

木材の乾燥法

京都大学木材研究所 教授 満久 崇 磨

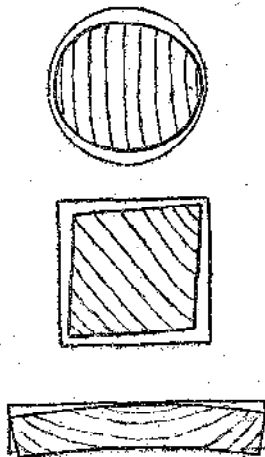
(龍谷教授紹介)

1. 木材は何故又どの程度迄乾燥せねばならぬか?

立木に含まれる水分の量は樹種、環境、辺材、心材等によつて相当の変化があり又季節や伐採直前の天候等にも影響されるが針葉樹では大体 60~150%、廣葉樹では 50~90% で心材部よりも辺材部に多く含まれ且つ針葉樹の場合その差が著しい。之等の水分は普通 2 つの形で木材中に存在する。一つは単に毛管力によつて木材の細胞腔内に保有されている水分で之を通常自由水と云い他の一つは細胞膜のミセルに吸着しミセル間隙内で分子引力の影響をうけているもので通常之を結合水と呼んでいる。自由水は比較的簡単に乾燥することが出来るが結合水の除去には相当大なるエネルギーを必要とする。

水に濡された木材の小片を準靜的に乾燥すると初め自由水が蒸発し之が全部消失した後に結合水が蒸発し始める。この境界点を纖維飽和点と稱し樹種によつて若干相違するが大体 25~30% の範囲内にある。纖維飽和点以下では乾燥が進むに従つて細胞膜が次第に収縮しその結果が材全体の収縮となつて現われるが実際にある程度の厚さをもつ材では内層と表層とで乾燥の速速が生ずる為纖維飽和点よりもかなり高い平均含水率ですでに収縮が始まる。従つて乾燥不十分な材を使用すると次第に収縮が起り然もそれが板目に大きく柵目に小さい為木取りの

如何によつて第 1 圖の様な変形や反りを生じ切角仕上げた製品に狂を生ずる様になる。以上の様な理由で木材は之を製品化する前に少くともそれを使用する場所の大気と平衡する含水率(之を平衡含水率とゆふ)より数%低い点迄乾燥して使用中に生ずる収縮を予め全部取除いておく必要がある。即ち木材は使用

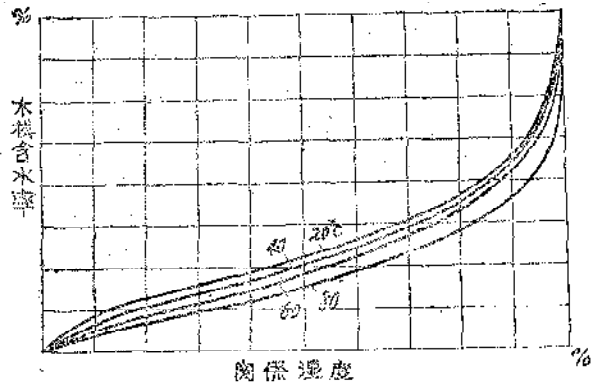


第 1 圖

場所によつて乾燥度を異にするべきでその大体の標準を示すと第 1 表の如くである。第 2 圖に平衡含水率と温、濕

第 1 表 木製品の乾燥度

	製品の種類	乾燥度 (%)
天然乾燥	建築用材	20
	農器具 (戶外使用)	} 17~18
	扉ノ門	
人工乾燥	庭園用器具、腰掛類	15~16
	運動用具	13~14
	家具、床板、木管	12~15
	暖房設備のある部屋の家具類、科学用品、	} 9~10
	樂器類、木型	
	電氣器具、靴型	} 6~9



第 2 圖

度との關係を示す。尙この外乾燥材は腐朽菌や害虫に犯され難いこと、強度が増すこと、軽くなること、加工し易くなること、塗装や染色がよくなること、防腐、防火剤等の注入が容易になること等重々な利点が伴う為古くから種々の乾燥方法が考案されている。以下主な方法をあげて見ると

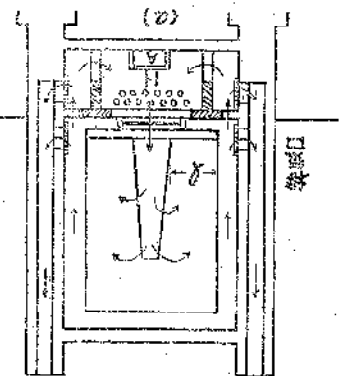
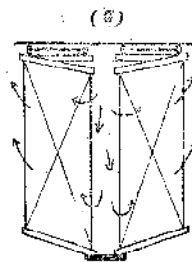
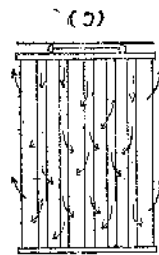
- (1) 天然乾燥法
- (2) 人工乾燥法

熱氣乾燥、真空乾燥、薬品乾燥、電氣乾燥等があり工業的には現在の所天然乾燥と熱氣乾燥とが

90%以上を占めているものと見て差支ない。

2. 天然乾燥法

木材を戸外に積積して覆をかけ日光の直射や降雨を防ぎ大気の温、湿度及び風速を利用して自然に之を乾燥させる方法で葺積の方法、配置等に若干の技術的な問題があるとしてもその効果は全く天候の如何に支配される。従つて乾燥時間は樹種、厚さ、含水率は勿論土地の気候的条件、季節等により相当の相異があるが乾き易い針葉樹の薄物では数ヶ月、闊葉樹の厚物では数年を要してようやく15~18%に達し之以上の乾燥度を必要とする場合は人工乾燥法によらねばならない。要するに天然乾燥は長時間を要し資金の回収が遅い事、天候に支配され確実性に乏しい事、任意の低含水率迄乾燥することが出来ない事等の欠点を有するが殆んど設備なしで簡単に行われる為単独又は人工乾燥と併用して現在でも盛に行われている。



第 3 図

3. 熱氣乾燥法

人工乾燥法は人工的に乾燥条件を調節することによつて乾燥時間を短縮し従つて資金の回収が早く市場に対する順応性に富む事、使用目的に応じて任意の含水率迄乾燥し得る事等の利点を有し丙つ第1表に示した様に大部分の木製品が天乾材以下に乾燥せねばならぬ必要性から是非乾燥室を設備して少くとも天然乾燥と併用して之を行う事が望ましい。人工乾燥法には前述した様な種々な方法があるが工業的には之等の90%以上が熱氣乾燥法によつて占められていると見て差支ない故本文では主として之等の主なものについて説明することにする。

熱氣乾燥の要点は木材の内部水分の移動を容易にする為之を加熱し、蒸発した水分を取去り又木材は内部拡散主要素の材料である故之に依る様に適宜乾燥条件を調節して表面割れや内部割れ或は甚しい内部応力が生じない様にし且つ室内の温、湿度及び風速を出来るだけ均一にすることである。之に必要な乾燥スケジュールは樹種、含水率、厚さ、材の大きさ等によつて異なるが大体の標準としては繊維飽和点迄は80~75%とし以後は材の平均含水率に対する平衡温度よりその1/3~1/4だけ低い温度を用いるが厚物や乾燥のむつかしいナラ、ツゲ、コナ等は此の基準より緩にし、乾燥しやすい針葉樹は之より酷に選んでよい。熱氣乾燥は換気方法によつて自然換気式と強制換気式に大別される。

(a) 自然換気式

第3図は自然換気式の最も普通なタイプで空気が吸気道Aに設けられた数ヶ所のスリットから出て加熱管Hにより加熱され機積中央の空間を上昇して左右の機積内に入り次第に冷却して重くなり乾燥室両側壁に沿つて下降し一部は排気口から排気筒へ、一部は再びヒーターを経て循環し室内の温度は蒸気の噴射と排気口、吸気口に取付けたダンパーによつて行う。この式の欠点は熱気の循環が主として排気筒の通気力による為機積内の熱気速度

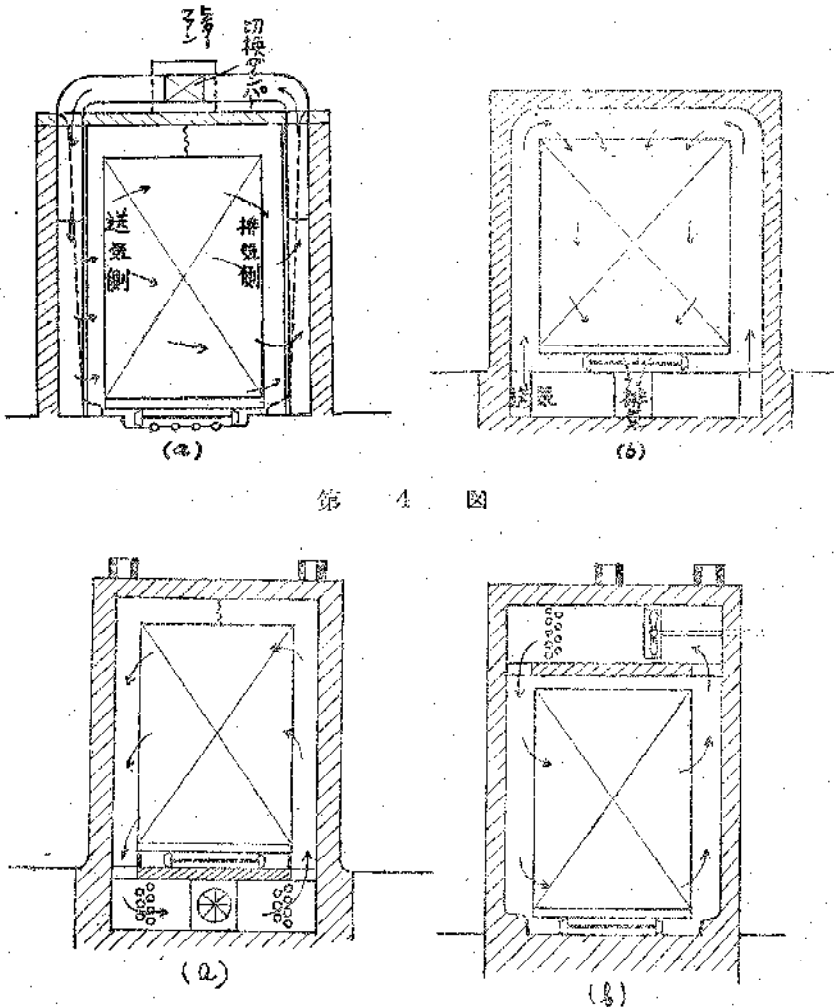
が極めて低い事でこの為強制換気式に比して室内の温、湿度と通気にむらを生じやすく従つて又高温度を使用することが出来ない為乾燥に長時間を要し均一乾燥を行う為には相当の苦心と熟練が必要である。この型式で特に注意すべき点を述べると(1)加熱管を断面一杯に配置すると両側の加熱管による上昇気流の為に排気作用が妨げられる故図の如く断面の中央3/4内に取めること(2)機積内に必ず上昇気流の通り得る垂直の空間を作ること従つて乾燥材料が丸扁物であれば(a)、(b)図の如くし出来れば(b)の様に材を両側に向つて傾斜させ熱気の流通を容易にする、この勾配が逆になると著しく通気作用を減殺する故水平にパイリングする場合は特にこの点に注意する必要がある。乾燥材料が定割物であれば(c)の如くしてもよい。何れの形にしても上昇気流がパイリングから天井へ素通りしない様に板又はカンバス類で適宜な遮蔽を行う必要がある。(3)排気口を上方につけると乾燥室上部の温い熱気が排気され肝心の下部の排気作用が妨げられる故図に示した様に床面附近に設け調節用ダンパーを付ける。(4)パイリングの幅(図中の1)はあまり長くすると通気が妨げられ両側の乾燥遅れが著しくなる故精々2.5尺以内に止めること。(5)乾燥温度が高いと乾燥むらによる割れその他の損傷を生ずる危険が多くなる故よほど能率のよい乾燥室でも吸気側温度を精々50°C迄に止むべきで我國では40°C前後が多く用いられている。(6)その他一般にパイリ

ングの下部 1/3~1/4 の乾燥が遅れ勝である故材の間隔を廣くしたり、この部分の機木を厚くしたり或は下部ヒートイングパイプの幅射をある程度利かす等場合に応じて細かい点に注意することが必要である。

(b) 強制換気式

送風機により室内の熱気を循環させる方法で送風機を室内に置く型と室外に置く型に大別される。一般に前者は大形の乾燥室では設備費が高いが熱損失が少く動力費も安くつく為欧米で好んで用いられており後者は熱効率動力の点で前者に劣るが建造費が割安につく為我国ではこの型がよく用いられている。強制換気式に於ける熱気速度は米、麦では棧積層内 1~2 m/sec の高速を採用しているものもあるがこの様な高速を用いる場合は秀れた計器、技術と完全な設備が必要で我国の現状では到底望み得ない事で現在設置されているものは層内 20 cm/sec 前後、英国では 2ft/sec 前後が適当とされている。強制換気の場合は熱気の分配が均一に行われるから乾燥温度も相当高くとつて差支なく従来は針葉樹で最高 90°C、廣葉樹の乾燥し憎いもので 40~60°C が用いられているが最近ではナラ材で吸気側温度最高 80°C、フナ

寸角で 90°C 以上を用いて良好な結果を得ており独逸では小規模乍ら針葉樹生材の厚板に対して 120°C を用いて成功していることが報告されている。然し乍ら乾燥のしにくい材、変色を許さぬもの等はこのような高温を用いる事は危険である。第 4 図 (a)、(b) は室外型の主なものを示したもので (a) は米国スタートバント会社創案の横流式で気流の均一な分布を計る為に隔壁を設け之に小孔をあけているが点線で示した様に側壁に適当な傾斜を附したのももある。隔壁を設けた方が安全で結果が良好の様である。この型式で注意すべき点は床面の保温が不完全になり勝な為と冷却した熱気が斜降して停滞し勝な為下部の乾燥が遅れる故床面には必ず加熱管を敷設して之を防止すること並に片側送風式にするとよほど風量を多くしない限り排気側の乾燥が遅れる故 1 時間又は数時間おきにダンパーを切換えて熱気を逆循環せしめ之を調整する事が必要である。(b) の下向通風式は乱輻射でも差支ないが特に定幅物に適し理論的には気流の取扱いが横流式より秀れており建造費も安くつくが (a) と同様下部の乾燥が遅れ勝になる故加熱管を適宜配置する必要がある。之と反対の上向通風式は理論的には気流の取扱いが最も不適當であると考えられるが実際に設計運転した結果は案外良好であつた。次に第 5 図は室内型の最も普通のタイプを示したもので (a) は奥行の方向に一列に数個のファンを取付け熱気をスパイラル状に循環せしめ様とするものであるがコンパートメント(分室式)では室内の条件を一様にする事が困難な為度々逆回転させねばならない事、動力費が大きい事などの欠点がある為欧米では最近 (b) の横流式が好んで用いられている。このタイプについての注意事項は第 4 図 (a) に於けると同様であるが逆転のきかないプロペラ翼のファンを用いた場合には排気側の乾燥遅れを防止する為相当高速の熱気を循環せしめることが必要である。室内乾燥室は我国ではあまり採用されていない。

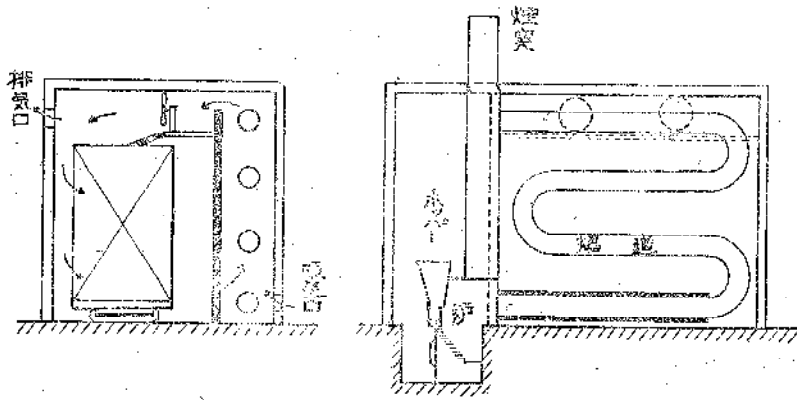


第 4 図

第 5 図

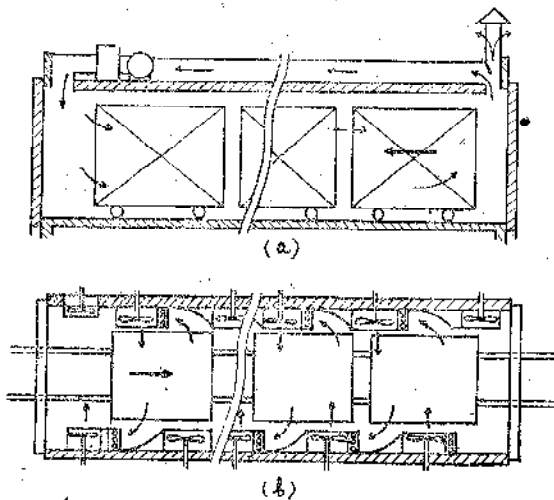
(C) 其 他

第6図は第5図の横流式の熱源として焔道を用いた形式で設備費が安くすむ故小規模の木工場用に適するが矢張り水災の危険を伴う事は否定出来ない。



第 6 図

次に単、合板乾燥用としては欧米では専ら各種の乾燥機(小著「ベニヤ工業」参照)が用いられているが高価な為我国では主として連続式乾燥室が採用されている。第7図はその内の主な型式で(a)の場合は例外なく向



第 7 図

流式(熱気が材料の反対方向に流れる)が用いられ仕上り乾燥を充分に行う。この場合下部の乾燥が不十分になる恐れがある故床面に加熱管を敷設することが必要である。(b)は多段式乾燥法の一つで図(平面図)に示す様に乾燥室両側にファンとヒーターの組を交互に配置して千鳥式に熱気を循環させるものであるがこの方法はファンと乾燥材をよほどよく製作して熱気の流通と循環を計らないと予期の効果を望み得ない。最近筆者等は第4図の横流方式による単、合板の連続式乾燥室を設計したが比較的よい結果を得ている。我国に於ける此種の単、合板乾燥の共通した欠点として痛感せられる事は乾燥材が非常に粗木に出来ている為材料が重なり合つて熱気の流通を阻害し乾燥むらひ(は狂い)や割れの原因

をなしている事でこの点特に注意して材料が正しい間隔を保ち得る様なものを作られる事が望ましい。

4. 特殊な乾燥法

真空乾燥法 は密閉したシリンダー内へ材を積み込み内部を高温にして木材を加熱すると共に間歇的に減圧して木材内部に適当な蒸気圧傾斜を興え水分の蒸発を促し乾燥を早める方法で既に工業化の域に達しており2吋以上の厚物に対しては熱気乾燥法より経済的に有利とされているが現在我国で行われている所は殆ど無い。この方法と熱気乾燥法による場合の乾燥時間を比較すると次の如くである(連続乾燥)。

材 料	乾燥度	熱気乾燥	真空乾燥
エゾマツ 3Cm厚	60%→10%	4~5日	約1日
ナラ 3Cm厚	〃	7~9日	2~3日

薬品乾燥法 大別して次の2方法がある。1は食塩水の様な低蒸気圧の溶液中に一定時間木材を浸漬した後之を普通の方法で乾燥する場合でかなり苛酷な乾燥条件に対しても表面割れの起る危険が少ない為斜局乾燥時間を短縮する事が出来る。他の方法は水よりも沸点の高い溶剤又は溶剤の蒸気中に木材をおき100°C以上の高温に加熱して材中の水分を拡散させる方法で極めて短時間に乾燥することが出来溶剤としては4塩化エタン、アセトン、キシレン等が用いられる。然し乍ら之等は現在の所薄物に対しては乾燥時間を著しく短縮出来るが厚物に対しては効果が少ないこと、薬品代が乾燥時間の短縮をカバー出来ない事等の欠点があり特殊な場合に有効であるが一般工業化の域に達するか否かは将来の問題である。

電気乾燥法 1つは高周波電界中に木材をいれ内部から発熱せしめて之を乾燥する方法で理論的には特に厚物に対して真空乾燥法や薬品乾燥法より遙かに有利であり造船、車輛用材の乾燥にある程度工業化されているが現状では経済的に不利であり、且つ充分な基礎的検討を経ないで、足飛に実用化へ飛躍した概があり木材工業界への滲透は今後に残されている。他の1つは最近注目せられている赤外線による乾燥法で種々の試みが行われているが赤外線の木材への透過深度が数mmにすぎない現状では板材には適して非観的であるが単板乾燥には明るい見通しが窺われている。