

정량적 식생분석을 통한 금남호남·호남정맥 마루금 일대의 식생 특성^{1a}

박석곤² · 강현미^{3*}

Vegetation Characteristics of Geumnamhonam · Honam Ridge Areas Understood through Quantitative Vegetation Analysis^{1a}

Seok-Gon Park², Hyun-Mi Kang^{3*}

요약

금남호남·호남정맥 마루금 일대 식생구조를 알기 위해 입지환경과 인위적 영향을 고려해 금남호남정맥 2곳, 호남정맥 4곳을 중점조사지로 골라 식생조사를 실시했다. TWINSpan을 써서 두 정맥은 각각 7개씩의 식물군락으로 유형화됐다. TWINSpan기법의 식별종은 식물군락의 환경요인을 간접적으로 대변하는데 두 정맥의 군락 유형은 해발고, 토양수분, 교란 등의 환경요인에 의해 분할됐다. 이 결과는 DCA 1축의 환경요인과 조화를 이루었다. 두 정맥은 모두 저지대에선 리기다소나무, 곰솔 등의 조림수종과 자생종이 서로 경쟁 관계에 있었다. 이처럼 정맥의 저지대는 조림, 개발사업 등으로 인위적 식생 교란이 심한 편이었다. 상대적으로 고지대의 능선부·상부사면·정상부는 신갈나무·굴참나무·소나무가 우점하는 식생유형이 양호하게 보전됐다. 차이점으로 금남호남정맥은 호남정맥보다 해발고와 위도가 높아 신갈나무우점군락이 가장 넓게 분포했다. 반면, 호남정맥은 신갈나무와 함께 소나무우점군락이었고, 남해안에 인접해 있어 곰솔우점군락이 출현했다는 점이다. TWINSpan과 DCA 등의 정량적 식생분석에선 종조성 변화와 그 변화를 일으키는 환경요인 추출이 중요하다. 이를 위해선 우연 출현종 제거와 환경요인을 상정한 조사계획 수립, 조사데이터의 특성에 부합한 최적의 분석기법 선택 등이 필요하다.

주요어: TWINSpan, 환경요인, 식별종, 아치효과

ABSTRACT

This study conducted selected two sites in Geumnamhonam and four sites in Honam-Jeongmaek for vegetation survey with consideration to the location environment and anthropogenic impacts to investigate the vegetation structures of the Geumnamhonam-Jeongmaek · Honam-Jeongmaek ridge areas. Using TWINSpan (two-way indicator species analysis), each of the two ridge areas were categorized into seven plant communities. The differential species in the TWINSpan technique indirectly represent the environmental factors of plant communities, and the community types of the two ridge areas were divided based on environmental factors such as altitudes above sea level, soil moisture, and disturbance. These results were in harmony with the environmental factors of the DCA (detrended correspondence analysis) axis 1. In the

1 접수 2020년 5월 26일, 수정 (1차: 2020년 7월 13일), 게재확정 2020년 7월 17일
Received 26 May 2020; Revised (1st: 13 July 2020); Accepted 17 July 2020

2 국립순천대학교 산림자원·조경학부 교수 Division of Forest Resources and Landscape Architecture, Suncheon National Univ., Sunchoen 57922, Korea

3 국립목포대학교 조경학과 조교수 Dept. of Landscape Architecture, MokpoNational Univ., Muan 58554, Korea

a 이 논문은 산림청에서 시행한 '2016년 호남정맥 자원실태변화조사 및 관리방안 연구'의 목적으로 수행된 결과를 발전시킨 것임

* 교신저자 Corresponding author: Tel: + 82-61-450-2361, Fax: + 82-61-450-2369, E-mail: kang@mokpo.ac.kr

low-lying areas of both ridge areas, afforestation tree species such as *Pinus rigida* and *P. thunbergii* were in competition with native tree species. As such, in the low-lying areas, artificial vegetation disturbance was severe due to afforestation and development projects. In relatively highland areas, such as upper slopes, and top areas, in the ridge, the vegetation type with the dominance of *Quercus mongolica*, *Q. variabilis*, and *P. densiflora* was preserved well. As for differences between the two ridge areas, communities dominated by *Q. mongolica* were distributed widely in Geumnamhonam-Jeongmaek because of the altitudes above sea level, and the latitude of this ridge area are higher than those of Honam-Jeongmaek. On the other hand, communities dominated by *P. densiflora* were distributed along with communities dominated by *Q. mongolica*, and communities dominated by *Q. variabilis* appeared in Honam-Jeongmaek because it is adjacent to the south coast. In quantitative vegetation analysis such as TWINSpan and DCA, changes in species composition and the extracting environmental factors that cause the changes are important. To that end, the removal of accidental emergent species, the establishment of an investigation plan that assumes environmental factors, and the selection of the optimal analytical method suitable for the characteristics of the survey data are necessary.

KEY WORDS: ARCH EFFECT, ENVIRONMENTAL FACTOR, DIFFERENTIAL SPECIES, TWINSpan

서론

백두대간은 백두산에서 시작해 지리산까지 이어지는 큰 산줄기이자 우리나라 생물 다양성이 높은 핵심지역으로 한반도의 중요 생태축이다(Cho *et al.*, 2012). 더불어 백두대간에서 뻗어 나온 산줄기인 정맥은 백두대간과 함께 생태 네트워크 구축에 중요한 역할을 담당한다(Park and Kang, 2016). 금남호남정맥은 백두대간의 영취산(해발고 1,075.6m)에서 분기해 장안산(1,237m)·팔공산(1,154m)·마이산(667m)을 거쳐 호남정맥의 주화산(600m)까지 이어져(길이 72.4km) 호남정맥보다 짧은 산줄기다(Korea Forest Service, 2016). 전라남북도 내륙을 관통하는 호남정맥은 전북 진안군의 주화산(해발 600m)을 시작으로 칠보산(469m)·내장산(763m)·만덕산(762m)·추월산(731m)·무등산(1,186.8m)·천운산(601m)·제암산(807m)·조계산(884m)을 거쳐 광양 백운산(1,222m)까지 이어지는 447.8km의 긴 산줄기다. 특히 금남호남·호남정맥은 지리산·내장산·덕유산·무등산국립공원을 통과하는 동시에 모악산·대둔산·조계산·천관산도립공원과 강천산·장안산국립공원을 지나가고 있다(Korea Forest Service, 2016). 이처럼 전라남북도의 생태축 및 생물다양성 보전 논의에 빼놓을 수 없는 곳이 금남호남·호남정맥의 산줄기이다. 또 광양 백운산은 섬진강을 사이로 지리산과 맞붙어 있는데 2017년 7월에 지리산 반달가슴곰 KM-55가 백운산에서 울무에 걸려 죽어 언론에 화제가 됐다. 최근 지리산 반달가슴곰의 서식지(행동권)가 백운산 등 인근 산지까지 확대되고 있다(Song, 2020). 백두대간과 여기서 뻗어 나온 호남정맥 등은 한반도의 중요 생태축임을 방증하는 사례이다.

우리나라 13개 정맥 중 남한에 있는 9개 정맥을 산림청에서

는 2009년부터 2014년까지 정맥 실태조사 및 보전방안 연구를 진행했다. 2010년에는 호남정맥 실태조사 및 보전방안 연구(Korea Forest Service, 2010)를 진행했고, 다시 2016년에 호남정맥 자연실태변화조사 및 관리방안 연구(Korea Forest Service, 2016; National Institute of Forest Science, 2017)를 추진하여 연구보고서가 출간됐다. 아직 호남정맥 전 구간을 대상으로 한 식생구조 및 그 특성을 논의한 연구가 없으며, 주요 봉우리를 대상으로 실시된 연구(e.g. Oh *et al.*, 2006; Oh and Beon, 2007)만이 확인됐다. 금남호남정맥의 상황도 비슷해, 일부 구간을 대상으로 실시된 연구(Oh *et al.*, 2013)나 주요 봉우리를 중심으로 한 연구(e.g. Oh *et al.*, 2015)가 많은 편이다. 앞서 언급했듯이 정맥과 함께 백두대간은 한반도의 중요 생태축임을 고려할 때 각 지점이나 구간보다 금남호남·호남정맥 전체의 식생 특성에 대한 종합적인 논의가 필요하다. 특히 금남호남정맥과 호남정맥은 한 산줄기로 이어져 있지만, 금남호남정맥은 온대 남부·중부 기후대에 속하며 해발고도가 상대적으로 높고 길이가 72.4km로 짧은 편이다. 반면, 호남정맥은 남북 및 동서로 447.8km의 긴 산줄기가 뻗어 있어(Korea Forest Service, 2016) 기후대 변화와 다양한 입지환경 조건을 지녀 금남호남정맥의 식생과 차이를 보일 것이다. 따라서 본 연구는 백두대간의 영취산에서 뻗어 나와 전남 광양 백운산까지 이어지는 두 정맥을 비교해 산줄기 마루금 일대의 식생 구조 및 그 특성을 밝히고자 했다. 더불어 정량적 식생분석에서 흔히 쓰이는 분류분석인 TWINSpan과 서열분석인 DCA 결과의 해석 문제점과 주의사항 등에 대해 논의했다.

연구방법

1. 연구대상지 선정 및 개황

금남호남정맥은 전북 장수군 영취산에서 시작해 전북 진안군 주화산까지 이어지는 72.4km의 산줄기로 남한의 13개 정맥 중 100km가 되지 않는 유일한 곳이다. 호남정맥은 금남호남정맥이 끝난 전북 진안군 주화산을 시작으로 전남 광양시 백운산(망덕포구)까지 이어지는 447.8km의 산줄기로 영산강 유역과 섬진강 유역을 가른다. 이 정맥들은 호남의 중요 생태축이자 생물다양성 보존을 위한 중요지점(biodiversity hotspot)이다. 본 연구에선 2곳의 정맥 마루금 일대의 전체 식생 상황을 논의하기 위해 정맥 마루금이 지나가는 산지 중 해발고도의 차이에 따라 식생 변화가 예상되는 곳이나 환경 특성 변화가 예상되는 지역 및 기후대 변화 등의 조건을 고려해(Korea Forest Service, 2016; Park and Kang, 2016) 중점조사지 6곳(금남호남정맥: 장안산·팔공산, 호남정맥: 만덕산·추월산·천운산·제암산)을 선정해 식생조사를 했다(Figure 1).

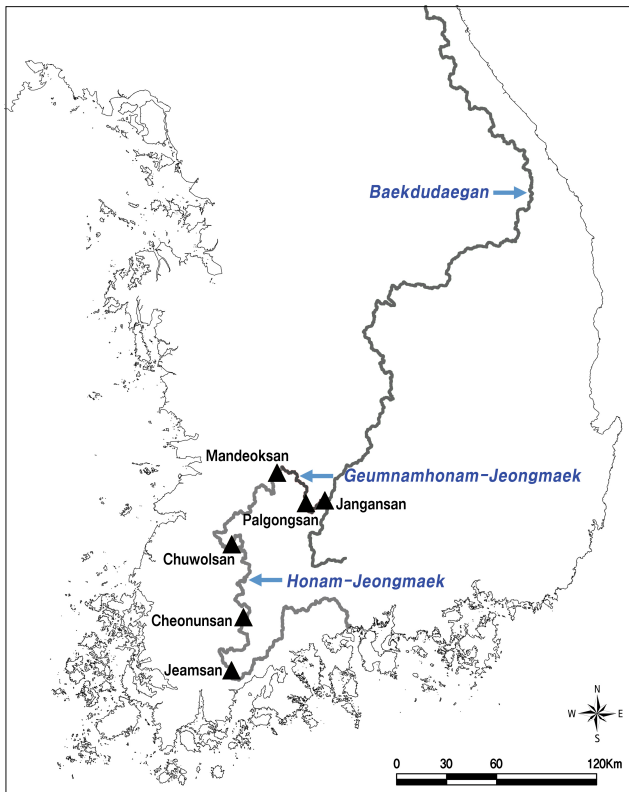


Figure 1. Map of the surveyed sites in the Geumnamhonam and Honam-Jeongmaek

각 중점조사지의 조사구간은 산 정상부를 중심으로 해발고

가 하강하는 재 또는 고개까지로 했다. 이 구간의 마루금을 따라 이동하면서 능선부와 사면부를 중심으로 대표적인 식생에 조사구(크기 100m²)를 설치했다. 또 조사구간에 등간격으로 조사구를 반복적으로 설치해 식생 변화와 주요 식생유형을 파악하고자 했다(Park and Kang, 2016). 각 중점조사구의 조사구간 길이는 5.0~6.5km이고, 약 0.22km 간격으로 조사구를 설치해 총 160개(금남호남: 58개, 호남: 102개)를 조사했다. 2016년 5월에서 6월 사이에 조사를 진행했다.

금남호남정맥 2개와 호남정맥 4개의 중점조사지별 식생 개황을 살펴보았다(Table 1). 금남호남정맥에 속하는 장안산과 팔공산은 해발 1,000m가 넘는 곳으로 호남정맥 4곳보다 더 높았다. 장안산 구간은 온대 남부에서 중부 기후대에 속하는 지역(Korea Forest Service, 2016)으로 해발 880~1,158m의 사면부와 능선부, 계곡부에 신갈·개서어·떡갈·소나무·굴참나무 등을 우점종으로 하는 다양한 군락이 출현했고, 저지대 일부 지역에는 리기다소나무와 일본잎갈나무 조림지가 나타났다. 팔공산 구간은 고지대에 우점종인 신갈나무가 분포했고, 능선부와 계곡부를 중심으로는 낙엽성 참나무류와 개서어나무 등의 낙엽활엽수가 출현했다.

호남정맥인 만덕산 구간은 토심이 얇고 노출 암반지가 많아(Korea Forest Service, 2016) 정맥의 대표 식생인 신갈나무보다 능선부나 건조토양에 흔히 나타나는 굴참나무(Kim *et al.*, 2010)의 출현빈도가 높았고 인공조림지는 확인되지 않았다. 추월산 구간은 신갈나무가 가장 많이 우점했으며, 조사구는 해발 392~698m로서 저지대 일부 지역에서 리기다소나무 조림지가 나타났다. 천운산 구간은 백두대간과 정맥 마루금에서 흔히 출현하는 신갈나무와 소나무군락(Korea Forest Service, 2015)보다 굴참나무군락의 비율이 높은 편이었다. 제암산 구간은 난온대와 온대 남부 기후대의 전이지역(Korea Forest Service, 2016)으로서 온대 낙엽활엽수림과 난온대 해안지역에 주로 나타나는 곰솔림이 함께 조림한 편백림 등이 출현했다.

2. 조사 및 분석 방법

1) 식생 및 환경요인 조사

금남호남정맥과 호남정맥은 하나로 이어져 있는 산줄기이다. 하지만 금남호남정맥은 동서 방향으로, 호남정맥은 남북 및 동서로 길게 뻗어 기후대 변화에 따른 두 정맥별 식생 특성이 다를 것이다. 이점을 고려해 따로 조사데이터 분석을 진행하되 종합고찰에선 함께 논의했다. 각 정맥의 능선부와 사면부 입내에 크기 10m×10m의 방형구를 줄자로 설치했다. 설치한 방형구 안에 출현하는 모든 수목을 수관 층위별로 나눠 매목조사법으로 조사했다. 교목층, 아교목층, 관목층으로 수관 층위를 구분했는데 상층 수관을 이루는 수목을 교목층으로 했다. 수고 2m이하 0.5m이상의 수목을 관목층으로 하여, 중간의 수목을

Table 1. General description of the physical and vegetation of the six intensive surveyed site in the Geumnamhonam and Honam-Jeongmaek

The surveyed sites	Geumnamhonam-Jeongmaek		Honam-Jeongmaek				
	Jangansan	Palgongsan	Mandeoksan	Chuwolsan	Cheonunsan	Jeamsan	
Plot number	1~34	35~58	1~22	23~46	47~74	75~102	
Administrative district	Jangsu-gun, Jeollabuk-do	Jinan-gun, Jeollabuk-do	Wanju-gun, Jeollabuk-do	Damyang-gun, Jeollanam-do	Hwasun-gun, Jeollanam-do	Boseong-gun, Jeollanam-do	
Distance of survey (km)	6.1	6.5	6.0	5.0	5.6	5.6	
Altitude of summit (m)	1,237	1,154	762	731	601	807	
Altitude(m)	880~1,158	701~1,139	506~750	392~698	290~602	227~792	
Aspect(°)	10~340	40~290	5~340	10~340	10~330	75~350	
Slope(°)	10~40	10~42	15~38	8~35	6~42	10~40	
Topography	Slope, Ridge, Valley	Slope, Ridge, Valley	Slope, Ridge	Slope, Valley	Slope, Ridge	Slope, Ridge	
Number of species	6~15	5~14	6~19	6~18	10~19	3~25	
Main species [†]	<i>Qm, Ct, Pd, Qd, Qv, Pr, Lk</i>	<i>Qm, Ct, Pd, Pr</i>	<i>Qv, Qm, Ct, Qd</i>	<i>Qm, Pd, Qv, Ct, Pr</i>	<i>Qm, Pd, Qv</i>	<i>Qm, Pd, Qd, Pt, Co, Pr</i>	
Canopy	Height(m)	11~25	10~23	10~22	10~17	10~24	0~28
	Mean DBH(cm)	21.2 (14.0~34.0)	18.9 (11.5~31.3)	20.6 (15.7~31.6)	20.3 (14.1~30.1)	17.0 (10.7~25.5)	18.8 (0~30.5)
	Cover(%)	25~60	40~70	30~60	20~60	30~50	0~70
Understory	Height(m)	8~15	5~15	5~15	3~14	3~10	0~10
	Mean DBH(cm)	5.8(2.9~8.2)	5.1(3.0~9.1)	5.2(2.1~9.8)	4.5(2.6~7.4)	4.2(2.6~6.4)	4.9(0~11.1)
	Cover(%)	30~70	20~50	20~50	10~60	10~40	0~40
Shrub	Height(m)	0~2.0	1.3~2.0	1.0~1.9	0~1.9	1.5~1.9	0.8~1.9
	Cover(%)	0~80	10~90	5~60	0~40	20~70	5~90

[†] *Qm*: *Quercus mongolica*, *Ct*: *Carpinus tschonoskii*, *Pd*: *Pinus densiflora*, *Qd*: *Quercus dentata*, *Qv*: *Quercus variabilis*, *Pr*: *Pinus thunbergii*, *Co*: *Chamaecyparis obtusa*, *Pr*: *Pinus rigida*, *Lk*: *Larix kaempferi*

아교목층으로 구분했다. 교목·아교목층은 크기 10m×10m의 방형구에 출현한 수목의 흉고직경(높이 1.2m)을 측정했다. 관목층은 방형구의 가장자리 좌우측에 크기 5m×5m의 소방형구 1개소를 설치해 출현한 수목의 수관폭(장변×단변)을 조사했다. 각 조사지의 환경요인은 해발고, 사면방향, 경사도, 식피율, 지형조건, 종수 등을 조사했다(Oh *et al*, 2014; Park and Kang, 2016).

2) 데이터 분석

식생조사 자료를 토대로 출현한 수종별 상대적 생육 우세 정도를 비교하기 위해 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance value)를 통합해 백분율로 나타낸 Brower and Zar(1977)의 상대우점치를 수관층위별로 분석했다. 상대우점치(IP; Importance Percentage)는 (상대밀도 + 상대피도)/2로

계산했다. 상대우점치 분석 자료를 토대로 TWINSpan(two-way indicator species analysis)에 의한 분류분석(classification analysis)(Hill, 1979a)과 DCA(detrended correspondence analysis) 서열분석(ordination analysis; Hill, 1979b)을 써서 금남호남정맥 58개, 호남정맥 102개 조사구의 수많은 조사 데이터를 비슷한 식물군락끼리 한데 모아 정리해, 그룹별 입지환경과 식생 특성을 밝혔다. 식생조사 자료로 흉고직경(DBH; Diameter at Breast Height) 분석과 주요 수종의 연령분석을 통해 식생의 임분 동태와 수령(樹齡)을 파악해 향후 식생변화 또는 식생천이 양상을 추정했다(Harcombe and Marks, 1978). 흉고직경 2cm미만을 관목, 2~17cm미만을 소경목, 17~32cm를 중경목, 32cm 이상을 대경목으로 구분해 기술했다. 조사구별로 주요 수종의 대경목을 중심으로 생장추(Haglof, 스웨덴)로 목편을 채취해 나이테를 세어 수령을 파악했다.

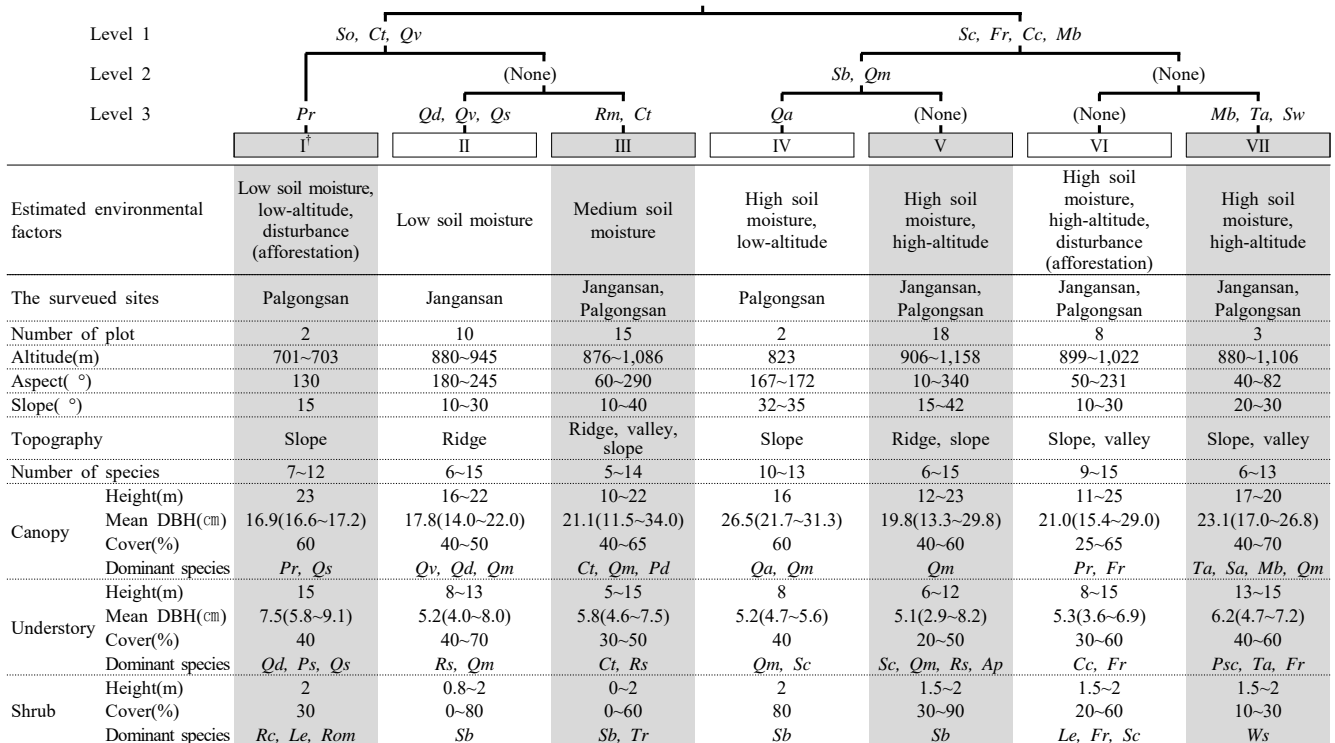
결과 및 고찰

1. 분류분석

TWINSPAN기법을 써서 대량의 조사 데이터를 그룹화해 정리한 결과, 두 정맥은 각각 7개씩의 식물군락 유형으로 구분됐다(Figure 2). 금남호남정맥의 경우, 첫 번째 단계에서 쪽동백(So)·개서어나무(Ct)·굴참나무(Qv)를 식별종(differential species)으로 한 그룹(왼쪽)과 노린재(Sc)·물푸레(Fr)·층층(Cc)·산뽕나무(Mb)를 식별종으로 한 그룹(오른쪽)으로 나뉘었다. 식별종은 한 그룹의 종조성 변화를 일으키는 환경요인 등을 간접적으로 표현하는데(Sasaki *et al.*, 2020) 상기 두 그룹은 식별종의 특성상(Kim *et al.*, 2010) 토양수분이라는 환경요인에 의해 분할된 것으로 보인다. 상대적으로 왼쪽 그룹은 건조토양에, 오른쪽 그룹은 습윤한 토양(Kim *et al.*, 2010)이 생육 적지일 것이다. 왼쪽 그룹은 두 번째 단계에서 리기다소나무(Pr)를 식별종으로 하는 그룹(I)으로 떨어져 나갔다. 그룹 I 은 실제 해

발 701~703m의 팔공산 구간 저지대의 사면부에 조립한 리기다소나무와 함께 졸참나무가 교목층에 우점했다(Figure 2). 리기다소나무를 식별종으로 하지 않는 그룹은 세 번째 단계에서 떡갈(Qd)·굴참(Qv)·졸참나무(Qs)(그룹 II)와 진달래(Rm)·개서어나무(Ct)(그룹 III)를 식별종으로 갖는 그룹으로 분할됐다. 그룹 II는 장안산 구간에서만 분포한 군락으로서 해발 880~945m의 능선부에 굴참·떡갈·신갈나무 등 다양한 낙엽성 참나무류가 함께 출현했다. 이것에 비해 그룹 III은 장안산과 팔공산 구간의 해발 876~1,086m의 능선부와 계곡부, 사면부에 개서어·신갈·소나무가 교목층에 우점했다. 개서어나무가 그룹 III의 식별종이자 우점종이라서 그룹 II(식별종·우점종은 굴참나무)보다 비옥한 습윤지(Kim *et al.*, 2010)라고 판단된다.

한편, 1단계의 오른쪽 그룹은 두 번째 단계에서 조릿대(Sb)·신갈나무(Qm)를 식별종으로 하여 나뉘, 세 번째 단계에서 상수리나무(Qa)를 식별종으로 하는 그룹(IV)과 그렇지 않은 그룹(V)으로 분리됐다. 그룹 IV는 상수리나무와 신갈나무가 우점하는 군락으로 팔공산구간의 해발 823m 사면부에 위치하는



[†] I: *Pinus rigida-Quercus serrata* Community, II: Deciduous oaks Comm., III: *Carpinus ischonoskii-Q. mongolica-P. densiflora* Comm., IV: *Q. acutissima-Q. mongolica* Comm., V: *Q. mongolica* Comm., VI: *P. rigida-Fraxinus rhynchophylla* Comm., VII: Deciduous Broad-leaved Comm.

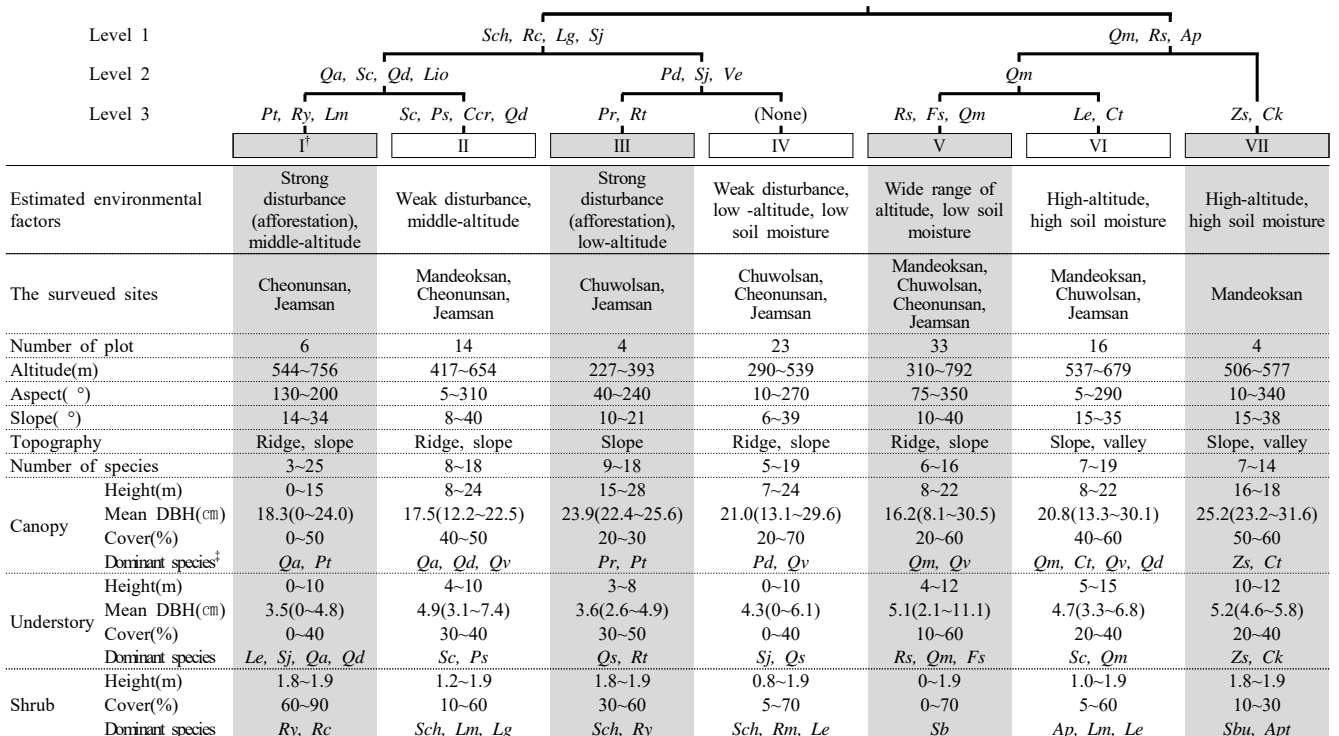
[‡] Ap: *Acer pseudosieboldianum*, Cc: *Cornus controversa*, Ct: *Carpinus ischonoskii*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Le: *Lindera erythrocarpa*, Mb: *Morus bombycis*, Pd: *Pinus densiflora*, Pr: *Pinus rigida*, Ps: *Prunus spp.*, Psc: *Philadelphus schrenkii*, Qa: *Quercus acutissima*, Qd: *Quercus dentata*, Qm: *Quercus mongolica*, Qs: *Quercus serrata*, Qv: *Quercus variabilis*, Rc: *Rubus corchorifolius*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Rom: *Rosa multiflora*, Rs: *Rhododendron schlippenbachii*, Sa: *Sorbus alnifolia*, Sb: *Sasa borealis*, Sc: *Symplocos chinensis f. pilosa*, So: *Styrax obassia*, Sw: *Sambucus williamsii var. coreana*, Ta: *Tilia amurensis*, Tr: *Tripterygium regelii*, Ws: *Weigela subsessilis*

Figure 2. The dendrogram of classification by TWINSPAN and general description of the physical and vegetation of the seven community in the Geumnamhonam-Jeongmaek

반면, 그룹 V는 신갈나무군락으로 해발 906~1,158m에 상대적으로 고지대에 위치했다. 그룹 V의 식별종인 상수리나무는 낮은 산지에 주로 생육해(Kim and Kim, 2011) 이 그룹의 입지환경을 대변했다고 본다. 그룹 IV와 그룹 V는 신갈나무가 전형적으로 우점하는 고지대거나 해발고도 변화에 따른 종조성이 바뀌는 전이지대에 출현한 식물군락 유형일 것이다. 세 번째 단계의 오른쪽 그룹은 계곡부나 습윤한 토양에 출현하는 군락으로서 세 번째 단계에서 산뽕(Mb)·피나무(Ta)·딱총나무(Sw)를 식별종으로 한 그룹(VII)이 분리됐는데 이 그룹은 그룹 VI보다 상대적으로 고지대에 나타나는 식물군락(Kim et al., 2010)으로 판단된다. 실제 그룹 VI은 장안산과 팔공산구간에 해발 899~1,022m의 계곡부와 인근 사면부에 위치하는 반면, 군락 VII(낙엽활엽수혼효군락)은 해발 880~1,106m에 위치해 조금 더 높은 곳에 있었다. 이 입지환경과 함께 군락 VI은 리기다소나무가 우점하는 조림지로서 인위적 교란에 의한 종조성에서 큰 차이를 보였을 것이다. 그룹별 교목층 우점종을 중심으로 그룹 I은 리기다소나무-졸참나무군락, 그룹 II는 낙엽성 참나무혼

효군락, 그룹 III은 개서어나무-신갈나무-소나무군락, 그룹 IV는 상수리나무-신갈나무군락, 그룹 V는 신갈나무군락, 그룹 VI은 리기다소나무-물푸레나무군락, 그룹 VII은 낙엽활엽수혼효군락으로 명명했다. 식물사회학(Z-M법)에선 식생분류체계를 통한 체계적인 군락의 분류와 명명이 중요하다(불연속체설). 반면, 정량적 식생 분석(서열기법)에선 식생의 연속체설에 기반해(Kim, 2004) 환경기울기가 중요하지 식물군락 명명이라는 단위성에는 큰 의미를 두지 않는다. 하지만 정량적 식생 분석 연구에선 군락별 구조 및 천이 관계를 논의하기 위해 통상 상관식생(교목층)의 우점종을 중심으로 한 군락명을 짓는다. 따라서 연구자에 따라 우점종의 기준이 달라져 식물군락명도 달라진다. 또 군락명만으론 생육지의 환경요인을 파악하기 힘들므로 서열기법을 통한 연속적인 식생 변화(분포역)에 따른 환경기울기에 대해 논의가 중요하다.

호남정맥의 경우, 첫 번째 단계에서 청미래덩굴(Sch)·수리딸기(Rc)·감태(Lg)·매죽나무(Sj)와 신갈(Qm)·철쭉(Rs)·당단풍나무(Ap)를 식별종으로 갖는 그룹으로 나뉘었다(Figure 3).



† I: *Quercus acutissima*-*Pinus thunbergii* Community, II: Deciduous oaks Comm., III: *P. rigida*-*P. thunbergii* Comm., IV: *P. densiflora*-*Q. variabilis* Comm., V: *Q. mongolica*-*Q. variabilis* Comm., VI: Deciduous oaks-*Carpinus tshonoskii* Comm., VII: *Zelkova serrata*-*Carpinus tshonoskii* Comm.

‡ Ap: *Acer pseudosieboldianum*, Apt: *Alangium platanifolium* var. *trilobum*, Ccr: *Castanea crenata*, Ck: *Cornus kousa*, Ct: *Carpinus tshonoskii*, Fs: *Fraxinus sieboldiana*, Le: *Lindera erythrocarpa*, Lg: *Lindera glauca*, Lm: *Lespedeza maximowiczii*, Lio: *Ligustrum obtusifolium*, Pd: *Pinus densiflora*, Pr: *Pinus rigida*, Ps: *Prunus* spp., Psc: *Philadelphus schrenkii*, Pt: *Pinus thunbergii*, Qa: *Quercus acutissima*, Qd: *Q. dentata*, Qm: *Q. mongolica*, Qs: *Q. serrata*, Qv: *Q. variabilis*, Rc: *Rubus corchorifolius*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Rs: *Rhododendron schlippenbachii*, Rt: *Rhus trichocarpa*, Ry: *Rhododendron yedoense* f. *poukhanense*, Sb: *Sasa borealis*, Sc: *Symplocos chinensis* f. *pilosa*, Sch: *Smilax china*, Sbu: *Staphylea bumalda*, Sj: *Styrax japonicus*, Ve: *Viburnum erosum*, Zs: *Zelkova serrata*

Figure 3. The dendrogram of classification by TWINSpan and general description of the physical and vegetation of the seven community in the Honam-Jeongmaek

전자의 식별종은 훼손지나 천이초기단계의 산림에 출현하는 양수성 수종(Kim *et al.*, 2010; Jee and Oh, 2001)인 반면, 후자인 신갈·철쭉·당단풍나무는 전형적으로 고지대의 양호한 식생에서 출현하는 종(Kim *et al.*, 2010)이다. 왼쪽 그룹은 두 번째 단계에서 상수리(Qa)·노린재(Sc)·떡갈(Qd)·쥐똥나무(Lio)를 식별종으로 한 그룹(I·II)과 소나무(Pd)·때죽나무(Sj)·털팽나무(Ve)를 식별종으로 한 그룹(III·IV)으로 분할됐다. 그룹 I의 식별종은 소나무(Pt)·때죽나무(Ry)·털팽나무(Lm)이고, 그룹 II의 식별종은 노린재(Sc)·벚나무류(Ps)·밤(Ccr)·떡갈나무(Qd)로서 최종적으로 나뉘었다. 그룹 I은 상수리나무와 곰솔이 우점하는 군락(천운산, 제암산)으로 해발 544~756m의 중간지대(그룹 III·IV보다 상대적으로) 능선부와 사면부에 있었다. 그룹 II은 상수리·떡갈·굴참나무 등이 섞인 혼효상태로 만덕산·천운산·제암산 구간의 중간지대(해발 417~654m) 능선부와 사면부에 출현해, 그룹 I과 입지 조건에서 큰 차이를 보이지 않았다. 두 그룹은 이것보다 인위적 교란의 영향이 큰 것으로 보인다. 그룹 I은 산림 훼손지에 곰솔을 심어 녹화한 지역으로 자생종이 들어와 곰솔과 경쟁하는 식생발달 단계에 있었다.

소나무(Pd)·때죽나무(Sj)·털팽나무(Ve)를 식별종으로 한 그룹은 다시 세 번째 단계에서 리기다소나무(Pr)·개웃나무(Rt)를 식별종으로 한 그룹(III)과 그렇지 않은 그룹(IV)으로 분할됐다. 그룹 III은 리기다소나무와 곰솔이 고목층에 우점하는 군락으로 추월산과 제암산 구간의 평균 해발고가 가장 낮은 저지대(227~393m) 사면부에 분포했다. 그룹 IV는 상대적으로 더 높은 곳(해발 290~539m)에 능선부와 사면에 위치하는 소나무와 굴참나무가 우점한 군락이었다. 그룹 III은 저지대의 조림지며 그룹 IV는 저지대의 건조지로서 두 곳의 인위적 교란과 입지환경 차이에 의해 나뉜 것으로 보인다.

첫 번째 단계의 오른쪽 그룹은 다시 신갈나무(Qm)와 느티(Zs)·산딸나무(Ck)를 식별종으로 한 그룹으로 각각 분할됐다. 신갈나무(Qm)를 식별종으로 한 그룹(V·VI)은 세 번째 단계에서 그룹 V의 식별종인 철쭉(Rs)·쇠물푸레(Fs)·신갈나무(Qm)와 그룹 VI의 식별종인 비목(Le)·개서어나무(Ct)로 최종 분할됐다. 그룹 V는 신갈나무·굴참나무군락으로서 만덕산·추월산·천운산·제암산 모든 구간에서 출현한 군락으로서 해발 310~792m의 능선부와 사면부 등 폭넓은 입지환경 조건을 가졌다. 그룹 VI은 여러 가지 낙엽성 참나무류와 개서어나무가 우점하는 군락으로 만덕산·추월산·제암산 구간의 사면부와 능선부, 계곡부 등 다양한 지형에서 출현했다. 철쭉(Rs)·쇠물푸레(Fs)·신갈나무(Qm)는 고지대 사면부와 능선부의 건조지에 나오는 대표 출현종(Kim *et al.*, 2010)이라서 그룹 V는 VI과 토양 또는 지형 조건에서 차이가 날 것이다. 마지막 그룹 VII(식별종 느티나무 Zs·산딸나무 Ck)은 해발 506~577m의 계곡부와 사면부에 비옥한 습윤지 등의 특정 입지환경에 소면적으로 느

티나무와 개서어나무가 우점하는 군락으로 보인다.

TWINSPAN과 상호보완적으로 조합해 써왔던 DCA(Sasaki *et al.*, 2020) 서열분석을 통해 좌표축으로 군락분포를 통해 환경요인을 추정했다. Figure 4에서 금남호남정맥의 DCA 결과를 보면, 1축(고유향 eigenvalue 0.5109)을 기준으로 좌측은 토양수분이 적은 군락(II, III)이 위치했고, 우측은 상대적으로 토양수분이 높은 군락(IV~VII)이 분포했다. 또 2축(고유향 0.3294)은 해발고에 따라 군락이 좌표상에 연속적으로 펼쳐져 있어, 상기 TWINSPAN의 결과와 조화를 이루었다. 단, 군락 I은 TWINSPAN에선 환경조건이 낮은 토양수분이라고 분석했으나 DCA 결과와 상반됐다. 호남정맥은 1축(고유향 0.5743)을 기준으로 좌측은 해발고 또는 교란정도에 따라 군락이 연속적으로 분포했으나, 2축은 TWINSPAN과 일맥상통한 결과를 보여 주지 못해 환경요인을 추정이 쉽지 않았다(Figure 5).

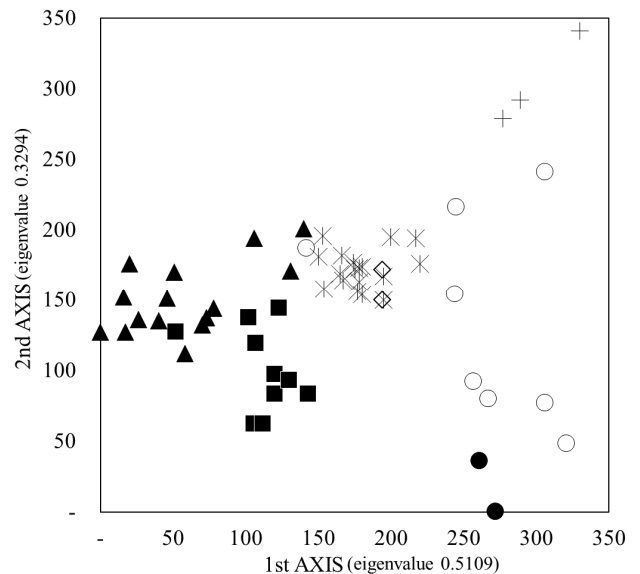


Figure 4. DCA(detrended correspondence analysis) ordination of seven community in the Geunnamhonam-Jeongmaek. I : *Pinus rigida-Quercus serrata* Community(●), II : Deciduous oaks Comm.(■), III : *Carpinus tschonoskii-Q. mongolica-P. densiflora* Comm.(▲), IV : *Q. acutissima-Q. mongolica* Comm.(△), V : *Q. mongolica* Comm.(◇), VI : *P. rigida-Fraxinus rhynchophylla* Comm.(*), VII : Deciduous Broad-leaved Comm.(○)

2. 상대우점치 및 흉고직경급 분석

상대우점치 분석은 수종간의 생육 우세정도를 상대값으로 나타내 층위별 우점종 파악이 가능하다. 또한 흉고직경급 분석은 수종별 흉고직경별 개체수를 나타낸 것으로서 두 분석을 조합하면 수종별 경쟁 관계와 향후 식생구조 변화를 예측하는

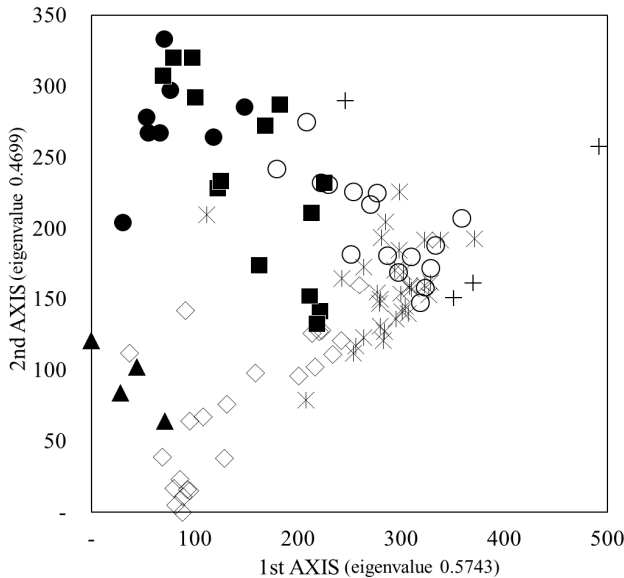


Figure 5. DCA(detrended correspondence analysis) ordination of the seven community in the Honam-Jeongmack. I: *Quercus acutissima*-*Pinus thunbergii* Community(●), II: Deciduous oaks Comm.(■), III: *P. rigida*-*P. thunbergii* Comm.(▲), IV: *P. densiflora*-*Q. variabilis* Comm.(◇), V: *Q. mongolica*-*Q. variabilis* Comm.(*), VI: Deciduous oaks-*Carpinus tschonoskii* Comm.(○), VII: *Zelkova serrata*-*Carpinus tschonoskii* Comm.(+)

데 용이해진다. 리기다소나무-졸참나무군락(I)은 교목층에서 리기다소나무(IP 41.97%)와 졸참나무(IP 24.69%)가 우점하는 가운데 신갈나무(IP 12.14%)의 상대우점치가 높았고, 아교목층에는 떡갈나무(IP 44.75%)가 우점하는 가운데 뽕나무류(IP 22.19%)와 졸참나무(IP 17.56%)가 뒤를 이었다. 관목층에서는 산딸기(IP 27.85%)·비목(IP 18.97%)·졸참나무(IP 12.55%) 등이 우점종이었다. 흉고직경(DBH)별 분포를 보면 리기다소나무는 DBH 12~32cm의 소·중경목 구간에 분포했고, 졸참나무는 DBH 2~22cm의 소경목 구간에 주로 있었다(Table 2). 이 군락은 1970년대 팔공산 저지대에 조립된 리기다소나무 조립지이다. 조립 이후에 숲가꾸기 등의 관리 미흡으로 인근 천연림에서 유입된 참나무류가 리기다소나무와 경쟁관계를 형성했다. 리기다소나무는 타감효과로 후계목(치수) 발생이 없고 참나무류와의 경쟁에서 도태되어 천연림으로 수종갱신이 예상된다. 낙엽성 참나무혼효군락(II)은 교목층에서 굴참(IP 26.46%)·떡갈(IP 25.83%)·신갈나무(IP 21.59%)가 비슷한 세력을 형성했다. 아교목층에서는 고지대 능선부 및 그 사면에 전형적으로 출현하는 철쭉(IP 25.59%)과 신갈나무(IP 24.30%)가, 관목층에서는 조릿대(IP 47.69%)가 우점했다. 굴참·떡갈·신갈나무 등의 낙엽성 참나무류가 DBH 2~37cm의 구간에 걸쳐 있는데 특히 소경목 구간에 몰려 있었다. 이 군락

은 장안산 구간의 능선부를 따라 굴참나무를 중심으로 한 떡갈·신갈나무 등 다양한 낙엽성 참나무류가 함께 출현했다. 개서어나무-신갈나무-소나무군락(III)은 교목층에서 개서어(IP 31.24%)·신갈(IP 28.63%)·소나무(IP 24.04%)가 우점종이었다. 아교목층에선 개서어나무(IP 31.58%)와 철쭉(IP 26.26%)이 높고, 관목층에서는 조릿대(IP 33.96%)와 미역줄나무(IP 27.37%)가 우점했다. 소나무의 DBH가 12~52cm의 구간에서 고르게 퍼져 있고, 개서어나무는 2~47cm의 구간 중 소경목 구간에, 신갈나무는 2~37cm의 구간 중 중경목 구간에 집중적으로 분포했다. 이것으로 보아 음수성 개서어나무의 생장이 향후 교목층까지 영향을 줄 것이다. 소나무와 개서어나무의 수령이 최대 70년생이라서 군락 I·II보다 오래전에 형성됐고, 장안산과 팔공산 구간의 고지대(해발 876~1,086m)에 있어 인위적 교란이 적어 양호하게 보전된 식물군락일 것이다. 상수리나무-신갈나무군락(IV)의 교목층에서는 상수리나무(IP 52.65%)가 우점하는 가운데 신갈나무(IP 26.38%)가 뒤를 이었다. 아교목층에선 신갈나무(IP 31.53%)가, 관목층에서는 조릿대(IP 91.28%)에 세력이 가장 우세했다. 교목층에 우점한 상수리나무는 DBH 12~52cm의 구간에서 8개체, 신갈나무는 DBH 2~42cm에 10개체로 큰 차이는 없었다. 18개 조사구가 포함된 신갈나무군락(V)은 교목층에서 신갈나무(IP 84.63%)가 우점했다. 아교목층에서는 노린재나무(IP 24.62%)가 우점하는 가운데 신갈나무(IP 18.19%)·철쭉(IP 14.99%)·당단풍나무(IP 14.64%) 등이, 관목층에는 조릿대(IP 77.53%)의 세력이 높았다. 군락IV와 군락V는 TWINSpan 결과에서 신갈나무·조릿대를 식별종으로 묶인 그룹인데 군락IV는 저지대, 군락V는 고지대의 입지환경 차이로 분할된 군락이다. 교목층 신갈나무와 아교목층 철쭉이 우점하는 군락V는 장안산과 팔공산에 가장 넓게 분포하는 군락이자 백두대간과 정맥에 전형적으로 출현하는 대표 군락이다(Park and Oh, 2015). 신갈나무는 DBH 2~42cm의 소경목에서 대경목에 이르는 구간에 골고루 분포했다. 신갈나무와 경쟁관계에 있는 수종도 없어 향후에도 안정된 식생구조를 보일 것으로 예측된다. 이 군락의 신갈나무는 최대 83년생으로 군락III과 함께 양호하게 보전된 군락으로 판단된다.

리기다소나무-물푸레나무군락(VI)은 교목층에서 리기다소나무(IP 32.97%)와 물푸레나무(IP 21.32%)가 함께 우점했다. 아교목층에선 층층(IP 18.39%)·물푸레나무(IP 16.52%)를 비롯하여 노린재(IP 9.41%) 등 다양한 낙엽활엽수가 출현했고, 관목층의 양상도 아교목층과 비슷했다. 군락VII 또한 교목층에서 피나무(IP 19.82%)·산뽕(IP 19.52%)·팔배(IP 18.63%)·층층나무(IP 10.10%) 등 다양한 낙엽활엽수가 우점했고, 아교목층과 관목층도 구조는 유사했다. 흉고직경급 분석에서 보더라도 습윤성 낙엽활엽수종의 세력이 향후 강해져 능선부·상부 사면의 전형적인 신갈나무-철쭉군락이 아닌 낙엽활엽수혼효림으로 천이가 진행될 것이다. 군락 I 과 함께 군락VII은 1970년

대 비슷한 시기에 리기다소나무를 조림한 곳이지만, 입지환경에 따라 종조성과 식생 발달에서 큰 차이를 보였다. 즉, 군락 I 은 향후 신갈나무 등의 낙엽성 참나무류군락으로, 군락 VI 은 물푸레나무 등의 낙엽활엽수혼효군락으로 입지환경에 따라 천

이 양상이 다를 것이다.

호남정맥의 상대우점치와 흉고직경급 분석을 살펴보자 (Table 3). 군락 I 은 상수리나무-곰솔군락으로 교목층에서 상수리나무(IP 57.75%)와 곰솔(IP 26.65%)이 우점했고, 이교목층에

Table 2. Importance percentage(IP) and diameter at breast height(DBH) distribution of major woody species for each community in the Geumnamhonam-Jeongmaek

Com.	Unit (m ²)	Species (Expected age, year)	IP(%)			DBH(number of individuals) [†]												
			C [‡]	U	S	Shrub	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	D ₁₂
I	200	<i>Pinus rigida</i> (38~48)	41.97	-	-	-	-	-	-	1	3	2	-	-	-	-	-	-
		<i>Quercus mongolica</i>	12.14	5.42	-	-	-	3	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Quercus serrata</i>	24.69	17.56	12.55	4	-	13	1	5	2	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Quercus dentata</i>	3.07	44.75	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1
		<i>Prunus</i> spp.	8.79	22.19	-	-	-	15	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	27.85	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	4.15	18.97	12	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Others	12.41	54.83	87.45	40	-	3	5	1	1	1	-	-	-	-	-	1
II	1,000	<i>Carpinus tschonoskii</i> (40)	4.22	5.63	-	-	-	7	4	3	1	2	-	-	-	-	-	-
		<i>Quercus variabilis</i> (44~47)	26.46	1.67	-	-	-	1	3	3	5	6	4	3	-	-	1	-
		<i>Quercus dentata</i> (41~53)	25.83	3.72	-	-	-	-	12	16	9	3	-	1	-	-	-	-
		<i>Quercus mongolica</i> (45)	21.59	24.30	1.25	8	-	10	25	17	11	2	-	-	-	-	-	-
		<i>Quercus serrata</i> (46)	10.41	6.33	1.57	8	-	6	14	5	5	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	25.59	-	-	-	78	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Sasa borealis</i>	-	-	47.69	1,120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Others	11.49	32.76	49.49	368	5	83	7	7	4	1	2	1	-	-	-	-
III	1,500	<i>Pinus densiflora</i> (44~76)	24.04	-	-	-	-	-	3	2	2	1	8	1	2	2	1	
		<i>Carpinus tschonoskii</i> (31~75)	31.24	31.58	2.20	12	-	52	51	12	21	6	5	3	-	1	-	
		<i>Quercus mongolica</i> (43)	28.63	10.98	1.21	8	-	1	27	22	16	5	4	1	-	-	-	
		<i>Tripterygium regelii</i>	-	-	27.37	296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	26.26	3.60	28	-	56	22	4	1	-	-	-	-	-	-	
		<i>Sasa borealis</i>	-	-	33.96	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Others	16.09	31.18	31.66	352	8	99	26	11	9	4	2	-	-	-	-	
		IV	200	<i>Quercus acutissima</i> (37~41)	52.65	-	-	-	-	-	1	2	2	1	-	1	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	26.38			31.53	-	-	-	3	1	2	1	1	-	1	-	-	-	
<i>Sasa borealis</i>	-			-	91.28	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Others	20.97			68.47	8.72	44	1	18	1	2	-	2	1	-	-	-	-	
<i>Quercus mongolica</i> (31~83)	84.63			18.19	0.05	4	-	10	39	55	33	27	13	5	3	-	-	
V	1,800	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	14.64	0.31	8	2	12	8	6	1	-	-	-	-	-		
		<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	14.99	0.35	8	3	25	16	-	-	-	-	-	-	-		
		<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-	24.62	8.39	192	16	104	3	-	-	-	-	-	-	-		
		<i>Sasa borealis</i>	-	-	77.53	5,172	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Others	15.37	27.56	13.37	332	11	70	17	14	9	5	2	-	-	-		
VI	800	<i>Pinus rigida</i> (41~52)	32.97	1.15	-	-	-	1	3	5	6	2	1	-	1	-		
		<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (26~50)	21.32	16.52	17.57	48	3	22	6	5	1	3	1	1	-	-		
		<i>Cornus controversa</i> (33~35)	8.69	18.39	-	-	-	6	4	4	2	-	2	-	-	-		
		<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	5.94	18.72	36	-	1	3	1	-	-	-	-	-	-		
		<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-	9.41	15.45	44	5	15	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Others	37.02	48.59	48.26	152	4	43	20	9	7	2	5	1	-	-		
VII	300	<i>Sorbus alnifolia</i> (37)	18.63	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-		
		<i>Tilia amurensis</i> (28)	19.82	21.62	-	-	-	-	5	4	1	-	-	-	-	-		
		<i>Morus bombycis</i>	19.52	5.66	3.97	4	-	2	-	1	1	-	2	-	-	-		
		<i>Weigela subsessilis</i>	-	4.73	44.42	20	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-		
		<i>Cornus controversa</i> (51)	10.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-		
		Others	32.03	67.99	51.61	44	1	11	5	3	3	2	1	-	-	-		

[†]C: Importance percentage in canopy layer, U: Importance percentage in understory layer, S: Importance percentage in shrub layer
[‡]D₁ < 2(cm), 2 ≤ D₂ < 7, 7 ≤ D₃ < 12, 12 ≤ D₄ < 17, 17 ≤ D₅ < 22, 22 ≤ D₆ < 27, 27 ≤ D₇ < 32, 32 ≤ D₈ < 37, 37 ≤ D₉ < 42, 42 ≤ D₁₀ < 47, 47 ≤ D₁₁ < 52, 52 ≥ D₁₂

Table 3. Importance percentage(IP) and diameter at breast height(DBH) distribution of major woody species for each community in the Honam-Jeongmaek

Com.	Unit (m ²)	Species (Expected age, year)	IP(%)			DBH(number of individuals) [‡]												
			C [†]	U	S	Shrub	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	D ₁₂
I	600	<i>Quercus acutissima</i> (34~45)	57.75	13.82	0.96	20	-	3	6	21	13	3	-	-	-	-	-	-
		<i>Pinus thunbergii</i> (36~37)	26.65	-	-	-	-	-	-	3	3	3	4	-	-	-	-	-
		<i>Quercus dentata</i>	11.50	11.06	1.30	24	-	6	3	6	1	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	21.01	2.09	32	2	14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Styrax japonicus</i>	-	15.91	2.58	32	-	9	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Rhododendron yedoense</i> f. <i>poukhanense</i>	-	3.93	25.99	484	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Others	4.1	34.27	67.08	912	3	27	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
II	1,400	<i>Quercus dentata</i> (37~45)	26.39	8.24	0.31	4	-	5	25	17	6	2	-	1	-	-	-	
		<i>Quercus acutissima</i> (37~52)	28.67	3.74	0.25	4	-	3	4	8	15	9	2	-	-	-	-	
		<i>Quercus variabilis</i> (51)	17.10	1.39	0.20	4	-	-	8	2	6	4	1	2	-	-	-	
		<i>Quercus mongolica</i> (47)	8.21	0.39	-	-	-	1	-	3	5	1	1	-	-	-	-	
		<i>Prunus</i> spp.	3.08	14.45	1.35	24	5	5	3	3	2	1	1	-	-	-	-	
		<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-	17.87	6.28	64	1	29	10	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Others	16.55	53.92	91.61	1,04	24	108	21	12	6	2	-	-	1	-	-	
III	400	<i>Pinus rigida</i> (42~52)	56.19	3.44	-	-	-	2	-	1	8	5	2	-	-	-	-	
		<i>Pinus thunbergii</i>	24.97	-	-	-	-	0	-	1	-	2	2	1	-	-	-	
		<i>Quercus serrata</i>	-	32.02	7.14	28	1	9	3	-	-	-	-	-	-	-	-	
		<i>Smilax china</i>	-	-	40.47	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		<i>Rhododendron yedoense</i> f. <i>poukhanense</i>	-	-	13.84	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Others	18.84	64.54	38.55	188	7	24	2	2	1	-	-	1	1	-	-	
		IV	2,300	<i>Pinus densiflora</i> (24~50)	51.31	0.57	-	-	-	1	9	24	25	27	15	5	3	-
<i>Quercus variabilis</i> (37~48)	24.94			9.18	2.13	32	1	5	13	22	22	10	3	1	1	-	-	
<i>Quercus serrata</i>	2.14			18.03	4.27	96	1	37	9	3	1	-	2	-	-	-	-	
<i>Styrax japonicus</i>	0.41			20.18	6.28	100	3	43	7	2	1	-	-	-	-	-	-	
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-			3.46	8.83	156	6	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-			3.77	8.97	156	5	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Others	21.2			40.1	50.14	1,060	13	91	20	9	18	13	5	2	1	-	-	
V	3,300	<i>Quercus mongolica</i> (28~55)	58.72	14.64	1.42	28	-	30	104	111	63	17	3	-	-	-	-	
		<i>Quercus variabilis</i> (45~52)	24.88	2.72	0.46	4	-	-	13	36	36	10	3	2	1	-	-	
		<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.64	13.99	9.50	312	11	109	13	1	-	-	-	-	-	-	-	
		<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	19.16	7.49	76	-	117	22	3	-	-	-	-	-	-	-	
		<i>Sasa borealis</i>	-	-	41.54	2,240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Others	15.76	49.49	39.59	744	24	312	68	36	8	6	2	3	-	-	-	
		VI	1,600	<i>Quercus mongolica</i> (36~53)	26.41	12.25	0.32	4	-	2	18	15	13	7	-	1	-	-
<i>Carpinus tschonoskii</i> (32~41)	22.70			9.86	1.80	16	-	7	12	6	9	5	3	2	-	1		
<i>Quercus variabilis</i> (48~53)	22.42			1.58	-	0	-	1	4	3	11	4	3	4	-	-		
<i>Quercus dentata</i> (38~53)	17.33			-	-	0	-	-	5	9	5	5	2	-	-	-		
<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-			23.33	4.08	28	1	59	8	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-			9.30	15.63	120	5	33	-	-	-	-	-	-	-	-		
Others	11.14			40.4	42.19	324	10	69	25	5	3	1	3	1	1	-		
VII	400	<i>Zelkova serrata</i> (37~43)	38.85	33.31	-	-	-	9	6	3	4	2	1	-	1	-		
		<i>Carpinus tschonoskii</i> (40)	25.45	10.41	-	-	-	1	2	2	2	0	2	1	-	1		
		<i>Cornus kousa</i>	-	21.25	6.21	4	-	5	2	1	-	-	-	-	-	-		
		<i>Staphylea bumalda</i>	-	2.75	23.11	20	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-		
		<i>Alangium plataniifolium</i> var. <i>trilobum</i>	-	-	19.98	24	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Others	35.7	32.28	50.7	48	2	9	2	3	2	2	2	2	-	1		

[†]C: Importance percentage in canopy layer, U: Importance percentage in understory layer, S: Importance percentage in shrub layer

[‡]D₁ < 2(cm), 2 ≤ D₂ < 7, 7 ≤ D₃ < 12, 12 ≤ D₄ < 17, 17 ≤ D₅ < 22, 22 ≤ D₆ < 27, 27 ≤ D₇ < 32, 32 ≤ D₈ < 37, 37 ≤ D₉ < 42, 42 ≤ D₁₀ < 47, 47 ≤ D₁₁ < 52, 52 ≥ D₁₂

서는 비목(IP 21.01%)·때죽(IP 15.91%)·상수리(IP 13.82%)·떡갈(IP 11.06%) 등 낙엽활엽수가 출현했다. TWINSpan 분석 결과에서 군락 I 과 인접한 군락 II 은 교목층에 상수리(IP 28.67%)·떡갈(IP 26.39%)·굴참나무(IP 17.10%) 등이 우세했고, 아교목층에서는 노린재나무(IP 17.87%)·벚나무(IP 14.45%)가 우점했다. 두 군락 모두 저지대 능선부와 사면부에 나타났지만, 종조성과 식생구조에서 차이를 보였다. 입지환경보다 인위적 교란의 영향에 따른 식생발달 정도 때문으로 판단된다. 군락 II (낙엽성 참나무류혼효군락)는 신갈나무보다 상수리나무가 우세했는데 이 군락은 온대 남부의 저지대에 출현했기 때문이다(Kim and Kim, 2011). 리기다소나무-곰솔군락(III)은 교목층에서 리기다소나무(IP 56.19%)와 곰솔(IP 24.97%)의 세력이 우세했다. 아교목층에서는 졸참나무(IP 32.02%)가, 관목층에서는 청미래덩굴(IP 40.47%)이 우점했다. 이 군락은 1970년대 리기다소나무와 곰솔을 천운산과 제암산 저지대(해발 227~393m) 사면부에 조립한 것이다. 이는 호남정맥뿐만 낙남·낙동정맥의 남부지역에 출현하는 식생유형(Oh *et al.*, 2014; Park and Kang, 2016)으로 낙엽성 자생수종이 유입되어 서로 경쟁하는 식생구조 양상을 보였다. 23개 조사구가 포함된 소나무-굴참나무군락(IV)은 교목층에 소나무(IP 51.31%)가 굴참나무(IP 24.94%)보다 우점했고, 아교목층에서는 때죽(IP 20.18%)·졸참(IP 18.03%)·굴참나무(IP 9.18%) 등 다양한 낙엽활엽수가 출현했다. 소나무는 DBH 2~52cm 사이에, 굴참나무도 2cm 이하~42cm의 구간에 퍼져 있어 경쟁 관계에 놓여 있었다. 소나무와 굴참나무는 척박지와 건조지의 대표적인 수종(Kim and Kim, 2011)이라서 저지대 정맥의 능선부에 흔히 출현한다(Park and Oh, 2015). 금남호남정맥보다 해발고가 낮은 이곳에선 소나무우점군락(IV)이 신갈나무우점군락(V) 다음으로 넓게 분포했다. 소나무와 굴참나무의 경쟁에서 소나무가 도태될 것으로 많은 연구에서 밝혔으나, 정맥 능선부의 건조 척박지에선 토지극상으로 소나무-굴참나무군락이 유지될 것인지는 모니터링이 필요하다.

TWINSpan 분석 결과 1단계 함께 묶인 군락 V~VII은 고지대라는 입지환경을 반영하는 식생유형이다. 33개의 조사구가 포함된 군락 V는 신갈나무-굴참나무군락으로 교목층에서 신갈나무(IP 58.72%)와 굴참나무(IP 24.88%)가 우점했고, 아교목층에는 철쭉(IP 19.16%)·신갈(IP 14.64%)·쇠물푸레나무(IP 13.99%)의 세력이 우세했다. 신갈나무는 DBH 2~32cm의 구간에, 굴참나무는 DBH 7~42cm의 구간에 폭넓게 분포해 향후에도 현 식생구조 유지가 예측된다. 이 군락은 만덕산·추월산·천운산·제암산 모든 구간의 능선부와 사면부에 가장 넓게 출현했고, 정맥 마루금에 대표적으로 출현하는 신갈·굴참·철쭉·쇠물푸레나무가 우세해 안정된 식생구조를 보였다. 한편, 낙엽성 참나무 혼효-개서어나무군락(VI)은 교목층에 신갈나무(IP 26.41%), 굴참나무(IP 22.42%), 떡갈나무(IP 17.33%)와 함께 개서어나

무(IP 22.70%)가 우점했다. 아교목층에서는 노린재나무(IP 23.33%)가 우점하는 가운데 뒤를 이어 신갈(IP 12.25%)·개서어나무(IP 9.86%)·비목나무(IP 9.30%) 등이 출현했다. 낙엽성 참나무류(신갈·굴참·떡갈나무)와 이것보다 천이후기종으로 알려진 개서어나무(e.g. Kang and Oh, 1982)가 DBH 2~37cm의 구간에서 골고루 분포해 향후 경쟁관계를 예상된다. 군락 VI은 군락 V와 달리, 만덕산·추월산·제암산 구간의 계곡부와 사면부 등의 습윤지에 위치해 천이 양상이 다를 것이다. 마지막으로, 느티나무-개서어나무군락(VII)은 교목층에서 느티나무(IP 38.85%)와 개서어나무(IP 25.45%)가 우점하고, 아교목층에서는 교목층의 우점종인 느티나무(IP 33.31%)와 함께 산딸(IP 21.25%)·개서어나무(IP 10.41%) 등이 출현했다. 느티나무는 DBH 2~52cm의 소경목에서 대경목에 이르는 구간에, 개서어나무는 2~37cm의 소경목에서 중경목에 이르는 구간에 분포해 서로 교목층에서 경쟁관계를 형성했다. 이 군락의 식별종인 느티나무와 산딸나무는 계곡부에 출현하는 수종(Kim and Kim, 2011)으로서, 이 군락은 군락 VI보다 더 습윤지에 출현하는 식생유형일 것이다. 그러나 느티나무가 대규모 군락을 형성하는 경우는 흔치 않아 음수성 개서어나무군락으로 수렴될 것이다.

3. 종합고찰

금남호남정맥 마루금 일대 식물군락은 TWINSpan 기법의 식별종이 대변하는 입지환경에 따라 7개 군락으로 유형화됐다. 리기다소나무-졸참나무군락(I)과 리기다소나무-물푸레나무군락(VI)은 리기다소나무 조립지로 과거 인위적 교란을 강하게 받아 다른 군락과 확연한 종조성 차이를 보여 나눴다. 군락 I은 저지대의 건조한 토양인데 비해 군락 VI은 고지대의 습윤지로 입지환경 차이를 보였다. 리기다소나무는 정맥의 사면부에 가장 흔하게 출현하는 인공림(Korea Forest Service, 2014)인데 과거 사방녹화 등으로 조립된 후에 방치해 천연림으로 수종갱신이 진행 중이다. 리기다소나무는 소나무처럼 천이 과정에서 도태될 것(Jo and Lee, 1988)으로 예상하므로 정맥 마루금 일대의 자연성 회복 측면에서 그 상태로 관리해도 큰 지장은 없을 것이다.

나머지 군락들은 토양수분 조건에 따라 상대적으로 건조지에는 낙엽성 참나무혼효군락(II), 개서어나무-신갈나무-소나무군락(III)이 출현했고, 습윤지에는 상수리나무-신갈나무군락(IV), 신갈나무군락(V), 낙엽활엽수혼효군락(VII)이 분포했다. 낙엽성 참나무혼효군락(II)은 장안산에서만 출현한 군락으로 해발 880~945m의 능선부에 굴참·떡갈·신갈나무 등의 낙엽성 참나무류가 비슷한 세력을 유지했다. 이곳이 능선부 건조지라면 건조 토양에 강한 굴참나무가 생육(Kim *et al.*, 2010)에 더 유리할 것이다. 정맥에서 굴참나무군락은 신갈나무·소나무·낙엽활엽수군락과 함께 대표적인 식생유형이며, 낙엽성 참나무류군락 중에 신갈나무 다음으로 넓게 면적을 차지한다(Korea Forest

Service, 2014). 개서어나무-신갈나무-소나무군락(Ⅲ)은 장안산과 팔공산 구간의 해발 876~1,086m의 능선부와 계곡부, 사면부에 나타났다. 신갈나무·소나무보다 개서어나무는 전 정맥에서 출현빈도 및 그 면적은 넓지 않으며, 주로 계곡부와 그 사면부에 소면적으로 분포했다(Korea Forest Service, 2014). 온대기후대의 천이계열을 단순화하면 소나무군락→낙엽성 참나무류군락→서어나무군락(또는 개서어나무)으로 수종갱신이 될 것으로 예측한 연구자들이 많았다(e.g. Kang and Oh, 1982; Park et al., 1988). 소나무군락에서 낙엽성 참나무류군락으로의 천이는 대부분 연구자가 동의한다고 본다. 하지만 고지대 능선부 등의 마루금에 신갈나무우점군락이 서어나무군락으로 수렴될지는 아직 연구사례가 많지 않아 불분명하다고 본다. 군락Ⅲ에서 소나무 후계목(소경목)이 없어 신갈·개서어나무에 밀려 도태되었지만, 신갈나무와 서어나무의 세력 경합은 지켜볼 일이다.

군락Ⅴ·Ⅶ 모두 신갈나무가 우점하는 식생유형인데 상수리나무-신갈나무군락(Ⅳ)보다 신갈나무군락(Ⅴ)이 상대적으로 높은 지대에 출현하는 군락이다. 신갈나무군락(Ⅴ)은 백두대간 및 정맥에서 가장 넓은 면적을 차지하며, 마루금 일대를 대표하는 식물군락이다(Park and Oh, 2015). 백두대간 및 정맥 마루금 일대의 천이계열상 후기종에 대한 논의는 더 필요하겠지만, 신갈나무가 소경목부터 대경목까지 폭넓게 분포해 있어 당분간 안정된 신갈나무군락이 유지될 것은 틀림이 없다. 낙엽활엽수혼효군락(Ⅶ)은 해발 880~1,106m의 계곡부와 인근 사면부에 위치해 피나무·산뽕나무·팔배나무·신갈나무·층층나무 등 다양한 수종이 혼재했다. 정맥의 고지대 습윤지에 출현하는 식생유형인데 그 면적은 넓지 않지만, 생물다양성 측면에서 보전 가치가 크다.

금남호남정맥보다 해발고가 낮은 호남정맥 마루금 일대는 7개 군락으로 유형화됐다. 교란 정도에 따라 크게 나뉘었는데 군락Ⅰ~Ⅳ는 인위적 교란이 강한 편이고, 군락Ⅴ~Ⅶ은 상대적으로 양호하게 보전된 식생유형이었다. 전자에 속한 상수리나무-곰솔군락(Ⅰ)과 리기다소나무-곰솔군락(군락Ⅲ)은 해안 인근 저지대의 주요 수종인 곰솔과 타 수종이 교목층에 우점했다. 곰솔우점군락은 이곳과 함께 낙동정맥(Park and Kang, 2016), 금북정맥(Korea Forest Service, 2014)에도 분포했는데 서남해안에 인접한 정맥의 산줄기에 나타나는 특징적인 군락이다. 리기다소나무와 함께 편백·일본잎갈나무·잣나무·사방오리 등을 임목생산, 사방녹화의 목적으로 과거 정맥의 저지대에 조림사업이 이루어져(Park and Oh, 2015) 자연성이 높다고 할 수 없다. 이곳은 숲가꾸기 등의 육림사업 미흡으로 인해 천연림에서 들어온 자생종과 섞여 천이가 꽤 진행되어 오히려 자연성이 높아지고 있다. 조림사업보다 최근에는 산행인구 증가로 대도시에서 인접한 정맥 산줄기를 지자체에서 축제 장소로서 또는 도시자연공원처럼 인식해 이곳에 개발사업을 추진하고 있다. 원천이 불명확한 조경수를 심거나 과도한 시설물 설치 등으로 인해 정맥의 식생 교란이 가중되고 있다. 반면, 군락Ⅴ

~Ⅶ은 상대적으로 고지대에 출현했는데 신갈나무-굴참나무군락(Ⅴ)은 정맥 마루금에 가장 넓고 전형적으로 분포한 식물군락이다(Korea Forest Service, 2014; Park and Oh, 2015). 낙엽성 참나무혼효-개서어나무군락(Ⅵ)과 느티나무-개서어나무군락(Ⅶ)은 앞서 언급했듯이 습윤지에서 협소하게 출현하는 군락이라서 생물다양성 측면에서 보전 가치가 크다고 본다. TWINSpan 분석의 식별중에 의해 크게 나뉘듯이 군락Ⅰ~Ⅳ는 저지대로 조림지, 벌채 등의 인위적 교란으로 인해 퇴행 식생이 현재 발달과정이 있는 유형이다. 반면 군락Ⅴ~Ⅶ은 능선부·상부사면·정상부에 출현한 군락으로 양호하게 보전된 유형이라고 볼 수 있다.

금남호남정맥과 호남정맥을 함께 논의해 보면, 두 정맥 모두 저지대에서선 리기다소나무, 곰솔 등의 과거 조림된 수종과 자생종이 서로 경쟁 구조 속에서 식생발달이 진행 중이었다. 이처럼 접근성이 양호한 정맥의 저지대는 조림, 개발사업 등으로 인위적인 식생 교란이 심한 편이었다. 상대적으로 고지대의 능선부·사면상부·정상부는 신갈·굴참·소나무가 우점하는 식생유형이 양호하게 보전됐다. 차이점으로 금남호남정맥은 호남정맥보다 해발고가 높아 신갈나무우점군락이 가장 넓게 분포했는데 호남정맥은 신갈나무와 함께 소나무우점군락이었다. 또 남해안에 인접해 있어 곰솔우점군락이 출현했다는 점이 특징적이었다.

한편, 1950년대 커티스(Curtis, J.T.), 휘터커(Whittaker, R.H) 등이 종의 무리를 정량적으로 나눈 서열화 기법을 개발한 이후 정량적 통계분석법이 고성능 개인용 컴퓨터 발전과 더불어 급속도로 개발됐다(Kang and Oh, 1982; Kim, 2004). 한국에선 1982년 강윤순과 오계철(Kang and Oh, 1982)이 최초로 서열기법을 적용해 광릉의 식물군락과 환경요인의 관계를 분석했다. 이후 40년 동안 상대우점치(IP) 분석, 분류분석(classification analysis), 서열분석(ordination analysis) 등의 정량적 통계분석법을 적용한 수많은 식생 관련 논문이 발표됐다. 그런데 정해진 틀에 데이터 분석 결과만 기술하거나 조사대상지만 바꾼 논문, 결과를 잘못 해석한 논문이 양산되어 질적 저하를 비판한 연구자도 있다. 예를 들면, 정량적 식생분석에서 흔히 쓰이는 TWINSpan과 DCA 등의 기법은 종조성 변화의 패턴과 그 변화를 일으키는 환경요인을 찾는 것이 중요한데 이를 무시한 채 결과만 기술한 논문이 많았다. 이는 연구자가 정량적 분석기법의 원리, 특성 및 주의점 등을 충분히 이해하지 못한 것이 원인일 것이다. 이 분야의 연구 방법론을 심도 있게 논의한 관련 국내도서가 부족한 탓일 수도 있다.

TWINSpan 기법을 사용할 때는 그 원리와 특징, 주의점을 먼저 이해해야 한다. 이 기법은 대응분석(CA; correspondence analysis)을 응용한 분류형 다변량 해석기법이다. 상이도지수를 써서 비슷한 군집끼리 한데 모으는 집적법(clustering analysis)과 달리, 비슷하지 않은 군집을 나누는 분할법 방식이다. CA 기법에서는 종마다 출현빈도(그룹내의 출현회수/그룹에 포함되는

조사구)를 계산해 그룹간의 출현빈도 차이에서 식별종을 추출한다. 식별종은 한 그룹에서의 출현빈도가 다른 한 그룹보다 2배 이상이 되는 종으로 정의되며, 이 차이로 그룹이 분할된다(Sasaki *et al.*, 2020). CA기법과 달리 TWINSpan기법에선 출현빈도의 양적 데이터를 질적 데이터로 변환한다는 점을 짚고 넘어가야 한다. 예를 들어, 조사구에서 수준별 상대우점치를 1%, 11%, 26%, 51%, 76%의 임의 기준으로 양적 데이터값을 잘라서 수준별 출현 여부를 가상종(pseudospecies)의 출현 유무라는 질적 데이터 형태로 바꿔 분석이 진행된다(Legendre and Legendre, 2012). 때문에 ① TWINSpan기법은 계산과정이 복잡하다는 점, ② 질적 데이터로 변환 과정에서 양적 데이터값이 사라지고, ③ 양적 데이터값을 자르는 임의 기준 설정이 부자연스럽다는 비판이 있다(Legendre and Legendre, 2012; Sasaki *et al.*, 2020). 연구자들 사이에서 이 기법에 대한 평가가 극단적이다(Belbin and McDonald, 1993; Sasaki *et al.*, 2020). 그러나 식별종을 통해 그룹화된 결과가 입지환경 등의 식생 특성을 파악하기 쉽다는 장점 때문에 서열분석 기법(DCA; Detrended Correspondence Analysis 등)과 조합해 국내의 식물군집 해석에 폭넓게 계속 쓰이고 있다. 주의점으론 출현빈도 등의 양적 데이터값이 낮은 종(우연 출현종)이 분할과정에서 영향을 받기 쉽다는 점이다(McCune and Mefford, 1999). 때문에 식별종과 그룹화가 환경요인을 반영하지 못할 수 있어 우연 출현종을 제거하는 것이 적절하다. 또 지나치게 세분되어 분할된 그룹은 식별종으로 환경요인을 찾기 어렵게 하므로 보통 2~4수준까지 나눈다.

본 연구에선 출현빈도가 낮은 수준을 제거하지 않았는데도 식별종이 그룹별 입지환경 등의 식생 특성을 잘 반영했다고 판단된다. 이는 본 연구의 조사 데이터(금남호남정맥 58개, 호남정맥 102개)가 상당히 많아 우연 출현종의 영향이 크지 않았기 때문일 것이다. TWINSpan과 DCA(서열분석)를 상호보완적으로 조합해 써왔는데(Sasaki *et al.*, 2020) DCA기법은 종조성 데이터를 요약해 좌표축상에 펼쳐놓아 군락의 종조성 변화를 일으키는 환경요인을 간접적으로 추정하는 방법이다. 대응분석(CA; Correspondence Analysis) 기법의 단점인 아치효과(arch effect, 말굽효과)를 저감하기 위해 Hill(1976b)이 개발한 기법이다. CA기법을 기반한 DCA기법에선 좌표상 2축을 아치효과를 강제적으로 제거하므로, 1축으로 특정 환경요인을 추정할 수 있지만 2축은 힘들다(Pielou, 1975; Katoh, 1995). 또 폭넓은 환경기울기를 가진 데이터는 종조성이 극단적으로 차이를 보여 유사도가 낮아지면 DCA분석 결과의 신뢰도가 낮아진다(Katoh, 1995; Sasaki *et al.*, 2020). 본 연구에선 금남호남정맥의 1축은 토양수분(고유햄값, eigenvalue 0.5109), 2축은 해발고(고유햄값 0.3294)라고 환경요인을 추정했다. 호남정맥의 경우 1축은 해발고 또는 교란정도(고유햄값 0.5743)이었지만, 2축의 군락분포가 일관성이 없어 환경요인 추정이 어려

웠다. 두 정맥 모두 1축과 2축의 누적기여율이 높은 편(호남금남 84.03%, 호남 104.42%)이라서(Sasaki *et al.*, 2020) DCA 좌표축상 설명력이 높아 분석 데이터상 환경요인을 파악하는데 어려움이 없을 것으로 보였다. 하지만 본 결과에서도 1축의 환경요인 추정이 수월했지만, 아치효과와 복합적인 환경요인 작용 때문에 2축의 요인을 찾기 어려웠다. 본 연구처럼 지역의 폭넓은 조사 데이터나 환경요인 변화가 예상될 때는 DCA 제1축의 환경요인 추정보다 TWINSpan의 식별종을 통한 그룹(식물군락)별 환경요인 추정이 더 효과적일 수 있다.

본 연구 결과처럼 TWINSpan 그룹별의 환경요인을 과도하게 작위적으로 추출했다고 비판할 수 있다. 하지만 종조성은 토양조건, 사면방위, 일사량, 교란 등 여러 가지 요인에 영향을 받지만, 그중에 영향력이 큰 요인들에 의해 민감하게 반응하는 종이나 생태적 선호도가 분명한 종이 사라지거나 늘어나게 된다(종조성 변화). TWINSpan기법에선 이런 식물종이 식별종(differential species)으로 추출되고, 특정 환경요인을 식별하는데 이용될 수 있다(Hill and Šmilauer, 2005). 그러므로 TWINSpan 등의 분류분석에선 식별종을 통해 그룹화된 식물군락별 입지환경 등의 요인을 찾아 논의하는 것이 무엇보다 중요하다고 본다. 우연 출현종이 식별종이거나 예측하기 힘든 교란, 미묘한(알기 어려운) 환경조건 차이 등에 의해 분할된 그룹은 환경요인을 밝히기가 어려운 경우가 생긴다. 그렇다 하더라도 정량적 식생분석의 취지는 환경요인을 찾는 것이므로 그룹간 환경요인의 상대적 차이 또는 단계별 그룹화의 환경변화 경향을 찾아내야 한다. 환경요인을 식별하기 위해선 예상되는 환경요인을 미리 상정해 환경요인에 따른 조사지를 명확하게 구분해 조사계획을 수립할 필요가 있다. 또 우연 출현종을 제거하거나 환경기울기 폭 및 환경변수 포함 여부를 고려해, 간접기울기분석(DCA, 주성분분석 PCA) 또는 직접기울기분석(정준대응분석 CCA, 중복분석 RDA)을 적절하게 선택해야 한다. 최근 일본 도서(Sasaki *et al.*, 2020)를 번역해 출간된 ‘식물군집의 구조와 다양성의 해석’을 관련 연구자들이 참고하면 좋겠고, 기존 연구 틀에서 벗어나 최근 통계분석기법을 활용한 식물군집 연구의 질적 향상을 기대한다.

REFERENCES

- Belbin, L. and C. McDonald(1993) Comparing three classification strategies for use in ecology. *Journal of Vegetation Science* 4: 341-348.
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. C. Brown Company. 194pp.
- Cho, H.S., S.E. Lee and M.J. Kim(2012) Vegetation structure of Jeolgu valley in the Nakdong-Jeongmaek. *Korean J. Environ.*

- Ecol. 26(5): 770-779. (in Korean with English abstract)
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Harcombe, P.A. and P.H. Marks(1978) Tree diameter distribution and replacement processes in Southeast Texas forests. *For. Sci.* 24(2): 153-166.
- Hill, M.O. and P. Šmilauer(2005) TWINSpan for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology & University of South Bohemia, Huntingdon & Ceske Budejovice. 29pp.
- Hill, M.O.(1979a) TWINSpan-a FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. *Ecology and Systematics*, Cornell Univ., Ithaca, New York. 990pp.
- Hill, M.O.(1979b) DECORANA-a FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell Univ., Ithaca, New York. 520pp.
- Jee, Y.K. and K.K. Oh(2001) Change of vegetation structure for 6 years (1994-1999) at the harvested forest area (I)-A case of (Mt.) Baegwoonsan research forest at Kwangyang city-. *Journal of Korean Forest Society* 90(6): 673-682. (in Korean with English abstract)
- Jo, J.C. and K.J. Lee(1988) Studies on the vegetational community of Hongrudong valley in the Mt. Gaya by ordination techniques. *Jour. Korean For. Soc.* 77(1): 73-82. (in Korean with English abstract)
- Kang, Y.S. and K.C. Oh(1982) An application of ordinations to Kwangnung Forest. *Journal of Plant Biology* 25(2): 83-99. (in Korean with English abstract)
- Katoh, K.(1995) Comparative study on ordination methods in ecological community analysis. *Environmental Science* 8(4): 339-352. (in Japanese)
- Kim, J.H.(2004) One Hundred Year of Ecology in Korea. Seoul National Univ. Publishing Culture Center. 548pp. (in Korean)
- Kim, J.S. and T.Y. Kim(2011) Woody Plants of Korean Peninsula. *Dolbegae*. 688pp. (in Korean)
- Kim, Y.S., K.J. Song, Y.H. An, K.K. Oh, K.J. Lee, Y.M. Lee and S.J. Jeong(2010) Handbook of Korean Landscape Woody Plants(3rd ed.). Kwang-il Publishing Co. 361pp. (in Korean)
- Korea Forest Service(2010) The Study on a Conservation Plan and Status Survey in the Honam-Jeongmaek. 439pp. (in Korean)
- Korea Forest Service(2014) Jeongmaek of Korea-The Study on a Conservation Plan and Status Survey in the Jeongmaek of South Korea. 420pp. (in Korean)
- Korea Forest Service(2015) The Study on a Natural Resources Change Survey and Management Practice in the Nakdong Jeongmaek. 539pp. (in Korean)
- Korea Forest Service(2016) The Study on a Natural Resources Change Survey and Management Practice in the Honam-Jeongmaek. 524pp. (in Korean)
- Legendre, P. and L. Legendre(Eds.) (2012) Numerical Ecology(3rd ed.). In Chapter 8 Cluster analysis. Elsevier, pp. 337-424.
- McCune, B. and M.J. Mefford(1999) PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4. MjM Software Design.
- National Institute of Forest Science(2017) 2016 Field Survey Report on Forest Resources: Geumnam-Honam, Honam Jeongmaek. National Institute of Forest Science. 408pp. (in Korean)
- Oh, H.K. and M.S. Beon(2007) Characteristics of distribution of vascular plants in the Mt. Manduk. *Journal of the Environmental Sciences* 16(10): 1139-1146. (in Korean with English abstract)
- Oh, H.K., B.Y. Son and J.H. You(2015) Study on vascular plants in Mt. Jangan, Jeollabuk-do for improving a forest recreation and designating an ecological and landscape conservation area. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 19(3): 59-77.
- Oh, H.K., Y.H. Han and K.U. Park(2013) Conservation management methods and vascular plants of the trail from Jangansan to Palgongsan, Jangsu, Jeonbuk. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 16(1): 227-244. (in Korean with English abstract)
- Oh, H.K., Y.H. Kim and M.S. Beon(2006) Studies on Resource Plants of the Mireukbong and Manduksan in Jeollabuk-do. *Korean Journal of Plant Resources* 19(4): 447-458. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K., H.M. Kang and S.G. Park(2014) Characteristics of Vegetation Structure on the Ridge of the Naknam-Jeongmaek. *Korean J. Environ. Ecol.* 28(6): 725-740. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H, K.J. Lee and J.C. Jo(1988) Structure of forest communities in Chiak mountain national park-Case study of Guryong temple-Birobong area-. *Korean J. Environ. Ecol.* 2: 1-8. (in Korean with English abstract)
- Park, S.G. and H.M. Kang(2016) Characteristics of vegetation structure in the ridge line area of the Nakdong-Jeongmaek. *Korean J. Environ. Ecol.* 30(3): 386-398. (in Korean with English abstract)
- Park, S.G. and K.K. Oh(2015) The types and structures of forest vegetation on the ridge of the Jeongmaeks in South Korea. *Korean J. Environ. Ecol.* 29(5): 753-763. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons, N.Y., 385pp.
- Sasaki, T., A. Koyama, T. Koyanagi, T. Furukawa and K. Uchida (Translated by Park, S.G. and S.H. Choi)(2020) *Data Analysis of Plant Community Structure and Diversity*. Nexus Publishing. 259pp. (in Korean)
- Song, D.J.(2020) Restoration Ecology of the Ussuri Black Bear (*Ursus thibetanus ussuricus*) at Jiri-san. Ph. D. Dissertation, Kangwon National Univ. 192pp. (in Korean with English abstract)