주변 산림 없음, 습지내 고유수종	습지주변 산림보존, 습지내 고유수종 없음	습지 안팎 식생의 50~70% 고유수종	습지 안팎 식생의 70% 이상 고유수종
친수 시설 및 활동	(3)	접근성+ 이용성 + 개방성 (램프 갯수)	접근어려움 (완전폐쇄)	1개소, 램프 없음	1개소, 램프 있음	양안 1개소, 램프 없음	양안 2개소, 램프 있음
	(4)	휴게공간/운동 /생태학습공간	없음	1개소 공사 중	1개소 (휴게/운동공간)	2개소(휴게/운동/생태학습)	3개소(휴게/운동/생태학습 다양한공간)

2.4 수질

단절된 습지는 하천형 습지와는 달리 물이 정체되어 있는 지역이므로 수질이 악화되기 쉽다. 따라서 습지형 구하도에서 수질은 상태를 평가할 수 있는 중요한 지표가 될 수 있다. 수중에 미생물들에 대한 영양분이 다량 존재하면 부영양화 현상이 발생한다. 특히 단절된 습지의 수질이 악화되면서 수층 전체에 조류를 형성하기도 하며 습지 수면 여러 곳에 군집하여 떠 있기도 한다. 부영양화를 일으키는 주요 영양염류는 생활하수, 공장폐수, 농경지 폐수 등에서 기인된다. 수질은 단절된 습지가 온전한 기능을 할 수 있도록 도와주며, 그 상태에 따라 야생동·식물의 서식처의 기능도 함께

영향을 주기 때문에 단절된 습지를 평가하는 중요한 지표가 될 수 있다.

본 연구는 현장측정이 가능한 DO, pH 또한 BOD, COD와 같이 현장에서 채수된 물을 실험실에 가져와 분석할 수 있는 항목을 지표로 제안하였다. pH는 수중이온농도를 나타내는 기호로 수질오염에 의한 수질변화를 예측할 수 있는 있는 방법의 하나이다. DO는 용존산소로 이를 측정함으로써 습지 내의 생물성장 조건 및 오염정도를 간접적으로 파악할 수 있다. 환경부 환경정책기본법 시행령 별표 1에 근거하여 호소수질기준(환경부)에서 일반적으로 많이 사용하는 부분을 인용하였다(환경부, 2011).

표 4. 수질평가 지표

구분 평가항목	평가 기준				
	1	2	3	4	5
pH	6.0~8.5	6.0~8.5	6.5~8.5	6.5~8.5	6.5~8.5
DO	DO < 2.0	2.0 < DO < 5.0	2.0 < DO < 5.0	5.0 < DO < 7.5	DO > 7.5
BOD	BOD < 10	BOD < 8	BOD < 6	BOD < 3	BOD < 1
COD	COD < 10	COD < 8	COD < 6	COD < 3	COD < 1

3. 기능평가 및 관리방향 선정

평가방법은 각 4개의 주요평가항목의 비중을 동일하게 지정하였다. 각 주요 평가인자의 지표는 특성에 따라 차이가 있으므로 가중치를 주요 조절하였다. 평가결과는 속성별 총점수를 100으로 산정되도록 조정하였다(표 5). 이렇게 도출된 속성별 점수는 총점 25점 만점으로 5개의 등급으로 구분하여 0~5점은 아주 낙후된 지역(Very poor), 6~10점은 조금 낙후된 지역(Poor), 11~15점은 중간(Moderate), 16~20점은 건강한 상

태(Good), 21~25점은 아주 잘 발달된 건강한 상태(Excellent)로 평가된다(표 6). 이에 따라 속성별로 습지형 구하도의 상태를 평가할 수 있다. 어떤 속성에 낮은 점수를 받았는지 알 수 있으므로, 속성별 습지관리가 가능하다. 속성별로 취약한 인자를 판단하여 이에 맞는 관리대책을 만들 수 있다. 예를 들어, 다른 속성에서는 높은 점수를 받았지만 서식처부문에 낮은 점수를 받아 개선이 필요한 지역으로 분류가 된다면, 서식처를 보완할 수 있는 환경을 조성해 줌으로써 등급은 얼마든지 오를 수 있다.

표 5. 지표별 가중치 조정

	자연성	서식처	친수성	수질	총점
점수	20	30	10	20	80
비율조정	1	20/30	2	1	
점수조정	1.25	1.25	1.25	1.25	
최종점수	25	25	25	25	100점

표 6. 속성별 등급

등급	점수	자연성 (25 %)	서식처 (25 %)	친수성 (25 %)	수질 (25 %)
I	21~25	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
II	16~20	good	good	good	good
III	11~15	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
IV	6~10	Poor	Poor	Poor	Poor
V	0~5	Very poor	Very poor	Very poor	Very poor

속성별로 나온 점수를 합하여 총점을 통해서는 습지형 구하도의 통합적인 상태를 평가할 수 있으며, 그 보전 등급에 따라 향후 개발 또는 보전, 적정 투자의 방향성을 제시할 수 있다. 100점으로 환산한 결과에 따라 표 7과 같이 관리대상지역을 설정할 수 있다. 80이상 나오면 최우선 등급인 1등급의 우선적으로 보호되어야 할 지역으로 설정하여 관리한다. 60~80점이 나오면 일반

보호지역으로 분류한다. 40~60점이 나오면 중·장기적으로 보호 또는 개선이 필요한 지역으로 설정하여 개선 또는 오염이 될 소지가 있는 습지형 구하도로 분류한다. 20~40점은 가까운 시일 내에 개선이 필요한 지역으로 분류하여 개선의 관점에서 관리하여야 한다. 20점 이하는 최우선적으로 개선이 필요한 지역으로 평가된다.

표 7. 평가 결과 해석

등급	총점	관리대상지역 설정
1	80 이상	우선 보호지역
2	60~80	보호지역
3	40~60	중·장기적으로 보호 또는 개선이 필요한 지역
4	20~40	가까운 시일 내에 개선이 필요한 지역
5	20 이하	개선이 시급한 지역

4. 습지형 구하도 기능평가법 적용

연구결과 도출된 지표를 낙동강 2개 지점에 적용해 보았다. 낙동강 지점1 구간은 경상북도 구미시 도개면 용산리의 구하도 길이 3.6 km 구간이다(그림 1). 구하도 흔적이 아직까지 남아 있으

며, 주변 부지는 농경지로 이용되고, 본류 주변 부지는 모래사주와 습지형태로 되어 있다. 1918년 지형도에 따르면 과거 구하도 하폭은 80~140 m 이고 하도주변은 모래사주와 농경지였다. 현재의 본류는 과거 농경지 구역에 해당한다. (2008년 토지피복지도)

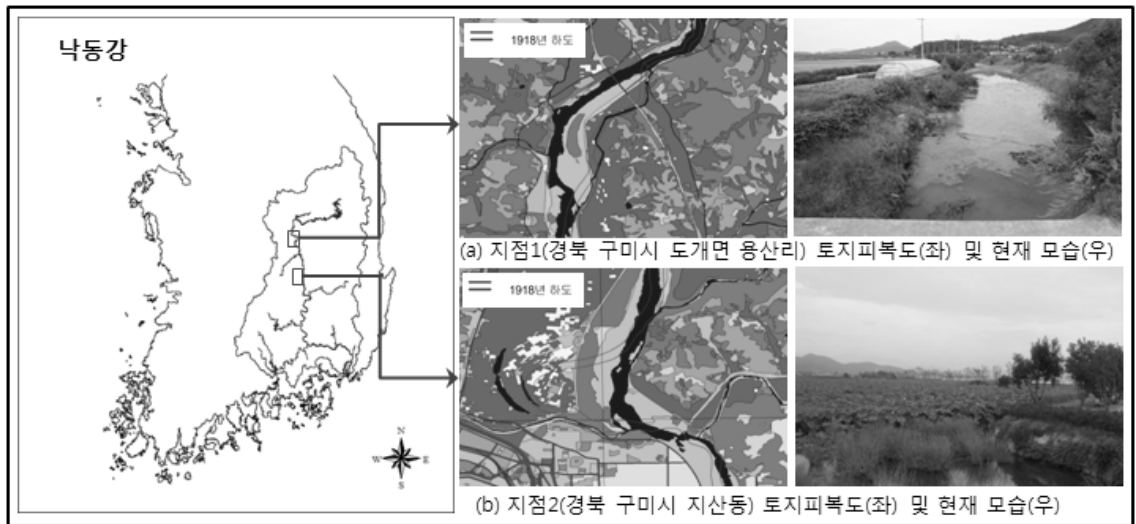


그림 1. 낙동강 적용 지점 (토지피복도, 2008, 환경부)

낙동강 지점2 구간은 경북 구미시 지산동 일원에 위치한 지산샛강으로 우각호 형태의 습지로 남아있다. 구하도 주변 부지는 농경지로 이용되고 본류 주변 부지는 모래사주와 농경지 형태이다. 과거 구하도 하폭은 110~320 m 이고, 하도주변은 모래사주와 농경지였다(그림 1). 농업용수 공급과 우수조절, 생태환경 제공 등의 기능을 발휘

하면서 친환경 생태지역으로 자리매김해 왔으며 2009년부터 2013년까지 5년간 ‘지산 샛강 생태 습지 조성’ 중에 있다.

두 지점을 본 연구에서 도출된 평가법에 따라 평가해본 결과 전반적으로 지점2 구간의 점수가 높은 것으로 평가되었다. 지점별 4개 속성에 대한 평가지표별 점수를 세부지점별로 도식한 결과를

보면 자연성 속성의 경우 지점별로 습지규모와 홍수저장 지표에 비해 인간활동과 토지이용 지표의 변화 폭이 큰 것으로 나타났다. 친수성 속성의 경우 친환경 생태지역으로 꾸며놓은 지점2의 점수가

가 확연히 더 높은 것으로 분석되었다. 서식처 속성에서는 지점1과 지점2가 비슷하게 점수가 나타났다(그림 2).

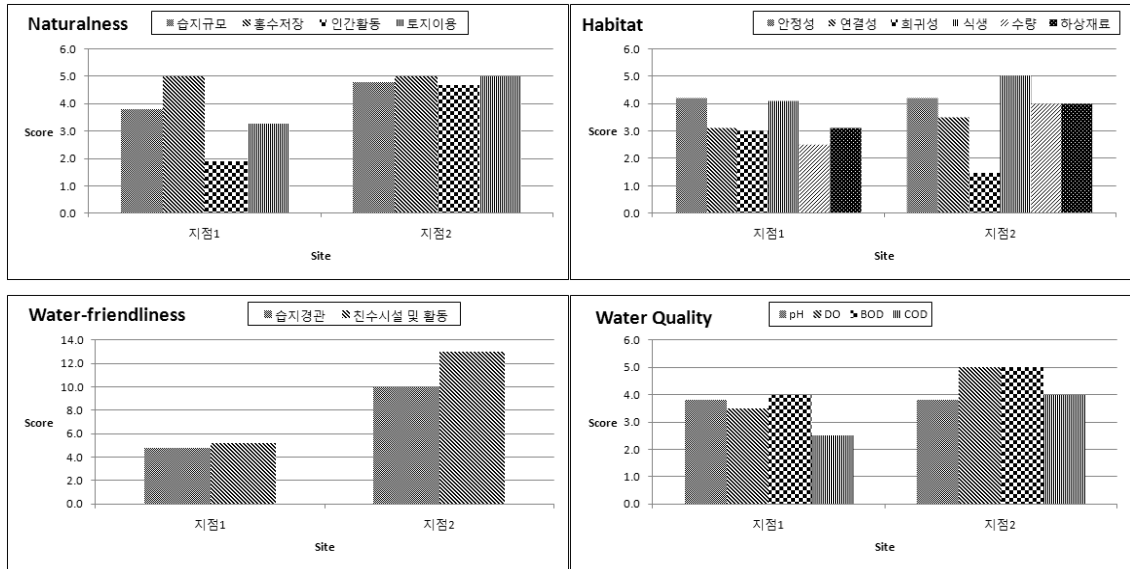


그림 2. 낙동강 습지형 구하도 4개 속성별 비교평가결과

지점1은 평가틀을 적용한 결과 자연성에서 14점, 서식처에서 20점, 친수성에서 10점, 수질에서 14점으로 평가되어 총 58점으로 중·장기적으로 보호 또는 개선이 필요한 지역으로 결과가 나왔다. 하지만 속성별로 보았을 때 이 구역은 서식처가 비교적 잘 발달된 곳으로 방사형 그래프 유형에서도 확인해 볼 수 있다(그림 3). 서식처 강화

유형으로 다른 속성들은 향후 관리 및 보전방향에 따라 얼마든지 개선될 수 있는 곳이다.

지점2는 평가틀을 적용한 결과 자연성에서 20점, 서식처에서 22점, 친수성에서 23점, 수질에서 18점을 받아 총 83점으로 우선보호지역으로 평가되었다(그림 3). 2013년 생태습지조성계획이 완료되면 더욱 높은 점수를 받을 것으로 사료된다.

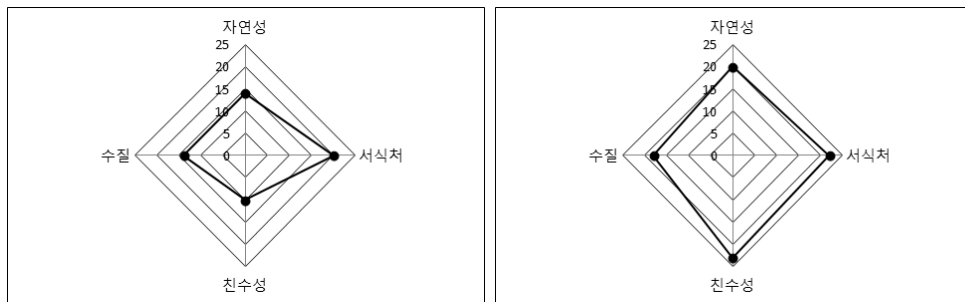


그림 3. 낙동강 습지형 구하도 지점별 평가결과(좌: 지점1, 우: 지점2)

5. 향후 논의될 사항(Discussion)

이상에서 단절된 습지형 구하도 평가기법을 개발하여 적용가능성을 검토해 보았다. 아직까지 우리나라에서 단절된 습지형 구하도의 중요성에 대한 인식이나 습지관련 학문 분야의 발전은 선진국에 비해 뒤쳐져 있다. 특히, 우리나라의 경우 갯벌을 중심으로 한 연안습지의 기초조사(국토해양부, 2009; 한국환경정책·평가연구원, 1997; 해양수산부, 2006) 및 보호운동이 중심을 이루고 있어 내륙습지나 습지형 구하도 등 다른 습지유형에 관한 연구는 더욱 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 습지형 구하도의 가치를 인식하고, 그 평가기준을 정립하고자 하였다. 하지만 이 연구결과를 습지형 구하도에 단순하게 확대 적용하기에는 무리가 있다. 평가에 필요한 자료의 한계도 있을 것이다. 이는 앞으로 다양한 습지형 구하도에 적용해 봄으로서 오차범위를 줄여나가야 할 것이다. 이렇듯 단절된 습지형 구하도의 건강성 평가를 더욱 정교하게 수행하기 위해 몇 가지 개선방향을 제시하고자 한다.

첫째, 자료의 부족을 들 수 있다. 지난 10년 동안 전국내륙습지 자연환경조사, 일반조사, 또는 정밀조사를 통해 우리나라 습지의 사회경제적, 환경적, 생태적 자료가 지속적으로 축적되고 있지만, 습지형 구하도에 대한 자료는 절대적으로 부족한 실정이다. 습지형 구하도의 관리와 보존에 활용할 다양한 수단을 확보하기 위해서는 구하도의 분포 및 이용, 관리현황 등에 대한 정밀조사를 실시하고 구하도 조사사업을 시작할 필요가 있다. 이 과정에서 인위적 간섭의 정도를 종합적·정량적으로 평가할 수 있는 평가체계를 개발하고 자료조사 항목에 포함시킬 필요가 있다.

둘째, 평가 후 적절한 관리방안 제시되어야 할 것이다. 본 연구에서 개발된 평가기법을 적용하면 그 결과 자연성, 서식처, 친수성, 수질 이 4가지 속성에서 어느 부분에 취약한지를 알 수 있다. 취약부분에 대한 평가 후 사후관리가 필요하겠다. 예를 들어 서식처 속성이 취약하게 판단되면 수변

완충 녹지대를 조성해 줄 수 있다. 습지를 따라 주변에 식생띠를 조성해 줌으로써 이를 지나는 오염물질들을 정화하고 조류나 양서류들의 서식처나 이동통로가 가능할 것이다.

셋째, 연구결과를 향후 시범유역에 적용하여 활용가능성을 높일 예정이다. 한국의 중부지역의 만경강과 남부지역에 위치한 영산강에 있는 습지형 구하도를 대상으로 적용을 해 보고자 한다. 적용결과 활용이 검증되면 보전가치가 있는 습지형 구하도의 보호지역 관리하여 각종 개발로부터 위협받고 있는 습지형 구하도의 체계적으로 진단 평가 후 관리될 수 있을 것이다. 이는 향후 국가하천사업에 구하도의 최적화된 평가틀을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

6. 결 론

본 연구는 우리나라에서 단절된 습지형 구하도의 중요성에 대한 인식이 높은 상태로 보다 효율적인 관리를 위한 방안을 제시하기 위해 수행되었다. 이를 위해 습지형 구하도의 가치를 인식하고, 최초로 평가 기준을 정립하고자 하는 노력이 본 연구의 가치라 할 수 있다.

본 연구는 국내에서 아직 연구가 생소한 습지형 구하도의 적절한 관리와 투자의 근거자료를 확보하기 위한 목적으로 건강도를 평가하기 위한 틀을 제안하였다. 자연성, 서식처, 친수성, 수질로 4가지 속성아래 21가지 지표를 평가하며 각 평가 지표들은 국내외 내륙습지를 평가하는 선행연구자료들과 습지형 구하도 특징에 부합하는 지표속성을 추가하였다.

이를 낙동강 일부 두 지점을 적용해본 결과 지점1은 총 58점으로 중·장기적으로 보호 또는 개선이 필요한 지역으로 결과가 나왔으며, 지점2는 총 83점으로 우선보호지역으로 평가되었다. 이 평가법은 향후 여러 시범유역에 적용하여 활용가능성을 높이고 지속적으로 개선할 예정이며, 이는 국가하천사업시 구하도에 최적화된 평가틀을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 기관고유 연구사업(12주요) 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

강수진, 2004. 습지기능을 고려한 한국 내륙습지의 간이 평가 기법 개발 및 적용, 석사학위논문, 이화여자대학교, pp. 32-37.

구분학, 김귀곤, 2001. RAM(일반기능평가기법)을 이용한 내륙 습지 기능 평가, 환경복원녹화지 제4권, 제3호, pp.38-49.

국토해양부, 2009. 연안습지 기초조사.

김귀곤, 2003. 습지와 환경, 아카데미 서적.

김덕길, 신한규, 김재근, 김형수, 유병국, 안경수, 장석원, 2011. HGM을 이용한 용담댐습지의 기능 평가 연구, 한국습지학회지 제13권, 제3호, pp. 665-675.

생태공학포럼, 2011. 생명의 강 살리기, 청문각.

최일기, 오충현, 안근영, 이은희, 2009. 비오름평가를 위한 평가항목 및 평가체계 제안, 한국환경생태학회지 제23권, 제6호, pp. 594-602.

한국환경정책·평가연구원, 1997. 연안습지의 보존 및 효율적 관리를 위한 정부기능의 합리화 방안, KEI기본과제 연구보고서.

해양수산부 해양정책국, 2006. 연안습지(갯벌) 보전 기초계획.

환경부, 2001. 내륙습지의 유형별 평가기법 및 관리방안에 관한 연구, pp. 31-36.

환경부, 국립환경연구원, 2002-2003. 전국내륙습지 자연환경조사.

환경부, UNDP/GEF국가습지보전관리사업단, 2008. 제3차 전국내륙습지조사 지침.

환경부, UNDP/GEF국가습지보전관리사업단, 2009. 습지총량제 도입기반을 위한 습지건강성 평가 모델 개발연구.

환경부, 2011. 환경부 환경정책기본법 시행령 별표 1.

Donald L. Tilton, Karen Shaw, Brian Ballard and William Thomas, 2001. A Wetland Protection Plan for the Lower One Subwatershed of the Rouge River.

EPA, 2001. Functions and Values of Wetlands, EPA843-F-01-002c.

EPA, 2012. <http://water.epa.gov/type/wetlands/recreation.cfm>.

Gersberg, R.M., B. V. Elkins, S.R. Lyon, and C.R. Goldman, 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands, Water Res. 20: 363-368.

Hackney, C. T., 1987. Factors affecting accumulation or loss of macroorganic matter in salt marsh sediments, Ecology 68:1109-1113.

Keighery, B. J., 1994. Bushland plant survey. A guide to plant community survey for the community, Wildflower society for Western Australia (Inc.), Nedlands.0.

Kwater, 2012. <http://sihwa.kwater.or.kr/>.

Maryland Department of the Environment, 1995. A Method for the Assessment of Wetland Function.

Morken, I., and Kondolf, G. M., 2003. Evolution Assessment and Conservation Strategies for Sacramento River Oxbow Habitats, The Nature Conservancy, Sacramento River Project, 50.

Ontario Ministry of Natural Resources, 2002. Ontario Wetland Evaluation System

Paul R. Adamus, Lauren T. Stockwell, Ellis J. Clairain, Jr., Michael E. Morrow, Lawrence P. Rozas, R. Daniel Smith, 1991. Wetland Evaluation Technique(WET).

Pierre Y. Julien, Seema C. Shah-Fairbank, Jaehoon Kim, 2008. Restoration of Abandoned Channels, Korea Institute of Construction Technology(KICT).

Raymond E. Miller Jr., Boyd E. Gunsalus, 1997. Wetland Rapid Assessment Procedure (WRAP).

Susan Jones, Adrian Pinder, Lien Sim and Stuart Halse, 2009. Evaluating the conservation significance of basin wetlands within the Avon Natural Resource Management region: Stage Three Assessment Method.

Tilton, D.L., K. Shaw, B. Ballard, and W.

Thomas, 2001. A Wetland Protection Plan for the lower One Subwatershed of the Rouge River, RPO-NPS-SR28, Rouge River National Wet Weather Demonstration Project.

- 논문접수일 : 2012년 07월 26일
- 심사의뢰일 : 2012년 08월 06일
- 심사완료일 : 2012년 10월 04일