

沙上工團의 大氣汚染이 周邊 山林의 植生構造에 미치는 影響¹

金点秀² · 李康寧³

Effects of Air Pollution on the Forest Vegetation Structure in the Vicinity of Sasang Industrial Complex in Korea¹

Jeom Soo Kim², Kang Young Lee³

要 約

大氣汚染物質이 沙上工團 周邊의 海松林에 미치는 影響을 알아보기 위하여 工團周邊 海松林의 植生構造를 分析한 結果는 다음과 같다.

1. 工團周邊 山林의 上層은 주로 海松林으로 構成되었으며, 사방오리나무와 아까시나무가 많은 調查地에서 나타나고 있었고, 中層에서는 海松 다음으로 아까시나무, 개울나무, 산검양울나무, 때죽나무가 주로 나타났으며, 下層에서는 海松의 出現은 적었으며, 大氣汚染에 대하여 耐性이 강한 아까시나무, 졸참나무, 개울나무, 산철쭉 등이 全般的으로 出現되고 있었다. 특히 아까시나무는 工團 周邊에서, 진달래는 工團으로 부터 먼 곳에서 重要值率이 높게 나타났다.
2. 工團 周邊의 各 調查地에서 木本類의 種數와 種多樣度指數와 類似度指數는 對照區와 差異를 나타내지 않았다.
3. 草本類에서는 大氣汚染에 대한 耐性이 강한 주름조개풀이 全般的으로 出現되고 있었으며, 참억새, 실새풀, 계요등, 기름새, 산거울 등도 全般的으로 고르게 나타나며, 이들은 積算優占度의 값도 높았다. 그러나 참취, 분취, 미역취, 꿀풀 등은 工團 周邊에서 거의 出現되지 않았다.
4. 草本類의 種數는 對照區의 20種에 比하여 工團周邊에서 10種 以下로 減少되었고, 種多樣度에서도 工團周邊 地域이 減少되었으며, 類似度指數 역시 對照區와 比較하면 아주 낮게 나타나고 있어 大氣汚染物質에 의한 草本類의 種 構成狀態가 變化되고 있음을 알 수 있었다.

以上的 結果에서 보면 沙上工團 周邊의 海松林은 大氣汚染에 강한 樹種의 分布가 많았다. 植生構造의 變化는 木本類에서는 아직 크게 나타나지 않았다. 그러나 草本類에서는 種數와 種多樣度指數의 變化가 나타나고 있었다. 따라서 木本類에서도 앞으로 植生構造의 變化가 豫想되고 있다.

ABSTRACT

The object of this study was to examine the effects of air pollution on forest vegetation structure in the vicinity of Sasang industrial complex in Korea. Forest vegetation structure was investigated at 19 sample plots surrounding industrial complex and at one site away from industrial complex as a control.

The results obtained were as follows;

1. For analysis of vegetation structure, upperstory of forests was mostly consisted of *Pinus thunbergii*, and partly of *Alnus firma* and *Robinia pseudoacacia*. In midstory, major components were *Pinus*

¹ 接受 1995年 4月 21日 Received on April 21, 1995.

² 江原開發研究院 Kangwon Development Research Institute, Chunchon 200-041, Korea.

³ 慶尙大學校 農科大學 林學科 Dept. of Forestry, College of Agriculture, Kyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea.

- thunbergii*, *Robinia pseudoacacia*, *Rhus trichocarpa*, *Rhus chinensis* and *Styrax japonica*, In lower story, *Pinus thunbergii* was a minor component, while *Robinia pseudoacacia*, *Quercus serrata*, *Rhus trichocarpa*, and *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense* which were known to be resistant to air pollution were found in large number. Especially, importance percentage of *Robinia pseudoacacia* was high, while that of *Rhododendron mucronulatum* was low in surrounding industrial complex.
2. For woody plants, number of species, species diversity and similarity index in industrial complex, were not significantly different from those in control plot.
 3. For herbs, *Oplismenus undulatifolius* appeared in large number in most plots. The SDR₃ of *Miscanthus sinensis*, *Calamagrostis arundinacea*, *Paederia scandens*, *Spodiopogon cotulifer* and *Carex humilis* were high, but that of *Aster scaber*, *Saussurea seoulensis*, *Solidago virgaurea* var. *asiatica* and *Prunella vulgaris* var. *lilacina* were low in the vicinity of industrial complex.
 4. Number of herb species decreased to below 10 species at surrounding industrial complex as compared to 20 species in the control plot. In addition species diversity, and similarity index in the industrial complex were lower than those in control plot.

It may be concluded that *Pinus thunbergii* forests in industrial complex consists of tree species resistant to air pollution, and that composition of woody vegetation in industrial complex was not much different from control plot, while composition of herbs was already quite different between the two plots. Forest vegetation structure, therefore, may change with time due to air pollution in the industrial complex.

Key words: Air pollution, vegetation structure, woody plants, herbs, number of species, species diversity, similarity index.

1. 緒 論

山林은 직접적으로나 간접적으로 工團 또는 大都市로부터 발생하는 大氣汚染으로 인하여 많은 피해를 받고 있다. 특히, 最近 繼續적으로 各種의 工團이 造成되어 大氣汚染物質을 排出함으로써 周邊의 林木에 被害를 주거나 植生을 破壞시키는 等 自然生態系의 變化를 招來하고 있어 大氣汚染은 深刻한 實情이다(姜寅求 등, 1991).

慢性的인 大氣汚染物質의 影響에 따라 植物群集은 그 機能과 構造가 變하여 결국은 生態系를 破壞한다고 하였으며(Woodwell, 1970), Manitoba에서 汚染源 가까이에 있는 Black spruce(*Picea mariana*)일에서 高濃度の 硫黃이 發見되었으나, Jack pine(*Pinus banksiana*)에서는 發見되지 않는 等 樹種에 따라 大氣汚染에 대한 被害程度에 差異가 있다고 하였다(Hogan과 Wotton, 1984). 大氣汚染物質의 影響은 環境條件의 差異, 山林의 形態, 大氣汚染에 대한 敏感性, 汚染의 形態 等에 따라 多樣하게 나타난다고 하였다(Schroeder와 Kiestler, 1989).

우리나라의 石油化學工業團地인 蔚山, 溫山, 麗川 等 工團 周邊의 山林에서는 可視的 被害 顯

만 아니라 非可視的 被害도 많이 發生되고 있다는 研究가 있었다(金在鳳 등, 1982; 金俊選 등, 1982; 金在鳳 등, 1988; 金暎傑 등, 1989).

또한 蔚山工團 周邊地域 調査에서 해송, 산철쭉, 개울나무, 산딸기, 두릅나무, 노린재나무, 청미래덩굴 등은 大氣汚染에 대한 耐性이 강하다고 하였고(韓相旭 등, 1989), 溫山工團 周邊 海松林에서 工團周邊이 먼 地域에 比하여 木本, 草本 모두 種數와 種多樣度에 差異가 있었다고 하였다(金鍾甲, 1992).

本 研究는 工業團地가 造成된 후 20년이 넘어 大氣汚染에 대한 慢性的인 被害가 豫想되는 沙上工團 周邊 海松林의 植生構造를 調査分析하여 大氣汚染物質에 의한 山林植生の 變化를 把握하고, 또한 植生變化 豫測에 대한 基礎資料를 마련하기 위하여 實施하였다.

II. 材料 및 方法

1. 調査地 概況

沙上工業團地는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 經度 128° 59', 緯度 35° 09' 를 中心으로 白陽山(641.5 m)과 高遠見山(503.9 m), 九德山(565 m)으로 둘러싸여 있으며, 1968년부터 1975년까지

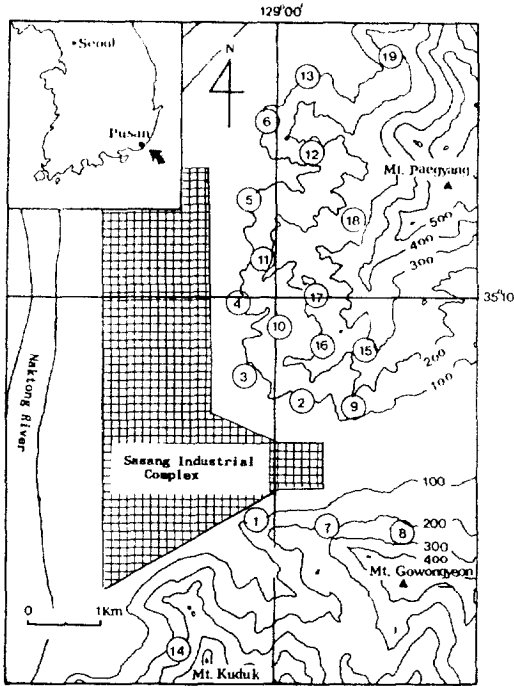


Fig. 1. Location map of sample plots. Neighbor sites(plot 1-6), middle sites(plot 7-13), remote sites(plots 14-19) in industrial complex.

全體面積이 9,739m²에 달하는 釜山 最大의 工業地域으로 造成되었으며, 주로 機械, 化學, 纖維工業等 工業團地로서 總 2600餘個의 工場이 있다.

1982년부터 1990년까지의 沙上工團 周邊地域의 大氣中の SO₂ gas 濃度는 最高 0.066ppm(1988年)에서 最低 0.041 ppm(1990年)으로 나타나고 있었다(環境處, 1991). 이는 環境基準值인 0.05 ppm을 超過한 年度가 많았고, 또한 超過하지 않은 年度도 거의 環境基準值에 도달하고 있어 工團의 周邊地域은 慢性的인 大氣汚染의 影響을 받고 있을 것으로 豫想된다.

1961年~1990年의 釜山地域 氣象概況은 年平均最高氣溫이 23.7℃, 年平均最低氣溫이 4.9℃, 年平均氣溫이 14.1℃, 年平均相對濕度가 97(%) , 年平均降水量이 1227mm로서(氣象廳, 1991), 海水의 影響을 받아 氣溫이 溫和하고, 降水量이 많으며, 降水量은 6月~9월에 가장 높게 나타나는 典型的인 海洋都市이다. 平均風速은 4.0m/sec이며, 겨울의 風向은 北西風, 그 外의 季節에는 南東風이 불고 있는 地域이다.

沙上工團 周邊 山林土壤 調査는 腐植層을 건어내고 上層部로 부터 5-15cm의 土壤을 分析試料

Table 1. Soil chemical properties of sample plots

Sample plots	pH (1:5)	OM (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	C E C me/100g	Exchangeable cation(me/100g)			
					K+	Na-	Ca++	Mg++
1	4.54	1.1700	10.5977	7.0137	0.2537	1.5297	0.3951	1.9650
2	4.46	0.7167	12.0138	9.3679	0.4628	2.9536	0.2125	2.0927
3	4.45	0.4867	7.9783	6.6829	0.4584	3.6579	0.0661	1.7585
4	4.40	1.1900	16.0393	8.0216	0.6460	3.9780	0.8512	2.1241
5	4.39	1.0800	13.9201	9.2757	0.6268	1.5394	1.0505	2.0984
6	4.45	0.9567	13.0433	7.6758	0.4116	0.8266	0.9262	1.9380
7	4.72	1.8500	12.7091	8.8221	0.3034	1.5371	2.1519	1.9668
8	4.59	1.1000	11.6831	9.7588	0.4075	0.8162	0.7619	1.9895
9	4.59	0.4500	11.7180	7.0107	0.5236	3.6571	0.1556	1.9315
10	4.65	1.1667	16.2421	9.4026	0.4467	4.3649	0.1769	2.1789
11	4.43	0.4333	10.3625	7.7905	0.6075	3.6529	0.6273	2.1558
12	5.02	0.6433	13.0920	6.3204	0.4808	0.8261	0.5197	2.0199
13	4.57	0.8533	13.6858	6.9380	0.6730	0.8243	0.5610	1.3040
14	4.91	1.9200	13.6217	8.5639	0.4491	2.3008	3.0930	2.1619
15	4.53	0.7700	15.4658	9.1711	0.5096	2.6886	0.0808	1.9807
16	4.61	0.8567	14.6469	9.4725	0.6415	3.6405	0.2058	2.0252
17	4.56	0.8400	15.3844	7.4386	0.4782	4.3663	0.3562	2.2042
18	4.97	0.6367	11.3799	6.8897	0.4471	0.8259	0.0836	1.9589
19	5.01	1.1233	11.6545	7.6993	0.4050	0.8249	0.9222	1.9721
Control	5.13	1.3100	16.5463	9.8274	0.6145	4.3276	0.6457	1.9673

Neighbor sites(plot 1-6), middle sites(plot 7-13), remote sites(plots 14-19) in industrial complex.

로 使用하였으며 化學的性質을 보면 Table 1과 같다. 工團周邊 調查區들의 土壤 pH가 4.39~5.02로서 對照區인 金井山の 土壤 pH 5.13 보다 낮았다. 이는 工團周邊의 山林土壤 全體가 酸性化되고 있음을 시사하고 있다. 有機物의 含量은 3, 9, 11 調查地에서 낮게 나타났으며, 磷酸의 含量은 工團으로 부터 가장 가까운 3 調查地에서 현저히 減少되었고, 置換性陽이온은 거의 모든 調查地에서 對照區 보다 낮게 나타나 全 調查地 모두 大氣汚染에 의한 土壤의 化學的性質의 變化를 알 수 있었다.

調查地는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 沙上工團地域에 隣接되어 大氣汚染의 影響이 있을 것으로 豫想되는 白陽山, 九德山, 高遠見山을 對象으로 工團에서 隣接된 地域의 6個 調查地(1-6調查地), 中間地域의 7個 調查地(7-13調查地), 比較的 먼 地域의 6個 調查地(14-19調查地, 對照區), 總 3個 地域으로 區分하여 海松의 樹齡, 密度等 立地條件이 비슷한 19個 調查地와 大氣汚染의 被害가 거의 없는 것으로 推定되는 金井山을 對照區로 하여 總 20個 調查地를 選定하였다.

植生構造에 있어서 各 調查地의 木本類는 上層과 中層, 下層으로 區分하여 被度, 頻度, 密度를 구하여 分析資料로 利用하였고, 草本類도 木本類와 같은 방법을 利用하였다. 調查時期는 1993年 6月~8月이었다.

2. 研究方法

1) 植生構造分析

(1) 木本類

各 調查地에 대한 植生調査를 實施하였으며, 調查方法은 方形區法(Quadrat method)으로서, 方形區의 크기는 上層과 中層에서는 10m×10m, 下層에서는 5m×5m로 하였으며, 方形區의 數는 各各 5 개씩 總 100個로 하였고, 各 層位別 區分은 樹高 6m 以上은 上層, 6~2m는 中層, 2m 以下는 下層으로 하였다.

植生構造를 分析하기 위하여 各 調查區마다 密度, 被度, 頻度を 調查하였으며, 被度は 上層과 中層은 胸高斷面積, 下層은 樹冠投影圖를 利用하여 算出하였다. 또한 重要值率(IP), 種多樣度指數, 最大種多樣度指數, 類似度指數, 均在度 等은 다음과 같이 구하였다(任慶彬 等, 1989).

重要值率(IP)=

$$\frac{(\text{相對密度} + \text{相對被度} + \text{相對頻度})/3,}{\text{Shannon-Wiener의 種多樣度指數}(H') = -(\sum ni/N) \times \text{Log}(ni/N),}$$

(ni는 i의 種數, N은 全體種의 密度)

最大種多樣度指數(H' max)=Log S

(S는 出現種數)

均在度(J)=H'/H' max.,

優占度=1-J'

類似度指數는 Morisita 指數(Im)를 利用하였다.

$$a_i = \frac{\sum x_k(x_k - 1)}{N_i(N_i - 1)}, a_j = \frac{\sum y_k(y_k - 1)}{N_j(N_j - 1)},$$

$$Im = \frac{2\sum x_k y_k}{(a_i + a_j)N_i N_j}$$

{x_k: 種 k의 個體數(群集 i), y_k: 種 k의 個體數(群集 j), N_i=∑x_k, N_j=∑y_{k}}}

(2) 草本類

草本類의 分析은 各 調查地別 方形區의 크기를 1m×1m로 하여 出現種數, 密度, 被度, 頻度 等を 測定하여 沼田의 方法에 의한 積算優占度를 아래의 식으로 구하여 實施하였고(沼田 眞, 1976), 方形區數는 20個 調查地에서 各各 5個씩 總 100個를 設定하였다.

積算優占度(SDR₃)=

$$\frac{\text{被度比數} + \text{頻度比數} + \text{密度比數}}{3}(\%)$$

種多樣度指數, 最大種多樣度指數, 均在度, 類似度指數 等の 調査는 木本類와 같은 方法으로 하였다.

III. 結果 및 考察

1. 植生構造分析

1) 木本類

工團 周邊 海松林의 各 調查地에 대한 植生構造의 變化를 알아보기 위하여 木本類에 대한 重要值率을 調査한 結果는 Table 2, 3에서 보는 바와 같이 各 調查地의 上層은 거의 海松이 優占하고 있었으며, 그 다음은 사방오리나무와 아까시나무가 全般的으로 出現되고 있었으나 그 重要值率은 낮게 나타나고 있었다. 中層에서는 上層

Table 2. Importance percentages of upper story in sample plots

Species name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	control	
<i>Pinus thunbergii</i>	74.07	100	87.12	72.87	66.03	100	63.37	71.19	74.74	65.60	65.78	94.08	68.12	93.92	75.23	93.83	79.57	91.23	100	79.45	
<i>P. densiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.83	
<i>Alnus firma</i>	-	-	-	23.70	12.91	-	-	15.29	10.34	24.51	20.60	5.92	22.54	-	6.58	6.17	20.43	8.77	-	-	
<i>A. hirsuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.88	
<i>Robinia pseudacacia</i>	-	-	12.88	-	17.53	-	-	7.90	10.41	9.89	9.73	-	3.90	-	11.51	-	-	-	-	4.45	
<i>Carpinus laxiflora</i>	-	-	-	-	-	-	4.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.69	
<i>Quercus acutissima</i>	3.47	-	-	-	-	-	11.74	5.63	-	-	3.89	-	5.44	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Q. mongolica</i>	-	-	-	-	-	-	9.30	-	-	-	-	-	-	-	3.64	-	-	-	-	-	
<i>Q. dentata</i>	3.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Q. variabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Q. aliena</i>	8.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.70	
<i>Castanea crenata</i>	-	-	-	-	-	-	2.35	-	-	-	-	-	-	6.08	-	-	-	-	-	-	
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	-	-	-	3.53	-	5.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Styrax japonica</i>	-	-	-	-	-	-	2.79	-	-	-	-	-	-	-	3.01	-	-	-	-	-	
<i>Lindera erythrocarpa</i>	4.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Albizia julibrissin</i>	6.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Faubienia coreana</i>	-	-	-	3.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	-	3.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Neighbor sites(plot 1-6), middle sites(plot 7-13), remote sites(plots 14-19) in industrial complex.

Table 3. Importance percentages of middle story in sample plots

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	control	
<i>Pinus thunbergii</i>	-	61.43	33.32	21.62	32.18	58.47	11.36	16.19	12.96	31.92	37.23	62.59	32.72	-	21.91	43.04	8.18	70.10	46.38	9.77	
<i>P. densiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.44	
<i>Alnus firma</i>	-	2.11	6.89	-	14.70	3.21	-	12.20	19.22	-	-	4.22	25.47	-	1.76	14.54	24.60	5.69	-	-	
<i>A. hirsuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.76	-	-	-	-	-	-	-	-	3.85	8.21	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-	4.63	33.93	13.27	7.06	30.12	35.83	-	23.72	15.20	14.27	4.83	8.98	-	3.96	-	-	-	-	-	
<i>Carpinus laxiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.76	-	2.59	-	-	-	
<i>Quercus acutissima</i>	-	4.59	-	-	-	-	-	13.59	-	-	-	2.17	-	8.49	1.76	-	2.36	2.64	12.13	12.57	
<i>Q. mongolica</i>	-	-	-	-	-	-	18.90	11.57	-	-	-	-	4.35	-	1.83	-	-	-	-	-	
<i>Q. aliena</i>	16.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.69	
<i>Q. serrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.96	-	2.91	-	-	-	-	-	
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	-	-	-	1.81	-	2.49	-	-	-	-	-	3.64	-	-	-	-	-	5.88	-	
<i>Styrax japonica</i>	4.71	3.53	-	3.69	-	-	11.80	26.56	15.96	4.78	-	2.89	-	-	30.02	8.16	-	-	-	40.75	
<i>Limnora erythrocarpa</i>	45.43	-	-	-	-	-	2.57	4.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>L. obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.70	-	-	-	-	-	-	
<i>Rhus trichocarpa</i>	3.27	5.68	-	21.36	13.10	-	14.72	15.43	16.34	10.56	21.27	7.04	12.16	32.69	20.69	10.56	15.92	-	21.52	21.30	
<i>R. sibirica</i>	-	6.85	21.05	26.97	18.74	8.21	-	-	7.91	13.86	24.73	3.94	-	-	2.78	5.54	21.32	9.43	-	-	
<i>R. chinensis</i>	-	-	-	-	-	-	2.33	-	-	7.32	-	-	2.53	-	5.03	1.93	5.99	-	-	-	
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>R. yedoense var. poukhanens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.76	-	-	-	-	-	
<i>Lespedeza bicolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.23	-	2.72	-	-	-	-	
<i>Juniperus rigida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.62	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Symplocos paniculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.31	-	-	-	-	-	-	
<i>Sapium japonicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Calli-carpa japonica</i>	-	1.75	-	3.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.12	-	-	-	-	-	-	
<i>Ligstrum obtusifolium</i>	3.01	-	-	-	-	-	-	-	-	1.64	-	-	-	2.12	-	-	-	-	-	-	
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	-	-	2.18	-	-	-	-	2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Eurya japonica</i>	-	1.78	-	6.28	6.16	-	-	-	3.92	-	2.50	7.63	3.26	-	-	11.03	9.89	5.68	-	-	
<i>Prunus sargentii</i>	-	5.94	4.82	-	4.08	-	-	-	-	1.76	-	-	1.93	7.12	3.83	2.48	5.87	-	5.88	9.48	
<i>Morus bombycis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.85	-	-	-	-	-	-	
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.44	-	-	-	-	-	-	
<i>P. davidiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.28	-	-	-	
<i>Diospyros kaki</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.07	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Smilax china</i>	6.28	1.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.36	-	-	-	-	-	-	
<i>Pueraria thunbergiana</i>	6.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.70	-	-	-	-	-	-	
<i>Cocculus trilobus</i>	11.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.05	-	-	-	-	-	-	
<i>Vitis coignetii</i>	3.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.97	-	-	-	-	-	-	
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.19	-	-	-	-	-	-	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Neighbor sites(plot 1-6), middle sites(plot 7-13), remote sites(plots 14-19) in industrial complex.

Table 4. Importance percentages of lower story in sample plots

Species	Plots	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	control	
<i>Pinus thunbergii</i>			0.67	8.68	3.35	0.81	3.89					2.62	2.47	3.53			1.65	0.85	5.02	0.90		
<i>Abies firma</i>				1.80			3.05							3.64			1.77					
<i>A. balsata</i>						10.20	25.88		8.62	11.27	6.58			7.76		2.31			4.63	1.27		
<i>Robinia pseudacacia</i>		1.26													3.44						1.44	
<i>Carpinus laxiflora</i>		1.14							2.93					2.31							4.65	
<i>Quercus acutissima</i>		8.26					4.60	3.10	5.56		2.83	1.83		3.06		2.66				10.78		
<i>Q. mongolica</i>		6.75						13.89	1.96			3.07		1.03				3.88		7.88		
<i>Q. dentata</i>									1.93													
<i>Q. variabilis</i>																						
<i>Q. aliena</i>																						
<i>Q. serrata</i>		6.43	3.65	1.64	5.21	3.47	5.61	1.48	12.19	7.89	9.82	8.66	6.21	5.91		11.38	11.06	14.77	0.89	3.04	17.65	
<i>Castanea crenata</i>			1.71			7.90						3.61	1.38			0.68						
<i>Platanus strobilacea</i>														2.58								
<i>Syrax japonica</i>		3.75	2.56	3.14	1.44		0.90	5.38		13.91	4.15	1.45		1.03		10.28	6.37	0.80		5.97	7.17	
<i>Lindera erythrorarpa</i>		13.66	0.69					11.81	14.97							0.72				0.90		
<i>L. glauca</i>																						
<i>Phus trichocarpa</i>		3.76	8.95	6.04	17.99	0.94	13.04	25.51	1.90	7.68	0.92	18.00	3.70	16.70		13.94	18.05	16.48	18.82	13.38	12.84	
<i>R. sylvensis</i>		18.90	9.30	25.83		12.85			7.40	7.40	5.76	14.05	15.52		3.08	6.32	0.85	3.39	1.64	1.32		
<i>R. chinensis</i>																						
<i>Rhododendron mucronulatum</i>																						
<i>R. schlippenbachii</i>																						
<i>R. yedoense var. poukhanense</i>																						
<i>Lespedeza bicolor</i>																						
<i>L. maximowiczii</i>																						
<i>Indigofera kirilowii</i>																						
<i>Rubus crataegifolius</i>																						
<i>R. oldhamii</i>																						
<i>R. parvifolius</i>																						
<i>Rosa maximowiczii</i>																						
<i>R. multiflora</i>		1.21	1.88	1.50		2.92	0.99		2.75	2.04	2.04	1.40		7.05		1.17	0.89	0.83	0.91	1.47		
<i>Analis elata</i>		10.64	2.91		1.35			2.33		1.24						0.68		0.93	0.90	0.96	1.00	
<i>Juniperus rigida</i>			0.71	3.07		1.71			2.96	6.95		1.08										
<i>Sapindus japonicus</i>																						
<i>Sabium japonicum</i>																						
<i>Securinega suffruticosa</i>																						
<i>Carpinus coreana</i>			0.79					15.16														
<i>Callistrica japonica</i>								2.87		1.27			2.91	1.25								
<i>Ligustrum obtusifolium</i>		0.65						2.86	3.84													
<i>Zanthoxylum schimifolium</i>		1.70						1.86		4.71	3.82	5.31	2.41	3.56		9.77	1.62	1.80	1.36	0.95		
<i>Eurya japonica</i>								2.82		0.91	0.91	4.49	15.69	2.25		2.05	3.30	3.25	2.87	1.18		
<i>Prunus sargentii</i>								1.76	6.54	11.2	2.27					1.69	1.05	0.83	1.02			
<i>Morus bombycis</i>																						
<i>Elaeagnus umbellata</i>																						
<i>Stephanandra incisa</i>																						
<i>Albizia julibrissin</i>																						
<i>Evonymus japonica</i>																						
<i>E. alatus for. ciliato-dentatus</i>																						
<i>Viburnum erosum</i>																						
<i>Boehmeria spicata</i>		2.39	0.67										1.28									
<i>Clerodendron tricholomum</i>																						
<i>Clematis aptifolia</i>																						
<i>Prunus mume</i>																						
<i>P. davidiana</i>																						
<i>Ligustrum japonicum</i>																						
<i>D. lotus</i>																						
<i>D. sieboldii</i>																						
<i>Smilax china</i>		6.00	8.45	3.15		1.67	6.80		5.48	3.23		0.90	9.81	1.15		4.50	6.16	1.81	5.32	2.09	4.51	
<i>Pueraris thaberiana</i>		1.12				7.02	3.42		0.98			2.04	2.88	8.05	2.93		0.81	3.28	3.07	3.07		
<i>Cocculus trilobus</i>		1.15																				
<i>Vitis coignetii</i>																						
<i>V. thunbergii var. sinuata</i>																						
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>																						
<i>Celastrus orbiculatus</i>																						
<i>Lonicera japonica</i>																						
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Neighbor sites(plot 1-6), middle sites(plot 7-13), remote sites(plots 14-19) in industrial complex.

에서와 같이 海松이 優占하고 있었으며, 그 외 아까시나무, 개울나무, 산검양울나무, 패죽나무 등이 全般的으로 出現되고 있었다. 이들은 海松에 比하여 重要值率은 낮은 傾向이었다.

溫山工團 周邊의 海松林에 있어서 工團 周邊의 上層에서는 아까시나무와 사방오리나무의 相對優占值가 높았다고 報告한 바 있는데(金鍾甲, 1992), 本 調査地에서도 工團에 隣接된 調査地의 上層에서 사방오리나무와 아까시나무가 出現되고 있고, 같은 地域 海松의 汚染度調査에서 工團周邊의 葉被害가 심하고 葉內 水溶性硫黃의 含量이 높게 나타나는 등 海松의 樹勢가 약해지고 있으므로(金点秀와 李康寧, 1994) 繼續的인 大氣汚染으로 因하여 海松이 점점 줄어들 경우 이들 樹種이 上層을 優占할 可能性이 있을 것으로 推測된다.

下層에 있어서는 Table 4에서 보는 바와 같이 海松은 一部 調査地에서만 出現되고 있었으며, 出現된 調査地의 重要值率도 上層과 中層에 比하여 매우 낮은 傾向이었다. 아까시나무, 졸참나무, 개울나무, 산철쭉 등이 全般的으로 出現되고 있었는데, 이들은 海松의 重要值率보다 높은 값이었다. 特別히, 아까시나무는 工團周邊에서 重要

值率이 比較的 높게 나타났으며, 진달래는 工團에서 먼 곳에서 높게 나타났다.

蔚山工團 周邊에서 調査한 結果에 의하면 海松, 산철쭉, 개울나무, 산딸기, 두릅나무, 노린재나무, 청미래덩굴 등은 耐性이 강하다고 하였으며(金在鳳 등, 1982), 또한 汚染에 강한 樹種은 해송, 청미래덩굴, 사스레피나무, 쯤 등이었다고 하였는데(朴在柱 등, 1983), 本 調査地에서도 大氣汚染에 대한 耐性이 강한 樹種은 各 調査地에서 全般的으로 出現되었으며 重要值率도 또한 높게 나타났다. 반면 耐性이 약한 樹種은 工團에서 먼 곳에서 重要值率이 높게 나타나는 등 大氣汚染으로 인한 被害徵候가 나타나고 있었다.

各 調査地의 大氣汚染에 의한 植生構造 變化를 調査하기 위하여 層位別 種數, 種多樣度指數, 均在度 등을 調査한 結果 Table 5와 같이 全 調査地의 種數는 15~32種으로 나타나고 있으며, 工團 周邊의 3, 7, 8調査地에서는 20種 미만으로 나타났다. 種多樣度指數는 3, 6, 7, 12 調査區에서는 다른 調査區에 비해 2 以下로 낮게 나타나 種의 構成狀態가 불안정한 것으로 추정되며, 나머지 調査區에서는 種多樣도가 비교적 높았다.

Table 5. Species diversity of woody plants in sample plots

Plots	No. of species			Species diversity(H')			Maximum H'(H' max)			Evenness (J')			Dominance (1-J')		
	Mid	Low	Total	Mid	Low	Total	Mid	Low	Total	Mid	Low	Total	Mid	Low	Total
1	9	19	25	1.6765	2.3701	2.4678	2.1973	2.9442	3.2192	0.7630	0.8050	0.7666	0.2370	0.1950	0.2334
2	11	29	32	1.2539	2.7711	2.1463	2.3980	3.3671	3.4657	0.5229	0.8230	0.6193	0.4771	0.1770	0.3807
3	5	13	15	1.3230	1.9149	1.8752	1.6095	2.5648	2.7079	0.8220	0.7466	0.6925	0.1780	0.2534	0.3075
4	8	24	28	1.7497	2.6194	2.2958	2.0793	3.1781	3.3321	0.8415	0.8242	0.6890	0.1585	0.1758	0.3110
5	9	21	22	1.7673	2.4633	2.2640	2.1973	3.0445	3.0912	0.8043	0.8091	0.7324	0.1957	0.1909	0.2676
6	4	20	21	0.9659	2.3725	1.9601	1.3862	2.9960	3.0446	0.6968	0.7919	0.6438	0.3032	0.2081	0.3562
7	8	16	19	1.3670	2.0553	1.9924	2.0794	2.7726	2.9443	0.6574	0.7413	0.6767	0.3426	0.2587	0.3233
8	7	15	17	1.8361	2.3021	2.3116	1.9459	2.7080	2.8332	0.9436	0.8501	0.8159	0.0564	0.1499	0.1841
9	7	20	22	1.7645	2.6465	2.3531	1.9459	2.9958	3.2283	0.9068	0.8834	0.7289	0.0932	0.1166	0.2711
10	11	22	26	2.0514	2.6062	2.4311	2.3979	3.0908	3.2580	0.8555	0.8432	0.7462	0.1445	0.1568	0.2538
11	5	21	23	1.3947	2.4374	2.1659	1.6094	3.0445	3.1354	0.8666	0.8006	0.6908	0.1334	0.1994	0.3092
12	10	20	24	1.1840	2.3404	1.8815	2.3026	2.9959	3.1782	0.5142	0.7812	0.5920	0.4858	0.2188	0.4080
13	10	22	23	1.8054	2.6291	2.4957	2.3025	3.0909	3.1353	0.7841	0.8506	0.7960	0.2159	0.1494	0.2040
14	16	19	29	2.0501	2.6131	2.2155	2.7727	2.9443	3.3675	0.7394	0.8875	0.6579	0.2606	0.1125	0.3421
15	13	22	27	1.8197	2.5333	2.2956	2.5648	3.0909	3.2959	0.7095	0.8196	0.6965	0.2905	0.1804	0.3035
16	9	22	22	1.7074	2.4234	2.1522	2.1971	3.0911	3.0909	0.7771	0.7840	0.6963	0.2229	0.2160	0.3037
17	10	25	29	1.9822	2.6895	2.4805	2.3025	3.2190	3.3675	0.8609	0.8355	0.7366	0.1391	0.1645	0.2634
18	8	21	24	0.8582	2.4349	2.1989	2.0795	3.0444	3.1781	0.4127	0.7998	0.6919	0.5873	0.2002	0.3081
19	6	30	31	1.6052	2.8957	2.3526	1.7917	3.4011	3.4340	0.8959	0.8514	0.6851	0.1041	0.1486	0.3149
Control	7	19	23	1.4641	2.2455	2.2742	1.9459	2.9445	3.1355	0.7524	0.7626	0.7253	0.2476	0.2374	0.2747

Note; Mid : Middle story, Low : Lower story.

Neighbor sites(plot 1-6), middle sites(plot 7-13), remote sites(plots 14-19) in industrial complex.

本 調查地域은 거리에 따라 3段階로 區分하여 調查하였으나 海松의 汚染度 資料에 의하여 cluster 分析 결과 크게 3개의 group으로 區分되어(金点秀와 李康寧, 1994) 距離에 따른 區分과는 약간의 차이가 나타났다. 이는 地形的인 條件과 바람等 氣候的인 影響에 의한 것으로 看做된다.

山林群集을 層位別로 區分하여 大氣汚染의 影響을 調查한 結果, 汚染이 심할수록 上層은 優占種의 密度와 種多樣度가 減少하는 반면, 中, 下層은 種多樣度가 增加하여 變化된다고 하였다(McClenahan, 1978). 또한 麗川工團地域에서 汚染源으로 부터 멀어질수록 種數와 種多樣度, 均在度 등이 增加되고(金俊選과 李景宰, 1985), 大氣汚染物質은 山林生態系의 構造的 複雜性, 物質生産, 種多樣性 등을 減少시킨다고 하였으며(Kozłowski와 Constantinidou, 1986), 溫山工團周邊 海松林에서 工團에 가까운 곳에서 種數가 減少되었고 群集構造도 單純化되었다고 하였는데(金鍾甲, 1992), 本 調查地에 있어서 調查地間 種數와 種多樣度 등의 差異는 몇 調查區를 제외하고는 크게 나타나지 않고 있어 木本類에서는 大氣汚染으로 인한 種 構成狀態의 變化는 아직 심각한 狀態는 아니라고 생각된다.

調查地間의 種構成을 分析하기 위하여 類似度指數를 求한 結果 Table 6에서 보는 바와 같이 無被害地인 對照區와 工團 隣接 調查地間의 類似度指數는 66.8~96.2%의 範圍로서 平均値는 80.4%의 값을 나타내었으며, 그外 調查地 相互間에 있어서는 대체로 70% 以上の 값을 나타내고 있었으므로 本 調查地의 木本類에서는 大氣汚染에 의한 海松의 汚染度 調查에서는 차이를 區分할 수 있으나(金点秀와 李康寧, 1994) 種의 構成狀態에는 變化를 주지 못하고 있었다.

同一群集에서 數個의 調查區를 設置하여 類似度指數를 구하였을 때 各 調查地間에서는 大體의 으로 85~95%의 값을 나타내는 것이 一般的인 傾向이며, 慢性的인 大氣汚染에 의하여 被害를 받고 있는 Ohio river valley에서 汚染源의 가까이에서는 木本植物의 種多樣度, 均在度 등이 減少하고, 大氣汚染의 增加에 따라 類似度指數도 減少된다고 하였는데(McClenahan, 1978), 이러한 觀點에서 보면 本 調查地의 各 調查地間에는 種의 構成狀態가 類似하여 木本類에 있어서 大氣汚染에 의한 種 構成의 變化에는 큰 影響을 미치지 못하고 있었다.

지 못하고 있었다.

2) 草本類

群落을 構成하는 種과 優劣의 比率을 綜合的으로 나타내는 優占度에 대하여 本 調查地의 草本類에서 積算優占度를 算出한 結果 Table 7에서 보는 바와 같이 主種조개풀은 6 調查地와 對照區를 除外한 全 調查地에서 出現되었고 積算優占度の 값도 매우 높게 나타나, 이 地域의 草本層에는 主種조개풀이 優占되고 있었는데, 이러한 結果를 보아 主種조개풀은 大氣汚染에 대한 耐性이 강한 것으로 分析된다. 참억새, 실새풀, 계요등, 기름새, 산겨울 등도 全般的으로 고르게 나타나고 있어 이들은 大氣汚染에 대한 耐性이 강하고, 도독늪의 갈고리, 거북꼬리, 맥문동, 여우구슬, 밀나물, 참취, 분취, 미역취, 꿀풀 등은 工團 隣近의 調查地에서는 거의 出現되지 않았고 對照區와 工團에서 比較的 먼 調查地에서 많이 出現되고 있어 이들은 耐性이 약한 것으로 思料된다.

溫山工團 周邊 海松林의 調查에서 참억새, 개솔새, 실새풀 등의 積算優占度값이 높았다고 하였으며, 참취, 꿀풀 등은 工團 周邊에서 出現되지 않았다고 한 結果(金鍾甲, 1992)와 比較하면 本 調查地에서도 類似한 傾向을 나타내고 있었다.

各 調查地에서 어떤 種이 어느 정도의 數比로 構成되어 있는가를 分析하기 위하여 草本類의 種多樣度指數를 調查한 結果 Table 8에서 보는 바와 같이 草本類의 種數는 對照區와 工團에서 比較的 먼 19 調查地에서 20種이 出現되었으며, 工團 隣近 地域인 1, 3, 9 調查地에서 5~7種이 出現되어 이는 對照區에 비하여 顯著히 減少되었다. 種多樣度指數는 對照區와 工團에서 比較的 먼 調查地에서 工團에 隣接된 地域에 비하여 높게 나타내었다. 이와같이 草本層에 있어서 出現하는 草本類의 種數와 種多樣度指數는 工團의 大氣汚染에 의하여 敏感하게 變化되고 있음을 알 수 있었다.

慢性的 大氣汚染物質에 의하여 被害를 받은 Ohio river valley에서 汚染源 隣近에서는 草本植物의 種多樣度, 均在度 등이 減少한다고 報告하였고(McClenahan, 1978), 麗川工團 周邊 海松林(金暎傑 등, 1989)과 溫山工團 周邊 海松林에서 大氣汚染物質에 의하여 工團 周邊에서는 草本類의 種數와 種多樣度가 減少되었다고 한 結果(金鍾甲, 1992)와 比較하면 本 調查地에서도 類

Table 6. Similarity indices of woody plants in sample plots

Plots	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	control
1	0.7527	0.5653	0.8003	0.7799	0.7061	0.8198	0.8465	0.7087	0.7935	0.7765	0.6956	0.7653	0.8361	0.8228	0.8179	0.8660	0.8004	0.8387	0.7898
2		0.7500	0.9275	0.9097	0.9082	0.7587	0.8229	0.9414	0.8337	0.8887	0.9632	0.7564	0.9092	0.9063	0.9583	0.8540	0.9296	0.9419	0.8537
3			0.8203	0.8864	0.8190	0.5505	0.6903	0.8134	0.7906	0.8934	0.7449	0.6695	0.6494	0.7305	0.7179	0.5980	0.7497	0.7136	0.6675
4				0.9895	0.9554	0.4091	0.9077	0.9794	0.9587	0.9957	0.9110	0.8930	0.9435	0.9352	0.9582	0.8513	0.9439	0.9551	0.8642
5					0.9209	0.7784	0.9034	0.9607	0.9599	0.8152	0.8811	0.8913	0.8919	0.9314	0.9379	0.8308	0.9461	0.9146	0.8444
6						0.7316	0.8408	0.9561	0.8579	0.9186	0.8760	0.8011	0.8586	0.8613	0.8820	0.7801	0.8869	0.8903	0.8009
7							0.8511	0.7767	0.8047	0.7931	0.7293	0.7488	0.8870	0.8418	0.8185	0.7711	0.7909	0.8690	0.8116
8								0.8921	0.9501	0.9093	0.7492	0.9156	0.8817	0.9667	0.9088	0.8594	0.8940	0.8761	0.9117
9									0.9079	0.9462	0.9310	0.8234	0.8871	0.9409	0.9561	0.8395	0.9242	0.9220	0.8796
10										0.9740	0.7924	0.9201	0.8812	0.9408	0.9100	0.8127	0.9075	0.8826	0.8780
11											0.8647	0.8975	0.9036	0.9239	0.9169	0.8153	0.9265	0.9148	0.8336
12												0.6895	0.8824	0.8600	0.9383	0.8095	0.8820	0.9265	0.8037
13													0.8124	0.8608	0.8568	0.7685	0.8690	0.8010	0.8240
14														0.9201	0.9438	0.8504	0.9183	0.9709	0.8744
15															0.9734	0.8482	0.9434	0.9189	0.9617
16																0.8692	0.9681	0.9512	0.9342
17																	0.8461	0.8798	0.7811
18																		0.9245	0.8983
19																			0.8699

Neighbor sites(plot 1-6), middle sites(plot 7-13), remote sites(plots 14-19) in industrial complex.

Table 8. Values of species diversity of herbs in the sample plots

Plots	No. of species	Species diversity (H')	Maximum H' (H' max)	Evenness (J')	Dominance (1 - J')
1	7	1.5695	1.94582	0.8066	0.1934
2	10	2.0548	2.30255	0.8924	0.1076
3	7	1.5523	1.94597	0.7977	0.2023
4	12	1.3179	2.48473	0.5304	0.4696
5	9	1.6299	2.19722	0.7418	0.2582
6	14	2.4178	2.63894	0.9162	0.0838
7	10	1.7271	2.30249	0.7501	0.2499
8	8	1.7941	2.07939	0.8628	0.1372
9	5	0.4708	1.60957	0.2925	0.7075
10	12	1.5984	2.48507	0.6432	0.3568
11	9	1.2453	2.19707	0.5668	0.4332
12	12	2.0365	2.48505	0.8195	0.1805
13	12	2.1969	2.48490	0.8841	0.1159
14	10	1.9166	2.30250	0.8324	0.1676
15	9	0.9173	2.19713	0.4175	0.5825
16	11	1.1080	2.39775	0.4621	0.5379
17	10	1.9771	2.30270	0.8586	0.1414
18	13	1.9865	2.56488	0.7745	0.2255
19	20	2.6730	2.99563	0.8923	0.1077
Control	20	2.3211	2.99574	0.7748	0.2252

Neighbor sites(plot 1-6), middle sites(plot 7-13), remote sites(plots 14-19) in industrial complex.

似的 傾向을 나타내고 있었다.

各 調査地 間에 種構成의 類似性을 分析하기 위하여 草本類에 대한 類似度指數를 調査한 結果 Table 9에서 보는 바와 같이 草本類의 類似度指數는 對照區와 工團周邊 調査地間에는 아주 낮은 값을 나타내어 共通種이 적게 보였으며, 또한 工團周邊의 調査地 相互間에서는 類似度指數가 높게 나타나 種의 構成狀態가 類似한 傾向임을 알 수 있었다. 이러한 結果는 種多樣度指數의 境遇와 같이 大氣汚染에 의한 種의 變化가 있는 것으로 推定된다.

以上 本 調査地의 海松林에서 植生構造를 分析한 結果를 綜合하면 木本類에서는 種數 및 種多樣度の 差異는 調査地間에는 아직 나타나지 않고 있으며, 草本類에서는 工團에서 隣接된 地域에서 種數가 크게 減少되었으며, 또한 對照區와도 많은 差異가 나타나고 있었고, 種多樣度에서도 差異를 나타내고 있어 種 構成狀態의 變化가 일어나고 있음을 알 수 있었다. 또한 大氣汚染에 耐性이 강한 種의 個體數는 많았고, 耐性이 弱한 種의 個體數는 줄어드는 등 草本類의 植生構造에 變化가 일어나고 있어 머지않아 木本類에서도 影響을 미칠 것으로 推測된다.

本 調査地인 沙上工團 周邊 海松林은 大氣汚染에 의한 山林生態系의 影響段階와 反應에서 보면 (Smith, 1981) 第 2段階의 初期水準, 즉 樹木의 繁殖類型이 制限을 받거나 養料의 循環이 바뀌며, 大氣汚染에 敏感한 種의 競爭力을 弱화시키는 段階라고 判斷된다.

따라서 本 調査地의 海松林은 沙上工團의 大氣汚染物質에 의한 被害를 받고 있으며, 앞으로 繼續적으로 慢性的인 被害에 의하여 海松林의 群落構造의 變化와 아울러 山林으로서의 機能이 약해질 우려가 있을 것으로 判斷되어 長期的인 對策 樹立이 있어야 할 것으로 思料된다.

引用 文 獻

1. 姜寅求 外 12人. 1991. 大氣汚染과 酸性비에 의한 被害調査 및 評價에 關한 研究(I-3) - 大氣汚染度 및 酸性비 現況을 中心으로-. 國立環境研究院報 13: 167-191.
2. 金暎傑·吳宗煥·蔡智錫. 1989. 大氣汚染이 溫山工團地域 海松의 活력에 미치는 影響에 關한 研究. 林研報 38: 124-132.
3. 金在鳳 外 10人. 1988. 汚染地域 生態系의

Table 9. Similarity indices of herbs in the sample plots

Plots	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	control
1	0.5807	0.8708	0.8203	0.8051	0.2784	0.8646	0.6045	0.6754	0.8007	0.7265	0.7837	0.2930	0.7209	0.9735	0.7287	0.6116	0.0368	0.5249	0.0292
2		0.7115	0.4625	0.6990	0.7471	0.3807	0.7025	0.3579	0.5185	0.4275	0.8485	0.5353	0.4219	0.4115	0.4346	0.7402	0.7356	0.7463	0.2133
3			0.8761	0.8815	0.3110	0.5979	0.8152	0.7662	0.8903	0.8363	0.8185	0.3578	0.7328	0.8060	0.8438	0.7162	0.1812	0.5912	0.0736
4				0.8822	0.0794	0.5954	0.7673	0.9253	0.9706	0.9517	0.5963	0.1865	0.7490	0.9529	0.9527	0.6808	0.0416	0.4922	0.0088
5					0.2359	0.6197	0.9278	0.7888	0.9198	0.8488	0.6781	0.2398	0.7873	0.8686	0.8487	0.8093	0.2324	0.7323	0.1816
6						0.0881	0.3772	0.0235	0.0774	0.0406	0.5480	0.6379	0.0353	0.0334	0.0739	0.3424	0.6259	0.4357	0.2489
7							0.5769	0.5342	0.6216	0.5803	0.4238	0.1172	0.6531	0.5725	0.5731	0.4767	0.0721	0.4822	0.0214
8								0.6336	0.8001	0.7164	0.7139	0.2694	0.7068	0.7128	0.7172	0.7805	0.2523	0.8001	0.1421
9									0.8914	0.8925	0.4412	0.1174	0.6506	0.9901	0.9712	0.5264	0.0333	0.3978	0.0012
10										0.9836	0.6253	0.1920	0.8186	0.9399	0.9383	0.7736	0.1275	0.5593	0.0212
11											0.5056	0.1356	0.7378	0.9364	0.9179	0.7898	0.0604	0.4926	0.0113
12												0.4767	0.5173	0.4729	0.5117	0.6034	0.3011	0.5008	0.0870
13													0.1478	0.0812	0.2053	0.3002	0.5777	0.3884	0.8082
14														0.7075	0.7114	0.6089	0.0992	0.6364	0.0184
15															0.9878	0.6003	0.0733	0.4672	0.0229
16																0.6092	0.1115	0.4706	0.0352
17																	0.3887	0.7136	0.1584
18																		0.4682	0.2511
19																			0.3218

Neighbor sites(plot 1-6), middle sites(plot 7-13), remote sites(plots 14-19) in industrial complex.

- 變化에 關한 研究(1) - 麗川工團 周邊地域의 植生을 中心으로 -, 國立環境研究院報 10: 89-110.
4. _____ 外 4人. 1982. 四個工團周邊地域의 숲中 硫黃 및 불소 含量에 關한 研究. 國立環境研究所報 3: 255-270.
 5. 金点秀·李康寧. 1994. 沙上工團 周邊의 大氣汚染이 海松林에 미치는 影響. 韓國林學會誌 83(4): 486-497.
 6. 金鍾甲. 1992. 溫山工團周邊의 大氣汚染이 森林植生에 미치는 影響. 慶尙大學校博士學位論文. 108pp.
 7. 金俊選. 1992. 大氣汚染物質이 麗川工團周邊 海松의 養料動態와 群落構造에 미치는 影響. 서울大學校 大學院 博士學位論文. 101pp.
 8. _____ · 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 關한 研究. 韓國林學會誌 58: 60-69.
 9. _____ · 李景宰. 1985. 麗川 工業團地의 大氣汚染이 곰솔에 미치는 影響. 韓國大氣保全學會誌 1: 25-32.
 10. 氣象廳. 1991. 韓國氣候表 2卷 一月別平年값 (1961-1990)-. 氣象廳 서울: 418pp.
 11. 朴在柱 外 7人. 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 대한 調查研究. 國立環境研究所: 1-53.
 12. 任慶彬 外 23人. 1989. 新稿 造林學原論. 鄉文社 서울. 491pp.
 13. 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 關한 研究 (I). - 溫山工團 周邊地域의 植生을 中心으로 -. 國立環境研究院報 11: 185-206.
 14. 環境處. 1991. 環境統計年鑑. 環境處 서울: 350pp.
 15. 沼田 眞. 1976. 植物生態의 觀察と研究. 東海大學出版會 東京: 275pp.
 16. Hogan, G.D. and D.L. Wotton. 1984. Pollutant distribution and effects in forests adjacent to smelters. *J. Environ. Qual.* 13(3): 377-381.
 17. Kozlowski, T.T. and H.A. Constantinidou. 1986. Responses of woody plants to environmental pollution. *Forestry abstracts* 47: 5-51.
 18. McClenahan, J.R. 1978. Community changes in a deciduous forest exposed to air pollution. *Can. J. For. Res.* 8: 432-438.
 19. Schroeder, P and A.R. Kiestler. 1989. The forest response program: National research on forest decline and air pollution. *J. of Forestry*: 27-32.
 20. Smith W.H. 1981. *Air Pollution and Forests*. Springer-Verlag New York Inc. New York: 379pp.
 21. Woodwell, G.M. 1970. Effects of pollution on the structure and physiology of ecosystems: Changes in natural ecosystems caused by many different types of disturbances are similar and predictable. *Science* 168: 429-433.