

馬山地域의 環境保全을 위한 植物生態系의 基礎研究 *

李 景 宰** · 李 明 雨***

** 서울市立大學 造景學科,

*** 서울大學校 環境大學院附設 環境計劃研究所

Basic Studies on the Plant Ecosystem for the Environmental* Conservation in Masan District

Lee, Kyong Jae** · Lee, Myung Woo***

** Dept. of Landscape Architecture, Seoul City Univ.

*** Environ Planning Inst., Graduate School of Environ. Studies Seoul Natl Nat'l Univ.

= ABSTRACT =

This study was carried out to give basic information about the environmental conservation in Masan District. It included the actual vegetation, the degree of human disturbance of vegetation, plant biomass and biomass production.

The natural vegetation was nonexistent and the major plant communities of the secondary forest was P. thunbergii, P. thunbergii-Q. acutissima and Quercus forest. P. thunbergii-Q. acutissima community area was 29.2% of Masan District and the secondary forest and the afforestation area was 48% and 13% of Masan District respectively.

The ecological diversity of the plant community was high value in Q. acutissima-P. thunbergii, Q. acutissima-Q. aliena and Carpinus laxiflora-Q. variabilis community. As the investigation of the ecological succession in Masan Forest, P. thunbergii community is edaphic climax and mixed forest will be changed gradually dominant species of Quercus species. It was implied that Genus Quercus had never been so easily taken over by the Genus Pinus which forms the edaphic climax at vast areas of forest land.

In the degree of human disturbance of vegetation, the degree 7 (secondary forest 1) was 52.8% and the green spaces in Masan cover 65%, which nongreen spaces 35%.

* 1985年 3月 5日 接受된 論文임.

Total amount of plant biomass produced from Masan District was estimated to be 160, 470.95 tons. Annual production of dry matter biomass amounts to be 32,940.64 tons. Estimated amount for O₂ produced annually from the vegetated area in Masan was 34,896 tons.

序 論

自然環境保全調査는 自然環境의 現況을 把握하여 環境保全의 施行을 推進하는데 必要한 基礎資料를 얻기 위하여 實施하게 된다. 이러한 自然環境의 實態를 數量化하기 위하여 植生自然度の 指標에 의해 客觀적으로 植生自然度圖를 제작하여, 國土나 各 地域에 남겨진 自然實態를 把握하며, 그 結果로 國土利用計劃이나 環境保全計劃에 利用한다. 日本에서는 綠의 國勢調査를 1960年代부터 實施하여 1982년에는 日本의 自然環境¹⁷⁾이라는 報告書를 通하여, 日本의 自然環境의 現況을 보여주고 있다. 우리나라에서는 1982年 蔚山에서 처음으로 上記와 같은 基礎調査가 實施되었고²¹⁾, '83년에는 雪嶽山地域에서도 調査가 이루어졌으나²²⁾, 아직 초보단계에 지나지 않아 계속적인 技法開發의 研究를 해야 하며, 本 研究도 自然環境保全調査의 技法의 한方法으로 제시하고자 한다.

馬山市는 72.46 km²의 面積으로, 年平均氣溫 14℃, 年平均降水量 1,500mm의 條件을 가진 暖帶性的 溫和한 氣候로 韓國 제일의 요양지의 都市이었다. 그러나 8.15 이후의 濫伐과 1970年 自由輸出地域 50萬坪의 造成으로 섬유공업, 기계 금속공업을 위주로 한 99個의 企業체가 建設稼動되기 시작한 후, 大氣汚染과 海水汚染으로 因한 環境의 파괴가 深化되어 가고 있으나, 自然環境保全調査가 正確히 實行되어 있지 않아 環境 파괴의 程度를 數量化하기 곤란한 實情이다.

本 研究는 現存植生을 正確히 把握, 그 基本資料를 利用한 植生自然도를 數量化하고 또한 植物의 生産量을 把握하여, 自然保全과 綠地回復의 基礎資料를 確保하여 環境保全計劃에 活用하는데에 그 目的이 있다.

調査內容 및 方法

1) 植生調査

(1) 現存植生

現存植生의 調査에서는 보통 標本調査法을 사용하게 된다. 이 경우 標本區를 균질적인 임분에 설치하게 되는데 이러한 임분의 설정은 항공사진, 임상도 또는 개관을 통해서 하며, 조사지역의 相觀의 범위를 지도에

기입하여 現存 식생도를 작성한다. 그리고 標本區 설치방법에는 方方法, 接線法 및 point法등이 있으나 本 연구에서는 方方法 (Quadrat method)를 사용하였다. 이 Quadrat는 馬山地域現存植生圖에서 代償植生의 一種인 2次林에 10m×10m의 정방향으로 56개소를 설치하였다. Quadrat내의 植生은 木本만을 對象으로 하였고, 植生群集의 수직적 特性의 파악을 위해 上層 中層 下層으로 구분하였다. 여기서 상층은 상층수관을 이루고 있는 樹木群을, 樹高 2m이하를 下層, 그 사이를 中層으로 하였다. 그리고 各 調査區 (Quadrat) 別로 樹冠投影圖를 作成하여 樹種別 密度, 被度, 頻度, 數度, 優占度등이 계산된다.

頻度 (frequency)는 群集內의 種分布의 고른 정도를 알기위한 것으로서 各 조사구마다 種이 出現했는가만 기록하면 된다.

$$\text{빈도 (F)} = \frac{\text{어떤종이 출현한 조사구수}}{\text{총 조사구수}} \times 100(\%)$$

頻度階級은 5 단계로 구분되는데 Ⅰ: 20%이하, Ⅱ: 21~40%, Ⅲ: 41~60%, Ⅳ: 61~80%, Ⅴ: 81~100%이다.

密度 (density)는 단위면적당 個體數로서 2가지 표현방식이 있다.

$$\text{密度 1} = \frac{\text{어떤 종의 총 개체수}}{\text{조사한 총면적}}$$

$$\text{密度 2} = \frac{\text{어떤 종의 총 개체수}}{\text{조사한 총 조사구수}}$$

보통 密度는 頻도와 함께 사용하는 것이 좋은데 왜냐하면 密度만으로는 종의 地位의 차를 얻기 어렵기 때문이다.

數度 (abundance)는 어떤 種이 出現한 調査區 한개 소당 개체수를 의미한다.

$$\text{數度 (A)} = \frac{\text{어떤 종의 총 개체수}}{\text{어떤종이 출현한 조사구수}}$$

被度 (coverage): 植物의 地上部가 地表部를 덮고있는 비율을 말하며 被度百分率이나 被度階級으로 나타낸다. 이 被度는 계층別로 (上·中·下) 계산하며, 한層

에서도 동일種이 겹치는 경우는 따로 계산하게 된다.
 優占度 (dominance) : 군집내 종구성상태를 總合的으로 나타내기 위한 것으로서 Braun-Blanquet¹⁾는 被度와 數度에 의해 7계급으로 나누었다 (r; 대단히 드문게 출현, +; 소수이며 被도가 낮음, 1; 다수이나 피도가 낮은 경우나 대단히 소수이나 被도는 약간 높은 경우, 2; 대단히 多數 피도 5%~25%, 3; 피도가 25%~50%, 4; 피도가 50~75%, 5; 피도가 75%~100%).
 이와같은 조사는 定量的으로 絶對的 數值를 얻기 위한 것이나 種間相對的 關係를 알기위한 척도로서 相對 優占值를 사용할 수 있다⁴⁾.

$$\text{相對優占值} = \frac{\text{相對密度(RD)} + \text{相對被度(RC)} + \text{相對頻度(RF)}}{3} \quad \text{(Importance value: I.V.)}$$

$$\text{단, 相對密度(被度, 頻度)} = \frac{\text{相對種의 密度(被度, 頻度)}}{\text{全體種의 密度(被度, 頻度)}} \times 100$$

또한 密度, 種數, 相對優占值를 기초로 하여 다음과 같은 公式으로 多樣性指數를 算出하여 群集構造를 分析하였다²⁾⁶⁾⁷⁾¹⁴⁾.

- ① 種多樣度 (Spacies Diversity)
 $H' = -\sum (ni/N) (\log ni/N)$
- ② 最大種多樣度 (Maximum H')
 $H_{max}' = \log s$
- ③ 均在度 (Evenness)
 $J' = H' / H_{max}'$
- ④ 類似度指數 (Similarity Index)
 $S.I. = \frac{2C}{S_1 + S_2} \times 100 (\%)$

- 단, N: 한 調查區內의 總個體數
- ni: 한 調查區內에 있어서 어떤 樹種의 個體數
- S: 樹種數
- S₁: 第一調查區內 各 樹種의 量의 合計
- S₂: 第二調查區內 各 樹種의 量의 合計
- C: 兩調查區內의 共通種에 있어서 兩調查區中 量이 적은 것의 合計

(2) 植生自然度

1: 25,000 地形圖에 作成된 現存植生圖를 利用하여 1 × 1km의 mesh를 만들고, 그 mesh內에 優勢하게 存在하는 植生에 따라 1~10의 等級으로 區分된 植生自然度 (Table 1)를 判定하고, 이를 다시 1: 25,000 地形圖에 옮겨 植生自然度地圖 (Map of degree of human disturbance of vegetation)를 完成하였다.

2) 植物生産量調査

本調査地域 56 個所 Quadrat 內의 各 樹種의 Basal area를 算定하여 Table 2의 Basal area와의 比에 의거, 이미 發表된 우리나라 各 樹種의 植物現存量 및 植物生産量 (Table 2)을 利用하여 本 調査地域의 植物生産量을 推定하였다. 이 값으로 1km² mesh 別로 植物現存量 및 植物生産量을 計算하여 馬山全體의 값을 算定하였다. 그리고 植物純生産量을 구하는 方式으로 Lieth에 의해 제시된 Miami model이 있다. 이 모델은 年降水量과 年平均氣溫으로부터 生産量을 推定하는 것으로서 다음과 같은 式으로 計算하여 낮은 값을 擇한다²²⁾.

$$\text{Miami model} \\ P_n = \frac{30}{1 + e^{1.315 - 0.119 T}} \dots \dots \dots \text{①}$$

Table 1. The outline of degree of human disturbance of vegetation

Outline	Degree	Standard of Ranking
Build-up area	1	Urban land, developed tracts and other zones where plant life is virtually nonexistent
Crop field 1	2	Paddies, fields and other arable land, residential area with abundant trees
Crop field 2	3	Fruit orchards, mulberry plantations and tree nursery
Secondary grassland	4	Grassland which is composed of low-height grasses like Zoysia community
Secondary grassland	5	Bamboo thickets, Miscanthus communities and other profile grasslands
Afforestation	6	Conifer, deciduous forest which is afforested
Secondary forest 1	7	Substitutional vegetation mostly secondary forest of trees
Secondary forest 2	8	Substitutional vegetation colse to natural vegetation
Natural forest	9	Multilayer natural vegetations
Natural grassland	10	Single layer natural vegetation like alpine heathland, wind-exposed grassland, natural grassland

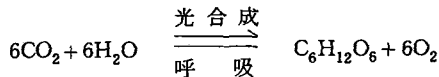
Table 2. Plant biomass and biomass production of forests of Korea

Species	District	Stand ages	Basal area (m ² /ha)	Plant biomass (t/ha)	Biomass production (t/ha/yr)	Sources
<i>Pinus densiflora</i>	Chunchoen		13.40	38.83	12.66	9
<i>Pinus thunbergi</i>	Ulsam	29	22.15	61.08	8.43	11
<i>Pinus rigida</i>	Yuseong	18	19.03	54.09	6.37	20
	Wanju	18	16.02	42.68	3.65	—
<i>Larix leptolepis</i>	Kwangju	15	21.00	63.66	15.84	19
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Youngin	8	10.24	36.72	12.56	13
		13	14.76	69.38	13.23	—
		20	21.48	118.67	16.78	—
<i>Paulownia tomentosa</i>	Seongju	6	11.29	47.49	11.64	12
<i>Alnus hirsuta</i>	Anyang	12~18	—	45.46	12.48	10
<i>Quercus mongolica</i>	Kwangju	22	19.48	112.64	9.25	16
<i>Quercus acutissima</i>	Anyang	12~14	—	69.43	15.22	10
Deciduous	Kwangang		13.39	47.96	11.64	8

$$Pn = 30(1 - e^{-0.000654 T}) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

단, Pn: 純生産量 e: 自然對數 T: 年平均氣溫 P: 年降水量 이러한 植物生産量推定을 통해 한 地域에서의 植物에 의한 O₂ 방출량과 SO₂ 흡수량을 대략적으로 계산할 수 있다.

一般的 光合成과 光化學的 反應式,



에서 植物체가 放出하는 O₂ 量은 光合成을 통해 生成하는 O₂ 量에서 呼吸을 통해 소비하는 O₂ 量을 뺀 값이다. 植物체가 純生産物質을 얻으면서 大氣中으로 放出한 O₂ 量(g)은 純生産量(g)×1.06 이고, 純生産物質을 얻으면서 植物체가 大氣로부터 吸收한 SO₂ 量(g)은 純生産量(g)×0.0012586 이다²¹⁾.

結果 및 考察

1) 馬山地域 自然環境 概要

(1) 地形 및 地質

馬山地域은 서쪽으로 舞鶴山(76m), 大谷山(561m)이 둘러싸고 있고 동쪽으로는 岩石이 많고 노출되는 丘陵地로 되어 있다. 한편 昌原市와 경계한 동쪽은 入龍山(328m)을 정점으로 海岸까지 急傾斜를 형성하고 있다.

이 地域의 地質은 유천층群의 堆積岩類이며, 基盤岩은 白堊紀에 형성된 安山岩, 凝灰岩, 馬山岩 등으로 구성되어 있다.

(2) 土壤

土壤의 성질은 조사지점 56 個所에서 직접 시료를 채취하여 調査하였으며 그중 代表的인 9 個所의 化學的 性質을 Table 3에 나타내었다.

pH 평균치는 4.91 로서 대체로 強酸性을 나타내고 있으며 활엽수림의 값이(지점 9,33,53) 침엽수림의 값(1,3,11)보다 높은 값을 보이고 있다. 有機物含有量은 平均 3.30%로 낮은 水準이다. 참나무類森林은 여타지역보다 높은 값을 보여(지점 9,33) 落葉量이 비교적 많은 것을 보여주고 있으며 이러한 現象은 Ca⁺⁺의 濃度에서도 나타나고 있다.

有放磷酸의 平均濃度는 12.98ppm으로 낮은 수준이나 참나무類森林에서는 비교적 높은 값을 보여준다.

(3) 氣象

馬山地域의 年平均氣溫은 Table 4에서와 같이 14.0℃로서 任¹⁸⁾의 水平的 森林帶區分에 따르면 暖帶林에 속하게 된다. 本來 暖帶林의 경우에는 常綠闊葉樹가 優占種을 이루나 이 地域은 그와같은 林相이 거의 파괴되어 소나무류 및 落葉闊葉樹가 주종을 이루고 있다.

이 地域은 海洋의 영향으로 內陸에 비해 溫度較差가 심하지 않은 편이다(8月: 25.6℃, 1月: 2.3℃) 年平均降水量은 1,493.2mm 로서 우리나라 平均値인 1,000~1,200mm 보다 큰 값으로 多雨地域에 속하나, 年降水量 中의 60%인 889mm가 6~9월에 내려, 우리나라 典型的인 여름철의 集中降雨特性을 나타낸다. 겨울철인 12~2월은 93.8mm로 常綠樹의 生育에는 다소 적은 양일것

Table 3. The soil properties of experimental site

Plot No.	pH H ₂ O 1:5	Organic matter (%)	Total N (%)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeables bases (me/100g)				Remark
					K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	
1	4.58	2.94	0.25	12.25	0.34	0.13	1.31	1.25	Pine forest
3	4.63	2.36	0.20	11.04	0.26	0.11	1.49	0.83	Pine forest
9	5.68	6.84	0.25	20.12	0.49	0.22	4.90	1.57	oak forest
11	4.50	2.32	0.15	14.12	0.31	0.17	1.33	1.10	Pine forest
33	5.80	6.56	0.55	16.27	0.32	0.14	7.25	2.42	Oak forest
41	4.70	3.23	0.15	19.34	0.22	0.11	1.32	0.74	mixed forest
43	4.78	1.90	0.01	9.52	0.27	0.15	1.64	2.25	Pine forest
49	5.45	1.72	0.09	8.51	0.19	0.16	3.27	1.53	mixed forest
53	5.60	3.77	0.29	13.12	0.32	0.13	2.59	1.03	oak forest

Table 4. Climatic data of masan area during the period 1970-1981

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
Avg. temp (°C)	2.3	3.6	7.5	13.0	17.4	20.8	24.6	25.6	21.8	16.4	10.2	4.7	14.0
Avg. max. temp (°C)	12.5	15.8	18.7	23.2	28.7	29.3	32.7	33.1	30.5	27.3	22.5	16.8	23.3
Avg. min. temp (°C)	-8.6	-8.5	-3.7	3.0	8.6	13.7	18.3	18.8	12.2	6.1	-1.0	-7.1	4.3
Precipitation (mm)	27.6	41.0	68.0	165.1	163.0	228.1	272.3	245.1	143.8	62.6	51.4	25.2	1493.2*
Warmth index (°C)													112.3
Cold index (°C)													-4.4

* indicates total

Source: Korean fleet atmosphere section.

로 생각된다. 表에 나타난 바와 같이 溫量指數 (warmth Index = $\sum (t-5)$, 단 n은 t > 5°C 인 個月數) 및 寒冷指數 (Cold Index = $-\sum (5-t)$, 단 12-n은 t > 5°C 인 個月數) 를 計算한바 各各 112.3°C와 -4.4°C이었다. 任에 의하면 寒冷指數가 -5°C까지 大體로 暖帶性植生이 生育한다고 한바, 馬山地域은 常綠潤葉樹의 極相林이 分布될 수 있는 곳이라고 생각된다.

2) 植生調査

(1) 現存植生の 組成 및 分布

馬山地域의 現存植生을 相觀에 의해 調査한 結果 自然植生은 分布하지 않았으며 代價植生으로 2 차림에 해당되는 10개의 群集과 人工植栽植生으로 10개의 群集으로 구분할 수 있었다. 이 結果를 針葉樹林, 混濶林, 潤葉樹林, 造林地, 果樹園, 苗圃場등으로 구분하여 現存植生圖를 作成하였다. 이 그림에서 人工植栽林은 二次林, 農耕地 및 住居地사이에서 推移帶 (ecotone) 의 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 이러한 植生群集別 綠被率을 調査해보면 전체의 61%가 綠被地域으로서 곰솔 - 상수

Table 5. The green coverage rate by plant communities of Masan

Plant community	Area ha	Percentage %
Natural vegetation		0 0
Semi-natural vegetation		3435.50 47.4
Pinus densiflora commu.	79.84	1.1
P. thunbergii commu.	692.16	9.5
P. densiflora - P. thunbergii commu.	61.37	0.8
P. densiflora - Q. acutissima commu.	116.55	1.6
P. thunbergii - Q. acutissima commu.	2119.38	29.2
P. thunbergii - Q. aliena commu.	2.13	0.0
P. thunbergii - Pueria thunbergiana commu.	1172.80	2.4
Q. acutissima commu.	19.11	0.3
Q. acutissima - Q. aliena commu.	140.78	1.9
Carpinus laxiflora - Q. variabilis commu.	13.66	0.2
Artificial vegetation	1017.04	14.0
Other	2797.58	38.6
Total	7250	100

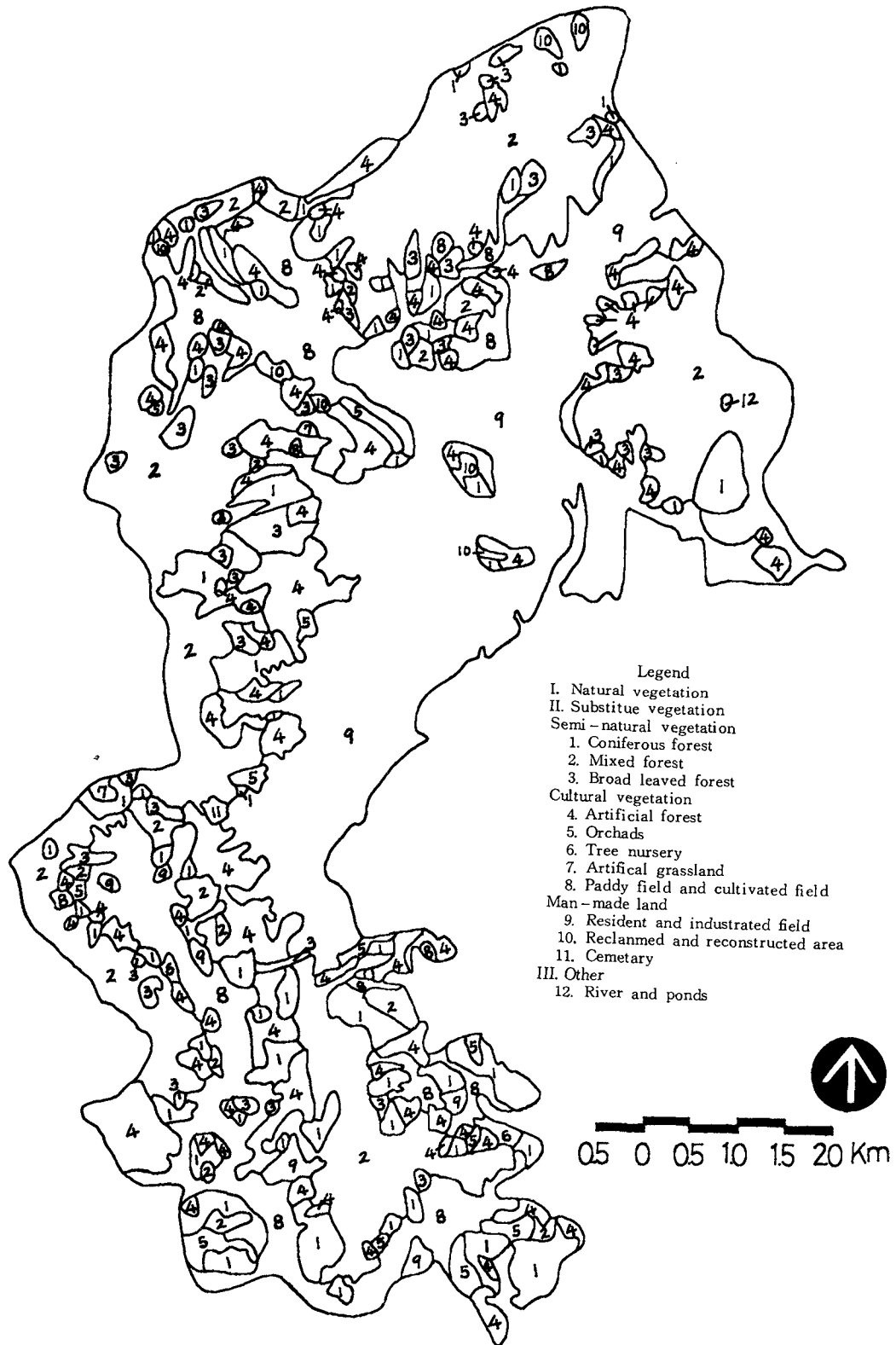


Fig. 1. Map of actual vegetation in Masan.

리나무군집이 그중 29.2%를 차지하여 가장 높은 점유율을 보이고 있다. 그러나 대부분이 20년생 미만의 수령으로 불안정한 식생구조를 보이고 있어 遷移가 계속 進行될 군집으로 판단된다. 이 地域은 海岸에 접하고 있어 松林이 소나무林보다 그 분포면적이 넓다.

人工植栽林에서는 아카시아나무林이 전체의 5.1%나 차지하여 여타 植生の 生育에 큰 영향을 미치리라 생각된다. 林目別로 主要한 群集으로는 松群集, 松-상

수리나무군집 및 상수리-갈참 群集의 3종이 있다. 이 3종 群集의 主 立地特性和 種構成狀態를 보면 아래와 같다.

① 松群集 (Table 6)

이 群集은 주로 海拔高가 낮은 海岸에 입지하며 平均樹高는 8~10m, 上層部의 被度는 70~85%이다. 被度 40% 내외의 下部植生調査地點은 出現樹種數가 10~13종/100m²로서 他樹種의 침입을 막고있음을 알 수 있

Table 6. Floristic composition of Pinus thunbergii community

Plot No.	1	2	3	4	5	
Altitude (m)	50	100	90	170	100	
Exposition	N80W	N80W	N75W	S45E	S75W	
Inclination	15	30	25	10	15	
Tree layer	Height (m)	8	8	7	8	9
	Total coverage (%)	85	82	84	70	80
Subtree layer	Height (m)	4	5	5	6	6
	Total coverage (%)	35	37	37	12	45
Shrub layer	Height (m)	2	2	2	2	2
	Total coverage (%)	32	94	93	47	43
Number of species	6	13	13	10	10	
<i>Pinus thunbergii</i>	5	4	3	4	4	V
<i>Rhus trichocarpa</i>	1	1	1		+	IV
<i>Quercus serrata</i>	2	2	2			III
<i>Symplocos chinensis for pilosa</i>	+	2	1		1	IV
<i>Quercus aliena</i>	1			2	2	III
<i>Smilax china</i>	+					I
<i>Quercus acutissima</i>		1	2	2		IV
<i>Elaeagnus umbellata</i>		1	+			II
<i>Carpinus laxiflora</i>		2	1			II
<i>Pueraria thunbergiana</i>		2	2			II
<i>Pinus densiflora</i>		1	2		1	III
<i>Quercus variabilis</i>		1				I
<i>Smilax china</i>		1	+	1	1	IV
<i>Zanthoxylum schiniflourm</i>		1			+	II
<i>Lespedeza juncea var. inschanica</i>		+				I
<i>Alnus hirsuta</i>			1			I
<i>Styrax japonica</i>			1			I
<i>Lespedeza maximowicsii</i>			2	1	1	III
<i>Diospyros lotus</i>				1		I
<i>Viburnum erosum</i>				1		I
<i>Rhododendron mucronulatum</i>				2	2	II
<i>Prunus sargentii</i>				2		I
<i>Fraxinus sieboldiana</i>				1		I
<i>Stephanandra incisa</i>					2	I

다. 頻도가 IV 이상되는 Braun-Blanguet 被度階級上 주요 出現樹種으로는 곰솔, 개웃나무 (R. trichocarpa) 노린재나무 (S. chinensis for) 가 있다.

② 곰솔-상수리나무群集 (Table 7)
이 群集은 그 占有面積이 가장 넓으나 대개 幼齡林 (20 年生미만) 으로 해발 200~300m 이상부터 頂上까지

Table 7. Floristic composition of *Pinus thunbergii*-*Quercus acutissima* community

Plot No.	1	2	3	4	5	
Altitude(m)	50	170	80	180	270	
Exposition	N80W	S54E	N80E	N70E	S45E	
Inclination	15	10	15	10	15	
Tree layer	Height (m)	8	8	9	9	8
	Total coverage (%)	92	85	95	95	75
Subtree layer	Height (m)	4	6	7	5	6
	Total coverage (%)	14	12	23	33	24
Shrub layer	Height (m)	2	2	3	2	3
	Total coverage (%)	41	96	47	60	46
Number of species	6	8	13	13	16	
<i>Pinus thunbergii</i>	4	4	4	4	3	V
<i>Quercus acutissima</i>	2	3	2	2	3	V
<i>Juniperus rigida</i>	+					I
<i>Quercus serrata</i>	2				2	II
<i>Quercus dentata</i>	1					I
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	+			2		II
<i>Carpinus laxiflora</i>		1			1	II
<i>Diospyros lotus</i>		1		1		II
<i>Smilax china</i>		2	1	1	+	IV
<i>Symplocos chinensis for pilosa</i>		1		1		II
<i>Cocculus trilobus</i>		+	1			II
<i>Stephanandra incisa</i>		+		1	1	III
<i>Pinus densiflora</i>			2			I
<i>Rhus trichocarpa</i>			2	1	1	III
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>			+		1	II
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>			+		+	II
<i>Quercus aliena</i>			1	2		II
<i>Lespedeza maximowiczii</i>			+	1	+	III
<i>Rosa multiflora</i>			1		+	II
<i>Rubus crataegifolius</i>			+			I
<i>Echinopanax horridum</i>			+	+		II
<i>Aralia elata</i>				+		I
<i>Corylus heterophylla var. thunbergii</i>				+		I
<i>Fraxinus sieboldiana</i>					1	I
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>					1	I
<i>Vitis thunbergii</i>					+	I
<i>Prunus sargentii</i>					1	I
<i>Styrax japonica</i>					1	I

Table 8. Floristic composition of *Quercus acutissima* - *Quercus aliena* community

Plot No.	1	2	3	4	5		
Altitude (m)	330	190	280	130	220		
Exposition	S15E	N45E	N45E	N30E	N15E		
Inclination (°)	25	20	15	10	25		
Tree layer	Height (m)	5	7	8	8	7	Frequency
	Total coverage (%)	70	66	95	90	74	
Subtree layer	Height (m)	3	4	6	6	5	
	Total coverage (%)	59	71	36	50	20	
Shrub layer	Height (m)	1.5	2	2	2	2	
	Total coverage (%)	94	96	50	60	90	
Number of species	15	19	17	16	16		
<i>Quercus acutissima</i>	4	3	4	4	2	V	
<i>Quercus aliena</i>	2	3	2	1	2	V	
<i>Lindera erythrocarpa</i>	1			1		II	
<i>Pinus densiflora</i>	1					I	
<i>Elaeagnus umbellata</i>	1		1	1		III	
<i>Rosa multiflora</i>	+	1		+	2	IV	
<i>Quercus serrata</i>	2	+		1		III	
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	1			+	2	III	
<i>Cocculus trilobus</i>	+	+	+			III	
<i>Smilax china</i>	+	+	1		1	IV	
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	1	1	+	+	+	V	
<i>Rhus trichocarpa</i>	1	2	1	1		IV	
<i>Vitis thunbergii</i>	+	+	+			III	
<i>Amorpha fruticosa</i>	1		+			II	
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1					I	
<i>Pinus thunbergii</i>		2	2			II	
<i>Symplocos chinensis for pilosa</i>		1			1	II	
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>		+		+	1	III	
<i>Carpinus laxiflora</i>		1	1	2		III	
<i>Pueraria thunbergiana</i>		2		+		II	
<i>Corylus heterophylla var. thunbergii</i>		1	1		2	III	
<i>Symplocos chinensis var. pubescens</i>		1				I	
<i>Quercus dentata</i>		1				I	
<i>Rhus japonica</i>		1			2	II	
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>		1	+			II	
<i>Prunus sargentii</i>			1	+	+	III	
<i>Styrax japonica</i>			1		2	II	
<i>Lindera obtusiloba</i>			+			I	
<i>Euonymus sieboldianus</i>			+			I	
<i>Quercus mongolica</i>				1		I	
<i>Albizia julibrissin</i>				1	2	II	
<i>Diospyros lotus</i>				1		I	

분포한다. 上層의 被度는 90%내외로 매우 양호하나 이로 인해 中·下層의 被度값은 낮다. 출현수종수는 6~16종으로 곰솔군집보다는 많이 나타나며 주 樹種으로는 곰솔, 상수리나무, 청미래덩굴이 있다.

③ 상수리-갈참나무군집 (Table 8)

이 군집은 舞鶴山북쪽계곡의 350~400m에 주로 분포한다. 被度를 보면 상층이 75%내외로 높지않은 반면 中·下層은 고르게 발달되어 있다. 出現樹種數는 15~19種으로 가장 많이 나타나 多樣한 種構成을 보이고 있다. 주 출현수종으로는 상수리나무, 갈참나무, 짚레나무, 산초나무, 개웃나무, 청미래덩굴등이 있다.

(2) 植生群集의 構造

植生群集의 構造는 각 群集別 相對優占度, 多樣性指數 및 類似度指數產出에 의해 分析하였다.

① 相對優占度

각 群集別 2%이상의 優占度를 보이는 樹種은 Table 9와 같다. 이 중 곰솔군집에서는 곰솔, 소나무, 서나무 조록싸리, 개웃나무가 곰솔-상수리나무군집은 곰솔, 상수리나무, 청미래덩굴이 그리고 상수리-갈참나무군집에서는 상수리, 갈참나무, 서나무, 자귀나무, 곰솔, 붉나무가 3%이상의 우점도를 보이는 수종이다. 이 결과는 전장에서 고찰한 相觀調査方法과 거의 一致함을 알 수 있다.

② 多樣性指數

出現種數는 潤葉樹林群集에서 높게 나타났는데 특히 상수리-갈참군집은 17종으로 가장 높은 種數가 출현하였다.

出現個體數는 곰솔-소나무림이 296 주로 가장 많았

Table 9. Imporance values of forest vegetation by the vegetational community

Vegetational community *1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Quercus acutissima</i>	58.6	39.9	*2 +	5.1	21.8	+	22.6	35.2	3.1
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3.5	+	+						
<i>Pinus thunbergii</i>	6.8	32.7	32.6	56.4	56.3		7.2	3.6	62.1
<i>Carpinus laxiflora</i>	+	3.8		6.3	2.6	+	+	4.8	4.1
<i>Quercus serrata</i>	+	2.8			2.4	3.2		+	
<i>Corylus heterophylla var. thunbergii</i>	+	+	+	+	+	+	3.4	2.2	
<i>Smilax china</i>	2.2	+	+	+	+	2.6	2.3	2.7	+
<i>Quercus aliena</i>	+	+	4.3	6.6	+	16.1	7.3	11.7	+
<i>Rhus trichocarpa</i>	2.0	2.8	+	2.6	3.4	7.6	+	2.5	3.6
<i>Rhus japonica</i>	+			+	+			3.1	+
<i>Albizia julibrissin</i>	+	+				+	+	4.2	
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	3.2	2.6	3.3	+	+	6.2	+	+	3.4
<i>Juniperus rigida</i>	+	+	+	+	+	4.0	+		
<i>Styrax japonica</i>	+				+	3.5	4.5	2.1	+
<i>Castanea crenata</i>	+		2.1	3.4				+	
<i>Stephanandra incisa</i>	+	+	2.0		+	+		2.4	+
<i>Quercus serrata</i>	+	+	+	2.0			2.6		2.8
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	+	2.3	5.2	+	+	+	+	2.2	3.7
<i>Lindera obtusiloba</i>	+	+		+				2.0	
<i>Diospyros lotus</i>		+			+	+	2.6	+	+
<i>Pinus densiflora</i>			28.9		2.9	53.1	34.5	+	4.9
<i>Alnus hirsuta</i>			4.9		+		+		+
<i>Quercus variabilis</i>				5.4					+

*1 1; *Quercus acutissima* comm. 2; *Q. acutissima*-*Pinus thunbergii* comm.
 3; *P. thunbergii*-*P. densiflora* comm. 4; *P. thunbergii*-*Q. aliena* comm.
 5; *P. thunbergii*-*Q. acutissima* comm. 6; *P. densiflora* comm.
 7; *P. densiflora*-*Q. acutissima* comm. 8; *Q. acutissima*-*Q. aliena* comm.
 9; *P. thunbergii* comm.

*2 ; below 2% of importance value

Table 10. Values of various diversity by the vegetational community

Vegetational community	Number of species	Number of individuals	Species diversity (H')	Maximum H' ($H' \max$)	Evenness (J')	Dominance ($1-J'$)
1	12	233	0.7375	1.0792	0.6834	0.3166
2	16	238	1.0047	1.2041	0.8344	0.1656
3	11	296	0.7474	1.0414	0.7177	0.2823
4	15	196	0.8705	1.1761	0.7402	0.2598
5	12	187	0.8444	1.0792	0.7824	0.2176
6	11	222	0.7069	1.0414	0.6788	0.3212
7	14	248	0.9365	1.1461	0.8171	0.1829
8	17	193	1.0167	1.2304	0.8263	0.1737
9	11	227	0.8184	1.0414	0.7859	0.2141

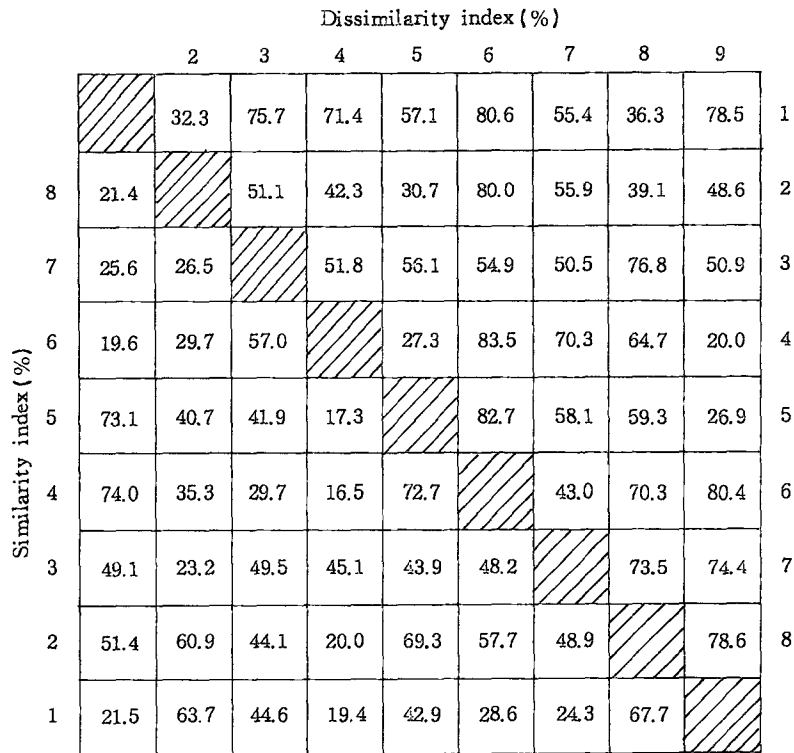


Fig. 2. Similarity and dissimilarity index between vegetational communities included in an ordination analysis.

는데 이는 하층의 種樹로 인한 것이다.

Table 10에서 보는 바와 같이 種多樣性 및 均在度가 소나무林的 경우는 낮고 상수리-갈참나무의 경우는 높으므로 潤葉樹林이 針葉樹林보다 多樣度가 높고 種別 個體樹가 均一하여 安定된 生態系를 유지하고 있

음을 알 수 있다. 이를 유추해 생각해 보면 새로운 樹種을 도입할 때는 潤葉樹가 生態적으로 유리하다는 것을 알 수 있다.

③ 類似度指數 및 相異度指數

유사도지수가 가장 높은 群集은 곰솔-갈참과 곰솔

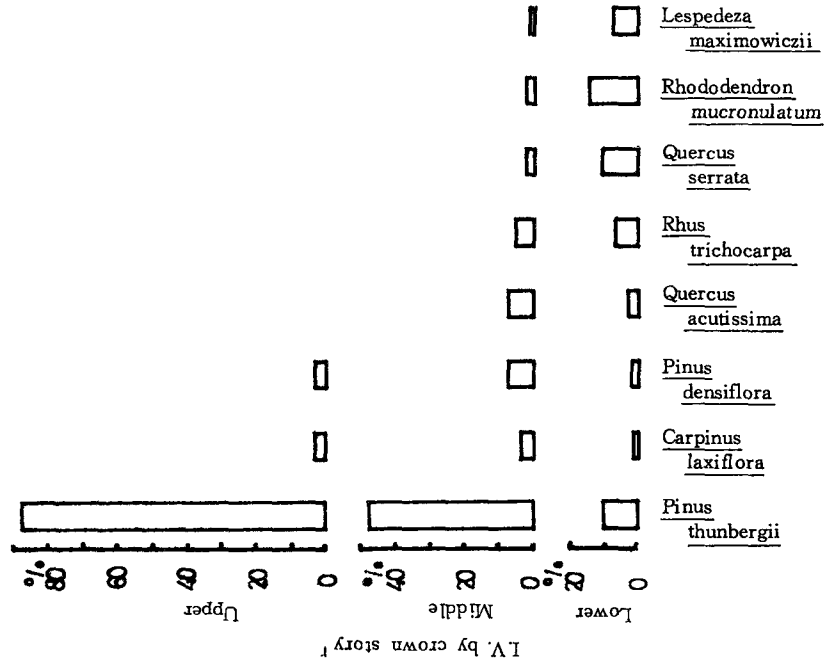


Fig. 3. Changes of importance values by the crown story of Pinus thunbergii community.

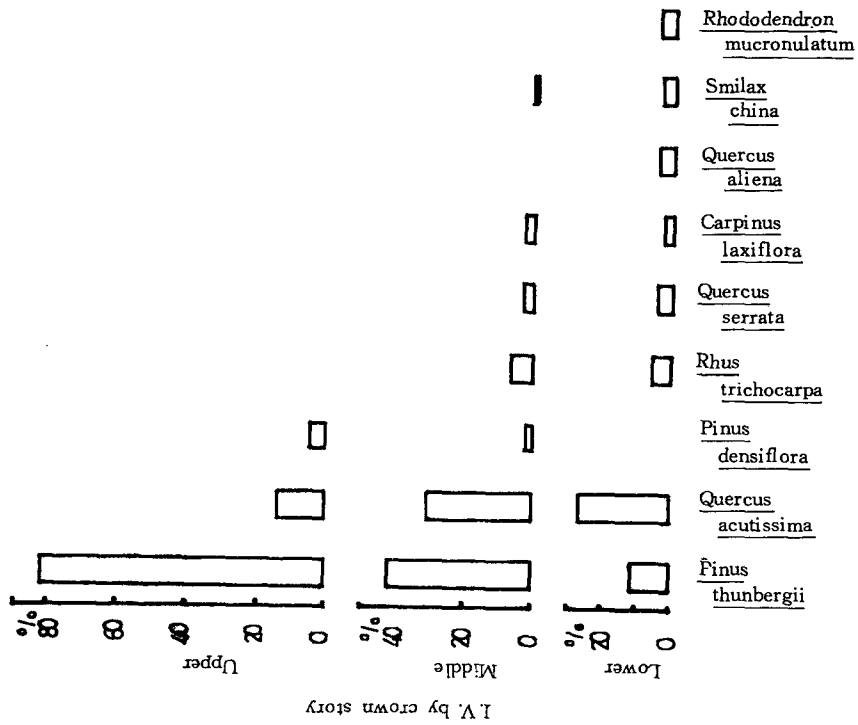


Fig. 4. Changes of importance values by the crown story of Pinus thunbergii-Quercus acutissima community.

(74.0%)이며 곰솔-상수리와 곰솔 (73.1%), 곰솔-갈참과 곰솔-상수리 (72.7%)는 70% 이상의 유사도지수를 보이고 있다. 결과를 고찰해 보면 곰솔림과 곰솔위주의 혼효림과는 類似性이 높으나 소나무와 곰솔림간이나 침엽수림과 활엽수림간은 類似度가 낮게 나타난다.

(3) 遷移系列分析

이 分析은 群集의 上中下層의 相對優占值를 利用하여 現在의 狀態를 해석하고 將來棼이 狀態를 예측하게 된다.

① 곰솔림 (Fig. 3)

곰솔에 의한 土地의 準極相林을 형성하고 있으므로 지속적인 保護가 필요한 地域이다. 그리고 馬山지역의 元 極相狀態가 常綠○葉林임을 고려할 때 土壤이 양호한 곳에는 常綠 및 落葉참나무류의 도입이 바람직할 것으로 판단된다.

② 곰솔-상수리나무림 (Fig. 4)

이 群集은 현재는 곰솔이 優占種을 이루고 있으나 將來에는 상수리나무가 우세할 것으로 예상된다. 이 상태는 파괴된 林地에 소나무류의 準極相狀態로의 進行過程

中 참나무類가 침입하는 現象으로 천이계열상 바람직한 상태이다. 이러한 森林을 保護하기 위해서는 上層針葉樹의 不良木을 제거하고 참나무류와 서나무를 植栽하도록 해야 할 것이다.

③ 상수리-갈참나무림 (Fig. 5)

이 群集은 潤葉樹林으로서 소나무류가 도태되고 상수리나무의 세력이 왕성함을 보이고 있다. 그러나 現在의 상수리나무도 앞으로는 약화되고 오히려 갈참나무의 세력이 커질 것으로 예상된다. 이 군집내에는 落葉量이 많아 地力維持에 도움이 되고 있으므로 遷移系列상 全進적으로 進行될 것으로 예상된다.

(4) 植生自然度

植生自然度는 現存植生圖를 기본으로 하여 토지에 가해진 人위적 影響의 程度에 따라 10 등급으로 구분하여 作成되었다. 馬山의 自然度는 단순하여 1, 2, 6, 7만이 나타나며 樹林地라 할 수 있는 6 이상은 65%로서 주로 해안과 떨어져 分布하고 있음을 알 수 있다. 自然度 7에 해당되는 地域은 20 年生미만의 代償植生地로서 人間の 간섭에 적응된 레크레이션적 都市林으로 적극적 保護

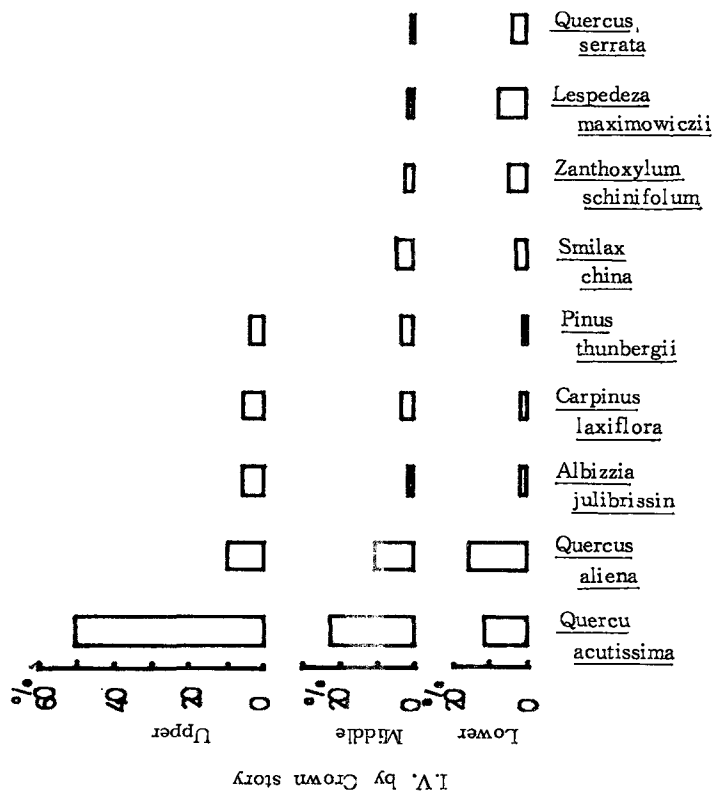


Fig. 5. Changes of importance values by the crown story of *Quercus acutissima* - *Quercus aliena* community.

Table 11. Table of degree of human disturbance of vegetation in Masan and other area unit: %

Degree	Masan	Ulsan ¹	Mt. Seolag ²	Tokyo ³	Japan ³
1. Build-up area	23.6	22.4	1.9	39.7	3.1
2. Crop field 1	11.1	36.1	-	13.6	22.7
3. Crop field 2	-	0.5	-	0.4	1.5
4. Secondary grassland 1	-	0.5	-	2.7	1.6
5. Secondary grassland 2	-	3.7	-	0.6	1.9
6. Afforestation	12.5	20.8	1.9	18.6	20.8
7. Secondary forest 1	52.8	16.0	20.2	9.4	21.0
8. Secondary forest 2	-	-	63.8	6.6	4.5
9. Natural forest	-	-	12.2	5.9	21.7
10. Natural grassland	-	-	-	2.5	1.1
Total	100	100	100	100	100

Source 1: 21 2: 22 3: 17

策이 요망되는 地域이다. 自然度 2와 6은 自然과 인공과의 調和가 요구되는 곳으로 앞으로 좋은 自然環境의 육성과 生産線地로의 生産力의 유지를 도모해야 곳이다. 이러한 自然도를 日本의 東京의 경우와 비교해 보면 自然度 8, 9가 12.5%로서 環境保存이 잘 되어있음을 알 수 있다. 日本全國의 경우는 自然度 6~10이 69.1%로 日本의 森林面積과 同一하였고, 日本全國의 平均値로 보아 自然度 2~3, 自然度 6, 自然度 7~8, 自然度 9~10이 各各 20%帶이 있는 바, 이러한 自然保護에 對한 科學的인 基本資料가 우리의 경우 서울등을 비롯한 大都市와 全國에 관한 것이 研究되어야 할 것이다.

3) 植物生産量調査

(1) 植物現存量

植物現存量 30~50ton/ha인 지역은 전체의 30%에 해당되는데 50ton/ha 이상은 義昌郡과의 境界인 동진고개-帶로 리기다소나무 조림지이며 40~50 ton/ha는 사찰림 및 保安林이 해당된다. 馬山地域의 總植物現存量은 160,470.95 ton(22.13ton/ha)으로 인구 1인당 綠地량은 0.40ton(1982년 기준 인구 400,501명)이며 서울의 0.11ton/人¹⁵⁾에 비하면 높은 편이다. 日本의 경우 東京이 0.4ton/人이며 茨城이 17.2ton/人¹⁷⁾이다.

(2) 植物生産量

植物生産량이 7.5ton/ha/yr 이상인 곳은 전체지역의 10%로서 주로 사찰림, 八童山 일대 保安林 및 아카시나무 人工林으로 식물現存量이 높은 지역이다. 馬山地域의 總植物生産량은 32,920.24 ton/yr(4.54ton/yr/ha)로서 인구 1인당 0.082ton/yr이다. 이 값은 울산²¹⁾(0.079),

서울(0.03)¹⁵⁾ 보다는 높은 값이나 日本東京(0.1)¹⁷⁾ 茨城(0.30)¹⁷⁾에 비해 낮은 水準이었다. Lieth에 의해 제시된 Miami model을 利用하여 純生産可能量을 구하면 ($T=14.0^{\circ}C, P=1493.2mm$) 17.61ton/ha/hr가 산출된다. 馬山地域 실제 推定値인 4.54ton/ha/hr를 비교해 보면 25.8%에 지나지 않아 自然植生の 파괴정도가 매우 심함을 보여주고 있다.

馬山地域 植物체에 의한 O_2 방출량은 純生産量(g) × 1.06으로 34,896 ton이다. 인구 1인당 1일 0.75kg의 O_2 를 소모한다고 보면 약 13만 4천명의 호흡량으로 400,501명의 33.5% 수준에 지나지 않아 綠地의 확보는 물론 純生産량을 높히는데 힘써야 할 것이다. 그리고 식물체가 흡수하는 SO_2 의 양은 41.27ton/hr로서 純生産량 × 0.0012586이 된다²¹⁾.

結論 및 要約

이상과 같이하여 植物生態系分析技法을 실제 마산지역에 적용하여 보았다. 이 分析結果 및 이를 통한 環境保存指針을 要約해 보면 아래와 같다.

1) 主植生群集의 類形

馬山地域의 植生은 주로 代償植生으로서 크게 10개의 群集으로 구분되는데 주요群集은 곰솔群集, 곰솔-상수리군집, 상수리-갈참군집이다. 이 중에서 곰솔-상수리군집이 全体面積의 29.2%로서 가장 넓은 면적을 차지하고 있다.

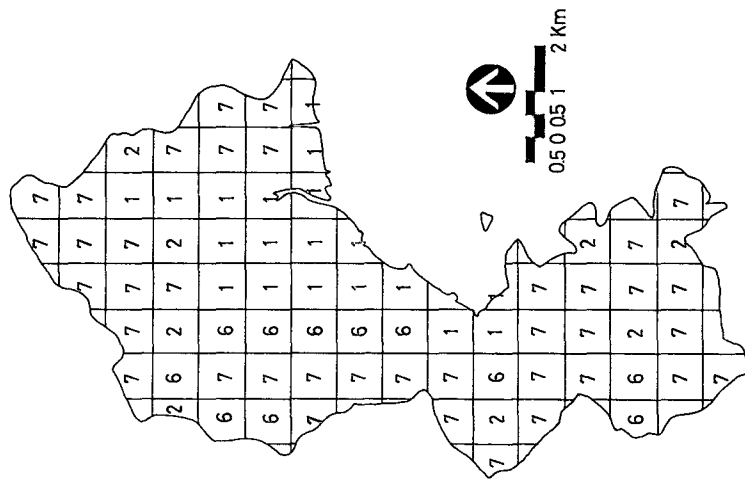


Fig. 6. Map of degree of human disturbance of vegetation in Masan.

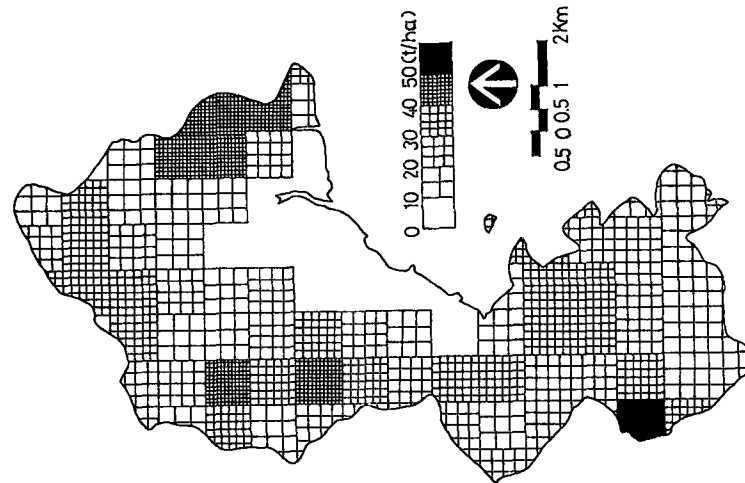


Fig. 7. Map of plant biomass in Masan.

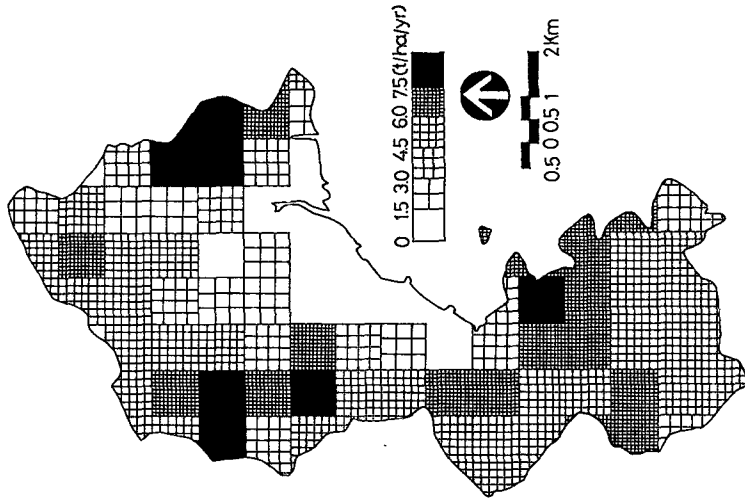


Fig. 8. Map of biomass production in Masan.

2) 種構成의 多樣度 / 類似度

植物群의 종다양도는 상수리-갈참群集, 상수리-곰솔群集과 같이 활엽수림위주의 樹林이 높았으며 유사도는 곰솔과 곰솔위주 混濬林이 높은 값을 나타내었다.

3) 遷移系列上 特性

곰솔群集은 土地의 準極相林의 安定된 상태로 적극적 保護가 요구되거나 토양상태가 좋은 곳에는 활엽수종을 도입할 필요가 있다. 곰솔-상수리군집은 장래 상수리나무가 우세하리라 예상되는 군집으로 상층 針葉樹 不良木을 제거하고 활엽수에 의해 보식이 요망된다. 상수리-갈참군집은 천이계열상 전진적 양상을 보이므로 인간에 의한 간섭을 배제해야 한다.

4) 植生自然度

2차림, 自然度 7에 해당되는 地域이 52.8%로 가장 많이 分布되어 있으며 레크레이션적 도시림으로 적극적 보호책이 마련되어야 한다.

5) 植物現存量 및 生産量

高山植物現存量은 160,470.95ton으로 1인당 녹지량은 0.40ton이며 生産量은 32,920.64 ton으로 1인당 0.082ton이다. 이 식물생산량에 의한 O₂방출량은 34,396 ton/yr로서 마산지역 전체인구 호흡량의 33.5% 수준 밖에 안되므로 적극적 녹지의 확보는 물론 純生産量을 높히는데 힘써야 할 것이다.

우리나라의 경우 이와같은 기초적연구가 극히 미미하여 실제 合理的인 自然環境保存政策의 수립이 곤란하다. 따라서 서울등을 비롯한 大都市는 물론 전국을 對象으로 이러한 基礎的 研究가 수행되어야 할 것으로 본다.

REFERENCES

- 1) Braum-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie, 3 Aufl. Springer-Verlag Wien (Cited by Nakanishi, S. et al. 1982).
- 2) Brower, J.E. and J.H. Zar 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. 194pp.
- 3) Buell, M.F., A.N. Langford, D.W. Davidson and L.F. Ohmann 1966. The upland forest continuum in northern New Jersey. Ecology 47 (3): 416-432.
- 4) Cox, G.W. 1972. Laboratory manual of general ecology. Wm. C. Brown Co. 232pp.
- 5) Nakanishi, S., T. Hattori and Y. Takeda 1982. Vegetation of Kobe. Kobe city 76pp.
- 6) Shannon, C.E. and W. Weaver 1963. The mathematical theory of communication
- 7) Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogr. 26: 1-80.
- 8) 金甲德·金在生·李景宰·朴仁協·權台鎬 1982. 白雲山地域 天然林의 物質生産에 關한 研究. 서울大學校農科大學演習林報 18號: 1-11.
- 9) 金俊鎬·尹成模 1972. 森林의 生産構造와 生産力에 關한 研究. II 春川地方의 소나무林과 산갈나무林의 比較. 韓國植物學會誌 15號: 1-8.
- 10) 金俊鎬·蔡明仁 1977. 물오리나무와 상수리나무의 生産力比較. 韓國生態學會誌 1(1, 2): 57-65.
- 11) 金泰旭·李景宰·朴仁協 1982. 工團地域의 綠地造成 및 回復에 關한 研究. 國立環境研究所第4號: 275-297.
- 12) 金泰旭·李景宰·朴仁協. 1982. 環境汚染이 오동나무 人工林의 物質生産에 미치는 影響에 關한 研究. 韓國林學會誌 58: 8-16.
- 13) 金泰旭·李景宰·金俊鎬 1985. 아카시아나무造林地의 物質生産에 關한 研究. 韓國林學會誌 68: 인쇄중)
- 14) 李景宰·金在鳳 1983. 麗川工團地域의 環境汚染物質蓄積과 樹木生長에 關한 研究. 國立環境研究所報 第5號: 237-260.
- 15) 李景宰. 1984. 大氣汚染과 綠地. 月利消費者 64: 35-39.
- 16) 李景宰·朴仁協. 1985. 신갈나무林의 物質生産에 關한 研究 (미발표)
- 17) 日本環境廳. 1982. 日本의 自然環境 249pp.
- 18) 任慶彬. 1968. 造林學原論 鄉文社. 280pp.
- 19) 任慶彬·金甲德·李景宰·權台鎬. 1981. 落葉松造林地의 生産構造에 關한 研究. 서울大學校農科大學演習林報告 17號: 31-37.
- 20) 任慶彬·李景宰·權台鎬·朴仁協. 1982. 리기다소나무 人工造林地의 物質生産에 關한 研究. 韓國林學會誌 2(2): 1-12.
- 21) 環境廳. 1982. 環境保全을 위한 生態系基本調査 192 pp.
- 22) 環境廳. 1983. 環境保全을 위한 生態系基本調査 135 pp.