응용생태연구 1(1): pp 1 - 23 1987

북한산 지역의 삼림군집구조에 관한 연구[1]

박 인협[2] · 이 경재[3] · 조 재창[4]

Forest Community Structure of Mt. Bukhan Area

In-Hyeop Park [2], Kyong-Jae Lee [3], Jae-Chang Jo[4]

要 約

北漢山地域의 森林群集構造를 분석하기 위하여 植生相觀 및 植生層別 nested quadrat method에 의하여 설치된 20개 조사구의 식생조사를 하였다. 교목상층의 우점종에 의한 삼림군집의 유형은 소나무와 신갈나무의 순림 또는 혼효림을 주로 하는 자연식생군집, 자연식생과 인공식생이 혼효하고 있는 半人工植生群集, 인공식생이 순림 또는 혼효림을 이루고 있는 人工植生群集으로 구분할 수 있었으며, 북한산지역 전체에 대한 면적구성비는 각각 82.64, 7.03, 5.71%이었다. 소나무와 신갈나무의 순림 또는 혼효림은 면적구성비가 전체면적의 70.8%로서 대표적인 식생이었다. 인공식생의 주수종은 아까시나무, 리기다소나무, 물오리나무 등이었으며 주로 토양침식이 비교적 심한 남사면과 도로 등 시가지와의 경계부에 식재되어 있었다. 綠地自然度 8, 7, 6의 면적구성비는 각각 82.6, 0, 12.7%이었다. 임분구조는 국소적으로 분포하고 있는 소나무, 상수리나무 장령림, 아까시나무림을 제외할 때 대체로 교목상층의 평균흉고직경, 임관고가 각각 20㎝, 10m 이하로써 유령림상태이었다. 북한산지역의 대표적인 자연식생군집인 소나무와 신갈나무의 순림 또는 혼효림의 종다양도는 1.085~1.242의 범위를 보였다. 주요 수종의 직경분포에 의한 동태 분석 결과 기존 신갈나무군집과 아까시나무군집은 현재의 遷移段階가 지속될 것으로 추정되었으며, 타군집의 경우 전반적으로 신갈나무군집으로 천이가 진행되고 있었고, 국소적으로 아까시나무가 침입하고 있는 군집과 갈참나무-상수리나무군집의 경우 각각 아까시나무군집, 갈참나무군집으로 진행되고 있는 경향을 보였다. ordination 방법중 DCA 방법이 본 연구에서는 가장 효과적이었으며, DCA에 의해 추정된 遷移過程은 교목층인 상층은 소나무→졸참나무, 산벚나무, 팔배나무→신갈나무, 들메나무, 물푸레나무의 순이었고, 중층은 산초, 참싸리→개옻나무, 옻나무, 생강나무, 진달래, 철쭉→당단풍, 함박꽃나무, 참빗살나무의 순이었다.

ABSTRACT

To investigate the forest structure of Mt. Bukhan, ranging from Seoul to Kyongkido, twenty plots were set up by the vegetation physiognomy and vegetation analysis was carried out. According to the leading dominant tree species in canopy stratum, forest communities were classified into three large groups of natural forest communities, semi-natural forest communities and artificial forest communities, and each of them covered 82.64, 7.03, and 5.71% of Mt. Bukhan area, respectively. Pure or mixed natural forest communities of *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* were major forest communities and covered 70.8% of Mt. Bukhan area. The important planted tree species were *Robinia pseudoacacia*, *Pinus rigida*, and *Alnus hirsuta* and they were mainly planted at the southern slope and roadside. The degree of human disturbance of vegetation of 8,. 7, and 6 area covered 82.64, 0, and 12.74%, respectively. According to forest dimensions, most of forest communities were young aged forests of which mean DBH was 20㎝ and canopy height below 10m. However, a few mature forest communities of *Pinus densiflora* or *Quercus mongolica* were found in the small area. The range of Shannon's species diversity of major natural forest communities, pure or mixed forest communities of *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* was 1.085~1.242. According to stand dynamic analysis by DBH class distribution, the

1. 접수 11월 20일. Recieved on Nov. 20, 1987.

2. 순천대학 Suncheon National Univ., Suncheon, Korea

3. 서울시립대학교 문리과대학 College of Liberal Arts and Science, Seoul City Univ., Seoul, Korea.

4. 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Seoul City Univ., Seoul, Korea.

present *Quercus mongolica* communities and *Robinia pseudoacacia* communities may last long their present forest structure and most of other communities may be succeeded to *Quercus mongolica* communities. however, a few communities invaded by *Robinia pseudoacacia* and *Quercus aliena*—*Quercus acutissima* communities may be succeeded to *Robinia psedoacacia* communities and *Quercus aliena* communities, respectively. DCA was the most effective method of this study. DCA ordination were showed that successional trends of tree species seem to be from *Pinus densiflora* through *Quercus serrata*, *Prunus sargentii*, *Sorbus alnifolia* to *Q. mongolica*, *Fraxinus mandshurica*, *F. rhynchophylla* in the upper layer and from *Zanthoxylum schinifolium*, *Lespedeza crytobotrya* trough *Rhus trichocarpa*. *Rh. verniciflua*, *Rhododendron mucronulatum*, *Rh. schlippenbachii* to *Acer pseudo-sieboldianus*. *Magnolia sieboldii*, *Euonymus sieboldianus*.

緖 論

北漢山과 道峰山을 포함한 北漢山 國立公園은 행정구역상 서울특별시와 경기도의 일부에 속하고 있는 삼림으로서 인구 밀도가 높은 지역에 위치하고 있다. 또한 경사도 및 암석의 나출도가 심한 독특한 자연경관을 이루고 있어서 이용객 밀도가 높으며 도시민들의 편익을 위한 요구도가 높은 지역이다.

그러나 식생, 토양등의 自然環境的인 측면에서 볼 때 이용객 밀도 및 岩石 나출도 등이 높다는 것은 자연환경의 파괴 위험성이 높다는 것을 의미하기 때문에 보존에 대한 요구도가 높은 지역이다. 이와 같이 北漢山 國立公園은 利用과 保存이라는 양면적인 필요성이 타지역에 비하여 상대적으로 높게 요구되는 지역이라고 할 수 있다.

그러나 이용의 대상이 1차적으로 자연환경이라는 사실을 고려할 때, 이용 및 개발은 북한산 국립공원의 자연환경 즉, 森林生態系의 본질적인 기능이 파괴되지 않는 범위내에서 이루어져야 하며, 삼림생태계의 기능을 촉진시키는 관리방안도 필요하게 된다. 이러한 관점에서 볼 때 북한산 국립공원의 종합적인 관리방안의 제시에 앞서, 자연환경의 실태 및 분석이 이루어져야 한다.

북한산 국립공원의 자연환경에 대한 연구로는 식생개황(송 · 이, 1985), 식생과 토양, 기상 등의 환경(박, 1981; 진, 1982)등이 보고되었으나, 삼림구조적인 측면에서의 연구가 거의 이루어지기 않음으로써 종합적인 관리방안에 필요한 자료가 미비한 실정이다.

본 연구는 북한산 국립공원내 북한산지역의 森林群集을 대상으로 森林構造를 조사분석함으로써 森林生態系의 실태, 속성 및 통태를 파악하고, 아울러 관리방안에 필요한 자료를 제공하는데 목적이 있다.

材料 및 方法

1. 調査地 槪況

본 연구는 행정구역상 서울특별시와 경기도의 일부에 속하고 있는 北漢山國立公園內 北漢山地域을 대상으로 실시되었다(그림 1). 북한산국립공원은 북위 37°35′~37° 43′, 동경 126° 56′~127° 03′에 위치하고 있으며, 남서측의 북한산지역과 북동측의 도봉산지역으로 구분된다.

본 조사대상지인 북한산지역은 주봉인 白雲臺(해발 836m)를 중심으로 남측으로 만경대, 노적봉으로 연결되는 주능선과 북측으로 인수봉, 우이암으로 연결되는 주능선을 축으로 동, 서사면으로 크게 나누어지며 총면적은 44㎢이다. 경사도는 20% 이상이 전체면적의 60%를 차지하고 있으며, 전체면적의 약 70%가 암석지로서 비교적 급경사의 험준한 지형에 속한다. 암석의 종류는 中生代末에 貫入한 花岡岩과 內綠岩 등의 화성암류로 되어 있다(건설부, 1984).

건설부(1984)에서 보고한 최근 5년간 기상자료에 의하면 년평균, 최고, 최저기온은 각각 11.2, 35.2, −16.5℃이었으며, 년간강수량은 1216mm이었다. 안 · 이(1985)는 북한산지역 기상자료를 climate diagram化한 결과 冷溫帶落葉濶葉樹林帶에 속한다고 하였다.

표에서는 제시하지 않았으나 20개 조사구의 토양의 이화학적 특성을 조사한 결과 토성은 전반적으로 사양토, 사토로 구성되어 있었다. 土壤酸度는 4.4~5.3으로 강산성이었으며 유기물함량은 6.1~16.6%이었다.

2. 調査方法

(1) 現存植生圖 및 綠地自然度圖

현존식생도는 식생상관과 20개 지역에 설치한 조사구내의 상층임관의 우점종에 따라 작성하였다. 또한 인간간섭의 정도를 파악하기 위하여 현존식생 및 인위적 영향을 고려하여 綠地自然度圖(日本環境廳, 1982)를 작성하였다.

(2) 森林構造

1) 調査區 設定

현존식생과 해발고, 방위 등의 환경조건을 고려하여 총 20개의 조사구를 건설하였다(그림 1). 각 조사구내에는 임의로 5개 방형구를 설치하였다.

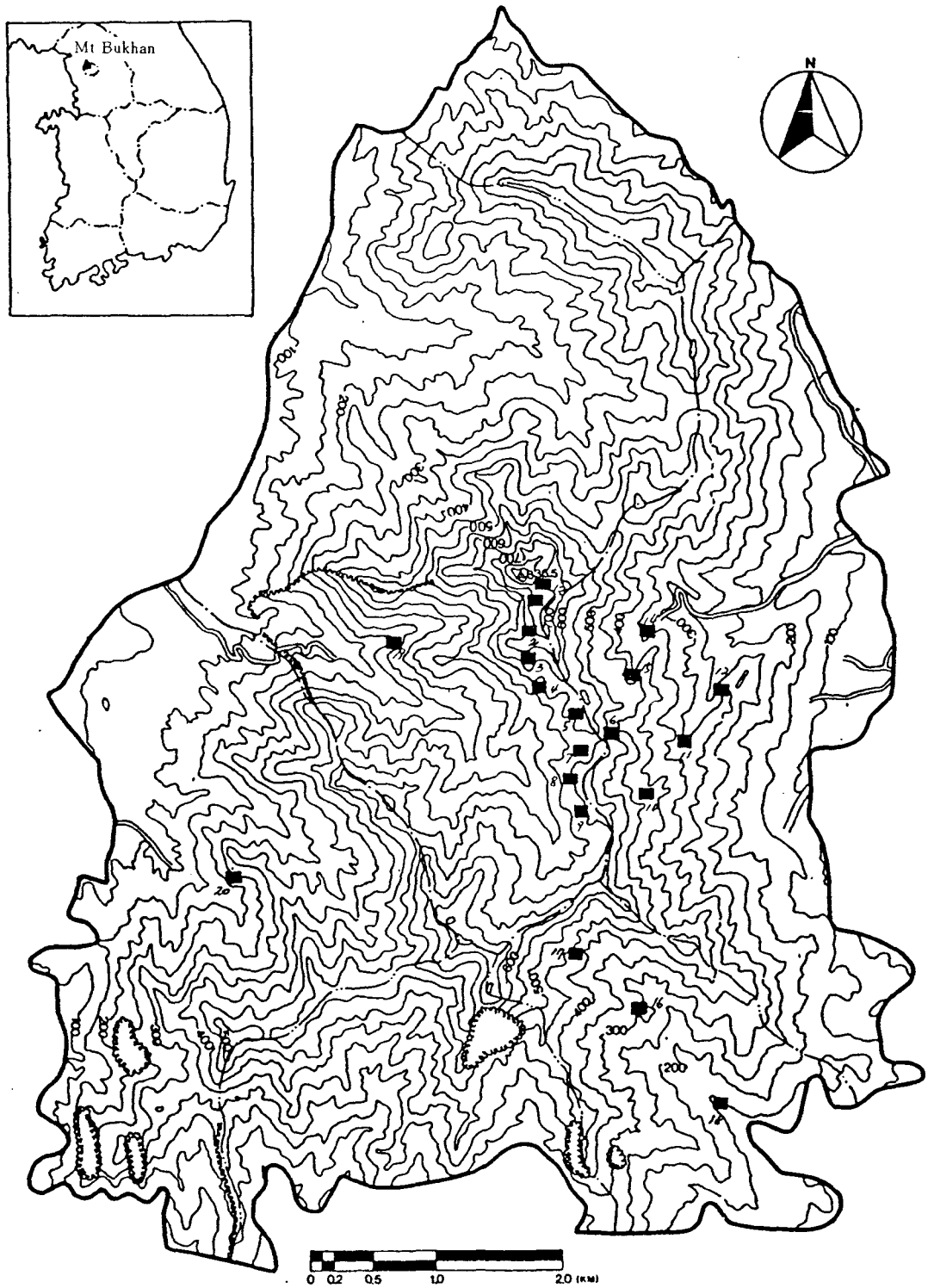


Figure 1. Location map of study area. Mt. Bukhan, and investigated plots(blackened). 1~20 are investigated plot number, respectively.

각 방형구의 크기는 교목상, 하층 10m×10m, 관목층 5m×5m, 초본층 1m×1m로 하였다(Wenger, 1984). 식생층의 구분은 Monk 等(1969)의 방법을 참조하여 胸高直徑 1㎝ 이상의 수목군을 교목층으로 하였고, 교목층중에서 상층임관을 이루는 수목군을 교목상층, 상층임관하의 수목군을 교목하층으로 하였다. 관목층은 흉고직경 1㎝ 미만의 수목군, 초본층은 조릿대를 포함한 초본류로 하였다.

2) 植生調査

교목상, 하층은 조사구별 각 방형구내 임관고, 수종, 흉고직경, 식피율 등을 조사하였다. 관목층은 수종, 수고, 피도, 植被率 등을 조사하였다. 초본층의 경우 平均植物高 등을 조사하였다.

3) 森林構造 分析

식생조사 결과 얻어진 자료에 의하여 식생층별 각 종의 상대적인 중요도를 나타내는 측도로써 Curtis & McIntosh (1951)의 상대우점치(importance value, IV)를 使用하였다. 전체식생층의 수종별 상대우점치는 수고를 고려하여 平均相對優占値(mean importance value, MIV)로 나타냈다.

$$IV = \frac{\text{상대밀도}+\text{상대빈도}+\text{상대피도}}{3}$$

$$MIV = \frac{3\times\text{교목상층IV}+2\times\text{교목하층IV}+1\times\text{관목층IV}}{6}$$

상대우점도는 측정오차를 고려하여 교목상, 하층에서는 相對胸高斷面積, 관목층에서는 相對被度를 적용하였다(Greig-Smith, 1957).

종구성상태의 다양한 정도를 나타내는 측도인 종다양성은 種多樣度(species diversity, H′), 最大種多樣度(maximum possible species diversity, H′max), 均在度(evenness, J′), 優占度(dominance, D′)에 의하여 종합분석하였으며 타 논문들과 비교를 용이하게 하기 위하여 일반적으로 사용되는 Shannon의 수식(Pielou, 1975)을 적용하였다.

$H' = -\Sigma\ pi \log pi$

$H'max = \log S$

$J' = H'/H'max$

$D = 1 - J'$

단, pi는 어떤 종의 개체수 대 전체종의 총개체수의 비, S는 구성종수.

조사구간 종구성상의 유사한 정도를 나타내는 측도로써는 sørensen의 類似度指數(similarity index, SI)를 사용하였다(Brower & Zar, 1977).

$$SI = \frac{2C}{S_1+S_2}\times 100(\%)$$

단, S_1과 S_2는 각각 제 1, 2조사구의 각 수종의 량의 합계, C는 양 조사구의 공통수종에 있어서 양조사구중 양이 적은 것의 합계.

(3) Ordination 分析

야외식생조사에서 얻은 자료로서 Ordination 분석에 필요한 각종의 合成値 mean을 다음과 같이 구하였다.

$Meanij = (RDij + RCij)/2$

여기서 RD는 조사구 i에서 수종 j의 상대밀도이고 RC는 조사구i에서 수종j의 상대피도를 나타낸다. 이상의 자료를 기초로 하여 ordination분석은 polar ordination(PO), principal component analysis(PCA), reciprocal averaging (RA), detrended correspondence analysis (DCA)방법을 이용하였다. PO는 Bray and Curtis(1957)의 방법을 따랐고, PCA는 variance-covariance matrix와 correlation coefficient matrix을 사용하였고, RA는 Hill(1973)의 방법을, DCA는 Hill(1979)의 방법에 의거하여 분석하였다. 이상의 분석을 위한 computer program은 서울시립대학교 조경생태학연구실에서 개발한 plant data analysis package (PDAP)와 SAS Package를 사용하였고, 모든 계산은 상기대학의 IBM-PC 및 VAX/780을 이용하였다.

結果 및 考察

1. 現存植生圖

植生相觀과 20개 조사구의 우점종 분석 결과에 의하여 현존식생도를 그림 2와 같이 작성하였다.

과수원, 농경지 등을 제외한 삼림군집의 유형은 27개로 구분할 수 있었다. 소나무의 경우 남서사면과 북사면의 일부에 주로 분포하고 있으며, 신갈나무는 주로 동사면에 분포하고 있었다. 북서사면에서는 소나무-신갈나무군집이 주를 이루고 있으며, 토양침식이 비교적 심한 남사면과 인위적 피해가 심한 인공도로와 주거지 주변에는 물오리나무, 아까시나무, 리기다소나무 등의 인공식재에 의하여 소면적의 군집이 다양하게 분포하고 있었다.

표 1에서는 현존식생도에 의하여 식생군집별 구성면적을 나타냈다.

신갈나무-소나무군집이 전체면적의 25.87%로 가장 많았고 다음이 신갈나무군집 22.59%, 소나무군집 22.35%로써 이들 3개 군집을 제외한 자연식생군집은 순림을 이루고 있는 상수리나무군집, 소나무와 혼효하고 있는 소나무-활엽수 군집, 소나무-상수리나무군집, 소나무-신갈나무-산벚나무군집, 신갈나무와 혼효하고 있는 신갈

나무－물푸레나무군집으로서 전체면적의 2.32%인 소나무－활엽수군집을 제외하고 각각 1% 이하의 소군집을 이루고 있었다.

人工植生群集에서는 순림의 경우 아까시나무군집이 전체면적의 1.50%로서 비교적 대면적을 차지하고 있으며, 리기다소나무, 물오리나무, 밤나무, 은사시나무의 순으로 각각 1% 이하의 소면적을 차지하고 있었다. 자연식생인 소나무, 신갈나무, 갈참나무, 산벚나무 등과 혼효하고 있는 반인공식생군집은 물오리나무－소나무군집 등의 9개 군집으로서 총면적구성비가 7.03%이었다. 리기다소나무－물오리나무군집, 리기다소나무－아까시나무군집의 경우 혼효식재한 인공식생군집으로서 각각 1.26, 0.32%의 면적구성비를 이루고 있었다.

이상을 통합하면 북한산지역의 현존식생은 소나무와 신갈나무의 순림 또는 혼효림을 주로 하는 자연식생군집, 자연식생과 인공식생이 혼효하고 있는 반인공식생군집, 인공식생이 순림 또는 혼효림을 이루고 있는 인공식생군집으로 크게 구분할 수 있으며 면적구성비는 각각 82.64, 7.03, 5.71%로 산출된다.

2. 綠地自然度

현존식생도를 토대로 자연환경에 가해진 인위적 영향의 정도에 따라 10등급으로 구분하여 작성한 綠地自然度圖와 등급별 면적을 그림 3과 표2에 나타냈다.

자연생태계가 유지되고 있는 자연도 9,10지역의 경우 북한산지역에는 존재하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 대도시에 인접한 삼림으로서 인간의 간섭이 비교적 심하기 때문이라고 할 수 있다. 자연도 8지역의 면적구성비는 82.64%로써 토양침식이 비교적 심한 남사면과 인간의 간섭이 심한 도로 및 주거지 주변을 제외한 대부분의 지역이 임령 20~50년인 2차림을 이루고 있는 것으로 나타났다. 임령이 20년 이하의 2차림인 자연도 7지역은 존재하지 않는 것으로 나타났는데, 인공식재림의 임령이 비교적 많은 것을 고려할 때 최근에는 산화, 산사태 등의 대규모 피해가 발생하지 않았음을 시사할 수 있다.

자연도 6지역의 면적구성비는 12.74%로써 토양침식이 심한 남사면과 인간의 간섭이 심한 도로와 주거지 주변에 비교적 넓은 면적에 인공림이 조성되었음을 알 수 있다. 면적구성비 0.2%인 자연도 5지역은 이용객 밀도가 과밀한 대남문 주변의 recreation 장소로써 초본류의 식피율이 낮은 無林木地이다. 자연도 3, 2, 1에 각각 해당되는 과수원과 관상수단지, 농경지, 주거지의 면적구성비는 각각 1.26, 1.75, 1.41%이었다.

자연 식생에 속하는 자연도 8, 9지역 면적구성비의 경우 본 조사지역인 북한산지역은 각각 82.64, 0%로써, 각각 67.4, 30.9%인 내장산 내장사지구(李, 1987)에 비하여 자연환경의 파괴도가 심한 반면, 각각 43.2, 0%인 서울 남산에 비해서는 파괴도가 낮은 것을 알 수 있다.

3. 森林構造

(1) 種構成

표3에서는 20개 조사구의 식생조사 결과에 의하여 산출한 상층임관을 형성하는 교목상층의 수종별 相對優占値를 나타냈다.

교목상층을 이루고 있는 수종은 소나무, 신갈나무 등 총 23수종이었다. 우점종과 준우점종의 상대우점치를 비교할 때 표에서 알 수 있듯이 20개 조사구의 삼림군집형은 조사구 8, 14, 20의 소나무군집, 조사구 1, 2, 3, 4, 6, 7, 13, 15의 신갈나무군집, 조사구 5, 11, 19의 신갈나무－소나무군집, 조사구 9, 16의 상수리나무군집, 조사구 12의 물오리나무－소나무군집, 조사구 17의 갈참나무－상수리나무군집, 조사구 10의 물오리나무군집, 조사구 18의 아까시나무군집의 8개 군집으로 구분할 수 있다.

소나무군집의 경우 조사구 14는 소나무의 상대우점치가 100.0%로써 단순림을 이루고 있었다. 신갈나무군집은 신갈나무의 상대우점치가 55.9~87.9%로써 소나무 또는 팥배나무가 드물게 분포하고 있었다. 각 군집별 상층임관의 우점종인 소나무, 신갈나무, 상수리나무, 물오리나무, 갈참나무, 아까시나무를 제외할 때 비교적 고르게 교목상층의 상대우점치가 높은 수종은 팥배나무, 산벚나무 등이었다.

표 4에서는 8개 삼림군집별, 수종별 식생층 전체의 平均相對優占値를 나타냈다.

출현수종은 喬木類 38수종, 灌木類 48수종으로 총 86수종이었으며, 20개 조사구에서 모두 출현하는 수종은 신갈나무 1수종이었다. 20개 조사구중 18개 조사구 즉, 전체 조사구에 대한 빈도가 90% 이상인 수종은 팥배나무, 산벚나무의 교목층 2수종, 국수나무, 생강나무, 진달래, 철쭉의 관목류 5수종으로 총 7수종이었다. 2개 조사구 즉, 빈도가 10% 이하인 수종은 검노린재나무, 산수국, 잣나무, 까치박달, 고로쇠나무, 음나무, 말채나무, 거제수나무, 서어나무 등이었다.

대표적인 자연식생군집인 소나무, 신갈나무－소나무, 신갈나무군집의 11개 조사구중 10개 조사구 즉, 빈도가 90% 이상인 수종은 신갈나무, 팥배나무, 당단풍나무, 물푸레나무, 개옻나무의 喬木類 5수종, 생강나무, 국수나무, 진달래, 철쭉, 노린재나무의 灌木類 5수종으로 총 10수종이었다. 소나무군집중 조사구 20, 상수리나무군집중 조사구 16의 경우 아까시나무의 평균상대우점치가 각각 18.1 21.9%로써 상층임관하에 아까시나무가 비교적 많이 침입 또는 식재되었음을 알 수 있다.

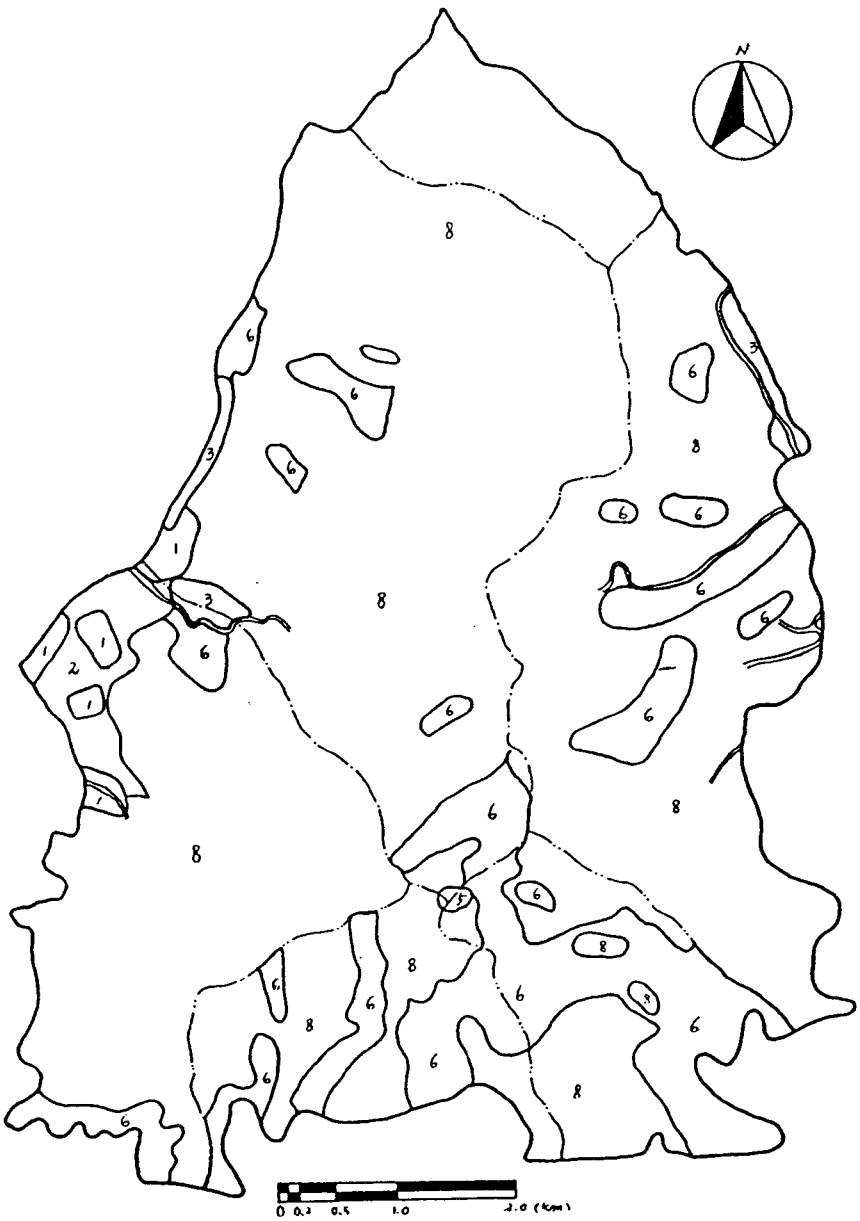
이상을 종합하면 20개 조사구의 삼림군집형은 소나무군집 등 5개 자연식생군집, 물오리나무－소나무 군집의 1개 반인공식생군집, 물오리나무군집, 아까시나무 군집의 2개 인공식생군집으로 총 8개 식생군집으로 구분할 수 있으며, 자연식생군집중 조사구 16, 20의 경우 아까시나무가

Legend

1. *Pinus densiflora* community
2. *Quercus mongolica* comm.
3. *Q.mongolica*–*P. densiflora.* comm.
4. *P. densiflora*–broad-leaved spp. comm.
5. *P. densiflora*–*Quercus acutissima comm.*
6. *Abius hirsuta*–*P. densiflora comm.*
7. *P. hirsuta*–*Robinia pseudoacacia* comm.
8. *P. densiflora*–*Pinus rigida* comm.
9. *P. densiflora*–*Q. mongolica*–*Prunus sargentii* comm.
10. *P. densiflora*–*Q. mongolica*–*P. ridiga* comm.
11. *P. densiflora*–*Q. mongolica*–*A. hirsuta comm.*
12. *Q. mongolica*–*Fraxinus rhynchophylla* comm.
13. *Q. mongolica*–*A. hirsuta comm.*
14. *Q. mongolica*–*P. rigida* comm.
15. *Q. acutissima* comm.
16. *A. hirsuta* comm.
17. *Populus tomentiglandulosa* comm.
18. *P. rigida* comm.
19. *Castanea crenata* comm.
20. *Acer saccharinum* comm.
21. *R. pseudoacacia* comm.
22. *P. rigida*–*A. hirsuta* comm.
23. *P. rigida*–*R. pseudoacacia* comm.
24. *Quercus aliena*–*Q. acutissima*–*A. hirsuta* comm.
25. *P. sargentii*–*R. pseudoacacia*–*Sorbus alnifolia* comm.
26. Mixed broad-leaved deciduous forest comm.
27. Secondasy prairie.
28. Orchard
29. Ornamental garden
30. Farmland
31. Residential district
32. Military district

Figure 2. Map of actual vegetation of Mt. Bukhan area.

비교적 많이 침입 또는 식재된 것을 알 수 있다. 또한 북한산지역 전체에 빈도 90% 이상으로 고르게 분포하고 있는 수종은 신갈나무, 팥배나무, 산벚나무, 국수나무, 생강나무, 진달래, 철쭉이 7개 수종인 것으로 나타났다.



Legend

1. Industrial complex or urban disbrict
2. Farmland(rice and ordinary field
3. Farmland(perenial plant)
4. Secondary prairie(lawn or pasture)
5. Secondary prairie(non-stocked forest land)
6. Plantation
7. Secondary forest(below 20 years)
8. Secondary forest(20~50 years)
9. Natural forest(climax or subchimax)
10. Natural prairie

Figure 3. Map of degree of human disturbance of vegetation of Mt. Bukhan area

Table 1. Area of actual vegetation coverage of Mt. Bukhan area.

Community*	Area (ha)	Percentage	Community or other site	Area (ha)	Percentage
1	983.06	22.35	17	13.88	0.32
2	993.49	22.59	18	46.30	1.05
3	1138.28	25.87	19	18.53	0.42
4	101.80	2.32	20	9.26	0.21
5	27.87	0.63	21	66.00	1.50
6	37.05	0.84	22	55.58	1.26
7	46.21	1.05	23	13.89	0.32
8	18.43	0.42	24	9.26	0.21
9	9.26	0.21	25	23.16	0.53
10	33.54	0.76	26	185.26	4.21
11	85.9	1.95	27	8.80	0.20
12	18.53	0.42	28	18.53	0.42
13	41.58	0.95	29	37.05	0.84
14	13.89	0.32	30	76.89	1.75
15	32.42	0.74	31	62.06	1.41
16	27.7	0.63	32	146.36	3.30
			Total	4,400	100.00

* Legends of community and other site numbers are the same as Fig. 2.

Table 2. Area by degrees of human disturbance of Mt. Bukhan area

Degree*	Area (ha)	Percentage	Degree	Area (ha)	Percentage
1	62.06	1.41	6	560.61	12.74
2	76.89	1.75	7	—	—
3	55.58	1.26	8	3636.06	82.64
4	—	—	9	—	—
5	8.80	0.20	10	—	—
			Tatal	4400.00	100.00

* Legends of degrees are same as Fig. 3.

(2) 林分構造

삼림군집별, 조사구별 林木密度, 평균수고 등의 임분구조를 표 5에 나타냈다.

전반적으로 볼 때 교목상층의 경우 밀도가 높은 군집은 소나무군집이었으며, 평균수고, 평균흉고직경 즉, 개체목의 크기가 큰 군집은 상수리나무군집, 아까시나무군집이었다. 소나무군집중 조사구 14는 교목상층의 植被率, 밀도가 낮고 평균수고, 평균흉고직경이 큰 소나무장령림의 전형적인 특징을 보이는 곳으로 보존이 요구되는 지역이다. 소나무장령림인 조사구 14, 상수리나무군집, 아까시나무군집을 제외한 타조사구의 경우 모두 교목상층의 평균흉고직경이 20㎝ 이하인 유령림에 속하는 것을 알 수 있다. 따라서 북한산지역의 자연식생은 일부 국소적인 분포를 보이는 소나무,상수리나무 장령림을 제외하면 대체로 中·小徑木의 유령림인 것으로 추정할 수 있다. 밀도와 흉고직경의 종합적인 표현인 胸高斷面積은 대체로 상수리나무군집, 아까시나무군집, 소나무군집 등의 순으로 큰 값을 보였다.

신갈나무군집 조사구 13의 경우 초본층의 植被率이 100%인 것은 조릿대가 초본층에 군락을 이루고 있는 곳으로써 타조사구에 비하여 관목층 및 치수의 밀도가 현저히 낮은 것으로 나타났다. 박(1986)은 조릿대가 임상을 피복하는 삼림군집의 경우 天然更新이 어려우며, 조릿대는 광조건보다 토양조건에 대한 요구도가 높은 極相植生이라고 하였다. 이러한 관점에서 볼때 조릿대가 현재 局所的으로 분포하고 있는 북한산지역의 경우 식생천이가 진행됨에 따라 조릿대의 분포면적이 점차 증가할 것이라고 추정되는 데, 앞으로 조릿대의 관리방안에 관한 연구가 필요하다고 사료된다.

신갈나무-소나무군집 조사구 20의 경우 개체목의 평균수고, 평균흉고직경, 흉고단면적이 작은 능선부식생의 전형적인 특징을 보이고 있다.

(3) 多樣性

표 6에서는 목본류의 출현종수, 종다양도 등의 종다양성을 나타냈다.

전반적으로 볼 때 대표적인 자연식생군집인 소나무군집, 신갈나무-소나무군집, 신갈나무군집이 타군집에 비하여 出現種數, 種多樣度, 均在度가 높게 나타남으로써 종다양성이 높은 것을 알 수 있다. 신갈나무군집 조사구 13, 신갈나무-소나무군집 조사구 11이 동일 군집내 타조사구에 비하여 出現種數, 種多樣度, 均在度가 적은 것은 각각 조릿대가 초본층의 優占群落, 능선부식생이기 때문이라고 할 수 있다. 특히 조릿대가 초본층의 우점군락을 이루고 있는 조사구 13의 경우 종다양도가 0.366으로써 현저히 낮은 것은 목본류의 치수발생 및 생장에 있어서 조릿대와의 경쟁 결과 우세한 수종이 제한되고 있음을 시사해준다고 할 수 있다. 이러한 관점에서 볼 때 조사구 13의 평균상대우점치(표 4)가 10.5%로써 타조사구에 비하여 상당히 높은 값을 보이는 개옻나무가 조릿대와의 경쟁에 비교적 강한 수종인 것으로 추정된다.

조릿대가 초본층의 우점군락인 조사구 13, 능선부식생인 조사구 11을 제외할 때 북한산지역의 대표적인 자연식생군집인 소나무군집, 신갈나무-소나무군집, 신갈나무군집의 종다양도는 1.085 -1.242로서 서울 남산의 동일군집 0.907-1.118(이 등, 1987)보다 높으며, 내장산 소나무군집, 1.329(이, 1987)보다는 낮았다. 백운산지역 서어나무림의 경우 1.406이라고 보고되었다(박, 1986)

(4)類似度指數

그림 4에서는 각 조사지간 종구성상태에 의한 類似度指數를 보였다.

북한산지역의 대표적인 자연식생군집인 소나무군집, 신갈나무군집, 신갈나무-소나무군집에 있어서 소나무군집의 조사구 20을 제외할 때 각 군집간 유사도지수의 범위는 17.0~60.8%로써 조사구에 따라 비교적 큰 차이를 보였다. 소나무 군집의 조사구 20의 경우 신갈나무군집과의 유사도지수가 4.4~20.0%로써 낮은 값을 보이는 것은 타조사구에서는 출현하지 않는 아까시나무, 상수리나무, 굴참나무 등의 상대우점치 (표4)가 비교적 높기 때문이었다. 순군집과 순군집내 동일수종이 타수종과 교목상층에서 혼효하고 있는 혼효군집간의 유사도지수는 소나무군집과 신갈나무-소나무군집, 물오리나무-소나무군집의 경우 각각 29.5~60.8, 30.3~38.0%, 신갈나무 군집과 신갈나무-소나무군집 34.6~64.6%, 상수리나무와 굴참나무-상수리나무군집 27.9~29.5%, 물오리나무와 물오리나무-소나무군집 56.1%로써 전체적으로 볼 때 27.9~64.6%이었다.

순군집간의 유사도지수는 타조사구와는 달리 아까시나무 등이 침입하고 있는 조사구 20을 제외한 소나무군집의 경우 대체적으로 신갈나무군집 17.0~44.6%, 물오리나무군집 22.2~26.0%, 상수리나무군집 16.0~23.2%, 아까시나무군집 13.4~14.8%의 순으로 높은 경향을 보였다. 신갈나무군집은 물오리나무군집 21.4~38.3%, 상수리나무군집 6.9~32.1%, 아까시나무군집 5.0~16.2%의 순이었다. 각 군집간 유사도지수에 있어서 아까시나무군집의 경우 타군집에 비하여 전반적으로 낮은 경향을 보였다.

2개 조사구 이상이 설치된 동일 군집내 각 조사구간의 유사도지수는 소나무 군집 43.5~74.6%, 신갈나무군집, 46.0~78.7%, 신갈나무-소나무군집 45.0~65.3%, 상수리나무군집 56.4%이었다. 소나무군집의 경우 아까시나무 등이 침입하고 있는 조사구 20을 제외한 조사구 8, 14간의 유사군지수는 74.6%이었다.

이상을 종합하면 아까시나무군집 또는 아까시나무가 침입하고 있는 군집의 군집간, 군집내 조사구간 유사도지수

Table 3. Importance walues of tree species in canopy stratum.

(Unit;%)

Tree species	Plot																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pinus densiflora	7.9		19.4		51.3		11.5	72.7			23.6	26.2	6.4	100.0	12.6				55.0	65.4
Quercus mongolica	61.3	57.7	55.9	72.8	38.7	65.0	73.9	12.5	11.8	9.0	43.8	3.5	87.9	61.4				18.2		
Acer pseudo-sieboldianum	15.9	3.2	10.3	6.8																
Carpinus cordata		4.1																		
Sorbus alnifolia	14.9	9.9	9.5	15.7		4.1	5.6			6.9		21.3							4.3	
Acer mono		9.3				17.5														
Acer tschonoskii var. *rubripes*		7.7																		
Cornus kousa		3.3					4.7													
Faxinus rhynchophylla		4.8				4.2							5.7							
Prunus sargentii			4.9		3.8			4.5				6.0			21.2	5.4			9.3	
Sorbus commixta				4.7																
Alnus hirsuta					6.2			5.5		84.1		34.6				5.6	17.7	5.2		
Fraxinus mandshurica						9.2	4.3												5.9	
Quercus aliena								4.8			3.6				4.8		61.9	5.8	7.3	
Quercus acutissima									88.2		12.3					79.1	20.4			5.9
Juniperus rigida											13.3									
Rhus trichocarpa											3.4									
Pinus rigida												4.8								6.6
Styrax japonica												3.6						17.5		
Robinia pseudoacacia																9.9		65.2		5.9
Castanea crenata																		6.3		5.1
Quercus variabilis																				11.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Table 4. Mean importance values of woody species by communities and plot.

(Unit:%)

Species	Plot																		
	8[a]	14[a]	20[a]	1[b]	2[b]	3[b]	4[b]	6[b]	7[b]	13[b]	15[b]	5[c]	11[c]	19[c]	9[d]	16[d]	12[e]	17[f]	10[g]	18[h]
Pinus densiflora	47.4	50.0	35.5	4.0		10.6			5.7	4.2	6.3	26.7	15.1	28.0			17.4			
Quercus mongolica	10.3	6.0	1.8	38.4	33.7	33.4	39.4	35.7	42.3	49.7	33.4	28.7	24.7	15.8	6.2	0.4	5.2	0.2	9.3	1.0
Sorbus alnifolia	1.9	2.3		11.4	14.2	10.6	18.4	5.7	7.8	4.7	1.2	4.7	6.4	8.0	9.1	3.2	28.3	3.4	18.0	0.7
Juniperus rigida	0.8	0.7											19.2				0.1	0.7	4.4	
Alnus hirsuta	2.8	0.4										5.1		0.4		2.8	17.6	9.6	42.2	2.6
Quercus aliena	4.4	2.6	0.4		0.2	0.6					2.8	0.1	2.6	6.6	1.9		0.4	47.6	1.2	16.9
Lindera obtusiloba	0.8	3.7	0.7	3.3	2.2	3.4	1.4	5.3	1.3	4.5	6.6	0.2	0.5	3.6	2.0	0.2	1.3	0.3	2.1	
Stephandra incisa	0.4	2.9		1.8	2.3	2.3	1.4	2.8	2.0	0.2	4.3	0.5	0.4	3.6	5.3	2.6	0.4		0.3	5.1
Rubus crataegifolius	1.2			0.1	0.3			0.2	0.6		0.1	1.9		0.3		3.8	1.1	0.3	2.2	0.2
Prunus sargentii	5.6	3.6	2.5	0.7	0.5	3.4	0.2			0.8	12.1	3.8	0.1	4.9	0.2	6.9	4.7	2.3	0.2	0.9
Lespedeza maximowiczii	1.5	1.2		0.4	0.2	0.9		0.5	1.5	0.2	0.7	1.2	1.2	0.6	3.8	2.6		1.2		0.3
Lespedeza crytobotrya	0.2	1.5	0.7			0.5			0.2		0.6	1.4	5.7	0.5	0.2		0.2	0.2		
Zanthxylum schinifolium	3.0	1.7	0.2			0.2					1.1	0.5		0.6	0.2	1.6		1.0		0.3
Securinega suffruticosa	0.2	0.9									0.3									0.3
Rhus trichocarpa	0.7	5.2	0.2	2.1	1.1	0.5	0.6	1.1	0.2	10.5	6.4	1.4	0.2	0.8				0.2	1.3	
Euonymus oxyphyllus	2.4	0.4			1.4		0.6		0.2	0.1	0.1	0.3		0.4						0.2
Euonymus sachalinensis	0.2						0.7	0.2												
Euonymus sieboldianus	0.2			2.7	1.5	1.2	0.9				0.1			0.3						
Acer pseudo-sieboldianum	0.9	0.8		15.4	10.5	17.8	17.6	16.8	15.2	7.5	4.3	3.8		4.5	4.9				1.0	0.9
Cornus kousa	0.7			0.3	3.6	0.7		0.9	0.3	0.3	0.6	4.2		0.4	1.6					
Rhododendron mucronulatum	1.1	2.9	0.6	1.3	0.3	3.7	3.2	0.2	5.6	2.8	1.1	5.5	10.5	0.3	0.3		4.7	10.4	7.5	0.2
Rhododendron schlippenbachii	3.4	0.4	2.1	1.7	3.3	4.7	4.8	0.3	3.4	3.3		2.7	2.6	0.1	3.0	1.0	6.8	2.0	4.5	
Symplocos chinensis for. *pilosa*	4.4	2.2		1.8	1.9	1.2	0.8	1.1	3.6	3.7	2.0	0.8	0.2	1.9	11.0	0.8	0.2	3.2	0.2	0.9
Fraxinus mandshurica	0.8							4.6	2.9		1.2			3.0						
Fraxinus rhynchophylla	2.8	0.4		0.7	2.8	2.0	0.7	2.3	0.8	2.9	1.9	2.8		1.0	0.2			0.2		
Vibrunum erosum	0.4							0.2	0.6	1.2	0.5									

(Table 4. Continued)

Species	Plot 8[a]	14[a]	20[b]	1[b]	2[b]	3[b]	4[b]	6[b]	7[b]	13[b]	15[b]	5[c]	11[c]	19[c]	9[d]	16[d]	12[e]	17[f]	10[g]	18[h]
Weigela subsessilis	1.3	1.7		0.5	0.1	0.3		0.5		0.6	1.5	0.9	1.1	1.0	0.3	0.2	0.5	1.1	1.8	
Smilax siebodii	0.2	0.4	0.2					0.1	1.6		0.4	0.2		1.9	0.8	0.8		0.3	1.3	0.2
Castanea crenata		0.8	4.9																	3.9
Quercus serrata		2.1	0.3								0.5		0.2	1.1						
Magnolia sieboldii		0.2		2.4	2.4		0.4			1.1	1.4									
Maackia amurensis		0.6			0.6	0.1				1.0	0.2									
Rhus japonica		0.5	0.3											0.2		0.2				
Parthenocissus tricuspidata		1.2									0.6			0.1						0.8
Actinidia arguta		0.7			0.1						0.9			0.4					0.6	
Callicarpa japonica		2.0	0.8	0.1	0.1	0.2		1.0			1.8	0.1		0.4		1.5			1.3	1.3
Pinus rigida			6.8										0.1				5.3			
Alnus hirsuta var. *sibirica*			0.2																	
Quercus acutissima			10.8										7.4		44.1	46.5	0.1	14.0		1.0
Quercus variabilis			9.5																	
Zelkova serrata			2.3																	
Robinia pseudoacacia			18.1													21.9		1.6		41.5
Rhus verniciflua			0.2	2.7	1.3	0.3			0.6			0.8	1.7	1.9						
Symplocos chinensis var. *pubescens*			0.2			0.1														
Clerodendron trichotomum			0.5					0.3					0.1	0.1			1.6			
Vibrunum bilatatum for. *pilosulum*			0.2											0.7						
Corylus sieboldiana				0.1							1.8									1.2
Hydranges serrata for. *acuminata*				0.1							0.1									
Sorbus commixta				1.7			2.9	1.0		0.8										
Acer tschonoskii var. *rubripes*				2.7	6.6	0.1	0.8													
Vaccinium oldhami				1.8		0.7	0.1	1.1			0.1									0.4
Styrax obassia				2.6		0.1	0.1		2.3	0.2	0.7	1.5		3.7						
Euonymus alatus for. *straitus*				1.5	0.4															

(Table 4. Continued)

(unit; %)

Species	Plot 8[a]	14[a]	20[a]	1[b]	2[b]	3[b]	4[b]	5[b]	6[b]	7[b]	13[b]	15[b]	5[c]	11[c]	19[c]	9[d]	16[d]	12[e]	17[f]	10[g]	18[h]
Pinus koraiensis					0.5																
Carpinus cordoia					2.2										0.2						
Acer mono					5.5			13.2													
Kalopanax pictum					0.1			0.2													
Styrax japonica					0.1		0.1								0.1			5.6			14.6
Cornus walteri						0.2															
Smilax china						0.2											0.4		0.2		
Betula cosolata							0.8														
Deutzia prunifolia							0.3	0.2				0.1	0.1								
Pyrus pyrifolia							0.6														0.7
Amelanchier asiatica							0.2														
Rosa mutiflora							0.4		0.5								0.4				2.2
Vitis amurensis							0.4	1.1	0.2			0.8					0.3	0.1		0.2	
Vaccinium koreanum							1.5														
Syringa reticulata var. *mandshurica*							0.7					0.4									
Corylus sieboldiana var. *mandshurica*								0.2				0.1									
Philadelphus schrenskii								0.7													
Pueraria thunbergiana								0.1													
Staphylea bumalda								1.2				0.6									
Acanthopanax rufinerve								0.2					0.1			0.3					
Rhododendron yedoense var. *poukhanense*								0.8	0.5												
Forsythia koreana								0.2													
Echinopanax horridum												0.2									
Lonicera maackii												0.1									
Alnus japonica															0.7						
Capinus laxiflora															0.7						
Prunus davidiana															0.1						
Indigofera kirilowi															0.1						
Eleagnus umbellata															0.7	3.4					
Fraxinus sieboldiana															0.3						
Vibrunum sargentii																					
Akebia quinata																	0.3				
Corylus heterophylla																					2.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

a. *Pinus densiflora* comunity;b,*Quercus mongolica* comm.; c,*Q.mongolica-P.densiflora* comm.;d,*Quercus acutissima* comm.; e,*Alnus hirsuta-P.densiflora* comm;f,*Quercus aliena-Q.acutissima* comm. ; *hirsuta* comm ; h,*Rhobinia pseudoacacia* comm.

Table 5. Dimension summary of the forest vegetation by communities and plots.

Plot	Vegetation cover(%)				Density(trees/500m²)					Mean height(m)			Mean DBH(cm)		Basal area(m²/500m²)		
	C*	U*	S*	H*	C	U	S	Sd*	Total	C	U	S	C	U	C	U	Total
8a[a]	70	30	90	30	99	105	930	240	1374	7.0	4.0	1.4	11.9	4.9	1.189	0.225	1.414
14[a]	40	70	80	40	21	121	756	360	1258	13.0	5.0	1.4	30.2	2.9	1.654	0.120	1.774
20[a]	70	20	30	40	102	26	740	170	1038	8.0	4.5	1.4	3.5	4.4	1.639	0.051	1.690
1[b]	80	70	50	70	28	120	712	468	1328	9.0	5.0	1.5	15.5	3.8	0.589	0.181	0.770
2[b]	90	50	30	40	42	108	740	596	1486	11.0	5.5	1.5	14.6	5.2	0.778	0.281	1.059
3[b]	80	60	60	40	62	116	940	575	1693	5.0	3.0	1.5	13.4	4.3	0.983	0.215	1.198
4[b]	75	60	40	60	46	153	532	544	1275	11.0	4.5	1.5	12.1	4.2	0.581	0.286	0.867
6[b]	80	40	30	50	41	53	568	84	746	14.5	7.5	1.3	19.6	4.0	1.359	0.103	1.462
7[b]	80	70	40	40	49	94	544	376	1063	9.0	5.0	1.4	13.8	4.3	0.823	0.189	1.012
13[b]	80	40	30	100	51	109	324	32	516	11.0	5.0	1.3	14.9	3.7	0.968	0.159	1.127
15[b]	70	70	50	50	23	114	712	476	1325	9.0	3.5	1.5	21.5	3.1	0.890	0.128	1.018
5[c]	70	80	80	20	44	87	1156	316	1603	9.0	5.5	1.5	18.1	3.7	1.312	0.141	1.453
11[c]	20	40	80	30	46	43	1136	284	1509	4.5	2.5	1.2	6.5	2.5	0.165	0.032	0.197
19[c]	70	80	70	30	29	107	1212	96	1444	8.0	5.0	1.3	15.5	4.0	0.620	0.200	0.820
9[d]	80	40	70	60	40	45	673	400	1158	12.0	3.5	1.5	24.3	3.4	1.952	0.065	2.017
16[d]	80	40	20	80	34	36	844	116	1030	15.0	7.0	1.4	34.2	6.8	3.486	0.177	3.663
12[e]	70	60	60	50	62	149	868	504	1583	11.0	4.5	1.2	12.8	2.8	0.904	0.127	1.031
17[f]	80	60	70	50	22	115	850	640	1627	6.5	4.0	1.4	13.5	3.7	0.308	0.179	0.559
10[g]	70	50	80	40	45	91	1460	585	2181	8.5	3.5	1.4	15.0	2.9	0.872	0.092	0.964
18[h]	80	40	30	60	40	70	500	72	682	14.0	5.5	1.3	23.8	4.0	1.964	0.140	2.104

* C, canopy; U, understory: S, shrub stratum; H, herb stratum; Sd, seedlings. Legends of a~h are the same as table 4.

Table 6. Values of various diversity indices for woody species.

Community	Plot	Number of species	Shannon diversity index (H')	H'max	Evenness (J')	Dominance (1−J')
Pinus densiflora	8	28	1.160	1.447	0.802	0.198
	14	30	1.242	1.477	0.841	0.159
	20	25	1.099	1.431	0.768	0.232
Quercus mongolica	1	27	1.179	1.431	0.824	0.176
	2	30	1.092	1.477	0.739	0.261
	3	29	1.117	1.462	0.764	0.237
	4	28	1.058	1.462	0.723	0.277
	6	33	1.205	1.519	0.794	0.207
	7	24	1.804	1.380	0.786	0.214
	13	22	0.366	1.342	0.273	0.728
	15	41	1.202	1.613	0.745	0.255
Q. mongolica–*P. densiflora*	5	27	1.085	1.462	0.742	0.258
	11	20	0.891	1.301	0.685	0.315
	19	42	1.170	1.613	0.745	0.255
Quercus acutussima	9	21	0.879	1.322	0.664	0.366
	16	22	0.968	1.342	0.721	0.279
Alnus hirsuta–P. densiflora	12	19	0.901	1,279	0.705	0.295
Quercus aliena–Q.acutissima	17	21	0.908	1.322	0.687	0 313
A. hirsuta	10	20	1.011	1.301	0.777	0.223
Robinia pseudoacacia	18	25	0.954	1.398	0.683	0.318

가 낮게 나타남으로서 아까시나무는 선택적으로 수종 분포를 제한한다는 것을 시사 할 수 있다. 한편 연속된 동일 군집에서 유사도지수는 80% 이상이라는 Cox(1972)의 보고를 고려할 때 북한산지역은 동일 군집내에서도 종구성 상태가 비교적 균등하지 않은 것을 알 수 있다.

(5) 直徑分布

그림5에서는 20개 조사구의 매목조사에 의한 삼림군집별, 임분구조별 주요 교목류의 직경분포를 보였다.

소나무군집은 아까시나무가 출현하지 않으며 유령임분인 조사구 8, 장령림인 조사구 14, 아까시나무가 출현하는 임분인 조사구 20으로 구분되었다. 3개 임분 모두 흉고직경 3㎝ 미만인 소나무 치수는 출현하지 않음으로써 소나무는 도태되고 있는 것을 알 수 있으며, 아까시나무가 출현하지 않는 임분에서는 신갈나무, 아까시나무가 출현하는 임분에서는 아까시나무가 代替樹種인 것으로 나타났다.

신갈나무군집은 조릿대가 출현하지 않는 임분인 조사구 1, 2, 3, 4, 6, 7, 15, 조릿대가 출현하는 임분인 조사구 13으로 구분되었다. 교목상층 우점종은 天然更新이 이루어지고 있을지라도 小喬木類, 灌木類와의 경쟁 결과 소경목 밀도가 낮다는 Harcombe & Marks(1978)의 보고를 고려할 때 신갈나무의 천연갱신 상태는 비교적 양호한 것을 알 수 있다. 팥배나무와 당단풍나무의 경우 소경목 밀도가 높은 것으로 나타났으나 최대직경경급이 각각 15–18㎝, 12–15㎝이었으며, 식생조사시 분지가 잘 되는 것을 알 수 있었는데, 이것은 교목하층 수종으로서 적응된 형태라고 생각된다. 조릿대가 출현하는 임분에서는 신갈나무, 팥배나무, 당단풍나무의 최대직생급이 낮은 것으로 나타났다.

신갈나무–소나무군집은 능선부 임분인조사구 11과 능선부 임분이 아닌 조사구 5, 19로 구분되었다. 조사구 5, 19의 경우 소나무의 치수가 발생 하지않는 반면 신갈나무의 천연갱신 상태는 양호한 것으로 나타났다. 능선부 임분에서 소나무의 천연갱신 상태도 비교적 양호한 경향을 보였는데, 이것은 능선부의 경우 광조건에 비하여 토양조건이 나쁘기 때문이라고 사료된다.

상수리나무군집은 아까시나무가 출현하지 않는 임분인 조사구 16으로 구분되었다. 2개 임분 모두 상수리나무는 도태되고 있으며, 아까시나무가 출현하지 않는 임분은 신갈나무, 아까시나무가 출현하는 임분은 아까시나무가 대체수종인 것을 알 수 있다. 물오리나무–소나무군집(조사구 12), 물오리나무가 점차 교목상층의 우점종이 될 것으로 추정할 수 있었다. 갈참나무–상수리나무군집(조사구

14[a]	74.6																	
20[a]	43.5	44.4																
1[b]	26.1	27.1	9.4															
2[b]	26.9	20.0	6.1	73.3														
3[b]	39.6	6.1	20.0	78.4	69.6													
4[b]	21.5	17.0	5.5	77.2	69.8	74.9												
6[b]	22.3	20.9	4.4	67.2	66.4	67.4	64.7											
7[b]	33.4	26.1	11.6	78.7	63.3	76.7	74.3	67.6										
13[b]	29.2	28.3	9.3	66.6	57.7	60.0	58.0	56.5	66.3									
15[b]	39.8	44.6	14.4	57.7	52.3	62.3	46.0	57.3	56.5	60.9								
5[c]	59.7	50.6	35.6	53.7	51.6	64.6	46.5	45.3	57.8	51.0	54.4							
11[c]	37.1	34.0	29.5	43.1	37.0	51.2	38.7	32.8	47.0	37.5	39.0	57.5						
19[c]	60.8	59.3	36.0	47.5	40.9	54.6	34.6	40.9	49.5	37.0	53.5	65.3	45.0					
9[d]	23.2	21.5	16.0	29.2	32.1	32.1	27.3	25.4	32.1	23.3	25.0	23.1	26.5	32.0				
16[d]	17.7	15.7	33.2	9.9	9.1	12.9	7.9	10.3	11.2	6.9	16.4	16.3	13.4	16.0	56.4			
12[e]	38.0	35.7	30.3	27.1	25.3	40.2	32.6	14.4	29.7	18.4	21.9	45.7	38.0	37.7	19.9	15.3		
17[f]	23.3	18.4	18.0	12.8	9.7	15.7	10.2	7.3	17.0	12.1	13.6	22.7	28.7	19.1	27.9	29.5	26.4	
10[g]	26.0	22.2	6.7	31.4	32.8	33.8	38.3	22.2	29.8	29.7	21.4	33.5	33.6	26.1	23.6	12.2	56.1	26.7
18[h]	13.4	14.8	25.9	6.9	7.5	8.2	6.6	8.2	7.3	5.0	16.2	9.1	6.3	17.4	12.7	33.7	8.3	26.1
Plot	8[a]	14[a]	20[a]	1[b]	2[b]	3[b]	4[b]	6[b]	7[b]	13[b]	15[b]	5[c]	11[c]	19[c]	9[d]	16[d]	12[e]	17[f]

8.7	
10[g]	

Figure 4. Similarity indices(%) between plots. Legends of a~h are the same as table 4.

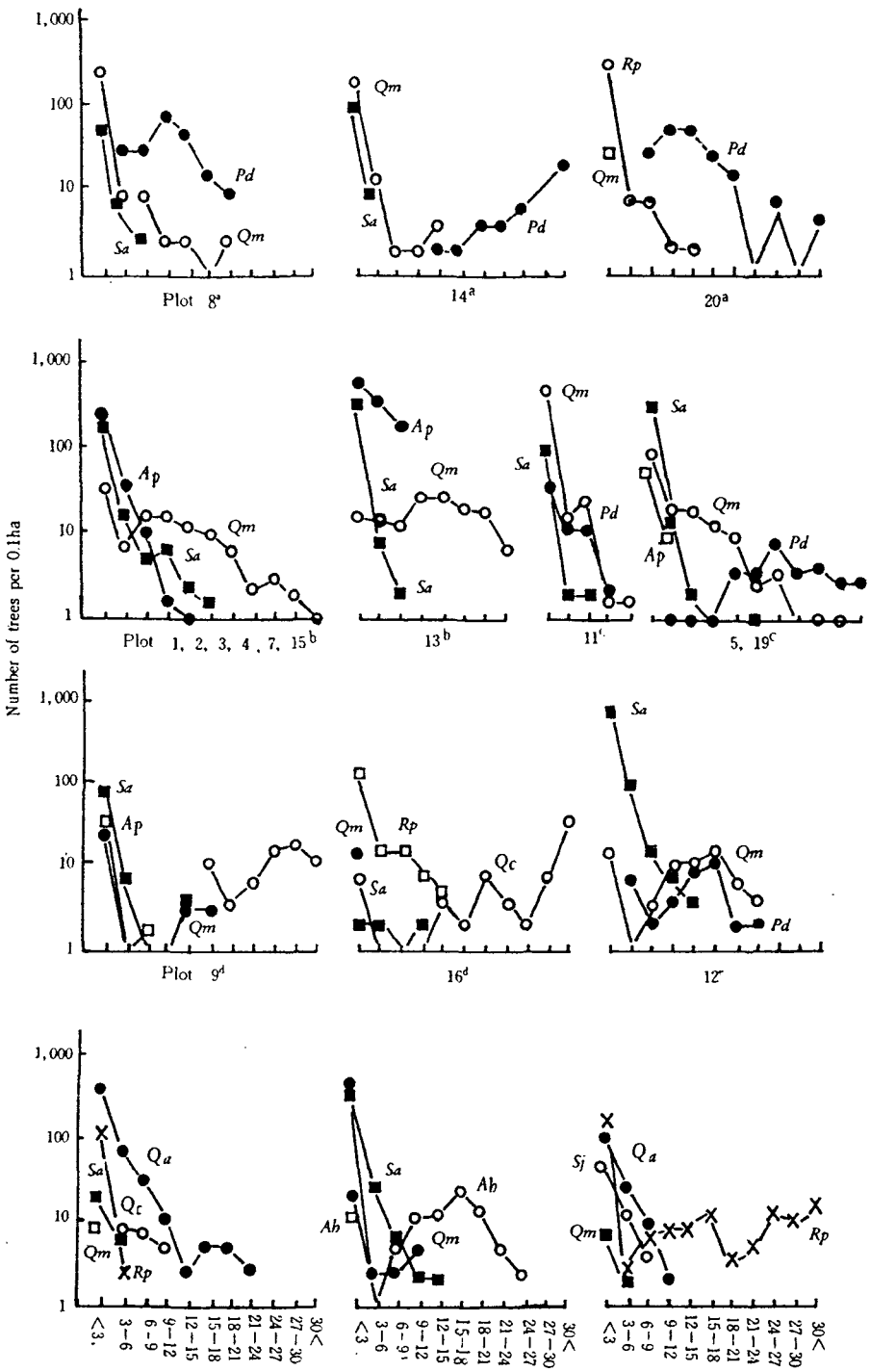


Figure 5. DBH clase distribution of major tree species by communities and stand sturctures Legends of a~h are the same as table 4. *Pd. Pinus densiflora*: *Qm. Quercus mongolica*; *Qa, Quercus aliena*; *Qc. Quercus acutissima*; *Sa. Sorbus alnifolia*; *Ap. Acer pseudo-sieboldianum*; *Rp. Robinia pseudoacacia*; *Ah. Alnus hirsuta*; *Sj. Styrax japonica*

17)은 갈참나무의 天然更新 상태는 양호한 반면 상수리나무는 도태되는 것으로 나타났으며, 아까시나무군집(조사구 18)은 아까시나무의 천연갱신 상태가 양호한 경향을 보였다.

직경분포는 수령 및 林分動態의 간접적인 표현이며, 따라서 삼림천이의 양상을 추정할 수 있다(Harcombe & Marks, 1978)는 관점에서 이상을 종합하면 본 조사지역은 전반적으로 신갈나무림으로 遷移가 진행되고 있으며, 국소적으로 아까시나무가 침입하고 있는 삼림과 갈참나무-상수리나무군집의 경우 각각 아까시나무림으로 진행되고 있는 것으로 추정할 수 있었다. 또한 기존의 신갈나무군집과 아까시나무군집의 경우 북한산지역의 인간 간섭의 정도 및 토양조건 등을 고려할 때 일반적인 천이계열에 있어서 현존의 삼림구조를 가지는 양수의 활엽수림 단계가 지속될 것으로 판단된다.

4. Ordination 分析

20개 조사구에서 출현한 총수종은 84종인데 이중 출현빈도가 3회이상인 32종만으로 ordination분석용 data matrix를 작성하였다. 표 7은 상대밀도(RD) 및 상대피도(RC)에 의한 상대우점치(IV)를 계산하여 조사구를 군집별로 구분한 것이다. 소나무 및 신갈나무의 IV의 비율에 따라 소나무군집, 혼효림(소나무-신갈나무 군집, 신갈나무-소나무군집), 신갈나무군집, 기타군집으로 구분되며, 대체로 소나무와 신갈나무의 IV은 서로 역의 관계의 있었고, 신갈나무 군집에서 당단풍나무의 IV가 높게 출현하였다. 기타군집은 대체로 인공식재림으로서 이곳에서는 자연식생의 세력이 낮아 구분이 필요하였다.

그림 6은 4가지 ordination (PO, PCA, RA, DCA)방법에 의해 분석된 결과를 제1축과 제2축에 나타낸 것이며, PCA 방법은 non-PCA, c&s-PCA, cen-PCA 방법을 실시하였다. RA의 제 1축은 total variance의 24%를, 제3축까지는 56%로서 낮은 집중율을 보였으나 data matrix를 변형하지 않고 이용하였다. RA결과에서 제1축에서 조사구 16, 18이 왼쪽으로, 조사구 2, 6이 오른쪽으로 분리되어 있다. 그러나 조사구 16, 18은 각각 상수리나무, 아까시나무림인데 이들은 인공 식재된 식생군집으로서 자연식생군집의 ordination분리에 적지않은 偏向(bias)를 제공하게 될 것이므로 기타군집인 조사구 9, 10 16, 17, 18, 12를 제외하면 오히려 RA결과는 제 2축에서 분리경향이 나타난다. 즉 조사구 8, 20이 제일 위쪽에, 조사구 2, 6이 제일 아래쪽에 위치하는데, 조사구 8, 20은 표 7에서와 같이 모두 소나무군집이고, 조사구 2, 6은 신갈나무군집인 것이다. 그러나 제 1축의 total variance가 24%, 제 2축의 total

Table 7. Classification of vegetional community for each site by the mean importance value of major species.

Community	Site No.	Mean importance value(%)			
		P.densiflora	*Q. mongolica*	*A. pesudesieboldianus*	Others
P. densiflora	8	71.2	7.9		
	20	70.2	0.5		
	14	52.3	6.5	0.6	
Mixed forest	5	39.1	29.7	3.5	
	19	32.0	19.9	7.5	
	11	19.5	40.0		
Q.mongolica	15	6.2	41.6	7.0	
	1	3.1	43.1	16.8	
	3	12.7	43.2	21.1	
	2		43.5	15.6	
	4		47.4	19.8	
	6		52.8	20.2	
	7	5.1	54.9	20.0	
		1.6	60.4	8.8	
Others	9		3.1		*Q. acutissima* 68.9
	10				*A. hirsuta* 57.9
	16				*Q. acutissima* 64.6
	18				*R. pseudoacaia* 52.1
	12				*A. hirsuta* 26.8
					S. alnifolia 32.3

Table 8. Ratings of representing ranges of environmental variables.

Class	pH	Humus(%)	Moisture(%)
1	>4.60	>6.21	>13.31
2	4.60−4.78	6.21−7.85	13.31−17.34
3	4.78−4.86	7.85−9.49	17.34−21.59
4	4.86−5.03	9.49−12.84	21.59−25.52
5	5.03>	12.84>	25.52>

Table 9. Correlation coefficient between 3 environmental variables and the stand scores of axis 1 and 2.

	Stand score of axis 1		Stand score of axis 2	
	RA	DCA	RA	DCA
pH	−.104	[illegible]	.241	−.291
Humus	−.225	−.429	−.620**	−.042
Moisture	−.089	−.278	−.514*	.099

** significant at 1% level

* Significant at 5% level

Table 10. Successional trends of major woody species in Mt. Bukhan forest.

Tree	Sub-tree
Pinus densiflora	*Zanthoxylum schinifolium*
↓	*Lespedeza cytobotrya*
Quercus serrata	↓
Prunus sargentii	*Rhus trichocarpa*
Sorbus alnifolia	*Rh. verniciflua*
↓	*Lindera obtusiloba*
Quercus mongolica	*Rhododendron mucronulatum*
Fraxinus mandshurica	*Rh. schlippenbahii*
F. rhynchophylla	↓
	Acer pseudo-sieboldianus
	Magnolia sieboldii
	Euonymus sieboldianus

variance가 16%인점을 감한할 때 기타군집에 의한 bias가 작용한 것으로 판단되어서 제2축의 표현방법을 변형하여 DCA에 의하여 분석한 결과 기타군집을 제외하면 조사구 8, 14, 20이 오른쪽으로, 조사구 2, 4, 6이 왼쪽으로 분리되어 소나무 군집, 혼효림, 신갈나무순으로 배열되므로 본 북한산 삼림의 ordination분석을 DCA가 가장 효과적임을 알 수 있다. 한편 DCA의 제1축의 total variance는 52%이고, 제3축까지는 93%로 매우 높은 집중율을 보였다.

Ordination 방법인 PO, PCA, RA 중 RA는 PO, PCA의 環境句配에 따른 오차를 줄일 수 있는 방법(Hill, 1973)으로 인정되었으나 최근에는 RA의 제 2축의 표현방법을 개선한 DCA(Hill, 1979)을 많이 이용하고 있다. 우리나라에서는 光陵의 삼림군집에서 PO, c&s-PCA, RA방법, (姜과 吳, 1982) 鷄龍山의 삼림군집은 RA방법, (宋과 辛, 1985) 內藏山에서는 각각 PO방법(김, 1987) RA방법(李, 1987), 伽倻山에서는 RA방법 (趙, 1987)이 효과적임이 발표되었으나, DCA는 아직까지 적용한 사실이 없었으나 본

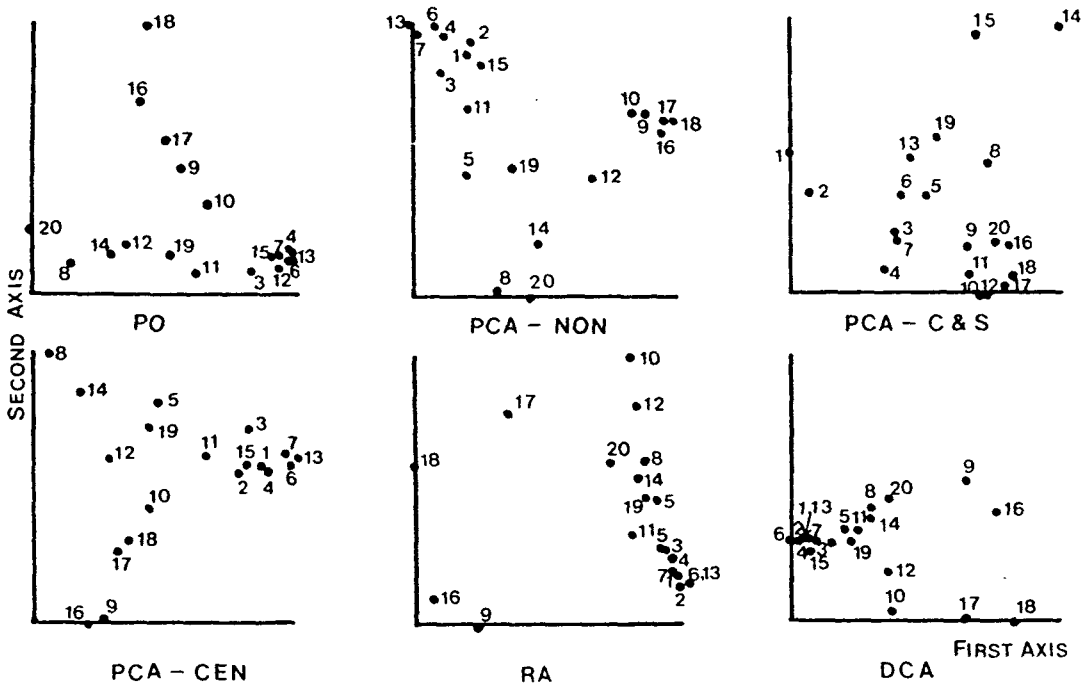


Figure 6. PO, PCA, RA and DCA ordination of 20 sites in Mt. Bukhan forest.

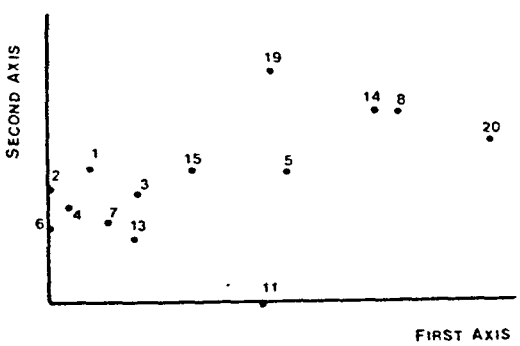


Figure 7. DCA ordination of 14 sites with the exception of artficial forest in Mt. Bukhan forest.

연구에서는 PO, PCA, RA, DCA를 적용한 결과 북한산 삼림군집에서는 DCA가 가장 효과적임이 증명되었다.

ordination분석에서 종래에는 인공식생군집과 자연식생군집의 조사자료를 혼용하여 분석하였으나, 본 연구결과 인공군집의 자료가 자연식생자료에 bias를 주게 되어 이에 대한 고려가 요구되며, 또한 환경구배의 결과에서도 위와 같은 결과가 나타났으나 앞으로 이에 대한 계속적인 연구가 필요하겠다.

PO에서는 오른쪽에 분포하는 조사구 4, 13, 6, 1, 2, 15의 분리가 결과가 명확하지 않았으며, non–PCA는 제2축으로 결과가 분리되었고, c&s–PCA는 인공림과 자연림의 분리가 불명확하고, cen–PCA는 오른쪽에 위치한 조사구 1, 4, 6, 13, 7의 분리가 불명확하였다. 한편 인공조성군집으로 추정되는 조사구 9, 10, 12, 16, 17, 18의 6개군집을 제외한 자연식생군집만으로 DCA분석한 결과를 그림 7에 표현하였다. 이때 제1축의 total variance는 71%이고, 제3축까지는 94%로서 제1축의 집중율로 보아 인공식생군집의 bias가 ordination분석에 많은 영향을 미침을 알 수 있다. 그림 중 제1축에서 조사구 20, 8, 14, 조사구 19, 5, 11, 조사구 15, 3, 13, 7, 1, 4, 2, 6으로 분리되는데 이는 소나무군집, 혼효림, 신갈나무군집의 순으로 배열된 것이며, 한편 제2축에서의 차이는 크게 나타나지 않았다.

각조사구의 種組成의 변화에 관련되는 주요환경요인을 판단하기 위하여 3개의 환경요인들을 5단계(표8)로 나누어 DCA결과중 제 1,2축에 표시한 것이 그림 8이고, 각 환경요인과 DCA의 제 1축, 2축의 scores와 상관분석을 한 것이 표9이다. 표 3에서와 같이 RA의 제 2축의 scores만이 토양유기물및 토양수분과 각각 負의 상관관계가 성립되나 RA에서 제1축의 total variance가 24%, 제2축의 total variance가 16%로서 제1축의 집중율이 높은 것과는 다른 결과를 보이고 있다. 그러나 DCA의 제1축의 값은 標

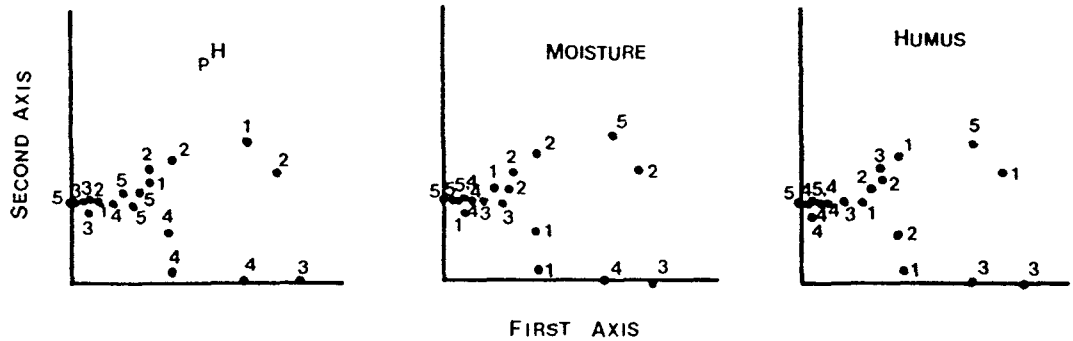


Figure 8. Distribution of environmental factors on DCA ordination based on 20 sites in Mt. Bukhan forest.

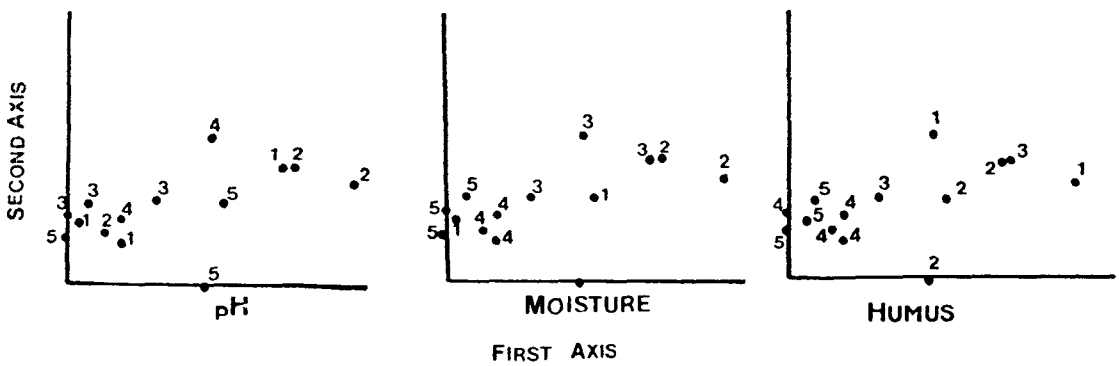


Figure 9. Distribution of environmental factors on DCA ordination based on 14 sites with the exception of artifical forest in Mt. Bukhan forest.

本의 크기(sampling size)가 20개밖에 안되어 상관계수의 값이 5%의 유의수준에는 미치지 못하나 제2축의 scores의 상관계수보다 높아, DCA의 제 1축에서 토양유기물 및 토양 수분에서 어떤 경향을 기대할 수 있겠다. 그러나 그림 8의 결과에 의하면 위의 두가지 환경요인에서 일정한 경향을 발견하기가 힘들어 여기에서도 인공군집인 조사구 9, 10, 12, 16, 17, 18의 6개군집을 제외한 결과 그림 9와 같이 표현되었다. 토양수분에서 대체로 오른쪽은 계급 2, 왼쪽은 계급 5의 순으로 배열되었고, 토양유기물에서도 오른쪽은 계급 1, 2, 왼쪽은 계급 5의 순으로 배열되어 환경요인에서도 인공군집은 bias를 제공하였음을 알 수 있었다.

그림 10은 DCA방법에 의한 자연식생군집의 주요종 24종에 대한 ordination분석의 결과인데 상층의 제 1축에서는 오른쪽에 소나무, 왼쪽에 들메나무, 물푸레나무, 신갈나무로 분리가 되었고 중층에서는 오른쪽에 산초, 참싸리, 왼쪽에 당단풍나무, 함박꽃나무, 참빗살나무로 분리가 되었으며, 이것으로 추정되는 천이계열을 밝힌 것이 표 10이다. 표에서 보이듯이 북한산의 삼림식생군집의 상층은 소나무 → 졸참나무, 산벚나무, 팥배나무 → 신갈나무, 들메나무, 물푸레나무로 천이가 진행중이었다. 또한 중층에서는 산초, 참싸리 → 개옻나무, 옻나무, 생강나무, 진달래, 철쭉→당단풍, 함박꽃나무, 참빗살나무의 순으로 천이가 진행중이었다.

우리나라의 온대림에서 oraination에 의한 植生遷移의 경향은 대체로 소나무→참나무류→서어나무의 순으로 진행됨이 계속보고되었으나, 현재 북한산의 천이는 상층은 소나무→참나무류인 신갈나무까지 발전되었고 또한 중층의 단풍나무와 군집을 구성하는 신갈나무-단풍나무군집이 가장 발전된 단계이었다. 그러므로 우리나라 온대림에서의 극상림인 서어나무군집에 비교하면 불안정한 군집이나, 현재의 삼림군집이 계속 천이가 진행되어 성숙된 極相林까지 도달될 것인지는 예측하기가 곤란하다. 이는 기후요인에 의한 천이진행에 대한 인간간섭에 의한 토양등

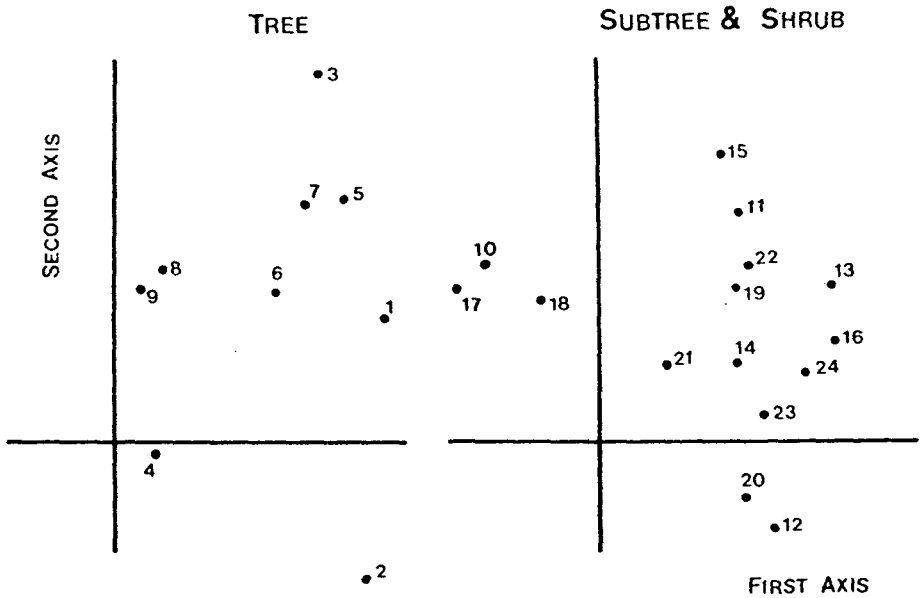


Figure 10.DCA ordination of woody species based on 14 sites in Mt. Bukhan forest.

1. *Pinus densiflora*
2. *Quercus acutissima*
3. *Q. aliena*
4. *Q. mongolica*
5. *Q. serrata*
6. *Sorbus alnifolia*
7. *Prunus sargentii*
8. *Fraxinus mandshurica*
9. *F. rhynchophylla*
10. *Magnolia rhynchophylla*
11. *Lindera obtusiloba*
12. *Lespedeza crytobatrya*
13. *Zanthoxylum schirifolium*
14. *Rhus trichocarpa*
15. *Rh. verniciflua*
16. *Euonymus oxyphyllus*
17. *E. sieboldianus*
18. *Acer pseudo-sieboldianus*
19. *Cornus kousa*
20. *Rhododendron mucronulatum*
21. *Rh. schlippenbachii*
22. *Symplocos chinensis* for. *pilosa*
23. *Callicaropa japonica*
24. *Weigela subsessilis*

의 物理的인 방해요인이 매우 심한 것에 원인이 있겠다. 우선 북한산인근에 인구 1000만명과 70만대의 자동차에 의한 대기오염물질과 산성우의 영향으로 토양pH가 4.4~5.3으로서 토양이 산성이다. 층층나무, 서어나무등이 생육을 잘 할 수 있는 토양의 pH는 5.5이상으로서 강산성의 토양에서는 好酸性樹種인 소나무가 우점종을 차지하거나, 활엽수인 참나무류가 우점종을 이루게 된다.(任, 1985) 또한 서울의 도시림중에는 서어나무가 우점층을 이루는 군집이 없는데, 즉 昌德宮後苑은 갈참나무가 우점종인 군집으로 토양 pH는 4.6~5.6(吳와 李, 1986), 南山公園은 소나무, 신갈나무가 우점종인 군집으로 pH는 4.0~4.5(李 등, 1986), 선정릉의 숲은 갈참나무가 우점종인 군집으로 pH는 4.3~4.5(이 등, 1987), 宗廟의 숲은 갈참나무가 우점종인 군집으로 pH는 4.2~4.9 (이 등 1987; 로서 산성의 토양으로서 모두 참나무류인 신갈나무, 갈참나무가 우점종인 군집이 주를 이루고 있다.

또한 북한산은 인간에 의한 벌채와 이용과 같은 계속적인 간섭으로 표토가 유실될 때 양료의 용탈이 발생되어 척박한 토양으로 된 것도 안정된 삼림식생구조에 도달되지 못한 원인이 되겠다. 그러므로 현재의 북한산식생군집은 현재와 같은 등산객의 과밀이용을 방치한다면 토양조건은 좋게 변화가 되지 않아 참나무류가 우점종인 식생군집에서 머물것이다.

引 用 文 獻

1. Bray, J. R. and J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communties of Southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27:325-349.

2. Brower. J E., and J.H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. Publ., Iowa. 194pp.
3. Cox. G. W. 1972. Laboratory manual of general ecology. Wm. C. Brown Co. Publ., Iowa. 232pp.
4. Curtis. J T., and R.R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Winsconsin. Ecology 32:476-496.
5. Gauch. H. G. 1977.Ordiflex-A flexible computer program for four ordination techniques:weighted averaes, polar ordination, principal components analysis and reciprocal averaging. Release B. Cornell Univ., N. Y., 185pp.
6. Gauch. H. G. 1982. Multivariate analysis in comummunity ecology. Cambridge Univ. Press, 298pp.
7. Gauch. H. G., Whittaker and T.R. Wentworeh. 1977. A comparative study of reciprocal averaging and other ordination techniques. J. Ecol. 65:157-174.
8. Greig-Smith, P. 1957. Quantitative plant ecolgy. Butterworths Suientific Publications, London, 198pp.
9. Harcombe, P.A., and P.H. Marks. 1978. Tree diameter distrabution and replacement processes in southeast Texas forests. For. Sci. 24(2) : 153-166.
10. Hill. M.O. 1973. Reciprocal averaging:An eigenvector method of ordination. J. Ecol. 61:237-249.
11. Hill, M.O. 1977. DECORANA-A FORTRAN program for detrended correspondense analysis and reciprocal averaging. Cornell Univ., N.Y., 52pp.
12. Hill. M.O. 1979. TWINSPAN-A.FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell Univ., N. Y., 5pp.
13. 진 희성. 1982. 북한산 삼림군락의 식물사회학적 연구. 경희대학교 산업대학, 130pp.
14. 조 재창. 1987. 자연공원에서의 소나무림 보존대책에 관한 연구-국립공원 가야산 홍류동계곡을 중심으로-. 서울시립대학교대학원 석사논문, 56pp.
15. 강 윤순, 오 계칠. 1982. 광릉삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. 한국식물학회지 25(2) : 83-100.
16. 건설부. 1984. 북한산국립공원 계획, 건설부, 553pp.
17. 김 정언. 1987. 분류법과 서열법에 의한 내장산삼림식생 연구., 중앙대학교박사학위논문, 123pp.
18. 이 경재, 오 구균, 권 영선. 1987. 선정릉의 적정수용능력 추정 및 관리방안(I).-토양 및 식생분석-. 한국조경학회지 14(3) : 33-45.
19. 이 경재. 1987. 내장산 국립공원 내장사지구의 자연보전관리대책에 관한 연구. 문교부연구보고서, 100pp.
20. 이 경재, 박 인협, 오 구균. 1980. 남산공원의 식물군집구조 및 8년간의 식생변화분석. 한국임학회지 76(3) : 206-217.
21. 이 경재, 오구균, 조 현길, 1987. 종묘의 식물군집구조분석 및 관리대책에 관한 연구. 한국조경학회지(인쇄 중).
22. 오 구균, 이 경재. 1986. 창덕궁후원 자연식생의 식물사회학지 연구. 한국 조경학회지. 14(2) : 27-42.
23. 日本環境廳. 1982. 日本の自然環境. 日本環境廳, 249pp.
24. Monk, C.D., G.I. Child, and S.A. Nicholson. 1969. Species diversty of a stratified oak hickory community, Ecolgy 50(3) : 468-470.
25. 박 봉규. 1981. 서울근교 도봉산일대의 식물군집의 구조적 특성과 환경보호에 관하여. 자연보존연구 보고서 3 : 111-129.
26. 박 인협. 1986. 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대박사학위논문, 46pp.
27. Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, New York. 168pp.
28. 송 호경, 이 은복. 1985. 북한산 국립공원의 식물군집형에 대하여. 한국식물학회심포지움 : 23-33.
29. 송 호경, 신 창남, 1985. 계룡산삼림군집형과 그의 구조에 관한 연구. 충남대학교 환경연구보고서 3(1) : 19-58.
30. Wenger, K. F. 1984. Forestry handbook. John Wiley & Sons, New York. 1335pp.