

# 森林 氣象災害의 予防과 問題點

## — 耐凍性和 耐乾性を 中心으로 —

建國大學校 農科大學

洪 性 珏

全世界 地表面의 7.6%만이 人間에 依하여 耕作되고 있으며 나머지 92.4%는 너무 濕거나, 너무 乾거나, 너무 乾燥하거나, 너무 鹽類가 많거나, 바위로 덮혀 있거나, 혹은 傾斜가 急하여 利用이 不可能하다. 이와같이 植物分布를 制限하는 因子中에서 가장 重要한 것은 乾燥와 低溫에 依한 被害이다(1).

乾燥 또는 低溫의 環境條件은 植物分布의 限界線을 決定할 뿐만 아니라, 이미 植物이 生育되고 있는 地域에서도 生長量을 크게 減少시키고 있다. 또한, 低溫에 依한 被害는 寒帶나 溫帶地域에서만 일어나는 것이 아니고 亞熱帶地域에서도 큰 問題로 되고 있으며, 乾害도 넓은 地域에 걸쳐 發生되고 있다.

氣象災害는 每年 일어나는 것이 아니라 몇년 또는 몇 십년만에 異常인 氣象에 依하여 일어나는 것이 普通이다. 그런데 農作物과 같은 一年生 植物들은 그 被害가 그 해에만 局限되지만 多年生 植物인 樹木들의 境遇에 있어서는 한번의 災害만으로도 長期間 동안의 生長量을 잃게 될뿐만 아니라, 앞으로의 生長이 減少되고 病蟲害와 같은 또 다른 災害가 誘發될 수도 있다.

森林의 氣象災害는 災害要因, 樹種, 發生時期, 發生地域에 따라 多樣하다. 本論文은 森林 氣象災害의 種類와 植物自體의 耐災害性を 考察하고, 現在 우리나라에서 發生되고 있는 氣象災害의 相對的 重要性和 그 豫防策에 關하여 몇가지 問題點을 提示하고자 한다.

### 1. 森林 氣象災害의 發生과 樹木들의 耐災害性

#### (1) 低溫에 依한 被害: 冷害 및 凍害

低溫에 依한 被害는 크게 冷害(Chilling Injury)와 凍害(Freezing Injury)의 두가지로 나눈다.

1°C~10°C의 零上의 溫度에 依한 冷害는 熱帶, 亞熱帶 및 暖帶地域에서 많이 일어나며 이 地域의 樹種들이 溫帶에 심겨질 때 特別히 많이 發生한다. 冷害의 原因은 低溫에 依하여 光合成과 呼吸이 圓滑하지 못하게 되고, 細胞內에서 蛋白質이 分解되며, 毒素物質이 生成되어 生化學的 物質代謝가 이루어지지 못하기 때문인 것으로 알려져 있다(2).

溫帶의 樹木들은 大部分 冷害에 強하다. 耐冷性이 弱한 椴나무 등의 樹種은 無機養分을 充分히 供給함으로써 冷害를 어느 程度 防止할 수 있다는 報告가 있다(2).

凍害는 零下의 溫度에 依하여 植物體內의 水分이 結氷함으로써 일어난다. 凍害는 溫帶 및 寒帶에서 많이 일어나며, 暖帶에서도 가끔 큰 問題가 되고 있다. 凍害가 일어나는 樹木의 部位는 季節에 따라 다르다. 凍害는 時期에 따라 初겨울에 發生하는 初霜, 한겨울에 發生하는 凍害, 그리고 늦은 봄에 發生하는 晚霜으로 나누어지며, 初霜이나 晚霜 때에는 主로 冬芽나 樹皮에 被害가 많고, 한겨울의 凍害는 主로 木材의 材部柔組織에서 많이 發生한다. 큰 나무 樹幹의 凍破(霜裂), 樹皮가 얇은 樹種들의 皮燒, 雪柱에 依한 苗木의 枯死, 寒風에 依한 常綠 針葉樹 잎의 凍枯死, 花芽의 凍死, 暖帶樹種의 枝枯(Dieback) 등, 凍害의 種類는 樹種, 部位, 時期 및 地域에 따라 多樣하다(1).

耐凍性은 凍結回避性和 眞性耐凍性의 두가지로 나눈다. 樹種에 따라, 또는 한 나무 內에서도 部位에 따라 이 두가지中 한 가지의 原理에 依하여 極限低溫을 견디게 된다.

凍結回避型 耐凍性は 두꺼운 樹皮로써 樹體溫度의 低下速度를 늦추거나 過冷却 또는 氷點降下에 依하여 體內 水分을 보다 낮은 溫度에서 얼도록 하여 低溫에서도 살아남는 原理이다. 두꺼운 樹皮가 皮燒現象을 防止하는 데는 상당히 効果的이지만, 長期間 繼續되는 極限低溫에서 結氷을 防止하는 데는 그리 큰 效果가 없다. 또한 滲透壓을 높이는 糖類나 溶質을 細胞內에 蓄積시켜 얼을 수 있는 氷點降下 溫度는  $-4^{\circ}\text{C}$ 에 不過하다.

몇몇 昆蟲이나 樹木의 冬芽, 그리고 暖帶, 溫帶, 寒帶에 生育하고 있는 많은 樹木들의 材部柔組織은 過冷却(Supercooling)의 原理로  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서  $-45^{\circ}\text{C}$ 까지 견딜 수 있다는 事實이 最近 研究에 依하여 밝혀지고 있다(3). 過冷却의 原理는 凍結回避型 耐凍性에서 가장 效果的인 方法이며, 特히 溫帶나 寒帶의 많은 樹木들에 있어서 한겨울에 耐凍性이 가장 弱한 部位가 材部柔組織이므로 이러한 組織이 過冷却의 原理에 依하여 低溫을 견디는 能力이 곧 그 樹木의 限界耐凍性을 決定하는 것이며, 이러한 事實은 매우 重要하다. 어떠한 原理로 零下  $40^{\circ}\text{C}$ 에서 材部柔組織의 細胞들이 그 周圍에 얼음 結晶을 가지고 있으면서도 細胞內부의 물을 過冷却된 液體狀態로 維持할 수 있는 지는 아직 確實히 밝혀지지 않고 있다. 소련 學者들은 細胞壁과 細胞膜의 水分透過 防止能力 때문이라고 主張하고 있으며 美國學者들은 材部柔組織의 特性 때문이라고 主張하고 있다(4, 5). 現在까지 알려진 바로는 過冷却의 最高耐凍性도는 零下  $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 이다. 그 以上の 耐凍性도를 얻기 爲해서는 樹木들은 眞性耐凍性의 原理를 使用한다(3).

眞性耐凍性 樹木들은 細胞內 水分을 細胞 밖으로 脫水시켜 結氷(Extracellular Freezing) 하도록 함으로써 致命的인 害를 일으키는 細胞內 結氷(Intracellular Freezing)을 防止하고 細胞膜이나 細胞質은 極限的인 脫水狀態에서 傷害를 입지 않고 살아남는 原理이다. 材部柔組織이 過冷却의 原理를 利用하는 樹木들의 冬芽와 樹皮, 寒帶性 針葉樹·포푸라·작나무와 같은 樹木들의 冬芽, 樹皮, 材部柔組織은 眞性耐凍性의 原理를 使用하여 液體窒素의 溫度인  $-196^{\circ}\text{C}$  또는 그 以下の 溫度에서도 生存한다(3).

樹木의 耐凍性도는 季節에 따라 漸進적으로 發達된다. 가을철의 短日條件과 夜間의 零上低溫條件에 依하여 一次 耐凍性도를  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서  $-25^{\circ}\text{C}$ 까지 漸進적으로 增進시키다가 二次 耐凍性도는 光週期와 關係없이  $0^{\circ}\text{C}$ 에서  $-10^{\circ}\text{C}$  사이의 外部 低溫에 依하여 一次 耐凍性도보다 빠른 速度로  $-30^{\circ}\text{C}$ 나  $-45^{\circ}\text{C}$ 로

또는 眞性耐凍性의 植物들은 그 以下の 溫度로 耐凍性이 強해진다.

初겨울 또는 初봄에 溫度가 높을 때 그리고 한겨울이라 하더라도 異常高溫의 條件에서는 이미 增進된 耐凍性도가 低下되어  $-10^{\circ}\text{C}$ 나  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 低溫에 依하여 凍害가 發生할 수 있다. 耐凍性도는 상당히 빠르게 變化할 수 있다. 한 時間동안  $-5^{\circ}\text{C}$  處理에 依하여 約  $8^{\circ}\text{C}$ 만큼 耐凍性을 增進시키거나, 하루동안  $20^{\circ}\text{C}$  처리에 依하여 약  $15^{\circ}\text{C}$ 만큼 耐凍性을 低下시킨 例도 있다(6). 이와 같이 樹木의 耐凍性도는 外部의 氣候條件에 따라 變하기 때문에 같은 樹種이라 하더라도 植栽된 地域에 따라, 또한 每年 그 耐凍性도의 크기는 다르다.

많은 常綠針葉樹들의 잎에서는 土壤凍結에 依한 水分供給의 中斷과 겨울동안의 乾燥한 바람으로 因하여 寒風害라는 特唯한 枯死現象이 일어난다. 寒風害의 原因이 乾燥 때문인지, 또는 乾燥로 因한 耐凍性도의 低下 때문인지는 규명되어 있지 않다.

## (2) 高溫에 依한 被害: 暑害

下等植物인 Blue green algae 나 乾燥種子는  $90^{\circ}\text{C}$ ~ $120^{\circ}\text{C}$ 의 순간적인 高溫에서 살아남지만 모든 樹木들은  $45^{\circ}\text{C}$ ~ $55^{\circ}\text{C}$ 에서 被害를 입는다. 樹皮가 얇은 樹種들의 皮燒現象이나 어린 幼苗의 地表面에 接한 部位가 枯死하는 것은 잘 알려진 暑害의 例이다. 暑害는 蛋白質의 分解와 呼吸增加로 物質代謝가 圓滑하지 못하여 일어난다(2).

耐暑性에는 熱回避性과 眞性耐熱性으로 区分되는 데, 前者는 두꺼운 樹皮로 熱을 遮斷하거나 特殊한 角皮로 光線을 反射시키거나, 또는 蒸散作用으로 잎의 溫度를 下降시키는 原理이며, 後者は 高溫에서 呼吸率을 低下시키고 生化學物質의 分解를 막아 安定을 維持하는 原理이다.

## (3) 水分過多의 被害: 濕害

過多한 水分 또는 浸水로 뿌리의 呼吸이 不良하여 濕害가 發生한다. 雨量이 많은 平地의 森林에서는 큰 被害를 받는다. 耐濕性 樹木들의 特徵은 酸素가 不足한 狀態에서 뿌리의 機能을 더 오랫동안 維持할 수 있는 能力이 있다.

## (4) 水分不足의 被害: 乾燥害

乾燥한 氣候는 植物分布 自体를 制限하지만, 森林에서 主로 問題가 되는것은 一時的인 乾燥에 依하여

生長量이 減少되는 것이다.

乾燥한 條件에서 樹木의 生長이 減少되는 主要 原因은 氣孔이 닫히기 때문이며, 더 甚한 乾燥條件에서는 呼吸率이 增加하고 蛋白質이 分解되고 酵素作用이 圓滑하지 못하여 生長이 沮害되는 것으로 알려 졌다(2). 特히 乾燥後에 다시 水分이 供給된다 하더라도 樹木들은 一定 期間동안 休眠狀態로 있기 때문에 生長이 곧 始作되지 않는다. 또한 많은 樹木들은 乾燥의 被害를 받으면 그 해의 生長뿐 아니라 그 다음 해의 生長까지도 減少되어 損失이 크다.

耐乾性에는 乾燥回避型(Drought Avoidance)과 眞性耐乾型(Drought Tolerance)으로 나뉘는데 樹木의 耐乾性에는 前者가 더 重要한 役割을 하며 下等植物이나 種子의 境遇는 後者가 重要하다.

乾燥回避型인 多汁性 植物이나 針葉樹들은 体内 乾燥를 回避하기 爲하여 蒸散을 抑制한다. 이와 같은 水分節約性 植物들은 光合成을 하기 爲하여 아침의 짧은 時間 동안만 氣孔을 연다든가 角皮蒸散을 最少로 抑制시킨다든가, 甚한 乾燥下에서 下部의 잎을 脫落시켜 蒸散面積을 줄인다든가, 잎의 硬直性으로 바람의 垂直方向에 견디게 하여 水分蒸散을 적게 한다든가, 또는 關係濕도가 높은 밤에는 氣孔을 열어 炭酸가스를 吸收하고, 乾燥한 낮에는 氣孔을 닫은 채로, 밤에 吸收한 CO<sub>2</sub>를 이용하여 光合成을 함으로써 乾燥를 回避한다.

乾燥를 回避하기 爲하여 보다 積極的인 方法으로 水分 吸收를 促進하여 乾燥한 條件에서도 充分한 水分을 使用하는 樹木들도 있다. 이들 水分消費性 樹木들은 水分 通導組織을 發達시켜 水分移動을 쉽게 하거나 삼나무와 같이 深根性 뿌리를 갖거나 T/R率을 調節하여 水分의 供給을 充分히 한다. 또한 水分 吸收率을 높이기 爲하여 体内 滲透壓을 높이기도 한다.

水分消費性 植物들은 水分節約性 植物들보다 乾燥한 條件에서도 光合成을 잘 할 수 있기 때문에, 生長을 繼續할 수 있다는 有利한 點이 있으나 아주 甚한 乾燥條件에서는 水分消費性 植物도 水分節約性 植物로 兌換하여 乾燥를 回避한다.

乾燥回避型 植物들은 甚한 乾燥條件에서 견디는데는 有利하나, 結局은 氣孔을 닫아야 하므로 光合成을 하는 데는 不利하다. 따라서 乾燥條件에서 光合成과 生長을 繼續하려면 眞性耐乾性이 있어야 한다.

眞性耐乾性에는 여러 가지 原理가 있다. 첫째, 適

當한 水分 不足狀態에서는 細胞로부터의 脫水를 防止하는 原理, 둘째, 水分不足이 甚하여 비록 細胞로부터 脫水가 된 후에도 細胞內 物質代謝에는 不作用이 일어나지 않게 하는 原理와 셋째로, 細胞內 水分이 50~90% 까지 脫水된 後에도 生長만 停止될 뿐 生存할 수 있는 原理가 그것이다.

첫번째 眞性耐乾性 原理는 細胞內에 充分한 滲透 溶質을 가지고 있어서 普通의 乾燥條件에서는 細胞內 水分이 脫水되지 않으며 細胞는 膨壓을 維持할 수 있으므로 生長이 繼續되는 것이다. 이 原理로 高等植物들은 40 氣壓까지, 下等 곰팡이들은 最高 200에서 300氣壓까지의 乾燥狀態를 견딜 수 있다.

두번째 眞性耐乾性 原理인 脫水後의 物質代謝에 不作用이 일어나지 않게 하는 方法은 下等植物인 地衣類, 藻類들이 使用하는 것으로 520氣壓에서 1000氣壓에서도 光合成이 이루어지며 蛋白質의 分解가 일어나지 않는다. 眞性耐乾性의 세번째 原理인 体内 水分을 50~98%까지 脫水시키고도 生長만 停止될 뿐 生存하는 方法은 乾燥種子나 鮮苔類 또는 地衣類들이 사용하고 있는 것이다.

樹木들의 耐乾性에는 乾燥回避型 原理가 重要한 役割을 하는데 乾燥回避型 樹木들이 가진 形態의 特徵은 細胞의 크기가 작고, 氣孔과 通導組織間的 距離가 가까우며, 細胞壁이 두껍고 棧械의 細胞가 많으며, 잎에는 角皮와 왁스가 잘 發達되어 있는 點이다. 生理의 特徵으로는 樹幹 上層部의 잎이 下層部의 잎보다 水分含量이 적고, 上層部의 잎이 下層部의 잎으로부터 水分과 아미노산을 吸收하며, 上層部의 잎은 葉面積當 蒸散量이 많으며, 또한 糖分蒸積量과 滲透壓이 높다는 점을 들 수 있다.

耐乾性 樹木들은 乾燥回避型과 아울러 眞性耐乾性을 가지고 있다. 소나무의 境遇 뿌리와 줄기의 眞性耐乾性이 다른 나무보다 強하며, 또한 뿌리가 많고 蒸散量을 減少시킬 수 있는 回避能力도 가지고 있다.

##### (5) 光線不足

光線이 不足하여 光合成의 絶對量이 呼吸量보다 적어지면 生長이 減少되고 結局은 죽게 된다.

耐陰性 樹種들은 葉組織의 變化, 光線反射率의 最小化, 光合成 補償點의 下降 等과 같은 原理로 낮은 光度의 光線下에서도 生長을 繼續할 수 있는 能力을 지니게 된다.

### (6) 光線過多

지나친 光線, 特히 赤外線을 隨伴한 日光是 두가지 種類의 二次的인 被害를 준다. 첫째는, 日射로 誘導되는 熱에 依하여 皮燒現象을 일으키는 것이며 둘째는 乾燥의 被害이다. 이에 關해서는 앞서 說明되었다.

過多光線에 의한 一次的인 被害는 光에너지에 의하여 光合成界가 破壞되어 誘發되는데 主로 溫室植物이나 耐陰性 樹木들이 自然日光에 露出되었을 때 많이 發生한다.

### (7) 바람(風害)

바람에 依한 被害는 主로 主風에 의한 蒸散作用의 促進이나, 樹幹의 偏心生長, 그리고 暴風에 의한 樹幹과 枝葉의 風折 및 風裂 等이다.

深根性, 耐乾性 樹木들은 바람의 被害에 強하다. 우리나라 高山地帶 山頂部의 樹木 限界線은 바람에 의한 것으로 思料된다. 樹木 限界線 部近의 누운 잣나무는 耐風性이 強할 것으로 予想된다.

### (8) 塩風(塩害)

칼슘이온이나 나트륨이온 (NaCl) 이 過多하면 滲透圧이 높아지고, 다른 無機營養素와의 均衡이 깨어지며, 物質代謝가 圓滑하지 못하여 生長이 停止되고 마침내는 죽어 버린다.

耐塩性에는 体内 塩分이 蓄積되지 않도록 하는 塩分回避性과 細胞內에 蓄積된 限界 塩類濃度 內에서 物質代謝를 圓滑히 할 수 있는 眞性耐塩性이 있다.

耐塩性이 強하다고 알려진 곰솔, 향나무, 사철나무, 후박나무 等이 어느 程度의 塩回避性과 眞性耐塩性을 가지고 있는지는 밝혀지지 않고 있다.

### (9) 雪害

어느 程度의 눈(雪)은 겨울동안 또는 初봄까지 水分을 供給하기 때문에 樹木生長에 有利하다. 雪害는 主로 濕潤한 눈이 樹冠에 쌓여 그 壓力에 의하여 樹幹이나 側枝가 부러져 일어난다.

耐雪性은 樹冠幅, 側枝의 角度 等으로 決定되며, 混濻林이 單純林보다 耐雪性이 強한 것으로 알려져 있다.

### (10) 水害

以上에서는 林木 爲主의 森林 氣象災害만을 檢討해 왔다. 林地 爲主의 災害로서 代表的인 것은 洪水의 被害이다.

森林의 人爲的인 被害 또는 自然的인 被害로 林地가 露出되면 日射에 의하여 地表面의 枝葉이 乾燥되고, 한편 高溫에 의하여 土壤中의 有機物이 빠르게 分解된다. 이때 우리나라는 7~8月の 集中降雨로 傾斜가 急한 林地의 枝葉 有機物, 土壤이 流失되어 林地가 荒廢된다. 林地의 南向과 南西向 斜面이 北向이나 北東向 斜面보다 더 甚하게 荒廢하게 된다.

單純林보다 混濻林이, 皆伐作業한 林地보다 択伐作業한 林地가 水害에 強하다.

## 2. 氣象災害의 相對的 重要性

### (1) 森林災害 要因間의 相對的 比較

美國 林業試驗場 調査에 따르면 1952年 美國의 森林災害에 의한 被害量은 1952年 年生長量의 92%에 達하며, 1952年 伐採量의 90%와 같다고 引用 報告되고 있다(7). 이것은 萬一 森林災害를 完全히 防除할 수 있다면 每年 木材生産量은 現在의 180% 以上이 될 수 있다는 것을 意味한다.

위의 境遇, 森林災害의 原因別로 살펴보면 樹木病에 의한 損失量이 45%, 虫害에 의한 損失이 20% 山火에 의한 損失은 17%, 그 外의 氣象이나 動物에 의한 被害는 18%로 推定되고 있다(7).

萬一, 乾燥에 의한 生長量 減少도 森林災害에 包含시키면 氣象災害의 比重은 위의 推定値보다 훨씬 높게 나타날 것이다.

現在 우리나라에서 일어나는 森林災害量을 木材의 材積量을 기준으로 하여 分析한 資料는 없으나 災害發生 面積을 보면 1965年에서 1978年度 사이의 平均 災害發生面積은 年間 643,569ha이며, 이는 우리나라 全体 林野面積의 9.73%에 이른다.

다시 要因別로 살펴보면, 昆蟲에 의한 被害는 發生面積을 基準으로 98.7%, 樹木의 病에 의한 被害는 0.3%, 氣象에 의한 피해는 1.0% 이다(10). 이 氣象에 의한 被害는 大部分(98.7%)이 雪害로 報告되고 있다(10). 이 統計資料에는 包含되지 않았으나, 1979年度 凍害被害는 全國의으로 매우 클 것이 予想된다.

萬一, 어린나무에 많이 나타나는 凍害와 生長量 減少로 나타나는 乾害를 包含시켜 氣象災害量으로 考慮한다면, 우리나라에서 氣象災害에 의한 被害가

다른 森林災害에 의한 被害에 비하여 차지하는 比重은 美國의 境遇보다 높을 것으로 予想된다.

왜냐하면 우리나라에 造林된 樹種들 中에는 外來 樹種이 많으며 在來種이라 하더라도 天然適地가 아닌 새로운 地域에 植栽된 경우가 많으므로 오랜 時間에 걸쳐 自然淘汰된 天然林에 比하여 氣象에 의한 被害는 相對的으로 높을 것이기 때문이다. 이를 뒷받침하는 例로서 1979年 11月14日에 最低溫度  $-11.6^{\circ}\text{C}$ 의 急激한 氣溫低下로 因한 中部地方의 耐蟲性 밤나무가 凍害를 받은 것을 들 수 있는데 平均 凍害率은 導入種의 경우에 42.4%, 國內種은 25%, 몇몇 耐凍性 品種들이 10% 以下로 記錄되고 있다(8).

## (2) 氣象災害 要因間의 相對的 重要性

本 論文에서는 氣象災害中 가장 問題가 되고 있는 凍害와 乾害에 對하여 몇가지 例를 들어 그 相對的 重要性를 說明하고자 한다.

凍害의 경우, 일단 被害를 받으면 그 結果는 매우 致命的으로 나타난다. 특히 外來樹種의 경우는 더욱 그러하다. 1979年 11月 14日에 갑자기 氣溫이  $-11.6^{\circ}\text{C}$ 로 下降하여 일어난 凍害는 좋은 例가 될 것이다.

中部地方에서 調査된 平均 被害率은 針葉樹의 경우 삼나무(2年生)는 41%, 편백(2-6年生)은 49%, 화백(3年生)은 6%, 독일가문비나무(6年生)은 36%, 낙우송(5年生)은 56%, 메타세콰이아(9年生)는 48%, 그리고 엘세사 소나무(9年生)이 89%이며,闊葉樹의 경우에는, 밤나무(3-15年生)가 23%, 산오리나무(2-3年生)가 31%, 졸잎산오리나무(2-3年生)가 68%, 오리나무(3年生)가 0%, 층층나무(3年生)가 52%, 양벚나무(10年生)가 100%, 겹벚나무(10年生)가 100%, 그리고 왕벚나무(15-55年生)가 56%를 기록하고 있다(8). 위 平均 被害率의 약 20~40%에 해당하는 樹木은 樹木全體가 심한 凍害로 蘇生이 不可能하다.

우리나라 1977年度 밤나무 植栽本數는 約 1000萬本이다. 每年 10%의 凍害가 일어난다고 假定했을때 苗木貸만으로도 年間 約 2億원의 損害가 나며 成木이 되어 凍害를 입었을 때의 被害는 더욱 크게 된다.

凍害는 일단 일어나면 이와 같이 致命的인 被害를 입히므로 상당히 크게 評價된다. 그러나 凍害가 致命的이기 때문에 自然淘汰의 速度도 빨라서 天然樹種의 凍害는 그렇게 크지 않다. 만일 乾燥의 被害를 生長量 減少로 評價한다면 乾燥의 被害가 凍害보다 더 클 것으로 予想된다.

樹高生長의 경우 *Pinus taeda*나 *Pinus echinata*는

-5 氣圧 程度의 乾燥 때문에 灌水가 된 樹木에 비해 40% 程度의 樹高生長을 나타냈고, *Pinus taeda*는 -10.2 氣圧의 水分 포텐셜에서 -3.6 氣圧일 때보다 切半 程度의 樹高生長을 記錄하고 있다(9).

直徑生長의 경우, 20年生 *Pinus resinosa*는 灌水 處理에 의하여 2倍 程度 增加된 記錄이 있다. 많은 樹木들은 間伐處理를 받은 後에 直徑生長이 促進된다. 이러한 間伐效果는 直徑生長을 40%까지 促進시킬 수 있다. 間伐效果의 主要因은 間伐된 後에 有効 土壤水分이 增加하기 때문이라고 報告되고 있다(9).

*Pinus resinosa*의 生長期間中 10회의 水分포텐셜 測定中에 4회만이 非間伐地가 間伐地보다 有効 土壤水分이 적게 나타났으나 直徑生長量은 20%까지 減少될 수 있다는 報告가 있다(11). 이것은 짧은 期間 동안의 乾燥로도 生長量이 크게 減少될 수 있다는 것을 暗示한다.

乾燥의 被害가 生長量 減少로 나타나기 때문에 그 絶對量을 推定하기는 어려우나, 거의 모든 森林에서 자주 일어나므로 그 被害量은 다른 災害에 비하여 상당히 클 것으로 予想된다.

## (3) 氣象災害의 地域的 特殊性

氣象災害의 予防策을 강구함에 있어서 各各의 氣象災害는 地域的 特殊性이 있음을 고려해야 할 것이다.

凍害는 緯도와 高度가 높아 氣溫이 낮은 地域에서 많이 발생한다. 우리나라 겨울은 같은 緯도에 있는 대륙지방의 겨울보다 最低溫度는 훨씬 높지만 대륙과 해양이 交叉되는 영향으로 겨울동안의 溫度變化가 크기 때문에 따뜻한 겨울에도 凍害가 많이 일어난다. 우리나라 南部地方에도 일어나는 初霜이나 晚霜의 被害는 代表的인 예라고 하겠다. 이러한 이유로 우리나라 凍害의 樣相은 매우 복잡하다. 뿐만 아니라 垂直的으로 복잡한 地形 때문에 局所氣候의 差이가 크고 겨울동안에 바람의 方向이나 強度도 多樣하여 凍害의 樣相과 種類는 地形學的으로 더욱 복잡해진다. 西南向에서 많이 일어나는 皮燒現象이나 西北向에서 자주 일어나는 針葉樹의 寒風害는 그 예의 하나이다.

이와같이 우리나라 氣候의 地域的 特殊性 때문에 外國에서 새로운 樹種을 도입하는 데 있어서 뿐만 아니라 심지어는 國內에서 한 地域으로 부터 또 다른 地域으로 새 樹種을 옮기는데 있어서도 問題點이 있다. 우리나라 보다 더 北緯의 大陸地方에서 耐凍

성이 강한 樹種을 도입했다고 해도 그 樹種이 우리나라에서 初霜이나 晩霜에 반드시 強하리라는 保障은 없다.

耐寒性 밤나무 品種中에서 利平은 原產地인 日本에서는 다른 밤나무 品種들에 비해 耐寒성이 낮은 것으로 判定되었으나, 같은 해에 우리나라에서 測定된 耐凍性 調査에서는 利平이 다른 品種들보다 耐凍성이 더 강한 것으로 判定되었다. 이것은 우리나라와 日本사이에 耐凍성을 發達시키는 氣候의 條件이 다르고 各 品種들마다 그 氣候에 反應하는 耐凍성의 生理가 다르기 때문에 일어난 結果라고 思料된다.(12)

高山地의 溪谷部에서 잘 자라나는 층층나무는 원래 高山地에서는 耐凍성이 강한 樹種이다. 그러나 이 樹種이 高山地보다 더 따뜻한 平地에 植栽되었을 때는 皮燒現象으로 심한 凍害를 받는다. 앞서 79年 11月の 初霜으로 우리나라 中部地方의 苗圃에서 2年生 층층나무의 凍害率이 52%정도인 것은 좋은 例이다.

乾害는 降雨量, 關係湿度, 氣溫에 따라 다르게 나타난다. 氣溫이 낮고 關係湿度가 높은 高山地帶은 氣溫이 높고 關係湿度가 낮은 野山地域보다 乾燥의 被害가 적다. 같은 野山地域에서 土深이 얇고, 重力水가 빨리 없어지는 山頂部는 土深이 깊고 土壤水分이 더 많은 山麓部보다 乾燥의 被害가 더 심하게 일어난다. 이와같은 山頂部와 山麓部의 差異는 高山地帶內에서도 일어나지만 關係湿度가 높기 때문에 野山地帶처럼 심하지는 않다. 이와같은 土壤水分의 局部的인 差異와 各 樹種마다 耐乾性 原理의 差異 때문에 乾燥의 被害는 복잡한 樣相을 나타낸다.

土深이 깊은 土壤에서는 삼나무가 편백나무보다 더 耐乾성이 強하여 편백나무가 더 심한 乾燥의 被害를 받지만, 土深이 얇은 土壤에서는 편백나무가 삼나무보다 더 耐乾성이 強하여 삼나무가 乾燥의 被害를 더 많이 받는다. 그러나 土深이 얇고 깊음에 관계없이 소나무는 삼나무나 편백나무보다 耐乾성이 強하여 乾燥의 被害가 가장 적게 일어난다(2)

은수원사시나무도 山麓部에서는 生長이 좋으나 山頂部에서는 아주 低調하다. 1978년에 調査된 8年生 은수원사시나무의 山頂部에서 生長量은 山麓部에 비해 39%였고 같은 林地에서 10年生 리기다 소나무는 54%였다(13).

山頂, 山麓部 間에 은수원사시나무의 生長差異는 土深과 土壤水分에 있어서, 山頂 山麓部간의 懸隔한 差異와 깊은 關聯이 있음이 林業試驗場 調査에 의하여 밝혀졌다(14). 이러한 山頂部에서의 生長減小는 植栽后 充分한 施肥를 계속했음에도 일어난 것으로 미

루어 보아 山頂部에서 은수원사시나무의 生長制限 條件은 水分不足으로 推測된다.

삼나무, 이태리포플라 등과 같이 水分을 많이 요구하는 樹種들은 山頂部에서 生長이 크게 低下된다.

雪害, 風害, 塩風害도 地域적으로 局限되어 일어나고 있다.

### 3. 氣象災害의 豫防과 問題點

現在 科學으로는 氣象을 正確히 予測한다 든가 우리가 원하는 대로 變動시킬 수 없다. 그 누구도 앞으로 수십년내에 수萬年前에 있었던 地球上의 마지막 水河期가 다시 오지 않는다고 確言할 수 없으며 단 일년내에 올지도 모를 심한 가뭄을 예언할 수도 없다. 기상학자들은 대기공해로 인하여 가까운 장래에 世界氣象은 지금과 아주 다르게 變化될 지도 모르며 그 기상변화 때문에 地球의 終末이 올 지도 모른다고 경고하고 있다.

人間이 氣象을 調節할 수 없는 한 氣象災害에 대한 能動的인 防除策을 마련한다는 것은 불가능하며 災害를 最小化하기 위하여는 그 豫防策이 最善의 方法일 것이다. 氣象災害中 가장 비중이 큰 乾害와 凍害를 中心으로 그 最善의 豫防策을 檢討하고자 한다.

#### (1) 適地 適樹

氣象災害를 豫防하기 위한 最善의 方法은 適地에 適樹를 植栽하는 것일 것이다. 그러나 適地 適樹의 實踐은 用語의 概念처럼 單純하지 않다. 그것은 한 樹木 또는 한 林分의 生長이 너무나 많은 환경인자들과 각 환경인자들 간의 相互作用에 의하여 달라지기 때문이다.

生態學的으로 가장 單純한 適地 適樹의 實踐은 한 樹種의 限界生育地를 決定하는 일이다. 耐凍성의 極限溫度로서 限界生育地를 決定하는 일은 비교적 쉬운 일이다. 그러나 그 限界 生育地內에서 氣象災害를 最小로 받으면서 가장 잘 生長하는 樹種과 地域을 選定하는 것은 매우 어려운 일이다. 수 백만 년을 進化해온 天然林에서도 氣象災害는 계속 일어나고 있으며 따라서 進化는 現在도 進行中에 있다는 사실로서 미루어 알 수 있다.

오랜 세월의 自然淘汰를 보다 짧게하기 위하여 우리들은 育種이라는 方法을 쓰고 있다. 育種을 한 地域에서 適樹를 찾는 가장 빠른 方法이다. 그러나 實際 育種事業에서 育種家들이 취급하고 있는 것은 몇 가지 形質에 限定된다. 특히 빠른 生長率이라는 形質 때문에 그의 氣象災害를 豫防할 수 있는 耐乾성이

든가 耐凍性의 形質들에는 큰 관심을 두지 않아 왔으며 심지어는 그러한 耐災害性 形質들을 오히려 低下시키기도 했다. 만일 10%의 生長率을 높이기 위하여 10%의 氣象災害를 더받아야 한다면 實際育種效果는 全無이다. 育種에서는 물론 氣象災害를 予防하기 위하여 여러가지 방법을 사용하고 있다. 產地試驗은 그중 가장 좋은 方法일 것이다. 그러나 產地試驗地에 있는 各 產地의 樹木은 限定된 地域의 氣候風土에서 自然淘汰되어 온 進化過程의 最終產物일 뿐, 새로운 適地에도 가장 알맞는 樹木이 될 수 있다는 보장은 없다. 한 가지 예로서 耐凍性 遺傳子의 경우, 우리나라보다 더 추운 북쪽 產地에서 새로운 品種을 도입했다고 하더라도 그것이 우리나라 겨울 조건에 반드시 잘 적응할 수 있으리라는 보장이 없다. 그것은 앞장에서 설명한 바와 같이 우리나라 겨울동안의 特殊한 氣候變化와 地形學的인 局所環境때문이며 初霜, 晚霜, 凍害에 대하여 耐凍性을 發達시키는 生理過程이 各 樹木마다, 또한 各 地域의 氣候條件에 따라 다르기 때문이다.

이와 같은 이유 때문에 앞으로 育種의 素材를 우리나라 自生種에서 찾는 것이 氣象災害를 予防하기 위하여는 보다 賢明한 길이라고 생각한다. 그동안 우리들은 우리나라 自生種에 대한 造林學的, 育種學의 研究를 充分히 해오지 못하였다. 現在 林業試驗場에서 수행되고 있는 有用闊葉樹 開發과 같은 研究事業이 좀더 擴大될 수 있어야 할 것이다.

育種가가 創造한 새로운 適樹가 非適地에 植栽되었을 때 그 나무는 氣象災害의 對象이 된다. 앞장에서 소개된 바와같이 山頂部에 植栽된 은수원사나무의 造林 失敗는 좋은 예이다. 앞으로 새로운 樹種이 大面積에 造林되기 전에 適地判定 試驗이 先行되어야만 할 것이다.

造景樹種의 災害는 森林災害分野에는 속하지 않으나, 栽培面에서 林業인과 관련이 깊고, 우리나라에서는 造景樹木의 氣象災害가 너무나 심하게 일어나고 있기 때문에 本紙面을 빌어 그 予防策과 問題點을 제시하고자 한다.

造景樹木은 森林樹木보다 經濟的 價值가 크므로 그 被害額도 크다. 따라서 그 予防效果도 크다.

造景樹가 植栽되는 都市地域이나 住宅地의 土壤은 대개 척박하기 때문에 乾燥의 被害가 자주 일어나며 養分不足으로 樹勢가 弱화된 후에 凍害를 받기도 쉽다. 더욱이 우리나라는 造景樹種으로 外來樹種이나 따뜻한 南部地方의 樹種을 많이 쓰기 때문에 凍害의 被害가 심하다. 1979년도 初霜으로 외래수종 또는

남쪽수종인 왕벚나무, 겹벚나무, 섬벚나무, 양벚나무 등은 44~100%의 被害率을 나타냈으나 우리나라 자생종인 산벚나무의 피해는 거의 없었다.

몇몇 樹種들은 耐凍性이 弱하지만 樹幹 또는 나무 全體를 靑으로 싸주므로서 越冬시킬 수 있다. 그러나 그러한 방법이 皮燒를 防止하는 데는 效果의 일런지는 모르지만 極限 低溫에 의한 凍害를 防止하는 데는 別效果가 없다.

造景樹木의 役割이 造景學的 美를 살리는 데 있을진대, 겨울전에 靑으로 싸 줌으로써, 또는 겨울이 지난후에 樹木의 一部가 氣象災害를 받아, 그 나무 本然의 造景美가 손상된다면, 그 나무는 이미 造景樹로서 價值가 없는 것이다.

造景樹의 價值는 年輪이 싸일 수록 더 높아 지기 때문에, 비록 氣象災害가 몇십년만에 한번 일어난다고 해도, 그 손실은 매우 큰 것이다. 그러나 몇십년만에 한번 일어날지도 모르는 災害를 막기 위하여 매년 靑으로 싸 주거나, 被害部位를 손질하는 데 莫大한 人件費와 林料費를 支出하면서 까지 耐災害性이 弱한 外來樹種을 造景樹로서 植栽할 필요는 없다고 생각한다. 이것은 稀貴樹種에 대한 虛榮心을 만족시키기 위하여 우리들이 支出해야 하는 國家的 낭비일 뿐이다.

이와같은 災害를 予防하기 위하여는 造景을 담당하고 있는 정부기관에서 耐災害性이 弱한 造景樹의 植栽地域을 法的으로 制限하는 것이 가장 바람직한 方法이라고 생각된다.

## (2) 天然樹種의 保存과 開發

이 문제는 앞서 설명한 適地適樹 문제와 관련이 깊다. 즉 현재 우리가 가지고 있는 천연 고유 수종을 보존하고 그에 대한 生理, 生態學的인 研究를 계속하여 그 知識과 資原을 適地 適樹의 實踐에 活用하자는 것이다.

우리나라 고유수종들은 적어도 몇천년 동안의 自然淘汰로 選拔되어 遺傳的 適應力이 높은 樹種들이다. 따라서 氣象災害에는 가장 강한 樹種들일 것이다.

그러나 우리나라 대부분의 天然樹種들은 高山 및 深山에만 남아 있다. 그리고 많은 種類의 闊葉樹種들은 樹種更新이라는 作業에 의하여 闊雜木으로 취급되어 차별없이 벌채되었고 지금도 벌채당하고 있다.

현재 高山地帶에 天然樹種들을 습도, 溫度, 土壤

條件이 아주 다른 현재의 野山地域에 植栽할 수 있는지, 또한 어떤 方法에 의해서 그 고유수종을 野山地帶에 植栽하는 方向으로 植生 遷移를 이끌어 나갈 수 있는지는 앞으로의 重要한 研究 課題이다.

특히 天然闊葉樹種의 研究는 시급하다. 그것은 天然闊葉樹가 林地를 肥沃하게 하며 그러한 이유로 植生 遷移 過程에 있어서 반드시 거쳐야 할 과정이기 때문이다. 天然闊葉樹種의 養苗法, 適地判定, 造林法, 育林法, 木材利用 分野에 이르기 까지 研究되어야 할 과제는 너무나도 많다.

天然樹種을 造林하기 전에 各 地域에서 適地判定이 이루어져야 하고 이를 위하여 各 樹種 固有의 耐災害性이 測定되어야 한다.

耐災害性을 測定하는 가장 理想的인 方法은 現地에 植栽하여 適応性을 判定하는 것이다. 그러나 極限 低溫이나 심한 가뭄은 몇십년 또는 몇백년에 한번씩 일어나므로 試驗期間이 너무나도 길어 實用性이 적다.

試驗期間을 짧게 하기 위하여 實驗室內에서 極限 低溫, 또는 乾燥狀態를 人爲적으로 樹木에 처리하여 耐災害性을 測定한다. 그러나 實驗室內에서 얻어진 耐凍性이나 耐乾性이 반드시 現地の 耐災害性과 일치하지는 않는다. 그 理由는 室驗室 實驗이 잘못 수행되었을 경우도 있지만, 주로 實驗室 條件이 自然狀態와 다르기 때문이다. 따라서 實驗室 研究는 여러 가지 조건에서 여러 해동안 반복되어야 하며 野外實驗도 同時에 수행되어야 할 것이다.

또 한가지 耐災害性 測定을 어렵게 하는 것은 各 地域마다 測定 時期마다 樹木의 耐災害性이 다르다는 점이다. 따라서 外國에서 測定된 耐災害性의 지식을 그대로 사용할 수 없으며, 國內에서도 地域마다 耐災害性이 測定되어야하는 등 애로점이 많다. 예를 들면 삼나무, 편백나무, 소나무의 耐乾性이 土深과 土性이 다른 地域에서 測定되어야 하고, 高山地帶에서 測定된 층층나무나 가래나무의 耐凍性은 野山地帶에서는 樹種間 耐災害性 比較를 爲하여도 그대로 適用할 수 없다는 점이다.

이와 같은 理由 때문에서도 各 地域의 特殊한 環境條件에서 오랜 自然淘汰 過程을 통해 살아 남은 天然樹種의 價値도 매우 큰 것이다. 天然樹種의 保存은 林地 保存의 側面에서도 重要하다고 생각된다.

大面積 造林을 爲하여 天然林 또는 正의 遷移過程에 있는 既存林分이 全面的으로 樹種 更新된다. 이때 흔히 山頂部位에서 새로 植栽된 樹種이 適地하지 못하는 경우 林地가 荒廢된다. 이 山頂部의 既存樹

種이 비록 生産性이 낮아 경제적으로 가치가 없다고 하더라도 앞으로 林地 生産性을 점차로 높이며 林地를 保存하는 機能으로 林地의 氣象災害를 予防한다는 점에서 그 가치가 更新樹種보다 높을 경우 山頂部의 天然樹種은 그대로 保存되어야 한다.

天然樹種 및 林地保存을 害치는 要因으로서 한때 落葉採取의 被害가 크게 問題化 되었었다. 現在에는 연로림의 운영등의 方法으로 落葉採取의 被害는 많이 감소되었으나, 農村 부근의 野山에서 퇴비 생산을 위하여 상당량의 生葉採取가 무절제하게 이루어지고 있어 문제가 되고 있다. 집중적으로 生葉採取가 이루어진 몇몇 地域에서는 林地荒廢의 수준에까지 이르고 있다.

퇴비생산을 위한 森林內 生葉採取에따른 林地荒廢에 대하여는 앞으로 林業分野에서 조사되어야 하며 農地 肥培의 國家의 重要性에 비추어 퇴비생산 문제는 관계기관과 협조되어 해결되어야 할 것이다. 대안으로서 연로림과 같이 집약적인 재배가 될 수 있는 퇴비 생산포의 形態로 운영되는 것이 바람직 하다.

### (3) 混淆林의 造成과 天然更新의 活用

우리나라 林地는 地形이 복잡하여 좁은 면적내에서도 局所環境이 多樣하게 變化하므로, 氣象災害를 最小化하기 위한 森林의 構成에 있어서 樹種의 多樣化는 不可避하다고 생각된다. 이것은 우리나라 天然林分에서 나타나는 針葉樹및 몇몇 闊葉樹의 群狀混淆林, 그리고 많은 闊葉樹들의 個體混淆林에서 얻어진 推論이다.

混淆林의 利點은 氣象災害 予防뿐만 아니라 病·虫害와 같은 다른 森林災害에도 抵抗力이 強하며 또한 現在 生産性 뿐 만이 아니고 앞으로의 林地 生産性이 增大될 수 있다는 점이다.

어떤 주어진 林地의 構成樹種과 樹種配置에 관하여는 앞으로 研究되어야 한다. 또한 여러가지 混淆林의 作業法, 天然및 人工 更新上의 問題點, 林業經營上의 애로점이 연구되어야 할 것이다.

天然更新은 林業經營上 막대한 經費를 切減할 수 있다는 점에서 뿐만아니라 天然의 適地適樹가 選拔될 수 있다는 점에서도 유리하다. 앞으로 天然更新이 가능한 樹種과 更新方法等에 研究가 필요하다.

앞으로 生態學的으로 또한 造林, 經營學的으로 밝혀 지겠지만 群狀混淆는 森林災害 予防과 造林, 經營上의 애로점 사이에 좋은 타협점이 될 것으로 생각



한다. 이러한 群狀混淆가 또는 더 理想的인 森林形態가 天然更新으로 유지되기 위하여는 樹種選択이나 伐採方法에 있어서 많은 연구가 이루어 져야할 것이다.

遷移過程中에 있는 森林에 있어서, 특히 우리나라 野山과 같이 人爲的인 被害로 荒廢된 林地에 있어서는 樹種選択, 更新方法 및 作業法을 選定하는데 次期 遷移 植生을 고려해야 할 것이다. 예를들면 生産性이 낮은 林地에, 척악지에서 잘 자라는 針葉樹 單純林을 조성하면 現在의 木材生産量이 闊葉樹 單純林 또는 混淆林보다 많을 수 있을 것이나, 그 후속림에서의 林地 生産能力은 低下될 것이 예상된다. 따라서 氣象災害의 機會도 더 많아 질 것이다.

#### (4). 氣象災害量과 要因의 評價

氣象災害量을 正確히 把握한다는 것은, 특히 森林災害가 生長量의 減小로 나타나는 경우 매우 어려운 문제다. 그러나 災害量을 推定함이 없이 災害 預防策을 樹立한다는 것은 無意味하다. 한 가지 예로서 우리가 지년간 30年 동안 심어온 나무의 숫자와 현재 造林地에 살아 남아 있는 나무의 숫자 사이의 엄청난 차이가 무엇 때문에 일어났는지를 알아야 各要因別로 森林災害를 預防할 수 있을 것이다. 그것이 不良한 活着率 때문인지, 凍害때문인지, 乾害때문인지, 不充分한 下刈作業때문인지 또는 生長에 따른 樹木間의 競争에 의한 것인지를 알아야만 그 各各의 原因에 따라 그 輕重을 가려 根本的인 預防策을 마련할 수 있을 것이다.

그동안 우리들은 쉽게 알 수 있었던 災害量에 있어서도 行政上 責任때문에 正確性을 기하지 못해 왔다는 것은 유감이라고 생각한다.

앞으로 森林災害를 評價할 수 있는 專門研究所가 있어야 하겠으며, 그 研究所는 行政上의 獨立性이 반드시 보장되어야 할 것이다.

氣象災害 預防에서 要因을 分析하기 위해서는 상세한 森林氣象資料가 필요하다. 특히 森林局所氣象資料는 長期的으로 測定되어야 氣象災害 預防에 유용하게 쓰일 수 있을 것이다.

#### (5). 林業 各專門分野間的 協力

氣象災害 預防策으로서 適地適樹, 天然樹種의 開發, 混淆林과 天然更新의 利用, 氣象災害의 分析에 대하여 논의했으나 이러한 問題를 解決하기 위하여는 林業專門分野, 造林, 育種, 經營, 木材利用, 政策

行政間에 긴밀한 協力과, 특히 林學 基礎研究分野, 森林土壤, 生態, 樹木分布, 生態的 生理分野와의 協力이 필요하다. 各 分野間的 協力は 災害의 長期性에 비추어 長期的으로 持續되어야 한다. 그리고 보다 慎重하게, 긴 眼目으로 氣象災害가 林業 各分野에 考慮되어야 한다.

造林 10年個 計劃을 2-3年 앞당기기 위하여 저지른 한 分野의 試行錯誤는 100年後 우리나라 全體 林業을 森林 災害에 의하여 20年 또는 30年 늦추게 할 지도 모른다.

森林 災害를 預防하기 위하여 우리 林業人들은 林業外 他分野와도 보다 긴밀한 協力を 해야만 할 것이다.

특히 最近에 問題로 대두되고 있는 自然保護의 各分野에서 일하는 사람들에게, 國土面積의 67%를 관리하고 있는 林業人의 役割과 隘路點을 理解 시켜야 하며 아울러 우리나라 여건에서 林業이 自然保護에 가장 크게 寄與해 왔고 또 현재도 하고 있다는 점을 周知시켜야 할 것이다.

自然保護는 결코 새로운 問題가 아니며 이미 林業人들이 森林 資源을 保續의 爲로 生産해야 하는 任務를 수행해 오면서 한편 부족한 人員으로 國土保存을 위하여 모래산 위에 풀과 나무를 심어 왔던 일이 곧 自然保護의 비릇이었음을 國民 모두에게 알려야 할 것이다.

自然保護는 결코 口號로만 가지고 이루어 지는 것이 아니며 조용하고 꾸준한 實踐으로서만 가능하다. 森林災害의 防除도 各 分野의 均衡있는 協力과 實踐으로서만 이룩될 것이다.

한 나무의 生存과 生長을 決定하는 것은 가장 豊富한 要素에 의해서가 아니고, 가장 缺乏된 要素에 의해서 이다. 森林災害가 林業全分野에서 뒤지지 않고 또한 林業이 우리나라 自然保護 分野에서 가장 뒤늦은 分野가 되지않도록 우리 林業人 모두가 앞으로 더 큰 노력을 아끼지 않아야 할 것이다.

#### 謝 辭

이 論文을 作成하는데 평소 森林災害와 造林問題에 관하여 많은 토론을 해주신 林業試驗場 金甲成 場長님, 建國大學校 趙台換 教授님께 깊은 감사를 드립니다.

#### 引用文獻

1. Weiser, C. J. 1970. Cold Resitance and Injury in Woody Plants. Science 169:1269-1278.
2. Levitt, J. 1972. Responses of Plants to Envi-

- ronmental Stresses. Academic Press 697pp.
3. Burke, M. J., Gusto L. V., Quamme H. A., Weiser C. J., and P. H. Li 1976. Freezing and Injury in Plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27:507-28
  4. Krasavtesv, O. A. 1979. Delay of Supercooled Water Outflow from Parenchyma Cells of Apple Wood. *Sov. Plant Physiol.* 26:330-335
  5. George, M. F. and M. J. Burke 1977. Cold Hardiness and Deep Supercooling in Xylem of Shagbark Hickory. *Plant. Physiol.* 59:319-325
  6. Howell, G. S. and C. J. Weiser. 1970. The Environmental Control of Cold Acclimation in Apple. *Plant Physiol.* 45:390-394
  7. French, D. W. and E. B. Cowling 1975. Diseases of Forest and Shade Trees. Univ. of Minnesota Press 258pp.
  8. 林業試驗場 1980. 中部地方 79年度 造林地被害狀況
  9. Zahner, R. 1968. Water Deficits and Growth of Trees in Water Deficit and Plant Growth Ed. by T. T. Kozłowski. Academic Press. 191-254p.
  10. 大韓民國山林庁 1979. 林業統計要覽. 295-302p.
  11. Sucoff, E. and S. G. Hong. 1974. Effect of Thinning on Needle Water Potential in Red Pine Forest *Science* 20:25-29
  12. 趙台煥, 洪性珪. 1980. 밤나무耐寒性品種選抜에 관한 연구—耐霜性を中心으로— 建國大學校 學術誌24(2):297-319
  13. 송기열 1979. 은수원 사시나무의造林適地에 관한 調査研究. 建國大學校 大學 碩士學位 請求論文
  14. 林業試驗場 1979. 은수원 사시나무 造林地 生長調査