

삼나무의 生育環境

林木育種研究所 育種科長 沈 相 榮

目 次

1. 緒論
2. 生育에 影響을 미치는 諸環境因子
3. 삼나무의 造林環境
 - 가. 氣溫
 - 나. 降水量
 - 다. 降雪量
 - 라. 關係濕度
 - 마. 土壤
4. 寒害와 耐凍性
 - 가. 寒風害
 - 나. 凍害와 耐凍性
5. 生長과 收穫
6. 耐寒性品種과 造林技術
 - 가. 耐寒性品種의 育成
 - 나. 造林技術의 改善
7. 結論

삼나무는 우리나라 南部地方의 主要造林樹種의 하나로 獎勵되고 있으나 好適한 生育環境을 選定하여 經濟林이 造成되기까지는 여러 가지 技術上의 問題들이 隨伴되어야 한다. 그러므로 여기에서는 特히 삼나무의 生育環境을 中心으로 適地를 選定하여 成林될때까지에 影響을 주는 主要因子에 對하여 討議하여 삼나무의 造林擴大에 參考가 되고 저한다.

1. 諸 論

山林植物의 分布를 支配하는 要因中 가장 重要

한 것은 溫度와 水分이며, 高緯度地方이나 高山地帶에서는 溫度가 너무 낮기때문에, 또 砂漠이나 草原에서는 水分이 不足하여 林木이 生育할 수 없게 된다. 삼나무는 日本이 자랑하는 世界的인 用材樹로서 1種 1屬의 樹木이다. 屬名인, 크로프토메니아는 그리스語인데 Cryptos=숨은, meria=부분의 合成語로서 針葉의 基部가 겹쳐서 덮혀있거나, 毬果가 莖에 싸여 숨어있는데 由來된 것이라고 한다. 自生地에서도 삼나무의 人工造林은 北海道南端에 이르기까지 廣範圍하고도 大量으로 實施되어 全人工造林面積의 約 40%를 占有하고 있다. 삼나무는 또한 中國에도 自生하는 것으로 1701년에 커닝함(James Cuningham)에 依하여 처음 報告되었고 浙江省沿岸一帶에 天然林이 있고 윌슨(Wilson)의 植物誌에 依하면 江西省 海拔 1300m에 樹高 40m, 周圍 1m, 樹齡 1000年の 老木들이 있으며 그밖에도 湖北, 泗川, 雲南等地에도 分布되고 있다. 近年에는 이 地方 高地帶의 主要造林樹種의 하나가 되고 있다. 한 便 台灣에서는 暖帶에자라는 各種自生樹이 많지만 삼나무는 人工造林地에서 뛰어난 生長을 보이고 있어 山腹部에 많이, 造林되고 있다. 台灣에도 母樹林은 있으나 結實量이 적고 發芽率이 낮아 1925年 以來 日本에서 數萬 l의 삼나무種子를 輸入하여 大面積造林을 實施한 바 있다. 最近에 調査된 資料에 依하면 38年生 삼나무의 實驗林에서 ha當 1000m³의 蓄積을 가지고 있으며 年平均成長量은 26m³를 보이고 있어 日本의 收穫表에서는 찾아볼 수 없는 數値라고 한다.

또 삼나무는 싱가포르(最低溫度 20°C)에서부터 美國의 미시간(最低溫度 -28.9°C) 等地에까지도 生育할 수 있다. 하와이州의 境遇 低地帶에서는 生育이 不良하다. 海拔 1000m의 Kilauea 火山中腹에는 훌륭한 삼나무들이 있다. 삼나무는 特別히 肥沃하고 多濕한 暖帶地方인 美國의 太平洋西北部와 南部 아파라치안에 植栽하면 通直性의 大經木生産이 可能하며, 工作이 容易하고 耐久性等으로 보아 有望한 經濟樹種으로 展望하고 있다.

우리나라에서는 鬱陵島에 自生한 記錄이 있을 뿐 아니라 地理的으로도 自生地와 매우 隣接되어 있으나, 冬季大陸性氣候의 影響으로 因한 酷寒 때문에 一般的인 全地域造林에는 相當한 制限을 받고 있는 實情이다. 그러나 南部地方에서는 造林可能面積이 많고 그 生長도 良好하므로 現狀과 함께 政府가 獎勵하는 主要造林樹種의, 하나로 植栽되고 있다.

삼나무의 生育에 影響을 주는 諸因子에 關하여 自生地에서는 오랜 歲月에 걸쳐 廣範圍하고도 깊은 研究가 이루어지고 있으나 우리 나라에서는 寒害때문에 被害를 입는 現象이 무엇보다도 造林을 擴大시키는데 制限因子가 되고 있으므로 여기에서는 特別히 氣候環境과의 關係를 中心으로 삼나무의 造林可能限界를 論議한다.

2. 生育에 影響을 미치는 諸環境因子

林木의 生育을 支配하는 環境因子는 複雜多樣하며 이들 中에서도 輕重의 區別이 있음은 周知의 事實이다. 植物生育과 關係있는 外界因子 또는 制限因子를 總稱하여 環境 또는 立地라고 하여 土壤, 水分, 大氣, 日射, 溫度, 火災, 生物等의 諸因子를 包含시키고 있다. 即 植物分布의 本質의 原因은 一定한 生態要因 特別히 이들 中에서 光, 溫度關係, 水分經濟, 榮養條件 및 其他 立地條件에 對한 外部形態 및 內部構造의 適應을 들 수 있다.

Pflanzenareale를 決定하는 植物移住에 있어 種子運搬은 하나의 第 1前提條件에 不過한 泐 決局 주어진 環境下에서 充分히 生育할 수 있고,

他植物과의 競合에 견딜 수 있느냐에 左右되는 것이다.

地球上에서 各種植物이 現在 分布되게 된 要因에 對하여 學者들은 어떤 植物의 種이 ① 環境에 對한 要求 ② 그 結果로 地球上의 各種生活條件下에서의 空間的配列 ③ 種의 發達과 過去에 있어 分布에 影響을 준 地史的原因 그리고, ④ 人類의 作用等を 들고 있다. 이들 林木의 生育을 支配하는 많은 環境因子中 가장 不適當한 狀態에 있는 因子에 支配된 다는 것이 Blackman의 制限因子法則이다. 山林限界에서 溫度 또는 水分이 制限因子가 되며, 甚한 粘土質土壤에서는 容氣量이, 砂土에서는 粘土 및 微砂의 含量 即 保水力이 各各의 制限因子라고 生覺되나, 모든 因子가 中備에 가까운 林地에서는 制限因子를 찾아내는 것이 困難할 뿐더러 制限因子만이 生育狀態를 決定짓지는 않는다. 그러나 制限因子의 概念을 떠나서 環境因子와 造林과의 生育關係를 論할 수는 없는 것이다.

植物分布나 區界의 限界에 對하여 生育期間中の 平均溫度, 積算溫度, 溫도와 乾濕度, P/E指數, 溫量 또는 寒量指數, 數量化理論에 依한 天然分布와 氣候要因과의 關係解析等의 여러 가지 方法이 報告되고 있다.

美國에서는 이미 오래로부터 全國土를 10區로 分類한 "plant hardiness zone map"을 만들어 널리 利用되고 있는데 이것은 等溫線을 基礎로 한 最低氣溫이 分類의 基準이 되고 있다. 植物生育에 關與하는 諸因子中 많은 것은 人爲的으로 調節, 變化시킬 수 있으나 植物에 있어 이것만은 任意로 할 수 없는 制限因子로 보고 있는 것이다.

어떤 樹種이 鄉土以外的 地域에 順化되자면, 모든 機能에 對한 Cardinal points의 變化가 溫도의 變化에 調和되어야 하며 耐凍性을 自然淘汰結果로 增大되나 同一樹種內에 있어서도 差異가 있다. 우리가 一般的으로 是認하는 森林帶의 境界는 溫量指數보다 寒量指數의 等指線과 더 關聯이 있다고 解釋하고 여기에서 造林技術은 microclimate를 考慮해야 한다고 말하고 있다.

그런데 이와같은 指數로서 各樹種의 分布를 나타내는 데는 環境에 對한 適應뿐만이 아니라,

集團間의 生育競爭도 關係되므로 判然하게 帶狀으로 區分되는 것이 아니고 서로 重復되게 된다.

主要造林樹種에 對하여 이들이 生育하는데 어느 程度의 溫度를 必要로 하는가에 關하여 考察한 報告는 數多하다. 一般的으로 天然生이 있는 곳은 溫度가 適當하고 天然生이 없는 地方은 生育하기에 溫度가 適當하지 못하다고 生覺하는 傾向이 있으나 天然分布는 溫度만으로 決定되는 것이 아니므로 生育에 要하는 條件을 찾는 데는 天然分布區域뿐만이 아니라 生育이 可能한 區域이나 造林可能地域을 對象으로하여 檢討하는 것이 妥當하다. 溫度가 適當하더라도 繁殖의 機會가 없었거나 土壤條件이 不適當하기 때문에 生育이 不可能하여 다른 樹種으로부터 逐出當하는 境遇도 生覺할 수 있다. 그 實例로 삼나무는 九州南部地方에서는 天然生이 거의 없으나 地質이 良好하고 降雨量이 많아 人工造林面積이 많으며 그 成績도 優良하다.

삼나무는 이와같이 郷土보다 더운地方에 심으면 成長이 旺盛하여지는 傾向이 있으나 너무 더운 地方에서는 일찍 成長이 衰退되고 病虫害에 걸리기 쉬우며 郷土보다 추운 地方에 造林하면 大概成績이 不良하다. 그러나 北海道의 渡鳥半島에는 優良造林地가 있는데 이러한 境遇에도, 天然分布林만을 對象으로 말할때는 이들 氣候가 삼나무氣候에 適合하지 못하다고 判斷하기 쉬운 것이다. 그러므로 溫度만을 調査하여 天然生의 狀態를 判斷하거나 造林成績을 豫想하는 것은, 危險한 일이다. 天然分布와 生育狀態는 溫度와 密接한 關係가 있지만 그밖의 重要因子가 없다고 할 수 없기 때문이다.

우리나라에서 삼나무를 日本으로부터 처음 導入한 것은 1915年으로 알려지고 있으나 이에 對하여 體系의으로 造林試驗을 着手한 것은 1928年으로 當時林業試驗場의 試植地第1期事業의, 一環으로 諏訪, 木曾, 青森等 11個産地의 것을 導入하여 全南(潭陽, 光陽) 및 慶南(東萊, 河東, 鎭海)等地에 植栽한 것이 처음이다. 其後 主로 南部各地에 繼續하여 植栽되어 왔으나 種子産地나 造林經緯等이 記錄된 資料는 거의 찾아볼 수 없다. 그러나 造林成功地와 失敗地의 事例는 追

跡할 수 있으며 現在까지 뚜렷하게 얻어진 事實은 우리나라의 境遇 特히 寒害克服問題가 삼나무造林의 成敗를 가름하는 가장 重要한 制限因子가 되고있다는 것이다. 삼나무는 自生地에서도 植栽時에 考慮되어야 할 自然環境中的 必須要件으로 雪害와 寒害問題를 들고 있다.

이中 雪害에 對하여는 人工造林限界가 되는 最深積雪深을 3~3.5m로 보고있어 우리 나라에서는 問題視되지 않을 것이다. 要컨대 삼나무造林에 制限을 加하는 環境因子는 寒害로 集約된다. 여기에는 低溫, 降水量, 降雪量, 關係濕度 등이 關與한다.

3. 삼나무 造林環境

삼나무 天然分布의 北限地는 日本 青森縣下矢倉國有林 北緯 40°42'에서 南으로는 北緯 31°線에 이르는 屋久島의 諸國有林이다. 垂直의으로 본 生育地의 最低는 北緯 34°線 和歌山縣下 新宮市の 海拔 0m이고 最高는 北緯 30°線 鹿兒島 屋久國有林 海拔 1,850m이다. 自生地에서 緯度別로 본 垂直的 分布의 範圍는 表 1과 같다.

表 1. 삼나무의 緯度別垂直分布

Table 1. Horizontal distribution of Cryptomeria by latitude

Latitude	Altitudinal General	distribution Optimum
41°	450—1130m	500—1100 m
40	100—1250	300—700
39	150—1100	200—600
38	20—1600	200—1000
37	150—1800	300—1600
36	110—1400	600—1300
35	50—1500	400—1000
34	0—1550	500—1000
33	300—1000	600—800
30	300—1850	400—1400

自生地에서 삼나무의 生育狀態를 보아서 最繁生하는 垂直分布는 表 1에서 보는바와 같이 南部에서는 1400m以下, 北部에서는 1000m以下이다.

우리나라에 既導入植栽된 것을 自生地의 것과 比較할 수는 없지만 既造林地中 最北部에 있는 삼나무林分은 表 2와 같다.

表 2. 삼나무의 造林北限

Table 2. Northern extremity of *Cryptomeria* plantation

Location	Latitude	Age	Area	No. of stock	Average height	Average b. h.
大德, 山內, 下所	36°12'	42	0.1ha	22	18m	32cm

大德地方을 中心으로 하는 冬季氣候를 삼나무

自生地의 北部 天然純林이 있는 秋田地方과, 比較한 것은 表 3과 같다. 그런데 既造林地는 西海岸側에서는 大德에서 保寧으로 連結되고 있다

大德과 秋田 두 地方은 緯度上으로는 3°25'의 位置上差異가 있다. 그런데 氣候上으로는 大田이 秋田에 比하여 特히 冬季間에 最低溫度와 關係濕度가 낮으며 降水量이 두드러지게 적다는 것이 特異하다.

가. 氣溫

삼나무의 適地는 年平均氣溫이 12~14°C이지

表 3. 삼나무北限地의 冬季氣候

Table 3. Winter climate of northern extremities of *Cryptomeria*

Month	Mean temperature (°C)		Mean maximum temperature (°C)		Mean minimum temperature (°C)		Relative humidity (%)		Precipitation (mm)	
	Akida *1	Daejeon **2	Akida	Daejeon	Akida	Daejeon	Akida	Daejeon	Akida	Daejeon
December	1.3	-3.7	1.5	1.1	-1.7	-9.1	76	72	157	33
January	-1.6	-0.7	2.1	4.5	-4.9	-5.8	77	70	129	19
February	-1.2	-0.3	4.6	5.1	-4.8	-4.6	76	76	107	22
Mean	-0.5	-1.4	2.7	3.6	-3.8	-6.5	76	73	393	74
Annual	10.5	12.0	14.9	17.8	6.5	6.2	80	74	1786	1129

*1. Akida : northern extremity of natural range in Japan.

Latitude ; 39°43'

Warmth index ; 85.9°C. month

Coldness index ; -19.8°C. month

**2. Daejeon : Northern extremity of plantation in Korea.

Latitude ; 36°18'

Warmth index ; 103.7°C. month

Coldness index ; -19.3°C. month

만 大田은 12°C로서 秋田보다 1.5°높다 그런데 삼나무天然林의 環境을 溫量指數로 볼때는 北限의 70°C에서 南限의 140°C로서 그 幅이 매우 넓다.

이 두 地方을 溫量指數를 가지고 比較하더라도 大田이 103.7°C로서 秋田보다도 17.8°C나, 높다는 結果이다. 이 原因은 3월부터 6월까지 6個月間의 月平均氣溫이 높기 때문이며, 이것이 삼나무의 生育에 影響을 미치는 制限因子가 된다고는 할수없다. 뿐만아니라 溫量指數로 본 各樹種의 天然分布는 判然하게 帶狀으로 區分되는 것이 아니고 서로 重複되어 一定範圍內에서 出

現率을 달리하는 것이 森林帶와 다른 點이며, 이것은 森林의 構成要素인 環境에 對한 適應性 以外에 集團間의 生育競爭과도 關係되기 때문이다. 그러나 이러한 關係를 寒量指數로 볼때 이들 두地方은 서로 매우 類似하며 不過 0.5°C의 差異이다.

삼나무의 自生地北限線이 그림 1에서 보는 바와같이 大略 寒冷指數 -20°C以南임을 勘案하여 考察할 때 우리나라에서의 造林北限地도 大略 이 線과 거의 一致할 것으로 볼 수 있다. 即 삼나무의 造林可能地域은 무엇보다도 寒冷指數와 密接한 關係가 있음을 알 수 있다. 그러므로

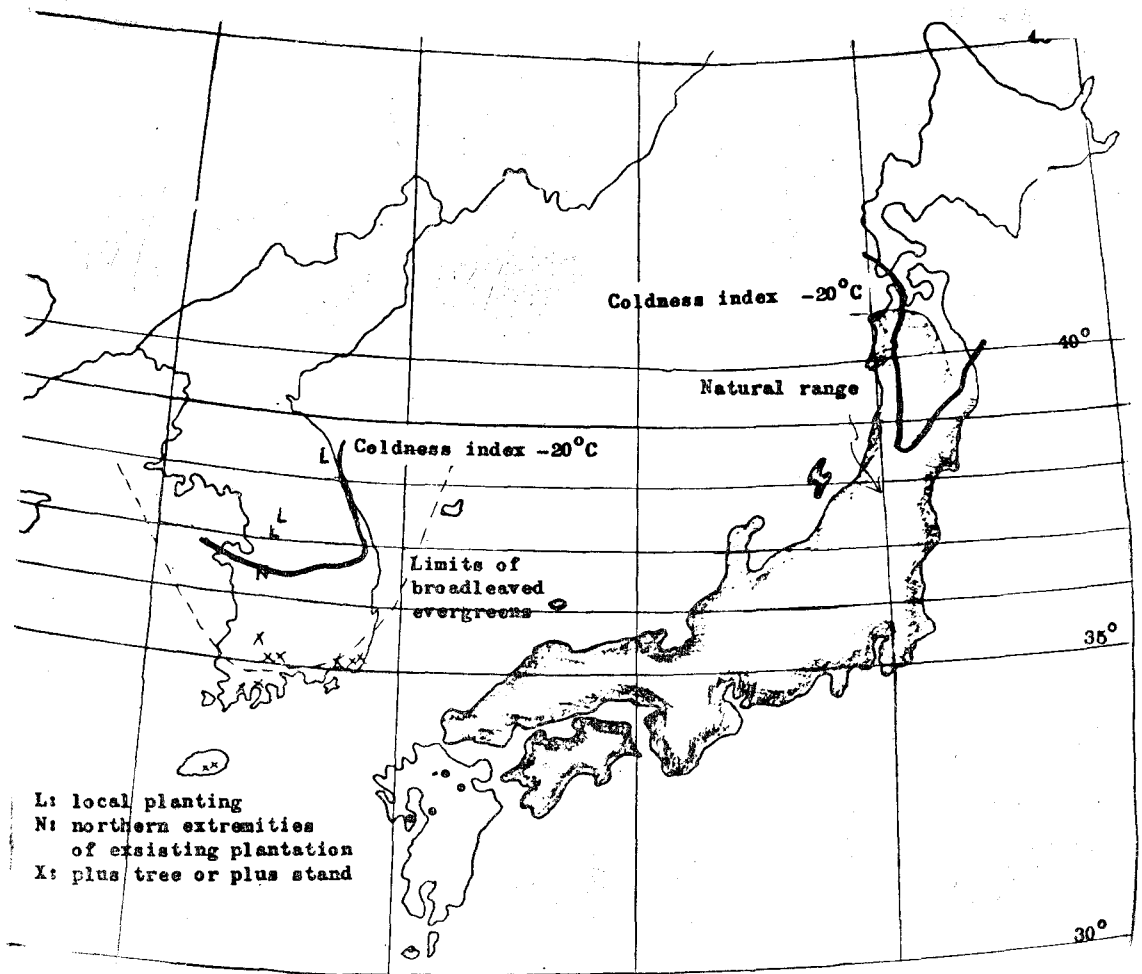


Fig. 1. Natural range of Cryptomeria and its plantation in Korea

그림 1. 삼나무의 北限地와 寒量指數

寒量指數 -20°C 線을 우리나라에서 地域적으로 봄에 大略西海 泰安半島에서 東쪽으로 洪城, 公州, 儒城, 永同, 秋風嶺, 安東, 蔚珍을 거쳐 東海岸沿岸을 따라 東草에 이르는 以南이 된다. 勿論 이 地域內의 全地域이 삼나무 造林適地가 될수는 없는 것이며 立地에 따라 局所的으로 適否에는 큰 差異가 있을 것이다. 또 이보다도 훨씬 寒冷한 地方에서도 生産이 可能할수도 있으나. 다만 經濟的으로 본 生育適地라고는 할 수 없다. 서울(-24.4°C), 水原, (-25.1°C)等地에서 生育하고 있는 것을 보면 15年生일때 樹高 8m, 直徑 10cm에 達하는 것이 있으며, 元山

(-24.6°C)의 道立病院構內에 直徑 30cm가 되는 삼나무가 있다는 記錄이 있다.

美國에서 利用하고 있는 hardiness zone에 依한 삼나무의 植栽限界는 Zone5($-23.3\sim 28.8^{\circ}\text{C}$)로 나타내고 있으나 이것을 그대로 우리에게 適用시킬 수는 없다.

나. 降水量

自生地에서의 年降水量은 2,000~4,000mm 範圍이고 3,000mm 以上인곳에 適地가 많다고 알려져 있다. 우리나라의 境遇에는 表 3 및 4에서 보는바와 같이 生育期間中の 絕對量보다는

表 4. 冬季降水量과 關係濕度

Table 4. Winter precipitation and relative humidity

Location	Precipitation(mm)					Relative humidity(%)				
	Dec.	Jan.	Feb.	Winter total	Annual	Dec.	Jan.	Feb.	Winter mean	Annual
Seoul	32.0	17.1	21.0	70.1	1259.1	66	64	64	65	69
Incheon	30.0	15.8	17.9	68.1	1092.8	67	66	67	67	73
Gangreung	53.2	36.9	73.4	163.5	1282.1	53	49	57	53	65
Ulreungdo	166.1	177.4	107.0	354.2	1485.2	65	69	69	68	72
Chupungryeong	29.9	25.4	30.1	85.4	1146.8	65	62	62	63	68
Pohang	35.6	29.5	40.5	105.6	1027.8	57	53	57	56	68
Daegu	24.8	15.8	27.1	67.7	979.3	62	57	58	59	66
Ulsan	39.8	24.2	46.3	110.3	1217.7	60	56	59	58	71
Busan	38.5	25.3	44.1	107.9	1381.4	53	49	52	51	66
Jeonju	35.5	26.6	32.8	94.9	1240.7	75	73	78	74	75
Gwngju	36.8	31.5	34.4	102.7	1222.8	75	74	72	74	76
Mogpo	43.3	37.4	40.2	120.9	1126.0	68	69	69	69	73
Yeosu	30.0	17.1	40.2	87.3	1313.6	57	55	57	56	68
Jeju	60.2	59.2	75.6	195.0	1439.9	67	67	68	67	73
Seogwipo	47.9	58.7	52.8	159.4	1675.7	66	66	65	66	72

冬期間의 寡雨現象이 寒害와 關聯되어 成林과 生長에 影響을 줄 것으로 生覺된다. 冬季間의 降水量을 볼때 秋田地方의 393mm에 比하여 大田地方은 74mm로서 1/5에도 未及한다. 그림 3은 日本 前橋에서 冬季降水量과 寒害被害面積을 9年間調査한 것으로 密接한 關係가 있음을 보여 준다. 冬季降水量中에서도 特히 1月中의 降水量과 寒害와는 더 깊은 關係를 보이는데, 秋田地

方의 129mm에 對해 大田地方은 19mm로서 約 1/7에 不過하다.

表 5. 1月の 降水量과 寒害被害關係

Table 5. Relation between precipitation of January and cola damage

寒害年度	1月降水量 (水戸)	被害程度	備考
1961~1962冬	55mm	+++	+ : 被害
1962~1963	2	++++	- : 無被害
1963~1964	128	-	
1964~1965	67	+++	
1965~1966	27	++++	
1966~1967	45	+++	
1967~1968	21	+++++	

1月中의 降水量이 100mm以上인때는 寒害가 發生하지 않았으나 40~50mm일때는 大部分 發生하고 表 5에서 보는바와 같이 20mm以下가 되면 大被害가 있었다고 한다. 이러한 事實은 삼나무의 成林을 左右하는 매우 重要한 要因이 되는 것으로 이 方面의 研究檢討가 要請되고 있다

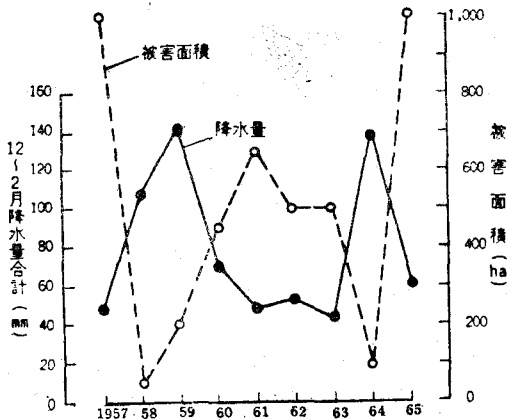


Fig. 2. Precipitation and cold damage during winter

그림 2. 冬季降水量과 寒害被害

다. 降雪量

自生地에서 重要視하는 降雪量에 對하여는 人

工造林限界라고 하는 最積雪深 3~3.5m가 우리나라에서도 適用될지는 疑問이나 日本에서도 積雪量이 그 分布가 고르고 適量일때는 特히 幼令林에서 寒風害被害에 對하여 保護效果가 있다고 보고 있다. 그러나 積雪量이 적은 地方일지라도 삼나무 林分에서는 冠雪害의 被害를 입는 일이 있으며, 이때는 形狀比(樹高/直徑, 幹의 細長度) 60以下는 安全, 90以上은 危險하다는 報告도 있다.

라. 關係濕度

大氣中の 關係濕度は 冬季降雨量과 함께 寒害發生과 함께 特히 幼時의 成林에 至大한 影響을 줄 것으로 認定된다.

低極溫을 나타내는 1月の 濕度分布를 보면 東海岸側과 西海岸側을 比較할 때 그림 4와 表 4에서 보는바와 같이 西海岸側이 15~20%나 높

表 3. 1月の 關係濕度

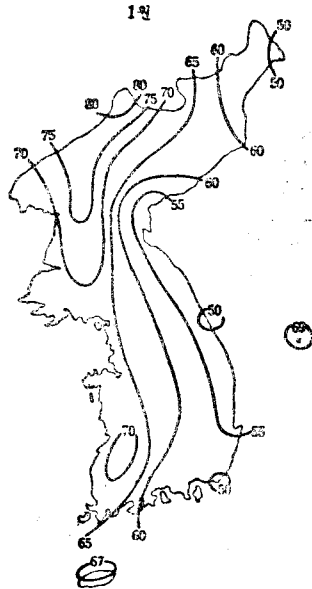


Fig. 3. Relative humidity in January
은 分布를 보이고 있다.

이것은 北西季節風이 西海에서 濕한 空氣를 西海岸쪽에 強制上陸시켜 눈을 내리게하는 한便, 東쪽으로 불어 넘어갈때는 所謂 Föhn現象에 依하여 空氣가 乾燥하고 氣溫이 上昇되기 때

문으로 본다. 이러한 氣候特性 때문에 東海岸쪽에서도 特히 慶北一圓에 삼나무의 普及이 不振한 原因이 되고 있지 않을 것인지 檢討해 볼 課題라고 生覺된다.

Thoronthwaite의 濕潤指數에 依한 乾濕度氣候區로서는 이러한 關係를 說明하기 困難하다.

마. 土壤

삼나무 天然林의 土壤型은 乾性포도졸(P₀III), 乾性褐色森林土(B₀), 弱乾性褐色森林土(B_c), 適潤性褐色森林土(B₀(d))型等 乾燥한 土壤이 包含되나, 그 適地는 褐色森林土(B₀, B_f), 崩積土와 깊은 圃行土(B₀), 團粒構造를 한 黑色土의 B₁₀, B_{1e}型은 無條件 좋다고 生覺해도 좋다고 하며, B₀型의 定積土는 普通편백의 適地이나 삼나무에도 좋을때가 있으며, 弱乾性褐色森土(B_c)는 裏日本의 低地帶에서 삼나무造林에 適合하다고 한다. 또 삼나무는 有效水分이 많은 土壤에서 生育이 좋다. 大部分의 樹種에서 土壤의 適潤範圍는 最大容水量 60~70%라고 하나 삼나무는 이들보다도 濕性인 70~80%가 好適範圍로 본다. 土壤酸度에 對하여서는 強酸性의 土壤에 不良林分이 많고, 中酸性, 弱酸性, 微酸性이 되면서 優良林分이 增加한다. 우리나라에서도 適地選定에 參考로 함이 有利할 것이다.

4. 寒害와 耐凍性

以上과 같은 事實로서 삼나무 生育에 影響을 주는 諸環境因子를 綜合하여 考察할 때 삼나무造林을 擴大시키는데 障害가 되는 것은 寒害라고 認定되므로 이것을 寒風害凍害와 耐凍性으로 區分하여 본다.

가. 寒風害

寒風寒는 積雪이 적은 地域으로 삼나무의 植栽地로서는 海拔高가 너무 높거나 緯도가 높아서 冬期의 空中濕度가 낮으며 土壤이 凍結하여 季節風이 불어 닥치는 곳에서 일어나고 있으며 이와같은 寒風害의 危險地帶는 우리나라에서는 廣範圍하게 펼쳐있을 것이다. 이 中에서도 北東

~北~北西斜面은 寒風害被害의 危險이 크고 寒風害를 입는 氣象條件으로 0°C以下の 低溫, 降水量, 風速 및 積雪深을 들수 있다.

또 0°C以下の 低溫일때는 樹體內的 水分凍結과 土壤凍結로 인한 吸水의 障害가 原因이 된다 土壤凍結은 方位, 傾斜, 位置等에 따라 差異를 나타내는데 뿌리가 淺은 部位보다도 더 깊게 凍結되면 特히 被害가 甚해진다. 삼나무 苗木에서 줄기의 水分上昇阻害溫度를 調査한바 -0.5°C 以下の 凍結狀態가 持續되면 寒風害를 입을 憂慮가 있다고 한다.

우리나라의 겨울철의 季節風은 大部分 北西~西風으로 여기에 露出된 風衝地에서 그 被害가 크다.

1975年度에 南海高速道路邊 北西斜面에 삼나무와 편백을 秋植하여 枯死率이 높았던 原因도

이러한 寒風害被害이며, 더욱이 秋植으로 因하여 着根도 되기前에 根系部位의 土壤이 凍結되어 被害가 甚하였던 것으로 生覺되며, 이러한 事實로서 不得已 秋植時에는 風衝을 避하여야 된다는 經驗을 얻게하였다.

寒害發生時期에 對하여 日本에서 調査된 바에 依하면 12月下旬부터 被害가 나타나 1月下旬~2月上旬에 最盛期가 되며 3月上旬까지 持續된다. 그리하여 삼나무의 生葉에서 水分이 40~50%로 減少되면 回復이 不可能하게 된다.

나. 凍害와 耐凍性

삼나무의 凍害는 幼令木에서 被害가 甚하며, 그 被害症狀은 全枯型, 胴枯型, 上半枯型. 頂端枯型, 枝枯型, 芽枯型 등으로 分類하고 있으나 重複하여 異種의 被害를 받았을 때는 매우 複雜

表 6. 삼나무樹幹의 耐凍性

Table 6. Freezing resistance of tree trunk during winter

Species	Locality	Trunk(°C)		New shoot(°C)		Remarks
		A	B	A	B	
Cryptomeria Japonica	Mido	-10	-20	-25	-27	Resistance is expressed as minimum temperature of no injury after treating 16 hours in frozen condition.
	Hakotade	-20	-20	-	-27	

A : right after collection

B : tested after hardening for 20 days.

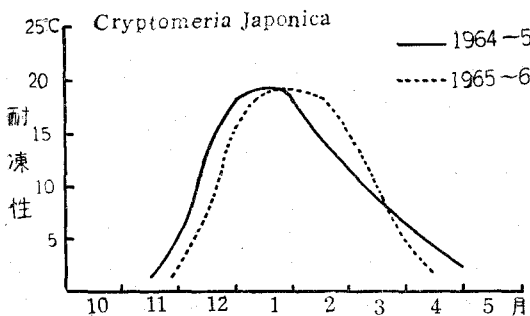


Fig. 4. Seasonal variance of freezing resistance by year.

그림 4. 耐凍性的 季節的變化

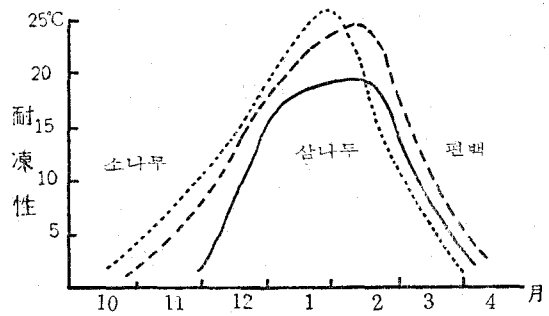


Fig. 5. Seasonal variance of freezing resistance by tree species

그림 5. 樹種別 耐凍性

한 樣相을 나타낸다. 삼나무의 幼令木에 나타나는 被害의 特徵은 幹基部에 나타나는 變色이며, 이것은 幹基部形成層의 耐凍性이 낮아 全周 또는 部分的으로 壞死하기 때문이다.

삼나무의 耐凍性은 場所, 時期, 日週溫度變化, 樹幹의 方位와 部位에 따라 다르고 또 表 6 및 그림 6에서 보는 바와 같이 다른 樹種보다도 낮으며 部位에 따라서도 差異가 있다.

삼나무 3~4年生에 對하여 줄기의 耐凍性을 調査한바 基部는 上部에 比하여 秋期에서 冬期에 이르는동안 耐凍性이 增加하는 進度가 늦으며 冬期에 있어서의 耐凍性의 最高值도 낮았다고 한다.

遺傳的으로 높은 遺傳力을 갖는 삼나무의 挿木된 同一品種이라도 그림 5에서 보는 바와 같이 이것을 暖地에 植栽하면 耐凍度는 해에 따라 差異가 있고 寒地에서는 거의 같다. 이것은 一定期間의 hardening이 必要함을 보여주고 있다.

그밖에 凍害發生에 關與하는 地形으로, 大地形의 境遇 ① 넓은 平地帶의 低所 ② 丘陵地帶의 低所 ③ 山岳地帶의 中腹, 山麓緩傾斜地帶의 低所에 發生이 甚하고 局地的으로는 冷氣流가 停滯集中하기 쉬운 低所에서 被害가 크고, 傾斜의 方位에 對해서는 南部地方에서는 南斜面에 北部地方에서는 北斜面이 닿는 東南斜面에 多發한다고 알려져 있다. 方位에 따른 寒害被害에 對하여 調査된 例는 表 7과 같다. 寒害常

襲地帶에서는 거의 每年被害를 입어 成林이 不可能하게 된다.

寒害는 이와같이 自生地에서도 問題가 되는 重要造林制限因子이므로 그림 7에서 보는바와 같이 삼나무의 寒風害發生豫想地帶를 決定하고 있다. 이와같은 危險地域을 劃定하는 立地區分의 基準으로 1月の 積雪深과 平均氣溫을 들고 있다

表 7. 傾斜方位와 寒害

Table 7. Orientation of hillside slope and cold damage

方位	被害率
北	65% 以上
北北東~北北南	65~60%
北東 ~北西	66~55 "
東北東~西北西	55~40 "
東 ~西	40~25 "
東南東~西南南	25% 以下

中之條營林署, 1965調査

即 1月の 積雪深이 50cm以下로서 1月 平均氣溫 0°C以下인 地域에서 土壤凍結深度가 20cm以上인 곳은 삼나무의 寒風害發生危險地域으로 分類하고 있으며 近年에는 地域別 局所立地에 따라 더 詳細한 細部發生區域의 再分類를 試圖하고 있다.

以上과 같이 寒風害는 土壤이나 줄기가 長期間 凍結狀態에서 생기는 乾燥害이므로 被害가 걸리기까지는 長時間이 所要되나 凍害는 凍結狀態가 되는 限界溫度를 넘었을 때 생기므로 短

表 8. 삼나무의 優良林分

Table 8. Plus stands of *Cryptomeria*

所在地	緯度	溫量指數	寒量指數	林令	生長		ha當本數	材積		備考
					平均樹高	平均直徑		ha當	生長率	
全南, 長興, 長興, 錦山	34°41'	110	-7	13	m 8.9	cm 10.3	2,406	m ³ 105.6	% 17.1	越後會津地方 地位 1等地
長興, 長興, 半目	34°41'	110	-7	18	10.2	12.9	2,363	174.6	15.3	" 地位 2等地
寶城, 寶城, 鳳山	34°44'	102	-12	18	10.2	11.7	2,225	130.3	7.6	"
長城, 北下, 月城	35°18'	103	-17	23	13.9	17.8	1,300	223.1	5.1	秋田地方 地位 1等地
光陽, 王龍, 秋山	35°16'	110	-10	52	14.3	14.5	2,594	314.7	3.4	熊本地方 地位 2等地
慶南, 釜山, 西區, 西大新	35°06'	109	-5	42	16.9	21.6	1,063	318.8	8.9	秋田地方 地位 1等地
釜山, 東萊, 靑龍	35°06'	109	-5	45	20.6	25.2	925	444.3	3.3	" 地位 2等地

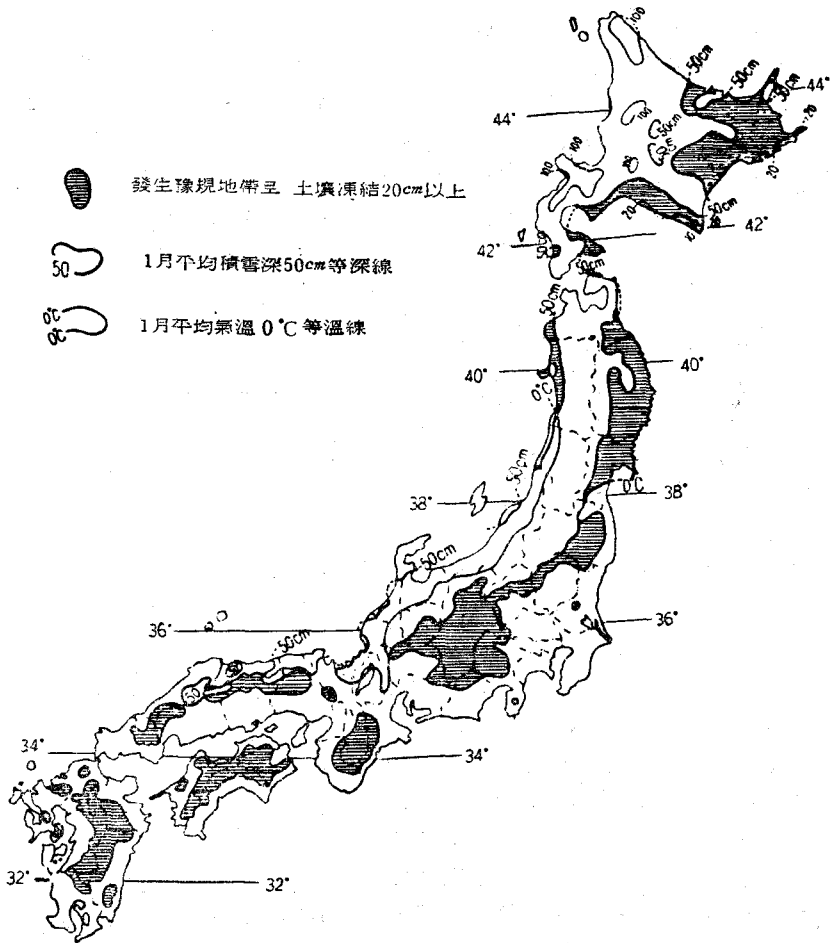


Fig. 6 삼나무寒風害發生豫想地帶

時間의 凍結에서도 被害가 發生하므로 이들의 各各에 境遇에 相應하는 對備策이 必要한 것이다.

5. 生長과 收穫

우리나라의 造林北限地의 삼나무와 秋田地方의 것과의 生長狀態를 比較하여 보면 40年生일 때 表 8에서 보는바와 같이 生長이 좋은 곳에²는 秋田地方의 地位指數上과 對等한 것으로 미루워 보아 우리나라에서도 適地에 植栽하여 一段 成林만 된다면 좋은 生長을 期待할 수 있음을 示唆한다. 우리나라에 植栽된 既造林地 中에서 地位上의 삼나무林分의 現實 材積과 秋田地方의 收穫表上의 材積을 比較한바 20年生까지는

大差없고 그 以後는 떨어져나간다고 報告하고 있다

秋田地方이 오늘날 人工造林地로서 有名하게 된 背景을 살펴볼때 이 地方에서 삼나무의 計劃的 造林을 始作한 것은 1889年이며, 初期에는 小面積單位 造林으로 未立木地나 放牧地綠化에 利用하다가 地力을 높인다음 生産力 增強에 努力하였을 뿐만 아니라, 補植率도 當初 16%에서 8%로 向上되고 平均蓄積은 30年生: 100m³, 45年生: 200m³, 60年生: 300m³/ha를 期待할 수 있게 되었다고 한다. 그러나 이 地方에서는 成績이 不良한 事例가 많으며 그 原因은 植栽本數 不足으로 因한 立木密度의 低下, 品種과 苗木形質不良皆伐로 因한 土壤의 惡化, 氣象條件 등을 들고 있다.

表 8에 提示된 優良林分現況에서 보는바와 같이 立地에 따르는 差異는 있겠지만 우리나라에서도 삼나무의 經濟林造成의 可能性은 立證해 주고 있는 것이다.

6. 耐寒性品種과 造林技術

가. 耐寒性品種의 育成

우리나라의 實情으로 삼나무造林의 當面課題로 첫째, 氣候風土에 適應하는 耐寒性 優良品種을 育成普及하는 일이며, 그 方法은 國內에 既導入된 삼나무林分 中에서 遺傳적으로 優良한 系統을 選拔하는 方案과 自生地에서 育成한 耐寒性優良品種을 導入하는 일이다.

各個體의 耐寒性의 強度는 被害當時에 지니고 있는 耐凍性의 程度로서, 各被害를 再現시키는 低溫과 體內條件을 나타내는 滲透壓 등으로서 說明하기도 하는데 實際에 있어서는 秋期에서 始作하여 被害가 發生하였을 때까지의 低溫의 積算效果로 耐寒性을 나타낸다. 한가지 方法으로 各被害地의 寒量指數를 算出하여 그 品種의 寒害量과 成長量과의 關係를 求하고, 여기에도 그 品種의 限界點의 指數를 算出하면 그 利用限界가 決定될 수 있다.

그러나 耐寒性品種을 實用하기 까지는 相當한 時間과 努力이 要할 것이며 當分間은 期待하기 어려울 것으로 現在로서는 北部造林地의 優良林分에서 採種하여 養苗할 수 밖에 없다.

나. 造林技術의 改善

從來使用하여 오던 育苗, 造林 및 撫育法을 보다 改善하는 일도 삼나무와 같이 成林上 技術을 要하는 樹種에는 重要한 課題이다. 그리하여 이에 關한 몇가지 事例를 들어본다.

삼나무는 天然分布의 北限을 넘어 北海道南部地方에서 年間 1,000ha以上 造林되어 왔는데 大概는 海拔高가 낮은 民有林에 造林되었다. 이 地方의 道有林인 松前林務署의 境遇 海拔高 550~600m의 높은 곳까지 造林하고 있다. 苗木은 管內의 造林地의 母樹에서 採種된 種子를 使用하며, 耐寒性이 강한 苗木을 生産하기 爲하여

管內造林地에서 700크론의 耐寒性이 높은 것을 選拔하고 다시 發根性이 좋은 40크론을 嚴選하여 採種圃를 造成하여 插木苗에 依한 耐寒性苗木을 養苗하고 있다. 한便 實生苗木은 3~4年生으로 山出하고 있는데 徒長을 抑制하기 爲하여 山出前年 8~9월에 上長生長이 큰 것은 選擇으로 數回 斷根을 實施하며 P나 K를 多量 施用하여 上長生長이 크지 않은 所謂 “硬木”을 育成하고 있다.

移植苗는 秋期에 掘取假植하여 人工防風垣으로 周圍를 둘러 치준다. 播種床에서도 斷根으로 徒長을 防止함과 同時에 寒冷紗나 짚으로 被覆하여 寒害를 防止하고 있는데 이때 被覆時期는 서리가 1~2회 내려 耐凍力이 높아 젖을때가 좋다. 또 日本 東北地方 盛岡에서는 早春의 Föhn 現象으로 異常乾燥가 繼續되어 삼나무의 成林이 困難하였으나 한 篤林家에 依해 試圖한 容器育苗로 成功하였는데 그 方法은 前年度에 養苗한 容器苗를 保護越冬시켜 다음해 봄에 造林하는 것이다. 오랜 歷史를 지니고 있는 日本有名林業의 하나인 山武林業의 境遇도 表層土의 通氣와 透水性이 不良하고 降水量이 不良한 乾性的 環境으로 삼나무造林不適地로 알려져 왔음에도 不拘하고 옛부터 삼나무의 美林造成에 努力하여 ① 乾燥에 강한 소나무를 삼나무보다 生植하여 保護樹가 되게하고 ② 耐乾性特性을 지닌 山武 삼나무를 育成하는 한便 ③ 皆伐跡地는 開墾混農하여 肥培로서 삼나무의 生長을 助長시키는 同時에 林地를 集約적으로 利用하고 ④ 100年 以上의 高伐期擇伐形式을 原則으로 하여 林地를 露出시키지 않고 地力維持와 保續收穫을 試圖한 結果 오늘날의 成果를 얻었다는 實例는 우리에게도 좋은 參考가 될 것이다.

7. 結 論

삼나무는 種子產地가 生育에 미치는 影響이 經驗과 實驗結果 明白히 밝혀졌으며 其品種도 數多하므로 可及的 北部地方產의 優良品種을 選擇하는 일은 무엇보다도 삼나무造林의 成敗를

가름하는 基礎가 된다. 다음에는 P나 K肥料의 施用, 斷根, 水分管理等に 依한 健苗育成이며 容器苗의 利用等도 檢討해 볼 問題이다.

造林地選定에 있어서는 前述한 諸環境問題를 考慮하고 特히 風衝地를 避해 寒害發生豫想地帶는 造林對象地에서 除外시킨다. 大面積皆伐 露出地는 寒害被害의 危險이 크다. 先行造林木을 利用한 樹下植栽, 소나무, 落葉松等의 先植, 雜低木의 利用, 수나무類와의 列狀混植等 所謂 二段林施業으로 誘導하여 最大限의 保護手段을 講究하여 成林시키도록 注力한다. 植栽時에는 多少 深植하면 活着率이 좋아지고 動搖를 막아 伸長生長을 促進한 例도 있다. 秋期에 늦게까지 伸長한 것은 寒害에 弱하므로 徒長抑制手段을 講究한다. 또 補植苗는 可及的 大苗를 植栽하고 被害가 輕微한 것은 剪定을 하여 生長시키는 것 有利하다. 幼時에는 巢植을 하여 樹體溫度의 日較差를 적게하여 被害를 輕減시키는 方案도 生覺할 수 있다.

其他 雪伏, 土中埋沒(土伏), 落葉被覆, 摘葉處理, 樹幹下部를 靑으로 싸서 保護하는 等に 依한 幼齡木의 保護對策을 들 수 있다.

要件에 삼나무는 日本에 있어서도 造林限界가 豫想以上으로 寒冷한 地帶까지 北上되고 있는 實情에 비추어 우리나라에서도 造林環境에 對하여 보다더 研究하여 삼나무造林이 擴大되도록 努力하여야 되겠다.

參考文獻

1. 安藤貴. 1972. 樹種別 造林技術總覽 7, 스기(その 2). 日林技, 364: 25—32.
2. 兄木良也. 1964. 九州サシスギ林의 雪害. inbid. 263: 29—30.
3. 田北正典. 1975. 木ポット育苗雜考. inbid. 403: 38—40.
4. 寺崎康正. 1962. 秋田의 스기林. inbid. 240: 30—36.
5. Harrison, S.G. 1966. A handbook of coniferae and Ginkgoaceae, p.183—190. Edward Arnold Ltd.
6. Kojima, C. 1975. Analysis on the relation between natural distribution of principal tree species and climatic elements by quantification Some species in Tohoku district. Jap. Bull. Gov. For. Exp. Sta., 271: 1—26.
7. 林彌榮. 1960. 日本針葉樹의 分類と分布. 農林出版
8. 廣谷巍. 1969. 寒冷地苗畑의 管理. 日林技, 332: 20—24.
9. 玄信圭, 1972. 先進國에 있어서의 林木育種研究의 動向. 韓林誌, 14: 1—20.
10. 石崎厚美. 岸喜_____. 1963. 스기의 耐寒性品種育成, ことに選出について. 日林技, 251: 9—13
11. _____. 1965. 針葉樹類 ことに 스기を中心とした 育種. inbid. 277: 16—19.
12. 碓ヶ關營林署. 1964. 스기種子產地試驗地의 概要.
13. 鄭台鉉, 李愚喆, 1965. 韓國森林植物帶 및 適地適樹論. 成大論, 10: 329—435.
14. 川名明 外 2 人. 1962. サンプ스기造林木의 生長および凍害にみられた肥培管理의 影響. 日林誌, 44(3): 77—78.
15. 金東春, 俞鎮禹. 1975. 삼나무, 편백林의 生長과 收穫研究. 林試研報, 24: 5—30.
16. 金光植 外 14 人. 1976. 韓國의 氣候. pp.446. 一志社.
17. 松川恭佐. 1967. 臺灣의 林業と 스기. 日林技, 309: 11—14.
18. Miyajima, H. 1969. Approach to intensive culture and forest tree breeding of Cryptomeria in Japan. FAO, IUFRO, FO-FTB-69-12/4.
19. 文教部. 1966. 韓國動物植物圖鑑, 第 6 卷 植物編(花卉類). p.539—541. 三和出版.
20. 中村賢太郎. 1962. 育林學, pp.342. 金原出版.
21. 大橋弘毅. 1963. 스기ヒノキ幼令林의 寒さ의 害について(1). 日林誌, 45(6): 196—200.
22. 大鹿糠春藏 外 2 人. 1969. 植栽 스기苗木의 雪伏せ의 效果. inbid. 51(5): 136—138.
23. 朴龍求. 1977. 삼나무系統分離에 關한 試驗. 育研報, 523—554.
24. 樫山德治 外 3 人. 1974. 林木의 氣象被害, pp.114 日林技協.
25. Richardson, S.D. 1966. Forestry in communist China, pp.204. Johns Hopkins Press.
26. 佐藤敬二. 1971. 新造林學. p.57—67. 地球出版.
27. _____. 外 8 人. 1975. 造林學, pp.216. 朝倉書

- 店.
28. Sakai, A. and M. Saito. 1967. Desiccation damage of forest trees in winter, (II) Effect of temperature on water ascent in the stem. Jour. Jap. For. Soc., 45-5 : 198-204.
 29. _____ and T. Horiuchi. 1972. Freezing resistance of tree trunk. inbid., 54-II : 379-382.
 30. 酒井寛-1969. 精英樹によるスギ育種の今後の問題. 日林技, 324 : 8-13.
 31. 佐々木長儀. 1963. 寒さの害調査報告. inbid. 256 : 17-20.
 32. _____, 岡上正夫. 1965. スギの寒風害發生危険地域畫定の一つの試み. inbid. 285 : 11-14.
 33. 笹沼たつ 外2人. 1967. 凍害地における巢植の効果について. 日林誌, 49(11) : 398-401.
 34. Schmithüsen, J. 1968. Allgemeine Vegetationsgeographie, pp.307. Walter de Gruyter and Co.
 35. 鈴木丙馬. 1969. 杉の品種ものがたり. 日林技, 365 : 18-20.
 36. 四手井綱英 外3人. 1974. ヒノキ林-その生態と天然更新, pp.375. 地球社.
 37. 森林資源対策協議會. 1958. 早期育成林業, p.76-101. 産業圖書.
 38. 坪井八十二. 1969. 農業氣象ハンドブック. pp. 600. 養賢堂.
 39. 土井恭次. 1968. 造林地の寒害はどんな状態をこえるか. 日林技, 321 : 5-7.
 40. U.S.D.A. 1965. Plant hardiness zone map. Misc. Pub. No.814.
 41. 植木季幹. 1941. 朝鮮常緑闊葉樹の北限について. 日植物分類地理, 10-2 : 89-93.
 42. Wright, J.W. 1976. Introduction to forest genetics. p.387-388. Academic Press.
 43. Wyman, D. 1972. Wyman's gardening encyclopedia. pp. 1222. Macmillan. Co.
 44. 山谷孝-1976. 東北地方に於ける2段林施業の必要性. 日林技, 413 : 15-18.
 45. 任慶彬. 1968. 造林學原論, pp. 280. 郷文社.
 46. _____. 1970. 林學概論, pp.344. 郷文社.
 47. _____, 李壽煜. 1975. 造林學的으로 본 溫度因子, 溫量指數斗 寒量指數를 中心으로 韓林誌, 25 : 1-12.
 48. 林業試驗場. 1937. 試植地 第1期事業報告. 林試報. 25.
 49. Yim, Y.J. and Kira, T. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula, I. Distribution of some indices of thermal climate. Jap. J. Ecol. 25(2) : 77-88.
 50. _____. 1977. III. Distribution of tree species along the thermal gradient. inbid. 27 : 177-181.
 51. _____. 1977. IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal, climate inbid. 27 : 269-278.