

남한의 기후와 지형적 특성에 근거한 주요 식물군락의 분포

양 금 철 · 심 재 국^{1,*}공주대학교 건설환경공학부, ¹중앙대학교 생명과학과

Distribution of Major Plant Communities Based on the Climatic Conditions and Topographic Features in South Korea

Keum-Chul Yang and Jae-Kuk Shim^{1,*}Division of Civil & Environmental Engineering, Kongju National University,
Cheonan 330-717, Korea¹Department of Life Science, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

Abstract - By using DEM and digital actual vegetation map with MGE GIS software program, topographic features (altitude, slope, latitude, etc.) quantitatively were analysed and their data integrated as the index of climatic conditions (WI, CI, air temperature, etc.) in South Korea. Warmth Index (WI) decreases 5.27°C · month with latitudinal 1° degree, and 3.41°C · month with altitudinal 100 m increase. The relationship between CI and WI values is expressed as a linear regression, $WI=116.01+0.96 \times CI$, $R^2=0.996$. The distributional peaks of different plant communities along Warmth Index gradient showed the sequence of *Abies nephrolepis*, *Taxus cuspidata*, *Abies koreana*, *Quercus mongolica*, *Carpinus laxiflora*, *Q. dentata*, *C. tschonoskii*, *Q. serrata*, *Pinus densiflora*, *Q. aliena*, *Q. variabilis*, *Q. acutissima*, *P. thunbergii*, *Q. acuta*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*, *Camellia japonica*, *Machilus thunbergii* community from lower to higher values. The *Quercus mongolica* forest occurred frequently on E-NW and SE slope aspect within WI 70 ~ 80°C · month optimal range at mesic sites, NW and SE slope than xeric sites S and SW slope. The *Q. serrata* forest showed the most distributional frequency in NW and W slope aspect within WI 90 ~ 100°C · month range, *Q. variabilis* and *Q. acutissima* forest showed the high frequency of distribution in SE slope in WI 95 ~ 100°C · month range. By the slope gradient analysis, five groups were found: 1. *Abies nephrolepis*, *Machilus thunbergii*, 2. *Taxus cuspidata*, *Abies koreana*, *Quercus mongolica*, *Q. dentata*, *Q. serrata*, *Q. variabilis*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* 3. *Pinus densiflora*, *Q. aliena*, *Q. acutissima*, *P. thunbergii*, *Q. acuta* 4. *Carpinus laxiflora*, *Camellia japonica* 5. *C. tschonoskii* from steep slope to gentle slope sequence.

Key words : GIS program, climatic conditions, topographic features, *Quercus mongolica*

서 론

* Corresponding author: Jae-Kuk Shim, Tel. 02-820-5211,
Fax. 02-820-5206, E-mail. shimjk@cau.ac.kr

한반도 식생의 분포역에 관해서는 Grisebach (1872)이 후 몇몇 문헌이 발견되나 Uyeki (1933) 이전의 문헌들은

실제조사에 근거한 것이 아니거나 논거가 빈약하다. Yim and Kira(1975)와 Yim(1977)은 식생대의 구분을 기후요인과 관계에서 고찰한 바 있으나, 식물군집의 지형적 특성과의 관계에서 검토된 바는 아직 없다. 한편 어떤 지역의 지형 특성이 기후분포에 어떠한 영향을 미치고 있고, 또 식생의 특성에 어떻게 반영되는가를 인과율적으로 설명한 예는 매우 드물다.

최근 컴퓨터 기술의 발달에 따라 광범위한 활용을 보이고 있는 지리정보시스템(Geographic Information Systems)은 기존의 문자 수치자료에 추가하여 공간적 위치와 관련된 지도자료를 수치화하여 처리·분석할 수 있는 기능이 있다. 특히 지형적, 기후적 정보와 산림 식생에 관한 연구로는 Strahler *et al.* (1978), Frank and Thorn (1985), Frank and Isard (1986), Cibula and Nyquist (1987), Frank (1988), Davis and Goetz (1990), 김 (1991), 이 등 (1996) 등의 연구가 있다.

식생의 공간적인 분포와 변화는 지형, 기후 등의 자연환경의 영향을 받는다. 일반적으로 지역의 규모가 클수록 위도대와 고도대별로 기후인자의 영향으로 대상적(zonal)인 분포를 보이기 때문에 기후형에 따라 수종과 군락이 결정된다(신 2006). 그러나 국지적 규모에서는 식생분포가 비대상적(azonal)인 특징을 보이기도 한다. 이는 지역의 지형, 토양, 수문환경 등이 수종과 군락의 분포에 더 많은 영향을 미치기 때문이다(이 등 2003).

한반도의 식생구분은 온도기후에 의존적이고 지형의 기복이 심하여 지형요인의 영향을 크게 받고 있다(Yim and Kira 1975; Yim 1977). 최근까지 상관에 의하여 인식된 식생형이나 식물사회학적으로 분류된 각급 단위가 무기환경적 요인에 의하여 그 분포역이 어떻게 한정되고, 그 조성이 어떤 변화를 초래하는지는 극소수의 예를 제외하면 일반적인 규칙성이 밝혀진 것은 거의 없다. 한반도의 삼림대의 구분이 온도기후에 의하여 결정되고(Yim and Kira 1975) 한반도에 분포하는 주요 수종의 분포가 온도기후에 제한되고 있음이 밝혀졌다. 그러나 지형요인이 식생환경으로서 밝혀진 것은 아직 없다. 어떤 지역의 특성이 기후 분포나 식생의 분포와 구조에 영향을 미치고 있음은 널리 알려져 있으나, 그 기작은 그 지역의 공간적, 시간적 변이에 따라 복합적으로 작동하므로 그러한 영향을 정량적으로 평가한다는 것은 지극히 어려운 과제 중의 하나이며 그러한 연구는 찾아보기 힘들다.

따라서 본 연구는 남한 전 지역을 대상으로 구축된 위도, 고도, 경사, 사면방위, 온량지수, 한랭지수, 연평균기온과 수치 현존식생도에서 추출한 주요 17군락을 MGE 프로그램을 이용하여 중첩분석을 통해 17군락의 지형

적, 기후적 공간분포 특성과 분포역 및 특성을 결정하는 요인을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

1. DEM으로부터 지형, 기후의 Grid Data File과 수치 현존식생도의 작성

국립지리원에서 만들어진 1:50,000 축적의 CAD형태 수치지도파일로부터 등고선 및 표고점 레이어(layer)만을 추출하여, 환경부(1999)에서 MGE(Modular GIS Environment) GIS 프로그램에 맞는 파일(DGN FILE)로 변환한 후 등고선 및 해안선 등을 검수하고, TIN(Triangulated Irregular Network)방식을 이용 경위도 좌표계 Gridded DEM를 추출하였다. 현존식생도 종이지도(남한의 1:50,000 지형도, 225도엽)를 Eagle 3640 Scanner로 스캐닝하여 *.cot File로 저장하고 BESSEL경위도 좌표계에 맞도록 Image to map registration한 후 Iras_B를 이용하여 식생경계선을 digitizing하고 DB화하여 현존식생도 수치 지도를 제작하였다.

1) 사면방위, 경사 Grid Data 및 위도 Grid Data 제작

환경부(1999)에서 구축한 1/50,000축적의 239도엽 경위도 좌표계 Grid Data(DEM)를 하나의 Grid Data File로 만들었다. 이것을 경위도 좌표계 Grid Data File을 MGE의 Command Prompt상에서 좌표변환하여 중부원점의 평면 직각 좌표계(Transverse Mercator: TM) Grid Data File로 만들었다.

위도 Ascii Data File을 MGE Terrain Analyst Tools 내의 ASCII to GRID을 이용하여 위도 Grid Data File을 만들었다. 100 meter Gridded DEM을 가지고 MGE Terrain Analyst의 분석으로 사면방위와 경사도 Grid Data File을 구했다.

2) DEM으로부터 기후지수 Grid Data 추출

남북한 기상자료(Yang and Shim 2005)로부터 산출된 온량지수 또는 한랭지수와 위도와의 일차회귀식(온량지수 = $-5.255 \times \text{Latitude} + 296.33$)은 남한만의 기상자료로 얻은 회귀식보다 위도증가에 따른 온량지수값의 체감이 적었고 신뢰값($R^2=0.83$)도 높았으므로 남북한 기상자료로 얻은 회귀식을 이용했다.

온량지수, 한랭지수 및 연평균기온의 다중회귀식은 양(2002)의 식을 사용하였다.

- 다중회귀식

$$WI = 296 - 5.27 \times \text{Latitude} - 0.0341 \times \text{Altitude} \quad (R^2 = 0.92)$$

Table 1. The analysed 17 plant communities and abbreviations

Community name		Abbr.
<i>Abies nephrolepis</i>	분비나무군락	An
<i>A. koreana</i>	구상나무군락	Ak
<i>Taxus cuspidata</i>	주목군락	Tc
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무군락	Qm
<i>Q. dentata</i>	떡갈나무군락	Qd
<i>Q. serrata</i>	졸참나무군락	Qs
<i>Q. aliena</i>	갈참나무군락	Qal
<i>Q. variabilis</i>	굴참나무군락	Qv
<i>Q. acutissima</i>	상수리나무군락	Qac
<i>Carpinus laxiflora</i>	서어나무군락	Cl
<i>C. tschonoskii</i>	개서어나무군락	Ct
<i>Pinus densiflora</i>	소나무군락	Pd
<i>P. thunbergii</i>	곰솔군락	Pt
<i>Quercus acuta</i>	붉가시나무군락	Qac
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	구실잣밤나무군락	Cc
<i>Camellia japonica</i>	동백나무군락	Cj
<i>Machilus thunbergii</i>	후박나무군락	Mt

$$CI = 169 - 4.97 \times \text{Latitude} - 0.0374 \times \text{Altitude} (R^2=0.90)$$

$$\text{연평균기온} = 43.5 - 0.847 \times \text{Latitude} - 0.00597 \times \text{Altitude} (R^2=0.95)$$

2. 지형, 기후 격자정보와 수치 군락분포도와 중첩분석

DEM으로부터 추출된 지형, 기후의 Grid Data File과 수치 현존식생도로부터 추출된 주요 17군락의 Grid Data File을 MGE Grid Analyst에서 중첩·분석하였다. 이를 바탕으로 위도, 고도, 사면방위, 경사도, 온량지수, 한랭지수 및 연평균기온의 분포와 각 식물군집의 분포역과의 관계를 분석하기 위하여 Table 1과 같이 17개 식물군락을 선택하였다.

3. SAS의 집락분석 (Cluster Analysis)과 Contour plot 작성

사면방위 등의 환경요인의 변화에 따른 각 식물군락의 분포역을 비교하기 위해 SAS (1999)의 Proc freq. (Chi-square test)를 실시하였다. 집락분석으로 얻어진 집락형태는 계층적집락(Hierarchical cluster)과 비연결적집락(Disjoint cluster)으로 구별된다. 여기에서는 집락분석을 위해 계층적 군집분석방법의 하나인 Complete Linkage Cluster Analysis를 사용하였다. Surfer Ver 7.0 프로그램 (1999)을 통해 주요 군락의 방위에 따른 경사도 contour plot와 방위에 따른 warmth index (WI) contour plot를 작성했다.

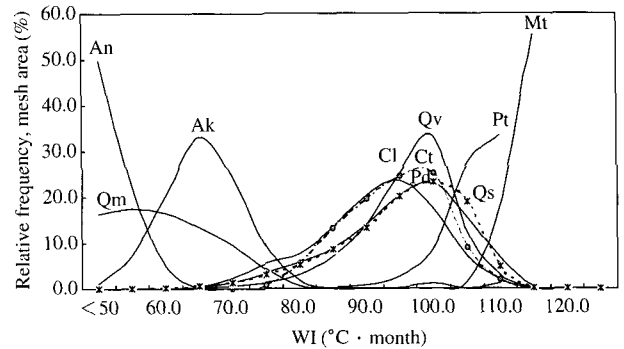


Fig. 1. Thermal distribution curves of some important plant communities. For abbreviation see Table 1.

결 과

1. 온도기후 정도에 따른 식물군락의 분포반응

온도기후 정도에 따른 식물군락의 분포반응은 Fig. 1 및 Table 2와 같다. 몇 종의 분포범위를 살펴보면 신갈나무 우점림의 분포역은 WI (°C · month)범위 42~116 °C · month이고, 77~78°C · month에서 최고의 분포빈도를 보인다. 굴참나무 우점림의 분포역은 WI 56~115이며 WI 96~98에서 최고의 분포빈도를 보였다. 서어나무 우점림의 분포역은 WI 57~111이고 WI 90~91에서 최고의 분포빈도를 보이며 74.9%가 WI 80~100에 분포하고 있다. 침엽수림에서는 소나무군락이 73.2%가 WI 85~105에, 이 중 43.5%가 WI 90~100에 분포하고 구상나무군락은 WI 43~108이고 WI 60~64에서 최고의 분포빈도를 나타낸다. 분비나무 우점림의 분포역은 WI 38~66이며 WI 51~53에서 최고의 분포빈도를 나타냈다. 주목군락은 WI 44~96, 주목군락 중 82.8%가 WI 44~65에, 이 중 24.5%가 WI 44~50에 분포하고 있다. 상록활엽수림에서 구실잣밤나무 우점림의 분포역은 WI 96~121이었고, WI 109~112에서 최고의 분포빈도를 나타내고 있다. 동백나무 우점림의 분포역은 WI 93~121이었고, WI 113~114에서 최고의 분포빈도를 보였다. 동백나무군락은 90.7%가 WI 105~120에, 이 중 45.6%가 WI 110~115에 분포하고 있다. 붉가시나무 우점림의 분포역은 WI 98~119이었고, WI 105~112에서 최고의 분포빈도를 보였다. 붉가시나무군락은 97.8%가 WI 100~115에, 이 중 45.0%가 WI 105~110에 분포하고 있다. 후박나무군락의 분포역은 WI 103~117이었고, 전체분포면적의 98.5%가 WI 105~120, 이 중 56.4%가 WI 110~115에 분포하고 있다.

Yim and Kira (1975)에 의하면 CI -10°C · month 이하

Table 2. The distribution range of 17 communities along WI, CI and annual mean temperature (°C) gradients

Community name	WI			CI			Annual mean temperature (°C)		
	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean
<i>Abies nephrolepis</i>	38	66	52.2	-52	-83	-67.5	1.2	6.1	3.7
<i>Taxus cuspidata</i>	44	96	58.9	-20	-77	-60.6	2.3	11.3	4.8
<i>Abies koreana</i>	43	108	63.4	-8	-77	-57.7	2.2	13.3	5.4
<i>Quercus mongolica</i>	42	116	78.0	0	-78	-39.9	2.0	14.6	8.2
<i>Carpinus laxiflora</i>	57	111	88.5	-6	-64	-30.6	4.5	13.7	9.8
<i>Quercus dentata</i>	58	107	88.8	-10	-61	-28.8	4.7	13.1	10.0
<i>Carpinus tschonoskii</i>	69	111	91.2	-7	-52	-28.3	6.5	13.6	10.2
<i>Quercus serrata</i>	53	117	92.3	0	-67	-25.4	3.8	14.7	10.6
<i>Pinus densiflora</i>	47	120	92.2	3	-74	-25.0	2.7	15.2	10.6
<i>Quercus aliena</i>	60	111	92.9	-6	-59	-24.2	5.0	13.8	10.7
<i>Q. variabilis</i>	56	115	93.1	-1	-64	-24.3	4.3	14.5	10.7
<i>Q. acutissima</i>	56	119	95.7	2	-64	-21.2	4.3	15.0	11.2
<i>Pinus thunbergii</i>	72	121	105.6	4	-47	-11.4	7.0	15.4	12.8
<i>Quercus acuta</i>	98	119	107.4	2	-21	-10.1	11.4	15.0	13.1
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	96	121	108.9	4	-21	-8.3	11.2	15.3	13.3
<i>Camellia japonica</i>	93	121	110.7	4	-27	-6.6	10.5	15.3	13.6
<i>Machilus thunbergii</i>	103	117	111.9	0	-14	-5.1	12.4	14.7	13.9

가 상록활엽수림의 등치선이라고 했는데, CI -10°C · month을 일차회귀식 (WI=116.0133+0.9577×CI)을 이용하여 WI로 환산하면 106.4°C · month가 되고 이 기준에 의하면 상록활엽수종인 붉가시나무림, 구실잣밤나무림, 동백나무림, 후박나무림이 이 등치선안에 분포하고 있다.

WI에 대한 집락분석결과 가장 가까운 집락은 붉가시나무림과 동백나무림이고 다음으로 구실잣밤나무군락과 후박나무군락으로 묶인다.

2. 연평균기온에 대한 식물군락의 분포반응

Table 2에서 각 군락의 연평균기온을 보면 분비나무림은 평균 기온이 약 3.7°C로 가장 낮았고, 후박나무림은 약 13.9°C로 가장 높았다. 평균 기온이 5.5°C 이하의 군락은 분비나무림, 주목림, 구상나무림이고, 신갈나무림은 8.2°C, 서어나무림은 9.8°C, 떡갈나무림, 개서어나무림, 졸참나무림, 소나무림, 갈참나무, 굴참나무림은 10.0~11.0°C, 상수리나무림은 11.2°C, 곰솔림은 12.8°C, 붉가시나무림, 구실잣밤나무림, 동백나무림, 후박나무림은 13.0°C 이상이었다. 연평균기온을 기준으로 삼림대를 나누는 여러 연구자들(Uyeki 1933; 정과 이 1965; Yim 1968)에 의하면, 상록활엽수림대는 연평균기온 14°C 이상(정과 이 1965; Yim 1968)과 연평균기온 15°C 이상(Uyeki 1933)에, 온대림은 5~14°C(정과 이 1965; Yim 1968)와 5~15°C(Uyeki 1933) 사이에, 한대림은 5°C(Uyeki 1933; 정과 이 1965; Yim 1968) 이하의 지역에 있다고 했다. 본 연구에서는 상록활엽수림종으로 붉가시나무림, 후박나무

림, 구실잣밤나무림, 동백나무림, 온대림 남부종으로 곰솔림, 중부종으로 서어나무림, 떡갈나무림, 개서어나무림, 졸참나무림, 소나무림, 갈참나무림, 굴참나무림, 상수리나무림, 북부종으로 신갈나무림, 한대림종으로 분비나무림, 주목림, 구상나무림으로 판단된다. 따라서 상록활엽수종의 연평균기온은 13°C 이남에 분포하므로 상록활엽수림대의 연평균기온은 등온선은 13°C, 온대림 남부는 11~13°C, 중부는 8~11°C, 북부는 5~8°C, 한대림은 5°C 이하로 구분할 수 있다.

3. 주요 식물군락의 분포역에 미치는 지형효과

Fig. 2에서 8방위에 대한 주요군락의 집락분석(Cluster analysis) 결과는 5개의 그룹으로 나누어진다. 첫 번째는 갈참나무림, 곰솔림, 상수리나무림, 굴참나무림, 소나무림, 동백나무림, 신갈나무림, 졸참나무림, 구실잣밤나무림, 떡갈나무림, 두 번째는 서어나무림과 개서어나무림, 세 번째는 구상나무림, 분비나무림, 붉가시나무림, 네 번째는 주목림, 다섯 번째는 후박나무림으로 이루어진 그룹이다. 이들 중 첫 번째는 남동, 두 번째는 남동, 북, 세 번째는 북, 북동, 네 번째는 북서, 다섯 번째는 서사면을 선호하는 집락으로 구분된다.

주요 식물군락의 사면 방위에 따른 온량지수의 분포역을 보면 신갈나무군락은 대체로 사면방위에 관계없이 WI값에 평행하고 있으나, 높은 빈도를 나타내는 WI=70~80°C · month역에서는 E-NW와 SE사면방위에서 특히 넓은 분포면적을 나타내고 있다. 실제 사면방위에 대한 최적 온량지수 분포역(Fig. 3A)은 북서사면의 최적온

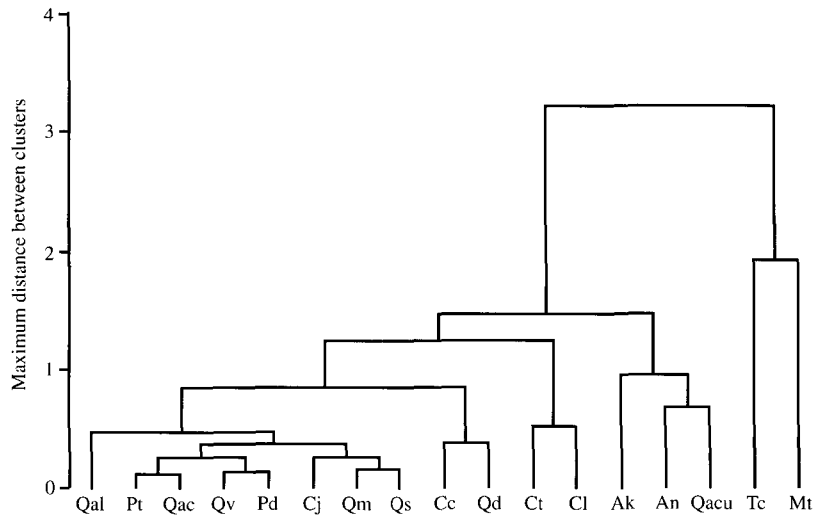


Fig. 2. Dendrogram framed by Complete Linkage Cluster Analysis on aspect values of 17 communities. For abbreviation see Table 1.

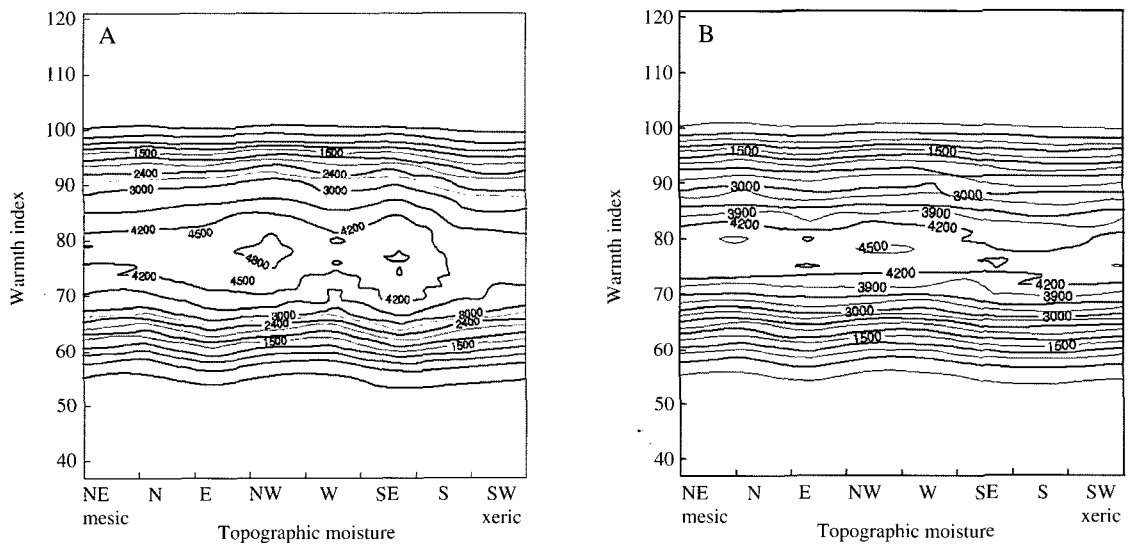


Fig. 3. Contour plot of *Q. mongolica* community. Horizontal axis: aspect gradient in degree. Vertical axis: WI gradient in °C · month. Figures correspond to No. of 100 × 100 m mesh. A: Diagram showed real aspect area, B: Diagram calculated by same aspect area.

량지수값이 남동사면의 최적온량지수값보다 약간 높게 나타났다. 이는 북서사면의 실제면적이 많기 때문인데 이 면적을 동일하게 하여 사면방위별 온량지수 분포역을 보면(Fig. 3B) 북사면의 신갈나무분포가 남사면보다 높은 WI값을 가지면서 최고곡선을 하고 있다. 이는 일사량에 있어 북사면이 남사면보다 적게 받기 때문에 신갈나무가 최적을 유지하기 위해 남사면보다 더 많은 온량지수값을 필요로 하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 사면의 방위에 따라 습도환경이 다를 것으로 기대하여 온도기후(WI)와 습도기후의 경도에 따라 신갈나무군락의 분포가 어떠한 영향을 받는가를 검토한 것이다(Fig.

3). 사면별 면적분포의 실제적 자료에 근거하면 Fig. 3A와 같고 사면별 분포면적이 동일한 경우를 상정하여 보면 Fig. 3B와 같다. 이를 따르면 사면의 차이보다는 온도기후에 의존하고 있음을 알 수 있고, 신갈나무림의 분포면적이 북서, 북, 동서사면에 높은 값을 나타내는 것은 실제사면별 토지면적이 영향을 미치고 있는 것으로 보인다.

줄참나무림의 사면방위별 온량지수의 분포역(Fig. 4)은 신갈나무림과 달리 남동사면이 북서사면보다 약간 높은 WI값을 가지면서 최고곡선을 그리고 있다. 굴참나무림과 상수리나무림은 사면방위별 온량지수의 분포역

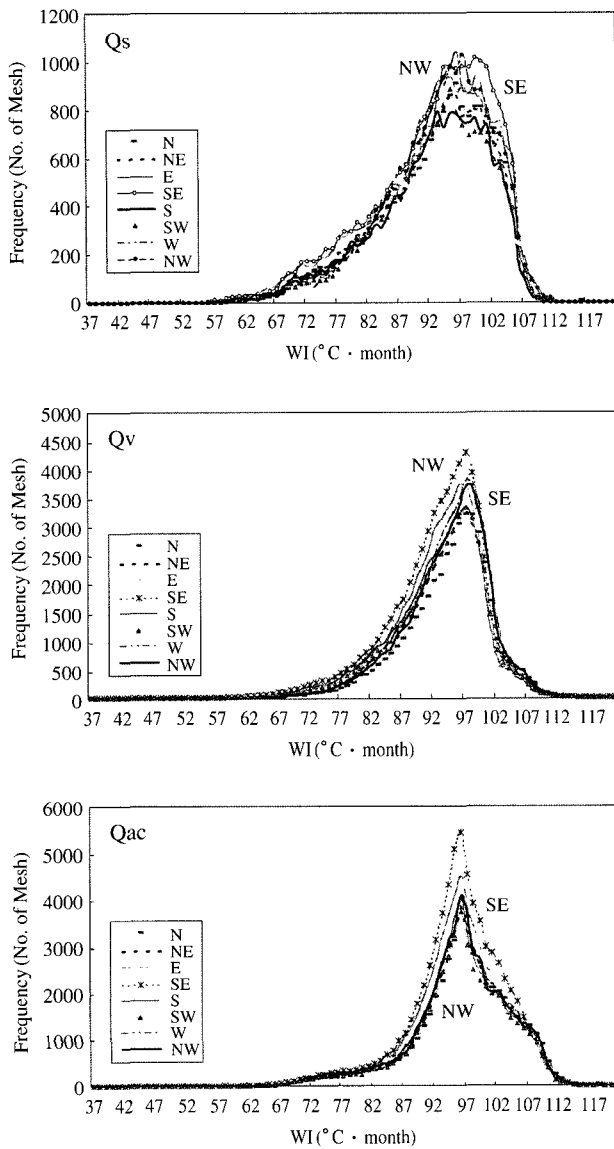


Fig. 4. The aspect-frequency curves of some communities along WI gradient. Qs: *Quercus serrata*, Qv: *Q. variabilis*, Qac: *Q. acutissima*.

을 보면 사면방위별로 WI 96~98값을 기준으로 낮은 값에서는 뚜렷한 차이를 보이는데 높은 값에서는 차이를 보이지 않고 분포하며 굴참나무림과 상수리나무림은 사면방위별로 온량지수 최고면적을 달리하는데 북동사면에서 높은 값을 보인다. 또한 졸참나무림은 NW, W에서 최고값을 보이는 반면 굴참나무림과 상수리나무림은 SE에서 많이 분포하고 있고, 졸참나무림과 굴참나무림은 온량지수값이 높은 곳에서 분포가 제한되고 있음을 알 수 있다(Fig. 4).

Table 3에서, 각 군락의 평균경사도를 보면 개서어나무림은 평균경사가 12.1°로 가장 낮았고, 후박나무림과

Table 3. The distribution range of 17 communities along slope gradient

Community	Slope range	Mean
<i>Abies nephrolepis</i>	1~53	27.0
<i>Taxus cuspidata</i>	3~44	24.2
<i>Abies koreana</i>	0~49	23.2
<i>Quercus mongolica</i>	0~76	23.8
<i>Carpinus laxiflora</i>	0~56	15.9
<i>Quercus dentata</i>	1~44	22.4
<i>Carpinus tschonoskii</i>	0~48	12.1
<i>Quercus serrata</i>	0~58	21.5
<i>Pinus densiflora</i>	0~61	19.6
<i>Quercus aliena</i>	0~49	19.3
<i>Q. variabilis</i>	0~60	22.0
<i>Q. acutissima</i>	0~60	18.5
<i>Pinus thunbergii</i>	0~58	17.5
<i>Quercus acuta</i>	0~42	20.2
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	0~55	21.0
<i>Camellia japonica</i>	0~55	16.3
<i>Machilus thunbergii</i>	0~47	27.1

분비나무림은 각각 27.1, 27.0°로 가장 높았다. 평균경사가 20° 이하의 군락은 서어나무림, 소나무림, 갈참나무림, 상수리나무림, 곰솔림, 동백나무림이고, 평균경사가 20° 이상인 군락은 주목림, 구상나무림, 신갈나무림, 떡갈나무림, 졸참나무림, 굴참나무림, 붉가시나무림 및 구실잣밤나무림이었다. SAS의 χ^2 분석결과 각 군락마다 선호하는 경사가 있음이 확인되었다($\chi^2=8504$, $P<0.0001$). 또한 경사도에 대한 집락분석결과 5개 집락으로 구별된다. 첫째는 분비나무림, 후박나무림으로 27°, 둘째는 주목림, 구상나무림, 신갈나무림, 떡갈나무림, 졸참나무림, 굴참나무림, 구실잣밤나무림으로 21~24°, 셋째는 소나무림, 갈참나무림, 상수리나무림, 곰솔림, 붉가시나무림으로 18~20°, 넷째는 서어나무림과 동백나무림으로 16°, 다섯째는 개서어나무림으로 12°를 선호하는 그룹으로 구분된다.

신갈나무 우점림의 분포를 경사도와 Whittaker(1967)의 topographic moisture를 고려한 사면방위로 분석한 결과, 건조한 남사면이나 남서사면보다 비교적 적습한 서북, 남동사면 등에 집중적으로 분포하고 경사가 21~30°인 곳에 신갈나무군락이 많이 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 5). 이 경사구간보다 경사도가 증가하거나 감소하면 그에 따른 분포면적(mesh area)이 감소하는 것으로 나타난다. 경사도가 낮은 곳에 분포면적이 낮게 나타난 것에는 두 가지 이유를 생각할 수 있다. 먼저, 낮은 경사도는 대개 저지대이므로 신갈나무림 형성에는 부적당한 고온일 수가 있다. 이 경우에는 경사도가 문제가 아니고 온도기후의 효과일 수 있다. 둘째, 저지대는 인간간섭이 심하여 신갈나무숲이 유지되지 않았을 수 있다. 한편 신갈나무림은 경사도 20° 이하에서는 사면방위와 무관하

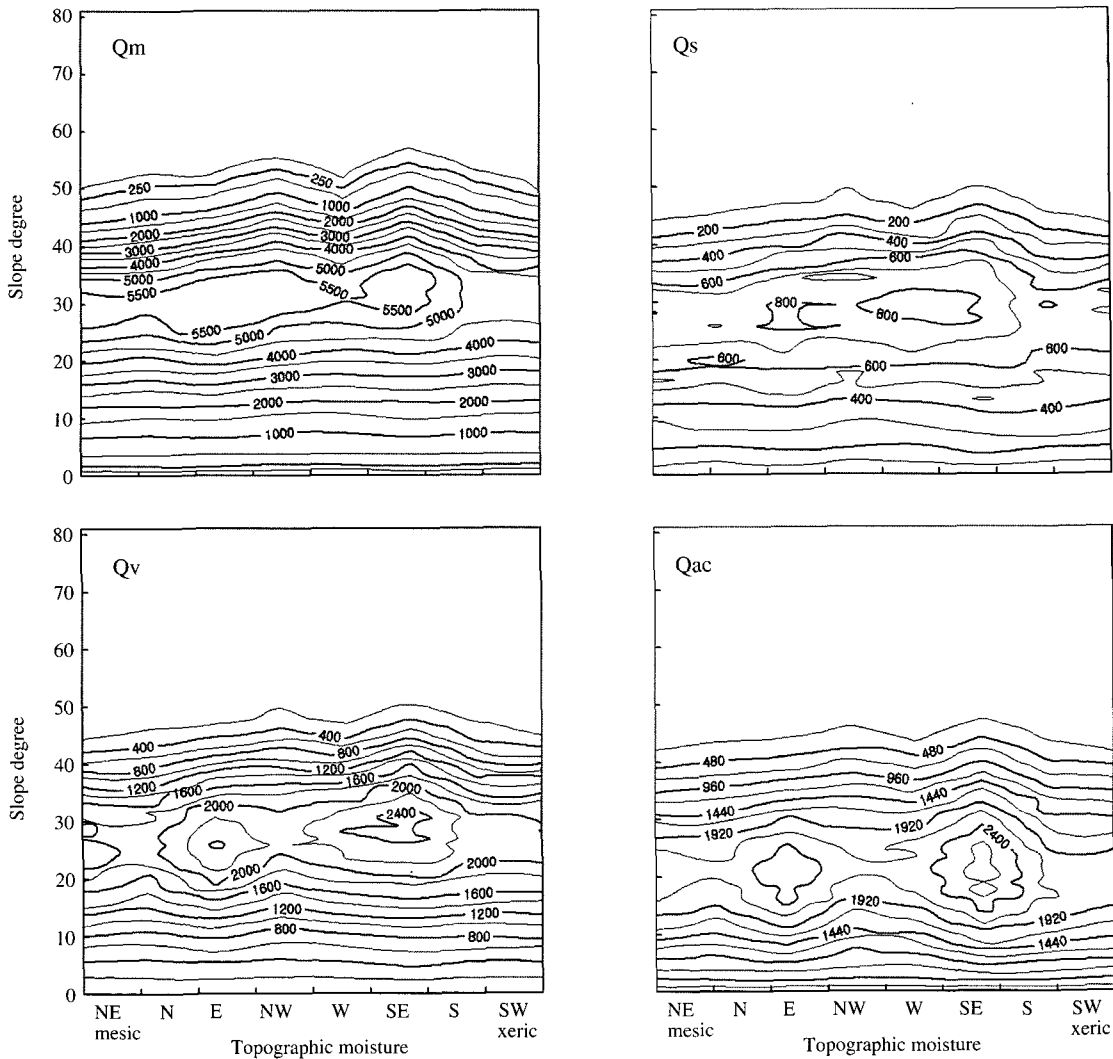


Fig. 5. Contour plots of some important plant communities. Horizontal axis: aspect gradient in degree, Vertical axis: slope gradient in degree, Figures correspond to No. of mesh (100 × 100 m). For abbreviation see Table 1.

지만 그 이상에서는 SE와 NW방위에서 높은 빈도를 나타내고 있다. 졸참나무림은 서향과 남동향이면서 신갈나무보다는 덜 습한 곳에 많이 분포하는 경향이 있고 경사도는 대체로 21~30°를 선호한다. 굴참나무림은 신갈나무림과 달리 적습한 북동, 북사면보다 비교적 건조한 남동사면에 분포하고 경사가 21~25°인 곳에서 많이 분포하는 것으로 나타났다 (Table 4).

남한만의 지역에서 각 군락의 평균고도를 보면 후박나무군락은 평균고도가 100.5 m로 가장 낮았고, 구상나무군락은 1410.6 m로 가장 높았다 (Table 5). 평균고도가 200 m 이하의 군락은 곱솔군락, 구실잣밤나무군락, 동백나무군락이고, 200~400 m은 소나무군락, 갈참나무군락, 굴참나무군락, 상수리나무군락, 붉가시나무군락, 400~800 m은 신갈나무군락, 서어나무군락, 떡갈나무군락, 개서어

나무군락, 졸참나무군락, 1,000 m 이상은 분비나무군락, 주목군락과 구상나무군락이었다.

고찰

본 연구의 목적은 전국 수치 현존식생도의 17개 주요 식물군락과 지형, 기후계자정보의 중첩분석을 통해 지형적, 기후적 공간분포특성과 분포역 특성을 결정하는 요인을 밝히고자 하였다.

남한에서는 온량지수 범위로 볼 때, 분비나무림은 평균 WI가 52.2°C · month로 가장 낮았고 후박나무림은 평균 WI가 111.9°C · month로 가장 높았다. 평균 WI가 65°C · month 이하의 군락은 주목, 구상나무림이고, 신갈

Table 4. The No. of mesh (100 × 100 m) of topographic unit by combination of aspect and slope gradient in S. Korea, For abbreviation see Table 1

Com.	Slope	Aspect							
		Mesic						Xeric	
		NE	N	E	NW	W	SE	S	SW
Qm	0	20	17	20	22	21	23	20	12
	1~5	1,642	1,635	1,657	1,539	1,557	1,659	1,563	1,491
	5~10	6,435	6,018	6,233	5,674	5,594	6,186	5,798	5,541
	10~15	12,577	11,893	12,755	11,210	11,208	11,512	11,209	11,075
	15~20	20,623	19,260	20,916	18,700	17,656	18,351	17,090	17,029
	20≤	79,450	81,621	92,388	99,870	83,966	104,945	77,454	71,708
Qs	0	12	13	4	11	12	12	15	13
	1~5	593	501	632	518	497	665	534	478
	5~10	1,404	1,489	1,570	1,371	1,447	1,694	1,749	1,614
	10~15	2,276	2,248	2,508	2,172	2,217	2,508	2,297	2,133
	15~20	3,275	3,043	3,268	3,067	3,217	3,195	2,802	2,852
	20≤	9,934	10,186	11,880	12,354	11,940	13,576	9,228	9,425
Qv	0	6	14	17	13	12	19	11	11
	1~5	817	834	876	781	878	1,003	885	845
	5~10	3,085	2,846	3,357	2,750	3,008	3,387	3,269	3,229
	10~15	6,282	5,607	6,664	5,397	6,138	6,565	6,153	6,127
	15~20	9,046	7,900	10,275	8,336	9,297	9,801	8,985	8,966
	20≤	25,633	25,551	32,278	32,221	32,942	40,006	29,186	28,164
Qac	0	37	53	83	68	66	65	81	52
	1~5	2,274	2,361	2,513	2,192	2,142	2,696	2,459	2,232
	5~10	6,512	6,056	7,319	5,436	5,875	7,994	7,094	6,514
	10~15	9,966	9,150	11,345	8,495	9,424	12,004	10,069	9,213
	15~20	11,177	10,757	12,782	10,675	11,238	13,695	10,497	10,338
	20≤	21,044	22,254	26,064	26,320	24,317	33,776	21,422	19,741
Qal	0	3	1	1	0	1	0	4	2
	1~5	91	61	88	73	65	105	81	59
	5~10	251	254	310	235	206	299	236	209
	10~15	467	414	561	343	395	445	329	331
	15~20	567	436	613	491	442	553	413	370
	20≤	1,016	1,017	1,227	1,196	1,213	1,587	906	779

나무림은 78°C · month, 서어나무림과 떡갈나무림은 88°C · month이고, 개서어나무림은 91°C · month이고, 졸참나무림, 소나무림, 갈참나무림은 92°C · month이고, 굴참나무림은 93°C · month이고, 상수리나무림은 95°C · month이고, 곶솔림은 105.6°C · month이고, 붉가시나무림, 구실잣밤나무림, 동백나무림은 107°C · month 이상이었다. 한랭지수범위로 보면 대체로 WI와의 관계가 역의 반응으로 나타났다.

식생연속체설에 의하면 식물군집을 종개체군의 빈도 분포곡선의 중첩으로 볼 수 있기 때문에 우점종의 내성 범위는 곧바로 식생형에 반영되는 것으로 볼 수 있다. Yim (1977)은 *Abies nephrolepis*, *Taxus cuspidata*, *Quercus mongolica*, *Carpinus laxiflora*, *Q. dentata*, *C. tschonoskii*, *Q. serrata*, *Pinus densiflora*, *Q. aliena*, *Q. variabilis*, *Q. acutissima*, *P. thunbergii* 그리고 *Camellia japonica* 수종에 대해서 WI의 whole range는 각각 14~75, 13~90, 18~111, 41~121, 50~123, 47~122, 40~122, 30~122,

50~121, 58~122, 58~112, 67~123, and 68~125°C · month이고, optimal range는 각각 34~65, 37~62, 46~90, 67~94, 75~97, 77~103, 67~92, 60~95, 75~91, 77~95, 85~99, 93~104 그리고 100~125°C · month이라고 보고했는데 식물군집은 Yim (1977)의 whole range보다 optimal range에서 성립될 것이고 여기에서 분석한 결과도 이 이론에 부합되는 것으로 나타났다. 또한 Yim (1977)은 *Q. acuta*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* 및 *Machilus thunbergii*의 평균 WI는 각각 107.2, 108.8 및 108.2로 보고했는데 본 연구에서는 107.4, 108.9 및 111.9°C · month의 결과로 거의 일치된 값을 얻었고, Yim and Kira (1975)에 의하면 CI -10°C · month 이하가 상록활엽수림의 등치선이라고 했는데 CI -10°C · month을 일차회귀식 (WI=116.0133+0.9577×CI)을 이용하여 WI로 환산하면 106.4°C · month가 되고 이 기준에 의하면 상록활엽수종인 붉가시나무, 구실잣밤나무, 동백나무, 후박나무가 이 등치선안에 분포하고 있었다. 그리고 기존의

Table 5. The distribution range of 17 communities along altitude (m) gradient

Community	Altitude range	Mean
<i>Abies nephrolepis</i>	847~1,678	1,266.5
<i>A. koreana</i>	18~1,935	1,410.6
<i>Taxus cuspidata</i>	82~1,803	1,142.2
<i>Quercus mongolica</i>	4~1,797	633.9
<i>Q. serrata</i>	0~1,486	317.0
<i>Q. dentata</i>	83~1,093	407.3
<i>Q. variabilis</i>	0~1,491	376.7
<i>Q. acutissima</i>	0~1,211	252.5
<i>Q. aliena</i>	8~1,468	298.9
<i>Carpinus laxiflora</i>	14~1,795	756.8
<i>C. tschonoskii</i>	14~1,465	799.8
<i>Pinus densiflora</i>	0~1,725	335.9
<i>P. thunbergii</i>	0~937	160.2
<i>Quercus acuta</i>	0~510	222.3
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	0~630	187.5
<i>Camellia japonica</i>	0~804	154.4
<i>Machilus thunbergii</i>	0~292	100.5

식생도(Uyeki 1933; 정과 이 1965; Yim 1968)을 검토해 보면, 상록활엽수림대는 연평균기온 14°C 이상(정과 이 1965; Yim 1968)과 연평균기온 15°C 이상(Uyeki 1933)에, 온대림은 5~14°C(정과 이 1965; Yim 1968)과 5~15°C(Uyeki 1933) 사이에, 한대림은 5°C(Uyeki 1933; 정과 이 1965; Yim 1968)이하의 지역에 나타난다. 본 연구에서는 상록활엽수림은 연평균기온 13°C 이상 된다. 온대림 남부는 11~13°C, 중부는 8~11°C, 북부는 5~8°C, 아한대림은 5°C 이하로 판단된다.

사면방위별로 온량지수의 분포역을 보면 신갈나무림은 대체로 보아 사면방위에 관계없이 WI값에 평행하고 있으나, 높은 빈도를 나타내는 WI=70~80°C·month역에서는 E-NW와 SE사면방위에서 특히 넓은 분포면적을 나타내고 있다. 졸참나무림은 NW, W에서 최고값을 보이는 반면 굴참나무림과 상수리나무림은 SE에서 많이 분포하고 있고, 졸참나무림과 굴참나무림은 온량지수값이 높은 곳에서 분포가 제한되고 있음을 보여준다.

경사도와 사면방위(Whittaker (1967)의 topographic moisture)를 분석한 결과, 신갈나무림은 건조한 남사면이나 남서사면보다 비교적 적습한 서북, 남동사면 등에 집중적으로 분포하고 경사가 21~30°인 곳에 많이 분포되는 것으로 나타났다. 졸참나무림은 서향과 남동향이면서 신갈나무보다는 덜 습한 곳에 많이 분포하는 경향이 있고 경사도는 대체로 21~30°를 선호하는 듯하다. 굴참나무림은 신갈나무림과 달리 적습한 북동, 북사면보다 비교적 건조한 남동사면에 분포하고 경사가 21~25°인 곳에서 많이 분포하는 것으로 나타났다.

적 요

남한 전 지역을 대상으로 구축된 위도, 고도, 경사, 사면방위, 온량지수, 한랭지수, 연평균기온과 수치 현존식생도에서 추출한 주요 17군락을 MGE프로그램을 이용하여 중첩분석을 통해 17군락의 지형적, 기후적 공간분포 특성과 분포역 및 특성을 결정하는 요인을 밝히고자 하였다.

온량지수(WI)는 수평적으로 위도 1° 증가에 5.27°C·month, 수직적으로 표고 100 m 상승함에 따라서 3.41°C·month 체감하고, WI와 CI사이의 관계는 선형 회귀식 $WI=116.01+0.96 \times CI$, $R^2=0.996$ 으로 표현되었다.

WI값이 낮은 곳에서 높은 곳으로 분포하는 식물 군락은 *Abies nephrolepis*, *Taxus cuspidata*, *Abies koreana*, *Quercus mongolica*, *Carpinus laxiflora*, *Q. dentata*, *C. tschonoskii*, *Q. serrata*, *Pinus densiflora*, *Q. aliena*, *Q. variabilis*, *Q. acutissima*, *P. thunbergii*, *Q. acuta*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*, *Camellia japonica*, *Machilus thunbergii* community 순으로 나타났다.

신갈나무림은 건조한 남사면이나 남서사면보다 비교적 적습한 서북, 남동사면 등에 분포하며, WI가 70~80°C·month인 곳에 많이 분포하는 것으로 나타났다. 졸참나무림은 WI 90~100°C·month의 범위를 갖는 대부분의 북서 사면과 서사면에 분포하였다. 굴참나무림과 상수리나무림은 WI 95~100°C·month의 남동 사면에 높은 분포빈도를 보였다.

경사도에 따른 식물군락의 분포를 급경사에서 완경사 순으로 1. *Abies nephrolepis*, *Machilus thunbergii*, 2. *Taxus cuspidata*, *Abies koreana*, *Quercus mongolica*, *Q. dentata*, *Q. serrata*, *Q. variabilis*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* 3. *Pinus densiflora*, *Q. aliena*, *Q. acutissima*, *P. thunbergii*, *Q. acuta* 4. *Carpinus laxiflora*, *Camellia japonica* 5. *C. tschonoskii* community의 5개 그룹으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 김철민. 1991. Landsat TM테이타와 수치지형모델을 이용한 산림분포 해석에 관한 연구-금오산지역을 중심으로. 서울대학교석사학위논문. 68pp.
- 신근하. 2006. DEM을 이용한 자연환경인자와 식생분포의 공간적 관계분석-지리산 국립공원을 사례로. 한국지형학회. 13:85-95.
- 양금철. 2002. 한반도의 기후와 지형적 특성에 근거한 생태

- 공간의 분류. 중앙대학교 박사학위논문.
- 이규성, 이병천, 신준환. 1996. 환경인자의 공간분석을 통한 남한지역의 산림식생대 구분: 지리정보시스템(GIS)에 의한 접근. 한국생태학회지. 19:465-476.
- 이민부, 김남신, 최한성, 신근하. 2003. DEM과 Landsat 영상을 이용한 북청-단천 지역의 식생분포와 지형. 한국지형학회. 10:441-451.
- 정태현, 이우철. 1965. 한국삼림식물대 및 적지적수론. 성대 논문집 제10편. pp. 329-435.
- 환경부. 1999. 수치고도자료(Digital elevation model)의 구축.
- Cibula WG and MO Nyquist. 1987. Use of topographic and climatological models in a geographical data base to improve Landsat MSS classification for Olympic National Park. Photogram. Eng. Remote Sens. 53:67-75.
- Davis FW and S Goetz. 1990. Modeling vegetation pattern using digital terrain data. Landscape Ecol. 4:69-80.
- Frank TD and CE Thorn. 1985. Stratifying alpine tundra for geomorphic studies using digitized aerial imagery. Arctic Alpine Res. 17:179-188.
- Frank TD and SA Isard. 1986. Alpine vegetation classification using high resolution aerial imagery and topoclimatic index values. Photogram. Eng. Remote Sens. 52:381-388.
- Frank TD. 1988. Mapping dominant vegetation communities in the Colorado Rocky Mountain Front Range with Landsat Thematic Mapper and digital terrain data. Photogram. Eng. Remote Sens. 54:1727-1734.
- Golden software. 1999. Reference Manual: Surfer 7.0. Golden software Inc., Colorado.
- Grisebach A. 1872. Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung. Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- SAS. 1999. SAS/STAT user's guide. Release 8.01, SAS institute Inc., Cary, NC.
- Strahler AH, JT Logan and NA Bryant. 1978. Improving forest cover classification accuracy from Landsat by incorporating topographic information. Proceedings of the Twelfth International Symposium on Remote Sensing of Environment. Environmental Research Institute of Michigan. pp. 927-942.
- Uyeki H. 1933. On the forest zones of Korea. Acta Phytotax. Geobot. 2:73-85. (in Japanese)
- Whittaker RH. 1967. Gradient analysis of vegetation. Biol. Rev. 49:207-264.
- Yang KC and JK Shim. 2005. Classification of Biochores in Korean J. Environ. Biol. 23:215-220.
- Yim KB. 1968. Jorimhak Wonron (Principles of silviculture). Hyangmunsa, Seoul. (in Korean)
- Yim YJ and T Kira. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. Jap. J. Ecol. 25:77-88.
- Yim YJ. 1977. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. III. Distribution of tree species along the thermal gradient. Jap. J. Ecol. 27:177-189.

Manuscript Received: March 10, 2007
 Revision Accepted: May 7, 2007
 Responsible Editor: Joo-Hwan Kim