

環境汚染이 植物群集에 미치는 影響에 關한 研究

金泰旭* · 李景宰** · 朴仁協* · 金俊選*

(1983년 1월 12일 접수)

Studies on the Effect of Environmental Pollution on the Structure of Plant Community

Tae Wook Kim*, Kyong Jae Lee**, In Hyeop Park*
and Joon Seon Kim*

Abstract

In order to elucidate the change of plant community of natural forests caused by air pollution in the area of Mt. Dosjil of Ulsan city, 25 study subplots, 5 subplots from each 5 plots were set up. These plots lay along gradients of chronic exposure to airborne sulfur dioxide (SO₂), fluorides (F) and possibly other pollutants. Total nitrogen, organic matter, available P₂O₅, and CEC were generally depressed near industrial sources of air pollutants. The author found a total 7 species near sources of air pollutants and 13 species at the utmost plot from air pollutants. Number of individuals, species diversity, evenness, similarity index and biomass were generally depressed near the industrial source of air pollutants.

Tolerant plants to air pollution is *Cyperus amuricus*, *Calamagrostis arundinacea*, *Bidens bipinnata*, *Cocculus trilobus*, *Digitalis sanguinalis*, *Persicaria hydropiper*, *Pinus thunbergii*, *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*, *Rhododendron schlippenbachii* and *Robinia pseudoacacia*. It contains 4.41 ton/ha of aboveground biomass of *Robinia pseudoacacia* in damaged forest by air pollution and 39.47 ton/ha of it in the non-attacked forest. The annual net production is 0.67 ton/ha. yr in damaged forest and 7.73 ton/ha. yr in the non-attacked forest.

序 論

近來의 植物生態學의 研究는 모든 現象의 相互關係를 測定하여 定量化하고 있는데, 群集遷移도 이러한 方法으로 分析되고 있다. 遷移의 分析은 同一地域을 數

年間 調査하는 方法外에도 環境勾配에 따라 여러 地域을 調査하는 方法이 있다.

뚝질산(海拔 90 m)은 蔚山市內의 太和江入口에 位置하며, 1969年부터 稼動되기 시작한 工業園地에서 排出되는 汚染물질로 因하여 植生에 많은 被害를 주고 있다.

* 서울大學校 農科大學 (College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea)

** 嶺南大學校 農畜產大學 (College of Agriculture & Animal Science, Yeongnam University, Kyongsan, Korea)

本 調査는 蕪靑산의 北東斜面의 下部에 位置한 工場에서 排出되는 汚染물질(불소가스)의 影響으로 因한 植物群集의 構造分析을 目的으로 하였다.

材料 및 方法

1. 調査區의 設定

蕪山工業團地에 位置한 蕪靑산은 海拔 90 m가 되는 낮은 산으로, 인근에 있는 工場에서 排出되는 불소 및 아황산가스로 植物群集이 破壞되어 가고 있다. 蕪靑산의 破壞되어 가고 있는 植物群落을 調査하기 위하여, 1982年 8月에 北東斜面에 대한알루미늄 工場 울타리에서 頂上을 向하여 35 m 간격으로 5個의 調査區를 그림 1 과 같이 調査區를 設定하였다. 標本抽出法으로 한 調査區에는 1×1 m 크기의 小調査區 5個를 等高線方向으로 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 method 로 하였다.

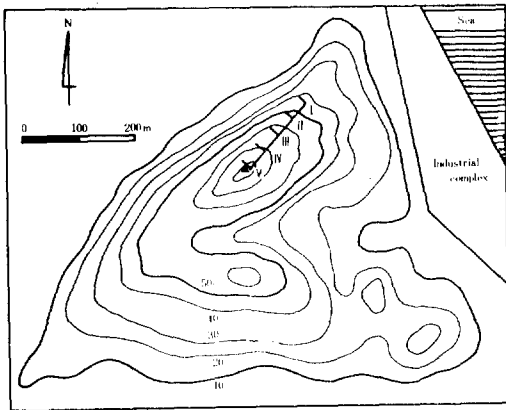


Fig. 1. Location map of investigated plots in the area of Mt. Dosjil

2. 植物群集의 構造分析

植物群集의 構造分析을 爲하여 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, 頻度を 計算하였으며, 한 調査區內에 있어서 種別 優劣의 比率를 나타내는 測度로서 Crutis⁽⁴⁾의 相對優占值를 使用하였다.

相對優占值(importance value : I.V.)

$$= \frac{\text{相對密度(RD)} + \text{相對頻度(RF)} + \text{相對被度(RC)}}{3}$$

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⁽¹⁰⁾의 種多樣度(species diversity)

를 使用하였다.

$$\text{種多樣度}(H') = -\sum(n_i/N)(10 \lg n_i/N)$$

N : 한 調査區內의 總個體數

n_i : 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 s에 의하여 計算하였는데, 여기서 s는 調査區別種數이다. 相對的인 種多樣度를 意味하는 均在度(evenness) J'=H'/Hmax'에 의하여 計算하였다. 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⁽¹⁴⁾의 類似度指數(similarity index)에 의하여 算定하였다.

$$\text{類似度指數(S. I.)} = \frac{2c}{s_1+s_2} \times 100(\%)$$

s₁ : 第一調査區 各種의 量의 合計

s₂ : 第二調査區 各種의 量의 合計

c : 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 위식은 다음과 같다.

$$\text{S.I.} = \frac{2c}{s_1+s_2} \times 100 = \frac{2c}{100+100} \times 100 = c(\%)$$

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 位置를 다음과 같이 X, Y軸에 2次元 座標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 算定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 하였다. 가장 높은 e의 값을 取하는 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하며 그 中에서 가장 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.

3. 植物群集의 物質生産量 調査

植物群集의 構造分析用으로 設置한 各 調査區內에서 3번 小調査區 1×1m 內의 全植物體를 모두 베어서, 草·木本으로 分離하여 生産量을 測定한 후, 그 중 一部를 取하여 生産量을 測定하고, vinyl 봉투에 넣어 實驗室로 운반하여 乾燥器內에서 80°C 로 恒重이 될때까지 乾燥시켜 얻은 乾燥率을 乾物重換算指數로 하였다. 따라서 本研究은 80°C 의 恒乾重으로 分析된 것이다.

돛질산의 8부竣線以上에는 矮小한 아카시나무가 자라고 있어, 이들의 物質生産量을 測定하기 위하여 10×10m 의 plot 를 設定하고, 또한 本 調査區에서 8.7 km 떨어진 玉洞에 被害가 육안으로 感知할 수 없는 아카시나무純林에 對照用 plot 10×10m 를 設置하였다. 調査區內의 林木의 胸高直徑(DBH)과 樹高(H)를 測定한 후 等級別로 配列하여, 大, 中, 小의 標準木 3本을 選定伐採하였다. 各 伐採木은 0(地面), 0.2, 1.2, 2.2 m 의 1 m 간격層으로 切斷한 후 各層을 幹, 枝, 葉으로 分離하여 各各의 生産量을 測定하였다. 한편 幹의 各 切斷部分의 下端에서 約 2~3 cm 두께의 圓板을 끊어낸 후, 그 圓板과 함께 枝 및 葉의 一部를 取하여 乾物重換算指數用으로 使用하였다.

現存量의 推定은 調査木의 部分重量의 合計(y)와 胸高斷面積合計($\sum g$)의 比에 調査區內 全林木의 胸高斷面積合計($\sum G$)를 곱한

$$Y = \sum G \cdot y / \sum g$$

式에 의하여 調査區內의 現存量(Y)을 求하고, ha 當 現存量으로 換算하였다.

年間純生産의 推定은 樹幹析解를 實施하여 最近의 年間 樹高 및 胸高直徑의 生長量을 調査하고, 當年과 前年の 調査木의 材積을 Smalian의 區分求積法으로 求하여, 材積比率에 의하여 前年度 現存量을 推定하고, 當年度와 前年度の 現存量 差異에 의하여 純生産量을 求하였다.

結果 및 考察

1. 環境要因 調査

表 1 은 蔚山市의 30年間(1952~1981年)의 月平均氣溫과 降水量等에 關한 氣象資料이다. 月平均氣溫이 13.1°C 로 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°C)에 속하며, 寒冷指數는 月平均 5°C 미만인 달의 平均氣溫으로 求한 것으로, 이 값은 1月中의 氣溫과 높은 相關을 가진 것으로, 樹木分布限界와 높은 關係가 있다. 蔚山의 寒冷指數는 -8.4°C 로서, 이 값도 溫帶南部의 값(-10~-5°C)에 속한다. 年平均降水量은 1,307 mm 로서 우리 나라 年平均降水量 1,000~1,200 mm 보다 약간 높은 값을 보이나, 1年 降水量中 58%인 755 mm 가 6~9月에 내리, 우리 나라의 典型的인 6~9月の 集中降雨特性을 보이며, 겨울에는 112 mm 가 내려 乾燥한 편이다. Lang의 雨量係數(rain factor, R.F. = $\frac{\text{연평균 강수량(mm)}}{\text{연평균 온도(°C)}}$)에 의하면, 99.8 로서 Lang의 分類에 따르면 濕潤氣候地帶의 黑色土地域에 속하는 地域으로, 自然的인 植生이 充分히 形成할 수 있는 곳이다.

調査地域은 10~20°의 傾斜를 보이는 北東斜面에 位置하며, 土深은 깊은 편이나, 土壤濕度는 下端部는 地被植生이 없는 관계로 乾燥한 편이다. 調査地 土壤의

Table 1. Synoptic meteorological data at Ulsan (1952~1981)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean
Average temp (°C)	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. (°C)	6.2	8.0	12.5	17.9	22.8	25.6	29.1	30.1	25.7	21.2	14.9	9.2	18.6
Aver. min. temp. (°C)	-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	1,307.0
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 (°C)	105.5												
Cold index (°C)	-8.4												

Table 2. Soil characters of experimental 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 (%)	Al (ppm)	B (ppm)
							K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
I	silt	4.30	3.46	0.26	12.84	19.80	0.20	0.12	1.24	0.76	11.7	2,114.6	0.43
II	silt	4.00	4.62	0.32	18.34	19.80	0.13	0.15	1.25	0.85	12.0	2,193.4	0.28
III	silt	4.20	5.17	0.31	17.42	19.58	0.11	0.16	1.27	0.61	11.0	2,195.6	0.33
IV	silt loam	4.30	5.22	0.39	21.09	19.36	0.23	0.17	1.54	0.57	13.0	2,179.2	0.51
V	silt	4.25	6.63	0.49	35.76	22.00	0.12	0.16	1.47	0.57	10.5	2,086.3	0.34

理·化學的分析値가 表 2에서 보는 바와 같이 土性은 plot IV를 除外하고 砂質이 많은 土壤이며, 酸度는 4.0~4.3까지의 强酸性인데, 이는 葑질산인근의 工場에서 排出되는 汚染物質로 인한 것으로, 土壤이 强酸性이면 葉기포화도가 減少되고, 養分도 유실, 용탈되어 植物體에 吸收가 안되어 害를 끼친다. 特히 酸性土壤에서는 粘土鑛物을 構成하는 Al의 一部分이 溶解되어, 인산과 結合되어 植物體에 害를 끼치는데, 表에 의하면 Al의 濃도가 2,086~2,200 ppm으로 매우 높은 水準이다. 또한 酸性土壤에서는 미량원소인 B의 용탈이 심한데, 本調査地域에서의 濃도는 0.28~0.51 ppm으로 나타난다. 有機物含量은 一般耕作地가 2.0% 内外인데 반해, 本調査地는 약간 높은 편이고, 가용성 P₂O₅가 12~36 ppm으로 낮은 水準을 보인다. C.E.C는 耕作地가 10 me/100 g으로 높은 水準에 속하나, 葉기포화도가 10~13%로 매우 낮은 水準이다. 土壤成分에서 plot I에서 V로 올라갈 수록, 즉 環境要因이 良好해져 갈수록, 全窒素含量, 有機物含量, P₂O₅含量, C. E. C. Na⁺含量이 增加됨을 알 수 있다.

2. 植物群集의 構造分析

表 3은 調査區別, 種別, 密度, 被度, 頻度, 相對優占値를 나타낸 것이다. plot I에서는 방동사니, 실새풀, 도깨비바늘 등이 優占種을 차지하고 있으며, 總 7種의 草本類가 生育하고 있었다. 植物體의 地上高는 대개 20 cm 内外로 5 m²當의 密度는 57 포기이며, 被度は 14.5%이고, 맹맹이덩굴만이 頻도가 60%이었다. plot II에서는 실새풀, 도깨비바늘, 맹맹이덩굴, 참억새, 곰솔 등이 優占種을 이루고 있으며, 總 6種의 草本類와 2種의 木本類가 出現하였다. 植物體의 地上高는 30~40 cm이며, 密度는 185 포기/5 m²이며, 被度は 86.3%이고, 頻도는 실새풀, 맹맹이덩굴이 80%, 도깨비바늘이 100%이었다. plot III에서는 털이슬, 맹맹이덩굴, 실새풀의 相對優占値가 10% 以上이었고, 11種의 草本類와 2種의 木本類가 自生하였다. 植物體의 地上高는

30~50 cm이며, 密度는 167 포기/5 m², 被度は 124.3%이며, 맹맹이덩굴과 털이슬의 頻도는 80%로서, 5個의 小調査區中 4個의 小調査區에 나타났다. plot IV에서는 아카시나무가 上層樹冠을 形成하며, I.V.가 10% 以上인 種으로는 실새풀, 맹맹이덩굴, 닭의장풀이며, 總 8種의 草本類와 3種의 木本類가 出現하였다. 植物體의 地上高는 40~100 cm이며, 密度는 119 포기/5 m², 被度は 105.5%로 plot III보다 감소되었고, 실새풀, 맹맹이덩굴의 頻도가 100%를 보인다. plot V에서는 곰솔이 나타나지를 앓았으며, 여기에서도 아카시나무가 上層을 形成하였고, I.V.가 10% 以上인 種으로는 실새풀, 참억새, 맹맹이덩굴, 돼지풀, 털이슬 등이 出現하였으며, 9種의 草本類와 2種의 木本類가 出現하였다. 植物體의 地上高가 40~140 cm이며, 密度는 80 포기/5m², 被度は 151.3%, 실새풀의 頻도는 100%, 맹맹이덩굴, 털이슬, 참억새가 80%로 나타났다. 以上の 各 調査區의 中心인 3번의 小調査區를 연결하여 그림 2와 같은 bisect를 作成하였다. 그림에서와 같이 各 植物種의 地上高가 海拔高에 따라 增加하며, 돼지풀, 곰솔, 아카시나무의 變化가 海拔高에 따라 뚜렷하게 나타났다. 또한 原點에서 약 32 m까지는 地被植物이 거의 破壞되어 裸地化되었으며, 海拔高가 增加할 수록, 즉 工場에서 거리가 멀어 질 수록 植物體種類도 增加한다.

그림 3은 各 調査區別의 相對優占値의 變化를 보인 것이다. 실새풀의 I.V.는 plot I에서는 22.6%이던 것이 plot III에서는 13.1%로 減少하다가 plot V에서는 19.7%로 增加한다. 이는 실새풀은 耐公害植物로 種類가 적은 plot I에서는 全體種數가 적어 큰 값을 가지다가, plot III에서는 出現種數가 많아져 I.V.가 減少되다가 plot V에서는 아카시나무의 出現으로 下層의 草本種類가 減少하자 相對的으로 실새풀의 I.V.가 增加되었기 때문이다. 도깨비바늘의 I.V.는 plot II에서는 27.7%로 높은 값을 보이나, plot III에서부터는 급격히 減少되는데, 이 植物은 環境要因이 不良한 곳에서는 他植物과의 경쟁에서 優位를 차지하나, 環境要因이

Table 3. Density, coverage, frequency, important value of vegetation by species and plots studied

Species	I			II			III			IV			V			
	D	C	F I.V.	D	C	F I.V.	D	C	F I.V.	D	C	F I.V.	D	C	F I.V.	
<i>Cyperus amuricus</i>	16	0.4	40 26.8													
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	10	8.0	20 22.6	35	15.0	80 17.4	22	18.2	60 13.1	14	27.7	100 17.7	15	34.2	100 19.7	
<i>Bidens bipinnata</i>	12	3.0	20 14.0	99	8.2	100 27.7	1	0.1	20 1.5	1	0.1	20 1.5	1	0.1	20 1.6	
<i>Cocculus trilobus</i>	4	2.6	60 9.4	9	20.3	80 14.7	80	1.9	80 23.0	25	40.0	100 27.7	11	20.5	80 13.6	
<i>carpesium divaricatum</i>	5	0.2	20 6.6										1	0.3	20 1.6	
<i>Digitaria sanguinalis</i>	4	0.1	20 5.9													
<i>Persicaria hydropiper</i>	5	0.2	20 6.6	9	0.2	40 4.3	2	0.7	40 3.2	1	0.1	20 1.5	2	0.8	20 2.1	
<i>Circaea mollis</i>				10	0.3	60 5.9	44	45.0	80 25.9	10	7.6	40 7.8	12	12.2	80 12.3	
<i>Pinus thunbergii</i>				2	26.0	40 13.0	3	22.0	40 9.1	1	1.2	20 1.9				
<i>Commelina communis</i>				14	0.2	20 3.9	2	0.1	20 1.7	51	14.0	60 22.6	11	1.2	60 8.3	
<i>Miscanthus sinensis</i>				6	16.0	40 11.6	1	1.0	20 1.7	6	4.8	60 7.0	10	37.0	80 18.9	
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>				1	0.1	20 1.5	3	6.4	40 4.9	4	6.4	60 7.0	2	0.4	20 2.1	
<i>Ambrosia artemisiifolia var. elatior</i>							2	21.0	40 8.6				10	32.0	40 13.5	
<i>Symplocos chinensis for. pilosa</i>							1	6.0	20 3.1							
<i>Cyperus amuricus</i>							3	1.6	20 2.3	5	0.2	20 2.7				
<i>Artemisia montana</i>							3	0.3	20 1.9							
<i>Robinia pseudoacacia</i>										1	3.4	20 2.6	3	12.6	40 6.3	
Total	57	14.5	200 100	185	86.3	480 100	167	124.3	500 100	119	105.5	520 100	80	151.3	580 100	

D : Density (No. of species per 5 m²)

C : Coverage

F : Frequency

I.V. : Importance value

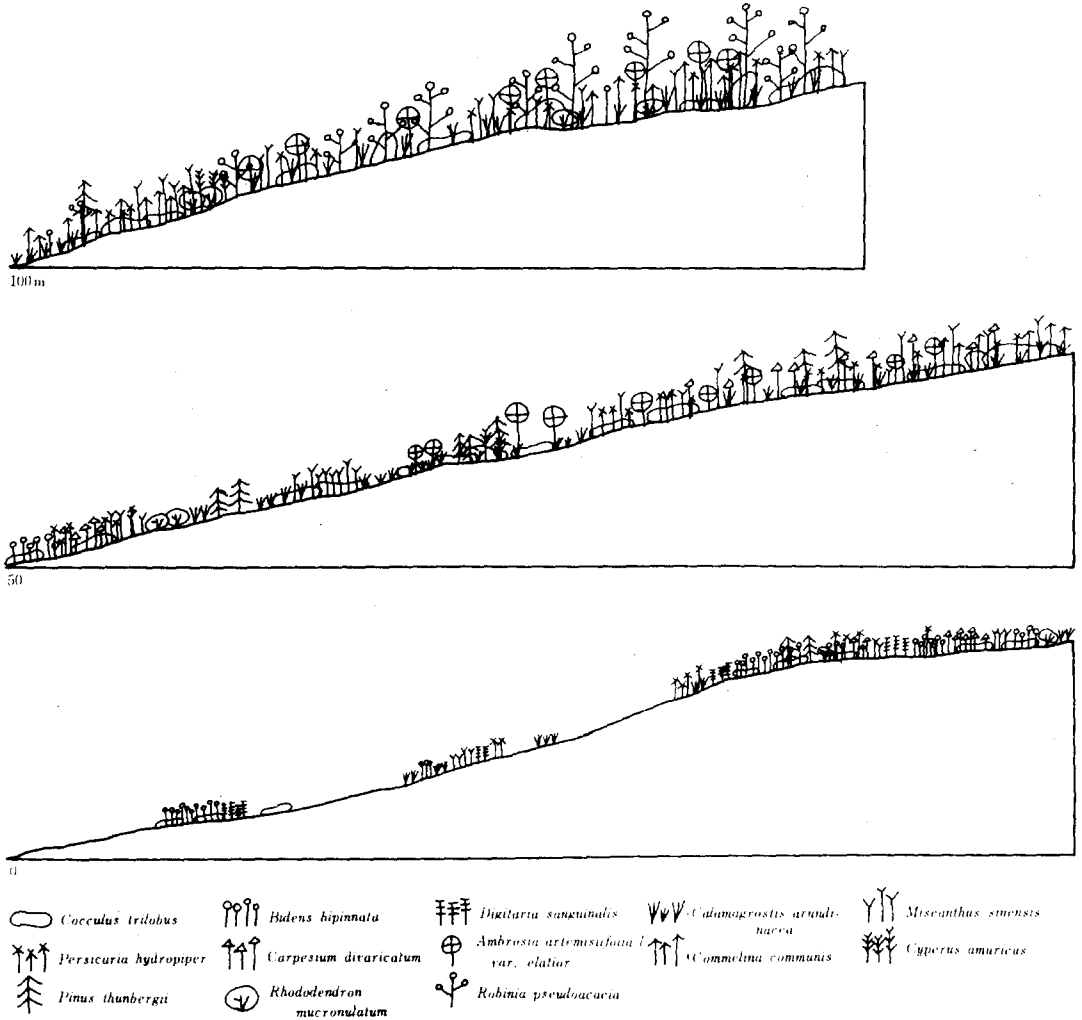


Fig. 2. Bisect by the plots studied

良好해 지면, 他植物의 旺盛한 경쟁력에 뒤진다고 볼 수 있다. 땃쟁이덩굴은 公害에 비교적 強하나, 公害가 極甚한 곳에서는 實새풀, 도깨비바늘과의 競爭에서 뒤떨어지나, 環境狀態가 良好해지면 이들과의 競爭에서 優位를 차지한다고 볼 수 있다. 여뀌는 도깨비바늘과 비슷한 傾向을 보이며, 털이슬, 닭의장풀도 땃쟁이덩굴과 비슷한 傾向을 보이나, 耐公害性에는 조금 뒤진다. 樹木으로는 곰솔, 철쭉이 plot Ⅱ에서, 아카시나무가 plot Ⅳ에서부터 나타난다. 蔚山市內의 森林中에서 곰솔林分이 가장 많이 分布되어 있는 것을 보면, 工業團地가 들어서기 前에는 뚝질산도 곰솔林分이 大部分을 차지하였을 것으로 推測되는데, 이는 現在 남아 있는 곰솔의 主幹이 公害의 被害로 枯死하고 萌芽가 자라고 있는 것으로 뒷받침된다. 철쭉은 他樹木에 비해

잘 生育되고 있는 편이나, 아카시나무는 8~10年生 林木이 樹高 1.5~2.5m 정도 밖에 되지 않으며, 主幹이 죽고, 側幹이 자라나 가지가 叢生된 形態를 보여준다. 돼지풀은 plot Ⅲ과 Ⅴ에서 나타나는데, 이는 蔚山公園 周邊의 公害의 被害가 甚한 곳에 出現率이 높으며, 地上高는 0.5~1.5m가 되어, 키가 큰 편이다. 以上의 現象에서 耐公害性 草本은 방동사나, 實새풀, 도깨비바늘, 땃쟁이덩굴, 긴담배나물, 바랭이, 여뀌, 털이슬 참여새, 돼지풀等이며, 木本類로는 곰솔, 철쭉, 아카시나무, 물오리등이었다. 이것은 金동⁽¹⁶⁾의 報告와 一致한다.

表 4와 그림 4는 調査區別, 種數, 個體數, 種多樣度, 最大種多樣度, 均在度, 優占度를 나타낸다. 種數는 plot Ⅰ에서 7種이던 것이 plot Ⅲ에서는 13種, plot Ⅴ

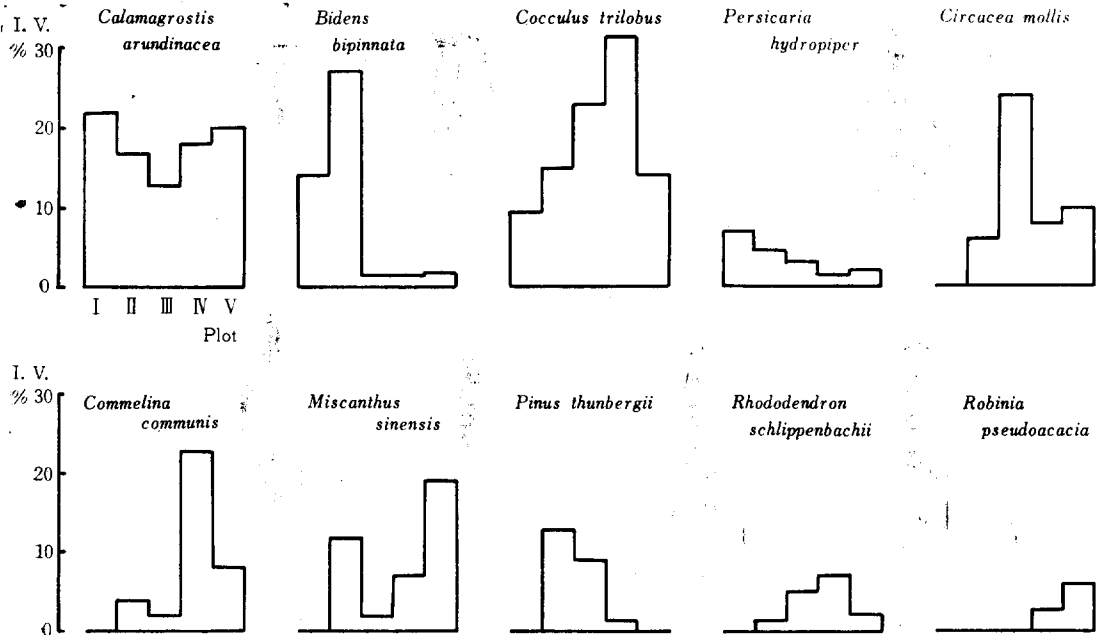


Fig. 3. Changes of important values of plots studied

Table 4. Values of various diversity by plots studied

Plot	Number of species	Number of individuals	Species diversity (H')	Maximum H' (H'_{max})	Evenness (J')	Dominance ($1 - J'$)
I	7	57	0.5091	0.8451	0.6024	0.3976
II	9	185	0.6918	0.9542	0.7250	0.2750
III	13	167	0.7680	1.1140	0.6894	0.3106
IV	11	119	0.7235	1.0414	0.6947	0.3053
V	11	80	0.7597	1.0414	0.7295	0.2705

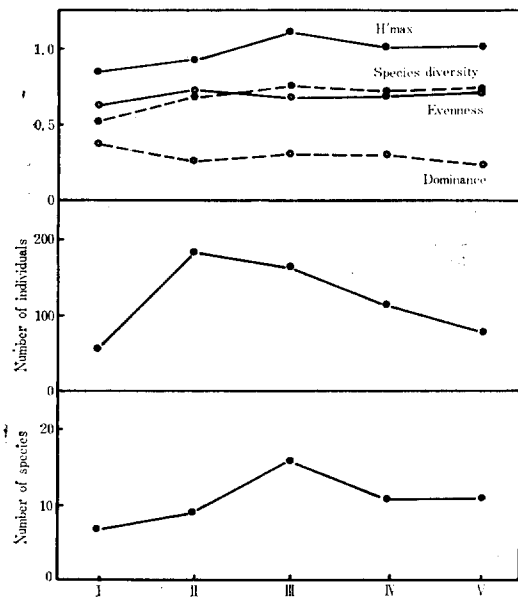


Fig. 4. Changes of various diversity values of plots studied

에서는 11種으로 種數가 汚染源에서 멀어갈 수록 增加하다가, 다시 減少하는데, 이는 plot IV에서 아카시나무가 出現됨에 따라 林床에 도달하는 光量이 減少함에 따라 草本數가 감소된다고 생각된다. 金等⁽¹⁶⁾이 報告한 바로는, 汚染源에서 가까운 地域에서는 3 樹種이 出現되며, 汚染源에서 멀어져 감에 따라 樹種數가 增加되어 거의 汚染이 感知되지 않은 森林에서는 20種이 나타난다고 하였는데, 이는 本研究의 結果와 같은 傾向을 보인다. 個體數는 plot II까지 增加하다가, plot III以後에서는 減少하는데, 이는 도깨비바늘의 出現이 增加되어 個體數가 增加되나, plot III으로 감에 따라 被度가 높은 雜草의 出現에 의하여, plot IV, V에서는 아카시나무의 出現에 의하여 全體의 個體數가 減少된다. 種多樣度가 plot I에서 plot III까지 增加되는 것은 汚染程度가 減少하기 때문이며, plot IV에서 감소되는 것은 아카시나무의 出現으로 下層植生 出現에 影響을 끼쳤기 때문이다. 또한 plot V에서 다시 增加된 것은 下層植生인 실새풀, 땃땃이, 털이슬, 닭의장풀, 참억새, 돼지풀의 고른 分布에 起因된다. 最大種多樣度

는 plot I에서 plot III까지 增加하다가 plot IV 以上에서는 減少하는데, $H_{max}' = \log s(s : \text{種數})$ 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 가질 수록 種別 個體數가 均一한 狀態이다. plot I보다 plot II보다 均在도가 큰 것은 汚染이 甚한 plot I에서 없었던 蕁이슬, 닭의장풀, 참억새가 plot II에서 出現되며. 또한 실새풀, 도깨비바늘, 병랭이덩굴, 털이슬, 여뀌 등이 고르게 plot II에서 分布되기 때문이다. plot III에서 減少되다가, plot IV 이상에서는 增加하는데, 이는 아카시나무의 出現에 의한 下層植生の 變化에 起因된다.

		Dissimilarity index				
		II	III	IV	V	
IV	I	74.4	84.8	81.8	73.7	I
	II	57.3	71.6	62.5	58.5	II
	III	38.9	42.7	57.3	61.1	III
	IV	41.5	37.5	28.4	42.7	IV
	V	26.3	18.2	15.2	25.6	V
		Similarity index				
		V	IV	III	II	

Fig. 5. Similarity and dissimilarity index between plots included in an ordination analysis

그림 5는 各 調査區間 類似度指數 및 相異度指數를 나타낸 것이다. 그림에서 보이듯이 plot I과 III은 15.2%, plot I과 IV는 18.2%로 種構成狀態가 매우 다르고, plot IV와 V는 57.3%로 種構成狀態에서 다른 plot 間보다 共通種이 많은 편이다. plot I과 III이 다른 것은 III에서는 公害의 影響이 弱화되는 데에 따른 많은 種이 出現하는 데에 원인이 있고, IV와도 많이 다른 것은 III과 같은 理由도 있으나, 아카시나무의 出現에도 理由가 있다.

그림 6은 各 調査區를 相異度指數에 依하여 2次元座標化한 것이다. 그림에서 보이듯이, plot I과 나머지 plot 間에는 서로 다른 傾向을 보이며, plot II에서 볼 때 3→4→5의 方向性을 보이지 않고 5→4→3의 方向性을 보인 것은 plot IV, V에서의 아카시나무의 出現에 의한 것으로, 蕁이슬의 草本類의 分布는 plot III 以上에서는 耐公害性 植物의 分布가 고르게 되나, 여기에 아카시나무 등의 木本이 侵入함으로써 草本群集에

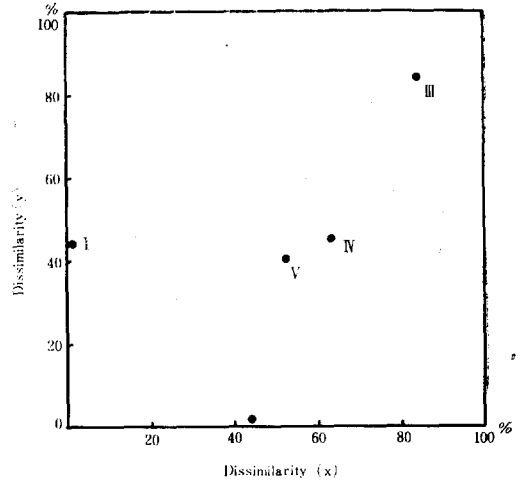


Fig. 6. Two dimensional ordination of plots on the basis of X and Y coordinates

變化를 가져 온다고 생각된다.

金等⁽¹⁶⁾의 報告에 의하면, 工團內부터 工團에서 10 km 정도 떨어진 公害가 甚하지 않은 곳까지 距離별로 plot 5個를 設置하여 森林群集을 分析한 결과, 公害被害가 甚한 곳에서 弱한 곳으로 갈 수록, 種數, 個體數, 種多樣度, 均在度 등이 增加한다고 하였다. McCleanhen⁽⁷⁾도 大氣汚染의 增加에 따라 種多樣度, 均在도가 減少된다고 하였고, Whittaker⁽¹⁴⁾는 SO₂濃度の 增加에 따라 林分의 平均樹高, biomass, 純生産量, 被度, 種多樣度가 減少한다고 報告하였다.

3. 植物群集의 物質生産量 調査

表 5는 各 plot에서 1×1 m 當의 現存量을 보인다. 草本은 plot I에서 5g/m²이던 것이 汚染源에서 멀어질 수록 계속 增加되어 plot V에서 206g/m²가 된다. 木本類는 plot II에서 130g/m²이던 것이 草本類와 같이 계속 增加되어 plot V에서는 626g/m²가 되었다. 表에 나

Table 5. Biomass of plots studied (g/m²)

Plot	I	II	III	IV	V	
Herb	5	105	146	193	206	
Tree	<i>Pinus thunbergii</i>	114				
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		16	242		
	<i>Robinia pseudoacacia</i>				263	626
	Subtotal		130	242	263	626
Total	5	235	388	455	832	

Table 6. General description, biomass and net annual production of *Robinia pseudoacacia* by plots studied

Stand	Experimental plot	Control plot	
Number of trees (ha)	2,050	2,500	
Mean DBH (cm)	3.90	6.99	
Mean height (m)	2.11	8.22	
Biomass	(t/ha) (%)	(t/ha) (%)	
	Leaf	0.55 12	2.56 7
	Branch	2.18 49	9.55 24
	Stem	1.68 39	27.36 69
Aboveground	4.41 100	39.47 100	
Production	(t/ha) (%)	(t/ha) (%)	
	Leaf	0.55 82	2.56 33
	Branch	0.01 1	1.34 17
	Stem	0.11 17	3.83 50
Aboveground	0.67 100	7.73 100	

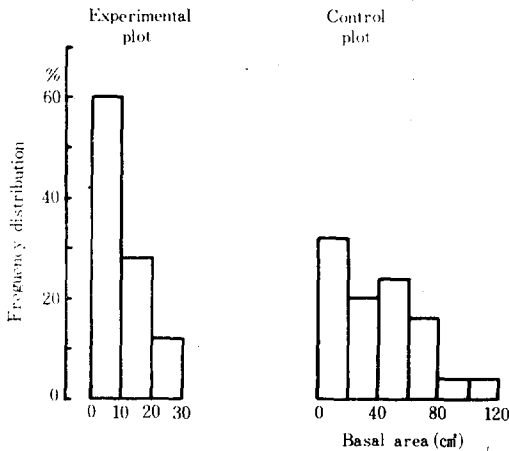


Fig. 7. Frequency distribution of basal area for the experimental plot and control plot

타난 現存量을 ha 當의 現存量으로 換算하면 plot V 에서는 8.32 t/ha 이 된다.

뚝질산과 玉洞 아카시나무林分의 物質生産量을 調査한바 表 6 과 같다. 뚝질산의 平均林齡은 8年, 玉洞地域은 9年으로 1年間의 差異가 있다. 平均胸高直徑은 뚝질산地域 3.90 cm, 玉洞地域 6.99 cm 이고, 平均樹高도 各各 2.11 m, 8.22 m 로 뚝질산地域의 生長에 많은 影響을 받고 있음을 알 수 있다. 그림 7은 두 地域의 胸高斷面積의 度數分佈를 比較한 것으로, 뚝질산地域(公害被地域)은 0~30 cm²의 범위로 0~10 cm²에 60%에 몰려있고, 玉洞地域(公害가 경미한 地域)은 0~120 cm²의 범위에 頻도가 分散되어 있음을 나타낸다. 表 6

에서 뚝질산地域에서 일 0.55 t/ha, 가지 2.18 t/ha, 줄기 1.68 t/ha 로 全地上部現存量은 4.41 t/ha 인데, 가지의 比率이 49%로 제일 높다. 玉洞地域의 現存量에서 일이 2.56 t/ha, 가지 9.55 t/ha, 줄기 27.36 t/ha 로 모두 39.47 t/ha 로 줄기의 比率이 69%로 가장 높다. 뚝질산地域의 現存量이 玉洞地域에 비해 11%에 지나지 않는다. 年間純生産量에서 뚝질산은 0.67 t/ha, 玉洞은 7.73 t/ha 로 뚝질산이 玉洞의 純生産量에 비해 8%에 지나지 않는다. 金等⁽¹⁶⁾이 調査한 工團의 곰솔과 오동나무의 被害林의 現存量은 健全林의 46%, 39%에 지나지 않으며, 年純生産量은 各各 32%, 22%이라고 報告하였으나, 本調査樹種인 아카시나무보다는 被害가 적어 生産量의 比率이 높게 나타났다고 생각된다.

要 約

蔚山工業團地內에 位置한 뚝질산植生을 汚染源에서부터의 거리에 따른 調査區別 環境要因과 植生狀態를 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 土壤의 全窒素含量, 有機物含量, P₂O₅의 含量, CEC는 汚染源에서 거리가 멀어질 수록 增加를 하며, Al 含量은 減少를 한다.

2) 植生調査結果 방동사니, 실새풀, 도깨비바늘, 팽팽이덩굴, 바랭이, 여뀌, 곰솔, 쇠지풀, 철쭉, 아카시나무 등이 耐汚染性이 강한 植生이었다.

3) 大氣汚染의 被害가 甚하지 않은 곳에서는 13種의 植物이 出現하나, 汚染이 極甚한 調査局에서는 7種의 植物만이 存在한다.

4) 大氣汚染의 增加에 따라 個體數, 種多樣度, 均在度, 類似度指數가 減少한다.

5) 大氣汚染源에서의 거리가 멀어질 수록 物質生産量이 增加된다. 또한 뚝질산地域 아카시나무林分은 現存量은 4.41 t/ha, 年間物質生産量은 0.67 ton/ha·yr 이고, 汚染의 被害가 없는 對照區에서의 現存量은 39.47 ton/ha 이고, 年間物質生産量은 7.73 ton/ha·yr 이다.

參 考 文 獻

1. Bormann, F. H. and Likens, G. E.(1981) : *Pattern, and Process in a Forested Ecosystems*, Springer Verlag, 253 pp.
2. Bray, J. R., and Crutis, J. T.(1957) : An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin, *Ecol. Monograph.*, **27**, 325.
3. Cox, G.W.(1972) : *Laboratory Manual of General Ecology*, Wm. C. Brown Co., 232 pp.
4. Crutis, J. T. and McIntosh, R. P.(1951) : An upl-

- and forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin, *Ecology*, **32**, 476.
5. John, F. L. and Risser, P. G. (1974) : Biomass, annual net primary production and dynamics of six mineral elements in a post oak-black jack oak forest, *Ecology*, **55**, 1246.
 6. Kira, T. and Shidei, T. (1967) : Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific, *Jap. J. Ecology*, **17**(2), 70.
 7. McCleanahen, J. R. (1978) : Community changes in a deciduous forest exposed to air pollution, *Can. J. For. Res.*, **8**, 432.
 8. McIntosh, R. P. (1967) : An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity, *Ecology*, **48**, 392.
 9. Mudd, J. B. and Kozlowskii, T. T. (1975) : *Responses of Plants to Air Pollution*, Academic Press, 383 pp.
 10. Shannon, C. E. and Weaver, W. (1963) : *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana, 117 pp.
 11. Simpson, E. H. (1949) : Measurement of diversity, *Nature*, **163**, 688.
 12. Tadaki, Y. (1965) : Studies on production structure of forests (VI). The primary production of a young stand of a *Castanopsis cuspidata*, *Jap. J. Ecology*, **15**(4), 142.
 13. Treshow, M. (1967) : Responses of douglas-fir to elevated atmospheric fluorides, *For. Sci.*, **13**(2), 114.
 14. Whittaker, R. H. (1975) : *Communities and Ecosystems*, McMillan pub. Co., 385 pp.
 15. 金俊鎬, 尹成模 (1972) : 森林의 生産構造와 生産力에 關한 研究(II), 韓國植物學會誌, **15**, 71.
 16. 金泰旭, 李景宰, 朴仁協 (1982) : 蔚山工團 汚染地域의 綠地造成 및 回復에 關한 研究, 國立環境研究所報告書(인쇄중).
 17. 任慶彬, 李景宰, 朴仁協 (1981) : 솔잎혹파리 被害赤松林의 生態學的 研究(II), 韓國林學會誌, **54**, 49.
 18. 蔡明仁, 金俊鎬 (1977) : 물오리나무와 상수리나무 숲의 生産力 比較, 韓國生態學會誌, **1**, 57.