

울릉도 산림식생의 공간분포 및 환경과의 상관관계 분석

이중효* · 조현재 · 허태철

경북대학교 임학과

Spatial Distribution and Vegetation-Environment Relationship of Forest Vegetation in Ulleung Island, Korea

Lee, Jung-Hyo*, Hyun-Je Cho and Tae-Chul Hur

Department of Forest, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

ABSTRACT: This study was carried out to classify all forest vegetation types in Ulleung Island, Korea using the methodology of the Z.-M. school's phytosociology, and map out the spatial distribution patterns of those vegetation types. The forest vegetation was classified into the mountain forest type (*Acer okamotoanum* community group) and maritime forest type (*Artemisia scoparia* community group). Vegetation units at the community level were divided into three categories; six communities, sixteen groups, and seven subgroups, giving a total of 22 communities. Total area for mapping was 5,544.9 ha, of which *Fagus engleriana* community accounted for 1,952 ha (35.2%), *Hedera rhambea* community for 1,196 ha (21.6%), *Camellia japonica* community for 1,104 ha (19.9%), *Sambucus sieboldiana* var. *pendula* community for 612 ha (11.0%), *Aster spathulifolius* community for 506 ha (9.1%), and *Tsuga sieboldii* - *Pinus parviflora* community for 174 ha (3.1%). According to canonical correspondence analysis (CCA), variables such as Mg^{2+} , pH, Ca^{2+} were positively correlated in maritime vegetation types, and variables such as total nitrogen, carbon content, C/N ratio and cation exchange capacity (CEC) were highly correlated in mountain vegetation types, respectively. The sea level and the slope direction were not showing regular trend as a factor to decide on species diversity, evenness and richness in this research area. But it seems to be affected by topography, slope degree and dominance vegetation.

Key words: CCA, Forest vegetation, Spatial distribution, Ulleung Island, Z.-M. Phytosociology

서 론

울릉도는 한국의 갈라파고스라 할 정도로 그 생생학적 및 생물지리학적 측면에서 육지와는 다른 특이한 자연 생태계를 형성하고 있으며, 특히 식물구계 지리학적으로 풍부한 남방계 요소와 화산섬 특유의 입지환경에서 적응 발달한 산림 생태계의 보전적 가치로 인하여 최근 국가적, 국민적 관심 지역으로 대두되고 있다.

식생은 지표면에 생육하고 있는 전체 식물의 집단으로 대개 생육지의 환경과 반응해서 결정된 종들이 모인 집단 즉, 군락 형태로 존재하고 있어 예로부터 이의 유형화를 통하여 대상 지역 산림 생태계 보전 및 관리를 위한 기본 단위로 활용되고 있다. 산림식생의 유형화와 식생도 작성은 대상 임지를 생태적으로 건전한 상태로 지속적으로 유지하기 위한 계획 수립과 과거의 토지 이용 패턴을 규명하는데 있어 아주 중요한 주제이다. 또한, 대상 지역 산림 생태계의 양적, 질적 상태를 평가하고 그 잠재성을 예측하여 효율적, 체계적 보전과 관리의 수단을 제공

한다는 점(Hampe 1982)에서 세계 여러 나라에서 자국의 산림 자원 보호와 보전 및 관리에 적극적으로 활용되고 있기도 하다. 그러나 울릉도의 경우는 육지와는 거리가, 험준한 지형적 요소 등이 복합적으로 작용하여 아직 어떤 방법으로도 그 공간적 분포 양상이 객관적으로 규명된 적은 없다. 울릉도 산림식생 연구사를 보면 1970~1980년대에는 초기 식생 분석 연구가 수행되었고, 1990년대 이후부터 군집분류와 개체군의 특성 분석 등의 연구가 이루어졌다. 주요 연구로는 박(1972), 임 등(1980, 1982), Kim (1988), 조 등(1993, 1996), 이 등(2000)의 연구가 있으며, 특히 조 등(1996)은 울릉도 산림 생태계 관리를 위한 기본 단위로 11개 상위 단위, 19개 하위 단위 및 11개 최종 하위 단위를 제시한 바 있다.

본 연구는 울릉도 산림 생태계의 효율적 보전 및 관리 측면에서 그 기반이 되는 식물 군락 수준의 식생 단위의 유형과 공간적 분포 양상을 규명하고 나아가 식생 단위와 환경과의 상관관계 등을 분석하는데 있다.

조사지 및 조사 방법

* Corresponding author; Phone: +82-53-950-5745, e-mail: dgforest@hanmail.net

조사지 개황

울릉도는 지리적으로 동경 130° 47' 37"~130° 56' 20", 북위 37° 27' 2"~37° 33' 01"에 위치하고, 전체 면적은 7,255.9 ha이며 이중 산림지역이 5,544.9 ha (76.4%)로 가장 넓은 면적을 점유하고 있으며, 다음으로 농경지 1,304.4 ha (20.0%), 기타 지역 327.5 ha (4.5%), 대지 79 ha (1.1%) 등의 순으로 구성되어 있다(울릉군 2006). 기후적 특성은 최근 30년간(1971~2000)의 기상청(2005) 기후 자료에 의하면 연평균 기온, 강수량, 그리고 적설량이 각각 12.3°C, 1,236 mm, 100 cm로 나타났다. 지형적 특성을 보면 주봉인 성인봉(983.6 m)을 중심으로 하여 해발 500 m 이하가 전체 면적의 78%를 차지하고 있으며, 사면 경사에 있어서는 30~50°정도가 대부분을 이루며, 토지 이용 가능성이 높은 10° 이하의 원경사지는 6.8%에 불과하다. 지질적으로는 신생대 제 4기에 일어난 화산 활동으로 생성되었으며, 기반암은 가장 하부부터 현무암질 집괴암, 현무암질 각력응회암, 조면암질 집괴암 및 응회암, 하부 조면암, 상부 조면암이 수평을 이루고, 그

위를 조면암질 부석(浮石) 및 화산회가 덮고 있다(원과 이 1984, 민 등 1988). 산지의 토양층(A·B층) 두께는 0.4~1.0 m이고, 토양층 아래에는 공극이 많고 화산회와 부석(浮石) 그리고 이들이 고결된 응회암이 퇴적되어 있다. 식물군락지리학적으로는 대륙형, 울릉도아형에 속하고 식물구계지리학적으로는 난류의 영향으로 북방계 요소보다 남방계 요소가 풍부하며, 또한, 육지와 격리되면서 도입, 정착된 식물들이 종 분화단계로 진행되고 온난 다습한 기후 특성 등으로 인하여 육지의 동일 식물종에 비하여 비교적 연면적이 넓고 대형이다. 현존 식물상은 조사 시기, 조사자 및 조사지점의 차이에 따라 다소 차이가 있겠지만, 임업연구원(1996)의 보고에 따르면 121과 419속 944종이 분포하고 있다.

조사 방법

식생조사는 2005년 5월부터 2005년 10월 사이에 입지 조건과 군락상관이 균질한 232개 지소(Fig. 1)를 대상으로 ZM학과

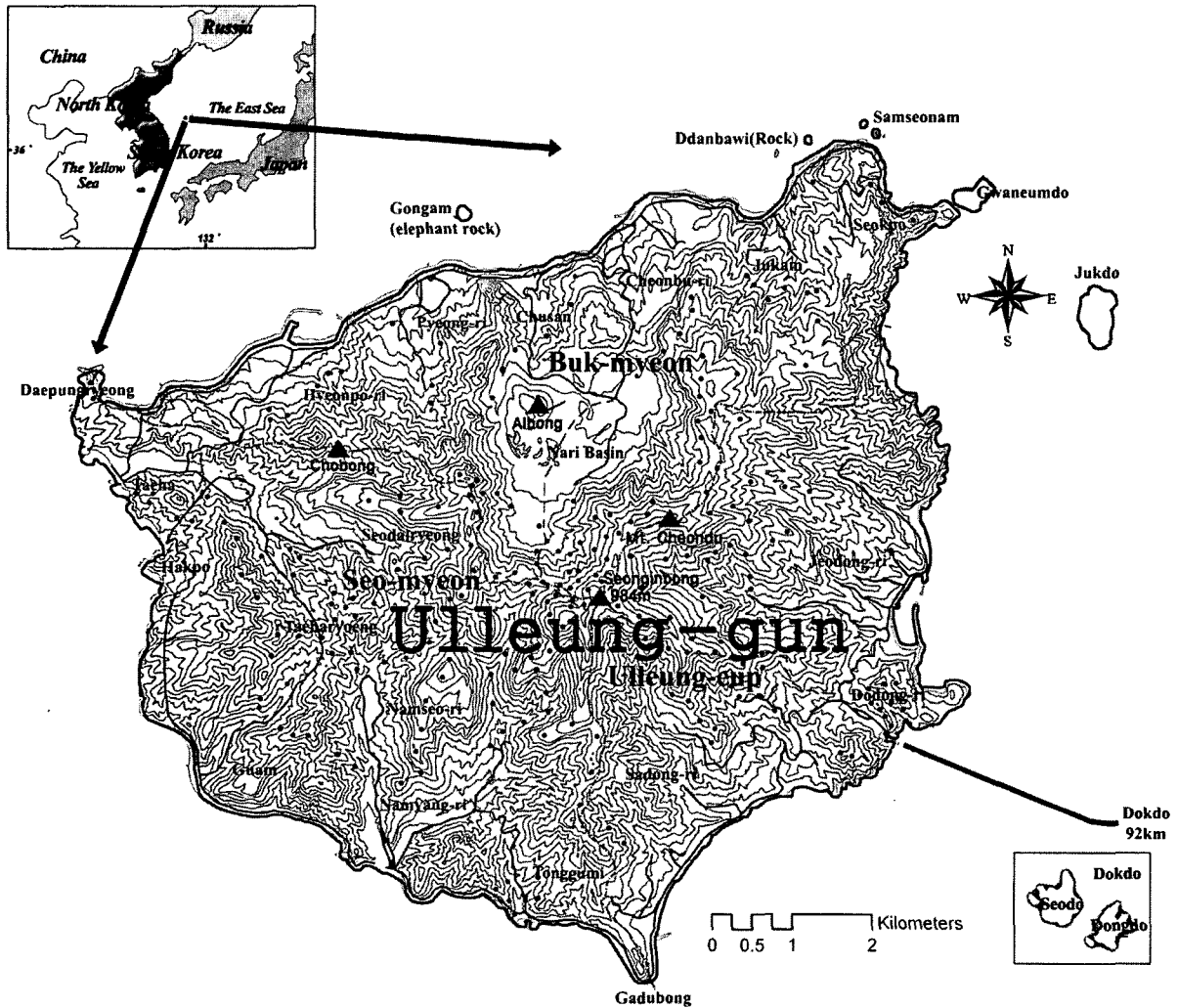


Fig. 1. Map showing the study area. Black marks (dots) indicate the sampled 232 plots.

의 식물사회학적방법(Braun-Blanquet 1964)에 따라 행하였으며, 식생유형 구분은 Ellenberg (1956)의 표조작법에 따랐다. 식물군락의 공간분포를 나타내는 현존식생도는 항공사진(1/ 12,000), 지형도(1/25,000), GPS 등을 이용하여 대부분 야외에서 식생조사와 병행하여 임상 및 군락 경계를 구분한 후, 실내에서 군락 수준의 상위 단위는 색깔로, 하위 단위는 기호(S1~S22)로 작성하였다. 토양 조사 및 분석은 식생유형별로 대표적인 조사 지소에서 조사구당 3반복하여 66개의 시료를 채취한 후 풍건하여 2 mm와 0.02 mm의 체를 통과시켜 분석용 시료로 사용하였으며, 토성은 비중계법, 토양 산도는 pH-meter (Philips pw 9418), 유효 인산은 Lancaster 법을 사용하여 분광 분석기(Shimadzu UV-120-02), 탄소와 전질소는 자동 성분 분석기(NCS 2500, Fisons Instruments S.P.A, Italy), 양이온 치환 용량(CEC)은 Brown's Method, 그리고 치환성 양이온 중 Ca²⁺, Mg²⁺은 E.D.T.A 적정법 등으로 측정 및 분석하였다. 식생과 환경 요인과의 상관관계 분석은 CCA (canonical correspondence analysis)를 사용하였으며 MVSP (Multi-Variate Statistical Package) Plus Version 3.1 program 을 이용하였다. 각 입지환경(지형, 방위, 해발, 사면 경사)에 따른 군락의 성숙도와 안정도를 파악하기 위하여 Shannon's diversity (H'), 최대종다양도(H'max), 균재도(J'), 우점도(1-J'), 종풍부도(R) 등을 분석하였다(Shannon and Weaver 1949).

결과 및 고찰

산림식생유형

Fig. 2는 야외에서 수집된 식생 자료를 표조작법(Ellenberg 1956)에 의해 식별표를 작성한 후, 그 결과를 요약한 것으로 이 지역 산림식생은 크게 해안과 저지대형인 비속군락군(해안·저지식생형)과 산지형의 우산고로쇠군락군(산지식생형) 등 2개 상위 단위로 구분되었으며, 전자는 2개 군락과 5개 군, 후자는 4개 군락, 11개 군, 7개 소군 등 모두 22개 식생단위로 유형화되었다.

비속군락군(*Artemisia scoparia* Community Group; S1~S5)

비쭉, 왕매발톱나무, 보리밥나무, 참나리 등이 광역 식별종으로 나타나며, 해안 절벽지에 주로 분포하는 해국군락(A1)과 저지대에 주로 분포하는 동백나무군락(A2) 등 군락 성립 입지에 따라 크게 2개 하위 단위로 다시 구분되고, 최종 하위 단위로 해국군락(*Aster spathulifolius* community)은 향나무군(S1)과 섬기린초군(S2), 동백나무군락(*Camellia japonica* community)은 곰솔군(S3), 느티나무군(S4), 억새군(S5) 등 모두 5개 유형이 수반되었다. 평균 해발은 200m 이하, 사면 경사는 40° 이상, 사면 방향과 지형은 남서, 북서 방향의 사면 중·상부와 정상부, 그리고 노암율은 평균 40% 이상으로 아주 높게 나타났다. 향나무가 대표적인 유존종으로 나타나며 왕매발톱나무, 보리밥나무, 동백나무, 향나무, 섬피불나무, 비쭉, 참나리, 해국, 섬포아풀, 섬기린초, 억새 등 관목 및 초본층을 특징 지우고 있었다. 조 등(1996)의 향나무군락은 본 연구의 해국군락과 동백나무-후박나무군락 그리고 곰솔림은 동백나무군락과 유사한 종 구성적 특성을 나타내었다.

Coastal forest vegetation type (<i>Artemisia scoparia</i> Community group)		Mountain forest vegetation type (<i>Acer okamotoanum</i> Community group)	
◆ <i>Aster spathulifolius</i> Community (A1)	◆ <i>Hedera rhombea</i> Community (A3)	◆ <i>Tsuga sieboldii</i> - <i>Pinus parviflora</i> Community (A4)	
▷ <i>Juniperus chinensis</i> Group (S1)	▷ <i>Farfugium japonicum</i> Group	▷ <i>Carex boottiana</i> Group (S10)	
▷ <i>Sedum takesimense</i> Group (S2)	- <i>Neolistsea sericea</i> Subgroup (S6)	▷ <i>Tilia insularis</i> Group (S11)	
	- <i>Robinia pseudo-acacia</i> Subgroup (S7)	◆ <i>Fagus engleriana</i> Community (A5)	
	- <i>Zelkova serrata</i> Subgroup (S8)	▷ <i>Sasa kurilensis</i> Group (S12)	
◆ <i>Camellia japonica</i> Community (A2)	▷ <i>Pinus thunbergii</i> Group (S9)	▷ <i>Schizophragma hydrangeoides</i> Group (S13)	
▷ <i>Pinus thunbergii</i> Group (S3)		▷ <i>Rhododendron brachycarpum</i> Group (S14)	
▷ <i>Zelkova serrata</i> Group (S4)		▷ <i>Hepatica maxima</i> Group	
▷ <i>Miscanthus oligostachyus</i> var. <i>purpurascens</i> Group (S5)		- <i>Polystichum retroso-paleaceum</i> var. <i>coralense</i> Subgroup (S15, S16)	
		- <i>Prunus takesimensis</i> Subgroup (S17, S18)	
		◆ <i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>pendula</i> Community (A6)	
		▷ <i>Cornus controversa</i> Group	
		- <i>Saussurea grandifolia</i> Subgroup (S19)	
		- <i>Reynoutria sachalinensis</i> Subgroup (S20)	
		▷ <i>Schizophragma hydrangeoides</i> Group (S21)	
		▷ <i>Alnus maximowiczii</i> Group (S22)	

Fig. 2. The condensation table of classified forest vegetation units in Ulleung Island, Korea.

우산고로쇠군락군(*Acer okamotoanum* Community Group; S6 ~S22)

우산고로쇠와 등수국 등이 광역 식별종으로 나타나며 해안·저지 식생형과 산지 식생형의 전이지대(transition-zone)에 분포하는 송악군락(A3), 주능선부와 사면 상부 절험지에 분포하는 솔송나무-섬잣나무군락(A4), 사면중·상부에 분포하는 너도밤나무군락(A5) 그리고 사면중·하부 교란 지역에 분포하는 말오줌나무군락(A6) 등 군락 성립 입지에 따라 크게 4개 하위 단위로 다시 구분되었다.

송악군락(*Hedera rhombea* Community)

털머위, 곰솔 등의 출현 유무 및 우점도에 의하여 참식나무 소군, 아까시나무소군, 그리고 느티나무소군 등을 수반하는 털머위군(S6~S8)과 곰솔군(S9) 등 2개 군, 3개 소군으로 세분되었다.

솔송나무-섬잣나무군락(*Tsuga sieboldii*-*Pinus parviflora* Community)

밀사초, 피나무 등의 출현 유무 및 우점도에 의하여 밀사초군(S6, S7, S10)과 피나무군(S11) 등 2개 군으로 세분되었다.

너도밤나무군락(*Fagus engleriana* Community)

섬조릿대, 섬바디, 바위수국, 만병초, 섬노루귀, 큰연영초 등의 출현 유무 및 우점도에 의하여 섬조릿대군(S12), 바위수국군(S13), 만병초군(S14), 그리고 참나도히초미소군과 섬벗나무소군 등 2개 하위 단위를 수반하는 섬노루귀군(S15) 등 모두 4개 군, 2개 소군으로 세분되었다.

말오줌나무군락(*Sambucus sieboldiana* var. *pendula* Community)

서덜취소군과 왕호장군소군 등 2개 하위 단위가 수반되는 층층나무군(S19~S20), 바위수국군(S21), 그리고 두메오리나무군(S22) 등 모두 3개 군, 2개 소군으로 구분되었다.

본 군락의 송악군락은 조 등(1996)의 느티나무군락과 유사한 종구성을 나타내었으며, 너도밤나무군락은 우산고로쇠군락, 너도밤나무군락, 섬피나무군락, 섬벗나무군락 등과, 말오줌나무군락은 두메오리나무군락과 유사한 종구성을 나타내었다. Kim (1988, 1992)은 울릉도 산림식생을 식물사회학적 군락분류체계상 너도밤나무-섬노루귀군집(*Hepatico-Fagetum multinervis* Kim et al. 1987 ex hoc loco), 솔송나무-섬잣나무군집(*Tsugo sieboldii*-*Pinetum parviflorae* ass. nov. hoc loco)으로 구분하였다. 본 연구에서 울릉도 산림식생의 유형은 산지 식생형, 해안·저지식생형 그리고 두 식생형의 교량 및 환경 요소에 있어 비퍼존의 역할을 하는 전이지대식생형의 3개 범주로 구분되었다(Fig. 2).

현존식생도

Fig. 3은 울릉도 식생 단위의 공간적 분포 양상을 나타낸 현존 식생도로, 해안·저지 식생형은 해발 200 m이하, 전이지대

식생형과 교란 식생형은 해발 400 m 이하, 그리고 울릉도의 산림 생태계의 기반을 이루고 있는 산지식생형인 너도밤나무군락은 해발 400 m 이상에서 상대적 분포 면적이 높게 나타남을 알 수 있다. 군락수준(community level)의 상위 식생 단위를 기준으로 보면 너도밤나무군락이 1,952 ha (35.2%)로 가장 넓은 면적을 점유하고, 다음으로 송악군락 1,196 ha (21.6%), 동백나무군락 1,104 ha(19.9%), 말오줌나무군락 612 ha (11.0%), 해국군락 506 ha(9.1%), 솔송나무-섬잣나무군락 174 ha (3.1%) 등의 순으로 나타났다. 군수준(group level) 이하의 하위 식생 단위별로 보면 동백나무군락의 곰솔군이 794 ha (14.3%)로 가장 분포역이 넓게 나타났으며, 너도밤나무군락의 섬조릿대군이 19 ha (0.3%)로 가장 국소적으로 나타남을 알 수 있었다.

식생과 입지환경과의 상관관계

Fig. 4는 식생 단위별 구성 집단의 서열을 CCA ordination법에 의하여 분석한 결과를 나타낸 것이다. 1축을 중심으로 우측은 해안식생 및 전이지대식생유형(A1, A2, A3), 좌측은 산지식생유형(A4, A5, A6)으로 양분되었고, 2축을 중심으로 아래쪽으로 A2, A3, A6의 노암율과 경사도가 낮고 저지대에 위치한 식생단위그룹과 위쪽으로 A1, A4, A5의 노암율과 경사도가 높거나 고지대에 위치하는 식생단위그룹으로 양분됨을 알 수 있었다. 한편 해안-저지 식생유형의 해국군락(A1; S1, S2)은 노암율과 경사도가 높은 쪽으로 위치하는 경향은 나타내었으며 반대로 S19, S20, S22 등은 낮은 경향을 나타내었다. 해발에 따라서는 너도밤나무군락(A5)의 식생단위그룹(S12~S18)이 해발이 높은 곳에 위치하였으며 반대로 동백나무군락(A2)과 송악군락(A3)의 식생단위그룹(S3~S9)은 비교적 낮은 저지대에 위치하는 경향을 보이고 있었다. 결과적으로 산지식생유형의 식생단위는 해발과 상관관계가 높은 경향을 나타내었으며, 해안식생유형은 주로 노암과 경사에 영향을 많이 받는 경향을 나타내었다.

산림 생태계에서 수목이 토양 특성 변화에 영향을 미친다는 이론은 의심할 바가 없다. Zinker and Crocker (1962)와 Alban (1969) 등은 수종 차이에 따라 토양 특성은 유의적으로 변하며, 또 노령의 임목이 존재할 경우 오랜 기간 토양에 영향을 미쳐 임지의 토양 특성에 큰 변화를 가져온다고 하였지만, Lane (1989)은 임목의 종류 및 수령은 토양 특성에 변화를 미치지 않았다고 하였으며, Alban (1982)은 화학적 토양 특성에서는 변화를 보였지만 토양의 형태적인 특징에서는 어떠한 변화도 보이지 않았다고 보고한 바 있다. Table 1은 울릉도 산림 토양의 이화학적 특성을 22개 식생 단위별로 분석한 것이고, Fig. 5는 식생 단위와 토양과의 상관관계를 CCA ordination법에 의해 나타낸 것이다. 1축을 기준으로 우측에 마그네슘, pH, 칼슘과 좌측에 전질소, 탄소, 양이온 치환 용량 등의 영향력이 크게 나타났으며, 2축을 중심으로 모래와 유효인산, 칼륨, 나트륨, 미사 등으로 구분되었다. 해안식생유형(S1~S5)에서는 마그네슘, pH, 칼슘이 높은 양의 상관관계를 나타내었으며, 산지식생유형(S12~

S18)에서는 전질소, 탄소, C/N율의 유기물 함량과 양이온 치환 용량의 상관관계가 높았다. 이러한 결과는 박 등(2000)의 결과와도 일치함을 알 수 있다. 두메오리나무군은 모래에 대하여 높은 양의 상관관계를 나타내었는데 이는 본 두메오리나무의 생육지가 주로 침식 붕괴지 또는 교란지형이기 때문인 것으로 판단된다. 유효인산은 솔송나무-섬잣나무군락의 밀사초군(S10)과 말오줌나무군락의 왕호장근소군(S20)에서 낮은 상관관계를

나타내었는데, 이는 지형적 조건보다는 생육하고 있는 식생에 영향을 받기 때문으로 판단된다.

입지환경과 종 다양성

종 다양성과 성숙도는 정비례하는 경향으로 생각되어 왔고 (Loucks 1970), 생육 환경이 이질적이고 복잡하거나 국소적 교란이 발생하게 되면 종다양도는 높아지게 된다(Krebs 1985,

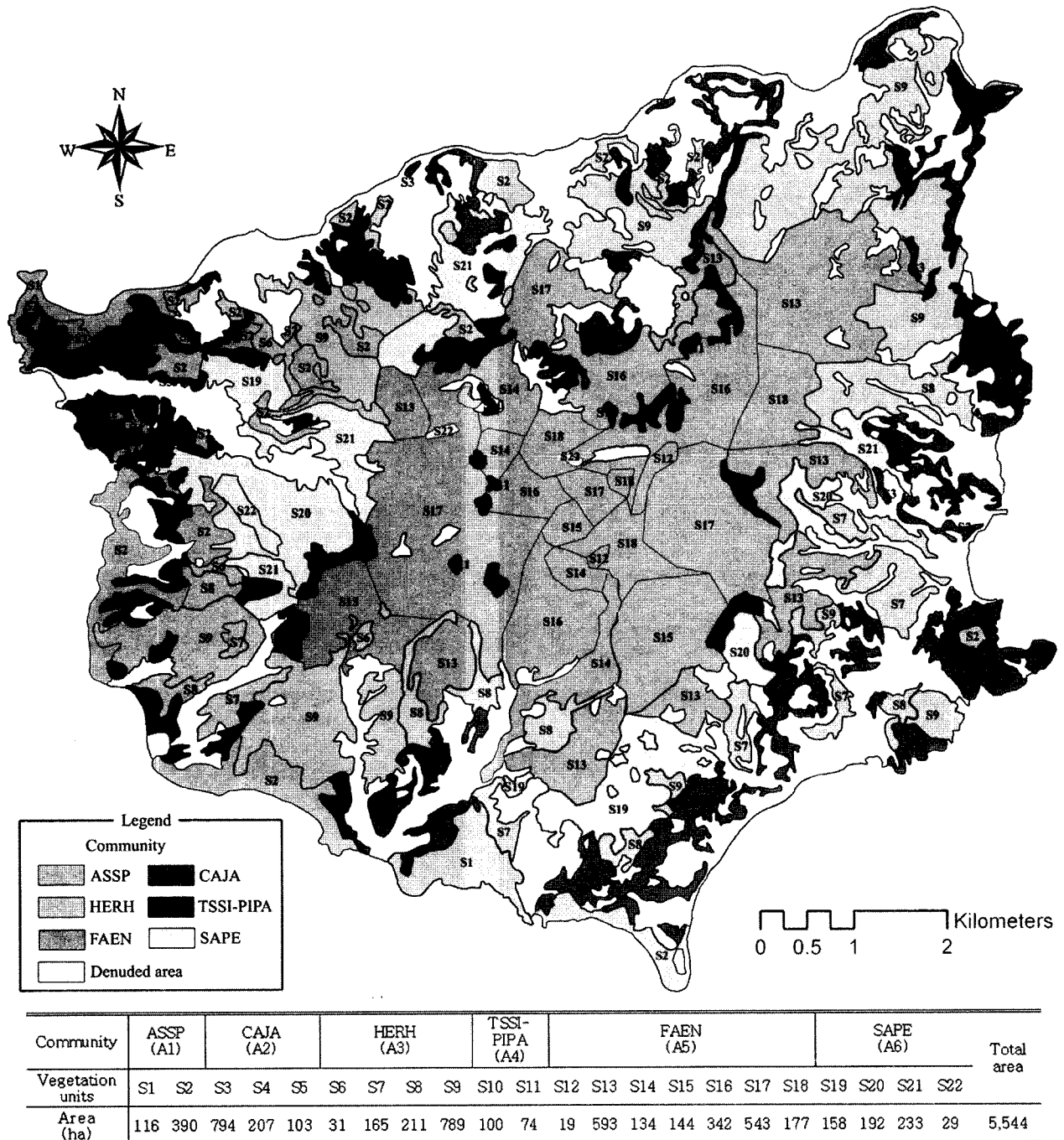


Fig. 3. The vegetation map according to classified forest vegetation units in Ulleung Island, Korea.

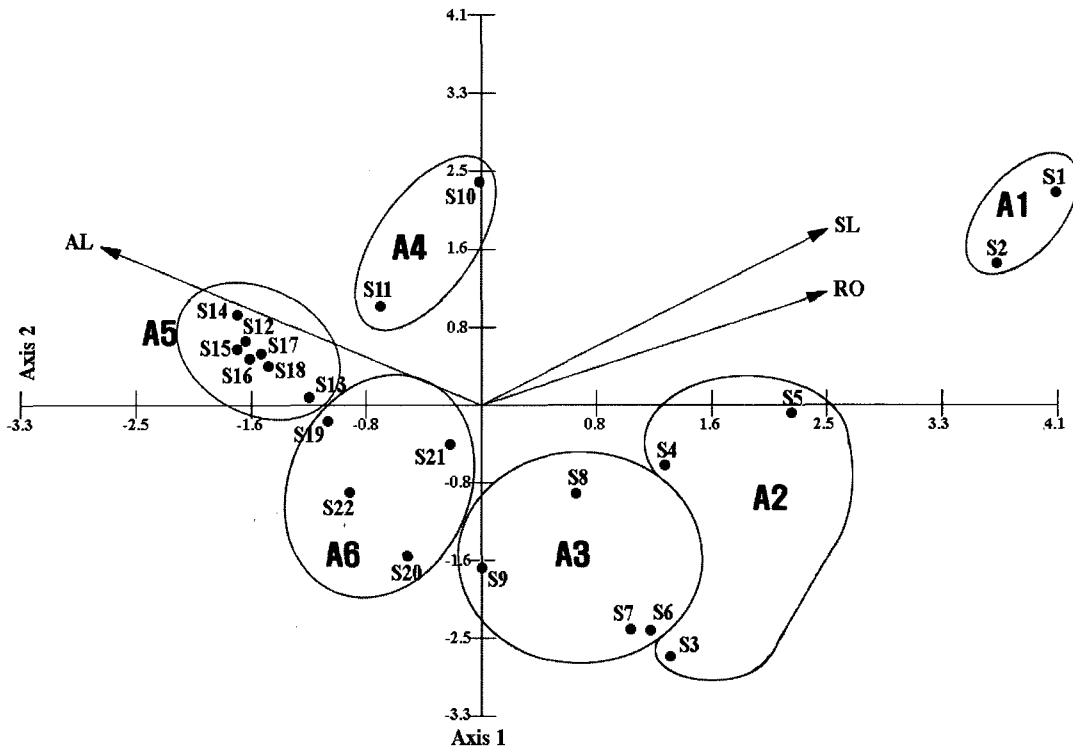


Fig. 4. CCA (canonical correspondence analysis) ordination of 22 vegetation units and environmental variables of forest vegetation in Ulleung Island, Korea (AL: altitude, SL: slope degree, RO: bare rock, A1, A2...A6: community units).

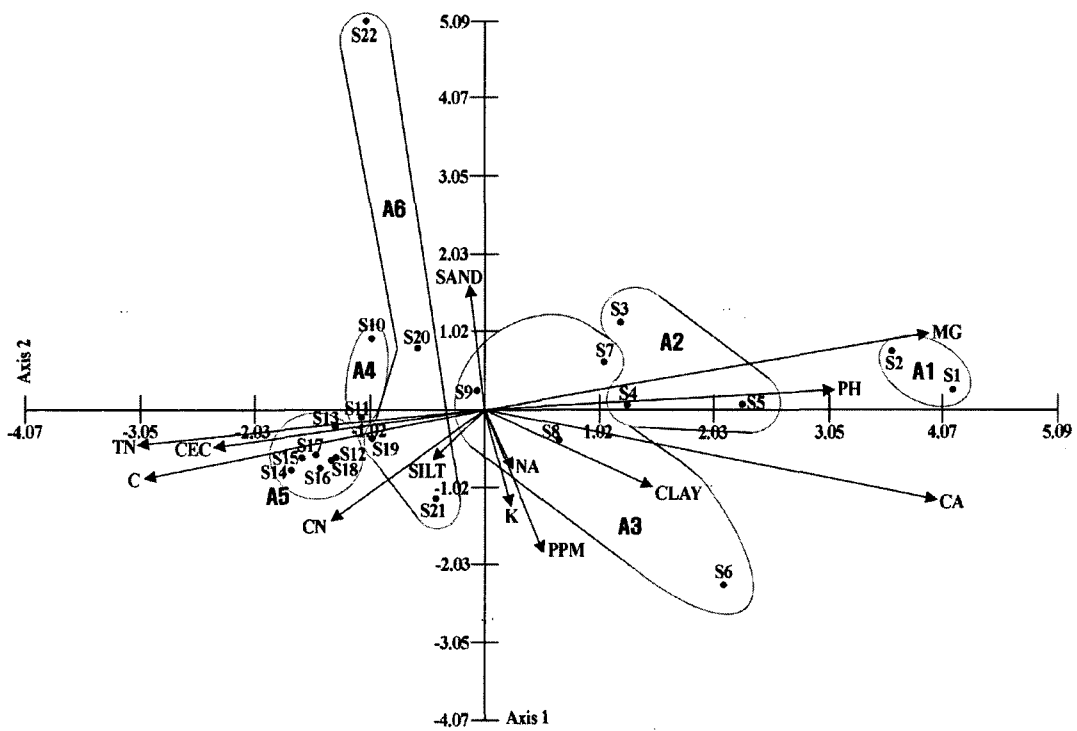


Fig. 5. CCA (canonical correspondence analysis) ordination diagram with 22 vegetation units and soil characteristics of forest vegetation in Ulleung Island, Korea (C: carbon, CA: Ca⁺, CEC: cation exchange capacity, CLAY: clay, CN: C/N ratio, K: K⁺, MG: Mg⁺, NA: Na⁺, PH: acidity, PPM: available phosphorus, SAND: sand, SILT: silt, TN: total nitrogen).

Table 1. Physical and chemical properties of Ulleung Island forest soil by vegetation units

Vegetation units	Chemical properties										Soil texture		
	pH (1:5)	TN (%)	C (%)	C/N (%)	Avail. P ₂ O ₅ (ppm)	CEC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
							(cmol _c /kg)						
S1	5.60	0.15	2.48	16.49	43.11	20.57	7.68	3.78	3.33	1.37	33.70	45.00	21.30
S2	5.42	0.31	4.30	14.02	8.24	20.46	8.33	5.88	1.50	1.19	27.00	54.00	19.00
S3	5.43	0.22	3.04	15.20	4.58	22.22	7.40	5.00	1.72	1.60	31.60	47.20	21.20
S4	5.64	0.46	2.07	4.74	8.45	17.16	8.38	5.25	3.14	2.24	30.90	48.30	20.80
S5	5.76	0.59	5.70	11.90	8.53	20.24	8.18	4.23	1.71	1.46	28.10	52.00	19.90
S6	5.32	0.13	2.43	18.28	32.50	19.36	9.45	3.65	3.45	1.44	32.00	44.00	24.00
S7	5.43	0.30	3.62	12.23	4.68	22.88	7.65	4.75	2.15	1.54	35.00	40.00	25.00
S8	5.60	0.38	2.36	6.13	7.67	16.06	8.95	5.65	2.81	2.32	31.00	50.00	19.00
S9	5.00	0.51	8.90	13.40	15.30	22.40	3.40	2.80	2.40	1.20	38.00	45.00	17.00
S10	5.12	0.42	6.79	15.89	5.65	21.60	0.98	2.80	1.72	1.68	20.00	67.00	13.00
S11	4.56	1.00	18.68	19.43	21.41	29.15	1.13	2.27	1.75	1.23	14.60	73.40	12.00
S12	4.81	0.76	15.81	20.82	16.82	29.70	6.00	1.30	10.70	0.87	14.50	68.00	17.00
S13	5.09	0.52	7.81	15.03	10.03	21.78	1.90	1.45	1.86	1.71	42.80	29.70	27.50
S14	4.72	0.78	15.10	19.37	53.98	30.98	0.60	1.60	1.26	1.83	32.00	54.00	14.00
S15	5.59	0.51	8.68	16.76	4.64	21.23	3.37	2.43	1.19	1.58	32.20	53.70	14.10
S16	5.44	0.38	4.97	13.25	6.29	20.02	3.10	1.58	1.61	1.20	50.20	25.10	24.70
S17	4.73	0.74	14.74	19.96	50.38	30.89	0.55	1.75	1.22	1.76	29.70	55.20	15.10
S18	5.18	0.35	4.57	13.20	2.87	20.68	0.60	1.60	1.07	1.22	35.00	42.00	23.00
S19	4.95	0.57	10.02	17.52	7.28	24.86	5.20	2.10	1.02	1.36	30.50	50.30	19.80
S20	5.23	0.42	6.16	15.18	12.14	22.22	3.30	3.10	2.29	1.42	37.00	50.50	12.50
S21	5.07	0.47	6.35	12.90	6.49	20.79	3.37	1.68	1.20	1.34	22.50	57.30	20.20
S22	5.05	0.46	6.26	13.32	8.33	22.15	0.83	1.87	1.08	1.17	45.30	38.00	18.70

Barbour *et al.* 1987). Table 2는 지형, 해발, 사면 경사 등 입지환경 요소가 식생 단위의 성숙도와 안정도 등의 간접적인 속성에 미치는 영향을 종 다양성 지수를 토대로 분석한 결과이다. 먼저 지형과의 관계에서 계곡부가 종다양도와 종풍부도에 있어 가장 높은 값을 나타내는 반면에 능선부와 산정부는 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 사면 방향과 해발고에 따른 종다양도 지수의 변화는 북사면 방향으로 다양도가 약간 높은 것으로 나타나나 그렇게 큰 차이가 없었으며 해발 300 m 이하에서 대체적으로 다양도가 높게 나타났고, 동서 방향에서는 해발이 높을수록 다양도가 낮으나 남북 방향에서는 600 m 이상에서 다양도가 높은 경향을 나타내어 해발에 따른 일정한 경향을 찾을 수 없었으며, 균재도 또한 유사한 값을 나타내어 일정한 경향을

찾을 수 없었다. 사면 경사와의 관계에서는 경사가 급할수록 종다양도와 종풍부도가 낮아지나 경사도 30° 이상에서는 종다양도가 반대로 높은 값을 나타내어 경사가 30° 이상에서는 다양성 지수를 결정하는 인자가 우점식생 또는 다른 환경 요인에 의해 영향을 받고 있는 것으로 판단되었다.

따라서 종다양도, 균재도, 풍부도 등을 결정하는 요인으로서는 우점 식생형, 밀도, 해발, 지형, 방위, 경사, 습도 등 여러 가지가 있을 수 있다. Whittaker (1965)는 해발이 증가함에 따라 환경 조건이 악화되어 이러한 조건 내에서 견딜 수 있는 내성을 가진 종수가 감소하게 되며, 또한 종간의 경쟁이 심하게 되어 종 다양성은 감소한다고 하였다. 또한 Dale (1998)은 해발이 높아질수록 균재도가 낮아지며, 이것은 극한 기후 조건에 적

Table 2. Values of species diversity index in topography, aspect, altitude, and slope

Sites	H'	H'max	J'	1-J'	R	
Topography						
Valley	2.05 ± 0.44**	3.26 ± 0.24**	0.62 ± 0.12	0.37 ± 0.12	26.90 ± 6.97**	
Lower slope	1.78 ± 0.45**	2.79 ± 0.45**	0.60 ± 0.11	0.39 ± 0.11	17.85 ± 7.22**	
Middle slope	1.75 ± 0.42**	2.88 ± 0.41**	0.60 ± 0.10	0.39 ± 0.10	19.26 ± 7.31**	
Upper slope	1.77 ± 0.37**	2.73 ± 0.42**	0.64 ± 0.08	0.35 ± 0.08	16.67 ± 5.90**	
Ridge	1.65 ± 0.40**	2.71 ± 0.45**	0.60 ± 0.09	0.39 ± 0.09	16.47 ± 6.29**	
Top	1.74 ± 0.41**	2.72 ± 0.34**	0.63 ± 0.11	0.36 ± 0.11	16.08 ± 4.97**	
Aspect & Altitude (m)						
East	≥600	1.57 ± 0.49	2.80 ± 0.70**	0.56 ± 0.14	0.43 ± 0.14	17.67 ± 7.00**
	300~600	1.78 ± 0.29	2.86 ± 0.31**	0.62 ± 0.06	0.37 ± 0.06	18.26 ± 5.39**
	≤300	1.83 ± 0.33	3.00 ± 0.31**	0.61 ± 0.07	0.39 ± 0.07	21.00 ± 7.14**
West	≥600	1.40 ± 0.45	2.29 ± 0.71**	0.62 ± 0.15	0.37 ± 0.14	12.92 ± 11.52**
	300~600	1.75 ± 0.36	2.88 ± 0.39**	0.60 ± 0.70	0.39 ± 0.07	19.16 ± 7.05**
	≤300	1.84 ± 0.39	2.75 ± 0.43**	0.66 ± 0.70	0.33 ± 0.06	17.29 ± 7.93**
South	≥600	1.75 ± 0.43	2.72 ± 0.42**	0.64 ± 0.11	0.35 ± 0.11	16.61 ± 7.04**
	300~600	1.64 ± 0.50	2.74 ± 0.51**	0.59 ± 0.13	0.40 ± 0.13	17.48 ± 7.79**
	≤300	1.81 ± 0.48	2.86 ± 0.43**	0.62 ± 0.10	0.37 ± 0.10	19.05 ± 7.06**
North	≥600	1.75 ± 0.41	2.84 ± 0.41**	0.61 ± 0.09	0.38 ± 0.09	18.33 ± 6.89**
	300~600	1.70 ± 0.25	2.86 ± 0.29**	0.59 ± 0.09	0.40 ± 0.09	18.25 ± 5.12**
	≤300	1.90 ± 0.40	3.00 ± 0.31**	0.63 ± 0.09	0.36 ± 0.09	20.96 ± 5.29**
Slope(°)						
0~10	1.92 ± 0.47	3.05 ± 0.46**	0.62 ± 0.10**	0.38 ± 0.10**	23.14 ± 9.28**	
10~20	1.87 ± 0.40	3.02 ± 0.26**	0.62 ± 0.12**	0.38 ± 0.12**	21.20 ± 5.50**	
20~30	1.76 ± 0.45	2.88 ± 0.40**	0.61 ± 0.11**	0.39 ± 0.11**	19.00 ± 6.57**	
30~40	1.68 ± 0.42	2.82 ± 0.43**	0.59 ± 0.10**	0.41 ± 0.10**	18.21 ± 6.94**	
40~50	1.70 ± 0.39	2.63 ± 0.50**	0.65 ± 0.07**	0.35 ± 0.07**	15.41 ± 6.54**	
≥50	1.66 ± 0.33	2.43 ± 0.36**	0.69 ± 0.11**	0.31 ± 0.11**	12.00 ± 3.83**	

* $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$.

응하는 단일 수종 또는 우점 수종이 출현하게 된 결과라고 보고한 바 있다. 본 연구 결과, 종다양도와 균재도는 해발에 따라 일정한 경향을 보이지 않고 있어, 다른 지역의 연구와 다소 다른 결과를 보이고 있으나, 김 등(1989), 신 등(1993), 장 등(1985), 신과 이(1990)는 본 연구와 유사한 결과를 나타낸 바 있다. “강원도 평창 지역의 천연 활엽수림에 대한 연구에서 적절한 습도 조건을 유지하고 있는 북쪽 사면과 서쪽 사면의 종다양도가 높게 나타난 반면, 일사량이 많은 남쪽 사면은 상대적

으로 다양도가 낮은 것으로 분석되었고 해발에 따른 종 다양성은 일정한 경향을 찾을 수 없었다(신 등 2005).”라는 연구 결과와 비교하여 울릉도는 해발에 따른 종다양도에서 일정한 경향을 찾을 수 없다는 측면에서는 본 연구 결과와 동일하나 온난 다습한 울릉도 기후의 영향으로 남쪽 사면이 내륙과 비교하여 그다지 건조하지 않기 때문에 남쪽과 북쪽에 있어 종다양도의 차이가 나타나지 않는 것은 다른 결과라고 할 수 있다.

적 요

본 연구는 Z-M학과의 식물사회학적 방법으로 울릉도 산림 식생의 유형을 분류하고 그 공간적 분포 양상을 지도화하는데 있다. 이 지역 산림식생은 크게 우산고로쇠나무군락군의 산지 식생형과 해국군락군의 해안·저지식생형으로 양분되었으며, 군락 수준에서의 식생단위는 6개 군락, 16개 군, 그리고 7개 소군 등 3개 범주에서 모두 22개 유형으로 구분되었다. 식생도 작성 면적은 5,544.9 ha이며, 이 중 너도밤나무군락이 35.2%인 1,951 ha로 가장 넓은 분포역을 나타내었으며 다음으로 송악군락 1,196 ha (21.6%), 동백나무군락 1,104 ha (19.9%), 말오줌나무군락 612.0 ha (11.0%), 해국군락 506 ha (9.1%), 솔송나무-섬잣나무군락 174.0 ha (3.1%) 등의 순으로 나타났다. CCA 분석에 의한 식생단위와 토양인자와의 상관관계를 보면, 해안식생형에서는 Mg^{2+} , pH, Ca^{2+} 등이 양의 관계, 그리고 산지식생유형에서는 전질소, 탄소, C/N율의 유기물 함량과 양이온 치환 용량 등은 높은 상관을 나타내었다. 입지환경과 종 다양성의 상관관계를 보면 해발과 사면 방향은 일정한 경향을 보이지 않지만 지형과 경사도 그리고 우점하고 있는 식생에 따라 많은 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

인용문헌

- 기상청. 2005. 기후통계자료(1971-2000). <http://www.kma.go.kr> (2005. 2. 1).
- 김태욱, 이돈구, 서민환. 1989. 설악산 오색계곡의 해발고에 따른 식생분포에 관한 연구(피나무류의 분포를 중심으로). 서울대학교 농학연구 14(2-1): 21-26.
- 민경덕, 김옥준, 윤석규, 이대성, 김규한. 1988. 한국 남부 백악기말 이후의 화성활동과 광화작용에 대한 판구조론의 적용성 연구 (II). 지질학회지 24: 11-14.
- 박관수, 송호경, 이선. 2000. 울릉도 성인봉 주변 너도밤나무 하위군락별 토양 특성. Korean J Environ Biol 19(3): 299-305.
- 박봉규. 1972. 울릉도의 식생. 이화여자대학교 한국생활과학연구원 8: 53-65.
- 신만용, 이승만, 이돈구. 2005. 천연 활엽수림의 입지유형별 생장 및 생태적 특성을 이용한 산림관리. 한국임학회지 94(1): 26-33.
- 신수철, 김창호, 박교수. 1993. 소백산 산림구조에 관한 연구. 동국대학교 연습논문집 3: 36-52.
- 신현철, 이강영. 1990. 금산의 남북사면에 따른 삼림식생 구조. 한국임학회지 79(3): 245-254.
- 이미정, 송호경, 이선. 2000. 울릉도 성인봉과 태하령지역 산림식생의 분류에 관한 연구. TWINSpan과 식물사회학적 방법을 중심으로. 한국환경생태학회지 14(1): 12-21.

- 임업연구원. 1996. 계방산 및 울릉도 산림 생태계의 생물다양성. 임업연구원 연구자료 제121호. 367p.
- 임양재, 유광수, 백광수. 1980. 울릉도의 식생. 중앙대학교 기술과학연구소 논문집 7: 1-12.
- 임양재, 이은복, 김선영. 1982. 울릉도와 독도의 식생. 한국자연보존협회 조사보고서 19: 97-111.
- 울릉군. 2006. 울릉군 일반현황. http://www.ulleung.go.kr/Ulleung_County/status/status02.html (2006. 2.1).
- 원종관, 이문원. 1988. 한반도 제4기 알칼리 화산암의 암석학적 연구. 지질학회지 24: 181-193.
- 장윤석, 임양재. 1985. 지리산 피아골의 식생형과 그 구조. 식물학회지 28(2): 165-175.
- 조현제, 배관호, 이병천, 홍성천. 1993. 울릉도 성인봉 일대 원시림의 군락생태학적 연구. 한국임학회지 82(2): 139-151.
- 조현제, 배상원, 배관호, 신준환. 1996. 울릉도의 산림식생. 임업연구원 산림과학논문집 53: 78-88.
- Alban DH. 1969. The influence of western hemlock and western redcedar on soil properties. Soil Sci Soc of America Proc 33(3): 453-457.
- Alban DH. 1982. Effects of nutrient accumulation by aspen, spruce, and pine on soil properties. Soil Sci Soc Am J 46: 853-861.
- Barbour MG, Burk JH, Pitts WD. 1987. Terrestrial plant ecology. 2nd ed., The Benjamin/Cummings Publishing Co., Menlo Park. pp 155-229.
- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetation 3. Auf. Springer-Verlag. Wien. New York. 865 p.
- Dale GB. 1998. Forest plant diversity at local and landscape scales in the Cascade Mountains of southwestern Washington. Forest Eco Manag 109: 323-341.
- Ellenberg H. 1956. Grundlagen der vegetationsgliederung, I. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: Walter, H. (Hrsg.) Einführung in die Phytologie IV. 136p.
- Hampe Gisela. 1982. Aspect of Applied Vegetation Ecology; the Natural Garden Movement in the Netherlands. Garten+Landschaft. 509p.
- Kim JW. 1988. The phytosociology of forest vegetation on Ulreung-do, Korea. Phytocoenologia 16(2): 259-281.
- Kim JW. 1992. Vegetation of Northeast Asia-on the Syntaxonomy and Syneogeography of the Oak and Beech Forest-. Ph. D. Thesis. Vienna Univ. 314p.
- Krebs CJ. 1985. Ecology. 3rd edition, Haber & Row, Publishers, Inc. pp 3-14.
- Loucks OC. 1970. Evolution of diversity efficiency and community stability. American Zoologist 10: 17-25.
- Shannon CE, Weaver W. 1998. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. 144p.
- Whittaker RH. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147: 250-259.
- (2006년 8월 29일 접수; 2006년 10월 27일 채택)