습지를 기반으로 하는 맹꽁이 대체서식처 조성 계획

정영선¹⁾ · 박미옥²⁾ · 구본학³⁾

¹⁾ 상명대학교 대학원 · ²⁾ 나사렛대학교 · ³⁾ 상명대학교

A Substitute Habitat Planning for '*Kaloula borealis*' Based on Wetlands

Jung, Young Sun¹⁾ · Park, Mi Ok²⁾ and Koo, Bon Hak¹⁾

¹⁾ Graduate School of Sang Myung University,

²⁾ Korea Nazarene University, ³⁾ Sang Myung University.

ABSTRACT

This study was carried out to make a plan and design the substitute habitat for *Kaloula borealis* by pre-proposed planning model for wildlife based on wetlands.

The habitat characteristics and distribution status in study area, Shingi village in Gunpo, Gyeonggi Province, were surveyed and restoration strategies of habitats including conservation, enhancement were established by conservation value assessment, and the substitute habitat needed to replace was selected.

One of three potential substitute habitats in the same watershed to the original habitat was selected by suitable site assessment. And finally the substitute habitat for *Kaloula borealis* was planned by the planning indices, and some adults and tadpoles were captured and released into built substitute.

Key Words : *assessment, conservation, replacement, target species, extinction.*

First author : Jung, Young Sun, Graduate School of Sang Myung University,
Tel : +82-11-245-7114, E-mail : ysmore@hanmail.net

Corresponding author : Koo, Bon Hak, Sang Myung University,
Tel : +82-10-3412-1471, E-mail : ecoculture@smu.ac.kr

Received : 4 June, 2012. **Revised** : 21 August, 2012. **Accepted** : 17 January, 2013.

I. 서 론

서식지 파괴 및 단편화는 생태계 네트워크의 단절을 가져오며 야생생물의 고립으로 종 개체 수 감소, 종 다양성 감소에 이르게 된다. 따라서 야생생물 서식처는 보전되어야 하며 불가피하게 훼손되거나 소실될 상황에 있는 서식지는 대상지의 수문학, 지리학, 생물학 등 제 변수들을 고려하여(Hraker et al., 1993) 복원하거나 대체 서식지를 조성할 필요가 있다. 습지보전법에서도 서식지의 한 유형인 습지를 훼손할 경우 일정 면적의 습지를 존치하거나 인공습지 조성을 권장하고 있으며, 환경영향평가 시 습지 등 서식지 훼손 저감전략으로 회피, 최소화, 보상의 방안으로 대체서식지를 조성하도록 하고 있다(MOE, 2011).

대체서식지란 각종 개발 사업에 의해 불가피하게 훼손되거나 개발에 의해 영향 받는 서식지를 새롭게 조성해 주는 것이다. 유사한 개념으로서 자연환경보전법에서는 ‘대체자연’을 ‘기존의 자연환경과 유사한 기능을 수행하거나 보완적 기능을 수행하도록 하기 위하여 조성하는 것’으로 규정하고 있고 Koo et. al(2011)은 대체 습지를 “훼손된 자연습지와 유사한 생태적 기능을 수행하도록 조성된 습지로서 자연습지와 동등 또는 그 이상의 구조와 기능을 갖는 습지”로 정의한 바 있는데, 본 연구에서는 대체서식지를 ‘훼손된 서식지와 유사한 생태적 기능을 수행하도록 조성된 서식지’로 본다.

대체서식지 조성이 점차 활발해지면서 대체 서식지 관련 연구 또한 다양하게 진행되고 있는데 입지 및 조성 연구로는 Shim(2006)의 금개구리 대체서식처 복원 연구, Yang(2007)의 개발 사업에 따른 대체서식지 조성방안, Lee(2008)의 잠자리 서식지 입지 연구, Kwag(2009)의 연안 지역 대체서식지 조성 절차에 관한 연구, Cho(2011)의 저어새 보전을 위한 대체서식지 조성 모형 등이 있다.

서식지를 포함한 포괄적인 대상으로서의 대체 습지에 대한 연구로서는 Kang(2004)의 대체 습지 설계기준 설정에 관한 연구, Shim(2004)의 아무르산개구리 서식처 적합도를 활용한 대체 습지 입지 선정 연구 등이 있고, 조성된 습지 또는 대체서식지에 대한 평가 연구로서 Kim(2010)의 인공습지 생태성능 평가기준 연구, Jung(2010)에 의한 습지의 생태적 성능기준 개발 연구, Ahn(2011)의 고리도롱뇽 대체서식지 조성 평가 연구 등이 있다.

이와같이 기존 연구 대부분 서식처 조성기법이나 평가기법 등에 집중되어 있는 바, 실제 대체서식지를 조성할 경우 위치 선정이나 조성 기법, 목표종 선정, 어떤 유형으로 조성해야 할지 등 대체서식지 조성 전 과정을 보여주는 체계적인 계획모형에 따른 조성 계획 연구가 필요하다. 이와 관련하여 MOE(2011) 제정 대체서식지 조성관리 환경영향평가 지침에서도 계획절차를 정하고 있어 실제 전과정을 적용한 연구 필요성이 더욱 강조되고 있다.

이와 같은 배경에서 본 연구는 개발 사업으로 인해 훼손될 위기에 있는 야생동물 중 습지를 서식기반으로 하는 야생동물 서식지를 보호하고, 불가피한 개발로 훼손된 야생동물의 서식 특성과 서식환경 조건을 고려한 전과정 대체서식지 조성 계획 수립을 목적으로 한다.

II. 연구 방법

1. 연구방법 및 과정

본 연구는 대체서식지 조성의 전 과정에 대한 계획 모형을 적용하는 것으로서 본 연구에 적용된 야생동물 대체서식지 계획모델은 다음 Table 1과 같다(Jung, 2008).

먼저 대상지 내에 서식하고 있는 야생동물의 종을 2002년 전국자연환경조사(MOE, NIER, 2002) 및 2007년 환경영향평가 결과(KNH, 2007) 등 문헌자료와 지형도, 위성영상, 현지조

Table 1. The Substitute Habitat Planning Model.

사 및 인근 주민을 대상을 한 설문조사 등을 토대로 조사하였고, 문헌 및 현장 답사에서 직접 확인하였거나, 청문, 족흔, 배설물, 기타 흔적을 관찰하여 발견된 종 목록을 구축하였다.

본 연구에 적용되는 대체서식지는 내륙 소택형 습지 서식지로 한정하였다.

2. 사례연구 대상지 위치 및 현황

사례연구는 경기도 군포시 당동마을 택지개발 지구에 적용하였다(Figure 1). 동쪽으로는 모락산 및 오봉산, 서쪽의 수리산, 남쪽의 구봉산에 둘러싸여 있으며 본 대상지의 위치는 수리산 남동측 자락이다. 대부분 지역이 주택지와 농경지로 생

태자연도는 대부분 3등급으로 조사되고 있다.

군포시 맹꽁이 서식처 분포 조사 결과 맹꽁이가 사례연구 대상지에 집중적으로 서식하는 것으로 나타났으며, 생태네트워크 상 핵심지역인 수리산과 녹지축으로 연결되는 소규모 패치로서 택지개발사업으로 인해 훼손될 우려가 있어 맹꽁이 서식처 보전 및 복원 대책이 필요한 것으로 판단되었다(Figure 2).

Figure 1. The Site Location Map of the Case Study.

Figure 2. Habitats Distribution of *Kaloula borealis* in Gun-Po city(left) and an Eco-Network (right).

Figure 3. Setting Up Traps for Catching *Kaloula borealis* (left) and an Installed Trap (right).

기존 맹꽁이 서식지의 맹꽁이 서식현황을 파악하고 대체서식지로 이동시키기 위해 양서류 전문가의 자문을 통해 대상지 내 맹꽁이가 서식할 만한 위치 3개소에 포획용 트랩을 설치하였다(Figure 3).

III. 결과 및 고찰

1. 목표종 선정 및 서식지 평가

가. 목표종 선정

대체서식지 조성 사례연구 대상지 조사 결과 양서파충류의 출현종은 양서류 6과 9종, 파충류 5과 12종으로 조사되었다. 이 중 환경부 지정 멸종위기 야생동물 2급인 맹꽁이, 멸종위기 야생동물 1급인 구렁이가 조사되었으며, 조사된 양서 파충류의 목록은 Table 2와 같다.

종 목록은 Urban Revegetation Techniques Development Institute(2002)의 목표종 선정기준(Table 3)을 바탕으로 연구자에 의해 수정된 선정기준에 근거하였으며, 항목별로 1-3점을 부여하여 선정하였다.

평가 결과 가장 높은 점수로 나타난 맹꽁이(*Kaloula borealis*)를 목표종으로 선정하였다(Table 4). 맹꽁이는 보호종이면서 인간과 친밀하고 상징적인 면에서 대상지의 목표종으로 적절하다고 판단되었다.

맹꽁이는 파충류나 대형조류의 먹이원으로 먹이사슬을 다양하게 만든다. 맹꽁이는 봄에는 번식을 위하여 산란장소인 수역으로, 여름에는 먹이 또는 은신을 위하여 그늘진 곳이나 먹이가 풍부한 장소로, 가을에는 동면장소로 이동하게 되므로 핵심지역과 완충지역의 서식공간이 필요하게 된다.

다양한 육상 및 수서곤충과 달팽이류, 다슬기류 등을 잡아먹으며 500m의 행동반경(Home Range)과 최소 50m²의 서식공간이 필요하며 그 외에 다음 Table 5와 같은 서식환경을 필요로 한다(Shim, 2001).

Table 2. The List of Amphibians and Reptiles Found in the Study Sites.

Classification	Family	Scientific name / Common name	Rssults
Amphibia 양서강	Family Hynobiidae	<i>Hynobius leechii</i> 도롱뇽	V
	Family Discoglossidae	<i>Bombina orientalis</i> 무당개구리	H
	Family Bufonidae	<i>Bufo gargarizans</i> 두꺼비	V
	Family Hylidae	<i>Hyla japonica</i> 청개구리	V, S
	Family Microhylidae	<i>Kaloula borealis</i> 맹꽁이	V, S
	Family Ranidae	<i>Rana nigromaculata</i> 참개구리	V
		<i>Rana amurensis</i> 한국산개구리	V
		<i>Rana rugosa</i> 옴개구리	V
		<i>Rana dybowskii</i> 북방산개구리	V
Reptilia 파충강	Family Trionychidae	<i>Pelodiscus sinensis</i> 자라	H
	Family Emydidae	<i>Trachemys scripta elegans</i> 붉은귀거북	V
	Family Iacertilidae	<i>Takydromus auroralis</i> 장지뱀	H
		<i>Takydromus amurensis</i> 아무르장지뱀	H
	Family Colubridae	<i>Elaphe schrenckii</i> 구렁이	H
		<i>Elaphe dione</i> 누룩뱀	H
		<i>Dinodon rufozonatus rufozonatus</i> 능구렁이	H
		<i>Rhabdophis tigrinus</i> 유희목이	H
		<i>Elaphe rufodorsata</i> 무자치	V
	Family Viperidae	<i>Agkistrodon ussuriensis</i> 쇠살모사	V
		<i>Agkistrodon brevicaud</i> 살모사	H
		<i>Agkistrodon saxatilis</i> 까치살모사	H
	Amphibians 6 Family 9 Species Reptiles 5 Family 12 Species		

note) V : view, S : sound, H : hear

sources : MOE, NIER(2002), KNHC(2007)

Table 3. The Criteria of Selecting Target Species (Revised from Urban Revegetation Techniques Development Institute(2002)).

Criteria	Descriptions
A. rare & protected species	Legally protected species and differentiate inhabitant conditions
B. ecological niche	significant niche in ecosystem and food web
C. indigenous species	native species inhabiting on sites
D. decreased species in population	highly concerned species in population decrease
E. adaptable	highly adaptive species in ecosystem
F. easy visible	easily observed species
G. symbolism	highly symbolic value species
H. long-term visible species	long live and long term visible species
I. human friendly	species familiar to mankind
J. moving distance	site specific moving distance (200-1000m)

Table 4. Assessment Results by Evaluating Items and Criteria of Target Species.

Species	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Tot.
<i>Hynobius leechii</i>	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	22
<i>Bufo gargarizans</i>	2	2	2	2	3	2	2	2	3	1	22
<i>Kaloula borealis</i>	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	24
<i>Bombina orientalis</i>	1	2	1	1	1	1	2	3	1	2	15
<i>Hyla japonica</i>	1	2	1	3	2	3	3	2	1	2	20
<i>Rana nigromaculata</i>	1	3	1	3	1	2	3	2	1	2	19
<i>Rana amuriensis</i>	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	13
<i>Rana dybowskii</i>	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	13
<i>Rana rugosa</i>	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	13
<i>Elaphe dione</i>	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Elaphe rufodorsata</i>	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Rhabdophis tigrinus</i>	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Agkistrodon brevicaud</i>	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14

나. 서식지 평가

대상지역의 출현종을 중심으로 한 서식지 조사는 먼저 지형도와 위성영상을 통해 5개 후보지를 선정한 후(Figure. 4, Left), 현장 답사에서 3개 서식지를 확인하고 지역 주민의 청문에 의해 추가로 1개 서식지를 확인하여 최종 4개의

Figure 4. The Potential Habitats Selected by Topographic Map and Satellite Images(left.) and the Habitats Suggested by Site Surveying(right).

서식지가 조사되었다(Figure. 4, Right).

현지답사 결과 각 서식지 현황은 Table 6에 나타난 바와 같다.

서식지 1은 묵논 형태의 습지로 수심 50-100cm, 면적 1,500m²이며 꽃창포(*Iris ensata* var. *spontanea*), 부들(*Typha orientalis*), 달뿌리풀(*Phragmites japonica*), 고마리(*Persicaria thunbergii*) 등 다양한 수생식물이 생육하고 있으며 맹꽂이가 서식하고 있다. 서식지 2도 묵논 형태의 습지로 수심 10-50cm, 면적 1,200m²이며 계곡부로부터 유입되는 물로 항상 침수된 상태이며 습지 내부에 다양한 수생식물이 군락을 이루고 생육하고 있다.

서식지 3은 묵밭의 형태로 일부 함몰지역의 저습지를 중심으로 맹꽂이가 출현하고 있으며, 서식지 4 역시 묵밭으로 일시적으로 습지가 형성될 때 맹꽂이가 출현하였다.

Table 5. Habitat Conditions for a *Kaloula borealis*.

Inhabitation Location	Spawning Location	Hibernation Location
underground, beneath the lush shrubs or rocks	wet meadows, small pools, rice field	under the wet and mild soil

Table 6. Characteristics of each Habitat.

Items		Habitat 1	Habitat 2	Habitat 3	Habitat 4
Hydrologic Characteristics	Area of Wetlands	1,500m ²	1200m ²	900m ²	600m ²
	Distance to other Wetlands	250m	350m	800m	1,200m
	Continuous Hydrologic Condition	Seasonal	Seasonal	Seasonal	none
	Inundation Duration	Permanent	Permanent	Seasonal	none
	Discharge	slow flow, low slope	slow flow, low slope	slow flow, low slope	fast flow, high slope
	Diversity of Wetlands	2 Types	1 Type	1 Type	1 Type
Vegetation	Vegetation Type	3 Layers Canopy, Middle, Shrub	2 Layers Middle, Shrub	2 Layers Middle, Shrub	Shrub
	Rampike and branch	rare	rare	medium	rare
	open water ratio	65%	50%	5%	5%
Watersheds	pollution source	rare	rare	medium	rare
	complexity of edge	geometric	geometric	geometric	geometric
Inhabitanace base	organic layer	fluent	medium	medium	medium
	free from predator	medium	medium	medium	medium
Landuse	Human Impacts	rare	rare	frequently	frequently
Eco-network	Wildlife Passages	much traces	much traces & marks	rare	medium

이와같이 서식지를 평가한 결과(Table 7), Koo(2009)의 습지보전등급 설정기준에 따라 “높음”으로 판정된 수가 1/2 이상인 경우와 가치평균이 1.7이상 2.4 미만인 경우 “보전”으로 판단하였다.

전체서식지 중 서식지 1은 평점 2.33, 서식지 2는 평점 2.2점으로 ‘보전’으로 평가되었고 서식지 3은 평점 1.73이나 “높음”으로 나타난 항목이 전체항목 중 1/2 이하로 나타나서 ‘향상’으로 평가되었고, 서식지 4는 평점 1.46으로 ‘복원’으로 평가되었다. 그런데 보전가치가 있는 서식지 1, 2 지역은 개발계획에 따른 토지이용계획으로 훼손이 불가피함에 따라 대체서식지를 조성하는 전략을 수립하였다.

2. 대체서식지 조성

가. 대체 서식지 입지 선정

입지 선정은 대체서식지를 조성하기 위해 최

적 위치를 찾는 과정으로서 동일 유역 내에서 조성후보지를 지정하는 것이 중요하다. 문헌고찰과 수치지도 등을 기초 데이터로 하여 GIS 툴을 이용한 분석을 통해 조성 후보지를 선정한 후 다음 단계에서 현지 답사를 통해 입지 선정 평가 기준을 적용하여 최적 입지를 선정하였다.

먼저 수치지도와 문헌고찰 결과를 바탕으로 ArcView를 이용하여 습지가 형성될 수 있는 지역을 구분하고 주변지역의 습지의 위치와 습지의 수문이 형성될 위치를 파악하였으며 개발지역을 배제하고 주변산림지역과 연계가 될 수 있는 지역을 선별하여 1차 후보지 3곳을 선정하였다 (Figure 5).

입지선정은 야생동물의 서식지를 어떤 지역에 조성할 것인지를 결정하는 중요한 요소이므로 목표종인 맹꽁이가 살던 서식지 환경과 가장 유사한 조건을 만들기 위해 맹꽁이 생태 특성을 분석하여 서식조건을 기준으로 도출하였다.

Table 7. The Habitat Assessment Criteria and Assessment Results to build the Conservation and Replacement Strategies..

assessment Items	Criteria	Habitat1	Habitat2	Habitat3	Habitat4
Area	High : 0.2ha and more Medium : 0.2ha ~ 500m ² Low : 500m ² and less	2	2	2	2
Distance	High : 0.4km, Medium 0.4 ~ 1.0km, Low : 1.0km and more	3	3	2	1
Hydrology	High : fringe of lake of river Medium : seasonal, flood plain Low : none	2	2	2	1
Duration	High : permanent, Medium : seasonal Low : non or rare	2	2	2	1
Discharge	High : slow flow, low slope Medium : medium Low : fast flow, high slope	3	3	3	1
Diversity	High : various types Medium : 2-3 types Low : simple	1	1	1	1
Vegetation	High : 3 and more layers Medium : 2 layers Low : 1 layer	3	2	2	2
Rampike and branch	High; much, Medium : medium, Low : rare or none	1	1	2	1
Open water ratio	High : 25-75% open water Medium : 5-25 % Low : 5% and less or 75% and more	3	3	1	1
Pollution source	High : none or rare Medium : medium Low : much	3	3	2	3
Complexity of edge	High : irregular and indented Medium : medium Low : regular or geometric	1	1	1	1
Organic layer	High : fluent Medium : medium Low : non-organic	3	2	2	2
Free from predator	High : defensive avoidance Medium : medium Low : exposure	2	2	2	2
Human Impacts	High : none or vague Low : frequently disturbed	3	3	1	1
Wildlife Passages	High : much marks and traces Medium : medium Low : none or rare marks	3	3	1	2
Score	High : 3, Medium : 2, Low : 1	2.33	2.2	1.73	1.46
Strategy		conserve	conserve	improve	restore

Table 8. Assessment Process to Select the Substitute Habitats of *Kaloula borealis*.

Item	Criteria	Site 1		Site 2		Site 3	
		description	score	description	score	description	score
Suitability of Wildlife Inhabitation Bases	Slope	0~3°	3	3~5°	2	5~7°	1
	Hydrologic feature	permanent	3	seasonal, lack of water	1	seasonal, abundance	2
	Soil	ill- drained argillaceous soil	3	ill- drained argillaceous soil	3	ill- drained argillaceous soil	3
Suitability of Species Habitats	Area	1500m ²	3	800m ²	2	500m ²	1
	Distance to Forest	40m	3	150m	1	120m	2
	Vegetation Layers	3 or more layers	3	2 layers	2	2 layers	2
	Water PH	7	3	5	2	4	1
	Linkage to Water sources	mountain stream	3	Surfacewater	1	Groundwater	2
	Buffer strip	width 6m	3	width 3m	2	none	1
Human Impacts	Distance to Road	20m	2	25m	1	15m	3
	Distance to Village	50m	2	30m	1	100m	3
	Distance to Pollution Sources	none	3	aquafarm in 10 m	1	none	3
Total Score		34		19		24

Figure 5. Proposed Sites to Construct the Substitute Habitat for *Kaloula borealis*.

입지선정을 위한 평가항목을 생물서식기반 환경 적합도, 중서식처 적합도, 인간의 간섭도로 구분하여 적합성 평가결과 후보지 1이 최적지로 선정되었다(Table 8).

나. 맹꽁이 대체서식지 조성 계획 수립
대체서식지 조성 대상지역은 계곡수가 지속

적으로 유입이 되는 수문이 풍부한 지역이다. 먼저 대체서식지 입지 특징과 맹꽁이의 생리생태적 특성을 반영하여 양서파충류 전문가의 자문을 받아 작성된 맹꽁이 대체서식지 기본 모델은 다음 Figure 6, 7과 같이 제안하였다.

본 연구에 적용한 맹꽁이 대체서식처 계획 요소는 다음 Table 9와 같으며, 습지형 서식지라는 점에서 맹꽁이 외에도 종다양도 제고 기능을 함께 고려하였다. 계획 요소는 RAM평가법, HGM 평가법, 습지정보관리체계, Washing Method를 분석하여 51개 항목을 도출하였고, 현장 예비답사 및 양서파충류 전문가 정밀 면담을 통해 최종 21개 항목으로 조정 개발하였다.

이를 근거로 각 항목별로 다음과 같이 계획을 수립하였다.

1) 면적은 야생동물의 서식 기반이 되기에 충분할 정도로 넓은 면적이 필요하며 다양한 서식처와 먹이자원을 제공하게 된다. 일반적으로 맹꽁이의 서식특성상 습지의 면적은 50m²이상이면 가능하나 맹꽁이 외에도 다양한 생물의 서식

Table 9. Planning Indices for the Replacement Habitat of a *Kaloula borealis*.

	항목	계획지표	본 연구 적용
Hydrologic Characteristics	Area of Wetlands	500-1,000m ² 이상	1,100m ²
	Distance to other Wetlands	100~300m	250m
	Continuous Hydrologic Condition	Linkage to Lake or River	Linkage to forest stream
	Inundation Duration	groundwater or precipitation, lentic	forest stream
	Discharge	slow flow, low slope	slow flow, low slope
	Diversity of Wetlands	multiple wetland types	single type
Vegetation	Vegetation Type	3 or more layers	3 layers
	Rampike and branch	much rampike	porous materials such as rampikes or branches
	open water ratio	25~75% open water	70%
Watersheds	pH	7~ 8	pH 7 around
	water temperature	15~25°C	planting trees on the edge and ecotone to increase water temperature
	complexity of edge	irregular and indented	irregular and indented curves
Inhabitation base	soil	in : ill- drained argillaceous soil	in : ill- drained argillaceous soil
		around : tilled soil	around : tilled soil
	free from predator	defensive avoidance	making forest for defensive avoidance
	riparian vegetation	hydrophyte and shrub for spawning	much hydrophyte
	distance to forest	150-300m	40m
Eco-network	Wildlife Passages	much eating marks and traces	grassland and habitats and linked passage
	buffer	7m and more wide	5~7m
Structure	water depth	spawning : 10~30 cm playing : 50~100 cm	0~100cm
	edge slope	5, 10, 30°	multiple degree
Location	habitat location	avoidance from wind. much sunshine stable ground	high suitability

Figure 6. The Basic Plan Model for a Substitute Habitat of a *Kaloula borealis*. **Figure 7.** The Basic Section Model for the Substitute Habitat of a *Kaloula borealis*.

처이고 앞으로 유입될 종을 고려하여 습지평가 기준을 적용하여 계획 지표는 500~1,000m² 이상으로 제안되었으며, 본 연구에서는 1,100m²를 적용하였다.

2) 서로 인접한 습지는 생태적으로 영향을 끼치며 종의 이입이 용이하고 다양성이 높다. 이와 관련하여 McArthur & Wilson(1967)은 종의 수는 생태계의 면적과 종의 이입이 가능한 인근 생태계까지의 거리에 의해 결정되고, 종의 공급원이 될 수 있는 인근 생태계까지의 거리가 중요하다 하였다. 서식처로서의 생태계(habitat patches)사이의 거리가 종다양도나 개체군의 크기를 결정하는 주요 요인으로 인식되고 있다 (Morrison et al., 1998). 이러한 이론을 근거로 본 연구에서는 일반적으로 맹꽁이의 이동거리가 150m인 점을 고려하여 계획지표인 100~300m의 범위에서 250m로 조성하였다.

3) 습지와 인접 또는 가까운 거리의 영구적 수체는 맹꽁이와 같이 물을 서식 기반으로 생활하는 동물에게 매우 중요한 조건이다. 지속적 수문 공급이 가장 좋은 형태이며 본 연구에서는 계곡수와 연결되어 지속적으로 수문이 공급되었다.

4) 지하수, 우수, 정수역 등 지속적인 수원과 연결되어야 하며, 본 연구에서는 수온이 약간 낮은 계곡수를 유입하게 되어 낮은 수온의 물이 직접 유입되지 않도록 우회수로를 설치하고 일정시간 저류하여 적정온도로 상승된 후 습지에 유입되도록 하였다.

5) 습지 지형의 경사가 완만하고 유속이 느린 습지는 유속이 빠른 습지에 비해 생물다양성이 높고 물질의 유입뿐만 아니라 유기물의 이동과 유입이 일어나며 습지의 기능을 향상시키므로 본 연구 대상지는 경사가 거의 없는 평지형으로 조성하였다.

6) 다양한 유형의 습지나 서식지가 서로 연결되어 있는 경우 종 다양성이 매우 높으므로 다양한 서식지를 조성하거나 주변의 다양한 서식

처와 연결되는 것이 바람직하나 본 연구에서는 공간적 제약으로 한가지 유형으로 조성되었다.

7) 식생은 야생동물에게 서식처나 먹이 등을 제공하므로 다양한 식생형과 다층구조는 생태계의 자연성은 물론 야생동물의 서식처로서도 바람직한 구조이다. 수생식물은 맹꽁이의 은신처와 산란처를 제공하므로 50%내외의 수생식물 피복률이 바람직하다. 맹꽁이가 먹이연쇄의 중간 포식자이므로 맹꽁이의 피식자 또는 포식자에게 서식환경을 제공할 수 있도록 교관목, 초지, 수생식물, 수변식물 등 다양하게 식재하여 다층구조로 조성하였다. 곤충류를 유인하기 위해 도입한 주요 식생으로는 쭉레(*Rosa multiflora*), 털부처꽃(*Lythrum salicaria*), 붓꽃(*Iris sanguinea*), 노랑꽃창포(*Iris pseudoacorus*), 원추리(*Hemerocallis fulva*) 등이다.

8) 쓰러진 나무 잔해나 고목, 그루터기, 나뭇가지 등의 다공질 공간은 은신처, 잠자리, 번식에 매우 중요한 요소이며 조류를 위한 햇대나 다른 소생물의 서식처, 먹이, 번식 등의 기능도 제공한다. 본 연구에서는 고목, 나뭇가지 등 다공질 환경을 조성하여 맹꽁이의 서식환경뿐만 아니라 맹꽁이의 먹이가 되는 곤충류 등의 서식환경도 제공하고자 하였다.

9) 습지 내 개방수면의 비율은 양서류 등의 서식조건으로 매우 중요한 요인으로서 개방수면이 넓을수록 바람직하나, 산란 등을 위해 일정한 면적은 식생대 등으로 덮이는 것이 좋은 것으로 알려져 있다. 습지기능평가방법인 RAM 평가 기준에서 제안된 25~75%의 범위에서 수생식물 번식을 고려하여 70% 개방수면을 확보하였다.

10) 맹꽁이는 pH 4.0 이하로 산성화가 되면 산란 및 부화에 장애가 되므로 pH 7~8로 조성하였다.

11) 맹꽁이 산란지와 올챙이가 서식하기 적합한 온도는 15~25℃ 로서, 본 연구에서는 적절한 수온을 유지하도록 대체서식처 주변에 수

생식물을 식재하여 직사광선을 막고 그늘을 제공하였으며 교목류가 지나치게 밀식되어 있으면 그늘에 의한 수온 저하가 우려되므로 초지 완충지대를 확보하여 수온 저하를 방지하도록 하였다. 부분적인 그늘을 제공하기 위하여 버드나무(*Salix koreensis*), 갯버들(*Salix gracilistyla*) 등을 식재하였으며, 적절한 그늘과 서식환경을 제공하기 위해 갈대(*Phragmites communis*), 부들, 물억새(*Miscanthus sacchariflorus*), 줄 등의 수생식물을 식재하였다.

12) 호안 형태가 다양하면 주연부효과(edge effect)에 의해 자생 식생종과 야생동물의 다양성이 증가한다. 굴곡이 있는 가장자리는 땀꿩이를 비롯한 은신처 혹은 시각적 고립을 필요로 하는 특정 종에게 미소서식처를 제공하므로, 불규칙하고 자연스런 곡선으로 가장자리를 처리하였다.

13) 습지 바닥은 습지수문을 유지할 수 있도록 점질 토양으로 처리하였고, 습지 주변지역은 땀꿩이의 이동 등 활동이나 동면을 고려하여 부드럽고 습한 발토양으로 조성하였다.

14) 땀꿩이가 포식자로부터 은신, 영역의 점유, 먹이와 물, 쉼터를 제공하기 위해 차폐수림대를 조성하고 완충공간을 확보하였다.

15) 땀꿩이의 주요 먹이는 육상 및 수서 곤충으로서 습지에서 식물군락과의 거리가 가까울수록, 식생이 풍부할수록 서식처 적합도는 높아지므로 생물다양성을 증진시키기 위해 다양한 수생식물을 식재하였다.

16) 땀꿩이는 알 및 올챙이시기에는 습지 내에 서식하고 성체가 되면 주변 초지와 녹지로 이동하므로 땀꿩이 행동반경인 150m 이내에서 최대 300m 이내에 녹지대가 분포하는 것이 필요하며 본 연구에서는 대상지 주변 40m 거리에 자연 산림이 있으므로 별도로 인공적인 녹지대는 조성하지 않았다.

17) 대체서식지가 주변 서식처와 생태네트워크를 형성하고 야생동물의 이동통로가 될 수 있

는 VFS 및 Riparian Buffer 기능이 가능하도록 초지, 서식지 등을 조성하여 기존 산림과 연결성을 확보하였다.

18) 대체서식지 주변에 땀꿩이의 먹이가 될 수 있는 작은 곤충류의 서식공간이 되고 습지에 충분한 햇빛을 공급할 수 있도록 초지 등의 완충공간을 5-7m 폭으로 확보하였다.

19) 땀꿩이는 수심 0~20cm에 산란을 하고 기타 곤충 유충이나 작은 물고기는 45-50cm 정도가 적합하며 또한 겨울철 동결이나 여름의 지나친 수온 상승이 수생생물 서식에 영향을 주지 않도록 1m 이상의 수심 구간이 필요하다. 본 연구에서는 이들을 고려하여 0~1m 범위의 다양한 수심을 조성하였다.

20) 대체서식지 주변경사는 5, 10, 30° 등 다양한 경사로 조성하고 수생식물을 식재하여 땀꿩이의 활동공간과 올챙이의 서식공간을 제공하였다.

21) 서식지 위치는 바람의 영향이 적고 햇빛이 풍부한 곳이 적절한 수온 유지에 좋으며, 주변 7~10m 폭의 개활지가 있는 곳이면 충분한 일조와 땀꿩이의 활동공간을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 대체서식지 선정 과정에서 입지조건을 고려하였다.

이와같이 계획모델에 따라 땀꿩이 대체서식지를 계획하였으며, 이중 몇 항목을 이미지를 포함하여 요약하면 Table 10과 같다.

IV. 결 론

본 연구는 습지를 서식기반으로 하는 야생동물의 대체서식지 조성 계획을 수립하기 위한 목적으로 수행되었으며 군포시 당동 신기마을을 사례연구 대상 지역으로 선정하였다. 계획 모델에 따라 목표종인 땀꿩이 서식지분포를 조사하고 보전가치평가를 실시하여 보전, 향상, 복원의 방향을 설정하고, 개발 훼손된 서식지의 대체전략으로서 대체서식지를 선정하고 조성계획

Table 10. The Major Factors Applied to the Substitution Habitat Planning for a *Kaloula borealis*.

Continuous Hydrologic Condition	
대상지 상부로 계곡수가 흐르고 있으나 오염물질 유입의 우려로 관정을 설치하여 지속적으로 수문이 연결되게 함
Rampike and branch	
고목, 나뭇가지 등 다공질 공간을 조성하여 소생물의 서식공간 및 은신처, 먹이, 산란장소가 되도록 조성함
Distance from Forest	
주변 산림이 30~40m의 거리에 위치하여 산림식생과의 연결을 위해 관목, 덩굴식, 초본류 식재로 다층구조의 식생대를 조성함
Spawning	
일시적으로 물이 고인 곳 등 수심 10-20cm 이내가 맹꽁이 산란에 적합. 산란지와 활동지를 구분하여 수심을 다양하게 조성.
Water Depth	
겨울철 동결, 여름철의 지나친 수온상승으로 영향 받지 않도록 일부지역에 수심 1m 이상을 조성하고 다양한 수심으로 계획 함.
Slope of Edge	
물속에서 서식하는 맹꽁이가 육상으로 이동하기 용이하도록 0~10° 정도로 완만하게 처리함.
Riparian vegetation	
수생식물은 어류의 서식지 및 조류의 먹이를 제공하므로 생물다양성을 높임. 갈대, 줄, 부들, 창포, 고랭이 같은 정수 식물을 식재
Vegetation Type and Structure	
울창이 시기에는 습지에 서식하고 성체가 되어서는 초지나 산림에 서식하므로 주변에 초지와 수림을 조성하여 주변산림과 연결되도록 함.

을 수립하였다.

연구 결과 멸종위기종인 맹꽁이를 대체서식지 조성을 위한 목표종으로 선정하였고, 대체서식지 조성 입지평가에 의해 3개의 후보지역을 각각 평가하여 한 곳을 조성대상지로 선정하여 대체서식지 조성 계획을 수립하였고, 실제 조성 과정에서 맹꽁이 성체와 올챙이를 포획하여 새로 조성된 대체서식지에 방사하였다.

본 연구는 훼손되는 야생동물 서식지를 과학적인 기준에 의해 평가하여 보전과 복원의 방향을 정하고 훼손이 불가피할 경우 야생동물의 생태적 특성에 적합한 대체서식지를 조성하는 전 과정에 대한 계획모형을 시범 적용하였다는 점에서 연구의 의의가 있다.

본 연구에서 적용한 맹꽁이 대체서식지 계획 모형은 맹꽁이 서식지 조성을 위해 매우 유력한 수단이며, 맹꽁이 대체서식지로 조성된 습지는 맹꽁이가 파충류나 대형조류의 먹이원이 되므로 먹이사슬을 다양하게 함으로써 다양한 생물종이 이입되어 종다양도가 풍부한 습지서식지로서의 기능을 감당할 것으로 예상된다.

본 연구 결과 일반 개발 사업지구에 본 계획 모형을 사업 초기단계부터 적용함으로써 야생동물의 서식조건에 가장 적합한 환경을 계획할 수 있으며, 대체서식지뿐만 아니라 보호종의 서식지를 새롭게 조성하는 창출과 훼손된 서식지의 복원사업에도 적용가능하다. 또한, 환경영향평가나 사전환경성검토 등의 제반 환경평가 과정에서 야생동물 서식지를 보전하고 복원 또는 대체하기 위한 방법론으로도 매우 유용할 것이다.

인 용 문 헌

Ahn CK. 2011. A study on the evaluation of Substitute habitat of Gori-Salamander (*Hynobis yangi*). MS Thesis. Han Yang University, Seoul, Korea. (in Korean with

English summary)

Cho HS. 2010. Development the Subsitute Habitat Construction Model for Conservation the *Platalea minor* in Breeding Season in Korea. MS Thesis. Seoul National University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)

Donald H et al. 1993. Landscape Restoration. Lewis Pub.

Jung JY. 2010. Developing the Ecological Performance Standard for Wetlands. Ph.D. Dissertation. Sang Myung University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)

Kang SB. 2004. A Study on the Establishment Design Criteria for Substitutional Wetlands : Case of Hantan River. MS Thesis. Seoul National University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)

Kim HN. 2010. Establishment and Application of Ecological Performance Assessment Standards for Artificial Wetlands. MS Thesis. Sang Myung University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)

KNHC. 2007. EIA, Seoul, Korea. (in Korean)

Koo BH. 2009. Wetland Ecology. Environment & Landscape Architecture, Paju, Korea. (in Korean)

Koo BH · JY Jung · MO Park.. 2011. Developing the Ecological Performance Standard for Replaced Wetlands by Analyzing Reference Wetlands. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 14(1) : 11-22., Seoul, Korea. (in Korean with English summary)

Kwag HM. 2009. A Study on the Process of Replacement Habitat in Coastal Area. MS Thesis. Pu Kyung National University, Busan, Korea. (in Korean with English summary)

- Lee JH. 2008. A Study on the Location and Construction of the Habitat of a Dragonfly. MS Thesis. Dan Kook University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- McArthur RH. and E. O. Wilson. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton, NJ; Princeton University Press.
- MOE. 2011. A Guideline on the Environmental Impact Assessment for the Constructing and Managing Substitute Habitats, Seoul, Korea. (in Korean)
- MOE & NIER. 2002. 2nd. National Survey of Natural Environments, Seoul, Korea. (in Korean)
- Morrison ML · FG Marcot · RW Mannan. 1998. Wildlife - Habitat Relationship : Concepts and Applications(2nd ed.). The University of Wisconsin Press.
- Shim JH. 2001. Frogs Singing a Life. DdWorld,, Seoul, Korea. (in Korean)
- Shim JH. 2006. Cases of Bio Species Restoration and Habitats : Focused on *Pelophylax chosonicus*. LAC. Environment & Landscape Architecture, Paju,, Korea. (in Korean)
- Shim YJ. 2004. A Study on the Site Selection for Substitute Habitats by the Habitat Suitability of *Rana amurensis* : A Case of Pangyo Residence Site Developing Area. MS Thesis. Seoul National University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Urban Revegetation Techniques Development Institute. 2002. Urban Eco-network Planning.
- Yang BH. 2007. A Planning for Substitutive Habitats by the Development Project -Case of Dongtan New Town in Hwa-sung City-. MS Thesis. Sang Myung University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)