

大氣汚染에 依한 山林被害와 그 対策

서울대학교 農科大學

金 泰 旭

1. 序 言

最近 地球上의 많은 나라들에는 急速한 人口增加와 工業化로 말미암아 環境汚染(Environmental Pollution)이 深刻한 問題로 台頭되고 있다. 이러한 환경오염은 모두 人間들의 活動에서 起因되는데 그의 天然現象에서 오는 環境오염은 우리 人間の 힘으로 堪當하기 어려운 것들이 많다. 人類가 이 지구상에 처음 出現한 것은 180萬年前으로 推定된다. 오늘날에 이르기까지 世界人口의 膨脹趨勢을 살펴보면 6千年時(檀君開國前)에 8千650萬人, 2千年前(紀元 무렵)에 1億3千330萬人, 3百年前(李朝中期)에 4億4千5百萬人, 2百年前에 7億2千8百萬人, 160年前에 9億6百萬人, 60餘年前(韓日合併 무렵)에 16億6百萬人, 그리고 不過 10餘年前에 24億人이었던 것이 現在 40餘億人을 넘고 있다. 이러한 추세로 人口가 계속 증가한다고 假定하면 2千年頃엔 62億7千萬人, 2千500年頃엔 250億人이라는 爆發的인 人口增加가 予想된다. 이렇게 天文的으로 증가하는 人口를 收容해야만 하는 단 하나밖에 없는 지구상에는 限定된 空間만이 存在한다. 그러므로 人口의 繼續的인 증가는 必然的으로 自然環境의 破壞를 招來한다. 大氣汚染이 처음으로 發生한 것은 1257年, 英國의 Henry 3세의 Eleanor 王妃가 煤煙으로 Scotland에 있는 Nottingham宮殿으로 避身하였다는 記錄에서 볼 수 있으나, 대기오염이 本格的으로 社會問題化되기 始作한 것은 産業革命이 일어났던 18世紀後半부터 19世紀初葉이다. 産業革命은 機械工業發展의 契機가 되었으며 그로 말미암아 人類의 生活, 經濟 및 社會構造의 變遷에 큰 影響을 주었다면 이 發展으로 생긴 副産物이라 할 수 있는 環境오염으로 인한 人類生存 및 生物生存 環境의 파괴는 有形的(物質的), 無形的(自然環境)인 資源에 對한 價值觀을 再檢討하게끔 한 것으로써 이와 並行하여 生活, 經濟 및 社會構造에 미치는 影響은 産業革命에 못지

않는 엄청난 결과를 招來하리라는 것이 現在 世界的으로 共通된 意見이다, 그러나 그 當時만해도 대기오염이 오늘날 우리들의 生活環境을 이타지도 엄청나게 파괴할 줄은 予測하지 못하였다. 이때문에 機械工業의 育成 및 發展은 대기오염을 發生케한 原動力이 되었으며, 대기오염에 對한 寄與度가 높은 機械工業 文明人들에게 人氣가 높도록 社會構造 및 經濟生活은 變遷되어 갔던 것이다.

2. 大氣汚染의 現況

地球上에서 人類가 生物과 더불어 살고 있는 空間은 매우 작은 部分에 局限되어 있다. 人間生活와 直接關係가 있는 對流圈(平均 海拔高 12km以內) 內는 氣流의 移動이 심하며 高度가 높아짐에 따라 氣溫이 下降하는데, 10km 高空에 이르면 零下 60°C 까지 떨어지며 特別한 異常이 없는限 繼續 對流現象을 일으켜 地表面의 汚染物質을 擴散시켜 주는 役割을 한다. 우리가 살고 있는 生物圈(Biosphere)은 氣圈(Atmosphere), 水圈(Hydrosphere) 및 地圈(Lithosphere)로 크게 나누며 또 氣圈(一名 大氣圈)은 海拔高에 따른 物理的인 樣相에 따라 對流圈(Troposphere), 成層圈(Stratosphere : 對流圈으로부터 海拔50km까지), 中間圈(Mesosphere : 成層圈으로부터 海拔80km까지), 電離圈(Ionosphere), 및 外氣圈(Exosphere)으로 區分된다. 한편, 大氣의 量을 살펴보면 그 量은 매우 甚大하다. 그 總量은 5千兆톤이나 되며 이 中 酸素는 千兆톤이 넘는다. 그리고 온 世界가 燃燒하고 있는 化石燃料는 石炭으로 換算해서 60億噸(1979年度)이 되고 煤矸及 農産廢棄物까지 합치면 70億噸가량 된다. 이에 따른 산소의 消耗量은 그 두배로 約 150億噸이나 된다. 대기中의 산소는 植物의 끊임없는 作用으로 계속 供給되고 있으나 人類가 불태우는 燃料만을 爲해 소모되는 산소量은 年間 全體의 約 百萬分의 15程度가 된다. 綠色植物에 依한 光合作用

에서는 1kg의 植物量 生産에 1.6kg의 二酸化炭素(CO₂)를 吸收하고 1.2kg의 酸素를 排出한다. 綠色植物에 依한 산소의 生産은 生命體의 發生을 가져왔고 無生物環境이 생물환경으로 變化되었고 생물의 生命活動을 통해 지구상의 環境을 變化시켰다. 생물에 의해 改變된 環境은 그에 따라 生物의 生活에 다시 影響을 미친다. 改變된 環境은 생물을 自然淘汰시키기에 適應하는 生物만이 남게된다. 生物과 環境과의 相互作用은 오늘날 문제시되는 環境과피와 간단한 一連의 關係가 있다. 生物社會의 優占種인 人間은 環境을 改變시키는 過程에서 環境破壞를 誘發시켰다. 每年 증가되고 있는 Energy의 消耗은 大氣圈에서의 CO₂含有率을 높여 가고 있다. CO₂의 濃度增加는 生物의 呼吸作用 以外에 熱消費량과 密接한 關係가 있으므로 열소비량의 증가는 곧 氣溫의 上乘現象을 가져오기 마련이다. 이렇게 CO₂의 量이 현재의 2배에 이르게되면 그때의 平均氣溫은 約 4℃가 높아지는데 이로 말미암아 南北極의 氷山이 녹으면 海面의 水位가 올라가 결국 육지면적을 減少시켜 地球上的의 生物分佈에 새로운 樣相을 가져오게 된다. 이것이 氣溫上乘說이다. 이와는 달리 大氣圈 上層에 落下粉塵이 集積되면 太陽輻射熱을 吸收, 反射 및 散亂시킴으로써 太陽照度를 低下시키는 結果를 招來하여 氣溫 降下를 시킨다는 氣溫下降說이 있다. 現在 大氣中 CO₂含有量은 0.03%로 알려져 있는데 美國 Scripps 海洋研究所가 Hawaii에 있는 Mauna Loa 觀測所에서 測定한 報告는 1960年代의 CO₂組成이 0.0313%에서 0.32%로 늘었다고 했다. 氣圈과 水圈이 交叉되는 海面에서도 植物 Plankton에 依하여 陸上에서처럼 炭素가 固定되고 있는데 每年 고정되는 炭소의 양은 海洋에서 千億톤, 陸地에서는 6百億톤이다. 한편 해마다 大氣中에 放出되는 炭素는 海洋에서 千億톤으로 炭소의 고정량과 均衡을 維持하고 있으나, 陸地에서는 690億톤으로 結局 대기중의 炭소양은 해마다 90億톤씩 늘어가는 셈이된다. 이 超過分은 거의가 大 自然의 地圈에 埋藏되었던 化石燃料을 利用하기 始作한 近代文明의 所産이다.

現在와 綠色植物 出現前과 全量의 大氣 組成比를 보면 다음 表1과 같다. 이와 같이 綠色植物이 人間 및 其他 生物을 爲하여 炭素同化作用으로 산소를 생산하는 業績이 至大함을 알 수 있다. 더우기 지구의 年輪을 45億年으로 推算할 때, 生命의 原資材되는 有機物 合成은 30億年前, 原始生命體 發生은 20億年前, 綠色植物 出現은 4億 5千萬年前, 植物과 動物 그리고 微生物이 共存하는 現在와 같은 自然環境

表1. 大氣의 組成 比較表 (단위: %)

区分 \ 組成	N ₂	O ₂	A	CO ₂	기 타
現在의 大氣	78	21	0.9	0.03	(A, Co ₂ , Ne, He, CH ₄ , Kr, N ₂ O, H ₂ , NO ₂ , O ₃ , Xe 등이 1%)
綠色植物 出現 前의 大氣	6.2	—	—	91	
金星의 大氣	2~5	0.4	—	93~97	

造成됨이 3億 5千萬年前, 오늘날과 같은 科學文明의 急速한 發達이 不過 100餘年前임을 생각할 때 現代에 살고 있는 우리들은 長久한 歲月속에 간직되어 대대로 이어 받아 살고 있는 우리의 自然環境을 우리 後孫들에게 可能한 限 原狀 그대로 承繼시켜야 할 責務가 있다. 그럼에도 우리들은 아직도 이를 깨닫지 못하고 發展이란 美名에 이 貴重한 遺産을 汚染과 毀損으로 不過 수십년 사이에 再生不能케 하고 있음은 다음 世代에 가장 못난 祖上으로서 贖罪받지 못할 일들을 지금도 서슴없이 저지르고 있으며 恣行하는 일이라 할수있어 이는 甚히 慨歎스러운 일이다.

(1). 國內現況

우리나라에서 대기오염으로 인하여 植物被害가 社會問題化된 것은 最近의 일이다. 1960年代부터 始作된 急速한 都市化와 工業化는 植物被害를 大都市 및 工業團地內와 그 外廓 都市林에 나타나기 始作했다. 歷史적으로 社會問題化됐던 主要 事件을 들면 1930年代 興南窒素肥料工場에서 排出되는 煤煙과 粉塵이 周圍 30里 耕作地에 煙害를 입혔다는 記錄이 있고 1950年 서울 崇仁洞 瀝青工場에서 내뿜는 煤煙과 患 瘴로 隣近에 被害를 주어 지금의 면목洞으로 移轉한 事例가 있고 1969年 江原道 三沙의 東洋 Cement 工場에서 내뿜는 粉塵으로 그 周圍이 운동 먼지로 뒤덮인 사례, 1970年 京畿道 楊川郡 漢金面 도농里 興韓化學에서 내뿜는 煤煙으로 工場周圍一帶의 소나무 果樹, 農作物에 큰 被害를 준 사례, 1967年 慶南蔚山 朴二俊氏 果樹園에 開花結實이 안된 사례, 1955年 京畿華城郡 半月에 硫黃製造工場에서 내뿜는 排煙으로 隣接 Rigida 소나무林이 枯死되어 이 工場이 撤去된 事例 등 全國 坊坊曲曲에서 이러한 크고 작은 사

건들이 續出하기 시작했다. 더우기 産業의 發達과 擴大로 工團이 생기면서 공장주변의 대기오염에 대한被害는 날로 심해지고 있는 實情이고 特히 울산 및 麗川工團周邊의 植生 및 農作物에 莫大한 被害를 주고 있어 每年 工場主들이 住民들에게 이에 대한 補償을 하고 있는 實情이다. 울산공단內 5大 大氣汚染排出工場의 煤煙 排出 加害率 狀況이 最近 KIST 調査되었는데 다음과 같다.

工場名	SO ₂	F	綜合加害率
영 남 화 학	3.32	36.97	15.43
대한알미늄	1.00	39.21	14.83
동 양 화 학	3.86	15.10	7.93
울 산 화 력	11.72	0	7.48
대한석유공사	11.31	0	7.22

이와같이 産業의 發達로 말미암아 自然環境被壞가 正比例되고 있다는 것은 실로 가슴 아픈 일이다. 그러므로 우리들은 이를 極小化 시키는데 게으르지 말아야겠다. 이외에 人口의 都市集中現象은 자연히 燃料 消耗의 增加와 交通量의 激增을 가져와, 우리는 都市林과 街路樹에서 쉽게 植物의 可視的 被害症狀을 보고 지나게 된다. 그러나 生産額 引上要因이라는 口實아래 公害防止施設이나 硫黃含有量이 낮은 연료 사용 등 이에 대한 積極的 對策이 不振한 狀態에 있다. 最近 環境庁의 新設로 多少 改善될 可望이 었보여 이에 대한 期待가 크나, 아직도 이 分野에 대한 研究가 活潑히 이루어지고 있지 못함은 甚히 遺憾스런 일이며 이에 대한 研究支援이 果敢히 이루어져 온 國民이 보다 나은 자연환경을 接하며 삶을 營為하게 되기를 바라는 마음 懇切하다.

(2). 國外現況

森林이 대기오염에 의해 被害를 입은 主要 事件을 간추려 보면 1850年頃 獨逸의 銅精鍊 排氣Gas(主로 SO₂)에 의한 植物被害가 생기자 이에 대한 研究가 活潑히 進陟된바 있고 1870年頃 日本 足尾銅山 鉍毒事件은 日本公害 第1号로 알려져 있고 그後 別子銅山의 煙害事件, 大阪의 Alkali煙害事件 등이 있고 1907年 美國의 Ducktown Tennessee州 銅製鍊工場 에서 내뿜는 SO₂가스로 Copper Hill Basin의 森林土壤이 오염돼 오늘에 이르기 까지 不毛狀態이다. 1927年 Canada에서 鉍業製鍊株式會社의 銅垂鉛製鍊으로 내뿜는 매연이 國境을 넘어 美國 領土內의 農作物 및 樹木에 被害를 주게되어 이에 대한 國際共同調査團을

을 構成한 바 있고 또한 1959年 美國 Connecticut州 에서 많은 植物이 光化學的被害(Photochemical Injury)를 입은 바 있다. 最近 酸性雨(一名 工場雪 Factory Snow)는 歐州 工業國에서 排出되는 CO₂가스가 北歐까지 날아가 산성우가 되어 내림으로써 直接的인 植物被害를 일으키며 土壤을 산성화함으로써 間接的으로 植物에 被害를 주고 있다. 더우기 Sweden 土壤은 산성이 強한 Podsol토양인데다가 산성우에 의해서 토양이 강산성이 되고 있음이 밝혀졌다. 卽 1950년부터 1965年사이의 調査에서 森林生産力이 0.3% 低下했음이 밝혀졌고 이 상태가 계속된다면 2,000年代에는 10~15%의 삼림생산력이 저하될 것이라고 警告한바 있다. 또한 Sörda Boksjön湖의 捕獲數는 매년 減少하고 있는데 이 湖水의 PH는 1930年代에 5.3~5.7이던 것이 1970~1971년에는 4.5~4.7, 1973년에 4.2~4.5로 低下되고 있음이 밝혀졌다. 이와같은 결과로 보아서 北歐諸國의 큰 資源인 森林 保수에 산성우問題의 解決이 큰 比重을 차지하게 되었다. 또한 森林에서 殺虫劑 및 다른 農藥의 使用이 野生動物에 미치는 影響에 대하여 계속 關心이 모아지고 있다. 除草劑는 一般的으로 殺虫劑보다 덜 危險하다. 삼림환경 내에서 2, 4, 5-T의 危險性에 관한 研究를 보면 農藥이 適切하게 使用되었을 때에는 그 위험성이 낮다는 結論이 있다. 鳥類에 미치는 殺虫劑의 影響에 관한 獨逸에서의 研究를 보면 生長調節劑, 除草劑 2, 4-D 등이 多少 有害했다고 보고 되었다. 特히 California州의 森林에 炭化水素化合物의 殘留物이 分布되고 있음이 調査된 바 있다. 西部 Montana州 에서 가문비나무에 發生하는 Budworm의 防災를 爲해 Acre 당 1/2 Lb.의 DDT를 7일간 撒布한 결과, 高濃度(80ppm)의 DDT 殘留物이 숲속에 사는 鳥類의 脂肪組織內에서 發見되었는데 이 잔유물은 계속 体内에 濃蓄되고 있음을 알게 되었다. Wisconsin州의 느릅나무숲에 acre 당 10Lb. 以下の DDT를 撒布하면 지뽀귀의 致死率은 85%였고 살아남은 15%의 새들도 實質的으로 生殖能力이 喪失되었으나, 같은 量의 Metoxychor 撒布에는 致死率이 24%로 낮아졌고 알의 孵化率도 3/5以上 되었다고 報告되었다. Main州의 森林流域內의 민물에 사는 생물에 대한 研究에서 삼림昆蟲防除用 Malathione은 DDT보다 水棲昆蟲에 比해 피해가 적었으며 個體群의 永続的인 變動은 어느 藥劑에서도 나타나지 않았다고 했다. New Zealand에서는 Dot-histronia Pini의 防除를 爲해 銅劑農藥을 Pinus radiata 숲에 撒布했는데 이로 말미암아 이 流域에서

흐르는 물속의 Plankton의 수가 크게 減少되었고 反復해 撒布함으로써 Plankton内の Cu含有濃도가 높아졌다. 그러나 이 Plankton을 먹는 動物에서는 過多한 Cu의 蓄積이 나타나지 않았다. 이와같이 DDT에 의한 피해는 매우 크기 때문에 그 사용이 禁止되게 되었다. 또한 食水汚染에 대해서도 많은 연구보고가 나왔는데 濫伐后 삼림에서 흐르는 물은 顯著히 溫度가 上昇한다는 미국 西北部에서의 研究는 特別히 注目할 必要가 있다. 왜냐하면 溫度가 높은 물은 食水 및 물고기의 産卵에 有害하기 때문이다. 그러나 어떤 地域에서는 森林主들이 대기오염에 의한 삼림에 미치는 影響에 関하여 더욱 많은 關心을 보이는데, 이들은 抵抗性 品種의 育種 및 施肥法에 依해 그 被害를 最小化시키고자 한다. 독일에서 窒素를 每ha당 80kg씩 2年동안 施肥한 결과, 針葉의 重量增加를 가져왔고 심하게 피해를 받은 Scot Pine林分의 荒廢化를 減少시켰다고 했다. 체코의 煙害地域에서 石灰와 회죽암을 植栽地에 撒布함으로써 좋은 成長反應이 나타났고 또 8年後에도 현저한 效果가 계속됨을 알 수 있었다. 독일에서 이루어진 독일가문비나무와 Scot 소나무의 Pot試驗으로 SO₂에 대한 抵抗性和 低濃度 SO₂ 吸收에 N의 役割이 큼을 알게 되었다. 即 施肥后 S含量的 減少가 가문비나무 針葉에서 나타남을 發見하였다. 蘇聯에서는 各 樹木의 大氣汚染에 대한 저항성연구를 새로운 角度에서 試圖하였는데 20種의 喬木과 灌木의 잎을 機械的으로 磨어내 有害가스에 대한 잎의 再生能力을 조사한 바 있는데 야까시나무, Negundo 단풍, *Alnus incana*, *Ribes nigrum* 등이 再生能力이 컸다고 했다. 都市에 綠陰樹와 街路樹는 必然的으로 有害가스에 被害를 많이 받게 되는데 最近 美國 都市에서의 SO₂ 와 HF에 대한 피해는 公害防止施設等の 完備로 차츰 減少현상을 나타내고 있으나 O₃ 및 PAN에 依한 被害는 계속 증가趨勢에 있다. Switzerland에서 Pb가 풍부한 人工培地에서 자라는 가문비나무의 Pot試驗 결과 비록 뿌리가 많은 量의 Pb를 吸收했다고 해서 줄기 가지 및 잎에서 그 濃도가 높아지는 것은 아니라고 했고, 가문비나무는 Pb를 包含하여 排氣가스를 淨化하기 爲해 가로수로 適切한 樹種이라고 했다.

美國과 유럽에서 關心을 계속 끌고 있는것은 冬期 降雪時에 소금의 撒布가 道路周邊植生에 크나 큰 塩害를 일으키고 있는데, CaCl₂와 NaCl의 混合撒布가 NaCl單獨 撒布보다 단풍나무에 덜 해롭다는것이 밝혀졌다. 이와같이 삼림이 대기오염을 어느 정도 감소시킬 수 있는지에 대해 東獨에서는 삼림의

SO₂ 淨化能이 그리 크지 않다는 報告도 있으나 소련에서는 이의 大氣淨化能이 상당히 크다고 했다. 독일 Frankfurt에서 施行한 試驗에 의하면 *Pinus mugo*가 大氣淨化에 *Rhododendron catawbiens* 보다 훨씬 效果의임이 밝혀졌다.

환경오염을 減少시키는 수목의 役割과 微細氣候가 그들에 미치는 影響에는 騒音(Noise)이 包含되는데 이 소음에 對한 연구는 現在 Berlin에서 많은 연구가 이루어 지고 있다. 식물에 의한 소음의 감소는 잎의 크기와 組織, 그리고 葉型이 어느 一定한 條件下에 있을 때 可能하다는 것이 밝혀졌다. 一般的으로 북와상으로 配列되어 있는 크고, 튼튼하고, 딱딱한 잎을 가진 樹種들은 잎이 달려있는 동안 가장 防音效果가 크고 毳果植物은 防音效果가 적은 편이다. 그와 아울러 방음효과에는 방음림의 넓이보다 그 構成樹種이 더욱 重要함이 알려져 있다. 현재 미국에서도 이 方面에 對한 研究報告가 많이 나오고 있다.

3. 大氣汚染源과 汚染物質

天然現象에서 發生하는 大氣汚染을 除外하고는 人間의 모든 生活活動은 Energy의 利用을 隨伴하기 때문에 이를 利用하는 過程에서 대기오염이 發生케 된다. 家庭에서의 炊事와 暖房, 都市의 各種 車輛·船舶·飛行機의 排氣, 各種 産業場과 火力發電所에서 排出되는 煤煙은 化石燃料利用에서 오는 願치 않은 副産物로서 大氣를 汚染시키게 될 뿐이다. 또한 이렇게 燃燒에 起因하는것 外에 化学工業·石油工業에서 製品製造의 工程中에 漏出되어 大氣를 汚染시키는 것도 있다. 大氣汚染源의 主된 것을 들면 다음과 같다.

(1). 石炭·重油, 그밖에 燃料의 不完全 燃燒에 의해 動力·暖房·加熱·燒却 등의 燃燒爐에서 排出되는 煤煙

(2). 燃料中에 含有되는 硫黃化合物의 酸化에 依해 生成되는 SO₂, SO₃ 등의 硫黃酸化物

(3). 火力發電等の 微粉炭燃燒爐, Cement의 燃燒爐 등에서 集塵機를 通過하여 排出되는 Fly ash 및 그밖의 粉塵

(4). 酸素製鋼爐 및 그밖의 金屬精鍊爐로부터 排出되는 Fume狀의 金屬酸化物

(5). 黃酸製造 및 其他 化学工程의 排氣가스中에 含有되어 있는 硫黃酸化物·窒素酸化物·硫化水素·Ammonia·Halogen 化水素 등의 化合物

(6). 自動車の 排氣가스로 排出되는 일산화탄소·질

소화합물 및 各種의 有機化合物

(7). 石油의 精製裝置·貯藏設備·給油設備 등에서 주로 蒸發에 의해 揮散하는 有機化合物

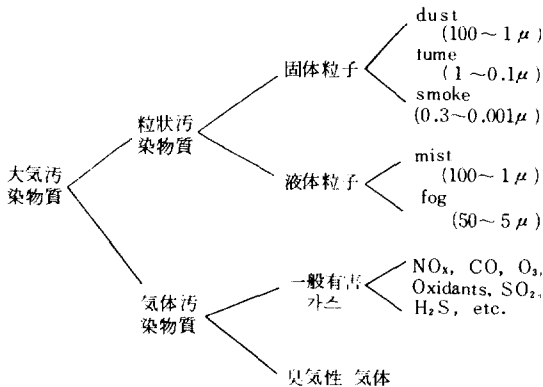
(8). 太陽光線에 의해 大氣中에서 生成되는 O₃ 및 그밖의 過酸化物

(9). 오염된 排水 등에서 발산하는 惡臭物質

(10). 強風에 의해 날으는 地上의 土砂 또는 海水의 飛沫 등이 있다.

各種의 多様な 大氣汚染物質의 排出源을 固定排出源(Stationary Combustion Source)과 移動排出源(Mobile Combustion Source)으로 区分하는데, 前者는 住宅을 비롯한 公共建物·産業場·火力發電所等 이고 后者는 自動車·汽車·船舶·航空機等이다. 또한 大氣汚染의 排出源에 따라 工場型(單純汚染)과 都市型(複合汚染)으로 나눌 수 있다. 大氣汚染物質은 物理的 性質에 따라 Gas狀物質·粒子狀物質·生物性 粒子·放射性物質 등으로 区分되지만 世界的으로 가장 問題視되고 있는 Gas狀物質 및 粒子狀物質에 대해서 분류하면 다음 表 2 와 같다.

表 2. 粒狀 및 氣體狀 大氣汚染物質의 分類



또한 대기오염물질을 反應狀態에 따라 一次汚染物質(Primary air pollutants), 二次汚染物質(Secondary air pollutants)로 分類하는데 前者는 還元性物質에 의한 smog로써 濃霧型으로 一名 London 型이라고도 하는데, 오염발생원에서 대기중에 배출된 가스 및 粉塵이 存在한다. 一次汚染物質은 氣象關係로 逆轉層 등에 의해 朝夕과 夜間에 걸쳐서 氣中濃度가 增加하고, 日中에는 上乘氣流와 바람 등에 의해 擴散되어 濃度가 低下된다. 一次汚染物質은 다음과 같이 7種의 化合物 및 固形物質로 区分된다.

- (1). 큰 粒子(直徑100μ 以上) } 炭素粉末, 灰, CaCO₃, ZnO,
- (2). 작은 粒子(直徑100μ 以下) } PbCl₂等
- (3). 硫黃산화물 : SO₂, H₂S, Mercaptan等
- (4). 窒素산화물 : NO, NO₂, N₂O₅, NH₃等
- (5). 有機化合物 : HC, Keton, 유기산, Tar等
- (6). Halogen化合物 : F₂, Cl₂, HF, HCl等
- (7). 炭素化合物 : CO, CO₂等이다. 한편, 后者는 過酸化物에 의한 smog現象으로 煙霧型이라하며 一名 Los Angeles型이라고 부르는데 大氣中에 排出된 오염물질간의 相互作用이나, 오염물질과 大氣 正常成分과 反應, 太陽Energy에 의한 光化學的 反應으로 反應物質의 濃度, 光活性의 程度, 氣象學的인 擴散力, 地域地勢의 影響 등에 의해서 汚染物質이 變質되어 發生源으로부터 排出되었을 때와는 전혀 相異한 物質을 形成하여 大氣를 汚染시키는 것인데, 二次汚染物質中 O₃等 산화물질은 太陽Energy에 의해 발생되기 때문에 日中에 대기농도가 높아지게 된다.

이와같이 汚染物質의 多小를 左右하는 要素들에는 人間의 活動 地理的 條件 등이 關與되나 가장 重要한 것은 기상조건으로서, 특히 逆轉層의 有無에 있다. 특히 大氣汚染을 심하게 일으키는 경우는 地表面에서 風速 3 m 以下の 逆轉層이 存在하고 太陽輻射量 등이 거의 없을 때이다. 바람의 水平運動에 의하여 水平方向의 擴散이 促進되고 太陽熱에 의한 上昇氣流로 垂直方向의 擴散이 促進되는 것이다.

- 植物被害를 주는 主要 大氣汚染物質을 보면
- (1). 酸化의 障害를 일으키는것 : O₃, PAN(Peroxy acetylnitrate), NO₂, Cl₂等
 - (2). 還元的 障害를 일으키는것 : SO₂, HCHO, H₂S, CO等
 - (3). 酸性 障害를 일으키는것 : HF, HCl, SO₂, 黃酸Mist, HCN等
 - (4). Alkali 性 障害를 일으키는것 : NH₃
 - (5). 其他 有機系의 有毒가스 : C₂H₄
 - (6). 固体粒子狀 物質

固体粒子狀物質을 除外하고 植物에 대해서 汚染物質이 毒性을 일으키는 強弱에 따라 나누면

- (1). 毒性이 強한것 : 弗素系가스, 塩素, PAN 및 그의 同族体, O₃, C₂H₄等
- (2). 毒性이 中程度인것 : 硫黃酸化物, 窒素酸化物
- (3). 毒性이 弱한것 : HCHO, HCl, NH₃, HCN, H₂S, CO 等

4. 主要 大氣汚染物質이 植物에 미치는 影響 및 그 感受性

(1). 硫黃酸化合物

유황산물화에는 SO , SO_2 , SO_3 , S_2O_3 , S_2O_7 , SO_4 등이 있으나 植物에 가장 큰 被害를 주는 SO_2 에 대하여 論하고자 한다. 硫黃은 모든 生物體의 構成成分의 일부로서 生物體內에 多少 含有되어 있다. 따라서 木材·石油를 막론하고 大部分의 燃料에는 硫黃化合物이 含有되어 있으며, 이들은 연소과정을 통하여 酸化되어 生物體에 有害한 유황산화물이 되어 大氣中으로 放出된다. 特히 이중 가장 큰 問題가 되며 植物에 피해를 주는 것은 SO_2 로서, 化石연료가 大量 使用되기 始作하면서부터 SO_2 에 의한 피해가 問題視되기 시작하였다. 이에 關한 研究는 1950年頃 Thomas 를 筆頭로 오늘날까지 많이 이루어지고 있다. 一般적으로 植物이 SO_2 가스에 의해 입는 被害는 急性障害와 慢性障害로 区分된다. 급성장해는 Sulfite와 Sulfurous acid에 의하여 나타나며, 만성장해는 Sulfate의 蓄積으로 因하여 나타나는 것이다. 일반적으로 만성적인 피해를 받은 일에서는 黃酸鹽이 累積되어 多量의 황산염이 檢出되나 급성인 경우 황산염의 증가는 少量에 지나지 않는다. 그러나 短時間內에 過量의 황산염이 吸取되면 역시 급성장해를 일으킬 뿐 아니라 잎에서 多量의 황산염이 검출된다. SO_2 가스에 의한 植物體의 被害는 氣孔을 통한 SO_2 가스의 體內侵入速度가 植物體에 의하여 酸化 同化되는 속도보다 빠를 때 나타난다. 이때에는 SO_2 가스가 細胞間隙에 濃縮되어 限界濃度를 넘으므로써 細胞에 損傷을 입히게 된다. SO_2 가스가 蓄積된 組織內의 細胞는 水分保持能力을 喪失하게 되며 이어서 細胞液이 細胞間隙을 따라 拡散됨으로서 이 部分의 組織은 살아 놓은것같이 되어 灰綠色을 띠우고 있음을 볼 수 있다. 이렇게 軟弱해진 部位는 점차 마르고 漂白되어 黃褐色 혹은 象牙色の 壞死部를 만들게 되며, 피해가 심한 경우에는 이러한 部分이 전체에 퍼지게 되는 것이다. 이러한 증상은 피해의 정도에 따라서, 그리고 植物의 種에 따라서도 個體間의 差異가 있고 그 生育環境이나 組織의 年齡에 따라서도 異하게 나타난다. 한편 SO_2 가스의 濃度가 더욱 높아지게 되면 황화현상이 나타나는데 이는 組織이나 細胞의 死亡에 依한 壞死痕인 것이다. SO_2 가스가 잎에 浸入되면 이들은 植物體內에서 대부분 酸化·加水分解등의 過程을 거치게 되는데 이때 生成된 酸은 組織內의 緩衝能力에 影響을 미치게 되

며 이러한 완충능력의 限界를 넘어서면 葉綠體가 崩壞되어 葉綠素가 細胞質內에 分散됨에 따라 黃化現象이 일어난다. 針葉樹의 境遇 SO_2 가스에 의한 가장 뚜렷한 急性障害증상은 잎의 赤褐變·組織의 收縮과 落葉現象, 그리고 樹勢의 弱화로 因한 成長의 減退等이다. 普通 正常的인 針葉의 壽命은 5年以上이나 被害를 받은 잎은 1~3년만에 落葉된다. 잎의 損傷과 落葉現象은 주로 当年에 생긴 가지 끝의 잎, 即 가장 어린 잎에서 가장 심하게 나타난다. 나무의 줄기에 가장 가까운 곳에 위치한 가지에 달린 旧葉들은 代謝活動이 낮아 被害를 가장 적게 받는 것으로 알려졌다. 針葉樹에 대한 SO_2 가스의 피해는 또한 季節의으로도 큰 差異를 보인다. 이는 季節에 따른 植物體의 代謝活動의 差異에 起因하는 것으로서 被害의 程度뿐 아니라 그 類型에도 상당히 變化가 생긴다. 여름철에 植物體가 有害濃度의 SO_2 가스에 接하게 되면 組織의 壞死는 잎의 끝부분에서 基部쪽으로 進行된다. 잎 全體가 영향을 받기도 하나 때로는 잎의 끝부분, 중간, 혹은 基部만이 損傷을 입기도 하여 葉端의 壞死·基部의 壞死 등으로 나타나거나, 中間部分에 帶狀의 손상부위를 만들기도 하며 이러한 증상은 露出后 불과 數日內에 나타날 수도 있다. 겨울철에 나타나는 증상은 약간 다르며 대개 전체적인 黃化現象后에 가장 甚하게 피해를 입은 部分이 黃褐色 帶狀의 증상을 띠게 된다. 1~2個月以內에 이러한 帶사이의 綠色部分이 黃色, 褐色, 마침내는 赤褐色으로 變한다. 遺傳的인 差異로 因하여 증상은 種에 따라 약간씩 差이를 보이며 同一種인 경우에도 個體間의 差가 있다.

慢性障害의 경우 葉肉체와 細胞는 損傷을 받으나 枯死하지는 않으며, 이때에 증상은 영향을 받은 部分에 黃化현상이 나타남을 볼 수 있다. 闊葉樹에 있어 SO_2 가스에 의한 만성장해의 증상은 침엽수나 單子葉植物의 경우와 뚜렷히 区分되나 역시 매우 多樣하다. 이때, 나타나는 황화현상 및 壞死의 類型은 주로 그 증상이 나타나는 位置에 따라 分類할 수 있으며 이를 크게 葉緣部, 葉脈間 그리고 葉脈을 따라 나타나는 유형들이 있다, 만성장해는 낮은 농도에오래 노출되어 葉肉소가 서서히 崩壞됨으로써 黃化現象이 나타나는 境遇인데 이 때는 急性의 경우와는 달리 細胞는 파괴되지 않고 그 生命力은 維持된다.

(그림 1. 참조)

單子葉植物이 急性障害를 받으면 잎의 損傷部位는 闊葉樹와 비슷한 증상을 보이는데 平行脈사이의 組織이 損傷을 입어, 결국 잎에 線을 그어 놓은듯한모





被 害 症 状 汚 染 物 質				
	(先端·周縁이 黃色~褐色變)	(葉脈間 에斑點)	(表面에 작은斑點)	(裏面이光沢化 銀灰色~靑銅色變)
弗化水素	++	+		
塩素	++	+	+	
OZONE		+	++	
PAN		+		++
亜硫酸가스		++	+	} 혼히 잘보임 + 때때로 보임
硫酸미스트	+	+	++	
二酸化窒素		++	+	

그림 1. 各 汚染物質에 對한 植物 잎의 被害症狀의 特徵.

양을 나타내는 것이 큰 特徵이다. 때에 따라서 잎의 中間脈만 完全하고, 나머지 部分은 모두 傷害를 입는 수도 있다. 손상부위의 파괴는 일반적으로 잎의 表面에서 裏面까지 全層에 걸쳐 均一하게 나타난다. 傷害는 처음 잎의 끝부분이 變色되고, 灰綠色의 斑點이 퍼져 나타나는 것으로 시작된다. 그후 葉綠體가 破壞되고 葉綠素는 細胞質안으로 퍼지게 된다. 太陽光線을 받게 되면 被害를 받은 部分이 마르고 弱

해지며 급히 收縮하고 漂白되게 된다. 어린 잎에 있어서는 잎의 끝부분이 가장 민감하나 오래되어 굵은 잎에서는 햇볕을 직접 쬐이게 되는 잎의 屈曲部도 同一하게 敏感한 것으로 알려져 있다. 만성장해의 경우 세포의 崩壞보다는 黃化現象이 서서히 나타남을 볼 수 있다.

SO₂가스에 대한 植物의 感수성은 植物의 種에 따라 그리고 同一種이라도 個體에 따라 相異한 感수성

表 3-1 대기오염물질에 대한 수목의 감수성 (침엽수)
(Sensitivity of Woody Plants to air Pollutants)

SOFT WOODS	Sulfur Dioxide	Hydrogen Fluoride	Ozone	Oxides of Nitrogen	Peroxyacetyl Nitrate	Chlorine	Hydrogen Chloride
일본잎갈나무 (<i>Larix leptolepis</i>)	.	.	S	.	T	.	.
독일가문비 (<i>Picea abies</i>)	.	.	T	.	.	.	T
방크스소나무 (<i>Pinus banksiana</i>)	S	.	S	.	T	I	.
무고소나무 (<i>Pinus mugomughus</i>)	T	S	.	S	.	.	.
ponderosa소나무 (<i>Pinus ponderosa</i>)	S	S	S	.	.	.	.
라디아타소나무 (<i>Pinus radiata</i>)	.	.	S	.	.	.	.
레지노사소나무 (<i>Pinus resinosa</i>)	.	.	T	.	.	.	.
리기다소나무 (<i>Pinus rigida</i>)	.	.	S	.	T	.	.
스트로브잣나무 (<i>Pinus strobus</i>)	S	S	S	S	T	S	T
구주소나무 (<i>Pinus sylvestris</i>)	.	S	S	.	.	.	.
테에다소나무 (<i>Pinus taeda</i>)	.	S	.	.	.	I	.
주목 (<i>Taxus cuspidata</i>)	.	I	.	.	.	.	.
서양측백 (<i>Thuja occidentalis</i>)	T	.	.	.	.	.	.

T; Tolerant

I; Intermediate

S; Sensitive

표 3-2 대기 오염물질에 대한 수목의 감수성 (활엽수)
(Sensitivity of woody plants to air pollutants)

HARD WOODS	Sulfur Dioxide	Hydrogen Fluoride	Ozone	Oxides of Nitrogen	Peroxyacetyl Nitrate	Chlorine	Hydrogen Chloride
베군도단풍 (<i>Acer negundo</i>)	·	S	S	·	·	S	·
단풍나무 (<i>Acer palmatum</i>)	·	·	·	S	·	·	·
은단풍 (<i>Acer saccharinum</i>)	·	I	S	·	·	·	·
설탕단풍나무 (<i>Acer saccharum</i>)	T	·	T	·	T	S	T
가중나무 (<i>Ailanthus altissima</i>)	·	T	·	·	·	S	·
박태기나무 (<i>Cercis chinensis</i>)	·	·	S	·	·	·	·
미국물푸레 (<i>Fraxinus americana</i>)	·	·	S	·	·	·	·
구주물푸레나무 (<i>Fraxinus excelsior</i>)	·	I	·	·	·	·	·
붉은물푸레나무 (<i>Fraxinus pennsylvanica</i>)	T	I	S	·	·	·	·
은행나무 (<i>Ginkgo biloba</i>)	T	·	·	S	·	·	·
흑호도나무 (<i>Juglans nigra</i>)	·	I	T	·	·	·	·
튜울립나무 (<i>Liriodendron tulipifera</i>)	T	·	S	·	S	·	·
야광나무 (<i>Mulus baccata</i>)	·	·	S	·	·	·	·
단풍버즘나무 (<i>Platanus acerifolia</i>)	·	·	·	·	·	·	·
버즘나무 (<i>Platanus orientalis</i>)	T	I	·	·	·	·	·
양버즘나무 (<i>Platanus occidentalis</i>)	T	·	S	·	·	·	·
미류나무 (<i>Populus deltoides</i>)	T	·	·	·	·	·	·
양버들 (<i>Populus nigra Italica</i>)	S	I	·	·	·	·	·
살구나무 (<i>Prunus americana</i>)	·	S	·	·	·	·	·
서양자두나무 (<i>Prunus domestica</i>)	·	S	·	·	·	·	·
루브라참나무 (<i>Quercus rubra</i>)	T	·	T	·	·	T	T
아까시나무 (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	T	I	S	S	·	·	·
수양버들 (<i>Salix babylonica</i>)	·	·	S	·	·	·	·

T; Tolerant

I; Intermediate

S; Sensitive

을 보인다. 또한 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, 細胞의 密度, 氣孔數 等의 差異에서 생긴다. 이렇게 個體에 따라 多樣的 感受性을 나타내기는 하지만 일반적으로 그들의 感受性 程度를 比較할 수 있다. 1956년에 Thomas는 많은 植物들의 SO₂가스에 대한 感受性的 對比를 試圖한 바 있다. 1973年 美國 林業試驗場에서 研究된 各 汚染物質에 대한 感受性的 對比는 表3-1, 3-2와 같다. SO₂가스에 대한 植物體의 反應은 溫度 · 相對溫度 · 光線 · 土壤溫度 · 施肥條件 · 年齡 等의 環境要因에 따라 달라진다.

(2) 弗素化合物(Fluoride)

弗素化合物에는 HF, FO, F₂O, F₂O₂, FClO₃, FClO, FNO, 等이 있으나 HF는 化合力이 強해서 植物에

가장 有毒하다. 本文에서 主要 対象은 弗化水素(HF)에 의한 植物의 被害가 되겠다.

植物體內 弗化物의 蓄積은 空氣를 통한 吸收와 土壤으로부터의 吸收가 있는데, 前者의 경우에 水溶性 弗化物은 氣孔을 통하여 잎으로 들어온 後, 바로 細胞에 吸收되거나 혹은 물에 녹아 通導組織을 통하여 葉의 先端部와 葉緣部에 移動 蓄積된다. 植物體의 弗化物含量은 大氣中의 濃度 및 植生의 稠密與否에 따라서도 달라진다. 一定時間에 一定地域에서의 弗化物의 濃度는 一定한 것이며 이때 植生이 稠密할수록 個體가 흡수할 수 있는 量은 줄어들기 때문이다. 뿐만 아니라 그것은 露出時間이나 弗化物의 種類에 따라서도 달라진다. 氣體狀態의 弗化物은 氣孔을 통하여 가장 쉽게 吸收된다. 固形弗化物은 葉의 表面에 붙어도 곧 떨어져 버리며 葉의 内部에는 거의 들어 가지 못하며, 이의 撒布濃度가 높은 경우에도 거의

害를 입히지 못한다. 그러나 이들이 물에 녹는 경우에는 쉽게 일에 浸透될 수 있으므로 이들의 溶解度나 溫度가 피해요인이 되는 것이다. 大部分의 植物은 多小 程度差異는 있으나 大氣中에 極微量 含有되어 있는 弗化物이나 土壤中の 弗化物을 吸收하며, 体内에 축적하는 能力이 있으며 이러한 現象은 汚染源이 없는 곳에서 生育하는 거의 모든 植物體에서 도 쉽게 나타나고 있다. 오염되지 않은 正常的인 소나무 잎에서도 1~5 ppm이 檢出된다.

後者の 경우 어떤 植物들은 토양으로부터 상당한 量의 弗化物은 축적하는 能力을 가지고 있다. 土壤의 表土는 500ppm以上の 弗化物을 含有하는 境遇가 흔하지만 이 弗化物은 대개 石灰나 진흙들과 結合되어 不溶性인 狀態로 存在한다. 그러나 酸性인 土壤에서는 이들이 NaF, KF, HF 등의 水溶性인 狀態로 存在할 수도 있으며 이런 경우에는 뿌리로부터 吸收되어 잎과 뿌리에 축적된다. 植物體가 高濃度의 弗化物을 含有한 空氣에 長時間 露出되면 感受性이 弱한 種에서는 被害의 症狀이 나타난다. 이때 증세의 程度는 個體에 따라 또 同一個體에서도 잎에 따라 다르나 그 증상의 類型은 恒常 同一하게 나타난다. 潤葉樹의 경우 잎에 有害한 濃度가 蓄積되면 組織의 壞死나 黃化現象 혹은 이 두 현상을 모두 包含하는 獨特한 症狀이 나타나는데 이러한 症狀은 잎의 끝이나 가장자리에서 가장 뚜렷하다. 單子葉植物인 경우에도 潤葉樹에 나타나는 症狀과 同一하다. 소나무類의 잎의 傷害는 葉先端에서 進行하며 損傷을 받은 組織은 처음 黃化現象을 나타낸 후 누르스름한 色으로 된다. 드물게는 針葉의 一部에서 帶狀의 傷痕이 나타나는 경우도 있다. 잎은 봄철에 새싹이 돌아날 때와 生長할 때 가장 感受性이 크며 季節이 지남에 따라 舊葉은 점차 抵抗性이 커진다. 弗化物에 대한 植物의 感受性은 種에 따라 매우 多樣하다. (表 3-1, 3-2 參照)

(3) O₃와 PAN

O₃와 PAN은 光化學反應物質이라고 불리는 大氣汚染物質中에서 植物에 被害를 주는 重要한 化合物이다. 光化學反應이란 紫外線의 存在下에서 窒素酸化物과 炭化水素가 反應해서 Oxidant라고 불리는 酸化力이 강한 O₃, PAN 등이 生成되는 反應이다. 窒素酸化物이나 炭化水素를 含有하는 自動車의 排出Gas는 이들의 主要한 發生源이다. 보통 O₃는 落雷·空中放電 등에 依해서 發生하나 紫外線과도

密接한 關係가 있다. 이것은 一次汚染物質濃度가 높고 降雨日數가 적으며 紫外線이 강한 地域이나 時期에 많이 發生한다. 이에 의한 植物被害도 겨울에는 적고, 初여름에서 여름에 이르는 時期에 가장 많다. 光化學反應植物에 의한 植物被害는 1944年 美國의 Los Angeles市에서 처음으로 問題되기 시작했다. 그 후 1951년에 그것이 光化學反應에 의한 生成物에 의한 被害였음이 밝혀졌다. 그 후 1963年 Darley 등은 이를 PAN-type 症狀과 Ozone-olefin 反應에 依한 症狀으로 區別하였으나, 이 두 type의 증상에는 類似한 점이 매우 많다.

光化學的反應에는 여러가지 過程이 있지만 二酸化窒素가 紫外線과 反應 O₃가 發生하면 O₃는 炭化水素로부터 Aldehyde(RCHO), Ketones 이 다시 PAN을 生成하는 것이지만 光化學 反應物質中 O₃가 大部分으로 約 90%를 차지하고 있다. 이는 美國 및 日本뿐 만 아니라 最近엔 우리나라 大都市에도 나타나고 있다.

1). O₃

植物에 對한 O₃의 障害는 植物의 種類나 其地 條件에 따라 여러가지 可視形態로 나타나는 것이 特徵인데 그중 가장 特徵인 것은 잎의 上表面에 發生하는 白色 또는 暗褐色의 點狀斑點이다. 또한 可視 障害가 나타나지 않고 長期間에 걸쳐 慢性的 影響을 받으면 葉·花·幼果의 落下 및 生育의 低下가 일어난다. 可視障害는 未成熟葉에 發生하기 어렵고 成熟葉에 發生하기 쉽다.

2). PAN

PAN의 可視障害의 特徵은 잎의 裏面에 光澤이 나는 銀灰色 또는 褐色이 섞인 銀灰色을 나타낸다. 被害가 甚하면 잎의 表面에도 障害가 나타난다. O₃와 같이 강한 酸化力을 가지고 있으나 可視障害의 特徵은 顯著히 다르다. PAN은 잎의 裏面에 發生하기 쉽다. 그리고 葉齡에 따라서 發生하는 樣相에 현저한 差가 있는데 未成熟葉에는 強하게 作用하고 成熟葉에는 被害發生이 어렵다. 幼葉期에 害를 받으면 그 部分의 發育이 抑制되기 때문에 結局 잎의 矮性化가 되거나 畸形을 나타내게 된다.

잎의 被害部의 組織學的 特徵은 O₃와는 反對로 海綿狀組織의 細胞가 萎縮하고 脫水되기 때문에 細胞間에 空氣가 꽂 차게 된다. 잎의 銀灰色으로 보이는 것은 이 때문이다.

(4) 其他 大氣污染物質

大氣污染物質에는 위에 列挙한 外에도 Ethylene · 窒素酸化物 · Ammonia · 塩素 · 水銀 · 農藥 등이 있으나 大氣污染의 要因中 植物에 被害를 주는 것은 95%以上이 硫黃酸化物 · 弗素化合物 · O₃ 및 PAN 이며 其他 汚染物質의 重要性은 相對的으로 낮으므로 여기에서는 省略한다.

5. 防止对策

大氣污染은 天然現象으로 發生하는 것을 除外하고는 모두 人類의 社會·經濟的 活動에서 發生케 되는 것이므로 다음에 列挙하는 技術的 防止对策을 實行하기에 앞서, 汚染防止에 對한 우리 모두의 努力은 自己生存策이라는 認識이 先行된 次元에서 이루어져야 한다.

(1) 燃料의 品質이 좋은 것을 使用함은 眼目에서 볼 때, 싼 燃料를 使用하여 汚染을 일으키는 것보다 有益하다는 것을 알아야 하겠고 科學者들에 의하여 可能한 限 完全燃焼시킬 수 있는 機械의 開發이 이루어져야 한다.

(2) 各種 汚染物質 및 産業廢棄物等은 大氣中으로 排出되기 直前에 回收하여 資源으로서 再利用함은 물론 汚染防止施設에 完璧을 期하도록 한다.

(3) 淨化하지 못하거나 回收되지 못한 排煙은 大氣中에 拡散시켜 汚染物質의 濃度를 可能한 限 稀薄토록한다.

(4) 大氣污染에 依한 被害는 植物의 生育期인 봄과 여름에 가장 심하므로 이때의 操業을 制限토록 한다.

(5) 工場地帶나 高速道路의 沿道에 大氣污染에 強한 耐性樹種을 3列帶狀으로 植栽하여 植物緩衝地帶를 만든다. 例를 들면, 도로 바로 外側에 草本을 심고 그 다음에 죽계비싸리와 같은 灌木을 심고 外部에는 현사시와 같은 喬木을 植栽함으로써 高速道路 周邊의 耕作地 汚染을 막고 또한 食水源인 江의 汚染을 輕減시킬 수 있다. 또한 大都市에서는 果敢히 綠地帶를 造成하고 道路幅을 넓힘과 동시에 大氣擴散을 爲해 耐性樹種의 植栽間隔을 넓히고, 力枝의 높이도 가능한 한 높힘과 아울러 大氣淨化能이 크고 汚染에 強하며 都市美觀에 좋은 郷土樹種의 發掘에 注力하여야 한다.

(6) 大氣污染이 甚한 地域에는 耐煙性이 弱한 樹種의 植栽를 避하도록 한다. 더우기 高速道路 沿道에는

大氣污染에 弱한 소나무, 落葉松 및 밤나무와 같은 有葉樹 등의 植栽를 避한다.

(7) 施肥改善을 通하여 汚染에 對한 輕減效果를 거두도록 하며, SO₂ · HF · 石灰乳 및 O₃에 對해서는 piperonyl butoxide 液의 葉面撒布 등을 함으로써 多少나마 被害防止에 도움이 되도록 한다.

(8) 效率적이고 生物學的인 大氣污染防止를 爲해 全國土의 어디에나 나무를 植栽케 하는 環境政策과, 幼年期부터 環境의 重要性을 認識케 하여 環境保護를 生活化할 수 있는 人間像 定立을 爲한 環境教育이 積極的으로 實行되어야 한다.

(9) 비록 작은 環境污染의 問題라도 그것을 社會輿論化하고 國民의 啓蒙에 앞장 설 마스크의 活動이 要請된다.

6. 結言

大氣污染으로 因한 森林環境의 惡化는 不過 數拾餘年사이에 絶頂을 이루었다. 先進諸國들에서의 大氣污染은 工業化 및 人口의 都市集中過程에서 생긴 產物인데 그 主要 汚染源은 SO₂, HF, PAN, O₃ 등이다. 그러므로 삼림환경의 惡化는 주로 工場周邊 및 都市林에 많이 나타났다. 그러나 外國에서는 그 被害防止를 爲하여 많은 研究를 活發히 進行하였고 그에 따라 그 被害를 行政的·技術的으로 極小化시키고 있다.

森林의 大氣淨化機能, 酸素生産과 炭素의 固定은 人類와 生物의 生存을 爲해 絶對的으로 重要하며, 西歐의 先進諸國에서는 森林의 公益의 價値를 再評價, 認定하여 山林行政을 環境部內에서 이미 環境的 次元에서 다루고 있고 아울러 林科大學의 이름마저도 바뀌어 가고 있다. 人口增加와 汚染産業의 數的 增大로 大氣는 점차 汚染되었다. 이로 因하여 人類는 異常氣象의 被害까지도 신경을 갖게 되었다. 이에 對한 대책은 事前預防이 最善의 方法이라하겠으나 一端 大氣中으로 排出된 것은 生物學的인 方法에 依해 淨化해야 한다. 이를 爲해서는 地球상에 存立하고 있는 約3千億m³의 樹木群에 큰 期待를 걸 수밖에 없다.

要컨데 林木과 林地의 質을 改良하고 우리의 森林을 健全한 狀態로 誘導하는 것은, 우리에게 林產物이라는 直接的 效用을 줄 뿐 만 아니라 洪水調節·水源涵養 등의 國土養護, 靚고 生氣에 찬 國民精神

을 길러주는 心身の 醇化, 氣候緩和·空氣清淨等 保健體養的 價值等 間接的 效用도 아울러 준다 이는 最近 學論되고 있는 環境問題의 根幹이 되는 것이며 아울러 잃어져 가는 綿繡江山을 되찾는 길이라 할 수 있다.

參 考 文 獻

1. 安藤萬喜男, 竹内正幸 1973. 樹木の葉の硫黃吸收能, 84回 日本林學會講演集 415~416.
2. 淺川照彦 1967. 大氣汚染의 実態と公害対策. 昭晃堂 日本東京 p. 1~350.
3. Dassler, H. G. 1969. The fluorine content of plants in air-polluted and fume-free areas. *Flora. Jena.* 159A(6), (471-6) [11 refs. G. g. O. B. D]
4. 藤原喬 1970. 植物体内に吸收された二酸化イオウの蓄積形態と微候發現. 日植病報 26:128-131.
5. 小林義雄 1971. 大氣汚染と緑化樹木. 山林種苗 17:2-4.
6. 井上徹雄 1973. 亜硫酸가스による樹木の被害. 植物防疫 27(6):8-12.
7. 前野道雄 1973. 大氣汚染植物被害寫眞集 日本公衆衛生協會 6-15.
8. Paul R. Miller, 1969. Air Pollution and the Forest of California. *Air Environment* 4:1-3.
9. Samuel, N. Linzon, 1971. Economic Effect of Sulfur Dioxide on Forest Growth. *J. of the Air Pollution Control Assoc.* 21(2):81-86.
10. Santamour, F. S., Jr. 1969. Air Pollution Studies on Platanus and American Elm seedlings. *Plant Dis. Repr.* 53(6):482-4
11. Sheffer, T. C., and G. G. Hedgecock, 1955. Injury to Northwestern Forest Tree by Sulfur Dioxide from Smelters. U. S Dept. Agri. Forest Service. *Thech. Bull.* 1117.
12. 辰巳修三, 西村直人 1970. 交通量過密, 過疎地點の街路樹葉部に付着する汚染物質について. 造園雜誌34(1):9-14.