금정산 북문 산지습지의 식생학적 특성 및 관리방안

이수동^{1*} · 김미정¹ · 김지석²

¹경남과학기술대학교, ²부산대학교

Vegetational Characteristics and Management Measures of the North-gate Mountainous Wetland, Mt. Geumjeong

Soo-Dong Lee^{1*}, Mi-Jeong Kim¹ and Ji-Seuk Kim²

¹Dept. of Landscape Architecture, Gyeongnam National University of Science and Technology, 660-758, Korea

²Dept. of Bio Environmental Energy, Pusan National University, 627-706 Korea

Abstract

The mountainous wetlands of Korea face a crisis due to deterioration from a natural succession posed by both arid climate and human activity. In response, governmental sources must determine the best path toward protecting mountainous wetlands from these damaging threats. Accordingly, this study was conducted to gather basic data, such as the wetland status in regard to the region's environmental ecology, coupled with extant disturbances, in order to comprehend the mountainous wetland ecosystem. The study defined and accelerated a methodology in which to efficiently conserve and manage these valuable wetlands. According to the results of a topographic survey, 80% of the wetland presents a 5° sloping angle, which may be described as flat. The wetland consisted of accumulated peat, positioned over a granite basis. As a result, the research site will maintain the current status, unless a method is found to cause the water to flow out abruptly. The regional flora is composed of 41 families, 104 genera, and 143 species, especially *Molinia japonica*, *Sium ninsi*, and *Leucanthemella linearis*. These three species are the most valuable of the group. The actual vegetation of the wetland-dependent grassland (14.22%), such as *Molinia japonica*, *Isachne globosa*, *Carex* spp., and others, as well as species in the arid grassland (12.56%) consisting of *Miscanthus sinensis* and *Eragrostis multicaulis*, etc., are representative. However, in mixed vegetation areas, the species *Molinia japonica* blended with *Miscanthus sinensis* causes concern for the continuance of arid shrubs, which have proved highly desirable for processing the arid soil. Finally, vegetations valuable for preservation are diminishing steadily due to a lack of water flow, human usage, and soil inflow as deforestation occurs on-site. Symptoms of an on-going arid process were evidenced as arid vegetation such as *Miscanthus sinensis*, *Rodendendron yedoense* var. *poukhanense*, etc. broadened seriously. For the longevity of our valued wetlands, this study found a paramount need to address and thereby diminish these damaging factors. In retrospect, for the sound maintenance of a sustainable mountainous wetland, it is essential to execute exact management measures, inclusive of preventing the inflow of soil and organic matter, connecting the surface and subterranean waters, and prohibiting the widening of the damage inflicted on the area by arid vegetation and human activity.

Key words : Mountainous wetland succession, Wetland dependent grassland, Arid grassland, Damaging factor, Aridness

I. 서론

습지는 경제적, 사회적, 문화적, 생태적 기능과 인간에 대한 서비스를 제공하는 다기능 생태계의 한 유형이며(Barbier et al., 1997), 물 흐름 통제, 수질 및 기후 조절과 같은 생태계 서비스 뿐만 아니라

독특한 식물과 동물의 서식처를 제공하고 있다(Teferi, 2010; Stine et al., 2011). 생태적 특이성으로 인해 다른 서식처 유형에서는 발견할 수 없는 위협받거나 멸종위기인 종이 서식하고 있으며(Dahl, 1990; Murdock, 1994), 지역규모에서의 물 문제를 완화시키는데 실질적인 역할을 수행하고 있다(Koeln 1992, Jensen et al., 1993; Reimold, 1994). 전 세계 육상생태계의 3~6%에 해당되는(Clymo, 1987; Bragg and Tallis, 2001; Joint Nature Conservation Committee, 2011; Berhanu, 2012) 산지습지는 북반구의 서늘한 온대기후에 80%가 위치해 있는데(Limpens et al., 2008), 독특한 기후, 지질, 지리 및 지형적인 특성으로 인해 생물학적 풍부성이 높

Received on July 9, 2015. Revised on August 11, 2015.

Accepted on August 14, 2015.

*Corresponding author: ecoplan@gntech.ac.kr

이 논문은 2014년도 경남과학기술대학교 기성회 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

은 지역이다(Durmuş et al., 2013). 이탄의 퇴적으로 형성된 산지 습지는 주변의 미네랄 토양을 통해 삼투되는 유형과 강우에 의존하는 유형으로 구분되는데 식생은 낮은 금속이온과 산도, 미네랄 부족으로 물이끼가 우점하는 최소한 생태계이다(Heinselman, 1970). 하지만 최소성에도 불구하고 인간 행위와 지구온난화에 의해 위협 받고 있을 뿐만 아니라(Teferi, 2010; Stine et al., 2011) 지리적으로도 접근이 어려운 높은 고도에 고립되어 있기 때문에 생태적인 정보는 여전히 부족한 상태이다.

다면적인 가치에도 불구하고 지역사회에서 발생하는 산지습지 훼손은 인식 부족이 그 원인이라고 할 수 있는데(Berhanu, 2012), 인간 행위와 지구온난화가 대표적인 위협 요인이며(Stine et al., 2011) 특히, 수문학 및 기후적 변화에 취약하다고 하였다(Liu, 2011). 인간의 행위와 관련해서는 상대적으로 평탄한 지형으로 인해 농업적 또는 임업적 이용이 용이했을 뿐만 아니라 연료 및 원예를 위한 상업적인 추출 등 수세기 동안의 착취가 훼손의 원인이었는데(Gorham and Rochefort, 2003; Teferi, 2010), 이용을 위한 배수와 이에 따른 침식이 가장 심각한 영향을 미친다고 하였다(Chapman et al., 2003; Durmuş et al., 2013). 이와 더불어 최근의 도로건설 및 확장, 여가를 위한 개발 뿐만 아니라 상업적인 이용으로 인해 훼손과 질적 저하는 가속화되고 있다(Murdock, 1994). 원형 보호된 이탄지대는 세계 토양내 탄소의 약 1/3을 저장하고 있는데 빙하기 이후 연평균 최대 0.096Pg/yr이 축적되었으나(Gorham, 1991; Matthews and Fung, 1987) 캐나다와 유럽의 경우는 연료와 원예용으로 남용됨으로써 탄소 균형에 악영향을 끼쳤다(Lucchese, 2009). 배수는 이탄지대에서 실질적인 탄소 균형(Armentano and Menges, 1986; Gorham, 1988), 즉, 이산화탄소 고정과 방출, 메탄 생산과 소비에 영향을 미친다고 하였다(Gorham, 1991). 지구 온난화와 관련해서는 산업혁명 이래로 온실가스의 대기 집중으로 인해 악화되고 있는데 IPCC에 따르면 19세기에는 거의 0.8°C 증가하였으나 이러한 증가 추세는 계속될 것이고 이번 세기가 끝날 때까지 1~6°C 상승할 것으로 예상하고 있다(IPCC, 2001; 2007). 지난 세기 동안 절반 가량의 습지가 사라졌음에도 불구하고 기후 변화로 인해 훼손 면적은 증가할 것이라고 하였는데(IPCC, 2001), Liu(2011)에 따르면 2050년 경에는 증발산량 증가로 인해 30%가 사라질 것이라고 예측하고 있어 보전 및 복원이 필요한 생태계 유형인 것으로 판단되었다.

이탄지대는 수세기동안 훼손되어 왔으나 탄소 순환에서의 중요성(Gorham, 1991; 1995; Roulet, 2000)과 다면적인 가치로 인해 남아있는 습지의 유지와 복원에 대한 관심이 증가하고 있다(Rossell and Wells, 1999; Gorham and Rochefort, 2003; Berhanu, 2012; Smith, 2013). 이탄지대는 탄소 저장소로서 뿐만 아니라 회

귀 또는 멸종위기종의 서식처로서 중요하기 때문에(Chapman et al., 2003), 생태계 개선을 목적으로 하는 복원 과정에는 수체계, 생물지화학적 순환, 자연발생적 식물천이에 의한 에너지 축적 등에 대한 관심도 필요하다고 하였다(Glaser and Janssens, 1986; Foster and Wright, 1990). 산지습지의 훼손에 따른 생물다양성 손실은 시급히 해결해야 할 문제이지만 토양, 수계 등 주변 환경과 밀접한 관계를 맺고 있기 때문에(Shin et al., 2005) 완전한 재생 및 보전을 위해서는 지역적인 훼손 요인 및 자체 생태계에 대한 이해는 필수적이라고 하였다(Dufour et al., 2006). 결과적으로 산지습지를 이해하기 위해서는 이탄의 축적과 함께 적운식물로 발전된다는 단순한 천이 개념만으로는 부족하기 때문에(Heinselman, 1970) 식생 분포 현황과 교란 요인에 대한 정확한 조사·분석이 필요하다.

육상생태계와 수생태계의 전이대인 산지습지는 지구상에서 가장 생산성이 높은 생태계이며 다양한 생물자원의 보고로서 인간을 비롯한 다른 생물들에게도 가치가 높은 지리적 공간이다(Kim and Ku, 2005). 하지만 주변 수계 또는 지하수에 의해 유지되기 때문에 과도한 유기물 유입, 지표수 및 지하수의 과도한 유출, 이용에 의한 훼손은 존립에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2010). 따라서 본 연구는 자연적인 천이와 인위적인 간섭으로 훼손 위기에 놓인 금정산 북문 산지습지를 대상으로 기초 자료를 확보하고자 자연생태계 현황 조사·분석과 더불어 교란 요인을 파악하였고 이를 바탕으로 보전·관리 대책을 제안하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 일반적 개황

금정산은 행정구역상 부산광역시 금정구와 경상남도 양산시 동면의 경계부에 위치하며 해발 801.5m의 고당봉을 주봉으로 장군봉과 원효봉으로 이어지는 낙동정맥에 마루금에 입지한 백두대간의 끝자락에 해당하는 산이다(Fig. 1). 정상에는 가뭄에도 마르지 않는 금빛 샘이 있어 금정(金井)산으로 불리게 되었고 산중에 14개의 약수터가 아직 존재하는 것으로 짐작해 볼 때 예부터 물이 풍부한 산이었음을 알 수 있다(<http://www.geumjeong.go.kr>). 본 연구대상지는 금정산성 북문과 접하고 고당봉과 원효봉이 만나는 집수구역에 입지한 산지습지로 사면에서 유입되는 지표수와 지하수에 의해 유지되고 있었다. 배후산의 절경과 유명사찰이 입지하여 많은 등산객과 관광객들이 출입하였으며 방문객의 편의를 위해 조성한 등산로, 대피소, 주차장 등의 시설이 습지를 훼손할 가능성이 있었으나 문화재 우선 보호라는 규정만 있을 뿐 북문 산지습지에 대한 정확한 현황 자료를 바탕으로 한 보전·관리 계획은 없는 상태이었다.

Fig. 1. The location map of North-Gate Mountainous Wetland at Mt. Geumjeong

2. 조사분석 방법

습지에 대한 제한된 연구로 인한 자료 부족은 일반 대중과 결정권자에게 잘못된 정보 제공과 더불어 관리 부실을 초래할 수 있으며 이는 추가적인 훼손을 유발하는 것으로 나타났다(Teferi, 2010). 따라서 습지의 효율적인 관리를 위해서는 공간적 또는 시간적으로 어떤 변화를 겪어왔는지에 대한 결정인자와 함께 분포 범위와 훼손요인에 대한 적극적인 도면화가 필요하다고 하였다(Mitsch and Wilson, 1996; Teferi, 2010). 이에 금정산 북문 산지습지의 자연환경 및 생태계 특성과 교란 실태에 대한 도면화 자료를 바탕으로 보전·관리방안을 제안하고자 하였다(Table 1). 조사는 2012년에 계절별로 실시하였고 추가적인 훼손 가능성에 대한 우려로 인해 2015년 5월에 교란실태 및 식생 변화를 파악한 후 기존 자료와 비교하였으나 크게 달라진 바 없는 것으로 분석되었다.

산지습지의 잠재 분포지를 파악하고자 기존 습지의 해발고, 경

사, 향등 입지에 대한 분석 자료와 컴퓨터를 이용한 지형분석 자료를 비교·검토하여 분포 가능성을 찾아내는 것이 일반적이다(Park et al., 2007; Ku and Seo, 2007). 미지형은 습지 군집의 구조나 기능에 중요한 역할을 한다고 하였으므로(Rossell et al., 2009) 북문 산지습지의 유지 가능성과 다양성을 파악하기 위하여 지형구조인 표고, 경사, 향을 분석하였다. 지형구조 분석은 1/5,000 수치지형도를 바탕으로 GIS프로그램인 Arc view를 활용하였다. 수계구조는 지표수 흐름을 파악하고 도면화하였다. 지형 및 지질은 습지의 현재 상태 뿐만 아니라 물의 배수와 수반의 위치에 대해 설명할 수 있으므로(Francl et al., 2004) 기존 자료를 활용하여 기반암의 분포 상태를 파악하였다. 기상개황은 가장 가까운 부산 측후소에서 관측한 1961~2010년까지의 자료를 비교하였다. 토양 특성을 파악하고자 토양 pH, 유기물함량을 분석하였다(National Academy of Agricultural Science, 2000).

식물생태 조사 항목 중 식물상은 축척 1/5,000의 지형도와 나침반, 고도계 등을 사용하여 대상지에 분포하는 주요 식물종 리스트를 작성하였다. 목록의 배열순서는 Engler(1954; 1964)의 분류체계를 따랐다(Korea National Arboretum·The Plant Taxonomic Society of Korea, 2007). 또한 식생분포현황에 있어서 습지의 산지화는 장시간에 걸쳐 서서히 진행되는 과정이므로(Chang et al., 1987) 단기간의 연구로는 파악하기 어려워 기초자료 확보 측면에서 습윤지성 식생의 분포를 도면화하였다. 식생유형은 물의 속성변화, 이탄 표면의 유형, 물 흐름 경로에 따라 민감하게 변한다고 하였으므로(Heinselman, 1970) 자체의 생태적인 특성을 파악하기 위해서는 기초적으로 조사해야 하는 항목이다. 이에 축척 1/5,000의 지형도를 기초로 식생이 분포하는 지역에 대해서는 현존식생, 그 외 지역은 토지피복 현황을 파악하였다(Lee, 2007). 현존식생 유형분류는 목본이 우점하는 산림지역은 교목층 우점종의 식생상관(Vegetational Physiognomy)을 기준으로 분포 범위를 도면화하였는데, 습지는 목본만으로 생태적 특성을 설명하기 어려우므로 조

Table 1. Research contents and Procedure.

Phase		Research contents and Procedure
Environmental ecology status	Natural environment	<ul style="list-style-type: none"> Weather conditions: Analysing the change of high plateaus wetland's temperature, rainfall Hydrosphere system status: Analysing the inside water flow at wetland Topological structure: Analysing the slope, aspect and the attitude of elevation around the wetland
	Vegetation	<ul style="list-style-type: none"> Flora: Creating the list of the whole species that appear in wetland Actual vegetation: According to the distribution of dominant species, mapping the mountainous wetland and actual vegetation Vegetation structure: Analysing the representative vegetation type through the Braun-Blanquet methods
	Soil ecosystem	<ul style="list-style-type: none"> Analysing physico-chemistry characteristics
Wetland management plan		<ul style="list-style-type: none"> Preventive management for changing and transforming wetland into degradation by artificial impacts Suggesting the ecosystem management that is including the xerophytic plants management, that is based on the types of conservation and management, figure out changing and transforming wetland into degradation

본군락의 분포 형태, 또한 고려하여 조사하였다. 토지이용은 식생이 분포하지 않는 지역을 대상으로 조사하였는데 습지에 악영향을 미칠 수 있는 문화재인 북문과 성곽이 인근에 입지해 있고 등산객을 위한 대피소, 주차장, 약수터 등이 조성되어 있어 이를 조사하여 관리 계획 수립시 반영하고자 하였다. 한편, 식생 조사는 적절한 공간규모를 가져야 하므로(Mitsch and Wilson, 1996) 현존식생을 바탕으로 초본의 경우 2m×2m 방형구를 대표적인 군집에 설정하고 조사구 개소수는 Cox(1996)의 제안에 따라 식생 면적과 가시적인 서식처 다양성의 조합으로 결정하였다. 대상지에서는 외형적인 유형을 대표하는 진퍼리새군락, 참억새군락 등에 총 7개의 조사구를 설치하였다. 대표종에 가중치를 부여해야 한다는 견해에 따라(Tiner, 1999; Reed's, 1988) 산지습지 의존종을 중심으로 조사하였다. 식생조사는 Braun-Blanquet(1964)의 방법에 따라 우점도와 군도를 각각 조사하였고 조사구내 우점종의 분포 현황을 도면화하였다.

산지습지의 훼손은 배수와 침식이 가장 심각한 영향을 미친다고 하였으므로(Chapman et al., 2003; Durmuş et al., 2013) 가치를 유지하기 위한 관리방안으로는 주변 토지이용으로 인한 피해, 수계의 부적절한 연결에 의한 건조화 등을 방지하기 위한 안정화 및 관리방안을 제안하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 연구대상지

1) 지형 및 지질 구조

산지습지는 크게 사면형과 분지형 또는 경사형과 평지형으로 분류된다고 하였는데(Moon, 2005; Kim et al., 2008), 지형분석 결과(Fig. 2) 대상지는 경사도 5°미만이 약 80% 이상으로 평지형에 속하였으며 경사도 10°이상이 분포하나 습지 주변에 위치한 목본이 우점하는 산림이었다. 향은 일부 북향이 등산로를 중심으로 우측에 분포하나 대부분 평지 또는 남향 및 남동향이었고 해발고는

550~600m로 높지 않았다. 일반적으로 산지습지는 경사도, 곡률, 식생지수, 습윤지수, 토양 배수등급에 따라 판단해야 하나(Baek and Jang, 2013) 지형분석 결과로는 해발 600m 내외, 경사도 10°미만에 분포한다라는 기존 연구(Park et al., 2007; Ku and Seo, 2007)와 일치하였다. 금정산 일대의 기반암은 각섬석화강암으로 구성되어 있으며 절리의 주향은 대체로 남북방향, 동서방향이며 60°이상의 절리 경사각을 가지고 있다고 하였다(Cha et al., 2010). 산지습지의 지표종인 진퍼리새가 우점하는 지역에 대한 토양 분석 결과 토양 pH는 5.3이었고 토성은 미사질식토로 유기물 함량은 약 24%로 점토함량이 높은 상태로(Kim et al., 2009) 장도 산지습지 내 초본 군락지의 토양 pH 5.25, 유기물함량 20.6%와는 유사했으나(Song et al., 2006) 일반 산림토양 평균 6.4%(Yoo et al., 1995) 보다 높았다. 산지습지는 물의 배수를 방해하는 수반이 위치하는 곳에 형성되는데(Francel et al., 2004) 대상지는 화강암 기반 위에 약 80cm 이상의 이탄이 쌓인 구조로(Kim et al., 2009) 고당봉과 원효봉이 만나는 집수구역에 입지하여 급격한 유출이 없는 한 유지될 것으로 판단되었다.

2) 수계구조

습지생태계는 수문학적 변화에 취약하기 때문에 복원 또는 관리를 위해서는 현 수계의 공간적 평가가 선행되어야 한다고 하였는데(Liu, 2011; Ehrenfeld, 2000), 대상지로 직접 연결되는 수로는 없었으나 주변에 약수터가 위치해 있어 적은 양이지만 북측 성곽 변에 위치한 습지로 유입되고 있다(Fig. 3). 다만 성곽 보수공사시 설치한 배수로로 인해 유출되고 있어 관리가 필요한 것으로 판단되었다. 반면, 등산로가 중간에 위치하여 원효봉에서 내려오는 수계를 차단하고 있었는데 등산객과 자동차 통행에 의한 답압이 주요 훼손 요인이었다. 배수 변화는 산지습지의 발달과 쇠퇴를 결정하는 중요한 요인이므로 보전 관점에서 주변 지역 계획의 필요성을 강조한 바 있는데(Kim and Han, 2005) 특히, 물관리 실패는 토양 침식, 수질 저하, 건기 수량 감소, 지하수위 하강, 물의 유용성 감소 등을 초

Fig. 2. The topographic analysis map around the Geumjeong North-Gate Mountainous Wetland.

Fig. 3. The map of hydrosphere system status at the Geumjeong North-Gate Mountainous Wetland.

래할 수 있다고 하였다(Teferi, 2010). Durmuş et al.(2013)에 의하면 침식이 습지 유지를 위한 가장 심각한 환경문제라고 하였는데 현재까지 등산로 주변을 제외하면 심각한 침식은 없었으나 집중호우시 중앙에 조성된 주차장으로부터 습지 내부, 즉 산지습지의 대표군락인 진퍼리새 군락으로 토사 및 유기물이 유입되는 현상에 대한 관리의 필요함으로 파악되었다. 일반적으로 산지습지는 배수와 주변 지역 및 내부 이용이 주요 훼손 요인이므로(Chapman et al., 2003) 습지 인근에 위치하여 건조화와 토사유입의 근원이 되는 등산로, 주차장 등에 대한 관리와 수계의 습지 유도 방안이 강구되어야 할 것이다.

3) 기상개황

기후표를 분석한 결과(Korea Meteorological Administration, 1991; 2001; 2011), 세 시기동안 평균기온은 0.6°C, 강수량은 46.4 mm 증가한 반면, 상대습도는 2.0%, 평균풍속은 0.6m/s, 증발량은 80.7mm가 감소하였다(Table 2). 산지습지에 영향을 미칠 수 있는 온도는 1~6°C 상승할 것이라고 경고한 IPCC(2001; 2007)의 예측치와 유사한 상태로 건조화가 유발될 가능성이 있었다. 다만, 강수량 증가, 풍속과 증발량 감소는 온도 상승 효과를 상쇄하는 요인이기 때문에 장기 모니터링이 필요한 것으로 사료되었다.

2. 식물생태

1) 식물상

식물상 조사 결과, 총 41과 104속 143종이 분포하고 있었으며, 변종 8종, 품종 1종이 출현하였다. 희귀종은 키큰산국 1종이 관찰되었다. 북문 산지습지는 진퍼리새, 참억새 등이 우점하나 습한 곳의 하부에는 Heinselman(1970)이 이탄습지의 지표종이라고 한 물이끼가 분포하고 있었다. 관찰된 종 중에는 Lee et al.(2012)이 보호가치가 높다고 언급한 진퍼리새, 감자개발나물, 키큰산국 등 산지습지 지표종도 포함되어 있었다. 산지습지는 빈영양상태, 낮은 온도, 높은 산도로 인해 종이 빈약한 식생군집이 형성된다고 한 바 있으나(Andersen et al., 2012) 다양한 습윤지성 식생이 분포하는 본 대상지에서는 이러한 특성을 파악하기는 어려웠다. 하지만 귀화종인 개망초, 돌소리쟁이, 돼지풀, 미국가막사리, 미국개기장, 서양민들레, 애기수영, 오리새, 털별꽃아재비, 토끼풀 10종과 참억새, 쑥 등 건조지성 초본이 우점하고 있어 건조화 및 훼손에 의해 면적이 늘어날 가능성이 우려되었다. 산지습지는 희소종의 분포지로서 중요하나(Chapman et al., 2003) 토양 침식, 배수, 지하수위 하강 등은 습지 의존종의 분포를 제한할 수 있으므로(Teferi, 2010) 습윤지성 식물과 물고임 습지를 유지하기 위한 수계 관리계획이 수립되어야 할 것이다.

2) 토지이용 및 현존식생

습윤지성 식생이 분포하는 지역을 중심으로 일대 지역의 우점종과 이들 종의 생육특성을 고려하여 현존식생을 조사한 결과(Table 3, Fig. 4) 자생종 목본이 전체 면적의 52.03%로 가장 넓었고 초본이 우점하는 면적은 총 11,972m²(26.78%)로 진퍼리새, 기장대풀, 사조류 등의 습윤지성 초지(14.22%)와 참억새, 비노리 등의 건조지성 초지(12.56%)로 구분되었다. 진퍼리새로 대표되는 산지 중간습원은 희소성으로 인해 보전가치가 충분하나 육상식물의 침입, 역새군락으로의 건생천이, 주변 집수구역의 훼손, 지하수의 급격한 유출에 의한 훼손가능성이 제기되고 있다(Kim et al., 2008; Shin et al., 2005). 또한 산지습지는 지표면 기복발생, 함몰 과정을 거쳐 주변에서 지하수가 유입되면 형성되고 이후 습윤지성 초본이 우점하는 과정을 거쳐 발달되는데(Son and Park, 1999) 시간 더

Table 2. The temperature and annual precipitation at Busan meteorological observatory for 30 years.

Classification	Average temperature (°C)	Highest temperature (°C)	Lowest temperature (°C)	Precipitation (mm)	Evaporation (mm)	Average wind velocity (m/s)	Average humidity (%)
1981~2010	14.7	18.9	11.3	1519.1	1151.2	3.7	64.7
1971~2000	14.4	18.7	11.1	1491.5	1187.8	4	66.2
1961~1990	14.1	18.3	10.8	1472.7	1231.9	4.3	66.7

Table 3. The area and ration of actual vegetation and land cover types at the Geumjeong North-Gate Mountainous Wetland.

Classifi- cation	Detail classification	Area (m ²)	Ratio (%)	Classifi- cation	Detail classification	Area (m ²)	Ratio (%)
Wet grassland	1. <i>Molinia japonica</i>	2,212	5.40	Indigene arbor	22. <i>Quercus mongolica</i>	5,270	12.86
	2. <i>Isachne globosa</i>	1,314	3.21		23. <i>Quercus serrata</i>	1,171	2.86
	3. <i>Microstegium vimineum</i>	88	0.21		24. <i>Styrax japonicus</i>	176	0.43
	4. <i>Acorus calamus</i>	179	0.44		25. <i>Rosa multiflora</i> var. <i>multiflora</i>	310	0.76
	5. <i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>	1,296	3.16		26. <i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>mucronulatum</i>	531	1.30
	6. <i>Epilobium pyrricholophum</i>	387	0.94		27. <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	179	0.44
	7. <i>Microstegium vimineum</i> var. <i>imberbe</i>	149	0.36		28. <i>Rubus crataegifolius</i>	64	0.16
	8. <i>Carex</i> spp.	93	0.23		29. <i>Ligustrum obtusifolium</i>	29	0.07
	9. others(wet grassland)	68	0.17	Subtotal		21,321	52.03
Subtotal		5,824	14.22	Introduce d arbor	30. <i>Pinus rigida</i>	1,271	3.10
Dry grassland	10. <i>Eragrostis multicaulis</i>	163	0.40		31. <i>Chamaecyparis obtusa</i>	36	0.09
	11. <i>Zoysia japonica</i>	424	1.03	Subtotal		1,307	3.19
	12. <i>Setaria glauca</i>	92	0.23	Etc.	32. Bare land	1,715	4.18
	13. <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>sinensis</i>	4,066	9.92		33. Trail	3,096	7.55
	14. <i>Bidens pilosa</i> var. <i>pilosa</i>	187	0.46		34. Fortress gate	49	0.12
	15. <i>Artemisia princeps</i>	254	0.62		35. Mountain fortress	331	0.81
Subtotal		5,148	12.56		36. Shelter	81	0.20
Indigene arbor	16. <i>Pinus densiflora</i>	3,149	7.68		37. Drinking fountain	9	0.02
	17. <i>Pinus thunbergii</i>	3,461	8.44		38. Parking lot	1,956	4.77
	18. <i>Carpinus tschonoskii</i>	935	2.28		39. Toilet	58	0.14
	19. <i>Carpinus turczaninowii</i>	5,030	12.27		40. Rock	96	0.23
	20. <i>Quercus acutissima</i>	299	0.73	Subtotal		7,391	18.02
	21. <i>Quercus dentata</i>	717	1.75	Total		40,989	100.00

Fig. 4. The actual vegetation and land cover types map of the Geumjeong North-Gate Mountainous Wetland.

지나면 건조지성 식생으로 천이가 진행된다고 하였다(Kim and Ku, 2005). 대상지도 수계 단절, 이용압, 나지화로 인한 토사 유입 등에 의해 보호가치가 있는 식생의 면적은 좁아지는 반면, 참억새 등 건조지성 식생은 넓어지는 등 건조화 진행의 징후가 나타나고 있었다. 다만, 이탄의 축적과 함께 건조식생으로 진행된다는 개념과는 다른 식생발달이 가능하기 때문에(Heinselman, 1970) 이탄지대 발달과 식생 사이의 관계에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 한편, 산지습지에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 토지피복 유형으로는 등산로(7.55%), 주차장(4.77%), 나지(4.18%), 화장실(0.16%) 등이 분포하였으며 그 외에도 문화재인 금정산성(0.81%), 북문, 약수터 등도 주요 유형이었다. 습지는 인위적인 관리를 제한해야 하나 중심부를 관통하는 등산로, 대피소와 연결된 주차장은 습지를 이분할 뿐만 아니라 강우시 토사유입, 수계단절 등 악영향을 미칠 수 있는 요인으로 판단되었다.

주변 지역에는 교목성상의 목본이 우점하였는데 신갈나무(12.86%), 소나무(12.27%), 곰솔(8.44%), 소나무(7.68%) 등이 분포하였다. 습지 주변 및 하단부는 습윤한 상태로 소나무, 신

갈나무 등 낙엽활엽수가 우점하였으나 상부는 건조하여 소나무, 곰솔 등이 분포하였고 일부 지역에는 리기다소나무, 편백이 조림되어 있었다. 또한 건조화 또는 답압의 영향을 받는 습지 주변부는 때죽나무, 켄데꽃, 진달래, 산철쭉 등 관목이 우점하고 있어 장기적인 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

3) 습지단면 및 식생현황

(1) 종단면현황

Fig. 5는 습지의 종단면 현황으로 성곽에서부터 주차장(나지)를 거쳐 산림으로 이어지는 구조이다. 성곽과 인접한 소규모 습지는 문화재 보수로 나지가 드러난 상태이며 인위적인 배수로 인해 약수터로부터 유입되는 물이 바로 유출된다는 문제점이 있었다. 수문공학적으로 도랑 막음이 극단적인 기후에서도 안정적인 서식처를 제공하는 것으로 밝혀진 바 있어(Smith, 2013) 성곽의 안정성에 위협을 주지 않는 범위에서 물고임을 유지해야 할 것이다. 한편, 등산로와 연결되어 나지상태인 주차장이 약 50m 폭으로 조성되어 있었는데 우기시 토사, 부유물 등이 습지 내부로 유입되고 있어 식생恢

Fig. 5. The current vegetation and land cover map of cross section (Section A-A').

손이 우려되었다. 주차장과 접한 50m 폭의 습지는 진퍼리새, 큰들성이삭새 등 습윤지성 초본이 우점하여 가치는 높은 것으로 보이나 일부 지역에 참억새가 분포하는 등 건조화 가능성이 높아 이들 식생에 대한 관리가 필요한 것으로 판단되었다. 산림지역은 소나무, 참나무류 등이 혼효되어 있으나 하층식생이 훼손되어 우기시 과도한 양의 유기물 유입이 우려되므로 하층식생 복원이 선행되어야 할 지역이었다.

(2) 횡단면현황

우측에서 부터 산림에서 초본식생지, 등산로 및 초본, 산림으로 연결되는 구조이다(Fig. 6). 등산로와 수로에 의해 산림에서 내려오는 수계가 단절되어 있었고 탐방객에 의한 답압과 문화재보수를 위한 차량 통행에 의한 수계 단절 고착화가 우려되었다. 등산로와 접한 좌측은 습윤지성 초본인 진퍼리새, 큰들성이삭새 등이 우점하는 보호가치가 높은 지역이나 산림, 등산로, 주차장 등과 접한 경계부는 참억새 등 건조지성 초본과 미국가막사리 등 귀화종이 우점하

고 있어 관리가 필요한 것으로 판단되었다. 금정산 북문 산지습지 내부를 등산로에 의해 원효봉으로부터 유입되는 수계가 차단되어 있었는데 건조화를 방지하기 위해서는 향후 테크설치 등 지표수 연결계획이 수립되어야 할 것이다.

지형과 수계는 초본식생지의 식물다양성 패턴을 결정하는 결정인자라고 하였는데(Moeslund et al., 2013) 물고임 습지의 형성을 방해하는 인위적인 배수로, 등산로에 의한 유입차단, 주차장에 의한 토사유입 등 훼손 요인에 대한 관리가 필요하다는 판단이다. 또한 습지를 가로지르는 등산로와 토지이용은 습지생성 및 유지에 중요한 인자인 수문환경 훼손을 유발할 수 있으므로(Mitsch and Gosselink, 2000) 정확한 생태적 특성 파악과 더불어 보전 및 관리 방안 수립이 필요하다.

4) 식물군집구조

습지의 건조화 및 훼손여부는 단기간에 파악이 어려운 것으로 장기적인 변화 예측과 효율적인 관리 방안을 도출하기 위해 대표하

Fig. 6. The current vegetation and land cover map of cross section (Section B-B').

는 식생군집조사를 실시하였다. 우점도와 군도를 기준으로 살펴보면(Table 4, Fig. 7) 조사구 1에서는 큰뜸성이삭새가 5·5로, 조사구 2에서는 기장대풀이 4·4로 우점종이었고 큰뜸성이삭새, 골풀, 참억새 등이 동반종이었다. 조사구 3에서는 올챙이고랭이와 골풀이 각각 3·3의 수치로 경쟁관계를 보였고 조사구 4에서는 올챙이고랭이, 미꾸리나시, 기장대풀 등이 혼생하고 있었다. 조사구 5는 산지습지의 대표종인 진퍼리새가 우점하였고, 조사구 6은 참억새가 우점하는 군집으로 쭉, 인동 등의 건조식생이 함께 출현하였으며 조사구 7은 진퍼리새와 참억새가 경쟁상태이었다. 조사구 1, 2, 4, 5는 진퍼리새, 큰뜸성이삭새, 기장대풀 등이 우점하는 습윤한 지역이었고 조사구 3은 인위적으로 형성되었으나 물고임 지역으로 창포, 올챙이고랭이가 우점종으로 경쟁상태를 보였다. 화분분석을 통해 생성 및 천이과정을 예측한 결과를 살펴보면(Park and Jang, 1998; Chang et al., 1987) 과습한 상태, 온난과습한 상태를 거쳐 점차 참억새 등이 우점하는 건조한 상태로 진행된다고 하였다. 내부 지역은 습윤지성 식생이 우점하여 현 상태를 유지하겠으나 진퍼리새와 참억새가 경쟁하는 지역은 향후 습윤지성에서 건조지성으로 천이될 가능성이 높은 지역이므로 수계 관리를 통한 지하수위 유지가 필요한 것으로 사료되었다. 한편, 식생유형은 물의 속성변화, 이탄 표면의 유형, 물 흐름의 경로(Heinselman, 1970)와 미세지형에 따라 달라진다고 하였는데(Rossell et al., 2009), 대상지의 식생 다양성은 미세지형과 연관성이 있는 것으로 판단되었다. 결과적으로 습윤지성 식생이 분포하는 곳은 평탄지로 보이나 평지, 경사지, 침강지 등 미세지형의 변화가 나타나고 있어 좁은 면적임에도 진퍼리새, 큰뜸성이삭새, 기장대풀 등 다양한 식생이 분포하는 것으로 판단되었다.

3. 훼손현황 및 관리방안

습지의 안정적인 관리와 성공적인 복원을 위해서는 기능적인 측면, 특히 수문, 토양, 식생에 대한 이해가 필수적이라고 하였다(Mitsch and Wilson, 1996; Mitsch and Gosselink, 2000). 산지습지의 보전 및 관리에 있어서는 생태계구조, 영양구조, 종다양성 등 구조와 기능적인 측면에서 생태계를 재생하거나 개선하려는 일반적인 목표를 지향하지만(Gorham and Rochefort, 2003), 복원은 훼손이 전제되기 때문에 장기적인 측면에서 보전이 우선되어야 한다고 하였다(Cuperus et al., 1996; Murica, 1995). 다만 본 연구 대상지인 금정산 북문 산지습지는 북문, 성곽 등 문화재가 가까이에 입지해 있을 뿐만 아니라 주차장, 휴게소, 화장실 등 편의시설로 인한 훼손 우려가 커 보전, 관리보다는 복원에 우선 순위를 둔 관리를 제안하고자 한다. 보전과 관련해서는 이탄층 또는 습지를 생육 기반으로 하는 진퍼리새, 키큰산국 등의 분포지를 우선적으로 보전

하는 것이 바람직하다고 한 Kim and Han(2005)의 견해를 따르고자 하였으며, 다만 현재의 상태를 유지하기 위하여 건조지성 초본 및 귀화종의 확산 방지가 선행되어야 할 것이다. 관리에 있어서는 문화재 복원지와 등산로 및 주차장 주변에 조성된 완충형 식재지는 각각 문화적인 가치와 습지로의 유기물 유입을 차단하는 역할을 수행하고 있으므로 더 이상의 확산을 막는 수준에서 현상태를 유지하는 것이 필요하다.

복원에 있어서는 훼손 유형인 수계단절, 토사류 유입, 하층식생 훼손, 건조화 및 귀화종 확산에 따른 대책을 제안하였다(Table 5, Fig. 8). 첫째, 수계단절 복원방안을 제안함에 있어서 일반적으로 산지습지 관리를 위해서는 수계의 공간적 평가가 선행되어야 한다고 하였는데(Ehrenfeld, 2000) 대상지에서는 약수터로부터 유입되는 물이 습지 외부로 유출되는 것과 더불어 등산객 및 차량이 다니는 등산로, 쾌적한 보행을 위한 배수로 조성으로 인해 원효봉에서 유입되는 수계가 직간접적으로 단절되어 있었다. 습지를 안정적으로 관리하기 위해서는 과도한 지하수 유출 억제와 물고임 습지 안정화를 제안한 바 있는데(Lee et al., 2012) 이는 인위적인 건조화를 방지하고자 한 것이다. 등산로를 통한 잦은 차량 통행은 토양 고결의 원인이 되는데 원효봉에서 습지로 유입되는 지하수 및 지표수의 흐름을 단절시킬 것으로 예측되는 바, 습지를 관통하는 등산로 구간에 대해 데크 설치를 통한 답압 피해 방지 및 수계 연결이 필요한 것으로 판단되었다. 또한 문화재인 산성 관리의 필요성으로 인해 약수터 물을 외부로 배제시키고 있는 데 가능한 습지로 유도하여 수분을 확보할 수 있도록 해야 할 것이다.

둘째, 토사류 유입을 관리함에 있어서 문제점은 강우시 등산로, 주차장 등 노출된 나지를 통해서 토사가 진퍼리새 등 습윤지성 식생 분포지로 들어온다는 것이다. 지형 및 기후와 밀접한 관계를 갖는 수문은 습지의 발전과 쇠퇴에 영향을 미치는 매우 중요한 요인이므로 도랑 막음 등 극단적인 방법을 동원해서라도 안정성을 유지해야 된다고 하였기 때문에(Smith, 2013) 토사류 유입에 영향을 미칠 수 있는 주차장 등의 나지 복원, 배수로 폐쇄 등 적극적인 수계 관리 및 복원계획을 실행해야 할 것으로 사료된다.

셋째, 하층식생 훼손에 따른 피해는 습지 상부에 입지한 곰솔군락이 등산객 휴식처로 활용되면서 하층식생이 훼손되었는데 이로 인해 강우시 토사류, 낙엽, 잔가지 등 과다한 유기물이 습지로 직접 유입되면서 발생하는 것이다. 일반적으로 사면에 떨어지는 빗물은 여러 물질과 함께 습지로 유입되어 토양층 변화를 유발하지만(Mitsch and Gosselink, 2000), 산림식생과 습지의 경계부에 위치한 발달된 임연 식생은 토사, 낙엽, 잔가지 등의 유입을 막아주어 습지의 온전성을 유지할 수 있게 한다고 하였으므로(Kim and Han, 2005) 관목층, 초본층 등 하층식생 복원을 습지의 질적인 악화를

Table 4. Dominance and sociability of representative vegetation communities at the Geumjeong North-Gate Mountainous Wetland.

Scientific name	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7
<i>Molinia japonica</i>	-	-	-	-	5·5	1·1	4·4
<i>Microstegium vimineum</i> var. <i>imberbe</i>	5·5	2·2	-	-	-	-	-
<i>Isachne globosa</i>	1·1	4·4	-	3·3	-	-	-
<i>Scirpus juncoides</i> var. <i>hotarui</i>	-	-	3·3	3·3	-	-	-
<i>Persicaria sagittata</i>	+·1	1·1	-	3·3	-	-	-
<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>	1·1	2·2	3·3	2·2	-	-	-
<i>Acorus calamus</i>	-	-	-	1·1	-	-	-
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>sinensis</i>	-	2·2	-	-	1·1	5·5	3·3
<i>Bidens frondosa</i>	+·1	-	-	1·1	-	-	-
<i>Iris ensata</i> var. <i>spontanea</i>	1·1	-	1·1	-	-	-	-
<i>Persicaria thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Juncus krameri</i>	-	-	-	1·1	-	-	-
<i>Arthraxon hispidus</i>	-	-	-	1·1	-	-	-
<i>Aneilema keisak</i>	-	-	-	1·1	-	-	-
<i>Juncus tenuis</i>	-	-	-	1·1	-	+·1	-
<i>Artemisia princeps</i>	-	-	-	-	-	1·1	-
<i>Lycopus lucidus</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sanguisorba tenuifolia</i>	-	-	-	-	-	r·1	-
<i>Loniceria japonica</i>	-	-	-	-	-	1·1	-

1. *Isachne globosa* 2. *Miscanthus sinensis* 3. *Microstegium vimineum* var. *imberbe* 4. *Scirpus karuzawensis*
 5. *Scirpus juncoides* 6. *Acorus calamus* var. *angustatus* 7. *Juncus effusus* var. *decipiens* 8. *Juncus krameri*
 9. *Iris ensata* var. *spontanea* 10. *Persicaria sieboldii* 11. *Sium ninsi* 12. *Molinia japonica*

Fig. 7. Crown projection of representative communities of the Geumjeong North-Gate Mountainous Wetland.

Table 5. The Geumjeong North-Gate Mountainous Wetland's problems and management plan.

Sort	Detailed contents	Management measures
Preservation	1. Wetted grassland distribution area like <i>Molinia japonica</i>	■ Maintaining the current status and managing the arid and naturalized species
Management	2. Cultural assets restoration area	■ Maintaining the current status and preventing the widespread
	3. Buffer vegetation area	
	4. Disconnect water flow ■ Disconnect the water flow created by means of the visitors' cars traveling in and out of area ■ Intentional outflow from the well	
	5. Inflow organic matter ■ During the rain, inflow from soil and organic matter traveled from parking lot and trail to wetland	■ Set up a wooden trail within the wetland to prevent hardening of the soil as visitors walk ■ Inflow of the water from the well to majority of wetland
Restoration	6. Understory vegetation damaged area ■ Inflow of organic matter from extant forest deforested an understory as visitors	■ Restore bare land, such as parking lot, to wetland ■ Preventing the inflow of soil and organic matter throughout the understory; vegetation restoration
	7. Aridness and Naturalized species ■ Aridity caused by the outflow of surface water coupled with disconnection of subterranean water ■ Widening of arid and naturalized vegetation due to lack of management ■ Inducing the naturalized species by means of the visitors' regard for care of the region.	■ Inflow surface and subterranean water from the surrounding area ■ Manage the arid grassland and shrubs, and the naturalized species before the fruiting ■ Prevent the abandonment of seeds from public relations

Fig. 8. The map of mountainous wetland current damaged statue and management plan.

막아야 할 것이다.

마지막으로 건조화와 귀화종 확산은 지표수 유출, 지하수 단절에 의해 초래되는데 이로 인해 물고임 습지와 습윤지성 초본식생의 대표 수종인 진퍼리새군락의 쇠퇴가 유발될 수 있다. 산지습지는 강우를 통해 유지되므로 건조화 방지를 위해서는 인위적인 유출 방지, 물고임 습지 유지와 더불어 식생관리가 필요하다고 하였다 (Moon, 2005). 식생관리 측면에서 Lee et al.(2012)은 참억새 등 건조지성 초본 뿐만 아니라 미역줄나무, 산철쭉 등도 습윤지성 초본 식생과 경쟁할 것으로 예측한 바 있어 확대여부에 대한 모니터링 결과를 바탕으로 관리계획이 수립되어야 할 것이다. 또한 산지습지에서의 천이는 과습한 상태, 온난 과습한 상태를 거쳐 건조한 식생으로 진행된다고 하였기 때문에(Park and Chang, 1998; Chang et al., 1987) 건전한 상태를 지속적으로 유지하기 위해서는 건조화에 대한 관리가 필수적이다. 다만, 이탄의 축적과 함께 적운식물 쪽으로 간다라는 일반적인 천이의 개념과는 다른 식생의 발달도 예측할 수 있기 때문에(Heinselman, 1970) 이탄 지대 발달과 식생 사이의 관계에 대한 장기적인 연구가 필요한 것으로 판단된다. 결과적으로 천이는 자연스러운 과정이나(Lee et al., 2012) 주변 지역의 인위적인 훼손, 간섭은 속도를 촉진시키므로 체계적인 보전·관리계획이 필요하다. 한편, 귀화종은 등산객, 공사차량에 의해 유입된 것으로 추정되며 건조화의 영향으로 확산될 우려가 있었다. 금정산 북문 산지습지는 도시화 지역과 가깝고 문화재 등 관광객의 방문이 빈번하여 현 상태를 방지한다면 지속적인 유입 및 확산이 우려되는 상태이다. 또한 귀화종은 방지하면 확산될 수 있기 때문에 Lee et al.(2012)의 견해에 따라 개화결실기 이전인 봄철과 여름철에 집중 관리하여 확산되는 것을 방지해야 할 것이다.

자연자원의 연속적인 유지·관리를 위해서는 자연자원과 사회경제적인 이용간의 관계를 어떻게 지속가능하도록 정립할 것인가라는 물음에 기초해서 조사·분석·평가할 것을 권고하였는데(Durmuş et al., 2013), 자원을 건전하게 이용하기 위해서는 참가적인 접근과 지속가능성에 대한 개념 정립이 선행되어야 할 것이다.

IV. 적요

금정산 북문 산지습지의 생태적 특성 및 훼손 대책을 제안하기 위하여 자연환경 및 자연생태계 특성 파악, 훼손 및 교란 실태 파악으로 구분하였으며 현황에 대한 정확한 도면화 자료를 바탕으로 관리방안을 제안하고자 하였다. 대상지는 경사도 5° 미만이 약 80% 이상으로 평지형 습지에 해당되었으며 화강암 기반 위에 이탄이 쌓인 구조로 집수구역에 입지하여 급격한 물 유출이 없는 한 유지될 것으로 판단되었다. 식물상은 총 41과 104속 143종이 분포하

였는데 진퍼리새, 감자개발나물, 키큰산국 등 보호가치 종이 분포하였다. 현존식생은 진퍼리새, 기장대풀, 사초류 등 습윤지성 초지(14.22%)와 참억새, 비노리 등 건조지성 초지(12.56%)가 대표적이었는데 진퍼리새와 참억새, 관목이 혼생하는 지역은 건조화가 진행되고 있었다. 결국 대상지는 수계 단절, 이용압, 나지화로 인한 토사 유입 등에 의해 보호가치가 있는 식생의 면적은 좁아지는 반면, 참억새 등 건조식생은 넓어지는 등 건조화 진행의 징후가 나타나고 있어 관리가 필요한 것으로 판단되었다. 금정산 산지습지의 훼손현황을 크게 식생지역과 나지지역으로 나누어 보면 먼저, 식생지역에서는 상부 산림의 하층식생의 훼손과 나지 및 등산로 변에 조성된 인위적인 완충녹지, 건조지성 식생의 미 관리가 주 훼손요인이었다. 나지지역은 답압과 수계 유출, 나지로 인한 토사 유입, 귀화종 확산이 큰 훼손요인이었다. 등산로와 주차장이 대표적인 나지지역으로 잦은 등산객의 방문과 차량통행은 토양고결의 원인이 되며 원효봉으로부터 유입되는 지하수 및 지표수의 흐름에 영향을 미쳤다. 등산객과 차량의 출입은 귀화종 및 건조지성 식생을 유입할 수 있으며 나지 지역을 확산시킴으로써 강우시 토사유입에도 영향을 미친다. 이를 해소하기 위해서는 하층식생 복원, 습지복원 등을 통해 토사 및 유기물의 유입을 방지하고 지표수 및 지하수 연결, 건조화 또는 훼손지 확산을 방지하여 산지습지를 온전하게 유지하기 위한 관리가 필요하다. 다만, 산지습지의 보전·관리를 실행함에 있어서 지속가능성의 달성을 확인하기 위해서는 적어도 한번의 홍수와 가뭄 순환을 통해 적응적인 관리가 이루어져야 하고 십수년간의 관찰이 필요하다고 하였으므로(Gorham and Rochefort, 2003) 정확한 생태적 특성 조사 자료를 바탕으로 단기적인 관리보다는 모니터링이 전제된 장기적인 측면에서의 관리가 필요하다는 판단이다.

본 연구는 식생학적 측면에서 금정산 북문 산지습지의 특성을 파악하고 관리방안을 제안하였으나 생태계는 생물과 무생물의 조합으로 이루어져 있기 때문에 종합적인 접근이 필요하다. 따라서 향후 생육기반에 해당되는 토양 특성, 소비자에 해당되는 야생동물에 대한 상세한 조사가 이루어져야 할 것이며 이를 바탕으로 건조화 및 훼손 방지, 생물서식처 유지를 위한 관리방안의 제안이 이루어져야 할 것이다. 또한 단기적인 조사로는 기후변화와 연계된 식생변화, 훼손원인 등을 파악하기 어려우므로 장기적인 모니터링 계획에 따른 생태계 조사가 이루어져야 할 것으로 사료되었다.

V. References

- Andersen, R., S. J. Chapman, and R. R. E. Artz. 2012. Microbial communities in natural and disturbed peatlands: A review. *Soil Biology and Biochemistry*.
Anderson, B.W., R.D. Ohmart, and J. Rice. 1981. Seasonal changes

- in avian density and diversities. *Studies in Avian Biology* 6: 262-264.
- Armentano, T.V. and E.S. Menges. 1986. Patterns of change in the carbon balance of organic-soil wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* 74:755-774.
- Baek, S.G. and D.H. Jang. 2013. Potential mapping of mountainous wetlands using weights of evidence model in Yeongnam area, Korea. *Journal of the Korean Geomorphological Association* 20(1):21-33.
- Barbier E.B., M.C. Acreman, and D. Knowler. 1997. *Economic Valuation of Wetlands: A Guide for Policy Makers and Planners*. Ramsar Convention Bureau, Gland Switzerland.
- Berhanu, G. 2012. *Valuation of Choke Mountain Range Wetland Ecosystem, East Gojjam, Amhara Region, Ethiopia: Application of Choice Experiment Valuation Method*. Addis Ababa University. Department of Economics. Degree of Masters of Science in Economics (International Economics).
- Bragg, O. M. and J. H. Tallis. 2001. The sensitivity of peat-covered upland landscapes. *Catena* 42(2):345-360.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie, Grundzude de Vegetation-skunde*. 3rd ed. New York: Springer.
- Cha, E.J., S.Y. Hamm, H.J. Kim, J.H. Lee, J.Y. Cheong, and S.I. Ok. 2010. Geological Characteristics of a Wetland in Mt. Geumjeong. *Journal of Korean Wetlands Society* 12(2):1-12.
- Chang, N.K., Y.P. Kim, I.H. O, and Y.H. Son. 1987. Past vegetation of moor in Mt. Daeam in terms of the pollen analysis. *Korean J. Ecol.* 10(4):195-204.
- Chapman, S., A. Buttler, A.J. Francez, F. Laggoun-Défarage, H.M.S. Vasander, J. Combe, P. Grosvernier, H. Harms, D. Epron, D. Gilbert, and E. Mitchell. 2003. Exploitation of northern peatlands and biodiversity maintenance: a conflict between economy and ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1(10): 525-532.
- Choi, K.K. and J.K. Koh. 1989. Studies on Moor Vegetation of Mt. Daeam, East-Central Korea. *Korean J. Ecol.* 12(4):237-244.
- Clymo, R. S. 1987. The ecology of peatlands. *Sci. Prog. Oxford* 71: 593-614.
- Cox, G. W. 1996. *Laboratory manual of general ecology*, 7th ed. Dubuque, IA: W.C. Brown Publishers p.232.
- Cuperus, R., K.J. Canters, and A.A.G. Piepers. 1996. Ecological compensation of the impacts of a road. Preliminary method for the A50 road link(Eindhoven-Oss, The Netherlands). *Ecological engineering* 7:327-349.
- Dahl, T. E. 1990. *Wetlands losses in the United States 1780s to 1980s*. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington D.C.
- Dufour, A., F. Gadallah, H.H. Wagner, A. Guisan, and A. Buttler. 2006. Plant species richness and environmental heterogeneity in a mountain landscape: effects of variability and spatial configuration. *ECOGRAPHY* 29:573-584.
- Durmuş, A., Ş. Alp, Ö. Adizel, M. Ünal, O. Karabacak, E. Y. Demirci, M. Erman, and Ş. Berbera. 2013. A Comparison of Management Planning Principles of Wetland Ecosystem (The Delta of Bendimahi) and Mountain Ecosystem (Mountain of Ispiriz) In The Van Lake Basin/TURKEY. *Advances in Environmental Biology* 7(3):434-440.
- Ehrenfeld, J.G. 2000. Defining the limits of restoration: the need for realistic goals. *Rest. Ecol.* 8:2-9. Hobbs, R.J. and Norton, D.A. 1996. Toward a conceptual framework for restoration ecology. *Rest. Ecol.* 4:93-10.
- Foster, D.R. and H.E.Jr. Writght. 1990. Role of ecosystem development and climate change in bog formation in Central Sweden. *Ecology* 71:450-463.
- Francel, K.E., W.M. Ford, and S.B. Castleberry. 2004. Characterization of high elevation central Appalachian wetlands. *USDA Forest Service. U.S.A.*
- Glaser, P.H. and J.A. Janssens. 1986. Raised bogs in eastern North America: transitions in landforms and gross stratigraphy. *Can. J. Botany* 64:395-15.
- Gorham, E. 1988. Canada's peatlands: their importance for the global carbon cycle and possible effects of "greenhouse" climatic warming. *Transactions of the Royal Society of Canada V* 3:21-23.
- Gorham, E. 1991. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecol. Appl.* 1:182-195.
- Gorham, E. 1995. The biogeochemistry of northern peatlands and its possible responses to global warming. In: Woodwell, G.M. and Mackenzie, F.T. (eds.), *Biotic Feedbacks in the Global Climate System: Will the Warming Feed the Warming?* p. 169-86. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Gorham, E. and L. Rochefort. 2003. Peatland restoration: A brief assessment with special reference to Sphagnum bogs Wetlands *Ecology and Management* 11:109-119.
- Heinselman, M. L. 1970. *Landscape Evolution, Peatland Types, and the Environment in the Lake Agassiz Peatlands Natural Area, Minnesota*. Ecological Monographs 40(2):235-261.
- IPCC. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis*. http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/
- IPCC. 2007. *Climate change 2007: the physical science basis*. http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/
- Jensen, J. R., S. Narumalani, O. Weatherbee, and H.E. Mackey. 1993. Measurement of Seasonal and Yearly Cattail and Waterlily Changes Using Multidate SPOT Panchromatic Data, Photogramm. Eng. Remote S. 59:519-525.
- Joint Nature Conservation Committee. 2011. *Towards an assessment of the state of UK Peatlands*, JNCC report No. 445.
- Kim, B.S. and C.Y. Ku. 2005. Establishing management district for inland wetlands using digital elevation model. *The Journal of GIS Association of Korea* 13(2):167-183.
- Kim, H.G., Y.S. Jeong, and B.H. Koo. 2008. The Discrimination and Vegetation Structure of Several Mountainous Wetlands in Chung-ju and Around Area. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 11(2):55-65.
- Kim, H.J., S.Y. Ham, and J.Y. Jeong 2009. A study on the geological characteristics of mountainous wetland and relation with wetland at Mt. Geumjeong and nearby, Busan. *Proceedings of the Korean Environmental Sciences Society Conference*, Nov, 5-7.

- Kim, J.W. and S.U. Han. 2005. Moor Vegetation of Mt. Shinbul in Yangsan. Korean J. Ecol. 25(2):85-92.
- Koeln, G. 1992. How wet is this wetland? Earth Observation Magazine, July/August, 36-39.
- Korea Meteorolical Administration. 2001. Climatological normals of Korea(1971~2000) p.632.
- Korea National Aroretum-The Plant Toxonomic Society of Korea. 2007. A synonymic list of vascular plants in Korea p.534.
- Ku, C.Y. and J.C. Seo. 2007. The Study on the Extraction of the Potential Mountainous Wetlands Using Geographic Information and Satellite Image. Journal of the Geomorphological Association of Korea 14(1):53-65.
- Lee, S.D. 2007. Ecological Planning Technique for Considering Biotope Evaluation of Housing Development Districts.
- Lee, S.D., S.H. Kim, and J.S. Kim. 2012 Analysis Actual Conditions of Arid Progress and Prevention Management of Hwaem Wetland in Yangsansi. Kor. J. Env. Eco. 26(4):498-511.
- Limpens, J., F. Berendse, C. Blodau, J. G. Canadell, C. Freeman, J. Holden, and G. Schaepman-Strub. 2008. Peatlands and the carbon cycle: from local processes to global implications? a synthesis. Biogeosciences Discussions 5(2):1379-1419
- Liu, H. R., J. Liu, W. Leng, Y. Hu, L. Yang, and H. Liu. 2011. Predicting the wetland distributions under climate warming in the Great Xing'n Mountains, northeastern China. Ecol Res. 26:605-613.
- Lucchese, M.C. 2009. Peatland restoration: an ecohydrological assessment. Master of Science. McMaster University.
- Matthews, E., and Y. Fung. 1987. Methane emissions from natural wetlands: Global distribution, area, and environmental characteristics of sources. Globaliogechemical Cycles 1:61-86.
- Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink. 2000. Wetlands. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Mitsch, W.J. and R.F. Wilson. 1996. Improving the Success of Wetland Creation and Restoration with Know-How, Time, and Self-Design. Ecological Applications 6(1):77-83.
- Moeslund, J.E., L. Arge, P.K. Bøher, T. Dalgaard, R. Ejrnæs, M.V. Odgaard, and J-C. Svenning. 2013. Topographically controlled soil moisture drives plant diversity patterns within grasslands. Biodivers Conserv. 22:2151-2166.
- Moon, H.S. 2005. The Developmental Stages of the Circumstances and Characteristics im Wetland-in the Gyeonggi-Do Mountains-. Journal of the Korean Geomorphological Association 12(4): 55-67.
- Mrcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications or conservation. Trends in Ecology and Evolution 10:58-62.
- Murdock, N. A. 1994. Rare and endangered plants and animals of southern Appalachian wetlands. Water, Air and Soil Pollution 77:385-405.
- National Academy of Agricultural Science. 2000. Analysis Method Soil and Plants. Rural Development Administration p.202.
- Park, J.K. and N.K. Chang. 1998. Past Vegetation of Moojaechi on Mt. Jungjok by Pollen Analysis. Korean J. Ecol. 21(5_1):427-433.
- Park, K.H., K.T. Kim, H.G. Gwak, and W.S. Lee. 2007. A Prediction of Forest Wetland Distribution using Topographic Position Index. Journal of the Korean Geographic Information Studies 10(1):194-204.
- Reed, P. B., Jr. 1988. National list of plant species that occur in wetlands: national summary. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report 88(24):244.
- Reimold, R. J. 1994. Wetlands functions and values, in: Applied Wetlands Science and Technology, edited by: Kent, D. M., Lewis Publishers, Boca Raton, LA, USA. pp.55-78.
- Ri, C.U., W. Kim, and H.C. Park. 1985. Ecological Sudies on the Bog in Changnyeung Area 1. Vegetation and Environmental Factors. Korean J. Ecol. 8(3):171-176.
- Rossell, I.M. and C.L. Wells. 1999. The seed banks of a southern appalachian fen and an adjacent degraded wetland. WETLANDS 19(2):365-371.
- Rossell, I.M., K.K. Moorhead, H. Alvarado, and R.J. Warren II. 2009. Succession of a Southern Appalachian mountain eetland six years following hydrologic and microtopographic restoration. Restoration Ecology 17(2):205-214.
- Rossell, Jr., C.R., S.C. Patch, and S.P. Wild. 2003. Attributes of Golden-Winged Warbler Territories in a Mountain Wetland. Wildlife Society Bulletin 31(4):1099-1104.
- Roulet, N.T. 2000. Peatlands, carbon storage, greenhouse gases, and the Kyoto Protocol: prospects and significance for Canada. Wetlands 20:605-615
- Shin, Y.H., S.H. Kim, and S.J. Park. 2005. The Geochemical Roles and Properties of Mountain Wetland in Shinbulsan(Mt.). Journal of the Geomorphological Association of Korea 12(1):133-149.
- Smith, H.K.P. 2013. The effect of gully blocking on successional vegetation patterns in degraded and localised bare peat of a South West England blanket bog. University of Plymouth. MSc Environmental Consultancy.
- Son, M.W. and K. Park. 1999. Morphogenetic Environment of Jilmoe Bog in the Odae Mountain National Park. Journal of the Korean Association of Regional Geographers 5(2):133-142.
- Song, H.K., G.S. Park, H.R. Park, S.K. So, H.J. Kim, and M.Y. Kim. 2006. Vegetation and soil properties of a forest wetland in Jangdo, Sinan-Gun. Kor. J. Env. Eco. 20(4):407-414.
- Stine, M.B., L.M. Resler, and J.B. Campbell. 2011. Ecotone characteristics of a southern Appalachian Mountain wetland. Catena 86:57-65.
- Teferi, E., S. Uhlenbrook, W. Bewket, J. Wenninger, and B. Simane. 2010. The use of remote sensing to quantify wetland loss in the Choke Mountain range, Upper Blue Nile basin, Ethiopia. Hydrol. Earth Syst. Sci. 14:2415-2428.
- Tiner, R. W. 1999. Wetland indicators: a guide to wetland identification, delineation, classification, and mapping. Boca Raton, FL: Lewis Publishers p.392.
- Yoo, S. H., K. H. Kim and J. Y. Yun. 1995. Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean Soils. J. KOREAN SOC. SOIL SOI. FERT. 28(1): 33-40.