

環境汚染에 의한 蔚山地域의 森林生態學的 變化에 관한 研究¹

金泰旭²·朴仁協²·李景宰³

Studies on the Ecological Changes of the Forest Community by the Pollution at a Ulsan District¹

Tae Wook Kim²·In Hyeop Park²·Kyong Jae Lee³

要 約

環境汚染에 따른 森林의 生態變化를 調査하기 위하여 蔚山工團의 汚染源에서부터 거리에 따른 調査地域 5 곳을 設定하여, 各 調査地域間的 森林群集構造를 比較하였다. 工團內的 森林群集에서의 出現樹木種數는 3種 이고, 7km 떨어진 被害가 거의 없는 森林에서는 20種이었다. 大氣汚染源에서 거리가 멀어질 수록 出現種數, 個體數, 種多樣度, 均在度가 增加되며, 類似度指數는 감소되는 傾向을 보였다. 森林植生中에서 汚染에 강한 樹種은 청미래덩굴, 아까시나무 등이고, 汚染에 민감한 樹種은 굴참나무, 갈참나무, 떡갈나무, 자귀나무 등이었다.

ABSTRACT

According to the distance from the industrial complex, 5 sample plots were selected to study the changes of vegetational composition of the forest community caused by air pollution in Ulsan. Then 5 subplots were set within a plot. We considered that this gradient analysis by distance could be coincided with the gradual transition of plant succession. Number of species, number of individuals, species diversity, evenness increased and similarity index decreased with increasing distance from the industrial complex. *Robinia pseudoacacia*, *Smilax china* appeared to be tolerant to air pollution whereas *Quercus variabilis*, *Q. aliena*, *Q. dentata* and *Albizia julibrissin* to be sensitive.

Key words: industrial complex; air pollution; forest community.

緒 論

1969年 工團의 工場들이 稼動하기 시작한 이래 蔚山工團周邊의 森林은 大氣汚染을 주로 한 環境汚染의 影響을 계속적으로 받게 되어, 一部森林에서는 耐性 樹木 몇 種만이 生育할 정도로 被害가 甚하게 나타나고 있다. 本 研究에서는 蔚山工團周邊의 環境汚染에

의한 森林의 生態變化를 調査하여, 그 汚染에 의한 被害程度를 파악하여, 파괴된 生態系를 回復시키는데 必要한 植生 資料를 제공하는데 그 目的이 있다.

材料 및 方法

1. 調査區의 設定

¹ 接授 12月 17日 Received December 17, 1982.

² 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea.

³ 嶺南대학교 農畜産大學 College of Agriculture & Animal Science, Yeongnam University, Kyongsan, Korea.

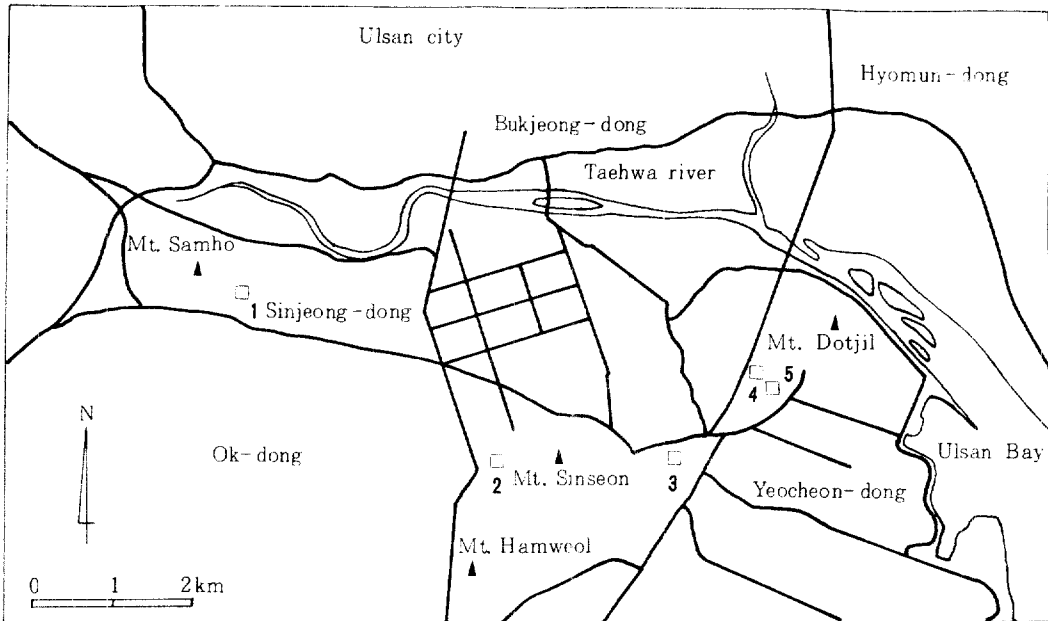


Fig. 1. Location map of sample plots.

處山工廠周邊의 大氣汚染에 따른 森林生態學의 變化를 調査하기 위하여, 森林의 內容을 유지하고 있으며, 山火 等의 人爲的인 攪亂이 近來에 加해지지 않은 林分에 調査區를 設定하였다. 調査區는 工廠에서 7 km 떨어진 곳의 玉洞에 調査區 1, 3.5 km 떨어진 곳의 仙岩洞에 調査區 2, 1.5 km 떨어진 곳의 也音洞에 調査區 3, 0.6 km, 0.3 km 떨어진 곳의 窟川洞에 調査區 4, 5를 各各 設定하였으며, 그 位置는 그림 1에 보인다. 標本抽出法으로는 한 調査區에는 10 × 10 m 크기의 小調査區 5個를 設置하여 모두 5個 調査區, 25個 小調査區(5調査區 × 5小調査區)로 된 nested quadrat method로 하였다.

本調査에서는 樹木만 對象으로 하였고, 調査地를 上, 中, 下層으로 區分한 바, 上層은 上層樹冠을 이루고 있는 樹木群을, 樹高 2m 以下の 樹木層을 下層, 上層과 下層 사이의 樹木群을 中層으로 하였다.

2. 植物群集의 構造分析

植物群集의 構造分析을 위하여 各小調査區別로 樹冠投影圖를 作成하였으며, 이에 의하여 各種別로 被度, 密度, 頻度를 計算하였으며, 한 調査區內에 있어서 種別의 優劣의 比率을 나타내는 測度로서 相對優占值을 使用하였다.

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

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

한 調査區에 있어서 種構成狀態의 多樣度를 나타내는 測度로서 Shannon (1963)의 種多樣度(species diversity)를 使用하였다.

$$\text{種多樣度(H')} = -\sum(n_i/N)(\log n_i/N)$$

단, N은 한 調査區內의 總個體數

n_i 는 한 調査區內의 어떤 種의 個體數

調査區別 種多樣度의 最大可能值 즉, 最大種多樣度(maximum H')는 $H'_{\max} = \log s$ 에 의하여 s는 調査區別 種數이다. 相對的인 種多樣度를 意味하는 均在度(evenness)는 $J' = H'/H'_{\max}$ 에 의하여 計算하였고, 優占度(dominance)는 $1 - J'$ 로 求하였다.

各 調査區間 種構成狀態의 類似한 정도는 Whittaker (1956)의 類似度指數(similarity index)에 의하여 算出하였다.

$$\text{類似度指數(S.I.)} = \frac{2C}{S_1 + S_2} \times 100(\%)$$

단, S_1 은 第一調査區 各種의 量의 合計

S_2 은 第二調査區 各種의 量의 合計

C는 兩調査區間의 共通種에 있어서 兩調査區 中 量이 적은 것의 合計

本調査에 있어서는 各種의 量을 調査區當 總和가 100이 되는 相對優占值로 나타냈으므로 위 式은 다음과 같다.

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

各 調査區間의 相異度指數(dissimilarity index)는 D.I. = 100 - S.I. 에 의하여 算出하였다. 相異度指數에 의하여 各 調査區間의 位值를 다음과 같이 X, Y 軸에 2次元 座標化하였다. X軸座標의 設定은 相異度指數의 合計가 가장 큰 調査區를 a로 하여 X軸의 0의 座標로 하였다. 調査區 a와 相異度指數가 가장 높은 調査區를 b로 하고, 調査區 a와 調査區 b間의 相異度指數를 調査區 b의 X軸座標로 하였다. 나머지 各 調査區의 X軸座標는 다음 式에 의하여 計算하였다.

$$X = \frac{L^2 + Da^2 - Db^2}{2L}$$

L : 調査區 a와 調査區 b間의 相異度指數(D.I.)

Da : 調査區 a와 對象調査區間의 D.I.

Db : 調査區 b와 對象調査區間의 D.I.

Y軸座標를 決定하기 위하여 poorness of fit value 인 $e = \sqrt{Da^2 - X^2}$ 을 各 調査區別로 계산하였다. 가장 높은 e의 값을 갖는 調査區를 a'로 하여 Y軸의 0의 座標로 하였다. 調査區 a'와 X軸上에 1/10 L 以內에 位置하면서, 그중에서 높은 相異度指數를 取하는 調査區를 b'로 하였다. 調査區 a'와 調査區 b'間의 相異度指數를 調査區 b'의 Y軸의 座標로 하였다. 나머지 各 調査區의 Y軸座標는 다음 式에 의하여 求하였다.

$$Y = \frac{(L')^2 + (Da')^2 - (Db')^2}{2L'}$$

L' : 調査區 a'와 調査區 b'間의 D.I.

Da' : 調査區 a'와 對象調査區間의 D.I.

Db' : 調査區 b'와 對象調査區間의 D.I.

結果 및 考察

1. 環境要因

蔚山地域의 30年間의 月平均氣溫과 降水量에 관한 資料가 表 1에 보인다. 月平均氣溫이 13.1℃로서任(1975)의 年平均氣溫에 의하여 分類한 森林帶에 의하면 溫帶南部(年平均氣溫 12~14℃)에 속하며, 寒冷指數는 樹木分布限界와 一致하는 바, 이 값도 溫帶南部(-10~-5℃)에 속한다. 調査地域의 代表樹種이 곰솔, 굴참나무, 갈참나무, 졸참나무인 것으로 보아 氣候的인 要素와 一致한다.

年平均降水量은 1,307mm로서 우리나라 平均降水量 1,000~1,200mm보다 약간 높은 값이나, 一年降水量中 58%인 755mm가 6~9월에 내려, 우리나라의 典型的인 6~9月の 集中降雨特性을 보이며, 겨울에는 112mm가 내려 乾燥한 편이다. Lang의 雨濕係數(rain factor, R. F. = $\frac{\text{연평균강수량(mm)}}{\text{연평균온도(℃)}}$)에 의

하면, 그 값은 99.8로서 Lang의 分類에 따르면 濕潤氣候地帶의 黑色土地域에 속하는 것으로, 自然的인 森林이 充分히 形成될 수 있는 곳이다.

調査地域의 環境要因이 表 2에서 보인다. 모든 區域이 南斜面을 向하고, 傾斜가 甚하지 않은 緩傾斜地의 海拔高가 낮은 곳에 位置한다. 土性은 大體로 砂質壤土로서 土深은 中程度이며, 약간 乾燥한 편이다. 낙엽뒤뜰개가 工團周邊으로 가까이 갈 수록 減少하는 것은 下層植生과 上層植生の 被度 減少로 土壤有機物이 減少되었으며, 또한 土壤浸蝕의 단계까지 이른 것 같다.

Table 1. Synoptic meteorological data in Ulsan during the period 1952~1981.

Element	Jan.	Feb.	Mar.	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
Average Temp. (℃)	0.9	2.6	6.8	11.8	17.0	20.4	24.6	25.4	20.2	15.3	9.0	3.1	13.1
Aver. Max. Temp. (℃)	0.2	8.0	12.5	17.9	22.8	25.6	29.1	30.1	25.7	21.2	4.9	9.2	18.6
Aver. Min. Temp. (℃)	-2.7	-1.9	1.8	7.1	11.9	16.6	21.4	22.0	17.1	10.5	4.7	-1.3	8.9
Total precipitation(mm)	29.3	49.5	68.3	122.1	104.3	155.9	209.8	190.2	199.1	63.2	81.7	33.6	1307.0
Relative humidity(%)	57.1	60.0	64.5	70.4	72.9	79.5	83.5	81.5	80.5	72.2	67.1	59.8	70.8
Warmth Index(℃)	105.5												
Cold Index(℃)	-8.4												

Table 2. Environmental gradient of sample plots.

Plot	Aspect	Slope(degree)	Altitude (m)	Soil depth	Soil moisture	Depth of litter(cm)
1	S E	15	100	medium	moisture	2.4
2	SW	15	40	deep	do.	1.9
3	S E	10	20	medium	dry	0.7
4	S E	10	20	do.	do.	0.4
5	S E	5	20	do.	do.	0.3

Table 3. Soil characters of sample plots.

Plot	Soil texture	pH (H ₂ O) 1:5	Organic matter (%)	Total N (%)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	C. E. C. (me/100g)	Exchangeable bases (me/100g)				Base saturation (%)
							K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	
1	loam	4.55	4.96	0.43	25.68	13.42	0.32	0.12	3.20	2.12	43.0
2	silt	4.60	6.83	0.41	18.76	14.16	0.15	0.20	2.58	1.30	29.9
3	silt loam	4.20	3.46	0.20	17.42	12.78	0.52	0.12	2.51	0.49	28.0
4	loam	4.30	2.41	0.17	13.76	10.04	0.09	0.12	1.83	0.70	27.0
5	silt	4.08	1.41	0.13	14.67	10.34	0.14	0.16	1.30	0.83	23.5

調査區土壤의 理·化學的 分析資料가 表 3에 보인다. 地域 1에서 地域 5로 갈 수록 pH值가 작아지고, 또한 有機質含量, 全窒素含量, 有效磷酸含量이 減少하는 傾向을 나타낸다. 監氣和度도 같은 傾向을 보이며, 1地域을 除外하고는 40% 미만의 값을 나타내, 낮은 水準의 값을 보인다. Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺의 포화도가 13~24%, 4~16%, 1~4%로서, Bear 가 理想的인 土壤에서는 Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺의 포화도가 各 65%, 10%, 5~10%의 값을 가져야 한다는 것과는 매우 差異가 나는 것으로서, 우리나라 土壤의 特性인 염기가 不足된 것과 같은 傾向을 보인다.

2. 植生構造

調査區 1은 樹高 6~8m, 胸高直徑 7~18cm의 公솔이 上層樹冠을 이루며, 上層樹冠의 被度는 84.2%, 密度는 91本/500m²이었다. 調査區 2는 樹高 5~7m, 胸高直徑 6~12cm의 公솔이 上層을 構成하며, 上層樹冠의 被度는 61.5%, 密度는 84本/500m²이었다. 調査區 3은 樹高 3~5m, 胸高直徑 4~12cm의 公솔이 上層을 構成하며, 上層樹冠의 被度는 66.0%, 99本/500m²이었다. 調査區 4는 樹高 1.5~3.0m, 胸高直徑 1~8cm의 公솔이 上層을 構成하며, 上層樹冠의 被度는 50.4%, 密度는 89本/500m²이다. 調査區 5는 樹高 4~7m, 胸高直徑 4~12cm의 公솔이 上層을 構成하며, 上層樹冠의 被度는 45.6%, 密度는 83本/500m²이다.

調査區 3, 4는 幼齡林에서 被害가 시작되어 枝下高

가 낮으며, 5의 경우는 成木에서 被害가 시작되어 樹冠이 疎한 形態로 變化된 것으로 推定되며, 3, 4, 5의 경우, 上, 中, 下層의 區分이 뚜렷하지 않았다.

表 4는 調査區別, 樹冠層別, 樹種別 密度, 被度, 頻度를 보인다. 調査區別 出現樹種數는 調査區 1이 20種, 2가 9種, 3이 7種, 4가 5種, 5가 3種으로 種數가 急激하게 減少되고 있다. 任等(1980~1981)의 研究報告에 의하면, 전전한 소나무林分에서 出現樹種數는 경기 22種, 忠北 32種, 全北이 26種이고, 金等(1982)의 全南 白雲山의 植生調査에서 天然闊葉樹林分에서 出現種數가 25種이라고 報告하였다. 本 研究結果에서 調査區 1이 上記의 結果에서 나타난 種數보다 적은 것은 경미하나마 大氣汚染의 被害를 단정적으로 받고 있음을 暗示한다. 被度の 경우 上·中·下層 모두 調査區 1에서 5로 갈 수록 減少하는 傾向을 보이고, 調査區 3의 上層 被도가 調査區 2보다 높은 것은 上層의 公솔樹冠密度가 높은 데에 起因된다.

그림 2는 個體數의 變化를 絶對值로서 調査區別, 樹冠層別, 樹種별로 나타난 것이다. 上層에서 公솔이 一定한 傾向이 없이 비슷한 狀態를 보이는데, 이는 被害를 입기 前에 成長된 公솔로서 調査區 選定時 密度를 고려하였기 때문이며, 이는 他植生變化에 對한 環境勾配의 均일함으로 간주될 수 있다. 참나무류가 調査區 1, 2에서 나타나는 것은 典型的인 公솔林分의 양상을 보이며, 청미래덩굴이 調査區 3, 4에서 出現하는 것은 公솔의 上層樹高가 비교적 낮기 때문이

Table 4. Density, coverage, frequency of forest vegetation by species, by crown stories and by plots.

Crown story	Tree species	1			2			3			4			5		
		D	C	F	D	C	F	D	C	F	D	C	F	D	C	F
Upper	<i>Pinus thunbergii</i>	90	83.3	100	75	52.6	100	92	63.0	100	77	47.3	100	83	45.6	100
	<i>Quercus variabilis</i>	1	0.9	20												
	<i>Quercus mongolica</i>				8	8.4	80	1	0.4	20						
	<i>Smilax china</i>				1	0.5	20	1	0.5	20	1	0.4	20			
	<i>Robinia pseudoacacia</i>							5	2.1	40	8	1.8	40			
	<i>Prunus sargentii</i>										3	0.9	40			
	Sub-total	91	84.2	120	84	61.5	200	99	66.0	180	89	50.4	200	83	45.6	100
Middle	<i>Pinus thunbergii</i>	24	12.1	60	28	11.2	100	6	1.8	40						
	<i>Quercus variabilis</i>	16	8.2	100												
	<i>Quercus serrata</i>	2	1.0	40												
	<i>Quercus dentata</i>	2	0.4	40												
	<i>Quercus aliena</i>	24	10.4	100												
	<i>Quercus mongolica</i>	2	1.2	40												
	<i>Smilax china</i>	2	1.1	20	39	18.1	100	3	1.2	60						
	<i>Albizia julibrissin</i>	4	2.3	80				4	1.5	40	2	0.6	20			
	<i>Rhus trichocarpa</i>	2	1.1	40												
	<i>Pueraria thunbergiana</i>	3	1.8	40												
	<i>Actinidia arguta</i>	1	0.5	20												
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1	0.4	20												
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	1	0.6	20												
	<i>Cocculus trilobus</i>				3	1.2	60									
	<i>Robinia pseudoacacia</i>							7	1.8	60	22	4.9	80			
<i>Indigofera kirilowii</i>							6	1.6	60							
<i>Prunus sargentii</i>							1	0.3	20							
Sub-total	102	41.1	620	70	30.5	320	27	8.2	280	24	5.5	100	0	0		
Lower	<i>Pinus thunbergii</i>	92	10.0	100	84	11.0	100	28	5.5	80						
	<i>Quercus aliena</i>	92	15.1	100	36	5.1	40									
	<i>Quercus dentata</i>	4	0.6	20	4	0.9	20									
	<i>Quercus serrata</i>	8	1.6	40	12	1.4	40									
	<i>Quercus variabilis</i>	12	2.9	40												
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	40	7.4	60												
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	20	3.4	40	20	71.1	80				8	0.5	20			
	<i>Indigofera kirilow</i>	28	4	80	16	21.1	40	36	1.0	80						
	<i>Rhus trichocarpa</i>	4	0.5	20												
	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	8	0.9	40												
	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	4	0.9	20												
	<i>Cocculus trilobus</i>	4	1.1	20												
	<i>Rosa multiflora</i>	8	2.3	20												
	<i>Rhus japonica</i>	4	0.4	20												
	<i>Stephanandra incisa</i>	12	2.4	20												
	<i>Quercus mongolica</i>				108	22.4	100	8	1.0	40						
	<i>Smilax china</i>							28	5.0	60	56	3.6	60	40	6.6	60
	<i>Robinia pseudoacacia</i>							4	1.2	20	40	2.6	40	8	0.4	20
	<i>Rubus crataegi folius</i>							16	4.3	40						
Sub-total	340	54.9	640	280	50.0	420	120	23.0	320	104	6.7	120	48	7.0	80	
Total	533	180.2	1,380	434	142.0	940	246	78.5	780	217	62.6	420	131	52.6	180	

D, C and F indicate density (No. of tree per 500m²) coverage and frequency respectively.

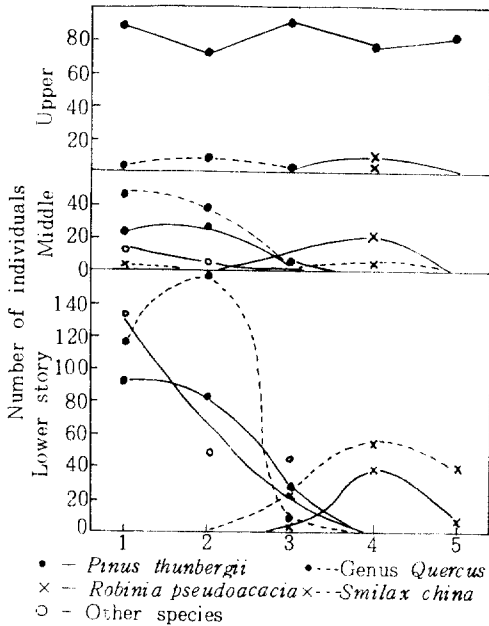


Fig. 2. Changes in number of individuals.

다. 中層에서 곰솔의 個體數가 調査區 1에서 3으로 갈 수록 減少하다가, 調査區 4, 5에서는 出現하지 않는데, 이는 中層의 곰솔이 고사한 것에 起因된다. 참나무類도 調査區 3, 4, 5에서는 없으며, 아까시나무는 調査區 3에서 出現하여, 4에서 增加하다가 5에서 없어진다. 調査區 5의 경우 中層을 構成하는 樹種이

全無하다. 下層에서는 곰솔의 稚樹가 전혀 없으며, 참나무類는 調査區 2에서 出現한 후 減少하다가 사라진다. 以上과 같은 個體數의 變化傾向은 大體汚染이 林分에 被害를 줄 경우 上層樹冠의 生長을 抑制하여 곰솔의 種子生産이 不良하게 되어 稚樹의 發生이 減少하고, 또한 中·上層을 形成하는 참나무類의 稚樹發生이 곰솔보다 어느 정도 良好하여 곰솔의 稚樹發生을 抑制한다고 생각된다. 청미래덩굴과 아까시나무는 典型的인 곰솔林分에서는 出現하지 않으나, 被害가 심해져 곰솔 및 참나무類의 發生 및 生長이 抑制됨에 따라 어느 정도 空間에 대한 경쟁이 弱化되자 아까시나무와 청미래가 侵入하였다가, 被害가 極甚해짐에 따라 減少하게 된다. 任等의 研究結果에 의하면 소나무林分에서의 出現個體數는 500m²當 경기地方이 1,453本, 忠北地方이 1,686本, 全北地方이 1,452本으로 本 研究의 調査區 1보다 큰 數値를 나타낸다.

그림 3에서는 主要樹種의 plot에 따른 頻度의 變化를 보인다. 청미래덩굴은 調査區 1, 2에서 20%이던 것이 調査區 3以後에서 60%를 보여, 汚染이 甚한 곳에서 頻도가 높음을 알 수가 있다. 아까시나무는 調査區 3에서 60%의 頻도로 出現하여 調査區 4에서 80%로 增加, 調査區 5에서 20%로 減少된다. 참나무류는 大體로 調査區 1, 2에서 40~100%의 頻도를 보이다가 調査區 3에서 사라진다. 이는 참나무類가 耐煙性이 弱함을 잘 나타내고 있는 것이다.

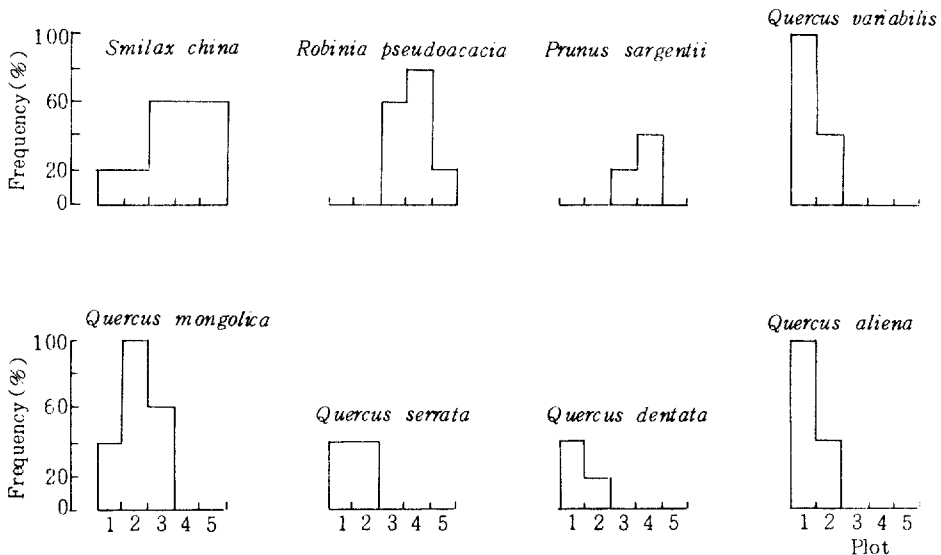


Fig. 3. Frequency of some important species at sampled districts.

Table 5. Importance values of forest vegetation by species, by crown stories, and by plots.

Tree species	Plot 1				Plot 2				Plot 3			
	U.	M.	L.	T.	U.	M.	L.	T.	U.	M.	L.	T.
<i>Pinus thunbergii</i>	93.7	22.6	20.8	57.9	74.9	35.0	25.3	53.3	81.3	19.5	24.1	51.2
<i>Quercus variabilis</i>	6.3	18.3	5.0	10.1								
<i>Quercus aliena</i>		23.5	23.4	11.7		8.9	10.9	4.8				
<i>Quercus serrata</i>		3.7	3.9	1.9			5.5	0.9				
<i>Quercus dentata</i>		3.3	1.8	1.4			2.7	0.5				
<i>Quercus mongolica</i>		3.9		1.3	21.1	47.2	35.7	32.2	4.2	15.7	7.8	8.6
<i>Albizia julibrissin</i>		7.7	1.7	2.6								
<i>Rhus trichocarpa</i>		3.8		1.5								
<i>Pueraria thunbergiana</i>		4.8		1.0								
<i>Actinidia arguta</i>		1.9		0.6								
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		1.8	6.0	1.6			13.4	2.2				
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		2.0	11.5	2.6								
<i>Smilax china</i>		2.7		0.9	4.0			2.0	4.3	15.8	21.2	10.7
<i>Indigofera kirilowii</i>			10.1	1.7			6.5	1.1		21.0	27.0	11.1
<i>Zanthoxylum piperitum</i>			3.5	0.6								
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>			2.0	0.3			8.9	3.0				
<i>Cocculus trilobus</i>			1.7	0.3								
<i>Rosa multiflora</i>			3.2	0.5								
<i>Rhus japonica</i>			1.7	0.3								
<i>Stephanandra incisa</i>			3.7	0.6								
<i>Robinia pseudoacacia</i>									10.2	23.1	4.9	13.6
<i>Prunus sargentii</i>										4.9	14.8	4.0
<i>Rubus crataegifolius</i>											2.4	0.4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tree species	Plot 4				Plot 5				Remark
	U.	M.	L.	T.	U.	M.	L.	T.	
<i>Pinus thunbergii</i>	76.8			38.4	100			75.0	* U : Upper story M : Middle L : Lower T : Total
<i>Quercus variabilis</i>									
<i>Quercus aliena</i>									
<i>Quercus serrata</i>									
<i>Quercus dentata</i>									
<i>Quercus mongolica</i>									
<i>Albizia julibrissin</i>									
<i>Rhus trichocarpa</i>									
<i>Pueraria thunbergiana</i>									
<i>Actinidia arguta</i>									
<i>Rhododendron mucronulatum</i>			10.6						
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>									
<i>Smilax china</i>	3.9	13.1	52.5	15.1			84.2	21.1	
<i>Indigofera kirilowii</i>									
<i>Zanthoxylum piperitum</i>									
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>									
<i>Cocculus trilobus</i>									
<i>Rosa multiflora</i>									
<i>Rhus japonica</i>									
<i>Stephanandra incisa</i>									
<i>Robinia pseudoacacia</i>	10.9	86.9	36.9	40.6			15.8	3.9	
<i>Prunus sargentii</i>	8.4			4.2					
<i>Rubus crataegifolius</i>									
Total	100	100	100	100	100	0	100	100	

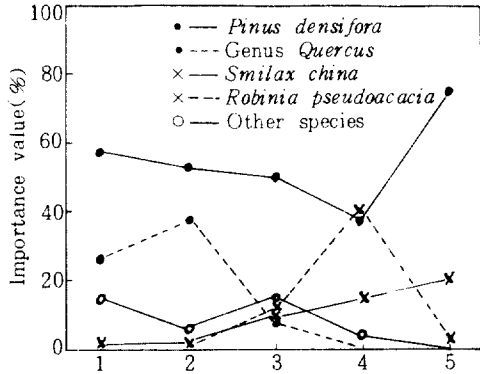


Fig. 4. Changes in importance values in due course of plant succession.

表 5 와 그림 4 는 相對密度, 相對被度, 相對頻度로 相對優占值(I.V.)를 調査區別, 樹冠層別, 樹種別로 나타낸 것이다. 그림에서 보면 調査區 1 은 참나무類, 싸리類, 진달래類를 下層植生으로 하는 典型的인 松 숲林分이다. 調査區 2 는 上層을 形成하는 松 숲이 汚染에 의한 被害로 椎樹가 적어지고, 中·下層의 참나무類 椎樹가 相對的으로 많아져, 참나무類의 I.V.가 增加된다. 公害에 比較적 強한 청미래덩굴의 I.V.는 增加되고, 기타樹種의 I.V.는 汚染에 대한 耐煙性이 弱하고 또한 참나무類의 椎樹들의 경쟁으로 減少된다. 調査區 3 은 松 숲의 I.V.가 지속적으로 減少되는데 이는 椎樹가 없고, 中層이 고사되기 때문이며, 참나무類의 I.V.는 減少되고, 耐煙性이 強한 청미래덩굴의 값이 增加되고, 또한 汚染이 比較적 強한 아까시나무가 空間에 대한 경쟁이 弱화된 것을 利用하여 侵入된 것으로 생각되며, 기타 比較적 汚染에 強한 樹種들이 참나무類와 松 숲의 生長抑制로 因하여 相對的으로 어느 정도 增加된다. 調査區 4 에서 松 숲은 지속적으로 I.V.가 減少되며, 汚染의 被害가 甚하게 됨에 따라 기타 樹種 및 松 숲의 I.V.가 크게 減少하고, 아까시나무 및 청미래덩굴의 값이 增加된다. 調査區 5 에서는 被害가 極甚해짐에 따라 調査區 3, 4에서 侵

入하여 生長하던 아까시나무 幼齡木이 고사하고, 上層의 松 숲과 地表面에 붙어 있는 청미래덩굴만이 남게 되어, 松 숲과 청미래덩굴의 I.V.는 增加하고 아까시나무는 減少한다.

3. 森林群集의 構造分析

表 6 과 그림 5 는 調査區別의 種數, 個體數, 種多樣度, 最大種多樣度, 均在度, 優占度を 보인다.

種數는 調査區 2 에서, 個體數는 調査區 3 에서 急激하게 減少한다. 種多樣度는 調査區 1 의 0.8948 에서 調査區 5 의 0.3570 으로 계속 減少하는 傾向을 보이고, 調査區 3 이 調査區 2 보다 다소 높은 것은 汚染에 強한 아까시나무의 侵入에 의한 것이다. 最大種多樣度는 調査區 1 의 1.3010 에서 調査區 5 의 0.4771 로 계속 減少하는데, $H_{max}' = \log s$ (s : 種數)의 式을 볼 때 最大種多樣度는 種數와 密接한 關係가 있다. 均在度는 相對的인 種多樣度 즉, 1에 가까운 값을 가질수록 種別 個體數가 均一한 狀態이다. 本調査에

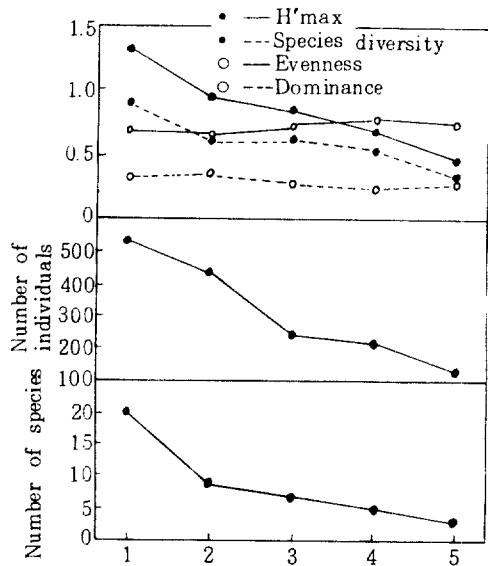


Fig. 5. Changes in various diversity values.

Table 6. Values of various diversity by plots.

Plot	Number of species	Number of individuals	Species diversity (H')	Maximum H' (H'max)	Evenness (J')	Dominance (1-J')
1	20	533	0.8948	1.3010	0.6878	0.3122
2	9	434	0.6042	0.9542	0.6332	0.3668
3	7	246	0.6081	0.8451	0.7196	0.2804
4	5	217	0.5486	0.6990	0.7848	0.2152
5	3	131	0.3570	0.4771	0.7483	0.2517

서 均在度는 調査區 1에서 2까지는 減少하다가 3, 4에서 增加, 다시 5에서 減少한다. 이는 調査區 2에서 참나무類의 稚樹發生으로 기타 樹種의 稚樹發生이 弱화되어 均在度가 減少된 것이며, 調査區 3, 4로 감에 따라 아까시나무, 청미래덩굴 등의 發生 및 生長으로 均在度가 어느 정도 增加한 후, 아까시나무 및 기타 樹種의 고사로 다시 調査區 5에서 減少하게 된다. 優占度는 1에서 均在度를 變값으로 均在度와 逆의 關係이다.

		Dissimilarity index(%)				
		2	3	4	5	
	4	71.8	54.4	73.6	70.3	2
	3	65.8	52.7	47.3	34.2	3
	2	29.7	26.4	45.6	28.2	4
	1	25.6	23.2	40.6	57.7	5
		5	4	3	2	

Fig. 6. Similarity and dissimilarity index between plots.

그림 6은 各 調査區間의 類似度指數 및 相異度指數를 나타낸다. 그림에서 보이듯이 調査區 1과 4는 23%, 1과 5는 26%로 種構成狀態에 많은 差異가 보이고, 調査區 4와 5는 72%로 種構成狀態가 類似하다고 볼 수 있다. 그러나 Cox(1972)는 同一群集內에서 數個의 調査區를 設置하여 類似度指數를 求할 경우 各 調査區間에는 85~95%의 값을 나타낸다고 報告한 바, 本 調査區의 그 값으로 보아 種構成狀態가 類似하다고 판단하기가 힘들다.

그림 7은 各 調査區를 相異度指數에 의하여 2次元座標化한 것이다. 그림에서 보이듯이 調査區 1에서 2, 3을 거쳐 5의 方向으로 進行된다. 다만 調査區 5가 4보다 거리가 가까운 것은 調査區 4에서 아까시나무의 I.V.가 調査區 5에 비해 높기 때문이다.

Whittaker (1975)의 報告에 의하면 Ontario市內의 工場에서 25km 以內에서 優勢木인 가문비나무가 SO₂에 의해 被害를 입으며, 7~25 km에서는 植物의 種多樣度가 SO₂ 濃度의 增加에 따라 減少하며, 2~7 km에서는 단 2種의 植物이 分布한다고 하였고, 또한 SO₂ 濃度의 增加에 따라 林分內의 平均樹高, biomass, 純生産量, 被度, 種多樣度가 減少한다고 하

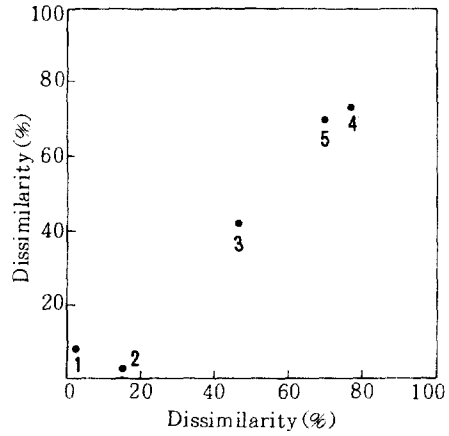


Fig 7. Two-dimensional ordination of plots.

였다. McCleanhen (1978)은 大氣汚染의 增加에 따라 種多樣度, 均在度, Shannon의 種多樣度가 減少된다고 報告하였다. 以上の 本研究의 結果와 다른 學者들의 研究結果를 綜合하면, 大氣汚染이 甚할 수록 植物의 種數가 單純해지고, 個體數, 種多樣度, 均在度가 減少되는 傾向을 보인다.

引用 文 獻

1. Bray, J. R. and J.T. Crutis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monograph* 27: 325-349.
2. Cox, G.W. 1972. *Laboratory manual of general ecology*. Win. C. Brown Co. 232pp.
3. 趙成鎭, 朴天緒. 1972. *新制土壤學*. 鄉文社. 268 pp.
4. 金樟洙, 金眞水, 朴龍求外 4人. 1982. *生態學과 森林*. 363 pp.
5. 金甲德, 金在生, 李景宰, 朴仁協. 1982. 白雲山地域 天然林의 物質 生産에 관한 研究. *서울大演習林報告* 17: 1-11.
6. 國立環境研究所. 1981. *工團週邊의 生態系에 관한 研究*. 國立環境研究報告書. 167 pp.
7. McCleanhen, J.R. 1978. Community changes in a deciducus forest exposed to air pollution. *Can. J. For. Res.* 8: 423-438.
8. Shannon, C. E. and W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illi-

- nois press, Urbana. 17 pp.
9. Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great smoky Mountains. Ecol. Monoger 26: 1-80.
 10. Whittaker. 1975. Communities and ecosystems. McMillan Pub. Co. 385 pp.
 11. 任慶彬, 朴仁協, 李景宰. 1980. 京畿道地方 赤松林의 植物社會學的 研究. 韓國林學會誌 50 : 56-71.
 12. 任慶彬, 李景宰, 朴仁協. 1981. 솔잎혹파리被害赤松林의 生態學的 研究(Ⅲ). 韓國林學會誌54: 49-59.