

한반도 하록 참나무류의 분포 특이성

김윤하¹⁾ · 김종원²⁾

¹⁾ 계명대학교 대학원 생물학과 · ²⁾ 계명대학교 생명과학전공

Distributional Uniqueness of Deciduous Oaks(*Quercus* L.) in the Korean Peninsula

Kim, Yun-Ha¹⁾ and Kim, Jong-Won²⁾

¹⁾ Department of Biology, Graduated School, Keimyung University, Daegu,

²⁾ Major in Biological Sciences, Keimyung University, Daegu.

ABSTRACT

The Korean peninsula belongs to the temperate forest biome dominated by many deciduous oaks. We quantitatively and qualitatively studied vertical and horizontal distributions and habitat characteristics on the major oak species such as *Quercus mongolica*, *Q. serrata*, *Q. variabilis*, *Q. dentata*, *Q. aliena* and *Q. acutissima*. A total of 5,278 samples were analyzed with a species coverage and 6 principal environmental variables extracted from public database of nationwide natural environment survey. Correlation analysis was accomplished by the CANOCO using Canonical Correspondence Analysis and the Pearson correlation coefficient using PASW Statistics. The hierarchical distribution tendency of six oaks was finalized using the Goodman-Kruskal lambda coefficient of non-metric multidimensional scaling by SYN-TAX 2000. The utmost factor on the distributional segregation of oak species was the elevation, *i.e.* temperature. *Q. serrata* and *Q. mongolica* show clearly a diametrical distribution patterns with zonal distribution. *Q. variabilis* was determined as a thermophilic and xerophilous species that is a component of not only natural pseudo-climax forest but also secondary forest. The highest frequency of the dominant forest was found *Q. mongolica*. Whereas, *Q. serrata* showed the highest frequency of individual tree but the relatively lower frequency of dominant forest, which is resulted from the original habitat loss. By the benefit

First author : Kim, Yun-Ha, Department of Biology, Keimyung University, Daegu 42601, Korea,

Tel : +82-53-580-5558, E-mail : sanhotutu@naver.com

Corresponding author : Kim, Jong-Won, Major in Biological Sciences, Keimyung University, Daegu 42601, Korea,

Tel : +82-53-580-5213, E-mail : jwkim@kmu.ac.kr

Received : 2 February, 2017. **Revised** : 18 April, 2017. **Accepted** : 17 April, 2017.

of the traditional Soopjeong-E, *Q. acutissima* dominant forests were remained rather largely. Individuals of *Q. dentata* occurred horizontally nationwide, but its dominant forest was the poorest. Dominant forest of *Q. aliena*, which is a natural vegetation, was the most rare due to a limited potential habitat.

Key Words : *Satoyama, Stress-tolerator oak, Synanthropic vegetation, Temperate oak forests, Thermophilic and xerophilous oaks, Zonal distribution*

I. 서 론

한국은 온대몬순(temperate monsoon) 생물군계이고, 수평적으로 해양성 기후와 대륙성 기후의 이행대에 위치하지만 대륙성 기후가 더욱 우세하다. 냉온대 참나무 하록활엽수림은 그 대표 식생형이고 넓은 면적으로 발달한다. 동아시아 냉온대림은 동해의 존재로 다양한 식생지리형(syngeographical type)으로 분화하였고(Kim, 1989b; 1992; Jeong et al. 2009a), 대륙형-한반도아형으로 신갈나무-철쭉군목(*Rhododendro-Quercetalia mongolicae* Kim 1990)이 한반도의 대표 식생형이다. 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 떡갈나무, 갈참나무, 상수리나무의 6분류군은 주요 하록 참나무류(*Quercus* L.)이다. 제주도는 섬형-제주도아형으로서 하록활엽수림 물참나무-졸참나무군목(*Quercetalia serrato-grosseserratae* Miyawaki et al. 1971 em. Kim 1992)으로 대표되고, 해양성 기후의 물참나무 분포가 한반도 대륙성 기후의 신갈나무 분포와 대비된다. 울릉도는 섬형-울릉도아형으로서 냉온대 너도밤나무군목(*Fagetalia multinervis* Kim et al. ex Kim 1992)의 하록활엽수림이고, 참나무 종류가 결여된 명백한 차별성을 갖는다(Kim, 1990; Kolbek et al., 2003).

한반도의 이러한 하록 참나무 온대림을 대상으로 다양한 식물사회학적 연구(Kim and Yim, 1988b; Song, 1988; Kim, 1990; 1992)가 이루어졌으며, 이는 하록 참나무류의 전형성과 대표성으로부터 기인한다. 전국의 대표 산지에서 식물종 출현에 대한 기록을 통해 참나무류를 포함한

주요 수종의 수직·수평 분포가 기재된 바 있다(Chung and Lee, 1965). 또한 전국 각지에서 신갈나무는 높은 해발고도에, 졸참나무와 굴참나무는 낮은 해발고도에 분포하는 수직적 분포 경향이 인정된 바 있다(Park, 1984; Kim and Yim, 1988a; Park et al., 1989; Kim and Yim, 1992; Um, 2014). 한편 국립산림과학원 수치임상도와 환경부 제 2차 전국자연환경조사 현존 식생도를 이용하여 참나무류 우점림과 소나무림의 공간분석이 이루어진 바 있다(Lee et al., 2006).

최근 컴퓨터 프로그램의 수리분석 기법과 연산처리 능력의 발전은 방대한 자료 속에 내재된 정보를 발굴하는데 크게 기여하고 있다. 그 무엇보다도 식물종 분포를 규명하기 위해서는 일관성이 유지된 신뢰도 높은 기초 데이터(raw data)의 수집과 모집단의 행동양식을 드러낼 수 있는 충분히 큰 표본을 확보하는 것이 중요하다(Kenkel et al., 1989). 이러한 측면에서 종조성과 서식처 대응성을 강조한 식물사회학적 현지 식생조사표는 중요한 생태자료이다. 그것은 식물사회를 이루는 구성종의 출현 양상에서 그 일관성이 확보된 분포 정보를 포함하기 때문이다. 본 연구는 전국적으로 획득된 식생자료에서 하록 참나무류가 출현하는 식생조사표를 이용하여 그 분포 경향성에 대한 정량적·정성적 규명을 목적으로 하였다. 결국 한반도 냉온대림을 대표하는 하록 참나무 주요 수종의 수직적·수평적 행동양식에 대한 더욱 온전한 실체 파악을 기대하였다.

II. 재료 및 방법

1. 식생자료와 입지환경 정보

본 연구는 환경부 국립환경과학원 주관으로 성취된 제 3차 전국자연환경조사 식생분야 총 210편의 문헌(NIER, 2006) 속에 하록 참나무 6종류(신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 떡갈나무, 갈참나무, 상수리나무)를 포함하는, 제주도를 제외한 우리나라 전역에서 수집된 식생조사표(phytosociological relevés)를 이용하였다. 분포 경향성을 규명할 본 연구 목적을 달성하기 위하여 질적·양적으로 더욱 정교한 입지환경요소 정보를 포함한 5,278개 식생조사표를 선정하였다(Figure 1). 종 분포와 서식 입지 환경조건의 대응성에 대한 수리분석은 출현종의 Braun-Blanquet(1964) 계급을 Westhoff and van der Maarel(1978)의 변환통합우점도(combined transformation scale, 이하 피도)로 변환하여 이루어졌다. 본 연구에서는 식생조사구 내의 피도 7이상(식피율 100~26%)을 해당 수종의 우점 출현으로, 그 이하 값에 대해서 개체 수준의 출현으로

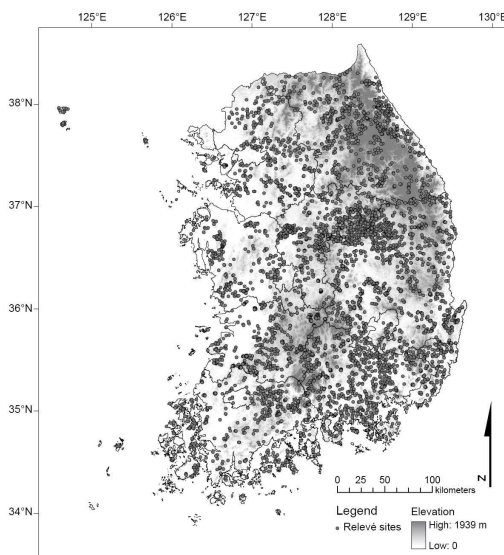


Figure 1. Geographical positions of a total of 5,278 phytosociological relevés involving *Quercus* species in the Korean peninsula

구분하여 분석하였다. 따라서 개체 수준의 출현 정보는 타 수종의 우점립 속에서도 획득된다.

전통 식물사회학의 종분포와 서식처 대응성에 관한 해석을 더욱 분명하게 하기 위하여 직간접적 수리분석을 가능하게 하는 비율척도(ratio scale)의 지리 및 지형 환경요소를 채택하였다: 위도, 경도, 해발고도, 해양성, 입지의 경사도와 방위(Table 1). 식생조사표 지점의 이들 환경요소는 원기재 자료 정보를 이용하였다. 해당 식물종이 갖는 내륙성과 해안성의 분포 경향성에 대응하는 해양성(maritime)은 [ArcGIS 9.1](ESRI, 2005)의 지리정보시스템으로 추출한 해안선과의 이격거리 정보를 이용하였다. 수직분포는 해발고도 300m를 기준으로 구릉지대와 산지대로 구분하여 기술하였다. 입지의 국지적·토지적(local and edaphic) 환경경도로 경사도는 지평선을 0°로 기준하여 조사구의 지표면 기울기 경사를 측정된 각도를, 방위는 16방위의 방위각(°)을 이용하였다. 특히 방위각에 대해서는 동향성(eastness: 동-서 방향성)과 북향성(northness: 남-북 방향성)으로 변환하여 분석하였다(Verwijst, 1988). 동향성 지수(eastness index)는 $\sin \theta$ 로 구하고 동향일수록 +1, 서향일수록 -1, 남북방향일수록 0에 가깝다. 북향성 지수(northness index)는 $\cos \theta$ 로 구하며 북향일수록 +1, 남향일수록 -1, 동서방향일수록 0에 가깝다.

2. 수리통계분석

총 5,278개의 식생조사표 가운데 6가지 입지 환경요소 분석에 이용된 샘플수는 Table 1과 같다. 참나무 종류와 환경요소 간의 상호관계 분석에서 각 수종의 피도와 환경요소를 변수로 [CANOCO for Window 4.5](ter Braak and Šmilauer, 2002)에서 CCA(Canonical Correspondence Analysis) 좌표결정법(ordination)을 수행하였다. CCA는 환경요소에 따라 가중 평균(weighted average)을 이용한 다변량분석법의 하나로, 종속변수인 참나무류의 출현 양상과 독립

Table 1. Materialized sample numbers of oak species and environmental variables. The P-values of the environmental variables were calculated from CCA. A total number of samples are 5,278.

<i>Quercus</i> (Abbreviation)	Number of samples	Environmental variables	Number of samples	P-value estimate
<i>Q. serrata</i> Murray(QS)	2,952	Altitude	5,278	0.002
<i>Q. mongolica</i> Fisch. ex Ledeb.(QM)	2,763	Latitude	5,278	0.002
<i>Q. variabilis</i> Blume(QV)	2,724	Longitude	5,278	0.002
<i>Q. acutissima</i> Carruth.(QC)	1,259	Maritime	5,278	0.002
<i>Q. aliena</i> Blume(QL)	1,091	Inclination	5,263	0.002
<i>Q. dentata</i> Thunb.(QD)	926	Eastness	5,232	0.120
		Northness	5,232	0.002

변수인 환경요소가 갖는 질적·양적 영향성을 드러내는 데에 유리한 간접수리분석법이다(ter Braak, 1987). 좌표는 가장 높은 고유값(eigenvalue)의 제 1축과 2축으로 설계되었고, 각 환경요소의 영향은 화살표(vector) 방향과 길이로 드러났다. 좌표결정법에서 얻어진 환경요소에 대한 참나무 종류의 분포 경향성은 수종의 피도에 대해 Pearson 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 이용하여 그 신뢰성을 검증하였고, [PASW Statistics ver. 18](SPSS Inc., 2009)을 활용하였다. 환경요소와 수종과의 상관계수(correlation coefficient; r) 및 각 수종간의 상관계수를 산출하여 비교하였다. 이러한 수리분석 정보를 바탕으로 참나무 6종류의 계층적 분포 경향성을 규명하기 위하여 집괴분석(hierarchical cluster analysis)을 수종의 피도를 이용하여 수행하였다. [SYN-TAX 2000](Podani, 2001)에서 비계량적 다차원 척도법(non-metric multidimensional scaling)의 GoodmanKruskal lambda 계수를 이용하였고, 서식처 분류에 대응하는 수종 간의 비유사도(dissimilarity)를 산출하였다.

III. 결 과

1. 하록 참나무류의 수직·수평 분포

전체 샘플(5,278개)의 평균 해발고도는 341.8m로 구릉지대의 해발고도(300m)보다 약간 더 높

았다(Figure 2). 하지만 우점림으로 출현한 샘플(3,503개)의 평균 해발고도는 전체 평균값보다 더욱 높은 371.2m였다. 이것은 보다 높은 산지대(mountain belt)에 잔존하는 한반도 삼림의 현존분포 양상(Chung and Lee, 1965)과 일치한다. 한편 개체 수준 샘플(1,775개)의 평균 해발고도는 283.8m(표준편차 233.9m)였는데, 저해발지역을 포함한 한반도 전역이 하록 참나무 수종의 잠재적 자생 영역이란 사실을 뒷받침한다.

하록 참나무 6종류 중에서 졸참나무는 전체 샘플 5,278개 가운데 55.9%(2,952개)의 가장 높은 출현빈도를 보였다. 그 다음으로 신갈나무, 굴참나무, 상수리나무, 갈참나무, 떡갈나무 순이었다(Figure 2). 신갈나무와 굴참나무는 전체 샘플의 52.3%(2,763개)와 51.6%(2,724개)의 비슷한 출현빈도를 보였다. 이들은 특히 해발고도 800m 이하에 집중 분포하였는데, 굴참나무와 신갈나무의 이차림이 산지대에 널리 분포하는 것과 통한다. 떡갈나무는 전체 샘플 가운데 가장 적은 926개(17.5%)로 출현하였다. 그 가운데 97.6%(904/926개)는 해발고도 800m 이하에 주로 분포하였다. 상수리나무와 갈참나무는 해발고도 600m 이하의 저해발 입지에 각각 98.8%(1,244개), 98.3%(1,072개)로 분포하고, 수직적으로 유사한 해발고도 범위에서 중첩 출현 양상을 보였다. 한편 상수리나무가 갈참나무보다 약 3.2%p(168개) 더 많은 식생조사구에서 출현하

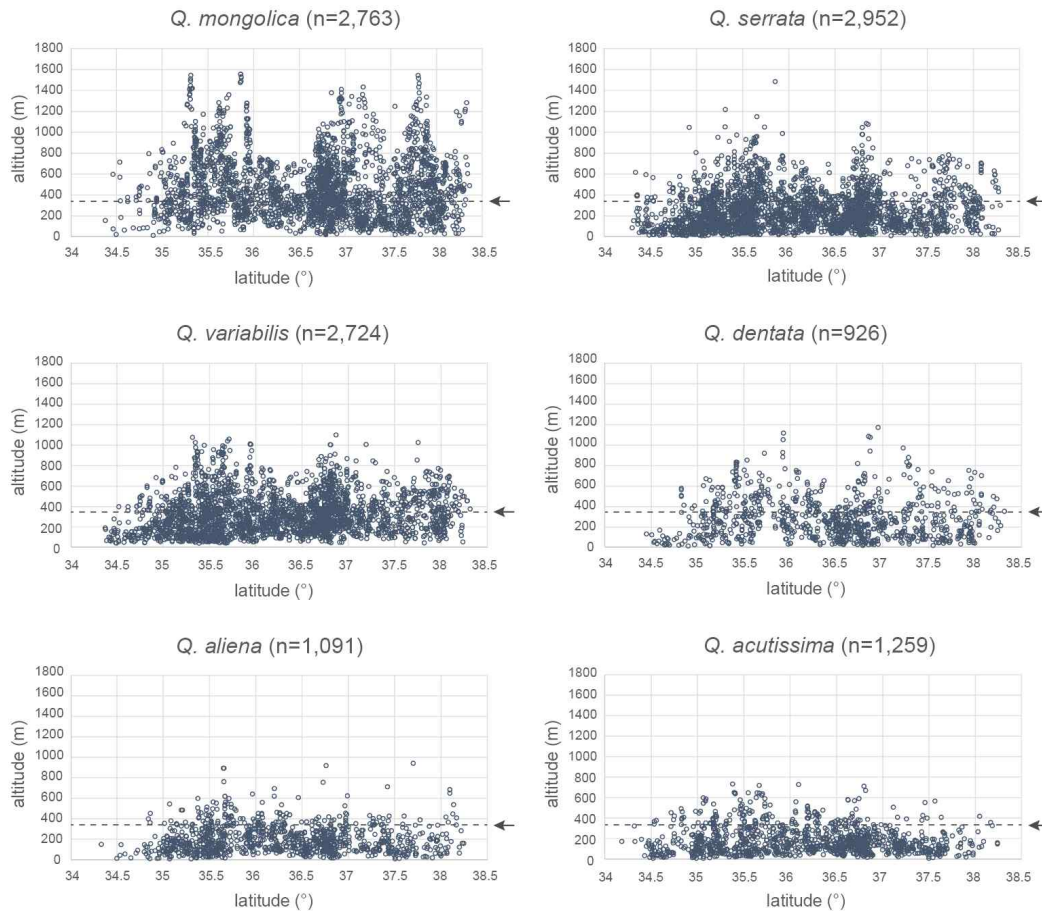


Figure 2. Latitudinal and altitudinal distribution of major oak species of the Korean peninsula. Dark colored parts are created by many overlapped circles presenting species occurrences. Parenthesized numbers are a total of samples. Average altitudes of a total samples(dotted line), stands of forest, and individual trees are 341.8m, 371.2m and 283.8m, respectively. Oak dominant forests are remained clearly at higher elevation of mountain area.

였는데, 그 출현 샘플수의 약 82.9%(1,044개)가 해발고도 300m 이하의 구릉지대에 분포하였다. 반면에 냉온대 삼림식생의 신갈나무-철쭉군목(Kim, 1990)의 전이표징종인 신갈나무는 약 33.9%(938개)만이 구릉지대 이하의 낮은 해발고도에 분포하였다.

해발고도와 위도에 따른 공간분포에서 6종류의 참나무는 최고 해발고도에서 뚜렷한 차이가 있었지만, 최저 해발고도, 최고 위도, 최저 위도는 비슷한 범위로 나타났다(Figure 3). 신갈나무

는 최고 해발고도 1,550m(덕유산국립공원)의 냉온대 북부·고산지대 침광혼합림(針廣混合林)에서, 단순 우점림은 1,525m(덕유산국립공원)에서 기재되었다(Pyo and Lee, 2012). 신갈나무는 시베리아 남부 저지대까지 분포(Krestov, 2003)하는 온대(냉온대~난온대) 요소이고, 남한 지역에서 극히 좁은 면적으로 발달하는 아고산대(Lee and Kim, 2007; Kim, 2012)에서 매우 드물게 개체 수준으로 관찰된다.

상수리나무는 최고 해발고도 735m(경남 산청

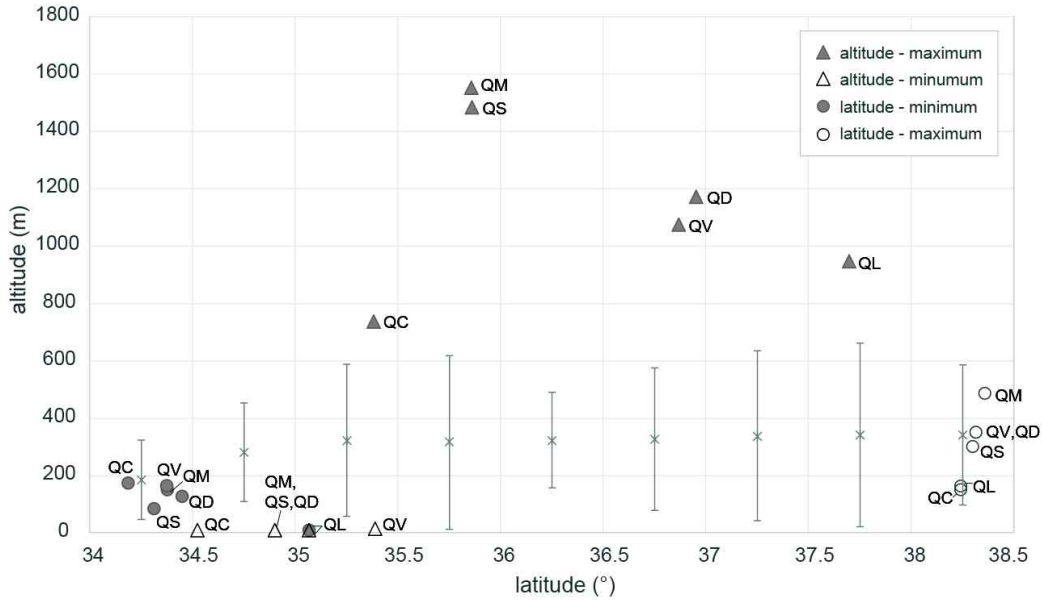


Figure 3. The highest and lowest altitudes and the latitudes of 6 oak species occurrences. Cross points and solid lines are mean altitude and standard deviation for a given latitude. Scattered distribution pattern of the highest altitudes is notable, which oak species primarily occur depending on thermal condition. QM: *Quercus mongolica*, QS: *Q. serrata*, QV: *Q. variabilis*, QD: *Q. dentata*, QL: *Q. aliena*, QC: *Q. acutissima*.

군)의 신갈나무-소나무군락(Kim and Kim, 2008)에서 개체 출현으로 나타났다. 상수리나무 단순우점림의 최고 해발고도는 731m(경북 군위군; Kim and Lee, 2011)로 개체 출현의 최고 해발고도와 유사한 수직분포를 보였다. 갈참나무 우점림의 최고 해발고도는 627m(충북 단양; Choi and Ryu, 2013)였으며, 개체 수준은 강원도 대관령의 표고 945m의 습윤한 물푸레나무 숲 속(Song and U, 2013)에서 기재되었다. 굴참나무 개체 출현의 최고 해발고도는 1,073m(월악산국립공원; Choi and Lee, 2013)로 신갈나무림 속에서 기재되었고, 그 우점림의 최고 해발고도는 그 보다 낮은 903m(경남 함양군; Jin and Kim, 2013)로 나타났다. 떡갈나무 우점림은 최고 해발고도 875m(강원도 정선군; Hong and Hong, 2011)에서, 개체는 표고 1,170m(소백산국립공원, Kim and Kim, 2013)의 신갈나무 우점림 속

에서 기재되었다. 이들 떡갈나무 식분은 모두 산지 사면상부로부터 능선의 운무대 환경에 발달한 국지적 분포를 보였다. 우리나라 참나무 6종류의 최고 해발고도 평균값은 1,159m(표준편차 313.1m)로 산출되었다. 냉온대 중부·산지 대신갈나무-생강나무아군단(Lindero-Quercenion mongolicae Kim 1992)의 해발고도 분포범위(남부지방 850m 이상~중부지방 1,500m 이하; Kim, 1990; 1992; 2004)의 평균과 유사하였다.

한편 수평적으로 최고 위도 분포(38°21'36.6"N~38°14'32.8"N)에서 출현하는 참나무 6종류는 민간인통제구역(DMZ) 일대의 해발고도 485m 이하 저해발 지대에서 기재되었다. 최저 위도에서의 해발고도는 10~174m의 범위로 나타났다. 낮은 해발고도 지역(10m, 경남 창원시 마산합포구; Kim and Jo, 2010)과 높은 지역(174m, 전남 완도군 청산도; Park and Jin, 2011)은 모두 관리

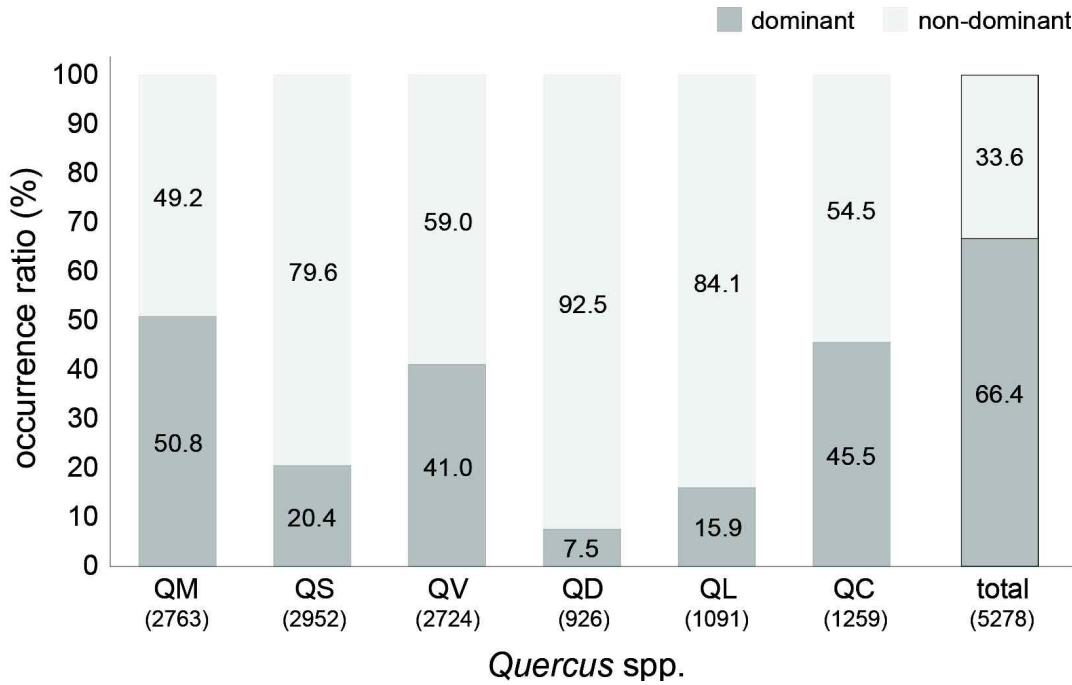


Figure 4. Percentage of dominant and non-dominant occurrences for *Quercus* species. They were defined as a dominant forest or a non-forest individual, according to coverage range 9~7 and 6~1, respectively. The parenthesized number at the bottom is a total sample number of each species. Abbreviations of QM, QS, QV, QD, QL, and QC are same in those of Figure 3.

되는 곰솔군락 속에서 출현한 개체들이었다. 높은 해발고도 식분에는 상수리나무가 출현하였고, 낮은 해발고도 식분에는 갈참나무, 상수리나무, 졸참나무가 함께 출현하였다.

졸참나무는 최고 해발고도 1,482m(덕유산국립공원; Pyo and Lee, 2012)로 신갈나무 우점림 속에서 개체로 출현하였다. 하지만 졸참나무 우점림은 그 보다 크게 낮은 950m(지리산국립공원; Park and Lee, 2008)가 최고 해발고도였다. 최고 위도(38°05′38.1″N, 강원도 화천군; Kim and Lee, 2008)에 나타난 졸참나무 우점림은 해발고도 613m였다. 이처럼 졸참나무의 출현은 한반도 북부로 갈수록 해발고도가 낮아지고, 그 주된 분포는 해발고도 600m(중부지방)에서 800m(남부지방) 이하인 것으로 나타났다. 참나무 6종류의 최저 해발고도는 10~15m로 모두 비슷한 분포 양상을 보였다.

Figure 4는 참나무 수종의 우점림과 개체 수준의 출현양상을 보여준다. 하록 참나무 6종류의 우점림은 전체 샘플 중에서 66.4%로 상당히 높은 비율로 나타났다. 특정 참나무류가 우점하는 식생조사표 속에 서로 다른 참나무 종류가 함께 출현하는 샘플(3,503개)이 많기 때문이다. 신갈나무는 우점림으로 출현하는 경우가 50.8%로서 가장 높고, 그 다음으로 40% 이상의 상수리나무와 굴참나무, 약 20% 이하의 졸참나무(20.4%), 갈참나무(15.9%), 떡갈나무(7.5%) 순으로 나타났다. 우점림으로 그 출현비율이 가장 낮은 떡갈나무는 샘플수의 92.5%가 다른 참나무류 숲 속에서 개체 수준으로 출현하였다.

하록 참나무류는 위도구간 37°와 35.5°에서 각각 1,225개와 962개로 그 출현빈도가 가장 높게 나타났다(Figure 5). 이는 월악산(해발고도 1,094m), 덕유산(해발고도 1,614m)과 같은 한반

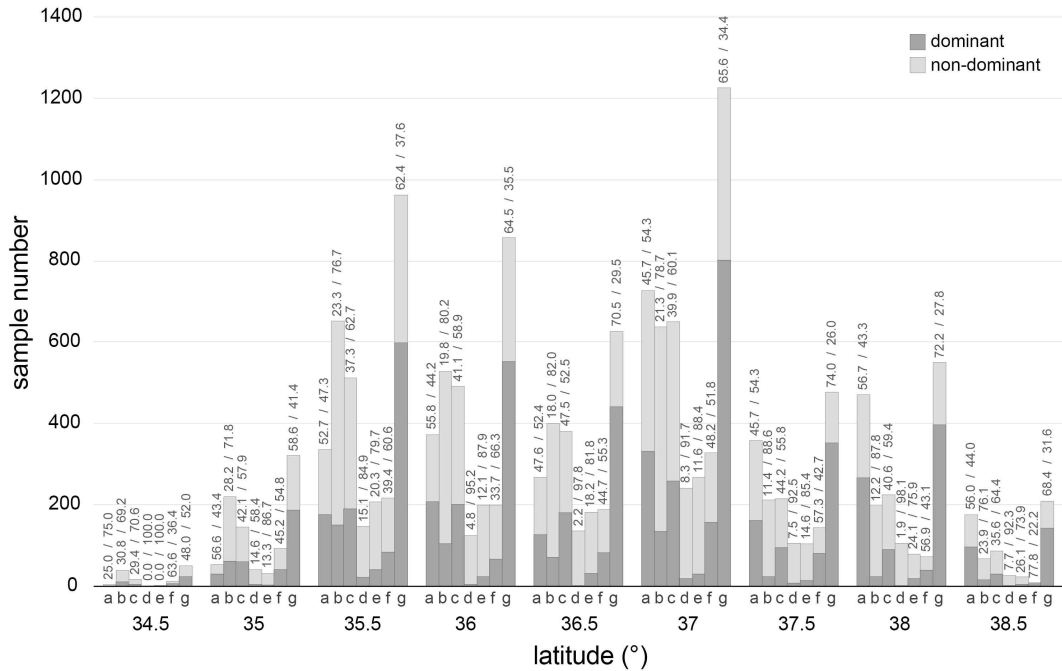


Figure 5. Sample number of dominant and non-dominant occurrences for each *Quercus* species by latitude class. The bars of each species(a~f) against a total occurrence(g) would compare quantitatively. Values on the bar are the composition ratio of dominant forest versus individual occurrence. a: *Q. mongolica*, b: *Q. serrata*, c: *Q. variabilis*, d: *Q. dentata*, e: *Q. aliena*, f: *Q. acutissima*, g: total occurrence of *Quercus* species.

도 백두대간을 잇는 산지대 중심의 실체적 현존 분포와 일치하였다. 우점림의 분포 양상도 유사한 패턴이었데, 위도 37° 부근에서 65.6%(803개)의 가장 높은 출현빈도를 보였다. 졸참나무는 위도구간 35.5° 부근에서 652개의 가장 높은 출현빈도를 보이고, 신갈나무는 37° 부근에서 727개의 가장 높은 출현 빈도를 보였다. 우점림 비율이 가장 높은 신갈나무는 낮은 위도 지역에서 졸참나무보다 그 출현빈도가 낮았지만, 위도 구간 37°부터는 더 높아졌다. 즉 신갈나무와 졸참나무의 출현 패턴이 위도구간 37°를 기준으로 서로 역전되는 양상이었다. 위도구간 37.5° 이상의 고위도 지역에서 신갈나무는 나머지 수종보다 가장 높은 출현빈도를 유지하였다.

가장 낮은 위도구간 34.5° 부근에서 전체 참나무 종류의 출현은 50개로 매우 빈약하였다.

이 가운데 39개에서 졸참나무가 출현하고, 우점림 또한 12개로 가장 많았다. 반면 신갈나무, 떡갈나무, 갈참나무는 거의 출현하지 않았다. 이러한 결과는 제주도와 일본 혼슈(本州) 이남 지역을 포함한 온난다습한 섬형(대륙형과 해양형의 중간형 *sensu* Kim, 1989b; 1992) 식생지역까지 널리 분포하는 졸참나무 분포 양상과 일치한다. 졸참나무는 비록 위도 35.5° 부근에서 가장 높은 출현빈도를 갖지만 그 우점림은 23.3%(152개)에 지나지 않았다. 한반도 냉온대 남부·저산지대에 집중적으로 출현하는 졸참나무-작살나무아군단(*Callicarpo-Quercenion serratae* (Kim 1990) stat. Kim 1992)의 잠재적 서식처의 교란과 유실에 따라 잔존 우점림 현황이 빈약한 현황과 잇닿아 있는 결과로 판단된다.

굴참나무는 졸참나무와 유사한 출현 패턴을

보이지만, 위도구간 35° 이하 지역을 제외한 고위도 지역까지 우점림 비율이 졸참나무보다 큰 것으로 나타났다. 이것은 굴참나무가 졸참나무림대 내에 그 분포 중심을 가지면서 실제로 수평적으로 우리나라 전역에 굴참나무 이차림을 넓게 형성하기 때문이다. 상수리나무, 갈참나무, 떡갈나무는 전 위도구간에서 출현빈도 400개 이하로 나타났다. 상수리나무는 전 구간에서 우점림 비율이 33.7~77.8% 범위로 비교적 높게 나타났다는데, 이는 숲정이 전통마을숲으로 유지되었던 것(Lim, 2012)과 잇닿아 있다. 한편 떡갈나무와 갈참나무는 한반도 내 모든 위도계급에서 빈약한 출현빈도를 나타냈다. 이는 상대적으로 토지적 입지환경에 더욱 의존하는 두 수종의 서식처 희귀성에서 비롯한다.

2. 하록 참나무류의 서식환경조건

하록 참나무 6종류와 서식 환경 조건 간의

Pearson 상관계수(Table 2)는 동향성(eastness) 이외의 6개 환경요소(해발고도, 입지 경사도, 위도, 경도, 북향성, 해양성)가 상당한 수준으로 상호관련성이 있는 것으로 나타났다. 특히 온도 환경조건에 대응하는 해발고도가 참나무 6종류 모두에서 가장 강력한 상호관계($p < 0.01$)를 보였다. 최고 해발고도 분석에서 얻어진 앞선 결과와 일치한다(Figure 3 참조). 신갈나무는 유일하게 해발고도에 대한 양(+)의 상호관계를 가지며, 그것도 가장 큰 값의 Pearson 상관계수(+0.554)를 보였다. 다른 5종류는 이와 정반대의 분포 경향성이었다. CCA 제 1축(고유값 0.281)을 기준으로 수종들은 좌우로 배열하는데, 오른쪽에 신갈나무만 위치하고(Figure 6), 그 대척 위치에서 졸참나무는 가장 큰 값의 음의 상관계수(-0.301)를 보여준다. 이러한 수직분포의 대응 경향성은 위도에서도 그대로 투영되었다. 결과적으로 해발고도의 상승과 하강에 따라 신갈나무와 졸참

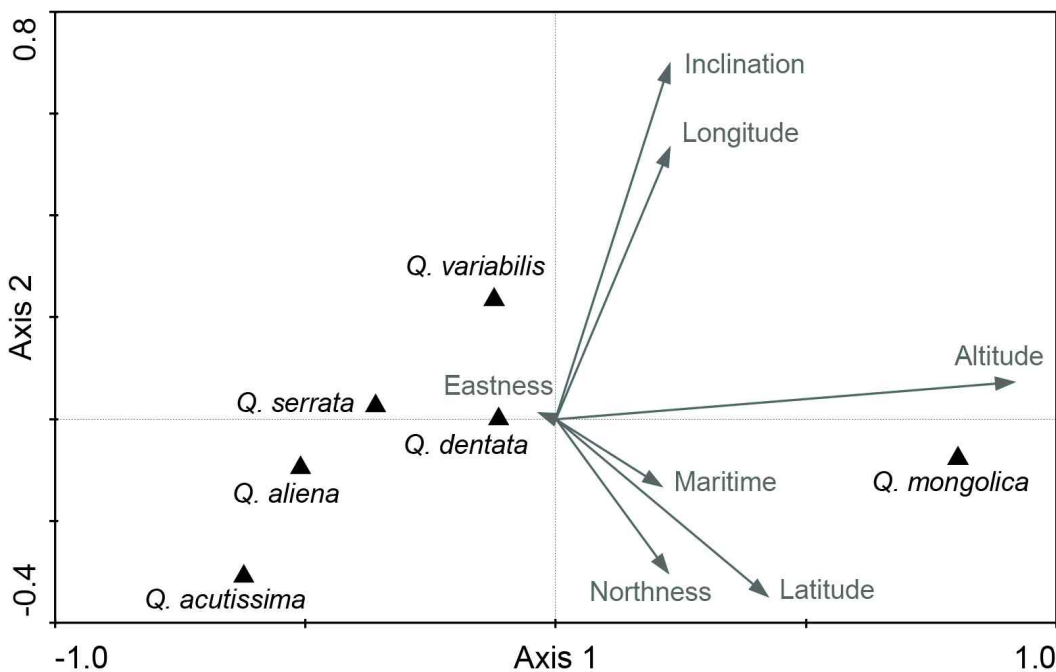


Figure 6. Canonical Correspondence Analysis(CCA) ordination diagram with deciduous *Quercus* species and environmental variables. Eigenvalues of the first and the second axes are 0.281 and 0.028, respectively.

Table 2. Pearson correlation coefficients and *P*-values associated with significant environmental variables of deciduous *Quercus* species in the Korean peninsula

<i>Quercus</i>	Environmental variables						
	Altitude	Latitude	Longitude	Maritime	Inclination	Northness	Eastness
<i>Q. mongolica</i>	.554**	.354**	.120**	.207**	.160**	.156**	-.018
<i>Q. serrata</i>	-.301**	-.218**	-.090**	-.138**	-.044**	.006	.018
<i>Q. variabilis</i>	-.122**	-.026	.086**	.052**	.174**	-.150**	.015
<i>Q. dentata</i>	-.072**	.039**	-.010	-.052**	.008	-.070**	-.028*
<i>Q. aliena</i>	-.226**	.007	-.045**	.047**	-.037**	-.091**	.002
<i>Q. acutissima</i>	-.296**	-.034*	-.150**	.008	-.142**	-.059**	.016

p* < .05 *p* < .01

나무의 출현 증감은 명백한 분포대응성을 보였다. 이는 두 종간의 공간적 분포 분할이 일차적으로 온도 환경요소에 의한 것임을 뒷받침한다.

경도(latitude)와 입지의 경사(inclination)는 축의 고유값(0.028)은 비록 낮지만 CCA 제 2축에 가장 근접하면서 같은 방향으로 배열하는 환경요소이다(Figure 6). 경도는 참나무 종류의 한반도 동서 분포를 가늠하는 수평적 환경요소인데, Pearson 상관계수(-0.150~+0.120)는 그리 크지 않지만 그에 따른 경향성은 확인할 수 있었다. 그 가운데 상수리나무가 가장 큰 상관계수(-0.150)를 보였다. 한반도내 농경문화의 배경이 되는 경작지가 한반도 서부와 남서부에 널리 분포하고, 이에 수반되는 전통마을숲 숲경의 상대적 높은 출현빈도와 관련한다. 신갈나무와 굴참나무는 백두대간을 따라 한반도 동부로 가면서, 나머지 종류는 상수리나무처럼 서부로 가면서 출현 빈도의 미묘한 증가를 보였다. 떡갈나무는 경도에 대해서 거의 독립적이다.

환경요소 해양성(maritime)에서 떡갈나무는 졸참나무(-0.138)보다 그 정도가 약하지만 음의 상관관계(-0.052)이다(Table 2). 즉 해안에 가까울수록 출현빈도가 증가한다는 것을 의미한다. 실제로 떡갈나무는 해안선 절벽식생에서 크고 작은 개체군이 발견된다. 졸참나무는 해안으로부터의 거리에서 신갈나무와 정반대의 분포 양상이다. 온난한 환경에서 그것도 섬형(대륙성과

해양성의 중간형)의 식생지리형 속에 분포 중심지를 가지는 졸참나무(Kim, 1989b; 1992; 2004)가 주로 남부지방의 냉온대 남부·저산지대 또는 난온대 식생의 중심종(focal species)인 사실과 맥을 같이 한다.

경사 환경요소는 신갈나무와 굴참나무에서 양의 상관계수였다. 즉 급경사의 생육환경일수록 그 출현빈도가 증가하는 경향성을 뜻한다. 대조적으로 졸참나무와 갈참나무는 상대적으로 낮은 상관계수, 즉 경사가 더욱 완만한 입지에서 분포 경향성을 의미한다. 졸참나무와 갈참나무는 극단적인 건조와 같은 환경적 재해를 이겨낼 수 없는 종류로서 더욱 습윤한 입지에 잔존하는 현존식생의 분포 양상과도 일치한다. 결론적으로 신갈나무와 굴참나무는 졸참나무와 갈참나무 보다 더욱 건생의 입지에 분포하는 참나무류로 분류될 수 있다. 급경사일지라도 더욱 낮은 고도에서는 굴참나무가, 더욱 높은 해발고도에서는 신갈나무가 분포 분할을 보인다.

북향성(northness)과 동향성의 환경요소는 연중 및 일중의 광선(복사에너지) 조건(Cantlon, 1953; Kim et al., 2010)과 관련하여 온도와 습도에 영향을 미친다. 참나무 종류는 모두 북향성이 동향성보다 명백히 그 영향을 크게 받는다(화살표 길이)는 사실이 CCA 좌표(Figure 6)에서 확인되었다. 신갈나무와 굴참나무는 북향성에서 서로 정반대 경향성을 보였다. 즉 북향으

Table 3. Pearson correlation coefficients and *P*-values for correlations among deciduous *Quercus* species

<i>Quercus</i>	QM	QS	QV	QD	QL	QC
<i>Q. mongolica</i>	1.000					
<i>Q. serrata</i>	-.334**	1.000				
<i>Q. varibilis</i>	-.152**	-.032*	1.000			
<i>Q. dentata</i>	-.120**	-.042**	.035*	1.000		
<i>Q. aliena</i>	-.261**	.031*	-.014	.050**	1.000	
<i>Q. acutissima</i>	-.283**	-.013	-.142**	.073**	.187**	1.000

p* < .05 *p* < .01

로는 신갈나무, 남향으로는 굴참나무의 출현빈도의 증가 경향성을 뜻한다. 따라서 경사 환경요소의 분석에서 신갈나무와 굴참나무가 건조 입지의 참나무류로 분류되었으나, 그 가운데 굴참나무는 가장 극단적인 건조 입지까지 분포하는 대표적인 내건성(耐乾性, xerophylous) 및 호온성(好溫性, thermophilic) 참나무 종류라는 것을 시사한다.

3. 참나무 종간 친연성

수종간의 친연성(affinity)에 관한 상관관계 분석은 환경요소와 종분포 양상에 관한 앞선 결과들을 강력히 뒷받침하고 있었다(Table 3). 신갈나무와 졸참나무는 가장 강한 음의 상관관계(-0.334)였다. 즉 신갈나무의 출현증가는 졸참나무의 출현감소, 또는 그 반대의 경우를 의미하는 대척적 출현 양상을 뜻한다. 해발고도 분석에서처럼 두 종의 기후(온도)적 대상분포의 실체를 뒷받침하는 결과이다. 한편 굴참나무는 떡갈나무를 제외하고 다른 종류와 음의 상관관계였다. 이는 굴참나무의 출현 증가가 다른 참나무류의 출현 감소를 의미하는 것이다. 떡갈나무와는 아주 낮은 상관계수(+0.035)이지만, 일부 건조 입지에서 함께 출현하는 것으로부터 그 의미(*p* < 0.05)를 찾아 볼 수 있다.

갈참나무는 상수리나무와 신갈나무에 대해서 가장 큰 양의 상관관계(+0.187)와 음의 상관관계(-0.261)로 나타났다. 이것은 갈참나무가 상수리

나무와 그 출현이 증척되지만, 신갈나무와 함께 출현할 확률은 그만큼 낮다는 것을 의미한다. 그 분포 중심의 서식처 조건이 앞서서 설명된 것처럼 크게 대비되기 때문이다. 한편 상수리나무는 참나무 종류 가운데 대표적인 숲정이 문화 식생요소로서 그 분포 경향성에는 인간의 선택적 관리라는 인위적인 영향이 더해진 결과로 판단된다. 상수리나무는 마을이 자리 잡은 온난한 기후 지역에 주로 분포함으로써 신갈나무와 상당한 수준의 음의 상관관계(-0.283, *p* < 0.01)를 보였다.

IV. 고 찰

한반도는 하록 참나무류가 우세한 온대림 생물군계이다. 식생지리학적으로 동아시아 온대림의 대륙형(continental type) 중에서 한반도아형(Korean peninsula subtype)에 속한다. 해양성의 너도밤나무가 완전히 배제되고, 하록 참나무류가 우점하는 것이 특징이다(Kim, 1989b; 1992). 즉 한반도는 너도밤나무(*Fagus multinervis* Nakai)를 특산종으로 하고 참나무류가 결여된 울릉도나 물참나무(*Quercus mongolica* var. *crispula* (Blume) H. Ohashi)가 우세한 제주도와는 분명하게 다른 식생역이다. 이러한 한반도와 그 주변지역 간의 식생분화는 동해의 생성과 존재로부터 유래한다(Kim, 1989b; 1992; Jeong et al., 2009a). 제주도의 물참나무 우점림은 한반도 신갈나무 우점림의 지리적 대응식생형이다. 물

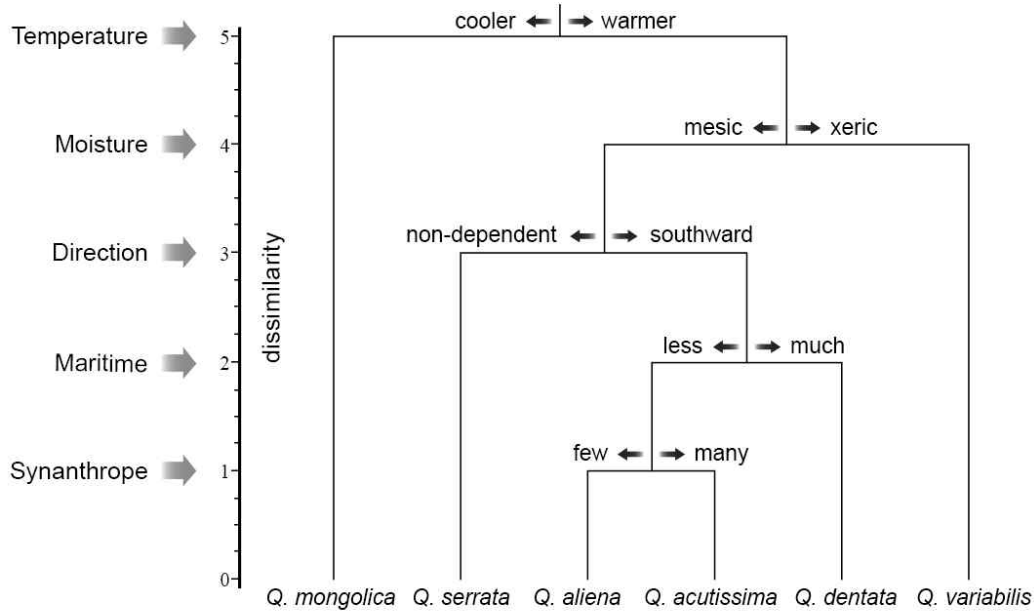


Figure 7. Habitat classification of deciduous *Quercus* species in the Korean peninsula using hierarchical cluster analysis

참나무는 동아시아 식생지리학의 섬형(island type), 즉 대륙형과 해양형(oceanic type)의 중간형에 분포중심을 두는 수종(Kim, 1989b; 1992)이다. 물참나무는 잎몸(葉身)의 다소 작은 크기, 가장자리의 예리한 톱니, 줄참나무에 더 가까운 형태의 연모와 성모의 빈도 등으로부터 신갈나무와 외형적으로 구분된다(Lee, 1961; Lee, 1996; Kitamura and Murata, 2002). 일본 최북단 홋카이도(北海道)의 해양형에 가까운 섬형(중간형)의 물참나무-사할린참나무군목(*Abieti sachalinensis-Quercetalia grosseserratae* Kim 1992) 삼림식생에 널리 분포한다(Ishikawa and Ito, 1989; Kim, 1989a). 한편 홋카이도를 포함한 일본 북부지역과 쿠릴열도 일대 냉온대 삼림식생에 대한 기존 선행연구에서 물참나무림을 신갈나무림으로(Okitsu, 2003), 또는 신갈나무의 남방한계를 제주도로 보는 견해(Yun et al., 2011; Song et al., 2014) 등은 보다 넓은 의미(廣義)의 계통분류학적 적용(*Q. mongolica sensu lato*)에서 비롯할 것이다. 반면 울릉도에서 신갈

나무와 상수리나무의 자생이 기재된 바 있으나(Hong et al., 2002), 이는 심각한 학술적 오류이다. 실제로 신갈나무의 실체 개체(군)는 확인되지 않고, '식재 기원'의 상수리나무만이 거주지 내에 개체로 존재할 뿐이다. 울릉도의 냉온대 삼림식생은 너도밤나무림으로 대표되며(Nakai, 1919; Kim, 1988; 1989b; Kim et al., 1996), 울릉도 식생사(植生史)에서 신갈나무의 현존 분포가 실제적 사실이라면 식물지리학적, 생태학적으로 더욱 엄중한 천착이 요구된다. 결론적으로 동아시아 속에서 한반도는 신갈나무를 중심으로 하는 대륙성의 하록 참나무류 온대림으로 규정되는 생물군계이다. 본 연구에서는 한반도의 하록 참나무 6종류에 대한 대상분포와 비대상분포(非帶狀分布), 기후적, 토지적 분포 양상을 정량·정성적으로 규명할 수 있었다(Figure 7).

해발고도 즉 온도는 신갈나무와 나머지 5종류를 구분하는 우선적이고 일차적인 생태 요소라는 사실이 종분포와 환경요소간의 상관관계 분석(Table 2 참조)에서 밝혀졌다. 신갈나무는

해발고도가 높아질수록 그 출현빈도와 피도가 증가하는 한랭한 요소이고, 나머지 5종류는 온난한 요소로 대비된다. 이러한 온도 환경요소는 연중 또는 일중, 그리고 대기권 또는 토양권의 수분환경 조건과 맞닿아 있다. 신갈나무는 결코 메마르지 않고 한발(旱魃)이 발생하지 않는 중용의 습윤한 수분환경(Yamanaka et al., 2007)에 주로 분포한다. 부산 금정산 능선 일대(해발고도 749m)의 북사면에서 신갈나무 이차림이 우점하는 것(Oh and Kim, 2006; Nam et al., 2013)은 산정운무효과(山頂雲霧效果)가 발생하는 국지적 수분환경의 산물이다. 그럼에도 신갈나무는 건조에 대한 분포 특성도 갖는다. 굴참나무 수준까지는 미치지 못하지만, 급경사에 대해서 약한 양의 상관관계(+0.160, $p < 0.01$)를 보인 것이다(Table 2 참조). 그런 급경사는 입지의 불안정성과 토양내의 수분조건에 직접 잇닿은 환경요소이기 때문에 수분환경 조건에 대한 어느 정도의 폭넓은 분포 가능성을 시사하는 것이다. 실제로 신갈나무 우점림이 30° 이상의 상당한 급경사지(Um, 2014)에서 그리고 건조한 조건(Kim and Yim, 1988a; Kim and Kim, 1994; Kim et al., 1994)에서 보고되고 있다. 해발고도와 위도가 높을수록, 북향 입지일수록 신갈나무의 출현빈도나 중요도는 증가하지만, 굴참나무와 졸참나무는 상반된 분포 양상을 보이는 것(Park, 1984; Kim and Yim, 1988a; Park et al., 1989; Kim and Kil, 1997; Kim et al., 2004; Um, 2014)이나, 중국 북동부(Beijing, Jingbohu, Dunhua) 지역에서 건생형으로 기재된 신갈나무군락(You et al., 2001)도 같은 맥락이다. 따라서 졸참나무-작살나무아군단 식생역에서 신갈나무 우점 이차림의 출현은 그 상부에 분포 중심지를 갖는 신갈나무의 하강 분포의 결과이다(Kim, 2004). 식물사회학적으로도 상급단위의 향수반종이 이차림 속에서 높은 상대기여도로 출현하는 까닭도 거기에 잇닿아 있다.

결론적으로 우리나라 하록 참나무류 가운데

신갈나무는 상대적으로 더욱 한랭한 영역의 대상분포(zonal distribution) 참나무 종류로 규정된다. 위도가 낮은 지역에서는 높은 해발고도에서, 위도가 높은 지역에서는 낮은 해발고도에 분포하는 신갈나무의 수직적 상하 분포 경향성(Park et al., 1989; Kim et al., 2009)을 말한다. 신갈나무는 동아시아 시베리아 남부에서부터 중국 동북부 만주와 극동러시아 연해주를 거쳐서 한반도 최남단 도서지역 산정까지 광역 분포한다. 동아시아 해양성 냉온대림의 너도밤나무아군강(Fagenea crenatae Miyawaki et al. ex Miyawaki et al. 1968 stat. Kim 1992)에 대응되는 대륙성 냉온대림의 신갈나무아군강(Quercenea mongolicae Kim 1992)에 대한 표징종으로서 신갈나무의 의미는 지대하다(Kim and Manyko, 1994; Kolbek et al., 2003; Krestov, 2003).

굴참나무는 신갈나무를 제외한 나머지 다섯 종류 가운데 그 분포 양상이 분명하게 구분된다. 서식처 환경조건에 대한 연구 결과(Figure 6, Table 2 참조)처럼 우리나라 참나무 종류 가운데 굴참나무는 가장 대표적인 호온성의 내건성 수종이다(Kim, 1992; Kim and Kim, 1994; Jegal and Kim, 2003). 이것은 굴참나무의 서식처 조건이 급경사지나 토심이 얇고 척박한 입지 특성과 맞닿아 있다(Kim and Kil, 1997; Beon, 2000; Jeong et al., 2009b; Kim et al., 2010). 토지적 지속식물군락(edaphic perpetual plant community)의 위극상(pseudo-climax) 지역식생형으로 굴참나무 우점의 자연식생의 실체가 보고되고 있다(Jegal and Kim, 2003; Ryu, 2015; Lee and Kim, 2017). 굴참나무 이차림도 전국적으로 분포하는데 냉온대 남부·저산지대 식생역 속에서 상대적으로 낮은 해발고도와 주로 남향 사면에서 기재되고 있다(Kim and Yim, 1992; Kim et al., 1994; Lee et al., 1995; Kim et al., 2004). 한편 동아시아에서 굴참나무 우점림의 최북단 식생은 한반도에 이어져 있는 중국 랴오둥(Liaodong) 반도(약 38°~40°N) 남단의 200~400m 저해발 지역에 좁은

면적으로 관찰되는 전형적인 이차림이다(Qian et al., 2003b). 졸참나무-작살나무아군단 식생역의 수평적 최북단으로 판단된다. 일본열도에 굴참나무 우점림은 주로 긴키(近畿)지방 이서(以西) 지역에서 졸참나무와 함께 난온대 상록활엽수림대의 이차림을 형성하고 저해발 산지에 널리 분포한다(Miyawaki and Okuda, 1990).

졸참나무는 모든 참나무 종류 가운데 출현빈도가 가장 높았으며(Figure 2 참조), 온도(해발고도) 경향성에서 신갈나무와 완전한 대척 분포를 보였다(Table 2 참조). 한반도 내에서 식생지리학적으로 졸참나무의 잠재 분포역이 신갈나무 분포역 다음으로 넓은 영역(전 국토의 30.4%; Kim, 1994)을 차지하고 있다는 사실과 일치한다. 더욱이 난온대 동백나무군강(*Cemell-ietea japonicae* Miyawaki et Ohba 1963)의 식생역에서 상록활엽수림에 대한 이차림의 수반종(Oh and Kim, 1996; Suzuki, 2001)으로서 졸참나무의 출현도 더해지기 때문이다. 결국 졸참나무는 유라시아 대륙의 동안(東岸)에서 한랭 요소인 신갈나무의 기후적(온도적) 대응 수종이고, 신갈나무와 공간 분포 분할을 하는 대상분포 식생요소라는 결론이다. 이른바 냉온대 남부·저산지대 식생형의 졸참나무-작살나무아군단 속에서 졸참나무 우점림이 발달하고, 냉온대 중부·산지대 식생형의 신갈나무-생강나무아군단에 대응한다. 한편 Yim(1995)은 온량지수(Yim and Kira, 1975)를 토대로 신갈나무림을 ‘냉온대’ 하록활엽수림으로, 졸참나무림, 굴참나무림, 갈참나무림을 ‘난온대’ 하록활엽수림의 북부(northern subzone of warm-temperate deciduous broad-leaved forest)로 구분한 바 있다. 전자는 냉온대 중부·산지대의 신갈나무-생강나무아군단에 귀속되는 삼림식생에 해당하고, 후자는 냉온대 남부·저산지대의 졸참나무-작살나무아군단과 난온대의 하록활엽수림에 포함된다. 그런데 난온대는 식물사회학적으로 동백나무군강의 상록활엽수림으로 대표되고, 토지적으로 또는 이차적

으로 하록활엽수림이 발달한다(Miyawaki, 1967; Kim, 2004). 또한 서어나무를 기후적(climatic) 극상림 즉 대상분포를 대표하는 수종으로 보는 견해(Lee et al., 1997)도 있지만, 신갈나무-생강나무아군단 식생역 속에서 분반(patch)상으로 발달하는 서어나무-개서어나무아군단(*Carpinion laxiflorae-tschonokii* Kim 1992)의 표징종이고, 토지적(edaphic) 극상림의 주요 수종이다. 제주도의 냉온대 남부·저산지대 식생형에 대응하는 졸참나무-서어나무림 즉 서어나무-제주조릿대군단(*Saso quelpaertensis-Carpinion laxiflorae* Kim 1992; *Ilici-Quercion serratae* Kim 2004 *nomen nudum*)은 대상분포를 보이고 있으나, 이는 화산섬 제주도의 한라산 중산간 일대 대부분이 용암 암석 노출로 특징지어지는 입지가 우세한 것에서 비롯한다.

한편 졸참나무는 한반도 저해발 지역에서 그 우점림의 실체가 매우 제한적이다(Figure 4 참조). 졸참나무-작살나무아군단 식생역에서 적극적으로 활발한 토지이용이 오랫동안 지속되었기 때문이다. 졸참나무가 출현하는 해발고도는 10m(34°54′04.3″N)~1,485m(35°51′40″N) 범위이지만 그 우점림은 전국적으로 해발고도 1,000m 이하(범위: 10m(37°06′59.3″N)~950m(35°14′27″N))에서도 주로 해발고도 300m 부근의 산지대에서 주로 분포한다(Chung and Lee, 1965). 해양성 온대림 지역인 일본열도에서의 졸참나무 우점림은 수평적으로 홋카이도 남부에서 규슈(九州)에 이르기까지 수직적으로 해발고도 10m~1,350m에서 널리 분포한다(Suzuki, 2001). 이는 졸참나무가 중생생육지종이라 분류될 만큼(Kim and Kim, 1994) 수분스트레스가 거의 발생하지 않는 기후 환경에서 더욱 습윤한 해양성 또는 섬형의 식생역이나 그에 준하는 서식처에 주로 분포한다는 사실을 말한다. 동아시아 속에서 실제로 졸참나무는 수평적으로 제주도가 지리적 분포 중심지이다(Kim, 1992). 결론적으로 졸참나무는 난온대와 냉온대 사이, 즉 냉온대 남부·저산지대 식생역

을 대표하는 중심종이다. 그럼에도 졸참나무는 떡갈나무, 갈참나무, 상수리나무와 달리 입지 방향성(direction)에 독립적인 경향성을 보인다(Figure 7, Table 2 참조). 입지의 북향성과 남향성은 일중과 연중 일사량(광선 에너지)에서의 명백한 차이를 말하고(Cantlon, 1953), 특히 남향성은 북향성에 비해 한발이나 냉해의 피해가 발생할 가능성이 아주 큰 서식 조건이다. 이런 측면에서 졸참나무는 냉온대 남부·서산지대 이하 지역에서 광역적 분포를 보이는 수종이란 의미를 갖는다. 가장 풍부한 출현 샘플수(n=2,724, Figure 2 참조)도 그런 사실을 뒷받침하고 있다.

해안선으로부터의 거리로 대변되는 해양성 입지환경요소에서 떡갈나무가 그 밖의 갈참나무, 상수리나무와 분리된 것이 특기할만하다(Figure 7). 해양의 영향권(해안성)과 비영향권(내륙성)으로 나누어 보면, 떡갈나무는 더욱 해안 쪽으로, 갈참나무와 상수리나무는 내륙 쪽의 분포 경향성을 보인다. 일본 도호쿠(東北)의 우리나라 동해 측 해안과 홋카이도 해안을 따라 환동해 및 태평양 연안 일부에서도 떡갈나무 우점림이 해안풍충저목림 또는 그 배후의 저해발 해안 식생으로 보고된 바 있다(Suzuki, 1987a; Murakami, 1988; Kim 1989a; Miyawaki and Okuda, 1990). 한편 지역 및 국지적으로 한반도 내륙지역에서도 떡갈나무가 출현한다. 영남 과우지역 특히 <지역생물기후-대구형> 생물기후권에서 산화적지에 재생되는 천이 도중의 들판숲(sparse forest)으로 발달하고(Kim et al., 1983), 산지 능선과 사면상부의 운무 영향권에서 이차림 또는 자연림으로 존재한다(Lee et al., 1995). 일본에서도 내륙지역(도호쿠, 간토(關東) 등)에서 떡갈나무 식분이 보고된 바 있다. 화산성 충적지와 구릉지대에서 졸참나무와 함께 선구 이차림을 형성하고, 더욱 강한 내륙성 기후 영향의 입지에 주로 발달한다(Suzuki, 1986b; 1987b; Miyawaki and Okuda, 1990). 중국 만주의 헤이룽장(Heilongjiang)성 남동부와 랴오닝

(Liaoning)성의 저해발(200~300m) 남사면의 가파른 입지에서 건생의 떡갈나무림이 기재되고 있다(Qian et al., 2003b). 결국 입지의 국지적 및 토지적 생육 조건에 대응하여 떡갈나무의 현존 분포가 제한되기 때문에(Kim, 2004) 참나무 종류 가운데 가장 낮은 출현빈도(n=926, Figure 2 참조)를 보인다. 떡갈나무는 중용의 환경조건보다는 어떤 양단(예: 약건과 약습)의 생육입지에 분포하는 수종으로 스트레스인내자(stress-tolerator *sensu* Grime et al., 1988)와 같은 생리 및 형태적 특질(Kim and Kim, 1994; Yamanaka et al., 2007)을 지닌 수종으로 판단된다.

갈참나무와 상수리나무는 서식처 분류에서 가장 유사한 분포 양상을 보인다(Figure 7). 특히 저해발과 남향성의 입지에 대한 강한 분포 동질성이 발견되고, 또한 상대적으로 조금 약한 동질성이라 할 수 있지만 한반도 서편에서 그리고 경사가 완만한 입지에서의 출현이 확인되었다(Table 2 참조). 실제로 두 수종은 현장에서 중첩 분포가 관찰되는데, 이들 생육 입지는 전통 농경의 잠재적 토지 자원이고, 그 이용 역사 또한 매우 오래된 곳이다. 입지의 잠재자연식생 모델이 되는 갈참나무 전통마을숲 속에는 상수리나무가 흔하게 섞여난다(Lim, 2012; Lim et al., 2016). 갈참나무와 상수리나무는 마침내 인간간섭(토지이용 수준)에 따라 그 분포 양상이 나뉘는 것을 확인할 수 있다. 상수리나무가 갈참나무에 비하여 한반도 남서부(상대적 낮은 경도)와 더욱 완만한 경사도를 갖는 입지에서 분포가 증가하는 경향이 있었다. 이는 그러한 입지 조건에서 오래된 전통 농촌문화가 발달하기 마련이고, 상수리나무는 그런 전통마을숲 숲정이에 이용되는 유일한 참나무 수종이기 때문이다(Kim et al., 2011a; 2011b). 상수리나무는 오늘날에도 선택적인 숲가꾸기 대상인 구황자원 식물이다. 상수리나무가 갈참나무보다 우점림이 훨씬 많은 것(Figure 4 참조)도 같은 맥락이다. 자연적으로 생성된 상수리나무의 우점림은

존재하지 않는다(Kim, 2004). 개체 유전적으로 양지 또는 반음지에서 발아하고 속성(速成)하는 특성(Shin et al., 2008) 때문에 극상 또는 천이 후기 수목종으로 취급되지 않는다. 일본열도에서는 주로 뿔감이나 버섯채배를 위한 잡목림(雜木林)의 사또야마(里山) 전통 농촌경관 요소(Ichikawa et al., 2006)로 이용되고 있다. 졸참나무-상수리나무군집(*Quercetum acutissimoserratae* Miyawaki et Fujiwara 1968)은 그 대표적인 단위식생이고(Sasaki, 1972; Suzuki, 1986a; Miyawaki and Okuda, 1990; Suzuki, 2001), 간토 지방 이남의 난온대 및 냉온대 남부·저산지대 식생역에 흔하게 관찰된다. 중국 랴오둥 반도 남부의 해발고도 400m 이하 저해발 산지 남사면에서 상수리나무 이차림이 보고되고 있으나(Qian et al., 2003b), 역사적으로 우리나라 사람의 숲정이 문화에 잇닿아 있는 것으로 판단된다.

갈참나무는 상수리나무와 더불어 우리나라 참나무 종류 가운데 가장 온난한 입지에 분포하는 종류이다. 하지만 상수리나무가 인간의 간섭에서 유지되는 문화식물(synanthropophyte)이라면 갈참나무는 자연성이 높은 비문화식물(non-synanthropophyte)로 대비된다. 갈참나무는 냉온대 남부·저산지대 및 난온대의 저해발 산록 계곡·계반 언저리에서 수분조건이 양호한 입지에 출현한다(Kim, 1992; 2004; Lee et al., 2005; Hwang and Yun, 2007). 따라서 갈참나무의 서식처는 토지이용이 가능한 장소와 인접하거나 중첩되기 때문에 그 우점림 식분은 제한적일 수밖에 없다. 마을 인근의 전통마을숲에서 갈참나무 대경목이 잔존하는 것은 습윤한 구릉지대와 계곡·계반 언저리에서의 잠재자연식생의 구성요소라는 사실을 뒷받침한다(Kim et al., 2011b; Lim, 2012; Lim et al., 2016). 중국 랴오둥 반도 최남단 저해발 지역(위도 약 40°)에서 갈참나무가 난온대 하록활엽수림대의 참나무 이차림에 출현하는 것으로 알려져 있다(Qian et al., 2003b; Tang et al., 2009).

이곳은 온난하고 수분조건이 양호한 생육환경으로 중국에서 갈참나무의 지리적 북한계 지역(Yang and Wen, 1995; Qian et al., 2003a)이다. 이는 한반도에서 갈참나무의 지리적 분포 북한계가 개마고원 일대라는 것(Chang et al., 2011)과 일치한다.

V. 결 론

본 연구는 대륙형-한반도아형 온대림의 주요 구성분자인 하록 참나무류 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 떡갈나무, 갈참나무, 상수리나무의 공간분포 행동양식을 정량·정성적으로 규명하였다. 한반도 참나무 수종의 현존분포 분할의 일차적 요인은 해발고도(온도)인 것으로 밝혀졌다. 참나무류 중에서 신갈나무는 해발고도와 위도가 높아질수록 그 출현빈도와 피도가 증가하는 가장 한랭한 요소로 나타났다. 신갈나무와 졸참나무는 수직적 분포양상의 대척성을 갖는 대상분포 식생의 대표 수종이었다. 즉 신갈나무는 냉온대 중부·산지대 식생형인 신갈나무-생강나무아군단, 졸참나무는 냉온대 남부·저산지대 식생형인 졸참나무-작살나무아군단의 대표 구성 수종으로서의 뚜렷한 공간분포 양상이 대응되었다. 졸참나무는 개체 수준의 출현빈도가 가장 높았고, 우점림으로는 신갈나무가 가장 높았다. 졸참나무 우점림의 낮은 빈도는 저해발 지역의 집약적인 토지이용과 교란으로 그 잠재 서식처의 유실에 관련한 것으로 특기되었다. 굴참나무는 호온성의 내건성 수종으로 이차림 뿐만 아니라 토지적 위극상 자연림의 구성분자로 밝혀졌다. 상수리나무와 갈참나무는 서식처 입지의 동질성으로 가장 유사한 분포 양상을 보였으나, 인간간섭 정도에 따라 그 분포가 갈렸다. 상수리나무는 숲정이 전통 문화로부터 우점림 비율은 높았다. 떡갈나무는 스트레스인내자의 분포 특성을 보였다. 갈참나무와 떡갈나무는 수평적으로 전국 분포하였으나 그 우점림은 빈약

하였는데, 잔존 자연식생과 잠재적 서식처의 제한성에 잇닿아 있는 것으로 결론지어졌다.

References

- Beon MS. 2000. Germination and growth of oaks(*Quercus serrata*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*) seedlings by gradient of light intensity and soil moisture. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 2(4): 183-189. (in Korean with English abstract)
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. 3rd ed. Wien-New York: Springer. (in German)
- Cantlon, J. E. 1953. Vegetation and microclimates on north and south slopes of Cushtunk Mountain, New Jersey. Ecological Monographs 23(3): 241-270.
- Chang CS · Kim Hui and Chang KS. 2011. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea Vol.43 Woody plants. Seoul: Ministry of Education and Science Technology. (in Korean)
- Choi BK and Ryu TB. 2013. Vegetation of Jecheon City and Danyang County. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Choi KR and Lee YK. 2013. Vegetation of Mungyeong and Jecheon City. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Chung TH and Lee WC. 1965. A study of the Korean woody plant zone and favorable region for the growth and proper species. Journal of Sungkyunkwan Univ. 10: 329-430. (in Korean with English abstract)
- ESRI(Environmental Systems Research Institute). 2005. ArcGIS 9. What is ArcGIS 9.1?. California: ESRI Press.
- Grime, J. P. · J. G. Hodgson and R. Hunt. 1988. Comparative plant ecology. A functional approach to common British species. 4. The interpretation and use of the autecological accounts. London: Unwin Hyman Ltd. pp. 30-52.
- Hong MP and Hong BR. 2011. Vegetation of Pyeongchang City and Jeongseon County. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Hong SC · Kim YW · Pak JH · Oh SH · Kim JS and Jang BT. 2002. Wild Plants of Ulleung Islands. Daegu: Dong-a Publishing. p. 113 (in Korean)
- Hwang SM and Yun CW. 2007. Vegetation structure of Secheon valley area and forest vegetation types in Mt. Sikjang. Korean J. Environ. Biol. 25(3): 249-259. (in Korean with English abstract)
- Ichikawa, K. · N. Okubo · S. Okubo and K. Takeuchi. 2006. Transition of the satoyama landscape in the urban fringe of the Tokyo metropolitan area from 1880 to 2001. Landscape and Urban Planning 78(4): 398-410.
- Ishikawa, Y. and K. Ito. 1989. The regeneration process in an mixed forest in central Hokkaido, Japan. Vegetatio 79: 75-84.
- Jegal JC and Kim JW. 2003. A phytosociological comparison of forest vegetation between igneous and sedimentary rock areas in Kyungpook Province, South Korea. Korean J. Ecol. 26(1): 23-28. (in Korean with English abstract)

- Jeong EK · Kim KS · M. Suzuki and Kim JW. 2009a. Fossil woods from the lower coal-bearing formation of the Janggi Group(early Miocene) in the Pohang Basin, Korea. Review of Palaeobotany and Palynology 153(1-2): 124-138.
- Jeong HM · Kim HR and You YH. 2009b. Growth difference among saplings of *Quercus acutissima*, *Q. variabilis* and *Q. mongolica* under the environmental gradients treatment. Korean J. Environ. Biol. 27(1): 82-87. (in Korean with English abstract)
- Jin YG and Kim SH. 2013. Vegetation of Hamyang County. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Kenkel, N. C. · P. Juhász-Nagy and J. Podani. 1989. On sampling procedures in population and community ecology. Vegetatio 83: 195-207.
- Kim CH · Kang SH and Kil BS. 1994. Classification analysis and gradient analysis on the forest vegetation of Mt. Mudŕng. Korean J. Ecol. 17(4): 471-484. (in Korean with English abstract)
- Kim CH and Kil BS. 1997. Canonical correspondence analysis(CCA) on the forest vegetation of Mt. Tŕgyu National Park, Korea. Korean J. Ecol. 20(2): 125-132. (in Korean with English abstract)
- Kim CH and Kim MS. 2008. Vegetation of Sancheong County. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Kim HS · Kim HJ · Lee KS and Song HK. 2004. Forest vegetation on the south and north slopes of Donghaksa valley in Gyer-yongsan National Park. J. Korean Environ. Res. & Reveg. Tech. 7(2): 52-61. (in Korean with English abstract)
- Kim HS · Lee SM and Song HK. 2009. A study of the vegetation in the Deogyusan National Park -Focused on the forest vegetation of the Anseong district-. J. Korean Environ. Res. Tech. 12(6): 1-17. (in Korean with English abstract)
- Kim HS · Lee SM and Song HK. 2010. An analysis of the vegetation on the southern and northern slopes in the Deogyusan National Park. Korean J. Environ. Ecol. 24(5): 601-610. (in Korean with English abstract)
- Kim IT and Jo SH. 2010. Vegetation of Goseong County and Chungmu City. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Kim JU and Yim YJ. 1988a. Environmental gradient analyses of forest vegetation of Mt. Naejang, Southwestern Korea. Korean J. Bot. 31(1): 33-39.
- Kim JU and Yim YJ. 1988b. Phytosociological classification of plant communities in Mt. Naejang, Southwestern Korea. Korean J. Bot. 31(1): 1-31.
- Kim JU and Yim YJ. 1992. Distribution patterns of species populations along the environmental gradients in Mt. Moak Provincial Park, Korea. Korean J. Ecol. 15(4): 365-375.
- Kim JW. 1988. The phytosociology of forest vegetation on Ulreung-do, Korea. Phytocoenologia 16(2): 259-281.
- Kim JW. 1989a. A phytosociological study of Hokkaido vegetation, Japan. Korean J. Ecol.

- 12(2): 109-122. (in Korean with English abstract)
- Kim JW. 1989b. Phytosociology and phytogeography of summer green broad-leaved forests in South Korea. *Studies in Plant Ecology* 18: 141-143.
- Kim JW. 1990. Syntaxonomic scheme of the deciduous oak forests in South Korea. *Abstract Botanica* 14: 51-81.
- Kim JW. 1992. Vegetation of northeast asia: On the syntaxonomy and syngelography of the oak and beech forests. Department of Vegetation Science & Biological Conservation, Ph.D dissertation, University of Vienna.
- Kim JW. 1994. On the distribution pattern of potential natural vegetation by climate change scenarios in the Korean peninsula. *Keimyung Univ. J. Inst. Nat. Sci.* 13(1): 73-80.
- Kim JW. 2004. Vegetation ecology. Seoul: World Science. (in Korean)
- Kim JW and Lee JA. 2011. Vegetation of Cheongsong County and Yeongcheon City. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Kim JW · Lee JA · Lim JC and Hwang SY. 2011a. The origin and preservation of relic forests and confucianism in Korea. *Acta Koreana* 14(2): 195-223.
- Kim JW · Lim JC · Hwang SY and Lee JA. 2011b. An eco-sociological review on the origin of relic forests in Korea: Case-studies on the Mansongjŏng of Andong, Karosup of Uiseong, Sŏngpaksup of Seongju, Sangnim of Hamyang and Kyerim of Gyeongju. *The Fifth Keimyung International Conference on Korean Studies* pp. 167-214.
- Kim JW and Kim JH. 1994. Stomatal control and strategy segregation to drought stress in young trees of several oak species. *Korean J. Ecol.* 17(3): 241-249. (in Korean with English abstract)
- Kim JW and Kim YH. 2013. Vegetation of Danyang County and Yeongju City. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Kim JW · Song SD and Kim SJ. 1996. A syntaxonomical study on the vegetation of Ulreung-do and Tok-do, Korea. *Rep. Surv. Nat. Environ.* 10: 137-202. (in Korean with English abstract)
- Kim JW and Y. I. Manyko. 1994. Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cool-temperate mixed forest in the Southern Sikhote Alin, Russian Far East. *Korean J. Ecol.* 17(4): 391-413.
- Kim KD and Lee IW. 2008. Vegetation of Hwacheon County. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Kim SY. 2012. Syntaxonomy of subalpine vegetation in Korea. Department of Biology, Ph.D dissertation, Keimyung University, Daegu. (in Korean with English abstract)
- Kim W · Suh JH and Ri CU. 1983. The early vegetational succession of the burned area in Dangji-dong. *Korean J. Ecol.* 6(4): 237-242. (in Korean)
- Kitamura, S. and G. Murata. 2002. Colored illustrations of woody plants of Japan vol. 2. Revised edition. Osaka: Hoikusha Publishing, pp. 265-266. (in Japanese)
- Kolbek, J. · M. Valachovič · N. Ermakov and Z.

- Neuäuslová. 2003. Comparison of forest syntaxa and types in Northeast Asia(In Kolbek, J. · I. Jarolimek and E. O. Box eds., "Forest Vegetation of Northeast Asia"). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. pp. 409-423.
- Krestov, P. 2003. Forest vegetation of Easternmost Russia(Russian Far East)(In Kolbek, J. · I. Jarolimek and E. O. Box eds., "Forest Vegetation of Northeast Asia"). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. pp. 93-180.
- Lee CS · Lee WK · Yoon JH and Song CC. 2006. Distribution pattern of *Pinus densiflora* and *Quercus* spp. stand in Korea using spatial statistics and GIS. J. Korean For. Soc. 95(6): 663-671. (in Korean with English abstract)
- Lee DK and Kim JU. 2007. Vulnerability assessment of sub-alpine vegetations by climate change in Korea. J. Korean Environ. Res. & Reveg. Tech. 10(6): 110-119. (in Korean with English abstract)
- Lee GY and Kim JW. 2017. Oak forests of the Daegok-cheon petroglyphs area in Ulsan, South Korea. Korean J. Ecol. Environ. 50(1): 126-136. (in Korean with English abstract).
- Lee HJ · Choung HL and Bae BH. 1995. Syntaxonomy and analysis of interspecific association on the forest vegetation of Mt. Ch'öngnyang. Korean J. Ecol. 18(1): 121-136. (in Korean with English abstract)
- Lee JH · Suh SH and Hong SC. 2005. Community structure of forest vegetation in Mt. Bislsan. Agric. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ. 23: 9-18. (in Korean with English abstract)
- Lee KJ · Min SH and Han BH. 1997. Plant community structure analysis in Jujeongol valley of Söraksan National Park. Korean J. Environ. Ecol. 10(2): 283-296. (in Korean with English abstract)
- Lee TB. 1961. Phylogenetic study of the sub-genus *Lepidobalanus* of the genus *Quercus* in Korea (2). Seoul Univ. J. 10: 97-141. (in Korean with English abstract)
- Lee WC. 1996. Coloured Standard illustrations of Korean plants. Seoul: Academy book. pp. 58-60. (in Korean)
- Lim JC. 2012. A phytosociological study of the Maeul-Soop in Korea. Department of Biology, Ph.D Thesis, Keimyung Univ., Daegu. (in Korean with English abstract)
- Lim JC · Chio BK · Kim SY · Eom BC and Kim JW. 2016. Korean traditional village forest(Ma-Eul-Soop) and potential natural vegetation: A case study on the Sachon-ri Garo-Soop in Gyeongsangbuk-do, South Korea. Journal of Plant Biology 59: 515-524.
- Miyawaki, A. 1967. 2. Evergreen broad-leaved forest zone. Substitute vegetation of Cemellietea japonicae. *Quercus serrata-acutissima* community(In Miyawaki ed., "Vegetation of Japan"). Tokyo: Gakken Holdings. pp. 95-99. (in Japanese)
- Miyawaki, A. and S. Okuda(eds.). 1990. Vegetation of Japan illustrated. Tokyo: Shibundo Publishers. (in Japanese)
- Murakami, Y. 1988. (9) Windswept pioneer dwarf vegetation on coastal dune(In Miyawaki, A. ed., "Vegetation of Japan. Hokkaido. Vol. 9"). Tokyo: Shibundo Publishers. pp. 196-201. (in Japanese)
- Nakai, T. 1919. Report on the Vegetation of the

- Island Ooryongto or Dagelet Island, Corea. Seoul: The Government of Chosen. (in Japanese)
- Nam JC · Seo JB and Kim JK. 2013. The ecological characteristics for vegetation of northern area in Mt. Gumjung. *Journal of Agriculture & Life Science* 47(3): 1-17. (in Korean with English abstract)
- NIER(National Institute of Environmental Research). 2006. The 3rd National Natural Environment Survey: Sejong: Vegetation. Ministry of Environment, Incheon: National Institute of Environmental Research. pp. 81-113. (in Korean)
- Oh DH and Kim JW. 2006. Establishment of action plan for conservation and promotion of green environment and ecosystem in Busan Metropolitan City: On the focus of designating an ecological landscape preservation area of cities and provinces. Busan: Busan Development Institute. (in Korean)
- Oh KK and Kim YS. 1996. Restoration model of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region (I) -Vegetational structure-. *Korean J. Environ. Ecol.* 10(1): 87-102. (in Korean with English abstract)
- Okitsu, S. 2003. Forest vegetation of Northern Japan and the Southern Kurils(In Kolbek, J. · I. Jarolímek and E. O. Box eds., "Forest Vegetation of Northeast Asia"). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. pp. 231-261.
- Park HJ. 1984. Studies on the distribution and ecological characteristics of the major *Quercus* spp. in the middle temperate zone in Korea. Department of Forestry, MS dissertation, Chungnam National University, Daejeon. (in Korean with English abstract)
- Park IH · Jo JC and Oh CH. 1989. Forest structure in relation to altitude and part of slope in a valley and a ridge forest at Mt. Gaya area. *Korean J. Environ. Ecol.* 3(1): 42-50. (in Korean with English abstract)
- Park MS and Jin CH. 2011. Vegetation of Gangjin and Wando County. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Park MS and Lee GM. 2008. Vegetation of Namwon City and Hamyang County. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research,. (in Korean)
- Podani, J. 2001. SYN-TAX 2000. Computer programs for data analysis in ecology and systematics. User's manual. Budapest: Scientia Publishing.
- Pyo JH and Lee SH. 2012. Vegetation of Muju and Geochang County. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- Qian, H. · P. Krestov · P. U. Fu · Q. L. Wang · Song JS and C. Chourmouzis. 2003a. Phytogeography of Northeast Asia(In Kolbek, J. · I. Jarolímek and E. O. Box eds., "Forest Vegetation of Northeast Asia"). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. pp. 51-91.
- Qian, H. · X. Y. Yuan and Y. L. Chou. 2003b. Forest vegetation of Northeast China(In Kolbek, J. · I. Jarolímek and E. O. Box eds., "Forest Vegetation of Northeast Asia"). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. pp. 181-230.

- Ryu TB. 2015. Vegetation on limestone in South Korea. Department of Biology, Ph.D dissertation, Keimyung University, Daegu. (in Korean with English abstract)
- Sasaki, Y. 1972. Daphno pseudo-mezereum-Quercetum serratae and Quercetum acutissimo-serratae(In Miyawaki A. ed., "Real Vegetation of Kanagawa Prefecture"). Yokohama: The Board of Education of the Kanagawa Prefecture. pp. 286-307. (in Japanese)
- Shin MY · Kim SH · Jeong JH · Kim CC and Jeon EJ. 2008. Development of volume growth rate model for major *Quercus* species in Korea. J. Korean For. Soc. 97(6): 627-633. (in Korean with English abstract)
- Song JS. 1988. Phytosociological study of the mixed coniferous and deciduous broad-leaf forest in South Korea. Hikobia 10: 145-156. (in Japanese with English abstract)
- Song KM · Kang YJ and Hyeon HJ. 2014. Vegetation structure at the slope direction and characteristic of seedlings of *Abies korreana* in Hallasan Mountain. J. Environ. Sci. Int. 23(1): 39-46. (in Korean with English abstract)
- Song MS and U JW. 2013. Vegetation of Gangneung and Pyeongchang City. In Technical Report of the 3rd National Ecosystem Survey. Incheon: National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- SPSS, Inc. 2009. PASW Statistics 18 Core system user's guide. Chicago: SPSS Inc.
- Suzuki, S. 1986a. (18) Summergreen broad-leaved secondary forest on lowland(In Miyawaki, A. ed., "Vegetation of Japan. Kanto. Vol. 7"). Tokyo: Shibundo Publishers. pp. 225-230. (in Japanese)
- Suzuki, S. 1986b. (41) Summergreen broad-leaved secondary forest on mountain zone(In Miyawaki, A. ed., "Vegetation of Japan. Kanto. Vol. 7"). Tokyo: Shibundo Publishers. pp. 338-355. (in Japanese)
- Suzuki, S. 1987a. (18) Windswept dwarf vegetation on sand dune(In Miyawaki, A. ed., "Vegetation of Japan. Tohoku. Vol. 8") Tokyo: Shibundo Publishers. pp. 220-222. (in Japanese)
- Suzuki, S. 1987b. (32) Summergreen broad-leaved secondary forest on lowland(In Miyawaki, A. ed., "Vegetation of Japan. Tohoku. Vol. 8") Tokyo: Shibundo Publishers. pp. 299-311. (in Japanese)
- Suzuki, S. 2001. A phytosociological classification system of the *Quercus serrata* forests in Japan. Vegetation Science 18(2): 61-74. (in Japanese with English abstract)
- Tang, Q. · K. Fujiwara and H. M. You. 2009. Phytosociological study of deciduous *Quercus* forest in the warm-temperate zone of China: Primary study of different kinds of *Quercus* communities. Hikobia 15: 311-322.
- ter Braak, C. J. F. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. Vegetatio 69: 69-77.
- ter Braak, C. J. F. and P. Šmilauer. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination(version 4.5). Ithaca, New York: Microcomputer Power.
- Um TW. 2014. Distribution characteristics of *Quercus mongolica* in relation to topography and soil in Mt. Joongwang, Gangwon Province. Journal of Agriculture &

- Life Science 48(1): 67-77. (in Korean with English abstract)
- Verwijst, T. 1988. Environmental correlates of multiple-stem formation in *Betula pubescens* ssp. *tortuosa*. *Vegetatio* 76: 29-36.
- Westhoff, V. and E. van der Maarel. 1978. The Braun-Blanquet approach. Classification of plant communities. Netherlands: Springer. pp. 287-399.
- Yamanaka, N. · C. Sasaki and S. Tamai. 2007. Water relations of six deciduous *Quercus* species. *J. Jpn. Soc. Reveg. Tech.* 33(1): 100-104. (in Japanese with English abstract)
- Yang, S. H. and S. Y. Wen. 1995. Management and ecological perspectives on the oak forests of mountainous northeastern China(In Box, E. O. · R. K. Peet · T. Masuzawa · I. Yamada · K. Fujiwara and P. F. Maycock eds., "Handbook of Vegetation Science. Vegetation Science on Forestry"). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. pp. 299-305.
- Yim YJ. 1995. Composition and distribution of deciduous broad-leaved forest in Korea(In Box, E. O. · R. K. Peet · T. Masuzawa · I. Yamada · K. Fujiwara and P. F. Maycock eds., "Handbook of Vegetation Science. Vegetation Science on Forestry"). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. pp. 273-298.
- Yim YJ and T. Kira. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. *Jpn. J. Ecol.* 25: 77-88.
- You, H. M. · K. Fujiwara · S. J. Wu and X. L. Wan. 2001. A preliminary vegetation-ecological study of *Quercus mongolica* forests in China. *Journal of Phytogeography and Taxonomy* 49: 31-51.
- Yun JH · T. Hokusima · Kim MH and M. Yoshikawa. 2011. The comparative studies on the distribution and species composition of forest community in Korea and Japan around the East Sea. *Korean J. Environ. Ecol.* 25(3): 327-357. (in Korean with English abstract)