

# 삼나무의 耐寒性\*1

—品種別 採取時期別 差異—

黃 增\*2 · 洪 性 珏\*3

## Freezing Resistance of *Cryptomeria japonica*\*1

—Its clonal and Seasonal Differences—

Jeung Hwang\*2 · Sung Gak Hong\*3

This study aimed to know difference in freezing resistance among different clonal seedlings or different seed source seedlings of *Cryptomeria japonica* which has been selected where extreme cold prevails in Korea and Japan. The freezing resistance of three 12-50 year old trees was also measured in the experiment. The freezing resistance was measured in different tissue parts: mainly leaf, cambium and xylem, at three different collection dates in two different collection places during the winter of 1977-1978.

The following results and discussions were made:

1. The clonal difference in freezing resistance of *Cryptomeria japonica* was 9° to 15°C in maximum according to the collection place. However, the clonal difference in freezing resistance was not related to the difference in climatic conditions where the parent tree have been growing. This implied that the natural selection of cold resistant genes in *Cryptomeria japonica* has not reached its evolutionary equilibrium yet since most of the *Cryptomeria* forest has been established by artificial regeneration.
2. The difference in freezing resistance among leaf, cambium and xylem was not apparent except that leaf of several clones showed higher freezing resistance than cambium or xylem when they collected at mid-winter. The least freezing resistant tissue part, thought its freezing resistance was not measure in all clones and all temperatures were appeared in the apical buds. The new shoot growth was observed in the next spring with being replaced by its dormant or adventitious bud growth when the apical bud was injured by cold during winter.
3. The freezing resistance of leaf, cambium and xylem was shown high enough so that freezing resistance *Cryptomeria* clones in this experiment were supposed to be able to survive in cold winter conditions at the middle part of Korea. However, it was reported that the most susceptible tissue part to winter injury was the basal stem, but of which freezing resistance was not measured in this experiment. Several silvicultural methods for prevention of *Cryptomeria* seedlings from cold damage were discussed in literature.

本 研究는 日本 및 韓國에서 耐寒性이 强하다고 생각되는 삼나무 클론 및 個體間에 耐寒性度의 差異를 알기 위하여 晋州와 全州의 두 地域에서 生長하고 있는 삼나무 苗木 및 成木으로 부터 1977~1978年度 겨울동안 3회에 걸쳐 採取된 試料에 對하여 主로 葉, 形成層, 材部柔組織을 中心으로 耐寒

\*1 Received for publication on August 28, 1978.

\*2 慶尙大學 林學科 Department of Forestry, Gyeong-sang National University, Jinju.

\*3 建國大學校 農科大學 College of Agriculture, Kon-kuk University, Seoul.

性을 調査하였다. 實驗結果와 考察을 要約하면 다음과 같다.

1. 崙론 및 個體間的 耐寒性度 差異는 採取地域에 따라 最高 9°C~15°C程度였다. 이러한 耐寒性度の 差異는 選拔된 母樹가 자라고 있는 地域의 氣候條件과 相關關係가 없었다. 大部分의 삼나무 森林이 人工造林된 것이므로 耐寒性 遺傳子와 環境과의 사이에 自然淘汰에 의한 平衡이 아직도 이루어지지 않는 것으로 解釋되었다.
2. 한기울에 採取된 몇 品種이 葉의 耐寒性도가 形成層이나 材部柔組織보다 높은 結果를 보였던 것 외에는 葉, 形成層, 材部柔組織 間에 耐寒性度の 差異는 거의 없었다. 가장 耐寒성이 낮은 部位는 頂芽이지만 頂芽가 凍害를 받을 경우는 潛芽나 不定芽에 의하여 生長이 계속되는 것이 觀察되었다
3. 葉, 形成層, 材部柔組織의 耐寒性度로 미루어 韓國 中部地域에서도 耐寒성이 강한 삼나무들은 生育될 수 있을 것이 豫想된다. 그러나 삼나무의 가장 耐寒성이 弱한 部位는 地面에 가까운 줄기라고 報告되었기 때문에 앞으로 더 研究가 必要하다고 생각되며 地際部の 凍害를 防止할 수 있는 造林學의 方法들이 他文獻을 通하여 考察되었다.

## 緒 論

삼나무는 원래 우리나라에 自生하는 樹種이 아니고 日本으로부터 導入되었다. 삼나무의 造林이 成功된 地域의 分布는 우리나라 南部에 局限되고 있다. 삼나무의 生育을 制限하는 環境因子는 겨울철 寒冷하고 乾燥한 氣候條件이라고 生覺된다. 이러한 삼나무의 寒害와 寒風害는 原產地인 日本의 東北地方과 그밖에 寒風이 심한 高山地에서 크게 問題가 되고 있으며 이러한 被害를 막기 위하여 耐寒性 또는 耐寒風性이 강한 삼나무를 選拔하려는 育種事業이 큰 可能性을 갖고 進行되고 있다.<sup>3,8)</sup>

日本의 경우 植栽前後의 삼나무 幼苗는 低溫에 의한 凍害에 특히 弱하며 成木은 겨울철 寒冷하고 乾燥한 바람에 의하여 寒風害를 받고 있다고 보고되었다.<sup>8)</sup> 삼나무의 凍害와 日本 東北地方의 地形을 관련시킨 研究에서 Sasanuma와 Hashimoto<sup>13)</sup>는 凍害와 寒風害는 地形에 따라 다르게 나타남을 지적하고 그 各各의 被害를 防止하는 方法이 따로 研究되어야 한다고 주장하고 있다. 日本關東地方에서 土壤이 凍結되었을 때 幼苗의 植栽密度가 높을 때는 寒風害가 크며 낮을 때는 凍害가 치명적이라고 보고하고 있다.<sup>15)</sup>

Furukawa等<sup>2)</sup>은 日本 東北地方의 삼나무 造林地에서 凍害에 의한 被害가 寒風害에 의한 被害보다 더 큰 比重을 차지하고 있다고 보고하고 있다.

우리나라 삼나무가 겨울철에 받고 있는 被害의 原因은 잘 究明되어 있지 않으나 우리나라 겨울 氣候條件은 日本東北地方과 가장 비슷한 것이므로 우리나라의 경우도 삼나무가 幼苗時에는 주로 凍害에 弱하며 成木이 되었을 때는 氣候土壤條件에 따라 凍害와 寒風害를 받을 것이 豫想된다. 우리나라 삼나무 造林地에 現在

發主되고 있는 凍害 및 寒風害의 被害를 감소시키기 위하여 그리고 可能한 한 삼나무 造林地의 北限界線을 緯度上으로나 高度上으로 높이기 위하여 耐寒性 및 耐寒風性이 강한 品種이 育種되어야 하겠다. 育種事業의 첫 단계로서 또한 앞으로 造林地 選擇의 지표로서 現在 이미 選拔되어 보급되고 있는 삼나무 品種에 對한 耐寒性 및 耐寒風性의 調査는 時急하게 先行되어야만 하겠다. 이러한 研究는 現在 增殖되고 있는 삼나무 苗木의 低溫被害를 減少시킬 수 있는 方法들을 提示할 수 있을 뿐만 아니라 삼나무의 耐寒性 遺傳子의 有無를 確認하여 앞으로 育種에 必要한 遺傳子源을 확보하는 데 큰 의의가 있다고 사료된다.

本 試驗은 韓國 및 日本의 비교적 寒冷한 地域에서 자라고 있는 삼나무의 選拔木을 崙론으로 繁殖하여 現在 우리나라에서 生長되고 있는 2年生 插木苗 또는 實生苗 中 耐寒性이 強하다고 認定되는 27系統과 全北地方에서 生長되고 있는 12~50年生 成木 3本을 選擇하여 葉, 形成層, 材部柔組織의 耐寒性도를 늦가을, 한겨울, 초봄의 採取時期別로 測定한 結果를 보고한다.

## 材料 및 方法

### I. 試驗材料

試驗材料는 全羅北道 全州市 所在, 全北道 林業試驗場 삼나무 品種保存園 및 全州地方에 자라는 삼나무를 使用하였다 全北 1, 2號는 全州市 所在, 完山公園에서 자라는 50年生 成木이다. 全北 3號는 12年生 成木이며 全北 4, 5, 6, 7, 8號는 2年生 插木苗로서 全北道 林業試驗場內에서 生長하고 있다. 全北 4~8號까지는 11月中旬에 越冬시키기 위하여 미나무로서 피복되었던 材料를 使用하였다. 그리고 慶尙南道 晉州市 所在 林業試驗場 南部支場에 자라는 23個系統의 삼나무가 使用

되었다.

日本品種인 西盤圓 1號, 盛岡 11號, 氣仙 5號, 稗貫 2號, 中新田 2號, 青森 8號, 大鱗 1號, 仙臺 6號, 里石 9號는 2年生 實生苗이다. 그외 서울 3, 7, 9號, 光州 1號, 光陽 1, 21, 24, 39, 42, 44, 47. 南部 2, 3, 4號는 우리나라에서 選拔된 2年生 挿木苗이다. 이들 個體를 本 試驗에서는 편의상 臨時 品種으로 取扱하고자 한다. 當年에 生長된 苗木의 下部 側枝에서 試料를 採取하였다. 그 側枝의 梢頭部로부터 약 15cm의 小枝를 살과 비닐봉지에 넣고 다시 이들을 얼음과 함께 얼음 상자에 넣어 운반 建國大學校 農科大學 냉동기에서 3~7日間 保管하였다가 使用하였다. 試料의 採取時期는 1977年 10月 26日, 1978年 1月 26日과 3月 9日이었다.

## II. 試驗方法

各 品種의 小枝를 약 4~5cm 정도로 잘라서 레이블한 다음, 이들을 알루미늄 호일(죽킹 호일)에 부착시켜 포장 하였다. 알루미늄 호일은 木材보다 熱전도율이 높으므로 局所溫度를 均一하게 확산시켜 試料間의 溫度差를 最小化시키는 作用을 한다. 알루미늄 호일에 포장된 試料를 溫度를 徐徐히 下降시키기 위하여 보온병에 넣고, 그 보온병을 냉동기(最低溫度 -70°C)에 넣어 時間當 6°C보다 늦은 速度로 低溫處理하였다. 9개 보온병중 1개는 對比 試料로서 4°C 냉장고에 넣고 나머지는 냉동기에서 試料의 溫度가 지정된 處理溫度에 이를때마다 이것을 냉동기로 부터 꺼내어 4°C 냉장고에 放置하여 徐徐히 解水시켰다. 지정된 處理溫度는 1977年 10月 26日에 採取된 試料에 對하여 -6, -10, -14, -18, -22, -26, -30, -34°C로, 78年 1月 26日에 採取된 試料는 -12, -15, -18, -21, -24, -27, -29, -33°C로, 3月 9日에 採取된 試料는 -16, -18, -20, -22, -24, -26, -28, -30°C로 處理하였다. 解水된 試料는 관계습도 100%, 溫度 20°C로 暗中的 條件에서 10日間 放置시켰다. 이와 같이 處理된 試料는 葉, 形成層, 材部柔組織의 部位別로 그 傷害程度를 해부 현미경으로 觀察되었다. 葉의 傷害程度는 葉의 횡단면 方向으로 절단한 後에 葉脈이 갈색으로 變化한 葉의 數를 全體葉數에 對한 백분율로 表示하였고 形成層 및 材部柔組織의 傷害程度는 小枝의 횡단면 상의 變色된 形成層의 길이 또는 林部柔組織의 面積을 全體 길이 또는 全體 面積에 對한 백분율로 表示하였다.

## 結果 및 考察

1978年 1月 26日에 採取된 삼나무 31個品種의 葉, 形

成層, 材部柔組織의 耐寒性度는 各各 表 1, 2, 3과 같다. 各 品種의 低溫處理에 의한 平均傷害率이 50%이상이 되었을 때의 處理溫度를 임의로 致死溫度로 定하고 各 品種間의 耐寒性의 差異를 그 致死溫度에 基調하여 決定하였다. 같은 致死溫度를 가졌을 때는 그 致死溫度에서 나타난 平均 傷害率에 基調을 두고 耐寒性을 評價하였다.

1977年 10月 26日과 1978年 3月 9日에 採取된 試料에 對하여 50%以上の 傷害率을 나타낸 致死溫度와 그 溫度에서의 傷害率을 調査하였다. 表 4, 5, 6은 各各 葉, 形成層, 材部柔組織의 採取時期別 致死溫度 및 傷害率의 結果이다. 表 4, 5, 6에 나타난 1978年 1月 26日의 結果는 表 1, 2, 3에서 얻어진 것이다.

表 4, 5, 6에서 보면 葉, 形成層, 材部柔組織의 모든 部位가 늦가을에 採取된 試料의 耐寒性이 한겨울에 이르러 더욱 높아졌고 다시 초봄이 되어 耐寒性이 낮아지는 것을 알 수 있다. 이와같이 계절에 따라 耐寒性度가 變化하는 것은 다른 樹木들의 경우와 같다. 모든 樹木들이 한겨울 동안에는 그 氣候條件下에서 가장 높은 耐寒性度를 나타내는데 이러한 最高耐寒性度가 우리나라의 경우는 1月 中旬에서 2月 中旬 사이에 나타나는 것 같다. 表 1, 2, 3에 나타난 葉, 形成層, 材部柔組織의 最高耐寒性度는 品種間에 상당한 差가 있음을 보여 준다. 全北 1, 2號는 50年生 成木임에도 불구하고 같은 지역에서 生育된 全北 4, 5, 6, 7號보다 10°C~15°C의 耐寒性의 差異를 보이고 있다. 晉州에서 採取된 試料도 品種間 最高 9°C정도의 耐寒性의 差異를 보여 준다.

晉州에서 採取된 品種 사이에 耐寒性의 比較는 生育條件이 다르므로 큰 意義는 없으나 全州의 品種保存園은 겨울동안에 비닐하우스로 保護를 받았기 때문에 비교적 따뜻한 晉州의 自然 野外 氣候條件과 비슷하리라는 가정 아래 耐寒性을 比較할 수도 있다. 1977年 10月 26日에 採取된 試料들은 全州에서 비닐하우스를 設置하기 이전에 調査된 것이므로 물론 양 地域間의 品種에 對하여 耐寒性을 比較할 수 있다고 생각된다.

서울 9호는 서울 7호나 서울 3호에 비하여 모든 採取時期에 있어서 耐寒性이 낮다(表 4, 5, 6). 光陽地方에서 選拔된 品種들 사이에 있어서도 4°C정도의 耐寒性의 差異를 보여주고 있다. 서울地方에서 選拔된 品種들이 아주 남쪽인 光陽에서 選拔된 品種들에 비하여 몇몇 品種이 더 낮은 耐寒性 또는 거의 비슷한 耐寒性을 보여주었다는 것은 예상외의 結果이다. 이와같이 같은 地方에서 選拔된 品種들 사이에 耐寒性의 차이가 크고 또한 다른 地域에서 選拔된 品種들의 耐寒性이

Table 1. Freezing resistance of leaf of *Cryptomeria japonica* collected at 1/26/78.

Clone(place of collection)	Treatment temperature(C°)								
	4	-12	-15	-18	-21	-24	-27	-29	-33
晉州=西 盤 圓 1號	—	—	—	—	—	—	—	—	66
盛 岡 11號	—	—	—	—	—	—	—	66	66
氣 仙 5號	—	—	—	—	—	—	—	33	66
稗 貫 2號	—	—	—	—	—	—	—	—	33
中 新 田 2號	—	—	—	—	—	—	—	—	66
青 森 8號	—	—	—	—	—	—	—	—	50
大 鱒 1號	—	—	—	—	—	—	—	33	—
仙 臺 6號	—	—	—	—	—	33	33	33	100
黑 石 9號	—	—	—	—	—	—	—	—	33
서 울 3號	—	—	—	—	—	—	—	33	33
서 울 7號	—	—	—	—	—	—	—	—	—
서 울 9號	—	—	—	—	—	33	66	66	100
光 州 1號	—	—	—	—	—	—	—	33	100
光 陽 1號	—	—	—	—	—	—	33	33	33
光 陽 21號	—	—	—	—	—	—	—	—	33
光 陽 24號	—	—	—	—	—	—	—	33	100
光 陽 39號	—	—	—	—	—	—	—	66	100
光 陽 42號	—	—	—	—	—	—	—	—	—
光 陽 44號	—	—	—	—	—	—	—	33	66
光 陽 47號	—	—	—	—	—	—	10	100	100
南 部 2號	—	—	—	—	—	—	—	33	66
南 部 3號	—	—	—	—	—	—	—	—	100
南 部 4號	—	—	—	—	—	—	—	66	66
全州=全 北 1號	—	—	—	—	66	66	100	100	100
全 北 2號	—	—	—	80	100	100	100	100	100
全 北 3號	/	/	/	/	/	/	/	/	/
全 北 4號(SE18)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
全 北 5號(NF38)	—	—	—	—	—	—	—	33	100
全 北 6號(NF47)	—	—	—	—	—	—	—	33	100
全 北 7號(NF30)	—	—	—	—	—	—	—	—	50
全 北 8號(NE8)	—	—	—	—	—	—	—	—	33

\* 全北 3號는 이미 凍死하였음

Unit: Percent damage

그 地域의 氣候的 條件과 상관관계가 희박하다는 사실은 우리나라나 日本에 植栽된 삼나무들이 모두 人工造林되었던 것이고 自然的인 低溫에 依하여 도태가 일어날 機會가 많지 않았기 때문에 生育하고 있는 地域의 低溫條件과 耐寒性 遺傳子 사이에 自然淘汰에 의한 평형이 이루어지지 않고 있다는 것으로 해석 될 수가 있다.

이와 비슷하게 Furukoshi<sup>3)</sup>는 삼나무의 耐寒性 遺傳子와 外部環境과의 平衡狀態가 이루어지지 않고 있는 경우를 報告하고 있다. 그는 種子產地別로 겨울철 凍害率이 현격하게 다르다는 것을 觀察했으나 그 凍害率

이 種子產地의 低溫條件과는 아무런 相關關係가 없음을 알았다. 이상의 研究結果들을 綜合할때 現在 緯度上 또는 高度上으로 寒冷한 地域에서 生長되고 있는 品種들이 반드시 耐寒性 遺傳子를 갖고 있으리라는 일반적 추측이 삼나무에서는 크게 기대할 수 없다는 것을 暗示한다. 이것은 앞으로 耐寒性 삼나무 品種을 選拔하는 過程에서 고려되어야 할 것이다. 삼나무와는 달리 스트로브스 잣나무(*pinus strobus*)와 같은 경우는 種子產地의 最低氣溫과 產地苗木의 耐寒性과의 사이에 큰 相關關係가 있음이 보고되었다.<sup>7)</sup> 이는 스트로브스 잣

Table 2. Freezing resistance of cambium of *Cryptomeria japonica* collected at 1/26/78.

Clone(place of collection)	Treatment temperature(C°)								
	4	-12	-15	-18	-21	-24	-27	-29	-33
晋州=西盤圓 1號	—	—	—	—	—	—	—	—	66
盛岡 11號	—	—	—	—	—	—	—	66	66
氣仙 5號	—	—	—	—	—	33	33	66	100
程貫 2號	—	—	—	—	—	—	—	—	33
中新田 2號	—	—	—	—	—	—	—	—	66
青森 8號	—	—	—	—	—	—	—	25	50
大鰐 1號	—	—	—	—	—	—	—	33	33
仙臺 6號	—	—	—	—	—	33	53	66	100
黑石 9號	—	—	—	—	10	33	—	—	66
서울 3號	—	—	—	—	33	—	10	66	66
서울 7號	—	—	—	—	—	—	—	—	33
서울 9號	—	—	—	—	—	33	66	100	100
光州 1號	—	—	—	—	—	—	—	33	100
光陽 1號	—	—	—	—	—	33	33	33	66
光陽 21號	—	—	—	—	—	—	—	—	100
光陽 24號	—	—	—	—	33	—	—	66	100
光陽 39號	—	—	—	—	—	—	20	66	100
光陽 42號	—	—	—	—	—	—	33	33	66
光陽 44號	—	—	—	—	—	—	—	33	66
光陽 47號	—	—	—	—	—	—	20	100	100
南部 2號	—	—	—	—	—	—	—	66	100
南部 3號	—	—	—	—	—	—	—	33	100
南部 4號	—	—	—	—	—	—	—	66	100
全州=全北 1號	—	—	—	—	80	66	100	100	100
全北 2號	—	—	33	100	100	100	100	100	100
全北 3號*	/	/	/	/	/	/	/	/	/
全北 4號(SE18)	—	—	—	—	—	—	—	33	33
全北 5號(NF38)	—	—	—	—	—	—	—	100	100
全北 6號(NF47)	—	—	—	—	—	—	33	100	100
全北 7號(NF30)	—	—	—	—	—	—	33	33	100
全北 8號(NE8)	—	—	—	—	—	—	33	40	100

\* 全北 3號는 이미 凍死 하였음.

Unit: Percent damage

나무가 오랜 世代동안 種子産地의 局部 環境條件에 適應되어 그 遺傳子들이 平衡狀態에 가까와지고 있다고 해석될 수 있다. 그의 다른 樹種들에 있어서도 한 樹種內에 서로 다른 耐寒性을 갖는 生態型들이 地理的 分布와 耐寒性 사이에 밀접한 관계가 있음을 보여 주고 있다.<sup>7)</sup> 이와같은 樹種들의 境遇에도 耐寒性 品種 選拔에 있어서 그 地理的 分布가 매우 重要한 選拔基準이 된다.

삼나무의 皮層의 耐寒性度는 모든 採取時期에 있어서 葉, 形成層, 材部柔組織들의 耐寒性度보다, 높았기

때문에 이에 對한 結果는 本 研究에 포함시키지 않았다. 耐寒性이 강한 落葉闊葉樹의 경우는 초가을에 材部柔組織, 形成層, 冬芽, 皮層의 順位로 皮層이 가장 낮은 耐寒性度를 나타내다가 한겨울에는 그 反對의 順位로 皮層이 가장 높은 耐寒性度를 가진다. 다시 늦은 봄이 되면 초가을의 경우와 같은 部位別 耐寒性度의 差異를 보인다.<sup>9,12)</sup> 耐寒性이 강한 常綠針葉樹들도 한겨울에는 皮層, 冬芽, 形成層이 다른 部位보다 耐寒性이 높다.<sup>12)</sup> 本 試驗에서 皮層이 다른 部位들보다 耐寒性이 높았던 것은 試料들이 採取時期에 상당한 耐寒性을 發達

Table 3. Freezing resistance of xylem of *Cryptomeria japonica* collected at 1/26/78

Clone(place of collection)	Treatment temperature (C°)								
	4	-12	-15	-18	-21	-24	-27	-29	-33
晉州=西 盤 圓 1號	—	—	—	—	—	—	—	—	66
盛 氣 仙 11號	—	—	—	—	10	—	—	66	66
程 貫 仙 5號	—	—	—	—	—	33	33	50	100
中 新 貫 2號	—	—	—	—	—	—	—	—	33
青 新 田 2號	—	—	—	—	—	—	—	—	66
大 森 8號	—	—	—	—	—	—	—	25	50
仙 鱈 1號	—	—	—	—	—	—	—	33	33
仙 臺 6號	—	—	—	—	—	33	56	50	100
黑 石 9號	—	—	—	—	—	33	—	—	66
서 울 3號	—	—	—	—	33	—	—	36	66
서 울 2號	—	—	—	—	—	—	—	—	33
서 울 9號	—	—	—	—	—	33	66	66	100
光 州 1號	—	—	—	—	—	—	—	33	100
光 陽 1號	—	—	—	—	—	33	33	53	66
光 陽 21號	—	—	—	—	—	—	—	—	100
光 陽 24號	—	—	—	—	33	—	—	66	100
光 陽 39號	—	—	—	—	—	—	20	66	100
光 陽 42號	—	—	—	—	—	—	33	33	66
光 陽 44號	—	—	—	—	—	—	—	33	66
光 陽 47號	—	—	—	—	—	—	20	100	100
南 部 2號	—	—	—	—	—	—	—	66	100
南 部 3號	—	—	—	—	—	—	—	33	100
南 部 4號	—	—	—	—	—	—	—	80	100
全州=全 北 1號	—	—	—	—	80	50	100	100	100
全 北 2號	—	—	33	100	100	100	100	100	100
全 北 3號*	/	/	/	/	/	/	/	/	/
全 北 4號(SE18)	—	—	—	—	—	—	—	33	33
全 北 5號(NF38)	—	—	—	—	—	—	—	100	100
全 北 6號(NF47)	—	—	—	—	—	—	33	100	100
全 北 7號(NF30)	—	—	—	—	—	—	33	33	100
全 北 8號(NE8)	—	—	—	—	—	—	33	33	100

\*全北 3號는 이미 凍死하였음.

Unit: Percent damage

시켰음을 말해준다.

表 1, 2, 3間에, 또 表 4, 5, 6間에 같은 品種에서 葉, 形成層, 材部柔組織들의 耐寒性을 比較해 보면 그 差異는 몇몇 品種을 除外하고는 크지 않았다. 특히 늦가을과 초봄에 採取된 試料들은 部位別로 비슷한 耐寒性度를 나타내었다. 한겨울에 採取된 試料들 중에서 光陽 42號, 全北 6, 7, 8號들의 경우만이 葉의 耐寒性度가 形成層이나 材部柔組織의 耐寒性度보다 높았다. 이와같이 葉, 形成層, 材部柔組織의 耐寒性度가 비슷하게 나타나는 것은 比較的 耐寒性度가 弱한 常綠針葉樹

나 삼나무에서 이미 觀察되었다<sup>11,12)</sup>. 冬芽의 型態가 均一한 試料가 充分하지 않았기 때문에 本 研究에서는 冬芽의 耐寒性을 全體의으로 取扱하지 못했으나 冬芽의 耐寒性을 全體의으로 取扱하지 못했으나 冬芽의 耐寒性이 測定될 수 있었던 試料에서 보면 다른 部位보다 10°C~15°C정도로 弱한 耐寒性度를 나타내었다. 이러한 觀察은 Horiuchi와 Sakai<sup>9)</sup>가 삼나무의 눈은 다른 部位들 보다 가장 낮은 耐寒性度를 나타내며 그 差異가 8°C 이상이 된다고 보고한 것과 일치한다. 그러나 冬芽의 耐寒性이 弱하여 모든 冬芽가 全部凍死한다고 하

Table 4. Seasonal changes in leaf freezing resistance of *Cryptomeria Japonica*

Clonal(place of collection)	Collection dates		
	77/10/26 D.T. <sup>1)</sup> (%D. <sup>2)</sup> )	78/1/26 D.T.(%D.)	78/3/9 D.T.(%D.)
(晋州)			
西盤園 1號	-14 (80)	-33 (66)	-20 (50)
盛岡 11號	-18(100)	-29 (66)	-26 (50)
氣仙 5號	-22(100)	-33 (66)	-24 (65)
稗貫 2號	-18(100)	<-33 (33)	-24 (95)
中新田 2號	-14(100)	-33 (66)	-26 (75)
青森 8號	-22(100)	-33 (50)	-24 (80)
大鱈 1號	-18 (70)	<-33 (33)	-26 (55)
仙臺 6號	-14(100)	-33(100)	-26 (85)
黑石 9號	-22 (90)	<-33 (33)	-22 (85)
서울 3號	-18(100)	<-33 (33)	-20 (60)
서울 7號	-18(100)	<-33 (0)	-26 (60)
서울 9號	-18(100)	-27 (66)	-18 (50)
光州 1號	-18 (85)	-33(100)	-22 (90)
光陽 1號	-18 (85)	<33 (33)	-22 (80)
光陽 21號	-18(100)	<-33 (33)	-26 (70)
光陽 24號	-18(100)	-33(100)	-24 (80)
光陽 39號	-18 (60)	-29 (66)	-22 (60)
光陽 42號	-14 (50)	<-33 (0)	-22 (85)
光陽 44號	-14 (60)	-33 (66)	-24 (50)
光陽 47號	-14 (66)	-29(100)	-26 (80)
南部 2號	-22(100)	-33 (66)	-22 (50)
南部 3號	-26(100)	-33(100)	-22 (60)
南部 4號	-22(100)	-29 (66)	-22 (80)
(全州)			
全北 1號	-18(100)	-21 (66)	-18 (60)
全北 2號	-18(100)	-18 (80)	-16(100)
全北 3號	- 6 (50)		
全北 4號 (SE18)	-18(100)	<-33 (0)	-24 (50)
全北 5號 (NF38)	-18(100)	-33(100)	-24 (85)
全北 6號 (NF47)	-18(100)	-33(100)	-22 (50)
全北 7號 (NF30)	-14 (50)	-33 (50)	-22 (80)
全北 8號 (NE8)	-18 (90)	<-33 (33)	-22 (85)

Table 5. Seasonal changes in cambium freezing resistance of *Cryptomeria japonica*

Clone(place of collection)	Collection dates		
	77/10/26 D.T. <sup>1)</sup> (% D. <sup>2)</sup> )	78/1/26 D.T.(%D.)	78/3/9 D.T.(% D.)
(晋州)			
西盤園 1號	-14 (50)	-33 (66)	-20 (50)
盛岡 11號	-14 (66)	-29 (66)	-28(100)
氣仙 5號	-22(100)	-29 (66)	-24 (50)
稗貫 2號	-18(100)	<-33 (33)	-24 (75)
中新田 2號	-14(100)	-33 (66)	-26 (50)
青森 8號	-22(100)	-33 (50)	-24 (50)
大鱈 1號	-14 (66)	<-33 (33)	-26 (50)
仙臺 6號	-14(100)	-27 (53)	-26 (75)
黑石 9號	-22(100)	-33 (66)	-22 (75)
서울 3號	-18(100)	-29 (66)	-20 (50)
서울 7號	-18(100)	<-33 (33)	-26 (50)
서울 9號	-14 (55)	-27 (66)	-18 (50)
光州 1號	-18(100)	-33(100)	-22(100)
光陽 1號	-18(100)	-33 (66)	-22 (75)
光陽 21號	-18(100)	-33(100)	-26 (70)
光陽 24號	-14 (50)	-29 (66)	-24 (80)
光陽 39號	-18 (50)	-29 (66)	-22 (50)
光陽 42號	-14 (50)	-33 (66)	-22 (85)
光陽 44號	-14 (66)	-33 (66)	-26 (85)
光陽 47號	-14 (66)	-29(100)	-26 (80)
南部 2號	-22(100)	-29 (66)	-22 (50)
南部 3號	-22 (50)	-33(100)	-22 (50)
南部 4號	-18 (50)	-29(100)	-22 (75)
(全州)			
全北 1號	-18(100)	-21 (80)	-18 (60)
全北 2號	-14 (50)	-18(100)	-16(100)
全北 3號	- 6 (50)	/ /	/ /
全北 4號 (SE18)	-18(100)	<-33 (33)	-24 (50)
全北 5號 (NF38)	-18(100)	-29(100)	-22 (80)
全北 6號 (NF47)	-18(100)	-29(100)	-22 (50)
全北 7號 (NF30)	-14 (50)	-33(100)	-22 (75)
全北 8號 (NE8)	-18(100)	-33(100)	-22 (85)

1) D.T.: Temperature at which damage occurred more than 50% and

2) % D: Percent damage at D.T.

더라도 삼나무의 경우는 潛芽 또는 不定芽로서 再生이 可能하기 때문에 致命的인 被害는 豫想되지 않는다는 것이 보고되었다.<sup>2)</sup>

本試驗에서 觀察된 바로는 삼나무 冬芽의 被害는 1mm~3mm에 지나지 않았고 自然狀態의 圃場에서 凍害를 받는 삼나무 苗木들의 눈이 봄에 새로운 生長을 潛芽나 不定芽로서 계속하는 것을 觀察하였다.

삼나무 苗木의 致命的인 被害는 地表面에 近接한 줄기의 凍死가 될 것이다. 이것은 地表面의 局部 氣象條件

Table 6. Seasonal changes in xylem freezing resistance of *Cryptomeria japonica*

Clone place of collection)	Collection dates		
	77/10/26 D.T. <sup>1)</sup> (%D. <sup>2)</sup> )	78/1/26 D.T.(% D.)	78/3/9 D.T.(%D)
(晉州)			
西盤區 1號	-14 (50)	-33 (60)	-20 (50)
盛 岡 11號	-14 (66)	-29 (66)	-28(100)
氣 仙 5號	-22(100)	-29 (50)	-24 (50)
稗 貫 2號	-18(100)	<-33 (33)	-24 (75)
中新田 2號	-14(100)	-33 (66)	-26 (50)
青 森 8號	-22(100)	-33 (50)	-24 (50)
大 鱈 1號	-14 (66)	<-33 (33)	-26 (50)
仙 臺 6號	-14(100)	-27 (56)	-26 (80)
黑 石 9號	-22(100)	-33 (66)	-22 (75)
서 울 3號	-18(100)	-33 (66)	-20 (50)
서 울 7號	-18(100)	<-33 (33)	-26 (50)
서 울 9號	-14 (55)	-27 (66)	-18 (50)
光 州 1號	-18(100)	-33(100)	-22(100)
光 陽 1號	-18(100)	-33 (66)	-22 (75)
光 陽 21號	-18(100)	-33(100)	-26 (70)
光 陽 24號	-14 (80)	-29 (66)	-24 (80)
光 陽 39號	-18 (50)	-29 (66)	-22 (50)
光 陽 42號	-14 (50)	-33 (66)	-22 (85)
光 陽 44號	-14 (66)	-33 (66)	-26 (85)
光 陽 47號	-14 (80)	-29(100)	-26 (80)
南 部 2號	-22(100)	-29 (66)	-22 (50)
南 部 3號	-22 (50)	-33(100)	-22 (50)
南 部 4號	-18 (50)	-29 (80)	-22 (75)
(全 州)			
全 北 1號	-18(100)	-21 (80)	-18 (60)
全 北 2號	-14 (50)	-18(100)	-16(100)
全 北 3號*	- 6 (50)	/ /*	/ /*
全 北 4號 (SE18)	-18(100)	<-33 (33)	-24 (50)
全 北 5號 (NF38)	-18(100)	-29(100)	-22 (80)
全 北 6號 (NF47)	-18(100)	-29(100)	-22 (50)
全 北 7號 (NF30)	-14 (50)	-33(100)	-22 (75)
全 北 8號 (NE8)	-18(100)	-33(100)	-22 (85)

\* 全北 3號는 이미 凍死하였음.

이 地上部보다 夜間의 最低氣溫은 더 낮고 한낮에는 最高氣溫이 더 높아져 日中 溫度變化가 크기 때문에 樹木의 基部에 더 큰 凍害를 줄 뿐만 아니라,<sup>15)</sup> 基部의 耐寒性이 上部의 耐寒性보다 더 弱할 때는 被害程度는 매우 致命的이다.

또한 樹木의 上部가 凍死했을 때는 어느 程度까지는 再生될 수 있으나 基部가 凍死했을 때는 비록 基部의 一部分만이 被害를 입었다고 하더라도 樹木 全體가 고사되므로 그 被害가 莫甚하다. 비교적 耐寒性이 弱한 樹種들은 基部의 耐寒性이 上部보다 弱한 傾向이 있다고 報告되고 있다<sup>1,4,11,12)</sup>. 2年生 삼나무 苗木의 경우 基部나 上部의 耐寒性의 差異는 약 5~7°C 정도로 基部가 맞으며 耐寒性의 發達速度는 基部가 약 1주일가량 낮다고 報告되었다.<sup>10)</sup> 本 研究에서는 試料의 量이 制限되었기 때문에 가장 耐寒性이 弱하리라고 豫想되는 基部의 耐寒性도가 測定되지 못하였다. 그러나 이러한 基部의 致命的인 被害는 成木이 될수록 적어진다고 報告되고 있다<sup>2)</sup>. 立地의 條件에 따라 基部와 上部의 耐寒性의 差異는 달라진다.

例를 들면 南向이나 南西向面은 基部와 上部의 耐寒性의 差異가 크나 北向面에서는 基部와 上部의 差異가 인정되지 않는다<sup>10)</sup>. 基部의 致命的인 被害는 造林方法에 따라서도 防止될 수 있다<sup>3)</sup>.

이상과 같은 경우에 本 研究에서 얻어진 耐寒性度의 結果는 有用하게 適用될 수 있으리라 믿는다. 本 實驗에서 얻어진 삼나무의 耐寒性도를 같은 해에 趙와 洪<sup>1)</sup>에 의하여 얻어진 밤나무의 耐寒性도와 比較해 보면 1977年 10月 26일에 大部分의 삼나무 耐寒性이 1978年 10月 30일에 採取된 밤나무 品種들보다 높았고 1978年 1月 26일에 採取된 삼나무는 4品種을 除外하고는 1978年 1月, 1978年 1月 10일에 採取된 大部分의 品種들보다 높은 耐寒性을 나타내었다. 밤나무 品種들이 採取된 場所가 京畿道 화성군 및 포천군인 데 비하여 삼나무가 採取된 全北 全州나 慶南 晉州는 緯度上 낮은 地域임에도 삼나무가 밤나무보다 높은 耐寒性을 보였다는 것은 豫想外의 結果였다.

물론 삼나무의 耐寒性이 가장 弱한 部位는 幼苗의 경우 冬芽나 樹幹의 基部이기 때문에 本 實驗에서 測定된 上部의 耐寒性보다 實際 自然狀態에서 겨울철 低溫에 견디는 能力은 훨씬 낮을 것이다. 밤나무도 한겨울에 梢頭部보다 上端部가 더 낮은 耐寒性을 보였고<sup>1)</sup>, 삼나무 幼苗에 있어서 梢頭部와 基部 사이에 약5~7°C의 耐寒性의 差異가 있는 것을<sup>10)</sup> 고려하여 1月 26일에 採取된 삼나무 苗木 全體의 豫想 耐寒性도는 밤나무 가운데 耐寒性이 비교적 낮은 品種들의 耐寒性도와 비슷하였다.

만일 삼나무의 基部를 凍害로부터 造林學的인 方法으로 回避시키므로써 安全하게 幼苗時期를 지나 일단 成木이 된 후 基部가 致命的인 凍害를 받지 않게 될 수 있다면<sup>2)</sup> 本 實驗에서 드러난 耐寒性으로 보아 耐



寒性 品種의 클론 번식체를 植栽함으로써 緯度上으로나 高度上으로 삼나무의 植栽限界를 넓힐 수 있을 것이다.

日本에서는 造林學的인 方法으로 삼나무 幼苗의 凍害를 防止하기 위하여 여러가지로 研究를 하고 있다. Sasanuma와 Fabuchi<sup>15)</sup>는 幼苗의 植栽密度를 더 크게 하여 植栽間隔을 넓게 했을 때 凍害에 依한 被害를 보다 減少시킬 수 있다고 報告하고 있다. Furutoshi<sup>3)</sup>는 깃나무를 삼나무에 寄植시킴으로써 凍害率을 減少시켰고 Sasanuma<sup>14)</sup>는 삼나무를 常綠針葉樹 林內에 樹下植栽하여 凍害를 防止할 수 있었다고 報告하고 있다.

삼나무 植栽地에 斜面方位, 山地의 凹凸形, 바람받이의 局部的 位置等의 凍害 또는 寒風害를 防止하기 爲하여 적절히 選擇하는 研究도 매우 重要하다고 思料된다.<sup>12)</sup> 育種學的으로는 耐寒性 種子의 採取와 耐寒性 遺傳子의 확보를 爲하여 母樹選拔과 後代檢定을 通하여 遺傳力을 測定하는 등 앞으로의 育種事業을 爲한 基礎 研究가 활발하다.<sup>3,5)</sup>

우리나라 삼나무의 造林地 限界線을 擴大하는 問題는 造林學的 方法의 改善이라든가 耐寒性品種을 開發하는 單純한 作業만으로 解決될 것 같지는 않다. 삼나무가 겨울 동안에 被害를 받는 原因이 凍害와 寒風害가 各各으로 또한 複合的으로 作用하여 그 해 氣象條件에 따라 複雜할 뿐만 아니라, 우리나라는 봄철과 가을철에 乾燥한 氣候를 갖기 때문에 이러한 乾燥한 條件에서 얼마나 견디어 내며 얼마나 生長을 할 수 있는가 하는 문제가 있다. Kisi<sup>5)</sup>에 의하면 삼나무 造林地의 限界線擴大는 어떤 林地에 樹木의 生存이란 點에만 局限된 問題가 아니고 林地의 生産性을 左右하는 樹木의 生長量을 考慮하여 決定되어야 할 것이다.

앞으로 삼나무의 耐寒性 研究도 우리나라 氣候條件下에서 生長率을 念頭에 두고 育種學的인, 그리고 造林學的인 研究를 平衡하여 實施되어야 할 것이다.

## 結 論

삼나무 클론간에 耐寒性의 差異가 있었으나 各 클론이 選拔된 地域의 氣候條件과 耐寒性과는 密接한 關係가 없었다. 따라서 耐寒性 삼나무를 選拔하기 위하여는 광범위한 地域에서 母樹를 탐색하여야 한다.

본 實驗結果로 비추어 耐寒性이 높은 품종을 선택하여 적절한 栽培방법을 실시한다면 現在 삼나무 식재지의 凍害를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 栽培지 北限界線을 확대시킬 수도 있는 可能性이 있다는 생각이 된다.

그러나 삼나무는 耐寒性 뿐만이 아니고, 耐寒風性, 生長率에 관련된 耐乾性 등이 고려되어 삼나무의 育種,

造林, 經營方法의 改善이 종합적으로 이루어져야만 現在 植栽限界線 이상으로 삼나무 造林地를 成功的으로 확대할 수 있다고 結論지을 수 있다.

## 謝 辭

本 研究를 爲하여 試料採取 및 조사 品種의 選定에 아낌없는 도움과 忠告를 주신 山林廳 林業試驗場 南部支場 金思日 支場長님과 全羅北道 林業試驗場 金正夏 場長님께 깊은 감사를 드립니다.

또한 本 研究結果를 分析 考察함에 있어서 삼나무 栽培의 전반적인 問題點을 토의해 주신 林業試驗場 金甲成 場長님, 吳敏榮 課長님, 金鍾元 研究官님께 謝意를 表합니다.

## REFERENCES

- 1) Tae-Hwan Cho and Sung-Gak Hong. 1978. Difference in Freezing Resistance between Tip and Base Portion of Twigs of Chestnut Cultivars. Academic Research Centre Kon-Kuk Univ. 22 : 211-226.
- 2) Furukawa, T. et al. 1968. On the frost damage at the several plantations of Sugi in Tohoku district. J. Jap. For Soc. 50(5):146-149.
- 3) Furukoshi, T. 1971. Variation of the Survival Ratios in *Cryptomeria japonica* D. Don plantations of Different Seed Sources and the Effect of Bunch planting on Resistance to Cold-Damage. J. Jap. For. Soc. 53(12):391-395.
- 4) Horiuch, T. and A Sakai. 1973. Effect of Temperature on the frost Hardiness of *Cryptomeria japonica*. J. Jap. For. Soc. (55)(2):46-51.
- 5) Kisi, Z. 1975. The reduction of transpiration rate and leaf water content in several varieties of *Cryptomeria japonica* subjected to water stress. J. Jap. For. Soc. 57(6):197-200.
- 6) Y.H., Lee. T.H. Cho and S. G. Hong. 1976. Selection of Freezing Resistant Cultivars in Chestnut(*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.) Academic Research Centre Kon-Kuk Univ. 20:211-228.
- 7) Maronek D.M. and H.L. Flint. 1974. Cold hardiness of needles of *Pinus strobus* L. as a function of geographis source. Forest Sci. 20:135-141.
- 8) Murai, M. and T. Furukoshi. 1976. The difference

- of cold injury among the half-sib families from *Cryptomeria* plus trees. J. Jap. For. Soc. 58(2): 47-51.
- 9) Quamme, H. Stushnoff, C. J. Weiser. 1972. The relationship of exotherms to cold injury in apple stem tissue. J. Amer. Soc Hort. Sci 97(7): 608-613.
- 10) Sakai, A. and Saito, M. 1967. Frost Damage at the Bassal Stem in Young *Cryptomerias*. J. Jap. For. Soc. 49(6):244-251.
- 11) Sakai, A. and S. Okada. 1971. Freezing resistance of conifers silvae Gen. 20:91-97.
- 12) Sakai, A. and C. J. Weiser. 1973. Freezing resistance of trees in north America with reference to tree region Ecology 54(1):118-126.
- 13) Sasanuma, T. and Hashimoto, T. 1970. Relations between the topography and the frost damage of *Cryptomeria japonica* in the Abukuma Plateau. J. Jap. For. Soc. 5(9):283-288.
- 14) Sasanuma, T. 1971. The relationship between the frost damage of *Cryptomeria japonica* seedlings and upper shading J. Jap. For. Soc. 53(1): 22-25.
- 15) Sasanuma, T. and Tabuchi, K. 1975. Cold damage of *Cryptomeria japonica* seedlings in the winter of 1973-1974 in nursery J. Jap. For. Soc. 57(7):235-238.