

溫山工團 周邊의 森林植生에 관한 調査

金 鍾 甲

慶尙大學校 林學科

Study on Forest Vegetation in the Vicinity of Onsan Industrial Complex

Kim, Jong-Gab

Department of Forestry, Gyeongsang Nat'l University

ABSTRACT

In order to estimate effects of air pollution for *Pinus thunbergii* forests surrounding Onsan industrial complex, structure of forest vegetation was surveyed.

In the survey of forest vegetation, *Pinus densiflora* have been died or being withered, and Importance Value(I.V.) of *Rhododendron mucromulatum* and *Lespedeza* spp. were low at the vicinity of industrial complex.

Especially *Lespedeza maximowiczii* and *L. maritima* were not entirely appeared at the vicinity of industrial complex.

I.V. of *Quercus serrata*, *Robinia pseudoacacia* and *Alnus firma* were preferably high at the vicinity of industrial complex, and those of *Smilax china*, *Rubus crataegifolius* and *Rhus trichocarpa* were similar at every site and it could be guessed that those had a tolerance.

Number of species had a difference over 10 species at the vicinity of industrial complex as compared with those of remote sites, and species diversity showed highly at the farther sites of industrial complex, and also at the low layer, number of species, species diversity and evenness were low at the vicinity of industrial complex and species weakened to air pollution were disappearing.

It was possible that forest vegetation would be changed from *Pinus* spp. to community of *A. firma* and *R. pseudoacacia*.

緒 論

石油化學工團 周邊은 大氣汚染의 放出이 심한 地域으로서 각 公廠에서 排出되는 汚染物質은 森林과 森林土壤에 累積되어 植物의 生長에 큰 被害를 주고 있으며 이러한 大氣汚染物質은 大氣中에서 다른 物質과 反應하여 酸性雨와 같은 형태로 순환됨에 따라 森林植生에 큰 被害를 주고 있다.

오늘날 심각해지고 있는 環境汚染을 방지하기 위해서는 大氣汚染地域의 森林에 대한 綜合的인 調査가 있어야 할 것으로 생각되며 특히 최근 온실효과에 대한 방지책의 하나로서도 森林植生の 保護는 매우 중요하다고 할 수 있다.

Archibold(1978)와 Woodwell(1970)은 大氣汚染이 森林群集構造에 많은 變化를 가져온다고 報告한 바 있으며 正上(1975,1981)는 林木에 대한 SO₂의 被害狀態는 樹種間的 차이 외에 地域間的 汚染度에 비례했다고 하였다.

安田(1982)는 環境變化에 의한 삼나무가 현저히 쇠퇴한 地域은 都市地域과 工團周邊地域이었다고 밝힌 바 있다.

金과 金(1986)은 여천工團周邊의 해송림의 植物群集構造를 調査한 바 있으며, 金等(1982, 1984)과 朴等(1983)도 工團周邊의 森林植生構造에 대한 研究를 발표한 바 있고, 國立環境研究院(1987, 1988)에서도 여천, 울산, 온산工團의 森林植生을 調査한 바 있다.

따라서 본 調査는 溫山工團周邊의 海松林 中心으로 森林植生の 構造變化를 살펴보고 앞으로의 植生變化를 豫測하여 自然環境保護 對策에 基礎的인 資料를 提供하고자 하였다.

材料 및 方法

1. 調査地의 概況

溫山工團은 蔚山郡 溫山面의 海岸을 中心으로 南西方向으로는 海拔 50~150m의 壯年期의 많은 山岳丘陵으로 둘러쌓여 있고 北方向으로는 50~100m의 산줄기를 사이에 두고 蔚山工業團地와 連結되며 東쪽 方向으로는 바다와 接하고 있는 臨海工業團地이다(Fig. 1).

溫山工團은 1980年初부터 工場이 稼動되기 始作하여 現在는 60여개의 많은 工場이 稼動中인데 이들은 銅 및 亞鉛製鍊所, 紙製紙, 精油 및 石油化學工場 등으로서 이들中 石油化學工場들이 主를 이루고 있는 大單位 工業團地이다.

이 地域은 SO₂, NO_x가스 등과 重金屬成分을 含有한 煤煙 및 粉塵 등의 複合的인 大氣汚染이 甚한 地域으로 周圍 農作物과 森林에 많은 影響을 미치고 있는 곳이다. 特히 이 地域의 大氣汚染物質의 擴散樣相은 臨海地域 微氣象特性的 하나인 晝夜間 交叉되는 海,陸風의 影響과 함께 산줄기에 의한 對氣流障壁 役割의 影響을 받을 것으로 豫想된다. 또한 地質은 新羅統群에 屬하는 砂岩과 礫岩으로 形成된 比較的 單純한 形態의 構造를 나타내고 있으며 본 調査地의 最近 氣候特性은 蔚山測候所에서 測定한 氣象資料를 이용하였다(Table 1).

Table 1에서 보는 바와 같이 年平均氣溫은 13.6℃으로서 比較的 溫暖한 氣候를 나타내고 있으며, 年平均降雨量은 1,259mm로서 우리나라 年平均值의 量을 나타내고 있어 우리나라의 典型的인 夏季節의 集中降雨特性을 나타내는 地域이다.

또한 風速은 2.2m/sec를 보이고 있으며 風向은 主로 西南西(WSW)風과 北西(NW)風系列의 바람이 불고 있다.

溫山工團의 周圍 森林은 大部分 海松과 소나무의 混楮로 되어 있으며 사방오리나무 및 아카시아나무의 砂防造林地도 一部分 造成되어 있는 곳으로서 上層木의 80%以上이 海松으로 構成되어 있다.

本 調査地는 工團을 中心으로 大氣汚染의 影響이 미칠 수 있는 地域을 距離別로 나누어 土壤 및 植生調査는 海松林의 構成狀態가 比較的 良好하고 最近에 山火 등의 人爲的인 被害가 없는

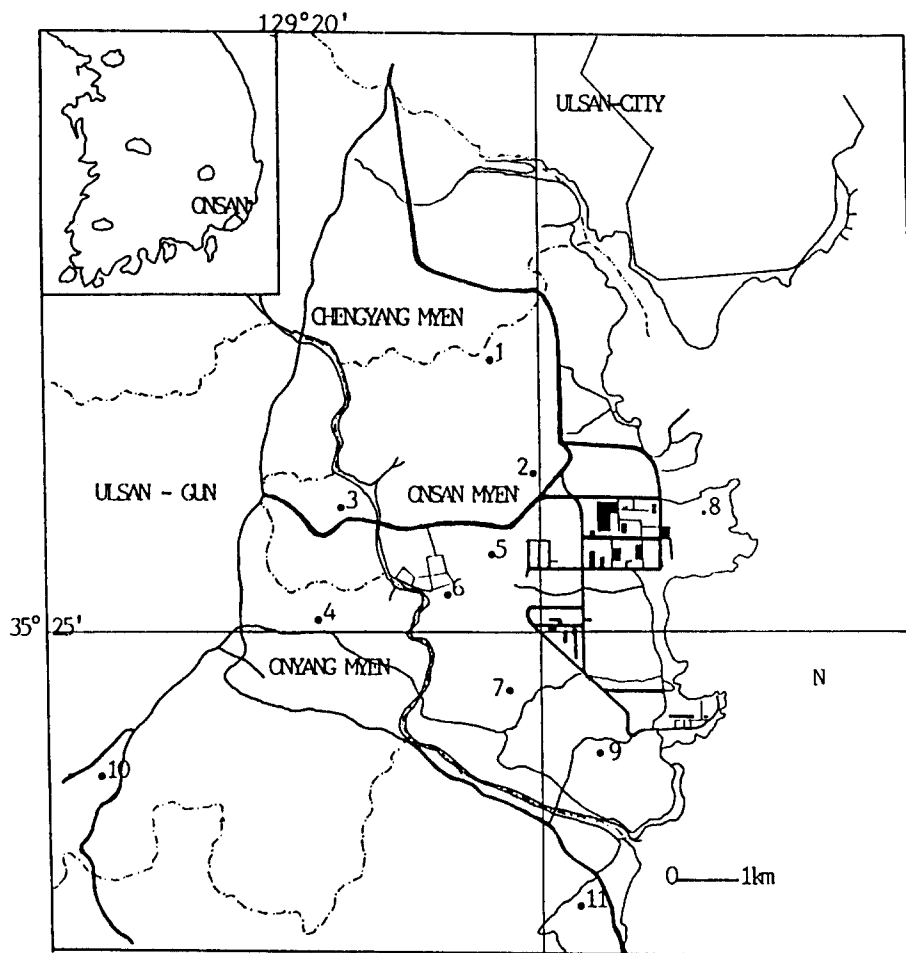


Fig. 1. Map showing the survey areas and sampling sites.

Table 1. Meteorological data in the investigated sites(1980~1990)

Element\Year	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	Aver.
Max. Temper.	34.1	35.9	35.5	38.6	36.7	36.8	35.3	34.0	35.1	35.4	36.5	35.8
Min. Temper.	-11.9	-11.2	-11.6	-9.5	-11.5	-11.8	-10.6	-9.7	-9.5	-9.1	-11.8	-10.7
Ave. Temper. (°C)	12.7	13.1	13.9	13.7	13.3	13.7	13.1	13.8	13.5	14.2	14.9	13.6
Ave. Wind Sp. (m/sec)	2.5	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.4	2.3	2.1	2.2
Relat. Humidity(%)	68	65	67	67	68	69	69	69	64	67	65	67
Precipitation(mm)	1536	1064	997	1286	1308	746	1001	1265	1042	1371	1232	1259
Evapor(mm)	1060	1296	1255	1209	1279	1228	1164	1079	1120	1053	1144	1171
Wind Direction	WSW	WSW	SW	WSW	NW	EE	S	NNW	WSW	NNW	WNW	

11個 調査地를 選定하였으며, 工團에서 10 km 以上 떨어져 大氣汚染이 比較的 輕微한 地域을 10, 11 調査地로 設定하여 比較하였다.

本 調査地의 方位는 主로 南東方向이었으며 傾斜는 5 ~ 30°이고 上層木의 樹齡은 20 ~ 40年, 胸高直徑은 8~40 cm 이었다.

2. 植生構造 分析

Fig. 1에서와 같이 汚染源에서 距離別로 11個의 調査地를 設定하여 이 調査地에서 各各 5個의 小調査區로 한 總55個의 調査區(11 調査地 × 5 調査區)를 設定하였으며, 標本抽出方法은 上·中層의 경우 10 × 10m, 下層植生은 5 × 5m의 方形區로 한 重複法(nested quadrat method)을 適用하였고, 樹高 6m以上의 樹木群을 上層, 2m 以下의 樹木群을 下層, 上層과 下層 사이의 樹木群을 中層으로 하였다.

森林群集의 構造分析을 爲하여 小調査區別로 上·中層은 胸高直徑에 의한 基底面積을, 下層은 樹冠投影圖를 作成하여 樹種別로 被도와 密度, 頻度 等を 計算하였으며, 이들 測定值를 가지고 重要值(importance value)와 總相對優占度(total importance value)를 求하였다(Kim, 1984)

種多樣度(H')는 Shannon-Wiener의 多樣度指數를 算出하여 分析하였으며 最大種多樣度(Maximum H')는 $H'max. = \log S$ (S는 種數)로, 均在度(Evenness)는 $J' = H'/H'max.$, 優占度(Dominance)는 $1/J'$ 로 求하였다. 類似度指數는 Sørensen係數 「 $CCs = (2C/S_1 + S_2) \times 100$; S_1, S_2 는 群集1, 2에 나타난 種數, C는 두 群集에서 共通으로 나타난 種의 數」를 利用하여 分析하였다.

이상의 分析은 Statistical Ecology Program(Ludwig & Reynolds, 1988)을 이용하여 分析을 實施하였다.

結果 및 考察

1. 調査地內 土壤環境의 變化

土壤 pH는 Table 2에서 보는 바와 같이 pH 4.2~5.5로서 大體로 낮은 傾向이었으며 汚染源에서 4 km 以內에는 大部分이 pH 4.2~4.8로서 모두 強酸性을 나타내고 있었다.

또한 汚染源의 距離에 따른 差異는 距離別로 若干의 差異가 있었으나 그 差異가 크지 않았는데 이는 汚染源의 增加에 따른 大氣汚染의 擴散範圍가 넓어지고 있는 것으로 생각되었다.

Chang & Lee(1987)는 都心地에서 距離가 멀어질수록 pH가 增加하는 것은 大氣汚染의 影響 때문인 것으로 報告하였는데 本 調査에서도 汚染源에서 가장 가까운 곳(8 調査地)이 pH 4.2로서 가장 낮았다.

兪(1989)의 調査에 依하면 森林土壤의 pH는 1986년부터 1989년까지 繼續 減少하고 있다고 報告한 바 있으며 蔚山工團 周邊의 調査에서는 pH 4.3~4.9라고 報告한 바 있어 調査地別로 약간의 差異는 있으나 本 調査의 結果와 類似하여 溫山工團 周邊의 森林土壤도 繼續 酸性化되고 있음을 알 수 있다.

有機物含量도 1.3~3.9%로서 매우 낮은 水準이나 汚染源의 距離別 差異는 나타나지 않았으며 土壤 pH에 影響을 주는 置換性 이온인 Ca, Mg, K, Na도 10, 11 調査地를 除外하면 매우 낮은

Table 2. Soil characteristics of investigated sites

Site	pH (1:5)	O.M (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangable cation(me /100g)				C.E.C (me /100g) Al(ppm)	
				Ca	Mg	K	Na		
1	4.5	1.9	13	0.2	0.1	0.17	0.004	6.6	329
2	5.3	2.1	11	0.1	0.1	0.17	0.003	2.6	156
3	5.0	2.0	11	0.1	0.1	0.14	0.003	4.7	298
4	5.0	3.3	24	0.1	0.2	1.12	0.005	6.6	150
5	4.6	1.3	13	0.1	0.1	0.19	0.002	6.5	285
6	4.7	1.9	16	0.2	0.2	0.28	0.003	6.2	230
7	4.4	1.7	21	0.1	0.2	0.25	0.006	6.7	317
8	4.2	2.6	32	0.6	0.2	0.47	0.005	5.9	277
9	4.8	2.6	13	0.6	0.3	0.46	0.005	6.4	200
10	5.1	3.6	29	0.5	1.2	1.28	0.007	7.4	260
11	5.5	3.9	16	2.9	1.4	1.46	0.012	7.2	23
Mean	4.72	2.78	21	0.49	0.33	0.43	0.007	6.41	242
S.D.	0.35	1.05	10.5	0.83	0.44	0.40	0.011	1.51	83.8

傾向으로 1988년도 金과 金の 調査報告 (1989)보다 차츰 낮아지는 傾向이었는데 이는 最近에 問題되고 있는 酸性雨의 影響으로 양이온의 溶脫에 依한 것이라고 思料되었다(閔, 1989). 이 같은 結果로 보아 앞으로 本 調査地域에서도 土壤의 酸性化가 繼續될 것으로 생각되었다.

Al은 土壤의 酸性化에 의해 급격히 增加하는 傾向이 있으며 溶脫되어 植物에 매우 有害한 것으로서 活性 Al의 存在는 土壤內 磷酸의 缺乏을 가져오게 한다. 本 調査에서도 強酸性의 土壤에서는 Al이 增加하고 있는 것으로 나타났다. 閔(1989)은 汚染源에서 距離가 멀어질수록 減少한다고 하였으며 Al의 距離에 따른 減少現狀은 pH變化和 密接한 關係가 있다고 報告하였는데 本 調査에서는 11調査地를 除外하면 距離別 差異는 크지 않았으나, pH와 Al의 有意性 檢證에서는 $Y = 5.306 - 0.002X$ ($r = -0.588^{**}$)로서 1%水準에서 有意성이 認定되어 높은 相關이 있음을 알 수 있었다.

또한 Kim(1985)은 公害被害를 받은 樹木은 Al을 비롯한 重金屬이온이 根組織에서 多量 蓄積되고 있었다고 하였는데, 本 調査에서도 汚染源 周邊地域에서의 Al의 增加는 樹木의 生長에 많은 被害를 줄 것으로 思料된다.

2. 森林의 植生構造 變化

Table 3은 溫山工團 周邊의 山林植生에 對한 重要值를 나타낸 것이다. 大氣汚染地域인 8과 9 調査地에서는 소나무가 전혀 出現치 않았으며 9調査地에서는 소나무의 枯死木이 確認되어 大氣汚染의 影響인 것으로 생각되었고, 2와 5調査地에서는 上層木으로 소나무가 많이 出現되었으나 枯死되었거나 枯死危機에 처해 있는 것이 많았다.

참나무類는 工團周邊의 調査地에서도 相對優占值가 높았으며 特히 졸참나무는 汚染源에서 가까운 2와 5, 6, 8, 9 調査地 等의 中, 下層에서 相對優占值가 높아 大氣汚染에 耐性이 強함을 알 수 있었으며, 工團周邊의 海松林은 環境汚染이 繼續될수록 참나무류 群落으로 遷移될 可能性이 높았다.

Table 3. Importance values of forest vegetation by species and crownlayer in the investigated sites

Species crown layer	2			5			8			9			1					
	U	M	T	U	M	T	U	M	T	U	M	T	U	M	T			
<i>Pinus thunbergii</i>	80.3	51.3	11.4	59.2	48.3	26.3	32.9	100.0	89.0	5.0	80.5	74.7	52.0	54.7	56.3	43.0	5.9	43.5
<i>P. densiflora</i>	9.0	5.7	6.4	8.4	4.2		4.2							12.6	13.2	22.1	4.5	14.7
<i>Quercus aliena</i>		1.7	8.1	1.9	9.3	7.0	4.3					10.3	4.1	4.1			8.0	1.3
<i>Q. serrata</i>		9.0	9.3	4.6	14.0	33.3	10.2			18.8	3.1	8.7	22.6	6.7	3.7		14.6	9.1
<i>Q. dentata</i>		4.7	11.4	3.5												3.4	0.6	
<i>Q. acutissima</i>		3.3	1.1															
<i>Alnus firma</i>					27.6	25.7	22.4					20.7	12.0	14.4	26.9	15.3		18.6
<i>A. japonica</i>																		
<i>Robinia pseudoacacia</i>		4.0	6.7	15.5	21.3	13.2	17.1	11.0	7.5	4.9	5.3	2.3		3.4				
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		6.9	1.2											3.7	0.6		13.5	2.2
<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>		19.0	3.2											17.0	2.8		17.1	2.9
<i>Lespedeza maritima</i>																		
<i>L. bicolor</i>		2.5	0.4											7.3	1.2		4.4	0.7
<i>L. maximowiczii</i>																		
<i>Smilax china</i>		4.0	6.8	2.5										19.7	3.3		10.4	1.7
<i>S. sieboldii</i>																		
<i>Rhus trichocarpa</i>		9.3	11.0	4.9										8.7	9.3	4.5	7.4	1.2
<i>R. chinensis</i>													3.3	1.1				
<i>Symplocos chinensis</i>		2.7	4.1	1.6										4.4	0.7		3.1	0.5
<i>Rosa multiflora</i>			3.0	0.5										2.3	0.4		5.7	1.0
<i>R. maximowicziana</i>																		
<i>Corylus sieboldiana</i>		1.4	0.2											8.7	3.3	3.5		

Table 3. Continued

Species crown layer	6			7			3			4			10			11										
	U	M	L	T	U	M	L	T	U	M	L	T	U	M	L	T	U	M	L	T						
<i>Pinus thunbergii</i>	82.7	46.7	3.1	57.4	78.7	45.7	6.8	55.7	68.7	16.5	4.7	40.6	78.0	46.0	5.3	55.2	83.6	35.1	6.3	54.5	71.0	30.7	6.4	46.8		
<i>P. densiflora</i>	17.3	11.7		12.6	15.0	19.0	4.8	14.6	24.0	18.9	5.1	19.2	8.7	5.3	3.1	6.6	16.4	5.6	2.0	10.4	17.3	13.9	4.4	14.0		
<i>Quercus aliena</i>			8.3	1.4		2.7	4.1	1.6	7.3	12.7	2.6	8.3		11.0	17.5	6.6					6.0	7.2	4.5	6.2		
<i>Q. serrata</i>		14.0	23.2	8.5		4.7	11.7	3.5		6.3	11.9	3.4		4.3	9.3	3.0		5.5	12.6	3.9		12.1	13.3	6.3		
<i>Q. dentata</i>			4.0	0.7		2.0	5.2	1.5		5.5	7.7	3.1			4.8	0.8		4.0	1.5	1.6		1.6		0.5		
<i>Pinus thunbergii</i>	82.7	46.7	3.1	57.4	78.7	45.7	6.8	55.7	68.7	16.5	4.7	40.6	78.0	46.0	5.3	55.2	83.6	35.1	6.3	54.5	71.0	30.7	6.4	46.8		
<i>P. densiflora</i>	17.3	11.7		12.6	15.0	19.0	4.8	14.6	24.0	18.9	5.1	19.2	8.7	5.3	3.1	6.6	16.4	5.6	2.0	10.4	17.3	13.9	4.4	14.0		
<i>Quercus aliena</i>			8.3	1.4		2.7	4.1	1.6	7.3	12.7	2.6	8.3		11.0	17.5	6.6					6.0	7.2	4.5	6.2		
<i>Q. serrata</i>		14.0	23.2	8.5		4.7	11.7	3.5		6.3	11.9	3.4		4.3	9.3	3.0		5.5	12.6	3.9		12.1	13.3	6.3		
<i>Q. dentata</i>			4.0	0.7		2.0	5.2	1.5		5.5	7.7	3.1			4.8	0.8		4.0	1.5	1.6		1.6		0.5		
<i>Q. acutissima</i>										8.6		2.9	13.3	4.3	8.1			10.1	5.0	4.2						
<i>Alnus firma</i>	4.3		1.4			7.0	3.1	2.9										2.5		0.8		7.6		2.5		
<i>A. japonica</i>							2.4	0.4														5.5	1.8			
<i>Robinia pseudoacacia</i>					6.3	1.3		3.6		3.4	4.4	1.9		6.7	2.8	2.7		4.7	2.7	2.0	5.7	1.6	3.2	3.9		
<i>Rhododendron mucronulatum</i>			14.3	2.4		4.7	12.4	3.6		8.4	22.0	6.5		3.0	11.5	2.9		3.8	13.7	3.6		1.7	16.2	3.3		
<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>			7.9	1.3		9.6	1.6														16.0	2.7		3.7	0.6	
<i>Lespedeza maritima</i>																					1.1	0.2		3.4	0.6	
<i>L. bicolor</i>			5.8	1.0			8.5	1.4													4.0	11.4	3.2		1.4	1.3
<i>L. maximowiczii</i>										1.9	2.7	1.1			3.8	0.6					1.9	0.3			1.9	0.3
<i>Smlax china</i>			9.3	1.5		7.7	1.3			6.6	7.3	3.4		3.7	4.0	1.9		8.2	9.2	4.3		7.0	10.2	4.0		
<i>S. sieboldii</i>			1.3	0.3																						
<i>Rhus trichocarpa</i>	8.0	5.0	3.5			1.3	1.4	0.7		2.5	5.9	1.8		5.0	5.8	2.6		1.8	3.3	1.2		3.9		0.7		

Table 3. Continued

Species crown layer	6			7			3			4			10			11					
	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L			
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
<i>R. chinensis</i>										4.0	0.7		1.0	0.2							
<i>Symplocos chinensis</i>	7.1	1.2		3.3	3.3	1.7				5.0	0.8		0.8	0.1							
<i>Rosa multiflora</i>	2.6	0.4		4.0	0.7		1.6	0.3		1.8	0.3		0.8	0.1							
<i>R. maximowicziana</i>													1.2	0.2							
<i>Corylus sieboldiana</i>	8.7	3.3	3.5				2.5	3.0	1.3				2.2	0.4							
<i>C. heterophylla</i>																6.5	1.1				
<i>Rubus japonicus</i>						4.7	0.8										2.9	0.5			
<i>R. crataegifolius</i>						6.0	1.0			6.1	1.0										
<i>Aphananthe aspera</i>																					
<i>Styrax japonica</i>											3.1	1.0									
<i>S. obassia</i>										2.3	0.8										
<i>Eurya japonica</i>				1.7	0.6																
<i>Castanea crenata</i>	6.7	2.2		4.3	1.4																
<i>Ligustrum obtusifolium</i>										2.5	0.4	1.2	0.2	1.6				0.5			
<i>Elaeagnus umbellata</i>										2.1	0.3	4.7	1.6	2.2	2.2	2.1	1.1				
<i>Platycarya strobilacea</i>																					
<i>Juniperus rigida</i>	2.4	0.4			2.1	0.3								1.0	0.2						
<i>Prunus sargentii</i>	2.3	0.4																			
<i>Lindera glauca</i>	2.3	0.4																			
<i>L. obtusiloba</i>																					
<i>Albizia julibrissin</i>																					
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>																					
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	161	100	100

* Legend ; U : Upper layer, M : Middle layer, L : Low layer, T : Total layer.

사방오리나무와 아카시아나무도 工團周邊地域인 1과 2, 5, 9調查地의 中, 上層에서 相對優占值가 10% 以上の 높은 값을 나타내어 소나무의 被害로 因하여 相對的으로 이들 樹種이 茂盛하는 것을 알 수 있었고, 此外 청미래덩굴이 比較的 相對優占值가 높아 大氣汚染에 耐性이 強함을 推測할 수 있었는데 이는 1988年의 金과 金(1989)의 調査와 비슷한 傾向이었으며, 國立環境研究院(1988)에서 實施한 蔚山工團 周邊의 調査에 의하면 海松, 청미래덩굴, 산딸기, 두릅나무 등은 耐性이 強한 樹種이었고 갈참나무와 싸리류(참싸리, 조록싸리) 등은 耐性이 弱한 樹種이었다고 報告한 바 있는데, 本 調査에서는 大氣汚染이 甚한 地域일 것이라고 豫想되는 8調查地에서는 海松도 被害木이 많이 나타났으며, 산딸기는 工團周邊에서도 生育이 좋아 耐性이 強함을 알 수 있었고, 조록싸리와 해변싸리는 工團周邊地域에서는 전혀 出現치 않아 大氣汚染에 敏感한 것으로 推定된다.

한편 各 調査地에서 上層優占種인 海松을 除外하고 比較的 出現頻度가 높은 10個 樹種을 選拔하여 樹種別 相對優占值를 나타낸 結果(Fig. 2), 汚染源에서 가까운 2와 5, 8, 9 調査地에서는 갈참나무와 아카시아나무를 除外하면 거의 5% 以下の 낮은 값을 나타내었으며, 소나무 및 진달래는 工團周邊에서는 出現치 않거나 낮았고 汚染源에서 멀어질수록 相對優占值가 增加하는 傾向을 보였다.

그리고 산철쭉과 노린재나무는 全調査地에서 高르게 나타났으나 工團周邊에서는 生長이 매우 不良하였고 枯死危機에 있는 것을 볼 수 있었다. 또한 아카시아나무는 5調査地에서 17.1%의 높은 값을 나타내었으며 中, 上層 모두 生長이 良好하였고, 工團周邊에서는 比較的 相對優占值가 높아 大氣汚染에 耐性이 強함을 알 수 있었다.

개웃나무와 청미래덩굴도 全調査地에서 高른 값을 나타내어 大氣汚染에 耐性이 있음을 알 수 있고, 싸리는 汚染源에서 멀어질수록 相對優占值가 增加하였다.

한편 갈참나무는 汚染源에서 가장 가까운 8調査地와 가장 먼 10調査地에서는 나타나지 않았으며 其他 地域에서는 高르게 나타나 汚染源에서 멀어질수록 相對優占值가 增加하였으나 國立環境研究院(1988)에서 蔚山工團을 中心으로 調査한 報告書에 依하면 갈참나무는 耐性이 弱한 樹種으로 調査되었는데, 本 調査의 資料로서는 汚染源 周邊에서도 相對優占值가 높았으며 生育도 좋아 耐性이 있는 것으로 判斷되었다.

Table 4에서는 調査地別 木本의 樹種數와 種多樣度, 最大種多樣度, 均在度, 優占度를 層位別로 나타낸 것인데, 樹種數에 있어서는 工團의 汚染源에서 比較的 가까운 5와 8, 9調査地가 各各 12, 10, 13種으로 가장 적게 나타났으며 汚染源에서 가장 먼 10과 11調査地가 各各 28, 26種으로 가장 많이 나타나 調査地間의 差異가 10種 以上이나 나타나고 있어 大氣汚染의 被害가 工團隣近地域에서는 顯著하였다.

Linzon(1966)의 鑛山製鍊所 周邊에서는 많은 植物種의 變化를 나타내 耐性이 弱한 樹種은 滅種되었으며 個體數도 減少하였다고 하는 研究結果와 比較하여 볼 때, 本 調査의 結果도 비슷한 傾向을 나타내 工團의 大氣汚染으로 因한 種數의 減少라고 判斷할 수 있었고, 金等(1982), 金과 金(1986)과 朴等(1983)의 蔚山地域과 麗川工團에서도 汚染地域이 汚染이 輕微한 地域에 비해 10種 以上이 滅種되었다고 報告한 研究調査와도 비슷한 樣相을 나타내었다.

특히 5와 8調査地의 中層에서는 단 6種과 2種만이 出現되어 植生의 單純함을 나타내었으며, 上層과 中層의 海松도 이 地域에서는 生育不良과 枯死危機에 처해 있는 것을 많이 發見할 수 있었다. 大氣汚染은 植物의 花粉生産을 줄이고 結實作用을 抑制하며 種子의 發芽能力을 減少시킨

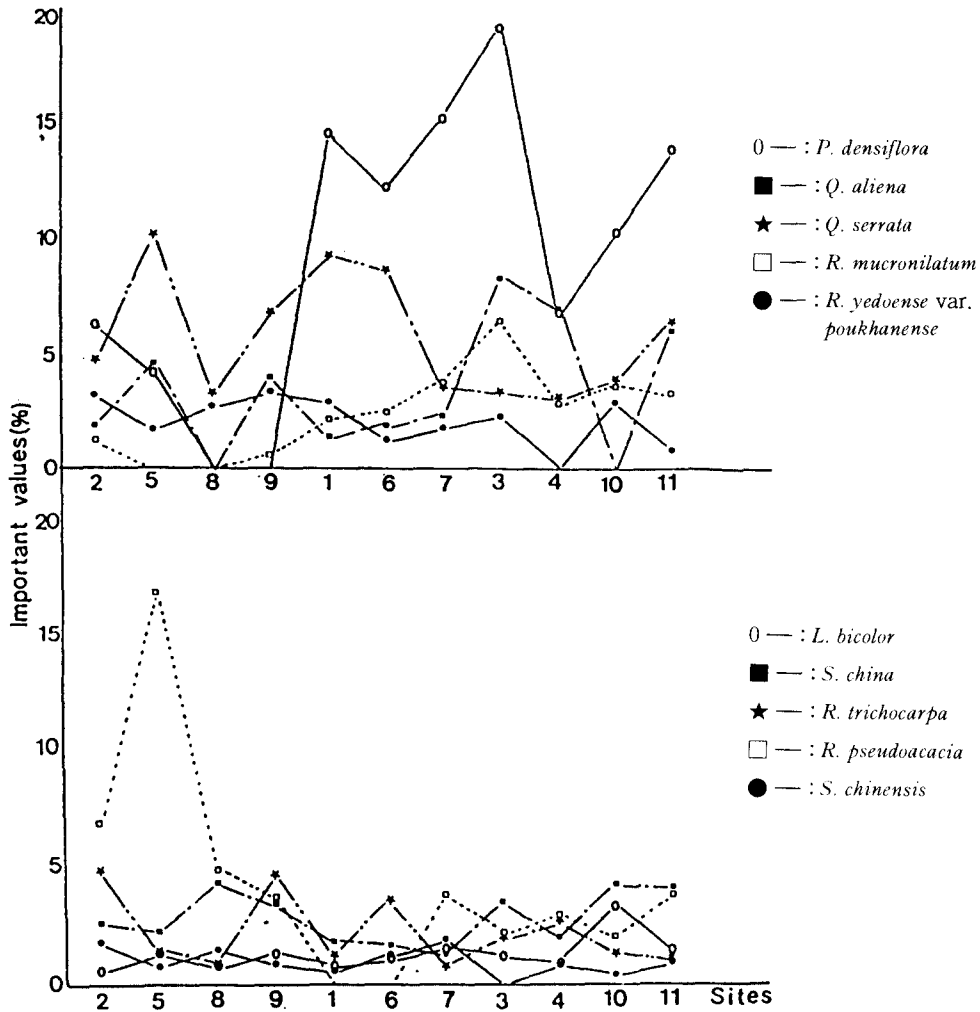


Fig. 2. Changes of importance values for woody plants or 10 species appeared frequently in the investigated sites.

다는 Smith(1981)의 研究結果를 볼 때, 本 調査에서도 앞으로 上層木인 海松의 生長 및 結實不良으로 下層植生の 種構成이 單純해지고 지금의 優占種인 海松林이 他 樹種으로 바뀔 것으로 豫測되었다.

種多樣度에서도 汚染源에서 가까운 2와 5, 8, 9 調査地가 낮게 나타났으며 汚染源에 距離가 멀어질수록 種多樣度 및 最大種多樣度가 增加하는 傾向을 나타내었고 種多樣度 및 均一度는 下層이 Total 보다 一般의으로 높은 값을 나타내어 下層植生の 種構成狀態가 現在로서는 比較的의 均一함을 알 수 있으나 工團周邊地域에서는 大氣汚染의 影響으로 앞으로 지금의 下層植生이 中, 上層으로 遷移가 現 種構成狀態로 될 可能性은 어려울 것이라고 判斷되며, 특히 耐性이 弱한 진달래 및 산철쭉은 中層으로 成長할 可能性이 稀薄하였다.

Table 4. Values of species diversity of woody plants in the investigated sites

Sites	Crown story	No. of species	Species diversity(H')	MaximumH' (H'max)	Evenness (J')	Dominance (1-J')
1	Middle	6	1.3564	1.7917	0.7570	0.2430
	Low	14	2.3704	2.6391	0.8982	0.1018
	Total	16	2.1553	2.7726	0.7774	0.2226
2	Middle	12	1.6356	2.4849	0.6582	0.3418
	Low	14	2.1996	2.6391	0.8335	0.1665
	Total	17	2.0365	2.8332	0.7188	0.2812
3	Middle	14	2.3412	2.6391	0.8871	0.1129
	Low	15	2.3525	2.7081	0.8687	0.1313
	Total	17	2.4688	2.8332	0.8714	0.1286
4	Middle	14	2.0737	2.6391	0.7858	0.2142
	Low	19	2.7081	2.9444	0.9197	0.0843
	Total	23	2.3759	3.1355	0.7577	0.2423
5	Middle	6	1.6480	1.7918	0.9198	0.0802
	Low	9	1.7973	2.1972	0.8180	0.1820
	Total	12	2.0701	2.4849	0.8331	0.1669
6	Middle	7	1.6387	1.9459	0.8421	0.1579
	Low	15	2.3067	2.7081	0.8518	0.1482
	Total	18	2.2765	2.8904	0.7876	0.2124
7	Middle	13	1.4128	2.5649	0.5508	0.4492
	Low	18	2.5215	2.8904	0.8724	0.1276
	Total	22	2.2514	3.0910	0.7284	0.2716
8	Middle	2	0.1985	0.6931	0.2864	0.7136
	Low	10	1.7098	2.3026	0.7426	0.2574
	Total	10	1.4232	2.3026	0.6181	0.3819
9	Middle	8	1.4989	2.0794	0.7208	0.2792
	Low	10	1.9790	2.3026	0.8595	0.1405
	Total	13	1.9001	2.5649	0.7408	0.2592
10	Middle	15	1.8278	2.7081	0.6750	0.3250
	Low	24	2.5170	3.1781	0.7920	0.2080
	Total	28	2.3451	3.3322	0.7038	0.2962
11	Middle	15	1.9505	2.7081	0.7202	0.2798
	Low	20	2.4993	2.9957	0.8343	0.1657
	Total	26	2.4485	3.2581	0.7515	0.2485

金(1984)과朴等(1983)은麗川工團調查에서汚染源에서 멀어질수록種多樣度 및均在度가增加하였다고 하였는데,本調查에서는種多樣度는 비슷한傾向이었으나均在度에서는若干의差異를 나타내었다. 한편韓等(1989)은群集의種多樣度指數가群集의構造를決定하는 가장 중요한因子라고 하였으며國立環境研究院(1988)의調查에서도大氣汚染의被害程度에 따라森林群集의種多樣度는敏感하게變化한다고 한 바 있어本調查에서도種多樣度指數는汚染地에서의森林群集被害調査를爲하여必須的調查項目이라고判斷된다.

또한汚染地내에서下層의植生構造狀態를把握하기 위하여下層의種多樣度指數를算出하였다(Fig. 3).下層의種多樣度 및最大種多樣度는Total 과 비슷한傾向으로汚染源에서 멀어질수록增加하였으며,5와8,9調查地에서 낮아下層植生の構造狀態가大氣汚染으로因하여 매우單純해졌음을알 수 있다.

均在度는全調查地에서 매우 높은 값을 나타내었으나5,8,10調查地는 낮았는데5와8調查地에서는下層의졸참나무가優占하였으며10調查地에서는진달래,산철쭉 및싸리類가優占하였기 때문이었다.

樹種數에 있어서도汚染源에서 멀어질수록增加하는傾向이었으며工團周邊에서는10種以內

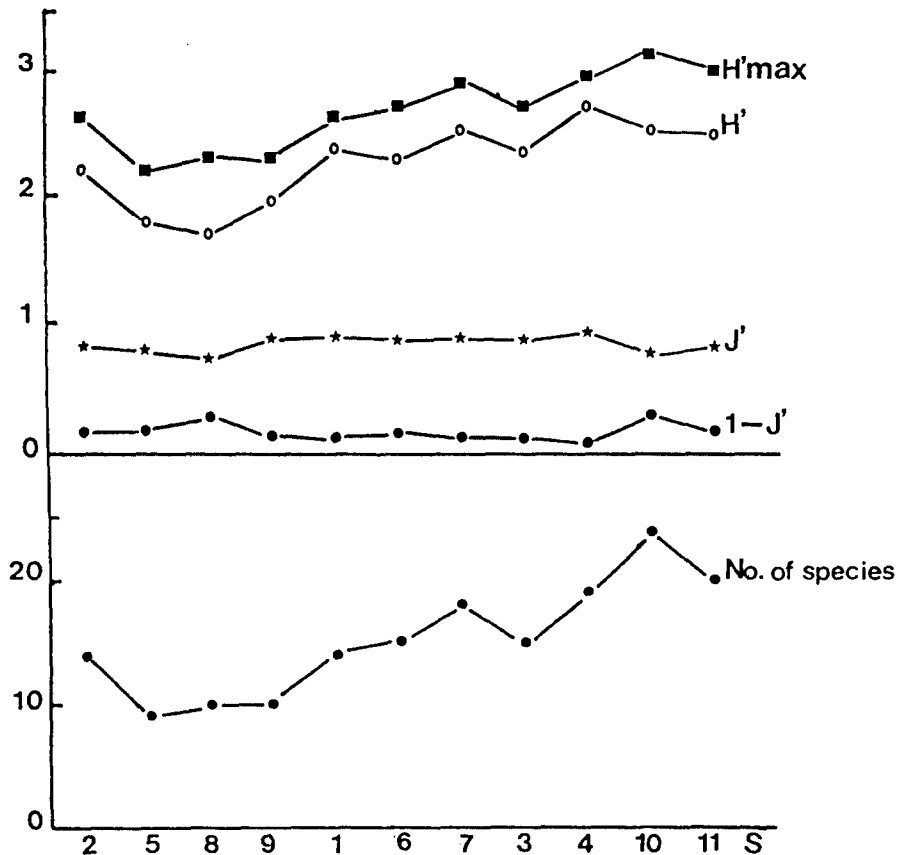


Fig. 3. Changes of various diversity values of low layer in the investigated sites

似度指數보다 6cm 未滿의 樹木群에 對한 類似度指數가 낮았다고 하였는데, 本 調査에서도 一部 地域을 除外하고는 全般的으로 下層植生이 낮은 傾向을 나타내어 이와 類似한 傾向을 나타내었다.

要 約

우리나라 溫山工團 周邊의 海松林에 대한 大氣汚染의 影響을 살펴보기 위하여 木本植物의 森林群集構造를 調査하여 植生의 變化를 調査하였다.

海松林의 植生構造調査에 있어서 工團周邊에서는 소나무가 枯死되었거나 枯死危機에 있었으며, 진달래와 싸리類는 汚染源에서 멀어질수록 相對優占值(I.V.)가 높았고, 特히 조록싸리와 해변싸리는 工團周邊에서는 전혀 出現치 않았으며 졸참나무와 아카시아나무, 사방오리나무는 工團周邊에서 오히려 相對優占值가 높은 편이었고 청미래덩굴, 산딸기, 개웃나무 등은 全調査地에서 고른 값을 나타내어 耐性이 있음을 알 수 있었다.

또한 工團周邊에서는 工團에서 떨어진 地域에 비해 10種이상의 樹種差異가 낮으며 種多樣度에서도 汚染源에서 멀어질수록 높게 나타났고, 下層에서도 汚染源에서 가까울수록 種類數, 種多樣度, 均在度가 낮게 나타나 大氣汚染에 耐性이 弱한 樹種은 消滅되어가고 있었으며, 植生의 遷移가 針葉樹인 소나무類에서 闊葉樹인 사방오리나무와 참나무群落으로 變할 可能性이 있었다.

引用文獻

- Archibold, O. W. 1978. Vegetation recovery following pollution control at Trail. British Columbia, Can. J. Bot. 56 : 1625-1637.
- Chang, K. S. & S. W. Lee. 1987. Local Effects of Air Pollutants from Urban Area on Forest Ecosystem. Res. Rep. Env. Sci. Tech. Chungnam Univ. 5(2) : 74-82.
- 韓相旭 外 9人. 1989. 大氣汚染에 의한 植物群集의 被害評價 및 維持方案에 관한 研究(I) - 溫山工團 周邊地域의 植生을 中心으로 -. 國立環境研究院. 103pp.
- Inoue, T. 1975. Tree injury caused by air pollution in Japan. IUFRO. Item of No. 5.
- 正上敵雄. 1981. 日本における大氣汚染が樹木に及ぼす影響に關する研究. 第17次 IUFRO論 : 225-228.
- Kim, Y. S. 1985. Qualities of Woody Plants Damaged by Air Pollution. Wood Sci. & Tech. 13(6) : 40-46.
- 金鍾甲, 金在生. 1989. 大氣汚染地域의 森林植生構造와 葉內汚染物質 含量에 관한 研究. 韓國林學會誌 78(4) : 360-371.
- 金泰旭, 朴仁協, 李景宰. 1982. 環境汚染에 의한 蔚山地域의 森林生態學的 變化에 관한 研究. 韓國林學會誌 58 : 60-69.
- 金泰旭. 1984. 麗川工團周邊 樹木被害調査研究. 80pp.
- 金俊選, 金泰旭. 1986. 大氣汚染에 의한 麗川地域의 森林群集變化에 관한 研究. 韓國大氣保全學會誌 2(3) : 1-10.
- Linzon, S. N. 1966. Damage to eastern white pine by sulfur dioxide, semimature-tissue

- needle blight and ozone. JAPCA. 16 : 140-144.
- Ludwig, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology : A primer on methods and computing. John Wiley & Sons, New York. 337pp.
- 閔一植. 1989. 大氣汚染 및 酸性雨が 森林生態系내의 養料動態 및 土壤緩衝能에 미치는 影響. 忠南大學校 博士學位 論文 93pp.
- 國立環境研究院. 1987. 環境汚染生物指標法の 開發研究(I). 一大氣汚染에 對한 生物指標方法 - 科學技術處. 195pp.
- 國立環境研究院. 1988. 環境汚染生物指標法の 開發研究(II). 一大氣汚染에 對한 生物指標方法 - 科學技術處. 177pp.
- 朴在柱, 金在鳳, 裴貞伍, 金東漢, 吳在基, 姜德姬, 朴仁協, 李景宰. 1983. 工團地域의 環境汚染物質의 蓄積과 樹木成長의 相關關係에 對한 調查研究. 國立環境研究所報 5 : 237-260.
- Smith, W. H. 1981. Air Pollution and Forests - Interaction between Air Contaminants and Forest Ecosystems - Springer-Verlag, New York. 379pp.
- Woodwell, G. M. 1970. Effects of pollution on the structure and physiology of ecosystem. Science. 168 : 429-444.
- 安田洋. 1982. 環境變化によるスギの衰退調査. 平野部におけるスギ衰退分布と 生育土壤(I). 富山縣林試研報 8 : 47-54.

(1992年 6月 1日 接受)