

우리나라 오리나무림의 군락생태학적 연구

조준희¹ · 배관호^{2*} · 오승환³ · 김준수¹ · 조현제¹

¹자연과숲연구소, ²경북대학교 생태환경시스템학부, ³국립수목원 산림생물다양성연구과

A Synecological Study of the *Alnus japonica* Forests in Korea

Joon-Hee Cho¹, Kwan-Ho Bae^{2*}, Seung-Hwan Oh³, Jun-Soo Kim¹ and Hyun-Je Cho¹

¹Nature and Forest Research Institute, Daegu 41476, Korea

²Ecology & Environmental System, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

³Forest Biodiversity Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea

요약: 오리나무림은 우리나라를 비롯한 동아시아의 습지림을 구성하는 대표적인 임분으로 예전에는 산지, 하변, 배후습지, 그리고 충적 저지 등 다양한 서식환경에서 비교적 흔하게 분포하고 있었으나, 다양한 토지이용과 서식지의 건조화 등의 영향으로 최근에는 보기 드문 식물군락 중의 하나로 여겨지고 있다. 본 연구는 우리나라 산지습지에 자연적으로 분포하고 있는 오리나무림의 군락생태학적 특성을 파악하여 향후 그 체계적 보전 및 관리를 위한 기초자료를 제공하는 데 있다. 전국 66개 지소의 오리나무림을 대상으로 ZM학파의 식물사회학적 방법과 이원지표종분석(TWINSPAN)을 병용하여 군락 유형을 분류한 결과, 모두 8개 단위 유형 (쪽동백나무형, 들메나무-병꽃나무형, 참조팝나무형, 콩재비꽃형, 꼬리조팝나무-물봉선형, 왕미꾸리광이형, 진피리새형, 그리고 상수리나무-생강나무형)이 구분되었으며, 2개 군락, 4개 아군락, 그리고 8개 변군락(variant)의 식생단위 체계로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 또한, 군락유형별 생태적 특성(구성종의 총피도(100m), 중요치, 상재도, 생활형 조성, 종다양성 지수, 군락유사도 그리고 지표종 등)을 비교하였다.

Abstract: Alder (*Alnus japonica*) forests are representative of the wetland in East Asia, including Korea. In the past, alder forests were relatively common in various habitats such as mountains, riversides, back marshes, and alluvial plains. However, this plant community has recently become rare due to increasingly arid habitats and the influence of various land uses. In this study, we identify the synecological characteristics of alder (*A. japonica*) forests distributed naturally in the mountainous wetlands of Korea and provide basic data for their systematic conservation and management in the future. Based on vegetation survey data collected from 66 alder forests, community types were classified using the methods of the Zürich-Montpellier School of Phytosociology and two-way indicator species analysis. There were eight community types: *Styrax obassia*, *Weigela subsessilis*-*Fraxinus mandschurica*, *Spiraea fritschiana*, *Viola verecunda*, *Impatiens textori*-*Spiraea salicifolia*, *Glyceria leptolepis*, *Molinia japonica*, and *Lindera obtusiloba*-*Quercus acutissima*. These community types constituted a vegetation unit hierarchy of two communities, four subcommunities, and eight variants. In addition, the ecological characteristics of each community type were compared (including total coverage per 100 square meter, importance value index, constancy class, life-form composition, diversity indices, community similarity coefficient, and indicator species).

Key words: alder forests, wetland forests, vegetation unit hierarchy, Zürich-Montpellier(ZM) School of Phytosociology, ecological characteristics

서론

기후변화와 인간간섭에 따른 산림생태계 교란 및 쇠퇴

현상은 생육입지 폭이 좁거나 개체군 크기가 작은 식물 군락들의 자기 유지(self sustaining)에 큰 영향을 미치고 있다(Riecken et al., 2009; Berg et al., 2014). 오리나무림 (*Alnus japonica* forest)은 우리나라를 비롯한 동아시아의 습지림을 구성하는 대표적인 임분으로 예전에는 산지 습지 및 계곡, 하천변 범람원, 배후습지, 충적 저지 등 다양한 서식환경에서 비교적 흔하게 분포하고 있었으나 서식

* Corresponding author

E-mail: 62khbae@knu.ac.kr

ORCID

Kwan-Ho Bae  https://orcid.org/0000-0003-0463-6906

지에 대한 다양한 토지이용의 증가로 양적 감소 및 질적 쇠퇴가 심화하여 최근에는 보기 드문 식물군락 중의 하나로 여겨져 우리나라와 일본에서는 그 서식지를 보전구역으로 지정하는 등 그 지속적 보전을 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다(Fujita and Kikuchi, 1986; Yabe, 1993; Sakio and Yamamoto, 2003; Kim and Kim, 2003).

식물군락은 동일 장소에서 종의 단위성과 개별성을 가지고 함께 생활하는 식물집단을 의미하는 편의적인 식생단위로서, 생태학이 발달한 국가에서는 산림생태계의 생물학적 정보를 체계화하거나 생태적 관리 및 보전 계획 수립의 기초 단위로서 널리 활용하고 있으나(Bennun et al., 2004; Arponen et al., 2008; Ren et al., 2012), 우리나라의 경우, 국가 또는 지역 수준 산림생태계에 대한 체계화된 생태 및 생물정보의 부족으로 희소하거나 특수입지 식물군락에 대한 보다 체계적이고 효과적인 대응을 위한 대책 마련이 시급한 실정이다(Kim et al., 2019). 우리나라 산지 습지에 자연적으로 분포하고 있는 오리나무림은 주로 지하 수위가 높고 토심이 깊은 산간 평탄지 또는 저지대에 제한적으로 분포하고 있는 습지성 지표 식생으로 대부분 개체군 크기가 작고 서식지 육화와 이에 따른 인접 식생의 영향 등으로 인하여 적절한 보전 대책이 수립되지 않으면 잠재적 절멸 위험성이 아주 높은 식물군락이다. 일본에서는 오리나무군락을 식물군락적색자료집(red data plant community)에 포함하여 국가 및 지역 차원에서 보다 적극적인 보전 대책을 수립하고 있다(NACS-J and WWF Japan, 1996).

우리나라에서 오리나무림에 대한 군락생태학적 연구는 주로 특정 단위지소에 분포하고 있는 오리나무림을 대상으로 군락 분류(syntaxonomy) 측면에서 수행되어 왔는데, 주요 연구를 보면 서울 대모산(Yim and Han, 1989), 울산 무제치늪(Kim and Kim, 2003; Kim et al., 2005), 부산 금정산(Lee and Kim, 2005), 인천 무의도(Paik, 2010), 민통선-비무장지대(Kim et al., 2010), 경주 암곡습지(Kim et al., 2013), 군위 화산습지(Kim et al., 2017) 등이 있다. 특히 Kim et al.(2017)은 군위 화산습지 오리나무림을 특징 짓는 오리나무-백당나무군락을 처음으로 기재하고 식생 분류체계상 오리나무군강(*Alnetea japonicae*)에 속하는 것으로 규정한 바 있다. 그러나 우리나라 전역에 분포하는 오리나무림을 대상으로 군락 유형을 구분하고 그 생태적 특성을 비교한 연구는 아직 수행된 바 없다. 일본에서의 군락 분류학적 주요 연구로는 Fujita(1987)가 일본 동북지방 오리나무림의 임분유형을 식물사회학적 방법을 적용하여 별사초형(*Carex lasiocarpa* var. *occultans* type), 물고추나무형(*Triadenum japonicum* type), 샷갓사초형(*Carex dispalata* type), 고마리형(*Persicaria thunbergii* type), 좁

일본속은노루오줌형(*Astilbe thunbergii* var. *congesta* type), 그리고 느릅나무형(*Ulmus davidiana* var. *japonica* type) 등 6개 유형으로 구분한 바 있으며, Negishi(2009)는 일본 홋카이도 쿠시로습지(Kushiro mire)내 오리나무림의 군락 유형을 이원지표종분석법(two-way indicator species analysis: TWINSPAN)으로 분석하여 별사초형, 북사초형(*Carex augustinowiczii* type), 고마리형, 그리고 꼬리조팝나무형(*Spiraea salicifolia* type) 등 4개 유형으로 구분한 바 있다. 유럽에서는 Prieditis(1997)는 발틱지역 오리나무림의 군락분류 체계화를 도모한 바 있고, Mäkinen(2018)는 핀란드 전역 유럽오리나무림(*Alnus glutinosa* forest)의 군락 유형을 14개 유형으로 구분하고 북중유럽의 유럽 오리나무림의 군락 유형과 비교한 바 있다.

본 연구는 우리나라 산지 습지의 식생 다양성과 의존 생물종 서식공간의 지속적 보전 측면에서 다양한 인위적 및 환경적 영향으로 과거보다 서식지의 생태적 불안정성 심화와 개체군 크기가 자기 유지가 어려울 정도로 감소하여 적절한 보전 방안이 마련되지 않으면 잠재적 절멸 우려가 높은 자생 오리나무림에 대한 군락생태학적 특성을 파악하여 그 체계적 보전 및 복원계획 수립을 위한 기초 자료를 제공하는 데 있다.

연구방법

1. 조사지 개황

본 연구의 조사지는 우리나라 전역에 자연적으로 분포하고 있는 오리나무림 중에서 군락 상관이 비교적 균질하다고 판단되는 66개 지소의 임분을 대상으로 하였으며, 행정구역상으로는 강원 16개 지소, 경기 10개 지소, 경북 13개 지소, 전남 9개 지소, 경남 7개 지소, 충남 5개 지소, 그리고 충남과 대구가 각 3개 지소이다(Figure 1). 지리적 범위는 동경 126°4'18.1"에서 126°23'43.4", 북위 34°35'57.5"에서 38°32'13.9"이며, 해발고 범위는 최소 10 m, 최대 995 m이다. 미세지형은 주로 계곡부 또는 사면부 요형지이지만 산록 저지 평탄지에서도 나타난다. 산림토양형에 있어서 표토층은 대개 갈색산림토이지만 하부토양은 투수성이 불량한 회색사질토를 나타내며, 토양건습도는 과습에서 적윤에 이르기까지 다양하다. 또한, 조사 지소 대부분이 과거 제한적 측면에서 농업적 토지 이용이 이루어진 곳으로 판단된다.

2. 조사 및 분석 방법

현장 조사는 2018년 6월에서 2019년 9월까지 상기 66개 지소의 오리나무림을 대상으로 임분 크기와 입지환경을 고려하여 상관적으로 가장 전형적인 곳에 10 m × 10 m

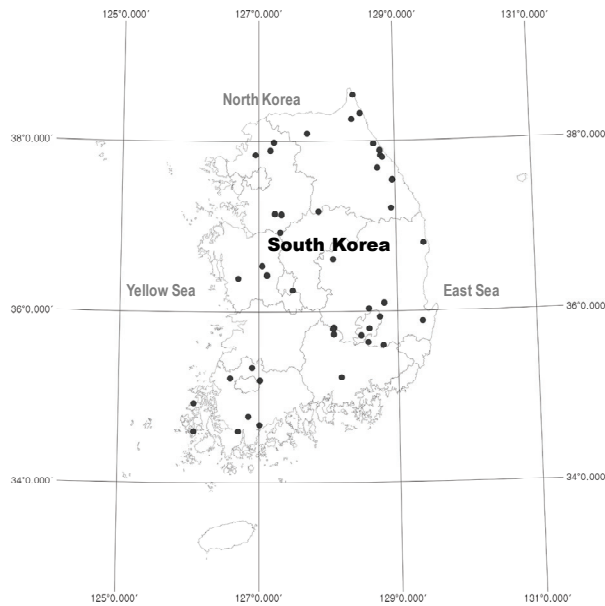


Figure 1. Location of the study area and distribution of the sample sites (black dot).

또는 20 m × 20 m 크기의 정방형 방형구를 설치한 후, 서식처 환경조건과 식물사회 종조성의 균질성과 대응성을 강조하는 Z-M학파의 식물사회학적 방법(Braun-Blanquet, 1965)으로 식생조사를 수행하고 그 입지환경 특성(해발고, 사면경사도, 사면방위각, 암석노출도 등)도 파악하였다. 현장에서 수집된 식생조사 자료는 MS-Excel 2016을 이용하여 소표(Raw table)화 한 후, 그 소표를 근거로 하여 먼저 Hill(1979)의 이원지표종분석법(Two-Way Indicator Species Analysis: TWINSpan)과 Ellenberg(1956)의 표비교법(Tabular comparison method)을 병용하여 종조성적 기준으로 군락유형을 구분하고, 구분된 군락유형별 구성종의 상재도(constancy class)와 우점도(dominance class)에 의거 우리나라 오리나무림의 군락표(community table)를 작성하였다(Müller-Dombois and Ellenberg, 1974). 그리고 군락유형간 구성종의 간접적인 현존량(plant biomass), 상대적인 우세정도, 번식 특성, 종다양성 등을 비교하기 위하여 구성종의 층위별 총피도(total coverage), 중요치(importance value index: IVI), 생활형 조성(life forms), 종다양성 지수(species diversity indices) 등을 각각 산출하였다. 총피도는 식생 층위간 피도 총합, 중요치는 Curtis와 McIntosh(1951)의 평가 기준, 생활형 조성은 Raunkiaer(1934)의 휴면형(dormancy form)과 Numata(1947)의 산포기관형(disseminule forms), 지하기관형(radicoid forms), 그리고 생육형(growth forms) 구분 기준 등을 적용하였다. 종다양성 지수는 종풍부도(species richness index: S, Margalef's richness index; D_{Mg}), 종다양도(Shannon's

diversity index; H'), 종균재도(Pielou's evenness index; J'), 그리고 종우점도(Simpson's dominance index; D) 등을 산출하였다(Shannon and Weaver, 1949; Margalef, 1958; Brower and Zar, 1977). 임분 구성종의 전 조사구에 대한 출현빈도 즉, 상재도를 산출하고, 상재도급별(20% 구간 5등급) 그 구성비를 비교하였다. 지표종 선정은 Dufrene and Legendre(1997)의 IndVal(indicator value)방법을 적용하였다. 통계적 분석 프로그램은 TWINSpan과 지표종 분석에는 PC-ORD version 7(McCune and Mefford, 2016) 그리고 기타 분석에는 Past version 3.26(Hammer, 2019)을 사용하였다. 유관속식물의 동정은 원색대한식물도감(Lee, 2003)을 참조하였으며, 그 학명과 국명은 국가표준 식물목록(Korea Forest Service, 2019) 기준을 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 군락유형

우리나라 산지 습지 오리나무림의 군락 유형(community type)을 ZM학파의 식물사회학적 방법과 TWINSpan으로 분석한 결과(Table 1), 총 8개 단위 유형이 식별되었으며, 그 식생 단위 체계는 2개 군락(community), 4개 아군락(subcommunity), 그리고 3개 변군락(variant)으로 구성되어 있었다. 이들 군락유형은 해발구배와 수문체계 등 입지환경, 교란정도 그리고 군락성립 역사 등 복합적 요인에 따른 종조성적 차이에 의해 주로 결정되고 있었다. 최상위 식생단위인 군락 수준에서는 종군 1의 구성종인 물푸레나무, 물봉선, 썩싸리, 산뽕사초 등 적습지 식물들이 특징짓는 물푸레나무-물봉선군락(*Impatiens textori-Fraxinus rhynchophylla* community, Table 1: Vegetation unit I; Community type C1~C4)과 그 대립 종군인 종군 8의 구성종인 산초나무, 주름조개풀, 파리풀 등 적윤지 식물들이 특징짓는 산초나무-주름조개풀군락(*Oplismenus undulatifolius-Zanthoxylum schinifolium* community, Table 1: II; C5~C8)의 2개 단위로 크게 구분되었는데, 전자는 대개 해발 500 m 이상에서, 후자는 대개 500m 이하에서 분포하고 있었다. 하위단위인 아군락 수준에서는 물푸레나무-물봉선군락은 다시 종군 2와 그 대립종군인 종군 5의 구성종 차이에 의해 당단풍나무-참반디아군락(*Sanicula chinensis-Acer pseudosieboldianum* subcommunity, Table 1: I-1; C1~C2)과 노루오줌아군락(*Astilbe chinensis* var. *dauidii* subcommunity, Table 1: I-2; C3~C4)의 2개 하위단위로 구분되었으며, 전자는 다시 종군 3과 그 대립종군인 종군 4의 구성종 차이에 의해 쪽동백나무변군락(*Styrax obassia* variant, Table 1: I-1-a; C1)과 들메나무-병꽃나무변군락(*Weigela subsessilis-Fraxinus mandshurica* variant, Table

Table 1. The community table of *Alnus japonica* forests in Korea. Roman numerals and Arabic numerals indicate constancy and dominance classes, respectively. Companion species with frequency < 15% in all columns were not shown.

Vegetation unit	Community Subcommunity Variant	I				II				Frequency
		1		2		1		2		
		a	b	a	b	a	b	a	b	
Community types		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
Average number of species/(100m ²)		25	40	25	19	27	24	18	27	
Number of stands		4	5	2	15	10	14	10	6	
Species group 1. Differential species of the <i>Impatiens textori-Fraxinus rhynchophylla</i> community										
<i>Impatiens textori</i>		4 +~1	III +~1	2 1~2	IV +~1	IV +~1	I +	II +	I +	47
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>		3 3~5	V +~5	2 +~1	III +~5	I +~3	II 1	I +~1	I +~1	42
<i>Lycopus lucidus</i>		2 +	IV +~2	1 2	V +~1	I +~1	I +~1	I 1	I +	39
<i>Carex forficula</i>			II 2~3	2 +~1	V 1~5	I 3	I 1	I +~2		30
<i>Rubus oldhamii</i>		2 +~1	II +	2 1~2	I +	I +	I +		I 1	18
Species group 2. Differential species of the <i>Sanicula chinensis-Acer pseudosieboldianum</i> subcommunity										
<i>Asarum sieboldii</i>		2 r~+	II +~2	1 +	I r	I +			I +	12
<i>Acer pseudosieboldianum</i>		3 +~2	II +~1							8
<i>Sanicula chinensis</i>		2 +~5	III r~+							8
Species group 3. Differential species of the <i>Styrax obassia</i> variant										
<i>Styrax obassia</i>		3 +~1				I +		I +		8
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>		2 +~5								3
Species group 4. Differential species of the <i>Weigela subsessilis-Fraxinus mandshurica</i> variant										
<i>Weigela subsessilis</i>			IV +~2		I r~+	II +~2	I +		IV +~1	21
<i>Agrimonia pilosa</i>			III r~1		I +	I +	II +~1	I +		20
<i>Athyrium yokoscense</i>		1 1	V +~1		II +~1		I 1~2		I +	18
<i>Isodon inflexus</i>		1 +	IV +~1				II +~1		I +	15
<i>Commelina communis</i>			III r			II +	II r~+			15
<i>Cornus controversa</i>		1 1	III 1~3			II +~1	I 1			12
<i>Actinidia arguta</i>		1 +	III +~1	1 +	I +		I +			12
<i>Smilax nipponica</i>			III r		I +		I +		II +	12
<i>Angelica polymorpha</i>			III +~1	2 +	I +					11
<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>pilosa</i>			III +~2		I 1		I 1	I 1		11
<i>Fraxinus mandshurica</i>		1 +	III 1~2		II 1~5					11
<i>Tripterygium regelii</i>			III 1~3		II r~2				I 2	11
<i>Sambucus williamsii</i> var. <i>coreana</i>			III r~2			I +	I +			8
<i>Viburnum sargentii</i>			II 2~3		I 2		I +			6
<i>Trigonotis nakaii</i>			II 1		I +					5
Species group 5. Differential species of the <i>Astilbe chinensis</i> var. <i>davidii</i> subcommunity										
<i>Persicaria sieboldii</i>				1 +	III +~3	II +~2	II +~4			23
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>davidii</i>		I +		2 2~3	III +~1	I r~1	I +			21
<i>Pilea mongolica</i>				1 2	III +~3		II +~3			20
<i>Isodon excisus</i>				2 1~2	II +~1		I +			11
Species group 6. Differential species of the <i>Spiraea fritschiana</i> variant										
<i>Celastrus orbiculatus</i>			2 +		I +~1		I +			8
<i>Melica onoei</i>			2 1				I +			5
<i>Spiraea fritschiana</i>			2 4		I 1					5
<i>Lychnis cognata</i>		I r		2 +~2						5
<i>Angelica dahurica</i>			2 +							3
<i>Veratrum patulum</i>			2 +							3
Species group 7. Differential species of the <i>Viola verecunda</i> variant										
<i>Microstegium vimineum</i>					III +~1	I 2	III +~4			23
<i>Viola verecunda</i>		II +			III +~1		II +	I +		20

Table 1. Continued.

Community types	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	F
Species group 8. Differential species of the <i>Oplismenus undulatifolius</i> - <i>Zanthoxylum schinifolium</i> community									
<i>Oplismenus undulatifolius</i>				II +~1	IV +~2	IV +~2	IV +~3	V +~3	52
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>		I +		I +	III +~1	IV 1~5	III +~2	II +	36
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	1 4	I r	1 1		II +~1	III +		II +~1	21
Species group 9. Differential species of the <i>Lastrea thelypteris</i> - <i>Salix koreensis</i> subcommunity									
<i>Salix koreensis</i>		II +~3		II 1~2	V 1~5	V +~5	I 2	I 1	45
<i>Lastrea thelypteris</i>		I r		II +	III +~2	III +~3	I +~2		33
<i>Clematis apiifolia</i>		II +		I r	III +~1	III +~1	I +	I +	27
<i>Equisetum arvense</i>				I +	III +~2	II +			18
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i>		I 1		I 1	III +~2	II +~3		I +	18
Species group 10. Differential species of the <i>Impatiens textori</i> - <i>Spiraea salicifolia</i> variant									
<i>Akebia quinata</i>	1 +				III 1~2	I +	I +	I 1	12
<i>Spiraea salicifolia</i>		I +		I +~1	III +~2				9
<i>Carex dimorpholepis</i>				I 1	II 2~4	I 1			9
<i>Pueraria thunbergiana</i>					II +~2			I +	8
<i>Persicaria filiforme</i>					II +~2		I +	I 1	8
<i>Humulus japonicus</i>					II +~2	I +			6
Species group 11. Differential species of the <i>Glyceria leptolepis</i> variant									
<i>Onoclea sensibilis</i> var. <i>interrupta</i>		I 1		I +~1	I r	III +~1			17
<i>Carex dickinsii</i>				I +		II +~4	I 1		9
<i>Scutellaria dependens</i>		I +		I +		II 1			9
<i>Glyceria leptolepis</i>						III 1~5			8
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>						II +~1			6
Species group 12. Differential species of the <i>Smilax china</i> - <i>Styrax japonicus</i> subcommunity									
<i>Styrax japonicus</i>				I 1~4	I +~1		III 1~2	II 2	18
<i>Smilax china</i>				I +		I +	III +	IV +	15
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	1 +				I 1	I +~1	II +~2	II +~3	15
<i>Lindera erythrocarpa</i>	1 1			I 1	I 5		II +~4	II +~1	14
<i>Quercus serrata</i>						I 1	II +~1	II 1	11
<i>Rubus corchorifolius</i>				I 1			II +~1	II +~2	9
Species group 13. Differential species of the <i>Molinia japonica</i> variant									
<i>Molinia japonica</i>				II +~1	I 1~2	II +~4	IV 1~5		27
<i>Rhus tricocarpa</i>		I 2		I +		I +	III +~1	I 1	12
<i>Osmunda japonica</i>	1 1					I +~1	II +~1		11
Species group 14. Differential species of the <i>Lindera obtusiloba</i> - <i>Quercus acutissima</i> variant									
<i>Stephanandra incisa</i>		III +~1		I +	II +~1	II r~1		III 1~3	21
<i>Lindera obtusiloba</i>	3 +~1	II +		I +	I +	I +	I 1	IV +~1	20
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i>	2 +~1	I +		I 1		II +~1	I +~1	IV +~1	20
<i>Carex lanceolata</i>		I 1		I +	I +	I +		III 1~3	11
<i>Lindera glauca</i>							I +~3	IV +~2	9
<i>Quercus acutissima</i>	1 1							IV 1~3	8
<i>Pinus densiflora</i>	1 +						I +	III 1~2	8
<i>Carex ciliatomarginata</i>								III +	5
<i>Alnus japonica</i>	4 3~4	V 3~5	2 4	V 3~5	V 3~5	V 4~5	V 3~5	V 4	100
<i>Persicaria thunbergii</i>	1 3	II +~2	2 1~2	V +~5	V 1~4	IV +~2	II +~2	I +	68
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	2 +~1	II +~2		II +~1	III +~1	II +~2	II +~1	V +~1	39
<i>Acer ginnala</i>		II 3~4	1 1	II +~5	III +~2	III +~4		II 1~2	35
<i>Rosa multiflora</i>		I r		II +~1	III +~1	I +	I +~1	II +~2	24
<i>Amphicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i>				II +	II +	I +~1	II +		20
<i>Angelica decursiva</i>	2 +			II +~1	I 1	I +	I +~1	I +	18
<i>Phragmites japonica</i>		I r		I +~4	II 1~3	II 1~3	I +		18
<i>Lonicera japonica</i>		I r		II +	II +~1	I +		III +	18
<i>Athyrium niponicum</i>		I +		I +	I +~1	II +~2	I 1	I +	15
<i>Alnus sibirica</i>	1 1			I 1	I 1	II 1~5	I 5		15
<i>Artemisia princeps</i>		I r		I +	II +~1	II +			15

I: I-1-b; C2)의 2개 최하위 식생단위로, 후자는 다시 종군 6과 그 대립종군인 종군 7의 구성종 차이에 의해 참조팝나무변군락(*Spiraea fritschiana* variant, Table 1: I-2-a; C3)과 콩제비꽃변군락(*Viola verecunda* variant, Table 1: I-2-b; C4)의 2개 최하위 식생단위로 최종 구분되었다. 산초나무-주름조개풀군락은 다시 종군 9와 그 대립종군인 종군 12의 구성종 차이에 의해 버드나무-치녀고사리아군락(*Lastrea thelypteris-Salix koreensis* subcommunity, Table 1: II-1; C5~C6)과 때죽나무-청미래덩굴아군락(*Smilax china-Styrax japonicus* subcommunity, Table 1: II-2; C7~ C8)의 2개 하위단위로 구분되었으며, 전자는 다시 종군 10과 그 대립종군인 종군 11의 구성종 차이에 의해 꼬리조팝나무-물봉선변군락(*Impatiens textori-Spiraea salicifolia* variant, Table 1: II-1-a; C5)과 왕미꾸리광이변군락(*Glyceria leptolepis* variant, Table 1: II-1-b; C6)의 2개 최하위 식생단위로, 후자는 다시 종군 13과 그 대립종군인 종군 14의 구성종 차이에 의해 진퍼리새변군락(*Molinia japonica* variant, Table 1: II-2-a; C7)과 상수리나무-생강나무변군락(*Lindera obtusiloba-Quercus acutissima* variant, Table 1: II-2-b; C8)의 2개 최하위 식생단위로 최종 구분되었다. 한편, 물푸레나무-물봉선군락, 들메나무-병꽃나무변군락 그리고 왕미꾸리광이변군락은 각각 일본의 식생분류체계(Association for Phytosociological Study, 2020)에 있어서 오리나무-물봉선군집(*Impatiens-Alnetum japonicae* (Miyawaki et al., 1977) Ohno in Miyawaki 1985), 오리나무-들메나무군집(*Alno-Fraxinetum mandshuricae* Miyawaki ex Haneda et al., 1970) 그리고 오리나무-도깨비사초군집(*Carici dickinsii-Alnetum japonicae* Okuda 1978)과 식별종 구성이 다소 유사하여 향후 그 귀속 여부에 대한 추가 검토가 필요할 것으로 보였으며, 버드나무-치녀고사리아군락은 Kim et al.(2017)이 군위 화산습지에서 제시한 오리나무-백당나무군락의 하위단위인 버드나무하위군락과 종조성 측면에서 다소 유사한 것으로 보였다.

2. 군락구조

우리나라 오리나무림의 군락구조 특성을 파악하기 위하여 전체 임분 및 군락 유형 간 구성종의 총피도(/100 m²), 중요치, 상재도 그리고 생활형 조성 등을 비교 분석하였다.

총피도는 성엽기에 단위면적당 구성종의 총생체량(total biomass)을 직·간접적으로 가늠하는 기준으로 식생층위 간 구성종의 피도 중복성을 모두 반영하여 나타내므로 그 값이 100%를 초과하는 경우도 있다(Caratti, 2006). 우리나라 오리나무림의 총피도는 전체 평균 203 ± 58%이었으며, 식생 층위별로는 교목층 평균 70 ± 25%, 아교목층 평균 22 ± 21%, 관목층 평균 21 ± 20% 그리고 초본층 평균 90 ± 43%로 나타났는데 교목층과 초본층에 비해 아교목층과 관목층의 총피도가 상대적으로 아주 낮은 경향이였다. 군락 유형 간에는 들메나무-병꽃나무형(Table 1: C2)이 264 ± 63%로 가장 높게 나타났고, 상수리나무-생강나무형(Table 1: C8)이 166 ± 20%로 가장 낮게 나타났다(Figure 2).

군락 구성종의 생태적 지위를 나타내는 중요치(IV)를 목본식물(woody plants)과 초본식물(herbaceous plants)로 구분하여 종수준과 과수준에서 분석한 결과 군락유형 간 다소 차이가 있었지만, 전체적으로 보아 목본식물의 경우 종수준에서는 오리나무(55.7)가 단연 높게 나타났고, 다음으로 버드나무(8.9), 물푸레나무(4.2), 신나무(2.2), 상수리나무(2.0) 등의 순으로 나타났다. 과수준에서는 자작나무과(Betulaceae, 58.3)가 가장 높게 나타났고, 다음으로 버드나무과(Salicaceae, 9.3), 물푸레나무과(Oleaceae, 6.4), 장미과(Rosaceae, 4.6), 참나무과(Fagaceae, 4.3) 등의 순으로 나타났다. 초본식물의 경우 종수준에서는 일년생 수생식물인 고마리(9.6)가 가장 높게 나타났으며, 다음으로 산뚝사초(7.0), 진퍼리새(5.4), 주름조개풀(3.9), 썩싸리(2.8) 등의 순으로 나타났다. 과수준에서는 벼과(Gramineae, 23.0)가 가장 높게 나타났고, 다음으로 사초과(Cyperaceae, 14.5), 마디풀과(Polygonaceae, 14.4), 꿀풀과(Labiatae, 6.0), 면

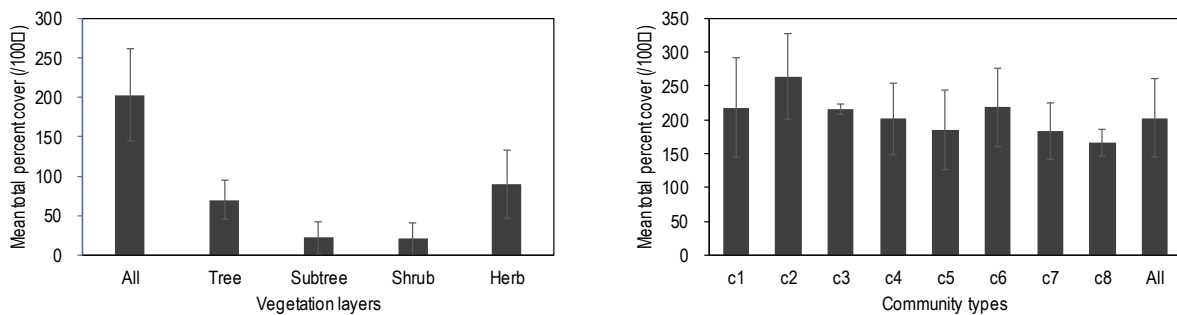


Figure 2. Mean total percent cover per 100 square meter for vegetation layers (left) and community types (right) of *Alnus japonica* forests. Error bars indicate standard deviation of mean. Community types (C1~C8) are shown in Table 1.

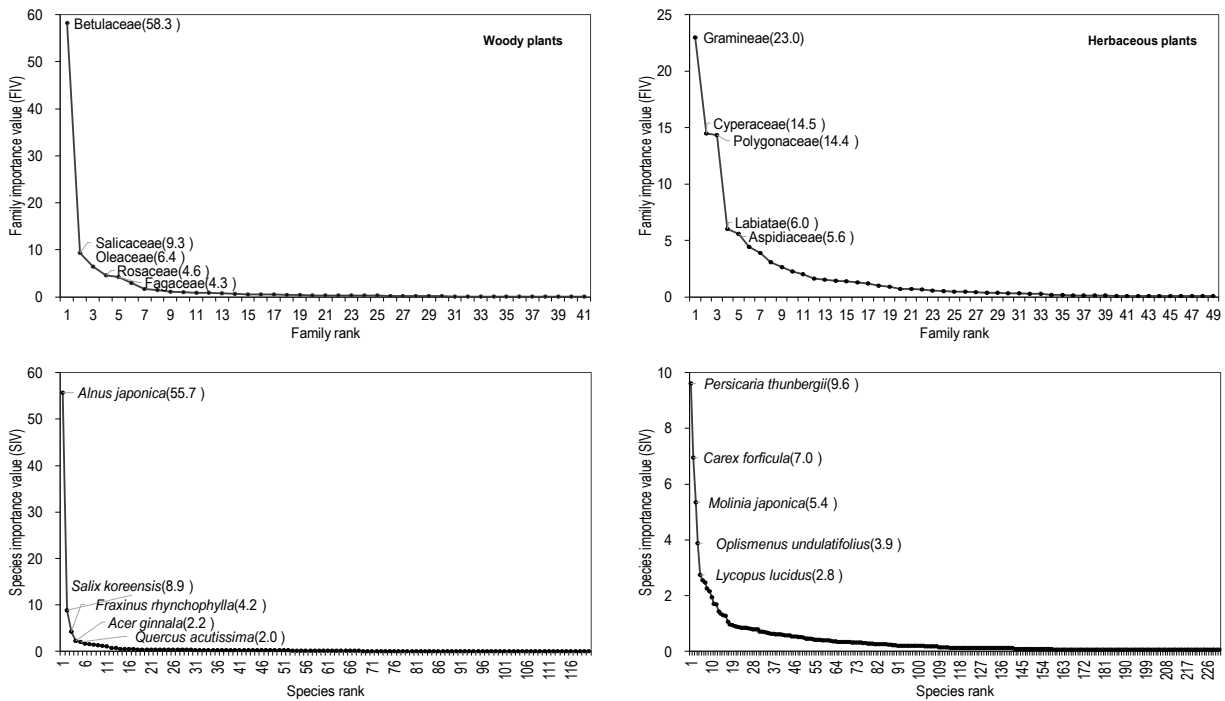


Figure 3. Rank-importance graph of species and family of *Alnus japonica* forests based on species importance value (SIV) and family importance value (FIV). species and family ranked in the top 5 in importance values were marked with scientific name and family name.

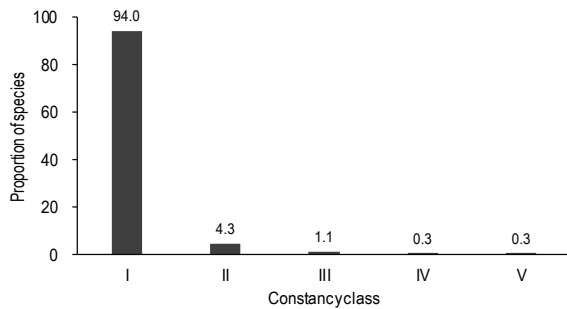


Figure 4. Distribution on constancy classes of the constituent species of *Alnus japonica* forests.

마과(Aspidiaceae, 5.6) 등의 순으로 나타났다(Figure 3).

군락 구성종의 출현 빈도 즉 상재도 분포 경향은, 전체적으로 출현 빈도 60% 이상의 고상재도종은 전체 구성종의 약 0.6%인 2종(오리나무, 고마리)에 불과하였고, 출현 빈도 20% 이하의 저상재도종이 전체 구성종의 약 94.0%인 330종으로 대부분을 차지하고 있었는데, 이는 군락유형 간에서도 유사하게 나타났다(Figure 4).

군락 구성종의 휴면형, 지하기관형, 산포기관형, 생육형 등에 의한 생활형조성 체계를 종수 구성비 기준에서 분석한 결과, 군락유형 간 다소 차이가 있지만, 전체적으로 보면 휴면형은 반지중식물(H), 지하기관형은 단립식물(R₅), 산포기관형은 중력산포형(D₄), 그리고 생육형은

직립형(e)이 중심유형으로 나타나는 ‘H-R₅-D₄-e’의 체제로 나타났다(Figure 5).

3. 종다양성

오리나무림의 종다양성 특성을 단위면적당(100 m²) 종풍부도(S), 종균재도(J'), 종다양도(H') 그리고 종우점도(D)의 4가지 지수로 분석한 결과(Table 2), 종풍부도는 전체 평균 24.0종(목본식물 10.1종, 초본식물 13.9종)이었으며 8개 군락유형 중 평균 해발고(816 m)가 가장 높은 들메나무-병꽃나무형이 39.8종(목본식물 16.0종, 초본식물 23.8종)으로 가장 풍부하였고, 평균 해발고(157 m)가 가장 낮고 전형적인 저습지 식생을 특징짓는 진퍼리새형이 18.0종(목본식물 8.8종, 초본식물 9.2종)으로 가장 적게 나타났다. 종다양도도 종풍부도와 유사한 경향이었는데 전체 평균 1.669(목본식물 0.954, 초본식물 1.095)이었으며, 들메나무-병꽃나무형이 2.045(목본식물 1.617, 초본식물 1.141)로 가장 높았고, 진퍼리새형이 1.372(목본식물 0.720, 초본식물 0.812)로 가장 낮았다. 종균재도는 전체 평균 0.535이었으며, 군락 유형 간에는 꼬리조팝나무-물봉선형이 0.598(목본식물 0.473, 초본식물 0.527)로 가장 높았고, 진퍼리새형이 0.480(목본식물 0.319, 초본식물 0.345)으로 가장 낮았다. 종우점도는 전체 평균 0.277(목본식물 0.555, 초본식물 0.488)로 다수의 종이 있었으

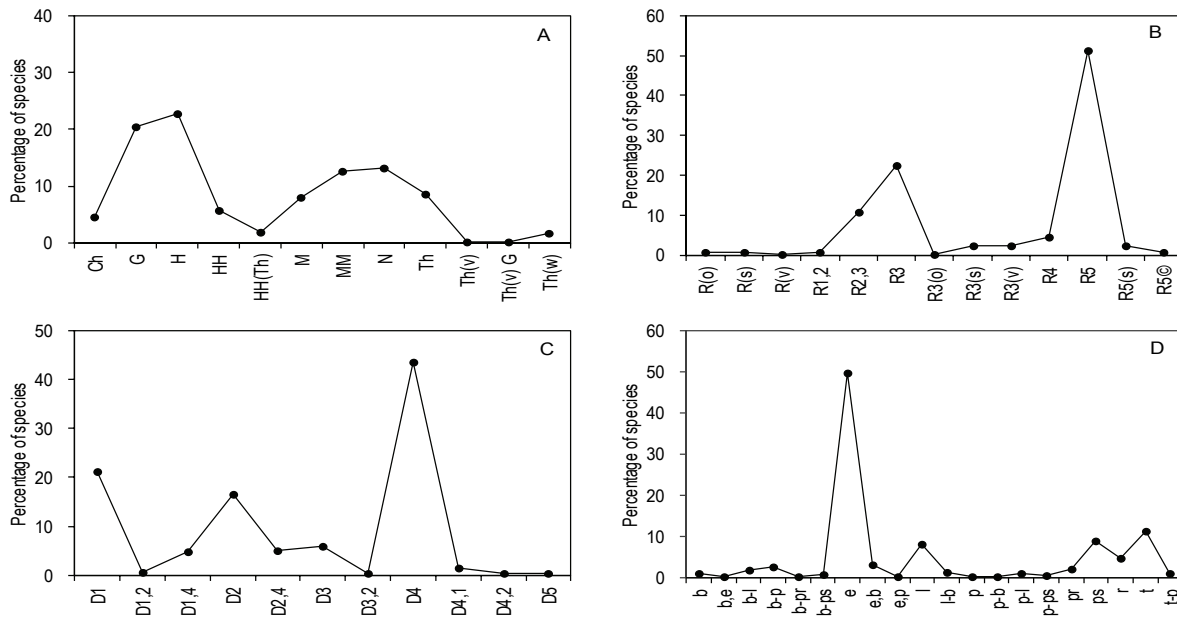


Figure 5. Distribution of Percentage of species for Dormancy form(A), Radicroid form(B), Disseminule form(C), and Growth form(D) of *Alnus japonica* forests.

Table 2. Diversity indices of the eight community types of *Alnus japonica* forests in Korea. Community types (C1~C8) are shown in Table 1.

Growth form	Community types	Richness(S)		Richness(D _{Mg})		Diversity(H')		Evenness(J')		Dominance(D)	
		Mean	S.Dev	Mean	S.Dev	Mean	S.Dev	Mean	S.Dev	Mean	S.Dev
All vascular plants	C1	25.0	6.6	4.508	1.061	1.604	0.491	0.495	0.118	0.293	0.141
	C2	39.8	21.0	6.916	3.479	2.045	0.461	0.571	0.053	0.191	0.080
	C3	24.5	0.5	4.391	0.062	1.911	0.048	0.597	0.019	0.202	0.000
	C4	19.3	7.3	3.496	1.447	1.502	0.307	0.521	0.071	0.295	0.080
	C5	26.7	9.0	4.978	1.541	1.947	0.557	0.598	0.128	0.240	0.130
	C6	24.1	10.1	4.350	1.946	1.639	0.431	0.523	0.082	0.285	0.090
	C7	18.0	7.1	3.272	1.317	1.372	0.422	0.480	0.086	0.345	0.109
	C8	26.7	6.5	5.076	1.359	1.839	0.247	0.565	0.066	0.247	0.048
	All	24.0	11.2	4.359	2.001	1.669	0.467	0.535	0.096	0.277	0.106
Woody plants	C1	12.5	3.2	2.448	0.597	1.242	0.471	0.492	0.157	0.413	0.204
	C2	16.0	7.9	2.840	1.382	1.617	0.396	0.602	0.106	0.275	0.116
	C3	9.0	1.0	1.619	0.200	1.115	0.054	0.511	0.051	0.390	0.003
	C4	5.7	3.3	1.045	0.682	0.584	0.422	0.345	0.199	0.710	0.204
	C5	11.6	3.7	2.308	0.679	1.186	0.608	0.473	0.215	0.488	0.246
	C6	8.6	4.3	1.585	0.895	0.771	0.431	0.375	0.134	0.620	0.211
	C7	8.8	3.8	1.686	0.756	0.720	0.437	0.319	0.152	0.667	0.215
	C8	17.7	5.5	3.413	1.141	1.516	0.242	0.541	0.081	0.328	0.072
	All	10.1	5.7	1.902	1.110	0.954	0.564	0.418	0.186	0.555	0.246
Herbaceous plants	C1	12.5	4.7	3.480	1.629	0.831	0.430	0.328	0.160	0.545	0.233
	C2	23.8	13.4	5.428	2.904	1.141	0.716	0.342	0.190	0.519	0.292
	C3	15.5	0.5	3.410	0.197	1.582	0.111	0.577	0.034	0.264	0.054
	C4	13.6	5.0	2.786	1.289	1.025	0.259	0.408	0.087	0.475	0.122
	C5	15.1	5.8	3.320	1.203	1.418	0.575	0.527	0.150	0.380	0.213
	C6	15.6	6.4	3.324	1.684	1.197	0.588	0.430	0.159	0.464	0.220
	C7	9.2	3.7	3.302	4.736	0.812	0.520	0.345	0.197	0.615	0.244
	C8	9.0	2.5	3.534	1.738	0.945	0.454	0.427	0.180	0.557	0.235
	All	13.9	7.1	3.388	2.465	1.095	0.542	0.418	0.167	0.488	0.226

Table 3. List of indicator species with their IndVal percentage and *p* value for the eight community types of *Alnus japonica* forests.

Species	Family	Community types	Observed indicator value	IV from randomized groups		<i>p</i> value
			IndVal	Mean	S.Dev	
<i>Styrax obassia</i>	Styracaceae	C1	72.8	15.9	10.8	0.0022
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	Aceraceae	C1	67.9	15.4	10.4	0.0024
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliatodentatus</i>	Celastraceae	C1	50.0	13.3	9.3	0.0022
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	Ulmaceae	C1	50.0	13.2	9.5	0.0044
<i>Isodon inflexus</i>	Labiatae	C2	69.0	16.9	10.6	0.0048
<i>Sambucus williamsii</i> var. <i>coreana</i>	Caprifoliaceae	C2	59.7	17.0	10.3	0.0024
<i>Weigela subsessilis</i>	Caprifoliaceae	C2	55.7	19.5	11.3	0.0200
<i>Cornus controversa</i>	Cornaceae	C2	54.9	16.4	11.0	0.0084
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	Oleaceae	C2	52.9	24.5	11.2	0.0248
<i>Actinidia arguta</i>	Actinidiaceae	C2	51.0	17.9	11.3	0.0098
<i>Angelica dahurica</i>	Umbelliferae	C3	100.0	12.6	9.5	0.0004
<i>Veratrum patulum</i>	Liliaceae	C3	100.0	12.6	9.5	0.0004
<i>Artemisia sylvatica</i>	Compositae	C3	99.8	14.2	9.6	0.0004
<i>Spiraea fritschiana</i>	Rosaceae	C3	99.7	13.4	9.7	0.0002
<i>Melica onoei</i>	Gramineae	C3	99.7	13.4	9.9	0.0004
<i>Lychnis cognata</i>	Caryophyllaceae	C3	98.0	13.3	9.8	0.0004
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>davidii</i>	Saxifragaceae	C3	97.6	22.3	12.2	0.0004
<i>Isodon excisus</i>	Labiatae	C3	96.1	16.3	10.3	0.0002
<i>Rubus oldhamii</i>	Rosaceae	C3	88.4	20.3	11.6	0.0036
<i>Impatiens textori</i>	Balsaminaceae	C3	71.5	25.8	11.4	0.0118
<i>Carpinus cordata</i>	Betulaceae	C3	50.0	12.0	8.3	0.0274
<i>Acer mandshuricum</i>	Aceraceae	C3	50.0	12.0	8.3	0.0274
<i>Tilia amurensis</i>	Tiliaceae	C3	50.0	12.0	8.3	0.0274
<i>Carex forficula</i>	Cyperaceae	C4	63.4	17.5	8.8	0.0002
<i>Equisetum arvense</i>	Equisetaceae	C5	58.8	21.4	12.1	0.0128
<i>Microstegium vimineum</i>	Gramineae	C6	50.4	19.3	11.0	0.0234
<i>Molinia japonica</i>	Gramineae	C7	66.1	18.2	9.2	0.0014
<i>Quercus acutissima</i>	Fagaceae	C8	63.9	14.2	10.2	0.0042
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	Gramineae	C8	50.7	22.3	9.0	0.0170
<i>Carex ciliatmarginata</i>	Cyperaceae	C8	50.0	13.2	9.6	0.0020

며, 진퍼리새형이 0.345(목본식물 0.667, 초본식물 0.615)로 가장 높았고, 물푸레나무-병꽃나무형이 0.191(목본식물 0.275, 초본식물 0.519)로 가장 낮았다. 이상을 종합하여 보면 종풍부도와 종다양도에 있어서 가장 높은 값을 나타내는 물푸레나무-병꽃나무형이 군락 안정도와 성숙도에 있어 상대적으로 가장 높았고, 특정한 1~2종이 절대적으로 군락을 우점하고 있는 진퍼리새형이 상대적으로 가장 낮은 상태임을 알 수 있었다.

4. 지표종 분석

군락 유형 간 지표종(indicator species)을 50% 이상의 유의한 IndVal($P < 0.05$)을 갖는 종을 기준으로 식별하였다(Table 3). 전체 군락에서 모두 30종이 유의한 지표종으로 나타났으며 군락 유형 간 지표종 수에 있어 큰 차이

가 있었는데, 참조팝나무형이 13종으로 가장 다양하였고 산뚝사초형, 꼬리조팝나무-물봉선형, 왕미꾸리광이형 그리고 진퍼리새형은 모두 각 1종에 불과하였다. 군락유형별로 보면 쪽동백나무형은 서식환경 범위가 다소 넓은 쪽동백나무가 가장 높은 지표값(IndVal 72.8%, p 0.002)을 갖는 가운데, 당단풍나무, 회잎나무, 느릅나무 등 비교적 적윤지에서 출현하는 목본식물이, 들메나무-병꽃나무형은 지중식물(Geophyte: G)인 산박하가 가장 높은 지표값(IndVal 69.0%, p 0.005)을 갖는 가운데 우리나라 산지계곡을 특징짓는 물푸레나무, 층층나무, 병꽃나무, 딱총나무, 그리고 만목성인 다래 등이, 참조팝나무형은 구릿대가 가장 높은 지표값(IndVal 100.0%, $p < 0.001$)을 갖는 가운데 박새, 노루오줌, 동자꽃, 물봉선 등을 비롯하여 모두 13종이, 산뚝사초형은 우리나라 산지습지의 숲

바닥을 특징짓는 반지중식물인 산뚝사초(IndVal 63.4%, $p < 0.001$) 1종, 꼬리조팝나무-물봉선형은 양치식물인 쇠뜨기(IndVal 58.8%, $p 0.013$) 1종, 왕미꾸리광이형은 일년생 식물인 나도바랭이새(IndVal 50.4%, $p 0.023$) 1종, 진퍼리새형은 다년생 수생식물인 진퍼리새(IndVal 66.1%, $p 0.001$) 1종, 그리고 상수리나무-생강나무형은 대개 해발이 낮은 산기슭과 구릉지의 양지바른 곳에서 출현 빈도가 높은 상수리나무가 가장 높은 지표값(IndVal 63.9%, $p 0.004$)을 갖는 가운데 주름조개풀, 털대사초 등 3종이 유의한 지표종으로 나타났다. 이상을 종합하여 보면, 물푸레나무-물봉선군락에서 속하는 군락 유형과 왕미꾸리광이형 그리고 상수리나무-생강나무형은 대개 중력산포형 식물들이, 꼬리조팝나무-물봉선형과 진퍼리새형은 풍수산포형 식물들이 상대적으로 유의한 지표종으로 나타남을 알 수 있었다.

결론

우리나라에 분포하고 있는 오리나무림(*Alnus japonica* forests)은 러시아 연해주, 중국 동북부 그리고 일본을 비롯한 동아시아의 습지림을 구성하는 대표적인 임분으로 예전에는 산지, 하변, 배후습지, 그리고 충적 저지 등 다양한 서식환경에서 비교적 흔하게 분포하고 있었다(Fujita and Kikuchi 1986). 그러나 서식지에 대한 다양한 토지이용으로 양적 감소는 물론이고 서식지의 건조화(habitat aridity)와 인접 식생의 침입으로 습지림 고유의 종조성적 특성을 점차 상실하고 있는데 특히 미세환경 변화에 민감한 하층 및 초본층에서 이런 현상이 더욱 두드러지게 나타나고 있다(Fujita, 1987; Kohmaru, 1994). 이에 우리나라와 일본에서는 국가 및 지역 수준에서 오리나무가 우점하는 임분이나 서식지의 보전과 인접 식생으로의 자연 천이를 방지하기 위한 다양한 노력을 기울이고 있다(Ono, 1985; Fukushima, T., 1998; Ministry of the Environment and Nature Environment Coexistence Rechnology Association, 2004; The Japanese Civic Group Coalition to Promote Nature Restoration, 2005; Seoul metropolitan government, 2013; Ishikawa et al., 2015). 본 연구는 이런 점을 고려하여 우리나라 산지습지에서 자연적으로 성립하여 분포하고 있는 오리나무림의 체계적이고 효과적인 보전 및 관리를 위한 기초자료를 제공하기 위하여 전국 66개 지소의 오리나무림을 대상으로 군락유형을 구분하고 그 생태적 특성을 파악하였다. 군락 유형은 총 8개 유형이 식별되었는데 토지이용에 따른 수문체계 변화와 식생천이의 영향으로 군락 유형 간 종조성 및 구조에 있어서 크고 작은 차이를 보이었으며, 물

푸레나무-물봉선군락, 들메나무-병꽃나무변군락 그리고 왕미꾸리광이변군락 등의 식생 단위는 일본의 식생분류 체계상 각각 오리나무-물봉선군집[*Impatiens-Alnetum japonicae* (Miyawaki et al., 1977) Ohno in Miyawaki, 1985], 오리나무-들메나무군집(*Alno-Fraxinetum mandshuricae* Miyawaki ex Haneda et al., 1970) 그리고 오리나무-도깨비사초군집(*Carici dickinsii-Alnetum japonicae* Okuda, 1978)의 식생 단위와 유사한 종조성을 갖고 있음을 알 수 있었다. 군락 유형 구분에서 해발구배(elevation gradients)의 영향이 크게 미치고 있었는데 특히 최상위 식생 단위에 해당하는 군락 수준에서 물푸레나무-물봉선군락(Table 1: Community type C1~C4)에 속하는 군락 유형들은 주로 해발 500m 이상에서, 산초나무-주름조개풀군락(Table 1: Community type C5~C8)에 속하는 군락 유형들은 주로 해발 500m 이하에서 주로 분포하고 있었다. 구성종의 상대적 우세 정도를 나타내는 중요치(IV)에 있어서는 전체적으로 교목층과 아교목층에서는 군락 우점종인 오리나무가 절대적으로 높게 나타났지만, 관목층에서는 산초나무, 쥐똥나무, 조팝나무, 신나무, 물푸레나무 등 주로 적윤지 식물들이, 그리고 초본층에서는 고마리, 진퍼리새, 산뚝사초, 주름조개풀, 나도바랭이새 등 수생 및 적습지 식물들이 상대적으로 높게 나타남을 알 수 있었다. 휴면형 요소 간 중요치 구성에서는 식생 층위 간 다소 차이는 있지만, 특히 관목층에서 큰 차이를 보였는데 물푸레나무-물봉선군락에 속하는 군락 유형에서는 주로 교목성 대형지상식물(MM)이, 산초나무-주름조개풀군락에 속하는 군락 유형에서는 주로 관목성 미소지상식물(N)의 중요치가 상대적으로 높게 나타났다. 한편 군락 유형 간 서식환경을 특징짓는 지표종을 분석한 결과, 물푸레나무-물봉선군락에 속하는 군락 유형이 산초나무-주름조개풀군락에 비해 상대적으로 지표종 수가 풍부하였는데 이는 군락 유형 간 서식환경과 교란정도의 차이를 반영하는 것으로 판단된다. 이상을 종합하여 보면 우리나라 오리나무림은 현재 서식지 내외부의 다양한 교란 영향에 따라 군락 유형 간 종조성적 이질성이 심화하여 가고 있으며 특히 서식지 건조화가 상당히 진행된 일부 임분에서는 상수리나무, 쪽동백나무, 주름조개풀 등 서식환경 폭이 비교적 넓은 식물들이, 기타 임분에서는 산지 계곡성 식물들이 지표종으로 나타나고 있어 산지 습지림 고유의 종조성과 구조적 특성이 상실되어 가고 있어 이의 개선을 위한 보전 및 복원 대책 마련이 시급해 보였다. 끝으로 본 연구는 우리나라 오리나무림의 군락유형 구분과 그 생태적 특성 파악을 중심으로 다소 제한적인 군락생태학적 연구를 수행하였기에 향후 서식지 토양 특성, 수문 체계 등 입지환경과의 관계, 개체군 성립과 발

달과정 등을 포함한 보다 넓고 장기적인 추가 연구가 수행되어야 그 보전과 복원을 위한 실질적인 방안이 모색될 것으로 판단되었다.

References

- Arponen, A., Moilanen, A. and Ferrier, S. 2008. A successful community-level strategy for conservation prioritization. *Journal of Applied Ecology* 45: 1436-1445.
- Association for Phytosociological Study. 2020. Vegetation classification system in Japan. http://phytosociology.org/wp-content/themes/standard_black_cmspro/img/Binran_System-v3.htm. (2020. 2. 18) (in Japanese)
- Bennun, L., Brooks, T.M., Darwall, W., Fishpool, L.D.C., Foster, M., Knox, D., Langhammer, P., Matiku, P., Radford, E., Salaman, P., Sechrest, W., Smith, M.L., Spector, S. and Tordoff, A. 2004. Key biodiversity areas as site conservation targets. *BioScience* 54(12): 1110-1118.
- Berg, C. Abdank, A., Isermann, M., Jansen, F., Timmermann, T. and Dengler, J. 2014. Red lists and conservation prioritization of plant communities – a methodological framework. *Applied Vegetation Science* 17: 504-515.
- Braun-Blanquet, J. 1965. *Plant Sociology: The study of plant communities* (Fuller, G.D. and H.S. Conrad, trans.). New York, USA. pp. 439.
- Brower, J.E. and Zar, J.H. 1977. *Field and laboratory methods for general ecology*. Wm. C. Brown Company. Iowa, USA. pp. 288.
- Curtis, J.T. and McIntosh, R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Dufrêne, M. and Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Ellenberg, H. 1956. *Aufgaben und methoden der vegetationskunde*. Ulmer, Stuttgart, Germany. pp. 136. (in German)
- Fujita, H. and Kikuchi, T. 1986. Differences in soil condition of alder and neighboring elm stands in a small tributary basin. *Japanese Journal of Ecology* 35: 565-573. (in Japanese with English abstract)
- Fujita, H. 1987. Differentiation of some *Alnus japonica* forests based on species composition and their soil condition. *Ecological Review* 21(2): 77-85.
- Fukushima, T. 1998. Wetland nature protection. *Nature Protection Handbook* (Miyawaki, A. (ed.)). Asakura Publishing Co., Ltd. Tokyo. pp. 516-528. (in Japanese)
- Hammer, Ø. 2019. PAST version 3.26 for Windows. Natural history museum, University of Oslo, Oslo, Finland.
- Hill, M.O. 1979. TWINSpan-A FORTRAN Program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. N.Y. Cornell University Press. Ithaca, USA. pp. 50.
- Ishikawa, Y., Yabe, K. and Yamagishi, H. 2015. Establishment and growth of the *Alnus japonica* forest at the northwestern coast of Lake Utonai in the southern area of Ishikari Depression, northern Japan. *Vegetation Science* 32(2): 81-94. (in Japanese with English abstract)
- Kim, C.H., Kim, K.G. Choi, Y.E. Kim S.S. and Shin, J.R. 2010. Study of vegetation of civilian control line-DMZ area: focusing on the Donghae Bukbu Line. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 13(6): 63-74. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S., Choi, S.H., Hong, S.H., Kang, H.M. and Bae, J.N. 2013. The characteristics of the vegetation of ‘Amgok’ wetland, Gyeongju National Park, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 27(3): 381-395. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S., Cho, J.H., Kim, H.Y. and Cho, H.J. 2019. Floristic composition, structure, and dynamics of *Koelreuteria paniculata* communities in Daegu City. *Journal of Korean Society of Forest Science* 108(2): 168-176. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W. and J.H. Kim. 2003. Vegetation of Moojechi moor in Ulsan: syntaxonomy and syndynamics. *Journal of Ecology and Environment* 26(5): 281-287. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W., Kim, J.H., Jegal, J.C., Lee, Y.K., Choi, K.R., Ahn, K.H. and Han, S.U. 2005. Vegetation of Mujechi moor in Ulsan: actual vegetation map and *Alnus japonica* Population. *Journal of Ecology and Environment* 28(2): 99-103. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W., Lee, S.E. and Lee, J.A. 2017. Hwasan wetland vegetation in Gunwi, South Korea: with a phytosociological focus on Alder (*Alnus japonica* (Thunb.) Steud.) forests. *Korean Journal of Ecology and Environment* 50(1): 70-78. (in Korean with English abstract)
- Kohmaru, M. 1994. Conservation of Kushiro mire. *Journal of The Japanese Institute of Landscape Architecture* 58: 39-44.
- Korea Forest Service. 2019. Korean plant names index, <http://www.nature.go.kr/kpni/index.do>.(2020. 2. 18)
- Kwak, J.I., Han, B.H., Yeum, J.H., Jung, J.M. and Kang, S.R. 2013. A study on the vegetation structure characteristics and management plan of Seoreung. *Proceedings of the 2013 Meeting of Korean Society of Environment and Ecology*: 57-58. (in Korean)
- Lee, Y.K. and Kim, J.W. 2005. Riparian vegetation of South

- Korea. Keimyung University Press, Daegu. pp. 293.
- Mäkinen, A. 2018. Vegetation and ecology of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) dominated swamps and mesic forest sites in Finland. *Suo* 69(2-3): 47-132.
- Margalef, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In: Buzzati-Traverso AA, editor. *Perspectives in Marine Biology*. Berkeley: University of California Press. Berkeley. pp. 323-350.
- Margalef, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. in: *perspectives in marine biology*, Buzzati-Traverso (ed.), University of California Press, Berkeley. pp. 323-347.
- McCune, B. and Mefford, M.J. 2016. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 7.0 for windows. Wild Blueberry Media, Corvallis, Oregon, U.S.A.
- Ministry of the Environment and Nature Environment Coexistence Technology Association (edition). 2004. *Nature restoration: beginning with Kushiro*. Gyosei, Tokyo. pp. 279. (in Japanese)
- Müller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 1974. *Aims and method of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. New Jersey, USA, pp. 547.
- NACS-J and WWF Japan. 1996. *Red data book of plant communities in Japan*. The Nature Conservation Society of Japan (NACS-J). pp. 1518. (in Japanese)
- Negishi, T. 2009. Gradients controlling vegetation in *Alnus japonica* forests in Kushiro mire, Hokkaido, Japan. *Landscape and Ecological Engineering* 5: 23-31. (in Japanese with English abstract)
- Nobukazu, N., Mutsumi, H. and Kunito, N. 1996. *Vegetation of mominoki forest park*. memoirs of the faculty of integrated arts and sciences, Hiroshima University. IV, science reports: studies of fundamental and environmental sciences 22: 31-45. (in Japanese with English abstract)
- Numata, M. 1947. Ecological judgement of grassland condition and trend: I. Judgement by biological spectra. *Grassland Science* 11: 20-33. (in Japanese with English summary).
- Ono, K. 1985. *Lowland forests · wetlands. vegetation of Japan Chubu* (Miyawaki, A. (ed.)). Shibundo, Tokyo. pp. 119-125. (in Japanese)
- Paik, W.K. 2010. *Vegetation of wetland in Mueuido(Incheon city)*. *Korean Journal of Plant Resources* 29(5): 197-205.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144.
- Prieditis, N. 1997. *Alnus glutinosa*-dominated wetland forests in the Baltic region: community, structure, syntaxonomy and conservation. *Plant Ecology* 129: 49-94.
- Raunkiaer, C., Egerton, F.N., Gilbert, C.H. and Fausboll. 1934. *Life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press, Oxford. pp. 632.
- Ren, H., Zhang, Q., Lu, H., Liu, H., Guo, Q., Wang, J., Jian, S. and Bao, H. 2012. Wild plant species with extremely small populations require conservation and reintroduction in China. *AMBIO* 41: 913-917.
- Riecken, U., Finck, P., Raths, U., Schröder, E. and Ssymank, A. 2009. *German red data book on endangered habitats (short version)*. Federal Agency for Nature Conservation. pp. 17.
- Sakio, H. and Tamura, T. 2008. *Ecology of riparian forests in Japan: disturbance, life history, and regeneration*. Springer Japan. pp. 339.
- Seoul Metropolitan Government. 2017. *A study on the precision change monitoring in the ecology and landscape reserves, Seoul*. Seoul metropolitan government. pp. 232. (in Korean)
- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana, University of Illinois Press, pp. 177.
- The Japanese Civic Group Coalition to Promote Nature Restoration (edition). 2005. *Nature restoration that connects forests, villages, rivers, and the sea*. Chuohoki Publishing Co., Ltd. Tokyo. pp. 277. (in Japanese)
- Yabe, K. 1993. *Wetlands of Hokkaido*. In: Higashi, S., Osawa, A. and Kanagawa, K. (eds), *Biodiversity and ecology in the northernmost Japan*. Hokkaido University Press, Sapporo. pp. 38-49.
- Yim, Y.J. and C.S. Han. 1989. *Structural characteristics on the forest vegetation of Mt. Daemo, Seoul*. *Bulletin of Construction and Environment, Chung-Ang University* 1: 73-93.