

針葉樹製材品の乾燥に関する2,3の問題

前 田 市 雄

本道における針葉樹製材品の用途は大部分が建築用材であるが、そのほとんどが未乾燥のまま需要者に供給されるため、使用中自然乾燥による、収縮、狂い、割れが発生し、材料としての木材の評価を不当に低下させている。

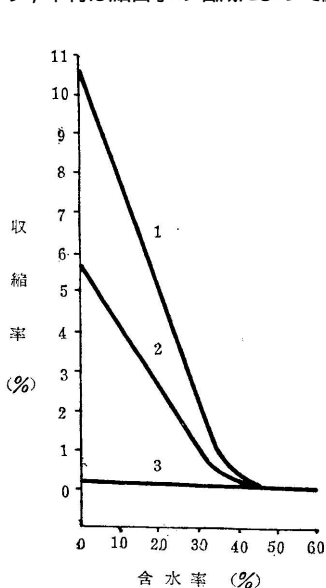
木材を乾燥して使用することは一般的な常識であり、その重要性和効果については木材加工業者は勿論のこと、一般消費者もかなり認識している筈であるが、実際の木材使用面においては、天然乾燥における立地、気象条件への依存性、乾燥設備の不足などにより、円滑な供給が妨げられる一方、乾燥経費の上積みなどによる価格の増加によって、需要者が難色を示すため、現実には生産と需給の不均衡が生じているものといえよう。

しかし、木材以外の多くの工業材料と競合し、需要を拡大するためには、木材のあらゆる利用分野で人工乾燥して使用することが必要であろう。今後建築用部材の工場量産化の進展が予想され、かつ一部には工場加工による部材製品の施工が実施されている昨今、加工精度の高度化要求に対処するためにも乾燥材を供給することが前提となってくる。

既報¹⁾の針葉樹建築材に関するアンケート調査結果に示されたごとく乾燥材をもとめ、また2次加工品を希望する需要者が多くなっていることは、早急にこれらの要求に応じられる態勢を確立する時期にきているものと判断される。

1. 木材中の水分と収縮、膨張

木材中に含まれる水分には細胞の内腔や、細胞間隙に含まれる自由水と細胞膜に含まれる結合水とがあり、木材は結合水の増減によって膨張収縮する。



第1図 木材の含水率と収縮率との関係
1.切線方向 2.半径方向 3.繊維方向

また木材の収縮は第1図に示すごとく、すべての方向に一様ではなく、板目面(切線方向)が最も大きく、柁目面(半径方向)または放射方向)がこれにつき、長さ方向(繊維方向)には僅かしか収縮しない。このように方向によって収縮の差(収縮の異方性)があるため、木材は

含水率の変化にともなって狂いを引き起す。このような狂いは必然的に起りうる木材の特性であって防止することは極めて困難である。

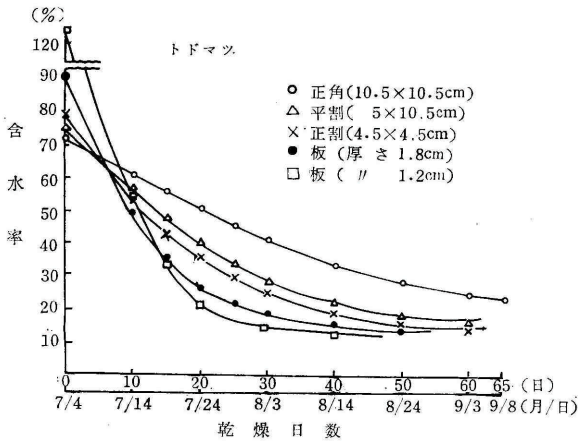
木材乾燥の目的は、あらかじめ使用目的に含致するように木材中の水分を除去、調整して、使用中の収縮、膨張による狂いを防止することであり、木材を加工して利用する場合には欠くことのできない処理である。

2. 天然乾燥と人工乾燥

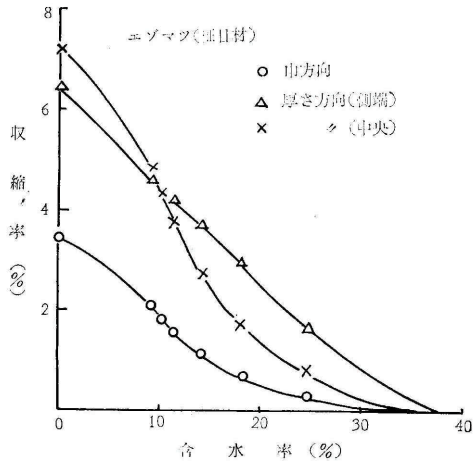
自然の気象条件に依存する天然乾燥では季節により乾燥の速さに差異があり、また板の厚さによってもいちじるしく異なる。当场敷地内で棧積みして天然乾燥した一例を第2図、第3図に示した。

これによると夏季では比較的短期間で乾燥し、板厚の薄い程乾燥速度は速いが、冬季の乾燥では気温が0以下となる場合が多く、2ヵ月間で含水率は5~15%程度しか減少せず、夏季に比較して乾燥の速さは著しく小となる。

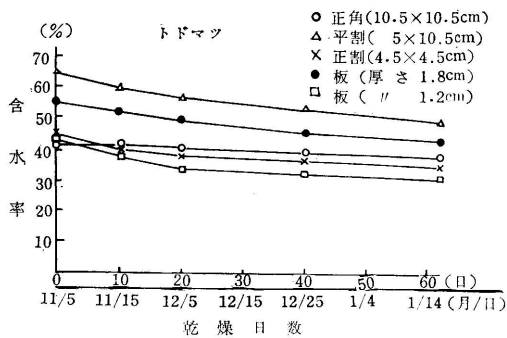
また天然乾燥で到達しうる含水率は、いくら長期間



第2図 夏季における天然乾燥経過



第4図 平割材(5×10.5cm)の収縮経過



第3図 冬期における天然乾燥経過

乾燥させても大気温湿度に応じた平衡含水率より低く乾燥させることはできず、夏季の好条件の乾燥によっても含水率は15%前後であり、季節、板厚さが異なると、更に含水率は高いものとなる。

つぎにエゾマツについて人工乾燥により含水率40%から全乾まで乾燥したときの収縮経過の一例を第4図に示した。いまかりに天然乾燥によって含水率20%まで乾燥した材を用いて、冷暖房の完備した室内に施工し、使用中に含水率が8%まで低下したとすると約4%の収縮をみることになり、すき間や狂いが発生する。したがって針葉樹製材品といえども用途や使用する場所によって乾燥を十分に必要があり、そのためには人工乾燥が必要になってくる。

一般に木材乾燥で材を損傷させないために大切な時期は乾燥初期である。乾燥条件にもよるが針葉樹は広葉樹に比べて乾燥が速いため材の内外部の水分傾斜が

大きくなり、収縮の異方性にもとづく、木口割れや表面割れが発生しやすく、天然乾燥では乾燥初期の温湿度の調節が不可能なため、ときにはこれらの損傷が誘発される危険がある。ことに5cm以上の厚板や、等級下位の材でいちじるしく、これを防ぐには木口を塗料や板で覆うか、適切な乾燥条件による人工乾燥をすることが望ましい。

しかし、天然乾燥によって最も効果的に乾燥させることのできる間は天然乾燥をおこない、乾燥能率の低下した後に人工乾燥に移行するのが乾燥経費の節減、乾燥室の効率の向上のために有利であり、また生材含水率のバラツキを均一化するためにも大切である。

3. 人工乾燥スケジュール

木材を、なるべく損傷させずに、短い乾燥時間、低廉な費用で品質のよい均一な含水率に上げるためには、被乾燥材の用途に応じた合理的乾燥設備を使用しなければならない。更にこれらの設備を用いて乾燥するには、木材の乾燥度に応じて室内の温湿度を調整する操作方法を決定する必要がある。これが乾燥スケジュールで、樹種、板の厚さ、辺材、心材、材の品質、さらに乾燥室型式の種類などによって決められるものである。

スケジュールの決め方としては、操作を開始してからの日数に基準をおいて条件を変化させるタイムスケ

第1表 針葉樹および広葉樹の温度条件 (T)

含水率 %	温度条件														
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	
初	30	38	40	45	45	50	50	55	55	60	60	65	70	75	80
30	25	42	45	50	50	55	55	60	60	65	65	70	75	80	90
25	20	42	50	55	55	60	60	65	65	70	70	75	80	90	90
20	15	45	55	60	60	65	65	70	70	75	75	80	80	90	95
15	以下	50	65	70	80	70	80	70	80	70	80	80	80	90	95

ジュールと、木材の含水率降下に依りて条件を変化させていく含水率スケジュールの方法に大別され、前者は針葉樹の薄板などのごとく比較的乾燥が容易であって、経験的に乾燥室の状態をよく知っている場合にむいているが、経験が浅かったり、また厚板のごとく乾燥の不均一になりやすい場合に適当とはいえない。後者は適当な試験材を室内の数カ所におき、乾燥のおそい半数の試験材の平均含水率を全体の平均値とみなして室内の条件を変化させるもので、一般的であるとされているが、この方法では試験材の選び方が悪いと失敗する。

第2表 針葉樹の湿度条件 (H)

段階	初期含水率 (%) による条件変化の分類						乾湿球温度差 °C							
	A	B	C	D	E	F	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
1	40~30	50~35	60~40	75~50	90~60	110~70	1.5	2	3	4	6	8	11	15
2	30~25	35~30	40~35	50~40	60~50	70~60	2	3	4	6	8	11	14	17
3	25~20	30~25	35~30	40~35	50~40	60~50	3	5	6	9	11	14	17	22
4	20~15	25~20	30~25	35~30	40~35	50~40	5	8	8	11	14	17	22	22
5		20~15	25~20	30~25	35~30	40~35	8	11	11	14	17	22	22	22
6			20~15	25~20	30~25	35~30	11	14	14	17	22	22	22	22
7				20~15	25~20	30~25	14	17	17	22	22	22	22	22
8					20~15	25~20	17	22	22	22	22	22	22	22
9						20~15	22	22	22	22	22	22	22	22
10	15以下	15以下	15以下	15以下	15以下	15以下	30	30	30	30	30	30	30	30

一般に乾燥スケジュールは、ある含水率にたいして適当な温度と関係湿度をあたえ、乾燥が進むにつれて温度を高く、関係湿度を低くしていくもので、一般には乾燥初期の高含水率から30%程度までは温度を一定とし、初期含水率の1/3に含水率が減少するまで湿度を一定としている。また針葉樹は木理が通直で割れ

第3表 樹種別スケジュール 日本産針葉樹一般材用

樹種名	2.5cm厚		5.0cm厚		備考
	温度(T)	湿度(H)	温度(T)	湿度(H)	
カラマツ	⑩	④	⑧	③	表面割れ発生しやすい
アカマツ, クロマツ	⑪	④	⑩	③	〃
ヒノキ	⑪~⑫	④	⑨	③	落込みやすい
モミ(堅), ツガ	⑫	④	⑩	③	表面割れ発生しやすい
トドマツ, エゾマツ, スギ, サワラ, ネズコ	⑫	⑤	⑪	④	90%以上のスギはT7を用う

が発生しやすいので、含水率40%をすぎる頃から15%程度までは湿度のさげかたをこざみにするとともに広葉樹よりもゆるくする必要があります。さらにカラマツのように木理が通直でなく施回木理の多い材で、材の全部または一部に目切れがあったり、あるいはアテを含んだ材では、乾燥によって、ねじれなどの狂いがおこりやすいので、低含水率まで低温を保ち、温度の急激な上昇はさけるべきであろう。またこのように狂いやすい材は天然乾燥あるいは簡易乾燥装置で含水率を30%程度にまでさげしてから人工乾燥するのが適当であろう。

針葉樹材で等級が低く、死節の多い薄板では、最終の温度差乾湿球を15以内にとどめ、温度を70以

下にして節の抜け落ちるのを防ぐような配慮をする必要がある。高級内装材料として素地のまま、あるいは透明塗装をおこなって使用する目的のマツ材にあっては人工乾燥により褐色になる場合があるので高温高湿をさけるべきである。

第1表, 第2表は材間風速 0.8~2.0m/sec. の F. 型乾燥室で製材直後の生材から昼夜連続で乾燥する温度条件(T)の変化と乾湿球温度差(H)の変化を含水率との関係で示した含水率スケジュールの一例でアメリカのマチソン林産研究所で作成されたものである。またこれらの表を用い、日本産針葉樹 2.5cm, 5.0cm 厚さの心材板目板についての組合せを示したのが第3表²⁾である。

しかし、これらのスケジュールは一般的な一つの指針であって、これを基準として被乾燥材の品質、用途、乾燥室型式に適應するように調整する必要がある。ことに天然乾燥された材の乾燥にあたっては、天乾後の含水率や、板厚、季節などによって異なるが、乾燥初期には多少湿度条件（乾湿球温度差）をゆるくした方が無難なようである。

4. 薄板の高温乾燥

高温度で人工乾燥すれば表面の蒸発と同時に内部水分の移動が促進され乾燥時間が短縮される。今後針葉樹製材の乾燥がさかんになれば、乾燥能力の増大と乾燥経費を低廉にするために、高温乾燥もしくは比較的高温度による乾燥が有効な方法と考えられる。

筒本氏の紹介³⁾で K. Egner は吹込温度 110 °C、関係湿度を速かに 30 % 以下にして、天然乾燥した厚さ 2.4cm のトウヒ材（含水率 30%）を 6 時間という短時間で乾燥した場合に反り、割れ等の損傷がみられず、含水率のパラッキも少ないと報告しており、また中川氏⁴⁾はトドマツの厚さ 3 cm、含水率 46 % の板材を、温度 105 ~ 110 °C、関係湿度を徐々に低下して、乾燥時間 24 時間で仕上り含水率 5 % まで乾燥した場合、アテ材とみられる部分にわずかの表面割れがみられ、樹脂の溶溢、材面の変色が目立ったことを報告している。

これらの報告から高温乾燥の適用は含水率 40 % 以下に予備乾燥された材で、厚さ 3 cm 以下の薄板が対象となり、低質な材では乾燥による損傷も発生しやすいものといえよう。

また自然換気式乾燥室では乾燥の不均一はさけられず、強制循環式の場合でも交互循環が望ましい。さらに高温乾燥の致命的な欠点は構造材料の腐蝕が早いことで、耐蝕度の高い材料を使用する必要があるが、乾燥室保存の点からみれば、初期の含有水分の多いものは低温度で操作し、蒸発水分が少なくなってから高温度にする操作も一つの方法であろう。

5. 厚板の人工乾燥

木材の人工乾燥では乾燥中の水分傾斜をできるだけ

少なくするように乾燥条件を調節しなければならないが、厚板になるほど水分傾斜が大きくなりやすく、必然的に低温、高湿度でゆっくり乾燥するか、長期間の天然乾燥によって低含水率としたのち人工乾燥する方法が無難である。しかし、これらの方法では乾燥経費の増加と多額の資金を長期間固定させることになるので、乾燥のはじめ、または経過中に生蒸気あるいは飽湿にちかい熱気を供給して水分傾斜をゆるめる方法がとられる。この処理を蒸煮（スティーミング）といい針葉樹の厚板乾燥には適しているといわれる。なおこの処理は乾燥初期に室内の温度、湿度を速く一様に上昇させ、木材内部の温度を高め、水分の拡散を大にし、また材中の樹脂分その他の有機質を急激に浸出させて乾燥を容易にする働きがあるが、前述のごとく高温、高湿度なため装置の腐蝕がはげしいので、短時間にとどめた方がよい。一般には 1 ~ 3 時間で、凍結材では 4 ~ 5 時間程度とされている。

野間氏⁵⁾はスギ、スプルース、ベイヒなどの針葉樹材とラワンの厚材（厚さ、巾 各 10cm の正角材）を蒸煮の末期温度 98 °C で 9 時間初期蒸煮し人工乾燥した場合は、無蒸煮の乾燥に比べて乾燥速度が大きく、乾燥による材の損傷が小で、その上調湿処理後の材の厚さ方向における内部応力が小さいことを報告している。なおこの報告では厚材で巾広い板は、木材の細胞組織が均一でない関係上、一部に軽い落込みを生ずることを指適している。

6. 針葉樹製材品の乾燥による損傷

筆者等が道産エゾマツ、トドマツ、カラマツの素材（2・3 等込材）より得られた主要製材品について、乾燥による欠点の発生状態を観察した結果（未発表）の一部を第 4 表に示した。

この結果から材面割れ、ねじれでは角材の木取法によってかなりの差が認められ、心持角 > 二万桁角 > 四方桁角の順に小さくなる傾向があり、曲りでは人工乾燥におけるカラマツに著しく大きいものが発生する以外には実用上差支えない結果を示したが、人工乾燥は天然乾燥に比べてやや大きい数値を示している。

また日本農林規格針葉樹製材の規格（JAS）によ

第4表 針葉樹製材品の乾燥による欠点

樹種	材種 ①	天然乾燥 ②				人工乾燥 ③			
		材面割れ		ねじれ ④	曲り ⑤	材面割れ		ねじれ ④	曲り ⑤
		本数 角材1本	長さ 割れ1本			本数 角材1本	長さ 割れ1本		
エゾマツ	心持角	50	12 cm	9.8 %	0.06%	36	13 cm	18.8%	0.14%
	二方桁角	17	8	5.2	0.08	35	5	5.0	0.17
	四方桁角	21	8	4.7	0.06	17	7	9.2	0.12
トドマツ	心持角	28	22	6.1	0.07	75	14	3.8	0.10
	二方桁角	20	15	4.9	0.05	34	11	4.0	0.13
	四方桁角	22	13	4.4	0.11	29	8	2.7	0.10
カラマツ	心持角	—	—	—	—	59	11	8.8	0.17
	二方桁角	—	—	—	—	26	7	5.9	0.22
	四方桁角	—	—	—	—	33	7	4.1	0.27

註) 試験材寸法: 10×10cm 正角材, 長さ エゾマツ, トドマツ 3.65m, カラマツ 4m
 天然乾燥: 夏季(本稿第2図に示した期間, 平均気温 19.5, 平均相対湿度83%)
 人工乾燥: 初期乾球温度55, 同乾湿球温度差3, 終期乾球温度 70, 同乾湿球温度差15, 同乾球温度, 乾湿球温度差8 で9時間イコーライジング
 ねじれ: 元口に対する末口のねじれ量と木口一辺長との比
 曲り: 最大失高と材長との比

り, 乾燥後の製品の等級格付をおこなって状況を検討した結果, 天然乾燥, 人工乾燥とも木口割れ, ねじれに起因するものが多く, 樹種別にみると天然乾燥によるトドマツ, 人工乾燥におけるカラマツが全般的に等級低下が大であった。

さらに厚さ 1.2cmおよび1.8cmの板材では, 抜け節と生節内の割れによる低下が大で, 天然乾燥より人工乾燥の低下がやや小さく, また木口割れは各樹種, 両乾燥法とも1割強の低下を示し, 曲りの低下はカラマツに若干認められる程度であった。

7. おわりに

針葉樹製材品の人工乾燥にあたっては, 板類は勿論のこと, 正角材平割材など厚さの大なる樹種が対象となることが多いと考えられ, 今後資源の逼迫により当

然径級は小さくなり低質素材となることは避けられない情勢にある。

これらの材の人工乾燥による欠点防止のためには, 高度の乾燥技術が必要であり, とくに心持角材の乾燥にあたっては特別の考慮をはらう必要がある。今後建築様式の進歩発展にともなって各種の問題に直面することは避けられないが, 少なくとも現在では針葉樹製材品を乾燥材として供給し, 需要者の使用普及をはからねばならず, 木材は狂うものという観念を1日も早くなくしたいものである。

以上針葉樹製材の乾燥技術についての一端を掲げたが参考になれば幸いである。

文献

- 1) 田中, 堀内, 遠藤: 針葉樹製材に関するアンケート調査 () 林産試月報または木材の研究と普及12月(1966)
- 2) 全国中小企業団体中央会: 現場技術シリーズ No.104 木材乾燥 (実務編下)
- 3) 筒本: 100 以上の温度における木材乾燥 木材工業 Vol.10 No.67 (1952)
- 4) 中川: 木材の高温乾燥に関する研究 北林産試研究報告 No.11 (1956)
- 5) 野間: 厚材の人工乾燥について 木材工業 Vol.17, No. 179 (1962)