

內延山 一帶 森林植生の 群落分類에 關한 研究

이 병 천 · 윤 충 원[†]

임업연구원 산림환경부 산림생태과

적 요: 내연산의 산림식생을 대상으로 ZM 식물사회학적 방법에 의해 군락단위 및 그 하위단위를 분류하고, 분류된 각 단위와 환경사이의 상관관계를 서열법으로 해석하여 내연산 산림식생관리를 위한 기초자료를 제공할 목적으로 본 연구를 수행하였다. 군락단위는 신갈나무군락, 굴참나무군락, 소나무군락, 서어나무군락, 느티나무군락이 구분되었고, 하위단위는 신갈나무군락에서 철쭉꽃군과 참회나무군, 굴참나무군락에서 우산나무군, 털조록싸리군 및 찰피나무군, 느티나무군락에서 까치박달군과 고욤나무군이 각각 세분되었다. 따라서 내연산 일대의 산림은 5개군락, 7개군으로 총 9개의 식생단위로 분류되었다. CCA 방법으로 식생과 환경사이의 상관관계 분석 결과 내연산 지역의 식생단위는 해발고도가 가장 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 신갈나무군락의 철쭉꽃군과 참회나무군은 해발고도와 지형이 높은 곳과 노암율이 낮은 곳에 각각 분포하는 경향이 있었다. 한편 느티나무군락은 신갈나무군락과 역의 관계로 나타났다. 앞으로 산림식생관리시 특히 계곡림에 대해서는 교목층의 우점종들이 상관적으로 이질적인 모습을 하고 있더라도 하나의 관리단위로 고려되어야 할 것으로 판단되었다.

검색어: CCA, 군락, 산림식생, 내연산, 서열법, 식물사회학

서 론

산림식생에 관한 연구는 1970년 중반부터 서구에서 발달한 Braun-Blanquet의 식물사회학이 일본을 거쳐 국내에 유입되면서 산림생태계 및 산림식생의 연구에 일대 전환이 일어났으며, 또한 미국에서 발달한 서열법의 일종인 PO, PCA, DCA, CCA, DCCA 등의 방법이 국내에 도입되어 군집단위와 그 분포환경의 연구에 많은 기여를 해 왔다(이 등 1992, 이와 신 1994, 송 등 1995, 이 등 1996, 이 등 1997, 이와 김 1998, 윤과 홍 2000). 즉, 정성적 분석방법과 정량적 분석방법이 한반도 산림생태계의 조사와 분석에 널리 이용되어 왔고, 또한 산림의 조성기법 개발에 대한 이용요구로 점차 보편화되어 왔으나, 좀 더 조직적이고 체계적인 산림식생의 관리방안을 마련하기 위해서는 이 두 가지 방법을 병용하여 종합적인 산림식생체계 즉, 한반도 산림식생관리단위의 구축과 해석이 절실히 요구되는 시점에 도달하였다고 할 수 있다.

따라서 임업연구원에서는 한반도 산림생태계 및 식생단위의 체계화를 위하여 1991년부터 광릉천연림지역을 시작으로 점봉산(1992), 덕유산(1994), 두륜산(1996), 계방산(1998) 등 15개 산지에 대하여 연차별로 식생조사 및 군집분류와 분포환경 조사를 실시해오고 있다. 이 연구의 일환으로 내연산 일대를 연구대상지로 선정하여 분류법(classification)과 서열법(ordination)을 병행하여 산림식생관리단위와 그 분포환경에 대하여 분류하고 해석하고자 하였다.

內延山(710m)은 낙동정맥이 강원도 매봉산에서 분기하여 면산, 통고산, 백암산을 거쳐 주왕산 일대에서 동쪽으로 쪽 뺨어 있는 산이다. 내연산은 경상북도 영덕군과 포항시의 경계지점에 위치하고 있으며, 동해로 바로 유입되는 청하천과 하옥으로 이어져 동해로 유입되는 대서천을 가르면서 남북으로 동대산(791.3 m), 문수산(622 m), 향로봉(929.9 m), 매봉(816 m), 샷갯봉(716 m), 천령산(775 m) 등 많은 山峯들이 형성되어 있다. 내연산은 남쪽에서 끝난다하여 종남산(終南山), 세개의 능선이 이어진다고 하여 삼지봉(三枝峰)이라고도 한다. 내연산 최고봉은 향로봉(929.9m)이다. 내연산을 연구대상지로 하는 보고로는 박(1981)과 김 등(1999)의 식물상 조사에 대한 연구가 있으나 산림식생에 대한 연구는 아직 보고되지 않고 있다. 따라서 본 연구는 단기적으로 산림식생관리에 대한 기초자료를 제공할 뿐만 아니라 종합적인 식생체계 구축을 위한 자료로 활용될 것이며, 장기적으로는 계(system) 수준의 연구, 즉 산림생태계의 연구와 이해에도 유용할 것이라 생각된다.

재료 및 방법

조사지 개황

본 조사지의 위경도는 북위 36° 00' 00"와 동경 129° 17' 30" 교차선 일대로 내연산 정상은 약간 북쪽에 위치하고 있다. 행정구역은 내연산과 향로봉 서향에 포항시 죽장면이, 천령산 남쪽으로는 포항시 청하면이, 내연산과 천령산 사이에는 포항시 송라면이, 그리고 내연산과 문수산 북향으로는 영덕군 남정면이 각

[†] Author for correspondence; Phone: 82-2-961-2542, e-mail: cwyun28@empal.com

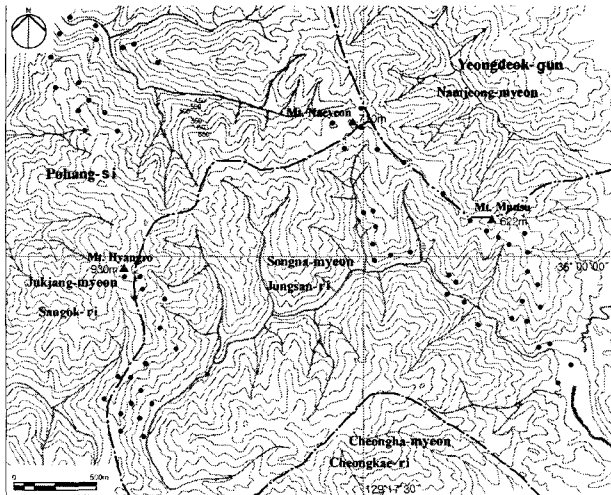


Fig. 1. A map showing the 70 plots sampled in Mt. Naeyeon.

각 위치하고 있다(Fig. 1).

조사지 일대의 희귀 및 멸종위기식물로는 산림청 임업연구원 (1996)의 보존우선순위 22위인 둥근잎평의비름(*Sedum rotundifolium*), 보존우선순위 57위인 등칠표(*Aristolochia manshuriensis*), 보존우선순위 138위인 망개나무(*Berchemia berchemiaefolia*)가 이번 조사에서 발견되었다. 둥근잎평의비름은 주로 계곡주위의 바위틈새에서 주로 자생하고 있었으며, 등칠표는 향로봉에서 마두교 방향의 사면부에 분포하였으며, 망개나무는 청하천 일대에서 발견되었다.

조사지 일대의 기후는 내연산과 가까운 곳에 위치하고 있는 영덕 기상관측소와 경주기상관측소의 21년간(1978~1998년)자료와 6년간(1993~1998년)자료를 각각 이용하여 온우도(climate diagram)를 작성하였던 바(Fig. 2), 영덕과 경주의 연평균기온은 모두 12.8°C로 동일한 기온을 나타내었으며, 연평균강수량은 각각 1,156.9mm와 884.5mm로 나타나 경주가 영덕에 비해 강수량이 낮은 경향이였다.

조사 및 분석방법

2000년 4월부터 10월까지 예비답사를 통하여 내연산 일대의 전반적인 식생개황과 지형지세를 파악한 후 야외조사를 실시하였고, 식생분석자료를 얻기 위해 ZM학파의 식물사회학적 방법(Ellenberg 1956, Braun-Blanquet 1964)에 따라 지형, 생태적 밀도, 해발 등의 여러 입지환경요인을 고려하였으며, 이질적인 군락의 요소가 들어와 혼합하게 되지 않도록 하기 위하여 조사구의 크기를 100 m²로 하였다. 조사구는 총 70개 설치하였고(Fig. 1), 설치된 조사구의 조사방법은 식생조사법에 따라 조사구내에 출현하는 모든 종의 양과 생육상태에 대한 측정을 실시하였다. 즉, 출현하는 각 종의 피도와 개체수를 조합시킨 우점도 계급(Braun-Blanquet, 1964)을 층위별로 구분하여 판정·기록하였고, 생육상태는 종 개체의 집합 혹은 이산의 정도에 따른 군도계급 등을 측정하였다.

식생분류는 70개의 식생자료를 토대로 Ellenberg(1956)의 표조작법(tabulation method)에 의하여 소표(raw table), 여러 단계의 부분표(partial table), 상재도표(constancy table), 군락식별표

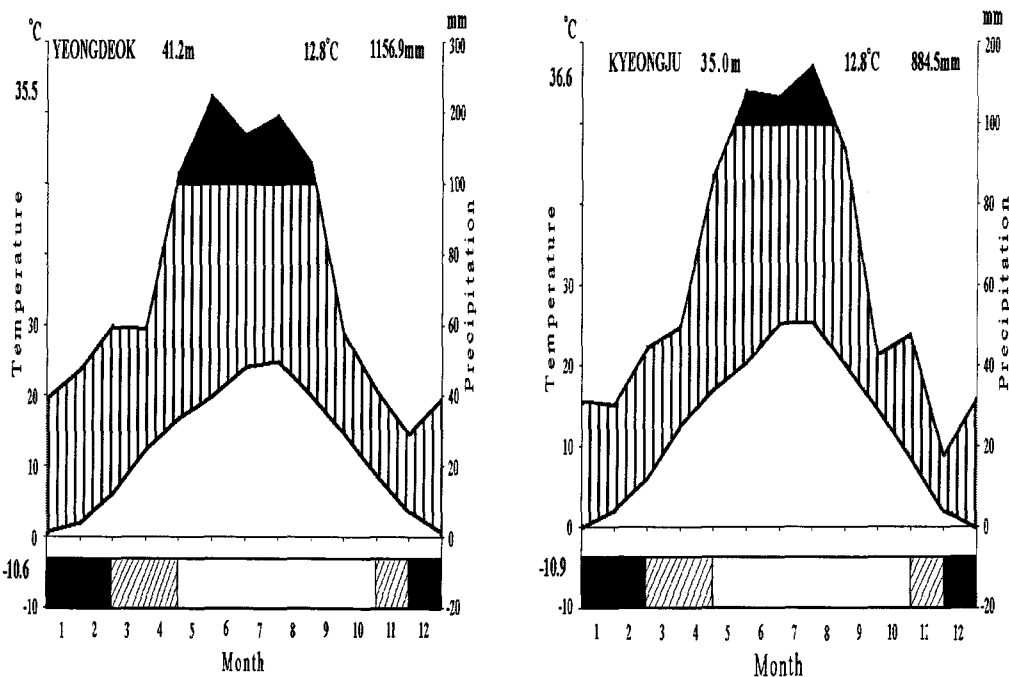


Fig. 2. Climate diagram of Yeongdeok(left) and Kyeongju(right) near Mt. Naeyeon.

(differential table)를 작성하였다(Müller-Dombois and Ellenberg 1974). 소표를 작성하고 난 후 식별종군을 찾아내기 위하여 TWINSpan을 이용하기도 하였다. 종합상재도표상의 각 식생단위(vegetation units)와 입지환경요인과의 상관관계 검토는 CCA (canonical correspondence analysis) ordination을 이용하였다(Ter Braak 1987, Greig-Smith 1983). CCA는 cutoff R^2 value를 0.10, vector scaling을 300%로 각각 고정하여 그래프로 나타내었다.

결과 및 고찰

식생분류

내연산 일대의 70개 방형구에서 조사된 총 253종들의 종조성을 중심으로 하여 Z-M 식물사회학적 분석방법으로 식생분류를 수행하였던 바 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community), 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community), 소나무군락(*Pinus densiflora* community), 서어나무군락(*Carpinus laxiflora* community), 느티나무군락(*Zelkova serrata* community)의 5개 군락으로 분류되었다. 5개 군락중에서 신갈나무군락은 철쭉꽃군(*Rhododendron schlippenbachii* group)과 참회나무군(*Euonymus oxyphyllus* group)으로, 굴참나무군락은 우산나물군(*Syneilesis palmata* group), 털조록싸리군(*Lespedeza x tomentilla* group), 찰피나무군(*Tilia mandshurica* group)으로, 느티나무군락은 까치박달군(*Carpinus cordata* group)과 고욤나무군(*Diospyros lotus* group)으로 각각 세분되었다. 따라서 내연산 일대의 산림은 5개군락, 7개군으로 총 9개의 식생단위로 분류되었다(Table 1).

신갈나무군락(*Quercus mongolica* community ; I)

총 21개 조사구로 종군 1의 신갈나무, 그늘사초, 미역줄나무, 단풍취, 노린재나무를 식별종(differential species)으로 하고 있었으며, 종군 2와 종군 3의 식별종들에 의해서 철쭉꽃군과 참회나무군의 2개 하위식생단위로 세분되었다. 본 군락단위는 종군 1, 2, 3의 식별종 외에서 고상재도(Ⅲ이상) 또는 고우점도(3.3이상)를 보이는 종은 굴참나무, 억새, 대사초, 기름새, 생강나무, 조록싸리, 쪽동백나무, 당단풍, 싸리, 물푸레나무 등이었다. 본 군락의 입지환경요인들 중 지형은 사면중부에서 정상부까지로 나타났으나 대부분 사면상부와 능선부에 집중되었고, 해발은 450~930m, 방위는 전방위에 분포하였고, 사면경사도는 0~35°로 나타났으며, 노암율은 0~20%이었으나 거의 대부분 0%로 나타났다. 교목층의 수고는 4~18m, 교목층의 흉고직경은 8~60cm, 출현종수는 9~36종으로 각각 나타났다.

철쭉꽃군(*Rhododendron schlippenbachii* group ; I-A)

신갈나무군락에서 종군 2의 철쭉꽃, 물갸나무, 진달래, 팔배나무, 털대사초, 선밀나무, 쇠물푸레, 큰기름새, 지리대사초 등의 종들이 식별종으로 나타났다. 본 군의 조사구는 13개소이며, 입

지환경요인들 중 지형은 사면중부에서 정상부까지로 나타났으나 대부분 사면상부와 능선부에 집중되었고, 해발은 450~920m(평균 701.9m), 방위는 전방위에 분포하였고, 사면경사도는 10~35°(평균 19.2°), 노암율은 0~20%(평균 2.3%)로 낮은 경향이었고, 교목층의 수고는 4~13m(평균 8.3m), 교목층의 흉고직경은 8~32cm(평균 17.6cm), 출현종수는 13~33종(평균 19.8종)으로 나타났다.

참회나무군(*Euonymus oxyphyllus* group ; I-B)

신갈나무군락에서 종군 3의 참회나무, 천남성, 머루, 뱀고사리의 종들이 식별종으로 나타났다. 본 군의 조사구는 8개소이며, 입지환경요인들 중에서 지형은 사면중부에서 정상부까지로 나타났으나 대부분 사면상부와 능선부에 집중되었고, 해발은 650~930m(평균 710.0m)로서 철쭉꽃군과 유사한 경향이었으며, 방위는 전방위에 분포하였고, 사면경사도는 0~35°(평균 23.8°), 노암율은 0%(평균 0%), 교목층의 수고는 4~18m(평균 13.5m), 교목층의 흉고직경은 10~60cm(평균 34.3cm), 출현종수는 9~36종(평균 23.3종)으로 철쭉꽃군에 비해 평균출현종수가 높지만 미세한 차이를 보였다.

굴참나무군락(*Quercus variabilis* community ; II)

총 16개 조사구로 종군 5, 6, 7의 식별종들에 의해서 우산나물군, 털조록싸리군, 찰피나무군의 3개군으로 세분되었다. 본 군락단위는 종군 4, 5, 6, 7의 식별종들 이외에도 고상재도(Ⅲ이상) 또는 고우점도(3.3이상)를 보이는 종은 신갈나무, 쇠물푸레, 큰기름새, 산겨울, 소나무, 서어나무, 생강나무, 조록싸리, 쪽동백나무, 당단풍, 싸리, 졸참나무, 고사리, 실새풀 등이었다. 본 군락의 입지환경요인들 중에서 지형은 사면중부에서 능선부까지로 나타났으나 거의 대부분 사면중상부에 집중되었고, 해발은 250~680m, 방위는 전반적으로 남향에 분포하는 경향이었으며, 사면경사도는 10~45°로 나타났으며, 노암율은 0~5%이었으나 거의 대부분 0%로 나타났다. 교목층의 수고는 11~17m, 교목층의 흉고직경은 16~42cm, 출현종수는 11~33종으로 각각 나타났다.

우산나물군(*Syneilesis palmata* group ; II-A)

굴참나무군락에서 종군 5의 우산나물, 산삼바귀, 애기나리, 억새, 새, 청미래덩굴, 대사초, 등골나물의 종들이 식별종으로 나타났다. 본 군의 조사구는 6개소이며, 입지환경요인들 중에서 지형은 사면중부에서 사면상부까지로 나타났고, 해발은 250~600m(평균 433.3 m), 방위는 대부분 남동향 분포하는 경향이었으며, 사면경사도는 10~45°(평균 24.2°), 노암율은 0%(평균 0%), 교목층의 수고는 14~17m(평균 15.7m), 교목층의 흉고직경은 25~42cm(평균 33.5cm), 출현종수는 19~33종(평균 26.3종)으로 털조록싸리군과 찰피나무군에 비해 다소 높은 경향을 보였다.

Table 1. Differential table of forest vegetation in the Mt. Naeyeon

Community number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Topography	MT	MT	MU	MU	UR	MR	LR	VL	VL
Mean Altitude(m)	701	710	433	486	586	357	488	247	155.0
Mean Slope degree	19.2	23.8	24.2	38.0	25.0	21.7	27.0	15.0	8.3
Mean Bare Rock(%)	2.3	0.0	0.0	0.0	1.0	23.3	14.0	32.5	40.0
Height of Tree Species(m)	8.3	13.5	15.7	14.4	14.8	11.3	10.6	14.6	16.8
Mean Diameter of the Biggest Tree(cm)	17.6	34.3	33.5	27.0	23.4	32.1	31.8	31.2	49.8
Mean Number of Species	19.8	23.3	26.3	18.2	18.0	19.7	20.8	32.1	44.0
Number of Releve	13	8	6	5	5	12	5	12	4

Character species and differential species ;

1. <i>Quercus mongolica</i>	V45	V35	IV13	III12	IV13	IV+2	IV12	II12	.
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	III+3	IV14	IV+1	I2	.	II+1	III+2	IV12	.
<i>Carex lanceolata</i>	III24	II15	I+	III+1	I+	I+	I+	II+1	.
<i>Tripterygium regelii</i>	IV+4	III+5	.	.	.	.	I1	.	.
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	II+	II+1	.	.	.	.	II1	I2	.
<i>Symplocos paniculata</i>	II+1	II+1	.	.	I2	.	.	.	.
2. <i>Rhododendron schlippenbachii</i>	V+3	.	I+	II1	I2	IV+4	III23	II+1	.
<i>Alnus hirsuta</i> var. <i>sibirica</i>	II12	I+	.	.	.	I1	I1	.	.
<i>Rhododendron mucromulatum</i>	III12	I+	.	I1	I3	V+3	IV+1	II+3	3+1
<i>Sorbus alnifolia</i>	II1	.	I+	.	I+	II+1	III+2	I1	1+
<i>Carex ciliata-marginata</i>	II+1	.	I+	.	I+	.	III+1	III+1	.
<i>Smilax niponica</i>	IIr+	.	Ir	.	.	I+	.	.	.
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	IV+2	.	V+2	V+2	III+2	V+4	IV+2	II+1	1+
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	III+1	.	V+3	.	II+1	V+2	II+1	.	11
<i>Carex okamotoi</i>	II12	.	.	.	.	.	I2	I1	.
<i>Carex humilis</i>	II+3	.	III+1	.	II+1	III+3	IV+2	.	.
3. <i>Euonymus oxyphyllus</i>	.	II+1	I+	.	.	.	I	III+1	1+
<i>Arisaema amurense</i> var. <i>serratum</i>	.	II+	.	.	I+	.	I+	I+	.
<i>Vitis amurensis</i> var. <i>coignetiae</i>	.	II+1	I+	I+	I+	.	I	I+	.
<i>Athyrium yokoscense</i>	.	II+	.	.	.	.	I1	I+2	.
4. <i>Quercus variabilis</i>	II12	IV12	V45	V45	V45	V+3	II12	III15	2+3
5. <i>Syneilesis palmata</i>	I+	III+	IV+2	.	Ir	.	I	I+	.
<i>Lactuca raddeana</i>	.	Ir	IIIr+	Ir	I+	.	.	.	.
<i>Disporum smilacinum</i>	IV+1	II+	IV+1	.	I+	III+1	I+	.	.
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	II+1	I3	II+2	.	.	I1	.	.	12
<i>Arundinella hirta</i>	II+1	I2	I1	I+	.	II+	.	.	12
<i>Smilax china</i>	I+	.	III+	.	.	II+	I+	I+	1+
<i>Carex siderosticta</i>	III+3	II+3	III+1	.	.	I+	.	I1	.
<i>Eupatorium chinense</i> v. <i>simplicifolium</i>	.	.	III+	.	.	.	.	Ir	.
6. <i>Lespedeza x tomentilla</i>	.	.	.	II12	.	.	I2	II13	.
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	II+1	III+1	.	V+1	I+	I+	I1	II13	.
7. <i>Tilia mandshurica</i>	.	.	.	.	III+2	.	.	I+	.
8. <i>Pinus densiflora</i>	I12	I+	IV12	.	II+1	V35	I1	I2	325
<i>Peucedanum terbinthaceum</i>	.	.	II+	.	.	III+1	.	.	.
<i>Melampyrum setaceum</i>	.	.	.	.	.	II+	.	.	.
9. <i>Carpinus laxiflora</i>	II+2	I+	III+1	II+2	I1	III+1	V34	IV15	1+
10. <i>Zelkova serrata</i>	.	.	I1	.	.	.	.	IV14	324
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	.	.	.	.	I+	.	.	III+2	4+1
<i>Callicarpa japonica</i>	.	.	I+	.	.	.	.	IV+1	21
<i>Acer mono</i>	.	I+	II+	.	I+	.	.	III13	11
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	.	.	.	.	.	.	.	III+1	1+
<i>Clerodendron trichotomum</i>	.	I+	I+	.	.	.	.	II+1	1+
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	II+1	3+
<i>Rhus chinensis</i>	.	I+	I+	.	.	.	.	I+	21
<i>Cornus walteri</i>	.	.	.	.	.	.	.	I1	3+2
<i>Smilax sieboldii</i>	.	.	.	.	.	I+	.	I+	2+
<i>Morus bombycis</i>	.	I1	.	.	.	.	.	I1	1+
<i>Securinega suffruticosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	II+1	1+
<i>Desmodium oxyphyllum</i>	.	.	.	.	.	.	.	I+	2+1
<i>Celtis sinensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	I1	3+2
<i>Picrasma quassioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	I+	213
<i>Angelica polymorpha</i>	.	.	.	.	.	.	.	I+	1+
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	I+	2+1
<i>Rosa multiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	I1	2+1

Table 1. Continued

Community number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11. <i>Carpinus cordata</i>	I+	.	.	.	.	.	.	III 12	.
<i>Berchemia berchemiaefolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	I 12	.
<i>Aristolochia manshuriensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	I 1	.
12. <i>Diospyros lotus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3+2
<i>Rubus oldhamii</i>	.	.	.	.	I+	.	.	.	3+2
<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trispema</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3+1
<i>Liriope platyphylla</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	21
<i>Pilea mongolica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2+2
<i>Commelina communis</i>	.	I+	.	.	.	.	.	.	2+1
<i>Achyranthes japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	212
<i>Sophora japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	32
<i>Pseudosasa japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	12
<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	21
<i>Diarrhena japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2+
<i>Clematis apiifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2+
<i>Akebia quinata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2+1
<i>Persicaria filiforme</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2+1
<i>Asparagus schoberioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1+
<i>Rosa wichurata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	11
<i>Sedum rotundifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1+
<i>Fatoua villosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1+
<i>Forsythia koreana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1+
<i>Setaria viridis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1+
Companions :									
13. <i>Lindera obtusiloba</i>	IV+2	V 13	V 23	V 12	V 13	V+3	IV+1	V+3	2+3
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	IV+2	IV+1	IV+2	IV+1	IV+1	I+	II+	IV+2	11
<i>Syrax obassia</i>	II+1	III 1	II 1	III+2	II+1	I+	IV+3	V+3	2+1
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	III+3	IV 14	IV+1	I 2	.	II+1	III+2	IV 12	.
<i>Lespedeza bicolor</i>	IV+1	II+	IV+3	IV+1	.	III+2	II+	I+	.
<i>Artemisia keiskeana</i>	II+	.	IV+1	II+	I+	III+1	III+	I+	11
<i>Atractylodes japonica</i>	I+	II+	II+	II+	.	IV+	I+	II+	.
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	III+1	I+	III+1	.	I+	II+1	II 13	II+2	.
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	III+1	V+3	V+1	.	IV+1	II+	II+	V+4	2+2
<i>Lindera erythrocarpa</i>	.	I+	I+	I 1	III+1	II+	.	V+3	2+4
<i>Quercus serrata</i>	I 1	I 1	IV+1	IV 12	II+1	IV+3	II 2	IV+4	.
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	III r+	IV+	II+	III+	.	I+	I+	I+	.
<i>Rhus trichocarpa</i>	I+	.	I+	II+1	I+	III+1	III+	II+	.
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> v. <i>latilobum</i>	I+	I+	IV+1	.	.	IV+2	I+	I r	.
<i>Hosta longipes</i>	II+	I+	.	.	I 2	III+1	II 1	I 1	.
<i>Viola dissecta</i> var. <i>chaerophylloides</i>	I+	IV+	II+	I+	.	.	I	III+	1+
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	.	.	I 1	II+1	I+	II+	.	III+1	11
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	I+	II+	IV+2	II+	.	II+1	I+	.	.
<i>Viola rossii</i>	II+	II+1	III r1	.	III+	.	.	II r+	.
<i>Aster scaber</i>	II+	.	I 1	II+	.	II+	I	I r+	1+
<i>Weigela subsessilis</i>	II+	III+2	.	.	.	.	I	II+	2+2
<i>Rodgersia chinensis</i> var. <i>dauidii</i>	I 1	II+	I+	.	.	I+	II+	II+2	.
<i>Isodon inflexus</i>	I+	III+1	III+1	I+	II+	.	.	I+	.
<i>Melampyrum roseum</i>	.	.	II+	III+	I+	II+1	I+	I r+	.
<i>Ampelopsis heterophylla</i>	.	I+	I+	II+	I+	.	II+	II+	3+
<i>Philadelphus schrenckii</i>	.	I+	.	I+	I+	.	.	III+1	3+1
<i>Stephanandra incisa</i>	I+	II 1	.	.	I+	.	I	III+1	.
<i>Rubus crataegifolius</i>	II+	III+1	I 2	.	.	.	.	.	2+
<i>Artemisia stolonifera</i>	II+	I 1	II+1	.	.	.	I	II+	.
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	.	I+	.	.	I+	I+	.	III+1	12
<i>Actinidia arguta</i>	I+	II 13	I 1	.	.	.	.	II+1	12
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	I+	.	II+	II r+	I+	I+	I	I+	.
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	.	I+	.	.	.	I+	.	III+	2+1
<i>Prunus leveilleana</i>	I+	I 1	I+	.	I 1	I 1	.	I 1	11
<i>Staphylea bumalda</i>	.	I 1	.	.	I+	.	.	III+1	21
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	II+	.	I r	I r	I+	I+	.	I+	1+
<i>Platycarya strobilacea</i>	.	.	I 1	II 1	I+	I+1	.	I 1	1+
<i>Hemerocallis fulva</i>	I+	II+	I+	.	I+	.	I+	I+	.
<i>Lindera glauca</i>	.	.	I 1	.	.	I 1	.	II+2	2+
<i>Pseudostellaria heterophylla</i>	.	I+	.	.	.	.	I	III+	1+
<i>Prunus sargentii</i>	.	I 1	.	I 1	I+	I+	I 1	I 1	.
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	I+1	II+	.	.	I+	I+	.	I	1+
<i>Asperula maximowiczii</i>	.	I+	.	.	I+	I+	II+	.	1+
<i>Viola acuminata</i>	.	III+	.	.	.	.	.	I r1	.
<i>Maackia amurensis</i>	.	.	I+	I 1	.	I 1	.	I+	.
<i>Syrax japonica</i>	.	.	.	.	.	I+	.	I+1	1+
<i>Asarum sieboldii</i>	I+	I+	.	.	.	.	I+	I+	.
<i>Potentilla freyniana</i>	II+1	I+	I 1	.	.	.	.	.	.
<i>Cornus controversa</i>	.	I 1	.	.	II+	.	.	.	2+2
<i>Dioscorea septemloba</i>	I+	I+	I+	.	I+	.	.	I r	.
<i>Codonopsis lanceolat</i>	.	.	.	.	.	.	I	II+	.

* Other 125 species were omitted.

털조록싸리군락(*Lespedeza × tomentilla* group ; II-B)

굴참나무군락에 싸리와 기름새가 식별종으로 출현하였으며, 본 군의 조사구는 5개소이었다. 입지환경요인들 중에서 지형은 사면중부에서 사면상부까지로 나타났고, 해발은 410 ~ 670m(평균 486.0m), 방위는 대부분 남동향과 남서향에 분포하는 것으로 나타났고, 사면경사도는 30~40°(평균 38.0°), 노암율은 0%(평균 0%), 교목층의 수고는 14~16m(평균 14.4 m), 교목층의 흉고직경은 24~30cm(평균 27.0cm), 출현종수는 13~22종(평균 18.2종)으로 각각 나타났다.

찰피나무군락(*Tilia mandshurica* group ; II-C)

굴참나무군락에서 종군 7의 찰피나무가 강한 식별종으로 출현함에 의해 구분된 식생단위로 조사구는 5개소이었다. 입지환경요인들 중에서 지형은 사면상부에서 능선부까지로 나타났고, 해발은 460~680 m(평균 586.0m)로서 굴참나무군락의 우산나물군과 털조록싸리군에 비해 주로 해발이 높은 곳에 분포하는 경향이였다. 방위는 대부분 남동향과 서향에 분포하는 것으로 나타났고, 사면경사도는 15~35°(평균 25.0°), 노암율은 0~5%(평균 1.0%), 교목층의 수고는 11~17m(평균 14.8m), 교목층의 흉고직경은 16~30cm(평균 23.4cm), 출현종수는 11~28종(평균 18.0종)으로 각각 나타났다.

소나무군락(*Pinus densiflora* community ; III)

총 12개 조사구로 종군 8의 소나무, 기름나무, 에기며느리밥풀이 식별종으로 출현하였고, 그 외 고상계도(III 이상) 또는 고우점도(3.3 이상)를 보이는 종은 신갈나무, 철쭉꽃, 진달래, 쇠물푸레, 큰기름새, 산겨울, 서어나무, 생강나무, 싸리, 맑은대쭉, 삼주, 줄참나무, 구절초 등이었다. 본 군락의 입지환경요인들 중에서 지형은 사면중부에서 능선부까지로 나타났으나 거의 대부분 사면중부에 집중되었고, 해발은 220~560m(평균 357.9m), 방위는 전방위 걸쳐 분포하였으나 주로 남향에 집중되는 경향이였으며, 사면경사도는 5~35°(평균 21.7°), 노암율은 0~80%(평균 23.3%)로 각각 나타났다. 교목층의 수고는 7~15m(평균 11.3m), 교목층의 흉고직경은 17~46cm(평균 32.1cm), 출현종수는 8~30종(평균 19.7종)으로 각각 나타났다.

서어나무군락(*Carpinus laxiflora* community ; IV)

총 5개 조사구로 종군 9의 서어나무가 상계도와 우점도가 높게 나타나므로 하나의 식생단위로 세분되었다. 본 군락 내에서 고상계도(III 이상) 또는 고우점도(3.3 이상)를 보이는 종은 신갈나무, 철쭉꽃, 진달래, 팔배나무, 털대사초, 쇠물푸레, 산겨울, 생강나무, 쪽동백나무, 당단풍, 실새풀 등이었다. 본 군락의 입지환경요인들 중에서 지형은 사면하부에서 능선부까지로 광역적 지형분포범위를 보였는데, 이는 북서향의 습한 기후요인때문인 것으로 생각된다. 해발은 320~660m(평균 488.0m), 방위는 주로 서향이였으며, 사면경사도는 15~40°(평균 27.0°), 노암율은 0~40%(평균 14.0%)로 각각 나타났다. 교목층의 수고는 7~14m(평균

10.6m), 교목층의 흉고직경은 18~50cm(평균 31.8cm), 출현종수는 14~32종(평균 20.8종)으로 각각 나타났다.

느티나무군락(*Zelkova serrata* community ; V)

총 16개 조사구로 종군 11과 종군 12의 식별종들에 의해서 까치박달군과 고욤나무군의 2개군으로 세분되었다. 본 군락의 표징종(character species) 및 식별종으로는 종군 10의 느티나무, 주름조개풀, 작살나무, 고로쇠나무, 초피나무, 누리장나무, 파리풀, 말채나무, 청가시덩굴, 산뽕나무, 팽나무, 소태나무, 쥐똥나무 등으로 나타났다. 본 군락의 식별종들 이외에도 고상계도(III 이상) 또는 고우점도(3.3 이상)를 보이는 종은 진달래, 털대사초, 참회나무, 굴참나무, 털조록싸리, 기름새, 소나무, 서어나무, 생강나무, 조록싸리, 쪽동백나무, 당단풍, 물푸레나무, 비목나무, 줄참나무, 고광나무, 느릅나무, 담쟁이덩굴 등이었다. 본 군락의 입지환경요인들 중에서 지형은 계곡부와 사면하부로 나타나 하나의 전형적인 계곡림으로 판단되었다. 해발은 90~370 m, 방위는 전방위에 고르게 분포하였으며, 사면경사도는 5~30°로 나타났으며, 노암율은 0~90%로 다른 군락에 비해 매우 높았다. 교목층의 수고는 11~20m, 교목층의 흉고직경은 24~85cm, 출현종수는 13~54종으로 각각 나타났는데, 수고, 흉고직경, 출현종수 모두 다른 군락에 비해 높은 값을 보였다. 본 군락의 교목층 우점종은 느티나무, 고로쇠나무, 서어나무, 줄참나무, 비목나무, 물푸레나무, 소나무 등으로 상관적으로 이질적인 입분들이 이렇게 하나의 식생단위로 분류되는 것은 바로 앞에서 언급한 표징종 및 식별종들과 같은 종조성의 차이에 의한 것이다. 따라서 내연산의 임업적 제반 사업과 관리 등에 있어서 상관적으로 숲을 고려함과 동시에 앞으로는 이러한 표징종 및 식별종에 대해서도 고려해야 할 것으로 생각된다.

까치박달군락(*Carpinus cordata* group ; V-A)

느티나무군락에서 종군 11의 까치박달, 망개나무, 등칫이 식별종으로 출현하였으며, 본 군의 조사구는 12개소이었다. 상계도 III 이상일 때 주로 식별종으로 판정하는 것이 식물사회학적 식생분류의 기본이지만 망개나무와 등칫은 상계도와 우점도가 그다지 높지는 않지만 희귀 및 멸종위기식물로 지정되어 있고(산림청 임업연구원, 1996), 또한 본 내연산 지역에서도 본 군 이외의 식생단위에서는 전혀 출현하지 않기 때문에 수반중군에서 식별종군으로 하였다. 입지환경요인들 중에서 지형은 계곡부와 사면하부로 나타났고, 해발은 105~370m(평균 247.9m)로서 고욤나무군에 비해서는 다소 높게 나타났다. 방위는 전방위에 분포하는 경향이였고, 사면경사도는 5~30°(평균 15.0°), 노암율은 0~90%(평균 32.5%), 교목층의 수고는 11~17m(평균 14.6m), 교목층의 흉고직경은 24~40cm(평균 31.2cm), 출현종수는 13~52종(평균 32.1종)으로 각각 나타났다.

고욤나무군락(*Diospyros lotus* group ; V-B)

느티나무군락에서 종군 12의 고욤나무, 줄딸기, 새콩, 모시물

통이, 닭의장풀, 쇠무릎, 회화나무, 이대, 까마귀밥여름나무, 용수염, 사위질빵, 으름, 이삭여뀌, 비짜루, 박태기나무, 돌가시나무 등의 종들이 식별종으로 출현하였고, 조사구는 4개소이었다. 입지환경요인들 중에서 지형은 계곡부와 사면하부로 나타났고, 해발은 90~310m(평균 155.0m)로서 9개 식생단위중에서 가장 낮게 나타났다. 방위는 주로 남향에 분포하는 경향이었고, 사면경사도는 5~10°(평균 8.3°), 노암율은 0~90%(평균 40%), 교목층의 수고는 15~20m(평균 16.8m), 교목층의 흉고직경은 26~85cm(평균 49.8cm), 출현종수는 34~54종(평균 44.0종)으로 각각 나타났다. 이 중에서 특히 흉고직경 85cm의 느티나무가 출현하는 것은 보경사 경내에 위치하고 있어 관리와 보호조건이 양호하였기 때문인 것으로 생각된다.

이상에서 내연산 일대 산림식생을 식물사회학적 방법에 의거 분류하였던 바 5개 군락, 7개군으로 총 9개의 식생단위로 분류되었다.

환경과 식생단위 사이의 관계

분류된 식생단위에 대해서는 일반적으로 일치법으로 일부 환경요인들과의 상관관계에 대한 검증은 주로 행하고 있지만, 본 연구에서는 좀 더 정량적인 생태학적 정보를 제공하고자 9개 식생단위에 대해서 서열법으로 해석하고자 하였다. 서열법은 군집 또는 군락의 구조를 해석하고 식생과 환경과의 상호작용에 대한 가정을 유출해 내는 것이 목적이다. 특히 산림식생은 환경요인에 따라 그 구조가 달라지므로 식생들을 한 개 또는 그 이상의 생태학적 구배에 따라 배열하는 과정으로 다변량 data set에서 그 유형을 찾아내는 분석법이다(Goodall 1963). 본 조사지에 있어서는 CCA ordination으로 9개 식생단위와 5개 환경요인(해발, 지형, 경사, 노암율, 방위)과의 상관관계들을 분석하였다(Table 2, Fig. 3).

1축상에서는 해발과 지형이, 2축상에서는 지형과 경사가, 3축상에서는 경사와 지형이 각각 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 특히 5개 환경요인들 중에서 상관관계가 가장 높은 요인은 해발이었는데, 이는 송 등(1995), Kim과 Kil(1997), 이 등(1997), 윤과 홍(2000)의 연구결과들과 일치하였다. Fig. 3의 CCA에서 식생단위와 5개 환경요인들과의 관계를 보면 굴참나무군

락, 소나무군락, 서어나무군락은 5개 환경요인들과의 구배에서 명확한 해석을 할 수가 없었으며, 신갈나무군락의 철쭉꽃군과 참회나무군은 해발과 지형 구배에 대해서 정의관계를 나타낸 반면에 노암율의 구배에 대해서는 부의 관계가 있는 것으로 나타났다. 즉 해발이 높아질 수록 신갈나무군락이 분포하고 있으며, 노암율이 높은 입지에는 느티나무군락이 주로 분포하는 경향이였다. 이러한 점은 느티나무군락의 입지가 주로 계곡부이었던 것으로 노암율이 높았던 것으로 생각된다.

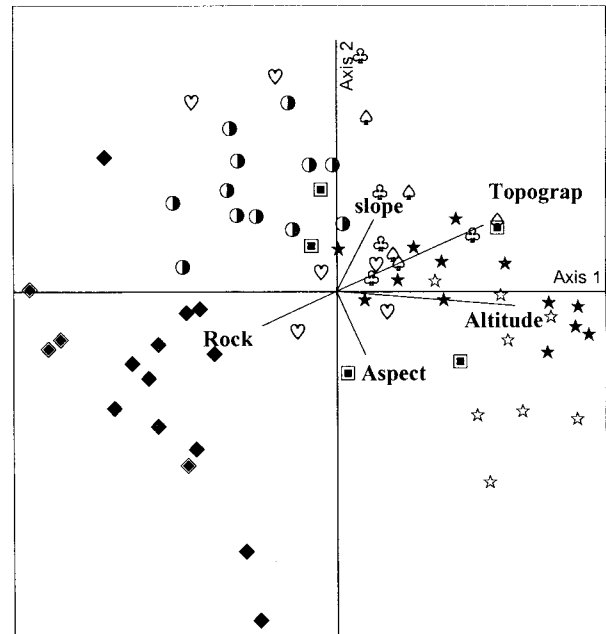


Fig. 3. Canonical correspondence analysis diagrams showing vegetation units and major environmental variables(arrow) against the axis 1 and axis 2. Cutoff R₂ value is 0.10 and vector scaling is 300%. Plot symbol ★: I-A(*Rhododendron schlippenbachii* group), ☆: I-B(*Euonymus oxyphyllus* group), ♡: II-A(*Syneilesis palmata* group), ☼: II-B(*Lespedeza x tomentilla* group), ♣: II-C(*Tilia mandshurica* group), ○: III(*Pinus densiflora* community), ▣: IV(*Carpinus laxiflora* community), ◆: V-A(*Carpinus cordata* group), ◇: V-B(*Diospyros lotus* group).

Table 2. Canonical coefficients and inter-set correlations between ordination axes and environmental factors

Variables	Canonical coefficients			Correlation coefficients		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Topography	-0.056	0.882	0.428	0.676**	0.338**	0.304*
Altitude	0.810	-0.747	-0.191	0.868**	0.003	0.104
Aspect	0.104	-0.205	0.053	0.169	-0.256*	-0.023
Slope	0.163	0.344	-0.259	0.150	0.319**	-0.483**
Rock	0.049	-0.103	0.276	-0.340**	-0.173	0.287*
Eigenvalue	0.584	0.364	0.198			

*P<0.05, **P<0.01.

이상의 식물사회학적방법과 CCA서열법을 통하여 분석한 결과 앞으로는 내연산 일대 산림식생의 임업적 제반사업과 관리시, 특히 계곡림에 대해서는 교목층의 우점종들이 상관적으로 이질적인 모습을 하고 있더라도 하나의 관리단위로 고려해야 할 것으로 판단되었다.

인용문헌

- 기상청 1991. 한국기후표. 제1, 2권.
- 김용식, 강기호, 신현탁, 김종근. 1999. 경북 내연산 일대의 관속 식물상. 한국환경생태학회지 13(1): 1-16.
- 박재홍. 1981. 내연산일대의 유관속식물상에 관하여. 경북대학 위논문(석사). 52p.
- 산림청 임업연구원. 1996. 희귀 및 멸종위기식물-보존지침 및 대상식물. 도서출판. 140p.
- 윤충원, 홍성천. 2000. 금강송림의 식생구조에 관한 정량적 분석. 한국생태학회지 23(3): 281-291.
- 송호경, 장규관, 김성택. 1995. TWINSpan과 DCCA에 의한 신갈 나무군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 84(3): 299-305.
- 이병천, 김철민. 1998. 계방산 일대 산림식생의 군락분류와 임분 구조. 산림과학논문집 58: 123-134.
- 이병천, 신준환. 1994. 덕유산 천연림지역의 식생의 군락분류 및 임분구조. 산림과학논문집 54: 104-115.
- 이병천, 신준환, 이경재, 이수원. 1996. 두륜산 천연림지역 식생의 군락분류 및 임분 구조. 산림과학논문집 54: 104-115.
- 이병천, 신준환, 이경재, 이창석. 1992. 점봉산 천연림지역의 식생군락분류 및 임분구조. 임연보고 44: 1-24.
- 이수원, 이강녕, 송호경. 1997. TWINSpan 및 CCA에 의한 지리산 아고산대 침엽수림군집과 환경의 상관관계분석. 한국임학회지 86(3): 279-287.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetation der Vegetation 3. Auf, Springer-Verlag, Wien, N. Y. 865p.
- Ellenberg, H. 1956. Grundlagen der vegetationsgliederung. I. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: Walter, H.(Hrsg.) Einfuhrung in die Phytologie IV. 136p. Stuttgart.
- Goodall, D.W. 1963. The continuum and the individualistic association, Vegetatio 11: 297-316.
- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. 3rd ed. Blackwell. Oxford. 256p.
- Muller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and method of vegetation ecology Jone and Wiley and Sons Inc., Yew York. 547p.
- Kim, C.H. and B.S. Kil. 1997. Canonical Correspondence Analysis (CCA) on the Forest Vegetation of Mt. Togyu National Park. Korea, Korean J. Ecol., 20(2): 128-132
- Ter Braak, C. J. F. 1987. CANOCO-a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis. principal components TNO Institute of Applied Computer Science. Statistics Department. Wageningen. The Netherlands.

(2002년 2월 28일 접수; 2002년 3월 26일 채택)

A Study on Community Classification of Forest Vegetation in Mt. Naeyeon

Lee, Byung-Chun and Chung-Weon Yun[†]

Department of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

ABSTRACT : This study was carried out to classify forest vegetation of the Mt. Naeyeon with phytosociological analysis of ZM school and to explain ordination of communities with CCA. The research sites were located between the northern part of Pohang-si area and the southern part of Yeongdeok-gun area. The 70 plots consisted of 253 species were investigated. The forest vegetation was classified into *Quercus mongolica* community, *Q. variabilis* community, *Pinus densiflora* community, *Carpinus laxiflora* community and *Zelkova serrata* community. *Q. mongolica* community was divided into 2 groups such as *Rhododendron schlippenbachii* group and *Euonymus oxyphyllus* group and *Q. variabilis* community was divided into 3 groups such as *Syneilesis palmata* group, *Lespedeza × tomentilla* group and *Tilia mandshurica* group, and *Z. serrata* community was divided into 2 groups such as *Carpinus cordata* group and *Diospyros lotus* group. According to the results of CCA ordination, *Q. mongolica* community showed high positive correlation to altitude and topography, whereas it showed negative correlation to bare rock. But *Z. serrata* community showed the opposite tendency to *Q. mongolica* community. Altitude was considered as the most important factor among 5 environmental variables in the correlation with axes.

Key words : CCA, Community, Forest vegetation, Mt. Naeyeon, Ordination, Phytosociology
