

# 建築用針葉樹材の乾燥に関する資料集

平成元年度木質材料資料整備事業

平成2年1月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



## はじめに

平成元年度は、建築用材の乾燥に係る事業が本格的にスタートする年です。

林野庁では、乾燥材の供給体制の整備を図るために、「乾燥材供給対策総合事業」を新たに実施しています。

一方、(財)日本住宅・木材技術センターでは、「木質建材等認証推進事業」(通商AQ)による「建築用針葉樹乾燥処理材」の認証を行うこととしています。また、これに併せて、「含水率計の性能認定事業」をスタートとさせています。

このように、平成元年は「木材乾燥元年」でもあり、木材乾燥普及にとって極めて大事な年といえます。

こうした状況を背景に、木材乾燥の推進を林政の主要テーマとして取上げる地域が増えてきていますが、建築用の針葉樹材の乾燥に係る参考資料となると、まとまったものがほとんどないというのが実情です。

そこで、主に行政を中心に、建築用の針葉樹材の乾燥に関わる方々のお役に立つ資料を提供したいという願いで、この資料(文献)集を作成した次第です。もちろん、本編は、行政関係者ばかりでなく、不十分ですが乾燥材の生産供給に携わっている方々にも参考としていただける内容としております。

資料は、林材関係技術、研究誌等から転載させていただいたほか、当財団調査事業報告書、機関紙「住宅と木材」等から抜粋しております。

ここに、転載について快諾を賜った関係者の方々に厚くお礼申し上げます次第です。

また、本編をとりまとめるにあたって、御指導、御支援を賜った、森林総合研究所鷲見博史氏、久田卓興氏及び林野庁林産課に心からお礼を申し上げます次第です。

平成2年1月



# 建築用針葉樹材の乾燥に関する資料集

I	期待される乾燥材の供給	1
	乾燥セミナー, 1989-10, 1~4	
II	乾燥材に関する調査結果	
1	木材乾燥についての意識調査	5
	西村勝美: 住木センター昭和62年度調査事業報告書 (建築用木材の乾燥に関する調査), 74~91	
2	乾燥材は誰にメリットがあるか	23
	有馬孝禮: 住宅と木材, 1988-10, 12~15	
3	製材規格に関する意向調査結果	27
	住木センター昭和63年度調査事業報告書	
4	住宅用木材の受け入れ規格に関するアンケート調査	31
	住木センター昭和63年度調査	
5	製材工場等の人工乾燥材の生産状況調査	35
6	建築用針葉樹材の乾燥技術・乾燥施設の実態調査	37
	住木センター昭和63年度調査事業報告書	
III	建築用木材の乾燥の現状と問題点	
1	木材乾燥技術	47
	鷲見博史: 住宅と木材, 1987-5, 32~33	
2	北海道	49
	奈良直哉: 住木センター昭和62年度調査事業報告書 (建築用木材の乾燥に関する調査), 146~153	
3	秋田県	56
	佐々木松彦: 出典上記に同じ 153~168	
4	岐阜県	71
	香川紘一郎: " 168~182	
5	奈良県	86
	小林好紀: " 183~197	
IV	乾燥技術関係文献	
1	乾燥(木材工業の最前線)	101
	久田卓興: 木材工業, Vol. 43-11, 28~32	
2	人工乾燥方式および設備	108
	久田卓興: 森林総合研究所資料	
3	除湿式木材乾燥室の現状	115
	寺沢 眞: 木工機械, No. 134, 133~136	
4	スギ・ヒノキ柱材の乾燥	120
	迫田忠芳: 木材の乾燥講習会テキスト(宮崎県), 12~18	
5	針葉樹柱材の乾燥(乾燥特性と寸法変化について)	127
	斉藤周逸: 日本木材加工技術協会第6回年次大会 講演要旨集, 25~26	
6	スギ・ヒノキ柱材の乾燥方式と所要経費	129
	久田卓興, 斉藤周逸: 日本木材加工技術協会第5回年次大会 講演要旨集, 57~58	
7	除湿乾燥における消費動力と熱収支	131
	小玉牧夫: 日本木材加工技術協会第4回年次大会 講演要旨集, 63~64	

8	スギ心持ち柱材のインサイジング処理乾燥	133
	齊藤周逸：第39回木材学会大会研究発表要旨集，127	
9	乾燥スケジュールと脱脂乾燥	134
	信田 聡，奈良直哉：林産試だより，「特集木材乾燥」 6～9，20～21	
10	乾燥（カラマツ）	141
	長野県林業指導所：カラマツ材利用の手引，42～53	
11	木材製品製造基準（カラマツ）	153
	（協）信州からまつ工業会編，1～7	
12	大断面梁材の乾燥	159
	金川 靖，野口芳信：住宅と木材，1987-6，32～33	
13	葉枯らしの方法と効果	161
	中野達夫：山林，1987-11，14～22	
14	木材の天然乾燥とその促進	166
	野原正人：木材工業，Vol. 33-4，8～11	
15	徳島スギ林内乾燥の葉枯らし効果	170
	阪井茂美ほか4名：第39回木材学会大会研究発表要旨集，396	
16	太陽熱を利用した針葉樹材の乾燥促進	171
	中野正志，東野 正：日本木材加工技術協会第7回年次大会講演要旨集，64	
17	柱材の乾燥による含水率変化及び狂いに関する調査	173
	古沢 信，平野 茂：第39回日本木材学会大会研究発表要旨集，129	
18	高周波式含水率計の性能調査	174
	久田卓興，齊藤周逸：日本木材加工技術協会第7回年次大会講演要旨集，60	
19	スギおよびカラマツ仮導管壁孔の閉鎖率について	176
	須川豊伸：第39回日本木材学会大会研究発表要旨集，102	
20	スギ並材の乾燥による高付加価値化	177
	久田卓興，シンポジウム「どうする？スギ」1989-10，21～23	
V	建築用針葉樹材の乾燥に関する暫定指針	
	含水率等の指針の策定について	181
	鷲見博史：住木センター昭和62年度調査報告書 （建築用木材の乾燥に関する調査），92～101	
VI	AQ事業と乾燥材	
1	木質建材等認証等推進事業	191
	林産行政研究会編：木材需給と木材工業の現況（昭和63年度版），286～289	
2	乾燥材のAQ認証	195
2-1	乾燥処理材のAQ認証事業スタート	195
	秋山俊夫：木材保存，Vol. 15-3，17～20	
2-2	建築用針葉樹乾燥処理材の認証申請予定工場に対する調査・指導について	200
2-3	建築用針葉樹乾燥処理材の認証申請予定調書について	201
2-4	建築用針葉樹乾燥処理材の認証申請について	205
3	針葉樹製材に用いる含水率の性能認定規程	208
VII	乾燥施設メーカー一覧表	211
	（附属資料）	
	A. プレカット認証製品一覧表	216
	B. 大学，試験場，研究機関一覧表	218

# I 期待される乾燥材の供給

## 1 高まる乾燥材への関心

このところ、建築用針葉樹材の乾燥に対する関心が急速に高まっています。先進的地域としては、北海道、秋田、長野、岐阜、奈良、などの道・県があります。こうした地域では、業界、行政、関係公立指導試験機関が協力し合いながら乾燥問題に対して積極的な取り組みが行われています。

例えば、北海道では昭和61年設立の「北海道乾燥材普及協議会」が中心となって含水率の自主基準をつくり、乾燥材に共通マークを貼付するなど、その普及に務めています。同協議会は設立当初48社でしたが、現在は123社（生産工場会員）にまで会員が増加しており、道内での関心の高まりがうかがえます。

また、秋田では銘柄化の一環として乾燥材の供給促進を図るため、やはり業界で含水率の自主基準を定めるとともに、行政、工業技術センター、そして業界による「木材乾燥研究会」を設立し、木材乾燥技術の向上への取り組みを行っています。長野県では、信州カラマツ工業会がカラマツの利用拡大に乾燥・脱脂が欠かせないとし、「カラマツ利用基準」を自主的に定めています。更に、岐阜県や奈良県は良質材の産地として知られていますが、この両県とも早くから乾燥設備の導入が進んでいる地域でもあります。

事例として挙げたこの五つの地域に共通する特徴としては、地元の指導試験機関が技術の指導普及や基準づくりに重要な役割を果たしているということです。

## 2 乾燥コストの克服

このように木材乾燥に対する関心は各地で高まりを見せていますが、実際の供給は正に緒についてばかりと言っていていいでしょう。比較的乾燥材の供給量の多いと思われる北海道でも、昭和63年度で、建築用材に占める乾燥材の比率は約10%程度です。全国的には、それよりもかなり低い水準にあるとみていいでしょう。実際に流通市場をみても、乾燥材は柱材ではヒノキ及びスギ（心去り材）の役物、内法材に限られ、構造材の乾燥材はごく少量という

のが実情です。

乾燥材の供給の大きな障害になっているのがコストの問題です。よく生産、供給側から聞かれるのが「乾燥材だからといって高く売れない、せいぜい売れ足が多少早くなるだけだ」という声です。

ところで、ユーザーである工務店はこの問題をどのように考えているのでしょうか。表は、当財団が昨年(※)全国中小建築工事業団体連合会の協力を得て実施したアンケート調査結果の一部です。これによると、「乾燥材を供給してくれるならばコストを負担してもよい」という答えが返ってきています。つまり、ユーザーは実践的に乾燥の重要性を十分認識していると思えます。

ただし、コストの許容アップ率が10%前後というのが気になるところです。例えば、五万円/㎡の柱ですと五万円程度の上積みしか許さないということになりますので、どう考えても、一万円/㎡余を要するスギの柱材の乾燥は極めて難しいということになります。

従って、今後、国産材の中心であるスギの乾燥材の供給を考えますと、技術開発や葉枯らしや天然乾燥も含むコストダウンのための工夫が絶対必要です。もちろん、このコストの障害を乗り越えること

は、そう簡単ではありません。供給者側からみると、乾燥材の使用は、ユーザーにクレーム防止というメリットのあることであり、適切に評価してほしいという願いがあります。

しかし、ニワトリが先かタマゴが先かの論議をしていても実りがありません。先ず供給側が積極的に市場に乾燥材を提供し、入手し易

乾燥材の価格上昇に対する認識

	価格の上昇 してもよい	価格上昇は 認めない	無回答	計
回答数	51	29	4	84
比率(%)	61.4	33.7	4.9	100.0

↑  
未乾燥材価格に対しての許容上昇率

上昇率(%)	回答数(比率)
5%未満	6(11.8)
5~9	13(25.5)
10~14	21(41.2)
15%以上	7(13.7)
無回答	4(7.8)
計	51(100.0)



い環境をつくっていくべきだと思います。信頼のおける乾燥材が安定的に供給されるようになれば、乾燥材に対する経済的評価も変わってくるのではないのでしょうか。

### 3 乾燥技術の向上

前にも述べましたが、信頼のおける品質の安定した乾燥材を供給するためには、乾燥技術を確立するとともに、その普及に力を注ぐ必要があります。もともと、我が国の乾燥技術は非常に高い水準にあります。それは家具などに使用する広葉樹の板物の乾燥を中心に発展したものであり、建築用の針葉樹について、ニーズそのものが薄かったこともあり、ごく最近までは技術的検討は殆ど行われていなかったといえるようです。特に、柱やはりのように断面の大きい材については経験の浅く、しかも材によっては、生材時の含水率は非常に高いもの、意外に針葉樹材の乾燥は難しく、乾燥技術は確率されていないというものが実情です。

そこで、試験研究機関も本格的にこの問題に取り組み始めたということですが、少し先のことは試験研究機関の努力に期待するとしても、当面、何とかして現在の技術で信頼のおける品質の安定した乾燥材を供給できる体制をつくる必要があると思います。

### 4 乾燥材の供給体制

#### (1)国による助成

幸い国においても、乾燥設備の導入に助成を行うなど乾燥材の供給促進に力を入れてきています。

林野庁は、昭和62年度から、リースによる乾燥設備の導入に対し、料金の一部を助成する事業（木材流通改善設備導入促進事業）を実施してきましたが、本年度からは、さらに、乾燥材の普及啓発、乾燥技術マニュアルの作成及び乾燥設備の導入について助成する「乾燥材供給総合対策事業」を実施しています。

#### (2)AQ事業の活用

当財団では、木質建材等認証推進事業（通称AQ事業）を活用一つまり「乾燥処理材」をAQ製品として認証することによって、乾燥材供給のための「核」づくりをしたいと考えています。

この事業は、この4月からスタートさせました。

木材乾燥に対するユーザーの期待は大きく、生産者の方々に大いにこの事業に乗ってほし

いところですが、あまり安易に考えられても困るというのが本音です。一般に木材は、含有水分のばらつきが大きく、これを一定の基準に納めていくというのは容易ではありません。A Q認証を受けようとする場合は、作業基準や品質管理基準を確立し、人材の育成を図り、実行体制をしっかりと整えて臨んでほしいと思います。

## 5 おわりに

繰り返しになりますが、建築材料として他の材料と肩を並べていくためには、乾燥の問題は避けて通ることができません。コスト問題の解決は容易ではありませんが、先ず取り組むことにより先が開かれるのではないのでしょうか。

## Ⅱ 乾燥材に関するアンケート調査結果

### 1 木材乾燥についての意識調査

～工務店へのアンケート調査から～

西村勝美：住木センター62年度調査事業報告書  
〈建築用木材乾燥に関する調査〉，74～91

#### 1. 調査目的

木造建築の振興には，その生産供給体制や技術基盤の整備など，現状でなお解決を図っていかねばならない問題が多い。特に木造建築では，工期の短縮，使用木材の機械加工や冷暖房機器の普及，集成材あるいは非木質系材料の多用などが進行する中で，より高品質で耐久性が優れた建築物への要求が強まっている。このため，主材料としての製材品にあっても，これまでの未乾燥材から乾燥材に要求度が高まっている。

しかし，材料の生産供給側はもちろんのこと，利用側の大工・工務店側でも，部材別にどの程度の乾燥材が望ましいのか，また乾燥材の価格はどの程度まで許容されるのか，など明確に把握されていないのが現状である。

本調査では，材料の利用側である大工・工務店が乾燥材についていかなる問題意識をもって，いかに対処しているか，その実態を明らかにし，今後における建築用木材のあり方への基礎資料とするものである。

#### 2. 調査方法

本調査は，北海道から九州までの「全国中小建設業団体連合会」傘下の大工・工務店，272社を対象として，付表のアンケート調査票を発送し，回答を得た86社（回収率31％）の内容をとりまとめたものである。なお，都道府県別の工務店に対する調査票の発送件数と回答件数については，表1のようである。

表1. 調査票の都道府県別発送数と回答工務店数

府 県 名	発送数	回答数	府 県 名	発送数	回答数
北 海 道	17	8	京 都	2	0
宮 城	2	0	兵 庫	3	2
秋 田	27	6	岡 山	13	7
福 島	6	3	広 島	15	6
茨 城	2	1	山 口	6	3
千 葉	25	3	徳 島	6	2
東 京	31	10	愛 媛	14	3
神 奈 川	20	2	福 岡	1	0
新 潟	36	13	佐 賀	6	4
富 山	2	1	熊 本	1	0
山 梨	8	1	大 分	1	1
長 野	1	0	宮 崎	6	1
静 岡	6	3	計	272	84
三 重	10	1		( 回 答 率 31% )	

### 3. 調査結果の分析

#### (1) 乾燥材の使用について

調査対象の大工・工務店は、その殆んどが一般住宅の建築業である。では、住宅用木材としての乾燥について、どのように認識しているか。かかる設問に対しては、表2のように95%までは「乾燥材を使うべきだ」と答えている。

乾燥材の使用については、良質で耐久性に優れた住宅建築に欠かせな

表2. 住宅用に使う木材の乾燥について

	原則的に乾燥材を使うべき	特に乾燥材でなくてもよい	わからない	計
回答数	80	4	0	84
比率 (%)	95.2	4.8	0	100.0

いし、工期の短縮を図るための基本でもある、と答えるものが多い。しかし、「乾燥材を使うべき」は、理想であって、現実には材料費の増加に連がるし、乾燥材だからといって未乾燥材より高くは買えないという意見もあり、一方では要求するような含水率の乾燥材が容易に入手できないということもあって一部は未乾燥材を在庫し、ある程度自然乾燥したものを、あるいは乾燥材と称しているがそれほど乾いていないことを承知の上で購入し、使用しているが、主体は未乾燥材を使用する工務店が多い。

次に、木材入手段階での乾燥材指定に関する設問では、表3に示すように、「常に指定」が約50%を占め、「時々指定」を含めると、約90%に相当している。しかし、指定する乾燥材はいかなる部材、品質なのかはここでは不明である。ただ、実態から判断すれば、乾燥材の指定は、造作材と役物柱が主体であるとみてよい。なお、ここでいう乾燥材は、人乾、天乾かを問わないが、やはり実態からいえば、造作材や役物柱な

表3. 木材入手で乾燥材を指定するか

	常に指定	時々指定	指定しない	計
回答数	39	36	9	84
比率 (%)	46.4	42.9	10.7	100.0

どは、荒挽き後に天乾し、その後に修正挽きしたものが依然として多く、人乾材を上まわっている。

いずれにしても、調査対象の約90%までの工務店では、部分的ではあるが乾燥材を意識して使用しているといってもよい。

(2) 部材別の乾燥の必要性

調査対象の殆どどの工務店では、住宅用木材には「乾燥材を使うべきだ」と答えている。では、部材別のその必要性については、どのように考えているであろうか。表4に、この関係を表わしている。いうまでも

表4. 部材別の乾燥の必要性

(回答総数：80件)

主要部材名	乾燥材であるべき		乾燥材が望ましい		未乾燥材でよい	
	回答数	比率(%)	回答数	比率(%)	回答数	比率(%)
通し柱(見付)	47	58.5	32	40.0	0	0
通し柱	15	18.8	25	31.3	2	2.5
管柱(見付)	53	66.3	27	33.7	0	0
管柱	13	16.3	39	48.8	4	5.0
間柱	11	13.8	38	47.5	8	10.0
根太	18	22.5	36	45.0	13	16.3
はり	9	11.3	39	48.8	26	32.5
けた	9	11.3	21	26.3	25	31.3
胴差し	9	11.3	26	32.5	27	33.8
敷居	74	92.5	6	7.5	0	0
鴨居	75	93.8	5	6.3	0	0
床板	68	85.0	12	15.0	0	0
内装壁材	66	82.5	18	22.5	0	0

なく、理想としては、樹種や断面という点から乾燥技術上の問題があるといえ、総ての部材に乾燥材を使用すべきだが、何といてもコスト面から強く制限される。

したがって、表示のように「乾燥材であるべき部材」としては、敷居、鴨居、床板、内装壁材など造作材に著しく比重を置いている。これら部材は、建具とのとり合せなどもあり、今日では乾燥材使用がごく普通になっている。その乾燥は、一般には先に述べたような“修正挽き”の製材過程で行われる天乾であり、またかかる材もしくは未乾燥材を購入した工務店も、在庫期間を通してさらに自然乾燥する場合が多い。一方、ごく最近では人乾材も急増している。

造作材以外の部材で乾燥材であるべきものに、見付けの通し柱（59%）と、管柱（66%）が比率的に重要視されている。これは上記した造作材と同様、化粧的要素をもつ材料であって、みてくれを意識した回答になっている。

「乾燥材が望ましい部材」としては、30～50%の工務店が構造材をあげている。つまり、現状では乾燥材が余り使われていない見付け以外の柱類、根太、はり、けた、胴差しなどに乾燥材を望んでいるわけである。しかし大断面であること、コストが高むこと、などを考慮してか約30%の工務店では、はり、けた、胴差しは「未乾燥材でもよい」と答えている。

乾燥材であるべき、乾燥が望ましい部材といっても、どの程度乾燥したらよいかは建築現場や使用樹種によっても異なり、回答し難いため、本調査ではかかる設問を省略した。要するに、大断面材では約1/3の工務店が未乾燥材でもやむを得ないとするが、構造材も乾燥したものが望ましいし、造作材と見付けの柱類は乾燥材でなければならない、というの

が主流になりつつある。

(3) 乾燥材の価格について

建築用木材には乾燥材を使うべきであるといっても、乾燥処理にはコストが嵩み、当然、未乾燥材よりも高材価となる。

乾燥材の価格についての設問には、表5の回答を得ており、約60%の工務店では材価を上げてよいとするが、約1/3は価格上昇は認められない、としている。

このように調査対象工務店の約1/3は、乾燥材は使うべきであるが、乾燥材だからとて材価の上昇があってはならない、としている。一方、約

表5. 乾燥処理に伴う「材価の上昇」について

	価格が上昇してもよい	価格上昇は認めない	無回答	計
回答数	51	29	4	84
比率(%)	61.4	33.7	4.9	100.7

↑  
未乾燥材価に対しての許容上昇率

上昇率(%)	回答数(比率)
5%未満	6(11.8)
5～9	13(25.5)
10～14	21(41.2)
15%以上	7(13.7)
無回答	4(7.8)
計	51(100.0)



60%の工務店は、乾燥処理によって材料の性能が向上したため、価格の上昇は認めようとするものである。しかし、その上昇は、未乾燥材の10～14%アップとする工務店が約40%を占めている。次いで未乾燥材の5～9%アップとするのが約¼に相当している。この許容上昇率からいえば、仮にスギ10.5角の未乾燥材が55,000円/m<sup>3</sup>で購入していたとすると、その乾燥材に対しては60,000～63,000円/m<sup>3</sup>までで購入してもよい、とする工務店が比較的多いことを表わしている。つまり、上記のような条件下では、乾燥コストおよび流通諸経費を含めて5,000～8,000円/m<sup>3</sup>となる。もちろん、ここでの設問は、住宅用木材として使用するに支障がない程度の乾燥材を想定しているし、その乾燥方法は問わないことにしている。したがって、乾燥材の生産供給側にとっては、コスト高になるといわれている人工乾燥にあっても、トータルで未乾燥材価の15%アップを限度に考えて検討すべきかも知れない。

#### (4) 乾燥に伴う木材の性状変化について

木材は乾燥が進行し、平衡含水率近くに達するまで、程度に差はあるが収縮、割れ、反りなどが発生したりする。

住宅用木材としては、平衡含水率近くまで乾燥させる部材はごく限られ、一般には建築施工段階から完工後を通じて極端に支障がない範囲の含水率で乾燥したものを使用している。

ここでは、天乾や人乾など、乾燥方法は問わないが、乾燥によって変化する木材の性状について大工・工務店側がどのような理解を示しているかをみることにする。

##### 1) 乾燥材の「加工」と「欠け」

乾燥した木材は、多少なりとも材が堅くなるが、表6のように、「加工上に問題がある」と答えたものは18%で、殆んどの工務店で

表6. 乾燥材の「加工」・「欠け」について

( ) : %

加工上に問題			材の欠けに対して		
有	無	回答数	支障有	支障無	回答数
14	63	77	15	47	62
(18.2)	(81.8)	(100.0)	(24.2)	(75.8)	(100.0)

は「加工上に問題がない」としている。なお、加工上に問題があると  
する内容には「刃物の切れがよくない」、「釘が打ちにくい」、「ね  
じれる」などの指摘がある。

また、乾燥した木材は端角が「欠け易く、支障がある」とするもの  
24%、「支障がない」とするもの76%で、 $\frac{3}{4}$ は支障がない。しかし  
 $\frac{1}{4}$ の工務店では「外材に材の欠けが多い」、「継手の加工に留意する」  
など、材の欠けを問題視している。

## 2) 乾燥に伴う材面割れ

乾燥に伴って材面が多少収縮し、割れが発生する場合がある。住宅  
用木材では、その程度が問題視されるが、表7に示すように、「多少  
の割れも許容しない」という部材には、見付けの通し柱、管柱、それ  
に敷居、鴨居などで、調査工務店の80%以上が答えている。これに  
比べ、一般の構造材は、「多少の割れがあってもよい」と答えるもの  
が、70%以上に相当している。つまり、みえがかり部材は、多少と  
も割れがあってはならないが、みえがくれ部材は強度低下に連ながら  
ないような割れならば支障がないと判断される。

## 3) 乾燥に伴う節抜け

柱などの角類よりも、小断面の割類、板類は乾燥に伴って死節が抜

表7. 乾燥に伴う「割れ」について

(回答総数：83件)

主要部材名	「割れ」は許されない		多少の「割れ」はよい	
	回答数	比率(%)	回答数	比率(%)
通し柱(見付)	69	83.1	5	6.0
通し柱	4	4.8	58	69.9
管柱(見付)	73	88.0	6	7.2
管柱	3	3.6	62	74.7
間柱	1	1.2	68	81.9
根太	1	1.2	62	74.7
はり	1	1.2	69	83.1
けた	1	1.2	68	81.9
胴差し	1	1.2	72	86.7
敷居	72	86.7	0	0
鴨居	72	86.7	0	0
床板	57	68.7	4	4.8
内装壁材	51	61.4	1	1.2

けることがある。節の抜けについても、表8のように、材面割れの場合と同様に、みえがかり部材にあっては「許されない」し、特に床板や内装壁材には吟味しなければならない。また、節が抜ける場合は少ないが、一般構造材では、例え節抜けがある材でも支障がないと見られている。

#### 4) 乾燥に伴う材色変化

乾燥すると樹種によっては材色に多少変化をきたすことがある。一

表 8. 乾燥に伴う「節の抜け」について

(回答総数：82件)

主要部材名	「節抜け」は許されない		「節抜け」は支障ない	
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)
通し柱(見付)	54	65.8	43	52.4
通し柱	7	8.5	5	6.1
管柱(見付)	52	63.4	55	67.1
管柱	6	7.3	49	59.8
間柱	3	3.7	48	58.5
根太	9	10.9	51	62.2
はり	5	6.1	51	62.2
けた	6	7.3	4	4.9
胴差し	6	7.3	3	3.7
敷居	56	68.3	0	0
鴨居	70	85.4	0	0
床板	71	86.6	0	0
内装壁材	70	85.3	0	0

般には造作材や見付けの柱にあっては、表9のように、「材色の変化は許されない」とするものが多いが、そこでも敷居や鴨居が強調される。これに対しみえがくれの構造材では例え、材色に変化したとて殆んど支障ないことは当然である。「材色の変化」を問題視するのは、乾燥によって「本来の光沢が失われる」、「部分的に材色に変化する」という場合で、これらの程度が大きくなれば、プレナー仕上げを行わなければならないとしている。

表9. 乾燥に伴う「材色の変化」について

(回答総数：81件)

主要部材名	「材色の変化」は許されない		「材色の変化」は支障ない	
	回答数	比率(%)	回答数	比率(%)
通し柱(見付)	49	60.4	19	23.5
通し柱	0	0	52	64.2
管柱(見付)	56	69.1	15	18.5
管柱	0	0	67	82.7
間柱	0	0	65	80.2
根太	0	0	66	81.5
はり	0	0	67	82.7
けた	0	0	65	80.2
胴差し	0	0	66	81.5
敷居	65	80.2	5	6.2
鴨居	66	81.5	5	6.2
床板	53	65.4	9	11.1
内装壁材	56	69.4	9	11.1

5) 心持ち材の乾燥上の問題

住宅用木材で心持ち材を用いる部材には、柱類、根太のほか、一部にはり、けた、胴差しなど、主としてみえがくれの構造材に多い。しかし、北海道では、心持ち材の使用習慣が無いし、九州地区では見付けの柱に用いることが少ないなど、地域によって心持ち材に対して評価の違いがある。

未乾燥材の心持ち材は、乾燥の進行過程で、材面の収縮によって材

面割れが生じたり、曲りやねじれなどの狂いが発生することも多い。特に柱類に心持ちの未乾燥を用いることは、美観性ばかりでなく構造的な性能にも問題が多くなることは言及するまでもない。

未乾燥の心持ち材で「割れ」や「狂い」が「許されない構造材」としては、表10のように、殆どどの工務店が見付けの柱であるとしている。しかし、みえがくれの柱でも40数%のものは、多少の欠点があってはならないとしていることに注目すべきであろう。しかし、一方では、これらの柱には多少欠点が発生しても支障がないと答えるものも30数%ほどある。この支障がないという回答の内容には、欠点

表10. 使用後における心持ち未乾燥材（構造材）の「割れ」

「狂い」等、欠点の発生について

（回答総数：83件）

主要部材名	「欠点の発生」は許されない		多少「欠点が発生」しても支障ない	
	回答数	比率(%)	回答数	比率(%)
通し柱（見付）	79	95.2	0	0
通し柱	36	43.4	27	32.5
管柱（見付）	79	95.2	0	0
管柱	37	44.6	30	36.1
間柱	22	26.5	38	45.8
根太	22	26.5	35	42.2
はり	12	14.5	57	68.6
けた	11	13.3	54	65.1
胴差し	11	13.3	56	67.7

の程度の解釈によるところが大きく、本設問の範囲では具体的な指摘を行うには限界があるが、中には「割れ」はある程度まで許容するが、「狂い」は支障があれば加工で手直す、という回答もある。なお、はり、けた、胴差しの心持ち材については、約70%が多少の欠点が出ても支障がないとしている。

次に、乾燥が不十分な段階で背割りを施した心持ち材の「変形」についてはどのような理解をしているであろうか。表11は、その回答を集約したものであり、「変形は許されない」部材として80%以上が見付けの柱、また60%以上がみえがくれの柱に回答を寄せている。つまり、背割りを施した心持ちの柱については、その変形に対してかなり問題視していることが指摘される。回答中の意見には、「背割後

表11. 背割り心持ち材（構造材）の乾燥に伴う「変形」について

（回答総数：78件）

主要部材名	「変形」は許されない		多少の「変形」は支障ない	
	回答数	比率(%)	回答数	比率(%)
通し柱（見付）	67	85.9	4	5.1
通し柱	48	61.5	27	34.6
管柱（見付）	64	82.1	4	5.1
管柱	48	61.5	27	34.6
間柱	27	34.6	15	19.2
根太	21	26.9	17	21.8
はり	16	20.5	19	37.2
けた	16	20.5	30	38.5
胴差し	16	20.5	28	35.9

の変形は修正挽きで除去して供給されたい」、「背割りは樹心まで施されたい」、「末口と元口の樹心を通した背割りを」という指摘があり、一方では「心持ちの背割入り柱から、心去りの乾燥処理の柱を供給されたい」という意見もある。

(5) 当財団公表「建築用針葉樹材の含水率基準」について

財団法人日本住宅・木材技術センターでは、住宅用木材の性能向上を目的として、昭和63年秋に「建築用針葉樹材の含水率基準」（暫定）を公表した。

この度の公表は必ずしも全国の関連各界・階層まで浸透したとはいえないが、何らかの方法で「公表されたことは知っている」、という工務店は、調査対象の58%に相当し、「公表されたことを知らない」とするものが42%である。このように、半数以上は公表されたことを知っており、日頃から住宅用木材の乾燥問題に対して関心をよせているといえる。しかし、公表されたことは知っているが「その内容まで知っている」とするのは、僅かに16%にしか過ぎない。このことは、上記のように、公表の方法に少なからず問題があることも認めざるを得まい。

いずれにせよ、今回のアンケート調査を通していえることは、一般の大工・工務店が各設問項目に対して意見を寄せるものも多く、住宅用木材の乾燥について強い問題意識を抱いているとあってよい。これらについては、上記内容でもふれてきたが、以下に、乾燥材をめぐる、その生産供給側へ対する意見および自社での対応等について整理しておこう。

(6) 材料供給側への要望と自社での対応

1) 材料供給側への要望

ア. 住宅用木材としては乾燥材を供給すべきだし、それが容易に入手できるようにされたい（28件）。



- イ. みえがかり柱と、造作材はすべて十分乾燥したものを供給されたい（9件）。
- ウ. 人工乾燥した役物柱に、材色の変化や小さな割れが多い。このため役物柱は自然乾燥した方がよい（8件）。
- エ. 葉枯しや土場での丸太乾燥を行い、その後に製材した材料供給を望む（8件）。
- オ. 乾燥材は未乾燥材より多少高価でもよいが、可能な限り乾燥コストの引き下げに努力されたい（8件）。
- カ. 人工乾燥材と称しても、含水率に大幅な差がある。含水率の一定化と、その基準を設定すべきである（4件）。
- キ. 未乾燥材を使用した後のクレームは、すべて工務店側で責任をとってきていることを知って欲しい（4件）。
- ク. 製材木取りに際しては、乾燥による材料の変形を考慮して欲しい（2件）。
- ケ. 乾燥材の備蓄を検討されたい（2件）。

## 2) 自社での対応

- ア. 未乾燥材を仕入れ、在庫を兼ねて自然乾燥している（9件）。
- イ. 自社で人工乾燥設備を導入し、乾燥材を使用して施工する（3件）。
- ウ. 自社で自然乾燥するが、急を要する場合は乾燥設備を要する同業者へ依託する（2件）。
- エ. 未乾燥材と知りつつ使用するが、施工は念入りに行うし、狂いがあれば手直しする（2件）。
- オ. みえがかり柱、造作材はすべて人工乾燥材を使用しているが、間柱など、みえがくれ材は自然乾燥材を用いている（2件）。

以上、乾燥をめぐるの大工・工務店側の主な意見を集約してみた。現状では未だ乾燥材の市場流通品が少なく、また乾燥材と称しても多様な含水率のものであって、使用側にも信頼性を欠いているのが実態であろう。その意味では、かかる調査内容も一部参考の上、材料供給側あるいはそれに関与する指導機関等での検討が望まれるところである。

〔付 表〕

建築用木材（針葉樹）の「乾燥」についての意向調べ

- 記入上の注意：該当する番号等に○印を、（ ）には適当な文字を記入して下さい。（部材名称は右下欄の番号を記入）

〔問1〕住宅等に使う木材の乾燥について、どのように考えておられますか。

1. 原則として乾燥材を使うべきである。
2. 特に乾燥材でなくともいい。
3. わからない。

〔問2〕木材を入手される時乾燥材を指定されたことがありますか。

1. いつも指定している。
2. ときどき指定している。
3. ほとんど指定していない。

〔問3〕問1で乾燥材を使うべきであると答えられた方にお尋ねします。

1. 乾燥すべき部材 ( )
2. 乾燥したほうがよい部材 ( )

3. その必要がない部材 ( )

4. わからない ( )

[ 問 4 ] 乾燥すると材面に割れが生じることがありますが

1. 割れが生じては困る部材 ( )

2. 多少の割れがあってもよい部材 ( )

[ 問 5 ] 乾燥すると、それだけ材料が高くなりますが、どう思われますか。

1. 高くなってもよい ( 未乾燥材単価の %位まで )

2. それは困る。

[ 問 6 ] 乾燥すると、材が堅くなるがありますが、どう思われますか。

1. 加工に問題が ア. ある ( どんな : ) イ. ない

2. 欠け易くなるのがア. 支障ある ( どんな : ) イ. 支障ない

[ 問 7 ] 乾燥すると、節が抜けることがあります。

1. 困る部材 ( )

2. 問題ない部材 ( )

[ 問 8 ] 乾燥すると、材色が変わることもありますが、

1. 困る部材 ( )

2. 支障がない部材 ( )

[ 問 9 ] 未乾燥の心持ち材はあとで割れや狂いが生じますが、

1. それでもよい部材 ( )

2. 困る部材 ( )

〔問10〕心持ち材に背割り処理すると、変形が大きくなりますが、

1. それでもよい部材 ( )
2. 困る部材 ( )

〔問11〕当財団では、7月末「建築用針葉樹材の含水率基準」を設定公表しましたが、このことを知っておられますか。

1. 内容も知っている。
2. 内容は知らないが公表されたことは知っている。
3. 知らない。

〔問12〕建築用木材の乾燥について、その必要性、入手の問題、生産者に対する注文、あなたの今後の対応等について御意見をお聞かせ下さい。

あなたの会社の所在地

都道府県名

区市町村名

御協力ありがとうございました。

記

- |            |             |          |     |       |      |
|------------|-------------|----------|-----|-------|------|
| ①通し柱（みえる柱） | ②通し柱（かくれる柱） | ③柱（みえる柱） |     |       |      |
| ④柱（みえない柱）  | ⑤間柱         | ⑥根太      | ⑦梁  | ⑧けた   |      |
| ⑨胴差し       | ⑩敷居         | ⑪鴨居      | ⑫床板 | ⑬内装壁材 | ⑭その他 |

# 2 乾燥材は誰にメリットがあるのか

東京大学農学部 助教 有馬孝禮

## はじめに

「乾燥材は誰にメリットがあるのか」という、きわめて単刀直入なタイトルにとまどいを感じながらも、結論は「乾燥材はそれに係わる人のすべてにメリットがある」、やや柔らかく「メリットがあるように、互いに理解しあわなければならぬ」といわざるを得ない状況にある。言葉を換えれば、乾燥材に価格負担してまでも価値を認める人にとつて見合う、あるいは意図したメリットがあるように。同時に未乾燥材でも十分使いこなし、その価値を認める人にとつても見合ったメリットがあるようにということになるであろう。

しかしながら、木造建築、特に在来構法木造住宅における木材乾燥を要求する声についてみるならば、ややムード的、必ずしも木造建築における木材乾燥の意味が木材供給側と使用者（木工・工務店や特に最近では設計者）との間で一致しているとはいえない。それは木質材料、家具生産などのように製造段階でどうしても解決せねばならなかったシビアな乾燥の問題とは、かなり異なるあいまいな側面があるからである。

ある。したがって、まずその認識の違い、あいまいさを明らかにすることから始めねばならない状況にあるといえよう。

## 木造住宅生産の場での木材乾燥

木材を主要構造材とした木質系住宅で、木材の乾燥を管理しなくてはならなかった構法は接着パネル構法のいわゆるプレハブ住宅、ついで枠組壁工法であった。もちろん在来の軸組構法でも経験から当然のものとして施工段階でしかるべき管理を行ってきたところもないわけではない。しかしながら、接着パネル構法、枠組壁工法に比較すれば、軸組構法は構法的な特性と、施工段階での材料の吟味や大工による判断によって乾燥に伴う問題に対処しやすかったために、それほどシビアでなかったというのが事実であろう。それが問題になりだした背景には在来構法木造ビルダーの養生期間の少ない、ストックを持たない、工期の短縮あるいはプレカットに代表される大量使用、画一化などが大きなウェイトを占めたことがまず挙げられよう。それらは乾燥による問題を生じやすい側面をもっているため、それへの対応として必然的に画

五〇%と過乾燥から乾燥と言い難いものまで含まれている。特にスギの個々の特性に依存している可能性が高い。

## 在来構法木造住宅の針葉樹柱材の乾燥に関するアンケート調査

木材乾燥に関して、製材から流通、住宅の各業界へのアンケート調査から、現況と問題点を以下に示す。回答を得た会社は一九三九で、業態は製材業が最も多い。

図1は乾燥材の長さ、短所を挙げたもので、乾燥材は軽く、カビや狂いなどを生じにくいというメリットの反面と割り高、時間がかかると受け取られている。乾燥度のチェック方法、使用機器の実態は技術として確立した位置づけがなされているとはいえず、計測方法、計測機器を使用する上でのある基準の設定が要求されているといえよう。その点からも日本住宅・木材技術センターが示した暫定基準（本誌一八号 一九八七年一〇月、同一二四号 一九八八年四月参照）による使用者側での実態とデータの整備から、より適正なコンセンサスと細部の運用が得られることを期待したい。乾燥期間はヒノキに比べ、スギの方が乾燥がやや困難であることが看取されるが、図1の搬入、建築現場の実例のごとく、今後材質特性と合わせ、技術的な細部のデータの蓄積が要求される。

図-1 柱材の各段階での木材含水率の分布(スギ)

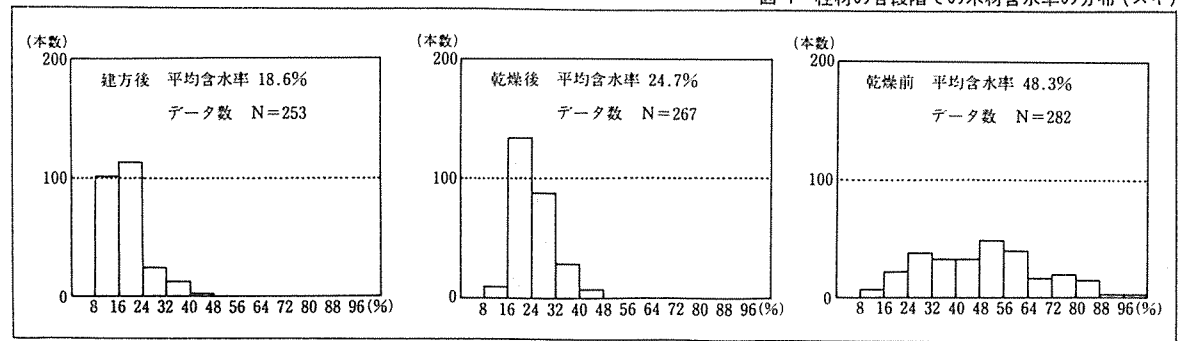


表-1 国産材で乾燥の度合いが明確になっている製材品があったとき

① 使用する可能性のある部材		
	ビルダー	大工
1 梁・桁太	57%	80%
2 根	71	80
3 柱	100	100
4 母屋木	0	10
5 垂木	14	60
6 その他	43	10
		無回答5

② 要求度		
ビルダー	大工	無回答
6(86%)	9(60%)	2(13%)
4(27%)		

図1は在来構法住宅の部材加工現場に木材が搬入後、建築現場までの部材の乾燥を追跡したものである。夏期における人工乾燥前、乾燥後（除湿）および建方後のスギ柱材九八本の含水率分布ヒストグラムで表したものである。人乾前の含水率は入荷時においては天然乾燥の程度に依存するが、一般的にはここに示されているように極めて幅が広いことが推測される。乾燥後は含水率が低下し、その分布幅が狭くなる。しかしながら同一乾燥時期のものにあつても、含水率一〇〜

## 木造住宅の柱材の乾燥の追跡実例

しかしながら後に述べるように、乾燥の度合とプレカット工場や建築現場での部材としての性質、品質との関連は必ずしも明快になっているとはいえず、「乾燥材」という言葉と「含水率」の数字が独り歩きしているという感拭い切れな



表-2 乾燥材に関する意見・苦勞・努力など(自由に記述)回答率49/139=35.3%

**乾燥方法・技術に関する企業努力**

- 人工乾燥には特に注意を払っている。
- 乾燥の履歴がわかるように製材時、乾燥時に日付を記入。
- 製材に当たり、外材の半製品を使用している。
- 丸太・製材(極目木取、耳付き)→天然乾燥→仕上げ製材、の工程をふんでいる。
- スギ、ヒノキの柱は天然乾燥1カ月程度で出荷。
- 板木の管理に気をつけている。何回か使用したら1カマ分をプレナで厚さをそろえる。また他のものと混同して使用しない。
- 柱の背割れの開きによる壁下地材の施工が困難なため、寸法揃えのため、乾燥後四面削りを行っている。
- 大手ゼネコンとの取引では、取引の難航を優先して、乾燥はせざるを得ない。乾燥方法としては、土場貯木の原木使用、大型扇風機の使用による風による乾燥促進。
- 冬の突板乾燥はローラドライヤだけでは春以降に赤カビがでるので、予め予備乾燥(除濕乾燥)で含水率20-30%まで乾燥することが必要。
- 乾燥装置の導入を検討している。(2社)

**乾燥に関する意見**

- 乾燥に伴い、製品ロスがでるので乾燥材はもっと高く売られるべきでは?
- 乾燥経費がかかるので、材加価値の低い素材には乾燥の導入は難しい。
- 表面割れの減少のために材中心の含水率が高いのはいたしかたない。
- 市場、開限へのスギ販売を主にしているが、その場合、生材(2週間程度の天然)が最も色がよく、販売しやすいので、人工乾燥を考えていない。
- 手間とコストがかかり、乾燥コストを価格に算入できないため、乾燥はできればやりたくない、いい加減な乾燥程度で出荷してしまう、という意識レベルのメーカーがまだまだ多いためクレームが多い。
- 乾燥前後の養生を考慮することが重要ではないか?
- 住宅部材としては、乾燥材は必要。集材のツギ板の場合は未乾燥材がよい。
- 乾燥材普及協会を設立したいと思っています。
- 製材、流通、住宅業者が協力して乾燥材の供給をしてゆくべきである。
- 乾燥代金は材額に上乗せする。
- 乾燥材は高く売れる。

**乾燥に関して困ったこと**

- 乾燥は手間がかかる
- 天然乾燥は手間が掛かり過ぎる。
- 歩留まりが落ちる。
- 天杉の乾燥歩留まりが低い(色、割れ、反り)。
- 乾燥にともない材のロスが出て経費がかさむ。
- 乾燥ロスに対する理解が得られない。
- 除濕乾燥はスギの場合時間が掛かり過ぎる。
- 納期との関係で短時間で乾燥し、しかも寸法も正確に仕上げなければならなかった。
- 早急に規格外の材を乾燥材として納入するには乾燥時間が必要であるため納期に間に合わない。
- 乾燥時間がかかるので生材を使用することになってしまふ。
- 乾燥設備および管理費が高い。
- 柱材の役物は根玉材が多く、狂い、割れが出やすく苦勞する。
- 乾燥により寸法変化が木取りにより異なるので歩留まり計算ができない。
- 乾燥費用を売値に算入できない。
- 仕上がり含水率は個々の材の性質により左右され困っている。
- 乾燥材でないため受注をのがしたことがある(ペイマツ専門)。
- 乾燥材を充分に入荷できない。
- 梅雨、冬の出荷に苦勞。
- 現地挽きの材がオープンコンテナで輸入され1年かかるとのクレームが発生した。
- スギ建具材(黒心材)を乾燥したら、表面と内部の色ムラ(表面黒い、内部赤い)出て、小割して使用すると問題があった。
- 含水率を全乾法と水分計で測定したら全乾法の測定値の方が高くてた。乾燥の日数ができない。
- 突板を垂ねて(柱厚さ程度)除濕乾燥した場合表面と内部の乾燥ムラがでる。

**これから検討すべき乾燥問題**

- 乾燥割れの対策必要(3社)
- 乾燥スケジュールの検討が必要
- 乾燥コストの負担をだれがするのか?
- スギ材の辺材と心材の水分割れを取り除き、含水率の均一化が必要。(2社)
- 人工乾燥における狂い防止を検討。(2社)
- 仕上がり含水率を抑える努力が必要。(2社)
- 乾燥後のハネ材の始末が問題。
- 冬場の天然乾燥が問題。季節に左右される。
- 人工乾燥では、色と乾燥時間が問題。
- 芯持ち材の乾燥割れの防止方法の検討 (2社)
- 板積り方法の検討が課題。

**要望など**

- 乾燥日数を充分にほしい。乾燥時間に対する理解がない。
- 乾燥に対する理解を深めることは営業活動の中では特に難しい。

**質問**

- 水分計で正確な乾燥はどれですか?

建築物や用途によっては乾燥しなくても十分なものもあれば、徹底的に乾燥が必要なものもある。それには乾燥度と以後のトラブルなど実態調査が必要である。特に、建築物の場合、木材の含水率の数字のみが一人歩きするのはトラブルのもとになる可能性が大きいからである。それには乾燥度による区分(カタログの役目)をもとに、お互いに生じうる損傷トラブルの可能性を了解しあい、未然にトラブルを防ぐ必要がある。もちろん、価格は明快であることが重要で、乾燥材を標準価格とし、乾燥をさほど必要としない材もあるので未乾燥材は用意し、価格を値引く(乾燥をオプションにしてプラス価格としているのと全然意味が違う)ことである。このように、起こりうるトラブルと適正用途が明確で互いの了解がなされて、初めて乾燥が技術としての意義が確立すると思

われる。

最後にアンケート調査で乾燥材に関して自由に記述してもらったものを示す。ここでの内容の間違いや認識の違いはともかくとして、現状が浮かび上がっているので冷静にそして十分に検討の輪を広げて欲しい。ご協力頂いた方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

**参考文献**

- (1)有馬・木材工業 四三、一五五〜一六〇(一九八八)
- 住宅・土地問題研究論文集 第二二集
- (2)信田、宮沢、有馬・昭和63年度日本木材学会研究発表要旨集 (一九八八)

図-5は乾燥材の導入に対する製材、流通、住宅各業界の姿勢を示したものである。これらから、川下側の積極性に比べ、川上側が慎重であることが窺える。使う側は現場でのトラブルなどが生じないことを期待し、しかもあまり価格が変わらないことを前提にしている。これを反映し、供給側は返品がない程度で、乾燥経費(乾燥度)を抑えたいという姿勢が大勢を占めているようである。

**木造住宅における 木材乾燥の意義の相互理解**

在来構法木造住宅の木材乾燥 特に柱材についての前述した調査から、それが危惧したようにムード的で、必ずしも木材乾燥の意味が木材関係と使用者(大工・工務店や特に最近では設計者)との間で一致しているとは言いがたく、このギャップのためにトラブルが出て、木材、木造への不信感に再転化する恐れすらある。そのためには次のようなコンセンサスをもっておく必要がある。そのためには次のようなコンセンサスをもち、必要があり、論拠に基づいた技術関係と責任、経費負担を明らかにするよう努力が必要であろう。

乾燥材は含水率が低く、カビや狂いなどを生じにくい(生

じにくい)というところが重要)というメリットだけが捉えられがちであるが、乾燥工程を経ることによって、選びぬかれた材(製品歩留りが違う)になることである。柱材の乾燥後はねられる本数はかなりの量になっている。はねられたものは、束などの他の部材になるものや挽直しに回っている。したがって、乾燥材と未乾燥材の評価は単に乾燥経費だけの差でなく、現場でのトラブルなどリスクの軽減、歩留りなども含んでいるという認識とそれに伴う評価を使う側、売る側が共通にもつ必要がある。

乾燥材の導入に対する姿勢は、現在川下側の積極性に比べ、川上側が慎重になっている。現在、使う側は乾燥材に対して現場でのトラブルなどが生じないことを期待し、しかも、あまり価格が変わらないことを前提にしている。これを反映し、材木屋は返品がない程度で、乾燥経費(乾燥度)を抑えたいというのが現実のようである。乾燥度をどこで抑えるのか、葉枯らし材などでは原木業者への還元など、今まで売り手と買い手という関係が主であった川上から川下の木材の流れを木材、木造の振興という共通の問題として捉えなければなら

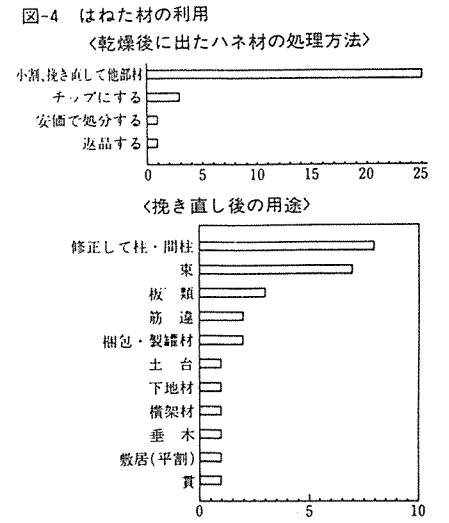


図-4 はねた材の利用 (乾燥後に出たハネ材の処理方法)

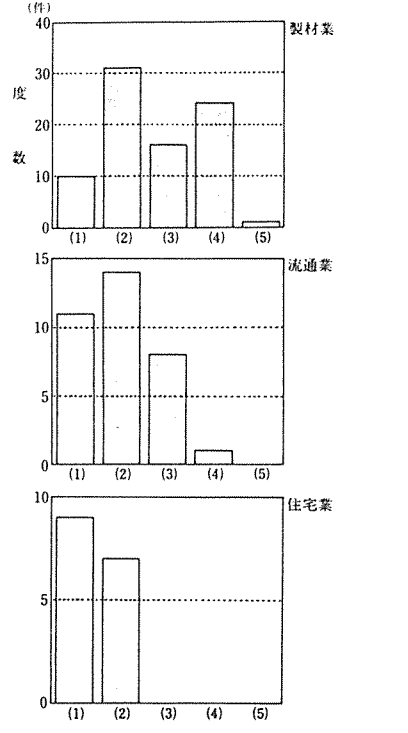


図-5 乾燥材導入の意向(自らの意向)

図-3 生材100本当たり乾燥後はねられる本数

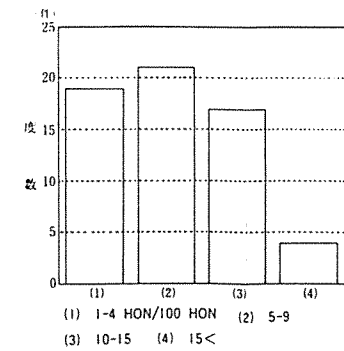


図2-2 乾燥材の評価(短所)

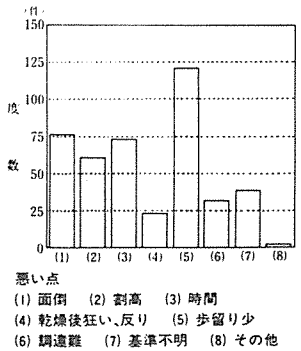
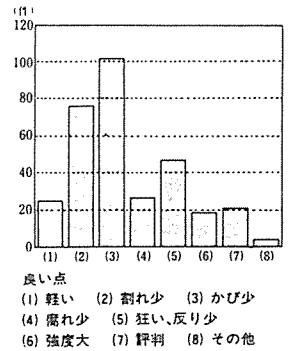


図2-1 乾燥材の評価(長所)







## ≡ 製材規格に関する意向調査実施結果

(財) 日本住宅・木材技術センター  
63年度調査事業報告書

### 1. 調査の目的

住宅の質的向上、中大規模木造建築物の増加等、木材を取り巻く状況の変化に的確に対応しうる製材規格のあり方を検討するため、製材の生産、流通、需要者を対象に意向調査を行った。

### 2. 対象及び発送先の選定方法

#### (1) 供給側

##### 1) 製材工場

全国を10地区に区分、原則として各地区1県、各県木連推薦工場(各30工場)を対象 ……①

##### 2) 流通業

###### ア. 市売市場

(社) 全日本木材市場連盟推薦市場 ……②

###### イ. 市売問屋

(社) 全日本市場連盟推薦8市場所属の問屋(各5社) ……③

###### ウ. 木材問屋(東京)

東京木材問屋協同組合推薦問屋(組合が直接配付、回収) ……④

###### エ. 納材問屋(東京、名古屋、大阪)

全国納材協会連合会推薦問屋(協会が直接郵送、回収) ……⑤

#### (2) 需要側

##### 1) 工務店

(社) 全国中小建築工事業団体連合会推薦工務店(以下「工務店A」という。)及び、(社) 日本木造住宅産業協会 推薦工務店(以下「工務店B」という。) ……⑥、⑦

## 2) 設計事務所

「公共建物の木造事例集」(木材需要拡大協議会発行)等から木造建築物の設計者を抽出 ……⑧

## 3. 発送時期、回収状況

### (1) アンケート発送時期

昭和63年7月末～8月中旬を原則としてそれぞれ郵送

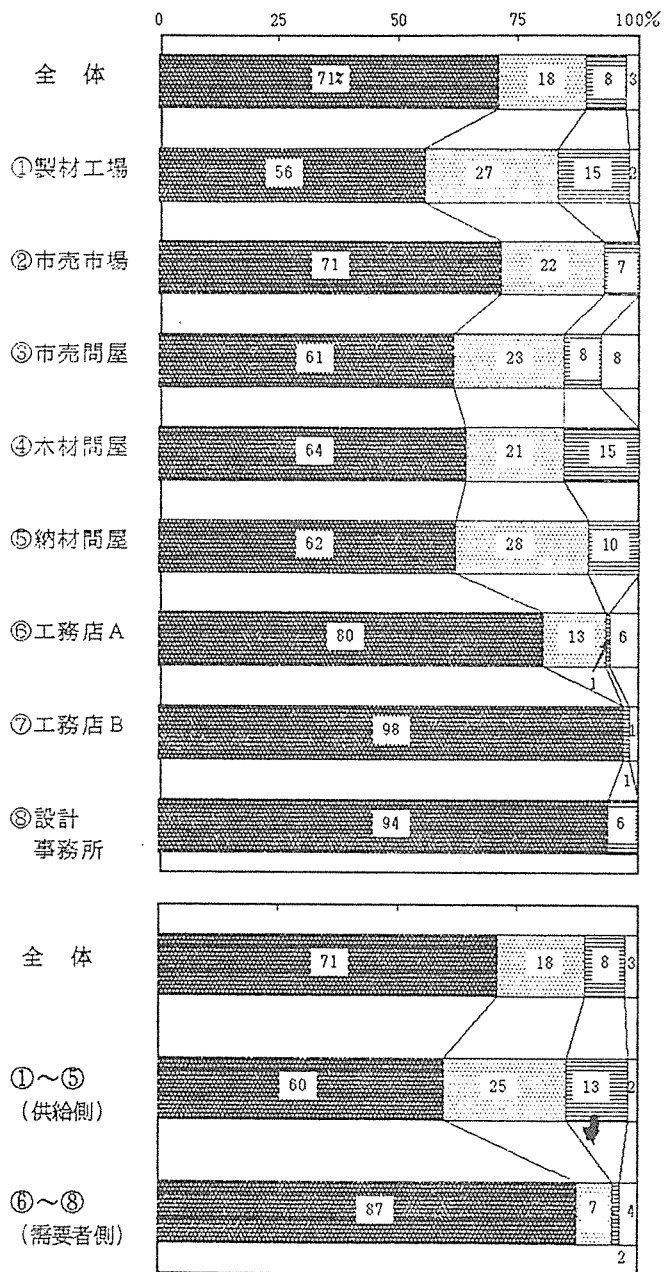
### (2) 発送数、回収状況(詳細は表1の通り)

全発送数 934  
回収数 466  
回収率 49.9%

表1 アンケート発送、回収状況

対象区分	発送数	回収数	回収率(%)
① 製材工場	304	154	50.6
② 市売市場	34	28	82.4
③ 市売問屋	40	26	65.0
④ 木材問屋	39	39	100.0
⑤ 納材問屋	50	29	58.0
⑥ 工務店A	320	107	33.4
⑦ 工務店B	111	67	60.3
⑧ 設計事務所	36	16	44.4
計	934	466	49.9

(4) 乾燥(規定)の必要性について



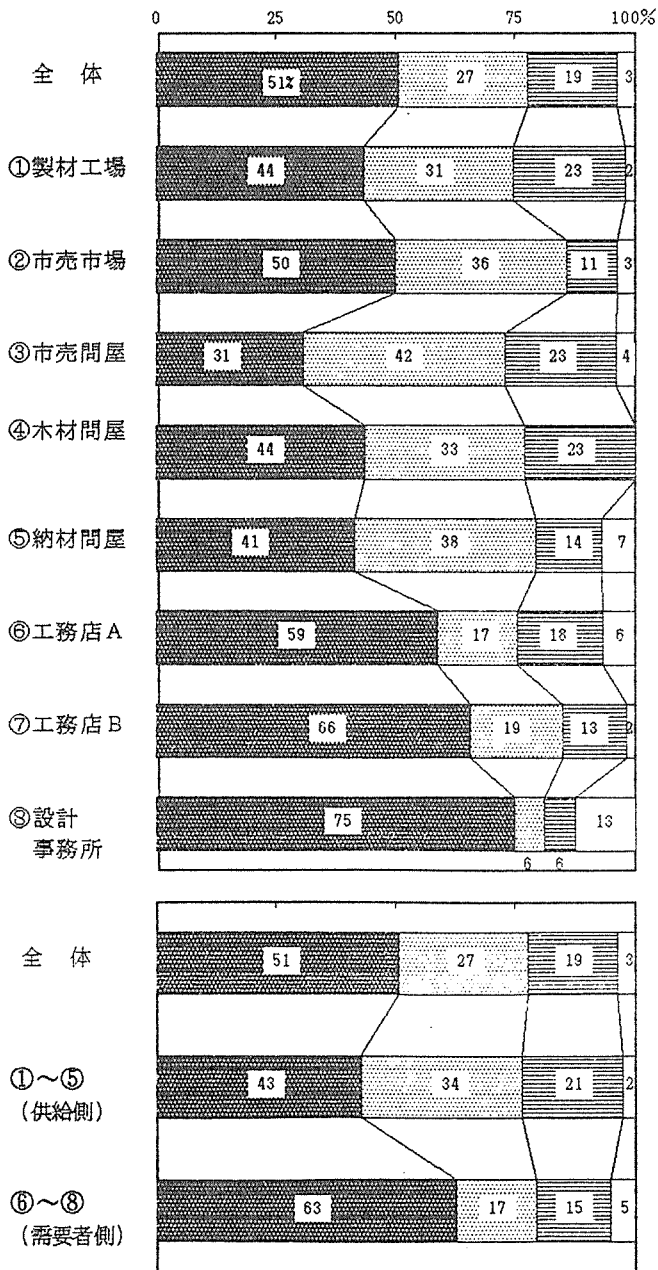
凡例

- 乾燥材の含水率基準が必要である
- 必要ない
- ▨ どちらともいえない
- 無回答・不明

実数

	■	□	▨	□	計
全体	331	84	39	12	466
①	86	42	23	3	154
②	20	6	2	0	28
③	16	6	2	2	26
④	24	8	6	0	39
⑤	18	8	3	0	68
⑥	86	14	1	6	107
⑦	65	0	1	1	67
⑧	15	0	1	0	16
①～⑤	165	70	36	5	276
⑥～⑧	166	14	3	7	190

(5) 乾燥材の寸法について



実数

	■	▨	▩	□	計
全体	237	125	87	17	466
①	67	48	36	3	154
②	14	10	3	1	28
③	8	11	6	1	26
④	17	13	9	0	39
⑤	12	11	4	2	29
⑥	63	18	19	7	107
⑦	44	13	9	1	67
⑧	12	1	1	2	16
①～⑤	118	93	58	7	276
⑥～⑧	119	32	29	10	190

## 4 住宅用木材の受け入れ規格に関するアンケート調査

住木センター63年度調査

### 1. 目的

木造住宅に使用される木材が住宅供給側でいかなる品質基準で取り扱われているかを明かにし、住宅用木材の新たな品質規格検討の参考資料として用いるものです。

### 2. 調査対象の概要

#### (1) 調査対象

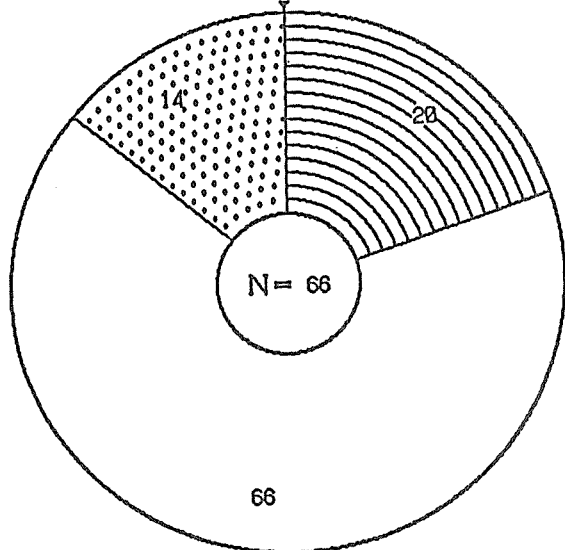
・(社) 日本木造住宅産業協会 (会員住宅メーカー)	110	社
・(社) 日本ハウスビルダー協会 (会員住宅メーカー)	100	社
・大手ゼネコン 住宅部	7	社
合計	217	社

#### (2) アンケート回収内訳




・(社) 日本木造住宅産業協会 (会員住宅メーカー)	42	社
・(社) 日本ハウスビルダー協会 (会員住宅メーカー)	23	社
・大手ゼネコン 住宅部	1	社
合計	66	社

○ 標準仕様の中に木材（製材）の仕様は記載されておりますか。

【 木材（製材）の仕様 】



( 凡 例 )

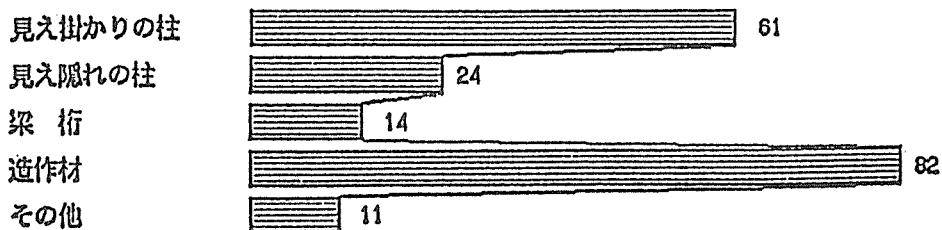
 樹種・等級のみ記載  
 樹種・等級・寸法記載  
 その他  
 ( 不明 )

○ 次の部材のうち乾燥材を指定しているもの

棒グラフは複数回答となっており  
数値は%を示す。(以下同じ)

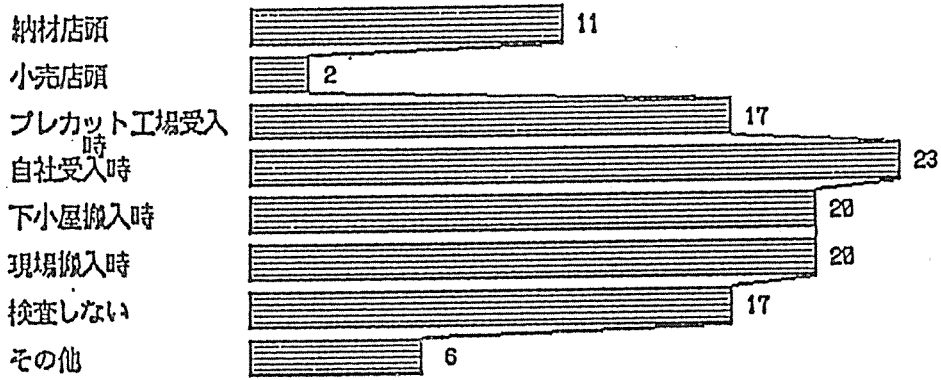
【 乾燥材の指定 】

N = 66



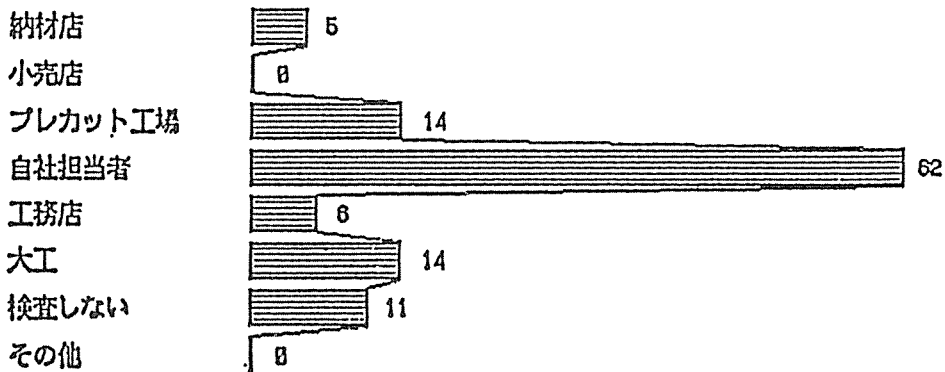
○ 乾燥材を指定している場合、どの時点で検査が行われますか。

【 乾燥材の検査 】 N= 66



○ その検査はどなたが行いますか。

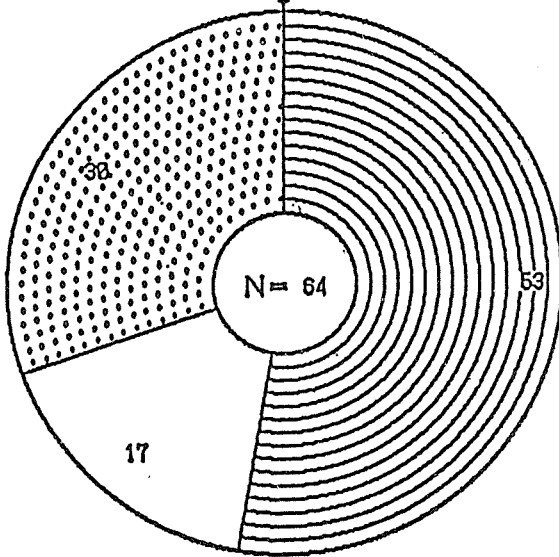
【 乾燥材の検査担当者 】 N= 66



○ その検査には

【 検査方法

】



( 凡 例 )

☞ 木材水分計 (含水率計)  
☞ その他 (不明)



## 5 製材工場等の人工乾燥材 の生産状況調査

林野庁が行った人工乾燥材の生産状況調査結果を次に示した。（昭和63年10月5日付け日刊木材新聞より転載）

これは、昭和63年5月、林野庁林産課が都道府県を通じて行ったもので、調査対象は、乾燥施設を有する製材工場、建築用材を乾燥することを専業としている工場、及び乾燥施設を有するプレカット工場である。

従って、この調査では、乾燥施設の導入が進んでいるフローリング、家具、集成材工場等は調査の対象から除かれているので、結果は、木材関連産業全体の状況を表わしたのではない。

### （参考）調査表

製材工場における乾燥材の生産実績等の調査

県（都道府）

番号	年間製材量					乾燥施設の種類	乾燥室		年間乾燥材生産量				乾燥材の樹種別生産量								販売単価			乾燥施設設置資金 手当方法								
	総量	使用部位別内訳		国産材・外材別			室数	平均容量	総量	構造材		その他		国産材				外材				未乾燥材	乾燥材		乾燥材							
		構造材	その他	国産材	外材					材	材	材	材	材	材	材	材	材	材	材	材					材	材	材				
	m	m	m	m	m	室	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	円	円	円			

(注) 1 本調査は、乾燥施設設置工場の1工場ずつについて調査する。  
 2 乾燥施設の種類は、蒸気式、除湿式、その他とする。  
 3 m当り販売単価は、同一の樹種、規格、寸法のものとする。（主に生産しているものとし、余白に樹種名、規格を付記する。）  
 4 乾燥施設の設置資金手当方法欄には、乾燥施設の設置のための資金の調達方法（制度資金を利用すればその制度名）を記載する。（例 プロパー資金、中小企業近代化資金、国産材産業振興資金等）

# 製材場の人工乾燥材は95万m<sup>3</sup>

林野庁調べ

## 構造材30%を割る 乾燥機室数は1470室に

林野庁は今年四月五月份にかけて製材工場、プレカット工場などにおける乾燥材の生産状況調査を行い、このほどその結果を発表した。それによると乾燥施設の設置数は一千四百七十室、延べ容量三万八千七百九十一立方メートルとなり一室当たりの平均容量は二十六・四立方メートルである。また乾燥施設の型式は蒸気室が八百七十三室で全体の五九%を占める。乾燥材の生産量は九十四万四千九百立方メートルで百万立方メートルにあとわずか、うち構造材は二十七万八千立方メートルで全体の二九%と構造材比率は小さく、これの拡充が大きな課題となっている。

国産材・外材別人工乾燥材年間生産量

区分	生産量	計に対する比率		
		合計に対する比率	それぞれの計に対する比率	
国産材	杉	141,272m <sup>3</sup>	15%	34%
	松	82,270	9	20
	その他	193,778	20	46
計	417,320	44	100	
外材	米	85,080	9	16
	松	171,249	18	35
	その他	269,782	29	51
計	527,611	56	100	
合計	944,931	100		
内訳	構造材	278,131	29	
	その他	666,800	71	

林野庁が今回行ったのは都道府県の協力を得て全国へ一歩で行ったもの。乾燥材、とくに構造材の乾燥はその普及が急務とされている。林野庁が調べたところによると建築用構造材の数は約九百六十立方メートルあるが、そのうち人工乾燥材はわずか二十七立方メートルで全体の二・八%程度にすぎず、普及率は

極めて低い。製材工場における人工乾燥設備導入工場も一万八千余工場に対して約六百工場と極めて低い。今回の調査によると合計乾燥材九十四万四千九百立方メートルのうち国産材は四十一万七千三百立方メートルでシェアは四四%、外材は

乾燥施設設置状況 ( )は計に対する比率

乾燥機の型式	室数	延容量	1室当たり平均容量
蒸気式	873(59%)	124,207m <sup>3</sup> (62%)	27.7m <sup>3</sup>
除湿式	423(29%)	11,074(29%)	26.2
その他	174(12%)	3,510(9%)	20.2
計	1,470(100%)	138,791(100%)	26.4

五十二万七千六百立方メートルで五六%を占める。また樹種別にみると国産の杉が一五%、松が九%、米松九%、米ツカ一八%などとなっている。全体に占める構造材は二十七万八千立方メートルでそのシェアは二九%と低い。今回の調査対象は製材工場とプレカット工場。例えばフローリング生産と兼営の製材工場も含まれる。いずれにしても今回の調査からは乾燥設備の普及の遅れ、とりわけ構造材の乾燥の遅れが浮き彫りにされる。このため林野庁では六十四年度から乾燥材総合対策事業を実施し三万年度で四百七十工場に乾燥設備を導入し構造材に占める乾燥材比率を現在の二・八%から一〇倍以上の三〇%以上にもっていくつもりである。

## 6 建築用針葉樹材の乾燥技術・乾燥施設の実態調査 抜粋

(財) 日本住宅・木材技術センター  
63年度調査事業報告書

### 1. はじめに

我が国で建築に用いられる製材品は年間約23,000千 $\text{m}^3$ であるが、そのうち80~90%は針葉樹材である。広葉樹材の多くはその用途や樹種的な特性から、なんらかの乾燥処理が施されてから使用されるのが一般的であるが、針葉樹材についてはまだそれほど認識は高くなく、生材に近い材が用いられる場合が多い。しかし、近年建築工法の変化や建築工期の短縮化に伴って生材使用に起因する種々の弊害が表面化し、市場に乾燥材を求める声が多くなった。このような背景から、一昨年あたりから建築用針葉樹材の乾燥工場が急増し、現在その数は約700工場に近いと推定される。そこで、これらの工場における乾燥技術ならびに乾燥施設の実情を把握する目的で、全国10地域からそれぞれ3~4工場を選び、調査を行った。

### 2. 調査方法

調査の方法は調査員によるアンケート記入方式とし、次のメンバーによる小委員会を構成して調査を実施し、取りまとめは久田卓興が担当した。

乾燥技術、施設調査事業小委員会の構成

奈良直哉（北海道立林産試験場）

中野正志（岩手県林業試験場）

◎久田卓興（農林水産省森林総合研究所）

吉田孝久（長野県林業総合センター）

武田和正（富山県林業技術センター）

香川紘一郎（岐阜県林業センター）

小林好紀（奈良県林業試験場）

川崎弥生（岡山県木材加工技術センター）

阪井茂美（徳島県林業総合技術センター）

注 ◎執筆者

調査の項目は、調査工場の業種、主要な製品の種類と生産量、生產品目別の乾燥方法と乾燥条件、作業基準や品質管理方法、乾燥装置の種類と性能、付帯設備や管理機器などに分けられている。アンケートへの記入は聞き取り調査の後、調査員がこれを集約して記入する方法をとった。調査内容はなるべく工場側の意見を尊重し、明らかな誤りと思われるもの以外は工場側の示したスケジュール、乾燥日数、含水率管理基準などをそのまま記入し、現場での意識や実態の把握に努めることとした。

### 3. 調査工場の概要

#### (1) 調査工場の地域と業種

表1 調査工場の地域と業種

地 域	(工場数)					
	製材業	木材販売業	建築業	乾燥業	その他	計
北海道		2		1		3
東北	3					3
関東	1	1				2
信越	2	1			1	4
北陸	1	2	1		1	5
北海道	3		1			4
近畿	3	1				4
中国	3					3
四国	2	1				3
九州	2				2	4
計	20	8	2	1	4	35

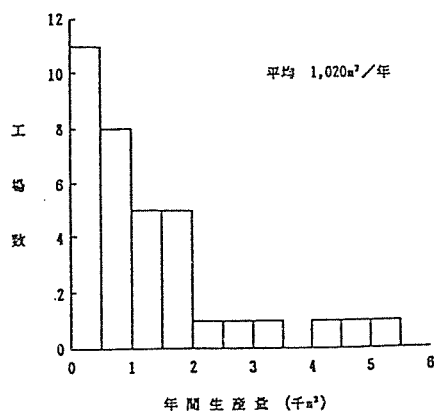


図1 調査工場の生産量

表2 樹種別・製品別生産量 (m<sup>3</sup>/年間)

地 域	ヒノキ			スギ			その他の国産材			外国産材			計
	構造用	造作用	その他	構造用	造作用	その他	構造用	造作用	その他	構造用	造作用	その他	
北海道							3249	1110	739	190		971	6259
東北				300	110	20	60	25	890	90			1495
関東	664		400		212				16				1292
信越	60		100	360	108		410	572	2100	10	60	40	3820
北陸	50			35	225					50	1300	375	2035
東海	4800	1490	600	3000									9890
近畿	1000	390		120	300	1200							3010
中国	3150				50								3200
四国	50	120		100	1050	550				200	50	200	2320
九州	500	480		90	283								1353
計	10274	2480	1100	4005	2338	1770	3719	1707	3745	540	1410	1586	34674

表3 乾燥室の種類別台数と大きさ

地 域	蒸気式	除湿式	その他	収容材積				
				0~10m <sup>3</sup>	10~20m <sup>3</sup>	20~30m <sup>3</sup>	30~50m <sup>3</sup>	50m <sup>3</sup> 以上
北海道	8	1			1	2	6	
東北	1	2			1	1		1
関東		3		1	2			
信越	7	2		4	3	2		
北陸	6	2		3	2		3	
東海		5			1	2	1	1
近畿		5	2	1	5			1
中国		5		1		2	2	
四国	2	2		4				
九州	2	3		2	2	1		
計	26	30	2	16	17	10	12	3

#### 4. 乾燥技術の調査結果

乾燥技術については、工程別、樹種別、材種別、に調査を行い、その結果を取りまとめた。

(以下に、調査結果の集計表の中から、ヒノキ、スギ、その他樹種の正角材及びスギ平割、板材の乾燥方法を、表5～9として掲げた。なお、使用材木の厚さは表4のとおりである。)

表 4 材 木 の 厚 さ

材 木 厚 さ (mm)	工 場 数
18	4
20 ~ 22	5
24 ~ 25	12
30	9
35 以上	5

#### 5. 乾燥施設の調査結果

調査工場における乾燥室の種類と大きさについては、前出の表3に地域別の台数を示したので、ここでは乾燥室の種類別に調査結果を取りまとめた。

(以下に、調査結果の中から、除湿式乾燥室、蒸気式乾燥室の仕様を表11～12として掲げた。なお、含水率計の所有状況を表13に示した。)

表5 ヒノキ正角材の乾燥方法

樹種	材種 (用途)	背割りの有無	断面寸法 (幅×厚さ) (mm×mm)	乾燥装置		天乾 (日)	初期条件		末期条件		風速 (m/sec)	積木厚 (mm)	乾燥日数 (日)	含水率管理			調湿 (日)	養生 (日)
				方式	メーカー		温度 (℃)	関係湿度 (%)	温度 (℃)	関係湿度 (%)				方法	入乾後 (%)	出荷時 (%)		
ヒノキ	心持ち	有	107×107	除湿	美濃鉄工		42	80	50	63		36	6~9	デルタ	15~20	15~18	1~2	7
	"	"	113×113	"	伊豆巴	10	44	90	44	60		30	7	"	15~20	15	1	7
	"	"	115×115	"	木村工業	3~4	37	80	37	65	1.0	30	7	モコ	20~25	20	1	10
	"	"	115×115	"	TOM	7	45	80	45	40	1.0	25	5	経験的	22~24	20		7
	"	"	115×115	除湿併用 脱水	TOM		40	85	40	50	0.2~0.5	30	8	デルタ	20~30		1	3~4
	"	"	117×117	除湿	モリカ機械		45	80	なり	ゆき		24	5~6	ワカール	20	15~18		1~2
	"	"	120×120	"	TOM		40	不明	45	不明	1.0	35	8~11	デルタ	18~20	25		7
	"	"	123×123	"	TOM	75	40	85	40	65		15	10	ワカール	15~25	15~25	1	9
	"	"	129×129	"	木村工業	3~4	38	85	38	70	1.0	30	7	モコ	20~25	20	1	10
	"	"	130×130	"	伊豆巴	10	40	90	46	62		30	7	デルタ	15~20	15	1	7
	"	"	130×130	"	TOM	7	45	80	45	40	1.0	25	5	経験的	22~24	20		7
	"	"	130×130	"	鈴木熱学	10~30	35	80~83	42	50~55	0.7	24	10	デルタ	15	17		20
	"	"	135×135	"	伊豆巴	7~10	45	90	52	60		30	7	デルタ	13~18			

表 6 スギ正角材の乾燥方法

樹種	材種 (用途)	背割り の有無	断面寸法 (幅×厚さ)	乾燥装置		天 乾 (日)	初期条件		末期条件		風 速 (m/sec)	栈木厚 (mm)	乾燥日数 (日)	含水率管理			調 査	養生 (日)
				方 式	メーカー		温 度 (℃)	湿度 (%)	温 度 (℃)	湿度 (%)				方 法	入乾後 (%)	出荷時 (%)		
スギ	心持ち	有	120×120 ( 2重×2重 )	蒸 気	ヒノチプラント		55	85	55	40	0.8	25	5	GANN	35			0~30
	"	"	123×123	除 湿	TOM	60	40	85	40	65		15	10	ワカール	15~25	15~25	1	9
	"	"	130×130	除 湿	横山鉄工	0~30	40	80	40	20		30	7~10	デルタ	20		1	
	"	無	120×120	蒸 気	新 柴		60	100	60	90		25	10	抵抗式 デルタ	15	13~18	1	
	"	"	125×125	除 湿	江本工業	30~60	38	不明	45	不明	1.0	30	10	デルタ	25			
	"	"	125×125	蒸 気	山城織力		40	82	55	50	0.7~1.0	45	12	デルタ	30	25~30	0.5	
	心去り	"	115×115	除 湿	丸 造		38	75	38	60	1.5	50	25	デルタ	20	20		2
	"	"	120×120	除 湿	渡辺機工	60	35	75~80	35	60		20	7	デルタ	20~25			
	"	"	125×125	除 湿	江本工業	30~60	38	不明	45	不明	1.0	30	10	デルタ	20			



表7 その他樹種の正角材の乾燥方法

樹種	材種 (用途)	背割り の有無	断面寸法 (幅×高さ) (mm×mm)	乾燥装置		天乾 (日)	初期条件		末期条件		風速 (m/sec)	枝木厚 (mm)	乾燥日数 (日)	含水率管理			調程 (日)	養生 (日)		
				方式	メーカー		湿度 (℃)	関係湿度 (%)	湿度 (℃)	関係湿度 (%)				方法	入乾後 (%)	出荷時 (%)				
トドマツ	心持ち	無	105×105	蒸気	アサヒ動熱		60~80	82~100	80	30	1~2	18	7	デルタ 全乾燥	10~18	17	0.5	7		
カラマツ	心去り	"	105×105	"	新栄		60	82	80	30	1~2	18	7	"	10~18	17	0.5	7		
トドマツ	"	"	105×105	"	新栄		55	90	70	47		18	5	デルタ	18~20		0.5			
スズカサ	"	"	300×105	"	新栄		55	90	70	47		18	5	"	18~20		0.5			
ベイツガ	"	"	110×110	"	山城機力	30	40	88	50	40	0.7~1.0	45	7	"	30	25~30	0.5	7		

表9 スギ平割, 板材等の乾燥方法

樹種	材種 (用途)	背割りの有無	断面寸法 (幅×厚さ) (mm×mm)	乾燥装置		天乾 (日)	初期条件		風速 (m/sec)	枝木厚 (mm)	乾燥日数 (日)	含水率管理			調程 (日)	養生 (日)
				方式	メーカー		温度 (℃)	湿度 (%)				方法	入乾後 (%)	出荷時 (%)		
スギ	タルキ	無	27×27 36×36 45×45 90×15 その他混み	除湿併用 温水	モックン機械	3~7	40	90		20	6	ワカール	20			2
		"		"	"	3~7	40	90		20	6	ワカール	20			2
	サッシ	"	105×24	蒸気	カンプー	30	40	適当	1	24	5	モコ	4~5		0.5	
	造作用	"	105×45	除湿	伊豆巴	7~10	50	90		30	8	デルタ	11~15			
	敷居鴨居	"	45×45 105×45	"	横山鉄工	0~30	40	80		30	7	デルタ	20		1	
	造作用	"	120×45	蒸気	ヒダブランド		55	52	0.8	25	5	CANN	18			30~60
	鴨居	"	200×45	除湿併用 温水	自社		55	80	1.0	25	7	デルタ 全板	18			7
	造作用	"	125×46	"	モックン機械		50	60		24	6	ワカール	25			1~2
	敷居鴨居	"	110×48	除湿	江本工業	60	38	不明	1.0	30	10	デルタ 重量	18			
	"	"	115×48	"	丸進		38	75	1.5	50	12	デルタ	18			
	丸太	有	φ 120	"	ヒダブランド	葉枯らし 60	30	90	2	たてかけ式	30	デルタ	20	18		10~14

表 11 除湿式乾燥室の仕様

製造メーカー	収容材積 ( $m^3$ )	寸 法			胴体構造	送 風 装 置		加 熱 装 置		加 湿 装 置		除 湿 装 置		自動制御装置	
		間 口 (m)	奥 行 (m)	高 さ (m)		フアン径 (cm)	モーター (kW)	台 数	種 類	容 量 (kW)	種 類	容 量	容 量 (kW)		冷 却
伊豆巴	6	1.5	8	2.1	パネル式	50	0.2	4	電熱	1.0kW			1.5	R-12	ON, OFF式
"	17	5	3.6	3.6	"	60	0.4	4	"	1.2kW			3.75	"	"
江本工業	70	10	7	4	木造	60	2.2	3	温水	30,000 kcal/hr			7.5	R-22	"
木村工業	35	7.3	4.7	2.9	パネル式	60	1.5	6	電熱	1.8kW			3.7 2.2	"	"
鉛木熱学	27	5	6.2	3.5	"	60		6	"	6kW			3.75	"	"
T O M	20	5.4	6	4	"	25	2.2	2	温水、電熱	6kW			3.75	"	"
"	27	6	12	4	"	40	2.2	1	電熱	9kW			3.75	"	タイマー式
"	30	5	8	4.7	"	50	0.75	2	"	3.0kW			5.5	"	ON, OFF式
"	35	7.7	9.3	2.9	木造	35	1.5	2	"	1.5kW			5.5	"	タイマー式
"	70	9	9	4	パネル式	35	2.2	3	"	1.8kW			3.75×2	"	ON, OFF式
丸進	20	4	3.5	7.2	"	50	0.4 0.2	3 3	"	1.2kW			5.5	"	"
"	24	3.6	15.4	4.4	"	52	0.4	5	"	1.2kW			7.5	"	"
美濃鉄工	15	4.5	4.5	3.5	"	35	0.75	4	"		電気		2.25	"	"
モックン機械	15	2.1	8	3.5	"	40	0.4	3	蒸気		電気		3.75	"	2位置式
"	15	4.5	4.2	2.5	"	50	1.5	5	温水	38,000 kcal/hr			3.75	"	"
横山鉄工	6	2.6	4.5	2.0	"		0.15	2	電熱		電気			"	ON, OFF式
自社製	8	5	6	3.8	木造	60	1.0	4	温水		蒸気		5	R-12	"

表 12 蒸気式乾燥室の仕様

製造メーカー	収容材積 ( $m^3$ )	寸 法			炉体構造	送 風 装 置				ボ イ ラ ー		自動制御装置
		間 口 (m)	奥 行 (m)	高 さ (m)		ファン径 (cm)	モーター (kW)	台 数	型 式	容 量 (kg/hr)	燃 料	
アサヒ動熱	42	2	11.5	2.7	パネル式	60	0.75	6	貫流		灯油	PID式
カンブー工業	20	3.3	9	3.3	"	60	1.5	6	"	500	重油	ON, OFF式
木材工業	17	3	10	3.8	コンクリート ブロック	60	0.75	6	コンベヤー シジョン	550	木屑	PID式
協和科学	9	1.9	7	3	"	65	0.75	6	"	800	木屑, 重油	"
新 柴	25	2.8	10	2.7	パネル式	55	0.75	5	貫流	300	灯油	
"	42	2	11.5	2.7	"	60	0.75	6	"		"	PID式
立山工業	44	5.5	13	5	"	70	1.5	8		4,000	木屑	
ヒルデブランド	10	3.3	6.2	3.3	"	80	1.5	3	貫流	300	灯油	
"	14	1.8	9	3.4	"	80	1.5	4	"	"	"	PID式
"	17	2.9	8.4	3.5	"	65		4	"	400	重油	

表13 含水率計の所有台数と所有工場数

	方 式		機 種			
	高周波式	抵抗式	デルタ5	モコ	ワカール	その他
台 数	33	6	20	6	4	9
工場数	28	6	20	6	4	9

# 1 木材乾燥技術—乾燥材をめぐる

農林水産省林業試験場乾燥研究室 室長  
鷺見 博史

## どうして乾燥すればよいのか

日本の木造住宅の室内の平衡含水率は、大雑把にみて一〇〜一四%くらいである。空調が十分な部屋では、それより二〜三%低めとみるべきであろう。使われる木材は、すべて使用場所の平衡含水率付近まで乾燥しておくことが理想である。しかし、今すぐそれを厳格に守れというのは、業界の実情にそぐわない主張で、結局は実行されなくなってしまうおそれがある。したがって、当面は著しい弊害をきたさない範囲で妥協せざるを得ないであろう。ここで話題にしたいのは、すでにJASで定められているフローリングの含水率（二五%以下）や集成材ラミナ（一五%以下）、さらには長押、敷居、鴨居などの内装材のことではなく、スギ、ヒノキを中心とした在来工法住宅の柱材（心持ち）についてである。結論的にいえば、現時点で性急に含水率のガイドラインを決めることは大変難しいので、手始めとして、枠組壁工法構造用材における「乾燥材」の定義（一九%以下）、プレカ

ット材のA/Q基準（二〇%以下）などを勘案し、これに近い線の所に目標をおくのは如何かと思う。

## どんな方法で含水率を測定するのか

仮に乾燥材の含水率基準を「二〇%以下」としたとして、この数字はどのような方法で測定した値かという問題が残る。木材の含水率の測定はJASで全乾法（重量法）によることが定義されている。しかし、現実には柱を切断することはできないから、便宜的には含水率計で測定することになる。柱はある程度化糖的要素もあるので、含水率計で傷をつけることは避けたい。とすれば、高周波式含水率計を使用するのが無難であろう。この場合、柱のように断面の大きな材では、材料によっては全乾法と含水率計とで測定値に大きな差があることを認識しておく必要がある。市販の含水率計の高周波到達深度はカタログでいうほど深くはなく、せいぜい一五〜二〇mmくらいである。比重合わせも難しい。第1図はヒノキとスギの二〇cm角材の含水率を、

高周波式含水率計と全乾法とで測定した時の比較例である。一般に、ヒノキ材では内外層の含水率差は小さいが、スギ材では個体による材質差が大きく、傾向が一定しない。黒心材では、表層部は一八〜二〇%であっても、中心部はほとんど生の状態、という場合もよく見かける。

## 乾燥法とコスト

高周波式含水率計で二〇%以下を指すまで乾燥するのは、天然乾燥によっても必ずしも不可能ではない。しかし天然乾燥では適当な季節を選ばねばならないし、所要期間も長くなる。その点、人工乾燥ならば期間は短い。その場合、除湿式乾燥法は経済的に見てまずまずの方法といえるであろう。もちろん規模やエネルギー源などの条件によっては、蒸気加熱乾燥の方がよい場合もある。人工乾燥を実行する際、ヒノキの柱では背割りを入れておけば、乾燥中の材面割れの防止に大いに効果がある。しかしスギの柱材は、現在までの結果では背割りの効果を認め難く、このあた

りは今後の研究課題といえる。含水率計で二〇%を切るまで人工乾燥するに要する日数やコストは、装置の性能、規模、初期含水率、その他の要因で大幅に異なるの

で、簡単に算定することは難しい。しかし無理を承知で概算すると、第1表のようになる。乾燥コストは本来正しく評価されて、製品価格に上乘せされるべきものである。このこと

は、できるだけ早く業界全体のコンセンサスとならねばならない。

## 乾燥すれば木材はどくなるか

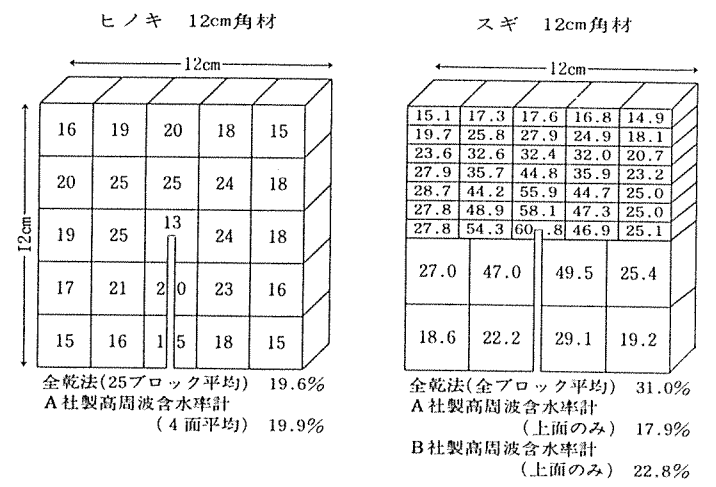
乾燥すれば収縮することは、誰でも知っている。ではどの程度収縮するのであろうか。柱材の表層一五〜二〇mmが含水率二〇%付近まで乾燥した状態について調べてみると、内層部が十分に収縮しないので材面の収縮は意外に小さく、せいぜい一〜五mm程度である。もし材面の収縮が大きければ材面割れが生じ、結局はみかけの寸法はそれほど小さくならない。収縮以外では、曲がりやねじれも無視できず、材色も多少は落ちるであろう。大工さんや納材店が、「乾燥材はコストがかかり、その上割れているし色も悪い。また鋸で切るときに硬いから嫌だ」などといったのは、到底乾燥材の正しい普及はおぼつかない。かといって、現在のような国産材の野放し状態がいつまでも続けば、国産材は、乾燥材として入ってくる輸入材に完全に駆逐されてしまうことは、目に見えてくる。今こそ生産者から流通業者、そして末端の技術者に至るまでが、建築材料としての木材に対する従来の通念や認識を真剣に改め直すべきであらう。

### 乾燥材推進利用のために

▼ 表1 含水率計で含水率20%以下まで乾燥するに要する日数およびコスト(概算)

樹種	全乾法による平均含水率(%)	乾燥法	所要日数(日)	乾燥費*(円)
スギ	25 ~ 45	除湿	15	8,600
		蒸気	10	8,900
ヒノキ	20 ~ 30	除湿	9	5,200
		蒸気	6	5,400

\*人件費、直接費のみ(償却費、金利、管理費含まず)



▲ 図1 全乾法と高周波式含水率計による含水率の違い(除湿乾燥材)

### 乾燥材推進利用のために

住宅と木材, 87-6, 32~33



1. 北海道地域における建築用木材の乾燥に対する取り組みの現状

広葉樹林は、その主たる使用目的が家具、床板、集成材等であることから、北海道地域においても古くから十分な乾燥が行われている。しかし、針葉樹材、特に建築用構造材については、長年、未乾燥のまま使用されてきたのが実情であるが、これは北海道のみの問題ではない。

近年、北海道における木造住宅は、地域特性もあるものの冷暖房費の節約から断熱材を多く入れる高断熱、高気密化住宅が主流となっており、このためには木材の寸度安定化は重要課題である。一方、木材業界としては、住宅産業の低迷から、木材の需要拡大に向けての対応が求められており、その一つとして、高品質で安定した性能を有する木材、即ち、工業材料としての木材はどうあるべきかから木材の乾燥に対する認識が急速に高まってきた。

このような背景から、ここ数年、建築用材の乾燥問題が、木材、建築業界で大きく取り上げられるとともに乾燥材の普及も徐々に増加してきた。しかし、木材乾燥技術、乾燥経費等の問題から、乾燥材使用の実態は非常に低く、また木材業界内部においても種々の問題から木材乾燥についての歩調が必ずしも揃っていない。

しかしながら、昭和61年2月、北海道内木材業界の有志により、全国に先がけて「北海道乾燥材普及協議会」を設立した。協議会の目的及び事業内容の概要を紹介すると、

( 目的 )

本会は、良質で耐久性のある住宅建設に不可欠な乾燥材について、情報収集、普及及び品質の統一等を図り、需要者のニーズに沿った建築資材を供給し、もって会員の健全な発展を期することを目的とする。

(事業内容の概要)

本会は、先の目的を達成するため次の事業を行う。

- (1) 乾燥材に関する情報の収集、交換
- (2) 乾燥材に関する普及宣伝
- (3) 乾燥材に関する生産技術の向上及び品質、規格の統一
- (4) その他本会の目的達成に必要な事業

等となっている。具体的な事業として2～3例を紹介すると、

乾燥材の規格品質の統一については、協議会で決定した含水率（造作材12%、構造材17%以下）維持の徹底を図るとともに含水率計については高周波式水分計に統一する。乾燥材普及推進のため、パンフレット、ポスターを作成、会員はそれらをユーザー、工務店等へ配布しPRする。また乾燥材の普及並びに適正経費等について官庁、関係機関への陳情を行う。生産技術の向上については、道内各地（4～5カ所）で生産技術研修及び現地検討会を実施し、会員相互の技術向上を図る。

などとなっている。本協議会が設立され、本年2月で満2年を経過したが、会員数は設立当初の40数社から現在60数社に増加しており、技術研修会等についてもこの2年間に約9カ所で開催し、乾燥技術の研鑽を図っている。また技術研修会、現地検討会等には、北海道立林産試験場も協力し、講師の派遣等を行っている。

以上のように、北海道地域では、木材業界自体が木材乾燥問題に積極的に取り組んでおり、また北海道としても、木材の需要拡大を図る



とともに乾燥材の普及，乾燥材の品質，技術の向上等に取り組んでいる現状である。

## 2 乾燥施設の導入の現状と問題点

北海道地域における針葉樹製材を主体に生産している企業の乾燥施設の導入状況を表（北海道庁林産課資料）に示す。昭和59年度までに乾燥設備を設置しているのは108企業で，総室数は457室，1企業当たりの平均室数は4.2室，1室当たりの平均収容材積は15.2 $m^3$ となっている。昭和60年度から昭和62年度（62年12月末）までの推移としては，表にも示すとおり約3カ年で新たに45企業が乾燥装置を設備しており，そのうち43企業が針葉樹専門工場で，他の2企業は広葉樹材との兼業企業である。乾燥施設の年次別設置数としては，

木材乾燥施設設置状況（北海道庁林産課資料）

年度	企業数	室数 (室)	1企業当たりの 室数 (室)	1室当たりの 平均収容材積 ( $m^3$ )
～S. 59年度まで	108	457	4.2	15.2
S. 60年度	12 (6)	15 (10)	1.3 (1.7)	14.5 (30.0)
S. 61年度	11 (16)	13 (27)	1.2 (1.7)	21.9 (22.4)
S. 62年度 (62年12月末)	22 (6)	30 (12)	1.4 (2.0)	14.0 (32.8)
合計	153 (28)	517 (49)	3.4 (1.8)	15.2 (26.5)

上段は新規導入数

( )は増設設置で外数

新設の場合、昭和60年度12企業であったものが昭和62年12月末で22企業とほぼ2倍近くになっている。増設した企業数については、昭和60、62年度とも同数の6企業であるが、昭和61年度は16企業と、新設同様に多くの企業で増設を図っている。また1企業当たりの設置室数は、新設の場合、1.2～1.4室、増設の場合は1.7～2.0室と若干、新設企業の室数は少ない傾向を示しているが、年度別の傾向は両者ほぼ同様である。1室当たりの平均収容材積、即ち、乾燥装置の規模は、昭和59年度までは平均 $15.2\text{m}^3$ （約50～60石入り）であり、昭和60、62年度の両年における企業の場合は昭和59年度と大差はないが、昭和61年度は1室当たりの収容材積が約 $22\text{m}^3$ （約80石入り）と大きくなっている。これは増設した場合の1室当たりの平均収容材積とほぼ同様な傾向を示しており、このような大型化になったものの原因としては比較的大型（100～200石入り）の除湿乾燥装置の普及によるものと推察される。しかし、新設企業の場合、昭和62年度は再び収容材積が少なくなっており、これは、昨今の多品種少量生産形態からの影響と初めて乾燥を行うことから発生する先行不安等から、このような結果を示したものと考えられる。

乾燥装置の普及と相関性のある乾燥材の出荷量（生産量）の推移を北海道庁林産課資料よりみると、昭和59年度の北海道における建築材の総出荷量（生産量）は約 $1,348,000\text{m}^3$ で、このうち乾燥材の出荷量（生産量）は約 $27,990\text{m}^3$ である。同様に昭和60年度は $1,259,000\text{m}^3$ のうち約 $56,080\text{m}^3$ 、昭和61年度は $1,214,000\text{m}^3$ で約 $64,480\text{m}^3$ となっており、それぞれの総出荷量（生産量）に対する乾燥材の生産割合は、2.1、4.3、5.3%であるが、昭和61年度における乾燥材の出荷量（生産量）は、昭和60年度に比較して約15%増と

大きな伸びを示している。

北海道における乾燥施設の導入状況と乾燥材の出荷量（生産量）の現況について触れたが、ここで特に注目される点としては、建築用材の全道総出荷量（生産量）に対する乾燥材の出荷量（生産量）である。即ち、北海道における建築用材の総出荷量（生産量）は、ここ数年、ほぼ横ばいか、減少傾向を示しているが、乾燥材の出荷量（生産量）は年々増加しており、昭和59年度における乾燥材の出荷量（生産量）に対して昭和61年度には約2.3倍の伸びを示している。しかし、総出荷量（生産量）に対する乾燥材の割合は、先にも述べたように昭和61年度においても僅かに5.3%であり、このことは、まだ大部分の建築用材が未乾燥のまま使用されている現状と考えられる。またこの点については、総出荷量（生産量）と乾燥施設数の関係からも明らかで、全道における建築用材の乾燥施設数と1室当たりの平均収容材積から推定すると、乾燥施設1回当たりの総出荷量（生産量）は約9,000 $m^3$ であり、仮に、装置がフル稼働を行い、月4サイクルの乾燥ができるものとするとも年間の乾燥材出荷量（生産量）は約432,000 $m^3$ となり、年間総出荷量（生産量）の約36%程度である。このことは、建築材の出荷量（生産量）に比較して乾燥施設能力が非常に小さいこととなる。従って、企業としては、木材の高付加価値への対応からは、今後とも積極的に乾燥施設の導入を図るとともに、高品質の乾燥材を生産するよう努力することが重要と考えられる。

### 3. 乾燥技術の水準と問題点

木材乾燥技術の水準については何を根拠に論じるか、大変難しい問題である。たまたま、昨年8月、北海道林産技術普及協会の主催、北海道立林産試験場の後援で「高品質・低コスト化のための木材乾燥講

習会」が開催され、これを機会に協会員（道内企業306工場）に乾燥問題に関する諸調査（アンケート）を依頼し、取りまとめた資料があるので、本調査表を参考にしながら本問題を述べる。

総体的にみるならば、北海道地域における広葉樹製材、家具、集成材床板業界の乾燥技術は他に比較しても劣るものでなく、むしろ高水準にあるものと考えられる。しかし、これはあくまで広葉樹材と限定した上での見方であり、針葉樹建築用材の乾燥技術ということに限定するならば必ずしもその水準は高いとは言い難い。上記の調査結果においても、建築用材を乾燥している多くの企業で、乾燥むらの発生が多いということを示しており、他では狂い、割れ発生の問題が比較的高い比率となっている。また乾燥操作技術の面では、乾燥室内の温湿度むらへの対応と乾燥スケジュールの組み立ての問題を多く取りあげている。このことは、多くの企業で仕上がり含水率のバラツキの問題で困っていることを示すものと考えられる。当然、装置特性の問題はあるものの針葉樹建築用材の仕上がり含水率は家具、集成材等とは異なり、一般的にはかなり高い値となる。従って、初期含水率の影響を受けるものの含水率のバラツキは大きくなるのは当然であり、またこれは乾燥技術により、十分対応できる問題である。更に、意外に感じられたことは、乾燥スケジュールの組み立てができないということである。これらの点からも乾燥技術の習得が十分でないことが認められる。

針葉樹建築用材の乾燥技術水準に関し問題点として考えられることは、

- (1) 針葉樹建築用材の乾燥の歴史が比較的浅いため、企業側では、木材乾燥に関する諸問題についての認識が十分ではない。

- (2) 針葉樹建築用材の乾燥は、広葉樹材とは異なり、十分な乾燥を行われずとも使用されてきた。
- (3) 針葉樹建築用材の乾燥は、広葉樹材の乾燥に比較して乾燥性が非常に良いとの先入観がある。
- (4) 比較的乾燥操作が容易である除湿乾燥装置の出現が、乾燥技術習得にブレーキをかけた。
- (5) 針葉樹製材業界では、木材乾燥の必要性については十分認識しているものの、乾燥コストの面から乾燥問題を避けていた。

等が考えられる。

#### 4. 今後の課題

高性能住宅の普及、木材の高品質化への対応等のことから、針葉樹建築用材の乾燥は今後とも益々増大するものと考えられる。しかしながら、現状、木材業界の乾燥に関する対応は、木材乾燥の必要性は十分認識しているものの乾燥コスト、乾燥技術等の問題から十分なる乾燥を行わずして、乾燥材として流通させている一面を持っている。このことは、木材という工業材料の信用性を失うと同時に、再び木材需用の低迷化にも繋がるものではないかと憂慮される。従って、木材利用の基本ともいべき乾燥工程の管理を十分行い、高品質の乾燥材をユーザーに提供するとともに、住宅建設の際に占める乾燥経費は、おおよそ総建築費の1～2%程度と考えられるので、適正な乾燥経費はユーザー側で負担してもらうよう努力すべきと思われる。

現状、木材乾燥に係る問題は多岐にわたっており、特に、建築用構造材の仕上がり含水率、含水率の測定方法の問題など極めて重要な課題である。また乾燥コストの低減化への対応についても同様であり、このためには、木材乾燥における省エネルギー、省力、省資源化への

検討が重要である。実用的なレベルでの具体的な課題としては、風量変換スケジュールの確立、排出熱、自然エネルギーの有効利用等による省エネルギー化。乾燥操作の自動化、棧積み降ろし作業の自動化等の省力化、損傷防止対策による省資源化、また、今後とも益々増大することが予想される小径木から製材される心持ち材の乾燥技術の開発等が早急に解決されるべき課題と考えられる。しかし、これらのうち実用的レベルでの木材乾燥操作の自動化システム、狂い防止のため乾燥室内に油圧式プレス装置を設置した乾燥装置、同様に狂いを防止するとともに棧積み降ろし作業時間の短縮を図った棧木パレット等については、北海道立林産試験場で開発され、実用化されており、特に、木材乾燥操作の自動化システム（コンピュータ制御）に関しては、ロードセルを用いたセンサーの開発により、ほぼ完全に実用化が図られている。

以上、木材乾燥における今後の課題について若干触れたが、乾燥装置、乾燥技術、乾燥経費あるいは、流通上の通念も含めて検討課題は多く、先にも述べたようにこのうちの一部は既にある程度の目的を達成したものもあるが、多くの課題は今後の開発、研究を必要としているのが現状と考えられる。

### 3 秋 田 県

秋田県木材産業課

佐々木 松彦

#### 1. 取組みの現状

本県で木材（製品）の乾燥が業界の話題にのぼってきたのは、不況に突入した昭和56年以降である。当時、県産製材品を代表するスギ

心去り役角は、九州市場を中心に、中国や四国、そして地元九州勢と優劣をめぐって激しく競り合っていた。

しかし、不況に入り、買方は先行きの売れ行き難を警戒し、在庫のきく品質、即ち、乾燥の良し悪しを購入の新たな評価ポイントとするようになり、製品の乾燥化を強く本県に求めてきたためと思われる。

このような気運を受け、58年には、はじめて木材乾燥が講習会等のテーマとなり、59年には、秋田営林局が原木乾燥に着手し、同年末には、業界自らが、木材乾燥を差別化要因とする「秋田杉製材品銘柄化推進対策」をとりまとめるまでに至った。

翌60年には、銘柄材の目標含水率を25%と定めるとともに、61年に乾燥技術の開発のため、「木材乾燥技術研究会」を設置し、これまで、心去り役角の除湿人工乾燥試験を3回実施するとともに、4カ月の天然乾燥試験、各種除湿乾燥機の性能調査などを進めてきた。

一方、県では、このような業界の積極的な活動を支援、助長するため、62年度から新たに県単独事業として「秋田杉銘柄材生産促進事業」をスタートさせた。

今年度は、指導体制の整備を目的に、県内各地方機関に電気式含水率計を配備し、工場及び製品市場を対象として製材品（心去り役角）の乾燥実態調査を実施するとともに、技術の解明が遅れている原木乾燥についても、「原木乾燥懇話会」を設置し、県内民有林5ヶ所で事例調査を実施してきたところである。

又、このような、供給サイドの動きに対し、需要サイドでも、市場の要請以外に、様々な動きが目立ってきた。

まづ、公共建物の木造化、木質化が本格化するに伴ない、乾燥材の入手が表面化までいたらないものの、現場では、納期の問題とからめ

て、問題視されはじめてきた。

次に、首都圏への県産木材の流通拡大を目的に、57年、第三セクターとして設立された「秋田県木造住宅㈱」は、今年度から防湿シートをちり止め、35%含水率材（工場出荷時点、含水率計）の採用に踏み切った。又、県内でも、若手住宅生産グループの「北の住まいを考える会」が、高断熱・高気密住宅と乾燥材使用を県民にPRするなど、乾燥材需要喚起の働きが芽吹いてきている。

しかし一方で、市場流通が好況に転じたこともあって、量の確保が先行し、折角定着したかにみえた乾燥重視の気運が薄れたように思えるのは、非常に気がかりなところである。

乾燥を巡る本県の動きは、組織的な取組みとはいえ、内実には技術開発に着手したばかりで、既に導入されている施設やその利用の現状をみると、前途には容易ならざるものがある。

## 2. 乾燥施設の導入の現状と問題点

本県が生産する建築用木材は100%スギで、現在、乾燥の対象としている製品は上小節以上の心去り役角である。この製品はいわば化粧材として、その木目や色あいが評価の二大ポイントであるので、乾燥にあたっては材色を保持しながら含水率を低下させることが最も重要であり、いきおい、低温で変色の少ない除湿乾燥が主流となっている。

### (1) 現 状

#### ① 導入台数と導入年度及び工場の概要

現在、県内には20の除湿乾燥施設があるが、建築用としては14、施設と絶対数で少なく、残りは集成材、天井板の裏材加工、建具や小木工用となっている。

次に導入年度をみると（表-1）、57年度が最も早く、以来、



表－1 除湿乾燥機導入年度別台数（建築用）

区 分	57年度	58	59	60	61	62	計
台 数	1	3	4	3	3	—	14

毎年平均して3台程度が導入されている。しかし、62年度は、予想もしなかった好況のため生産に追われてか、実績が無しとなっている。

続いて、導入企業の経営規模をみると出力数で（表－2）平均222kW（全県平均98kW）、生産量で4,700m<sup>3</sup>（全県平均2,000m<sup>3</sup>）と県内では、大型の規模となっている。

表－2 製材規模別（出力数）容量別台数

区 分	37.5 KW 未満満	37.5 ～75.0	75.0 ～150	150 ～225	225 ～300	300 以上	計
30石未満			3		1		4
30～50			1	4		1	6
50～100						1	1
100以上			1		2		3
計	0	0	5	4	3	2	14

これを経営タイプ別にみると、役物県外市場型が4企業で県北に多く、量産県外問屋型が4企業で全県に位置し、県内卸・小売型が6企業で県中央から県南に多いなどタイプ、地域とも多様である。

② 稼働率と乾燥容量

稼働率は（表－３）冬期の前後５カ月間をフル操業し、夏場は出荷先の要請の都度という季節利用型のパターンが最も多く通年操業は、先の役物県外市場型を中心として５工場しかない。

表－３ 容量別稼働率別台数

区 分	30石 未 満	30 ～ 50	50 ～ 100	100石 以 上	計
50% 未 満		2			2
50 ～ 74	3	2		1	6
75 ～ 99	1				1
100		2	1	2	5
計	4	6	1	3	14

容量は、この稼働率とほぼ比例して、高い程大型化しているが、季節利用型が大半であることから30万石以下が10工場を占め、平均では44石となっている。なお、今のところ1工場1台にとどまっている。

### ③ 導入機種

県内に本社をおく機械メーカーの機種が7工場と半分を占め、他はそれぞれ異なるメーカーのものとなっている。機械メーカーの営業努力と、工場側が乾燥未経験ゆえにメンテナンスへの不安から地元を選択したものと思われる。

導入施設の現状をひと言でいえば個々の企業それぞれの考え方にもとづいた自然発生段階にあるといえる。

## (2) 問 題 点

### ① 導入施設の絶対数の不足

現有施設14という数は全県の製材工場数からみるとあまりにも少ない。工場数416に対し3%，出力数75KW以上工場数164に対しても9%に満たない。又，木材乾燥技術研究会参加企業（役角生産工場の有力メーカーの大半が参加している）22企業の中で導入しているのは4企業で2割にも満たない。

次にこれを乾燥能力からみると，現有台数では年間20回転として3,400 $m^3$ に過ぎず公共建物用の現在使用量5,000 $m^3$ にも満たない。乾燥材の当面の生産目標を，仮に役角と公共建物用と秋田県木造住宅等市場開拓分を合計して約7万 $m^3$ とした場合（これでも現在生産されているスギ製材品の12%にしか相当しない。），必要台数は350台となり，1社2台として170社となる。台数で現在の25倍，企業で12倍となり，因みに1台当り800万円として，その総投資額は28億円で，現在本県の木材・木製品製造業の借入残高の4%に相当する。

今後については，62年2月末の調査で，将来秋田杉の人工乾燥を実施したいとする企業が45社あること，乾燥機のリース制度が発足し，県内でも説明会を開催したこと，乾燥機性能調査により導入機種が目安がたったこと，15日間とはいえ役角の人工乾燥スケジュールに目途がたったこと，そして最も大事なことは，市況の安定化こそが経営の根本であるとの再認識がなされたことなどなど，様々な要因からみて，積極的な導入拡大がすすむものと期待している。

### ② 乾燥機の性能，不足

木材乾燥技術研究会では，今後新たに除湿乾燥機を導入しよう

とする企業の参考とするため、主要機械メーカー 12 社に対し、その設定能力をアンケート調査し、これに先般発表の乾燥機標準仕様に本県の気象条件を加味して、設定値が本県で十分に機能するかを比較計算するとともに、「除湿乾燥装置の集約」としてとりまとめ県内製材企業に配布した。

これによると、㊦鴨居材については、大半のメーカーが除湿能力や風量に不足がみられること、㊧角材についても一部メーカーに同様の不足が指摘されること、㊨特に補助ヒーターについては、どのメーカーも本県の冬を考えると致命的な容量不足にあり、改良よりも、むしろ焼却炉の熱利用や貫流ボイラー等の併設が望ましいこと、㊩自動制御は、温湿度制御が望ましいこと、㊪壁厚は、使用断熱材にもよるが 75～100 mm が望ましいことなどを明らかにしている。

以上の指摘で現有施設をみると、大半の施設で実際の能力は設定されたものより少なく、特に補助ヒーターに問題があることが判明した。今後、これらの点について改善を指導するとともに、新規導入者に対し、本調査資料の積極的活用を働きかけていきたい。なお機械メーカーに対しては今後共技術に裏づけされた販売努力を期待したい。

### 3. 乾燥技術の現状と問題点

#### (1) 企業レベル

##### ア. 現 状

##### ① 仕上り目標含水率

現在、県内の乾燥施設工場の仕上り目標含水率は、含水率計で 30% 台とするものが 10 工場で、同 25% が 3 工場、比重に

よる重量判定で30%が1工場となっており、暫定指針をクリアできそうなのは4工場しかない。

## ② 乾燥日数

先の含水率計30%台工場の多くは、冬期15日間、夏期7日間、平均10日間を目途としている。他の4工場は、製品を4カ月天然乾燥して、人乾10日とか、葉枯らし原木で冬期人乾21日、交叉巻立て半年、原木を在庫して人乾15日など初期含水率の低下に意を尽している。

## イ. 問題点

### ① 高すぎる目標含水率

含水率計30%台という目標含水率は人工乾燥としては高すぎるが現在、市場で流通している天然乾燥材の中では乾燥度良好の部類に入り、乾燥日数も比較的短縮されることから、最も取組みやすいものと思われる。

因みに秋田杉製材品乾燥実態調査の中間集計（62年7月～12月）によると、県内における心去り役角の平均含水率（含水率計中央4点全平均）は、製品市場で49%、製材工場で修正挽前46%、修正挽後54%（原木在庫平均1.7カ月、製品天乾平均1カ月修正挽厚一材面当り平均8mm）となっており、その分布は（表-4）、31～40%を頂点とするなだらかな山型となっている。

この調査結果について、未だ関係者と十分な検討を加えていないが、㊶高価な材にしては50%は高すぎること、㊷市場での含水率のバラツキが大きいことの二点がとりあえず問題と思われる。

表-4 スギ心去り役角の含水分布

区 分	25% 以下	26 ～ 30	31 ～ 40	41 ～ 50	51 ～ 60	61 ～ 80	81～	計
製品市場	5.3	9.3	29.7	17.2	13.2	15.7	9.7	100.0
製材工場	4.7	7.1	26.5	13.5	14.1	20.6	13.5	100.0

しかし、このような中で含水率計30%台の人乾材の含水率がそれなりの意味を持つかについては疑問がある。

第一に市場の評価の中で乾燥は木目、色あいについて第三番目であり、30%台では中途であること、第二に30%台の目標では、乾燥仕上りにバラツキが多く、30～50%の範囲にひろがり、企業として、その商品の品質に責任を持てなくなること、第三として、含水率計30%台とは全乾重量法では50%以上が普通かと思われ、乾燥材の性能を有すものと言い難いこと、などがあり、以上のことから、今一度、本県業界が目標含水率を25%に定めた経緯、そして暫定指針の公表の意義などについて、業界を指導して参りたい。その際には、乾燥日数を安易に延長させるのではなく、原木乾燥や巻立管理、製品の天然乾燥などを組み合わせて、現行の10日間により近づける技術開発努力の必要性を訴えていきたい。

## (2) 研究レベル

### ア. 現 状

人工乾燥については、県工業技術センターでこれまで、県北産材、県南産材、葉枯らし材の3回の試験が実施されてきた。葉枯らしについては、現在集約中であるので、前2回について報告す

る。

本県のスギは、気象条件、特に雪質の違いもあって、能代、大館を中心とする県北と湯沢、大曲などの県南とで材質が異なるといわれており、このことが人工乾燥にどのような違いをもたらすかという観点から行なわれたものであり、その結果は、「秋田杉角材の除湿乾燥実験報告書」(I・II報)によると

- ① 供試材は 12 cm 角の荒挽材(人工乾燥後修正挽して、10.5 cm 角とする)で、県北材 50 本、県南材 60 本である。
- ② 乾燥条件は、表-5 の乾燥スケジュールで、栈積みの材間風速を風上側で 1.5 m/s (風下側 0.5 m/s) に設定し、24 時間連続運転で 15 日間実施した。

表-5 スギ心去り角の人工乾燥(除湿)スケジュール

区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
温度 (℃)	32	32	35	35	35	37	37	37	37	37	40	40	40	40	40
湿度 (%)	75	75	70	70	67	67	67	64	64	60	60	55	55	50	50

- ③ 含水率については、供試材のうち、初期含水率の高そうな材 18 本について全乾法により測定した(表-6)が、25% をクリアーすることはできなかった。なおこれを初期含水率 100% 以上と未満にわけてみると、以上では全乾法で平均 44.6%、含水率で 26.8%、未満では、30.1% と 21.9% であり、ひとつの目安として、初期含水率 100% 未満では、含水率計 25% 以下をクリアーできるのではないかとと思われる。

表一 6 乾燥前後の含水率

区 分		初 期 含 水 率 (%)		乾 燥 後 含 水 率	
		範 囲	平 均	範 囲	平 均
北 県	能代	101.6 ～ 145.8	121.5	33.1 ～ 63.9	47.1
	扇田	89.4 ～ 132.9	103.5	24.4 ～ 56.3	35.6
南 県	湯沢	71.2 ～ 99.8	85.1	23.3 ～ 35.0	27.8
	大曲	66.7 ～ 161.7	100.0	22.1 ～ 54.0	39.1

注) 含水率計測定は、中央4点平均。

次に、全供試材110本を含水率計中央4点全平均で求めたところ(表一7)全平均で20.7%となり、目標25%をクリアした材は86.4%で、JASの合格率90%にまであと一息であった。

- ④ 収縮率は、柁目面で0.82% (0.2～1.8%)で少なかったが、板目面では2.2% (0.5～3.5%)と多く、バラツキも多かった。
- ⑤ 全乾比重は、平均で0.35 g/cm<sup>3</sup> (0.30～0.38 g/cm<sup>3</sup>)であった。

表一 7 含水率計測定による含水率分布

区 分	15%以下	16～20	21～25	26～30	31以上	計
本 数	17	48	30	6	9	110
割合(%)	15.5	43.6	27.3	5.4	8.2	100.0



⑥ 狂いは、曲り（柁目面）、縦ぞり（板目面）共、心去りに伴う製材時の狂いが大きく、乾燥に伴うものは少なかった（表-8）。又、幅ぞりやねじれは、乾燥前にはみられず、乾燥後わづか発生している。しかし、これらの狂いはいずれも修正挽で除去できる範囲にあった。

表-8 乾燥前後の狂い

(mm)

区分	曲り（柁目面）				縦ぞり（板目面）				幅ぞり		ねじれ	
	乾燥前		乾燥後		乾燥前		乾燥後		乾燥後		乾燥後	
	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均
県北	0 ～ 5.0	1.1	0 ～ 5.0	1.5	0 ～ 5.0	0.9	0 ～ 7.5	2.2	0 ～ 0.6	0.3	0 ～ 3.0	1.2
県南	0 ～ 12.0	4.0	0 ～ 15.0	4.4	0.5 ～ 19.0	8.1	1 ～ 17.5	8.5	0 ～ 0.4	0.1	0 ～ 5.0	1.3

⑦ 割れは、小口割れや小さな割れも含めると、2本に1本の割合でいずれかの材面に発生し（表-9）、うち品等対象の材面に発生したのは31本であったが、大半が割れ幅や長さも短

表-9 乾燥に伴う割れの発生

区分	供試 本数 ① (本)	うち材面 割れ発生 (本)	うち品等区 分対象材面 に発生 (本)	うち修正挽 で除去可能 (本)	修正挽 除去不能 ② (本)	品質低下 率 (%) ①/②
県北	50	35	17	13	4	8.0
県南	60	27	14	9	5	8.3

注) 材面割れには小口からの材面割れも含めた

かく、修正挽（1材面平均挽厚，7.5 mm）により除去された。

しかし、9本については除去できず、品等を下げざるを得なかった。

⑧ 色については、最も気をつかったところであるが、まず、自然乾燥材（室内乾燥）を基準として、人工乾燥後、そして修正挽後とそれぞれ色差を求めて判断した。その結果、乾燥後は明るさや、黄色、赤色の減少によってくすんだ感じになるが、修正挽ではそれらが除かれ、自然乾燥材と遜色のないものとなった。

⑨ 以上の過程において、県北、県南の材質の差は人工乾燥のうえで大きな問題とはならなかった。

#### イ. 問題点

##### ① 初期含水率の高さ

現在の15日間運転では、初期含水率の高さが最後まで影響するので如何にして、人工乾燥に入れる材の初期含水率を全て100%以下のものに揃えるかが問題である。

原木乾燥や、巻立原木の管理（巻立方法と日数及び作業工程）、製品の天然乾燥（棧積方法と日数及び含水率分布）などを組合せることで、早晚、このことは解決できると思われるが、その際、できるだけ、事前に高含水率材を見分け、これを除くことが大事であると思われる。

参考までに、県内5カ所で実施した原木乾燥の事例調査をみると、生材の（25本の立木，丸太にして116本）平均含水率（全乾法）は143.1%で、このうち葉枯らし主伐については、開始時生材（立木平均）で138.7%のものが、3カ月後、皮付

き材で85.8％，皮ハギ材で61.3％となっていた。

## ② 割れの防止

割れの大判は修正挽で除去できるものとしても，高価格材であるので，除去できない約8％の材について，その原因をある程度見極める必要がある。

その際，スケジュールの検討とあわせ材質面の問題を重視し，そのような材の事前の発見に努めることが重要かと思う。

## ③ 日数の短縮

原木から製品までの初期含水率低下の前処理によって，どの程度まで含水率を下げられるかを見極める必要がある。日数の短縮は，コストダウンと乾燥施設能力のアップにつながるのので，当面10日間運転あたりを目標とした方が良いと思われる。なお，色あいをあまり気にしないか，又は修正挽やプレーナー処理で，乾燥後，材面を再加工するとすれば，蒸気乾燥についても一部検討の余地があると思う。但し，現時点では，いたずらに除湿か蒸気かの論争の種を蒔くことになりかねないので，慎重を期す必要がある。

## 4. 今後の課題

### (1) 心去り役角25％材の市場評価の確立

当面，本県で乾燥コストを吸収できるのは，役角であるので，これから乾燥材生産を開始しなければならない。しかし，コストを恐れるあまり，天乾材とさほど変らぬ人乾材を供給するよりも，コストをかけて安定した品質を一定量供給することが，価格の優位性をもたらし，それが販売増，収益増となり，逆に乾燥コストを吸収することにつながると思う。

このため、県工業技術センターが設定した乾燥スケジュールを、すみやかに企業で検証し、その成果物を市場で評価していく必要がある。その際、市場は相対的評価の場であることから、性急な期待は禁物であり、綿密な戦略をもって、しぶとくリサーチすることが大事と思う。

## (2) 公共建物への乾燥材使用の徹底

秋田杉の銘柄化と異なる視点から乾燥材を供給しなければならなくなっている。

木造見直しのシンボルとしての公共建物の木造化等の推進にあたっては、乾燥材使用を徹底し、ゆめゆめ、未乾燥材の使用で欠陥建築物としてはならない。

このためには、乾燥工場を中心として納入ネットワークを形成するとともに、あらゆる部材についての乾燥技術の確立が求められてきており、早急に、役角以外の並角や造作材、壁材等について、人工乾燥スケジュールの研究を開始する必要がある。

一方、公共建物用木材の増加は、納期の集中をまねき、天然乾燥から人工乾燥への移行を促進させるが、その過程で人工乾燥コストを価格に転化する動きが表面化するものと思われる。その際には、コストの全てではなく、天然乾燥を超える部分とするべきであり、折角の木造化の動きを損ねることのないよう留意する必要がある。

## (3) 建築物乾燥材使用メリットの定量化

銘柄化の中で乾燥機の導入をすすめ、公共建物乾燥材使用徹底化の中で、共同化と乾燥技術の向上、価格の形成を図ってきたとしても、既存の生材からみると、量的にはわずかに過ぎない。

今後、乾燥材市場を形成するためには、最大需要者である住宅建

設業者が乾燥材メリットを経営として認識するか、又は、消費者が消費者知識として乾燥材を要求するかいずれかの行動（双方共？）を促す必要があり、このための納得のいく乾燥材使用メリットの定量化が必須である。

#### (4) 乾燥材の品質保持と認定制度の検討

乾燥材市場の形成が図られてきたとしても、悪貨が良貨を駆逐するような事態が顕念されるので、品質保持のため、含水率計の性能を十分向上させるとともに、暫定指針に基づく商品であることを担保するような何等かの公的認定制度の創設を検討する必要がある。

いずれにしても、乾燥材の生産供給は、新たな企業間競争を促がし、その力の支えによって、木材の産地化が図られていくものと思われる。

## 4 岐 阜 県

岐阜県林業センター

香 川 紘一郎

かつて、狂いのない良質な住宅を建築する場合、使用材料を大工小屋等で長期間棧積し乾燥して使用していた。県内各地域を代表する住宅、あるいは一般住宅においても乾燥した材料を使う事に随分気を使っていたとの事である。しかし、近年、特に昭和40年代の列島改造ブームの時代以降、需要の増加とともに乾燥して使う事にほとんど意を注がなくなった。その結果、住宅建築後使用材料に曲り、ねじれ、割れ等が発生しクレームの原因となり取り替え、値引き、化粧板で覆う等で対処した。その後、50年代に入り冷暖房装置の普及と気密性の向上とともに乾燥材の使用を要求されるようになり、建築用材、特に東濃檜柱挽を行って

いる地域業界を中心に人工乾燥室も導入され、積極的に乾燥が実施されている。

一方、歴史の古い広葉樹家具材の乾燥については、乾燥はあたりまえであり、その技術も確立の域に達している。反面、建築用木材については歴史も浅く、乾燥材の基準、乾燥技術等も未だ確立されていない。そのため、含水率もかなりのバラツキがあり、品質不安定な製品が流通、使用されている現状にある。

そこで、岐阜県ではこれらの問題に対処する必要があるとの認識に立ち、行政、業界、試験研究機関を中心に現在基準作りを検討している。

以下、現状と問題点について取りまとめた。

## 1. 岐阜県における建築用木材の乾燥に関する取組の現状

山元での林内乾燥及び東濃檜柱材を中心とした天然乾燥、人工乾燥が行なわれ、岐阜県林業センターでもそれらに関する研究、データの収集等を実施している。以下、順を追って述べる。

### (1) 林内乾燥

山元ではかなり古くから杉丸太の林内乾燥が行なわれていた。県内の今須林業地では以下のように報告されている。<sup>1)</sup>「材の色沢は伐採後の乾燥処理によって左右されるといわれており、伐採はこれに合わせた時期に慎重に行なわれる。一般には8～10月までの間を適期（最適期9月）としており、ほとんどの時期に行なわれる。伐採後はただちに剥皮するが枝払いはしないで葉付乾燥を3～6ヶ月間位行なう。」その他、県内各地で杉の黒芯の場合林内乾燥が行なわれる場合がある。

かつて、岐阜県林業センターでは林内乾燥に伴う乾燥経過を把握するため<sup>2)</sup>「スギ、ヒノキ丸太の林内乾燥試験」を実施した。その

結果は以下の通りである。

スギ玉切材の状態での乾燥経過は樹皮付の場合は約160日経過しても含水率はほとんど変化しない。一方、剥皮丸太の場合は直線的に含水率が減少し、100日で平均含水率が160%から60%までと約100%減少し、1%/日の乾燥速度となった(図-1)。穂付丸太ではスギが1.2%/日、ヒノキで0.6%/日で玉切り材を剥皮した場合とはほぼ同程度を示した(図-2, 3)。また、別に試験した<sup>3)</sup>「針葉樹材の天然乾燥速度について」の工場土場での結果はスギ末口径14~20cmの樹皮付材で0.4~0.8%/日、剥皮した場合は2~3%/日となった。従って、林内乾燥は工場内で乾燥した場合より乾燥速度が低い(図-4, 5)。

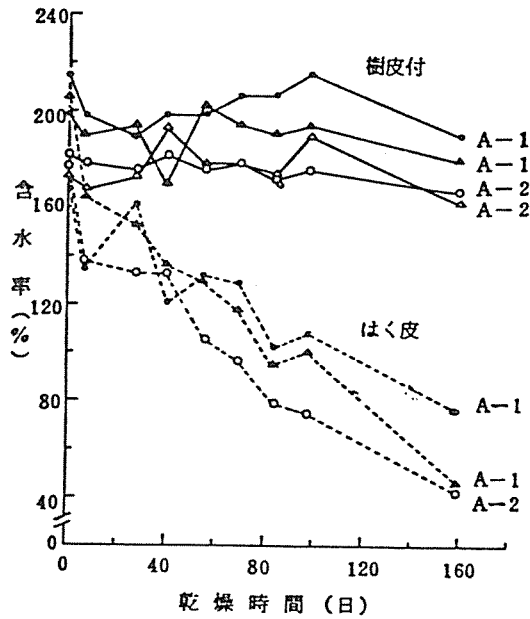


図-1 玉切材の乾燥経過

(52年度, 美濃市, スギ)

(岐阜県林業センター資料)

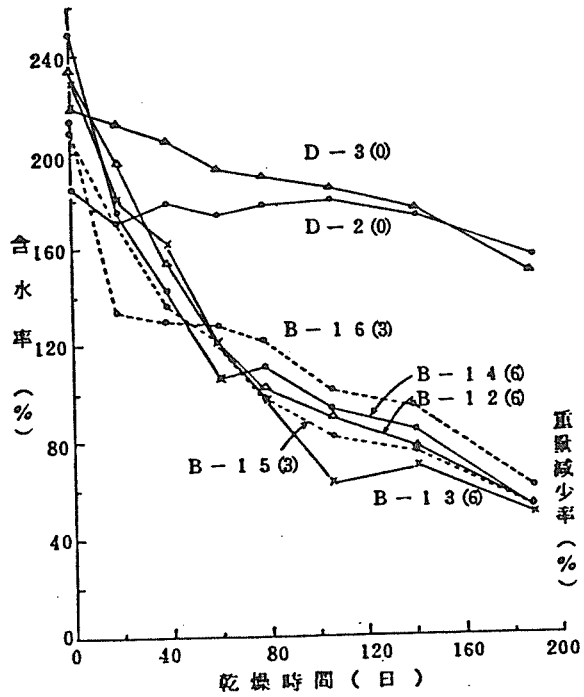


図-2 穂付材の乾燥経過  
 (55年度, 美濃市, スギ)  
 (岐阜県林業センター資料)

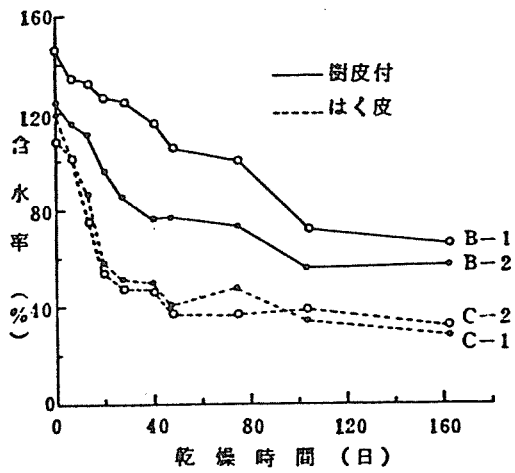


図-3 樹皮付・はく皮材の乾燥経過  
 (53年度, 美並村, ヒノキ)  
 (岐阜県林業センター資料)



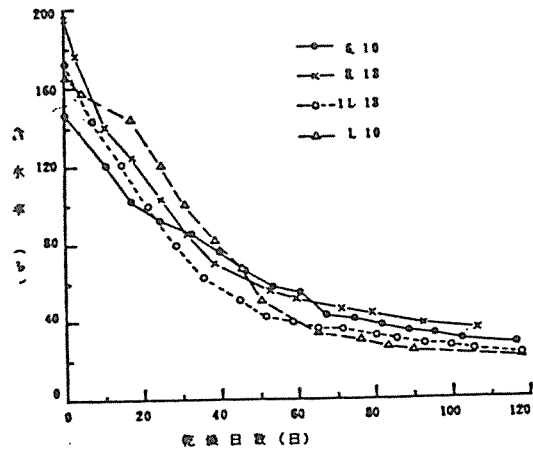


図-4 はく皮丸太の伐期別乾燥経過・工場内  
 (スギ, 末口径 17.8 ~ 19.2 cm)  
 (岐阜県林業センター資料)

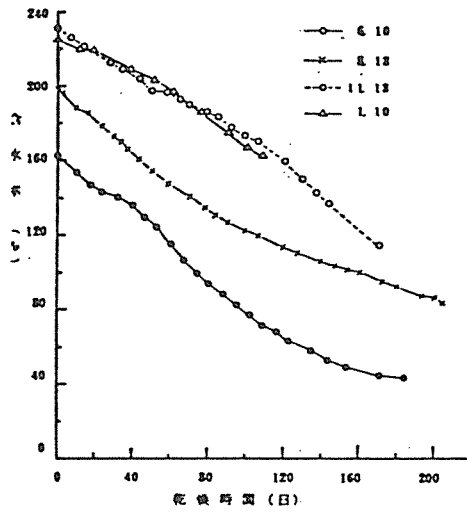


図-5 皮つき丸太の季節別乾燥経過・工場内  
 (スギ, 末口径 14.1 ~ 14.8 cm)  
 (岐阜県林業センター資料)

## (2) 製材品の天然乾燥

東濃檜柱挽工場では挽材した柱を放置しておけば相当軽くなる事に着目し、粗挽したものを天然乾燥後（夏期1週間，冬期2～3週間）挽直しすれば挽肌がきれいになり，その上柱のひずみも取り得ることから実施される様になった。

これを実証するため，岐阜県林業センターでは<sup>4)</sup>「檜柱材のひき直しに関する研究」の中で含水率，寸法精度，曲り，ねじれ等の変化を測定した。その結果は以下の通りである。

夏期に実施した結果は天然乾燥の場合，絶乾法で含水率が31～32%，冬期では3週間経過後で30～34%であった。天然乾燥後の曲り，ねじれはおよそ2mm，挽直し後は狂い量としてはきわめて軽微であり十分許容されるものである（図-6）。また，心持ち柱材は製材後の乾燥により表面割れが発生しやすいが，仕上挽により微細な割れは除去されることになり製材品の表面割れは非常に少ない。

また，前述の<sup>3)</sup>「針葉樹材の天然乾燥速度について」の結果では，スギ心持ち10.5cm角の場合，夏期で1ヶ月，梅雨または晩秋で2ヶ月，冬期で3ヶ月で25～30%の含水率まで乾燥出来る事が報告されている（表-1）。

なお，谷合板で著名な美山町の杉板生産地でははぎ掛けによる乾燥を実施している。

## (3) 製材品の人工乾燥

需要者が安心して使用出来る製品を生産するためには含水率管理が不可欠の要点であり，そのためには人工乾燥が重要である。

前述した様に製材工場での針葉樹建築材の乾燥の歴史は浅く，東

表一 1 屋外における時期別乾燥所要日数

(生材から 30% および 25% まで)

樹種	材種 (cm)	5月29日		8月30日		11月15日		1月17日	
		30%	25%	30%	25%	30%	25%	30%	25%
ス	10.5 × 10.5	52	72	15	24	26	48	72	88
	15.0 × 10.5	43	52	33	58			53	66
ギ	10.5 × 4.5	16	26			13	24	73	88
	4.5 × 4.5	7	10	5	12	14	28	7	15
ヒ	10.5 × 10.5	7	37					21	79
ノ キ	10.5 × 4.5							10	15
	4.5 × 4.5							10	15
ア カ マ ツ	10.5 × 10.5	5	7					16	33
	10.5 × 4.5	6	7	12	14			15	20
	4.5 × 4.5			11	14			14	17

(岐阜県林業センター資料)

濃檜柱挽工場で粗挽したものを天然乾燥後、挽直した事に始まったと考えられる。その後、これらの工場の一工場が除湿乾燥機を海外より導入したことから除湿乾燥が昭和53年当時から行なわれ始めた。近年、乾燥の必要性が認識され、市場での要求度が高くなった事から、年間を通して含水率管理が容易で計画的に出荷出来る乾燥施設として漸増している。岐阜県林業センターでは除湿乾燥を行なっている6工場について製品の含水率と形質を把握するため、昭和61年から62年にかけて調査を行なった。61年冬期の結果<sup>6)</sup>を表一2に示す。

二度挽前の含水率は高周波含水率計で最高31.5%、最低20.9%で

表-2 調査工場別の含水率、背割り幅

(各値とも平均値)

区分 調査工場	二度挽き後						二度挽き後						
	材 径	個 体 数	含 水 率 計	含 水 率	重 量 測 定 率	背 割 り 幅	材 面 割 れ 数	材 径	個 体 数	含 水 率 計	含 水 率	重 量 測 定 率	背 割 り 幅
	cm	個	%	%	mm	%	cm	個	%	%	mm	%	
A	12	74	21.9	27.2	3.18		12	20	26.9	29.2	2.43		
B	12	35	23.3	28.5	2.91	9	12	40	26.5	31.3	2.09	17	
C	12	31	20.9	24.0	4.34		12	33	24.7	26.6	3.35	3	
D	12	20	26.2	37.6	2.54		12	20	25.7	32.0	2.61	40	
E							12	13	22.8	28.7	3.01	17	
E	10.5	18	20.9	21.5	3.63	17	10.5	16	23.7	28.3	2.67	17	
F	10.5	18	31.5	40.6	1.70		10.5	30	30.0	32.9	2.30		

(岐阜県林業センター資料)

10.6%差、二度挽後は最高30.0%、最低22.8%で7.2%差となっている。乾燥材としては含水率はまだまだ高く、工場間の差も大きい。また、絶乾法による含水率では5%程度高い値を示した。

一方、昭和62年に実施した6工場の測定結果<sup>6)</sup>(表-3)では二度挽前の含水率が心材で19.5~24.3%、辺材で19.9~26.0%であり前年度調査より低い含水率まで乾燥しているが20%には達していない。また、割れは各工場共柱材20本中4本に生じている。さらに、曲りは工場毎の平均値で最大0.23%、最小0.11%で一工場が製材の日本農林規格の1等の基準である0.2%以上であった。なお、各工場での最大値はいずれの工場とも0.2%以上であり、乾燥による曲りが大きく、二度挽による修正が必要となる。

表-3 除湿乾燥材の含水率測定結果(二度挽前)

工場名	乾燥日数	心材含水率	辺材含水率	割れ本数	曲り (%)
A	6日間	24.3	24.1	4本/20本	$\frac{0.11}{0.07 \sim 0.23}$
B	6日間	21.2	19.9	4本	$\frac{0.23}{0.10 \sim 0.42}$
C	6日間	21.3	24.8	4本	$\frac{0.15}{0.08 \sim 0.30}$
D	6日間	19.5	21.8	4本	$\frac{0.14}{0.07 \sim 0.33}$
E	5日間	23.0	26.0	4本	$\frac{0.14}{0.07 \sim 0.37}$

(岐阜県林業センター未発表資料)

割れ範囲 5cm~28cm      平均値  
 最小値~最大値

## 2 乾燥施設導入の現状と問題点

県下の乾燥施設導入企業は63社、うち蒸気式(I・F)が41社、234室、除湿式が21社、24室、減圧式が4社、6室、その他11社、30室となっている(表-4)。収容量の平均は蒸気式が15.1 $m^3$ 、除湿式が43.9 $m^3$ 、減圧式が8.2 $m^3$ 、その他が8.4 $m^3$ である。蒸気式は

表-4 乾燥施設の現状

区分	計	蒸気	除湿	減圧	その他
企業数	63	41	13	4	11
乾燥室	288	234	18	6	30
収容量 $m^3$	4621	3529	790	49	253
A V $m^3$	16.0	15.1	43.9	8.2	8.4

(岐阜県林業振興課資料)

大部分が家具材，集成材芯板，フローリング原板，木工用材の乾燥に用いられる。一方，除湿式は東濃檜柱材を主体にプレカット用材等の針葉樹建築材に使用されるが，一部台形集成材等にも用いられている。また，減圧式はゴルフヘッド，家具材，鉛筆用軸木板に，その他の方式では電熱による I F での集成材芯板，盆等の木地材，檜丸棒家具用材，太陽熱，温水併用による刃物柄，温風による集成材用化粧板に用いられている。なお，最近話題になっている燻煙加熱処理施設が試験的に導入されている。

現在，蒸気式 (I・F) による家具用広葉樹材の乾燥については昭和 20 年代以降の長い歴史を通じて業界，試験研究機関等の努力によりさまざまな問題が解決され技術はほぼ確立されている。今後の問題としては県内資源の減少に伴う県外材，外材の乾燥材利用の比率が増加すると考えられ，イコーライジング室設置の必要が生ずるものと考えられる。

一方，針葉樹建築材の乾燥についてはその歴史が浅く，解決しなければならない問題が多い。即ち，針葉樹建築材の場合，家具材に較べて付加価値が上らないことから，設備費が安く，消費エネルギーが少なく，しかも操作が簡単な除湿乾燥を主体に実施している。しかし，製造メーカーは多種多様であり，乾燥室の構造，収容量，除湿能力，温湿度条件等さまざまとなっている。そのため，乾燥スケジュールの設定，風速条件等が異なり一定含水率までの乾燥日数，材相互間の含水率のバラツキ等を生じている。従って，前述の 61 年に調査した 6 工場の中でも含水率が高いにもかかわらず二度挽後の製品に 40% もの材面割れが発生する反面，低い含水率であってもほとんど割れが発生しない例が出てくる。また，平均含水率も異なる。今後一層乾燥材

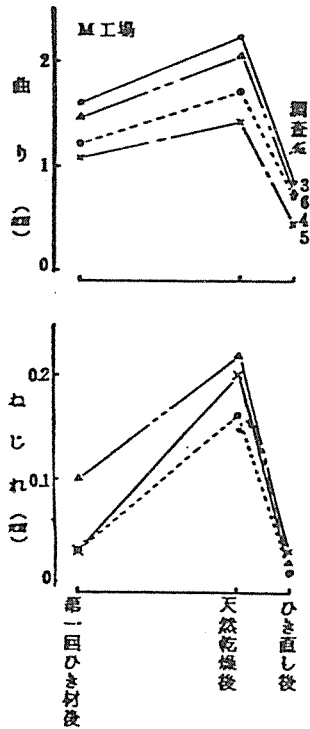


図-6 工場別曲り，ねじれの変化  
(岐阜県林業センター資料)

が要求され，人工乾燥室が多く導入されると考えられ，乾燥室及び含水率の基準設定，乾燥技術の確立が急がれるところとなる。なお，大径材等については燻煙加熱処理法等を含めて，さらに検討する必要がある。

### 3. 乾燥技術の水準と問題点

<sup>8)</sup>高山地方を中心とした木工家具業界の中心的役割をはたすH産業は，戦後ロクロ技術を用いたウインザーチェアをアメリカに輸出した。しかし，湿度の高い日本で製作されたブナの椅子が乾燥地で使用された結果，7割にガタがきて不良品となった。この時，とりわけ問題となったのが乾燥技術であった。即ち，天然乾燥による栈積みの仕方，人

工乾燥にさいして乾燥室内の材料の含水率のバラツキ，乾燥室内の湿度コントロール，乾燥室そのものの改良等であった。そこで，含水率6%の乾燥技術の確立をめざし，これらの問題解決をめざした。また，岐阜県林業試験場でも国立林業試験場等の指導を得て<sup>9)</sup>「I・F型簡易乾燥室の一部改良による性能の向上について」，<sup>10)</sup>「天然乾燥における棧積み方法について」，<sup>11)</sup>「輸出家具製作工程中における含水率について」，<sup>12)</sup>「乾燥によって生ずる内部応力が製品に及ぼす影響」，<sup>13)</sup>「ブナ床板材標準乾燥スケジュールの乾燥室への適用について」等の調査，研究によって地元業界の指導に当たった。

この様な経緯を通して県内における広葉樹家具用材における乾燥技術は次第に確立していった。

しかし，針葉樹建築用材の乾燥については前述したようにその歴史が浅く，各工場での乾燥の仕方，乾燥技術などまだ確立していないのが現状であり，製品の仕上り含水率もバラバラとなっている。そのため，乾燥材といってもその品質はさまざまでかなりのバラツキがある。従って，広葉樹家具業界が多くの年月と努力により解決した乾燥問題を針葉樹建築業界も乗り越えなければならない。しかし，家具用材と建築用材では本質的に異なった性質も有しており，その問題解決はかなり厳しい事も事実である。即ち，建築用材は断面が大きい事，二度挽等の修正は加えるにしてもほとんどそのまま使用する事，節，アテ材，等が混在する事等である。このため，例えば乾燥に際して発生する柾目，板目，長さ方向の収縮異方性，含水率減少に伴う板材との内部応力発生状況の異なり等により生ずる曲り，割れ，アテ材と正常材が混在した場合の収縮率のちがいによる曲りの発生，高温乾燥した場合の材色変化等である。



これらについて、以下、岐阜県林業センターで実施した結果を参考に述べる。

檜柱挽工場では含水率 22% の段階でも曲りが大きく発生し、割れも生じている。この製品が気乾含水率まで乾燥した場合はさらに曲り、割れの増加は十分想定出来る。当场で実施した結果は人工乾燥によって含水率を 13% にした場合、曲りは 0.29% に達し、木口割れは 41.9 cm/本 に達した (表-5)。

表-5 柱材の形質変化

樹種	含水率 %	収縮率 %	曲り %	木口割れ mm/本	材面割れ mm/本
ヒノキ	13.0	1.43	0.29	41.9	0
スギ	12.1	1.60	0.11	91.2	120.6

(岐阜県林業センター未発表資料)

また、昭和 59 年に柱角矯正装置により 10.5 cm 角、12 cm 角の矯正試験を行った。この試験は曲り材の性質をよく現わしていると考えられる。

この試験材は流通市場で取扱われている製品のうち特に曲りの大きいものであり、含水率は 13.6 ~ 16.9% で平均 15.3% であり、ほぼ気乾状態のものであった。矯正前曲り率は 0.37 ~ 0.48% と大きく (TAS 規格では一等材は 0.2% 以下と規定され、流通市場でも同程度が許容範囲と認識されている) これらが市場でのクレーム材となっている。この時の聞き取り調査によると商品にならない製品が約 3% は発生するといわれ、それが非常に高価な一面、二面無節などの役物に多い

表-6 矯正方法別曲り率の変化 (10.5 cm 角)

矯正方法	供試本数 (本)		矯正前 曲り率 (%)	矯正後 曲り率 (%)	減少率 (%)
	A	19	AV	0.45	0.24
SD			0.20	0.16	21.7
B	5	AV	0.48	0.34	10.8
		SD	0.26	0.11	14.3
C	5	AV	0.37	0.19	51.8
		SD	0.07	0.10	19.4
D	15	AV	0.44	0.42	7.3
		SD	0.13	0.14	10.1

(木材工業VOL 40-3資料)

という(表-6)。

市場でこれらの製品を出さないようにするためには、製品の含水率を製材工場での出荷時にさらに低下させる必要があるが、曲りの増加、割れ等の発生につながりやすい。従って、曲りについていえば、現状の25%程度の含水率では粗挽時に8~15mmの歩増しを行い二度挽時に修正を行っているが、より乾燥した場合はさらに大きな歩増しが必要となる。また、割れの危険性が内在している。これらの曲り、割れをどの程度の段階まで需要者が容認出来るか、また、技術的にいかに解決するかが大きな課題となる。

#### 4. 今後の課題

現在、檜柱挽工場では粗挽段階で10mm、アテ材の場合は15mm程度大きく挽材し、天然乾燥あるいは人工乾燥後二度挽によって修正し、

2mm以下の曲りにして製品出荷している。それにもかかわらず、流通市場では入荷後に曲りが発生しユーザーからの苦情もあり値引き、あるいは取り替え、返品等で対処している。この原因は種々あると考えられるが乾燥による問題も大きい。また、現在は市場での要求含水率は25%程度であるが、近い将来はさらに低い含水率までの乾燥材が要求されると考えられる。

現在、業界を中心に需要者が安心して使用出来る建築用材を供給するため品質管理基準の作定作業が進められており、この中で乾燥に関する基準作りも計画されている。

今まで行ってきた試験結果、除湿乾燥室での東濃檜柱材に関する基礎調査等を基に十分検討したい。

また、この基準作りに当ってはさまざまな問題が派生すると考えられる。例えば、現在人工乾燥を実施している柱挽工場では一週間を単位として製品を出荷している。この工場ですらに低い含水率まで乾燥する場合、10日を要したとすると乾燥コストの上昇につながり、また、資金回転に影響を及ぼす企業経営上の問題が発生する可能性も考えられる。あるいは乾燥室の増設、新設が必要となるかもしれない。さらに、品質を安定させるため、乾燥装置、乾燥スケジュール等の技術の確立も重要となる。

いずれにしても、家具用広葉樹については長い歴史と多くの試練を乗り越え乾燥上の問題が解決され、技術が確立された。建築用針葉樹材の場合はやっと緒についたばかりであるが、他資材に互するためには避けて通れない道であり、今後、多面的角度から十分検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 岐阜県林政部：今須林業：1981年
- 2) 岩田隆昭，野原正人，大塚和典：スギ，ヒノキ丸太の林内乾燥について：岐阜県林業センター研究報告，第9号：1981年
- 3) 野原正人，岩田隆昭，山本和雄：針葉樹材の天然乾燥速度について：岐阜県林業センター研究報告，第5号：1977年
- 4) 熊谷洋二：ヒノキ柱材のひき直しに関する研究：岐阜県林業センター研究報告，第4号：1976年
- 5) 富田守泰：低温除湿乾燥による檜柱材の含水率について：県木連情報：1987年
- 6) 杉山正典，香川紘一郎，長谷川良一：除湿乾燥材の含水率測定結果：岐阜県林業センター未発表資料：1988年
- 7) 財団法人岐阜県シンクタンク：低成長時代における中小企業の発展方向と地域振興：1979年
- 8)～13) 野原正人：岐阜県林業試験場報告，No 3，No 9：1958年，1965年

## 5 奈 良 県

奈良県林業試験場

小林好紀

### 1. ま え が き

奈良県は紀伊半島のほぼ中央部に位置し，その南半分は，吉野スギ，吉野ヒノキに代表される良質材を産出する吉野林業地帯である。この良質材を背景にして，吉野町，桜井市および五条市を中心に古くから製材業が発達し，県内の製材工場は最盛期の昭和48年には約600工

場を数え、木材需要量は約148.5万 $m^3$ のピークに達した<sup>1)</sup>。その後減少に転じたが、昭和60年度の製材需要量は81.6万 $m^3$ 、製材工場は483工場である。

密植、多間伐、幼令からの枝打ちを特徴とする吉野林業の高度な育林技術に基づいて、奈良県における製材工場の木取りは無節材の生産を第一の経営目的としている。すなわち、末口直径15～20 $cm$ の丸太からは10.5 $cm$ あるいは12.0 $cm$ の芯持ち正角材を採材し、周囲の部分からは縁甲板あるいは集成材の化粧単板用フリッチやヌキ、野地板または箆用材を採る。また、末口直径24～50 $cm$ の丸太からは上述の正角材を採材した後、その周囲からは鴨居材、縁甲板、廻縁あるいは野地板を採る。したがって、採材された柱材は、材面が辺材のみのものと心材を含むものに大別され、鴨居材は辺材と心材をともに含む源平材と心材のみの赤材に大別される。そのため奈良県における建築用針葉樹材の乾燥にあたっては、上述の違いが乾燥方法はもちろんのこと乾燥条件や乾燥日数などの点において考慮されねばならず、技術的にも経営的にも難しい問題を含んでいる。ここでは奈良県地方の一般的な製材工場における除湿乾燥について、技術や経営上の現状の問題点あるいは今後の課題について触れることにする。

## 2. 乾燥に対する取り組みの現状

奈良県における建築用木材の製造業の主体は製材業と銘木製造業である。このうち製材業は約480工場、銘木製造業は約200工場（両業種を重複経営する場合を含む）を数える。これらの業界では約10年前から除湿乾燥法による人工乾燥が徐々に取り入れられ始め、現在、一種のブームを起している。製材品および磨丸太の性質から、導入される人工乾燥装置は特殊な目的を除いてほとんどは除湿乾燥装置で

あり、その数は昭和62年度末で約40社約50基に達し、とくに、最近一年間の増加の大きさが目立っている。この理由の一つとして、行政の支援と規制および建築用針葉樹材の乾燥に関する暫定指針<sup>2)</sup>が示されたことがあげられる。前者については、奈良県では公共建築物に利用される木材の含水率に一定の基準が示される一方で、国産材関連産業の健全な発展に資するために、木材乾燥施設導入にあたって無利子（設備貸与制度）あるいは低利（設備近代化資金貸付制度など）で資金融資をおこなっている。また、奈良県林業試験場は木材加工技術の開発や普及を行うことによって、業界の技術向上を図っている。とくに、木材加工技術指導事業として、多くの相談、指導に応じている。すなわち、年間延べ100日に及ぶ巡回技術指導を行うとともに、130件以上の技術相談を受けている。また、技術講習会を開催して技術水準の向上に努めている。さらに、各企業の経営方針、技術水準などを十分に考慮したうえで、それぞれに最適の乾燥装置の設計、製作指導を行っている。業界ではもともと、近年強まりつつある需要者側からの乾燥材供給の要求を強く意識しつつあったが、昨年示された乾燥指針により人工乾燥への認識を更に高めており、奈良県林業試験場に対しても乾燥装置導入に関する相談が最近とくに多くなっている。

このように、乾燥装置の導入が急速に増加している最大の理由には、生産者および需要者側の乾燥の必要性に対する認識の高まりともあいまって、人工乾燥を早くから取り入れてきた企業では製品品質に対する信用を徐々に積み上げてきたことによって製品価格に乾燥経費を上乗せできる状況ができてきたことがあげられる。このような状況下で、奈良県における製材品生産量に占める乾燥材の割合は約60%であり、そのうちの人工乾燥材の割合は10～12%である。また、磨丸太類の

それは約30%である。製品に占める人工乾燥材率は必ずしも高くないが、葉枯しや製材後の天然乾燥を行うことが一般的である奈良県では建築に供される木材は比較的低含水率材が多い。表1に、県産材を用いた木造住宅について、高周波式含水率計で測定した部材別の棟上げ時の含水率を示す。ヒノキ柱材では22%から31%までのバラツキがあり平均は26.3%で天然乾燥材，人工乾燥材および生材が混用されていた。また，大引きなどの床構造材として使われる部材にはほとんど30%以上の生材が使われ平均は33.7%であった。奈良県ではスギは柱材には使用されない。スギの胴縁材の含水率の平均値は27.2%であった。

日本住宅・木材技術センターにより建築用材の人工乾燥装置の性能基準が示される以前に，奈良県の木材加工業には30数基の除湿乾燥装置が導入されていた。初期の除湿乾燥装置には種々の形式のものがあり，それらの中にはすでに指摘されているように<sup>3)</sup>除湿器容量や空気循環能力などの点において不十分なものが見られた。これらは現在でも通常の生産工程の中で使用されている。そのため当然の結果として，乾燥むらやカビの発生など種々のトラブルが起き上がっている場合があり，その乾燥装置のみならず除湿乾燥法そのものに対する不信感を持つ経営者もいる。また一方では，優れた性能の装置を持ちなが

表1 住宅部材の含水率

ヒノキ		スギ	ベイツガ	ベ イ マ ツ		
柱	大引	胴縁	柱	梁	胴差	桁
23.6	33.7	27.2	28.7	20.6	21.0	21.2

単位：%

らも、木材乾燥に対する知識や技術水準が低いことからその性能を十分に生かしきれず、しかも適正な人工乾燥がなされていない場合も多く見られる。たとえば、生材含水率がもともと高いスギ柱材を4～5日間除湿乾燥装置に収容したのち、高周波式含水率計で20%以下に達したと判断して出荷している場合をみかける。この場合には改善されねばならない大きな問題を2つ含んでいる。すなわち、1つは、人工乾燥材に対する社会的、経済的な評価の低さの問題、すなわち、人工乾燥材が品質的にも价格的にも正しく評価されていないことから乾燥経費を材価に上乗せできないが、経営者として乾燥材を供給したいというジレンマからこのような妥協点を見いだしていることである。これに対しては、木材業界と建築業界、あるいは官、民一体となった取り組みを起し、適正な人工乾燥材が正しく評価される環境を作る必要がある。他の1つは、乾燥の技術に関する問題、すなわち、乾燥装置の性能あるいは含水率測定法の問題である。これについて次節以下に詳しく述べるが、木材業界と建築業界あるいは乾燥関連機器業界を含んだ産業界、官界および学会を含めた関係者が真剣に対処せねばならない問題である。

### 3. 乾燥技術の水準と問題点

奈良県の業界において解決を急がれる技術上の問題は大きく分けて3つある。第1は乾燥に関与する木材の性質や乾燥の知識など乾燥技術の問題であり、第2は乾燥に関する装置や機器の問題であり、第3は乾燥材の検定、すなわち、含水率測定の問題である。奈良県における建築用針葉樹材の除湿乾燥技術を概観すると、これら3つの問題はそれぞれ大きな課題を抱えている。

#### (1) 乾燥技術について



この問題は建築用針葉樹材の除湿乾燥のみの問題ではなく、すべての木材加工業において最も大きな問題である。奈良県の木材加工業は集成材製造業、製材業および銘木製造業が主体である。これらのうち集成材製造業はすでに昭和40年頃から積極的に人工乾燥に取り組み、現在では全国でも有数の技術水準に達している。一方、製造業および銘木製造業では昭和54年頃から除湿乾燥が徐々に取り入れられ始めて人工乾燥が始まった。以来10年近くなるが、この間に人工乾燥に対する認識は高まり、除湿乾燥装置が多くの工場に導入された。それに伴って奈良県林業試験場に対しても除湿乾燥に関する技術指導の要請が増え続け、昭和56年にはついに熱気乾燥に関する相談指導件数を上回った。近年除湿乾燥技術の水準は徐々に向上し、現在では樹種、材種あるいは初期含水率を基準とした独自の乾燥スケジュールを持つ工場も現れている。建築用針葉樹材の人

表2 一般的な乾燥スケジュール

樹種・材種	初期 含水率 (%)	仕上げ 含水率 (%)	初期 温・湿度 (℃-%)	末期 温・湿度 (℃-%)	乾燥 期間 (日)
ヒノキ・柱	90	40	35-80	50-70	14
ヒノキ・柱	35	20	40-80	40-60	7
スギ・柱	80	25	35-80	35-60	10
スギ・鴨居	60	18	35-80	35-60	7
スギ・さお	60	15	40-80	40-50	5
スギ・丸太	80	25	25-70	25-70	14

(含水率は高周波式含水率計測定値)

工乾燥材率はまだ低いですが、優良材から2等材に至るまで除湿乾燥が利用され、製品の付加価値向上が真剣に検討されている。

表2に県内の製材工場で一般的に用いられている除湿乾燥の乾燥スケジュールと高周波式含水率計で測定した乾燥仕上げ含水率を示す。これからわかるように、乾燥スケジュールは熱気乾燥のそのように細かく操作されず、多くの場合乾燥開始から終了まで2～3段階程度の乾燥条件に分けられている。除湿乾燥の場合には乾燥過程において温度・湿度条件を頻繁に変化させる乾燥スケジュールを適用しても乾燥効率にはほとんど影響を与えない<sup>4)</sup>ので、現状の除湿乾燥装置を利用しているかぎり大きな問題はない。また、磨丸太のような割れ易い材料には低温高湿の一定条件を適用している。しかしこのような比較的緩やかな乾燥条件を用いているにも拘わらず、乾燥日数は非常に短い場合が多く、適正な乾燥がなされていないものもある。一例として、初期含水率45%のヒノキ135mm角柱材に対して乾燥日数4日間を採用しているある工場の製品の仕上がり含水率分布を図1に示す。この材では、乾燥室内で風上側に面していたB面は19.5%を示しているが、風下側のA面は27.9%である。しかしながら、これを高周波式含水率計で測定したところ両面とも20%以下を示したとして出荷されていた。

表2の乾燥日数は各工場の経営方針によって異なるものである。我々は技術指導や相談に際して、乾燥日数は最低14日間以上を目安として適正な乾燥材を供給すべきであると指導してきたが現状ではほとんど実行されていない。

## (2) 乾燥装置，機器の与える影響について

乾燥装置や機器が乾燥材の品質や工場経営に与える影響は大きい。

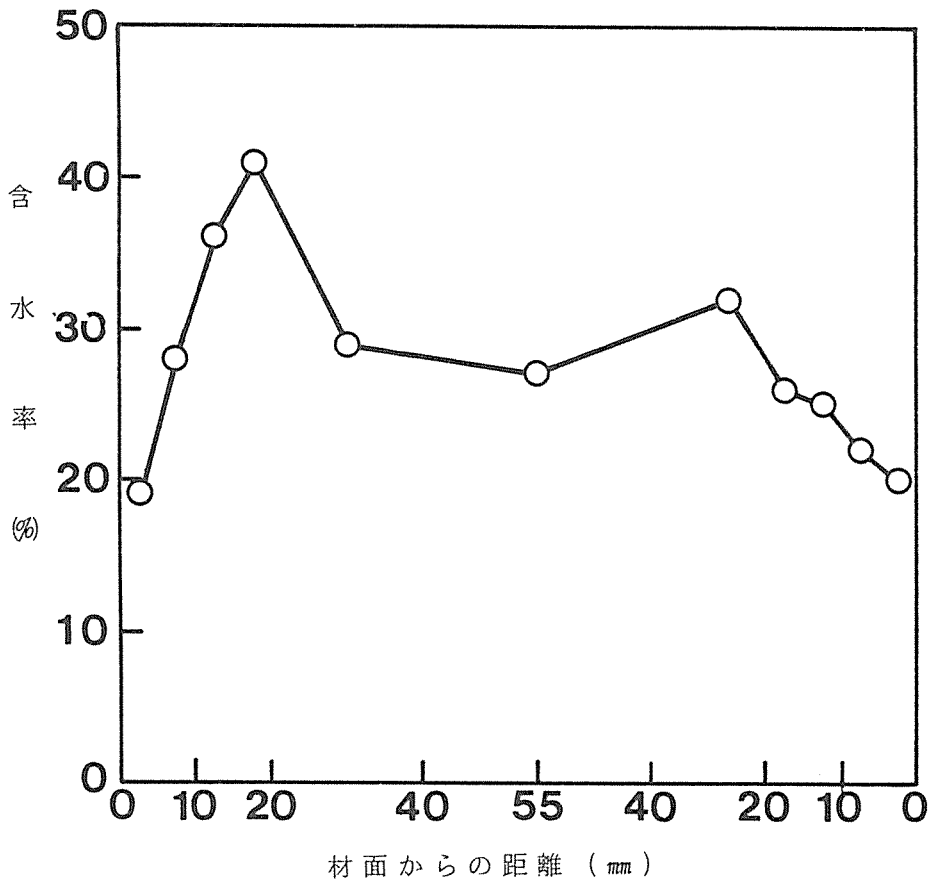


図1 乾燥開始後4日目のヒノキ柱材の含水率分布

(注) 初期含水率 45%

除湿乾燥法は高度な乾燥技術を必要としない乾燥法だと考えられているが、被乾燥材の形状や大きさなどの点において実際には多くの難しい問題を持っているので、乾燥スケジュールのような乾燥技術のみならず、乾燥装置や機器に関する基礎的な知識の啓蒙が急がれる。奈良県内の業界に導入されている除湿乾燥装置は約20機種にも及ぶが、それらの構造、性能は様々である。除湿乾燥法の最大のメリットは乾燥技術が簡単であることであるとの考えから、乾燥装置も非常に

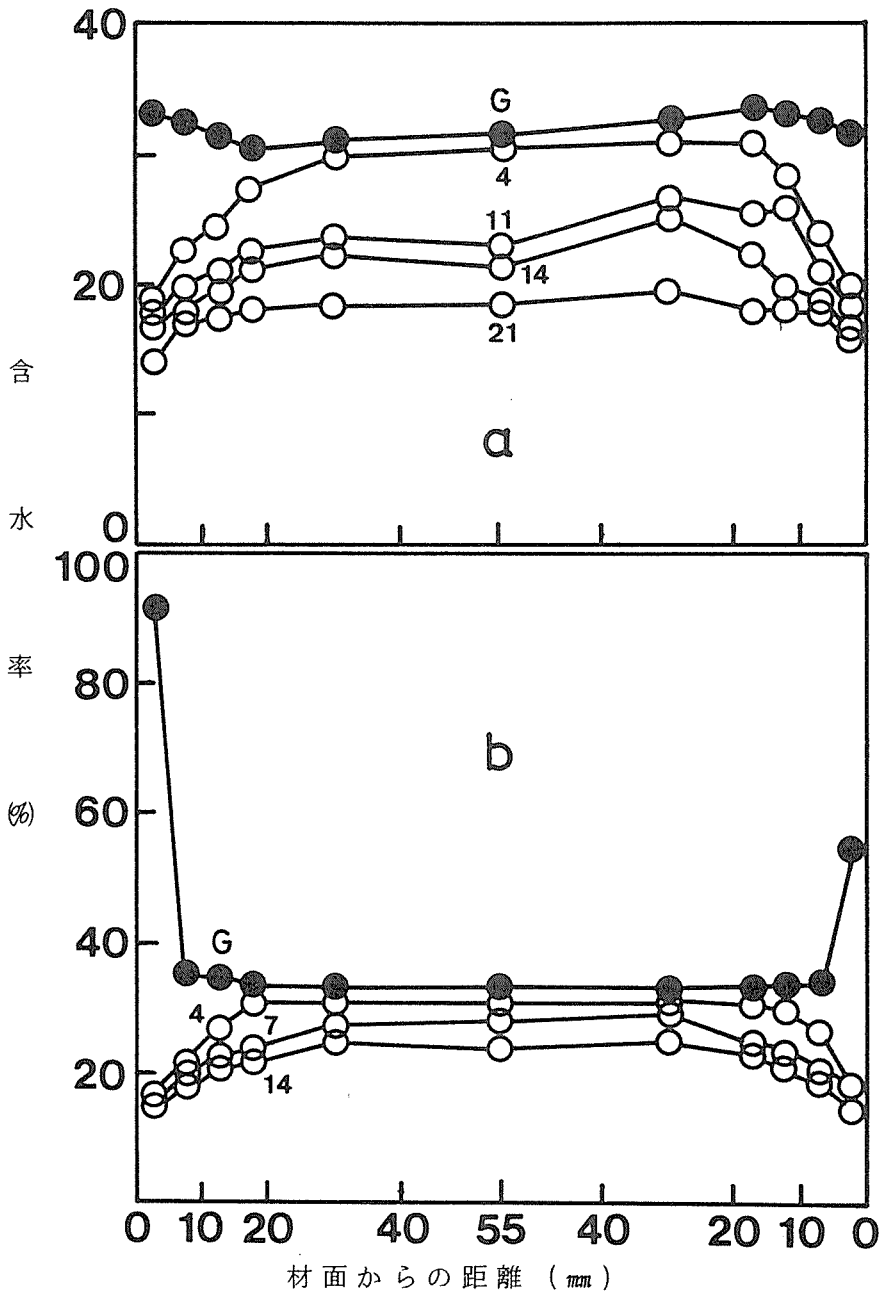


図2 ヒノキ柱材の含水率分布

(●) G : 生材時

4 ~ 21 : 乾燥日数

簡易で基本的な機器さえも装備していないものも見掛けるが、製材品や磨丸太の除湿乾燥には熱気乾燥と同様な細心の注意を要するので、乾燥装置も適確なものでなければならない。除湿乾燥法が建築用材の乾燥法として欠くべからざるものであるならば、さらに完成された人工乾燥装置となるよう装置メーカーには努力をお願いしたいところである。

### (3) 乾燥の検定に関する問題について

含水率計の性能が乾燥材の品質や評価に非常に大きな影響を与える。図2のa, bに奈良県吉野地方で一般的に見られる製材直後のヒノキ柱材を乾燥温度30℃、乾燥湿度70%で除湿乾燥したときの乾燥日数と全乾法による含水率分布を示す。aの供試材は表面に心材を持つもので表層から中心まで含水率がほぼ一定している材であり、bは表層を辺材で取り巻かれて表層の含水率が非常に高い材である。a, bいずれの材の場合にも、乾燥開始後4日目には表層10mmの含水率は20%以下に達している。とくにbの場合には表層の含水率の低下が大きいので、外観的には乾燥が大きく進行したように感じられる。また、これを高周波式含水率計で測定するとこの材の平均含水率として表層10mmの平均含水率とほぼ等しい値が得られる。これの最大の理由は、この形式の含水率計では測定値はプローブの接した部分の表層の含水率に大きく影響される<sup>5)</sup>からである。

木材乾燥の現場では、仕上がり含水率の検定に全乾法を用いる訳にはいかない。したがって、含水率の測定には電気式含水率計、とくに、高周波式含水率計に頼らざるを得ない。現在、奈良県の業界で用いられているこの形式の含水率計は国産の2種と外国製の1種であるが、これら3種の測定値相互に大きな差が見られる。表3に

表3 含水率計による測定値の違い

機 種	国 産		外 国 製
	W	M	D
乾燥前	35.6	54.4	41.2
乾燥後	16.4	25.8	16.0

その一例を示す。用いる含水率計によって測定値にこのように大きな差があるため乾燥材の生産者側と消費者側の間にトラブルが発生しているのみならず、乾燥材そのものに対する信用を損ねている状況が見られる。

図3に、それぞれヒノキとスギ10.5cm角柱材の高周波式含水率計と全乾燥含水率計の値を比較して示す。また、図4にヒノキとスギ10.5cm角柱材の乾燥過程を高周波式含水率計と全乾法で測定して比較する。図3においてヒノキ、スギとも含水率計で測定した値は全乾法のそれより常に低い値を示し、含水率計で20%を示す柱材は全乾法ではヒノキで22~25%、スギで32~45%を示す。また、図4から

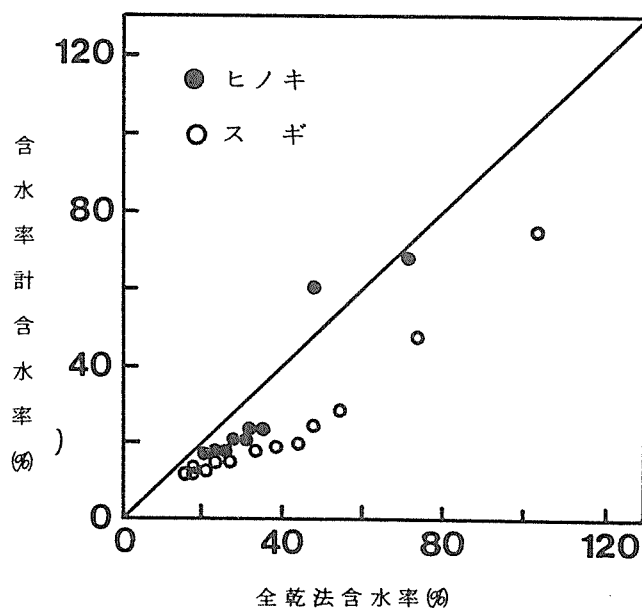


図3 高周波式含水率計と全乾法による含水率の比較

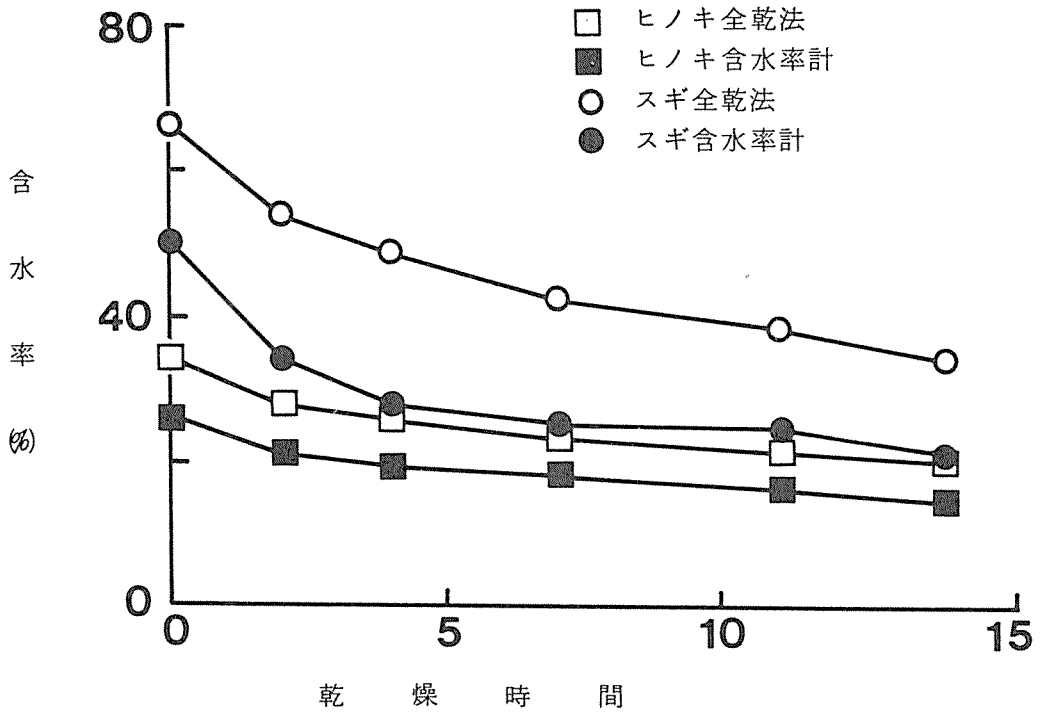


図4 高周波式含水率計と全乾燥による乾燥経過の比較

は乾燥過程を高周波式含水率計で推定し、乾燥終了時を決定する方法は同様の理由から非常に危険なことが理解できる。とくにスギの場合には両者の値に大きな差があることがわかる。このような機器の特徴は乾燥現場の技術者にはほとんど知られておらず、含水率計の値がそのまま一人歩きしている状況である。奈良県の業界においても、含水率計の値に対する補正を行うなどなんらかの対策を講じている業者は非常に少ない。

#### 4. 今後の課題

木材業界や建築業界の現状から考えると、近い将来には建築用材は人工乾燥されたのちに利用されるようになるのは容易に想像される。その推進力となるものはこのたび示された建築用材の乾燥に関する暫

定指針である。早い機会に整備された乾燥基準になることを望むものである。しかしながら、その前に解決されねばならない問題が山積されている。奈良県の業界における現状の問題を踏まえて、今後の課題を考えてみると以下のようなことがあげられる。

#### (1) 乾燥技術や指導方法の体系化

除湿乾燥装置が、我が国の木材工業界で利用され始め、10数年の実績を持っている。しかしスタート当初に形成された簡易乾燥法としてのイメージが強すぎたためか、技術的には未だに大きな進歩が見られない。

除湿乾燥法は木材の表面からの水分蒸発が乾燥の主体であることから、乾燥のメカニズムは理論的には熱気乾燥法と同じであると考えて良い。そのため、乾燥技術は熱気乾燥のそれを準用しており、未だに独自の技術が体系化されていない。建築用針葉樹材の除湿乾燥では熱気乾燥のような乾燥スケジュールは必要ないと考えられている反面、適正な乾燥技術が適用されない場合には厳しい損傷の発生として、仕上がり状態に直ちに反映される。使用に当たって高度な乾燥技術を要しないところが除湿乾燥法の長所であるという考えから早急に脱却する必要がある。そのためには研究者も真剣に基礎研究を行わなければならない。建築用針葉樹材の人工乾燥が今後でも除湿乾燥に頼らねばならないとすれば、早急にその技術や指導方法の体系化に努める必要がある。

#### (2) 装置や機器の改善

全国に約20,000工場と言われる製材工場への除湿乾燥の普及を見越して、多くのメーカーが除湿乾燥装置を製作販売している。それらの中には優れた性能を持つものがある一方、乾燥装置とは言え



ないようなものもある。性能の劣るものはやがて駆逐されるとは言え、過渡期においてはこれらがトラブルの一因になることもある。奈良県の業界に導入されている約20機種にもおよぶ除湿乾燥装置の中にもその性能に疑問の残る装置が見られ、乾燥むらやカビの発生をきたしたり、乾燥日数の長期化などの乾燥効率の低下を引き起こしている。経営者側にはまず設備費やランニングコストの安い装置が喜ばれるため、性能を犠牲にして簡易な装備にしているものも見られることがこの原因である。著者は、技術指導や講習会、研修会で除湿乾燥の相談を受ける機会が多いが、もっとも多い相談内容は乾燥装置に関するものである。とくに、空気循環の不適切による乾燥むら、除湿器要領の不足によるカビの発生などが大きな問題となっている。乾燥装置メーカーに対する技術的な指導を行うとともに、木材加工業者が導入する際には適切な判断基準を示す必要がある。

### (3) 乾燥技術上の問題

#### ① 含水率に関する問題

柱材のような大断面材の乾燥性や木材の挙動は未だに明らかにされていない部分が多いので、建築用材としての乾燥材とはいかなるものか規定できない部分がある。含水率分布や仕上がり含水率と建築後の木材の挙動の関係、含水率の測定法、含水率計の性能などをまず明らかにする必要がある。

#### ② 除湿乾燥法の適応性

建築用材として最も多く用いられている国産針葉樹材はヒノキとスギであるが、このうちヒノキに対しては、その優れた材質などのため除湿乾燥法は有効な人工乾燥法である。しかし、スギに

対してはいくつかの問題が残されている。そのうち最大の問題が乾燥による変色である。吉野材は、桜花色を呈した材が最良であるとされているが、この材色が乾燥による加熱で赤褐色に変化すると材価が非常に低下する。そのため、吉野地方ではスギ材の優良材は低温条件での除湿乾燥さえも行わない。また、スギ材はもとも心材の生材含水率が高いため、非常に長期間の乾燥日数を要することあるいは材質的に乾燥割れが発生しやすいことも、奈良県においてスギ柱材や鴨居材の人工乾燥が普及しない理由のひとつである。種々の樹種や材質に適応した乾燥技術を確立する必要がある。

## 文 献

- 1) 奈良県農林部：奈良県林政の概要，2－3（1987）。
- 2) 秋山俊夫：木材工業，42，472－474（1987）。
- 3) 寺沢 真：木材工業，38，118－125（1983）。
- 4) 小野広治，小林好紀：奈良林試研報，15，29－35（1985）。
- 5) 久田卓興：木材工業，41，24－27（1986）。

木材工業の最前線

## 1 乾燥

農林水産省森林総合研究所  
久田 卓興

### はじめに

最近、木材乾燥の話題が新聞紙上でしばしば取り上げられる。つい2~3年前まではせいぜい新型の乾燥装置の紹介記事や技術講座くらいしか無かったものが、たいへんな様変わりである。

木材の乾燥技術は比較的地味な存在で、乾燥が優れているからと言ってすぐさま商品価値が目に見えて上昇するものでもない。乾燥の意義はむしろ加工技術や品質の管理が高度化するにつれ、増大するものと思われる。その意味で最近の動きはまことに好ましい。乾燥技術ならびに装置の普及や革新に対する要求は今後一段と強まることにならう。ここでは挽き材の乾燥について、最近10年間の歩みと最新の話題をいくつか取り上げ、新しい時代の木材乾燥を展望してみたい。

### 1. 最近10年間の歩み

#### (1) 乾燥工業の推移

乾燥企業数は現在約1,500~1,800と推定されそのうち約30%は製材、25%は家具関係で、これにつく集成材は9%、フローリングは4%である。残りの32%には木工、住宅部品、楽器、運動用具などのほか委託乾燥、研究用施設など広い分野が含まれる。過去10年間に最も著しい変化を示したのは製材部門で、この間に少なくとも300以上の企

業が新たに乾燥設備の導入に踏み切ったと見られる。また、集成材部門は生産量、企業数ともに着実な増加を示し、逆にフローリング部門はやや減少した。家具部門およびその他の部門は数の上ではそれほど大きな増加を示していないが、乾燥対象材の種類の多様化に対応して内容的にはかなり変化している。

現在、製材を除く他の部門では、乾燥技術、乾燥設備ともほぼ安定したレベルに達していると言えよう。これらの部門では乾燥の良し悪しが、すぐに製品の品質に現れてくるため、ある程度経費をかけても高い品質を確保しようとする体質がすでに出来上がっている。これに対し、製材部門ではまだ乾燥材の品質が不安定で、乾燥経費の負担についても関連業界内での十分な了解が得られていない。

しかし、一方で建築用材の乾燥に対する要求は近年頃に高まりつつあり、今後も当分は除湿乾燥機を導入した小規模な乾燥工場の増加が続くものと予想される。

#### (2) 乾燥方法と装置

乾燥方法や装置に関する歴史は、筒本<sup>1)</sup>、寺沢<sup>2)</sup>氏らのレビューに見ることができる。現在、我が国で稼動している装置について概数を試算すると第1表のとおりである。ただし、これは昭和46年<sup>3)</sup>、昭和59年<sup>4)</sup>の2回の調査や、乾燥機メーカーの納入実績に基づく推定であって、自家製や集計

第1表 乾燥設備の現況(昭和63年, 推定値)

業 種	乾 燥 室 数				
	蒸気式	除湿式	減圧式	その他	合 計
製 材	700	350	20	100	1,170
集成材	400	60	5	30	495
フローリング	300	10	5	20	335
家具	1,000	50	30	30	1,110
木工・建具	250	50	5	50	355
委託・協同事業	150	50	3	5	208
楽 器	210		5	10	225
住宅・プレカット	30	30	1		61
学校・研究機関	30	10	10	50	100
その他	150	100	40	50	340
合 計	3,220	710	124	345	4,399
(割合, %)	(73)	(16)	(3)	(8)	(100)

もれを含めれば、総数は約5,300にのぼるとみられる。乾燥機械メーカーが50数社を数える現在、数の増加が著しいため相当乱暴な試算であることをお許し願いたい。

最近10年間では除湿式乾燥室と、減圧式乾燥室の伸びが著しい。除湿式乾燥室が我が国に輸入され始めたのは昭和53年頃で、頭初はパッケージ型の簡易なものが中心であった。その後、国内でも2,3の業者が製造を開始し、送風装置や壁体構造などに改良を加えつつ、しだいに木工芸品、製材品など従来天然乾燥にたよっていた部門に普及していった。ボイラーが不要で、取り扱いが簡単なことや、装置が比較的安価なことが歓迎され、これに木材工業界が乾燥の必要性を認識した時期や、電気、空調機械業界などがヒートポンプの新しい用途開発に注目し、建築関連部門への参入を開始した時期などが重なって、装置の数は驚異的に増加した。除湿式乾燥室には省エネルギー型装置としての魅力があり、さらに省エネ化や自動化などが進めば今後も大幅な伸びが期待できよう。

減圧式乾燥法は原理的には古くからその特色が注目されていたが、実用機としての発達を見たのは昭和55年頃からである。加熱方式によって熱風、熱板、高周波の3種類があり、現在最も多いのは高周波によるものである。装置設備費ならびに運転経費が高いため、一般材の乾燥には適さない

いが、材によっては損傷の発生が少なく短時間で乾燥できることや、作業能率が向上するなどの経済的なメリットがあるため、特殊な用途に徐々に普及しつつある。

ここで、人工乾燥材ならびに装置の普及率を試算してみよう。我が国の乾燥室総数は前述のとおり約5,300と推定され、平均収容量を約15m<sup>3</sup>とすれば、総容量は約80,000m<sup>3</sup>になる。平均的な乾燥日数を7~10日とし、1カ月間に乾燥3~4回できるとすると、総乾燥能力は年間約3,360千m<sup>3</sup>と推定される。一方、製材品の需給量は輸入材を含め、年間約34,000千m<sup>3</sup>(昭和61年統計)である。このうち乾燥の必要のある材を、輸入KD材と未乾燥のまま使用されるものを除く約30,000千m<sup>3</sup>と考えると、人工乾燥材の普及率は約11%である。また、針広葉樹別では、人工乾燥材の普及率が高いとされる広葉樹材が、製材品需給量約5,000千m<sup>3</sup>に対して約50%、針葉樹材が25,000千m<sup>3</sup>に対して3~4%である。本誌100号記念特集の小倉氏、300号の筒本氏が、いずれも広葉樹材について普及率をそれぞれ8%、27%と推定しているが、現在では針葉樹材も含め着々と人工乾燥材の普及が進んでいると言えよう。

## 2. 乾燥装置の自動化, 省力化

### (1) 自動制御装置の開発

木材乾燥装置の自動化には大きく分けて2つの

方法があり、1つはタイムスケジュールに従って自動運転する方法、もう1つは含水率、乾燥応力など被乾燥材から得られる情報によって自動運転する方法である。コンピューターによる自動化のメリットとして、まず最初に浮かぶのは作業の省力化である。しかし、これ以上に重視すべきは、従来の手作業では困難であった特殊な乾燥条件の採用により、乾燥材の品質向上や乾燥時間の短縮が期待できる点である。

コンピューターを利用した自動制御装置の成否は優れた制御センサーの採用とソフト開発にかかっている。研究、開発はまずこの分野から進められるべきで、不完全なままシステム開発が先行しがちな風潮には疑問を感じる。

## (2) 制御用センサーの開発

自動化のためには乾燥中の木材から有用な制御用情報を取り出す必要があるが、これには a) 含水率を測定する方法、b) 含水率の代わりに材の重量を測定する方法、c) 乾燥応力を測定する方法、d) アコースティックエミッション（超音波）を測定する方法などがある。

木材乾燥装置内での含水率測定には電気抵抗式の含水率計が広く用いられている。安定した測定値を得るためには電気回路、電極、取付方法などに特殊な設計が必要で、実務上はこれに樹種、比重、電極深さなどによる測定値の補正の問題が加わる。西独 CSA 社からはこの方式による自動制御装置が発売され、すでに各国でかなりの納入実績がある。ただし、我が国では含水率測定精度、自動制御ソフトの両面でまだ十分な信頼性が得られていないため普及は遅れている。

含水率の代わりに木材の重量を測定し、これから計算により含水率を推定する方法は、現在のところ最も信頼性が高い。これは古くから木材乾燥室の操作に用いられてきた方法であるため、自動化に際しても同様な方法をとれば問題は少ないはずである。重量の自動測定にはロードセルが用いられるが、ここでは温度補償、形状、長期使用が問題となる。しかし、最近では温度補償機構を持った乾燥室用の特殊ロードセルや、温度補償特性の優れた小型のロードセルが開発され、かなりの進歩が見られる。

人工乾燥で生じる損傷の多くは乾燥応力が原因しているため、これを測定して一定限度内に制御すればきわめて安全な操作を行うことができる。乾燥応力測定器として2,3の試作例が発表されているが、測定器の大きさ、性能のほか、応力測定サンプルの作成に手間がかかるなどの問題から、実用例はない。

アコースティックミッション (AE) は割れ発生に至る過程の早期に発生する音 (弾性波) である。これを利用した木材乾燥装置の自動化の研究では、センサー開発、AE 波の解析、制御システムの開発が進められている。

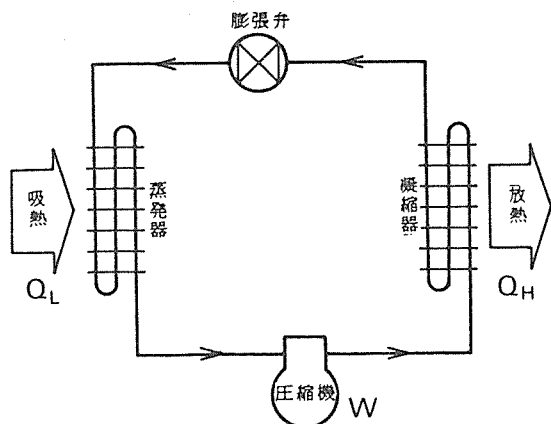
木材乾燥装置の自動化のためのセンサーは、信頼性、耐久性のほか作業性に優れ、低廉でなければならない。その意味ではまだ十分満足できるものが現れていない。もう少し簡単に取り出せる情報、確実な情報はないか考えてみる必要があるであろう。

## 3. 乾燥エネルギーの低減

### (1) 乾燥エネルギーとコスト

乾燥室で消費されるエネルギーには、木材や乾燥施設の加熱のための直接的なエネルギーと、送風機、制御装置などのための間接的なエネルギーとがある。エネルギー消費は乾燥方式や運転方法により異なるが、一般の蒸気式乾燥室では直接的エネルギーが  $1\text{ m}^3$  あたり  $30\sim 40$  万 kcal とされている。除湿式乾燥室では装置そのものが省エネ型であることと、比較的仕上げ含水率の高いものの乾燥に用いられることから、蒸気式の劣くらしい例が多い。

人工乾燥コストに占めるエネルギーコストの割合はおよそ  $30\sim 40\%$  であるが、高周波減圧乾燥など特殊な乾燥法では  $50\sim 60\%$  と高いものもある。エネルギー消費ならびにコストの低減のためには、a) 乾燥スケジュールの改良などによる乾燥時間の短縮、b) 熱損失を減少させるための装置の改良、c) 排気熱の再利用、d) 太陽熱、異業種における余剰エネルギーの有効利用が考えられる。また、このほか適正な送風量や送風機の構造の検討、自家発電を含めたエネルギーの総合的利用など多方面にわたる対策が必要である。



第1図 ヒートポンプの基本構成<sup>9)</sup>

## (2) ヒートポンプの利用

ヒートポンプは低温熱源から高温熱源へ熱を移行させる装置で、熱をあたかも水のように高い位置に汲み上げることからその名前がつけられた。最も基本的な利用法は外気あるいは温水など他の熱源からの熱を、高温に変えて乾燥室内に取り込む方法であるが、乾燥室で必要とする温度レベルまで高めるには、まだ効率の良い方法がなく、普及は遅れている。

これに対し、除湿式乾燥室はヒートポンプ回路を乾燥室内に組み込んだものであるが、低温側の蒸発器、高温側の凝縮器が同一室内に配置され、閉回路中で水の潜熱が有効に利用されている点で、きわめて特徴的である。第1図はヒートポンプの構成を示したものである。乾燥室内空気の一部は蒸発器で冷却除湿され、凝縮器で加熱される。圧縮機への投入熱量  $W$  に対する蒸発器での吸収熱量  $Q_L$  の比率は、一般のヒートポンプで約4倍で、これが乾燥室中の水分の除去に有効に使われれば、省エネルギー化が達成できる。除湿乾燥室の性能はこの蒸発器での除湿量にかかっているが、除湿性能は乾燥室内空気が高湿の場合は高く、低湿の場合は低い。したがって、除湿乾燥室を効率よく運転しようとするれば、なるべく高湿で運転した方がよい。ただし、高湿のままでは乾燥が進行しないため、通常は乾燥初期は  $35\sim 40^\circ\text{C}$ 、R. H.  $75\sim 85\%$ 、末期は  $40\sim 45^\circ\text{C}$ 、R. H.  $50\sim 60\%$  くらいで運転される。この場合の除湿効率として投入電

力

1 kWあたり水分約1.2~1.6 kgが実測されている<sup>9)</sup>。

ヒートポンプ方式はエネルギーコストで見た時、重油燃料を用いるよりも現在ではやや高くつくが、省エネルギーの面からは多くの魅力を持っている。今後の目標として、効率の優れた高温型ヒートポンプの開発に期待したい。

## (3) 太陽熱エネルギーの利用

太陽熱エネルギーを木材乾燥に利用しようとする研究は、第1次石油危機後の昭和50年ごろから盛んになり、各国で実用規模の装置が試作された。利用可能なエネルギー量は日射量が目安になるが、我が国では約  $3000 \text{ kcal}/\text{m}^2\cdot\text{day}$  と言われている。集熱器を利用する場合、効率を約50%とし、乾燥日数を15日、 $1 \text{ m}^3$ の木材の乾燥に要する熱量を最低20万 kcalと見積っても、約  $9 \text{ m}^2$ の集熱器が必要となる。

集熱器を利用した乾燥室の経済性については、有望との報告例もあるが、疑問視する見方もある。このため、集熱器を使わない簡単な方法で太陽熱を最大限に利用しようとする、各種のグリーンハウスタイプの乾燥室が考えられている。また、太陽熱とヒートポンプによる除湿の組み合わせも検討され、すでに実用機がある。

太陽熱エネルギーの利用では、設備費の償却をエネルギー費の節約でカバーできるかどうかの問題のほか、天候の変動に対する対処がきわめて重要である。不安定な生産計画の下では現在の企業は成り立たない。その意味で除湿乾燥との組み合わせ、ヒートポンプによる他の余剰熱源からの熱の導入などは有力な方法と思われる。

## 4. 建築用針葉樹材の乾燥

従来、針葉樹材は人工乾燥しなくても良いもの、放っておけば自然に乾くものとの認識があり、乾燥装置ならびに技術の面でそれほど重要視されていなかった。しかし、最近、特に2~3年前からは様相が一変し、建築には乾燥材を使うべきとの認識が、建築サイド、納材業ならびに製材業サイド、林業サイドへと幅広く拡がりつつある。この理由として、a) 建築構法の変化、b) 建築工期の短縮化、c) 壁、内装工事方法の多様化、d) 消費者からのク

第2表 各種建築仕様書における含水率

仕様書	材種	A種	B種	C種
日本建築学会建築工事共通仕様書(JASS11)	構造材 <sup>1)</sup> 造作材	20%以下 18%以下	20%以下 20%以下	20%以下 24%以下
建設大臣官庁官庁営繕部建築工事共通仕様書	構造材 下地材 造作材	20%以下 20%以下 18%以下	24%以下 24%以下 20%以下	
住宅金融公庫融資住宅木造住宅共通仕様書	構造材	19%以下		

1)ただちに荷重をうける部材

第3表 建築用針葉樹乾燥材の含水率基準(暫定)  
(昭和62年7月, 日本住宅・木材技術センター)

区分	基準	摘要
①柱類	20%以下であること。 (但しスギ、ベイツガは25%以下)	見え掛かり、見え隠れを問わない。
②敷居、鴨居、長押等	18%以下であること。	
③床板、内装壁材等	15%以下10%以上であること。	過乾燥を防ぐため下限値を設けた。

[注] はり、けた等については当面30%以下を目標とする。含水率の値は電気式含水率計によるもの。

レームの増加, e)大手住宅メーカーの部材含水率管理の強化などのほか, f)冷暖房の普及, g)公共建築物への木造の進出など多くの複合した原因があると思われる。

乾燥材の普及に際し, 特に問題になるのは乾燥材の品質に対する基準の設定と, 乾燥経費の負担方法である。もともと乾燥して使うとの観念が薄かっただけに, この問題の解決にはある程度時間が必要となろう。ここでは建築用針葉樹材の乾燥をとりまく諸問題について, 現状と将来の展望を述べてみたい。

### (1) 含水率規格

日本農林規格(JAS)は針葉樹製材について, 人工乾燥を施した旨の表示がしてあるものは含水率15%以下と定め, 含水率測定は全乾法を基本としている。また, 枠組壁工法構造用製材では, 含水率19%以下を乾燥材としている。一方, 建築工事仕様書は第2表のとおりで, JASとは異なった基準を定めている。これに関連する規格としてはプレカット部材認証報告制度では20%以下の基準

を, また日本住宅・木材技術センターでは第3表の基準を暫定的に定めている。

これらの違いはいずれも策定された時代の事情の違いにより生じたものであろうが, 針葉樹材の乾燥に関する認識が高まってきた現在改めて検討する必要がある。その作業はすでに始められているため軽はずみな発言は避けるべきと思われるが, 経済的理由のみによる安易な妥協だけは避けたいものである。

### (2) 含水率測定方法と含水率管理

含水率基準の策定と含水率測定方法とは一体化して考えるべきものである。従来, 含水率の測定では原則として全乾法が用いられていたが, それは全乾法が最も正しい測定を行い得るからである。もちろん規格の上では, これに匹敵する便利で正確な方法があればその利用は認められている。

電気的な含水率計を利用する場合, 正確な値を求めるには樹種, 比重, 温度, 材厚による補正が必要である。建築用針葉樹材は厚さ(寸法)がさまざまで比較的大きなものもあるため, 広葉樹材に比べ厚さ補正に困難を伴うことが多い。測定可能な範囲は針状電極の場合は針の長さ, 高周波式では表面からせいぜい20~30mmが限度であるため, それより内部に含水率の高い部分があってもその値は表示されない。

含水率管理の方法として, 全数を含水率計により検査する方法もあるが, これにはおのずと限界がある。広葉樹材の乾燥で一般に行われているのは適正な乾燥スケジュールや乾燥日数の下で仕上がり含水率を一定に管理する方法である。この場合, 含水率管理はあくまでも全乾法が基本で, 含水率計は補助的に用いられているにすぎない。したがって, 針葉樹材の場合も同様な手法によるのが正しい方法と確信している。また, それは十分可能なはずである。木材が工業材料として広く認められて行くためには避けて通れない問題であろう。

### (3) 乾燥方法と装置

建築用針葉樹材の乾燥方法としては, 天然乾燥, 除湿式乾燥, 蒸気式乾燥の3つが一般的で, このほか太陽熱利用式, 温水式, 減圧式などが一部で採用されている。

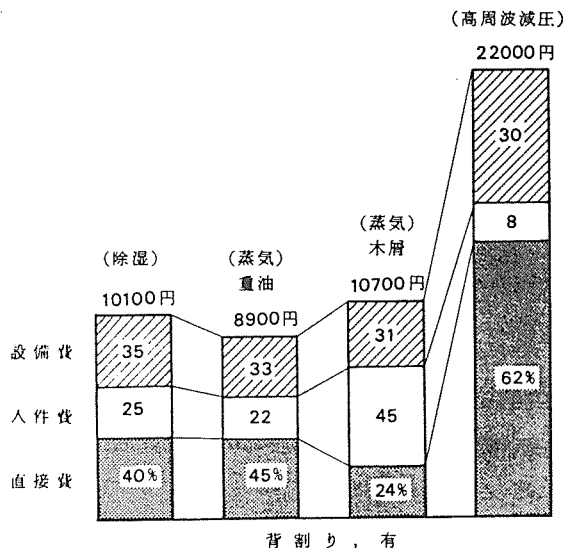
天然乾燥は乾燥経費の面では最も安価な方法といえるが、乾燥日数が長すぎるため現在の市場の流通事情に合わないことが問題である。天然乾燥材は品質面では、普通優れていると思われがちで、乾燥日数さえゆるせば天乾によるのがベターとの考え方さえある。この考えは、それほど厚くない材や心去り材については成り立つが、心持ち材では疑問である。天然乾燥中の外気の温湿度は平衡含水率で約15~16%が平均値であるが、低い場合は10%あるいはそれ以下にまで達する。通常、乾燥初期の空気条件は人工乾燥よりもむしろ天然乾燥の方が厳しいことが多く、割れが発生しやすい。天然乾燥で良質の材を得るためには、それなりの技術と十分な日数が必要である。

除湿式乾燥法は天然乾燥のこのような欠点を補うと同時に、乾燥日数もより短縮することをねらいとしている。現在、市販されている装置は、乾燥室の側部や上部に除湿装置を設置し、室内空気の一部を取り出して冷却除湿し、これを再加熱して高温低湿空気にして室内に導く方式のものが多く、冷媒としてはフロン系のR-22が多く用いられ、乾燥室内温度は35~50℃が一般的である。除湿式乾燥室では取り得る温湿度条件が、乾燥室の性能や被乾燥材の種類によって決められるため、装置の導入に際しては慎重な検討が必要である。除湿能力は乾燥初期において収容材積1m<sup>3</sup>あたり1ℓ/hrくらいが目安となり、これより少ない場合は乾燥日数は犠牲にならざるを得ない。

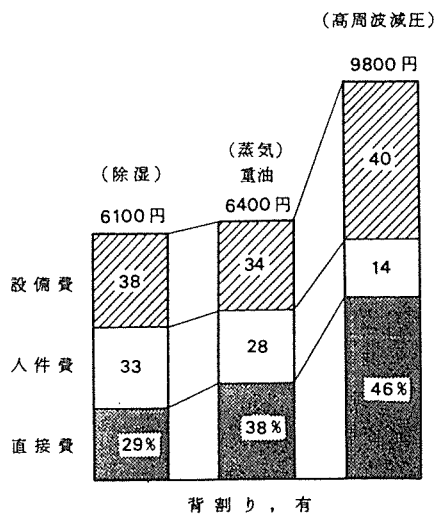
蒸気式乾燥法は樹種、材種をとわず古くから広い用途に用いられてきた。この方法は乾燥能率や調湿処理能力の面で優れている反面、ボイラーが必要で、乾燥操作に専門的知識が要求される。このため操作を誤ると乾燥割れなどの損傷が発生する危険性が高い。ただし、針葉樹材の乾燥では、変色を除けば蒸気式が除湿式に比べてとりわけ不利な点はないはずである。規模の大きい場合は蒸気式が採用されることが多く、この傾向は今後も続くものと思われる。

#### (4) 乾燥コスト

乾燥所要経費は樹種、材種、仕上げ品質、仕上げ含水率、乾燥方式、燃料の種類などによって異なる。第2、3図は良質の材を乾燥した時の仕上が



第2図 スギ直角材(12 cm 角)の乾燥経費内訳 含水率35%まで



第3図 ヒノキ直角材(12 cm 角)の乾燥経費内訳 含水率20%まで

り品質が、スギは現在のJAS1等程度、ヒノキは特等以上を目標として、乾燥所要経費を試算した例である<sup>7)</sup>。これによると、スギは仕上げ品質がある程度犠牲にしても、なおかなり乾燥経費がかかる。これを経済的に成り立たせるためには、葉



枯らし処理, 天然乾燥の併用, 太陽熱の有効利用, その他特殊な処理など, 総合的に考えていく必要がある。

#### 5. 今後の技術開発目標

すでに述べてきたように, 我が国における今後の乾燥技術の開発目標は, 針葉樹材のための効果的な乾燥方法の開発に集約できる。乾燥技術の終局の目標は乾燥コストの低減であるため, 乾燥装置, 方法, エネルギー別にそれぞれ個別技術の向上が待たれる一方, これとは別にまったく異なる発想の乾燥方法, たとえば遠心分離, 化学的あるいは物理的前処理なども広く検討される必要があると思われる。

#### おわりに

激動の時期にこの項の執筆を担当できた事は非常に光栄である。しかし, 書き終えてみると浅学

と将来展望の乏しさに身の縮まる思いである。10年後振り返って見た時, まるで違った世界が展開しているのを密かに期待している。

#### 文 献

- 1) 筒本卓造: 木材工業, 27, 122(1972)
- 2) 寺沢真: 昭和における木材乾燥, WOODMIC (1986)
- 3) 筒本卓造ら: 木材工業, 28, 358(1973)
- 4) 林野庁林産課: 木材乾燥施設に関する実態調査表(1984)
- 5) 早川一也ら: ヒートポンプの応用と経済性, シーエムシー, 5(1984)
- 6) 小玉牧夫: 日本木材加工技術協会, 第4回年次大会要旨, 63(1986)
- 7) 久田卓興ら: 日本木材加工技術協会, 第5回年次大会要旨, 57(1987)

## 2 人工乾燥方式および設備

建築用針葉樹材の乾燥 森林総合研究所資料 久田卓興

蒸気式が最も普及しているが、近年除湿式の普及が著しい。また一部で特殊な用途に減圧式が用いられている。乾燥エネルギー費を節減するため温水や太陽熱を利用する方法も考えられている。

表 - 1 乾燥設備の現況（昭和63年、推値）

業 種	乾 燥 室 数				合 計
	蒸気式	除湿式	減圧式	その他	
製 材	700	350	20	100	1,170
集成材	400	60	5	30	495
フローリング	300	10	5	20	335
家具	1,000	50	30	30	1,110
木工・建具	250	50	5	50	355
委託・協同事業	150	50	3	5	208
楽 器	210		5	10	225
住宅・プレカット	30	30	1		61
学校・研究機関	30	10	10	50	100
その他	150	100	40	50	340
合 計	3,220	710	124	345	4,399
(割合、%)	(73)	(16)	(3)	(8)	(100)

### (1) 蒸気式乾燥室

内部送風機型が多く、家具用広葉樹材、フローリング材、集成材用ラミナ等各種用途材の乾燥に用いられている。

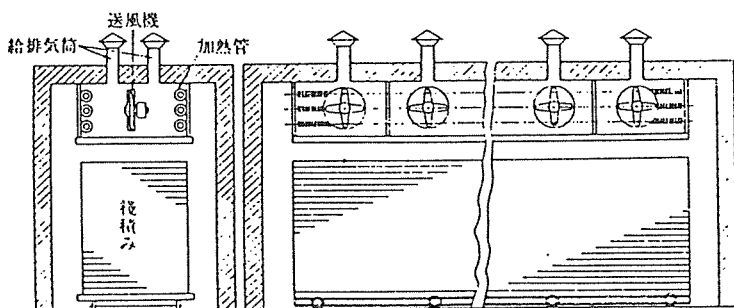


図-1 蒸気式（IP型）乾燥室

#### 長 所

- ① 樹種、材種等の違いに幅広く対応できる。
- ② 乾燥能率が良い。
- ③ 各種燃料が利用できる。
- ④ ヤニ処理、応力除去のための調湿が容易。

#### 短 所

- ① ボイラーおよびその操作員が必要。
- ② 乾燥操作に専門の知識と経験を要す。
- ③ 設置場所がある程度制約される。

## 標準的蒸気式I.F.型乾燥室の仕様

### ① 寸法

乾燥室幅	3.0 m
高さ	4.0 m
奥行き	10.0 m
棧積み幅	1.8 m
高さ	2.4 m
長さ	4.2 m × 2
収容材積	14~17m <sup>3</sup> (50~60石)

### ② 壁体

軽量コンクリートブロック積み (15~21cm)、内面防水モルタル仕上げ、耐熱湿耐酸性特殊塗装仕上げ

### ③ 送風装置

プロペラファン 耐熱湿モーター直結 (6台)  
直径 60~65cm、風量 180~210m<sup>3</sup>/min  
動力 0.75~1.5KW (1500r.p.m.) × 6

### ④ 加熱装置

フィン付管 管径 1 インチ、肉厚フィン密着型 (6本)  
乾燥室全長にわたり、ファン前後に 3本ずつ

### ⑤ 増湿装置

蒸着管 (2本) 1 インチ管、30cm間隔に径 2mmの噴射孔  
乾燥室全長にわたり側壁上段左右各 1本  
増湿管 (2本) 径 2mmの立上がり噴射孔、ファン前後各 1本

### ⑥ 吸排気筒 (12本)

径 20cm、高さ最高 2m、ファン前後

## (2) 除湿式乾燥室

除湿機で乾燥室内の湿度を下げることにより乾燥する(図 2)。その際除湿機内の熱の移送を木材の乾燥に有効に利用している(図 3)。乾燥開始時の室温上昇のため補助ヒーターを備えるものが多い。室内温度は通常40℃前後であるが、熱ヒーター又は蒸気ヒーターによって乾燥後期の温度を60~70℃以上に高められるものもある。建築用針葉樹材、木工芸用材の乾燥に向いている。

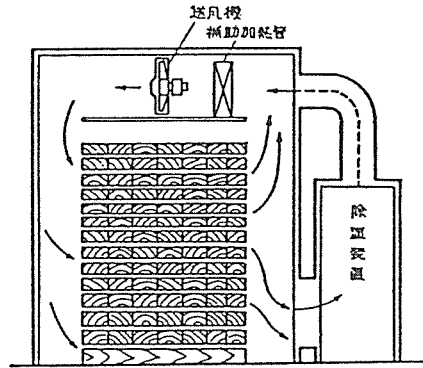


図 - 2 除湿式乾燥室

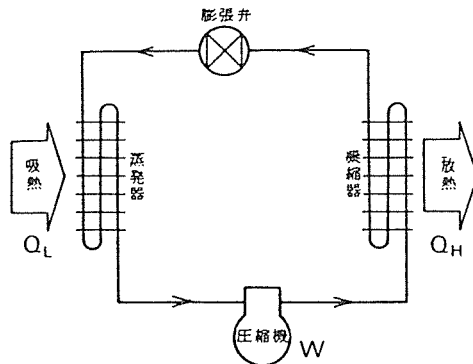


図-3 ヒートポンプの基本構成

### 長 所

- ①室内温度が低く、割れ、落ち込み、収縮増大、変色などの発生が一般の蒸気式乾燥機に比べて少ない。
- ②ボイラーが不要で、設備費が安い。
- ③エネルギー効率が良い。
- ④乾燥室の操作が容易。
- ⑤設置場所の制約が少ない。

### 短 所

- ①乾燥時間が長い。特に低含水率域で乾燥が遅い。
- ②運転方法によっては電気代がかかる。
- ③外気条件に影響され易い。
- ④調湿処理がしにくい。

## 除湿式乾燥室の仕様例

### ① 寸法

収容材積 (板)	10m <sup>3</sup> (36石)	15m <sup>3</sup> (54石)	30m <sup>3</sup> (108石)
"    (柱)	14m <sup>3</sup>	21m <sup>3</sup>	42m <sup>3</sup>
乾燥室 間口	5.0m	5.0m	5.0m
奥行	3.5m	4.8m	6.3m
高さ	5.0m	5.2m	5.6m
栈積み 幅	1.0m	1.0m	1.5m
高さ	1.0m	1.0m	1.2m
長さ	4.0m	4.0m	4.0m
配列	3段×2列	3段×3列	3段×3列

### ② 壁体

ステンレスまたはアルミパネル式

断熱材 厚さ40~50mm以上

### ③ 送風装置

1.5KW	2.2KW	4.5KW
0.5HP×4	0.5HP×6	1 HP×6
(材間風速 0.5m 以上)		

### ④ 除湿装置

表-2 参照

加熱装置

その他

表-2 除湿装置の馬力数

冷媒ガス	収容材積			備考
	10m <sup>3</sup>	15m <sup>3</sup>	30m <sup>3</sup>	
R-22	3HP/4HP	5HP/6HP	10HP/12HP	60Hz/50Hz
R-12	4HP/5HP	6HP/7HP	12HP/15HP	

(注1) 収容材積：120×120×3.650mmの場合

(注2) 1HPあたりの除湿能力は、R-22の場合、温度40℃、関係湿度80%において3.0/h (60Hz)、2.5/h (50Hz) とする。

(注3) 高含水率 (おおむね100%以上) 材を乾燥する場合は、上記馬力数の30~50%増とすることが望ましい。

### (3) 減圧式乾燥室

減圧により水の沸点温度を下げ、水の蒸発を活発にし、蒸発した水分を圧力差によって材外に早く排出する。材の通気性の良否が減圧乾燥に対する適、不適を左右する。蒸発に必要な熱を材にいかにか均一に与えるかが重要なポイントである。熱風加熱、熱板加熱、高周波加熱方式がある。一般の熱風乾燥では時間がかかる厚材や、ゴルフクラブ用材などのブロック状の材の乾燥に向いている。

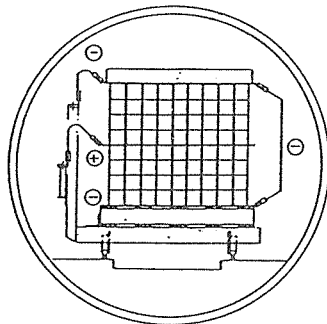


図 - 4 高周波加熱式減圧乾燥室

#### 長 所

- ①低い材温で急速乾燥ができる。
- ②割れ、落ち込み、収縮増大、変色などの発生を少なく乾燥できる。
- ③短尺材は乾燥時間短縮効果大きい。
- ④高周波加熱式では棧積みが必要。
- ⑤自動運転方式がとり易い。

#### 短 所

- ①設備費が高い。
- ②乾燥コストが高く、適用し得る樹種、材種に限られる。
- ③適正操作条件をみつけるのにかなり予備試験が必要。
- ④加熱むらによる乾燥むらが出やすい。

#### 高周波加熱式減圧乾燥装置の仕様例

##### ① 寸 法

収容材積	1.4m <sup>3</sup> (5石)	5.7m <sup>3</sup> (20石)	11.3m <sup>3</sup> (40石)
缶体内径	1.4m	2.0m	2.4m
有効長さ	2.4m	4.5m	6.0m

##### ② 真空ポンプ

1.5KW	5.5KW	11 KW
1500ℓ /min	3700ℓ /min	7500ℓ /min

##### ③ 高周波出力

6 KW	35 KW	50 KW
------	-------	-------

##### ④ 最大消費電力

21 KVA	63 KVA	145 KVA
--------	--------	---------

#### (4) 太陽熱利用乾燥室

集熱器を利用して太陽熱エネルギーを積極的に利用しようとする方法と、集熱器を利用しない簡単な方法で太陽熱を最大限に利用しようとするいわゆるグリーンハウスタイプがある。雨天や夜間の太陽熱エネルギーの不足を除湿装置の併用で補おうとする方法もある。

##### 長所

- ①エネルギー費を低くすることができる。
- ②設備費が安い。
- ③装置の保守や取り扱いが容易。

##### 短所

- ①雨天、曇天、夜間には熱エネルギーが不足する。
- ②快晴日には乾燥温度が上がりすぎることもあるため、加湿などの対策が必要になる。
- ③補助熱源や除湿装置は設備が重複し、思ったほど採算性が上がらない。
- ④乾燥日数が長い。

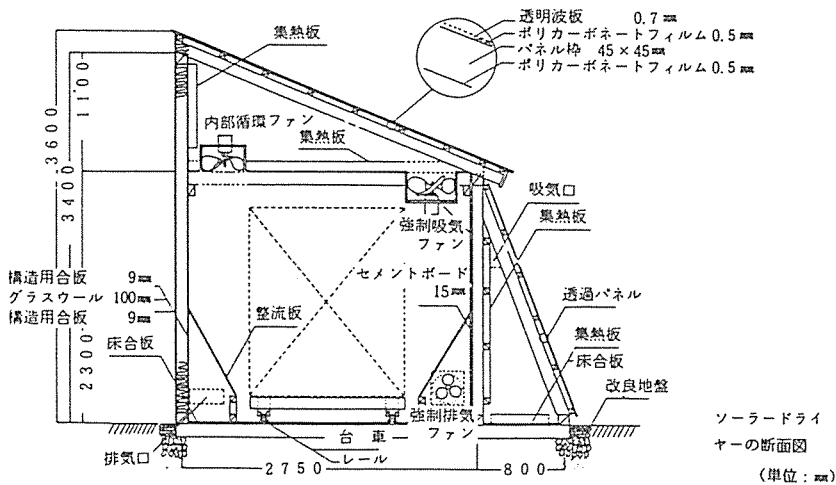


図 - 5 ソーラードライヤーの構造 (北林産試型)

(5) 予備乾燥室

室内温度を外気より10~20℃高めた比較的低い温度で乾燥する。大型の乾燥室でゆっくり乾燥し、含水率がある程度低下してから別の乾燥室で仕上げ乾燥する。簡易な構造にして設備単価を下げる。熱源には焼却廃熱などによる温水も利用できる。

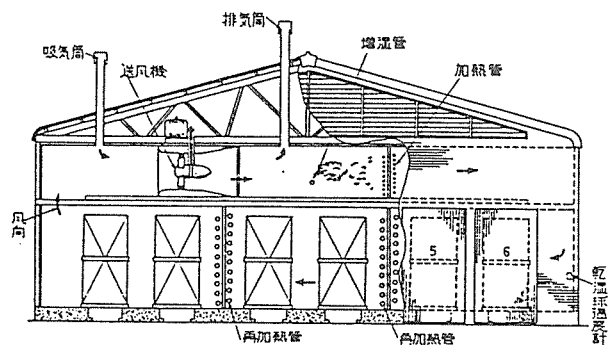


図 - 6 予備乾燥室



# 3 除湿式木材乾燥室の現状

木工機械, NO134, 133 ~136, (1987-1)

名古屋大学名誉教授  
寺 沢 眞

## 1. はじめに

除湿式木材乾燥室は7年ほど前に日本に紹介され、針葉樹製材業者の間に急速に普及しました。装置の特徴として設備費が安く、乾燥操作が楽で、乾燥時間もそう長くなく、材の仕上り色艶が良く、狂いが少なく電力も余り消費しないと言った事で主に建築用針葉樹部材の乾燥に使われています。

たしかに厳寒期や猛暑の季節を除いた気候条件の良い時や温暖な地域では、ごく簡単な除湿式乾燥室でもうまく動き、初期含水率が余り高くない針葉樹(ヒノキなど)の鴨居用材を含水率17%程度まで乾燥する時や、柱材を25%あたりまで乾燥するには都合のよい装置と言えます。然しこの条件から外れた使い方になりますと色々の問題が occurs。

こうした問題を明らかにするため、1)、これから除湿式乾燥室を設置する方、2)、既に設置されて使っている方、3)、除湿式乾燥室を製造販売している業者の3つに分けて解説と取り扱い方や要望などを書いてみます。

## 2. 除湿式乾燥室を設置しようとする方へ

除湿式乾燥室におかれている除湿機は家庭にある冷蔵庫、クーラー、ヒートポンプ式暖房機などに使われているものと全く同じ回路をもつ機械(広義のヒートポンプ)で冷媒にはフロンR-22を主に使っています。

乾燥室内の空気の循環経路模式図と各部の温湿度を図1に示します。これは乾燥初期の比較的高湿条件の除湿し易い状態のものです。冷媒にフロンR-22を使った機械では乾燥室内最高温度を大略50℃にしていて、業者によっては機械の安全性

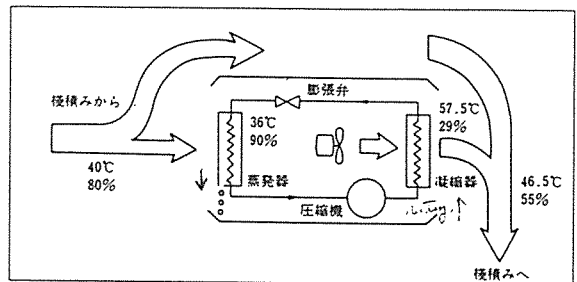


図1 除湿機部分の温湿度分布(乾燥初期)

をみて40℃あたりにおさえているものも多く、こうした意味で低温除湿式乾燥室などとも呼ばれています。

棧積みから送られてきた関係湿度の高い空気を冷やして、水蒸気を凝結して取り去る部分(蒸発器)では冷媒は気化し管(フィン付き管)は冷却されます。循環する空気の側から見れば冷やされる場所なので冷却器となりますが、機械の側からすると冷媒が気化する所なので蒸発器と呼んでいます。通過する空気が冷やされた時の顕熱と、水蒸気が凝結した際の潜熱とを取り込んだ冷媒ガスは圧縮機で加圧され、温度が高められ放熱器(凝縮器)に送られます。ここで加熱された冷媒ガスは液化しながら熱を放出し、冷やされた循環空気を再加熱して棧積みへ送り返します。

除湿式乾燥室では熱を外へ逃がさず循環させるだけなので電力は余り必要としません。また消費された電力は主に圧縮機部分で熱となりますから、室内の循環用送風機に使われた電力と共に室内温度の上昇に利用され、極めて合理的な電力の利用法となります。

然しこの装置を広く木材乾燥の分野で使おうと

しますと、色々設計上の基本問題にぶつかります。一番大きな点は、この種の除湿機が湿度の高い一定温度の中で動いている時は能率もよく、制御も簡単ですが、関係湿度の低い空気中から除湿しようとしても除湿能力が極めて悪くなる事です。

乾燥が進み、乾燥室内の関係湿度を40% (40℃でE.M.C.約7%)以下にするのは、かなり困難で35% (E.M.C.6.2%)あたりが限界とされています。

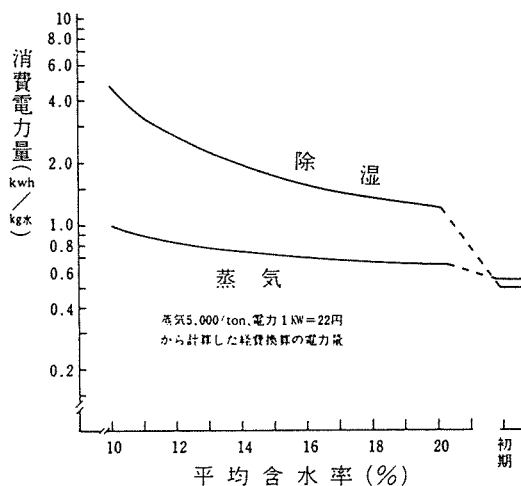


図2 価格換算による消費エネルギーの比較<sup>1)</sup>  
(室内循環用送風機動力を含む)

図2は木材中の水分1kgを除去するのに必要な電力量(室内循環用送風機を含め)と平均含水率との関係を示したもので、大略5~6cm厚の針葉樹材を対象に計算した値です。<sup>1)</sup>

表1 乾燥する範囲と平均消費電力<sup>1)</sup>  
(板厚5~6cmの針葉樹材)

乾燥する範囲 (%)	平均消費電力(kwh/kg水)
60 → 20	0.58
60 → 15	0.72
60 → 10	0.94

仕上げ含水率との関係で示しますと表1となります。実際の乾燥に要する電力量は、初期含水率を60%、仕上げ含水率を15%とし、全乾比重0.4の針葉樹材だと除去水分量は180kg/m<sup>2</sup>(50kg/石)ですから水分1kgを除去するのに0.7kwh/kg水の

電力消費、電力がkwh=22円とすれば2,772円/m<sup>2</sup>(770円/石)と言った数字になり、人件費や償却費を入れた値はこの約2倍弱と考えればよいでしょう。

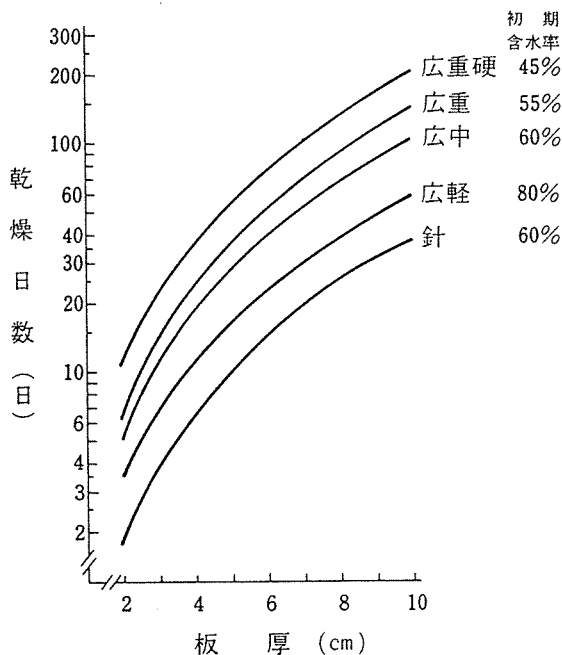


図3 除湿式乾燥室による乾燥時間<sup>1)</sup>  
40℃一定、生→20%  
角材は同じ厚さの板材の2/3、背割材は更に10%減

除湿式乾燥室での乾燥時間は蒸気式乾燥室と比較して乾燥温度が低いのと、乾燥末期の関係湿度が仲々低くならないために延長されますが、乾燥初期から中期にかけては、それほど遅くはなりません。図3は40℃一定の除湿式乾燥室で生材から含水率20%まで乾燥する時間を各種板厚と材質の違いから計算したもので<sup>1)</sup>角材は同じ厚さの板材の2/3程度の時間と考えればよいでしょう。背割した柱材は更に10%の時間短縮があります。

表2は蒸気式乾燥室との時間比較で、上段は含水率20%まで、下段は10%までの比率です。<sup>1)</sup>除湿式乾燥室は一応40℃一定として計算したのですが、蒸気式乾燥室では樹材種によって乾燥温度を色々かえますので、表の左端に板厚2.5cmに対する乾燥初期と末期の大略の温度を示しておきました。

表2 除湿式乾燥室と蒸気式乾燥室との時間比<sup>1)</sup>  
 除/蒸 上段は20%までの乾燥  
 下段は10%までの乾燥  
 除湿は40℃一定

板厚2.5cmに対する		厚さ (cm)	材 種	2	2.5	5	7.5	10
初 温 (℃)	期 度 (℃)							
55 ↓ 60	75 ↓ 80	針	1.4	1.6	1.7	1.9	1.9	
			2.0	2.2	2.0	2.1	2.1	
52.5 ↓ 57.5	70 ↓ 76	広 軽	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	
			1.8	2.0	1.7	1.7	1.7	
48 ↓ 53	65 ↓ 71	広 中	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	
			1.8	1.9	1.6	1.6	1.6	
45 ↓ 50	60 ↓ 66	広 重	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
			1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	
42 ↓ 47	59 ↓ 60	広 重 硬	1.3	1.4	1.1	1.1	1.1	
			1.6	1.6	1.4	1.4	1.4	

材色を気にしないような針葉樹材の乾燥であれば、蒸気式乾燥室では乾燥温度を高くするため、除湿式乾燥室との時間比率が大きくなりますが、重硬な厚材になりますと蒸気式乾燥室の温度も低くしますから似たような時間となり比率は1に近づきます。

以上は除湿式乾燥室が主として乾燥末期の仕上げ乾燥には適当でないと言う事で、この対策として、より高温に耐えるフロンR-12を使った型式のものも販売されていますが、乾燥中頃まではよいとして末期の関係湿度を降下さず問題になりますと、R-22の時と同じように能率の悪さが指摘されます。結局、経済的にみて、本格的な最終仕上げ含水率まで乾燥するには除湿方式のみでは無理で別の加熱方式(燃焼ガス・蒸気)による排気方式の方が適当と考えられています。電熱による加熱は経費が高むので余り適当な方法ではありませんが、軽便さから既存のボイラー設備の無い工場では電熱加熱による排気方式が実施されています。

これまでの事は主として除湿機自体の特性についてですが、この他に外の気温によっても影響され易く、厳寒期と酷暑の季節に使い難くなります。北海道や山岳地帯では冬期間、被乾燥材が0℃以下になり氷結している場合には電熱で15~20℃程度まで室温を上昇してから除湿機を動かさなくて

はなりません。これは木材乾燥室用に高目の温度条件に合うよう設計された除湿機を余り低温で動かすと機械的に具合が悪いのと、除湿器部分(蒸発器)が氷結する点と、木材が冷えていると材からの蒸発が殆んどなく、除湿機が少し動くと忽ち低温になってしまうからです。

材が氷結しているような時は通常的全乾燥期間に消費する電力の25%以上の電力が室温上昇に使われ、0℃附近のものでも10%程度の増加となり、更に壁体の断熱の悪い場合には常時電熱で加熱をするなどのこともあって、冬期間の消費電力は一般に20%程度多くなります。

乾燥初期の室温上昇に除湿機の回路を切り換え外部の熱を取り込む方式もありますが、外気温度が10℃以下になると能率が悪く、更に0℃近くになると殆んど使いものになりません。乾燥末期になって除湿式をやめ、ヒートポンプの回路を切り換えて外の熱を取り込み排気方式にする場合も同じことが言えます。

外気温度が高い時には除湿機から発生する熱で室温が上昇しすぎ制限温度を越え、簡単な形式のものでは除湿機が停止し乾燥が中断されます。対策としては、凝縮器回路を切り換えて熱を室外に放出さすか、簡単な装置では排気孔を設けて熱気を排出させます。後者の方式は一般に手動なので排気孔を開けすぎて湿度調節を誤まるおそれがあります。

次に乾燥室の設計上の問題では、設備費の節約から、大型乾燥室に一基または、まれに二基の除湿機を設置し、棧積みを並列に2~4台ならべて送風すると言った形式が殆んどですが、一般的に言えば通過風量が少なく除湿機側の乾燥がおくれたり微の発生するものが多いようです。100石(28m<sup>3</sup>)の乾燥室で5HP程度の循環用送風機が必要でしょう。

最後に室内の温湿度の調節になりますが、元来この装置では除湿機のon-offを設定された湿度計の指示によって制御するか、ごく簡単な小型機では、除湿機の稼働時間と休止時間の割合を適当に選定するようになっています。従って室温は除湿

機の稼動時間と外気温、壁面の構造などによって二次的に決定されるため、冬期間は補助電熱機がないと低目になり、夏季は排熱しないと除湿機が短時間しか動かない事になります。価格は100石4万容で1,500万、ヒノキ角材を対象にした除湿量の小さいもので1,200万、壁面が木構造となれば900万ぐらいです。蒸気式乾燥室は同容量のもので2,500万程度になりますが、乾燥能力は1.5～2倍(表2参照)あります。

### 3. 除湿式乾燥室を使っている方へ

乾燥室を設置しましたらまず棧積み風上側の温湿度を別の乾湿球湿度計で測定し、機械に設置されている指示計との違いを明らかにしておく必要があります。この際に両者の測定時刻がずれると除湿機の稼動の有無で本質的な差が生じますから注意して下さい。装置によっては棧積みの風下側の、除湿機に風が吸い込まれる場所に感温湿度を置いてあるものも多いので、この時には棧積みの風上側より指示値が、温度はやや低目、湿度は高めになっていますから、風上側を基準にした他のスケジュールを参考にすることは多少ゆるやかにする必要があります。

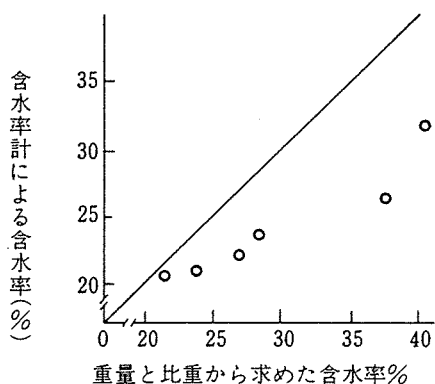


図4 乾燥途中の柱材の含水率計による誤差<sup>2)</sup>  
(高周波型による一例、ヒノキ4寸角)

次は棧積み部の風の流れを棒の先に付けた糸の靡き具合で調べ、棧積み側面の無駄に風の流れている場所には遮蔽板を置きます。仕上り時の含水率は風上側の乾燥のよい場所と風下側の乾燥の悪い場所とについて良く調べ、乾燥のおくれる場所

を確認しておきます。針葉樹材の乾燥時間は一般に短かすぎて仕上げ含水率は高く、これからの建築用材としての要求に応じかねるものが多いようです。また電気式含水率計は高周波型でも乾燥途中の材に対しては図4のように低くしか測定されません<sup>2)</sup>。これからの乾燥材の要求に対しては、ヒノキ10.5cm角材に対し7～10日、スギ12～16日は必要でしょう。

これとは逆に広葉樹材を乾燥している工場の中には電力消費量を余りにしないで可成り長い期間乾燥を続けている例もありますから、や々大型の装置には積算電力計を付けて消費電力を検討してみる必要があります。

機械の故障の殆んどはガス洩れと冷却部(蒸発器)のフィンの腐蝕で、特に南洋材や海水貯材を乾燥すると被害が多いようです。受水器に回収される水分量は、計算した値の70～80%しか得られません。原因は壁や戸からのリークと床面への吸湿です。除湿式乾燥室では低含水まで乾燥しにくい点と増湿装置が無いので乾燥末期の応力除去操作ができません。

### 4. 除湿式乾燥室の製造販売業者へ

木材乾燥室(装置)は他の木工機械と趣を異にして販売設置後の技術指導に重点が置かれ、木材乾燥技術の基礎と経験を必要とします。また試運転の結果を見るにも10～15日の日時を要します。このため、ごく小型の装置であれば経費の節約から極めて入念な手引書(マニュアル)を準備しておいて、一部始終が理解出来るようにしないと営業的に成り立ちません。こんなわけで他の機械の販売の片手間に乾燥室もやって見ようと言った考えは無理でしょう。

乾燥初期の室温上昇や末期の乾燥促進や経費の節約については色々の考え方や方法がありますが、除湿式乾燥室は外周の条件に逆らわないで条件の良い気候範囲の中で、やり易い材料をうまく乾燥させると言った機械なので、或る条件に合うように設計変更しますと他の材料や条件には都合が余り良くなく苦勞のしがいの無い機械とも言えます。

日本のように寒暖の差が季節的に大きく、北と南で平均温度の違う国では、どこへ持って行ってもうまく動くと言った機械は設計出来ません。

一番大切な事は木材乾燥に経験の少ない利用者に対し、目的の基準より甚だしく除湿能力や室内循環空気量の少ない装置を販売しますと後になって改造などの問題が生じますから特に注意して下さい。

R-12利用の高温可能な除湿式乾燥室についてはR-22と比較して同一馬力では除湿能力が低い

点や、装置全体の耐熱湿性を充分考慮したうえで具体化を進めていただきたいと思います。

61年11月26日

#### 参考資料

- 1 寺沢真：除湿乾燥における消費エネルギー、日本木材加工技術協会 第3回年次大会発表、1985、10月
- 2 富田守泰：低温除湿乾燥による檜柱材の含水率について、岐阜県木連情報、29号、1986、6月

## 4 スギ・ヒノキ柱材の乾燥

工業試験場工芸支場

迫田 忠 芳

## 1. はじめに

木材の乾燥過程における木材中に含まれている水分の移動は、外周の空気条件（風速、関係湿度）及び樹種によって大きく異なり、木材内部の水分傾斜の大きさとなって現れる。このため前年度は地場産広葉樹について乾燥途中の水分分布を中心に検討した。一般建築用材においても人工乾燥の必要性が高まっている折から、今年度は住宅用柱材のスギ（全乾比重0.33～0.37）とヒノキ（全乾比重0.38～0.42）について、温水利用の加熱減圧乾燥法と熱気加熱乾燥法により、乾燥途上の水分分布等を求め、乾燥性を検討した。

## 2. 実験方法

## 2-1 供試材料

用いたスギの原木は、宮崎県北郷町山林より伐出した末口径級15～18cm、長さ2mの材14本で、都城市内の木材企業より提供していた。これらの原木は12cm角（一般住宅柱の規格）に製材し、背割材（A）と背割りなし材（B）に仕分け、背割り材は丸鋸によって挽幅3mm、深さ6cmの背割りを入れて供試材とした。また、減圧乾燥及び熱気加熱乾燥における乾燥所要時間を検討するための試験材は、心材が淡い赤色の材と薄黒い色の材からA、B別に各1本、計4本を抽出し、長さ2mの材を120cmと75cmに木取った。120cmの材は減圧乾燥試験材、75cmの材は熱気加熱乾燥試験材とし、両木口面にはウレタン系シーリング剤を1回塗布して実験に供した。

ヒノキの供試材は都城市内の木材企業より提供していた長さ2m、10.5cm角の柱を使用した。減圧乾燥と熱気加熱乾燥における乾燥所要時間の検討に用いた試験材の長さは前述のスギと同一寸法とした。また、この場合の熱気加熱乾燥は実験を2回実施した。

## 2-2 乾燥条件

加熱減圧乾燥における加熱温度条件はスギ、ヒノキの両樹種共45℃の一定とし、減圧度は35～40mm

Hg、加熱時間は120分、減圧時間は120分を設定した。加熱工程における乾球温度と湿球温度の差はスギが3～5℃、ヒノキが3℃の一定とした。

熱気加熱乾燥条件は、スギの場合には、加熱温度を45～65℃、乾湿球温度差は3～18℃に設定した。ヒノキについては、1回目の乾燥試験における加熱温度は45～60℃、乾湿球温度差は4～8℃とした。また、2回目については条件を1回目より若干厳しくし、加熱温度は50～60℃、乾湿球温度差は3～15℃の範囲とした。

## 2-3 乾燥操作と測定方法

乾燥操作は減圧乾燥及び熱気加熱乾燥の両者共、昼夜連続運転で実施した。減圧乾燥途上の水分分布の測定は、スギ、ヒノキの両樹種共、予め決めていた供試材を減圧工程が終了した時点で随時取り出し、長さ方向に33cmの間隔で5cm長さの小試片を切り取る事により行った。それらの小試片はスギとヒノキの背割り材の場合には基準目状に30等分割し、スギの背割り無し材は25等分割する事により求めた。乾燥途上の含水率測定は、毎朝の減圧工程が終了した時点で実施した。また熱気加熱乾燥では原則として午前9時に1日1回行った。

## 3. 実験結果と考察

## 3-1 スギ柱材の乾燥

## 3-1-1 減圧乾燥経過

乾燥経過を図1に示す。乾燥開始時の赤心材（B）と黒心材（B）の間に含水率の大幅な開きがあった。312時間の乾燥における赤心材と黒心材の平均含水率の減少傾向を比較すると、初期含水率126%の赤心材（A）が乾燥終了時には20%であった。また、背割りの無い赤心材は93%から23%になっていた。一方、黒心材（A）は140%から52%、背割りの無い材は172%から70%であって、13日間経過後も生材に近い状態にあった。

含水率100%を超える生材の黒心材と赤心材の乾燥の進行状況の違いを含水率70%までの平均乾燥速度についてみると、背割り材(A)の場合には赤心材の1.24%/1日にに対し黒心材は7.8%/1日で、黒心材は赤心材よりも60%程度乾燥が遅くなっていた。しかしそれらの材も20%程度まで乾燥したときにはこの割合は更に大きくなり、黒心材の乾燥所要日数は赤心材の2倍を超える様になるものと思われる。なお、背割りの無い黒心材(B)の場合には初期含水率が異状に高かった事も関係し、70%までの平均乾燥速度は黒心の背割り材(A)とは同じであった。

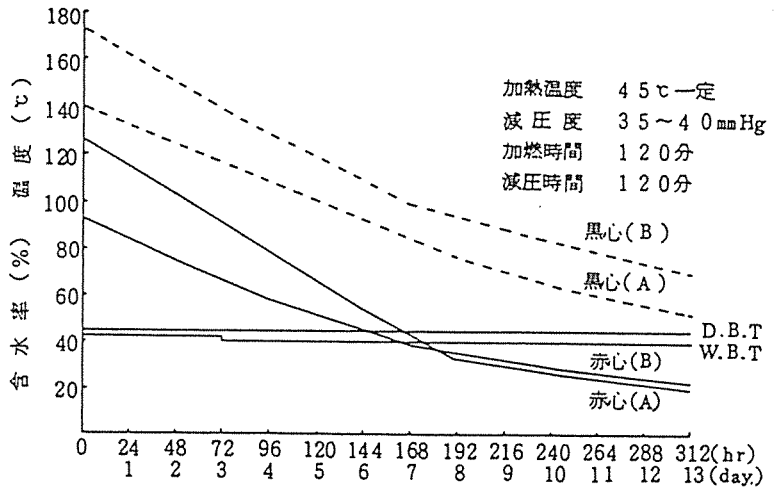


図1 スギの減圧乾燥経過

3-1-2 減圧乾燥過程における水分分布

乾燥開始後96時間経過の赤心材(A, B)の供試材長さ方向中央の水分分布を図2に示す。また図3には乾燥終了時の水分分布を示した。図2の乾燥途上に於ける水分分布の範囲は(A)の供試材が19~165%、(B)の供試材が20~180%であり、減圧乾燥と云えども96時間の乾燥経過では材中心部の水分移動は殆ど行われていない。なお供資材の(A)と(B)の間では(A)の水分傾斜が若干小さい。

19	29	42	28	44	22
24	74	128	117	160	53
26	80	76	123	165	51
25	54	157	95	137	36
22	27	34	29	29	20

平均 77%  
赤心 (A)

35	36	34	49	
29	66	73	68	43
65	180	127	63	32
24	155	159	67	41
20	28	43	34	53

平均 63%  
赤心 (B)

図2 スギの減圧乾燥96時間経過の水分分布

乾燥312時間後の水分分布(図3)は背割りした赤心材が13~46%、背割りの無い赤心材が14~75%の含水率範囲であった。また黒心材の場合には背割り材が14~164%、背割りの無い材が15~228%の含水率範囲で、312時間の減圧乾燥後においても、木材中心部の水分は殆ど移動していない。而も生材時の含水率は極めて高く人工乾燥は容易でないことがわかる。

13	14	14	15	16	14
12	15	16	14	16	15
14	20	40	46	30	14
14	22	44	43	26	15
13	15	16	16	15	14

平均 20%  
赤心 (A)

14	15	16	16	15
15	22	33	30	18
14	23	75	46	19
15	22	31	29	17
14	16	17	16	15

平均 23%  
赤心 (B)

減圧乾燥途上の長さ方向における水分分布を図4と図5に示す。この場合の心材の材色は淡い赤色の材が殆どであった。各断面全体の値を表す平均含水率の長さ方向の水分傾斜は図4では元口側がわずかに高かった。この場合元口と末口の心材率は元口が若干多く、含水率の減少割合は心材を含む割合によって多少変わると思われる。なお図5における元口と末口の心材率は殆ど同じであった。したがって水分傾斜もあまり変らなかった。

14	16	16	17	17	14
18	49	49	63	36	17
32	16	78	73	69	18
27	93	134	165	119	20
15	38	91	68	32	16

平均 52%  
黒心 (A)

15	19	20	18	16
20	86	156	96	21
26	163	172	212	32
23	151	228	135	25
16	21	31	23	16

平均 70%  
黒心 (B)

図3 スギの減圧乾燥終了時の水分分布

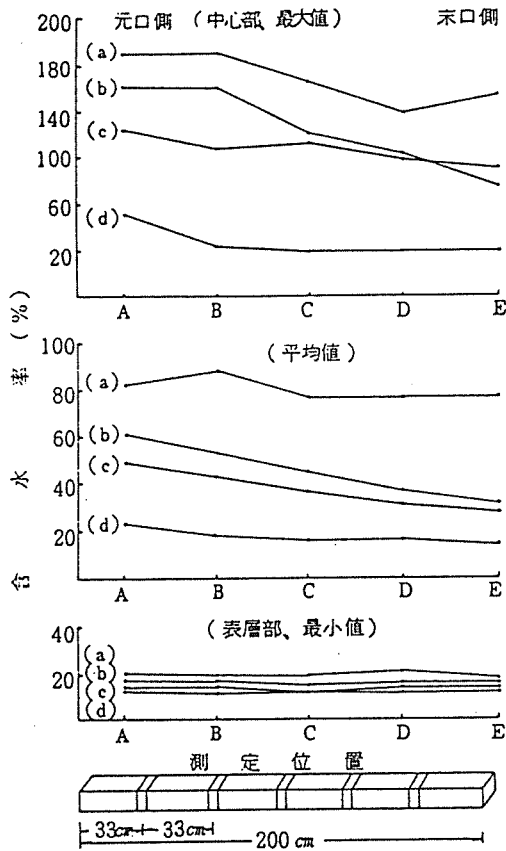


図4 減圧乾燥過程の水分分布(スキ背割り材)

材中心部における長さ方向の水分傾斜は、乾燥初期には図4及び図5の両者共大きかった。しかし乾燥が進行するに従ってその差は小さくなり、通気性の悪い材ではない事がわかった。

### 3-1-3 熱気加熱乾燥経過

乾燥初期の含水率は93~161%で、かなりの開きがあった。それらの材を45~65℃の乾球温度条件で乾燥したときの乾燥経過を図6に、また、乾燥終了時の木材内部の水分分布を図7に示す。この温度条件は乾燥に要した全日程(38日)の3/4に相当する期間(29日)の温度条件が現在急速に普及しつつある除湿乾燥の温度条件とほぼ一致するもので、赤心材の場合には27日で20%程度に乾燥している。このため、最終温度の65℃にて乾燥させる事なく、32日間(最終温度55℃)で目標の含水率に乾燥させる事が出来た。なお、黒心材の場合には初期含水率の高かった事もあるが、38日間の乾燥によって背割り

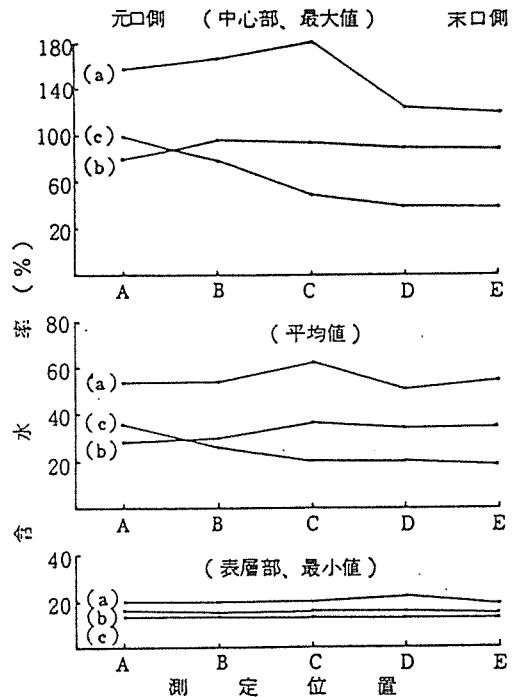


図5 減圧乾燥過程の水分分布(スキ背割りなし材)

材は108%から9%に、また背割りの無い材は161%から16%に乾燥する事が出来た。

背割りによる乾燥促進の効果は、これを含水率80%から20%まで乾燥したときの平均乾燥速度からみると、背割りした黒心材と背割りの無い黒心材及び赤心材は2.2~2.3%/1日でほぼ同じである。しかし背割りした赤心材は2.7%/1日で乾燥がやや促進されていた。この背割りの無い赤心材と背割りの無い黒心材の乾燥速度がほぼ同じであった事は、黒心材の黒心化の程度が顕著でなかった事によるものと思われる。一方、乾燥終了後の木材内部の水分分布からみると、背割り材の場合には黒心材と赤心材の差は見られず、両者共よく乾燥している。しかし背割りの無い材は赤心材の場合に於ても最大15%の水分分布の差があった。また、黒心材の場合には最大40%程の水分分布の差があった。これらの結果は背割りは単に柱材の割れの防止や割れの減少をさせるだけでなく、乾燥の促進はもとより、乾燥後の水分傾斜も小さくさせ、乾燥材の品質を向上させる事が出来ると云えよう。特に黒心材の場合にはその必要性が痛感される。

### 3-1-4 含水率測定器による測定結果

図4に示す減圧乾燥途上の木材の長さ方向の水分分



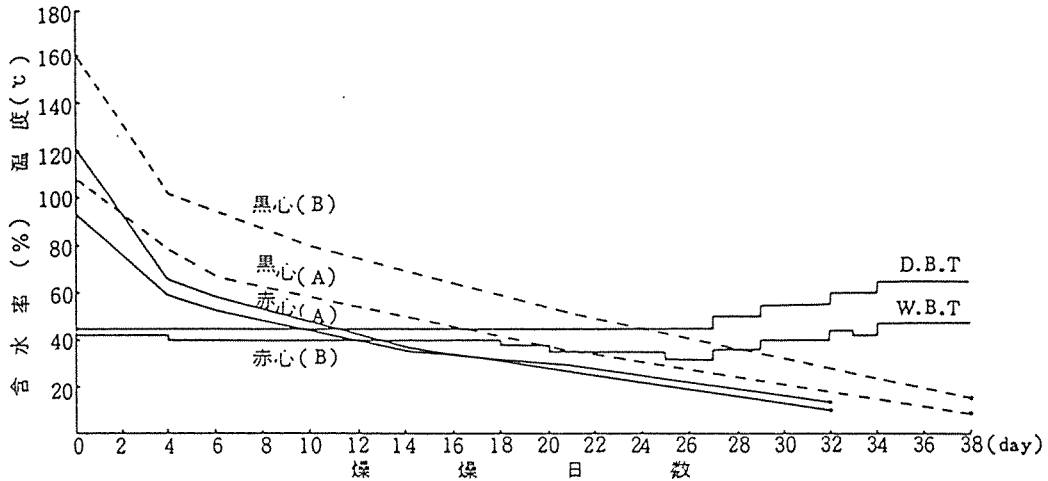


図6 スギの熱気加熱乾燥経過

表1 全乾法と水分測定器によるスギ柱材の含水率測定結果

測定時期 方法		9 6 時 間 後					乾 燥 終 了 後				
		位置					位置				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
全 乾 法	中心部最大値 (%)	160	161	119	107	78	53	25	21	20	20
	平均値 (%)	61	53	45	37	32	23	18	16	16	15
	表層部最小値 (%)	17	16	16	16	16	13	13	12	13	12
水分測定器 (%)		20以上	20以上	17	15	16	19	11	8	8	8

※ 水分測定器 高周波式、全乾比重=0.35に設定

8	9	8	8	8	8
10	12	11	10	9	8
10	15	14	12	11	9
10	14	15	14	11	9
8	10	10	10	9	8

平均 10%  
赤心 (A)

8	10	11	10	8
10	15	17	15	10
9	16	23	19	11
11	17	21	18	11
9	11	12	11	9

平均 13%  
赤心 (B)

7	7	7	7	7	7
7	9	8	8	10	8
8	11	10	10	12	8
8	11	12	12	11	8
8	9	9	9	8	7

平均 9%  
黒心 (A)

8	11	11	9	8
12	22	22	15	9
14	31	47	22	10
11	22	27	19	12
9	12	13	11	9

平均 16%  
黒心 (B)

図7 スギの熱気加熱乾燥終了時の水分分布

測定時に於て、同一位置の含水率を水分計により併せ測定した。また乾燥終了時の材についても同様に行った。測定には高周波式的水分計を用い、背割り反対側の面で行った。それらの結果は表1に示す如くで、全乾法は測定位置を30等分割したときの木材各層の水分分布の最大値と最小値、及びその部分全体の含水率を示す平均値と対比して表した。

この結果によると、水分計による測定値は、乾燥過程と乾燥終了時の両者共、全乾法で求めた木材各層の含水率の最小値(表層部)に近い値を示している。しかし、内層部との間にはかなりの差があり、乾燥途上の水分傾斜が大きな材程その差が大きく現れている。この様な事から、材中心部の含水率が20%程度の乾燥材を考えたとき、高周波式的水分計でその乾燥状態を把握するには、10%以下になっている事が必要である。また、10%以下の値を示す迄乾燥させる事が大切であると思われる。

### 3-2 ヒノキ柱材の乾燥

#### 3-2-1 減圧乾燥経過

加熱温度を45℃の一定にして乾燥したときの乾燥経過は図8に示すとおりである。試験材は製材直後でありながら初期含水率は37%と40%で、低い含水率であった。192時間で乾燥を終了したが、その時点での含水率は19%と20%であった。この含水率減少を平均乾燥速度として求めると概ね2.4%/1日になり、これを他の乾燥法と比較した場合、ヒノキの減圧乾燥は適当とは云えない。

### 3-2-2 減圧乾燥過程における水分分布

乾燥終了時に供試材の長さ方向中央部から切り取った小試片を30等分割し、得た水分分布を図9に示す。平均含水率は19%で水分傾斜は13~24%の範囲で比較的小さかった。

減圧乾燥過程における長さ方向の水分分布は図10に示す。樹種の通気性の分類によると、ヒノキの通気性は悪い方に分類されている。このため長さ方向の水分傾斜は大きいのではないかと予測されていた。しかし乾燥初期(48時間後)の材中心部における長さ方向の水分傾斜は28~32%の範囲内で小さいものであった。またその後においても小さな値であり、これは初期含水率にも一部起因している事も推察されるが、ヒノキの人工乾燥は難しい樹種ではないと云える。

### 3-2-3 減圧乾燥過程における背割り材の変形

柱材の殆どは4面の内の1面に材中心部まで及ぶ溝幅3mm程度の背割りを入れる。これは他の3面の表面割れの防止と狂いを抑制し、乾燥の促進を図るために行うもので、それでもムリな人工乾燥を行うなどすると背割りが異常に開き、収縮も大きくなって、予定通りの寸法に仕上がらない場合がある。この背割りの変形状況を知るため、減圧乾燥途上の試験材中央部における背割り側と反対側の柱幅(a, b)を測定し、乾燥開始前の値との関係を求めた。その結果を図11に示す。乾燥終了時における背割り側の広がり(%)は0.4%、

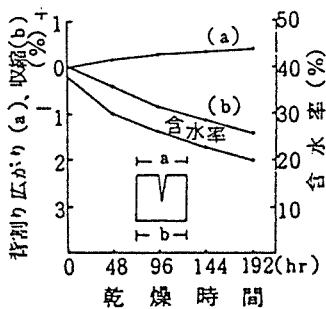


図11 減圧乾燥過程のヒノキ背割り材の変形

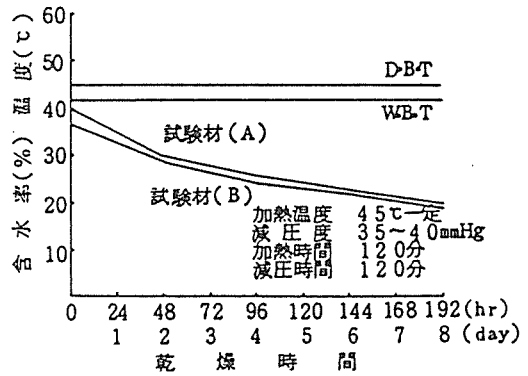


図8 ヒノキの減圧乾燥経過

13	16	15	16	17	13
18	21	16	17	22	19
21	22	18	19	24	20
21	23	21	23	24	20
18	21	22	19	19	15

平均 19%

図9 ヒノキの減圧終了時の水分分布

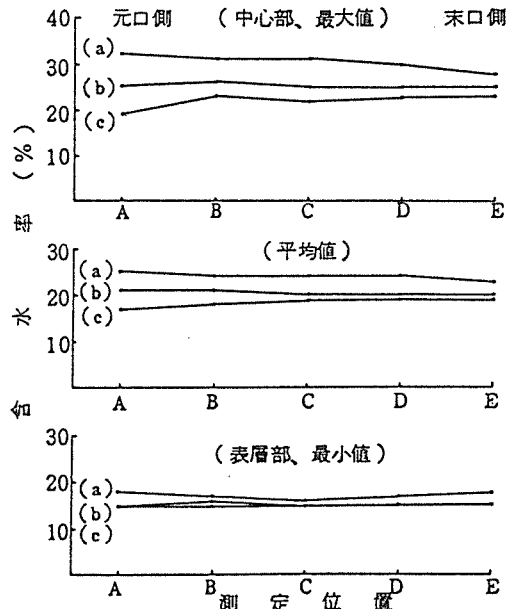


図10 ヒノキの減圧乾燥過程の水分分布

その反対面の収縮率は1.4%で、両者の差は1.8%であった。乾燥終了時の含水率が19%であったことを考慮に入ると、最終的には、両者の開きは2%を超えるものと思われる。

### 3-2-4 熱気加熱乾燥経過

ヒノキの熱気加熱乾燥は2種類の温度条件を設定し、実施した。図12は1回目の乾燥経過で、図13に乾

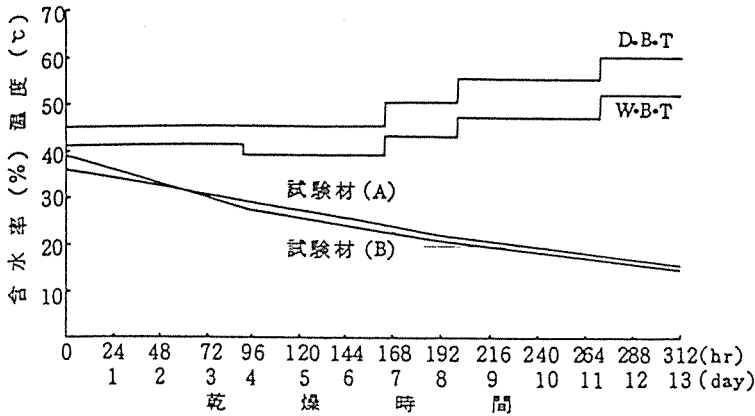


図12 ヒノキの熱気加熱乾燥経過(1回目)

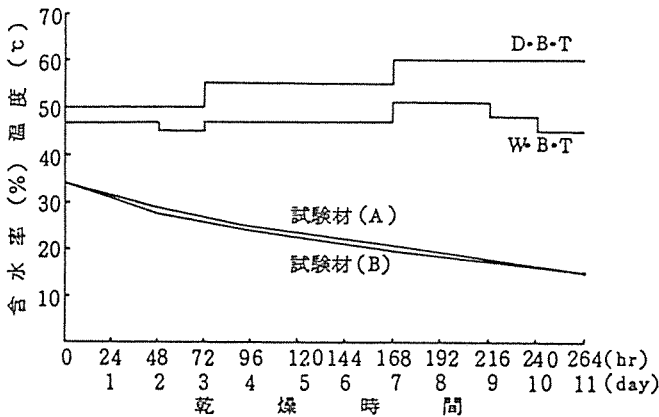


図14 ヒノキの熱気加熱乾燥経過(2回目)

乾燥終了時の水分分布を示した。試験材の初期含水率は3.6%と3.9%で、製材直後としては低含水率であった。乾燥温度条件は45~60°Cの範囲で、312時間乾燥後の含水率は1.5%と1.6%であった。また図14は2回目の乾燥経過で、乾燥終了時の水分分布は図15に示した。このときの初期含水率は1回目よりやや低く3.4%であった。264時間で1.5%の含水率に乾燥する事が出来た。

初期温度条件を変えた両者の乾燥所要時間を比較すると、2回目の乾燥が約24時間短縮された事になる。しかしながら、両者の乾燥速度でこれを比較すると何れも1.7%/1日になり、両者は変わらない。また、乾燥終了時の水分分布は前者が1.1~2.2%、後者が1.2~2.1%であり、両者の差は見られない。

図16に背割り材の変形状況として、背割り側の広がりや反対面の収縮率の経時変化経過を示した。この結果によると背割り側の広がりや反対面の収縮率の値が

11	15	12	12	14	12
15	17	14	14	17	13
17	19	16	17	19	14
17	21	22	21	20	15
12	19	22	19	17	12

平均 1.6%

図13 ヒノキの熱気加熱乾燥終了時の水分分布(1回目)

12	13	12	11	12	12
13	16	14	14	17	13
15	19	17	16	19	14
14	21	21	20	19	14
13	15	15	15	14	13

平均 1.5%

図15 ヒノキの熱気加熱乾燥終了時の水分分布(2回目)

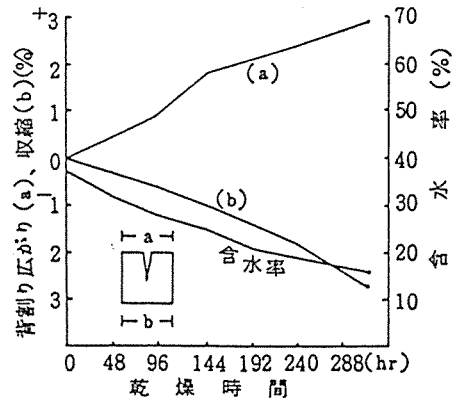


図16 熱気加熱乾燥過程のヒノキ背割り材の変形

ほとんど同一であり、乾燥終了時の両者の開きは5.6%程度になっていた。

### 3-2-5 減圧乾燥と熱気加熱乾燥結果の比較

2つの乾燥法にもとづく乾燥所要時間は、初期含水率と乾燥終了時の含水率によって若干の差があった。このため、含水率20%までの平均乾燥速度で比較すると、減圧乾燥が2.4%/1日であるのに対し、熱気加熱乾燥は1.9%/1日で、減圧乾燥がほんの僅かに

速かった。一方、背割り側の広がりや反対面の収縮は熱気加熱乾燥の方が著しく大きかった。しかし一般に云われる気乾迄の収縮率3.5%と比較すると、背割り側と反対面の収縮率の大きさはほぼ同じである。したがって、乾燥所要時間や設備費等を考慮すると、減圧乾燥法よりも熱気加熱乾燥法を採用した方が良いと思われる。

#### 4. おわりに

スギ(12cm角)とヒノキ(10.5cm角)の心持ち柱材について加熱減圧乾燥及び熱気加熱乾燥を実施し、夫々の乾燥速度や乾燥途上の水分分布等を求め、乾燥性を検討した。ヒノキについては減圧乾燥と熱気加熱乾燥の乾燥所要時間と狂いについて比較出来たが、スギについては乾燥終了時の含水率に大きな開きがあったので省略した。これらの結果を要約すると次のとおりである。

1) 加熱減圧乾燥法によるスギの乾燥結果は、312時間(13日間)の乾燥によって赤心の背割り材が12.6%から20%、背割りの無い材が9.3%から23%であった。また、黒心の背割り材は14.0%から52%で、背割りの無い材は17.2%から70%であった。赤心材と黒心材の生材時の乾燥速度比は概ね2:1になるとみられる。乾燥が進行するとこの差は更に開くものと思われる。

2) 背割りは乾燥を促進する上に木材内部の水分傾斜を小さくし易い。

3) 黒心材は312時間の減圧乾燥後においても水分傾斜が極めて大きく、背割り材の場合には最大150%の分布差があった。また、背割りの無い材の場合には213%で、背割りの無い黒心材の乾燥は非常に困難である事が認められた。

4) 減圧乾燥過程のスギの長さ方向の水分分布は乾燥初期に材中心部でやゝ大きな値を示すものがあった。しかしその後は乾燥が進行するに従って、その値は小さくなり通気性の悪い樹種でないことが認められた。

5) 熱気加熱乾燥法によるスギの乾燥結果は、32

日間の乾燥によって赤心の背割り材が120%から10%、背割りの無い材が94%から13%であった。また、黒心の背割り材は38日間の乾燥で108%から9%に、背割りの無い材は161%から16%であった。

6) スギ柱材は熱気加熱乾燥においても背割りを実施した方が乾燥が速く、水分傾斜も小さい。

7) 背割りの無い黒心のスギは38日間の熱気加熱乾燥後も8~47%の水分分布範囲にあり、乾燥が容易でなかった。

8) 高周波式の水分測定器を用い、スギ柱材等の含水率を確認する場合、材中心部の含水率が20%程度以下になっていることと仮定したとき、その測定値は10%以下になっている必要がある。

9) 加熱減圧乾燥によるヒノキ柱の含水率減少割合は1日約2.4%であった。したがって他の乾燥法(熱気加熱乾燥等)と比較した場合、設備費等を考慮すると適当とは云えない。

10) 減圧乾燥途上におけるヒノキ柱の水分傾斜(縦継方向)はあまり大きいものではなかった。したがって同材は人工乾燥の難しい樹種ではない。

11) 減圧乾燥に於けるヒノキ柱の背割り側の広がりや反対面の収縮率は1.4%で、両者共極めて小さな値であった。

12) 熱気加熱乾燥に於けるヒノキ柱の温度条件は、45°C~60°Cと50°C~60°Cの2者について検討したが、乾燥速度や乾燥終了後の木材内部の水分分布の状況からみて、両者の間における明確な差は見られなかった。また、ひび割れ等の損傷も両者殆どなかった。

13) 熱気加熱乾燥に於けるヒノキ柱の背割り側の広がりや反対面の収縮率は最大2.9%であった。また、反対面の収縮率は最大2.7%であり、両者の差は5.6%の大きさになった。しかし、一般的に云われる気乾までのヒノキの収縮率3.5%に比べると、背割りと反対面の収縮率はほぼ正常と思われる。

# 5 針葉樹木材の乾燥 乾燥特性と寸法変化について

農林水産省 林業試験場

齋藤 周逸

## 【はじめに】

近年、建築用針葉樹材の乾燥に対する関心が、関連業界の間で著しく高まっている。以前に比べ工期の短くなった一般住宅の建築部材に、生材同様の未乾燥材を使用すると、その材が乾燥して行く過程で寸法の日減り、割れ、反り等が生じ、ユーザーからのクレームの一因となっている。未乾燥材を使用することはユーザーに木造住宅に対する信頼感の低下を招き、木材需要の拡大にも影響を及ぼしかねない。しかし、技術的には、はり、けた、柱角等の乾燥は必ずしも容易でなく、これら構造用木材の乾燥処理は、工業材料としての木材の流通合理化、品質管理等を推進していくうえでの最大のポイントといえる。

ここでは、国産針葉樹を代表するスギとヒノキの12cm角について、現在製材工場等で件及しつつある除湿乾燥を想定した場合の適正スケジュール、乾燥日数、寸法の変化等の検討結果について報告する。

## 【試験方法】

試験材はスギ、ヒノキとも一般の流通市場（茨城県）で販売されている背割り入り、特等の12cm角である。長さは1mとし、両木口をコーティングした。図1、2のようなスケジュールにしたがって試験を行い、各面の寸法変化および割れを測定した。そして、乾燥後の試験材を恒温恒湿室（DBT=20±2℃，RH=45±5%、75±5%、90±5%）の各部屋に放置して、乾燥材の環境による寸法の変化について測定した。また、高州波型含水率計（DELTA-5）の性能についても検討した。

## 【試験結果】

図1、2はスギとヒノキの乾燥経過である。これからみると、割れの発生をJAS特等材程度におさえ、除湿乾燥法で生材から全乾法含水率20%に仕上げるのには、現在のところスギで約30日、ヒノキで約14日かかることになる。しかし、今後スケジュールをさらに検討することにより、ヒノキでは3～4日の時間短縮が可能のように思われる。また、スギの場合、図1からも判るように初期

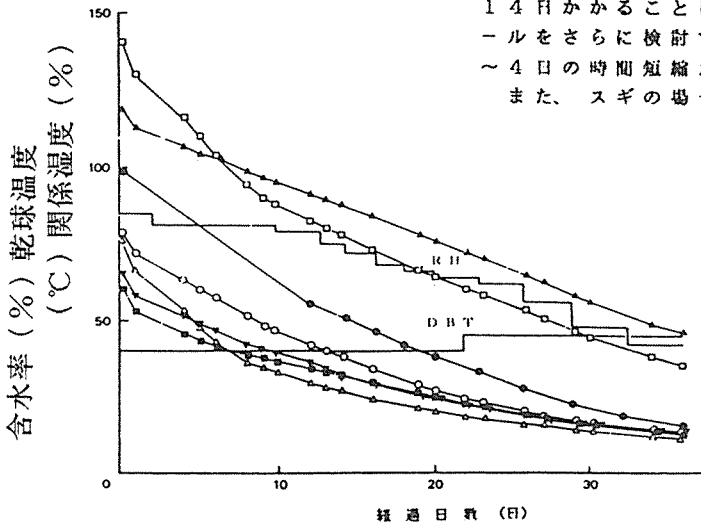


図1 除湿乾燥におけるスギ角材の乾燥経過

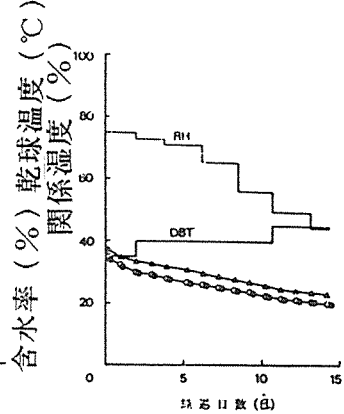


図2 除湿乾燥におけるヒノキ角材の乾燥経過

日本木材加工技術協会第6回年次大会講演要旨集（1988）

含水率が100%未潤の材については、スケジュールによつては約25日で仕上がる可能性がある。したがって、スギで初期含水率が高い材は、天然乾燥、葉枯らし等の前処理を行うことも時間短縮の一つの方向と考えられる。

材面の収縮および背割りの開きについては図3、4のとおり、スギ、ヒノキとも材の平均含水率が30%、いわゆる繊維飽和点付近で収縮および背割りの幅が大きくなることがわかる。ただし、スギの黒心材についてはこの傾向がみられず、高含水率域からでも徐々に収縮していく。また、図5(左)のように全体の平均含水率が20%以下になると材の中心部分も繊維飽和点以下となり、ヘアークラック程度の細かい割れは消えるものもある。

乾燥終了後に恒温恒湿室(DBT=20±2℃, RH=45±5%, 75±5%, 90±5%)に試験材を放置し、ほぼ平衡状態になったときの各面の幅を測定したところ、幅方向の寸法は表1のように変化し、また、背割りのある面とない面では逆方向の動きがみられた。

高周波型含水率計を用い、メーカー指定のダイヤル表示に合わせて12cm角の含水率を測定した。図6から、スギ12cm角では全乾法より過小な値が出る事がわかる。現在の含水率計の性能では、スギ12cm角の含水率計による含水率25%の値は、全乾法含水率で30-50%の範囲に相当した。

一方、ヒノキ12cm角の場合は含水率20%の付近では近い値がでるが、それ以上では含水率計の値は全乾法の値よりやや高めになった。

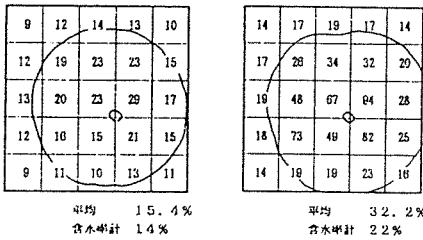


図5 全乾法による含水率の分布(スギ)

表1 乾燥材の寸法変化(スギ)

	生材時	RH=45±5%	RH=75±5%
背割りのない面	122.3mm	118.5mm	119.2mm
背割りのある面	121.9mm	124.6mm	124.0mm
背割り幅	2.2mm	8.4mm	7.3mm

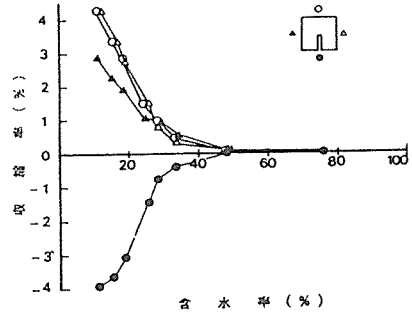


図3 除湿乾燥時の収縮経過(スギ)

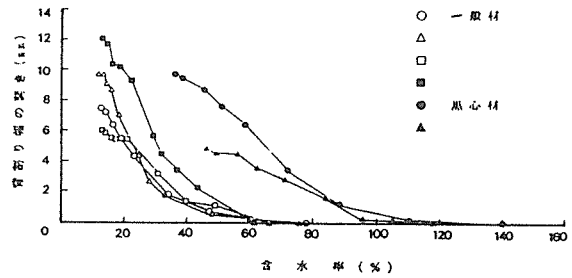


図4 除湿乾燥時の背割りの開き(スギ)

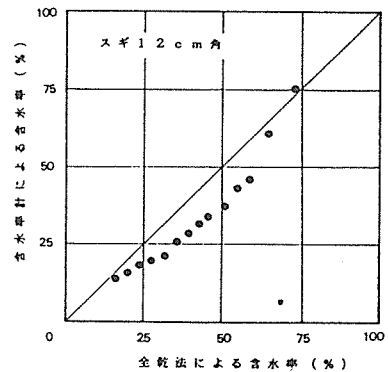


図6 全乾法含水率と含水率計表示値との比較

## 6 スギ・ヒノキ柱材の乾燥方式と所要経費

日本木材加工技術協会第5回年次大会講演要旨集(1987)

農林水産省林業試験場 ○久田卓興, 斉藤周逸

近年, 建築用針葉樹材も乾燥して使用すべきだとの認識が広まりつつあることは大変喜ばしい事であるが, 構造用材のスギ, ヒノキ心持ち柱材は従来あまり人工乾燥する習慣がなかったため, ユーザーの要求があっても実際には市場で乾燥材を入手することは困難な状況にある。この原因は乾燥にはある程度経費がかかるにもかかわらず, 材の取引においては乾燥経費が上積みされないこと, 乾燥により材の等級が低下するおそれがあることなどによるものと思われる。したがって, 乾燥材の普及のためには乾燥に関する正しい知識の普及がまず肝要と思われる。しかし, スギ, ヒノキ心持ち柱材の乾燥に関して, ヒノキは現在ある程度実務レベルで乾燥が行われてはいるものの, 実験結果の報告が少なく, 適正な乾燥方式, 乾燥スケジュール, 乾燥経費, 乾燥材の品質などは不明な点が多い。ここでは現在までに得られた情報に基づいて, いくつかの乾燥方式について特徴と所要経費の検討を行った。

### 1. 乾燥日数と仕上り品質

心持ち柱材(12cm角)を各種の乾燥方式で乾燥した場合の結果を表1に示した。天然乾燥材はいずれも割れの発生が著しく, これを避けるには製材後の一定時期乾燥速度を特別に遅らせるような処置が必要である。

スギは乾燥後の品等が1等になるような条件を目標としたが, 実験回数が限られているため, 得られた日数はまだ不確定で, 今後の研究によってはこれより短縮できる可能性がある。しかし, スギは背割りをしても材面割れを完全におさえることはかなり困難で, 特等材を得ようとすればこれより相当長時間の乾燥を余儀なくされる。一方, 無背割り材の場合は, いずれも大きな割れが発生する。したがって考え方を変えれば, 無背割り材で割れを容認できるような用途に対しては, これより大幅に短かい時間で乾燥することも可能と言えよう。天然乾燥材や割れの著しい無背割り材は, 乾燥に伴う外形の変化が背割り材よりも小さいため, 用途によっては有利な1面もある。これに対し背割り材を割れ少なく乾燥する場合は, 背割りの開きによる変形を再製材により修正する必要がある。

ヒノキは品等が特等となるような条件を目標とした。また, 材色変化を抑えるため蒸気式においても低めの45~55℃の温度を用いた。背割り材はどの乾燥方式においても割れを少なく乾燥できるが, スギと同じくやはり使用に際しては再製材が必要である。そこで無背割り材を割れ少なく乾燥する実験を試みたところ, ヒノキでは図1のス

表1 心持ち柱材(12cm角)の乾燥日数と仕上り品質

乾燥方式	背割り	スギ			ヒノキ		
		生→35%	生→20%	生→15%	生→25%	生→20%	生→15%
天然	有	60 C	150 C		20 D	40 D	
	無	60 D	150 D		20 D	40 D	
除湿	有	21 A	32 A		(9 A)	(12 A)	
	無	(23 D)	(35 D)		(12 A)	(18 A)	
蒸気	有	12 B	19 B	20 B	(7 A)	(9 A)	(13 A)
	無	13 D	20 D	23 D	10 A	15 A	21 A
高周波減圧	有	5 B	7 B	9 B	2 A	3 A	4 A
	無	6 D	8 D	10 D	2.5 D	3.5 D	5 D

数字は乾燥日数(日), 記号は仕上り品質(A~D)

A: JAS特等, B: 1等, C: 2等, D: 等外

( )は推測値, 生材含水率はスギ100%, ヒノキ35%

スケジュールで割れなく乾燥することが可能であった。この場合の寸法変化は含水率20%において約1%と非常に少なく、乾燥日数は長いものの再製材を含めた総合的な経費および品質、デザイン面で大きなメリットが期待できる。

## 2. 乾燥所要経費

前記の実験結果から、各乾燥方式別に予想される標準的な乾燥日数を求め、これを基に乾燥所要経費を試算した。規模は除湿式、蒸気式では通称50石(14m<sup>3</sup>)入り2室、高周波減圧式では1室である。ただし、ここでは除湿式、蒸気式の実収容材積を12cm角で19m<sup>3</sup>としている。

直接費には電気、燃料、水、消耗品が、また人件費には操作員、ボイラマン、棧積み作業員の給与が含まれている。設備費は直接的な設備のみを7年償却で、維持費を含めて計算した。

表2から、スギで材面の品質状態を重視するものは背割りを施し、除湿乾燥によるのが最も経済的と思われる。割れや材色をあまり問題にしない場合は、重油ボイラによる蒸気式が、また大規模工場では木屑ボイラによる蒸気式が適していると思われる。

表3から、ヒノキでは一般的には除湿式が経費および材色の点で適しているが、場合によっては蒸気式や高周波減圧式も考えられる。

高周波減圧式は電気消費に関して特に慎重な計算が必要で、乾燥初期の限られた時期に使うなど利用法に工夫が必要と思われる。

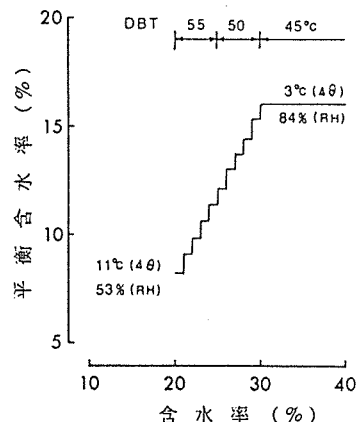


図1 ヒノキ無背割り材の乾燥スケジュール

表2 スギ心持柱材(12cm角)の乾燥所要経費

乾燥方式	含水率範囲 (%)	乾燥日数 (日)	月産 (m <sup>3</sup> )	乾燥経費 (円/m <sup>3</sup> )			
				直接費	人件費	設備費	計
除湿 (35-45°C)	100-35	18	63	4,100	2,500	3,500	10,100
	100-20	28	41	6,400	3,300	5,400	15,100
蒸気 <sup>1)</sup> (60-70°C)	100-35	12	95	4,000	2,000	2,900	8,900
	100-20	19	60	6,200	2,600	4,600	13,400
蒸気 <sup>2)</sup> (60-70°C)	100-35	12	95	2,600	4,800	3,300	10,700
	100-20	19	60	4,200	6,800	5,300	16,300
高周波減圧	100-35	5	83	13,700	1,800	6,500	22,000
	100-20	7	60	17,400	2,200	9,200	28,800

背割り材、仕上り品質 JAS 1等

1) 燃料、重油、貫流ボイラ使用 2) 燃料、木屑

表3 ヒノキ心持柱材(12cm角)の乾燥所要経費

乾燥方式	含水率範囲 (%)	背割り	乾燥日数 (日)	月産 (m <sup>3</sup> )	乾燥経費 (円/m <sup>3</sup> )			
					直接費	人件費	設備費	計
除湿 (35-45°C)	35-25	有	9	127	1,400	1,800	1,700	4,900
	35-20	有	12	95	1,800	2,000	2,300	6,100
	35-20	無	18	63	2,700	2,500	3,400	8,600
蒸気 <sup>1)</sup> (45-55°C)	35-25	有	7	163	1,900	1,600	1,700	5,200
	35-20	有	9	127	2,400	1,800	2,200	6,400
	35-20	無	15	76	4,100	2,200	3,700	10,000
高周波減圧	35-25	有	2	209	2,800	1,200	2,600	6,600
	35-20	有	3	139	4,500	1,400	3,900	9,800

仕上り品質 JAS 特等

1) 燃料、重油、貫流ボイラ使用



# 7 除湿乾燥における消費動力と熱収支

日本電化工機(株) 川玉 牧夫

木材乾燥における針葉樹の乾燥は、従来めこなわれていた集成材、家具用材以外の建築用材の乾燥が要求が近年急激に高くなっているが、乾燥コストが製品価格に上乗せできないこと。これら工場に乾燥専門技術者が不在であることから、設備費が安く、操作が容易である除湿式乾燥室の設置が増えている。しかし、除湿乾燥がめこなわれてから歴史が浅いことと、乾燥装置メーカーならびに設置した工場が木材乾燥に関して不認識であることから、適確な資料が採られず、データ不足であるのが現状である。そのため、最近向題実が読出している。ここに、除湿乾燥結果を発表し、今後の研究課題の参考になれば幸である。

除湿式乾燥室の型式は、除湿ユニット、コンプレッサを一体のケースに内蔵している一体型と、分離して設置する分離型があり、乾燥室内の風の循環方式にて異なり、一体型は一定方向の片循環型式で、分離型は風向の換えをめこなう両循環型式であり、この結果は、後者型式によるものである。

表-1は乾燥開始時に除湿機のヒートポンプ(外気導入)にて、温度上昇めこなった場合の使用動力と理論計算値によるヒートポンプ効率(成績係数)である。除湿機のヒートポンプによる温度上昇は、分離型による利点であり、電気ヒーターにて温度上昇させるより、

表-1 除湿機のヒートポンプによる温度上昇  
(温度上昇 16.6°C)

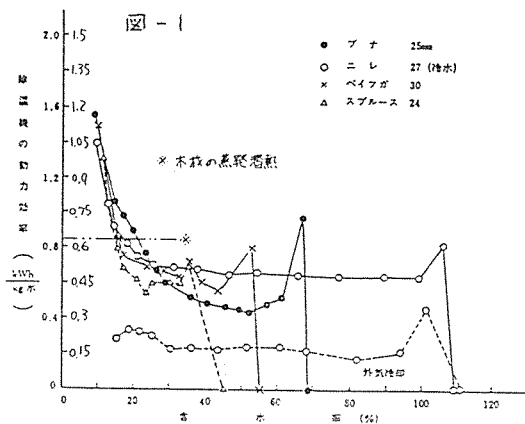
木材の加熱	36,105 kcal	除湿機使用全動力	44.2 kWh
水分の加熱	43,575	熱量換算値	38,012 kcal
炉体・装置の加熱	29,229	成績係数	108,909 / 38,012
合計	108,909		= 2.865 ≈ 2.9

条件：外気温度 13°C、木材含水率 40%  
ブナ 13 m<sup>3</sup>

126.64 kWh  
の動力が必要になる。

図-1は、除湿機にて乾燥水分1kg除湿するに要する除湿機の動力を

求めたものであり、枚種、初期含水率に関係無く、含水率20%までは、略一定の値を示し、20%以下になると、急激に使用動力が上昇し、含水率17%以下の乾燥では、除湿機を用いて乾燥する有意味がなくなる。動力効率の右側数字は、乾燥した含水率による乾燥水分量による値を示し、除湿機にて除湿する水分量は、乾燥水分量の約25%であり、約25%は、炉体、扉等の隙間、炉体、床に露点を結び、流出して



いる。

表-2 除湿式乾燥室乾燥結果

項目													
樹種	ヒノキ	ヒノキ	ヒノキ	ヒノキ	ベインガ	スプ ルース	ブナ	ブナ	ハルニレ		カンボジ アバイン	カンボジ アバイン	
板厚(mm)	128x128	46	37	37	30	24	25	25	27		18	18	
乾燥材積(m³)	21 - 22	30	28	28	16	12	13	13	33		22	22	
(含水率)													
初期(%)	45 - 60	33 - 76	23 - 51	30 - 40	49 - 55	40 - 50	34 - 45	67 - 80	94 - 126		50 - 60	25 - 40	
仕上(%)	26 - 36	6 - 13	7 - 14	8 - 14	12 - 15	8 - 12	8 - 10	9 - 11	7 - 12		7 - 12	9 - 15	
(温度)													
乾燥室(℃)	30 - 40	35 - 45	35 - 50	35 - 47	35 - 47	40 - 50	36 - 50	35 - 48	35 - 50		30 - 45	35 - 45	
外気(℃)	16 - 30	3 - 15	7 - 12	6 - 13	18 - 25	18 - 22	6 - 19	3 - 15	-5 - 5		7 - 12	10 - 16	
乾燥時間(H)	80 - 115	214	173	220	150	100	239	360	380		210	160	
(使用動力)													
除湿機(KWH)	364 - 696	2,553	1,841.4	2,096.8	932	905	1,660	2,738	6,405				
ファン(KWH)	190 - 347				283	246	564	890	1,014				
ヒーター(KWH)	0 - 49				548	972	974	1,624	-蒸気-				
ファン、ヒーター		1,805	1,380.6	1,692.4									
合計(KWH)	554 - 1,092	4,358	3,222	3,789.2	1,763.0	2,123.0	3,198.0	5,253	7,419		6,337.8	3,802.7	
(電気料金 ¥21/KWH)	11,634												
合計(円)	- 22,932	91,518	67,662	79,574	37,023	44,583	67,158	110,313	155,799		133,094	79,857	
乾燥コスト(¥/m³)	529 - 1,043	3,051	2,417	2,842	2,314	3,716	5,166	8,486	4,722		6,050	3,630	

表-2は、枚種別の乾燥による使用動力ならびに乾燥コストであり、仕上り含水率が低く、乾燥時間の短縮を考慮して強制的に温度上昇させると、補助熱源に使用した電気ヒーターは、全容量の30~45%になる。

表-3 除湿乾燥における熱収支

材種：ブナ 板厚：25mm 乾燥温度：35~50℃  
外気温度：3~15℃

	乾燥								合計			
	初期 - 20%				20% - 仕上							
	実行	結果	計算	効率	実行	結果	計算	効率	実行	結果	計算	効率
	KWH	Kcal	Kcal	%	KWH	Kcal	Kcal	%	KWH	Kcal	Kcal	%
74%	3,650	3,139.0	3,862.9	81.3	1,803	1,378.58	1,394.1	98.9	5,253	4,517.58	5,257.0	85.9
43%	1,585	1,345.9	2,279.0	59.1	1,634	1,405.24	1,244.1	113.0	3,199	2,751.14	3,523.1	78.1

※ 計算値、実行結果共、温度上昇に要する熱量の値です。

の乾燥であり、20%までの効率が悪くなっているが、含水率20%までの効率は60~70%、20%以下は100~113%である

以上の結果から、除湿乾燥は含水率20%までの乾燥に良い結果が出ており、20%以下の乾燥には、効率が悪くなっており、低含水率(15%以下)まで乾燥する場合は、電気ヒーターを用いるより、他熱源利用方式を採用すべきである。また、従来設置されている除湿乾燥室は、除湿機能力まかせであって、乾燥スケジュールの問題に由来しているため、乾燥時間の短縮は期待できないが、乾燥時間と乾燥枚の歩留りを重視するのであれば、適正乾燥スケジュールの作成と、その乾燥スケジュール条件の作成し得る機能加付である。

表-3は、ブナ25mm材にて、初期含水率74%と43%の枚を乾燥した場合の実測使用動力量と、理論計算による熱量と、含水率20%までと、20%以下に分けて比較した結果である。含水率73%の乾燥は、設置後1回目の

【はじめに】

現在、防腐処理のために行われているインサイジング処理を、心持ち柱材の乾燥における割れ、および断面の変形防止の目的で適用し、大壁工法のように外見上見えない構造材に使用すると仮定して、その乾燥性および通常の背割り材との寸法変化の比較を試みた。

【試験方法】

断面寸法12cm×12cmで長さ90cmのスギ心持ち柱材（両木口コーティング）を、次の3条件（① インサイジング処理、背割りなし。② インサイジング処理、背割りあり。③ 通常の背割りのみ。）で乾燥した。乾燥条件は除湿乾燥を想定し、乾球温度35-45℃、関係湿度85-85%とした。インサイジング処理に関してはオイスター型の刃を用い処理密度を3500（点/㎡）とし、柱材の4材面に深さ1cmで直角に打ちつけた。

【結 果】

除湿乾燥を想定した乾燥スケジュールにおける乾燥時間は①、③ともほぼ同じで、インサイジング処理をしたことによる乾燥促進効果はあまり顕著でなかった。幅方向の寸法の変化については、通常の背割り材では十分な乾燥を行うと図1のように背割りが両側を開き、乾燥後、もう1度ひき直す必要が生じる。一方、インサイジング処理、無背割り材では、図2のように4面すべてが同じような収縮経過をなし、乾燥終了後も断面の形の変化が少ない。収縮量も全体的に少なかった。また、インサイジング材の割れに関しては、インサイジングの幅や長さが多少増大するのみで無処理の心持ち材に見られるような大きな割れは生じなかった。

したがって、今後、強度的な検討の必要はあるが、大壁工法やプレカット部材などの見え隠れ部材への用途に有望と思われる。また、このような使用条件では材色の変化は問題ないと思われるので、さらに高温域での乾燥による乾燥時間の短縮について検討する予定である。

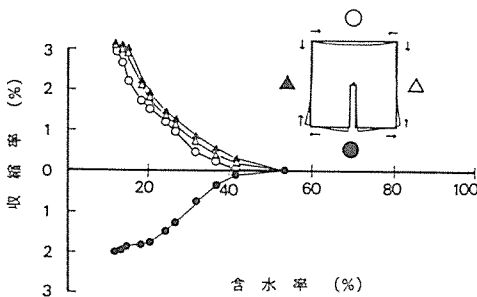


図1 背割り材の収縮経過

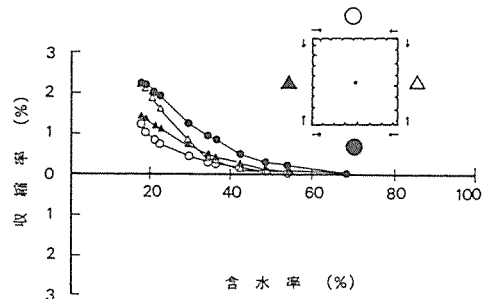


図2 インサイジング処理材の収縮経過

## 9 乾燥スケジュールと脱脂乾燥

林産試だより，特集木材乾燥，  
6～9，20～21（1984-8）

信田 聡

### 1 乾燥スケジュール

#### ○乾燥スケジュールとは？

木材の人工乾燥の要点は、いかに速く、いかに損傷を少なく、いかに安く乾燥できるか、ということです。いかに安くという点については安価なエネルギーを効率よく使うことを考えることになりませんが、いかに速くといかに損傷を少なくという点は相反する要求であって同時に両方を満足するのは困難です。そこで両方の妥協を求める方向で乾燥条件を設定します。具体的にいえば樹種、材厚、初期含水率、出やすい損傷などを考慮して、乾燥室内の温湿度を含水率に応じて変化させながら乾燥する方法がとられます。この温湿度の組み合わせを乾燥スケジュールといいます。これは含水率に応じて温湿度を変えてゆくの含水率スケジュールといいます。乾燥の教科書で見かけるスケジュールは主にこのタイプで、米国の国立林産研究所（F. P. L. ウィスコンシン州マジンソン市）が発表したものを基本としています。

#### ○スケジュールの組み方

標準的な乾燥スケジュールの組み方を練習してみましょう。例として、ミズナラ、25mm厚、初期含水率70%を想定してみますと、図12に示す手順によって乾燥スケジュールを組むことができます。良く利用される材については、このように表2～6を活用して標準的なスケジュールを組むことができます。

#### ○スケジュール・ここが知りたい！

##### <厚い材>

5cm以上の厚い材は木口面シールを行い、温湿

表3 初期含水率による区分の基準

区 分	初期含水率 (%)	区 分	初期含水率 (%)
A	40 以下	E	100 ~ 120
B	40 ~ 60	F	120 ~ 140
C	60 ~ 80	G	140 以上
D	80 ~ 100		

表4 温度スケジュール (広葉樹, 針葉樹材共通)

段 階	含 水 率 階 段 (%)	乾 球 温 度 区 分 (°C)													
		T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12	T 13	T 14
1	生 ~ 30	40	40	45	45	50	50	55	55	60	60	65	70	75	80
2	30 ~ 25	40	45	50	50	55	55	60	60	65	65	70	75	80	90
3	25 ~ 20	40	50	55	55	60	60	65	65	70	70	70	75	80	90
4	20 ~ 15	45	55	60	60	65	65	70	70	70	75	75	80	90	95
5	15~終末	50	65	70	80	70	80	70	80	70	80	80	80	90	95

表5 広葉樹材の湿度スケジュール

段 階	初期含水率区分および段階 (%)							乾湿球温度差区分 (°C)							
	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4	5	6	7	8
1	生~30	生~35	生~40	生~50	生~60	生~70	生~2/3U <sub>a</sub>	1.5	2.0	3.0	4.0	5.5	8.5	11	14
2	30~25	35~30	40~35	50~40	60~50	70~60	2/3U <sub>a</sub> ~ 2/3U <sub>a</sub> -10	2.0	3.0	4.0	5.5	8.0	11	17	20
3	25~20	30~25	35~30	40~35	50~40	60~50	2/3U <sub>a</sub> -10~ 2/3U <sub>a</sub> -20	3.5	4.5	6.0	8.5	11	17	22	28
4	20~15	25~20	30~25	35~30	40~35	50~40	2/3U <sub>a</sub> 20~ 2/3U <sub>a</sub> -30	5.5	8.0	11	14	20	28	28	28
5	15~10	20~15	25~20	30~25	35~30	40~35	2/3U <sub>a</sub> -30~ 2/3U <sub>a</sub> -40	14	17	20	22	28	28	28	28
6	10~終末	15~終末	20~終末	25~終末	30~終末	35~終末	2/3U <sub>a</sub> -40 ~終末	28	28	28	28	28	28	28	28

表6 針葉樹材の湿度スケジュール

段 階	初期含水率区分および段階 (%)						乾 湿 球 温 度 差 区 分 (°C)							
	A	B	C	D	E	F	1	2	3	4	5	6	7	8
1	生~30	生~35	生~40	生~50	生~60	生~70	1.5	2.0	3.0	4.0	5.5	8.5	11	14
2	30~25	35~30	40~35	50~40	60~50	70~60	2.0	3.0	4.0	5.5	8.0	11	14	17
3	25~15	30~25	35~30	40~35	50~40	60~50	3.5	4.5	6.0	8.5	11	14	17	20
4		25~20	30~25	35~30	40~35	50~40	5.5	8.0	8.5	11	14	17	20	20
5		20~15	25~20	30~25	35~30	40~35	8.5	11	11	14	17	20	20	20
6			20~15	25~20	30~25	35~30	11	14	14	17	20	20	20	20
7				20~15	25~20	30~25	14	17	17	20	20	20	20	20
8					20~15	25~20	17	20	20	20	20	20	20	20
9						20~15	20	20	20	20	20	20	20	20
10	15~終末	15~終末	15~終末	15~終末	15~終末	15~終末	28	28	28	28	28	28	28	28

度条件は板厚が1~1.5cm増すごとに1段ゆるいものにする。

<内部割れが発生しやすい材>

初期含水率に関係なく初期含水率区分(表3)をAかBとする。末期温度も低くする。

<落ち込みやすい材>

乾燥初期温度40℃, 末期温度65℃程度とする。

<強度を要求する材>

末期温度を60℃以上にしない。

<ヤニの多い材>

脱脂乾燥を行う(表7)。

<針葉樹心持ち材>

生材から高温高湿で乾燥する(表8)。

<天然乾燥材>

乾球温度はその時の含水率区分に合わせる。乾球温度差は実際の含水率よりも10%高い含水率

表2 乾燥スケジュール

産地	樹種	2.5 cm 厚			5.0 cm 厚		備考 (生じやすい損傷)		
		温度	湿度	日数	温度	湿度			
国産材	広葉樹	カシ	T3	2	12~18	T2	1	表面割れ, 内部割れ 表面割れ, 内部割れ 落ち込み, 内部割れ 表面割れ, 内部割れ 糸巻状の断面変形 狂い(変色) 狂い 落ち込み	
		ミズナラ	T4	3	10~12	T3	1		
		シイ	T3	3	8~10	T2	3		
		イスノキ	T3	1	12~18	—	—		
		ケヤキ	T8	3~4	6~8	T5	3		
		ブナ	T4	3	8~10	T3	2~3		
		ヒメシャラ	T4~5	3	12~15	T5	2		
		クヌス	T4~5	4	6~8	T4	3		
		ミズメ	T6	3	6~8	T4	3		
	針葉樹	クリ, トネリコ	T8	3~4	6~8	T5	3	落ち込み, 狂い 乾燥難易差大, 落ち込み 狂い大	
		タテバ	T6	3	8~10	T3	3		
		ハルニレ	T4	4~5	6~7	T5	3~4		
		ヤチダモ, カバ	T8	4	7~8	T6	3		
		イタヤカエデ	T4	3~4	10~12	T3	2~3		
		カツラ, ホオノキ	T8	4	5~6	T5	3		
		ククルミ, セン	T8	4	5~6	T6	3		
		ハンノキ	T10	4	5~6	T8	3		
		トチ	T10	4	6~7	T9	3		
材	サワグルミ, シナ	T12	6~7	4~5	T10	5~6	シナは変色 変色		
	キ	T9	6	6~7	T8	4~5			
	針葉樹	アカマツ, クロマツ	T11	4	2~3	T10		3	表面割れ 表面割れ 表面割れ スギ変色防止はT8
		カラマツ	T10	4	2~3	T8		3	
		モミ(硬), ツガ	T10	4	3~4	T8		3	
		トドマツ, モミ(軟)	T12	5	2~3	T10~11		4	
		ヒノキ	T11	4	3~3.5	T10		3	
エゾマツ, サワラ		T12	6	2.5~3	T12	4			
米材	スギ, ネズコ	T12	5	2.5~4	T10~11	4	高含水率材は落ち込み 部分的な高含水率, 落ち込み 節の多いものはT7 低質材はT9, D6(2.5cm) 低質材はT11E5温度差最高14℃(2.5cm) 部分的な高含水率		
	インセンスシダー	T11	B5	4~5	T10	B4			
	ベイスギ	T10	B5	4~6	T10	B3			
	ベイマツ(沿海産)	T11	A4	2~2.5	T10	A3			
	ベイモミ	T12	E5	2.5~3	T10	E4			
	ベイツガ	T12	C5	2.5~3	T11	C4			
北洋材	ベイトウヒ	T12	B5	2.5~3	T11	B3	2.7cm厚 2.7cm厚		
	ダフリカカラマツ	T10	5	4~5					
	エゾマツ	T12	5	2~2.5					

注) 心材, 日数は生→含水率10%までの乾燥日数

区分に合わせてスタートする。含水率が2～3%低下するごとに乾湿球温度差を早めに次の段階に移して、実際の含水率とのズレを修正する。含水率が20%以下で生材からのスケジュールに一致させる。

<抜け節防止>

乾燥末期温度70°C以下、乾湿球温度差15°C以内にする。

<変色防止>

乾燥初期温度50°C以下、湿球温度は全期間を通して50°C以上にしない。

- (例)
- (1) 樹種・厚さ・初期含水率を調べる (ミズナラ, 25mm, 70%)
  - (2) 樹種・厚さから表2よりスケジュールを選ぶ (温度: T4, 湿度: 3)
  - (3) 初期含水率から表3より初期含水率区分を選ぶ (初期含水率区分: C)
  - (4) 温度(乾球温度), 湿度(乾湿球温度差), 初期含水率区分をそれぞれ表4, 表5から抜き出し組み合わせる。

初期含水率区分 (C)	乾球温度区分 (T4)	乾湿球温度差区分 (3)
生～40	生～30	45
40～35	30～25	50
35～30	25～20	55
30～25	20～15	60
25～20	15～終末	80
20～終末		28

含水率 (%)	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)
生～40	45	3
40～35	45	4
35～30	45	6
30～25	50	11
25～20	55	20
20～15	60	28
15～終末	80	28

図12 乾燥スケジュールの組み方の例

<カビ防止>

乾燥初期温度50°C以上、または乾湿球温度差2°C以内にしない。

表7 脱脂乾燥 (ニホンカラマツ)

含水率段階 (%)	厚さ 50mm以下		厚さ 100mm	
	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)
生	100	0	100	0
生～30	100～120	1～20	80～90	2～3
30～25	120	20～22	80～90	3
25～20	120	20～22	90～100	5
20～15	120	20～22	90～100	7
15～10	120～160	22～62	90～100	10
10～	120～162	22～62	120～160	22～62
調湿	100	0	100	0

注) 製材後、直ちに初期蒸煮を行う。蒸煮時間は厚さ50mm以下: 2時間, 厚さ100mm以上: 4～12時間。初期蒸煮は, 材に直接, 生蒸気を噴射する。調湿処理は, 厚さ50mm: 4時間(乾球温度80～90°C, 乾湿球温度差3～6°Cの場合, 8時間以上行う。), 厚さ100mm: 4～8時間。

表8 針葉樹心持ち材 (心去り材にも適用)

含水率段階 (%)	厚さ 50mm		厚さ 100mm	
	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)
生～30	80～90	3	80～90	2～3
30～25	90～100	5	80～90	3
25～20	90～100	7	90～100	5
20～15	90～100	10	90～100	7
15～10	90～100	15	90～100	10
10～	90～100	20	90～100	15
調湿	80～90	3～6	80～90	3～6

注) 製材後、天然乾燥をしないで、直ちに人工乾燥する。人工乾燥は、連続運転を行うこと。調湿処理は、厚さ50mm以下: 4～8時間, 厚さ100mm以上: 8～24時間とする(調湿処理しないで急冷すると割れる)。

(信田)

ヤニを防止するには

## 2 脱脂乾燥

奈良直哉

カラマツ、エゾマツ、アカマツなどの針葉樹やアピトンなどの広葉樹材には、樹脂道が発達しているので、天然乾燥中に余りヤニが出てこない場合でも、鉋削して暖かい場所におくとヤニがしみ出してくる場合があります。また60～80℃程度で人工乾燥した製品でも直射日光が当たったり（最高70℃以上になる）、暖房器具の近辺にある材にはヤニがしみ出してきて化粧、実用的にも大きな問題となります。

ヤニ（樹脂）は大別して液体の精油成分（テルペン）と常温では固体の樹脂酸（ロジン）から構成されており、この精油成分が固体の樹脂酸を溶かしているために流動性があるわけです。このため温度が低いちは固まっているが、高温になると低粘度になって材面にしみ出てきます。

したがって、ヤニのしみ出しを防止するには、この精油成分を除去すればよいことになります。

ヤニを除去する方法（脱脂）には、炭酸ソーダなどの薬剤でヤニを溶かさせる方法（薬剤抽出法）や耐圧缶に材を入れて生蒸気で圧力を加えたのち、真空にしたり、熱風を送ったりする操作を繰り返す方法などがありますが、ここでは、一般に普及している木材乾燥装置（蒸気式、I F型）を用いて、脱脂と乾燥を同時に行う方法について説明します。

この脱脂方法は、固形の樹脂酸を溶かしている精油を取り除くことを主眼とした方法で、原理としては、水蒸気蒸留です。精油の沸点はおおむね150～230℃ですが、水が共存すると100℃以下に下がるので、水蒸気蒸留によって効率よく精油成分を蒸発除去することができ、その後の材には固形の樹脂酸のみが残存するわけです。

乾燥装置による脱脂は、まず、生材に生蒸気を噴射し、水の凝縮によって材の含水率を高め、樹脂と水を接触させて精油成分を蒸発させます。樹脂は、樹脂道や樹脂のうに詰まっていた水と接触しにくいので、この蒸煮は長時間ほど、回数が多いほど有効で、この蒸煮後100～160℃の高温高湿乾燥を行うことにより、実用上支障ない程度の脱脂乾燥ができるわけです。

### (1) 脱脂乾燥装置

生蒸気と高熱によって脱脂乾燥をするので、一般の乾燥装置と比較して、次の点に留意する必要があります。

- 壁体が金属で作られている場合には、少なくとも内壁の面材はステンレスまたはアルミニウムを用い気密性を良くする。できれば外壁にも耐しよく材料を用いる。

- 断熱材はできるだけ不燃性のグラスウール、ロックウールなどを用い（二重構造の場合、外側に発泡ウレタンなどを使用しても良い）、その厚さは100mm以上としパネルの気密性を良くする。

- 吸排気筒及びダンパーは、ステンレスまたはアルミニウムを用い、ダンパーを閉めた時の空隙をできるだけ小さくする。



○蒸煮管または増湿管が乾燥室の上部にだけ付設されている場合図20のように両側の内壁にも取り付け、生蒸気が材に直接噴射されるようにする。

○蒸気加熱管（フィン付）は、通常、1インチ管を乾燥室全長にわたって、ファンの両側に2本

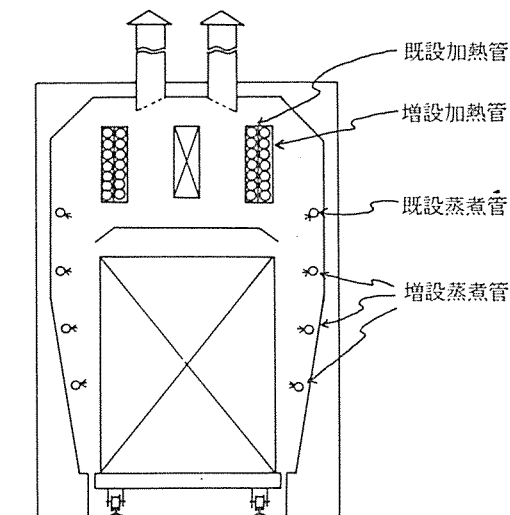


図20 脱脂乾燥装置の一例

ずつ計4本を設置してあるが、急速に高温を得るためには2～3倍に増設するのが好ましい。

○ファンモーターは耐熱耐湿型であっても乾燥室の外側に設置することが必要である。

○最高160°C程度の高温を得るため、ボイラーの最高蒸気圧を10kg/cm<sup>2</sup>とし、常用圧力6～9kg/cm<sup>2</sup>に耐え得る配管やトラップを取り付ける。

## (2) 脱脂乾燥の操作

脱脂乾燥をしようとする材は、高含水率ほど有効ですから、できるだけ天然乾燥を避け、製材直後に行うようにします。ただし、北洋カラマツのようなヤニの滲み出しは少ないが、材面に滲みとなって現れる材や、ベニマツのような蒸煮によって変色するような材に対しては十分な天然乾燥を行ってから処理します。

蒸煮をするときは、ダンパーを閉め、生蒸気を材に直接噴射すると図21のように初期含水率に関係なく、含水率が3～6%程度上昇します。これは、乾燥初期の冷えた材に蒸気が触れると凝結して水滴になることと、生蒸気中に含まれている飽和水が材面に付着するためですが、この熱水によ

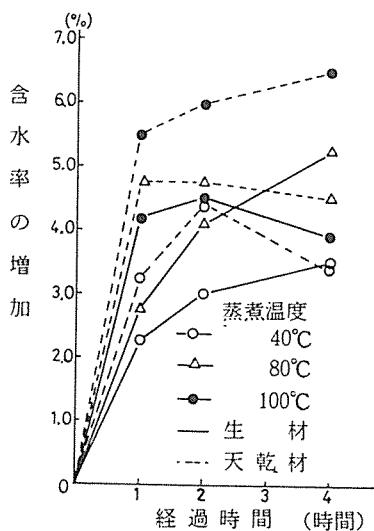


図21 初期蒸煮による含水率の変化

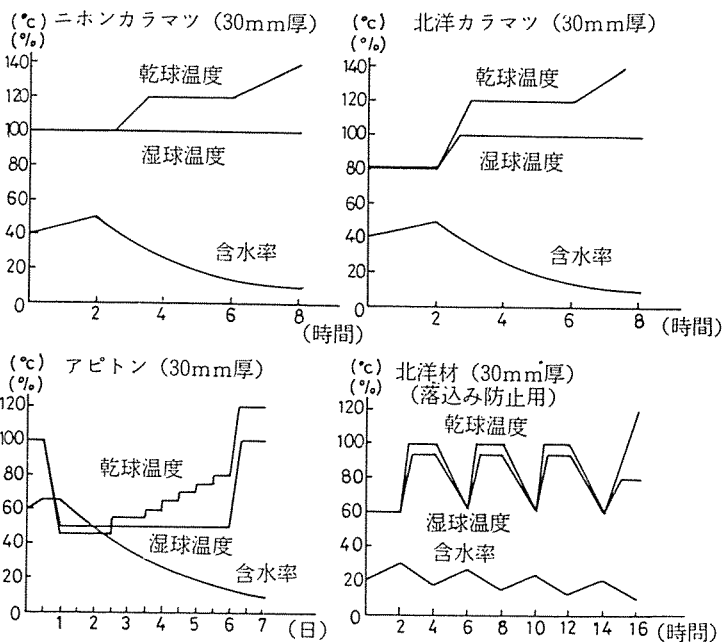


図22 脱脂乾燥スケジュール

って材面にしみ出してきた粘度の低いヤニが流出すると同時に、この熱水が蒸発する時にヤニの中の精油成分も一緒に蒸発（共沸現象）されるわけです。

このように、乾燥初期に含水率が増加するような蒸煮を行うことによって、高温で割れやすい樹種に対しても安全です。また蒸煮温度は、100℃に近いほど効果的ですが、北洋カラマツのようにヤニがしみ込んでしまう材は、60～80℃の低温で行った方が良い場合もあります。蒸煮時間は、目標の蒸煮温度に達してから、2時間程度が適当です。蒸煮回数は図22のように普通は1回で十分ですが、北洋カラマツでは4回ほど繰り返すことによってヤニのしみ込みが少なくなります。

蒸煮後の乾燥条件は、内部割れのでにくい針葉樹板材では、湿球温度を98～100℃に保ちながら、乾球温度を徐々に上昇させて乾燥しますが、脱脂困難な材または高温になるような場所で使うような材に対しては、含水率が約15%に達した時点で120～160℃まで上昇させます。しかし、このような高温高湿条件を長時間持続すると、材が変色する上、強度にも影響するので2～4時間で目標含水率になるように温度上昇時期を調整することが必要です。

次に、針葉樹正角材のように断面寸法の大きい材では（9頁の表7参照）、蒸煮後、80～90℃まで乾球温度を下げたのち、乾湿球温度差を初期2～3℃、末期15～20℃とし、含水率が約10%に達した時点から、脱脂の難易によって120℃程度まで温度を上昇させます。またアピトンなどの広葉樹材は、高温で乾燥すると内部割れが発生しやすいので、このような場合は、蒸煮後高湿を保ちながら徐々に温度を下げて標準的な乾燥スケジュールの乾燥初期の条件に合わせ乾燥し、乾燥末期に温度を上昇させます。

（奈良）

# 10 乾 燥 (カラマツ)

長野県林業指導所：カラマツ材

利用の手引き，42～53（1987）

## 1) 乾燥の意義

木材を乾燥する意義，目的を列挙すると次のようになります。

(1) 木材をその使用条件に適した含水率にしておくと，その後の含水率の変化が少なく，収縮や膨張による狂いを生じません。

①狂いや，すきまがでない。



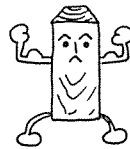
(2) 含水率が20%以下になると，腐朽菌や変色菌におかされません。

②腐朽菌や変色菌に犯されない。



(3) 乾燥するほど木材強度が上がります。

③強くなる。



(4) 一般に切削，接着，塗装，薬剤処理などの加工性が良くなります。

④加工性がよくなる。



(5) 熱伝導率が低下するため，保温性が良くなります。

⑤保温性がよくなる。



(6) 軽くなって輸送に便利です。

⑥運搬がらく。

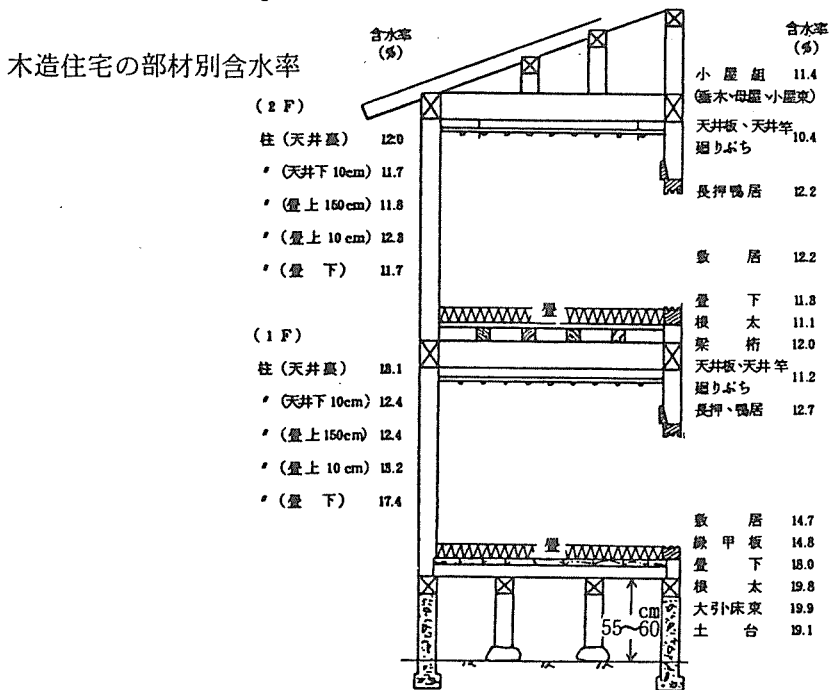


## 2) どのくらいまで乾燥するのか

下図は45年間住宅として使われていた松本市内の建物を、解体の折に、各部材の含水率を調査した結果です。

構造材はまだしも、見え掛り部分の室内は10~12%と天然乾燥では到達できないくらいの値を示しています。したがって人工乾燥によりこの含水率にまで下げる必要がありますが、安全性を見こんで、この値より2~3%低い値に仕上げるのが普通です。

参考までに、木製品の使用中の含水率と、人工乾燥での仕上り含水率を表一9に示しました。



表一9 木製品の含水率と仕上げ含水率

使用場所および用途	使用中の木製品の含水率 (%)	乾燥終了時の試験材含水率 (%)	加工時の含水率範囲 (%)
高級室内家具	8~10	7	7~9
一般家庭家具	11~14	10	9~14
一般建築材	12~18	17	15~22
機器箱	8~12	8	8~10
内装材	8~13	10	8~15
運動物具	10~15	10	9~14

加工時の含水率範囲(バラツキ)は作られる製品の精度によって狭くしたり、広くしても問題のない場合がある

寺沢、筒井共著「木材の人工乾燥」P 120より

### 3) カラマツ乾燥の装置

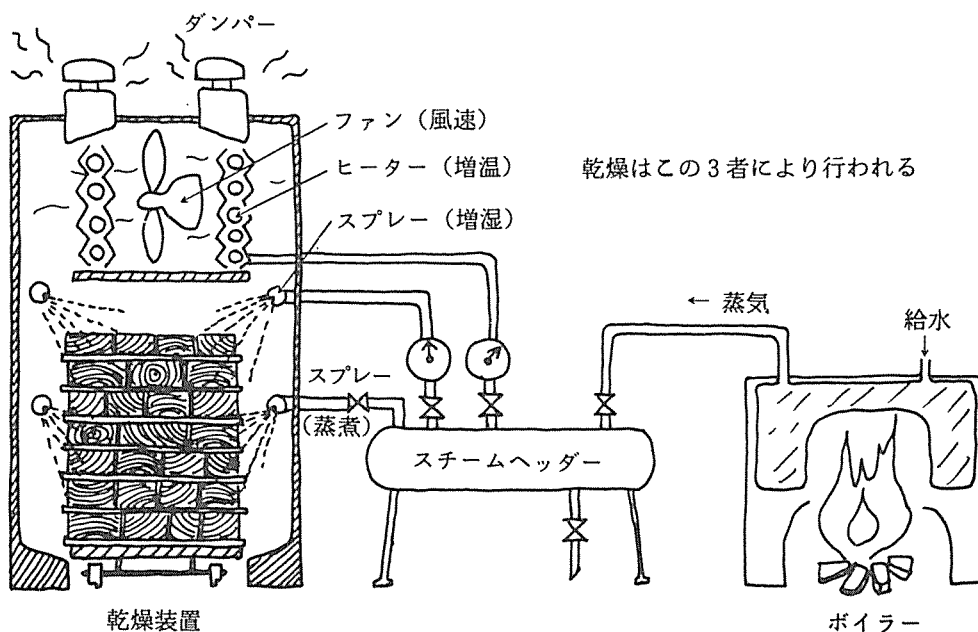
木材の人工乾燥には、蒸気式木材乾燥装置、減圧乾燥装置、高周波乾燥装置、低温除湿乾燥装置などを用いた方法等がありますが、カラマツの場合

○蒸煮によりヤニの滲出防止ができること。

○高温・高湿乾燥であれば割れが発生しにくいこと。

などの理由から、高温処理の可能な蒸気式木材乾燥装置が適しています。

この装置は、乾燥ムラを少なくするように内部に送風機（ファン）を取り付けてあり（I F型）、ボイラーからの加圧蒸気を使い、温度はヒーターから、湿度はスプレーからそれぞれ確保します。



蒸気式 I F 型木材乾燥装置

#### 4) カラマツの人工乾燥スケジュール

木材を人工乾燥する場合、ただ単に、温度、湿度を与えて乾かせば良いわけではありません。乾燥が進につれ、割れや狂いなどの欠点が発生してくる危険が多分にありますから、これらの欠点を最小限に押えるように、その材にあった温度、湿度を、乾燥の進み具合に応じて与えてやる必要があります。

この温度、湿度の与え方が乾燥スケジュールです。

一般に広葉樹は、低い温度（50～80℃）で乾燥しますが、針葉樹の場合は、比較的高い温度（70～100℃）で乾燥が行なえます。したがって、広葉樹に比べ、乾燥時間は短いものとなります。

カラマツに適した乾燥スケジュールの検討は、林業指導所において数年来なされ、高温乾燥を勧めています。

図一4に乾燥温度と割れの関係を示しました。試験材は、最も割れやすい心持ち正割材を用いました。乾燥温度と割れの関係は明らかで、高温乾燥ほど割れは発生しません。

現在推奨している蒸煮温度及び蒸煮時間を表一10に、高温乾燥スケジュールを表一11に示しました。県内に導入されている木材乾燥装置の実態にあわせ温度及び時間に幅を持たせています。

蒸煮は、スチーミングとも言いますが、材料に直接蒸気を当て蒸すことです。この主な目的は、製品となってからヤニが出ることを防止することです。

表一10に示した蒸煮温度と処理時間は一応の目安です。ボイラーの容量が大きく蒸気がふんだんにある場合はこれより短くてもかまいませんし、逆の場合は長めにします。また、用途に応じて変更できます。

蒸煮終了後、引き続き高温乾燥により乾燥します。通常、乾球温度はそのままとし、湿球温度との差を材料の乾燥具合に応じて徐々に開いて行き

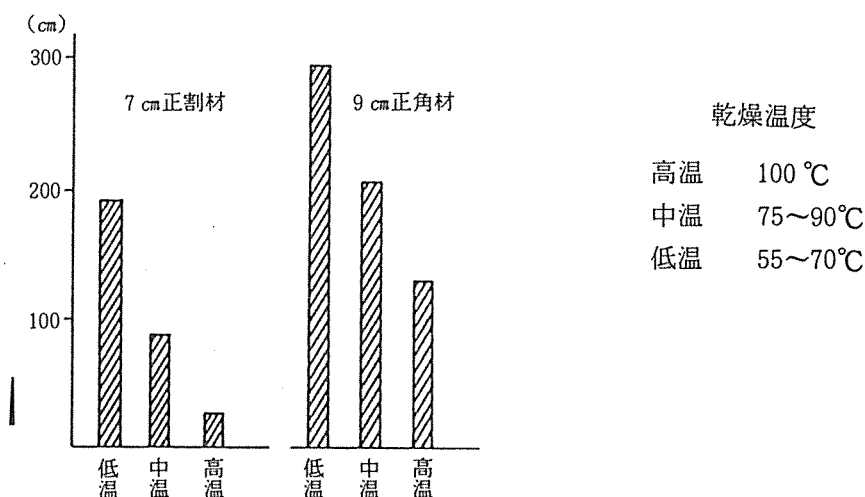
ます。このようにして乾燥を進め、含水率が目的の値より1～2%低めとなったところで、乾燥は終了しますが材には乾燥むらや、応力がのこっているため引き続き調湿処理（イコーライジング、コンディショニング）を行ないます。

特に製材時期の異なる材を交ぜて乾燥するような場合、仕上がり含水率をそろえる為に、イコーライジングを丁寧にする必要があります。

次に材の表層と内層の含水率をそろえ、乾燥応力を取り除く為にコンディショニングをおこないます。コンディショニングがうまくいっていないと後に狂いがでやすくなります。特に集成してから挽き割って壁板等を製造する場合、これがうまくいっていないと表面に凹凸が生じます。

また養生期間（加工にはいるまでに外気にならず）をできるだけとることも必要です。

このようにして乾燥材が仕上がります。



図一四 生材人工乾燥における1本当り材面割発生量（非圧縮材）

表一10 推奨している蒸煮温度と処理時間

種 別	蒸 煮		備 考
	処 理 温 度	処 理 時 間	
建 築 内 装 用 板 類	85 ~ 90 °C	10 H	建具材を含む "
	95 ~ 100 °C	6	
建 築 内 装 用 ひき割類 (厚60mm以下)	85 ~ 90 °C	15	建具材を含む "
	95 ~ 100 °C	8	
建 築 構 造 用 柱・桁類	85 ~ 90 °C	6 ~ 10	蒸煮処理のみで 天然乾燥可能
	95 ~ 100 °C	3 ~ 5	
家 具 用 材 (ひき割・板類)	85 ~ 90 °C	15	
	95 ~ 100 °C	10	

注) 処理時間とは乾燥室内温度が処理温度に達した後の経過時間を指す

表一11 推奨しているカラマツ材の乾燥スケジュール

含水率(%)	乾球気温(°C)	温度差(°C)	備 考
初期蒸煮	表一10の通り		ヤニ滲出防止
生材~40	85 ~ 100	5	
~30	"	10	
~25	"	15	
~20	"	20	
20以下	"	30	
イコーライジング コンディショニング			

<イコーライジング・コンディショニングの考え方>

イコーライジング……個々の材の含水率のバラツキを均一化する。

目的の含水率より1~2%低い平衡含水率になるよう  
温湿度設定する。

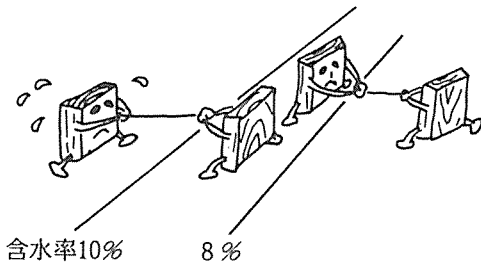
コンディショニング…乾燥応力の除去や含水率むらをなくす。

目的の含水率より1~2%高い平衡含水率になるよう  
温湿度設定する。



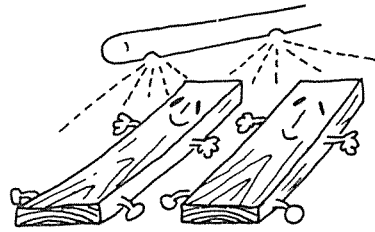
<調湿処理>

イコーライジング



乾燥の遅れた材をさらに進める。  
乾燥の進みすぎた材を足ぶみさ  
せる

コンディショニング

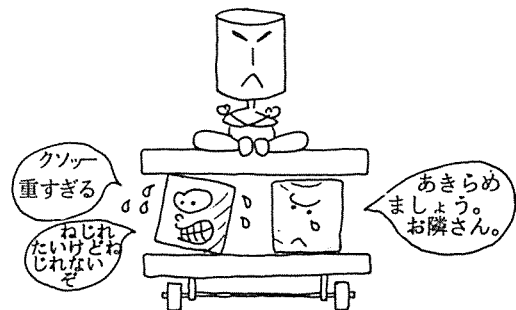


材表面に潤いを与えてやり、内  
部応力を除いてやる

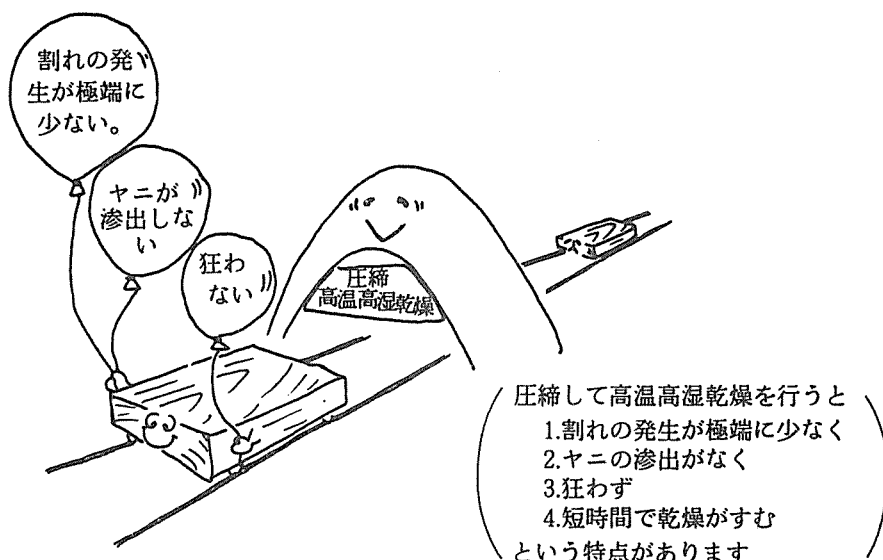
カラマツは、ねじれや、曲りの発生しやすい材とされていますが、乾燥時に圧縮を施すことで、かなり抑制されます。

林業指導所のデータでは、7 cm 正割材で、圧縮して乾燥した場合、曲り量は半減、ねじれ量は約 2/3 に減っています。

実際の圧縮の方法は、栈積み台車の大きさに合わせたコンクリートブロック等の重しをを、あらかじめ作っておき、これを栈積の上に乗せるという方法をとれば、比較的簡単です。



以上までに、蒸気式木材乾燥装置を用いたカラマツの人工乾燥について説明しましたが、高温乾燥を行うことにより、①割れの発生が極端に少ない。②ヤニ滲出防止が同時にできる。③乾燥時間が短い。④圧縮することで、ねじれ、曲り等の狂いをおさえることができる。などの利点が生じます。



## 5) 人工乾燥と乾燥管理の手法

木材の人工乾燥の中で、乾燥スケジュールの決定と、乾燥中の水分管理（乾燥管理）の2つは最も重要なことです。

ここでは乾燥中の水分管理の手法について説明します。

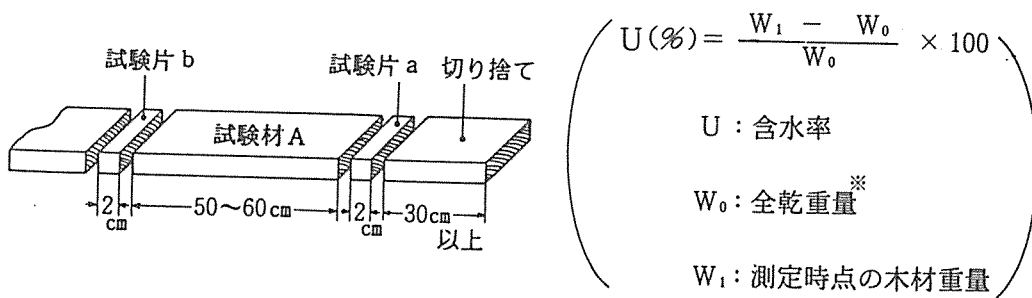
乾燥中に、その時点、時点で、木材の含水率を把握しながら乾燥を進めるわけですが、この含水率は、棧積内に置かれた試験材の重量を定期的に測定することで求めます。

### (1) 試験材の作り方

試験材は、棧積み全体の代表となるものですから、乾燥しようとする材の中から標準的なものを3～5枚選び、図-5に示す方法で長さ50～60cm程度に切断します。

試験材の両サイドから、試験片を採材して、この試験片を、定温乾燥器に入れて、全乾重量を求めることによって、試験片の含水率の値が得られます。

両サイドの試験片の平均含水率を試験材の乾燥前の含水率として、これを基本に乾燥を進めることとします。



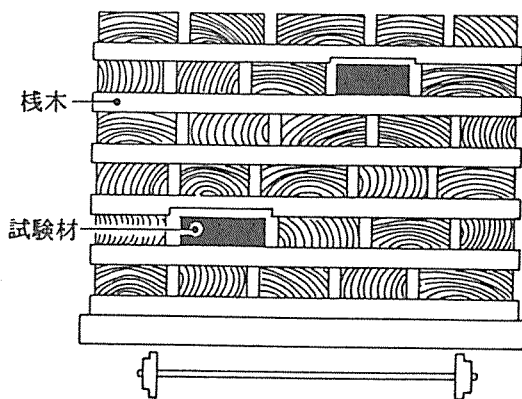
※全乾重量：試験片を定温乾燥器に入れ、重量変化がなくなるまで100～105℃の温度で24～48時間乾燥した時の重量

図一五 試験材の作り方と含水率の求め方

## (2) 試験材の扱い方

試験材は図一六に示すように棧積内に配置し、乾燥中、定期的に取り出して重量を測定して、含水率を把握し、あらかじめ設定した乾燥スケジュールに従って、乾・湿球温度を変えていきます。

このようにして乾燥を進め、試験材が目的の含水率に達した時点で乾燥を終了します。



図一六 試験材の置き方

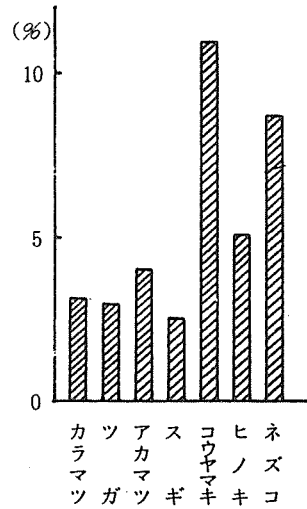
### 3 カラマツのヤニ滲出防止

#### 1) カラマツのヤニ

図一7に示すように、カラマツのヤニの含有量は、国産針葉樹の中では多い方ではなく、アカマツやヒノキと比較して少ないくらいです。

それではどうしてカラマツのヤニが、その欠点の代名詞のようにいわれてきたのでしょうか。

それは、カラマツのヤニは他の樹種に比較して、常温で液状に近く、流動性を帯びているため材面に滲出し易いという性質を持っているためです。



図一7 国産針葉樹のヤニの含有量  
(木材工業ハンドブックより)

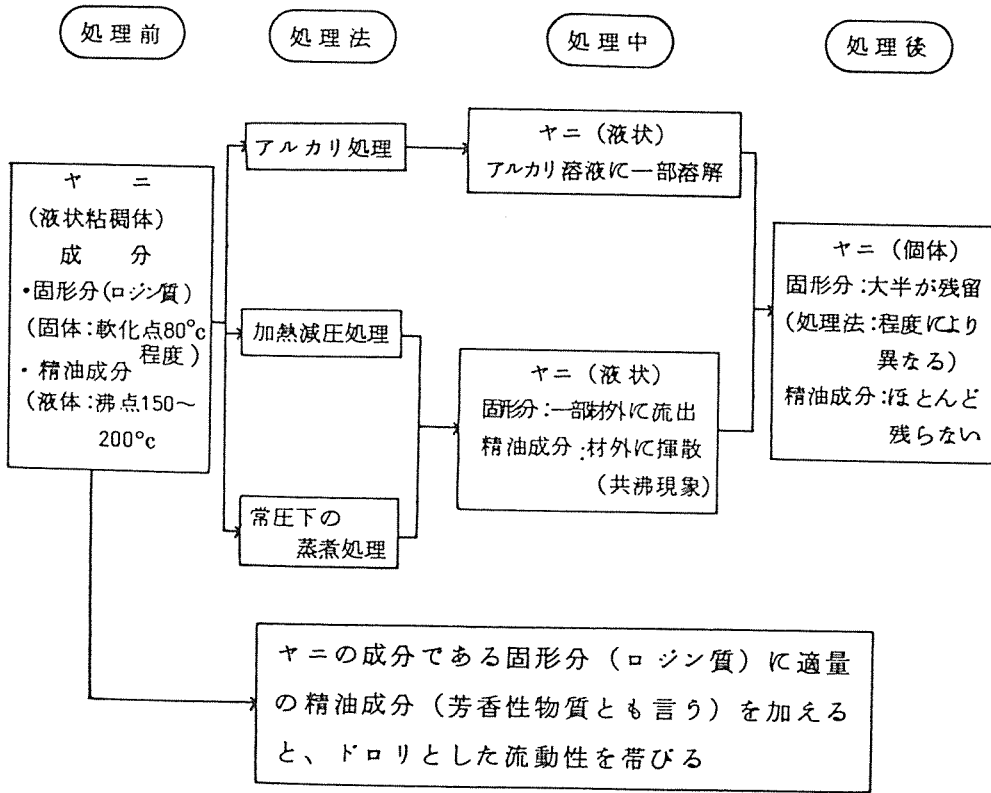
#### 2) ヤニ滲出防止の3手法

現在、長野県内では、カラマツのヤニ滲出防止法として3種の方法がとられ、通称、「脱脂」ということばで呼ばれていますが、ヤニは木材の有効成分であるために取り去ることは好ましくなく、また、いかなる方法でも、ある程度の断面を持った木材からヤニを取り除くことは不可能です。

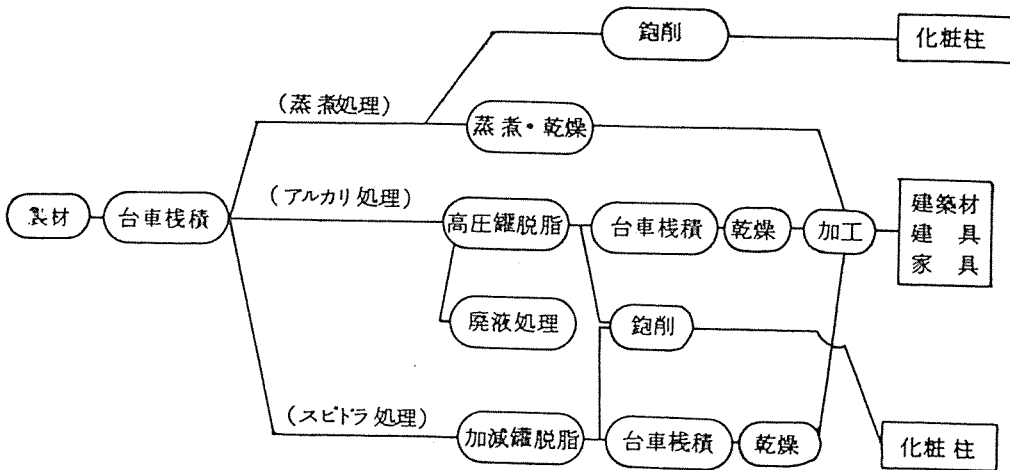
県内で行なわれている処理の方法は、(1)アルカリ溶液に浸し、加圧煮沸することにより樹脂分を抽出除去することをねらいとするアルカリ処理、(2)高圧罐の中で、加圧蒸煮、減圧の繰り返しによりヤニ分の流動性をなくすることをねらいとする加減圧処理（通称スピドラ）、(3)蒸気式木材乾燥装置をもちいた常圧下での蒸煮あるいは高温高湿乾燥の方法の3つです。

3手法について、その原理と工程比較を次に示しました。

ヤニ滲出防止の原理



ヤニ滲出防止法の工程比較



ヤニ滲出防止の効果について検討した結果では、処理温度、時間によって異なりますが、3手法とも、ほとんど同程度の効果が期待できます。

経費の面から見れば、乾燥も同時にできる、蒸煮高温高湿乾燥が安くでき、現在、普及している集成材、家具、壁羽目板等は、この方法で、処理されたものが、大部分です。

アルカリ処理、スピドラ処理の場合、別に人工乾燥という工程が必要になるので経費的には高くなります。特にアルカリ処理の場合、その外にアルカリ廃液処理が必要ですので、その分も高くなります。

次頁に3手法の比較を示しました。

(ヤニ滲出防止)



蒸気を吹きかけることによりヤニ滲出防止ができます。また高温高湿乾燥しても、ヤニ滲出防止は可能です

材中のヤニは、液体である精油成分と固体のロジンの混合物です。蒸気により精油成分は揮発し、ロジンは材内に封じ込められます

## 1.1 木材製品製造基準（カラマツ）

### 1. 製材製品基準

（協）信州からまつ工業会編，1～7

#### 1-1 製材品の品質規格

製材の日本農林規格（JAS）とする。

#### 1-2 乾燥製材品

製材品で乾燥材と表示したものは、前項のJASにかかわらず次の基準による。

##### 1-2-1 仕上がり含水率

乾燥製材品の仕上がり含水率は表-1のとおりとする。

ただし、発注者からの指示があった場合はこの限りではない。

表-1 製材製品の仕上がり含水率

種別	材種	乾燥方法	ヤニ 渗出防止 の要否	仕上がり 含水率	含水率の検定方法	備考
柱類	13cm以下の 正角	人工乾燥 or 天然乾燥	要	13～19%	絶乾重量法かこれ によらない場合は DP3法による	
柱類	13cm以上の 正角	天然乾燥	要	13～19%	同上	
柱類	厚7.5cm未満 の平割	人工乾燥	要	10～15%	絶乾重量法	
梁・桁等 構造材		天然乾燥	否	20%以下	DP3法による	ヤニ渗出防止は 需要者の要求が ある場合に実施
内法材	正割・平割	人工乾燥	要	8～12%	絶乾重量法	
その他の 造作材	正割・平割	人工乾燥	要	10～15%	同上	

注 DP3法とは、材面から3cm以上の厚さの平均含水率を測定できる高周波等の含水率計による測定をいう。

### 1-2-2 仕上がり含水率の検定

仕上がり含水率の検定は、絶乾重量法を原則とする。測定方法は、2-2-2による。

ただし、建築構造用材等で表-1に示した部材については、その指定検定法による。

### 1-2-3 乾燥の方法

天然乾燥または人工乾燥とし、人工乾燥については別項の乾燥基準によるものとする。

### 1-2-4 乾燥前の製材ひき立て寸法（野物寸法）

#### (1) 柱材等

次の寸法でひき立てた後、ヤニ滲出防止と乾燥処理を実施し、さらに狂い等の矯正ひき直しにより注文寸法に整えるものとする。

ア 一辺が10.5 cm以下の角材；注文寸法プラス10 mm以上、心持材はプラス15 mm以上とする。

イ 一辺が12.0 cm以上の角材；注文寸法プラス7 mm以上、心持材はプラス15 mm以上とする。

ウ ア、イ、ともに材長3 mの場合であって、3 mを超え3.5 mまでは上記寸法の30%増し3.5 mを超える場合は50%増しをひき立て寸法とする。

#### (2) 梁・桁類等

天然乾燥による断面の大きな構造用横架材については、材幅で注文寸法の+2 mm、成は+5 mmとし、ひき直しは原則として行わない。

ただし、発注者から特に要請のあった場合はこの限りではない。

#### (3) 造作材等

板目面にあっては幅（厚）の4.5%以上を、柃目面にあっては、幅（厚）の3%以上を注文寸法に付加した寸法をひき立て寸法とする。

なお、乾燥曲りが予測できるものにあっては、予測曲り量を付加する。ほう削仕上の受注以外は、原則としてひき直しはおこなわない。



## 2. 加工製品の品質基準

加工製品についてはヤニ滲出防止・乾燥・加工品質・寸法精度について、次に示す製造基準に適合していなければならない。

### 2-1 ヤニ滲出防止基準

加工製品にあつては、次に示すヤニ滲出防止処理材をあてなければならない。

ヤニ滲出防止処理法は、加減圧処理および高温高湿処理の手法に基づいたものを原則とする。

#### 2-1-1 処理材のひき立て寸法

処理材のひき立て寸法は、乾燥による収縮および切削代を製材寸法に付加した寸法を原則とする。

#### 2-1-2 加減圧処理法

材種に応じた所定の方法でヤニ滲出防止を実施する。

#### 2-1-3 高温高湿処理法

この方法は、常時 100℃以上の温度処理が可能な蒸気式人工乾燥装置において、次の方法で処理しなければならない。

(1) 処理材は、材厚に応じ定められた棧木間隔で乾燥室内の台車に棧積みする。

(2) 乾燥室内に棧積みされた要処理材を、蒸気圧 3～5 kg/cm<sup>2</sup>で蒸煮処理をおこなう。

蒸煮温度および処理時間は、表-2 に示した数値を基準とする。

なお、集成用ラミナの場合、厚さが36 mm以上で積層後、割材として製品化するものにあつては処理時間を50%延長する。

表中の処理温度以下で処理したものにあつてはヤニ滲出防止処理材とは認めない。

(3) ヤニ滲出防止処理時の材の含水率は45%以上であることを原則とする。

なお、処理材の含水率が10%減少すると30%～50%の延長処理時間を経なければならない。

(4) ヤニ滲出防止処理後、引続き乾燥工程に入ることを原則とするが、引

続き乾燥工程に入らない場合は、蒸煮終了後いったん材温が低下（常温+20℃程度）した後、乾燥室より取り出すこと。

- (5) 蒸煮処理のみで取り出した材を隔日を経て人工乾燥に付する場合は、その放置あるいは天然乾燥期間の多少にかかわらず、表中の処理温度による3時間以上の蒸煮を行ってから乾燥をすすめること。

表一 2 蒸煮温度および処理時間

種 別	蒸 煮		備 考
	処 理 温 度	処 理 時 間	
建 築 内 装 用 板 類	85~90℃	10 H	建具材を含む 建具材を含む
	95~100℃	6	
建 築 内 装 用 ひき割類 (厚60mm以下)	85~90℃	15	建具材を含む 建具材を含む
	95~100℃	8	
建 築 構 造 用 柱・桁類	85~90℃	6~10	蒸煮処理のみで 天然乾燥可能
	95~100℃	3~5	
家 具 用 材 (ひき割・板類)	85~90℃	15	
	95~100℃	10	

注 処理時間とは乾燥室内温度が処理温度に達した後の経過時間を指す。

## 2-2 人工乾燥基準

### 2-2-1 乾燥度の基準

仕上げ方法が無塗装あるいは塗膜塗装のいずれであっても、表一3に示した基準含水率値でなければならない。

ただし、発注者から特に指定のあった場合は、その指定値による。

表一 3 加工製品の基準含水率

材 種 別	基準含水率
壁 面 材	8 ~ 12 %
床 用 材	8 ~ 12 %
階 段 用 材	10 ~ 13 %
建 具 用 材	8 ~ 12 %
家 具 用 材	8 ~ 10 %

### 2-2-3 人工乾燥法

乾燥法は、次によることを標準とする。

人工乾燥の進行に伴う水分管理は、試験材法によることとし、乾燥スケジュールは高温スケジュールを標準とする。

#### (2) 乾燥スケジュール

乾燥スケジュールの標準は、表-4の高温スケジュールとする。

乾燥は、目標含水率より1～2%低くし、イコーライジングおよびコンディショニングにより目標含水率に仕上げる。

表-4 カラマツ板の人工乾燥スケジュール

乾燥区分 含水率	高温スケジュール		中温スケジュール	
	乾球温度 ℃	乾湿球温度差 ℃	乾球温度 ℃	乾湿球温度差 ℃
初期蒸煮 (3時間)	95～100	0	85～90	0
生材～40	〃	5	85	5
40～30	〃	10	〃	10
30～25	〃	15	〃	15
25～20	〃	20	〃	20
20以下	〃	30	〃	30



乾燥材推進利用のために

# 大断面梁材の乾燥

名古屋大学農学部  
株式会社ケー・エイチ・ケー  
金川 靖・野口 芳信

在来工法木造住宅の建設、販売を手広く進めている当社グループは、加工工程を機械/レカットへ切り換えた際に乾燥施設を併設し、柱材等構造材の一部について含水率を一定の水準に管理することにより、見えがかり部分の狂いを防ぎ、この種のフレームのゆがみを解消した。更に、歩を進めて大断面材の乾燥に挑戦することとし、名古屋大学農学部金川先生へお願いした。ここに掲げる金川先生のレポートが乾燥材利用推進をはかるうえで参考となれば幸いである。(株)ケー・エイチ・ケー 野口芳信)

## 大断面材を乾燥したい

本誌四月号に「乾燥材利用推進をはかる」と題して特集が組まれていた。建築部材の乾燥の必要性が説かれてから久しいが、この特集を読む限り、その必要性は判るが、一般に出回るところには乾燥経費をその価格に上乗せし難いところ、最大の難関がありそうである。昨年、(株)ケー・エイチ・ケーの野口氏から「大断面の梁材を何とかして乾燥できないか？」との相談を受けた。同社は、プレカット用の柱材までを数台の除湿乾燥機を用いて

乾燥し、水分管理を丁寧に行っているが、大断面材はまだ天然乾燥に頼っているとのことである。

今や、NCルーター等の加工機械が高性能となり、その加工精度は十分の数mmと言われている。ところが、乾燥が不十分であると乾燥に伴って3mの柱材で長さ数mmの縮みがあり、高性能の加工機械を使う意味がなくなってしまう。特に、梁材では収縮の大きな繊維に直角方向の寸法精度が要求されるため、充分乾燥して寸法安定化を計る必要がある。

集材材を梁材として用いても良いが、コスト高となる。乾燥するとすれば、厚材に適していると言われている高周波減圧乾燥法にその可能性がありそうである。

以上の観点から、高周波減圧乾燥法の適応性を野口氏と共同で研究し、その成果を第三七回日本木材学会大会(京都)で発表した。以下に、その結果をかいつままで紹介する。

## 高周波減圧乾燥

言われる除湿乾燥が意外に安くなく、反面、設備費が高い、消費電力量が多くランニングコストが高いと言われている高周波減圧乾燥が思った程は高くないことが判る。したがって、樹種や寸法がある程度決まっている場合は、乾燥日数や仕上がり状態から見て実用化の可能性は充分あり、特に、ペイマツ大断面材のような厚材の乾燥では、樹脂滲出防止効果も含めて、三割高の乾燥経費をカバーする

ペイマツ(ダグラスファー)の長さ4m、厚さ一二cm、幅は一五〜三〇cmの梁材を乾燥した。乾燥条件の詳細は省くが、同樹種の板材より幾分緩やかな条件とした。乾燥経過を図1に示す。約六日間の乾燥で平均含水率は二二%であった。この乾燥法では、乾燥末期に含水率の高い材に高周波パワーが集中するため、六日以降は図中網掛け部分で示した範囲が予測でき、含水率を二一〜一八%に納めるには約九日程度を要する。

実大梁材で問題となる乾燥時の損傷は、強度あるいは仕口の加工性の低下につながる割れと材の反り・ねじれであろう。芯取り材では通常の条件でも大きな表面割れは認められない。また、反り・ねじれについてもこの樹種ではほとんど問題はない。これは、図2に示すように、梁材の厚さ方向の含水率分布が一般の熱気(蒸気)乾燥と異なり、中心部の含水率が低く、表面に割れの原因となる引張応力が発生し難いためである。芯持ち材では表面割れを防ぐ乾燥スケジュール

性能が発揮できるものと思われる。

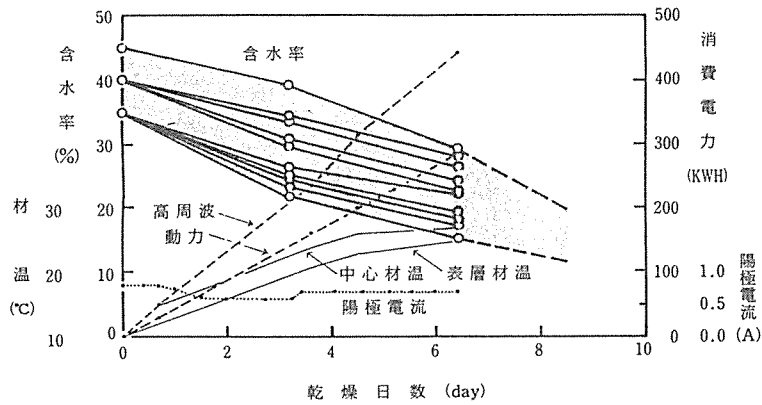
高周波減圧乾燥は余程の付加価値のある材にしか向かないと思われがちであるが、実際にはかなり小規模の乾燥現場でも利用され、経営的にも成り立っているのを目にする。この乾燥法が乾燥材利用推進の何かの役に立てば良いがと願っている。

本実大乾燥試験にご協力いただいた金沢市安島製罐(株)安島稔氏に感謝いたします。

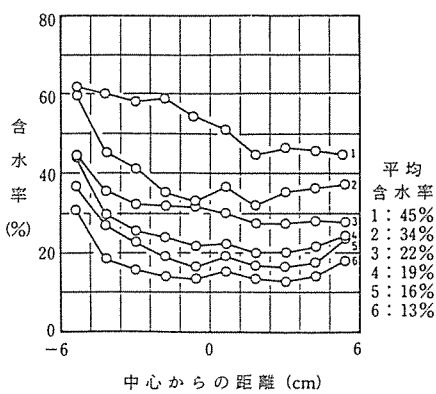
乾燥材推進利用のために

## 乾燥経費と適応性

乾燥中の所要電力を測定し、一五kWの高周波発振器を備えた収容材積約三m<sup>3</sup>の乾燥機で九日間乾燥した場合の直接経費を試算した。電力料を一kW時二十三円とすると、一m<sup>3</sup>当たりの直接経費は九千六百円となる。参考のために、人件費・設備費等を含めた乾燥の総経費を試算し、他の乾燥法と比較した久田氏(林業試験場)の同学会での発表を引用させていただくと、初期含水率八〇%のスギ正角材を含水率二〇%にまで乾燥する場合は、熱気乾燥の経費を10とすると、概略、除湿乾燥11、高周波減圧乾燥13となる。省エネルギー型と



▲ 図1 高周波減圧乾燥による大断面材の乾燥経過



▲ 図2 厚さ方向の含水率分布の経時変化

\*1 金川、古山、野口(高周波減圧乾燥法による建築部材の乾燥)第三十七回日本木材学会大会研究発表要旨集、八七頁(一九八七)  
\*2 久田、斎藤(スギ正角割りの高周波減圧乾燥)同要旨集、八八頁(一九八七)  
\*3 金川、内藤、安島(高周波減圧乾燥法における脱脂効果について)同要旨集、九〇頁(一九八七)



# 1.3 葉枯らしの方法と効果

中<sup>なか</sup>野<sup>の</sup>達<sup>たつ</sup>夫<sup>お</sup>

## 一 葉枯らしの意義

明治あるいはそれ以前から少なくとも昭和二十年代まで、スキの葉枯らしは伐木運材の一工程として殆どの林地で行われてきた。その第一の目的は材を乾燥させることにより運材を容易にすることであった。しかし、吉野地方で行われた酒樽用材についての葉枯らしは、波出しと称して、伐倒後剥皮して百日程度、長いものでは一年半以上も林内に放置し、材の色出しを図るものであった。現在酒樽用材の生産は殆ど行われていないが、それでも建築用の良質材は同様の波出しが行われている。一方秋田地方ではスキ立皮剥と称して、六月〜八月に立木により登って皮を剥ぎ、そのまま放置し冬季に伐採するという特殊な方法がとられていた。そしてその効

果は材の乾燥（生材重量の約20%軽減）、虫菌類の被害の軽減、波抜きであると言われている。昭和三十年代に入ると伐木運材の機械化が進み、生材でも、葉枯らしして多少乾燥した材でも運材上さほどの差が生じなくなると、むしろ速く市場に出材することのほうが重要視され、乾燥を目的とした葉枯らしの必要性は少なくなってきた。また従来の葉枯らしの中で見落してはならない事は樹皮の利用との関連であり、樹皮の利用が少なくなるにつれ、葉枯らしもまた行われなくなったとみてよい。

このような古い歴史をもち衰滅していた葉枯らしが、今また脚光を浴びてきている。葉枯らし材は葉枯らししない材に比べ、いくぶん高価に売れる可能性があることがその第一の理由である。吉野の優良材について行われてきた葉枯らしの

目的を一般に適用したいということである。また乾燥に伴う材の軽量化は運材の省エネとなり、とりわけヘリコプター集材が実用化される際の前提条件となる。また、木材利用上の趨勢の一つとして、針葉樹材の乾燥材の利用が増加しており、針葉樹材の乾燥には葉枯らしは省エネ乾燥法として重要な意味をもっている。

これから行われようとしている葉枯らしが従来のものと技術的に異なる点は、剥皮を伴わないことである。ヒノキが従来葉枯らしの対象とならなかったのは、ヒノキを剥皮すると丸太の材面にひび割れが生じ、むしろマイナス面が多かったためと言われている。しかし、今後は剥皮を伴わないのでスキのみではなくヒノキも葉枯らしの対象になる。また剥皮を行わないために新たに真菌類による被害が問題となり、葉枯らしの時期の検討が必要となるものと思われる。

このような新しい観点にたった葉枯らしについて、林業試験場では昭和五十九年度から、葉枯らしの方法と効果に関する試験がスキ、ヒノキを対象にして実施されてきた。またいくつかの営林局、署では葉枯らしを行い、販売し、その効果が調べられている。以下これらの結果を中心に、葉枯らしの方法と効果について述べる。

## 二 含水率の変動と測定法

葉枯らしは伐倒木を枝葉を付けたまま一定期間放置するという単純な作業であるが、従来その効果を科学的に解明したものは少ない。その第一の理由は葉枯らしの効果は含水率の減少によって示されるにもかかわらず、その含水率を測定する方法が難しいことである。一般に伐倒木の含水率を測定する場合、その木の一部分から試料をとり測定することになるが、通常行われる玉切りして円板を採取して行う方法は葉枯らし木では最終含水率は測定できるが、生材含水率は伐根円板に限定される。伐倒木全体の生材含水率を測定するのに果たして伐根含水率だけで十分なのかどうか、先ず第一の問題点がある。また、葉枯らし日数はどの程度必要とするのかを知るため、含水率の減少経過を追跡しようとするとう常の方法では到底不可能である。その追跡のためには樹木全体の重量を測定するか、必要な時期に伐倒木を何本かずつ玉切りしていくか、何か非破壊法を用いるかなければならない。樹木全体の重量を測定する方法は間伐木程度の小さな木ならともかく、主伐木のような大きな木では測定が困難になるほか、枝葉の水分の減少も同時に測定することになり幹の重量のみを分離することは困難であり、ましてや水分の減少が辺材で生じるのか心材で生じるのか全く判定できない。また、必要な時期に伐倒木を何本かずつ玉切りしていく方法については、同じ木についての連続的測定は不可能で、含水率の個体変動

が大きいと適応が困難なほか、その解決のためには多くの本数を測定しなければならないなどの問題がある。また、非破壊方法は精度良く測定できる方法があるのかどうか検討を要する。以上のように、それぞれの方法には検討を要する面が多く、従来これが確立されていないことが葉枯らしの効果を疑問視させてきた一因でもある。

含水率をどの方法で測定すればよいのかは含水率の樹幹内分布および個体間変動がどんな状態であるのかで決まる。スギ、ヒノキについて地上高〇・三

樹種	地上高(m)	辺材(%)		心材(%)	
		最大	平均	最小	平均
スギ	0.3	324	273	154	150
	0.6	272	194	131	144
	1.0	264	186	111	147
	5.0	224	175	124	91
	9.0	197	162	121	80
供試木平均		194	153	117	65
ヒノキ	0.3	181	158	124	42
	0.6	214	165	122	41
	1.0	179	157	129	37
	5.0	190	154	114	39
	9.0	202	174	106	39
供試木平均		191	156	125	44
供試木平均		189	158	126	40

ギ、ヒノキについて地上高〇・三〇・六、一、〇、九、〇、一一、〇mについて測定された生材含水率の測定例を表1に示す。スギ辺材の生材含水率は一〇〇〜三〇〇%と広範囲に及び、地上高の低いところで含水率が高い傾向が認められる。しかし地上高〇・三mと五m以上の生材含水率の間には有意な相関があり、地上高〇・三mの円板試料によって地上高五m以上の含水率を推定することが可能である。しかしその精度は必ずしもよくない。またスギ心材の生材含水率は著しく高いものが多く、供試木により著しく異なり、また一本の樹木の中でも含水率分布の変動は著しい。とりわけ地上高一mまでの含水率は著しく高いものが多い。しかし地上高五、九、一一mの円板についての含水率は五〇〜一二〇%の間にはほぼ収まっている。したがってスギ心材の生材含水率の変動の要因がこの調査例では地上高の低い材部によることが明らかである。また地上高の低い材部と高い材部との間の生材含水率には相関関係は認められない。したがってスギ心材の生材含水率の測定は地上高一mよりもっと高いところで測定しなければならないことになる。

ヒノキ辺材の含水率は一〇〇〜二〇〇%と高く、また変動に富んでいる。しかし地上高に伴う変動は小さく、地上高〇・三mの円板試料で幹全体の辺材含水率を推定することができそうであるが、精度はさほど良くない。これに対し心材の生材含水率はおおよそ三五〜四〇%と低く、また個体樹幹の部位に係わりなく殆ど一定している。したがってヒノキ心材の生材含水率は、地上高〇・三mで測定しても差し支えない。

以上の結果から、スギ心材の生材含水率は地上高〇・三m

の円板試料によっては幹全体の生材含水率を推定できないほか、ヒノキ辺材、スギ辺材についてもできればより精度の高い含水率測定法があればそれにこしたことはない。そこで林試では木工鋸により生じた木屑から含水率を測定する非破壊法が検討されている。その結果、ヒノキ辺材、スギ辺材、心材のいずれについても木工鋸による生材含水率とそれに隣接した円板について求めた生材含水率の間には〇・九以上の高い相関があることが明らかになり、この方法は含水率の非破壊測定法として有用なことが判った。

試	験	時	期	供	試	木	測	定	事	項	處	理		
春	自昭和51年4月8日 至昭和51年6月16日	5本 5本 5本	上	初期含水率 葉枯らし38日後の含水率	間	樹高の1/3 まで後落し	上	上	上	上	上	上		
													初期含水率 葉枯らし32日後の含水率	初期含水率 葉枯らし37日後の含水率
													初期含水率 葉枯らし24日後の含水率	初期含水率 葉枯らし74日後の含水率
夏	自昭和50年8月1日 至昭和50年10月14日	5本 5本 5本	上	初期含水率 葉枯らし120日後の含水率	間	樹高の1/3 まで後落し	上	上	上	上	上	上		
													初期含水率 葉枯らし120日後の含水率	初期含水率 葉枯らし120日後の含水率
													初期含水率 葉枯らし120日後の含水率	初期含水率 葉枯らし120日後の含水率
秋	自昭和51年2月1日 至昭和51年9月16日	5本 5本 5本	上	初期含水率 葉枯らし120日後の含水率	間	樹高の1/3 まで後落し	上	上	上	上	上	上		
													初期含水率 葉枯らし120日後の含水率	初期含水率 葉枯らし120日後の含水率
													初期含水率 葉枯らし120日後の含水率	初期含水率 葉枯らし120日後の含水率

二 葉枯らしの時期と含水率の減少  
林試で行われた葉枯らし試験の概要は表2のとおりである。含水率は供試木を伐採後伐根部分から円板を採取し、辺材、心材別に求められた。その後、表に示した期日にそれぞれ丸太を玉切りし、一

番玉および二番玉の末口部分から円板を採取し、含水率が測定された。またこれと平行して約二十日おきに、番玉および一番玉の末口部分から木工鋸を用いて木屑を採取し、含水率が測定された。

以上の試験の結果、伐採後の葉枯らし日数に伴う含水率の減少経過は図1、図2のとおりである。なお、図中の各点は五本の供試木の平均値である。また、伐採直後の含水率は伐根部の円板試料から得られたものであり、最終含水率は一番玉および二番玉の末口の円板試料から得られた平均値である。伐根含水率と最終含水率を結ぶ曲線は夏季の三二日経過後の値、秋季の三三日後の値および木工鋸を用いて求めた含水率などの途中経過に基づいたものである。

スギの辺材含水率は葉枯らし日数に伴い減少するが、八月および四月実行のものが九月および十月実行のものより急激に減少した。八月および四月実行のものはおおよそ三十日程で最低含水率に達することが推定されたが、九月および十月実行のものはより長期間含水率が減少し続けた。処理時期別の最低含水率は八月処理八〇%、四月処理九〇%、九月、十月処理はともに一〇〇%であった。次にスギの心材含水率についてであるが、表1に示したように、伐根含水率は地上高五m以上の部位の材のものより五〇〜七〇%高いので、葉枯らし当初の含水率からこの分を差し引いて、葉枯らし日数



表3 スギ、ヒノキの生材比重および葉枯らし材比重

区分	末口径 (cm)	辺材率 (%)	重 量 (kg/m <sup>3</sup> )		備 考
			生材	葉枯らし材	
スギ	10	90	877	525	容積密度 320 kg/m <sup>3</sup>
	18	60	819	563	生材含水率 160%
	26	45	790	582	辺材 120%
	36	35	760	599	葉枯らし材含水率 180%
スギ	10	35	771	595	心材 120%
	18	60	661	515	容積密度 320 kg/m <sup>3</sup>
	26	45	755	525	生材含水率 160%
	36	35	702	530	辺材 70%
ヒノキ	10	44	667	533	葉枯らし材含水率 60%
	18	75	797	554	容積密度 360 kg/m <sup>3</sup>
	26	45	672	527	生材含水率 150%
	36	30	631	518	辺材 35%
ヒノキ	10	30	610	513	葉枯らし材含水率 60%
	18	75	797	554	容積密度 360 kg/m <sup>3</sup>
	26	45	672	527	生材含水率 150%
	36	30	610	513	辺材 35%

注: 計算式  
 生材比重 =  $R(1+Ue/100) * (S/100) + R(1+Ue/100) * (1-S/100)$   
 葉枯らし材比重 =  $R(1+Ns/100) * (S/100) + R(1+Ns/100) * (1-S/100)$   
 R: 容積密度, Ue: 辺材の生材含水率, Un: 心材の生材含水率, S: 辺材率, Ns: 辺材の葉枯らし材含水率, Ni: 心材の葉枯らし材含水率

以上の結果に基づき、スギ、ヒノキについて葉枯らしの効果を材積一斗当たりの水分減少量として示すと表3のとおりである。なおスギについては赤心と黒心で含水率が異なるので両者を区分して示した。また、スギ、ヒノキとも丸太の径級によって辺材率が異なるため、径級が大きくなるほど葉枯らしの効果すなわち材積一斗当たりの含水率の減少量は少

くなる。一本の立木については地上高により辺材率が異なるので本表をそのままではめることはできないが、林試での葉枯らしの実測値によると、スギでは葉枯らしにより材積一斗当たり約一八〇kg、ヒノキでは一四〇kg水分が抜け、材の重量が減少することを示した。

#### 四 葉枯らしによる化学成分および材色の変化

各地の営林局、営林署において、葉枯らしの効果についてアンケートあるいは聞き込み調査が行われているが、それをまとめると次のようになる。

(1) 無処理材は梅雨時から夏季にかけて貯材中に材が黒変するいはかびが生じることが多いが、葉枯らし材には殆ど現れず、また虫害も受けなかった。したがって葉枯らしによって虫菌類の被害防止ができた。

(2) 乾燥により樹皮が剥がれ難くなり、集運材にさいし材の損傷や貯材時の割れが防止できた。

(3) 軽くなっているため取扱いが比較的容易で、労働強度が軽減した。

(4) 製材工場に剥皮して置いておいても、丸太の材面に急に割れが入ることはない。

(5) 葉枯らし材は、冬季凍結しないので挽き易い。

(6) 製材製品の乾燥日数が短縮でき、また割れも少なかった。

図1 スギの葉枯らし日数に伴う含水率の減少経過

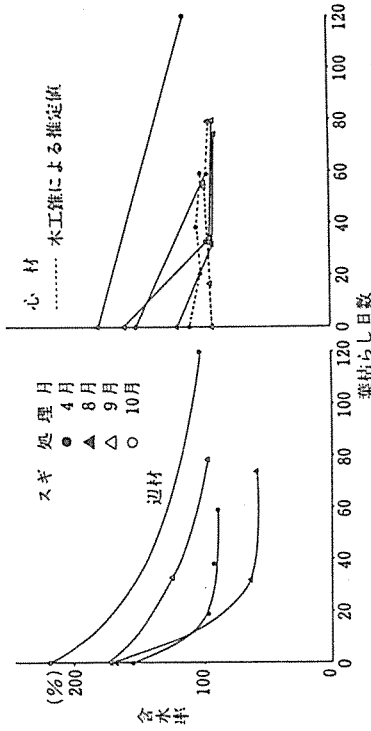
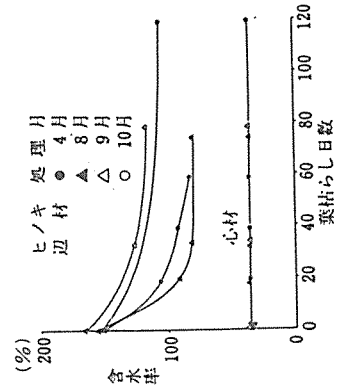


図2 ヒノキの葉枯らし日数に伴う含水率の減少経過



に伴う含水率の減少経過を見る必要があり、とすると、葉枯らしによる含水率の減少は殆ど認められないことになる。木工錐による測定結果もこれを裏付ける傾向を示した。

ヒノキの辺材含水率はスギ辺材と同様葉枯らし日数に伴い減少するが、八月および四月実行のものが九月および十月実行のものよりやはりスギ辺材と同様急激に減少した。また、含水率の減少経過もスギ辺材と同様の傾向が認められ、最低含水率は四月と八月のものがほぼ等しく八〇%、九月、十月は約一二〇%であった。またヒノキ心材の含水率は殆ど減少しなかった。



しかし葉枯らし材の出材は緒についたばかりであり、そのため製材工場では「一般材と込みで販売することになるので販売価格は変わらない」「人工乾燥で葉枯らし材と一般材と一緒に取扱うことは出来ないの、かえって手間がかかる」

表4 国有林における葉枯らし、巻枯らしの例

宮林番(局)	樹種	処理月日	玉切月日	処理価格/無処理材価格 (円/材) または価格比
松野: 葉枯らし 器種: スキ				
(1) 秋田(秋田)	60	8月上旬	10月上旬 10月下旬	元玉: 108%, 2番玉: 109% 40,100/36,000 (111.8%)
(2) 水産(東京)	89	1月下旬	4月上旬 5月下旬	普通材: 32,861/32,000 (103.8%) 任取12cm下: 100% 13~16cm: 112.8% 18~22cm: 123.5% 24~28cm: 101% 30cm上: 128% 30cm上: 113% 平均: 116.6%
(3) 新域(名古屋)		7月下旬	9月上旬 10月上旬	
(4) 高知(高知)		7月中旬	10月中旬	
樹種: ヒノキ				
(1) 新域(名古屋)		5月1~ 5月中旬	7月中~ 下旬	元玉: 100, 216/78, 108(128%) 中玉: 住3m: 55, 512/52, 078(107%) 赤口住18cm: 材144m: 83, 686/59, 692(138%) 元玉: 住3m: 92, 016/84, 996 (108%) 中玉: 住3m: 51, 604/51, 346 (100.8%) 赤口住18cm: 材144m: 72, 027/65, 108(111.8%)
(2) 新域(名古屋)		9月中 ~10月上旬	10月下 ~11月中旬	
松野: 葉枯らし 器種: スキ				
(1) 秋田(秋田)	60	6月下旬 ~8月中旬	10月中旬	元玉: 107%, 2番玉: 106%
(2) 秋田(秋田)	73	6月下旬 ~7月中旬	12月	113%
(3) 秋田(秋田)	59	8月上旬 ~9月中旬	12月	
(4) 秋田(秋田)	60	8月上旬 ~9月中旬	12月	
(5) 尾管(大阪)		6月中旬	9月中旬	任取70cm上, 2m材: 76, 503/56, 303(135.9%) 30cm上, 4m材: 72, 454/26, 043 (278.2%) 40cm上, 4m材: 83, 294/72, 060 (115.6%) 184, 000/128, 300 (157.9%) 他の販売例: 82, 700/60, 500 (155.8%) 82, 000/47, 000 (174.5%) 尾管に委託: 114.9%
(6) 鳥取(鳥取)	170	5月中旬	9月上旬	元玉: 114%, 2番玉以上: 119%
(7) 奈良(奈良)		7月下旬 ~8月上旬	11月上旬 12月上旬	

「製材品の挽き肌は良くない」などの逆効果もでている。多分もっと多く葉枯らしが行われるになれば葉枯らしの効果の大きい材が明らかになり、また、量的にまとまるようになれば別仕分けとなり、高く評価されることになるのである。

六 結び

葉枯らしの方法と効果について現時点で明らかなことを要約すると次のとおりである。  
 (一) 伐採の方向は山側でも谷側でも乾燥の程度はあまり変わらない。但し一方向だけに集中的に倒すと葉が重なり、下積の木は蒸散量が制限され、葉枯らしの効果は小さくなる。  
 (二) 葉枯らしは夏季は勿論春季に実行しても効果は大きい。が、秋季に入るとやや効果が小さくなる傾向がみられる。  
 (三) 葉枯らしの日数は、現時点では春季から夏季にかけては伐採後一カ月程度で含水率はかなり低下するが、秋季ではより長期を要する。また、葉粉含有

量は葉枯らし一カ月後より三カ月後の方が減少量が大きくこの面からは三カ月置いた方が効果的と思われる。  
 (四) 葉枯らしに伴う水分の減少は殆どが辺材で生じ、水分減少量は辺材率により異なるが、七十年生の主伐木で夏季処理の場合、スキで約三五%、ヒノキで約一〇%であった。  
 (五) 葉枯らしにより葉粉含有量が減少し、葉枯らし材の防腐防虫に効果があると考えられる。  
 (六) 葉枯らし材の販売価格は必ずしも確立されていないが、良質材でより高価に取り引きされる傾向が見られる。  
 なお、巻枯らしの効果は葉枯らしとほぼ等しいが、異なる点は巻枯らしは葉枯らしより長期を要することである。一例として、「処理五〇日後によく葉の末端部分に変化が生じ始め、一四〇日経過後枯れが目立ちはじめた」という報告があり、巻枯らしには五カ月以上を要することになる。  
 以上のように新しい観点にたった葉枯らしはまだ緒についたばかりであり、必ずしも十分な効果が立証されたとはいえないが、ただ伐倒して置いておくだけで木材をまるごと乾燥させることができることは大きな利点であり、反面、さほどの不利は考えられないとすると、大いに検討を加えて活用を図ることが得策と考えられる。葉枯らしの効果の活用面も多方面にわたると考えられ、それぞれの面でのより詳細な検討が望まれる。  
 (林業試験場木材部、加工技術科長)

文献

(一) 日本木材学会大会講演集(一九七〇)  
 (二) 松野 隆夫、岡崎 昌、スキ御付き丸木の心材色の経時変化、林業試験場報告(一九七〇)  
 (三) 長坂 豊次、わが若野川上林業、大日本山林会(一九七〇)  
 (四) 清水 元、秋田杉と葉枯しに関する参考資料、林曹会報、一七七(一九三二)  
 (五) 大島 登郎、葉枯らし材の色に就いて、林曹会報、一七九(一九三二)  
 (六) 三枝 實、杉立ち皮剥に対する卑良 林曹会報、一一六(一九三六)  
 (七) 菅原 三、スキ立皮剥が材の乾燥に及ぼす影響、林試集報(一九三六)  
 (八) 岩田 昭、野原正人、大塚和典、スキ、ヒノキ丸木の林内乾燥について、岐阜県林業センター報告、九(一九八二)  
 (九) 鷺見 厚、伐採木の林内乾燥による経時効果試験、昭和五八年度業務成績報告書、愛媛県林業試験場(一九八四)  
 (十) Viggoy C. J. H. F., Verbaas Biological-drying of Pinus radiata and Eucalyptus cladocalyx trees Journal of the Institute of Wood Science 15(1985)  
 (十一) 昭和五十八年度、昭和六十年年度、秋田、東京、名古屋、大阪、高知宮崎、業務研究発表論文集  
 (十二) 鷺見 厚、佐藤 任一、齋藤 周逸、中野 達夫、ヒノキ、スキ材の葉枯らし、巻枯らし等林内乾燥試験、林内乾燥法の確立、昭和六十一年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書(完了) 投稿中  
 (十三) 林良 興、大原 誠賢、加藤 厚、葉枯らし材の化学的評価、昭和六十一年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書(完了) 投稿中  
 (十四) 中野 達夫、齋藤 周逸、鷺見 厚、葉枯らし試験の方法、第三十八回日本林学会関東支部大会発表論文集、日本林学会関東支部、投稿予定

# 14 木材の天然乾燥とその促進

野原 正人\*

木材工業 Vol 33-4, 8~11

## はじめに

木材を利用する場合、加工後の製品の狂いや割れを防止する手段として、人工乾燥によって木材を使用する場所の平衡含水率に近い含水率まで低下させることは常識となり、現在はほとんどの木製品が乾燥材で製造されている。古くは、天然乾燥が主体であり、それなりに天然乾燥の方法も種々検討されていたようであるが、人工乾燥が主体となるにしたがって、予備乾燥として天然乾燥を実施している工場でもあまり天然乾燥に重きをおかず、一部にはただ一定期間屋外に棧積しているといった状態もみられる。しかし、天然乾燥は人工乾燥のように人為的に温度や湿度を調節して、木材が乾燥しやすい条件を与えることができないだけに、棧積の方法や管理の適否によってその乾燥速度は大きく左右される。また、天然乾燥は人工乾燥に先立つ予備乾燥として実施されるのが普通であるため、高含水率域における乾燥の速いときのみを天然乾燥に依存し、含水率が低下して乾燥速度がおそくなった場合は早目に人工乾燥に切り替えた方が有利である場合も多い。そのためには、乾燥条件や被乾燥材の種類によって乾燥速度がどのように変化するかを知ることが必要である。なお、天然乾燥は長期間を要するばかりでなく、それが種々の因子によって変動するなど不安定であるが、これは現在のような計画的生産をめざす木材工業にとって致命的な欠点となる。そのため、乾燥条件がゆるやかでしかも乾燥経費の少ない天然乾燥の長所を生かし、乾燥時間の長い欠点を補う方法として、種々の促進装置が考えられている。

本稿は、こうした天然乾燥における乾燥速度を主眼にして種々検討するとともに、天然乾燥の促進装置やその効果について紹介しようとするものである。

## 1. 広葉樹材の天然乾燥

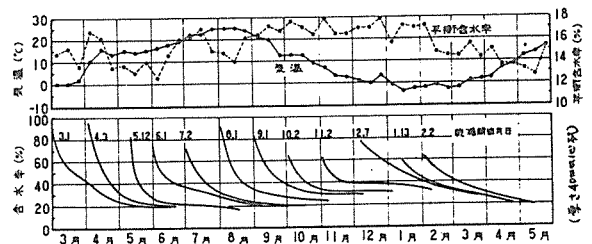
木材の乾燥といえば、まず広葉樹が対象として考えられるが、これは乾燥にともなう狂いや割れなどの損傷が大きく、現在では広葉樹を利用する場合、乾燥という工程を欠くことは不可能となっているためである。しかも広葉樹は乾燥時間が長く、乾燥初期の条件を低温高湿に

することが常識となっているが、生材から直接人工乾燥するよりは天然乾燥によってある程度までゆっくり乾燥することが、乾燥経費あるいは乾燥歩止りの点からみて非常に効果のある方法である。

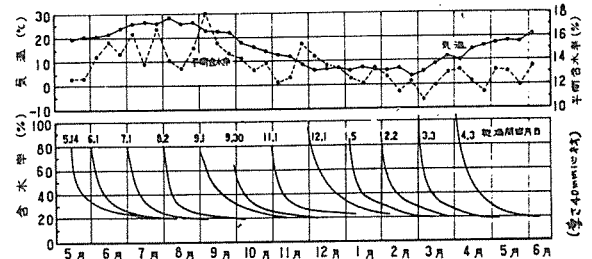
### 1.1 各地の天然乾燥の経過と所要期間

天然乾燥に要する期間は、樹種、板の厚さ、棧積の方法、乾燥する場所、季節および目的とする仕上り含水率によって大きく変化する。そのため最も経済的な天然乾燥を実施しようとするれば、まずその場所における樹種、板の厚さおよび季節別に適正な乾燥時間を知ることが必要である。

岐阜県高山市および美濃市でブナ材を乾燥（棧積しない一枚板の状態）したときの月別乾燥経過測定例をみると<sup>1)</sup>、両地での乾燥経過は第1～2図に示すように非常に大きな差が認められる。ことに高山市の場合には中央高原型気候区に属し、冬期間（11月～2月）の乾燥速度が極端に低下している。高山市の最低気温は北海道の沿岸地方の最低気温に匹敵し、比較的季節風も少ない（年平均風速 1.3m/s）所であり、冬期間の天然乾燥にはあまり条件が良くない地方である。それに比較して、美濃市（東海関東型気候区）は季節による差が少なく年間を通じて比較的良好的な乾燥を示す。冬期間でも風がある（年平均



第1図 高山市におけるブナ材の月別乾燥経過と気象<sup>1)</sup>



第2図 美濃市におけるブナ材の月別乾燥経過と気象<sup>1)</sup>

\* 岐阜県林業センター、木材加工科長

風速 2.1m/s) ため、乾燥速度はあまり低下しないようである。

この乾燥速度は材種によっても異なり、板の厚さが大きいほど、また辺材より心材の方が乾燥速度は低下するが、乾燥の良好な時期はその差が大きくなり、冬期間のように乾燥条件の悪いときほど差が少なくなる。天然乾燥の速度に影響する因子は、気温、湿度および風速であるが、これらが複雑にからみ合っているため、どの因子が最も大きく影響するかは明確でない。しかし、年間を通じてみた場合は、気温>風速>湿度の順に影響すると考えて良いようである。

第1表は、ブナの心材を一枚板の状態で乾燥した場合の高山市<sup>1)</sup>、美濃市<sup>1)</sup>、鳥取市<sup>2)</sup>および岩手県岩手郡<sup>3)</sup>における、生材(80%)から含水率30%までの乾燥に要する日数を示したものである。その他の樹種についての測定結果でも、地域によって乾燥日数が大幅に異なり、一般的に裏日本側の地域では表日本側に比べて、必要乾燥日数は長くなるようである。

### 1.2 天然乾燥の仕上り含水率

乾燥速度は、地域、季節によって大きな変化を示すが、天然乾燥における仕上り含水率も当然同じように地域や季節によって異なっている。含水率が40%くらいになると乾燥速度は非常に低下し、ついにはほとんど平衡状態を保つようになる。例えば、高山市においてブナの40mm板心材を9月に乾燥を始めた場合、11月には含水率30%くらいまで乾燥しているが、12月あるいは1月まで乾燥を継続しても、含水率はほとんど低下しない。このように、ほとんど乾燥が進行しないで平衡状態に達した場合は、それ以上乾燥を継続しても効果はなく、すみやかに人工乾燥に移行する方が、経済的にみて有利であると考えられる。

乾燥速度が低下して平衡状態に達する含水率は、その時の気象条件が示す平衡含水率より5~10%高い含水率を示すが、これは夜間の平衡含水率に大きく影響されるためであろう。含水率が平衡状態に達し、あまり変化しなくなった時点天然乾燥の仕上り含水率とすれば、その値は地域や、乾燥開始の時期および乾燥を終了する時期によって影響をうける。例えば、美濃市では年間を通じて25%を仕上り含水率として良いが、高山市では11月~12月に乾燥を開始したときは、30~40%を仕上り目標にするなど、地域や季節によって仕上り含水率を決定しなければならない。

### 1.3 棧積方法と乾燥むら

棧積をした場合の乾燥では、前述した一枚板の乾燥とはかなり様子が異なる。すなわち、棧積することにより板の表面を通過する風が少なくなるため、乾燥速度は低

第1表 各地の月別天然乾燥日数<sup>1)~3)</sup>

(ブナ心材, 1枚板, 含水率80~30%) 日

場所	月 板厚	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		岐阜県 高山市	40mm 20mm	70 33	64 35	38 30	34 21	17 10	56 19	38 20	40 12	64 23	53 12
岐阜県 美濃市	40mm 20mm	28 8	27 13	18 9	25 10	24 6	21 21	20 10	13 7	33 18	23 9	20 10	34 18
鳥取県 鳥取市	45mm 30mm	69 24	55 34	54 19	42 23	47 19	48 17	29 18	27 10	34 28	54 20	65 22	69 35
岩手県 岩手郡	36mm 20mm				13 7		12 6			31 20			56 15

第2表 天然乾燥前後の含水率むらの変化<sup>3)</sup>

(鳥取市)

樹種	板厚 (mm)	天乾開 始月日	日数	天乾前		天乾後		試料数
				平均 含水率	標準 偏差	平均 含水率	標準 偏差	
ラミン	40	4/22	213	55.6	5.6	15.8	1.2	30
ミズナラ	27	6/25	150	72.1	9.7	16.6	1.1	258
ミズナラ	27	9/5	205	56.9	14.9	18.6	1.7	251
レッド ラワン	21	11/30	60	82.4	17.2	27.7	4.0	44

第3表 棧積内の仕上り含水率<sup>6)</sup>

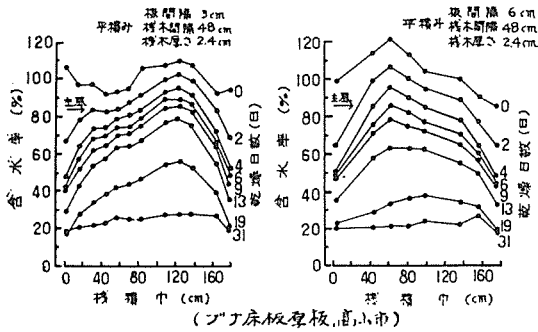
(ブナ, 高山市)

厚さ(mm)	40	40	40	50	50	50
乾燥日数	180	120	210	140	120	120
開始月日	4/9	6/17	8/9	8/29	9/24	10/7
上段(%)	15.2	16.8	20.7	22.9	21.1	22.0
中段(%)	17.1	17.9	20.6	22.8	25.0	38.1
下段(%)	16.7	20.6	22.5	27.4	30.7	44.9
平均(%)	16.0	18.4	21.3	24.4	25.6	35.0

(注) 各段の仕上り含水率はその段の板全体の平均値

下し、棧積中央部分の乾燥は外側の部分よりおくれることになる。天然乾燥の目的の一つに含水率の均一化があり、当然仕上り含水率のむらを少なくすることが必要である。そのためには中央部分の含水率が外側の含水率と差がなくなるまでの待ち時間が必要ということになり、棧積全体の乾燥時間は長くなる。

鳥取市においてミズナラおよび南洋材を天然乾燥したときの仕上り含水率のむらを見ると、第2表のように初期含水率のむらが少なく、乾燥時間が長いほど仕上り含水率のむらも少なくなっている。また、高山市においてブナ材を天然乾燥した場合には、棧積下部の含水率は上部の含水率に比較して相当高い値を示している(第3表)。こうした天然乾燥における乾燥むらは棧積の方法によって著しく異なり、棧積内の空間部が多いほど乾燥むらは少なくなるようである。板と板の横方向の間隔を3cmと6cmの2通りにして棧積した場合には、第3図の



第3図 棧積における板の横間隔と乾燥経過<sup>6)</sup>

ように空間部の多い6 cm 間隔にした方が棧積中央部の乾燥おくれが少なく、そのために棧積全体の平均含水率が25%に達する日数は3 cm 間隔の約1/3になっている。

## 2. 針葉樹材の天然乾燥

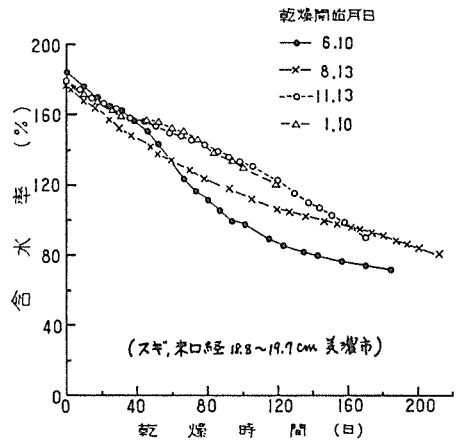
針葉樹は広葉樹に比較して乾燥も速く、また乾燥による損傷も少ないため、建築用材として使用される場合などはほとんど含水率を問題とせず、未乾燥のまま使用されるのが普通であった。しかし、現在のように建築構法が変化して工期が短縮されたり、生活様式の変化によって冷暖房が一般化してくると、未乾燥材の使用は種々問題が生じてくるため、建築用材としても乾燥材の要求が強くなってくる。

### 2.1 丸太の含水率分布と乾燥速度

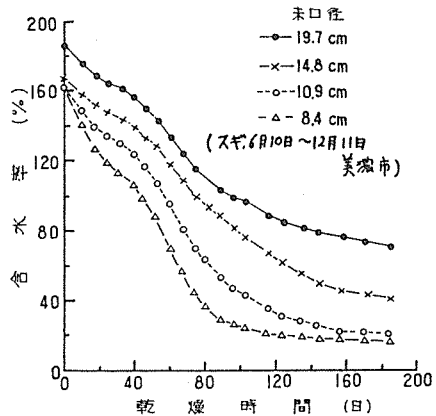
広葉樹の被乾燥材は板状のものがほとんどであるが、針葉樹の場合は建築用材が主となるため、柱や梁など断面積の大きい材料が被乾燥材となる。しかも一本の丸太から一本の柱をとるいわゆる一丁取りの製品が多く、丸太の含水率がそのまま製品の含水率に影響することが多い。そのため、生丸太の含水率分布や、土場に放置されている期間を無視することはできない。

立木の含水率は、伐採時期やその部位によって異なり、一般に生長の盛んな春期に伐採した材の含水率は低く、冬期に伐採した材は高い含水率を示すようである。また、樹幹の水平方向の差は大きく、辺材の含水率が心材の2倍以上の含水率を示すことも珍しくない。樹幹の垂直方向の差は水平方向ほど大きくはないが、辺材の含水率は樹幹上部ほど低くなるようである<sup>7)</sup>。

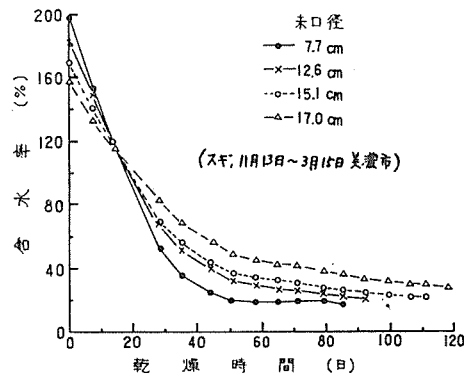
また、伐倒された丸太は林内あるいは工場土場に放置されている間に当然乾燥するが、こうした丸太での乾燥も季節や丸太の大きさによって異なる。美濃市の工場内にスギ丸太を放置した場合の乾燥経過が報告されているが<sup>7)</sup>、樹皮のまま放置した場合と、はく皮した丸太を放置した場合とではその乾燥速度に非常に大きい差が認められている。第4図は皮つき丸太の季節別乾燥経過であ



第4図 皮つき丸太の季節別乾燥経過<sup>7)</sup>

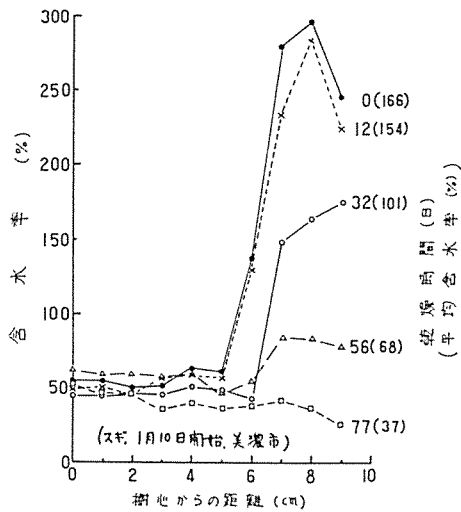


第5図 皮つき丸太の径級別乾燥経過<sup>7)</sup>



第6図 はく皮丸太の径級別乾燥経過<sup>7)</sup>

るが、末口径19 cm 程度のスギ丸太は約半年間放置しても含水率約80%くらいまでしか乾燥せず、しかも梅雨時あるいは冬期間の乾燥は非常に悪いようである。また、丸太の大きさによって乾燥速度も著しく異なるが(第5図)、これらをはく皮することによってその乾燥速度は第6図のように非常に速くなる。

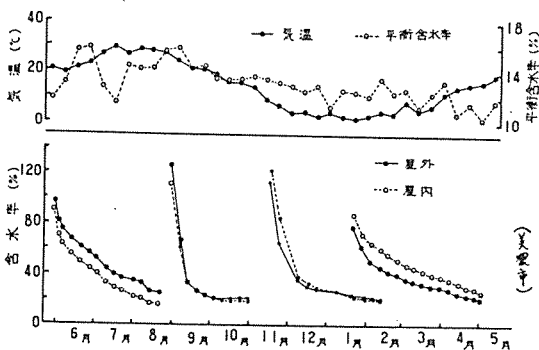


第7図 はく皮丸太の含水率減少経過<sup>7)</sup>

なお、丸太が乾燥するときの含水率分布の変化は第7図のように、辺材部の含水率が心材部より高い間は心材部の含水率にほとんど変化がなく、辺材部の含水率が心材部のそれより低くなった時点になってはじめて心材部の水が表面に移動し始めることがわかる。

## 2.2 製材品の乾燥速度

針葉樹の製材品は、前述の通り建築用材が主であり、しかも乾燥が要求されるのは断面の大きい柱や梁ということになる。また、大径材である外材からの製材品を除けば、ほとんどが心持ち材の一丁取りであるため、従来の被乾燥材と異なり含水率分布は中心部が低く、外周部が高い逆の形となる。しかし、製材によって辺材部が多く取り除かれるため、丸太に比較して製材品の初期含水率は低くなる。

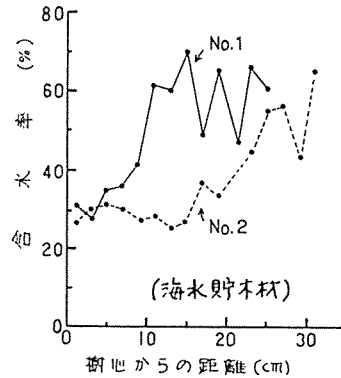


第8図 スギ10.5cm角の季節別乾燥経過と気象<sup>7)</sup>

スギの10.5cm角を、丸太と同じく美濃市で乾燥したときの乾燥経過をみると、第8図のように梅雨期には屋外の方がおそく、冬期は屋内の方がおそくなるなど、湿度や風の影響が丸太の場合より大きく現われている。心

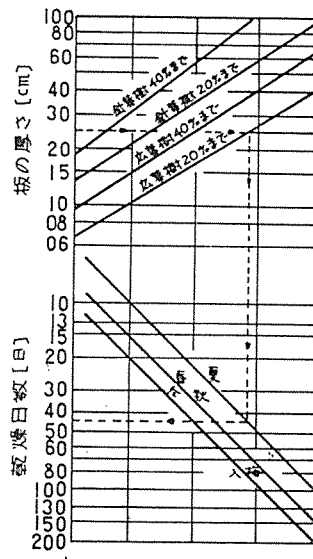
持ちで断面積の大きい柱や梁などは当然乾燥がおそいが、辺材の占める率が大きいものは乾燥速度は速くなり、平衡状態になる含水率も低くなるなど、製材品の乾燥速度に対する心材率の影響は大きい。

また、樹種別の問題として、国産材のヒノキ、アカマツはスギに比べて初期含水率が非常に低く、しかも、含



第9図 ベイスギ丸太の含水率分布<sup>8)</sup>

水率30%までの乾燥速度は大きいとされている<sup>7)</sup>。ベイツガ、ベイスギなど外材の大径木の中には、第9図に示すように局部的に高含水率を示す部分があり、これは一般には水喰い材と呼ばれ乾燥上の大きな障害となる。こうした丸太の含水率のむらも製材品として一定期間天然乾燥すればほとんどなくなり、初期含水率のむらより積積位置のむらの方が大きくなるようである<sup>8)</sup>。



第10図 季節、材の厚さ別天然乾燥日数<sup>7)</sup>

このように天然乾燥速度は、場所、季節、あるいは樹種によって非常に異なるため、それぞれ資料の蓄積をはかることが必要であるが、天然乾燥の所要期間を概略的に求める一つの方法として第10図が示されている。〔文献は次回に掲載〕

(1978. 2. 10 受理)

## 1.5 徳島スギ林内乾燥の葉枯らし効果

徳林総 ○阪井茂美 吉村武志 坂田和則 佐藤尚史  
徳大総科 三井篤

1. 目的 大規模木造建築物が各地で建設されはじめ、大断面の木材が使用されるようになって、木材乾燥が品質管理の上で極めて重要な技術要素となってきている。この大断面木材乾燥技術は、まだいくつかの課題が残っているが、森林での丸太乾燥と製材品の乾燥に大別される。徳島では、若手林業家が、昭和50年からスギ丸太の林内葉枯らし乾燥を実施し(写真-1)、より優れた品質の乾燥材<sup>1)2)</sup>を安定供給しており、スギの建築構造材料としての新しい需要分野の開拓を目指している。本研究は、3年生スギ人工林材23体について、葉枯らし効果を確認し通年伐採への可能性について検討したものである。

2. 実験方法 徳島県池田町松尾県有林内で、胸高直径20cm以上のものを、生材の含水率測定用に10体、葉枯らし材の重量測定用に10体、生材と葉枯らし材の材色測定用に3体合計23体を伐採現場で無作為に選定し、峰側方向に伐倒し、枝払いと剥皮をせずにそのまま林内に放置し、昭和62年9月16日から11月27日までの72日間葉枯らし乾燥した。この供試材の全幹重量変化を、2,000kgの吊り秤を集材機にセットし、各供試材を吊り上げ、伐倒直後、16日後、30日後、57日後、72日後の計5回測定した。葉枯らし材乾燥終了時点で供試材を4mに採材し、その末口部で厚さ約5cmの円盤状試験片を採取し、辺材・心材別に全乾法により含水率を求め、各重量測定時の含水率を算出した。

3. 結果と考察 (1) 生材の含水率分布について見ると、辺材・心材ともに個体間変動が大きい。地上4m以上では、ほぼ一定の傾向である。しかし、心材の含水率については、赤心材と黒心材とでは、大きな差がみられ黒心材の方が赤心材のほぼ2倍になっている。(2) 葉枯らし乾燥材についても個体間変動があるものの、辺材部の含水率低下が大きく、辺材・心材の含水率差が少なくなっている(図-1)。(3) 9月伐採では、約2カ月で重量が25%、含水率が40%程度減少する。(4) 材色においても葉枯らし材が、辺材・心材ともに材色の向上がみられる(写真-2)。

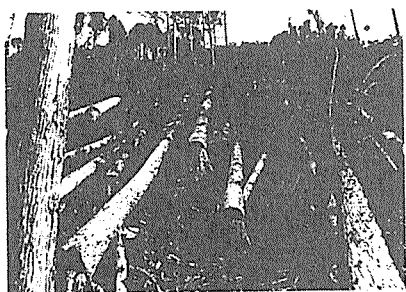


写真-1 葉枯らし乾燥状況

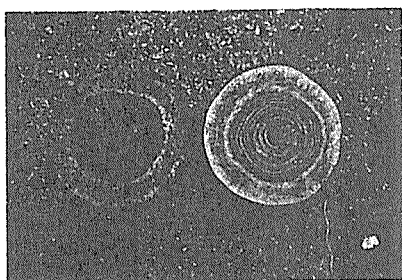
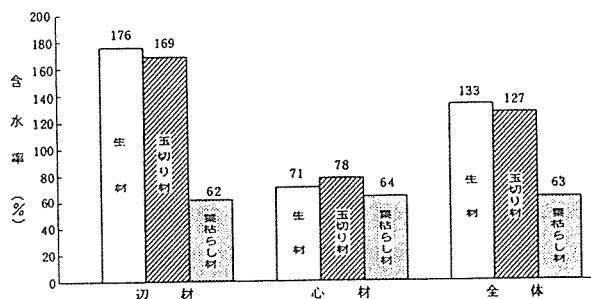


写真-2 玉切り材、葉枯らし材の木口面(右側が葉枯らし材)



(注) ① 生材は伐倒時の含水率である。  
② 玉切り材および葉枯らし材の乾燥期間は72日間である。

図-1 玉切り材と葉枯らし材の含水率比較

文献1) 阪井茂美: スギ丸太の林内乾燥試験(第2報)  
徳島県林業総合技術センター研究報告第25号、  
2~5, 1987

2) 三浦茂則: 徳島県におけるスギ中目材の構造材  
への利用とその問題点, 日本木材学会 木材強  
度・木質構造研究会 1988年度秋期シンポ  
ジウム講演要旨集, 1~8



## 16 太陽熱を利用した針葉樹材の乾燥促進

岩手県林業試験場 ○中野正志・東野正

〔はじめに〕 最近、建築材に対する乾燥の必要性の認識が高まり、乾燥材の需要が高まってきた。

本県の針葉樹建築材の乾燥は、天然乾燥が主流であり、その乾燥の進み具合は気象条件によって著しく左右されて、乾燥に長期間を要する。更に、寒冷な冬期間では乾燥が進行し得ない。一方、人工乾燥はランニングコストの安価な省エネルギー型の装置が普及してきてはいるが、未だ乾燥コストが経営上のネックになっており、役物級の構造材及び造作材について生産されているにすぎないのが実状である。

したがって、県産針葉樹乾燥材の需要拡大と安定的供給を図るには、更に乾燥コストを低く抑えた乾燥法の開発が重要である。

その方法としては、太陽熱を利用した乾燥法が省エネルギーの面から注目されつつあり、各機関で装置の開発あるいは研究が進められている。

そこで、本県でも建築用乾燥材の生産性を高めるため、地域及び気象条件を考慮して北海道立林産試験場で開発した装置<sup>1)</sup>を基本にして装置を製作した。この装置のシステムは太陽エネルギーを積極的に利用して天然乾燥を促進する特色を有している。<sup>2)</sup>

本試験は、この装置を利用して天然乾燥の進行しない冬期について乾燥効果を検討したので結果の概要を報告する。

〔装置の概要〕 製作した装置は、図-1に示すように床面積が約13㎡で、長さ4mの材が収容できる10石規模である。

以下施工の概略を示す。

装置の北面及び東西面は、構造用合板と断熱材で構成し、南面は中空複層パネル(厚さ9mm)を取付けた構造とした。

集熱体は、屋根は(10/10勾配)の天井室と南面の三角集熱室を一体化した構造とし、日光を受ける天井部・壁体に集熱板(黒色亜鉛鉄板)を全面的に取付けた。装置全体の太陽エネルギーの集熱面積は約30㎡である。

装置内の送風機は、熱を室内に吹込む送風用(直径35cm)・熱を吸出す吸気用(直径30cm)を各2基、また、排気は室温の熱損失を少なくするため、強制同時吸排気用を2基、計6基を設置した。

試験中、送風機の運転は、送風用・同時吸排気用を連続運転とし、吸気用は日中のみの間けつ運

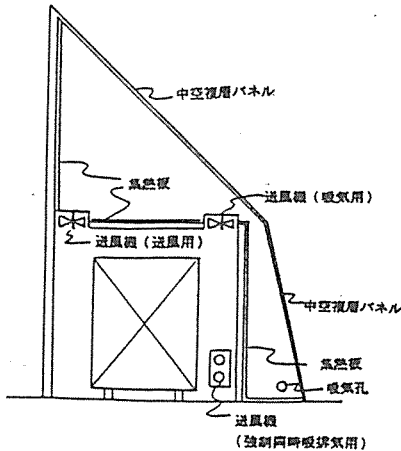


図-1 装置の概略図

転(8時間)とした。

〔試験方法〕 供試材は、長さ3.65m、スギの11.5×11.5cmの正角材(心持ち・心去り材)及び6×12cmの平割材の2材種とし、それぞれ60本、15本を込みで棧積みした。

乾燥は、'89年1月26日に開始し、正角材が含水率20%（全乾法）を目標に乾燥終了とした。

〔装置の温度と乾燥経過〕 期間中の外気平均気温、全日射量と装置内の平均温度を図-2、また、材種別の乾燥経過を図-3に示した。

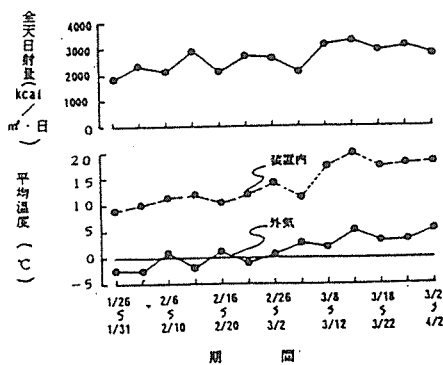


図-2 外気と装置内の温度

全期間中の装置内の平均温度は14.0℃で外気より12.8℃高かった。

目標含水率までの乾燥日数は、心去り材で66日（初期含水率98%）、心持ち材で63日（同71%）及び平割材で43日（同97%）を要した。一方、天然乾燥は含水率25~35%の範囲にあったが、平年とかわらぬ状態で含水率が減少するものと想定した場合、太陽熱利用乾燥は天然乾燥に比較し約1/2の乾燥日数と推定された。

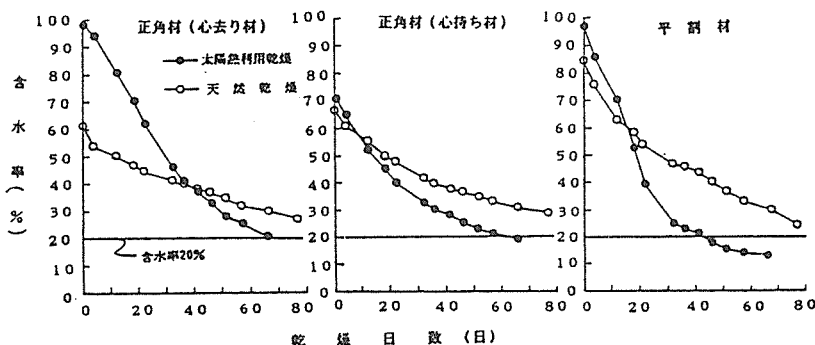


図-3 乾燥経過

〔乾燥経費〕 乾燥の直接経費を送風機の電力費のみとして、材種別の収容規模に応じて算出し表-1に示した。

表-1 乾燥経費

供試材	乾燥日数 (日)	積算電力量 (KWh)	乾燥経費 (円/m <sup>3</sup> )
正角材	66	545	3170
平割材	43	355	2210

電力費（従電燈乙）は、1KWh当り18円で計算した。

さらに、太陽熱利用乾燥は人工乾燥の予備乾燥として利用することで、コストの軽減が図られるので有利な乾燥法である。

引用文献

- 1) ウッティエイジ：林産試型・ソーラードライヤー施工マニュアル，32，8，1984

# 1.7 柱材の乾燥による含水率変化及び狂いに関する調査

(株) 一条工務店 ○古沢 信 平野 茂  
 東京大学農学部 是枝久和 有馬孝禮 中村 昇

1. 緒言 在来軸組構法 に使用する柱材について、その材質保証を目的とした乾燥材の導入が積極的に行われている昨今である。しかし、人工乾燥によって、反り、ねじれ等の狂いが生じ、柱材として使用不可能になってしまったり、あるいは修正を行う必要がでてくる材も少なくない(\*)。本調査では、スギ柱材が乾燥過程を経ることによって起こる含水率変化と狂いについての現状を明らかにすることを目的とした。

2. 調査方法 スギ柱用材 (10.5×10.5×300cm) ひと山 (42本, 49本) を調査単位とし、購入直後の生材に近い状態 (以下乾燥前と呼ぶ) における、柱材の寸法、重量、反り、表面含水率、縦振動による固有振動数、木口面上のpithの位置を測定する。同材を人工乾燥した後、乾燥前と同様の測定を行う。柱の反りの測定には2つの方法を用いた。図-1に示す矢高を測定する方法と、図-2に示す一端載荷による浮き上がり測定する方法を用いた。表面含水率の測定には、高周波式含水率計を用いて、各材4面、1面につき3箇所を測定した。縦振動の固有振動数は、木口面をハンマーで叩き、反対の木口面でマイクロホンによって弾性波をとらえ、FFTアナライザの分析を通して得た。得られた縦振動の固有振動数から、縦弾性係数を求めた。pithの位置の測定は、図-3に示す様に、木口面上の中心からのx, y方向へのpithのズレとして値を得た。

3. 結果 図-5に示される通り、乾燥後には、反りの値のバラツキが大きくなり、極端な反りが現れる材もある。測定で得られたpithの位置、縦弾性係数及び表面含水率を使い、これらと反りについての相関を検討した。また本調査は、人工乾燥を行った後の柱材が、狂いの修正を経て、現場において柱材として施工されるまでの過程を追って、狂いの状況を調査した。

(\*) 信田, 宮沢, 有馬 1988;  
 第38回木材学会大会要旨集 p.416

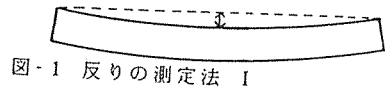


図-1 反りの測定法 I



図-2 反りの測定法 II

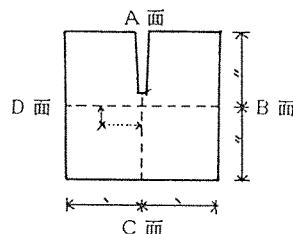


図-3 木口面とpithの位置

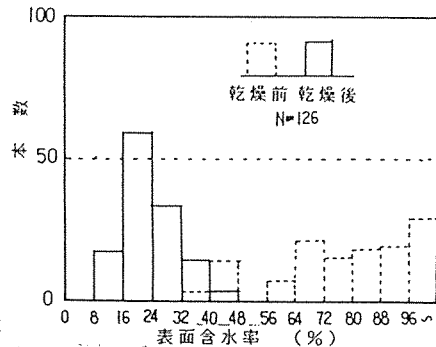


図-4 乾燥前後における表面含水率変化

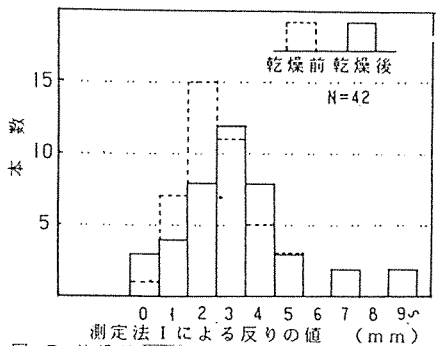


図-5 乾燥前後における反りの変化

18 高周波式含水率計の性能調査  
(日本住宅木材技術センター認定の3機種について)

森林総合研究所 ○久田卓興・斉藤周逸

1. はじめに

建築用材の乾燥に対する認識は近年一段と高まりつつあり、これにともなって製材の含水率を規格化しようとの動きが急である。日本住宅木材技術センターでは木質建材等認証推進事業において乾燥処理材のA Q認証を取り上げ、市場への優良乾燥材の普及を図ろうとしている。また、J A S改正に於いても乾燥規格は重要な問題とされ、すでに製材規格研究会から素案が提示されている。これらを実際に運用して行く際には、まず木材の含水率を能率的に精度良く測定することが不可欠である。

従来、木材含水率の測定では全乾法が基準で、これに電気抵抗式の含水率計が補助的に用いられてきたが、いずれも現実の我が国の建築用製材の含水率測定には不向きである。一方、高周波式含水率計は使用上は便利であるが精度の問題がネックであった。このような背景の中で、日本住宅木材技術センターからは針葉樹製材に用いる含水率計について一定の性能基準が示された。ここでは新たに認定された3機種について、その性能を調査した。

2. 含水率計の性能基準にもとづく試験

住宅木材技術センターによる性能検定試験では、含水率調整された厚さ10mmの試験材を5枚積み重ね、上部に含水率計をあてて測定し、10回の測定値の平均が所定の適合基準に合致することとされている。AおよびBは絶対値に関する試験で、Cは測定深度に関する試験である。

(1) 試験材の含水率 (全乾法 JIS Z 2102 による)

表1 単位：%

	スギ			ヒノキ		
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
平均値	13.5	15.7	54.9	13.5	16.9	55.8
標準偏差	0.23	0.36	2.86	0.08	0.17	6.03

試料数：10

(2) 含水率計による測定結果

表2 単位：%

含水率計の型式		スギ			ヒノキ		
		A	B	C	A	B	C
Kett MOCO-2 型式：HM-520	平均値	12.2	16.0	23.6	16.5	19.1	25.2
	標準偏差	0.35	0.93	1.33	0.83	0.55	1.16
フソー WAKARL-S 型式：FSK-118	平均値	14.5	16.4	22.6	17.4	20.1	26.5
	標準偏差	0.55	0.71	1.35	1.15	0.28	0.80
CSA デルタ5 型式：DELTA-5	平均値	12.5	14.1	19.9	12.9	15.2	21.5
	標準偏差	0.41	0.91	1.31	0.71	0.47	0.80

## (3) 性能基準に対する適合性

表 3

単位：%

含水率計の型式	スギ			ヒノキ			総合判定
	A-S <sub>1</sub>	B-S <sub>2</sub>	C-B	A-S <sub>1</sub>	B-S <sub>2</sub>	C-B	
Kett MOCO-2 型式：HM-520	-1.3	0.3	7.6	3.0	2.2	6.1	○
	○	○	○	×	×	○	
フソー WAKARL-S 型式：FSK-118	1.0	0.7	6.2	3.9	3.2	6.4	○
	○	○	○	×	×	○	
CSA デルタ5 型式：DELTA-5	-1.0	-1.6	5.8	-0.6	-1.7	6.3	○
	○	○	○	○	○	○	

性能検定試験にはスギまたはヒノキの辺材を用いることになっているが、ヒノキの絶対値に関する検定で適合基準を越すものが2機種あった。しかし、高周波式含水率計は比重の影響を受け易いため、本来はその補正が必要なはずである。この試験ではスギは全乾比重約0.33、ヒノキは約0.39の材を用いたが、ヒノキは標準的な材に比べ比重がやや高いように思われる。これを補正すると、どの機種も精度的にはほぼ同レベルといえよう。ただし、デルタ5が全体的に低い値を示す傾向は認められる。いずれにしても比重補正無しで絶対値に対して±2%の精度を要求することはかなり難しい。実際の測定では比重の補正は困難で、また比重による誤差よりも材の内部が未乾燥な事による誤差の方が影響が大きいため、ここではCの測定深度に関する性能が大切なように思われる。

## 3. 実用性能について

実用的な性能を調べるため、スギ正角材について、①除湿式乾燥における乾燥途中の含水率（図1）と、②除湿乾燥後1カ月屋内に放置された材の含水率（表4）を測定した。その結果、図1ではいずれも含水率50%以下で全乾法の値よりも含水率計の表示値が低くなる傾向がみられ、特にMOCO-2で顕著であった。これは乾燥途中であるため材の表層付近の含水率が極端に低くなり、その影響によるものと思われる。これに対し表4のように含水率傾斜が緩やかになった状態では、逆にMOCO-2の値が最も大きい。

今回認定された3機種の性能を見ると、それぞれ多少の特性の相違はあるが含水率20～25%の実用的な領域に於いて、従来の機種に比べ特性がかなり良くそろっており、製材の含水率管理のための計器としてまずまずの性能であると評価される。

表 4 入乾後1カ月放置した材の含水率

含水率計	平均値	範囲	標準偏差
MOCO-2	21.7	15～42	5.22
WAKARL-S	20.1	15～43	5.30
DELTA-5	19.6	13～48	6.22

一般購入材、乾燥条件不明

試料数：34

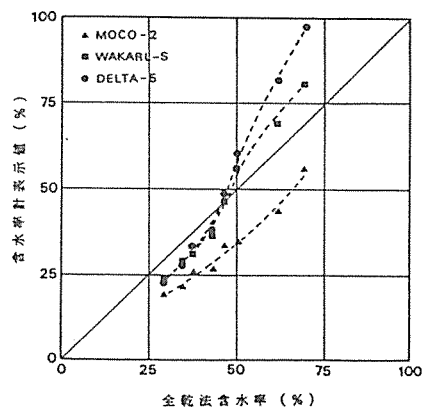


図 1 乾燥途中における測定結果  
除湿乾燥 10日、35～45℃

# 19 スギ および カラマツ仮道管壁孔の開鎖率について

森林総研 須川豊伸

1. はじめに 針葉樹材における液体や気体の透過は、主に仮道管相互の有縁壁孔を通して行われると考えられている。したがって透過の良否は、壁孔の開鎖によって左右される。一般的には辺材の壁孔は開放しているのに対して、白線帯や心材では閉鎖しているといわれている。ここではスギとカラマツについて、辺・心材、白線帯別に壁孔の開鎖率を求めて液体や気体透過との関連性を求めるための基礎資料とした。

2. 供試木と方法 1) スギ：7本 茨城県太子産 75年生、胸高径 29-37cm、白線帯幅 8-10mm 2) カラマツ：5本 群馬県沼田産 70年生、胸高径 39-48cm、白線帯幅 3-5mm これらの胸高部位の円板から、樹心を通る幅 5mm、厚さ 5mm の試片を木取り、これから薄切片用の小片を切り取った。この小片を飽水した後、アルコール脱水してアセトンで置換してエポキシ包埋した。これをロータリーマイクロームでガラスナイフを用いて厚さ 3 $\mu$ m の木口切片を作りサフラニンで染色後、カナダバルサムで封入した。これを顕微鏡を用い、主に早材の壁孔 100 個以上をしらべた。

3. 結果と考察 Tableに閉鎖率、Photo.1-4 に壁孔閉鎖の状態を示した。これによればスギでは辺材の壁孔はほとんど開放しており、その閉鎖率は平均で 11.9%であった。これに対して白線帯と心材では、閉鎖率はほぼ 80% に達していた。他方、カラマツでは辺材の閉鎖率はスギよりも小さく、No.2 を除けば 2~5% の範囲でほとんどが開放していた。また、心材はこれとは逆に閉鎖率は 95% 以上に達している。なお、カラマツの白線帯の閉鎖率に大きなバラツキが認められるが、これは開放から閉鎖に移行する途中のものと考えられる。ここでスギとカラマツの閉鎖率を比較すると、辺材でスギが若干大きく、白線帯と心材ではカラマツの方が大きい。また、閉鎖の状態ではカラマツのツールズは壁孔縁により緊密に密着しているように観察された。

Table 仮道管壁孔の開鎖率

No		辺材	白線帯	心材	心材色
スギ	1	10.0%	84.4%	85.7%	赤
	2	10.0	83.8	77.4	黒
	3	9.1	84.0	73.9	黒
	4	11.0	79.9	66.7	赤紫
	5	16.7	77.0	75.0	黒
	6	10.9	73.9	87.7	赤
	7	15.5	67.9	82.0	赤
	Av	11.9	78.7	78.3	
カラマツ	1	5.0%	93.5%	99.0%	赤
	2	23.8	30.8	98.0	〃
	3	2.0	94.3	95.7	〃
	4	3.0	98.4	96.2	〃
	5	2.3	31.8	91.8	〃
	Av	7.2	69.8	96.1	

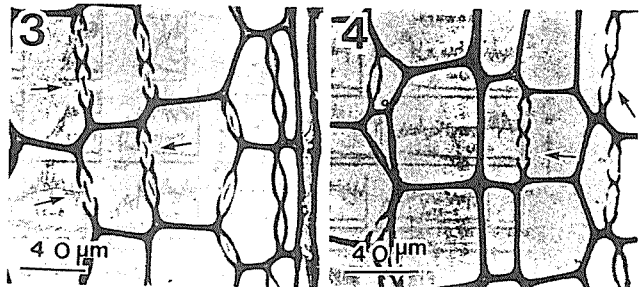
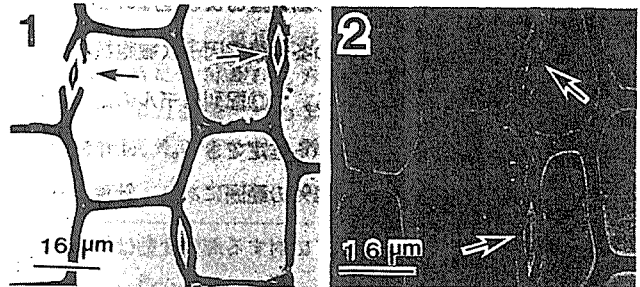


Photo. 1-2 スギ 1.3 壁孔開放  
3-4 カラマツ 2.4 壁孔閉鎖

## 20 スギ並材の乾燥による高付加価値化

森林総合研究所木材利用部

乾燥研究室長 久田卓興

### 1. スギ材の人工乾燥処理は今後進むだろうか？

建築用材の乾燥が話題になり始めてから約3年が経過し、この間に乾燥施設ならびに製材の人工乾燥処理材は非常な勢いで増加した。特に最近1年間の動きは著しいものがある。しかし、これらは主としてヒノキ材が中心で、スギの乾燥が問題になり出したのはまだ最近のことである。いわば平成元年がスギ乾燥材の元年とも言えよう。

スギの人工乾燥がヒノキに遅れを取り、今なおなかなか進展しない理由は色々あるが、スギの乾燥材が不必要な訳ではなく、乾燥コストの吸収が出来ない事に最大の原因がある。一般の素材は加工によって付加価値が向上し、高い価格で取り引きされることにより経済活動が成り立っている。スギ材についてその可能性はあるであろうか？乾燥材の要求はもともと利用者側である建築サイドからの要望により広まってきたものであり、本来ならば乾燥材利用によるメリットを受ける利用者側が乾燥コストを負担すべき性格のものである。しかし、建築サイドでは購入する木材は本来乾燥されているべきものとの認識があり、新たに乾燥コストを負担しようとの考えは少ないと見るべきであろう。むしろ、今まで木材が未乾燥のまま流通していた事への不信感の方が強いと考えるべきである。

乾燥処理がなぜ必要になってきたかを考えてみると、初めは割れや狂いを防ぐためとの漠然とした感念的なものであったが、最近では未乾燥材の使用による各種クレームが指摘されるようになり、乾燥材の必要性や部材別の乾燥度の要求などが明確になりつつある。これには建築工期の短縮にともなう部材の加工度の高度化、建築工法や内装工事方法の変化などさまざま要因が関係している。これらをふまえて、建築家はどのような資材をどのように使うのが最も良いかを検討している。もちろん、木材を使うことの是非を含めてである。

木材工業サイドからは今なにを為すべきであろうか。木材需要の拡大をはかるためには、やはりユーザーの要求する性能を満たす材料を供給していく以外に道は無いと思われる。生産者側が正しい品質を保障し、これを確保するための正当な経費を要求することについては、十分ユーザーの了解は得られるはずである。この関係がうまく成り立っていくための必要条件は、建築サイドはいたずらに高い性能の材（含水率の低いこともこれに含まれる）を要求しないこと、材の供給サイドは要求性能の保障範囲内で可能な限りの生産コストの低減に努めることである。

さてここでスギ材に着目すると、このような努力を前提にしてもスギ乾燥材の普及には今後ともなお多くの困難を予想せずにはいられないのが偽らない気持ちである。しかし、一度正しい乾燥材を使用したユーザーは再び未乾燥材にはもどらないと確信している。「未乾燥材は売れない」ではなく、「乾燥材は売れる」との積極的な考えが必要ではなかろうか。

シンポジウム「どうする？スギ」1989-10

日本加工技術協会製材機械加工部会

## 2. スギ材の乾燥はなぜ難しいか？

- ① 心材含水率が高い。(スギ70~100%、ヒノキ30~35%)
- ② 白綿帯がある。(白綿帯は水の通導が悪いのではないか?)
- ③ 黒心材は含水率が高く、水分移動が悪い。(含水率が200%近い)
- ④ 心持ち材は割れが発生しやすい。(輸入材は一般に心去り材)
- ⑤ 品種、産地、育林方法による材質の変動が大きい。

## 3. スギ材の乾燥方法と乾燥経費について

建築用針葉樹材の乾燥では蒸気式乾燥室が約60%、除湿式乾燥室が約40%用いられている。ヒノキ材に限定するとこの比率は逆転し、約80~90%は除湿式と見られる。この理由は低温で乾燥することによって材色の変化を抑えたいこと、ヒノキは乾燥が容易で日数がかからないため取り扱いの簡単な装置が選ばれる傾向にあることと考えられる。一方、スギ材は低温では乾燥日数がかかるため、高い温度が設定できる蒸気式が用いられる傾向にある。乾燥方法および材種別のスギ材の乾燥日数はおよそ表1に示すとおりである。ただし、ここでは仕上げ含水率を高周波式含水率計で管理する場合を想定しているため、全乾法による場合は乾燥期間をこれより2~4割長く見込む必要がある。

表1 乾燥方法、材種と乾燥日数

乾燥方式	材種	スギ			ヒノキ			ベイツガ		
		25%まで	20%まで	15%まで	25%まで	20%まで	15%まで	25%まで	20%まで	15%まで
天然	正角	60	120		20	40		60	120	
	平割		30	60		15	30		30	60
除湿 (35~45℃)	正角	17	23		8	11		12	18	
	平割		7	9		3	5		8	10
蒸気 (60~70℃)	正角	11	15		6	8		9	12	
	平割		5	6		3	4		6	7

材種：正角(10.5cm角)、平割(4.5cm厚)  
仕上げ含水率：高周波式含水率計による

仕上げ含水率を高周波式含水率計によりスギ25%、ヒノキ20%と想定し、50石2室程度の規模で乾燥する場合の乾燥経費を試算するとおよそ図1、図2のとおりである。

蒸気式のうち重油燃料による貫流ボイラを用いる方式では、ボイラーが無資格で利用できるため除湿式とほぼ同様の取り扱い易さが特徴である。これに対し、木屑燃料を用いたボイラーの場合はボイラー技師が必要なため、人件費がかかると同時に作業の自動化が難しい欠点を有する。しかし、木屑の発生する木材工場ではこれを処理しなければならないため、大規模の工場では一般にこの方式が経済的である。



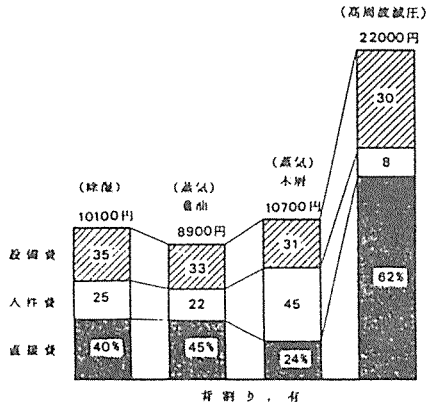


図1 スギ正角材(12cm角)の乾燥経費

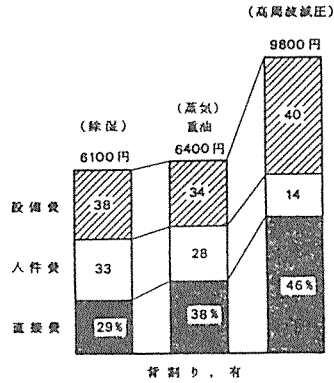


図2 ヒノキ正角材(12cm角)の乾燥経費

4. スギ柱材の乾燥に伴う収縮と割れ、狂いの発生

図3および図4はスギ柱材の乾燥に伴う収縮経過を示している。天然乾燥では特にゆっくり乾燥させるなどの配慮をしない限り、普通は材面に細かい割れが入るため、みかけの収縮率は人工乾燥材より少なくなる。すなわち、割れが入ることによって外形の変形が小さく抑えられる。これは人工乾燥で操作が正しくない場合も同様である。逆に、正しい乾燥を行った材は変形が大きいいため、乾燥後の材の仕上げに対し大きな歩増しを見込まなければならない。

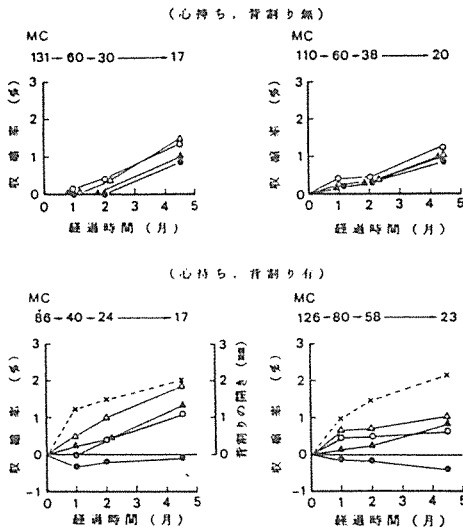


図3 天然乾燥中のスギ正角材の寸法変化(期間5~9月)

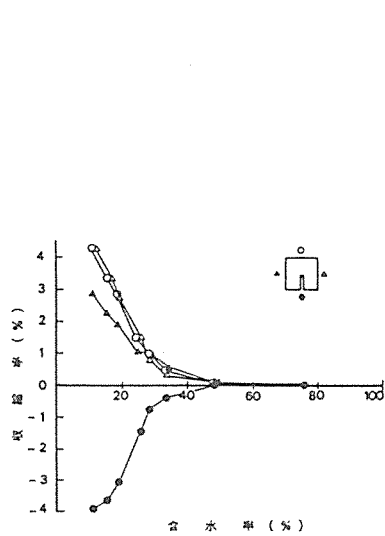
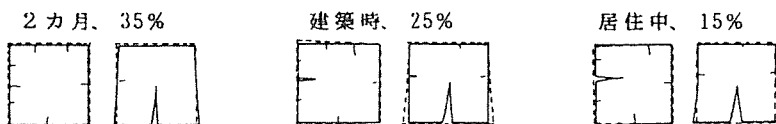


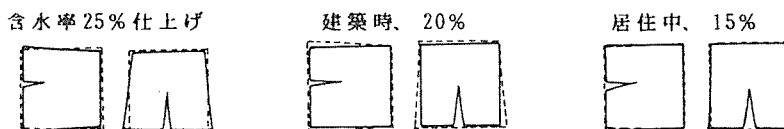
図4 除湿乾燥時の収縮経過(スギ)

乾燥割れが生じないようにゆっくり乾燥した材で、乾燥のまだ不十分な材は、その後の建築中あるいは使用中にかえって大きな変形が生じることを覚悟しなければならない。要はきちっと乾燥した後、精度良く仕上げるのが正しい方法であることを強調したい。

天然乾燥（一般的条件）



人工乾燥（良い装置、正しい操作）



人工乾燥（悪い装置、誤った操作）

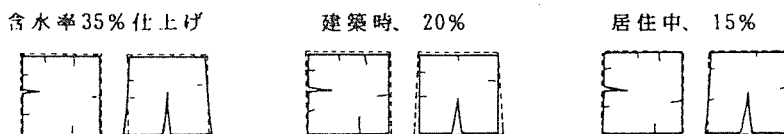


図5 乾燥方法の違いとその後の寸法変化  
（左側は背割りなし、右側は背割りあり）

5. スギ材の乾燥は今後どうすべきか？

- ① 乾燥方法や乾燥装置の改良による乾燥コストの低減
  - ローコスト型乾燥装置の開発
  - 急速乾燥技術の開発（物理的、化学的処理）
- ② 用途に即した乾燥技術の採用
  - 外観の美しさが要求される用途
  - 構造的な強さが要求される用途
  - 収縮、変形の少ないことが要求される用途
- ③ スギ材のための新しい利用方法の開発
  - 簡易な集成化、複合化（乾燥コストの低減と流通期間の短縮）
  - 新しい建築構法の開発（正角材から半割り材等への移行）

## V 建築用針葉樹材の乾燥に関する暫定指針

### IV 含水率等の指針の策定について

鷺見博史：住木センター62年度調査事業報告書  
はじめに <建築用木材の乾燥に関する調査>，92～101

建築用針葉樹材の乾燥材としての含水率基準は、日本農林規格（JAS）の中で定められている。枠組壁工法構造用材や各種内装材，集成材ラミナ等では，材の断面が小さく比較的乾燥が容易であることもあり，おおむね基準が守られているように思われる。これに反し，わが国在来工法の構造用材は概して断面が大きく，さらに工法の特性上，十分に乾燥していない材を用いても支障が少ないという誤った観念が木材業界，建築業界の中に根強く存在しており，木材を乾燥してから使用するという考え方が従来から希薄であった。しかし，ここ数年来，木材需要の大幅な落ち込みを契機として，この観念の変化が迫られてきている。すなわち，狂いのない良質の木造建築物を世の中に提供して行かなければとうてい木の復権はありえないという認識が，木材生産者，流通業者，建築業者の中に急速に高まって来たわけである。

しかし，在来工法の構造用部材をJASに準拠して乾燥することは技術的，経済的に必ずしも容易ではないため，専門委員会では，実行可能な範囲の乾燥材の含水率基準，乾燥設備の標準的な仕様，含水率計の性能基準の3つについて鋭意検討を重ね，その成果を暫定指針として公表した。以下に暫定指針を策定する際の方向や考え方等について解説する。

#### 1. 乾燥材の含水率基準（暫定）

乾燥材の含水率に関する現行の基準には，表1に示すようにJASのほか，それぞれの事業主体が独自に定めた共通仕様書，さらにプレカットの認証勧告制度基準とがある。これらの含水率基準値はいずれも重量法（全乾法）によって求めることを前提としており，木材生産者側から見ればか

なり厳しいものといえよう。とくに、断面が大きく、国産材の場合には多くが心持ち材の在来工法木造建築構造部材にあつては、これらの基準を満

第1表 木材含水率の各種基準

JAS	材種	針葉樹材	広葉樹材
製材品	人工乾燥材	15% 以下	13% 以下
枠組壁構法 構造用材	乾燥材	19% 以下	
単層フローリング	天然乾燥材	20% 以下	17% 以下
	人工乾燥材	15% 以下	13% 以下
集成材		15%	
合板		14% 以下	
複合フローリング		14% 以下	

各種建築仕様書	材種	A種	B種	C種
日本建築学会建築工事 共通仕様書 (JASS 11)	造作材	18% 以下	20% 以下	24% 以下
建設大臣官房官庁営繕 部建築工事共通仕様書	構造材	20% 以下	24% 以下	
	下地材	20% 以下	24% 以下	
	造作材	18% 以下	20% 以下	
住宅金融公庫融資住宅 木造住宅共通仕様書	構造材	19% 以下		

	針葉樹材
プレカット部材認 証勧告制度基準*	20% 以下

注：いずれの基準も、含水率の値は全乾法によることを前提としている

\* 略称 AQ

足することは容易なことではない。たとえば、木材の表層に比べて中心層部の乾燥が遅れるため、中心部まで十分に乾燥するにはそれ相当の日数を要する。とりわけスギの黒心材、ベイツガ（ウエスタン ヘムロック）やトドマツ等の水喰材では、かなりのレベルの乾燥技術と乾燥日数を要する。また、心持ち材の場合、往々にして乾燥が進行すると材面に割れが生じ、これが製品の品等を低下させる。このような乾燥上の技術的、経済的な理由で、わずかな日数の形だけの人工乾燥を行い、これを「乾燥材」と称して流通させている場合も少なくなく、これが市場での混乱と消費者からの木材に対する信頼を損ねることにもつながる。

このような背景の中で、できるだけ早い時期に実行可能な水準の含水率基準を定めることが急務と考えられた。基準作りにあたっては、まず、乾燥材とは含水率が何％以下のものを指すのかという基本的な問題を固めておく必要がある。乾燥材としての含水率値を定義する根拠としては前出の各種基準があげられる。しかし、実際にクレームのない真の意味での良質の木造建築物を得るにはどの程度まで乾燥した木材を使用せねばならないか、という疑問に対する裏付け資料は殆ど得られていないのが実情である。

専門委員会では、乾燥材生産者側の実情や木材流通業者、さらには建築業界側の実情や通念等を考慮し、また、一般の木造住宅ユーザー側に立った要望も加味し、これらが互いに歩み寄れる限界点を慎重に検討した。その結果、最終的に下に示すような含水率の暫定基準が定められた。この指針には、「各関連業界にはそれぞれの事情はあるが、当面はこれを努力目標値としてできるだけ守って行こう」という願望がこめられている。

建築用針葉樹材（乾燥材）の含水率基準（暫定）

1. 適用の範囲

この基準は、建築用に使用される針葉樹製材品の乾燥材に適用する。この場合、「乾燥材」と表示するか否かは問わない。

2. 乾燥材の定義

乾燥材とは、天然乾燥または人工乾燥によって、第3項に定める含水率基準に適合するように乾燥した製材品をさす。この場合、乾燥方法の種類や条件を問わない。

3. 含水率の基準

乾燥材の含水率基準は、次に掲げるとおりとする。

区 分	基 準	摘 要
①柱類	20%以下であること。 (但しスギ、ベイツガは25%以下)	見え掛かり、見え隠れを問わない。
②敷居、鴨居、長押等	18%以下であること。	
③床板、内装壁材等	15%以下10%以上であること。	過乾燥を防ぐための下限値を設けた。

(注) はり、けた等についても、柱類と同等の水率とするのが望ましいが、生産の実情を考慮し、今後の検討課題としてここでは定めなかった。ただし、当面、30%以下を目標とする。

4. 含水率の測定方法

含水率は、電気式含水率計によって測定されるものとする。測定箇所は、第3項①にあつては材の長さ方向の中央部の4材面、同項②及び③にあつては同2材面とし、節、くされ等の欠点部分、及び背割り、著しい乾燥割れの部分は避ける。

5. 測定値の判定（又は評価）方法

4材面で測定するものにあつては4材面の、2材面で測定するものにあつては2材面の平均値をその材の含水率とする。

柱類にあつては、原則として含水率「20%以下」としているが、スギ、ベイツガでは乾燥に長時間を要するため乾燥コストがかさみ、その上、商品価格が低いことなどを考慮して、カッコ書きで「25%以下」と基準値をゆるめている。敷居、鴨居、長押等の造作材では、断面形状が柱類より小さく、その分乾燥が容易であること、内装材であるため化粧的価値が強く要求され、割れ、狂い、接合部のすき間や段差等の発生を柱類より厳しく抑える必要がある。15%程度が理想であるが、天然乾燥で生産する場合も想定して含水率「18%以下」とした。

床板、内装壁材等では、単層フローリング（針葉樹材）の日本農林規格をそのまま流用して「15%以下」とした。しかし、材料の過乾燥によって施工後のトラブルが生じる場合も少なくないため、「10%以上」という下限値も付加している。

含水率の測定法については、生産、流通、建築等の現場での実行を考えると、JASに定められている全乾法はあまりに非現実的と思われる。現場的な手段としては、計器（含水率計）によるのが適当と考えられるため、

この含水率基準では、電気式含水率計（電気抵抗型と高周波型の2つのタイプがある）によって測定することとしている。なお、電気式含水率計については第3項で詳述する。

## 2. 建築用針葉樹材の乾燥設備標準仕様（暫定）

乾燥材の需要の高まりにつれて、人工乾燥設備の普及には目覚しいものがある。建築用針葉樹材の人工乾燥の方式としては、従来から木材乾燥の主流とされている空気加熱乾燥方式（蒸気式）と、近年急速に普及しはじめた除湿乾燥方式とが主要なものと考えられる。

空気加熱乾燥装置はその歴史が古く、長年の経験から改良が重ねられてきているので、性能の面ではかなり高い水準に達していると思ってもよい。しかし、ごくまれに、低価格を売り物とするメーカーによって低性能な設備が市販されていることも事実である。

除湿式乾燥装置については、過去10年程度の間急速に普及してきたもので、歴史は浅いといえる。メーカーの多くは木材乾燥の経験、技術、知識に乏しい空調機器製造業出身者で、価格や木材乾燥装置としての性能がまちまちである。効率的によりよい乾燥材を得るためには、一定水準以上の装置を設備することが不可欠である。そのために、装置の標準的仕様を公表し、乾燥設備メーカー及び使用者の双方に、よりよい木材乾燥装置とは何かを提示して行くことが急務であると考えられる。

標準仕様を定めるに当たっては、まず、木材乾燥装置として具備すべき主要な要素を摘出し、それぞれに必要な水準を設定した。それらの水準は、木材乾燥の実務的経験に基づき各装置メーカーのカタログ、技術資料等を斟酌し、総合的に判断して定めた。最終的な標準仕様は下のとおりである。

建築用針葉樹材の乾燥設備標準仕様（暫定）

1. 適用の範囲

この仕様は、建築に使用される針葉樹製材品の乾燥設備のうち、除湿式乾燥室及び蒸気式乾燥室に適用する。

2. 設備の標準仕様

(1) 除湿式乾燥室（柱、敷居、鴨居等の乾燥に適用）

区 分	標 準 仕 様	摘 要
①温度範囲	除湿装置の冷媒（フロンガス）の種類により次のとおりとする。 フロンガスR-22 … 50℃以下 フロンガスR-12 … 70℃以下	
②湿度範囲	関係湿度85%～40%の制御が可能であること。	
③風速範囲	材間風速0.5 m/s以上の送風能力を有すること。	風速は、乾燥むらを防ぐためには大きいほどよいが、割れ易い材の場合は低めに押さえた方がよく、このため最下限値を示した。
④乾燥室炉体	耐久性の高い構造であること。断熱材は70℃まで使用可能な材料とし、その厚さは40mm以上とする。	断熱材の厚さは寒冷地によっては割増しが必要。
⑤除湿装置	木材より蒸発した水分を円滑に除湿する能力を有するものとし、冷媒の種類、設備の規模別に別表に示す容量以上であること。	
⑥加熱装置	除湿運転可能温度（約30℃）まで、1日（24時間）以内に上昇し得ること。	
⑦その他	乾燥室内温度、湿度を室外から正確に測定できること。	

〔別表〕 除湿装置の馬力数

冷媒ガス	取 容 材 積			備 考
	10m <sup>3</sup>	15m <sup>3</sup>	30m <sup>3</sup>	
R-22	3HP/4HP	5HP/6HP	10HP/12HP	60Hz/50Hz
R-12	4HP/5HP	6HP/7HP	12HP/15HP	

(注1) 取容材積：120×120×3,650mmの場合

(注2) 1HPあたりの除湿能力は、R-22の場合、温度40℃、関係湿度80%において3.0l/h（60Hz）、2.5l/h（50Hz）とする。

(注3) 高含水率（おおむね100%以上）材を乾燥する場合は、上記馬力数の30～50%増とすることが望ましい。

(2) 蒸気式乾燥室

区 分	標 準 仕 様	摘 要
①温度範囲	70℃以上に上昇し得ること。	
②乾湿球温度差範囲	温度差3℃～25℃の制御が可能であること。	
③風速範囲	材間風速1.0m/s以上の送風能力を有すること。	除湿式乾燥室の「風速範囲」と同様に下限値を示した。
④乾燥室炉体	耐久性の高い構造であること。パネル構造の場合、断熱材は室内の最高温度まで使用可能な材料とし、その厚さは40mm以上とする。	断熱材の厚さは寒冷地によっては割増しが必要。
⑤その他	乾燥室内温度、湿度を室外から正確に測定できること。	



除湿式乾燥装置では、除湿機の除湿能力、材間風速、炉体構造等が主要要素と考えられ、それぞれについて望まれる性能の限度基準を示している。とくに、使用する冷媒ガス（フロン系）の種類によって除湿能力が異なるため、冷媒ガス別、収容材積別、商用周波数別にコンプレッサーの大きさを別表にして例示し、特別な注意が向けられるよう意図されている。一方、蒸気（空気）加熱式乾燥装置は、ごく常識的な水準のものが示されているにすぎず、特別に目新しい基準ではないといえる。

以上のような理由により、ここで定めた標準仕様を満たしたとしても、それが完全な装置であることを保証するものではない。なぜなら、木材乾燥装置は、いくつかの主要な機械的要素が有機的に配置され機能することが必要条件ではあるが、最終的には木材乾燥装置全体としての性能が十分に発揮されなければ、良い装置とは言えないからである。また、主要要素の有機的配置の間には、とうてい文章や図表で表現できないノウハウが介在しているからである。

### 3. 高周波型含水率計の性能検定基準（暫定）

現在、木材関連業界の中で使用されている電気式含水率計には抵抗型と高周波型との2通りがある。抵抗型含水率計は、木材の含水率が変化すれば直流電気抵抗値が変わる性質を利用したもので、通常は針状電極を材中に打ち込み、電気抵抗値を含水率に読み替えて表示する機構になっている。各社の市販品があるが、性能的にはいずれもほぼ類似しているため、使用する機種が異なることによる実質的な混乱は比較的少ない。

一方、高周波型含水率計は、含水率の変化によって木材の誘電率が異なる性質を利用したものであるが、誘電率は木材の比重に大きく影響を受けるため、測定しようとする木材の比重を正確に知ることなしには、正確な

含水率を測定することができない。電極は通常は押し当て式で、高周波の材内到達深度は4～5 cmとされている。しかし含水率の表示値は機種にもよるが、材の表面下1.0～1.5 cm厚の層の含水率によって90%近く影響を受けるため、表面から1.5 cmよりも深い部分の含水率は実質上計測されない。

現在、市場に出廻っている高周波型含水率計の主要機種は3つあり、1つは外国からの輸入品（西独製）、他の2つは国産である。それらは互いに性能が異なるため、乾燥材の発送、受入れの際に表示値が異なり、混乱を来たしている。このような状態が続く限り、前述の乾燥材の含水率基準はあまり意味をなさなくなる。市場での無用の混乱を避けるためには、使用される含水率計はたとえ機種が異なっても、同程度の性能であることが不可欠である。その結果、下に示すような高周波型含水率計の性能検定基準が定められた。このような検定基準が示されることによって、含水率計メーカーは既存機種の改良の方向が定まり、また新機種を開発する場合にも目標がはっきりしていて好都合といえる。

## 含水率計の性能基準（暫定）

この基準は、建築用針葉樹製材品の「乾燥材」の含水率測定に使用される含水率計（高周波押しあて式）の性能検定に適用する。

### 1. 性能試験の方法

#### a 試験材

スギまたはヒノキの辺材（無欠点材）で、次の3種類の含水率状態の材を用いる。寸法は厚さ10mm、幅100mm、長さ150mmとし、測定面はプレーナー仕上げする。

S1：20℃,55～60%(RH)で1ヵ月以上調湿した材。

S2：20℃,75～80%(RH)で1ヵ月以上調湿した材。

S3：含水率 40～60%の材

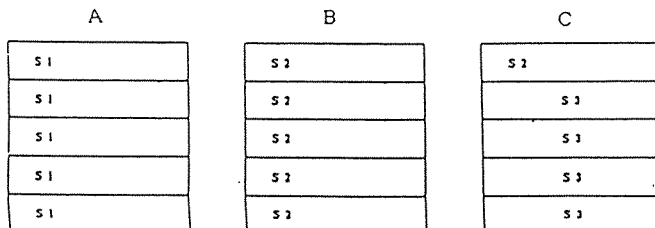
#### b 試験材の含水率測定方法

含水率計の検定に用いる試験材は材の一部分を切断し、全乾法（J I S Z 2102）により含水率を測定する。全乾法による測定は原則として含水率計の検定試験の直前または直後に行うが、次の含水率推定法を用いてもよい。

含水率推定法：調湿期間中、任意の時期に前記全乾法により試験材の推定全乾重量を求め、検定に際してはその都度試験材の重量を測定して推定含水率を計算する。

#### c 含水率計の検定方法

試験材を次の図（A、B、C）のように積み重ね、上部に含水率計をあてて測定する。測定は試験材の組み合わせ（ランダム）を変えて10回行い、その平均値を求める。



### 2. 適合基準

- ① Aの測定値（平均値）と全乾法によるS1の値（平均値）との差が±2%（含水率）以内であること。
- ② Bの測定値（平均値）と全乾法によるS2の値（平均値）との差が±2%（含水率）以内であること。
- ③ Cの測定値（平均値）がBの測定値（平均値）より5%（含水率）以上高く表示されること。

この検定基準では、計器の精度（含水率レベル2水準）と測定深度の2つの観点からチェックすることが基本になっている。検定に用いる試験材は、含水率を正確に調整する必要上、スギまたはヒノキの辺材で厚さ1 cmのものとした。樹種をさらに広げるという考え方もあるが、同一樹種でも個体差があり、多樹種になれば一層検定作業が煩雑になることを考慮し、上記2樹種で代表させることとした。また、この程度の適合基準では決して満足すべきものとは言えないが、使用の軽便さ、価格の手頃さ等を勘案すれば、現在の技術ではこのあたりが限界のようにも思われる。

### 1 木質建材等認証推進事業 ( A Q マークの認証 )

#### 1. 木質建材認証制度の民間移行

農林水産省は、優良木質建材の供給の確保を図るため、木質建材認証・勧告制度を昭和49年3月に発足させ、以来14年間にわたって優良木等建材の供給の促進を通じて、時代のニーズに即応した新技術、新製品の開発を促進するとともに、品質保証等による消費者の保護について重要な役割を果たしてきた。

この度、緊迫化する通商摩擦の解消と貿易不均衡の是正を目ざし、我が国の市場を総合的に解放しようとするアクション・プログラムの決定に基づき農林水産大臣が実施してきた木質建材認証・勧告制度を廃止(昭和63年3月31日)し、新たに(財)日本住宅・木材技術センター(以下「住・木センター」という。)が行う「木質建材等認証推進事業」としてスタート(昭和63年4月7日)した。

#### 2. 民間移行による木質建材等認証推進事業のあらまし

新たに住・木センターが農林水産省補助事業により実施する木質建材等認証推進事業は、これまでの農林水産省の認証制度の基本的骨格を維持・継承し、本事業の目的が効果的に達成できるよう林野庁長官が実施要領を定め、住・木センター理事長はこれに基づき、本事業を効率的に実施するため、諸規程等を定める等推進体制の整備を図っている。

##### (1) 事業の目的

本事業は、JAS規格のみでは機動的に対応できない新しい木質建材等について、その品質性能等を客観的に評価・認証し、消費者に対し安全性及び居住性の優れた木質建材等の供給の確保を図り、併せて製造業者の製品開発意欲を高揚させ、新技術・新製品の開発を促進させることにより、木材需要の拡大に資することを目的としている。

##### (2) 事業の概要

本事業は、申請に基づき①品質性能等評価基準の作成、②認証申請品製造工場に対する調査、③木質建材等の認証、④認証木質建材等の製造工場に対する定期検査、⑤認証木質建材等の市販品の定期検査等であるが、認証に係る主な

林産行政研究会編：木材需要と木材工業の現況  
(63年度版)，286～289

内容は、次のとおりである（ 1 図）。

ア 認証の対象範囲

JAS 製品以外の新しい木質建材及び木質の屋外製品部材とする。

（注：これまでは木質建材に限定していたが、本事業では木質の屋外製品部材にまでその範囲を拡大した。）

イ 認証基準の設定

住・木センター理事長は、認証基準（品質性能試験の試験項目、試験方法及び判定基準）の設定に当たっては、評価委員の意見を聴くとともに林野庁長官と協議の上、定める。

ウ 認証の方法

住・木センター理事長は、認証基準に基づき、同理事長が指定する品質性能試験実施機関において試験を実施し、評価委員の意見を聴いて認証する。

エ 認証の公表、報告及び普及

- ① 住・木センター理事長は、認証を行った木質建材等について公表するとともに、林野庁長官に報告する。
- ② 林野庁長官は、認証木質建材等を登載する台帳（以下「認証木質建材等登載台帳」という。）を備える。
- ③ 林野庁長官は、①の報告があったときは、認証木質建材等登載台帳に登載し、公衆の閲覧に供するほか、これを一般に周知するよう努める。

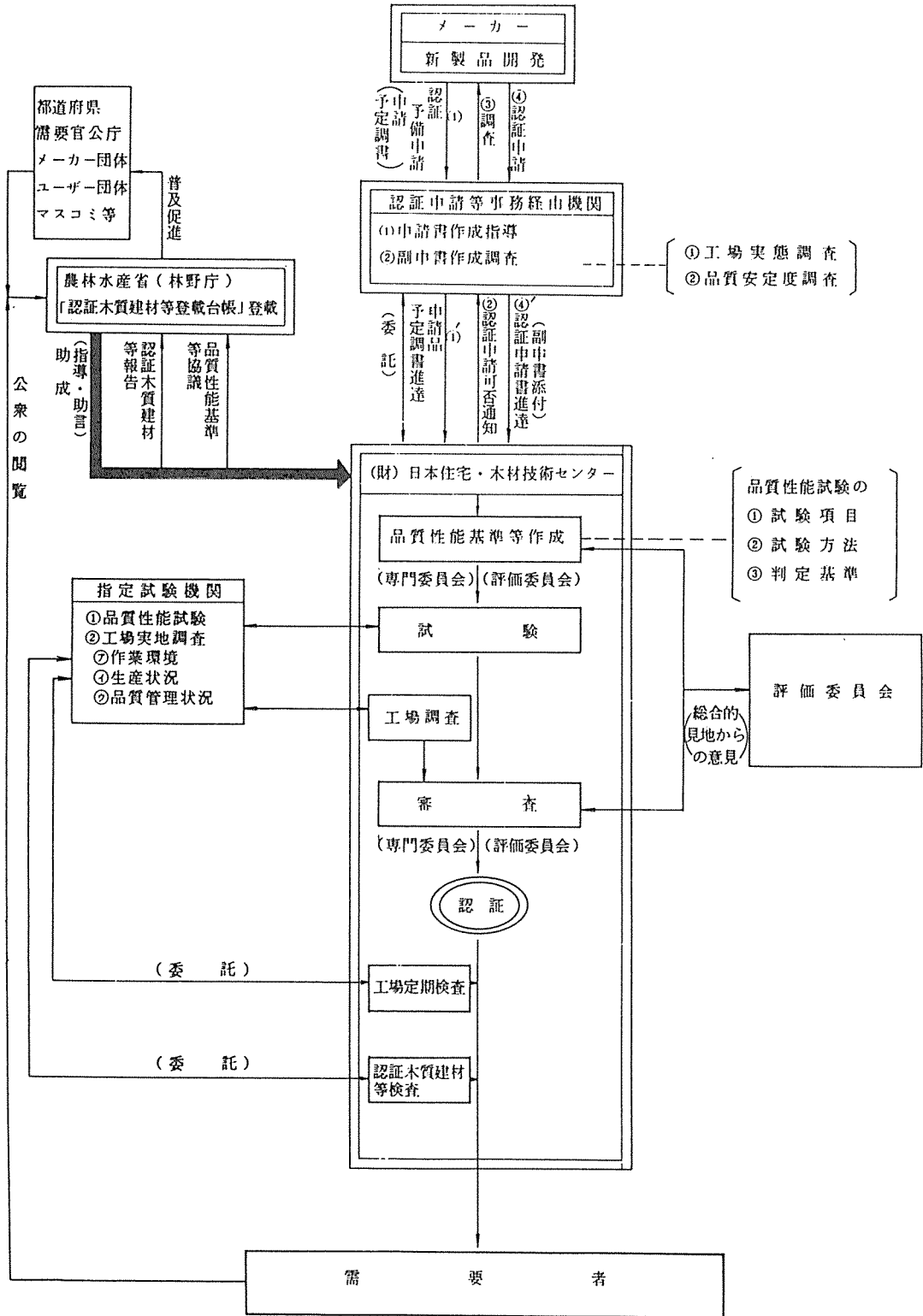
オ 認証木質建材等の表示

認証木質建材等について表示を行う場合には、住・木センター理事長が定める表示の方法によって行う（ 2 図）。

3. 認証の現況（加筆部分）


民間移行後認証された品目及び件数は表－1の通りである。

( - 1 図 ) 木質建材等認証推進事業における認証手続等フローチャート



( 2 図 )

表示の様式

認 証 木 質 建 材	
	
<small>この製品は、品質性能が優良であることを認証したものです。</small> <small>財団法人 日本住宅・木材技術センター</small>	
認 証 番 号	
製 品 名	
認 証 の 種 類	
認 証 業 者	
製 造 業 者 製 造 工 場	
製 造 年 月	
使 用 上 の 注 意 事 項	

(注)

1. 認証マークは、住・木センター理事長が当該木質建材等についてその品質性能が優良であることを認証したものに表示するものであり、この趣旨に即して英文名 Approved-Quality の頭文字を用いて、その略称を「AQ」という。
2. 木質の屋外製品部材の認証にあたっては、「認証木質建材」の称を「認証木質屋外製品部材」とする。

表一 | 認証木質建材等一覧表 (加筆部分)

平成元年4月1日現在

認証の種類	特殊性能	製品の種類	認証件数
製品認証	(機械プレカット部材)	製材・集成材	50
項目認証	防 蟻 処 理	製材・耳付材	8
"	防 虫 処 理	天 井 板	2
"	"	複合フローリング	1
"	耐 候 性	軒下天井板	3
"	付 着 ・ 防 水 性	モルタル下地用合板	1
計			65



# 2 乾燥材の AQ 認証

## 2-1

### 乾燥処理材の AQ 認証事業スタート

木材保存 Vol. 15-3 (1989)

秋山俊夫\*

#### 1. はじめに

このところ、木材の建築材料としての見直しが進む中で、木材乾燥に対する関心が急速に高まってきた。

この背景としては、①木材が伐採されてから建築現場に到達するまでの時間が短縮され、かつ、建築工期も短縮されたため、未乾燥材の使用が増加したこと、②プレカット等大量使用の増加により、材料の画一化が求められるようになり、必然的に問題の生じやすい乾燥技術に関心が高まったこと、③木構造に取り組む設計家、建築家が増え、寸法安定化等に対する期待が大きくなってきていること、④産地間競争に生き抜くためには、製品の差別化が必要であり、その中で、中心課題として乾燥が上げられるようになってきていること等を挙げることができる。

そこで、私ども((財)日本住宅・木材技術センター以下同じ)では、良質の木造建築物の建築の促進を図り、かつ、木材の建築材料としての信頼性の確保向上を図るためには、こうした動向に積極的に対応し、良質の乾燥材を安定的に供給する体制をつくる必要があると判断し、その一環として、乾燥材を「木質建材等認証推進事業」で、「針葉樹乾燥処理材」を認証の対象として上げることとしたところである。

#### 2. AQ 事業と乾燥処理材

AQ 事業は、昭和49年度から農林水産大臣が実

施してきた事業であるが、昭和63年4月に、(財)日本住宅・木材技術センターが実施する事業として継承されたものである。

この事業は、JAS規格のみでは機動的に対応できない新しい木質建材等について、その品質性能を客観的に評価・認証し、品質の優れた木質建材等の供給確保を回ることを目的としている。

この認証には2種類ある。1つは、JAS規格のない全く新しい品目の認証で(「製品認証」という)、もう一つは、品目としてJAS規格はあるが、これにプラスされた特殊な品質性能を認証する場合(「項目認証」という)である。

乾燥材の認証は、この後者の場合で、製材JASに「乾燥処理」という特殊性能がプラスされたものである。なお、製材JASには、既に人工乾燥の規定があり、こうした場合、ルール上、乾燥をAQ事業の対象とすることはできないこととなっているが、JASの乾燥規定は、汎用であるのに対し、AQのそれは、建築用に限定したものであり、JASとは全く別のものという位置付けである。

#### 3. 乾燥処理材の認証にあたっての基本的な考え方

別項に「建築用針葉樹乾燥処理材の認証に当たっての基本的考え方」を示した。これは、平成元年1月13日開催の「木質建材等認証評価委員会」の承認を得て、2月1日公表したものである。

以下に、その要点を解説する。

\* (財)日本住宅・木材技術センター

## 別 項

### 建築用針葉樹乾燥処理材の認証に 当たっての基本的考え方

(財)日本住宅・木材技術センター

#### 1. 認証の対象

認証の対象となるものは、建築に使用される針葉樹製材に人工乾燥を施した製品とする（自らの工場において乾燥されたものに限る）。

#### 2. 認証の方法

「項目認証」とし、申請のあったもののうち、品質性能に関する基準を満たすとともに、製造工場の製造及び品質管理体制が整備されていると認められるものについて、評価委員の意見を聴いて認証を行う。

#### 3. 審査の項目

##### (1) 品質性能について

ア 乾燥処理材の含水率が所定の限度を超えないこと。

イ 乾燥処理材の欠点が所定の限度を超えないこと。

ウ 乾燥処理材の寸法精度が所定の限度を超えないこと。

##### (2) 製造設備等について

ア 作業環境が良好であること。

イ 製造設備、機器の種別及び性能が、製品の品質を確保するのに適当であること。

なお、乾燥設備の性能については、小委員会を設け、申請予定工場ごとに事前に審査評定し性能に応じた指導を行う。

ウ 製造に関する基準が適切に定められており、その基準に基づき製造が行われていること。

##### (3) 品質管理等について

ア 良好な精度を持った所要の検査機器を有すること。

（使用する含水率計は、理事長が別に定める認定品であること。）

イ 保管設備は乾燥材の生産能力に見合った広さを有し、製品の品質が保持できること。

ウ 品質管理体制を確保するため、次に掲げる者が配置されていること。

① 選別技術者（(社)全国木材組合連合会又は(社)北海道林産物検査会認定）……2名以上

② 木材乾燥士（(社)日本木材加工技術協会登

録）又は製材乾燥技術者（仮称…(財)日本住宅・木材技術センターが実施する研修修了者）……1名以上

③ ボイラー設備を設置している場合にはボイラー技士（法律の定めによる）……1名以上  
エ 乾燥設備等機械設備が適切に管理されていること。

#### 4. 表示の方法

製品名は、別に定める判定基準の区分に従い、次のとおり表示する。

（例）

針葉樹乾燥処理材1種（建築構造用）、針葉樹乾燥処理材2種（建築構造用）、針葉樹乾燥処理材1種（建築造作用）…等

#### (1) 認証の対象

認証の対象は、建築用で、かつ針葉樹材に限定しており、広葉樹は対象としていない。これは、もちろん広葉樹材は乾燥を必要としていない、という意味ではなく、建築用材の主体は針葉樹で、しかも、現実に乾燥が問題になっているのは針葉樹であるということによるものである。

また、乾燥方法としては、人工乾燥に限定しており、天然乾燥によるものは認証の対象としていない。これは、認証する以上、安定した品質のものを継続的安定的に供給することを期待していること、また、この制度は、「製品認証」であるが、製品の品質チェックのほか、工場設備の整備状況や品質管理の状況等を総合判断して認証する仕組みとなっており、実質「工場認証」的性格を有している。したがって、ほとんど施設を要しない「天乾」のみの場合は、判断材料が少ないこともあって、認証の対象としないこととしている。

また、生産形態としては、申請者が自から直接生産する場合に限定している。

#### (2) 含水率の基準

品質性能基準のうち、含水率の基準は、別表のとおりである。

これは、既存の諸基準や研究成果、さらに供給側の生産体制とユーザーのニーズを考慮し、その接点を求め、総合的に判断して決定したものであ

別表 含水率の基準

用途	含水率の基準	
	1 種	2 種
構造用, 下地用	20% 以下	25% 以下
造 作 用	18% 以下	—

る。従って、この基準は理想の水準とはいえないが、乾燥材普及の第一ステップと考えて設定したものである。

含水率の基準は、用途ごと（構造材、下地材、造作材）に定めた。このうち、構造材、下地材は、20%（1類）と25%（2類）の2水準とした。これは、材によっては、初期含水率の高いもの、水分の抜けにくいものがあることを考慮し、コストとの兼ねあいも含めて、ニーズに応じて選択できるようにしたものである。

なお、品質性能のうち、「欠点」及び「寸法精度」については、原則として現行製材JASの基準によることとなろう。

### (3) 製造設備等

認証申請があると、試験指定試験機関に委託し、作業環境や製造設備、機器の種別、性能等が適切かどうか、作業基準が適切に定められ、その基準に基づき製造が行われているかどうかをチェックすることになる。このことは、どの品目に共通であるが、特に「乾燥処理材」については、乾燥設備の性能と、その設備の性能に適したスケジュールによる作業を確保することが極めて重要であるにもかかわらず、実態は設備の性能、乾燥技術のレベルが必ずしも高いといえないことから、申請予定段階で、工場の調査指導を行うこととしている。

具体的には、申請予定者は、乾燥設備の仕様・性能及び乾燥スケジュールを記載した予定調書を提出していただくこととしている。提出があると、私どもでは、専門家で構成する調査・指導委員会により、工場の現地調査及び指導を実施することとしている。この手続きを踏んで、はじめて、申請の本作業が始まることになる。

なお、申請の事務経由機関（受付窓口）は、北

海道においては、(社)北海道林産物検査会、その他の地域においては(社)全国木材組合連合会が行うこととしている。

### (4) 乾燥スケジュールと品質管理

従来、建築用の針葉樹材については、あまり乾燥の必要性を感じていなかったこともあって、研究蓄積が少なく、樹材種に対応した乾燥スケジュールに関する情報も少ないというのが実情である。

こうした実情に加えて、技術者の経験が浅いこともあって、現場でも樹材種に合わせ乾燥スケジュールを組んでいるところは少ないようである。どんな材でも適用するスケジュールは同じ、日数も同じ、しかも1週間程度というところが多く、率直に言って品質が心配である。

少なくとも、AQ認証を受けようとする場合は、十分研究し、樹材種に見合った適切なスケジュールを組み、しっかりした品質管理を実施してほしいものである。

### (5) 含水率の測定

含水率をどうやって測定するかというのが極めて重要な課題である。既存の基準では、たてまえでは全乾法によることとされているが、ここでは、実用面から「含水率計による」という割り切り方をしている。

そこで、含水率計の性能が問題になるが、既存のものも多くは、測定深度が浅く、しかもメーカー間に性能差がある等、信頼性にとぼしいというのが実情である。

そこで、私どもでは含水率計の性能アップとその準化をねらいとし、「含水率計の性能認定事業」をはじめており、乾燥処理材の性能試験では、この認定計器の使用を義務付けている。現在、数機種認定申請があり、本稿が誌上に掲載される頃は、認定品が市場に流通することになる。

### (6) 乾燥技術者の養成、配置

家具、楽器工場の乾燥技術レベルは高く、それなりの技術者が配置されているのが普通である。

しかし、先にも述べたように、残念ながら建築用の針葉樹材の乾燥工場の技術レベルは決して高いとは言えないようである。一般に、技術者の乾

燥に対する基礎知識も浅く、スケジュールを組めない者も多く、メーカーの示す手順に従うだけで、後は機械まかせという事例が多いようである。従って、「乾燥処理材」の品質の安定、向上を図るためには、優れた技術者の養成、確保が極めて重要だという認識をもっている。

そこで、私どもでは乾燥工場の技術者を対象に、乾燥技術研修会を実施しており、その研修修了者の配置が認証の要件ともなっている。

(7) おわりに

表示の様式を図に示した。原則JAS品が認証の対象となるので、一般にJAS表示とAQ表示が併せて表示されることになる。

ユーザーの乾燥材供給に対する期待は極めて大きいものがある。従って、生産者の方々には、大いにこの事業に乗っていただきたいところ


であるが、反面、あまり安易に考えてほしくないというのが本音である。

木材は天然物で、どうしても材質のばらつきは避けられない。特に含水率についてはその傾向が強いようである。これを一定の基準の枠の中に納めていくというのは決して容易ではない。AQの認証を受けようとする場合は、作業基準や品質管理基準を確立し、人材の育成を図り、実行体制をしっかりと整備して、臨んでほしいものである。

それに、品質の安定・向上を図る上で一番大事なのは、工場責任者の「やる気」のように思うがいかがなものであろうか。

(1989. 5. 16 受理)

表示の様式

認証木質建材	
	
<small>この製品は、品質性能が優良であることを認証したものです。  <small>認定 日本住宅・木材技術センター</small></small>	
認証番号	B - 〇〇
製品名	〇〇針葉樹乾燥処理材1種 (建築構造物用)
認証の種類	項目認証
認証業者	〇〇株式会社
製造業者 製造工場	〇〇工場
製造年月	〇年〇月

# 建築用針葉樹乾燥処理材の試験項目、 試験法及び判定基準

## 特殊性能

試験項目	含水率																							
適用範囲	針葉樹乾燥処理材																							
試験片の作成	一荷口から次の表の左欄に掲げる本(枚)数に応じ、それぞれ同表の右欄に掲げる本(枚)数の試料を抽出する。 (注)一荷口の大きさが10,000本(枚)を超るときは、荷口を10,000本(枚)以下となるよう調整する。	検査荷口の大きさ	試料の数																					
		280本(枚)以下	32本(枚)																					
		281本(枚)以上 500 #	50 #																					
		501 # 1,200 #	80 #																					
		1,201 # 3,200 #	125 #																					
		3,201 # 10,000 #	200 #																					
試験の方法	1 試料についての測定は、板類、ひき割類にあつては幅の広い2材面(正割にあつては任意の相対する2材面)、ひき角類にあつては四材面について行う。ただし、背割りのある材面は除く。 2 測定する位置は、各測定材面ごとに両木口からそれぞれ60cm入った位置及び材長の中央の位置の3個所で、それぞれ幅のほぼ中央部とする。 3 測定方法は、高周波式木材含水率計を用い、試料の繊維方向にほぼ直角に電極を当てて測定する。 (測定位置図) <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div> 含水率は、次式によって算出する。 $\text{含水率}(\%) = \frac{\text{測定点の含水率}(\%) \text{の合計}}{\text{測定点の合計数}} \quad (\text{注}) \text{含水率は、4捨5入し整数値とする。}$																							
判定基準	1 各試料の含水率は、次の表のとおりとする。 <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">区 分</th> <th style="text-align: center;">1 種</th> <th style="text-align: center;">2 種</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">構造材、下地材</td> <td style="text-align: center;">20% 以下</td> <td style="text-align: center;">25% 以下</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">造作材</td> <td style="text-align: center;">18% 以下</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> </tbody> </table> 2 荷口を合格とする数は、次の表のとおりとする。 <table border="1" style="display: inline-table;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">試料の数</th> <th style="text-align: center;">合格とする数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">32 本(枚)</td> <td style="text-align: center;">29 本(枚)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">50 #</td> <td style="text-align: center;">45 #</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">80 #</td> <td style="text-align: center;">72 #</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">125 #</td> <td style="text-align: center;">113 #</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">200 #</td> <td style="text-align: center;">182 #</td> </tr> </tbody> </table>			区 分	1 種	2 種	構造材、下地材	20% 以下	25% 以下	造作材	18% 以下	—	試料の数	合格とする数	32 本(枚)	29 本(枚)	50 #	45 #	80 #	72 #	125 #	113 #	200 #	182 #
区 分	1 種	2 種																						
構造材、下地材	20% 以下	25% 以下																						
造作材	18% 以下	—																						
試料の数	合格とする数																							
32 本(枚)	29 本(枚)																							
50 #	45 #																							
80 #	72 #																							
125 #	113 #																							
200 #	182 #																							
備考	1 含水率計は、(財)日本住宅・木材技術センターの認定品とする。 2 抽出数は、JIS Z 9015(計数調整型抜取検査)に準拠する。																							

事務経由機関 様

## 2-2 建築用針葉樹乾燥処理材の認証申請 予定工場に対する調査・指導について

住木技発元第100号

### 1. 趣 旨

平成元年5月1日

認証針葉樹乾燥処理材の品質の適正を期し、建築材料としての信頼性の確保を図るため、「建築用針葉樹乾燥処理材の認証に当たっての基本的考え方」（平成元年2月24日付け住木技発元第26号）3の(2)のイの定めるところにより、申請予定工場の乾燥施設、技術について事前に調査・指導を行なうものとする。

### 2. 申請予定調書の提出

乾燥処理材の認証を受けようとする者は、別に定める認証申請予定調査を理事長あて提出するものとする。

### 3. 調査・指導

(1) 理事長は、1に定める業務を適切に実施するため、専門家で構成する調査・指導委員会を設置するものとする。

(2) 委員会の事業は次のとおりとする。

- ア. 調査・指導方針の審議
- イ. 申請予定工場の現地調査・指導
- ウ. 調査・指導結果の分析・報告
- エ. その他必要事項の調査・検討

### 4. 調査・指導結果の通知

理事長は、調査・指導を受けた者及び事務経由機関に対し、その結果を通知するものとする。

## 2 一 3 建築用針葉樹乾燥処理材の認証申請予定調書について

住木センター資料，平成元年3月策定

### 1 予定調書等提出資料

建築用針葉樹乾燥処理材の認証を受けることを予定した者は、別記様式1による予定調書を、「認証申請予定製品の概要」及び「乾燥装置等調書」を添付し、事務経由機関を経由提出するものとする。

### 2 認証申請予定製品の概要

様式2により作成するものとし、記載方法は次の通り。

#### (1) 製品名

針葉樹乾燥処理材の冠頭に社名等を付し製品名とする。

#### (2) 用途

建築構造用、建築下地用、建築造作用の3区分とし該当するものを で 囲む。

#### (3) 申請事項（特殊性能）

乾燥処理とする。

#### (4) 特徴

天然乾燥、除湿式乾燥、蒸気式乾燥等、乾燥処理の方法を中心に記入する。

#### (5) 構成及び標準寸法

申請予定製品の材種区分（樹種、断面寸法）及び含水率の基準による区分（1種、2種）＝認証（申請）の範囲＝を、別表1に掲げる記号で記入する。なお、含水率の基準による区分は別表2の通り。

### 3 乾燥装置等調書

除湿式装置使用の場合は様式3-1、蒸気式、温水式装置使用の場合は様式3-2により作成するものとする。

なお、他の方式による装置の場合も本様式に準じて調書を作成する。

様式省略

乾燥処理材用

木質建材等認証申請予定調書

平成 年 月 日

財団法人 日本住宅・木材技術センター  
理事長 下川 英雄 殿

申請予定者の氏名  
申請予定者の所在地

事務上の連絡  
担当者の氏名  
所 属  
所 在 地  
電 話

記

- 1 認証申請予定製品の概要： 別紙のとおり。
- 2 認証申請予定製品の製造工場  
工場の名称：  
  
工場所在地：
- 3 認証申請工場の概要
  - (1) 設立年月日：
  - (2) 従業員数：
  - (3) 年間生産量  
ア 実績：  
  
イ 予定：
  - (4) 製造設備の性能等： 別紙のとおり。



別紙

認証申請予定製品の概要

製 品 名	針葉樹乾燥処理材			
用 途	建築 (構造用, 下地用, 造作用)			
申 請 事 項 (特殊性能)	(項目認証) 乾燥処理			
特 徴				
構 成 及 び 標 準 寸 法	区 分 用途区分	1 種	2 種	主 な る 樹 種
	構造用			
	下地用			
	造作用			
摘 要	製造設備の性能等 別紙のとおり。			

別表 1

## 材種区分

寸法区分	断面寸法 (cm)			
	5.0未満	5.0以上~ 10.0未満	10.0以上~ 15.0未満	15.0以上
樹種区分				
スギ、ベイツガ、ベイスギ、トドマツ	1 D	1 C	1 B	1 A
アカマツ、クロマツ、カラマツ、 ベイマツ、ベニマツ、欧州アカマツ	2 D	2 C	2 B	2 A
ヒノキ、ベイヒ、ベイヒバ、ヒバ エゾマツ	3 D	3 C	3 B	3 A
その他の針葉樹	4 D	4 C	4 B	4 A

断面寸法は、幅の狭いを面の寸法を指す

別表 2

## 含水率の基準による区分

用途	区分	1 種	2 種
構造用		20%以下	25%以下
下地用		20%以下	25%以下
造作用		18%以下	—

## 2-4 建築用針葉樹乾燥処理材の認証申請書について

住木センター資料，平成元年3月策定

### 1 認証申請書について

建築用針葉樹乾燥処理材の場合の、木質建材等認証推進事業実施要領第4に定める申請書の記載方法は次の通りとする。

#### (1) 製品名

針葉樹乾燥処理材とし、その冠頭に社名等を付し製品名とする。

#### (2) 用途

建築構造用、建築下地用、建築造作用の3区分により記入する。

#### (3) 品質性能の項目名

項目名は、乾燥処理と記入する。

#### (4) 添附資料＝認証（申請）の範囲＝

認証（申請）の範囲（申請製品の材種区分、含水率の基準による区分）を下表により明示する。

区分 用途区分	1 種	2 種	主  な      樹  種
構造用			
下地用			
造作用			

記載方法は、別表1の材種区分に掲げる記号を用い、該当欄に記入する。  
また、含水率の基準による区分は別表2による。

### 2 認証の範囲

認証を受けた者が、認証の範囲を変更しようとするときで、下記に該当する場合は、認証内容の変更申請を行うものとする。変更の手続きは別途定める。

#### (1) 樹種の区分を、変更（追加）しようとするとき。

- (2) 断面寸法の区分を、大きい断面のものに変更(追加)しようとするとき
- (3) 含水率の基準による区分を、2種から1種に変更(追加)しようとするとき。

別表1

材種区分

寸法区分	断面寸法 (cm)			
	5.0未満	5.0以上- 10.0未満	10.0以上- 15.0未満	15.0以上
樹種区分				
スギ、ベイツガ、ベイスギ、トドマツ	1 D	1 C	1 B	1 A
アカマツ、クロマツ、カヤマツ、ベイマツ、ベニマツ、欧州アカマツ	2 D	2 C	2 B	2 A
ヒノキ、ベイヒ、ベイヒバ、ヒバエゾマツ	3 D	3 C	3 B	3 A
その他の針葉樹	4 D	4 C	4 B	4 A

断面寸法は、幅の狭いを面の寸法を指す

別表2

含水率の基準による区分

用途	区分	1 種	2 種
構造用		20%以下	25%以下
下地用		20%以下	25%以下
造作用		18%以下	—

### 3 針葉樹製材に用いる含水率計の性能認定規程

平成元年2月1日公表  
(財)日本住宅・木材技術センター

#### (目的)

第1条 この規程は、針葉樹製材に用いる含水率計（高周波式）の性能に関し、(財)日本住宅・木材技術センター理事長（以下、「理事長」という。）が行う認定の方法その他必要な事項を定め、性能の優れた含水率計の普及を図ることを目的とする。

#### (認定)

第2条 理事長は、製造業者等の申請に基づき、その生産等に係る含水率計が、別に定める性能基準に適合すると認められるものについて、第8条の審査委員会の意見を聞いて認定を行うものとする。

#### (認定申請手続等)

第3条 この規程により認定を受けようとする者（以下、「申請者」という。）は、次の各号に掲げる申請図書等とともに別に定める認定手数料を添えて理事長に提出するものとする。

- 一 含水率計の性能認定申請書（様式1）。
- 二 申請に係る含水率計（以下、「申請品」という。）の形状、寸法、性能その他の品質を記載した仕様書、完成品の品質検査方法を記載した説明書等。
- 三 申請品の使用方法の説明書。
- 四 申請品の性能に関する試験成績書。
- 五 申請品の供試体。
- 六 その他、認定のために必要な資料。

#### (認定の有効期間)

第4条 第2条に定める認定の有効期間は、認定の日から3ヵ年とする。

#### (変更の届出)

第5条 認定を受けた者は、第4条に定める認定の有効期間中に申請に係る内容に変更が生じた場合は、理事長に変更内容を報告するものとする。

2. 変更の内容が性能に関わるときは、改めて理事長の認定を受けるものとする。

#### (認定の取消し)

第6条 第4条の規程にかかわらず、次の一に該当する場合は、理事長は、当該含水率計の認定を取消すことができるものとする。

- 一 含水率計について認定を受けた製造業者等から当該認定の取消しの申し出があったとき。
- 二 認定に係る含水率計の製造を中止したとき。

三 現に製造又は販売されている認定に係る含水率計が、別に定める性能基準に適合していないことが明らかになったとき。

四 前各号に掲げる場合のほか、当該含水率計に認定を取り消すべき重大な事情が生じたとき。

2. 前項の規定に基づき、理事長が含水率計の認定を取り消そうとする場合には、あらかじめ、当該含水率計について認定を受けた者にその旨を通知し、その者に意見の陳述又は説明資料の提出の機会を与えるものとする。ただし、通知の日から1ヵ月を経過しても、意見の陳述又は説明資料の提出がない場合には、機会を放棄したものとみなす。

(認定等の公表)

第7条 理事長は、第2条に規程する認定、又は第6条による認定の取消しを行ったときは、これを速やかに公表するものとする。

(審査委員会)

第8条 理事長は、認定事業を公正に行うため、第2条に定める認定を行う場合及び第6条の認定の取消しを行う場合には、あらかじめ、学識経験者、需要者、関係行政機関の職員等により構成する審査委員会の意見を聞くものとする。

2. 審査委員会の委員は、理事長が委嘱するものとする。

(表示)

第9条 認定を受けた者は、認定を受けた含水率計に、理事長が別に定める表示をしなければならない。

(報告及び調査)

第10条 理事長は、認定を行った当該含水率計の製造業者等に対し、生産量、販売量、品質管理状況等についての資料の提出を求めることができるものとする。

2. 理事長は、認定を行った当該含水率計の品質、流通、使用等の事情を把握するため、必要に応じ、製造業者、使用現場等について調査を行うものとする。

(その他)

第11条 認定の実施に関して、必要な事項は理事長が別に定めるものとする。

附則

この規程は、平成元年2月1日から施行する。

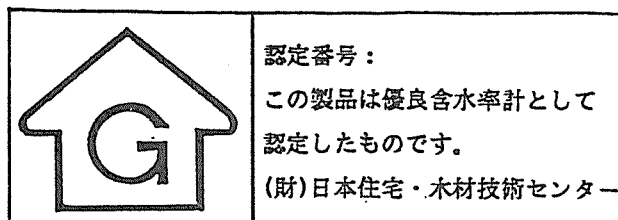
## 含水率計認定の表示の様式について

針葉樹製材に用いる含水率計の性能認定規程第9条に基づく表示の様式  
を下記の通り定める。

平成元年2月1日

(財)日本住宅・木材技術センター

記





VII 乾燥装置メーカー一覧（郵便番号簿順） 1989.4月現在

1. (株) 新柴設備  
〒 070 北海道旭川市忠和6条8丁目  
TEL (0166) 61-6000  
蒸気, 除湿
2. エノ産業 (株)  
〒 078 北海道旭川市3条20丁目右8号  
TEL (0166) 31-2121  
蒸気
3. アサヒ動熱 (株)  
〒 078-02 北海道旭川市永山町6丁目鉄工団地  
TEL (0166) 48-5527  
蒸気, 除湿
4. 東北通商株式会社  
〒 010 秋田県秋田市牛島西1-3-20  
TEL (0188) 32-1328  
蒸気, 電熱
5. 渡辺機工 (株)  
〒 990 山形県山形市宮町4-1-6  
TEL (0236) 22-3921  
除湿, 蒸気
6. (株) 冷凍技術工業所  
〒 999-22 山形県南陽市三間通り383-1  
TEL (0238) 43-5211  
除湿
7. 高岳金属株式会社  
〒 323 栃木県小山市大字出井840  
TEL (0285) 24-2117  
除湿
8. 氏家木材乾燥 (有)  
〒 371 群馬県前橋市東片貝町846-1  
TEL (0272) 24-6879  
燃焼炉式
9. 富士電波工機 (株)  
〒 350-02 埼玉県入間郡鶴ヶ島町富士見6-2-22  
TEL (0492) 86-3211  
減圧 (高周波), 除湿 (太陽熱)
10. 三菱重工業 (株) 冷熱事業部  
〒 100 東京都千代田区丸の内2-5-1  
TEL (03) 212-3111  
除湿

11. (株) 太知リポール  
〒 102 東京都千代田区富士見2-10-28  
TEL (03) 230-3821  
除湿
12. 協和科学 (株)  
〒 103 東京都中央区日本橋茅場町3-8 (近藤ビル)  
TEL (03) 669-5150  
蒸気
13. (株) 二葉熱科学研究所  
〒 107 東京都港区南青山4-15-5 (フタバ青山ビル)  
TEL (03) 408-1151  
蒸気
14. ヒルデブランド (株)  
〒 135 東京都江東区深川2-10-10  
TEL (03) 643-6131  
蒸気, 除湿, 減圧 (熱板)
15. 日本電化工機 (株)  
〒 152 東京都目黒区自由が丘2-9-2  
TEL (03) 724-7011  
蒸気, 除湿
16. (有) 小林工業所  
〒 173 東京都板橋区弥生町30-3  
TEL (03) 972-7011  
蒸気
17. 立山工業 (株)  
〒 174 東京都板橋区若木1-18-8  
TEL (03) 550-1011  
蒸気
18. (有) エーデス機械産業  
〒 187 東京都小平市花小金井1-15-10  
TEL (0424) 67-0401  
除湿
19. (有) エアビック工業  
〒 955 新潟県三条市大字西潟字成町130  
TEL (0256) 38-6670  
電熱
20. 安島製罐 (株)  
〒 920-03 石川県金沢市福増町北733  
TEL (0762) 40-3911  
減圧 (熱板, 高周波)

21. (株) 丸進  
〒 410 静岡県沼津市花園町6-14  
TEL (0559) 21-9656  
除湿
22. 伊豆巴産業 (株)  
〒 413-02 静岡県伊東市八幡野608  
TEL (0557) 53-0511  
除湿
23. 丸仲商事 (株)  
〒 421-01 静岡県静岡市丸子新田175-1  
TEL (0542) 57-3137  
除湿
24. 新日静 (株)  
〒 422 静岡県静岡市有東2-2-27  
TEL (0542) 84-1911  
蒸気
25. (株) 石田鐵工所  
〒 426 静岡県藤枝市瀬戸新屋167-1  
TEL (0546) 41-2111  
除湿
26. 横山鉄工 (株)  
〒 427 静岡県島田市道悦5-14-1  
TEL (0547) 35-3411  
除湿
27. 中部機械製造 (株)  
〒 427 静岡県島田市中央町14-2  
TEL (05473) 7-4171  
電熱
28. (株) 疋田商店  
〒 440 愛知県豊橋市小向町字北小向96-1  
TEL (0532) 31-0307  
除湿
29. 近藤設備設計 (株)  
〒 485 愛知県小牧市大字大草字太良  
TEL (0568) 79-3511  
蒸気
30. ファーストエンジニアリング (株)  
〒 515 三重県松坂市大黒田町305 (中南勢ビル)  
TEL (0598) 26-7139  
電熱

31. 山本ビニター (株)  
〒 543 大阪府大阪市天王寺区上汐6-3-12  
TEL (06) 771-0605  
減圧 (高周波)
32. 美濃機械工業 (株)  
〒 551 大阪府大阪市大正区泉尾3-16-13  
TEL (06) 552-0398  
除湿
33. (株) 大阪精機  
〒 553 大阪府大阪市東淀川区菅原4-9-4  
TEL (06) 328-7731  
蒸気
34. 西村機械産業 (株)  
〒 558 大阪府大阪市住吉区東粉浜2-11-22  
TEL (06) 671-0551  
蒸気, 除湿
35. パール工業  
〒 559 大阪府大阪市住之江区南加賀屋3-8-13  
TEL (06) 685-4141  
蒸気, 減圧 (高周波)
36. 富洋木材 (株)  
〒 559 大阪府大阪市住之江区平林南1-6-26  
TEL (06) 681-0435  
除湿 (太陽熱)
37. 越井木材工業 (株)  
〒 559 大阪府大阪市住之江区平林北1-2-158  
TEL (06) 685 2061  
除湿 (太陽熱)
38. (株) 芦田製作所  
〒 571 大阪府門真市大字岸和田144  
TEL (0720) 84-8181  
減圧 (高周波)
39. カンプー工業 (株)  
〒 571 大阪府門真市下馬伏37-15  
TEL (0720) 82-3045  
蒸気, 除湿
40. (株) モッカン機械製作所  
〒 581 大阪府八尾市北亀井町1丁目2-16  
TEL (0729) 91-5756  
除湿 (太陽熱)

41. 谷口機械 (株)  
〒 633 奈良県桜井市太田 5-4  
TEL (07444) 3-3280  
除湿
42. フソー (株)  
〒 633 奈良県桜井市吉備戎町588-1  
TEL (07444) 3-2020  
除湿
43. (株) 三善  
〒 633 奈良県桜井市安部1-12-20  
TEL (07444) 3-1466  
除湿 (太陽熱)
44. (有) ウッドテック  
〒 640 和歌山県和歌山市栗栖中須1084-1  
TEL (0734) 71-2677  
除湿
45. 益田機械製作所  
〒 698 島根県益田市高津町イ1128 番地71  
TEL (08562) 2-6479  
蒸気, 電熱
46. 高橋機工 (株)  
〒 698 島根県益田市あけぼの西町20-2  
TEL (08562) 3-1322  
蒸気, 電熱
47. 前田機工 (株)  
〒 733 広島県広島市中区広瀬北町3-7  
TEL (0822) 31-8121  
減圧, 蒸気, 除湿
48. (株) トーチク  
〒 736 広島県広島市安芸区矢野新町2-3-46  
TEL (082) 888-0157  
蒸気, 除湿, 太陽熱
49. 四国冷房  
〒 763 香川県丸亀市土器町3065  
TEL (0877) 24-4590  
除湿

一 覧 表  
A プレカスト 認 証 製 品

平成元年4月1日現在

認 証 番 号	認 証 製 品 名	受 認 証 者	所 在 地	製 造 工 場	所 在 地	認 証 年 月 日	認 証 期 限
A-1	KHK機械プレカスト部材	株式会社ケー・エイチ・ケー	愛知県名古屋	大口工場	愛知県大口町	平成4年4月1日	平成4年3月31日
A-2	一条機械プレカスト部材	株式会社一条工務店	静岡県浜松市	本社工場	静岡県浜松市	昭和63年6月1日	平成4年3月31日
A-3	DUZ機械プレカスト部材	ダズ工業株式会社	愛知県名古屋	プレカスト工場	愛知県名古屋	"	"
A-4	富士ハウス機械プレカスト部材	富士ハウス株式会社	静岡県浜松市	CCS工場	静岡県浜松市	"	"
A-5	中尾建設機械プレカスト部材	中尾建設工業株式会社	愛知県安城市	プレカスト工場	愛知県安城市	"	"
A-6	UNN機械プレカスト部材	株式会社ウンノハウス	山形県山形市	天童工場	山形県天童市	平成4年4月1日	"
A-7	NITTO機械プレカスト部材	日東木材産業株式会社	静岡県浜北市	プレカスト工場	静岡県浜北市	"	"
A-8	ニューハウス工業 <sup>（株）</sup> プレカスト部材	ニューハウス工業株式会社	石川県金沢市	松任工場	石川県松任市	"	"
A-9	秀和機械プレカスト部材	株式会社秀和建設	千葉県流山市	匠工場	千葉県流山市	"	"
A-10	木下機械プレカスト部材	株式会社木下工務店	東京都新宿区	埼玉工場	埼玉県栗橋町	"	"
A-12	OHARA機械プレカスト部材	大原産和株式会社	東京都足立区	埼玉工場	埼玉県幸手町	"	"
A-13	中央木材機械プレカスト部材	株式会社中央木材	埼玉県越谷市	プレカスト工場	茨城県岩井市	"	"
A-14	ビルド機械プレカスト部材	株式会社ビルド	東京都渋谷区	小名浜工場	福島県いわき市	"	"
A-15	栄和機械プレカスト部材	株式会社栄和工建	静岡県榛原町	本社 <sup>（株）</sup> 工場	静岡県榛原町	"	"
A-18	共立機械プレカスト部材	株式会社共立ハウジング	広島県広島市	西条工場	広島県広島市	"	"
A-19	マルワ機械プレカスト部材	渡辺製材株式会社	静岡県清水市	マルワ <sup>（株）</sup> 工場	静岡県清水市	"	"
A-20	T. H. P 機械プレカスト部材	ティエッチピーセータ株式会社	静岡県富士市	プレカスト工場	静岡県富士市	"	"
A-21	T. P 機械プレカスト部材	天竜プレカスト事業協同組合	静岡県天竜市	プレカスト工場	静岡県天竜市	"	"
A-22	山根木材機械プレカスト部材	山根木材株式会社	広島県広島市	機械 <sup>（株）</sup> 工場	広島県広島市	"	平成3年3月31日

認証番号	認証製 品 名	受 認 証 者	所在地	製 造 工 場	所在地	認 証 年 月 日	認 証 期 限
A-23	平井機械ブレカッタ部材	有限会社平井ブレカッタ	千葉県木更津市	小櫃工場	千葉県君津市	"	"
A-24	Fuji機械ブレカッタ部材	富士ブレカッタ株式会社	広島県神辺町	本社工場	広島県神辺町	"	"
A-25	皇始機械ブレカッタ部材	皇始建設有限公司	埼玉県寄居町	ブレカッタ工場	埼玉県寄居町	"	"
A-26	奥野機械ブレカッタ部材	株式会社奥野工務店	京都府舞鶴市	吉野工場	京都府舞鶴市	"	"
A-27	一条福山機械ブレカッタ部材	株式会社一条工務店福山	広島県福山市	松永工場	広島県福山市	"	"
A-28	カナダハウス機械ブレカッタ部材	有限会社小野製材所	香川県高瀬町	精カッタ工場	香川県高瀬町	"	"
A-29	オノダ機械ブレカッタ部材	有限会社オノダ	岩手県水沢市	ブレカッタ工場	岩手県水沢市	"	"
A-30	ムカワロ機械ブレカッタ部材	株式会社ムカワホーム	山梨県山梨市	ブレカッタ工場	山梨県山梨市	"	"
A-31	タイシンハウス機械ブレカッタ部材	耐震工業協同組合	愛媛県松山市	中野工場	愛媛県松山市	"	"
A-32	ジックシステマ機械ブレカッタ部材	システマ建材工業株式会社	沖縄県沖縄市	ブレカッタ工場	沖縄県沖縄市	"	平成3年9月31日
A-33	誠建機械ブレカッタ部材	誠建株式会社	広島県広島市	可部工場	広島県広島市	"	"
A-34	日興機械ブレカッタ部材	株式会社日興	広島県広島市	ブレカッタ工場	広島県広島市	"	"
A-35	高橋機械ブレカッタ部材	高橋建設株式会社	岐阜県揖斐川町	第二工場	岐阜県揖斐川町	"	"
A-36	角文機械ブレカッタ部材	角文木材株式会社	愛知県刈谷市	衣浦工場	愛知県半田市	"	"
A-37	番匠工房機械ブレカッタ部材	株式会社中野工務店	千葉県市川市	番匠工房工場	千葉県市川市	"	"
A-38	カワクボ機械ブレカッタ部材	河窪商事有限公司	愛媛県松山市	ブレカッタ工場	愛媛県松山市	"	"
A-39	サノホーム機械ブレカッタ部材	佐野建設株式会社	岩手県江刺市	ブレカッタ工場	岩手県江刺市	"	"
A-40	苗場機械ブレカッタ部材	苗場木材加工協同組合	新潟県津南町	ブレカッタ工場	新潟県津南町	"	"
A-41	三創機械ブレカッタ部材	株式会社三創	香川県高松市	ブレカッタ工場	香川県高松市	"	"

B 関係大学, 試験場・研究機関 一覧表 日本木材学会

○印: 乾燥を研究テーマとしている機関

大 学	郵便番号・所在地	電話番号
[農学部]		
帯広畜産大学畜産学部	農産化学科 〒080 帯広市稲田町西2線-11	(0155-48-5111)
北海道大学農学部	林産学科 〒060 札幌市北区北9条西9丁目	(011-716-2111)
岩手大学農学部	林学科 〒020 盛岡市上田3-18-8	(0196-23-5171)
山形大学農学部	林学科 〒997 鶴岡市若葉町1-23	(0235-23-1521)
宇都宮大学農学部	林学科 〒321 宇都宮市峰町350	(0286-36-1515)
新潟大学農学部	林学科 〒950-21 新潟市五十嵐二の町8050	(0250-62-6098)
筑波大学	農林工学系 〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1	(0298-53-2111)
○東京大学農学部	林産学科 〒113 東京都文京区弥生1-1-1	(03-812-2111)
東京農業大学農学部	林学科 〒156 東京都世田谷区桜ヶ丘1-1-1	(03-420-2131)
日本大学農獣医学部	林学科 〒154 東京都世田谷区下馬3-34-1	(03-421-8121)
○東京農工大学農学部	林産学科 〒183 府中市幸町3-5-8	(0423-64-3311)
○信州大学農学部	林学科 〒399-45 長野県上伊那郡南箕輪村8304	(02657-2-5255)
静岡大学農学部	林産学科 〒422 静岡市大谷836	(0542-37-1111)
○名古屋大学農学部	林産学科 〒464 名古屋市千種区不老町	(052-781-5111)
岐阜大学農学部	生物資源利用学科 〒501-11 岐阜市柳戸1-1	(0582-30-1111)
三重大学生物資源学部	森林資源学科 〒514 津市上浜町1515	(0592-32-1211)
○京都大学農学部	林産工学科 〒606 京都市左京区北白川追分町	(075-751-2111)
○京都大学	木材研究所 〒611 宇治市五ヶ床	(0774-32-3111)
○京都府立大学農学部	林学科 〒606 京都市左京区下鴨半木町1	(075-781-3131)
近畿大学農学部	農芸化学科 〒577 東大阪市小若江3-4-1	(06-721-2332)
鳥取大学農学部	農林総合科学科 〒680 鳥取市湖山町4-101	(0857-28-0321)
島根大学農学部	林学科 〒690 松江市西川津町1060	(0852-21-7100)
香川大学農学部	生物資源科学科 〒761-07 香川県木田郡三木町大字池戸2393	(0878-98-1411)
高知大学農学部	林学科 〒783 南国市物部乙200	(0888-63-4141)
愛媛大学農学部	生物資源学科 〒790 松山市樽味3-5-7	(0899-41-4171)
○九州大学農学部	林産学科 〒812 福岡市東区箱崎6-10-1	(092-641-1101)
宮崎大学農学部	林学科 〒889-21 宮崎市学園木花台西1-1	(0985-58-2811)
鹿児島大学農学部	林学科 〒890 鹿児島市郡元1-21-24	(0992-54-7141)
琉球大学農学部	林学科 〒903-01 沖縄県中頭郡西原町千原1	(09889-5-2221)
職業訓練大学校	木材加工科 〒229 相模原市相原1960	(0427-61-2111)



[研究場・研究機関]

試験場名		郵便番号・所在地	電話番号
○ 農林水産省	森林総合研究所	〒305 茨城県稲敷郡茎崎町松の里1 (筑波農林研究団地内郵便局私書箱16号)	(0298-73-3211)
○ 北海道立	林産試験場	〒071-01 旭川市西神楽1線10号	(0166-75-4233)
北海道立	林業試験場	〒079-01 美瑛市光珠内町東山	(01266-3-4164)
青森県	林業試験場	〒039-33 青森県東津軽郡平内町小湊	(0177-55-3257)
○ 岩手県	林業試験場	〒020-01 岩手県岩手郡滝沢村砂込20	(0196-88-4552)
宮城県	林業試験場	〒981-36 宮城県黒川郡大衡村柵木	(02234-5-2816)
秋田県	林業センター	〒010-12 秋田県河辺郡雄和町椿川字奥椿台193	(0188-86-4133)
山形県	林業試験場	〒991 寒河江市寒河江丙2707	(0237-84-4301)
福島県	林業試験場	〒963-01 郡山市安積町成田字西島坂1	(0249-45-2160)
栃木県	林業センター	〒321-22 宇都宮市下小池町280	(0286-69-2211)
群馬県	林業試験場	〒370-35 群馬県北群馬郡榛東村新井2935	(0273-73-2300)
茨城県	林業試験場	〒319-21 茨城県那珂郡那珂町戸4692	(0292-98-0257)
千葉県	林業試験場	〒289-12 千葉県山武郡山武町埴谷1887-1	(04758-8-0505)
埼玉県	林業試験場	〒369-12 埼玉県大里郡寄居町鉢形2609	(0485-81-1533)
東京都	農業試験場林業分場	〒190-01 東京都西多摩郡五日市町戸倉853	(0425-96-0218)
神奈川県	林業試験場	〒243-01 厚木市七沢657	(0462-48-0321)
新潟県	林業試験場	〒958 新潟県岩船郡朝日村大字鶴渡路2249-5	(0254-72-1171)
○ 富山県	林業技術センター・木材試験場	〒939-03 富山県射水郡小杉町黒河新4940	(07665-6-2815)
富山県	林業技術センター・林業試験場	〒930-13 富山県中新川郡立山町吉峰1	(0764-83-1511)

表続く

○ 石川県	林業試験場	〒920-21 石川県石川郡鶴来町3の宮	(07619-2-0673)
福井県	林業センター	〒917-03 福井県遠敷郡名田庄村三重	(0770-67-2076)
○ 福井県	総合グリーンセンター	〒910-02 福井県坂井郡丸岡町楽間15	(0776-67-0002)
山梨県	林業技術センター	〒400 山梨県中巨摩郡白根町今諏訪中河原	(0552-82-4210)
○ 山梨県	林業技術センター試験研究部	〒400 甲府市岩窪町688	(0552-53-5811)
○ 長野県	林業総合センター	〒399-07 塩尻市大字片丘狐久保5739	(0263-52-0600)
○ 岐阜県	林業センター	〒501-37 美濃市曾代1128-1	(05753-3-2585)
岐阜県	寒冷地林業試験場	〒506 高山市山田町1554	(0577-33-5252)
○ 静岡県	林業センター	〒434 浜北市根堅2542-8	(05392-5-3121)
愛知県	林業センター	〒441-17 愛知県南設楽郡鳳来町上吉田	(05363-4-0321)
○ 三重県	林業技術センター	〒515-26 三重県一志郡白山町二本木3769	(05926-2-0110)
滋賀県	森林センター	〒520-23 滋賀県野洲郡野洲町北桜978-95	(07758-7-2655)
京都府	林業試験場	〒629-11 京都府船井郡和知町本庄	(07718-4-0365)
大阪府	農林技術センター	〒583 羽曳野市尺度442	(0729-58-6551)
兵庫県	林業試験場	〒671-25 兵庫県宍粟郡山崎町五十波	(07906-2-2118)
○ 奈良県	林業試験場	〒635-01 奈良県高市郡高取町吉備	(074452-2380)
和歌山県	林業センター	〒649-21 和歌山県西牟婁郡上富田町生馬1632	(07394-7-2468)
鳥取県	林業試験場	〒680-12 鳥取県八頭郡河原町稲常113	(08588-5-2512)
島根県	林業技術センター	〒699-04 島根県八束郡六道町六道1586	(08526-6-0301)
○ 岡山県	林業試験場	〒709-43 岡山県勝田郡勝央町植月中1001	(086838-3151)
岡山県	木材加工技術センター	〒717 岡山県真庭郡勝山町勝山1884-2	(0867-44-3367)
広島県	林業試験場	〒728 三次市十日市町168-1	(08246-3-7101)
○ 山口県	林業指導センター	〒753 山口市宮野上1768-1	(0839-28-0131)
○ 徳島県	林業総合技術センター	〒770 徳島市南庄町5-69	(0886-32-4237)
香川県	林業指導所	〒766 香川県仲多度郡満濃町四条1192	(08777-5-3708)
○ 愛媛県	林業試験場	〒791-03 愛媛県温泉郡川内町大字則之内2780	(0899-66-2411)
高知県	林業試験場	〒782 高知県香美郡土佐山田町宮ノ口185	(08875-2-5105)
福岡県	林業試験場	〒834-12 福岡県八女郡黒木町今1314-1	(09434-2-0078)
佐賀県	林業試験場	〒840-02 佐賀県佐賀郡大和町池上3408	(09526-2-0054)
○ 長崎県	総合農林試験場	〒854 諫早市貝津町3118	(09572-6-3330)
○ 熊本県	林業研究指導所	〒860 熊本市黒髪8-222-2	(096-339-2221)
○ 大分県	林業試験場	〒877-13 日田市有田字佐寺原	(09732-3-2146)
宮崎県	林業試験場	〒880-21 宮崎市柏原字高後516	(0985-48-1211)
鹿児島県	林業試験場	〒899-53 鹿児島県姶良郡蒲生町上久徳182	(0995-52-0074)
沖縄県	林業試験場	〒905 名護市名護3626	(09805-2-2091)

北海道立	工業試験場	〒060	札幌市北区北19条西11丁目	(011-747-2211)
北海道立	寒地建築研究所	〒060	札幌市西区24軒4条1丁目	(011-621-4211)
旭川市	工芸指導所	〒078-11	旭川市豊岡3条3-5-11	(0166-32-1231)
北見市	工業技術センター	〒090	北見市三輪1-4	(0157-31-2705)
○ 青森県	工業試験場	〒036	弘前市袋町80	(0172-32-1466)
青森県	木工分場	〒030-01	青森市大字ハツ後字葺谷202-4	(0177-39-8511)
岩手県	工業試験場	〒020	岩手県紫波郡都南村津志田26	(0196-36-3640)
宮城県	工業技術センター	〒982	仙台市長町8-7-20	(0222-48-4386)
○ 秋田県	工業技術センター	〒010-16	秋田市新屋町字砂奴寄4-1	(0188-62-3414)
○ 能代市	技術開発センター	〒016-01	能代市河戸川字南西山18-19	(0185-52-5249)
山形県	工業技術センター	〒990	山形市沼木車の前683	(0236-44-3222)
福島県	会津若松工業試験場	〒965	会津若松市門田町飯寺字村西651-1	(0242-27-0834)
茨城県	工業技術センター	〒311-31	茨城県東茨城郡茨城町長岡矢頭3781-1	(0292-93-7213)
栃木県	工業技術センター	〒322	鹿沼市白桑田516-1	(0289-62-5211)

表続<

群馬県	工業試験場	〒371	前橋市烏羽町190	(0272-51-4261)
埼玉県	工業技術研究所	〒338	浦和市下木崎字皇山222	(0488-33-1511)
埼玉県	製紙工業試験場	〒355-03	埼玉県比企郡小川町大字小川226	(04937-2-0222)
千葉県	工業試験場	〒280	千葉市加曾利町889	(0472-31-4325)
東京都立	工業技術センター	〒115	東京都北区西が丘3-13-10	(03-909-2151)
○神奈川県	工芸指導所	〒250	小田原市本町1-7-53	(0465-22-4168)
神奈川県	工業試験場	〒236	横浜市金沢区昭和町3173	(045-771-1301)
神奈川県	家具指導センター	〒243-04	海老名市杉久保896-5	(0462-38-3031)
横浜市	中小企業センター	〒235	横浜市磯子区磯子2-29-36	(045-761-3821)
山梨県	工業技術センター	〒400	甲府市里吉3-9-4	(0552-33-0211)
長野県	工業試験場	〒380	長野市若里188	(0262-26-2812)
長野県	情報技術試験場	〒399	松本市野清西1-7-7	(0263-25-0790)
新潟県	工業技術センター	〒950	新潟市鏡西1-11-1	(0250-44-9168)
○静岡県	工業技術センター	〒420	静岡市牧ヶ谷550	(0542-78-3024)
静岡県	製紙工業試験場	〒417	富士市伝法3363	(0545-52-2327)
静岡市	産業工芸センター	〒422	静岡市中島2992	(0542-81-2100)
富山県	工業技術センター	〒933	高岡市二上町150	(0766-21-2121)
高岡市	工芸デザイン指導所	〒933	高岡市開発本町1-1	(0766-22-2317)
石川県	工業試験場	〒920-02	金沢市戸水町ロ1	(0762-67-2165)
輪島市	漆器研究所	〒928	輪島市河井町24部55	(0768-22-2211)
山中町	漆器研究所	〒922-01	石川県江沼郡山中町塚谷イ-102	(07617-8-0425)
○岐阜県	工芸試験場	〒506	高山市山田町1554	(0577-33-5252)
岐阜県	工業技術センター	〒501-61	岐阜県羽島郡笠松町北及10-2	(05838-8-3151)
岐阜県	紙業試験場	〒501-37	美濃市前野777	(05753-3-1241)
愛知県	工業技術センター	〒448	刈谷市一ツ木町西新割	(0566-24-1841)
三重県	工業技術センター	〒514	津市高茶屋小森町字大塚3485	(0592-34-4036)
伊勢市	工芸指導所	〒516	伊勢市一之木5-14-43	(0596-28-4397)
福井県	工業技術センター	〒916-01	福井県丹生郡宮崎村小曾原	(0778-32-2005)
武生市	工業試験場	〒915	武生市池ノ上町49-6	(0778-22-1241)
京都府立	中小企業総合指導所	〒600	京都市下京区西七条八幡町31	(075-312-2331)
京都市	工業試験場	〒601	京都市南区西九条南田町1-2	(075-681-2736)
大阪府立	産業技術総合研究所	〒550	大阪市西区江ノ子島2-1-53	(06-443-1121)
大阪府立	産業デザイン研究センター	〒541	大阪市東区南本町5-16大阪府商工会館内	(06-281-0327)
大阪市立	工業研究所	〒536	大阪市城東区森の宮1-6-50	(06-969-1031)
兵庫県立	工業試験場	〒654	神戸市須磨区行平町3-1-12	(078-731-4481)
奈良県	工業試験場	〒630	奈良市柏木町129-1	(0742-33-0817)
和歌山県	工業試験場	〒649-62	和歌山市小倉60	(0734-77-1271)

研究場・研究機関・官公庁

和歌山県	漆器試験場	〒642	海南市松尾226-2	(07348-2-0844)
○ 鳥取県	工業試験場	〒680	鳥取市秋里390	(0857-22-8321)
島根県立	工業技術センター	〒699-01	島根県八束郡東出雲町219	(0852-52-4480)
岡山県	工業技術センター	〒700	岡山市伊福町4-3-18	(0862-52-5136)
○ 広島県立	東部工業技術センター	〒721	福山市東深津町3-232-16	(0849-31-2400)
広島市	工業技術センター	〒730	広島市中区千田町3-8-24	(082-242-4170)
山口県	工業技術センター	〒753	山口市朝田湯垣585-1	(0839-22-6810)
香川県	工業技術センター	〒761	高松市郷東町587-1	(0878-81-3175)
○ 徳島県	工業試験場	〒770	徳島市北前川町2-6	(0886-22-3322)
徳島市立	木工会館	〒770	徳島市福島1-8-22	(0886-22-9625)
愛媛県	工業技術センター	〒790	松山市久米窪田町487-2	(0899-76-7612)
愛媛県	製紙試験場	〒799-01	川之江市川之江町281-2	(0896-8-2144)
○ 高知県	工業試験場	〒780	高知市棧橋通り2-11-15	(0888-33-0568)
高知県	紙業試験場	〒780	高知市旭町3-1-1-5	(0888-24-4151)
福岡県	福島工業試験場	〒834	八女市稲富499	(09432-3-2361)
福岡県	福岡工業試験場	〒812	福岡市博多区堅粕1-28-45	(092-651-0472)
福岡県	大川工業試験場	〒831	大川市上巻字畑中東405-3	(09448-6-3259)
福岡県	農業総合試験場	〒830-04	福岡県三潴郡大木町八丁牟田999-1	(09443-2-1029)
佐賀県	工業試験場	〒840-01	佐賀市鍋島町八戸溝118	(0952-30-8161)
長崎県	工業試験場	〒852	長崎市文教町2-5	(0958-46-1237)
長崎県	県北工業試験場	〒859-32	佐世保市広田町53-7	(0956-38-2548)
熊本県	工業技術センター	〒862	熊本市東町3-11	(096-368-2101)
大分県	日田産業工芸試験所	〒877	日田市石井町3丁目	(0973-23-2213)
大分県	別府産業工芸試験所	〒874	別府市東荘園町3-3	(0977-22-0208)
大分県	工業試験場	〒870	大分市下郡3239-4	(0975-69-1855)
別府市	工芸研究所	〒874	別府市末広町7-14	(0977-23-1072)
○ 宮崎県	工業試験場	〒880	宮崎市恒久1-7-14	(0985-51-7211)
○ 鹿児島県	工業技術センター	〒890-01	鹿児島県始良郡隼人町小田1445-1	(0995-43-5111)
沖縄県	工芸指導所	〒901-11	沖縄県島尻郡南風原町字照屋213	(0988-89-1186)
沖縄県	工業試験場	〒902	那覇市字寄宮1-8-39	(0988-32-2176)