

木材乾燥의 最近展望*

滿久岩 磨**

1. 緒言

木材乾燥의 基礎의 諸問題의 研究가 進行되어, 基礎知識이 明確히 究明되었으므로 最近의 乾燥技術은 相當한 急進으로 向上하여 其間 漸次로 乾燥스케줄의 改善과 새로운 乾燥法 등이 提案되고 있다. 그러나 아직도 基礎理論과 技術 間에는 極히 制限된 範圍를 除外하던 相當한 差異를 免할 수 없는 事實로 後者は 主로 經驗에 依하여 支配되고 있는 實情이다.

木材乾燥에는 大短히 많은 問題가 關聯되고 있으므로, 基礎研究만을 取扱한다 하여도 簡單히 綜合할 수 없는 程度로 龐大한 紙面을 要하는 바이나, 여기서는 主로 1960年 以後에 있어서 直接 木材乾燥에 關聯된 諸研究와 乾燥工業의 趨勢를 展望하기로 한다.

2. 基礎 및 應力研究의 展望

基礎研究面에 있어서, 當然한 것으로 認定되나, 木材中の 水分移動에 關한 것이 가장 많다. 木材中の 水分移動은 細胞腔內에 있어서의 自由水의 移動 또는 水蒸氣의 擴散, 細胞膜內의 微視毛細管에 따라서 또는 이것을 橫斷하는 水分의 移動, 膜孔膜이나 穿孔에 있어서의 水分의 移動 등이 複雜하게 關聯되고 있으며 특히 작은 開口部에서는 水分의 凝結도 形成될 수 있으므로, 簡單한 擴散이나 流動式의 適用에 依하여 解決될 수 없는 것이므로 今日까지 많은 理論式의 誘導와 實驗이 實施되고 있으나, 아직도 滿足할 만한 것은 없다.

最近 이 部門의 研究에 있어서 가장 注目되는 것은 Stamm 및 그 共同研究者에 의한 報告가 될 것이다. Stamm⁽¹⁾이 1946年 木材中の 水分의 移動을 電流와 같이 取扱하는 方法에 依하여 微細한 細胞組織을 直列과 並列로 連合하여 擴散係數를 誘導한 것은 有名한데 그는 그後 細胞膜中에 있어서의 水分通導의 바른 數值

를 얻기 爲하여 細胞腔內를 溶融金屬으로 填充하고 細胞膜內의 水分의 移動을 測定하고⁽²⁾⁽³⁾, sitka spruce 內의 結合水와 水蒸氣擴散을 論하고⁽⁴⁾, 다시 새로운 擴散係數의 理論式을 誘導하고 있다⁽⁵⁾. 한편 그는 Tarkow와 같이 針葉樹 細胞膜 毛細管을 通過하는 炭酸가스의 擴散을 測定하고, 細胞組織中에 있어서 어떤 部分이 水分의 擴散에 對하여 가장 큰 役割을 하는가 하는 것을 發言코저하는 研究⁽⁶⁾에 있어서, 低含水率領域에 있어서의 橫方向의 水分移動은 主로 水蒸氣 擴散에 依하여 實施되는 것이라고 推論했다⁽⁷⁾.

또한 요코다 日本의 橫田은 細胞腔門을 과라핀으로 封한 資料에 依하여 脫着過程에 있어서의 細胞膜內의 水分의 擴散을 測定하고⁽⁸⁾, 擴散係數와 水分濃度의 關係를 究明하였다⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾. 以上을 綜合하면 最近의 研究는 主로 가장 正確하다고 思料되는 擴散係數의 測定과 이에 影響을 미치는 因子의 解明에 對하여 努力하고 있다고 말할 수 있다. 즉 Choog⁽¹¹⁾는 針葉樹의 感溫領域에 있어서의 細胞膜中의 結合水의 擴散係數 및 木材中の 結合水와 水蒸氣 移動에 對한 메카니즘과 이에 關與하는 因子에 對하여 研究하고, 또한 Comstock⁽¹²⁾는 脫濕, 吸着 및 定常態에 있어서 測定한 結果에서 擴散係數를 求하고, 이들을 比較하였으며, Hart⁽¹³⁾는 木材中の 水分移動에 關與하는 主要因子에 對하여 報告하고 있다.

細胞腔門 또는 相互間의 自由水의 通導에 對하여는 乾燥의 立場에서 보다도 오히려 藥劑注入의 立場에서 研究되고 있는 것이 많다. 그中 主要한 것을 들면 木材組織과 浸透性에 對하여는 Jayme⁽¹⁴⁾, Stemsrud⁽¹⁵⁾ 및 Wardrop等⁽¹⁶⁾의 研究가 있고, Douglas fir 心材의 浸透性에 對하여는 Erickson⁽¹⁷⁾ 등의 研究가 있으며, 또한 Kraemer⁽¹⁸⁾는 纖維가 길고, 春材에서는 lumen area가 크고 斷面이 6角形에 가까운 것이 浸透性이 좋고, 斷面이 4角에 가깝고, 半徑壁에 單列의 有緣膜孔이 많은 材는 浸透性이 나쁜 것을 認定하고 있다. 이외에 Kelso等⁽¹⁹⁾의 浸透性에 對한 空氣障害(air bloc-

*日本京都大學木材研究所 報告 1965

**日本京都大學 敎授

kage)의 影響, Kraemer等⁽²⁰⁾은 2,3수종의 針葉樹의 假導管間의 液體의 흐름에 對한 顯微鏡의 研究을 實施하였다.

水分移動의 研究에 對하여 活潑한 研究가 實施되고 있는 것은 collapse의 關係分野이다. 이 分野에 있어서는 特히 Ellwood等의 一連의 報告가 注目을 끈다. 이들은 먼저 表面張力이 낮은 液體가 本質적으로 collapse를 減少한다는 事實에서, 이 缺點이 形成되기 쉬운 California black oak, Pacific madrone中の 水分을 表面張力이 낮은 各種의 有機液體와 置換하여 乾燥한 結果, ethylene glycol, monoethyl ether, metanol, ethanol 등을 處理한 것이 가장 collapse가 적고, zinc chloride solution이나 弱酸의 acetic acid로 處理한 것은 全然 collapse의 減少를 認定할 수 없었다고 報告하였다. 그들은 이와 같은 結果에서 collapse發生의 메카니즘을 論하고⁽²¹⁾, 나아가서는 同一 樹種中の 水分을 monoethyl ether나 n-propyl alcohol의 各種의 濃度로 置換하고, 이것들이 collapse나 收縮에 미치는 影響을 究明하는 同時에⁽²²⁾ 水分만의 경우에는 半徑方向에 있어서의 collapse나 收縮은 溫度(110~276°F) 上昇에 따라서 增加하나 上記의 有機液體로 置換한 경우 溫度 依存性이 없어지는 것⁽²³⁾을 指摘하고 또한 아무카리성이나 酸性의 液은 表面張력과 關係없이 木材纖維를 損傷하여 collapse를 增加한다는 것을 確實히 하였다. 또한 *Eucalyptus*를 연한 鹽酸이나 鹽化나트륨鹽溶液으로 處理한 경우, 前者에서는 collapse는 減少되지 아니하나 그 回復이 減少되며, 後者에서는 全收縮量이 低下된다는 事實 등을 報告하고 있다. 上記外에 1960年 Kauman⁽²⁶⁾은 液의 表面張력과 乾燥應力이 collapse에 주어지는 影響을 調査하고, *Eucalyptus*의 乾燥 初期溫度(60~80°C)가 높을 수록 collapse가 甚하고 그 回復이 減少되며, 溫度가 높고 加熱時間이 길수록 木材의 酸性이 增加하여 어떤 限度까지 collapse에 의한 收縮이 酸性의 增加에 比例한다는 것을 發見⁽²⁷⁾하였으며, 또한 最近 collapse가 形成되기 쉬운 木材에 있어서는 初期 乾燥溫度 60°C 以下에 있어서도 그 危險性이 있다는 것이 報告되고 있다⁽²⁸⁾. 한편 Pankevicius는 *Eucalyptus*에서는 樹高가 높을 수록 collapse의 回復性이 낮은 것을 報告하고 있다.

collapse에 關聯된 收縮 및 이에 關係하는 因子에 對한 研究도 活潑히 進行되고 있다. 그 중에서 主要한 것을 들면 Keylwerth는 木材가 自由로운 收縮(free shrink)를 할 수 있는 경우, 普通의 含水率 範圍에 있어서의 收縮은 大體로 一定하나, 低含水率 領域에서는

含水率에 따라서, 그 程度가 半徑面과 切線面에 있어서 相違한 것⁽³⁰⁾과, 아울러 木材를 乾燥할 경우에 形成되는 水分傾斜나 또는 應力集中에 依하여 收縮이 拘束되는 경우에 對한 測定結果를 報告하고⁽³¹⁾, Stevens⁽³²⁾는 收縮率이 溫도와 함께 增加하고, 乾燥速度와 함께 減少한다는 것과 含水率 30% 附近에서는 收縮率은 水分蒸發量에 大略比例하나, 25%以下가 되면, 溫度나 乾燥速度 등에 對한 依存性이 消失된다는 것을 認定하고 있다. 이 외에 California black oak의 收縮과 乾燥速度 및 溫度와의 關係⁽³³⁾, 가문비를 比較的 高溫乾燥(80~100°C)로 乾燥할 때 乾燥條件과 乾燥速度 및 收縮率과의 關係⁽³⁴⁾, 乾燥 中の 細胞腔, 細胞膜의 收縮에 對한 顯微鏡의 觀察⁽³⁵⁾, 또는 Fichte, Buche 및 Buchen Press Vollholz 등의 收縮膨脹에 關한 研究⁽³⁶⁾ 등을 들 수 있다.

乾燥中 木材에 생기는 drying stress에 對하여는 從來, (a) 1次膜이나 2次膜의 不均一한 收縮에 依하여 생기는 1次應力, (b) 異種 細胞間의 收縮의 不均一性에 依하여 생기는 2次應力, (c) 水分傾斜에 基因하는 表面硬化型의 3次應力으로 나누워서 考察하고 creep나 relaxation도 또한 收縮이나 drying stress에 關係하는 것으로 생각되고 있다. 이 方面의 研究은 從來 그다지 實施된바 없으나, 일찌기 Schniewind等⁽³⁷⁾은 California black oak의 髓線과 紡錘組織 間에 생기는 2次 應力에 對하여 論하고, 立木에서는 이와같은 應力은, 髓線에 引張, 紡錘組織에는 壓縮의 形態로 發生하나 纖維飽和點以下로 乾燥되면 이 關係는 逆轉되는 것과, 髓線의 應力은 含水率에 依存하는데 6~14%에 있어서 最大된다는 것을 報告하고 있다. 이들의 研究은 應力을 定量的으로 取扱하였다는 點에 있어서 注目할 가치가 있다. Cech⁽³⁸⁾은 高溫乾燥(220°F)에 있어서 yellow birch 心材 纖維에 垂直한 壓縮 및 引張強度에 對하여 調査하는 同時에 生材에서 直接 高溫乾燥한 경우 보다도 豫備乾燥後 高溫乾燥를 實施하는 便이 木材 外層의 tension set가 크다는 것을 發見하고, Kubler⁽³⁹⁾(40)는 單板이나 또는 얇은 板材를 乾燥할 때 생기는 drying stress의 基礎的 研究을 實施하고, 單板 乾燥에 있어서도 素材와 똑 같은 表面硬化가 생겨서, 合板의 品質에 크게 影響하므로 應力除去(stress relief)가 必要하다는 것을 說明하고 있다. 日本에서는 福山⁽⁴¹⁾의 drying stress 및 이에 關聯하는 木材材質에 對한 報告가 있다.

乾燥溫度가 材質에 미치는 影響에 對하여는 從來 많은 研究報告가 있고, 그 結論에 있어서 多少의 差異는 있으나, 一般으로는 高溫에 露出되는 時間이 普通의

乾燥溫度에 露出되는 時間의 1/2 以下이면 大部分의 強度의 性質은 實地에 있어서 거의 影響을 받지 아니 하나, 溫度의 增加는 材質의 劣化를 促進한다고 한다. Anderson等⁽⁴²⁾은 red wood의 心材中에 存在하는 水溶性 polyphenolic(nontannin)의 어떤 種類의 耐候性이 강한 成分이 溶出하면 材의 耐候性이 劣화된다는 것을 前提로 하여, 各種의 乾燥條件이 이에 어떻게 影響하는 가를 調査하고, 人工乾燥 또는 天然乾燥와 人工乾燥를 兼用하는 程度에 따라서는 약간 耐候性이 낮아지나, presteaming이나, solvent drying을 實施하는 경우에는 耐候性이 相當히 劣화된다는 것이 認定되고 있다. 또한 一般으로 western hemlock은 高溫에 의한 強度 損失이 적다고하나, Salamon⁽⁴³⁾은 Douglas fir는 乾球 220°F, 濕球 170~200°F의 混合 高溫 蒸氣에 露出되는 경우 보다도, 220°F의 過熱蒸氣 乾燥의 경우에 있어서 材의 劣化가 크고, 특히 225°F 以上에서는 甚하다고 報告하였다. 混合 高溫蒸氣에 露出되는 경우 彈性係數, 比例限度, 曲強度, 壓縮強度는 普通의 乾燥 溫度의 경우보다도 數%에서 拾數% 그 強度가 低下하고, 또한 密度가 높은 樹種일수록 劣化가 크다는 것이 認定되고 있다.

水分計에 關한 基礎研究로서는 Preston,⁽⁴⁴⁾ 上材⁽⁴⁵⁾ 等의 報告, 或은 Skaar⁽⁴⁷⁾의 乾燥中의 水分分布를, 求하기 爲한 電氣水分計의 눈금에 影響하는 諸因子, 특히 溫度나 polarization에 對한 報告가 있다. 새로운 水分計로서는 Noack等⁽⁴⁸⁾이 radio isotope를 利用한 水分計가 提案되고 있다. 이 測定法의 特徵은 高含水率領域의 測定이 可能한 것인데, 木材의 比重이나 收縮의 影響을 調整한 必要가 있다고 하며 또한 高揮發性成分에 依한 含水率測定法⁽⁴⁹⁾도 提案되고 있다.

平衡含水率에 關하여는 溫度, 濕度, 乾濕球 溫度差, 蒸氣壓, 降雨量, 바람等의 諸因子를 包含한 含水率表가 作成되고 있다⁽⁵⁰⁾.

上述한 以外의 分野에 있어서, 幸澤等⁽⁵¹⁾은 主要樹種에 對하여 乾燥速度와 製材法, 比重 및 年輪中의 關係, 收縮率과 製材法 等의 關係를 調査報告하고 있다.

乾燥技術과 直接關聯한 應力研究로서는 McMahon⁽⁵²⁾이 샘플보오드(sample board)에 累積 度數分布를 應用하여 機積內의 含水率의 分布를 더 正確하게 求하는 方法을 提案한 바 있다. presteaming의 效果에 對하여는 現在 아직도 贊否 兩論이 있으나, Campbel⁽⁵³⁾은 오스트레일리아產 Eucalyptus의 乾燥 困難한 樹種에 2~4時間의 presteaming을 實施하면 乾燥速度를 빨리하고, 全般的으로 乾燥에 依한 損傷을 減少할 수

있으나 collapse가 생기기 쉬운 樹種에 對하여는 presteaming의 效果가 거의 認定되지 아니한다고 報告하고 있다.

redwood의 生材에 생기는 褐色斑點(brown stain)은 水溶性의 tannin-polyphenolic와 같은 抽出成分에 依한 것으로, 乾燥 스케줄의 調節에 依하여는 이 發生을 防止할 수 없으나, 2~4時間의 presteaming은 이 防止에 有効하나 steaming時間이 너무 길면 collapse가 생길 염려가 있고, 너무 짧으면 그 效果가 적다⁽⁵⁴⁾고 報告되고 있다.

또한 redwood는 흔히 塗裝後 coating을 通하여 抽出物에 依한 特有한 斑點(stain)이 생기는 경우가 있으나 presteaming은 이것을 防止하는데도 有効하다⁽⁵⁶⁾.

現行의 이쿼라이징은 最乾 샘플보오드가 豫定含水率에 到達하였을 때, 이것 보다도 約 2% 낮은 平衡條件에 있어서 最濕샘플이 豫定含水率에 到達할 때까지 乾燥를 繼續하는 方法을 實施하고 있으나, 棧積의 初期含水率에 있어서 그 差異가 甚할 때, 이 方法은 특히 時間이 길어진다. Nelson은 이것을 改善하기 爲하여는 더 한층 豫定含水率 보다 낮은 吸濕條件으로 이쿼라이징을 實施하는 것이 有利하다고 提案하고 있다. 콘디쇼닝 實施에 있어서 表面硬化型의 乾燥應力의 除去에 對한 溫度의 效果에 對하여는 今日까지 많은 研究가 있어, 溫度가 높을 수록 效果가 있는 것으로 알려지고 있으나 實地의 乾燥條件에 있어서 콘디쇼닝을 實施하는 溫度는 乾燥溫度 그대로를 使用하는 경우가 많다. Nelson⁽⁵⁸⁾은 콘디쇼닝에 있어서 溫度變化를 주면, 木材表面이 吸濕膨脹하려고 하므로 壓縮應力을 받고 또한 水分增加에 依한 彈性係數의 低下에 依하여 壓縮歪가 增加하여 引張歪를 轉換 消滅케 하여 應力의 解消가 短時間에 이루어지는 것을 實驗적으로 確實히 하고 있으며, 七澤이 實施한 應力 除去 乾燥法에 對한 一連의 報告⁽⁵⁹⁾⁽⁶⁰⁾도 興味있는 것이다 또한 乾燥스케줄의 改善도 점차로 實施되고 있다^{(61)~(66)}. 이 외에 熱氣乾燥 關係에서는 風速의 影響⁽⁶⁷⁾, 熱氣를 板面에 垂直으로 接觸하였을 때의 乾燥特性⁽⁶⁸⁾, 棧木을 不規則하게 놓았을 때의 板材의 굽음⁽⁶⁹⁾, 棧積內의 乾燥 差異⁽⁷⁰⁾, 應力除去法⁽⁷¹⁾, 乾燥室內의 風速, 風壓의 分布⁽⁷²⁾, 板材의 變形과 乾燥 溫度 및 調濕處理 關係⁽⁷³⁾, 荷重에 依한 板材의 變形과 溫度, 含水率과의 關係⁽⁷⁴⁾等, 또한 高溫 乾燥 關係에서는 過熱 蒸氣에 依한 大氣壓 以下에 있어서의 潤葉樹의 乾燥⁽⁷⁵⁾, 乾燥特性和 收縮⁽⁷⁶⁾, 高溫蒸氣乾燥에 있어서의 熱傳達 等의 研究報告를 들

수 있으며, 解説圖書로서는 “Dry kiln, operator’s manual⁽⁷⁸⁾”이나 “木材의 乾燥⁽⁷⁹⁾” 등을 들 수 있다.

eastern white pine, sugar pine, Idaho white pine, hemlock(특히 邊材), 日本에서는 소나무, 너도밤나무, 오리나무 등은 天然乾燥의 初期에 brown stain이나 blue stain이 생기기 쉬운데 Stutz等⁽⁸⁰⁾은 이 防止策으로서 bazide(主成分 sodium azide), permatox, timsan(主成分 PCP)의 混合液 使用이 有效한 것을 確認하고, 그 法을 점차로 實施하여, 乾燥收率 向上에 큰 效果를 올리고 있다고 한다. 또한 Evane⁽⁸¹⁾는 brown stain이 생기기 쉬운 材는 leucoanthocyanin을 많이 包含하고, 이것이 *Bacillus*屬의 박테리아가 분비하는 酵素에 接觸하여 沈澱하고, 可溶性 polymer로 된다. 이 polymer가 stain이 形成되기 前의 形態로써, 木材가 乾燥됨에 따라서 水分과 함께 木材表面에 移動하여 空氣에 接觸하여 brown polymer로 된다. thiourea stain은 이 可溶性 polymer의 酸化를 阻害하므로 stain防止에 效果가 있는 것으로 報告되고 있다.

棧積中の 變形 防止에는 普通 棧木을 適當히 配置하고, 棧積의 上部에 무게를 놓거나 또는 줄로 눌러두는 것이 常識이다. Stevens⁽⁸²⁾의 實驗에 依하면, 무게의 效果는 樹種에 따라서 다른데, 너도밤나무가 mahogany보다 좋고, 生材는 豫備乾燥材보다, 高溫은 低溫보다 좋고, 특히 旋回木理의 굽음 防止에 有效하다. 오스트레일리아에서는, ⁽⁸³⁾ *Pinus radiata*는 굽음 變形이 크고, 특히 pith를 含有하는 材는 미셀 傾斜面이 크고, 旋回木理 때문에 휘기 쉬우므로 이 防止策으로서 (a) 1平方피트에 對하여 100 pound의 무게를 놓고, (b) 乾燥末期에는 4時間의 飽和蒸煮를 行하여 再次 乾燥한다. (c) 板材의 必要 넓이의 倍數에 該當하는 넓이로 乾燥한 後에 小割하는 方法이 實施되고 있다. 또한 Knauss⁽⁸⁴⁾는 ponderosa pine, Douglas fir, western hemlock 등의 熱氣乾燥에 있어서, 굽음이나 割裂 등의 損傷을 材의 品等別로 分析하고 있다. 이 外에 割裂의 原因이나, 이에 關與하는 因子에 對한 研究로서는 水平組織인 髓線과 垂直組織인 紡錘組織 間의 應力 集中에 의한 割裂 形成 메카니즘⁽⁸⁵⁾, 水性 및 油性 防腐處理材의 割裂 發生과 水分의 移動⁽⁸⁶⁾이 있고, Gaby⁽⁸⁷⁾은 oak와 같이 髓線이 많은 生材를 planer나 帶鋸로 表面加工한 경우는 圓鋸의 경우보다 表面割裂이 적은 것과 帶鋸나 圓鋸에 依한 表面加工材의 乾燥 割裂中 大部分은 髓線의 破壞가 原因으로 이것이 表面 割裂에 移行한다는 것을 確實히 하고 있다.

3. 各種 乾燥法의 展望

3.1 天然乾燥

數年來 各國에 있어서 天然乾燥가 再認識되어, 그 技術도 점차로 改善되고 있으나, 棧積의 配置(layout) 基礎의 設定, 棧木의 取扱等에 있어서 不適當한 點이 적지 아니한 것으로 알려져 있다. 天然乾燥에 있어서 現在 가장 重視되는 問題는 乾燥收率의 向上과 乾燥時間의 短縮이라고 하겠다. 棧積上에 지붕이 없는 경우는 上部의 2,3段의 板材의 損傷이 甚하고, 그 때문에 乾燥收率が 激減한다. 또한 지붕이 不完全하기 때문에 招來되는 乾燥收率의 損失은 棧積當 數%에서 拾數%以上까지 達한다고 하여 그 때문에 現在 天然乾燥가 가장 盛行되는 美國에서는 棧積上에 低價格으로 完全한 지붕을 設置되어야 한다는 것이 強調되고 있으며, wax emulsion type의 end coating도 收率 向上에 效果가 있다는 것이 認定되고 있다. 棧木의 두께에 對하여도 論議되고 있는데, 이것에 對하여는 아직 確實한 結論이 提示되지 않고 있다.

乾燥初期에 發生하는 brown stain이나 blue stain의 防止에 對하여는 bazide나 permatox 등의 藥劑處理가 實地에 있어서 效果가 있다는 것은 前述한 바와 같다. 原木의 天然乾燥에 對한 文獻은 大端히 적다⁽⁸⁸⁾.

3.2 強制 循環 天然乾燥(forced air drying)

美國에서 forced air drying이 實用화된 것은 1958年 頃으로 그 후 數年間に 있어서 急速한 發展을 보이고 있다. 그 形式은 단지 野外의 棧積에 캔버스(canvas), 벤틀(baffle), 펜(fan) 등을 設置한 簡單한 것에서 지붕 包圍壁, 補助히터, 펜 및 簡單한 自動調節裝置를 設置한 半永久的인 것에 이르기까지 各種이 있어 夏期나 溫度가 높은 季節에는 明確히 有利한 것이 認定되어, 均一한 乾燥와 乾燥時間의 短縮에 效果를 거두고 있다. 그러나 一般으로 70°F가 最適하고, 너무 高溫으로 하면 調濕裝置가 必要하게 되므로 乾燥費가 높아진다. 現在 이 方法이 가장 普及되고 있는 地區는 美國의 南部 및 中西部인데 其他의 地區나 다른 나라에 있어서 는 그다지 普及되지 않고 있다. 따라서 現業報告도 比較的 적은데 그中 主要한 것을 들면

(1) oak나 gum의 枕木에 있어서 是 天然乾燥의 約 1/3의 時間短縮이 可能하다.

(2) 두께 1인치의 soft maple의 含水率을 18~20%까지 乾燥하는데 所要되는 日數는 乾燥期에 있어서 約

10日, 濕潤期에서는 大略 그 2倍가 所要된다.

(3) 지붕, 包圍壁, 補助히터를 設置한, 比較的 設置가 좋은 裝置로 1~2.5인치 두께의 magnolia를 乾燥하는 경우, 經濟性を 考慮한 最適材間 風速은 500~600ft/min이다.

(4) 棧積의 넓이는 初期含水率의 均一성에 關係하고 히터가 없는 경우는 10ft가 限度이다.

(5) 天然乾燥 보다 乾燥時間을 短縮시켜 할 때는 最低 70~80°F가 必要하고, 特히 纖維飽和點 以下에서는 이 餘件이 重要하다.

(6) 어떤 樹種에서는 補助히터를 使用하여 90°F로 乾燥 하면 損傷이 적고 材의 색갈도 좋다. 等の 事實이 알려지고 있다.

要컨데 現在 아직도 試驗的 段階에 있고, 다음과 같은 點에 있어서 아직 問題가 남아 있다.

(1) 均一 乾燥, 乾燥收率의 點에 있어서 果然 어느 程度 天然乾燥 보다 有利한가

(2) 潤葉樹나 乾燥가 낮은 材에 對하여 有利한가, 그렇지 않은가

(3) 空氣通路가 긴 경우, 適當한 乾濕球 溫度差를 維持하기 爲한 補助 히터 使用與否

(4) 히터를 使用할 경우, 空氣의 再循環이 有利한가, 않은가

(5) 人工乾燥에 移行하는 경우, 그 含水率은 어떤 것이 經濟的으로 有利한가

3.3 熱氣乾燥

熱氣乾燥에 있어서는 棧積의 機械化, 乾燥 收率의 向上, 最終含水率의 調整法 등에 努力이 集中되고 있다. 保溫성이 좋은 알미늄 파넬을 使用한 組立式 乾燥室과 unit package type의 乾燥室이 急速히 普及되고 있다. 燃燒가스型의 乾燥室은 initial cost가 싸고 操作도 容易하기 때문에 注目되고 있으나 아직 試驗의 範圍을 벗어나지 못하고 있는 것 같이 보인다. 材間風速도 增加하여 1960년에는 美國林產物 試驗場에서, 針葉樹에 對한 새로운 time schedule이 發表되고 있다⁽⁶¹⁾. 既述한 McMahon이 提案한 累積度數分布曲線에 依한 棧積內의 水分分布 測定法⁽⁶²⁾은 今後 좀더 正確한 含水率 推定에 有効한 것으로 보여진다. 原木의 乾燥法 으로서는 이것을 水平히 나란히 놓고 水平氣流를 接觸시키는 人工乾燥法도 試圖되고 있는데, 天然乾燥의 경우와 마찬가지로 아직 좋은 方法은 發見되지 않고 있다.

3.4 高溫乾燥

이 方面의 研究는 活發히 推進되고 있으나 表面硬化 內部割裂 或은 乾燥 終了時의 水分傾射 등에 아직도 問題가 있고 經濟的으로도 普通法과 比較하여 有利한가 그렇지 않은가에 結論을 내리지 못하고 있기 때문에 工業的으로는 初創期라는 感을 禁치 못한다.

그러나 Douglas fir, larch, ponderosa pine, hemlock, red cedar 등의 針葉樹는 全乾燥期間中 190~210°F의 高溫을 使用하여도 材의 強度 低下를 招來하지 않으며, 防腐劑 注入의 前處理로서 lodgepole pine, western larch의 통나무의 乾燥에 180~200°F의 高溫 乾燥를 行하면(2~3時間), 割裂이 적고 좋은 結果를 얻을 수 있으므로⁽⁶³⁾, 藥劑注入의 前處理로서의 可能性 있다. 潤葉樹도 含水率 50%까지 中溫으로 乾燥하면, 그후는 高溫을 使用하여도 乾燥 結果가 좋다고 하며, gum, oak, sugar maple 등의 枕木의 경우 작은 表面割裂이 均等히 發生하나, 큰 割裂은 적고 結果的으로 成功하고 있다는 報告도 있다.

3.5 高周波 乾燥

試驗的으로 活發히 實施되어 一部分의 家具工場에서는 工業的으로 成功하고 있다고 하나 大規模로 實施되고 있지 않고 있다.

3.6 化學乾燥

溶劑 또는 油類에 依한 乾燥는 元來 主로 電柱나 枕木 등의 防腐劑注入의 前處理로서 開發된 것인데, 그 밖에 浸透성이 나쁜 乾燥가 困難한 材나 木材에서 抽出物을 利用하는 경우에 있어서의 乾燥法으로도 有望하다. 化學乾燥에 있어서 가장 흔히 使用되는 acetone을 使用한 最近의 例로서는 Anderson 등의 tanoak⁽⁶⁴⁾ 및 redwood⁽⁶¹⁾⁽⁶²⁾에 關한 것이 있다. Maroney⁽⁶⁵⁾는 chlorinated hydrocarbon이나 perchloroethylene의 共沸混合液에 依하여 walnut, redwood, maple, oak, birch 등의 潤葉樹의 乾燥試驗을 行하여 좋은 結果를 얻고 있다.

Polyethylene glycol(PEG)은 木材의 치수 安定劑로서 使用되는데, 乾燥가 困難한 材의 前處理 藥劑로서 有効하다. 例를 들면 Mitchell⁽⁶⁴⁾은 彫刻用 厚板을 P.E.G 30%의 溶液中에 浸漬하여 glycol 約 10%를 吸收케한 後에 普通의 熱氣乾燥를 行하면, 割裂을 防止하는데 顯著的한 效果가 있고, 樹種에 따라서 그 吸收量을 바꾸면 좋은 結果를 얻는다고 報告하고 있다. 또

한 oak는 天然乾燥中 初期에 甚한 表面割裂이 생기 쉬우나, polyethylene glycol로 表面處理를 하는 경우 割裂을 防止하고 또한 内部水分의 擴散을 促進하는 效果가 있다는 것이 確認되고 있다⁽⁹⁵⁾.

食鹽 乾燥法은 日本에서는 實施되고 있지 아니하나, 1年을 通하여 溫度가 낮은 地區에서는 利用되고 있다. Haygreen⁽⁹⁶⁾은 食鹽處理材를 熱氣乾燥한 경우 應力分布가 無處理材보다 緩漫한 것을 發見하고, 食鹽의 濃度와 表面硬化, 乾燥時間 및 乾燥스케줄과의 關係를 調査하였다. 이 외에 液狀 와세링(petrolatum)으로 高溫乾燥(100°C以上)한 경우 材의 内部溫度는 普通法의 경우와 變함이 없고, 그 彈性係數는 오히려 增加한다고 하며, redwood의 methanol乾燥와 acetone乾燥의 比較例도 報告되고 있다.

3.7 太陽熱利用 乾燥(solar drying)

木材乾燥에 太陽熱을 利用코져 하는 試圖는 이미 1956年頃부터 實施되고 있으나, 그 效果가 地區의 또는 時間의 極히 制限된 範圍에서만 期待되므로 아직도 試驗의 段階를 벗어나지 못하고 있는 實情이다⁽⁹⁷⁾⁽⁹⁸⁾. 試驗用 乾燥室은 普通 지붕과 壁을 透明한 푸라스틱으로 만들고, 太陽光線을 室內에 通過케 하는 동시에 内部에서 熱의 放散을 防止하고, 内部는 黑體의 壁을 2重으로 하며 1時的이나마 蓄熱의 效果를 올리고 있는 것도 있고, 普通 風(fan)을 設置하여 室內의 濕度를 어느 程度 調整할 수 있도록 만들어져 있다.

Solar drying의 效果에 가장 影響하는 因子는 日照時間과 屋外溫度로써, 降雨量이나 바람은 直接的으로 거의 影響하지 아니한다. 若干의 試驗結果에 依하면 屋外溫度가 比較의 낮은 春秋에 效果의이나, 冬期는 低溫 때문에 補助히터를 設置할 必要가 있고, 夏期는 過熱때문에 그대로는 材의 損傷이 크므로 反對로 太陽光線을 遮斷할 必要가 있다. 成績이 좋은 春秋에서는 天然乾燥와 比較하여 乾燥時間이 1/2에서 2/3로 短縮할 수 있고, 乾燥收率도 좋다는 結論이 많고 經濟的으로는 天然乾燥와 그다지 差가 없으나 乾燥收率이 向上되는 만큼 有利하다는 見解도 있다. 그러나 역시 天候에 支配되는 程度가 크고, 計劃性과 經濟性을 兼하기 爲하여는 強制循環 天然乾燥로 落差되므로 역시 問題點이 있다고 말할 수 있다.

文 獻

(1) Stamm, A.J.U.S. Dept. Agric. techn. Bull. No.

929(1946).

(2) Stamm, A.J., For. Prod. J. 9. 27(1959).

(3) Stamm, A.J., For. Prod. J. 10. 524(1960).

(4) Stamm, A.J., For. Prod. 10. 644(1960).

(5) Stamm, A.J. & Nelson, R.M. Jr. For. Prod. J. 11. 536(1961).

(6) Tarkow, H. & Stamm, A.J., For. Prod. J. 10. 247 (1960).

(7) Tarkow, H. & Stamm, A.J., For. Prod. J. 10. 323 (1960).

(8) 横田德郎, 木材誌 5, 143(1959).

(9) 横田德郎, 木材誌 8, 192(1962).

(10) 横田德郎, 後藤君子: 材誌研報 No.153(1963).

(11) Choog, E.T., For. Prod. J. 13. 489(1963).

(12) Comstock, G.L., For. Prod. J. 13. 97(1963).

(13) Hart, C.A., For. Prod. J. 14. 207(1964).

(14) Jayme, G. & Fen Gel., D., Holz als Roh-und Werkstoff 17, 226(1959).

(15) Stemsrud, F., Holzforchung 13. 16(1959).

(16) Wardrop, A.B. & Davies, G.W. Holzforchung 15, 129(1961).

(17) Erickson, H.D. & Estep, E.M. For. Prod. J. 12. 313(1962).

(18) Kraemer, R.L., For. Prod. J. 11. 439(1961).

(19) Kelso, W.C. Jr & Others, Univ. Minn. Agr. Expt. Sta. Techn. Bull. No. 242(1963).

(20) Kraemer, R.L., & Cote, W.A. Jr. Tappi 46. 42 (1963).

(21) Ellwood, E.L. & Others, For. Prod. J. 10. 8(1960).

(22) Ellwood, E.L. & Ecklund, B.A., For. Prod. J. 13. 291(1963).

(23) Ellwood, E.L. & Ecklund, B.A., For. Prod. J. 13. 350(1963).

(24) Ellwood, E.L. & Others, For. Prod. J. 13. 401 (1963).

(25) Pankevicius, E.R., For. Prod. J. 1239(1962).

(26) Kauman, W.G., Aust. J. of Appl. Sci. H. 122 (1960).

(27) Kauman, W.G., For. Prod. J. 11. 445(1961).

(28) Kauman, W.G., Holz als Roh-und Werkstoff 22. 183(1964).

(29) Pankevicius, E.R., For. Prod. J. 11. 131(1961)

(30) Keylwerth, R., Holz als Roh-und Werkstoff 20. 252(1962).

(31) Keylwerth, R., Holz als Roh-und Werkstoff 20. 292(1962).

(32) Stevens, W. C., For. Prod. J. 13. 386(1963).

(33) Schniewind, A.P. & Kersavage, P.C., For. Prod.

- J. 12. 29(1962).
- (34) 中川宏 其他, 北林指月報 No.126. (1962).
- (35) Ellwood, E.L. & Wilcox, W.W., For. Prod. J. 12. 235(1962).
- (36) Weichert, L., Holz als Roh und Werkstoff 21. 290(1963).
- (37) Schniewind, A.P. & Kersavage, P.C., For. Prod. J. 11. 523(1961).
- (38) Cech, M.Y., For. Prod. J. 14. 69(1961).
- (39) Kubler, H.U.S., For Prod. Lab. Rept. No. 2164 (1960).
- (40) Kubler, H., For. Prod. J. 11. 324(1961).
- (41) 福山萬次郎, 京府大學報農學 No. 14 8592(1962).
- (42) Anderson, A.B. & Others, For. Prod. J. 12. 7 (1962).
- (43) Salamon, M., For. Prod. J. 13. 339(1963).
- (44) Preston, R.W., Can. For. Prod. Lab. Techn. Note No. 16(1960).
- (45) 上村武, 育藤壽, 林試研報 No. 113, 169(1959).
- (46) 上村武, 林試研報 No. 119, 95(1960).
- (47) Skaar, C., For. Prod. J. 14. 239(1964).
- (48) Noack, D. & Kleuters, W., Holz als Roh-und Werkstoff 18 : 304(1960).
- (49) Resch, H. & Ecklund, B.A., For. Prod. J. 13. 481 (1963).
- (50) Finighan, R., C.S.I.R.O. For. Prod. Newlet, No. 252(1959).
- (51) 寺澤眞, 其他, 林試研報 No. 153, 15(1963).
- (52) McMahon, E., For. Prod. J. 11. 133(1961).
- (53) Cambel, G.S., C.S.I.R.O. For. Prod. Newlet. No. 263(1960).
- (54) Cambel, G.S., For. Prod. J. 11. 343(1961).
- (55) Anderson, A.B. & Others, For. Prod. J. 10. 212 (1960).
- (56) Ellwood, E.L. & Erickson, R.W., For. Prod. J. 12. 328(1962).
- (57) Nelson, D.E., For. Prod. J. 12. 24(1962).
- (58) Nelson, D.E., For. Prod. J. 13. 124(1963).
- (59) 七澤喜男, 木材工業 15, 58, 121, 278, 380(1960).
- (60) 七澤喜男, 木材工業 17, 51, 107, 353(1962).
- (61) U.S. For. Prod. Lab. Rept. No. 1900~5(1960).
- (62) 野間達一, 木材工業 16, 469(1961).
- (63) 野間達一, 木材工業 17, 68, 562(1962).
- (64) 寺澤眞, 小玉牧夫, 林試研報 No.135, 103(1962).
- (65) 寺澤眞, 木材工業 19, 250(1961).
- (66) Oberg, J.C., For. Prod. J. 14, 10(1964).
- (67) Kollman, F. & Schneider, A., Holz als Rohund Werkstoff 18. 81(1960).
- (68) Gardner, T.A., Tappi 43. 796(1960).
- (69) 中川宏, 其他, 北林指月報 No. 116(1961).
- (70) 寺澤眞, 其他, 林試研報 No. 143, 157(1962).
- (71) 小倉武夫, 其他, 林試研報 No. 150. 1(1963).
- (72) 寺澤眞, 其他, 林試研報 No. 150, 33(1963).
- (73) 中川宏, 其他, 北林指研報 No. 33(1964).
- (74) 中川宏, 北林指研報 No. 35(1964).
- (75) Malmquist, L. & Noack, D., Holz als Roh-und Werkstoff 18, 171(1960).
- (76) Hann, R.A., For. Prod. J. 14, 215(1964).
- (77) Malmquist, L. & Meichsner, H., Holz als Roh-und Werkstoff 22, 95(1964).
- (78) U.S. For. Service, Agric., Handbook No. 188 (1961).
- (79) 滿久崇磨著, 木材の乾燥 森北出版 社(1962).
- (80) Stutz, R.E. & Others. For. Prod. J. 11. 258 (1961).
- (81) Evans, R.S. & Halvorson, H.N., For. Prod, J. 12 367(1962).
- (82) Stevens, W.C., For. Prod. J. 11. 8(1961).
- (83) Ellwood, E.L., For. Prod. J. 11. 61(1961).
- (84) Knauss, A.C., For. Prod. J. 12. 34(1962).
- (85) Schniewind, A.P., For. Prod. J. 13. 475(1963).
- (86) Bavendann, W. & Others. Holz als Roh-und Werkstoff 21, 369(1963).
- (87) Gaby, L.I., For. Prod. J. 13. 529(1963).
- (88) 服部守一, 木材誌 5. 108(1959).
- (89) Lowery, D.P. & Rasmussen, E. F. For. Prod. J. 13. 221(1963).
- (90) Anderson, A.B. & Fearing, W.B., For. Prod. J. 10. 234(1960).
- (91) Anderson, A.B. & Fearing, W.B., For. Prod. J. 11. 240(1961).
- (92) Anderson, A.B. & Others. For. Prod. J. 12. 493 (1962).
- (93) Maroney, W.H., For. Prod. J. 12. 7(1962).
- (94) Mitchell, H.L., For. Prod. 11. 7(1961).
- (95) Huber, H.A. & Klimaszewski, A.W., For. Prod. J. 13. 439(1963).
- (96) Haygreen, J.G., For. Prod. J. 12. 11(1962).
- (97) Peck, E.C., For. Prod. J. 12. 103(1962).
- (98) Maldonado, E.D. & Peck, E.C., For. Prod. J. 12. 487(1962).