

양산 신불산의 습원 식생

김 종 원* · 한 승 옥
계명대학교 생물학과

Moor Vegetation of Mt. Shinbul in Yangsan

Kim, Jong-Won* and Seung-Uk Han

Department of Biology, Keimyung University, Daegu 701-704, Korea

ABSTRACT: This study emphasizes syntaxonomy and syndynamics of intermediate (Zwischen) moor (area: 14,000 m²) at Mt. Shinbul in Yangsan, southeastern Korean Peninsula. A total of 105 vascular plant species including 26 monitor-species were recorded. Analysis by the Zürich-Montpellier School's method distinguished eight vegetation units: *Eleocharitis-Blyxetum echinospermae* ass. nov., *Eriocaulon sikokianum-Utricularia racemosa* community, *Eleocharis wichurai-Molinia japonica* community, *Platanthero-Molinietum japonicae*, *Miscanthus sinensis* for. *purpurascens* community, *Tripterygium regelii* community, *Symplocos chinensis-Quercus mongolica* community, *Symplocos chinensis-Quercus dentata* community. PCoA (Principal Coordinates Analysis) shows that vegetation changes and distributional aspects are associated with both moisture condition and sunlight on the ground layer and soil nutrient level (mesotrophic to oligotrophic). Most important to Molinieta japonicae being representative intermediate moor vegetation at the southeasternmost fringe of the Korean Peninsula is the local cooling effect by mountainous cloud and mist zone resulting in shorter and wetter growing season. The Yangsan moor vegetation was compared with earlier descriptions of related Mujechi moor from anthropogenic and natural moor vegetations.

Key words: Cloudy zone, *Eleocharitis-Blyxetum echinospermae* ass. nov., Intermediate moor, *Platanthero-Molinietum japonicae*, *Quercus acutissima* × *variabilis*, Yangsan moor

서 론

‘습원(moor)’이란 습한 산성의 이탄을 포함한 개방된 지역으로 사초과 및 벼과의 초본식물로 우점되는 습지의 한 형태이다 (Lincoln *et al.* 1982). 습원은 수분의 공급방식, 일정한 영양 염류 및 pH 환경 특성에 따라 독특한 식물군락과 식물상이 발달하며 (Miyawaki 1977, Wilmanns 1978), 이러한 환경조건에 따른 종조성과 식생구조의 차이로 고층습원, 중간습원 그리고 저층습원으로 구분된다(김과 김 2003).

습원은 지역의 생태적 온전성 및 다양성을 유지하는 데에 매우 중요한 핵심 생태계로 기여하고 있지만, 한반도 내에는 자연성이 높은 상태로 보존되고 있는 습원은 환경부 지정의 일부 자연생태계 보존지역에 지나지 않는다. 특히 이러한 자연성이 우수한 습원은 인간간섭으로부터 격리되어 왔던 일부 산악지역에 극히 좁은 면적의 파편상으로 잔존하고 있는 실정이다. 한반도에서 수천 년 간 저층습원으로 생태적 기능을 수행해왔던 논습지는 지속적인 감소 추세에 있으며(농림부 2003), 산지 중간습원 및 고층습원 역시 거의 소멸되어가고 있다.

한반도 산지 습원에 대한 연구는 1941년의 Uyeno와 Yamaguchi 등이 백무고원의 대택과 장지의 물이끼 습원조사를 시작으로 대암산 고층습원에 관한 연구(이 1969, 강 1970, 1987, 박 1973, 임과 장 1973), 점봉산 일대 산지습원의 천이계열 연구(김 2001) 등이 이루어졌다. 본 양산습원과 동일한 산괴에 위치하면서 중간 습원에 해당하는 울산 정족산 무계치 습원의 군락분류 및 군락생태연구(김과 김 2003)가 최근 이루어진 바 있다. 한편, 신불산 일대의 습원에 대한 자연환경조사의 일환으로 식생 및 식물상에 관한 연구(남 2003)가 이루어져 있다.

본 연구의 목적은 신불산 산정부에 산재하는 습원들 가운데 자연성이 온전한 상태로 잔존하는 습원-A를 중심으로 식생유형을 분류하여, 각 유형에 대한 종조성적 유사성과 환경조건 그리고 군락구조의 비교분석을 통한 군락동태를 파악하는 것이다. 본 연구의 결과는 양산습원의 보전과 복원을 위한 생태학적 핵심 전략을 발굴하는 데에 결정적 정보를 제공한다.

재료 및 방법

경상남도 양산시 권역 내의 신불산(해발 1,209m) 산정부 및

* Corresponding author; Phone: +82-53-580-5213, e-mail: jwkim@kmu.ac.kr

능선부에는 크고 작은 습원이 분포하고 있으며, 본 연구의 대상이 된 습원은 35° 25' 31"N, 129° 00' 00"E(경상남도 양산시 원동면, 상북면), 해발고도 738m에 위치하는 습원-A(이하 양산 습원; 면적 14,000m²)이다(Fig. 1). 본 습원을 포함한 신불산의 습원군(濕原群)은 해안선까지의 최단직선거리로 동해안 31km(울산시 울주군 온산공단), 남해안 35.7km(부산시 사하구 물운대)의 거리에 위치하며, 울산 정족산 무제치 습원에서는 북서방향으로 14km 이격되어 있다.

본 습원의 기반암은 흑운모화강암으로(국립지질조사소 1964), 거대암석(boulder)의 집괴에 의한 산정부 선상지형을 형성하고 있으며, 그 습원 상부에는 유지(溜池, small reservoir)가 잔존하고 있다(Fig. 2). 인접한 밀양 기상대(해발 12.5m)의 연평균기온은 13°C, 연강수량은 1,233mm이며(Fig. 1), 해발고도 상승에 따른 온도하강을 약 0.006°C/m를 고려한다면, 습원이 위치하는 산정부 선상지 일대의 연평균온도는 약 9°C로 계산된다. 따라서 본 습원은 식생지리학적으로 냉온대 북부·고산지대와 냉온대 중부·산지대의 경계역에 해당하며(Kim 1992), 생물기후구분에서 동해안 남부형으로부터 남부 내륙형으로 이행하는 위치에 자리하고 있다(김 2004). 습원과 인접한 해발 720m 지점의 AWS(automatic weather system)로 측정된 연중 운무일수는 약 181일(2003년 4월~2004년 3월)로 나타났다(anonymous 2004). 따라서 본 습원이 발달하고 있는 입지는 연중 운무 일수가 매우

높은 한랭한 국지적 기후 특성을 가지고 있다.

현장 식생조사는 습원의 내부 및 연결하고 있는 산지에서 이루어졌으며, 습원 내의 답압 영향을 최소화하기 위하여 보행도구를 고안하여 현장 식생조사 시에 사용하였다(Fig. 3). 식물군락 유형화 및 분석은 Zürich-Montpellier학파의 연구방법(Braun-Blanquet 1964)으로, 2004년 6월에서 8월까지 획득된 총 16개의 식생자료(relevé)를 이용하여 수행되었다. 출현 식물종은 백분율 상대순기여도(Kim and Manyo 1994)를 산출하여 수리분석에 활용하였다. Euclidean distance의 상관계수와 완전결합법(complete linkage)에 의한 집괴분석 및 PCoA(principal coordinate analysis) 좌표결정법을 이용한 군락분류 및 환경요인 분석을 실시하였으며, 이를 위해 SYN-TAX2000(Podani 2001)을 이용하였다. 출현종의 종보전등급과 분류된 식생유형에 대한 식생보전등급은 M.-M. 기법(김과 이 1997)에 의해 판정되었다. 군락별로 종다양도를 비교분석하기 위하여 Shannon-Wiener index(H')를 이용하였다(Kent and Cocker 1992).

결 과

군락분류

습원 일대에서는 상관적으로 크게 세 가지 형태의 서식처(유

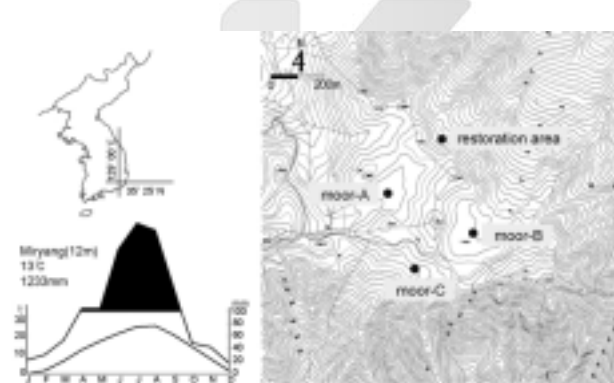


Fig. 1. Location and climate of the Yangsan moors in Mt. Shinbul. The moor-A was studied.



Fig. 3. Phytosociological investigation using stepping equipment for less trampling effect.



Fig. 2. The Yangsan moor vegetation with small reservoir(westward view at 745m above sea level).

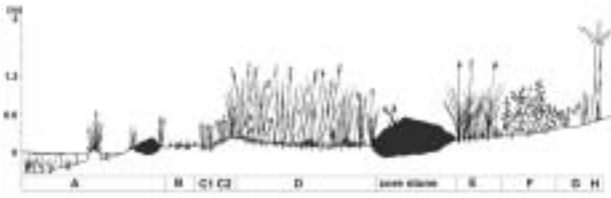


Fig. 4. Zonal distribution of plant communities in the Yangsan moor.

A: *Eleocharitis-Blyxetum echinospermae*; B: *Eriocaulon sikokianum-Utricularia racemosa* community; C1: typical subunit of *Eleocharis-Molinia japonica* community; C2: *Drosera rotundifolia* subunit of *Eleocharis-Molinia japonica* community; D: *Platanthero-Moliniatum japonicae*; E: *Miscanthus sinensis* for. *purpurascens* community; F: *Tripterygium regelii* community; G: *Symplocos chinensis-Quercus mongolica* community; H: *Symplocos chinensis-Quercus dentata* community.

지, 습원, 외곽산지)가 구분되며, 각각의 서식처에서 각기 독특한 식생형이 발달하고 있다. 습생의 식생형으로 올챙이자리-바늘골군집, 이삭귀개-흰개수염군락, 진퍼리새-좁네모골(전형하위군락, 끈끈이주걱 하위군락), 진퍼리새-하늘산제비난군집, 건생의 식생형으로 역새군락, 메역순나무군락, 떡갈나무-노린재나무군락 그리고 신갈나무-노린재나무군락의 총 9 가지 식생유형이 분류되었다(Table 1, Fig. 4). 식물상은 42과 80속 105종으로, 그 가운데 감시대상이 되는 보전등급 [III]이상의 식물은 끈끈이주걱, 하늘산제비난, 잠자리난초, 물매화풀, 큰방울새란, 이삭귀개 등의 총 26종을 포함하고 있었다.

습원의 북쪽 산지 상부로부터 하부 선상지형에 위치한 유지(溜池)(면적: 20m×10 m)에는 올챙이자리-바늘골군집(*Eleocharitis-Blyxetum echinospermae* ass. nov hoc loco; holotypus: running no. 4 in Table 1)이 출현한다. 올챙이자리-바늘골군집은 표징종으로 올챙이자리와 바늘골, 구분종으로 사마귀풀을 가진다. 출현종은 4~5 종으로 종조성이 극히 단순하며, 그 상관은 올챙이자리가 우점하면서 엽초에 돌아난 사상(糸狀)의 줄기를 가지는 바늘골과 엉키어 수면 전체를 피복하고 있는 것이 특징이다. 본 군집은 1년생 침수식생으로서 건조 기간 동안에도 일정 수심(수심 범위 : 20~30cm)을 유지하면서 연중 수심 변화가 급격하지 않는 소연못과 같은 입지에 발달하고 있다. 따라서 본 군집의 입지환경은 비교적 안정된 수 환경 조건을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고, 1년생인 본 군집이 습원 내에 지속되고 있는 것은 진행천이(progressive succession)가 지연되고 있음을 반증하고 있다. 이것은 일반적으로 목정논에서의 천이와 다른 양상을 보여주고 있는 것이며, 따라서 목정논 및 논외의 최상급단위인 비군강과 침수식생의 최상급 단위인 가래군강, 또는 한랭습원 내에서의 국지적 입지 환경에 따른 지속군락으로서의 어떤 특정 상급 단위에의 귀속 여부는 보다 광범위한 식생조사로부터 규명될 수 있을 것이다. 본 올챙이자리-바늘골군집은 진행천이가 지연될 정도로 영양염류의 공급과 종급원의 다양성이 풍부하지 않은 생물적 무생물적 환경조건에서 발달하고 있

는 양산 습원의 지역 식생형으로 판단된다. 본 군집의 입지는 공간적으로 습원 내부의 최상부에 위치하면서, 습원 내에 산재하는 화강암 핵석(core stone)과 더불어 직접적인 수자원 저장역할을 수행한다. 우기 시 수심이 30cm 이상인 경우에는 자연적인 범람이 발생하며, 습원 내의 불특정 미세 수로에 의하여 사방으로 흘러 나간다.

이삭귀개-흰개수염군락(*Eriocaulon sikokianum-Utricularia racemosa* community)은 소형 식충식물인 이삭귀개와 1년생 흰개수염으로 구분되며, 무제치습원의 쇠털골-좁고추니물군락(김과 김 2003)에 대응되는 극소형 식생형이다. 본 군락은 건조 기간 동안에도 최저 수심(수심 범위 : 2~5cm)을 유지하는 미세요철 입지(미세수로의 여울과 소)에서 발달한다. 하기의 진퍼리새-좁네모골군락의 끈끈이주걱 하위군락의 입지가 미세지형 함몰지의 사면부(추수대)에 위치하여 침수를 주기적으로 경험하는 입지인 반면, 본 군락은 미세지형 함몰지의 최소 수심이 유지되는 입지에만 관찰되는 서식처적 차이를 보인다. 본 군락에서는 평상시에는 물의 흐름이 없고, 호우 시에만 유지(溜池)로부터의 유출수가 천천히 사방으로 범람하면서 흐르게 되며, 토양은 사질점토를 포함하는 이탄이다. 본 군락 및 다음의 진퍼리새-좁네모골군락은 상관적으로 고경화본형 식생인 진퍼리새-하늘산제비난군집의 바탕(matrix)위에 분반상(patch) 또는 띠 형태로 발달하고 있다. 이삭귀개-흰개수염군락은 진퍼리새와 같이 고경초본에 의한 직사광선이 차단되는 그늘 입지에서는 생육하지 않는다.

진퍼리새-좁네모골군락(*Eleocharis wichurii-Molinia japonica* community)은 군락 명칭에 이용되고 있는 식물종으로 구분되며, 진퍼리새-하늘산제비난군집과 이삭귀개-흰개수염군락 사이에 분포한다. 특히 진퍼리새의 다발식물체(tussock) 가장자리 사면부와 인접한 미세 함몰지형 가운데 우기 시 수심이 발생하는 입지에 발달한다. 본 군락은 전형하위군락(typical subunit)과 끈끈이주걱하위군락(*Drosera rotundifolia* subunit)을 포함하고 있으며, 끈끈이주걱하위군락은 무제치습원의 바늘골-끈끈이주걱군락에 대응된다. 이들 식물군락들은 진퍼리새가 다발식물체로 미쳐 발달해 있지 않음으로써 지표면에 이르기까지 직사광선이 도달되며, 다음의 진퍼리새-하늘산제비난군집에 비하여 빈영양, 과습한 입지 환경을 보여주고 있다.

진퍼리새-하늘산제비난군집(*Platanthero-Moliniatum japonicae* J.-W. Kim et J.-H. Kim 2003)은 습원 내부에 가장 넓은 면적으로 발달해 있으며, 고경다년생초본인 진퍼리새가 초본 제 1층에 우점하고, 초본 제 2층에 하늘산제비난이 표징종인 종조성적 특성을 포함한다. 군락의 입지는 진퍼리새의 다발식물체에 의하여 돌출한 미세구릉(높이 20cm 이하)형상을 보여준다. 미지형은 비교적 배수에 양호한 편이며, 평수위 시의 약습으로부터 고수위 시의 과습 범위의 수분환경을 포함하고 있다. 본 양산습원 내에서의 진퍼리새-하늘산제비난군집의 단연 우세 및 역새의 열세 그리고 갈대의 결여 등과 같은 화분과 고경식물종의 종 출현 양식은 무제치 습원(김과 김 2003)의 식생 구조와 명백히 다른 점이다.

Table 1. Species composition of plant communities in the Yangsan moor of Mt. Shinbul. Occurrences of taxa are given as combined coverage degree(van der Marrel, 1979). Last column indicates conservation degree(CD). Column (A) *Eleocharitis-Blyxetum echinospermae*; (B) *Eriocaulon sikokianum-Utricularia racemosa* community; (C1) typical subunit and (C2) *Drosera rotundifolia* subunit of *Eleocharis wichurai-Molinia japonica* community; (D) *Platanthero-Molinietum japonicae*; (E) *Miscanthus sinensis* for. *purpurascens* community; (F) *Tripterygium regelii* community; (G) *Symplocos chinensis-Quercus mongolica* community; (H) *Symplocos chinensis-Quercus dentata* community.

Habitat	lentic water				Wet								Dry				r-NCD(%)			CD		
	(A)				(B)		(C1)		(C2)		(D)		(E)	(F)	(G)	(H)	L	W	D			
Running No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16						
Altitude(m)	743	743	743	743	741	741	743	740	740	743	749	749	755	742	750	760						
Slope direction	.	.	.	.	.	.	.	W	WSW	WSW	.	N	N	NW	W	NW					
Inclination(°)	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	5	2	10	2	10						
Relevé size(m ²)	1	0.5	1	1	1	0.4	0.5	0.75	0.3	0.08	9	6	4.5	15	70	240						
Height of tree layer(m)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	7					
Coverage of tree layer(%)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	80	85					
Height of shrub layer(m)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.5	2.3	2.5					
Coverage of shrub layer(%)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100	25	30					
Height of herb layer-1(m)	0.2	0.25	0.2	0.25	0.5	0.12	0.75	0.45	0.4	0.3	1.2	1.5	1.4	0.3	0.7	1						
Coverage of herb layer-1(%)	90	85	90	90	7	40	65	60	50	50	95	95	100	20	75	70						
Height of herb layer-2(m)	.	.	.	.	0.1	.	0.15	0.1	0.06	0.08	0.3	0.4	0.4	.	.	.					
Coverage of herb layer-2(%)	.	.	.	.	60	.	80	15	70	70	5	7	35	.	.	.					
Number of species	5	4	4	4	6	5	8	9	7	11	8	6	9	15	18	39	L	W	D			
Differential species																						
<i>Blyxa echinosperma</i>	H	7	8	8	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100.0	0	0	II	
<i>Aneilema keisak</i>	H	4	6	7	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	62.5	0	0	II	
<i>Eleocharis congesta</i>	H	5	5	4	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	59.4	0	0	II	
<i>Utricularia racemosa</i>	H1,H2	.	.	.	.	7	6	.	3	.	4	.	.	.	.	.	0	100.0	3.25	II	
<i>Eriocaulon sikokianum</i>	H1,H2	.	.	.	.	2	3	.	.	.	1	.	.	.	.	.	0	9.8	0	I	
<i>Molinia japonica</i>	H1,H2	.	.	.	1	.	.	8	5	6	4	9	9	1	.	5	7	0	48.8	0	IV	
<i>Eleocharis wichurai</i>	H	.	.	.	.	.	.	5	6	4	5	.	.	.	.	.	.	0	29.3	0	II
<i>Drosera rotundifolia</i>	H2	.	.	.	.	.	.	.	.	8	4	.	.	.	.	.	.	0	17.1	0	I
<i>Platanthera mandrinorum</i> var. <i>neglecta</i>	H2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	.	.	.	.	0	2.4	0	I
<i>Miscanthus sinensis</i> for. <i>purpurascens</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	2	6	3	0	0	100.0	0	0	II
<i>Tripterygium regelii</i>	S,H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	9.4	4	2	0	0	45.0	0	0	II
<i>Quercus mongolica</i>	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	5	0	0	70.0	0	0	I
	S,H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	2.1	0	0	20.0	0	0	I
<i>Quercus dentata</i>	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	0	0	0	45.0	0	0	I
	S,H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	4	0	0	0	25.0	0	0	I
	S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	5	0	0	50.0	0	0	I
<i>Symplocos chinensis</i>																						
Companion species																						
<i>Scirpus juncoides</i>	H1,H2	3	4	3	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	37.5	2.4	0	II
<i>Eleocharis acicularis</i> for. <i>longiseta</i>	H1,H2	.	.	.	.	5	5	8	5	2	6	.	.	.	.	.	.	0	51.2	0	II
<i>Lysimachia fortunei</i>	H1,H2	.	.	.	.	4	3	5	1	1	1	.	.	.	.	.	.	0	24.4	0	II
<i>Sium sisarum</i>	H1,H2	.	.	.	2	.	.	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	0	9.8	0	II
<i>Sagittaria aginashi</i>	H1,H2	1	.	.	.	2	3	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	0.25	12.2	0	II
<i>Triadenum japonicum</i>	H1,H2	.	.	.	.	.	.	3.4	.	.	.	.	.	1	.	.	.	0	2.4	0	I
<i>Chrysanthemum lineare</i>	H1,H2	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	0	4.9	0	I
<i>Disporum smilacinum</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	3	1	2	0	0	40.0	0	0	II
<i>Convallaria keiskei</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	2	3	0	0	45.0	0	I
<i>Lespedeza maximowiczii</i> var. <i>tomentella</i>	S,H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	3.4	1	0	0	25.0	0	I
<i>Ainsliaea acerifolia</i> var. <i>subapoda</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	2	0	0	25.0	0	I
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	0	0	15.0	0	I
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	2	.	.	0	0	35.0	0	I
<i>Lycopus maackianus</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	0	0	15.0	0	0	I
<i>Hemerocallis minor</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	0	2.4	10.0	0	I
<i>Campanula punctata</i>	H1,H2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	0	2.4	5.0	0	I
<i>Ixeris dentata</i>	H1,H2	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	0	0	2.4	5.0	0	I
<i>Athyrium yokoscense</i> var. <i>fauriei</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	2	.	.	.	0	0	30.0	0	I
<i>Smilax nipponica</i> var. <i>manshurica</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	1	0	0	25.0	0	I
<i>Viola orientalis</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	1	0	0	15.0	0	I
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	3	0	0	25.0	0	I
<i>Carex siderosticta</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	3	0	0	25.0	0	I
<i>Pinus densiflora</i>	T,H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	3	0	0	25.0	0	I
<i>Athyrium yokoscense</i>	H	3	2	0	0	25.0	0	I
<i>Angelica decursiva</i>	H	1	2	0	0	25.0	0	I
species diversity		0.59	0.57	0.54	0.64	0.6	0.67	0.82	0.87	0.73	0.96	0.69	0.61	0.89	1.06	1.16	1.46					

* Note: Full accounts about community table are inquired the first author.

한편, 양산 습원 내에서의 본 군집의 과도한 발달은 군집 주변의 입지 형상을 상대적으로 낮게 함으로써 결국 함몰 형상을 초래하는 형국이 되며, 강우 시 미세 수로로 기여하게 된다. 그리고 나아가 집중호우 시에는 세굴에 의한 수로의 규모(깊이와 너비)가 확대되어 간다. 특히 수로의 깊이가 깊어짐으로써 진퍼리새 다발식물체를 중심으로 돌출한 미지형은 더욱 높게 솟아 오르는 형상이 되며, 건생 초원을 대표하는 역새의 생육지 확대를 촉진하게 된다. 따라서 본 진퍼리새-하늘산제비난군집은 양산습원 식생의 전형적이면서 대표적 식생경관이지만, 한편 본 군집의 일정 면적이 유지될 수 있도록 과도한 군집 발달은 조절될 필요가 있다. 본 군집의 과도한 발달은 기생식물종이 포함된 이삭귀개-흰개수염군락이나 진퍼리새-좁네모골군락의 쇠퇴를 의미하며, 중간습원내 주요 식물종자원의 유실을 의미한다.

역새군락(*Miscanthus sinensis* for. *purpurascens* community)은 습원 내의 진퍼리새-하늘산제비난군집의 입지 건조화에 따라 발달하는 다년생 고경초본식생이다. 진퍼리새-하늘산제비난군집의 외곽을 따라 산지 비탈면이 시작하는 사면 하부에서 그리고 풍화핵석 주변의 saprolite(마사토)와 같은 사질의 토양이 집적된 건생 입지에서 패치상으로 분포하고 있다. 본 군락은 역새 우점으로 구분되지만, 습원 내의 역새군락 속에는 드물게 삼림식생의 천이도중상의 주요 구성종인 소나무 및 화살나무 한두 개체가 혼생하고 있다. 이와 같은 습원 내에서의 역새군락 확대는 습지 생태계의 고유 환경조건의 변화를 의미한다.

덩굴성 관목의 메역순나무군락(*Tripterygium regelii* community)은 습원 내부 초지식생과 산지 비탈면의 삼림식생과의 경계역에서 습원의 외곽 들레에서 띠 형태로 발달하고 있으며, 이러한 본 군락의 분포는 본 양산 습원이 무제지 습원과 식생학적으로 명백한 차이가 있음을 보여주고 있다. 메역순나무군락은 메역순나무, 은방울꽃, 애기나리, 역새, 떡갈나무, 대사초 등처럼 인접식생(삼림 식생 및 건생이차초원식생)의 구성종이 혼생함으로써 습지식생이라기 보다는 산지인연식생의 범주에 포함된다. 본 군락은 상부 산지로부터 습원 내부로의 토양 영양염류 및 토사의 유입을 완충하며, 습원 내부로의 외곽 삼림식생의 확장을 제어하고, 습원 가장자리 삼림에 의한 습원 초본식생에 대한 그늘효과를 막아주고 있음으로써 습원식생의 입지 환경 보존을 위한 인연식생의 스크램블 기능을 결정적으로 감당하고 있다.

칼데라와 같은 습원의 외곽 산지(Fig. 2 참조)의 완경사 비탈면에서 산지참나무혼합림으로 신갈나무-노린재나무군락(*Symplocos chinensis-Quercus mongolica* community)과 떡갈나무-노린재나무군락(*Symplocos chinensis-Quercus dentata* community)이 기재되었다. 이들 삼림군락은 수관층에 다양한 참나무류(떡갈나무, 신갈나무, 물참나무, 정능참나무 등)가 혼생하고, 관목층에는 노린재나무 및 싸리나무류가 우점 한다. 양산 습원이 위치하는 신불산 일대의 해발 750m 이하(남사면의 경우)에서 흔하게 관찰되는 줄참나무가 습원 내부를 향하는 사면에서는 거의 관찰되지 않음으로써 습원의 국지적 기후환경을 반증하고 있

다. 습원 내부를 향한 동남향 사면에는 떡갈나무-노린재나무군락이, 북서향 사면에는 신갈나무-노린재나무군락이 점점이 잔존하고 있다. 특히 산정효과와 운무대가 발달하는 입지에서 관찰되는 떡갈나무-노린재나무군락에는 상수리나무와 굴참나무의 잡종인 정능참나무가 출현하는 것이 특징적이다.

중조성을 바탕으로 한 조사구의 좌표 결정분석에서는 상관적으로 구분되는 세 가지 서식처형(유지, 습원, 외곽산지)에 대응되는 정수식생, 습원식생, 산지식생이 명백히 구분되었으며, 각각의 조사구는 자기 독특한 미소 서식처 환경조건으로부터 공간 좌표를 나타내고 있다(Fig. 5).

제 1 축(고유값 30.46%)은 초본층(지표면)의 태양광선 이용 경향성에 대응하며, 제 2 축(고유값 24.24%)은 토양의 비옥성(중영양-빈영양)에 대한 군락별 경향성에 대응하였다. 제 1 축의 우단에는 침수식물군락의 올챙이자리-바늘골군집의 조사구가 위치하며, 직사광선에 100% 노출되어 있는 개방 수(水) 환경이다. 이 군집은 주변의 그늘에 의한 피압 효과로 쉽게 쇠퇴하는 1년생 호광성 침수 초본식생형으로 규정된다. 대조적으로 제 1 축의 좌단에는 삼림식생 조사구가 위치하며, 다층으로 이루어진 삼림식생의 입상에서 불리한 태양광선 조건을 나타내고 있으며, 축의 중앙부에는 2층 구조를 가지는 메역순나무군락, 역새군락 그리고 진퍼리새류에 의한 고경 식물군락들의 반음지 또는 음지의 서식처 환경을 가지는 조사구들이 위치한다. 제 2 축은 축 상부의 삼림군락에서 하부의 습원초본군락의 방향으로 입지의 비옥성의 차이에 대한 경향성으로 배열하고 있다. 축 상부는 중영양(mesotrophic)으로 축 하부는 빈영양(oligotrophic)으로 대응되며, 유지(溜池)의 올챙이자리-바늘골군집은 중영양과 빈영양의 중간을 나타내고 있다. 즉 토양의 건습환경 조건과 보

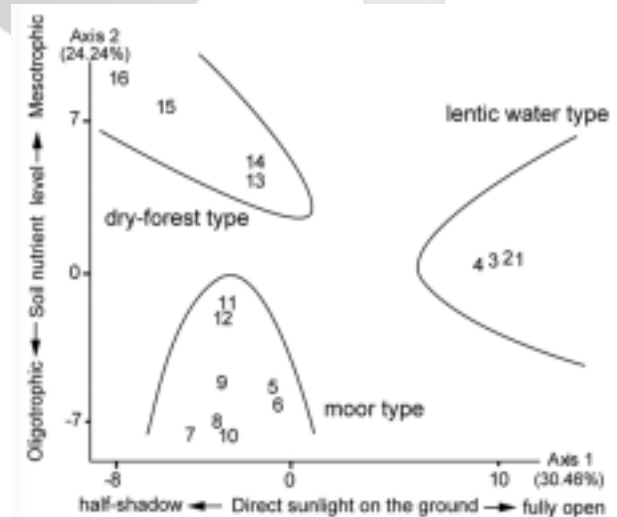


Fig. 5. Ordination diagram for phytosociological relevés based on plant species composition. Numbers are coincided into the running numbers in the Table 1. Percentages eigenvalues in parentheses in the axis labels.

Table 2. Comparison of syntaxonomy and syndynamics between Yangsan moor and Mujechi moor

Moor	Mt. Shinbul	Mujechi (Ja-neup)	
Area (m ²)	14,000	15,000	
Altitude(a.s.l. m)	745	550	
Legal land management	arbitrary protection	strictly protected area designated by Ministry of Environment	
Main human impacts during the last 20 years	abandoned and little trodden	fire and forest service road harvest and trodden	
Soil and mineral nutrient	naturally controlled	extraordinary influx from surrounding areas	
Succession	relatively slow	relatively fast	
Vicarious plant communities	<i>Eriocaulon sikokianum-Utricularia racemosa</i> community <i>Eleocharis wichurai-Molinia japonica</i> community - Typical unit - <i>Drosera rotundifolia</i> subunit <i>Platanthero-Molinietum japonicae</i>	<i>Hypericum laxum-Eleocharis acicularis for. kongiseta</i> community <i>Eleocharis kongiseta-Drosera rotundifolia</i> community <i>Platanthero-Molinietum japonicae</i>	
Vegetation characters	<i>Alnus japonica</i>	rare	highly frequent
	<i>Phragmites communis</i>	absent	frequent
	insectivorous plant	principally <i>Utricularia racemosa</i>	principally <i>Drosera rotundifolia</i>
	Dominant tall-grass	<i>Molinia japonica</i> > <i>Miscanthus sinensis s.l.</i>	<i>Molinia japonica</i> = <i>Miscanthus sinensis s.l.</i>
	Mantle community	well-developed <i>Tripterygium regelii</i> community	not prominent
Unique reservoir	present (<i>Eleocharitis-Blyxetum echinospermae</i>)	absent	
Managements	- designating as a strictly protected area by the Ministry of Environment and long-termly monitoring - controlling <i>Molinia japonica</i> flourishing	urgently removing main factors leading to allogenic succession	

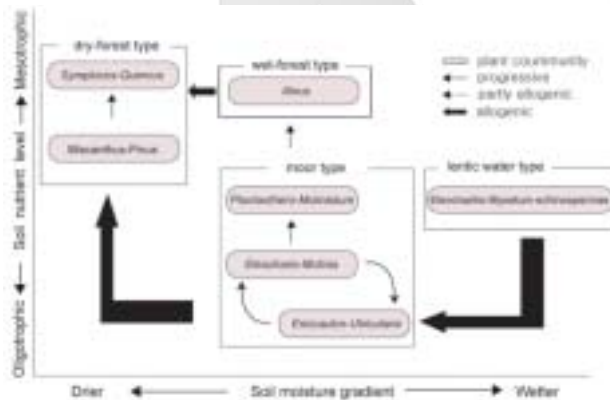


Fig. 6. Schematic ecogram showing the relation between the plant communities and some abiotic gradients. The distances are correlated with quantitative and qualitative findings of any kind.

다 낮은 수준의 빈영양에서 보다 높은 수준의 부영양 상태로의 토양환경 변화로부터 본 양산 습원의 식생 구조에 다변성이 존재함을 보여주고 있다(Fig. 6). 양산 습원은 습원 내부로부터 외곽으로의 대상분포하는 식생의 공간분포의 온전성으로 말미암아 주변 외곽산지로부터 토사 및 영양염류의 유입이 자연적으

로 유지되고 있으며, 현재까지 습원 내에서의 인간간섭(답압이나 임도 등)이 극히 미약하다.

고찰

식생분포 특이성과 무제치습원의 비교

우리나라에서 산지 중간습원(Niedermoor)은 무제치습원에 대한 군락분류와 군락동태에 관한 연구를 통하여 처음으로 규명된 바가 있다(김과 김 2003). 동북아의 중간습원은 식생학적으로 진퍼리새군강(*Molinietea japonicae*)으로 대표되며, 영남알프스 산지의 정상 및 능선부 일대에서 점점이 산재하고 있는 것이 발견되고 있다. 울산 정족산의 무제치 습원으로부터 서북방 약 14km에 이격되어 있는 양산 신불산 산정부 일원의 선상지형에서도 진퍼리새가 우점하고 있는 소위 습원군이 여기 저기에서 발견되고 있다.

그러나 사전 답사 연구를 통하여 경관적으로 그리고 인간간섭(산불, 임도, 탐방 및 굴취 등) 정도를 고려한 현존식생의 온전성과 종조성이 잘 유지되고 있는 중간습원은 매우 드물었으며, 본 연구의 대상이 된 습원-A가 가장 우수한 식생구조로 잔존하고 있었다. 따라서 본 연구는 한정된 지역에서의 매우 적은 수의

식물사회학적 조사구가 획득될 수밖에 없었으며, 그럼에도 불구하고 우리나라 중간습원의 희귀성과 잔존하는 중간습원의 온전성을 고려할 때, 본 연구의 대상이 된 양산습원에 대한 식생 유형 및 그 동태에 대한 생태학적 규명은 매우 가치 있는 일로 판단되었다. 그것은 훼손된 중간습원을 복원하기 위한 결정적인 정보를 제공하기 때문이다(김 등 2004).

영남알프스의 중간습원은 수평적으로 난온대 지역에 위치하고 있지만, 수직적으로 냉온대 남부·저산지에 위치한다. 그러나 한반도와 동일한 식생지리학적 위치에 해당하는 일본지역 내 중간습원은 냉온대 북부·고산지역과 아고산지역에 해당하는 혼슈(本州) 이북과 홋카이도(北海島)의 저해발 산지나 평원의 한랭적습 평탄지형에 주로 분포한다(Yoshioka 1974). 영남알프스를 구성하는 신불산, 정족산, 천성산, 그리고 금정산 산정부에 산재하는 중간습원은 해발고도 상승에 따른 기온감하율(약 $-0.006^{\circ}\text{C}/\text{m}$)을 고려하면 졸참나무·작살나무아군단과 신갈나무·생강나무아군단의 냉온대식생 지역에 속하게 된다(Kim 1990, 1992, 김과 김 2003, 김 2004). 이와 같이 한반도 동남부 영남알프스 산악지역의 중해발(해발 800m)의 중산간 지역에서 높은 빈도로 소규모이지만 중간습원의 형성과 그 발달이 가능한 이유는 다음 세 가지로 판단된다: (i) 산정부(해발 750m 전후)에서의 화성암 계열의 거대 암석(boulder)의 집괴에 의한 평탄 지형의 크고 작은 분지형의 선상지형 발달, (ii) 동해안남부형과 남해안형의 해양성 기후와 남부내륙형의 대륙성 기후(김 2004)의 이행대에 위치하면서 남북으로 달리는 고해발(해발고도 1,000m 전후) 산지로 구성되는 영남알프스 산괴, 그리고 (iii) 해안선으로부터 급격하게 치솟은 지리형태적 특성에 의한 산정효과에 의한 냉각효과(cooling effect), 결국 거대 암석을 기반으로 하는 오목한 선상지형의 특성과 운무대 형성(양산습원의 경우 약 181일)의 국지적인 생물기후적 특성으로부터 토양 및 대기의 수분 환경조건의 보장으로부터 수평적으로 난온대이면서 수직적으로는 냉온대 남부·저산지 지역임에도 불구하고, 보다 한랭다습한 환경조건에 주로 발달하는 산지 중간습원이 발달할 수 있는 것으로 판단된다. 이러한 국지적인 환경 조건으로부터 양산습원의 식생은 기본적으로 무제치 습원과 유사한 공간분포와 식생천이 양상을 보여주고 있으나(Fig. 4), 다섯 가지의 명백한 차이점이 있는 것으로 밝혀졌다(Table 2).

첫째, 양산습원에는 습지의 천이후기단계에 출현하는 오리나무개체군의 발달이 극히 미약하며, 단지 개체수준의 오리나무가 화강암 풍화핵 주변에서 과습하면서 토양의 영양염류가 풍부한 미지형적 입지에서 아주 드물게 관찰되고 있다. 그러나 무제치습원에서는 1986년 산화에 의한 습지의 부영화로 말미암아 오리나무개체군의 급격한 발달이 관찰되고 있다(김 등 2005). 둘째, 무제치습원과 서식처 공간 구조에 뚜렷한 차이점이랄 수 있는 유지(溜池, 소연못)가 양산 습원에는 존재한다. 양산 습원의 유지는 습원의 서식처 다양성과 안정적인 수분 환경에 기여하는 수자원의 저장소이며, 침수식생인 올챙이자리·바늘꿀군집의 국지군락(local plant community)이 발달하고 있다.

셋째, 양산 습원은 무제치 습원에 비하여 상대적으로 끈끈이주걱의 출현빈도가 낮고 이삭귀개의 출현빈도와 피도가 높다. 이것은 극히 얇은 수심이 일정하게 유지됨으로써 유지되는 이삭귀개의 서식처 구조를 고려할 때, 무제치 습원에 비하여 양산 습원이 보다 자연적인 미소서식처 구조를 보존하고 있음을 의미한다. 습원 내에서의 답압이나 토사 유입은 그러한 미소서식처 구조를 훼손하는 결정적인 요소이다. 넷째, 무제치 습원 내에서는 저층 습원을 대표하는 갈대군강의 표징종인 갈대가 개체와 개체군 수준에서 발달하고 있는 반면에 양산습원 내에는 관찰되지 않는다. 다섯째, 습지 식생과 주변 산지삼림식생과의 공간적 배분에 있어서 양산 습원에서는 두 식생의 경계역에 메역순 나무군락과 같은 삼림식생으로부터의 낙엽, 낙지 그리고 토사 유입을 완충하는 스크램블 기능을 감당하는 임연식생이 발달하고 있다. 결론적으로 습원 내에 과도한 토사유입과 답압 그리고 과거 산불에 의한 과도한 영양유입으로 건생 천이 및 습생 천이가 급격히 진행되고 있는 무제치 습원에 비하여 양산 습원은 입지의 자연성이 보다 우수한 상태로 생태계 온전성(ecosystem integrity; *sensu* Primack 2004)을 유지하고 있는 산지 중간습원의 전형적인 모델임을 알 수 있다.

영국의 습지생태계의 발달에는 자연적으로 형성된 습지뿐만 아니라 삼림을 제거하고 경작, 목장, 사냥터와 같은 인간 활동의 영향을 지속적으로 받은 후 방치된 이차적인 습원식생이 형성된다고 알려져 있다(Maltby 1984). 한반도 산지습원에 대하여 영향을 미치는 인간간섭은 주로 산불, 경작(예: 고랭지 채소) 및 산성(山城)구조물 등으로 고려되며, 이러한 인간간섭은 습원 내의 배수 변화(drainage change)와 토양영양염류 조건의 변화에 의하여 습원의 발달과 쇠퇴를 결정하는 주요 요인으로 고려된다. 현재 양산 습원은 진퍼리새의 과도한 생육확대에 의하여 습원 내부의 바닥이 높아짐에 따라 입지의 건생화가 급격히 진행되고 있는 단계로, 이삭귀개·흰개수염군락 및 진퍼리새·좀네모골군락과 같은 극소형 양지성 중간습원 식물군락이 쇠퇴되고 있다. 뿐만 아니라 이미 습원-A의 남서쪽에 넓은 면적(50×30m)이 역새 우점의 건생초원 경관과 신갈나무·노린재나무군락으로의 천이가 진행되고 있으며, 토사 퇴적이 심한 화강암 풍화핵 주변을 중심으로 소나무, 화살나무, 털진달래나무, 싸리나무류의 삼림식생 선구성 관목이 출현하고 있다. 따라서 양산 습원이 현재 상태로 방치된다면, 진퍼리새-하늘산제비난군집 이후 역새군락의 발달을 통한 건생천이의 진행이 가속화 될 수 있으며, 중간습원의 전형적인 식물군락 및 주요 식물종의 소멸로 이어질 수 있기 때문에 진퍼리새-하늘산제비난군집을 중심으로 하는 중간습원에 대한 보전생태학적 접근이 요구된다.

적 요

경남 양산시 신불산의 습원(면적 14,000m²)에 대한 식물군락의 유형화와 동태에 대한 연구가 수행되었다. 습원 식물상은 감시대상이 되는 식물종 26종을 포함한 42과 80속 105종이 기재되

었다. Z-M.학과의 연구방법으로 8개 식생유형이 분류되었다. 울창이자리-바늘골군집(신칭), 이삭귀개-흰개수염군락, 진퍼리새-좁네모골군락(전형하위군락, 끈끈이주걱하위군락), 진퍼리새-하늘산제비난군집, 역새군락, 메역순나무군락, 떡갈나무-노린재나무군락, 신갈나무-노린재나무군락. 주좌표분석(PCoA)은 습원 내 식물군락들이 초본층(지표면)의 직사광선 이용 경향성 및 건습환경 조건, 그리고 토양의 비옥성(중영양-빈영양)에 대응하여 식생 구조의 다변성과 분포 경향성을 보여주는 것으로 나타났다. 한반도 동남부 영남알프스 산악지역에서의 산지 중간습원을 대표하는 진퍼리새군강 발달의 주요 요인은 국지적인 지리지형 조건으로부터 보다 짧고 습한 생육기를 야기하는 보다 긴 운무기간에 의한 냉각효과와 같은 기후 조건이 강조되었다. 양산습원은 인간간섭에 의한 습원식생과 자연 습원식생으로부터 무제치습원과 비교되었다.

인용문헌

- 강상준. 1970. 대암산 고층습원의 생태학적 연구 -식물군락과 토양과의 관계. 식물학회지 13: 20-24.
- 강상준. 1987. 대암산 고층습원의 식물생태학적 연구. 휴전선일대의 자연연구. 강원대학교 출판부. pp. 169-201.
- 국립지질조사소. 1964. 한국지질도 1:50,000 양산도폭. 24 p.
- 김명현. 2001. 점봉산 일대 산지습원의 천이계열에 관한 연구. 충남대학교 석사학위논문. 41 p.
- 김종원. 2004. 녹지생태학. 월드사이언스 서울. 308 p.
- 김종원, 김종훈. 2003. 울산 무제치습원의 식생: 군락분류와 군락생태. 한국생태학회지 26: 281-287.
- 김종원, 김종훈, 제갈재철, 이윤경, 최기룡, 안경환, 한승욱. 2005. 울산 무제치습원의 식생: 현존식생도와 오리나무 개체군의 분포. 한국생태학회지 28: 99-103.
- 김종원, 이은진. 1997. 다항목 매트릭스 식생평가 기법-식생의 자연성 평가에 대한 새로운 기법과 그 적용. 한국생태학회지 20: 303-313.
- 김종원, 한승욱, 안경환. 2004. 양산신불산 고산습원 복원에 관한 연구보고서. “양산 신불산습원식생의 복원”에서, 네이코스 (주), 서울. 47 p.
- 남정철. 2003. 양산 신불산 산지습지 자연환경조사. “식물상조사”에서, 동아대학교 환경문제연구소. pp. 23-43.
- 농림부. 2003. 농림통계연보 “국토이용”에서. 과천. 40 p.
- 박봉규. 1973. 대암산 유사(위)고층습원의 식물군락. 이화여자대학교 한국생활 과학연구원 논총. 11:25-31.
- 이영노. 1969. 대암산의 습원식물. 식물분류학회지 1: 7-14.
- 임양재, 장대경. 1973. 민통선내 생물상의 변천에 관한 연구(I). 중앙대학교 논문집. 18: 33-71.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. -3. Aufl. Springer, Wien. 865 p.
- Kent M., and P. Coker. 1992. Vegetation description and analysis. John Wiley & Sons. Chichester etc. 363 p.
- Kim, J.W. 1990. Syntaxonomic scheme for the deciduous oak forests in South Korea. Abstracta Bot. 14:51-81.
- Kim, J.W. 1992. Vegetation of northeast Asia: On the syntaxonomy and synegeography of the oak and beech forests. Dissertation of University of Vienna. p. 314.
- Kim, J.W. and Y.I. Manyko. 1994. Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cool-temperature mixed forest in the southern Sikhote Alin, Russian Far East. Korean J. Eco. 17: 391-413.
- Lincoln, R.J., G.A. Boxshall and P.F. Clark. 1982. A dictionary of ecology, evolution and systematics. Cambridge university press. pp. 159.
- Maltby, E. 1984. Fen and Moor in Britain. In Hokkaido Peatland Society(ed.), Peatland of England and Poland. pp. 1-3.
- Miyawaki, A. 1977. Vegetation of Japan. Gakuken. Tokyo. pp. 232-248. (In Japanese)
- Podani, J. 2001. Syn-Tax 2000. Computer program for data analysis in ecological and systematics. Budapest. 53 p.
- Primack, R.B. 2004. A Primer of Conservation Biology. 3rd ed. Sinauer. MA. p. 320.
- Van der Marrel, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio. 39: 97-114.
- Wilmanns, O. 1978. Ökologische Pflanzensoziologie. UTB. Quelle & Meyer. Heidelberg. p. 351.
- Yoshioka, K. 1974. Aquatic and Wetland Vegetation. In M. Numata (ed.), The flora and vegetation of Japan. Kodansha limited. Tokyo. pp. 211-236.

(2005년 2월 23일 접수; 2005년 3월 19일 채택)