

Research Paper

화염늪 식생의 분포특성에 따른 습지 관리방안

안경환* · 이울경** · 임정철* · 최태봉* · 조항수* · 서재희*** · 신영규* · 김명진*
국립환경과학원*, 참생태연구소**, 국립생물자원관***

Wetland Management Plan on Distributional Characteristics of Vegetation in Hwaeom Wetland

KyungHwan Ahn* · Youlkyung Lee** · Jeongcheol Lim* · Taebong Choi* ·
Hangsoo Cho* · Jaehwa Suh*** · Youngkyu Shin* · Myungjin Kim*

National Institute of Environmental Research*, Institute of Cham-Ecology**
National Institute of Biological Researches***

요약 : 본 연구는 화염늪 습지보호지역에서 식생의 공간적 분포특성을 파악하고 올바른 식생학적 보전 및 복원 방안을 제시하고자 시행하였다. 식생자료는 2008년과 2013년에 Braun-Branquet의 방법을 적용하여 총 117종(미동정종 포함)의 식물종이 포함된 29개가 획득되었다. 식물군락은 총 8개로 구분되었으며, 수분조건에 따라 건생형(신갈나무-애기감동사초군락, 산철쭉군락-전형하위군락, 참억새하위군락, 미역줄나무군락)과 습생형(진퍼리새군락-전형하위군락, 왕미꾸리짱이하위군락, 참억새하위군락, 바늘골-끈끈이주걱군락)으로 나누어졌다. 습생입지에 발달하는 습생형은 습지보호지역 내에서 보호의 핵심 대상으로 습지의 함몰된 공간 또는 물골 주변에 주로 발달하였다. 면적은 습생형이 전체의 약 3.8%에 불과하였으며, 습지보호지역 안에서 참억새가 우점하는 건생형이 약 51.5%로 가장 넓게 분포하였다. 습지보호지역 내에 다양한 수목들이 침투해 있었다. 2008년에는 교목성 수종 8종(총 228개체)과 관목성 수종 6종(총 51개체)을 포함하여 총 14종의 침투식물들이 관찰되었으며, 2013년에는 오리나무 2개체가 생육하

First Author: KyungHwan Ahn, Div. of Natural Environment Research, National Institute of Environmental Research, 42, Hwangyoeng-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Korea, Tel: +82-32-560-7553, E-mail: phytosociology@gmail.com

Corresponding Author: Youlkyung Lee, Institute of Cham Ecology, Gwangmyeong Techno-Park, 60, Haan-ro, Gwanmyeong-si 14322, Tel: +82-2-2083-2335, Korea, E-mail: ecorism@gmail.com

Co-Author: Jeongcheol Lim, National wetlands Center, National Institute of Environmental Research, 38, Isan-gil, Ibang-myeon, Changnyeong-gun, Gyeongsangnamdo 50303, Korea, E-mail: limsu8002@gmail.com

Taebong Choi, Div. of Natural Environment Research, National Institute of Environmental Research, 42, Hwangyoeng-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Korea, E-mail: tbochoi@korea.kr

Hangsoo Cho, Han River Environmental Research Center, National Institute of Environmental Research, 42, Dumulmeorigil, Yangseo-myeon, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do 12585, Korea, E-mail: bluedol@korea.kr

Jaehwa Suh, Div. of Natural Environment Research, National Institute of Biological Resources 42, Hwangyoeng-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Korea, Tel: +82-32-560-7553, E-mail: amphibia@korea.kr

Youngkyu Shin: Div. of Natural Environment Research, National Institute of Environmental Research, 42, Hwangyoeng-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Korea, E-mail: shingeo@korea.kr

Myungjin Kim: Div. of Natural Environment Research, National Institute of Environmental Research, 42, Hwangyoeng-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Korea, E-mail: domyung@daum.net

Received: 11 February, 2016. Revised: 4 March, 2016. Accepted: 23 March, 2016.

는 것이 확인되었다. 화염늪의 지속적인 보전과 관리를 위해서 식생유형, 공간분포 변화 및 침투식물에 대한 지속적인 모니터링, 핵심·완충·전이지역의 구획화 관리 등을 통한 능동적이고 가변적인 설정방안 모색을 제안하였다.

주요어 : Braun-Branquet, 바늘골-끈끈이주걱군락, 침투식물, 오리나무, 구획화

Abstract : This study was carried out to understand the spatial distribution and conservation, restoration plan for vegetation in the Hwaenom wetland protected area. Total 29 phytosociological relevés consisted of 117 plant species (unidentified species contained) was made during field studies conducted at 2008 and 2013 applying Braun-Branquet method. The collected vegetations were arranged 8 plant communities and thus divided hydric types (*Drosera rotundifolia*-*Eleocharis congesta* community, *Carex forficula*-*Molinia japonica* community) and xeric types (*Miscanthus sinensis* community, *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense* community, *Tripterygium regelii* community, *Carex gifuensis*-*Quercus mongolica* community) under moisture conditions. The hydric types growing in hydric conditions distributed along hollowed out ground or the water channel that have a key qualification to protect. In the wetland protected area, the hydric vegetation types were mostly covered about 3.8% and the xeric types dominating by *Miscanthus sinensis* were most widely distributed about 51.5%. Various woody plant species invaded the place. In 2008, invasion plants observed with total 14 species - 8 tree species (227 individual), 6 shrub species (51 individual) and alders (*Alnus japonica*) found in 2013. We suggested finding out that the sustainable conservation and management in Hwaenom wetland should be setting up plan focused on activity and variability such as continuous monitoring (changing vegetation types, spatial distribution, invasion plants) and zonation management (core zone, buffer zone, transition zone).

Keywords : Braun-Branquet method, *Drosera rotundifolia*-*Eleocharis congesta* community, invasion plant, *Alnus japonica*, zonation

I. 서론

습지는 야생생물들에게 다양한 서식환경과 피난처를 제공하면서 다양한 자연재해들로부터 완충 또는 보호 역할 수질 정화 등 수많은 동·식물들의 생존과 밀접한 관계가 있을 하고, 생태학적으로 육상생태계(terrestrial ecosystem)와 수생태계(aquatic ecosystem)의 전이대(ecotone)로서 두 생태계의 경계역에 위치하는 매우 중요한 생태공간이다(Mulamoottil et al. 1996; USDA 1998; Park et al. 2000). 이러한 습지는 지구상에서 생물부양능력이 높은 생태계 중의 하나로 야생생물들뿐만 아니라 인류에게 풍부한 자연 자원과 독특한 경관을 제공함으로써 다양한 물질적, 경제적, 심미적, 교육적 기회 등을 제공하여 왔다(Mulamoottil et al. 1996). 그러나 인간의 이용목적에 의한 교란과 훼손, 변형 등으로 인해 수많은 습지

가 소실되거나 그 기능을 잃어가고 있다(William & Gosselink 2000). 하지만 다행스럽게도 자연환경에 대한 국제적인 인식변화로써 1971년 Ramsar 협약이 체결되었으며, 그 이후 습지의 보호, 보전, 복원 및 관리 등을 위한 국·내외의 다각적인 노력이 진행되어 왔다. 그 중에서 미국의 'No net loss' 정책은 이를 뒷받침하는 정부 및 행정 차원의 대표적인 사례이다(USDA 2016).

국내에서도 1999년 습지보전법이 제정된 이후 국가적·지역적 습지관리의 일환으로써 생태계 우수 습지에 대한 습지보호지역 또는 생태·경관보호지역 지정·관리 등 적극적인 보호정책이 실행되고 있다. 그 결과 2015년말까지 환경부, 해양수산부, 지자체 등에서 습지보호지역으로 지정된 습지 개소가 총 36 개소에 이르고 있다(ME 2016). 이 중에서 화염늪은

천성산 자락의 정상부에 형성된 습지로서 멸종위기 야생생물을 포함한 다양한 야생동·식물이 서식하고 있는 것이 확인되어 2002년에 습지보호지역으로 지정되었다. 2003년에는 고속전철 건설을 위하여 천성산에 터널을 뚫는 계획이 발표되면서 화염늪은 환경적, 사회적 이슈 등으로 주목 받기도 하였다.

화염늪에 관한 연구들은 곤충의 다양성(Do & Moon 2002), 지형과 지질 특성(Lee 2009; Son & Chang 2009) 등 습지 기반에 관한 연구가 있었으며, 식물 또는 식생에 관한 연구는 무기환경과 식물군락 분포의 연관성 분석이 수행된 바 있었다(Lee et al. 2012; Kim 2014; Shin et al., 2014). 그 중에서 이수동 등(Lee et al. 2012)은 지형, 수계, 토양 등과 식물 및 식생의 공간적 분포들 간의 연관성을 분석하여 화염늪의 현황과 보전 및 관리방안을 구체적으로 제시하였다. 다만, 연구 결과 중에서 식생유형 분류는 우점식물의 상관(physiognomy)에 의한 것으로 식물사회에 대한 속성(종조성, 군락생태, 군락동태 등) 분석이 배제되어 있었다. 식물사회는 지역 환경의 총화로서 습지의 질적, 양적 변화를 가장 효과적으로 확인할 수 있는 연구 분야라고 할 수 있으며(Kim 2006), 현존식생도(actual vegetation map)를 이용한 연구는 시간 경과에 따른 환경조건 변화와 식물군락 변화에 어떠한 영향을 미치는지 비교분석할 수 있는 자료로써 매우 유용하게 이용되고 있다(Kim & Lee 2006). 이러한 관점에서 최근까지 화염늪의 식물사회학적

유형 분석과 시간경과에 따른 추적연구는 수행된 바 없었다. 따라서 본 연구는 화염늪의 식생유형을 분류하여 군락 간의 구조, 종조성적 유사성 및 환경조건 등에 대한 과거와 현재의 비교분석을 통한 군락동태를 파악하고 공간적 현황과 변화를 예측·해석하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지역 현황

화염늪은 한반도 남동쪽의 천성산 북서쪽 능선 자락에 위치하며, 행정구역상으로는 경남 양산시 하북면 용연리에 속한다(Figure 1). 2002년 2월 1일에 환경부 습지보호지역으로 지정(환경부 고시 제2002-11호)되었으며, 해당 면적은 124,384m²이다. 인근 울산기상대(해발고도 34.6m)의 과거 30년(1981년~2010년) 동안 연평균기온은 14.1°C, 연평균강수량은 1,277.1mm이다(Figure 1, KMA 2015). 화염늪은 해발고도 790m에 위치하고 있어 해발고도 상승에 따른 한반도 기온감율(temperate laps rate: -0.56°C/100m)을 적용하면, 울산기상대보다 4.2°C가 낮아 연평균기온은 9.9°C에 해당된다. 이 기온은 강원도에 위치한 인제기상관측소(연평균기온 10.1°C, 1981년~2010년)와 비슷한 온도이다. 즉, 화염늪은 수평적으로는 영남 남부권의 기후환경에 해당되나, 수직적으로는 강원도 북부권의 기후적 특성을 보이는 것이다.

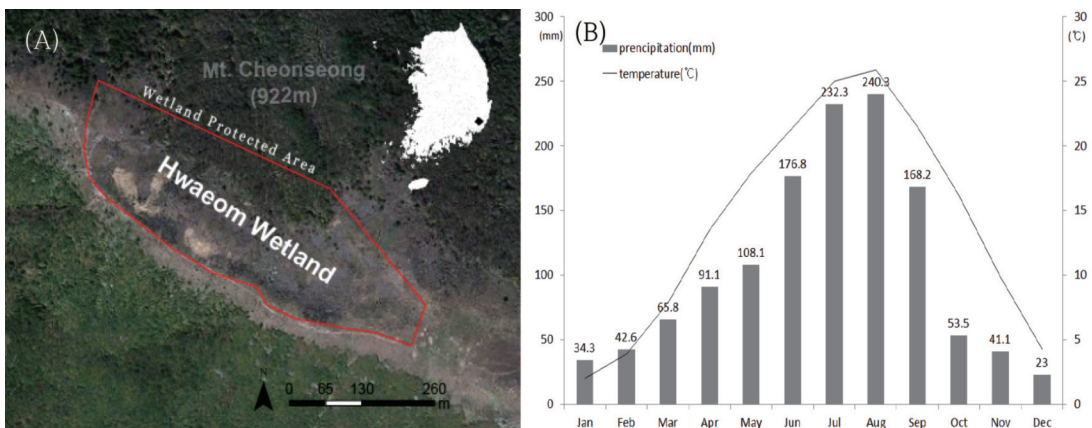


Figure 1. Geographical location (A) and monthly mean climate graph (B) of Ulsan meteorological observatory from 1981 to 2010 for Hwaeom wetland.

2. 조사 및 분석방법

현장조사는 2008년과 2013년에 봄, 여름, 가을에 걸쳐 이루어졌다. 식생조사는 Z.-M.학파(Zürriich-Montpellier school)의 전통식물사회학적 방법(Braun-Blanquet method, Becking 1957; Braun-Blanquet 1965; Westhoff & van der Maarel 1973; Mueller-Dombois & Ellenberg 1974; Kim & Lee 2006)에 따랐으며, 총 29개의 식생자료(vegetation sample, relevé)를 수집하였다. 양적 기제는 9계급의 통합우점도(combined cover-abundance scale)로써 표현하였으며, 현장에서 획득된 식생자료를 토대로 실내에서 표작업(table work)을 통해 식물군락이 분류되었다. 분류된 식생단위는 전통적 분류 방법과 수리통계적 분류방법(numerical syntaxonomy)을 동시에 고려한 통합분류방법(hybrid sorting method; Becking 1957)으로 군락 분류의 정밀성을 높였으며, 입지환경의 공간적 분포 특성을 파악하였다.

식생유형들의 종조성적 특성과 군락동태를 파악하기 위하여 29개 식생자료의 피도값을 입력하여 각 식물군락 간의 거리(유사성), 환경요소의 경향성 분석 등을 수행하였다. 속성 분석은 SYN-TAX 2000 (Podani 2001)이 이용되었으며, 유클리디언계수(coefficient of squared Euclidean distance) 상관계수에 의한 집괴분석(cluster analysis) 및 PCoA (Principal Coordinate Analysis) 좌표결정(ordination)법에 의하여 이루어졌다. 속성 입력은 RIM(Kim & Kim 2006), MS-Excel(Microsoft corp. 2010) 등 다양한 프로그램이 이용되었다.

분류된 식생단위에 대한 비교·검토는 기여도(NCD: Net Contribution Degree)와 이를 이용하여 정량적 상대값을 나타내는 식물종의 백분율 상대기여도(rNCD: relative Net Contribution Degree)로 이루어졌으며(Kim & Manyko 1994), 각 식생형 또는 단위에 대해서는 기후적으로 유사한 일본의 식생단위(Miyawaki et al. 1994; Miyawaki & Okuda 1990; Miyawaki 1967)와 무제치늪(Kim & Kim 2003), 신불산 습원(Kim & Han 2005) 및 기타 국

내 식생단위(Jong & Kim 1997; Jong 1995)를 비교하여 분류체계¹⁾에 대한 고찰을 수행하였다. 식물종의 종동정은 이창복(Lee 1996a, 1996b)과 박수현(Park 1995, 2001)의 것을 이용하였으며, 식물명의 표기는 국가식물표준목록(KFS 2016)을 따랐다.

$$NCDi = \frac{\sum Ci}{N} \times \frac{ni}{N} \quad (Cmin \leq NCD \leq Cmax)$$

$\sum Ci$: 식생단위(군락/군집) 내의 i 종의 피도 적산값

N: 전체 조사구 수

ni : i 종이 출현한 조사구수

$$rNCDi = \frac{NCDi}{NCDmax} \times 100$$

NCDi: 대상 식생단위에 대한 i 종의 기여도

NCDmax: 대상 식생단위 내의 기여도 최대값

현존식생도(actual vegetation map) 제작은 습지 보호지역에 해당되는 공간만을 대상으로 제작된 2008년도 결과를 기초로 하여 작성 분석하였다. 식생범례는 현장 선행답사를 통해 이루어졌으며, GPS(Garmin Vista Cx 한글판; 위치 정밀도 최대 10m 이내)를 부분적으로 활용하였다. 최종 현존식생도는 국립지리원에서 최근에 제작된 1:5,000 축적의 디지털 수치 지도를 이용하였으며, 과거의 항공사진(국립지리원; 2000년, 1992년, 1987년, 1982년, 1975년)을 보조 자료로 활용하여 실내에서 ArcGIS ver. 9.2(ESRI 2006) 프로그램을 이용하여 최종적으로 제작되었다.

습지 내부의 목본성 식물의 출현은 건조 또는 육지화(arid progress)에 대한 선구적인 역할을 하며, 장기적으로 습지를 관리하기 위한 주요 관찰종이 된다. 이러한 이유로 습지보호지역 내에 분포 및 생육하고

1) 식생의 분류체계(syntaxonomical hierarchy)는 고유의 속성을 가지는 군집(association), 군단(alliance), 군강(order), 군목(class) 등의 식생단위(syntaxonomical unit)의 서열로서 각 식생단위는 국제식생명명규약(International code of phytosociological nomenclature)을 적용하여 명명된 것이며, 군락(community)은 서열상 위치가 정해지지 않은 불특정 식생단위이다(Kim 2006; Weber et al. 2000).

있는 목본성 식물을 침투수목(woody invasive species)으로 규정하였으며, GPS로 위치를 파악하여 기록하였다. 교목성 또는 아교목성의 식물들은 참억새보다 키가 큰 1.2m 이상, 관목은 산철쭉의 수고를 고려하여 1.7m 이상의 것을 대상으로 하였으며, 산철쭉과 미역줄나무는 균락으로 분포하기 때문에 배제하였다. 또한 2004년 2월 14일에 발생한 산불에 의해 고사하고 쓰러지지 않은 개체 역시 매목 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식생유형의 다양성

화염늪의 식물사회는 41과 79속 116종(4종 미동정)을 포함하는 6개의 식생유형으로 구분되었으며, 수분환경에 따라 습생형(hydric type, Figure 2)과 건생형(xeric type, Figure 3)으로 나누어졌다. 습생형은 바늘골-끈끈이주걱군락, 진퍼리새-산뚝사초군락(전형하위군락, 왕미꾸리괘이하위군락) 등이며, 참억새군락(진퍼리새하위군락, 산철쭉하위군락), 산철쭉군락, 미역줄나무군락, 신갈나무-애기감동사초군락 등이 건생형으로 구분되었다(Table 4).

바늘골-끈끈이주걱군락(*Drosera rotundifolia*-*Eleocharis congesta* community)은 습생식생 가운데 식생고가 가장 낮은 식생형으로 끈끈이주걱(*Drosera rotundifolia*), 이삭귀개(*Utricularia racemosa*), 자주땅귀개(*Utricularia yakusimensis*) 등 빈영양的高습원에서 주로 관찰되는 식충식물들을 포함한다. 입지는 습지 서쪽지역에서 용출하여 형성된 물골 주변으로 상층부가 열려있어 광량이 풍부하다. 본 식생은 주변에 진퍼리새(*Molinia japonica*)가 우점하고 있어 이들이 과도하게 증식하여 광환경이 불량할 경우 생육과 유지가 어려워질 수 있지만 증수 시 물 흐름에 의해 진퍼리새의 성장 및 확장이 제한되어 적절한 광환경을 제공받아 키 작은 식충식물의 생육이 가능하다. 인근의 울산 무제치늪에 발달하고 있는 바늘골-끈끈이주걱군락(Kim & Kim 2003; Lee & Kwon 2006)은 소량의 물이 일정하게 포화상태(飽和

狀態)로 흐르는 평탄 입지에 발달함으로써 화염늪이 보다 전형적인 것으로 판단된다.

구분종(differential species) 또는 주요종들은 대부분 높이가 20cm 이하이며, 그 이상까지 자라는 식물들은 없거나 식피율이 매우 낮은 것이 특징이다. 지리적으로 한반도에서 냉습한 산지습지에 주로 분포하며, 습지 내에서 분포면적은 매우 협소하여 서식처가 파괴되면 회복력이 낮다.

진퍼리새 우점의 식생형은 냉습한 산지 습생이차 초원의 대표적인 고경초본식생으로 화염늪에서는 산뚝사초(*Carex forficula*)와 함께 습지 내 함몰된 와지, 평탄지 또는 물골 주변 등에서 진퍼리새-산뚝사초군락(*Carex forficula*-*Molinia japonica*)이 발달하지만 소철지(小凸地, bulte)와 소요지(小凹地, schlenke)에서 발달은 비교적 낮다. 이것은 상대적으로 소요지와 소철지가 발달한 울산 무제치늪(Lee & Kwon 2006)의 것에 비해 발달 초기에 해당됨을 의미하며, 입지의 건조한 정도에 따라 왕미꾸리괘이(왕미꾸리괘이하위군락 *Glyceria leptolepis subunit*)의 기여도를 달리하여 구분된다. 왕미꾸리괘이하위군락은 화염늪 내에서 서쪽지역 용출지 주변에서 소규모 면적의 단일 우점 형태로 관찰되지만 장기적으로는 진퍼리새 등의 고경식물들이 혼생하는 유형으로 발달할 것이 예상된다. 식생분류체계상 진퍼리새-하늘산제비난군집(*Platanthero*-*Molinietum japonicae* Kim & Kim 2003)에 해당될 것으로 판단되지만 표징종(character species)인 하늘산제비난(*Platanthera mandarinoruom* var. *neglecta*)이 결여되어 있다. 상급단위 식생은 중간습원의 전형적인 식생단위인 진퍼리새군단(*Molinion japonicae*; Miyawaki & Fujiwara 1970)이며, 서식처가 파괴되면 참억새 등 건생식물군락 구성식물종의 침투 가능성이 높아 복원력이 낮은 위약한 식생형이다.

습지보호지역 내에서 가장 넓게 분포하는 식생형은 참억새군락(*Miscanthus sinensis* community)으로 한반도에서 화입지(火入地), 별채지 등 건조입지에 흔히 관찰되는 천이의 초기 단계인 건생이차초원에 발달하는 식물군락(Kim & Sung 1995; Sim & Kim 1996; Park et al. 1998)이다. 미지형적 특성에

따라 이차식생의 구성식물을 다수 포함하며, 건생천이의 정도에 따라 진퍼리새하위군락(*Molinia japonica* subunit)과 산철쭉하위군락(*Rhododendron yedoense* var. *poukhanense* subunit)으로 구분된다. 장기적으로 천이가 진행됨에 따라 산철쭉군락 또는 미역줄나무군락으로 발달이 예상되며, 신갈나무(*Quercus mongolica*), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*), 비목나무(*Lindera erythrocarpa*), 소나무(*Pinus densiflora*) 등의 침투와 증가도 예상된다.

습지보호지역 가장자리를 따라서 관목성의 산철쭉군락(*Rhododendron yedoense* var. *poukhanense* community)과 미역줄나무군락(*Tripterygium regelii* community)이 발달하고 있으며, 일부는 중앙지역에 분반상(patch)으로 관찰된다. 산철쭉군락은 지리적으로 한반도 내에서 완만한 산지 능선부에 산발 이후 주로 발달하거나 상류 하천변에서 관찰되기도 하며(Lee 2004; Lee & Kim 2005), 산철쭉

체들은 이전의 줄기가 고사하고 지표에서 새로운 그루터기를 형성하는 특성이 있다. 반면 미역줄나무군락은 지리적으로 한반도의 고해발 산지 숲 가장자리에 흔히 관찰되는 임연성 식물군락으로(Jong 1994; Jong & Kim 1997) 산철쭉군락에 비해 경사가 완만하거나 함몰되며, 토양의 수분조건이 습성인 곳으로 판단된다. 또한 고산지대 산화지에서는 식생회복 과정 중에서 벼과 식물들이 우점한 이후 다음 단계에 발달하는 천이 초기의 식생(Park & Jung 1990)으로 인근 신불산 습지보호지역의 습지 가장자리에서도 매우 넓게 발달하고 있다(Kim & Han 2005).

화엄늪 복사면 방향은 입지적으로 산지 능선부 가까이면서 상부의 강한 바람이 부딪히는 풍충지(wind-swept site)로 신갈나무-애기감동사초군락(*Carex gifuensis-Quercus mongolica* community)이 발달하고 있다. 식생체계에서 신갈나무-생강나무아군단(Lindero-Quercenion mongolicae)에 귀속(歸屬)되는 유형으로 습지의 건생천이가 진행되면 중극에 형



Figure 2. Hydric vegetation - (A) *Drosera rotundifolia*-*Eleocharis congesta* community, (B) *Drosera rotundifolia*, (C) *Utricularia yakusimensis*, (D) *Utricularia racemosa*, (E) typical subunit of *Carex forficula*-*Molinia japonica* community, (F) *Glyceria leptolepis* subunit of *Carex forficula*-*Molinia japonica* community.



Figure 3. Xeric vegetation (A) *Miscanthus sinensis* community, (B) *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense* community, (C) *Tripterygium regelii* community, (D) *Carex gifuensis-Quercus mongolica* community.

성되는 식생형으로 예상된다. 특히, 습지보호지역 내의 식분은 신갈나무 침투 이후 진행천이(progressive succession)가 이루어진 곳으로 과거에 발생된 산불('04.2.14.)에 의해 다소 세력이 약화된 것으로 추정되지만 시간이 경과함에 따라 지속적인 확장이 예상된다.

2. 환경에 따른 식물군락의 분포

본 연구지역에서 조사된 29개의 식생자료로부터 종조성을 바탕으로 좌표 결정에 의한 분석을 시행하였다. 좌표 결정된 결과는 식생유형의 환경요소(미세지형, 주변토지이용, 수분조건, 교란요소 등)를 대입하여 상호 비교하였으며, 이를 통해 6개의 식생유형(4개의 하위군락)과 환경요소 간의 경향성을 분석하였다(Figure 4). 제1축의 기여도(고유값, eigenvalue)는 28.27로서 화염능의 수분조건에 따른 경향성과 공간분포에 대응하며, 제2축은 환경요소에 대한 경향성이 매우 낮은 것으로 나타났다. 이러한 좌표결정

은 흔히 무제치늪이나 신불산습지와 같은 산지습지에서는 유사한 패턴으로 나타난다(Lee & Kwon 2006; Lee et al. 2007). 제1축 우측 상단의 바늘골-끈끈이주걱군락(DrEc)에서부터 하단 참여새군락의 진퍼리새하위군락(Ms-*Molinia japonica*)까지 조사구의 위치는 습윤한 환경적 경향성에 위치한다. 반면에 중앙부의 미역줄나무군락(Tr), 산철쭉군락(Ry), 참여새군락의 산철쭉하위군락(Ms-*Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*) 및 좌측 상부 신갈나무-애기감동사초군락(CgQm)의 조사구는 점차 상대적으로 건조한 환경으로 좌우측이 대조적인 입지조건임을 나타낸다. 이러한 특성은 화염능 식물군락의 분포가 퇴적물의 유기물 함량과 토양의 수분함량과 연관성을 가지며, 그 결과 지표수가 흐르는 유로(流路)에서 정상(頂上) 방향으로 갈수록 건생형의 식물군락이 발달하고 있는 것으로 밝혀진 선행연구 결과(Kim 2014)에서도 확인할 수 있다.

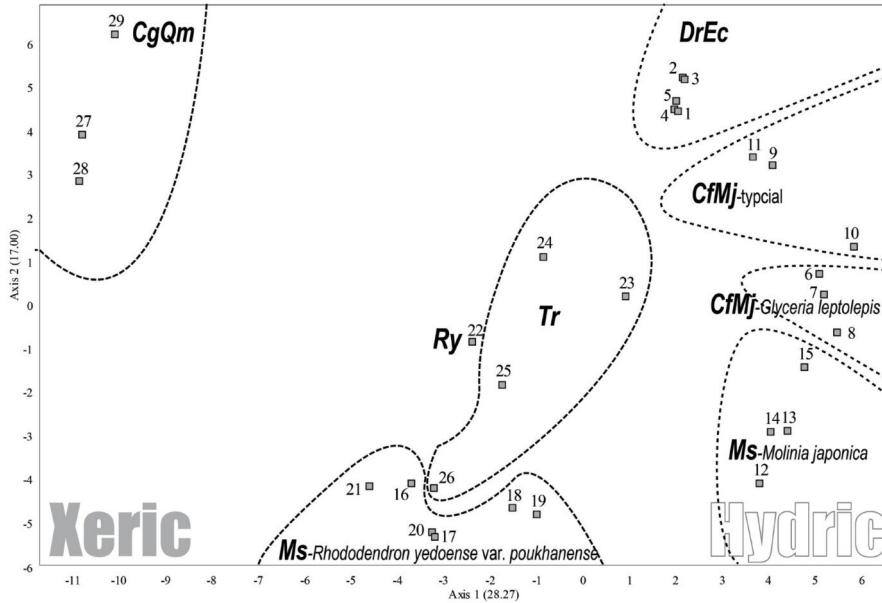


Figure 4. The PCoA (Principal Coordinates Analysis) scatter-plot of the 29 reve based on the vegetation composition in the sites (Refer to Table 4 for finding information of labels).

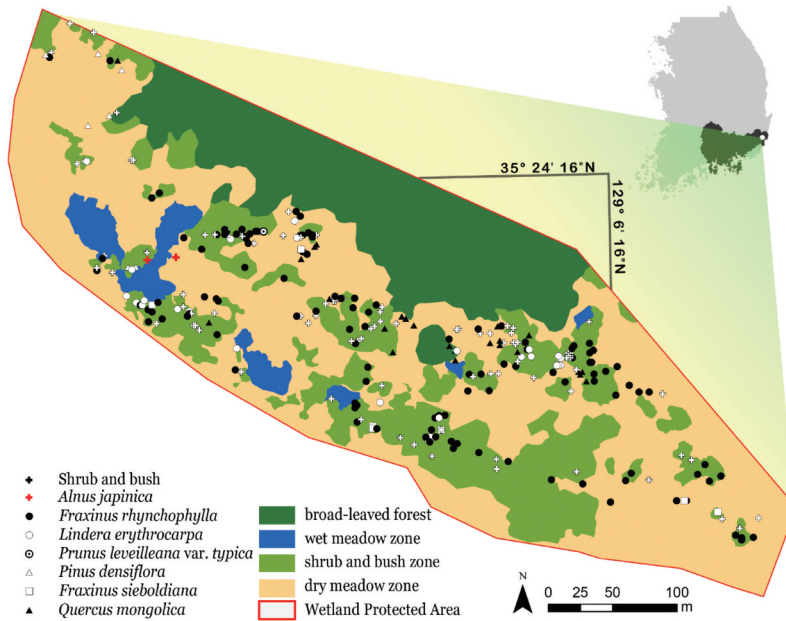


Figure 5. The map is shown with location of woody plants that invaded at Hwaem wetland, in 2008, and initial distribution of actual vegetation in 2013 - *Alnus japonica* was identified as red cross in 2013).

3. 식생의 공간분포

화엄늪 습지보호지역 현존식생의 공간 분포를 알아보기 위하여 현존식생도가 작성되었으며, 시공간적 변화를 분석하기 위하여 2008년과 2013년에 제

작성된 현존식생도를 상호 비교 분석하였다. 습생초원지대(wet meadow zone)와 건생초원지대(dry meadow zone), 관목지대(shrub and bush zone), 하록활엽수림(broad-leaved forest) 등 총 4개의 식

Table 1. Area and composition ratio of the actual vegetation types in 2008 and 2013.

| Legends | 2008 | | 2013 | | Vegetation Types |
|---------------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|---|
| | Area (m ²) | Rate (%) | Area (m ²) | Rate (%) | |
| wet meadow zone | 4,325 | 3.48 | 4,760 | 3.83 | <i>Drosera rotundifolia</i> - <i>Eleocharis congesta</i> community <i>Carex forficula</i> - <i>Molinia japonica</i> community (typical subunit, <i>Glyceria leptolepis</i> subunit) |
| dry meadow zone | 67,443 | 54.27 | 63,951 | 51.46 | <i>Miscanthus sinensis</i> community (Molinia japonica subunit, <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i> subunit) |
| shrub and bush zone | 28,890 | 23.25 | 29,937 | 24.09 | <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i> community <i>Tripterygium regelii</i> community |
| broad-leaved forest | 23,610 | 19.00 | 25,619 | 20.62 | <i>Carex gifuensis</i> - <i>Quercus mongolica</i> community. |
| Total | 124,268 | 100.00 | 124,268 | 100.00 | |

생범례(Figure 5)로 구분되었다. 습지보호지역 내에서 가장 넓게 분포하고 있는 유형은 건생초원지대로 약 51.46% (63,951m²)에 분포하고 있었다. 습생초원은 습지 서향부의 용출지를 중심으로 소규모(약 3.83%, 4,760m²)로 분포하였으며, 완만한 요철형(凹凸形)이거나 완경사의 건조 입지에는 건생초원이 발달하고 있었다. 관목식물군락은 습지 서향에서 남향으로 연결된 등산로를 따라 긴 타원형으로 발달하거나 습지 중앙부 또는 북서향의 건조입지에 분반상으로 분포하였다. 신갈나무-애기감동사초군락을 포함하는 하

록활엽수림은 20.62%(25,619m²)로 북쪽의 산림공간을 포함하고 있었으며, 일부는 습지 내부에서 독립적인 식분형태로 존재하고 있었다(Table 1).

2008년과 비교하여 2013년의 식생 유형별 분포 면적은 하록활엽수림 1.62%(25,619m²), 관목지대 0.84%(1,047m²) 및 습생초원지대 0.35%(435m²)로 증가하였으며, 건생초원지대는 2.81%(3,492m²) 감소하는 등 모든 유형마다 면적의 확장 및 축소가 관찰되었다(Table 1). 하지만 2008년에 제작된 현존식생도는 영상자료에 대한 정보 부족과 낮은 해상도로

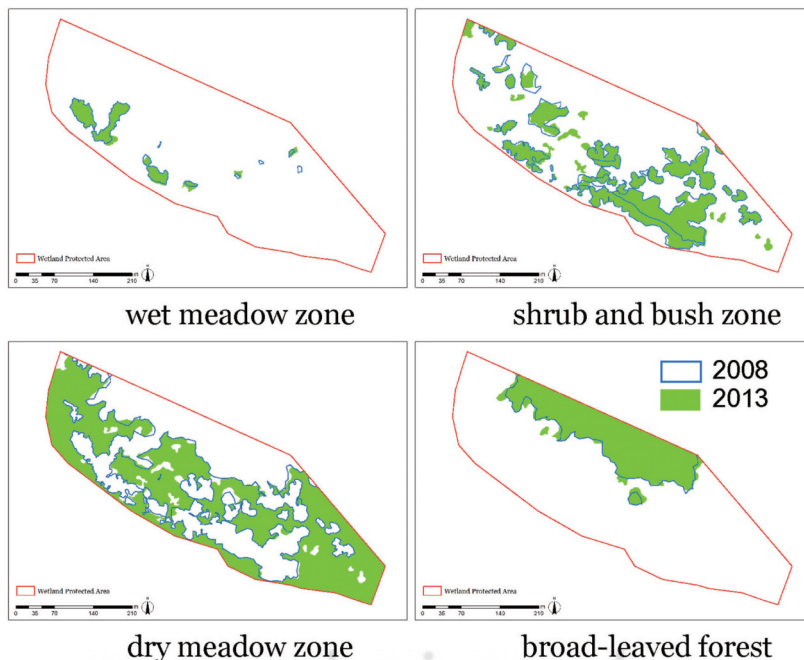


Figure 6. Change of the each vegetation type from 2008 to 2013.

정확한 분석의 한계가 있었으며, 이를 보완하기 위하여 현장에서 GPS를 활용한 작도(tracking)가 병행되었다. 반면에, 2013년은 상대적으로 다양하고 해상도 높은 항공사진과 인공위성을 적극적으로 활용하였으며, 더욱 정밀한 현존식생도가 작성되었다. 이와 같이 현존식생도 제작의 대상은 동일하였으나 방법이 동일하게 적용되지 못하여 두 시점 간의 식생의 분포 면적이 확장 또는 쇠퇴의 정도를 결정하는 것은 부적합할 것으로 판단된다. 더욱이 2008년과 2013년의 식생의 공간분포 패턴이 전반적으로 유사하였으며, 식물군락의 질적 변화도 크게 없는 것으로 확인되었다(Figure 6).

4. 침투식물

2008년 현장조사에서 습지보호지역 내에 침투한 수목에 대한 확인 결과 신갈나무, 소나무, 쇠물푸레나무 등의 같은 교목성 또는 아교목성 수종 8종(228개체)과 노린재나무, 화살나무 등의 관목성 수종 6종(51개체)을 포함하여 총 14종, 279개체가 확인되었다(Figure 5, Table 2). 이들 수목 중에는 '04.2.14에 발생된 산불에 의해 고사하여 쓰러진 개체는 제외되

었다. 교목성 수목들 중에서는 물푸레나무가 115개체로 가장 많이 분포하고 있었으며, 팔배나무가 43개체, 신갈나무와 비목나무가 26개체의 순이었다. 관목성 수목은 노린재나무와 철쭉나무가 각각 17개체, 15개체로 가장 많은 것으로 확인되었다. 신갈나무는 습지 내에서 개체가 아닌 군락의 형태로 존재하므로 그 수를 더하면 습지 내로 침투한 신갈나무의 수는 더욱 증가하게 된다.

현존식생도 범례별로는 관목지대에서 165개체로 가장 많은 개체수가 침투한 상태이며, 건생초원지대 110개체, 습생초원지대 4개체이다. 습지 영역으로 침투한 수목은 총 개체수의 약 81%, 228개체를 차지하고 있다. 이 중에서 물푸레나무, 팔배나무, 신갈나무 등은 다양한 수분조건과 해발고도에 분포하는 종으로써 서식환경에서 다양한 생태적 지위(niche)를 가지며(Lee 1978; Kim et al. 2001; Kim & Lee 2006), 184개체, 약 66%로 가장 많았다. 특히, 치수시기에 내음성이 강한 물푸레나무(Kim et al. 2001)는 개체수가 약 41%(115개)로써 가장 높은 출현빈도를 나타내고 있었다. 소나무는 습지 가장자리에 치우쳐 분포하는 경향성이 있었다. 반면에 산벚나무(1개), 산뽕

Table 2. The Present state of woody plants invasion in Hwaem wetland (in brackets, number of dead plants).

| TYPE | SCIENTIFIC NAME | SHRUB AND BUSH ZONE | DRY MEADOW ZONE | WET MEADOW ZONE | TOTAL |
|-------|---|---------------------|-----------------|-----------------|--------|
| TREE | <i>Quercus mongolica</i> | 8 | 18 | . | 26 |
| | <i>Pinus densiflora</i> | 1 | 4(1) | 1 | 6(1) |
| | <i>Fraxinus rhynchophylla</i> | 67(2) | 47(2) | 1 | 115(4) |
| | <i>Sorbus alnifolia</i> | 26(1) | 16(2) | 1 | 43(3) |
| | <i>Prunus leveilleana</i> var. <i>typica</i> | 1 | . | . | 1 |
| | <i>Lindera erythrocarpa</i> | 20 | 6 | . | 26 |
| | <i>Fraxinus sieboldiana</i> | 6 | 3 | . | 9 |
| | <i>Morus bombycis</i> | 2 | . | . | 2 |
| | TOTAL | 132(3) | 95(5) | 3 | 228(8) |
| SHRUB | <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> | 12(1) | 5 | . | 17(1) |
| | <i>Viburnum erosum</i> | 6 | . | . | 6 |
| | <i>Pourthiaea villosa</i> | . | 2 | . | 2 |
| | <i>Ligustrum obtusifolium</i> | 7 | 1 | . | 8 |
| | <i>Rhododendron schlippenbachii</i> | 7 | 7 | 1 | 15 |
| | <i>Euonymus alatus</i> | 2 | 1 | . | 3 |
| | TOTAL | 34(1) | 16 | 1 | 51(1) |
| TOTAL | 165(4) | 110(5) | 4 | 279(9) | |

Table 3. Plant height for fourteen tree and shrub invaded in Hwaem wetland.

| TYPE | SCIENTIFIC NAME | FREQUENCY | VALUE (m) | | | STANDARD (m) | |
|-------|---|-----------|-----------|---------|---------|--------------|-------|
| | | | AVERAGE | MINIMUM | MAXIMUM | DEVIATION | ERROR |
| TREE | <i>Quercus mongolica</i> | 26 | 3.3 | 1.2 | 6 | 1.3 | 0.3 |
| | <i>Pinus densiflora</i> | 7 | 3.9 | 2.2 | 7 | 1.5 | 0.6 |
| | <i>Fraxinus rhynchophylla</i> | 119 | 2.9 | 1.8 | 6.5 | 1 | 0.1 |
| | <i>Sorbus alnifolia</i> | 46 | 4.1 | 2 | 7.5 | 1.3 | 0.2 |
| | <i>Prunus leveilleana</i> var. <i>typica</i> | 1 | 4.2 | 4.2 | 4.2 | - | - |
| | <i>Lindera erythrocarpa</i> | 26 | 2.3 | 1.7 | 4.9 | 0.6 | 0.1 |
| | <i>Fraxinus sieboldiana</i> | 9 | 2.4 | 1.9 | 2.9 | 0.3 | 0.1 |
| | <i>Morus bombycis</i> | 2 | 2.9 | 2 | 3.7 | 1.2 | 0.9 |
| SHRUB | <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> | 18 | 2.7 | 2 | 3.7 | 0.5 | 0.1 |
| | <i>Viburnum erosum</i> | 6 | 2.1 | 2 | 2.4 | 0.2 | 0.1 |
| | <i>Pourthiaea villosa</i> | 2 | 2.1 | 1.7 | 2.4 | 0.5 | 0.4 |
| | <i>Ligustrum obtusifolium</i> | 8 | 2.5 | 2 | 3.5 | 0.5 | 0.2 |
| | <i>Rhododendron schlippenbachii</i> | 15 | 2.8 | 1.9 | 4 | 0.6 | 0.2 |
| | <i>Euonymus alatus</i> | 3 | 2 | 1.8 | 2.2 | 0.2 | 0.1 |
| TOTAL | | 288 | 3.0 | 1.2 | 7.5 | 1.1 | 0.1 |

나무(2개), 윤노리나무(2개), 화살나무(3개)는 개체 수가 1~3개로 출현빈도가 매우 낮았다. 이러한 결과는 입지 내에서 공간 규모와 각 식생형의 안정화에 소요되는 시간 등과 비례하여 침투기회가 차등하게 제공된 것으로 판단된다.

침투 수목 전체의 평균 수고는 3m(1.2~7.5m)이며, 2~2.5m 높이의 식분이 가장 많이 분포하고 있었다(Table 3). 평균수고 이상의 수목은 대부분 교목 또는 아교목성 종들이었으며, 팔배나무, 소나무, 신갈나무, 물푸레나무, 비목나무 등의 순으로써 습지보호지역 내부에 침투한 목본식물은 발달 초기임을 알 수 있다.

한편, 2008년 침투식물 조사에서는 산지습지의 습생천이 후기에 발달하는 오리나무(*Alnus japonica*)의 생육과 분포가 관찰되지 않았다. 하지만 2013년 조사에서 2개체가 확인되었으며, 정확한 수령은 알 수 없으나 각각 수고 2.1m, 1.7m로 그루터기를 형성하고 있었다. 일반적으로 오리나무 우점의 습생림은 이탄의 퇴적과 주변에서 공급되는 지속적인 영양염류 등으로 습지의 부영양화 입지에 발달하며(Kim & Kim 2003), 여러 개의 맹아(coppice)를 형성(Kanda & Hoshi 1982)하는 생태적 특성으로 천이를 촉진하

게 된다. 산지습지에서의 오리나무의 발달과 천이는 양산 신불산 습지보호지역에서도 오리나무가 부분적으로 발달하고 있으며, 자연적인 구조를 보이고 있는 무제치늪(Kim et al. 2005)은 넓은 규모로 관찰된다. 결국, 오리나무를 포함하여 목본성 침투식물들의 정착, 확산 및 확장은 화염늪의 변화를 의미하며, 장기적으로 습지의 소멸을 의미하게 된다(Kim et al. 2005).

IV. 결론 및 보전방안

화염늪 습지보호지역 내에서 습원은 매우 협소하였으며, 이로 인해 습지식생의 분포 및 발달도 약 4%로 제한적이었다. 특히, 2008년과 2013년 조사결과 식물군락에 대한 변화는 크지 않은 것으로 판단되었다. 하지만 침투한 수목이 성장하거나 일부 유목이 2008년에 비해 확장된 것으로 추정되며, 잠재적으로 건생초원지대와 관목지대의 확장으로 습생초원지대와 강우 및 용출수에 의존하는 빈영양 입지의 식물과 식생유형의 쇠퇴가 예측된다. 또한, 장기적으로 습생림의 발달과 산지성 식물군락의 확산으로 현재의 화염늪의 유지가 어려울 것으로 판단된다. 따라

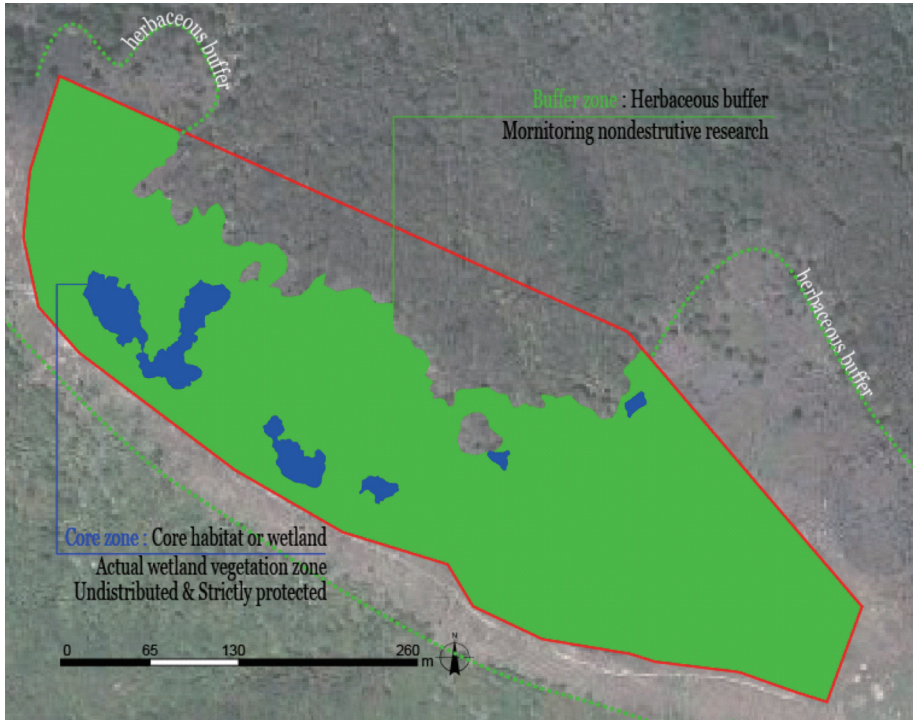


Figure 7. Schematic zonation of protected area in Hwaem wetland (applicable to MAB programme).

서, 화염늪의 지속적인 보전과 관리를 위해서는 보전생태학적인 관점의 실무적인 세부지침과 방향의 제시가 필요하며, 다음과 같은 내용을 포함할 것을 제안한다.

첫째, 입지와 식생유형별 특성이 반영된 영구 방형구와 고해상의 영상자료를 활용한 지속적인 모니터링으로 식물군락 간의 경계의 변화와 공간적인 분포 변화를 파악하고 이에 대한 자료를 축적해야 할 것이다. 또한, 화염늪 내부에 침투해 있는 목본성 식물들의 성장, 분포 및 확산에 대한 추적연구는 습지의 건조화와 육상화 진단을 위해 매우 중요하며, 이에 대한 언급은 이수동 등(Lee et al. 2012)에 의한 연구결과에서도 제안되고 있다. 특히, 오리나무는 복수의 맹아를 형성하는 생태적 특성상 화염늪의 습생천이를 촉진할 수 있는 핵심종으로 예상되며, 지속적인 모니터링을 통한 개체군 동태 변화를 더욱 명확히 파악하는 것이 필요하다.

둘째, 습지를 보호하기 위한 경계의 설정으로 습지의 체계적인 공간 관리와 보전을 계획하는 것이다.

흔히 산지습지의 경우 집수역을 대상으로 하는 것이 바람직하며, 화염늪은 이러한 방법을 적용하고 있다. 하지만, 보호지역의 보전과 관리에 있어 가장 일반적이고, 보편적으로 적용되는 것은 구획화 관리(zonation management)로서 핵심지역(core zone), 완충지역(buffer zone), 전이지역(transition zone)으로 구분 관리하는 것이다(Figure 7). 이러한 관리 방법은 UNESCO의 MAB(Man and Biosphere; UNESCO 1987) 프로그램과 환경부 자연환경보전법에서도 권고하고 있는 사항으로 이를 적용한 화염늪 습지보호지역에 대한 관리 경계의 재설정 필요하다. 이수동 등(Lee et al. 2012)도 동일한 개념을 응용하여 수계의 이차적인 훼손 방지를 위한 복원지역(restoration zone) 설정과 복원계획과 습생이차초원 일대의 교란을 방지하기 위해 확산방지지역(Spread prevention zone) 설정 등 세부적인 방법을 제안하고 있다. 하지만 화염늪은 화전에서 기원(Son & Chang 2009)한 습지로서 고위평탄지에 과거 지속적인 화입(火入)으로 유지된 환경이 주를 이루고 있으며, 습지보호지역

일대의 식생 분포와 발달에도 영향을 주고 있다. 그 결과 참억새, 산철쭉, 미역줄나무 등이 우점하는 건생입지의 식생유형이 약 60%이상을 차지하고 있으며, 진퍼리새로 대표되는 산지습지의 습생유형이 건생형의 식생유형들로 둘러싸여 매우 위약한 상태이다. 따라서, 구획화에 있어 핵심지역은 습생초원지대의 습생형 식물군락임은 동일하나 완충지역을 확장하여 참억새-실청사초군락, 산철쭉군락, 미역줄나무군락 등 건생초원지대와 관목지대까지 전이지역으로 설정하여 구체적인 관리계획이 마련되어야 할 것으로 보인다.

셋째, 화엄늪 생태계의 특성을 정확히 파악하는 것이 가장 중요할 것이다. 즉, 본 연구를 포함한 모든 자료를 통합 분석하여 생태적 관리 및 그에 따른 세부 식물 지침을 보완할 필요가 있다. 또한 행위 제한을 포함한 습생초원지대의 과도한 확장(Kim & Han 2005)과 침투식물들의 생육확대를 방지하기 위하여 생태학적 보전방법 등 습지보호지역에서 주요 보전의 대상이 되는 주요, 중요 식생유형들의 동태와 생태에 근거한 다양한 관리방안들이 제시되어야 할 것이다. 특히, 진퍼리새군락 내의 바늘골-끈끈이주걱군락은 보전가치가 높은 대상으로 진퍼리새의 과도한 확장과 침투가 진행될 경우 광량 부족으로 소멸 가능성이 높아지므로 이를 조절(Lee & Kwon 2006)하여야 한다. 자생천이(autogenic succession)에 의해 침투하는 참억새와 산철쭉 등의 제거 또는 세력을 약화하기 위한 방법 등이 있으며, 그 밖에 외부토양 유입을 방지하고 중요 식물 및 식생자원의 미소서식처 보전을 위한 방안 마련 등도 이에 해당될 것이다.

결론적으로 위의 내용들을 포함하는 실무지침은 방법과 시기 등을 포함한 상세한 설명을 포함하여야 하며, 습지시스템의 영향권 안에서 보전 및 복원 등과 관련한 각종 사업의 시행은 반드시 현장 조사를 수행한 전문가 자문을 통하여 실시하도록 하여야 할 것이다. 또한 습지변화에 능동적으로 대응할 수 있도록 가변적인 설정방안을 모색하는 것이 바람직할 것이다.

사 사

본 연구는 2008과 2013년에 국립환경과학원에서 수행된 습지보호지역 정밀조사의 일환으로 이루어졌음.

References

- Becking RW. 1957. The Zurich-Montpellier school of phytosociology, *The Botanical Review*, 23(7): 411-488.
- Braun-Blanquet J. 1965. *Pflanzensoziologie*. Wien: Springer-Verlag. [German Literature]
- Do UN, Moon TY. 2002. Succession of insect communities by desiccation of bog Hwaemneup at Mt. Wonhyosan, Yangsan. *Journal of Korean Wetlands Society*. 4(2): 13-22. [Korean Literature]
- ESRI inc. 2006. ESRI ArcGIS version 9.2.
- Jong YK. 1995. A syntaxonomy study on the mantle communities in South Korea. Ph. D dissertation. University of Kyungpook of Daegu. [Korean Literature]
- Jong YK, Kim JW. 1997. A comparative study on mantle communities in South Korea and Japan. *Journal of Ecology and Environment*. 21(1): 81-88. [Korean Literature]
- Kanda F, Hoshi H. 1982. *Alnus japonica* population around and in high moor in Kushiro moor. *Journal of Hokkaido University of Education in Japan*. 33: 19-31.
- KFS: Korean Plant Names Index Committee [Internet]. 2010-2013. Korean Forest Service; [Cited 2016 Feb 17]. Available from: <http://nature.go.kr/kpni/index.do>
- Kim JH, Yang HM, Kim KT, Lee WS, Kang SK. 2001. The aspect of natural regeneration for major tree species in the natural deciduous forest. *Journal of Forest Science*.

- 17: 1-17. [Korean Literature]
- Kim JW. 2006. Vegetation ecology. Seoul: World Science.
- Kim JW, Lee YK. 2006. Classification and assessment of plant communities. Seoul: World Science. [Korean Literature]
- Kim JW, Han SU. 2005. Original research: Moor vegetation of Mt. Shinbul in Yangsan. Journal of Ecology and Environment. 28(2): 85-92. [Korean Literature]
- Kim JW, Kim JH, Jegal JC, Lee YK, Choi KR, Ahn KH, Han SU. 2005. Original research: Vegetation of Mujechi moor in Ulsan: Actual vegetation map and *Alnus japonica* population. Journal of Ecology and Environment. 28(2): 99-103. [Korean Literature]
- Kim JW, Kim JH. 2003. Original research: Vegetation of Moojechi moor in Ulsan: Syntaxonomy and syndynamic. Journal of Ecology and Environment. 26(5): 281-287. [Korean Literature]
- Kim JW, Kim SY. Syntaxonomy-program [RIM] ver. 2.1. Daegu: The Korea institute of Ecosystem management.
- Kim JW, Manyko YI. 1994. Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cooltemperate mixed forest in the southern Sikhote Alin, Russian Far East. Korean Journal of Ecology. 17: 391-413.
- Kim SH. 2014. A study on the relation between vegetation distribution and sediment characteristics of Hwaecomneup wetland. Journal of Photo Geography. 24(4): 139-151. [Korean Literature]
- Kim W, Sung KH. 1995. A comparison of the plant community structure in the burned and unburned areas. Journal of Ecology and Environment. 19(1): 55-64. [Korean Literature]
- KMA: Climatic data [Internet]. 1981-2010. Normal climate. Seoul: Korea Meterological Administration; [Cited 2015 Nov 1]. Available from: http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_30years.jsp
- Lee HJ. 1978. The study of water stress of *Sorbus alnifolia*, Nature and Life. The Natural History Society of Korea. 19(1): 41-56. [Korean Literature]
- Lee SD, Kim SM, Kim JS. 2012. Analysis actual conditions of arid progress and prevention management of Hwaecom wetland in Yangsansi. Korean Journal of Environment and Ecology. 26(4): 498-511. [Korean Literature]
- Lee SD. 2009. Analysis actual conditions of arid progress and prevention management method-Hwaecom wetland in Yangsansi. Korean Journal of Environment and Ecology. 19(1): 114-116. [Korean Literature]
- Lee WC. 1996a. Standard Illustrations of Korean Plants. Seoul: Academy Press. [Korean Literature]
- Lee WC. 1996b. Lineamenta florae Koreae. Seoul: Academy Press. [Korean Literature]
- Lee YJK, Kwon SK. 2006. 2006 Detailed investigation of wetland protected area. Nakdong-river estuary, Upo wetland, Mujechineup. Incheon: Ministry of Environment · National Institute of Environmental Research. 367-398. [Korean Literature]
- Lee YK, Ahn KH, Lee CW. 2007. 2006 Detailed investigation of wetland protected area. Youngneup in Mt. Daeam, Jangdo wetland in Sinan. Incheon: Ministry of Environment · National Institute of Environmental Research. 353-380. [Korean Literature]

- Lee YK, Kim JW. 2005. Riparian vegetation of South Korea. Daegu: Keimyung university press. [Korean Literature]
- Lee YK. 2004. Syntaxonomy and synecology of the riparian vegetation in South Korea. Ph. D dissertation, University of Keimyung of Daegu. [Korean Literature]
- ME: Registration status of wetland protected area and Ramsar sites [Internet]. 2016. Environmental Policy. Ministry of Environment; [Cited 2016 Feb 17]. Available form: <http://me.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?fileId=124676&fileSeq=1>
- Microsoft corp. 2010. Microsoft Office 2010 Excel.
- Miyawaki A, Fujiwara K. 1970. Vegetation of Oze marshland. Tokyo: National park of Association. [Japanese Literature]
- Miyawaki A, Okuda S, Fujiwara R. 1994. Handbook of Japanese vegetation. Tokyo: Shibundo Publishing. [Japanese Literature]
- Miyawaki A, Okuda S. 1990. Vegetation of Japan illustrated. Tokyo: Shibundo Publishing. [Japanese Literature]
- Miyawaki A. 1967. Vegetation of Japan: compared with other region of world. Tokyo: Gakken. [Japanese Literature]
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Willy & Sons.
- Mulamoottil M, Warner BG, McBean EA. 1996. Wetlands: Environmental Gradients, Boundaries and Buffers. Boca Raton: CRC Press.
- Park SH. 1995. Colored illustrations of nationalized plants of Korea. Seoul: Ilchokak. [Korean Literature]
- Park SH. 2001. Colored illustrations of nationalized plants of Korea: Appendix. Seoul: Ilchokak. [Korean Literature]
- Park SY, Yoon SY, Lee KC, Kim KG, Bae DH, Kim HS, Gyeongnam development institute. 2000. Principle of wetland-wetland in Korea. Seoul: Eunhye. [Korean Literature]
- Park CK, Jea SH, Kim W, Sim HB. 1998. A comparison of plant community structure in the burned and unburned area of Mt. Sansong-san. Journal of the Environmental Science Institute. 12(1): 57-64. [Korean Literature]
- Park KW, Chung SH. 1990. Plant Ecological studies of burned field at the high mountain region. -Especially at Cheisuk-bong(1,806m) area in Mt. Chiri-. J Forestry Society. 79(1): 33-41. [Korean Literature]
- Podani J. 2001. SYN-TAX 2000: Computer program for data analysis in ecological and systematics. Budapest: Scientia Publishing.
- Ramsar: The Ramsar sites [Internet]. The list of wetlands of international importance; [Cited 2016 Feb 17]. Available form: <http://www.lamsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist.pdf>
- Shin YH, Kim SH, Rhew HS. 2014. Implication of the ratio of exchangeable cations in mountain wetlands. Journal of the Korean Geographical Society. 49(2): 221-224. [Korean Literature]
- Sim HB, Kim W. 1996. Dynamic of the plant community structure and soil properties in the burned and unburned areas of the Mt. Ch'olye-san, Journal of Ecology and Environment. 19(5): 417-430. [Korean Literature]
- Son MY, Chang MG. 2009. Formation processes

- of Hwaomneup wetland, Cheonseong mountain, Journal of the Korean association of regional geographers. 15(2): 204-214. [Korean Literature]
- UNESCO: A practical guide to MAB -Programme on man and the biosphere (MAB) [Internet]. 1987. Paris; UNESCO; [Cited 2015 Mar 10]. Available from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000851/085104eo.pdf>
- USDA: Wetlands [Internet]. Natural Resources Conservation Service. United States Department agriculture; [Cited 2016 Feb 17]. Available form: <http://www.nrcs.usda.go/wps/portal/nrcs/maim/national/water/wetlands/>
- Weber HE, Moravec J, Theurillat JP. 2000. International code of phytosociological nomenclature. 3rd edition. Journal of Vegetation Science. 11, 739-768.
- Westhoff V, van der Maarel E. 1973. Ordination and classification of communities: The Braun-Blanquet approach. Hague: Junk press.
- William MJ, Gosselink JG. 2000. Wetlands. New Jersey: John wiley & Sons.

Table 5. Synthesized table for vegetation of Hwaeom wetland.

| Number of releve | I: <i>Drosera rotundifolia</i> - <i>Eleocharis congesta</i> community (DfEc) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|-----|------|------|------|------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | | | | | | |
| Differential species | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eleocharis congesta</i> | 7 | 5 | 4 | 5 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Drosera rotundifolia</i> | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hypericum laxum</i> | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Molinia japonica</i> | 3 | | | | | 8 | 9 | 3 | 8 | 2 | 7 | 8 | 8 | 2 | | | | | | | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Carex forficata</i> | 2 | | | | | 2 | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Glyceria leptolepis</i> | | | | | | | | | 9 | 2 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Miscanthus sinensis</i> | | | | | | | 1 | 2 | | | | 7 | 5 | 5 | 3 | 7 | 8 | 8 | 5 | 1 | 1 | 3 | 5 | 2 | 3 | | | | | | | | | | |
| <i>Lespedeza bicolor</i> | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>paokhanense</i> | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | | 5 | 6 | 3 | 2 | 5 | 8 | 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Tripteris yugii</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 8 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| <i>Quercus mongolica</i> | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Carex gifuensis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Companion species | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Utricularia racemosa</i> | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Utricularia yakushimensis</i> | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lilium concolor</i> | | | | | | 1 | | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Calla palustris</i> | 2 | | | | | 1 | 2 | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Persicaria thunbergii</i> | | | | | | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Juncus effusus</i> var. <i>decepiens</i> | | | | | 2 | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ilex umijiga</i> | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus rhynchophylla</i> | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | | 1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | | | | | | | | | | |
| <i>Athyrium yokoscense</i> | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | 4 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pinus densiflora</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lindera erythrocarpa</i> | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | 3 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Symplocos chinensis</i> var. <i>pilosa</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Carpinus ischonostia</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ericacanth tenuissimum</i> | | | | | 1 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eleocharis tenuisima</i> | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eleocharis tenuisima</i> | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Parnassia palustris</i> | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Juncus sp.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anellenia keiskei</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fimbristylis ovata</i> | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Scirpus waltlichii</i> | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ericacanth decemiflorum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Arundinella hirta</i> | | | | | 3 | | | | | | | | | | 2 | 5 | 3 | 6 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Carex subynensis</i> | 1 | | | | | 2 | 3 | 4 | | | 1 | 5 | 2 | | | 1 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 6 | 5 | 6 | 7 | 1 | | 4.3 | 36.0 | 5.0 | 22.6 | 55.8 | 55.6 | 70.6 | 3.7 |

V: *Rhododendron yedoense* var. *paokhanense* subunit of *Miscanthus sinensis* community (Ms-*Rhododendron yedoense* var. *paokhanense*)
 VI: Typical subunit of *Carex forficata*-*Molinia japonica* community (CMf-typical)
 VII: *Rhododendron yedoense* var. *paokhanense* community (Ry)
 VIII: *Glyceria leptolepis* subunit of *Carex forficata*-*Molinia japonica* community (CMf-*Glyceria leptolepis*)
 IX: *Molinia japonica* subunit of *Miscanthus sinensis* community (Ms-*Molinia japonica*)
 rNCD

