

표준습지 분석을 통한 대체습지의 생태 성능 기준 개발

구본학¹⁾ · 정진용²⁾ · 박미옥³⁾

¹⁾ 상명대학교 환경조경학과 · ²⁾ 상명대학교 대학원 · ³⁾ 나사렛대학교

Developing the Ecological Performance Standard for
Replaced Wetlands by Analyzing Reference Wetlands

Koo, Bon Hak¹⁾ Jeong, Jin Yong²⁾ and Park, Mi Ok³⁾

¹⁾ Dept. of Environmental Landscape Architecture, Sang Myung University.

²⁾ Graduate School of Sang Myung University,

³⁾ Korea Nazarene University.

ABSTRACT

This study was established to build and suggest the Ecological Performance Standards for replaced wetlands as the mitigation strategies for the construction projects.

The request performance and assessment factors and standards were derived by bibliographic review and verified by the field survey for the reference wetlands. And the weights for each factor were derived by AHP(Analytical Hierarchy Process) method.

The results are as follows :

1) Assessment factors were induced by in-depth research of many wetland assessment models and benchmarks evaluated ecological functions. This study proposed final 12 assessment factors through ecological specialist and experts interviews added with literature analysis.

2) 10 natural wetlands were selected as Reference Wetlands as the measure to propose assessment factors and assessment criteria. Those reference wetlands are well-conserved inland natural wetlands classified to the one having worthy to conserve (grade "high") according to RAM(Rapid Assessment Method). Reference wetlands chosen by the study are Parksilji, Jeongyangji, Mulkubi, Bawineupkubi,

Corresponding author : Koo, Bon Hak, Dept. of Environmental Landscape Architecture, Sang Mung University, Cheonan 330-720, Korea,

Tel : +82-41-550-5300, E-mail : ecoculture@smu.ac.kr

Received : 19 April, 2010. **Revised** : 13 July, 2010. **Accepted** : 2 February, 2011.

Jilnalneup, Jinchonneup, Doomosoo, Haepyung wetland, Whangjeong wetland, and Whapo wetland. The research developed assessment criteria for the performance assessment factors based on several explorations of the reference wetlands.

3) “Requiring performance” of replaced wetlands is defined as “to carry out similar or same ecological functions provided by natural wetlands”, in overall. The detailed requiring performances are as follows;

- to play a role of wildlife habitats
- to have biological diversity
- to connect with other ecosystems
- to provide water environment to perform good ecological functions

4) The assessment factors for required performance are categorized by wildlife habitat function, biological diversity, connectivity of adjacent ecosystem, and water environment. Wildlife habitat category is consisted of wildlife habitat creation, size of replacement wetland, and site suitability. Biological diversity category contains the number of plant species, the number of wildlife species, and number of protected species as the sub-factors. Connectivity of adjacent ecosystem is comprised of wildlife corridor, green network and distance from other ecosystem. Finally, water environment make up with water quality, depth of water body, and shape of waterfront.

5) Finally, every assessment factors were verified and weighted by the AHP methods and the final standards were proposed. The weights of factors of requiring performance suggested as habitat (0.280), connectivity (0.261), diversity (0.260), hydraulic environment (0.199). And those of detailed sub-factors are site suitability (0.118), protected species (0.096), distance to neighbor ecosystem (0.093), habitat creating (0.091), green corridor (0.090) etc.

Key Words : *Performance contract, AHP, Construction standard, Function Assessment, Constructed wetland, Artificial wetland.*

I. 서 론

합리적이고 객관적인 공사품질을 보장하기 위해 제정된 건설기술기준은 표준화된 기술과 공법을 중심으로 설계 및 시공과정, 품질시험 등을 제시함으로써 품질관리와 공정관리에는 매우 유용한 제도이다. 그러나 시설물의 최종성능을 간과하게 됨으로 인해 시설물 성능이 저하되고 생애주기가 짧아지게 되는 원인이 되어 이런 한계를 극복하기 위해 최종성능에 초점이 맞춰진 성능기준(Performance Standard) 및 성능보증계약(Performance Warranty Contracting) 제도 도입과

각 건설 분야에 적합한 성능기준 개발에 대한 요구가 높아지고 있다(한국건설기술연구원, 2007).

이와 같은 배경에서 본 연구에서는 최근 강조되고 있는 생태복원 사업 및 생태적 접근을 통한 도입될 수 있는 성능기준을 마련하고자 하였으며, 특히 건설과정에서 부득이하게 영향을 받아 소멸 또는 기능이 저하된 습지에 대한 보상조치의 하나로서 최근 그 중요성이 강조되고 있는 대체습지의 성능기준 개발을 목적으로 하고 있다. 즉, 본 연구는 대체습지에 요구되는 생태성능을 제안하고자 하였으며, 구체적으로는 요구성능 정립, 성능평가 항목, 지표 및 기준 등을 설정 제안

하고자 하였다.

II. 이론적 고찰

1. 인공습지, 대체습지

인공습지에 대한 정의와 유형 및 그 범위는 다음에 살펴 본 바와 같이 다양하나, 본 연구에서의 인공습지는 자연습지(natural wetlands)와 구별하여 ‘인공적으로 조성된 습지’의 한 유형으로서, 특히 ‘생태적 목적에 의해 인공적으로 조성된 습지’를 지칭한다.

인공습지는 훼손된 습지의 기능을 회복하기 위한 복원습지(restored wetlands)와 새롭게 조성된 습지(created or constructed wetlands)를 의미하며(Hammer, 1992), Ramsar Convention(2008)에서는 “human-made wetlands”로 분류한다. 또한 “created wetlands”, “constructed wetlands” 및 “artificial wetlands”를 구별하지 않고 같은 의미로 사용하는 경우도 있다(Mitsch and Gosselink, 1993).

Campbell과 Ogden(1999)에 의하면 “constructed wetlands”라는 용어는 독일에서 수생식물 수질정화 목적의 인공습지를 시험적으로 조성한 이래, 1970년대 초반부터 조성된 초기의 인공습지들이 수질정화 목적으로 조성되고, TVA, NASA, US EPA 등에서 정책적으로 추진하면서 수질정화습지로 정착되었으나, 이후 개념이 확대되어 서식처, 수자원공급 등의 목적으로 조성된 습지를 포함하는 광의의 개념으로 이해하기도 한다.

Kadlec & Knight(1996)은 인공습지를 수질정화습지(constructed wetland), 야생동물서식처로서의 습지(created wetland)로 구분한 Hammer(1992)의 분류방법이 인공습지의 특성을 충분히 설명하지 못한다고 비판하면서, “constructed wetlands”를 인공습지를 포괄적으로 지칭하는 용어로 정의하고, 이를 다시 목적(기능)에 따라 세분하여 수질정화 목적의 습지를 “treatment wetland”, 야생동물서식처 제공 목적의 습지를 “habitat wetland”, 홍수조절 습지를 “flood control wetlands”, 내수면산업 등을 목적으로 하

표 1. 인공습지의 유형 구분 및 대체습지의 범위.

구분	인공습지 artificial, human-made, constructed wetlands			
	복원습지a) restored wetlands		창출습지b) created (constructed) wetlands	
보상전략 (mitigation) compensation wetlands	향상습지 enhanced wetlands	복원습지 restored wetlands	창출습지 created wetlands	대체습지c) replaced wetlands **본 연구범위
조성목적* (목표로 하는 기능)	수질정화습지 treatment wetlands			
	자유수면형습지 FWS Free Water Surface Wetlands	지하침투형습지 SSF Subsurface Flow Wetlands	복합형습지 Hybrid Treatment Wetlands	
	서식처 습지 habitat wetlands			
	홍수조절 습지 flood control wetlands			
	내수면산업 습지 aquaculture wetlands			
기타(목적에 따라 세분 가능)				

* 조성목적(기능)에 의한 습지 분류는 주로 창출습지b)에 적용되며 복원습지a)의 경우는 제한적으로 적용될 수 있음.

** 본 연구에서는 대체습지c)를 대상으로 적용함.

는 “aquaculture wetlands” 등으로 구분하였다.

대체습지(Replacement Wetland)는 건설과정에서 불가피하게 훼손된 습지를 보상하기 위해 조성되는 습지(compensatory wetlands)의 하나로서, Kentula et al.(1993), Cylinder et al.(1995), Admiraal et al.(1997) 등은 이를 향상(enhancement), 복원(restoration), 창출(creation) 등으로 구분하였고, 자연환경보전법에서는 유사한 개념인 “대체자연”을 「기존의 생태계와 유사한 기능을 수행하거나 보완적 기능을 수행하도록 하기 위해서 조성하는 것」이라고 정의하였다. 본 연구에서는 대체습지를 ‘훼손된 자연습지와 유사한 생태적 기능을 수행하도록 조성된 습지로서 자연습지와 동등 또는 그 이상의 구조와 기능을 갖는 습지’로 정의한다.

한편, 수질정화습지는 일반적으로 자유수면형 습지(FWS : Free Water Surface Wetlands), 지하침투형습지(SSF : Subsurface Flow Wetlands)고 구분되며 이를 복합적으로 구성한 복합형습지(hybrid Treatment Wetlands)가 있다(Kadlec and Knight, 1990; Campbell and Ogden, 1999; DeBusk and DeBusk, 2001).

이와 같이 인공습지, 대체습지 등에 관한 정의 및 개념을 바탕으로 본 연구에서는 다음 표 1과 같이 구분하고, 대체습지에 국한하여 성능기준을 개발, 제안하였다.

2. 표준습지

표준습지(Reference Wetland)는 자연원형에 가까운 습지생태계의 전형(prototype)이다(USEPA, 1996). 이들은 특정한 기능의 유형을 대표하기도 하는데, 이를 파악함으로써 새로운 지표 또는 기준으로 활용하여 생태적 기능을 향상 또는 예측할 수 있는 기준을 개발할 수 있다(Brinson, 1993).

더 구체적으로 표준습지는 지역적 측면에서 변이성을 대표할 수 있는 것으로 자연적 과정 및 인류역사적인 과정을 겪은 습지로서(Smith et al., 1995). 자연형성과정과 교란 그리고 문화의 결과

로써 지역에서 나타나고 있는 대표성 있는 습지를 말한다.

이러한 표준습지는 생태권역이나 습지 유형 등에 따라 가장 전형적이고 대표성 있는 습지를 선정하는 것이 바람직하나 이를 위해서는 습지의 생태적 특성을 바탕으로 한 생태권역의 구분이 필요하고, 습지의 기능평가 및 성능기준을 위한 습지 유형 구분을 위한 심층적인 연구가 축적되어야 하므로, 본 연구에서는 단일한 생태권역에서 하천을 중심으로 발달된 습지를 대상으로 하였다. 이는 국내 하천의 생태적 차별성이 외국에서 구분하고 있는 생태권역에 비해 공간적으로나 생태적 특성으로 볼 때 미미하기 때문에 단일 생태권으로 볼 수 있다는 판단에 따랐다.

또한 표준습지를 자연습지에서 선정하거나 인공적으로 조성되었지만 생태적 형성과정에 의해 자연습지에 근접한 생태적 기능을 나타내는 인공습지에서 선정하는 것이 가능하나, 아직 국내 연구에서 인공습지의 조성이나 생태기능 평가 연구가 표준습지를 선정할 수준에는 이르지 못하기 때문에 본 연구에서는 자연습지 중 생태기능이 우수한 습지로 국한하여 표준습지로 선정하였다. 이와 유사한 사례로 산림생태계 등을 대상으로 한 연구에서도 생태공원과 같은 인공적으로 조성되는 생태계 연구 및 조성계획에서 자연성이 우수한 산림생태계를 복원 및 조성 모델로 선정하는 경향이 있다.

다만, 추후 연구 성과가 축적된다면 국내의 습지생태계의 생태권역의 세분, 유형별 대표성의 판단 기준, 인공습지를 대상으로 한 표준습지의 선정 등이 가능할 것이다.

이러한 판단에 의해 본 연구에서는 표준습지를 ‘자연성을 유지하고 있는 습지이며 습지복원, 대체습지 조성, 기능평가, 성능평가 등을 위한 기준이 되는 습지로서, 인위적 또는 자연적 훼손이 적고 습지의 기능이 우수하게 발휘되는 습지’라고 정의하였다.

3. 성능

성능(performance)은 기능발휘를 위해 갖추어야 할 목적물의 성질과 특성으로서, 제품 중심의 성능(한국산업표준, 2006; 한국건설기술연구원, 2007) 및 기능 중심의 성능(김민수, 2007; 정진용, 2009) 등의 연구가 있고, 성능기준은 성능 달성 여부를 판단하기 위한 근거로서 목적물의 요구수준을 설정하는 요구 성능과 목적물이 목표를 달성했는지를 평가하기 위한 성능평가항목 및 평가기준으로 구분한다.

Kentula et al.(1993)은 인공습지(created wetlands) 조성 후 모니터링을 통해 습지의 구조적 특성 및 기능적 특성에 대한 성능 평가가 필요함을 강조하였으며, 인공습지 조성 후 성능곡선을 추출한 바 유기질함량 및 식생피복은 초기에 낮았으나 점차 증가하여 3-4년 경과 후에는 자연습지에 근접하였고, 생물종다양성은 오히려 초기에는 높았으나 점차 안정되어 3-5년 경과 후 자연습지 수준으로 안정되었다고 보고하였다.

건설분야 성능은 재료성능, 내구성능, 구조안전성능, 사용성능 등의 구분(김태송, 2008), 환경성능, 경관성능, 생태성능(김민수, 2007) 등으로 구분한 바 있고, 구분학 등(2008)은 인공습지 등 생태복원 분야의 성능을 문화·정서적인 관점의 경관성능, 물과 열, 바람 및 빗물의 저장, 순환, 바람에 의한 열섬효과 등을 다루는 완화환경부하저감성능, 생물 종 다양성을 높이고 최소의 에너지를 투입하여 생물 서식처 유지 관리를 도모하는 생태성능으로 구분한 바 있다.

본 연구에서는 습지의 생태성능을 ‘인공적으로 조성된 습지생태계가 자연습지와 유사한 기능발휘를 위해 갖추어야 할 목적물의 성질과 특성’이라고 정의하였다.

III. 연구 방법

본 연구의 목적인 대체습지 생태성능의 성능기준을 도출하기 위하여 크게 문헌연구와 답사,

전문가 면담 및 계층화분석법(AHP; Analytical Hierarchy Process)으로 수행되었다.

문헌연구는 성능의 개념 및 대체습지, 표준습지 및 습지 기능 정립을 위한 선행연구 및 이론을 고찰하였고, 표준습지를 선정하기 위해 환경부 등 국가차원에서 이루어진 조사보고서를 고찰하였다. 요구성능과 성능평가 기준을 도출하기 위해 국토해양부 제정 건설기준과 학문적 습지 정의, 모니터링 결과 등을 분석하여 대체습지에 적용될 수 있는 요구성능과 성능평가기준을 제안하였다.

요구성능은 문헌연구를 통해 총 62가지의 생태성능 평가요소가 도출되었다. 도출된 평가요소를 토대로 하여 성능평가항목을 설정하였는데, 이를 위해서 전문가와의 심층 면담을 실시하였으며 요구성능에 따라 구분하여 성능평가기준 및 방법을 제안하였다.

성능평가기준은 습지 기능평가 방법(RAM, HGM, WIMS, WET II), 습지 설계기준(Kantor and Charette, 1986; Kruczynski, 1990; Mable, 1991; France, 2003), 각국의 친환경건축물인증제도(GBTool, LEED, BREEAM, GBCC, CASBEE)에서 시행하고 있는 생태환경에 대한 평가기법, 국가건설기준(하천설계기준, 조경설계기준 등), 생태면적률 등에 대한 문헌 연구 및 표준습지에 대한 실측 조사 결과를 바탕으로 제안하였다.

심층면담은 본 연구 분야에 이해도가 높은 관련분야의 전문가들 의견이 반영되도록 하는 것이 타당하다고 판단되어 경력 20년 이상이고 생태복원 관련 박사학위 및 자연환경관리기술사 자격을 취득한 습지 및 생태관련 관련 전문가 10명을 선정, 심층면담이 이루어졌다.

기준 개발을 위한 표준습지는 국가습지목록(구분학, 2008)에서 습지의 일반적 기능평가(RAM; Rapid Assessment Method)에서 ‘상(보전)’ 등급 이상을 받아 자연성이 우수하다고 인정되는 자연습지를 선정하였고, 본 연구에서 선정된 평가항목과 기초 현황을 중심으로 2009년 4

월부터 2009년 12월까지 총 5회에 걸쳐 표준습지에 대한 현장답사를 실시하였다.

수심은 수변에서 2m 이내의 곳을 습지별로 20 곳을 측정하였고, 현장 측정이 곤란한 수질은 시료를 채취하여 전문기관에 의뢰하였다. 식물상은 습지주변을 도보로 이동하며 출현한 종을 기록하고 촬영하여 파악하고 문헌자료와 비교하였다. 식재종과 외래종을 구분하여 기록하였으며 종의 동정은 이창복(2003)의 도감을 활용하고, 외래종의 구분은 국립환경과학원 외래종목검색시스템에 의해 실시하였다.

제안된 평가항목 중 녹지축 비율, 야생동물 이동통로 수, 수변부의 모양은 습지유역을 걸으며 실측과 목측을 병행하여 측정하였다. 야생동물 중 수와 보호종 출현 여부는 문헌자료를 활용하였다.

가중치 산정은 생태조경 및 생태복원 분야 경력 10년 이상의 교수, 박사, 기술사 및 박사과정 전문가 중 대체습지 기능 및 성능에 대한 설계, 시공, 평가 경험이 있는 15명을 대상으로 AHP 기법으로 분석하여 항목 간 가중치, 항목 내 가중치를 도출하고, 항목 간 가중치와 항목 내 가중치를 곱하여 각 항목별 최종 가중치를 산정하였다.

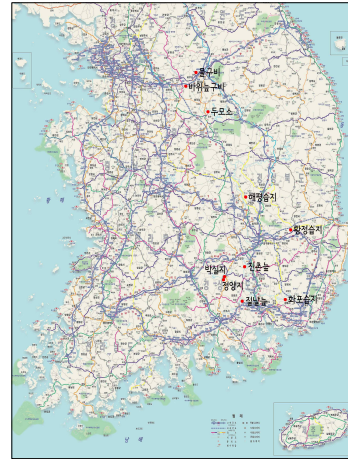
IV. 결과 및 고찰

1. 표준습지의 선정

표준습지로 선정된 습지는 습지기능평가에서 “보전” 이상의 등급으로 판정된 습지 중 10곳으로 박실지, 정양지, 물구비, 바위늪구비, 질날늪, 진촌늪, 두모소, 해평습지, 황정습지, 화포습지 등이다(그림 1; 표 2). 이들 표준습지는 하천변 범람원에 형성된 습지로서 국내 습지 유형을 대표하는 습지이다.

2. 요구성능 및 성능평가항목 도출

생태성능의 관점에서 보면 대체습지의 정의의



<그림 1> 표준습지 위치.

핵심은 “기존 습지 생태계와 유사한 기능”이고, 이것이 바로 대체습지의 생태적 성능에 대한 요구성능의 핵심 요소로 볼 수 있다. 이러한 핵심요소를 가지고 요구성능을 정성적으로 표현하면 “보존된 자연습지의 생태계와 유사한 기능을 수행하도록 조성해야 한다.”라고 할 수 있다.

본 연구에서는 습지 생태계를 환경 포텐셜에 따라 생물서식처 기능, 생물종다양성 기능, 생태계 연결성 기능 등으로 구분한 龜山 章(2002)에 근거하여 세부 요구 성능을 “야생동물의 서식처로서의 기능을 충분히 발휘해야 한다”, “생물 종다양성이 풍부해야 한다”, “다른 생태계와의 연결성이 우수해야 한다”, “우수한 생태적 기능발휘를 위한 수 환경이 조성되어야 한다” 등으로 설정하였다.

이러한 요구성능별로 각각 3항목씩 총 12개 항목의 평가항목을 도출하였고(그림 2), 각 성능평가항목은 총 62가지의 구체적인 평가요소를 도출한 후 전문가와의 심층 면담을 통해 평가가 용이하고 각 요구 성능에 대한 도달 정도를 파악하기에 적합한 항목을 선정하였다. 전문가들의 면담 과정에서 중요한 항목으로 선정되었으나 대체습지가 도시에 주로 도입될 수 있다는 점에서 공간적, 경제적 이유 등으로 인해 논란이 되었던 항목으로 수심과 경사도가 있었으며, 이중 경사도

표 2. 표준습지 개요.

구분	위치	지형 및 특징	RAM 평가 등급
박실지	경상남도 합천군 용주면 용지리 일대	수위 상승으로 형성된 자연습지로 고니도래지(천연기념물2호)였다가 해제됨	절대보전
정양지	경상남도 합천군 대양면 정양리 일대	수위 상승으로 형성된 자연습지로 큰기러기, 말뚝가리 등 보호종 서식	절대보전
물구비	강원도 원주시 문막읍 일대	남한강의 지류인 섬강에 위치한 하천습지로 멸종위기종인 매가 서식	절대보전
바위늪구비	경기도 여주군 강천면, 점동면 일대	유속이 느린 하천변에 범람으로 이루어진 습지	보전
질날늪	경상남도 함안군 범수면 대송리, 우거리 일대	제방 내측의 유로 흐름이 정체되어 소택형 습지를 형성하였고 1984년 천연기념물 364호로 지정됨	보전
진촌늪	경상북도 고령군 개진면 부리, 성리, 인안리 일대	낙동강 곡류가 형성한 활주사면 전면의 범람원에 위치한 습지	보전
두모소	충청북도 충주시 엄정면 목계리, 금가면 하담리, 가금면 장천리	충주댐 하부의 하도 내부에 형성된 하천습지	보전
해평습지	경상북도 구미시, 김천시, 선산군, 금릉군 일대	낙동강이 합류하는 감천 유역의 퇴적지형으로 강이 범람하여 형성된 습지로 수달, 큰기러기 등 보호종 서식	절대보전
황정습지	경상북도 영천시 금호읍 봉정리 일대	범람원에 위치한 배후 습지와 하상습지가 혼재한 습지로 말뚝가리, 흰목물떼새 등 보호종 서식	절대보전
화포습지	경상남도 김해시 진영읍, 진례면, 한림면 일대	낙동강 지류인 화포천 주변에 이루어진 전형적인 배후습지로 말뚝가리, 알락개구리매 등 보호종 서식	절대보전

는 자연습지의 경우 1 : 10-1 : 20 이상으로서 인공습지에서 1 : 5-1 : 15로 추천되었으나(Kentula et al., 1993), 도시에서는 개방수면이 작고 수심이 깊으며 급경사로 조성되는 경우가 많다는



그림 2. 대체습지의 세부 요구성능별 생태성능 평가항목.

표 3. 표준습지의 생태환경 조사 결과.

구분	박실지	정양지	물구비	바위 높구비	질낱 높	진촌 높	두모소	해평 습지	황정 습지	화포 습지
습지면적(1,000m ²)	399	760	2,298	31	228	87	70	14,750	4,484	1,184
식물종수(종)	114	104	67	72	89	30	68	94	109	136
야생동물 종 수(종)	81	98	79	84	42	65	70	71	85	77
보호종(종)	1	3	2	없음	없음	없음	없음	4	2	3
야생동물 이동통로	3곳	3곳	3곳	3곳	3곳	2곳	3곳	4곳	2곳	3곳
녹지축비율 %	70	90	70	80	90	60	90	60	80	90
다른 생태계와의 거리(m)	400 이하	400 이하	1,000 이상	700	400 이하	700	400 이하	400 이하	400 이하	400 이하
수질(등급)	1	5	2	2	5	3	1	1	1	4
수변부의 모양	우수	우수	우수	우수	우수	미흡	우수	우수	보통	매우우수
수변부수심 m	0.28	0.29	0.32	0.27	0.36	0.83	0.18	0.22	0.25	0.28

Kentula et al.(1993)의 보고에 의해 본 연구에서는 일단 제외하였다. 다만, 수심은 도시환경에서도 깊이를 조절할 수 있는 요소이므로 항목을 유지하였다.

로 이들에 대한 생태현황을 조사하였다<표 3>. 표준습지의 조사결과는 본 연구에서 개발한 성능 평가기준(표 5)의 각 항목별 지표 및 기준을 설정하기 위한 기초 자료로 활용되었다.

3. 표준습지 답사 및 모니터링

표준습지로 선정된 10개의 습지를 답사하여 본 연구에서 도출한 구체적인 세부 평가 요소별

4. 평가항목의 가중치 산정

AHP 기법으로 분석한 가중치는 다음 표 4과 같다.

표 4. 계층별 평가항목 가중치 일람표.

평가항목	야생동물 서식처 기능			생물 종 다양성		
	0.280			0.260		
항목 내 가중치	야생동물 서식처	대체습지 면적비	입지의 적절성	식물 종 수	야생동물 종 수	보호종
	0.327	0.250	0.423	0.328	0.301	0.371
최종 가중치 및 순위	0.091	0.070	0.118	0.085	0.078	0.096
	4	11	1	6	8	2
평가항목	생태계 연결			수 환경		
	0.261			0.199		
항목 내 가중치	야생동물 이동통로	녹지축 조성	다른 생태계와의 거리	수질	수심	수변부 모양
	0.298	0.345	0.357	0.387	0.218	0.395
최종 가중치 및 순위	0.078	0.090	0.093	0.077	0.044	0.079
	9	5	3	10	12	7

5. 평가항목별 평가 기준 도출

앞에서 도출된 대체습지의 생태성능 평가 항목에 따른 평가기준과 평가방법은 표 5와 같다.

평가기준은 성능평가나 습지기준들에 대한 문헌연구와 표준습지의 생태환경 조사 결과를 바탕으로 객관성, 일관성, 명확성, 용이성 및 계획적 수단이나 실제 복원 가능성 등을 가질 수 있도록 하였으며, 특히 표준습지에 대한 현장답사를 평가항목 위주로 실시하여 이들의 생태환경을 적극 활용하였다.

평가척도는 서술식과 점수화 모두 가능하나 본 연구에서는 100점 만점으로 하고 5단계로 구분하여 20점 등간격으로 점수화 하는 특점기준을 제시하였으며, 다만 보호종 항목은 유무로만 평가하였다.

평가방법은 수치에 의한 방법(측정, 조사, 계산, 설계서검토), 평가지표에 의한 방법(정성적인 방법), 모니터링에 의한 방법 등으로 구분하였으며(구본학, 2008), 우선 수치에 의한 방법과 지표에 의한 방법으로 제안한 후 표준습지에 대한 답사를 실시하여 모니터링에 의한 방법으로 검증하여 최종 적용하였다.

본 연구 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 대체습지의 생태성능에 대한 평가항목을 전문가와의 면담을 통해 설정하였다. 이의 설정을 위해 생태성능을 평가하는 각종 성능평가 제도와 건설공사의 기준, 습지의 기능평가방법 등을 광범위하게 조사하였고 이런 광범위한 조사가 생태성능의 전반적인 특성을 포괄할 수 있도록 하였다.

둘째, 제안된 평가 기준은 표준습지 답사를 통해 검증하였다. 습지 기능평가 결과 ‘상(보전)’등급 이상을 받은 자연습지 10개 습지를 표준습지로 선정하였다. 선정된 표준습지는 박실지, 정양지, 물구비, 바위늪구비, 질날늪, 진촌늪, 두모소, 해평습지, 황정습지, 화포습지 등이다.

셋째, 요구성능을 “보존된 자연습지의 생태계

와 유사한 기능을 수행하도록 조성해야 한다”라고 설정하였고, 세부 요구 성능을 “야생동물의 서식처로서의 기능을 충분히 발휘해야 한다”, “생물 종 다양성이 풍부해야 한다”, “다른 생태계와의 연결성이 우수해야 한다”, “우수한 생태적 기능발휘를 위한 수 환경이 조성되어야 한다” 등으로 나타내었다.

넷째, 평가항목으로는 야생동물 서식처 조성, 대체습지 면적비, 입지의 적절성, 식물 종 수, 야생동물 종 수, 보호종, 야생동물 이동통로, 녹지축조성, 다른 생태계와의 거리, 수질, 수심, 수변부의 모양 등이 도출되었다.

다섯째, AHP기법에 의한 가중치 선정결과, 요구성능 항목별 가중치는 야생동물서식처(0.280), 생태계연결(0.261, 생물종다양성(0.260), 수환경(0.199)의 순으로 나타났고, 세부항목별 가중치는 입지의 적절성(0.118), 보호종(0.096), 다른 생태계와의 거리(0.093), 야생동물서식처 조성(0.091), 녹지축 조성(0.090) 등의 순서로 나타났다.

이와같이 본 연구에서 개발된 성능평가 항목별 평가 기준 및 가중치는 대체습지에 표준화된 기준으로서, 후속연구를 통해 유형별, 목적별 평가기준 및 가중치를 특화시킴으로써 인공습지 및 생태적 접근에 의한 다양한 건설 공사에 확대 적용될 수 있는 성능기준의 개발이 필요하며, 이러한 노력을 통해 장기적으로는 성능발주 또는 성능계약을 위한 학술적 기반이 마련될 수 있을 것이다.

본 연구에서 제안된 평가 기준은 아직 국내 대체습지 조성 수준이 본 연구에서 제안된 평가 항목 및 기준을 검증할 정도로 성숙되지 못하여 습지의 생태적 성능이 우수한 자연습지를 표준습지로 선정할 때, 자연습지와 유사한 기능을 나타낼 수 있는 수준으로 자연화 된 대체습지를 표준습지로 선정하거나 생태권역별, 목적별, 유형별로 세분하여 표준습지를 선정하기 위한 후속연구도 시급한 실정이다.

표 5. 평가항목에 따른 평가기준과 득점기준 및 가중치.

요구성능	평가항목	평가지표 및 기준	득점기준	가중치
야생동물 서식처로서의 기능을 충분히 발휘해야 한다.	야생동물 서식처 조성	조류 · 양서, 파충류 · 수서곤충 · 어류 서식처의 종류별 조성 여부	없음 : 20점 1종 조성 : 40점 2종 조성 : 60점 3종 조성 : 80점 4종 조성 : 100점	0.091
	대체습지 면적비	최소기준 - 1 : 1 표준기준 - 1 : 1.5 향상기준 - 1 : 3	1 : 1 미만 : 20점 1 : 1 이상 ~ 1 : 1.5 미만 : 40점 1 : 1.5 이상 ~ 1 : 2 미만 : 60점 1 : 2 이상 ~ 1 : 3 미만 : 80점 1 : 3 이상 : 100점	0.070
	입지의 적절성	한국친환경건축물인증제도의 기준을 기본으로 하여 훼손습지와 대체습지의 거리요소를 추가하여 평가	0 ~ 20% : 20점 20 ~ 40% : 40점 40 ~ 60% : 60점 60 ~ 80% : 80점 80 ~ 100% : 100점 80km 이상 : -20점	0.118
생물 종 다양성이 풍부해야 한다.	식물 종 수	대체습지의 종 수/표준습지의 (평균) 종 수	0 ~ 20% : 20점 20 ~ 40% : 40점 40 ~ 60% : 60점 60 ~ 80% : 80점 80 ~ 100% : 100점	0.085
	야생동물 종 수	대체습지의 종 수/표준습지의 (평균) 종 수	0 ~ 20% : 20점 20 ~ 40% : 40점 40 ~ 60% : 60점 60 ~ 80% : 80점 80 ~ 100% : 100점	0.078
	보호종	보호종의 서식지나 출현여부에 따라 평가	없음 : 0점 있음 : 100점	0.096
다른 생태계와의 연결성이 우수해야 한다.	야생동물 이동통로	RAM의 평가기준을 세분하여 총 5단계로 나누어 조성개수에 따라 평가	없음 : 20점 1개 조성 : 40점 2개 조성 : 60점 3개 조성 : 80점 4개 이상 조성 : 100점	0.078
	녹지축 조성	GBCC의 평가기준을 기본으로 5급의 기준을 추가하여 제시하고 최소 녹지축의 폭은 4m로 평가기준 제시	20% > L/A : 20점 40% > L/A ≥ 20% : 40점 60% > L/A ≥ 40% : 60점 80% > L/A ≥ 60% : 80점 L/A ≥ 80% : 100점	0.090
	다른 생태계와의 거리	RAM의 평가기준을 기본으로 하여 좀 더 세밀하게 구분하여 평가기준 제시	1,000m 이상 : 20점 800 ~ 1,000m 미만 : 40점 600 ~ 800m 미만 : 60점 400 ~ 600m 미만 : 80점 400m 이하 : 100점	0.093
우수한 생태적 기능발휘를 위한 수 환경이 조성되어야 한다.	수질	환경정책기본법에 의한 호소수질 등급	5등급 : 20점 4등급 : 40점 3등급 : 60점 2등급 : 80점 1등급 : 100점	0.077
	수심	France(2003)을 기본으로 차이도 계산 평가 0 ~ 0.3m : 40%, 0.3 ~ 1m : 10%, 1 ~ 2m : 50%	100 ~ 80% : 20점 80 ~ 60% : 40점 60 ~ 40% : 60점 40 ~ 20% : 80점 20 ~ 0% : 100점	0.043
	수변부의 모양	수변부의 모양이 굴곡이 적절하고 불규칙적인가?(Marble, 1991)	매우 미흡 : 20점 미흡 : 40점 보통 : 60점 우수 : 80점 매우 우수 : 100점	0.079

인용문헌

- 구본학. 2008. 국가습지유형분류체계. UNDP/GEF, 환경부, 습지사업단.
- 구본학 · 김민수 · 이상석 · 김성용. 2008. 성능중심의 건설기술기준 작성지침 pp.8-10. 건설기술연구원.
- 김민수. 2007. 조경분야 성능중심의 건설기술기준 개발방안. 한국조경학회 2007년도 추계 학술대회 논문집 pp.24-30. 한국조경학회.
- 김태송. 2008. 건설공사 성능보증계약제도 도입 방안 연구. 중앙대학교 박사학위논문.
- 이창복. 2003. 원색 대한식물도감. 향문사.
- 정진용. 2009. 대체습지의 성능기준 개발. 상명대학교 박사학위논문.
- 한국건설기술연구원. 2007. 성능중심의 건설기준 개발 기본계획 수립 연구보고서 : 기본계획 수립 및 성능기준 작성지침 개발. 건설교통부 : 한국건설교통기술평가원.
- 龜山 章. 2002. (문석기, 이동근, 김남춘, 이규석, 남상준, 윤소원, 강명수, 예경록 공동번역, 2004) 생태공학. 보문당.
- Admiraal, A. N., M. J. Morris, T. C. Brooks, J. W. Olson and M. V. Miller. 1997. Illinois Wetland Restoration & Creation Guide. Natural History Survey Special Publication.
- Brinson, M. M. 1993. Hydrogeomorphic Classification for Wetlands. Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-4. U.S. Army Corps of Engineers.
- Campbell, C. S., and M. Ogden. 1999. Constructed Wetlands in the Sustainable Landscape. John Wiley & Sons, Inc.
- Cowardin, L. M., V. Carter and E. T. LaRoe. 1979. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Office of Biological Services.
- Cylinder, P. D., K. M. Bogdan, E. M. Davis and A. I. Herson. 1995. Wetlands Regulation. Solano Press Books.
- DeBusk, T. A., & W. F. DeBusk. 2001. "Wetlands for Water Treatment". Applied Wetlands Science and Technology. Kent, D.M. (ed.). Lewis Publishers. pp.241-279.
- France, R. L. 2003. Wetland Design : Principles and Practices for Landscape Architects and Land-Use Planners. W.W Norton.
- Hammer, D. A. 1992. Creating Freshwater Wetlands. Lewis Publishers.
- Kadlec, R. H., and R. L. Knight. 1996. Treatment Wetlands. Lewis Publishers.
- Kantor, R. A., and D. J. Charette. 1986. Wetlands Mitigation in New Jersey's Coastal Management Program. National Wetlands Newsletter, Vol. 8, No. 5. Environmental Law Institute, Washington, DC.
- Kentula, M. E., R. P. Brooks, S. E. Gwin, C. C. Holland, A. D. Sherman and J. C. Sifneos. 1993. An Approach to Improving Decision Making in Wetland Restoration and Creation. C.K. SMOLEY, INC.
- Kruczynski, W. L. 1990. Options to be Considered in Preparation and Evaluation of mitigation plans. Island Press, Washington, DC, USA.
- Marble, A. D. 1991. A Guide to Wetland Functional Design. Lewis Publishers.
- Mitsch, W. J., and J. G. Gosselink. 1993. Wetlands (2nd ed.). John Wiley & SONS, INC.
- Ramsar Convention. 2008. Strategic Framework and guidelines for the future development of the List of Wetlands of International Importance of the Convention on Wetlands (3rd ed.). Ramsar Convention.
- Smith, R. D., A. Ammann., C. Bartoldus and M. M. Brinson. 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, MS. p.7-25
- USEPA. 1996. Biological Criteria : Technical Guidance for Streams and Small Rivers, EPA 822-B-96-001. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D.C. p.17-38.
- [http : //www.usace.army.mil](http://www.usace.army.mil)