

溫山工團 周邊 海松林의 草本植生에 關한 調查

金 鍾 甲

慶尙大學校 林學科

Study on Herbs Vegetation in the Vicinity of Onsan Industrial Complex

Kim, Jong-Gab

Department of Forestry, Gyeongsang Natl' University

ABSTRACT

In order to estimate effects of air pollution for herbs in the *Pinus thunbergii* forests surrounding Onsan industrial complex, this study was surveyed.

Number of species of herbs also had a difference over 10 species by distance at the source of air pollution, and species diversity and evenness were also increasing at remote sites in industrial complex as woody plants.

At the vicinity of industrial complex, SDR₄ of *Calamagrostis arundinacea*, *Miscanthus sinensis* and *Cymbopogon tortilis* var. *goeringii* were very high, and those of lianas as *Cocculus trilobus*, *Lonicera japonica* and *Paederia scandens*, and *Phytolacca americana* were low, but because of being higher than other sites, it was able to be inferred that lianas had a tolerance to air pollution.

The composition of biological spectra of herbs showed to type of H-D₁-R_{2,3}-l at near site in the source of air pollution and H-D₁-R_{1,3}-t at the other sites, and the proportion of liane forms were relatively high at the vicinity of industrial complex.

緒 論

森林에서의 草本植生은 大氣汚染의 直接的인 被害보다는 土壤汚染으로 인한 間接的인 被害現象이 더 클 것으로 豫想되며 이는 앞으로 土壤의 酸性化로 더욱 加速化할 것으로 豫想된다. 특히 최근 大氣汚染이 심한 都市周邊이나 工團周邊에서는 草本植生이 매우 單純해지고 있음을 알 수 있다.

環境研究院(1987)에서 여천工團周邊의 探問調查 결과 汚染이 심한 地域에서의 草本類는 미국 자리공, 머느리배꼽, 환삼덩굴이 증가하였다고 報告한 바 있으며 Natori와 Totsuka(1984)는 SO₂에 汚染된 地域에서는 植物生長이 억제되어지며 樹種의 構成狀態를 변경시킬 수 있다고 하였다.

또한 Abe(1982)는 銅鑛山地域에서 草本植生과 土壤因子와의 관계를 調査한 바 참억새와 뽕고사리의 종에서는 중수와 피도, 평균개체수와 土壤 pH간에는 正의 相關을 나타내었으며 구리농도와 중수와는 負의 相關을 나타내었다고 報告한 바 있다. 한편 戶塚과 門司(1977)은 汚染源에서 가까운수록 참억새와 뽕고사리는 葉中 수용성황 함량이 많아 大氣汚染에 耐性이 있었다고 報告한 바 있다.

따라서 본 調査는 계속 규모가 증가되어지고 있는 溫山工團 周邊의 大氣汚染상태가 더욱 증가할 것으로 思料되며 아울러 植生에도 많은 영향을 미칠 것으로 생각되어 거의 調査가 전무한 工團周邊 森林地域에서의 草本의 種構成狀態 및 生活型을 調査하여 大氣汚染地域에서의 草本의 耐性種과 指標種을 찾고자 하였다.

材料 및 方法

1. 調査地 概況

調査地는 金(1992)의 調査地와 同一하며 同調査地의 調査區에서 草本을 調査하였다.

2. 草本類의 分析

草本類의 分析은 11個調査地에서 各 調査地別 小調査區를 10個씩으로 한 總 110個(11調査地 × 10調査區)의 調査區로 設定하였고, 各 調査區는 1m × 1m의 크기로 하여 出現種, 密度, 被度, 頻度, 植物高等을 求하였으며 이를 基礎로 草本의 優占度를 調査하기 爲해 積算優占度 $SDR_i = D' + F' + C' + H'/4(\%)$ (沼田, 1978; 生態學實習懇談會, 1967)와 木本類와 마찬가지로 Sørensen의 類似度指數를 求하였다.

한편 汚染地내의 草本의 生活型 造成은 Raunkiaer(1934)와 沼田(1978)의 方法으로 休眠形, 散布器管形, 繁殖形 및 生育形으로 區分하여 分析하였다.

結果 및 考察

1. 草本類의 種多様性 變化

調査地別 草本의 積算優占度(SDR_i)값을 求한 結果는 Table 1과 같다.

工團周邊의 海松林에서 出現된 總數는 23科 50種으로서 工團인근 海松林에서는 單子葉植物인 참억새, 개솔새, 실새풀 등의 SDR_i 값이 높은 편이었다. 그리고 털대사초, 맑은대쭉, 삼쭉, 썸바귀, 노루발 등은 汚染源에서 먼 地域이 높은 값을 나타내었고 미국자리공, 쥐손이풀은 工團隣近地域인 5, 8, 9調査地에서만 나타났으며, 개머루도 6과 9調査地에서만 20%이상의 높은 값을 나타내었다.

또한 냉대이덩굴, 계요등 및 인동덩굴 등의 덩굴類는 汚染이 甚한 地域이 輕微한 地域보다 SDR_i 값이 높아 大氣汚染에 耐性이 強한 것으로 생각되어지나, 本 調査에서는 上層의 海松林이 大氣汚染을 輕減시켜줄 傾向이 크므로 이에 對한 判斷은 앞으로 더 究明되어야 할 것으로 본다.

한편 大氣汚染이 輕微한 調査地에서 出現한 種은 참취, 구절초, 영경귀, 꿀풀, 물레나물, 비비추 등으로 이러한 種은 汚染地域에서는 전혀 出現치 않았으며 기름새는 全調査地에서 고른 값을 나타내었다.

Table 1. Values of SDR₄ of herbs by species in the investigated sites

Species \ Site	2	5	8	9	1	6	7	3	4	10	11
<i>Osamunda japonica</i>	22.75	38.00									
<i>Polystichum tripterum</i>					10.75						
<i>Dryopteris austriaca</i>				46.00	32.75	62.50	9.28	21.00	23.50		27.25
<i>D. saxifraga</i>									35.00		
<i>Athyrium yokoscense</i>	25.00	23.00		66.25		18.00		18.00	20.50	24.50	
<i>Calamagrostis epigeios</i>							35.30				
<i>C. arundinacea</i>	33.75	29.25	34.25	9.25	31.00	29.75	39.60	43.75	32.50	27.25	18.50
<i>Festuca ovina</i>	33.25	18.75		73.75	60.25	26.25	33.58	60.00	61.25	73.75	22.75
<i>Carex humilis</i>				9.00		12.25	9.55		12.75	14.25	27.00
<i>C. ciliato-marginata</i>				10.25	27.25			33.50		71.50	65.50
<i>Oplismenus undulatifolius</i>		80.00		52.25	75.25	23.50	5.28	28.50	67.00		
<i>Miscanthus sinensis</i>	100.00	52.00	92.75	77.25	97.00	100.00	96.00	57.50	52.50	56.50	85.75
<i>Arundinella hirta</i>			32.53		28.25	24.50	30.80	50.75	28.25	18.25	24.50
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	40.75	34.00	29.25		11.00	27.25	8.78	34.75	30.00	37.50	29.25
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>	24.50		30.00	26.25	34.75	21.25	16.05	40.50		38.00	33.25
<i>Commelina communis</i>		25.50		21.75	9.50					20.00	
<i>Hosta longipes</i>								12.50	11.75	13.25	34.25
<i>Liriope platyphylla</i>								10.25		10.00	
<i>Asparagus cochinchinensis</i>			17.75								
<i>Persicaria perfoliata</i>	7.25				11.00					11.75	
<i>P. thunbergii</i>				19.00			13.50				
<i>Phytolacca americana</i>			32.25				13.75				
<i>Cocculus trilobus</i>	23.75	30.50	24.75	13.25	16.00	23.75	12.08			24.75	
<i>Potentilla fragarioides</i>				6.25					24.25		9.25
<i>P. freyniana</i>					8.75			9.75		10.25	9.75
<i>Sanguisorba officinalis</i>	21.25			8.75	8.25					22.25	20.75
<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i>									30.50		
<i>Pueraria thunbergiana</i>			11.25					15.00		13.25	
<i>Geranium sibiricum</i>		18.75	8.75								
<i>P. freyniana</i>					8.75			9.75		10.25	9.75
<i>Sanguisorba officinalis</i>	21.25			8.75	8.25					22.25	20.75
<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i>									30.50		
<i>Pueraria thunbergiana</i>			11.25					15.00		13.25	
<i>Geranium sibiricum</i>		18.75	8.75								
<i>Ampelopsis heterophylla</i>				35.00		23.00					
<i>Hypericum ascyron</i>								17.75	15.75	10.75	
<i>Angelica decursiva</i>									27.50		
<i>Halorrhagis micrantha</i>							18.55				12.25
<i>Hedera rhombea</i>							4.78				
<i>Pyrola japonica</i>					9.25	7.25	7.75	79.75	3.75	14.75	63.50
<i>Chimaphila japonica</i>								10.25	17.25		

Table 1. Continued

Species \ Site	2	5	8	9	1	6	7	3	4	10	11
<i>Prunella vulgaris</i>										8.50	10.25
var. <i>lilacina</i>											
<i>Mosla punctulata</i>									15.25		16.50
<i>Paederia scandens</i>	12.00	19.00	24.00	21.25	33.75	11.50	7.00		14.00	17.00	10.50
<i>Rubia akane</i>			15.25								16.00
<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i>			22.00								
<i>Lonicera japonica</i>	21.18	26.25	22.50	15.55	7.75	18.00	15.03		14.25	19.25	
<i>Trichosanthes kirilowii</i>			30.25								
<i>Erigeron canadensis</i>					6.75		5.00	10.50	16.50		
<i>E. annuus</i>	17.25	19.00			12.28	11.25	10.80	17.75	16.00	5.25	13.75
<i>Solidago virga-aurea</i>		15.00				15.75	9.03	11.50	17.00	6.50	24.50
var. <i>asiatica</i>											
<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>					24.00		9.75			22.75	21.25
<i>Aster scaber</i>									11.50	40.00	15.50
<i>Syneilesis palmata</i>										17.50	
<i>Chrysanthemum zawadskii</i>										35.75	7.50
<i>Artemisia keiskana</i>								61.50		21.25	17.25
<i>A. princeps</i> var. <i>orientalis</i>	12.25			7.25							
<i>Atractylodes japonica</i>	7.50				7.70			31.75	8.75	14.25	20.25
<i>Lysimachia barystachys</i>	23.50						39.10		28.00	21.50	
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i>					13.50					16.75	21.75
<i>Ixeris dentata</i>	9.75				25.50	14.25			42.25	32.75	17.25
<i>Dioscorea batatas</i>	7.75		16.00	25.25	13.25						27.00

環境研究院(1988)의 調査에 依하면 麗川工團의 探問調査 結果 工團이 造成된 以後에 더욱 繁茂한 것은 억새, 미국자리공, 머느리배꼽, 환삼덩굴이었으며 띄와 잔디는 減少하였다고 하였는데, 本 調査에서도 참억새와 미국자리공 등은 工團周邊에서는 優占도가 增加하였음을 알 수 있다.

그러나 本 調査는 海松林을 中心으로 그 下層의 草本層을 調査하였기 때문에 樹種의 種數가 적었으며 上層部를 形成하고 있는 樹木群이 있어 大氣汚染의 影響을 적게 받았을 것이라고 豫想되어 客觀性이 적다고 할 수 있으나 大氣汚染의 被害가 甚할 것이라고 豫想되는 地域에서 輕微한 地域에 비해 대체로 優占도가 높은 참억새와 계요등, 인동덩굴, 그리고 大氣汚染地域에서만 나타난 미국자리공 등은 大氣汚染에 耐性이 강한 指標植物로서 생각되어지며 大氣汚染이 草本類에 미치는 影響에 대한 野外調査와 研究가 앞으로 繼續되어야 할 것이다.

Fig. 1은 비교적 出現頻도가 높은 11個草種을 選擇하여 草種別 積算優占도를 나타낸 것으로서 참억새는 工團周邊地域에서 매우 높은 값을 나타내었으며, 특히 1과 2, 6, 7, 8, 9 調査地에서는 70% 이상의 높은 값을 나타내어 汚染地域에서 優占하는 種으로 判斷할 수 있었으며 戶塚와 門司(1977)은 참억새와 뱀고사리는 汚染源에서 가까울수록 葉中 水溶性 黃含量이 많다고 하여 本 研究結果를 뒷받침해 주고 있다. 김의털은 9調査地를 除外하고는 汚染源에서 멀어질수록 優占

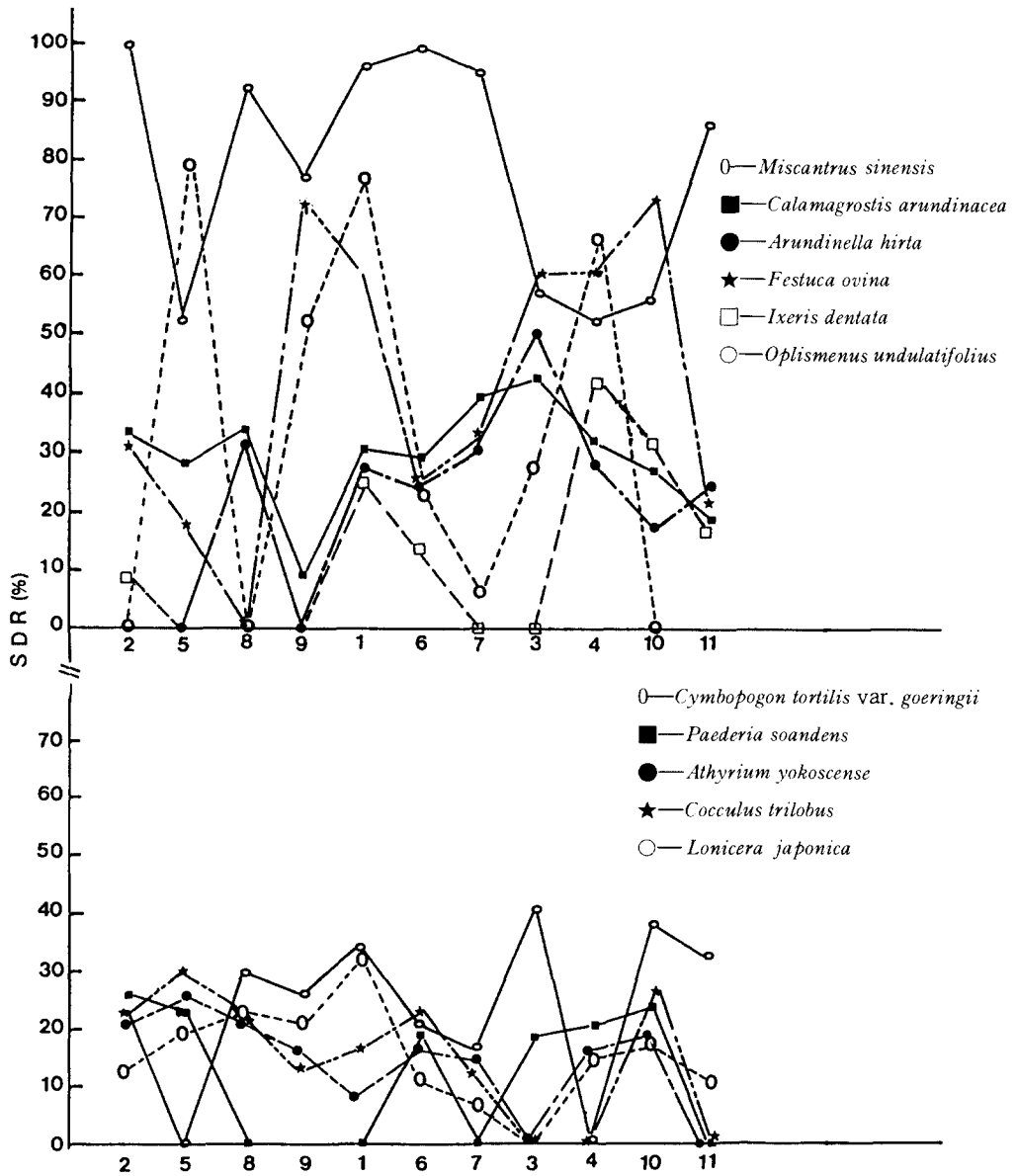


Fig. 1. Changes for SDR_i for herbs 11 species appeared frequently in the investigated sites

度 값이 增加되고 있어 大氣汚染에 敏感한 草種으로 나타났다.

또한 실새풀과 개솔새는 全調査地에서 高른 값을 나타내었으며 새와 썸바귀는 工團周邊인 5와 9調査地에서는 出現 안된 곳이 많았으나 새는 汚染이 甚할 것으로 생각되는 8調査地에서 30%의 높은 값을 나타내어 大氣汚染의 影響만으로 볼 수 없었고, 땃대이덩굴, 계요등 및 인동덩굴은 SDR_i값이 全調査地에서 낮았으나 工團周邊인 5와 8調査地의 SDR_i값이 大氣汚染이 輕微한 地域

보다 높은 값을 나타내어 大氣汚染에 耐性이 있다고 判斷할 수 있었는데 이는 앞으로 보다 精密한 調査와 繼續的인 觀察이 있어야 할 줄 안다.

뱀고사리도 出現頻도가 높으나 SDR₁값은 매우 낮았으며 9調査地에서는 높은 값을 나타내었는데, 이는 調査地내 濕地가 많고 溪谷部位였기 때문인 것으로 判斷되었으나 이에 對한 것은 더욱 精密한 調査와 觀察이 있어야 할 것으로 믿는다.

한편 松中(1980)는 土壤汚染에 의한 環境破壞調査에서 製鍊所 및 鑛山周邊地域에서 바랭이, 갈대, 참억새 등의 벼科 植物과 雙子葉植物인 왕호장근이 茂盛하게 生長하고 있었으며 이들 植物의 Cd含量이 매우 낮아 이들 植物은 Cd 등 重金屬을 그다지 吸收하지 않기 때문에 汚染地에서도 잘 生育해 指標植物이 될 수 있다고 報告한 바 있었고, 外國의 重金屬汚染地의 指標植物로서도 벼科 植物인 *Agrostis*(겨이삭속)가 많다고 한 바 있어 本 調査의 結果에서도 참억새는 汚染地에서 指標植物로 利用할수 있다고 본다.

또한 松中(1980)는 汚染地에서는 뱀고사리가 密生한 곳이 있었는데 이의 Cd의 含量을 調査해 본 結果, Cd를 매우 많이 吸收하고 있었고, 뱀고사리는 Cd과 Zn, Cu, Pb 등의 重金屬들을 많이 吸收 蓄積하면서 旺盛하게 生育하므로 벼科 植物과는 전혀 다른 意味의 指標植物이라고 하였다.

그리고 Abe(1982)는 重金屬 汚染地域에 있어서 草本植生の 分布特性 調査에서 뱀고사리는 pH가 낮은 汚染地에서 많이 分布하고 있었으며 참억새와 뱀고사리 以外の 種에서는 種類數, 被度, 個體數의 平均値와 pH間에는 正의 相關이 나타났고, 뱀고사리의 個體數와 pH間에는 負의 相關이 나타나 참억새와 뱀고사리는 汚染地域에서 오히려 增加하고 大氣汚染에 耐性이 強함을 나타내고 있었다고 報告한 바 있는데, 本 調査地에서도 이러한 傾向을 알 수 있었다.

Table 2는 草本類의 種類數와 種多樣度, 最大種多樣度, 均在度, 優占도를 나타낸 것으로서, 種數에 있어서는 汚染源에서 距離別로 많은 差異를 나타내고 있었으며, 특히 5와 8 調査地에서는 各各 14, 15種으로 가장 적게 나타나 10, 11調査地의 33, 30種과는 많은 差異를 나타내었고 出現한 種간의 差異도 많았다(Table 1). 또한 種多樣도와 均在度에서도 汚染源에서 距離가 멀어질수록 增加하는 傾向을 나타내어 草本類에서의 大氣汚染의 影響이 木本類보다 敏感함을 알 수 있으며, 특히 5와 8調査地는 력키化學 및 京畿化學 등의 化學肥料工場周邊이어서 여기서 나오는 煤

Table 2. Values of species diversity of herbs in the investigated sites

Sites	No. of species	Species diversity (H')	Maximum H (H'Max)	Evenness(J')	Dominance(1-J')
1	25	2.3577	3.2189	0.7325	0.2675
2	17	1.8378	2.8332	0.6487	0.3513
3	23	2.4508	3.1355	0.7816	0.2184
4	27	2.6318	3.2958	0.7985	0.2015
5	14	1.5492	2.6391	0.5870	0.4130
6	18	2.2805	2.8904	0.7890	0.2110
7	22	2.1520	3.0910	0.6962	0.3038
8	15	1.7844	2.7081	0.6589	0.3411
9	20	2.2234	2.9957	0.7422	0.2578
10	33	2.6977	3.4965	0.7715	0.2285
11	30	2.7039	3.4012	0.7950	0.2050

煙의 影響을 많이 받아 種多樣度가 낮아진 것으로 推定된다.

2. 類似度指數의 比較

한편 草本類의 類似度指數는 Table 3에서 나타난 바와 같이, 大體的으로 낮았으며 一般的으로 汚染地域과 非汚染地域間(5와 11調查地, 8과 11調查地)에는 더욱 낮게 나타나 汚染地域에서는 環境汚染의 影響으로 草本類의 植生이 單純해지고 있음을 나타내고 있었다. 또한 汚染이 輕微한 地域인 10과 11調查地間에는 가장 높아 種의 類似함을 알 수 있었고 汚染地域인 8과 9 調查地間에는 낮게 나타나 草本類의 경우 汚染地內에서도 種의 構成狀態가 一定하지 않음을 알 수 있었으며, 草本類의 경우 木本類의 類似度指數보다 낮게 나타나 草本類가 環境要因의 影響을 더 많이 받고 있음을 알 수 있다.

Table 3. Similarity indices of herbs between each site in the investigated sites

Site	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		0.67	0.58	0.54	0.51	0.65	0.64	0.45	0.58	0.69	0.65
2			0.58	0.63	0.58	0.63	0.51	0.56	0.60	0.69	0.51
3				0.64	0.38	0.59	0.53	0.32	0.37	0.61	0.60
4					0.49	0.67	0.62	0.24	0.43	0.57	0.63
5						0.69	0.56	0.48	0.59	0.47	0.32
6							0.75	0.49	0.58	0.59	0.54
7								0.43	0.52	0.51	0.58
8									0.40	0.42	0.31
9										0.45	0.44
10											0.70
11											

Whittaker(1970)는 類似度指數가 0.80以上이어야 同一群集으로 判斷할 수 있다고 하였는데, 本 調查地의 경우 一部地域(6과 7調查地, 10과 11調查地)에서는 높게 나타나 同一群集에 가깝다고 할 수 있겠으나 汚染地域에서는 앞으로 汚染의 程度에 따라, 그리고 汚染이 輕微한 地域에서는 汚染의 擴散으로 因하여 植生의 攪亂現狀이 더욱 加速化될 것으로 豫想되어 이러한 種構成狀態가 維持될지는 繼續的인 調査가 있어야 할 것으로 생각되었으며 草本類의 境遇는 一般的으로 낮게 나타나고 있어 種의 構成狀態가 더욱 單純해질 것으로 豫想된다.

3. 草本類의 生活型 組成

本 調查地에 있어서 草本類의 生活型 組成을 考察한 結果는 Fig. 2와 같다.

休眠型은 全調查地에서 半地中植物(H)이 가장 많았으며 汚染地(2, 5, 8, 9, 1 調查地)에서는 30~40%, 汚染이 輕微한 地域(3, 4, 10, 11 調查地)에서는 40~60%의 比率을 차지하고 있어 汚染源에서 먼 地域일수록 半地中植物이 優勢하였다.

散布器官型에 있어서는 風散布型(D₁)이 가장 優勢하였으며 8調查地를 除外하면 全調查地의 60%以上을 차지하고 있었고, 汚染地인 8調查地에서는 重力散布型(D₄)이 相對的으로 25% 以上을 차지하고 있었다. 또한 地下器官型(R)은 根莖植物(R₁₃)이 優勢하였으며, 生育型은 8調查地에서는 덩굴型(l)이 優勢하였고 汚染源에서 먼 10調查地에서는 直立型(e)의 比率이 많았으며, 此外 地域에서는 叢生型(t)이 優勢하였다. 그리고 汚染源에서 가까운 地域인 2와 8, 9調查地에서는 比較的 덩굴型이 汚染이 輕微한 地域인 3과 4, 10, 11調查地에 비해 차지하는 比率이 높았

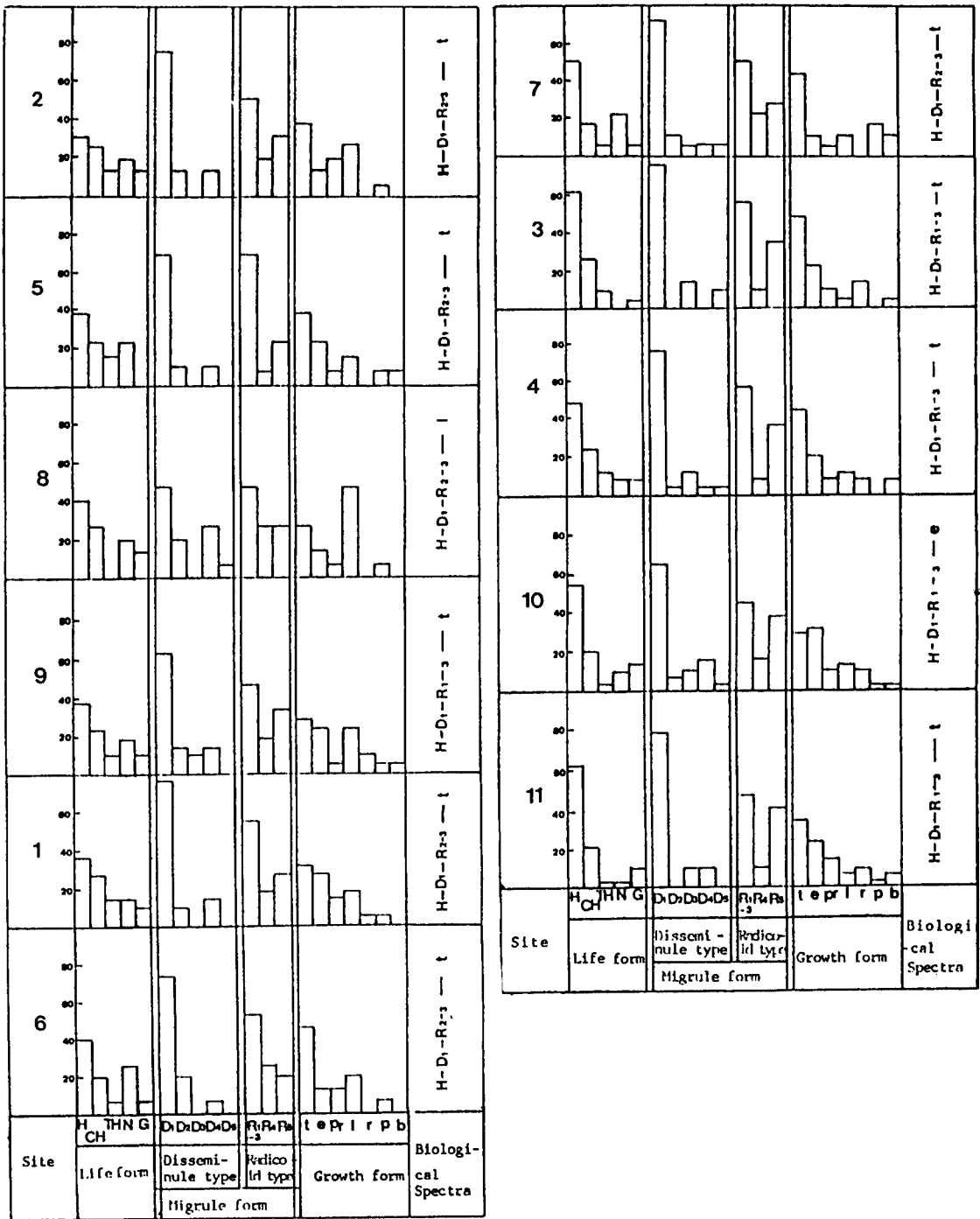


Fig. 2. The composition of biological spectra by sites.

다.

이들을 基礎로 한 生活型組成은 8調查地에서는 H-D₁-R_{2,3}-l型으로 나타났으며, 10調查地에서는 H-D₁-R_{1,3}-e型으로, 此外 調查地에서는 H-D₁-R_{1,3}-t型으로 나타나 李와 全(1983)의 韓國 海岸植物의 生態學的 研究에서 調査된 H-D₁-R_{1,3}-t型과는 비슷한 傾向을 나타내었다.

汚染源에서 가까운 地域일수록 半地中植物의 比率이 적은 반면에 矮型地上植物(N)의 比率이 높았고, 生育型에 있어서도 덩굴型의 比率이 높아 이들 植物들이 大氣汚染에 對한 耐性이 있음을 알 수 있다.

要 約

大氣汚染地域인 溫山工團周邊 森林에 있어서 草本에 대한 種의 變化와 生活型的 變化를 調査한 結果, 種類數는 汚染源에서 距離別 差異가 10種이상으로 나타났으며, 工團周邊에서는 참억새, 개솔새, 실새풀 등의 벼科植物의 SDR₄값이 매우 높았고, 땃대이닝굴, 인동닝굴, 계요등 등의 덩굴類와 미국자리공은 SDR₄값이 낮았으나 工團周邊이 工團에서 먼 地域보다 SDR₄값이 높아 大氣汚染에 耐性이 있는 것으로 推測할 수 있었으며, 참취와 꿀풀, 엉겅퀴, 물레나물 등은 工團周邊 調査地에서는 전혀 出現하지 않았다.

또한 種多樣도와 均在度도 汚染源에서 멀어질수록 增加하는 傾向을 나타내었고 生育型에 있어서는 汚染源에서 가장 가까운 8調查地에서는 H-D₁-R_{2,3}-l型으로 나타났으며, 此外 地域은 H-D₁-R_{1,3}-t型으로 나타났고, 汚染源周邊에서는 덩굴型의 比率이 比較的 높았다.

引用文獻

- Abe, I. 1982. Vegetation Structures in the Copper Polluted Area in Relation to its Edaphic Factors(2). Bull. Inst. Agr. Res. Tohoku Univ. 33 : 99-106.
- 金鍾甲. 1992. 溫山工團 周邊의 森林植生에 關한 調査, 韓國生態學會誌, 15(3) : 231-246
- 李愚喆, 全尙根. 1983. 韓國 海岸植物의 生態學的 研究 - 海岸의 砂丘植物群落의 種組成과 現存量 -. 韓國生態學會誌 6(3) : 177-186.
- 松中昭一. 1980. 圖說 環境汚染と指標植物. 朝倉書店, 東京. 198pp.
- Natori, T. & T. Totsuka. 1984. An evaluation of high resistance in *Polygonum cuspidatum* to sulfur dioxide. Jap. J. Ecol. 34 : 153-159.
- 國立環境研究院. 1987. 環境汚染生物指標法の 開發研究(I). -大氣汚染에 對한 生物指標法- 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). -大氣汚染에 對한 生物指標方法- 科學技術處. 177pp.
- 沼田眞. 1978. 植物生態의 觀察と研究. 東海大學出版會. 東京. 275pp.
- Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plant and statistical plant Geography, Being the collected papers of C. Raunkiaer, Oxford at the Clarendon Press. 633pp.
- 生態學實習懇談會編. 1967. 生態學實習書. 朝倉書店. 336pp.
- 戶塚績, 門司正三. 1977. 植物의 汚染環境改善機能にていて人間生存と自然環境(2) : 31-45.
- Whittaker, R. H. 1970. Communities and ecosystems. The Macmillan Co., Collier-Macmillan LTD., London. 162pp.

(1992年 6月 1日 接受)