

造景樹木에 의한 公害防止에 関한 研究*¹

— 특히 南部地域을 中心으로 —

金 佑 龍*² · 金 在 生*³

Studies on the Prevention of Menace to Public Health by the Ornamental Tree*¹

— Especially in South Area of Korea —

Oue-Ryong Kim*² · Jae-Saing Kim*³

要 約

大氣汚染中에서도 林木에 가장 莫大한 被害를 주는 亞硫酸gas(SO₂)가 造景樹木에 미치는 被害의 程度와 代表的인 몇가지 樹種에 있어서 이들間에 耐煙性의 差異를 알아 내어 造景樹木에 依한 韓國工業團地內의 公害防止를 爲한 對策을 強求하고자 Na₂SO₃ + H₂SO₄ → Na₂SO₄ + H₂O + SO₂ ↑의 反應式을 應用하여 調査觀察하였던바 다음과 같은 結果를 얻었다. 1) 韓國의 工業團地中 過半數以上の 工場을 占有하고 있는 특히 南部地域을 中心으로 蔚山市와 昌原市 그리고 浦項市の 造景 및 街路樹는 모두 51種 161,699本이었으며 그중에서도 가장 多數를 占하고 있는 樹種은 현사시나무, 회양목, 개나리, 향나무, 소나무 등의 5種이었다. 2) 各樹種에 있어서 SO₂의 濃度와 被害率과의 關係를 調査해 보면 比較的 低濃度의 경우에는 急激히 細胞의 破壞量이 많아지지 않으며 濃度가 增加함에 따라 直線의 으로 被害率이 增加하였다. 3) 濃度別 被害度에 對한 差異는 5種의 樹木中에서 회양목이 第一強하였고 그 다음이 현사시나무, 개나리, 향나무, 소나무의 順位로서 소나무가 第一弱하였다. 4) 次後로 工業團地의 造景 및 街路樹木은 針葉樹보다는 闊葉樹로서 常綠多肉葉이면서 萌芽力과 耐火力이 강한 樹種으로 漸次 改植할 必要가 있다. 5) 工團都市의 都市林造成面積은 1人當 50m²程度는 必要하며 工場地帶와 住宅地帶間에는 100m幅 程度의 綠地地帶를 造成할 必要가 있다.

ABSTRACT

These studies were carried out to know the measure of damage having an effect on the ornamental trees owing to sulfurous acid gas (SO₂) which injures much forest trees among air pollutions in south area of Korea, and to know the difference of smoke resistance on the five representative species among them and therefore to establish the preventive measure of air pollutions in industrial complex of south area of Korea by the ornamental trees. The reaction formula utilized was Na₂SO₃ + H₂SO₄ → Na₂SO₄ + H₂O + SO₂. The results obtained were as follows. 1) The ornamental trees surveyed in the industrial complexes of Ul-San, Chang-Won and Po-hang belonged to 51 species, 161,699 trees in all. The most five species among 51 sorts of woody plants were *Populus tomentiglandulosa*, *Buxus microphylla*, *Forsythia koreana*, *Juniperus chinensis* and *Pinus densiflora*.

* 1. 接受 1月 15日 Received January 15, 1982

* 2. 普州農林專門大學 Jinju Agri. and For. Junior Technical Coll., Jinju, Korea

* 3. 慶尙大學校 農科大學 College of Agriculture, Gyeongsang National University, Jinju, Korea.

2) The relation between the concentration of sulfurous acid gas (SO₂) and the damage rate upon investigation in each species: In case of low concentration the destructive quantities of cells of woody plants, and the more increased the concentration, the more increased the amount of damage. 3) The difference of smoke resistance among five species showed to be the strongest in *Buxus microphylla*, the second rank *Populus tomentiglandulosa*, the third rank *Forsythia koreana*, the fourth rank *Juniperus chinensis* and the weakest in *Pinus densiflora*. 4) The ornamental trees of industrial complex especially in south area of Korea in future should be planted gradually broad-leaved trees which have strong sprout, smoke resistance and thick leaves rather than conifers. 5) I think that the area of city forest in industrial complex requires about 50m² per head of population and about 100m width of green belt between industrial area and residential district.

Key words: ornamental tree; menace to public health; industrial complex; sulfurous acid gas; smoke resistance.

緒 論

最近 우리나라는急速한 産業經濟의 發展으로 모든 燃料가 石油系로 轉換되고 있으며 都市에의 人口集中, 産業施設의 激增, 交通의 複雜化와 騒音, 振動等에 依하여 서울, 釜山의 大都市는 日本의 大阪이나 美國의 시카고를 방불할 程度로 多樣한 複合汚染은 날로 極甚하여져 가고 있다. 人類生活에서 排出되는 廢物로 因한 環境汚染은 有史以前에서도 찾아 볼 수 있겠으나 記錄으로 나타나기는 1257년에 英國 헨리 3世의 에리노아王妃가 런던市內의 窟木에서 나오는 煤煙을 避하여 스모그 發生期間中에는 寢宮殿에 避身하였다고 하는 것이 처음이다.¹ 이러한 것을 막기 위하여 1307년 런던市에서는 巡廻裁判所에 依하여 石炭 煤煙을 規制하였다.² 美國에서는 1872년에 煤煙防止法, 獨逸에서는 1888년에, 그리고 日本에서는 1932년에 煤煙防止規制에 對한 法이 公布되었다. 우리나라에서는 1930年 以後 興南窒素肥料工場에서 排出되는 煤煙과 落塵이 周圍 30里까지의 耕作地에 被害를 끼쳤다는 事實에 對한 記錄이 있으며, 1963年 11월에 비로소 公害防止法이 公布되었다. 그런데 이와같은 多樣한 大氣汚染中에서는 SO₂가 大部分인데 亜硫酸가스의 植物에 미치는 障害作用에 對한 研究報告는 1922年 O'gara³를 비롯하여 그 歷史가 오래 되었다.^{4,5}

그러나 우리나라에 있어서는 最近에 急速히 發達한 重化學工業의 影響으로 亜硫酸가스를 主軸으로 한 大氣汚染의 植物生育에 미치는 被害面積이 갑자기 늘어남으로써⁶ 이에 對한 對策이 아주 시급한 實情에 있다. 特히 SO₂는 樹木體의 氣孔에 들어 가서 細胞의 酸素를 奪앗아 간다고 하는 報告³가 있었으며, 또한 田司氏⁵에 依하면 植物體中에서도 꽃잎에 가장 敏感한 被害를 주며 樹木에서는 針葉樹中 전나무類가 가장 많은 被害를 받는다고 한다. 또한 Thomas⁷와 谷田氏⁶에 依하면 SO₂는 植物體에서 葉綠

素도 脱色시킨다고 하며 모든 植物의 光合成作用과 呼吸作用을 沮害한다고 하며 細胞를 破壞시킨다고 한다.

1980年 들어 우리나라의 首都인 서울의 大氣는 10日中 7日꼴로 汚染度의 하루 平均値가 環境保全法上 그 基準인 0.05ppm을 넘어선 混濁한 날이었고 10日中 3日만이 맑은 날이었다. 또한 SO₂에 依한 大氣汚染의 年平均値도 서울은 0.105ppm으로 基準値를 超過하여 서울은 環境基準超過率이 72.1%로 지난해 8月末까지 244日中 176日이 汚染度의 하루 平均値가 基準値가 넘는 混濁한 날이었다. 그런데 釜山은 244日中 41.5%인 101日이 混濁한 날이었다. 또한 馬山平原地域의 大氣에는 亜硫酸, 酸化窒素, 二酸化窒素等 有毒gas가 基準値를 훨씬 超過했으며 더구나 서울, 釜山等 大都市와 工場地帶에서 檢出되지 않은 酸化窒素가 檢出되어 大氣汚染에 警鐘을 울려 주고 있다. 亜硫酸gas(SO₂)의 경우(基準値 0.005ppm), 都心地에서 0.038ppm, 工場地域 0.064ppm이었고 準公園地域은 0.008ppm으로 나타나 모두 基準値를 超過하고 있으며 二酸化窒素의 경우(基準値 0.005ppm), 都心地는 0.086ppm~0.75ppm, 工場地域은 무려 0.103ppm, 準公園地域에서는 0.013ppm이나 檢出된바 있다. 또한 酸化窒素(NO)는 都心地에서 0.116~0.086ppm, 工場地域에서 0.084ppm이나 檢出되어 基準値 0.005ppm을 16~23倍까지 超過하고 있는 實情이다. 이와같이 우리나라의 서울, 釜山等 大都市와 特히 그 地帶는 日本(日本의 環境基準値인 0.04ppm)의 東京이나 美國의 시카고, 보스엔셀레스를 방불할 程度로 超過하고 있고 複合汚染속에서 各種폐암을 비롯한 암유발, 呼吸器障害, 기관지 천식, 피부염, 細菌性疾患等 重要臟器疾患, 腦神經障害等 公害病으로 因하여 몹부림치고 있어 大氣汚染의 深刻性을 나타내고 있다. 따라서 이와같은 日比 都市化에 따른 그 汚染源이 넓어져 가고 있음에 따

큰 工團都市民의 生命과 生活環境保存問題야말로 가장 重大한 問題라고 할수 있다. 그러므로 이中에서 工業都市의 公園과 庭園, 街路樹等の 効果인 適地 適樹에 依한 造林問題는 大端히 重大한 位置를 차지하고 있다고 하여야 할 것이다. 지금 一部工業團地內의 造景樹와 周邊의 綠化地域을 林業技術的인 面에서 보면 耐煙 또는 耐火力等 耐公害性 樹種이 아닌 아주 弱한 樹種으로 造林된 곳이 많다. 따라서 이와 같은 工團地域에 對한 造景 및 街路樹에 依한 公害의 防止對策이 切實히 要請되고 있다. 따라서 現在 우리나라의 代表工業團地인 蔚山, 昌原, 浦項等地的 造景 및 街路樹種을 먼저 調査하여 보고 이들 樹種中에서도 가장 代表的인 몇가지 樹種에 對하여 激害를 입히고 있다고 생각되는 SO₂에 對하여 耐煙性的 差異를 調査檢討하여 現 우리나라 工業都市의 造景 및 街路樹가 耐煙 또는 耐火力에 強한 效果인 適地 適樹問題를 圖謀하고 造景樹에 依한 公害防止 對策方案을 具現하고자 몇가지 實驗을 하였던 바 그 結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

材料 및 方法

우리나라의 工業團地中 그 殆半 以上の 工場을 占有하고 있는 代表工業團地인 蔚山과 昌原, 浦項工業團地內의 造景 및 街路樹現況 (Table 1.)을 調査하여 그中에서도 가장 많은 數를 占有하고 있다고 생각되는 현자시나무, 회양목, 개나리, 향나무, 소나무 등의 잎을 材料로 하여 이들 잎에 SO₂ gas를 注入시켰다. (Fig. 1.)

Table 1. Actual conditions of ornamental and roadside trees of industrial complex.

Ulsan industrial complex

Species	Age of tree	Number of trees
<i>Ginkgo biloba</i>	6	2,626
<i>Salix babylonica</i>	8	75
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	10	847
<i>Juniperus chinensis</i>	7-30	1,052
<i>Prunus serrulata var. Spontanea</i>	6-12	661
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	2	6,436
<i>Alnus japonica</i>	4	30
<i>Forsythia koreana</i>	5	9,039
<i>Buxus microphylla</i>	5	900
<i>Ginkgo biloba</i>	4	91
<i>Platanus occidentalis</i>	7	17

Species	Age of tree	Number of trees
<i>Salix babylonica</i>	7-12	44
<i>Populus canadensis</i>	4	21
<i>Camellia japonica</i>	7-10	23
<i>Rosa centifolia</i>	3-6	1,318
<i>Juniperus chinensis</i>	5-20	860
<i>Camellia sasanqua</i>	2	320
<i>Magnolia kobus</i>	3	19
<i>Rhododendron japonicum</i>	3	500
<i>Hibiscus syriacus</i>	2	1,360
<i>Cercis chinensis</i>	4	53
<i>Cedrus deodara</i>	5-15	715
<i>Castanea crenata</i>	2-3	850
<i>Juniperus chinensis</i>	10-50	276
<i>Acer palmatum</i>	30	170
<i>Abies holophylla</i>	30	61
<i>Wisteria floribunda</i>	8-20	13
<i>Chamaecyparis obtusa var. breviamea for. aurea</i>	10	82
<i>Thuja orientalis</i>	5-10	370
<i>Firmiana plantanifolia</i>	6	48
<i>Paeonia suffruticosa</i>	8	100
<i>Pinus densiflora</i>	5	5,000
Total	9	33,377

Changwon industrial complex

Species	Age of tree	Number of trees
<i>Populus euramericana</i>	6	3,200
<i>Prunus serrulata var. spontanea</i>	6	800
<i>Daphne odora</i>	3	1,000
<i>Cinnamomum camphora</i>	4	540
<i>Forsythia koreana</i>	4	10,000
<i>Juniperus chinensis</i>	4	5,000
<i>Pinus densiflora</i>	8	600
<i>Euonymus japonica</i>	4	600
<i>Acer palmatum</i>	3	500
<i>Ginkgo biloba</i>	5	200
<i>Buxus microphylla</i>	4	5,000
<i>Rhododendron lateritium</i>	4	400
<i>Rosa centifolia</i>	5	500
<i>Zelkova serrata</i>	8	15
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	4	100
<i>Chamaecyparis pisifera</i>	5	100
<i>Wisteria floribunda</i>	8-20	13
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	5	10
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	4	80

Species	Age of tree	Number of trees
<i>Camellia japonica</i>	5	150
<i>Cerārus deodara</i>	10	1,500
<i>Cercis chinensis</i>	3	50
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>	4	320
<i>Metasequoia glytostroboides</i>	5	50
<i>Chamaecyparis pisifera</i>	4	10
<i>Osmanthus fortunei</i>	8	5
<i>Chaenomeles lagenaria</i>	7	12
<i>Platanus occidentalis</i>	8	20
<i>Machilus thunbergii</i>	8	20
<i>Chamaecyparis pisifera</i> var. <i>squarrosa</i>		
<i>Quercus myrsinaefolia</i>	8	10
<i>Chamaecyparis pisifera</i>	8	10
<i>Pinus thunbergii</i>	15	20
<i>Acer saccharinum</i>	8	20
<i>Firmiana plantanifolia</i>	4	1,500
<i>Lagerstroemia indica</i>	10	10
Total	6	27,872

Pohang industrial complex

Species	Age of tree	Number of trees
<i>Pinus thunbergii</i>	15-20	450
<i>Juniperus chinensis</i>	4-10	100,000
<i>Euonymus japonica</i> THUNB for <i>aureo-marginata</i>	4-10	
<i>Rosa centifolia</i>	4-10	
The others 30 species		
Total	8	100,450
Cumulative total		
51 Species	161,699 trees	

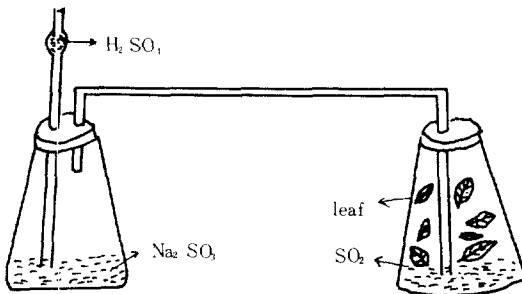
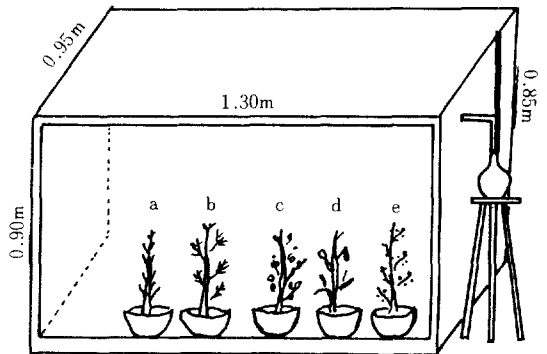


Fig. 1. Occurrence installation of SO₂

SO₂ gas의 發生에 對한 反應式은 $Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + SO_2 \uparrow$ 에 依하였으며 300ml의 flask 內에 各樹種마다 20g씩의 잎을 넣어 各各 1ppm, 5ppm, 10ppm, 15ppm, 20ppm씩의 SO₂ gas를 Fig. 1과 같이 注入하였으며 flask와 glass 周圍은 paraffine 으로 막아 gas의 損失을 防止하였으며 當時의 室內溫度는 22°C였다. 또 한편 供試樹木로서는 가장 많은 數를 占有하고 있는 上記 5個樹種의 1-0 苗를 普陽郡과 普州地方에서 養苗된 것으로 比較的 健全하고 勢力과 形態의 規格이 高른 것을 採하였고 포트(pot)에 移植하여 Fig. 2와 같은 가스接觸 Chamber (容積; 0.90m×0.95m×1.30m=1.1115m³) 內에 5樹種의 苗木을 3 反復으로 任意配置하여 接觸60分後에 가스接觸 Chamber를 除去하여 樹種別 煙斑의 特性과 變色 部位等 各種 濃度別 被害狀況을 調査하였고 各樹種의 葉表面組織을 切斷하여 顯微鏡下에서 檢鏡하여 그 特徵을 觀察하였다. 그리고 葉中의 硫黃含量分析은 重量法에 依하여 葉試料 1g을 蒸發접시에 秤量하여 넣고 95% Mg(NO₃)₂ 溶液 10ml를 積진후 電熱板에서 加熱하였고 炭化後에는 電氣爐에 옮겨 45°C 以下로 2~3時間 炭化시켜 이 液을 물로 稀釋하여 濾過한후 濾過沈澱物을 다시 電氣爐에 넣어 800~900°C로 1時間程度 炭化시킨 後에 秤量하여 S (%/DW) = BaSO₄ 무게 × 0.1374의 式에 의거 黃酸바륨의 量으로 硫黃의 量을 定量하였다.



Size : 0.90m×0.95m×1.30m=1.1115m³

Fig. 2. Gas Chamber

- a: *Juniperus chinensis*
- b: *Pinus densiflora*
- c: *Populus tomentiglandulosa*
- d: *Forsythia koreana*
- e: *Buxus microphylla*

結果 및 考察

우리나라의 代表工業地인 蔚山과 昌原, 浦項 工業地內의 造景 및 街路樹種의 現況을 筆者가 調査

하여 본 結果에 依하면 51種 161,699本이었는데 이 中에서도 가장 많은 數를 占有하고 있는 樹種은 현 사시나무, 회양목, 개나리, 향나무, 소나무 등이었으며 各工業團地別로 또는 各工場別로 植栽實態가 달랐고 造景計劃과 造景方法도 比較的 차이가 많았다.

우리나라는 1960年代부터 始作된 急速한 工業都市化로 大都市와 工業團地 및 그 外廓의 都市林이나 農耕地가 被害를 받은 일은 물론이거니와 工業都市民의 健康과 生活環境을 破壞하는 實情이므로 그 對策과 防除가 社會問題로 登場하게 되었다. 그 主要實例로 蔚山工業團地에 있어서 煤煙으로 인한 加害狀況의 本本기를 들면 다음 Table 2.와 같다.

Table 2. Comparison of damaged index between workshops in Ulsan by smoke

Name of workshop	SO ₂	F	Doubling ratio united
Yeong-Nam chemical Co.	3.32	36.97	15.43
Dae-Han Al.	1.00	39.21	14.83
Dong-Yang chemical Co.	3.86	15.10	7.93
Ul-San chemical Co.	11.72	0	7.48
Dae-Han oil Co.	11.31	0	7.22

公害의 主要汚染源을 들면 첫째, 石灰重油 燃料의 不完全燃焼物, 暖房加熱燃却等の 燃焼爐에서 排出되는 煤煙等を 들수 있고, 둘째로는 燃料中에 含有되어 있는 硫黃化合物의 酸化에 依해 生成되는 SO₂, SO₃等の 硫黃化合物을 들수 있으며, 셋째로 火力發電等の 微粉炭燃焼爐와 Cement의 燃焼爐等에서 集塵機를 通過하여 排出되는 fly ash나 그밖의 粉塵物

을 들수 있으며, 넷째로 酸素製銅爐 및 그밖의 金屬精鍊爐로 부터 排出되는 Fume狀의 金屬酸化物이 있고, 다섯째로 黃酸製造 및 其他化學工程의 排氣gas中에 含有되어 있는 硫黃酸化物, 窒素酸化物, 硫黃水素, Ammonia, Halogen化水素等の 化合物을 들수 있으며, 여섯째로 自動車의 排氣gas로 排出되는 一酸化炭素, 窒素化合物과 各種의 有機化合物을 들수 있으며 일곱째로 石油의 精製裝置, 貯藏設備, 給油設備等에서 주로 蒸發에 依해 揮散되는 有機化合物이 있고, 여덟째로 太陽光線에 依해 大氣中에서 生成되는 O₃ 및 그밖의 過酸化物을 들수 있으며, 아홉째로 汚染된 排水等에서 發散되는 惡臭物質을 들수 있고, 열째로는 強風에 依해 날오는 地上의 土砂 또는 海水에서 生成되는 것 등을 들수 있다. 또 한 大氣의 公害汚染物質은 物理的性質에 따라 gas狀物質과 粒子狀物質, 生物性粒子和 放射性物質 등으로 区分할 수 있지만 이 中에서도 가장 問題視 되고 있는 것은 gas狀物質과 粒子狀物質이다. 그리고 特別히 樹木類에 被害를 주는 主要公害物質을 들면, 첫째로 酸化的 障害를 일으키는 것으로서는 O₃, PAN, NO₂, Cl₂ 등이 있고, 둘째로 還元的 障害를 일으키는 것으로 SO₂, HC HO, H₂ S, CO 등이 있으며, 셋째로는 酸性 障害를 일으키는 것으로 HF, HCl, SO₂, 黃酸Mist, HCN 등이 있으며, 넷째로 Alkal性 障害를 일으키는 것으로 NH₃가 있고, 다섯째로 其他有機物의 有毒gas로서 C₂ H₄ 를 들수 있고, 여섯째로 固体粒子狀物質을 들수 있다. 그리고 固体粒子狀物質을 除外하고는 樹木에 對해서 汚染物質이 毒性을 일으키는 強弱에 따라, 첫째로 毒性이 강한 것으로서 弗素, 塩素 PAN, O₃, C₂ H₄ 등을 들수 있고, 둘째로 毒性이 弱한 것으로 HCHO, HCl, NH₃, HCN, H₂ S, CO 등을 들수

Table 3. Characteristics of damaged leaves of pollutants

Symptoms of injurious leaves	Yellow and brown of the end parts of leaves damaged	Spot in vein of leaf	Small spot in surface of leaf	Luster of silver and bronze color in the other side
Air pollutants				
Hydrogen fluoride	*	+		
Chlorine	*	+	+	
Ozone		+	*	
PAN		+		*
Sulfurous acid gas		*	+	
Sulfate of mist	+	+	*	
Nitrogen dioxide		*	+	

Legend: *, severely damaged +; light damaged

있다.

그러므로 樹木의 잎에 나타나는 各種의 被害症狀

은 다음 Table 3에서 보는바와 같이 各種汚染 物質

의 種類에 따라 그 特徵이 다르다. 그리고 公害物質

Table 4. Sensitivity of woody plants to air pollutants

Soft Woods	Sulfur Dioxide	Hydrogen Fluoride	Ozone	Oxides of Nitrogen	Peroxyacetyl Nitrate	Chlorine	Hydrogen Chloride
<i>Larix leptolepis</i>	•	•	S	•	T	•	•
<i>Picea abies</i>	•	•	T	•	•	•	T
<i>Pinus banksiana</i>	S	•	S	•	T	I	•
<i>Pinus mugomughus</i>	T	S	•	S	•	•	•
<i>Pinus ponderosa</i>	S	S	S	•	•	•	•
<i>Pinus radiata</i>	•	•	S	•	•	•	•
<i>Pinus resinota</i>	•	•	T	•	•	•	•
<i>Pinus rigida</i>	•	•	S	•	T	•	•
<i>Pinus strobus</i>	S	S	S	S	T	S	T
<i>Pinus sylvestris</i>	•	S	S	•	•	•	•
<i>Pinus taeda</i>	•	S	•	•	•	I	•
<i>Taxus cuspidata</i>	•	I	•	•	•	•	•
<i>Thuja occidentalis</i>	T	•	•	•	•	•	•

Legend: T; Tolerant I; Intermediate S; Sensitive

Table 5. Sensitivity of woody plants to air pollutants

Hard Woods	Sulfur Dioxide	Hydrogen Fluoride	Ozone	Oxides of Nitrogen	Peroxyacetyl Nitrate	Chlorine	Hydrogen Chloride
<i>Acer negundo</i>	•	S	S	•	•	S	•
<i>Acer palmatum</i>	•	•	•	S	•	•	•
<i>Acer saccharinum</i>	•	I	S	•	•	•	•
<i>Ailanthus altissima</i>	T	•	T	•	T	S	T
<i>Cercis chinensis</i>	•	•	S	•	•	•	•
<i>Fraxinus americana</i>	•	•	S	•	•	•	•
<i>Fraxinus excelsior</i>	•	I	•	•	•	•	•
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	T	I	S	•	•	•	•
<i>Ginkgo biloba</i>	T	•	•	S	•	•	•
<i>Juglans nigra</i>	•	I	T	•	•	•	•
<i>Liriodendron tulipifera</i>	T	•	S	•	S	•	•
<i>Mulus baccata</i>	•	•	S	•	•	•	•
<i>Platanus acerifolia</i>	•	•	•	•	•	•	•
<i>Platanus orientalis</i>	T	I	•	•	•	•	•
<i>Platanus occidentalis</i>	T	•	S	•	•	•	•
<i>Populus nigra 'Italica'</i>	S	I	•	•	•	•	•
<i>Prunus americana</i>	•	S	•	•	•	•	•
<i>Prunus domestica</i>	•	S	•	•	•	•	•
<i>Quercus rubra</i>	T	•	T	•	•	T	T
<i>Robinia pseudoacacia</i>	T	I	S	S	•	•	•
<i>Salix babylonica</i>	•	•	S	•	•	•	•

Legend: T; Tolerant I; Intermediate S; Sensitive

에 대한 樹木의 感受性은 造景樹木의 種類에 따라 다르고 또한 同一種이라도 個體에 따라 相異한 感受性을 보인다.

그리고 生育環境의 差異나 生育의 時期別로도 差異를 보이는데 이는 角皮層의 發達이나 細胞의 凝集度, 氣孔數等의 差異에 따라 생긴다. 이렇게 個體에 따라 多樣한 感受性을 나타내고 있지만 一般적으로 그들의 感受性 程度를 比較할 수는 없다. 다음 Table 4와 Table 5.에서 보는 바와 같이 1973年 美國의 林業試驗場에서 報告된 各種汚染物質에 對한 樹木體의

反應은 濃度, 相對濃度, 光線, 土壤濃度, 施肥條件, 年令等의 環境要因에 따라 달라진다.

造景 및 街路樹木은 大氣汚染의 粉塵物을 濾過시킨다. 美國의 統計資料에 依하면 年間 美國에서 멀어지는 大氣汚染粉塵物質은 2億 ton에 達하였다고 하며, 또한 캘리포니아地方에서는 130萬株의 큰 소나무가 枯死하였다고 한다. 이와 같은 大氣汚染粉塵物은 建物과 動植物할 것 없이 附着되는 것이다. 다음 Table 6.에서 보는 바와 같이 은행나무와 버즘나무 등의 葉面에 附着한 硫黃의 粉塵物은 工業地區

Table 6. Sulfur content of leaves treated with SO₂ in ornamental and roadside trees

Region	Sulfur content (mg) of 1m ² area of leaves			
	<i>Ginkgo biloba</i>	<i>Platanus orientalis</i>	<i>Firmiana platanifolia</i>	<i>Liriodendron tulipifera</i>
Manufacturing area	66	45	58	35
Commercial district	32	21	23	17
Residential district	12	20	14	14

가 商業地區보다 더 많이 附着되며 그 다음이 商業地區, 住宅地區의 順位로서 工業地區는 住宅地區보다 거의 2배나 되는 粉塵物을 附着하고 있는 實情이다. 이와같이 樹木은 비단 나뭇잎 뿐만 아니라 나뭇가지에도 汚染物質이 吸收된다. 따라서 工業團地의 地域이 密植된 密林을 造成하면 汚染에 對한 濾過效果가 더욱 클것으로 思料된다. 뿐만 아니라 수풀을 造成하게 되면 O₂와 CO₂의 交互効用이 있다. 「마을가드나」는 成人 1人이 1日當呼吸하는데 500g의 酸素가 必要하다고 假定하고 獨逸가문비나무 1株(占有地面積 13m²)가 1日에 約 240g의 酸素를 放出한다고 하였다. 따라서 成人 1人當 必要한 森林面積은 30m²가 되는 셈이다. 이와 같은 事實을 감안하여 公共厚生綠地基準으로서 美國에서는 한사람

當 40.47m², 英國에서는 한사람當 20.24m² 獨逸에서는 한사람當 20~30m²로 規定하고 있다.

가령 한사람當 30m²의 綠地面積이 必要하다고 보면 人口 50萬의 都市에는 1,500ha의 造景面積이 必要하게 되는 것이다.

한편 造景을 하면 工業地區의 噴出gas를 輕減시킬 수도 있다. 門田에 依하면 海松苗를 低濃度의 SO₂에 露出시킨뒤 그 잎에 蓄積된 硫黃의 含有量을 調査하였던 바 다음 Table 7에서 보는 바와 같이 SO₂를 接觸시킨 잎의 1日當 S增加率은 約 0.004% 나 되는데 이와같은 事實은 標準의인 生産狀態의 海松狀令林(잎의 乾重 1kg/m²)에 該當시키면 造景樹木은 土地面積 1m²/1日當 40mg/S (80mg SO₂)를 吸收하는 能力이 있다고 推定된다.

Table 7. Increasing rate of sulfur content of leaves treated with SO₂ in Black pine.

Month	SO ₂		Sulfur contents (%)		Increasing rate of sulfur content of leaves treated with SO ₂ per a day in Black pine
	ppm	dates	Leaves treated with SO ₂	Leaves of control	
March	0.2	14	0.23	0.18	0.0006
June	0.2	7	0.18	0.15	0.0043

한편 造景樹木의 配置에 對하여 Meister는 造景樹木의 幅員은 50~100m의 幅이 必要하다고 하였다. 이러한 點等을 考慮해 보면 1人當 必要한 造景樹木

의 造成面積은 30m²程度가 適合하다고 할 수 있다. 筆者는 主要公害(SO₂)에 依한 造景樹木의 耐性度, 被害徵候等을 調査觀察하였던 바 다음 Table 8과

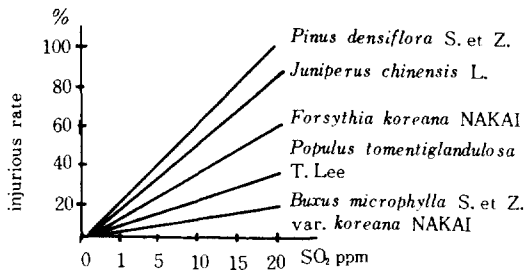


Fig. 3. Relation between thickness and injurious rate.

Fig. 3에서 보는 바와 같다.

첫째로 細胞内部의 原形質 및 氣孔에 미치는 影響을 보기 위하여 葉表面細胞組織을 切斷하여 檢鏡하여 보면 正常的인 잎과 比較하여 볼 때 Table 8.에서 보는 바와 같이 各樹種 모두 1ppm의 低濃度下에서는 소나무에서만 原形質分離現象이 일어났으며 5 ppm 부터서는 향나무와 개나리, 현사시나무, 회양목 등의 順으로 濃度에 따라 樹種間의 耐性的 差異가 있음을 알 수 있었다. 또한 細胞의 빛깔이 褐色으로 變하였으며 澱粉粒이 消失되고 氣孔周圍가 孔邊細胞

Table 8. Plasmolysis of cells in five kinds of leaves treated with SO₂ concentration.

Species Concentration	<i>Buxus microphylla</i> <i>S. et Z. var. koreana</i>	<i>Populus tomen-</i> <i>tiglandulosa</i>	<i>Forsythia</i> <i>koreana</i>	<i>Juniperus</i> <i>chinensis</i>	<i>Pinus</i> <i>densiflora</i>
Control	—	—	—	—	—
1ppm	—	—	—	—	+
5ppm	—	—	—	+	+
10ppm	—	—	+	+	+
15ppm	—	+	+	+	+
20ppm	+	+	+	+	+

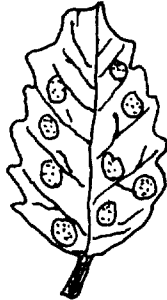
Legend: —; nonplasmolysis, +; Plasmolysis

Yellowish brown color



Pinus densiflora

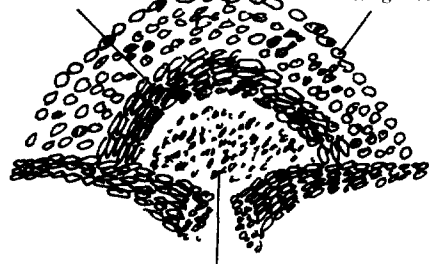
spot of yellowish brown color



Populus tomentiglandulosa

cork cambium

living tissue



brown spot

Fig. 4. Symptoms of damaged species by SO₂

에 變色되는 現象을 볼 수 있었다. 둘째로 葉表面上的 被害徵候를 보면 Fig. 4에서 보는 바와 같다.

外部에 나타나는 徵候로서는 소나무와 향나무는 針葉의 先端部位에 赤褐色의 煙斑이 形成되었고 개나리, 현사시나무, 회양목에서는 葉脈間에 黑褐色의 煙斑이 形成되었다. 그런데 이와 같이 針葉樹의 先端에서만 煙斑이 形成되는 까담은 針葉樹는 잎의 先端에 水孔 또는 氣孔이 集結되어 있고, 闊葉樹는 특히 잎의 裏面에 水孔이 集結되어 있기 때문이라

고 생각되었으며 따라서 亜硫酸가스는 濕氣가 많이 있는 組織의 周圍에 모여서 被害를 일킨다는 것을 알 수 있었다. 셋째로 各樹種에 따른 被害率과 SO₂의 濃度와의 關係를 調査하여 보면 比較的 低濃度의 경우에는 急激히 細胞의 破壞量이 많아지지 않으며 濃度가 增加함에 따라 直線的으로 被害率이 增加하였는데 이와같은 事實은 樹種에 따라 SO₂가 葉内に 侵入을 抑制하는 即耐煙性的 差異에 따라 다른 것으로 역시 5種의 樹種中에서 회양목이 第一 強하였고 현사

시나무>개나리>향나무>소나무 등의 順位로서 소나무가 第一 弱하였다. 以上에서 보는 바와 같이 筆者가 調査한 主要 工業都市의 16萬餘本の 造景 및 街路樹의 多數를 占하고 있는 樹種인 현사시나무, 회양목, 개나리, 향나무, 소나무 등에 對하여 細胞組織內의 原形質의 破壞度와 葉表面上的 被害度 및 濃度別 被害度 등에 對한 耐性도를 調査하였는데 소나무와 같이 耐性이 아주 弱한 樹種으로 造成된 곳은 次後로 針葉樹보다 闊葉樹인 常綠多肉葉이면서 萌芽力과 耐火力이 強한 樹種으로 점차 改植되어져야 할 것으로 思料되며 또한 工業都市의 都市林造成은 적어도 人口 한사람당 50m²程度로 都市民에게 充分한 都市林이 造成되어야 하겠으며 工場地帶와 住宅地帶間에는 100m 幅程度의 綠地地帶를 造成해야 할 것이다. 以上에서 보는 바와 같이 造景樹木에 依하여 公害를 輕減시키는 일에는 政府와 學界 및 試驗場 등이 三位一體가 되어 強力히 推進해야 할 것으로 思料된다.

結 論

오늘날 우리나라는 急速한 産業經濟發展으로 工業都市化에 따라 大氣汚染中에서도 가장 林木에 莫大한 被害를 주는 亞硫酸gas(SO₂)가 現韓國 工業都市의 公·庭園, 街路樹 및 造景樹木에 미치는 被害의 程度와 耐性의 差異를 알기 爲하여 우리나라 約 20余個의 工業團地中에서 首先 그 過半數 以上の 工場을 占有하고 있는 蔚山·昌原 및 浦項 工業團地를 中心으로 公害의 被害狀況을 調査함에 있어서 먼저 現地 踏査를 通하여 樹種의 現況을 調査하고 이들 樹種中에서도 가장 代表的인 몇가지 樹種에 對하여 激害를 입히고 있다고 생각되는 SO₂에 對하여 1ppm外 5ppm 10ppm, 15ppm 등의 濃度別로 3反覆亂塊法에 依하여 $Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + SO_2 \uparrow$ 의 反應式을 應用하였으며 各樹種의 葉表面組織을 切斷하여顯微鏡下에서 肉眼的으로 觀察하여 工業團地內의 耐煙 또는 耐火力에 強한 效果的인 適地適樹問題를 究明하고자 本實驗을 實施하였던 바 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 韓國의 工業團地中 過半數以上の 工場을 占有하고 있는 特히 南部地域을 中心으로 蔚山市와 昌原市 그리고 浦項市の 造景 및 街路樹 모두 51種 1,699本이였으며 그中에서도 가장 多數를 占하고 있는 樹種은 현사시나무, 회양목, 개나리, 향나무, 소나무 등의 5種이었다.

2) 各樹種에 있어서 SO₂의 濃도와 被害率과의 關

係를 調査해 보면 比較的 低濃度の 경우에는 急激히 細胞의 破壞量이 많아지지 않으며 濃도가 增加함에 따라 直線的으로 被害率이 增加하였다.

3) 濃度別 被害度에 對한 差異는 5種의 樹木中에서 회양목이 第一 強하였고 그 다음이 현사시나무, 개나리, 향나무, 소나무의 順位로서 소나무가 第一 弱하였다.

4) 次後로 工業團地의 造景 및 街路樹木은 針葉樹보다는 闊葉樹로서 常綠多肉葉이면서 萌芽力과 耐火力이 強한 樹種으로 漸次 改植할 必要가 있다.

5) 工業都市의 都市林造成面積은 1人當 50m²程度는 必要하며 工場地帶와 住宅地帶間에는 100m幅 程度의 綠地地帶를 造成할 必要가 있다.

6) 一部の 工業團地內의 工場에서는 發展的인 福祉館經營을 目的으로 사과나무, 감나무, 배나무 등의 有實樹造林 또는 造景을 實施 또는 計劃하고 있으나 이와같은 樹種은 塩風の 被害나 SO₂外 一般的인 工場汚染粉塵物質에도 弱한 樹種이며 中間寄柱로 인한 疾病의 危險도 있으므로 耐公害性樹種으로 計劃을 變更하거나 既造成地는 改植되었으면 한다.

7) 現下 工業團地內 公害物質中 特히 SO₂와 F 등의 危害度가 倍加되고 있는 實情인 바 piperonyl butoxide 液 등에 依한 葉面撒布 등으로 造景樹木의 被害를 多少 輕減시켰으면 한다.

8) 工場地帶의 道路周邊에는 可及的인 景觀이 좋은 耐公害 및 耐公害性 樹種中에서 2~4列 帶狀으로 植栽하여 周邊의 農作物이나 耕作地의 被害를 輕減시켰으면 한다.

9) 韓國 工業團地內 造景樹木에 依한 公害를 輕減시키는 일에는 學界와 試驗場 및 政府가 三位一體가 되어 繼續的인 研究와 強力한 뒷받침이 있어야 할 것으로 思料된다.

引用文獻

1. 淺川照彦, 1967. 大氣汚染의 實態와 公害對策. 昭晃堂, 日本東京. 350PP.
2. 鄭永浩, 1970. 벼에 對한 亞黃酸 氣의 被害. 農村振興廳 農事試驗研究報告, 13(9) : 57-61.
3. Middleton, J. T., J. B. Kendrick Jr. and H. Schwalm. 1950. Injury to herbaceous plants by smog or air pollution. Plant Disease Report, 34 : 245-252.
4. O'gara, P. J. 1922. Ind. Eng. Chem., 14 : 744.
5. 庄司光, 1969. 環境衛生學概說. 光生館發行, 日

- 本東京. P. 40.
6. 谷山鐵郎, 有門博樹, 岩田幸弘, 澤中和雄. 1972. 作物のガス障害に関する研究. 日本作物學會記事, 41(2) : 120-125.
 7. Thomas, M. D., R. H. Hendricks, and G. R. Hill. 1944. Some chemical reactions of sulfur dioxide after absorption by alfalfa and sugar beets. *Plant physiol.*, 19 : 212-226.
 8. 米丸忠太郎. 1927. 農事試驗場報告, 47 : 1-102.
 9. Zimmerman, P. W. and W. Crocker. 1934. Toxicity of air containing sulfur dioxide gas. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, 6 : 455-470.