

よくわかる 石川の森林・林業技術 No.6

スギ材の乾燥技術



石川県林業試験場

はじめに

建築基準法の改正や住宅の品質確保の促進等に関する法律の制定に伴い、クレーム対策として、寸法変化や割れの生じにくい乾燥材が求められるようになりました。

針葉樹構造材の人工乾燥が盛んになったのは、約40年前からで比較的歴史が浅く、現在も様々な方式が試みられています。

石川県における乾燥材の比率は平成13年で11%程度ですが、近年は消費者の意識の変化もあって、その潜在需要は大きいと考えられます。

この冊子は、初期含水率が高く、乾燥が難しいとされているスギ材の乾燥についての正しい理解のため、当試験場石川ウッドセンターが行った乾燥材についての調査、研究の成果をまとめたものです。普及資料としてご活用下さい。

平成16年3月

1 . 木材乾燥の必要性	1
(1) 木材の水分	1
(2) 木材の収縮とトラブル	2
(3) 乾燥材使用の利点	3
(4) スギの人工乾燥の難しさ	4
2 . スギ材に適用される乾燥方法	5
(1) 蒸気式乾燥法	5
中温乾燥	5
高温乾燥	6
(2) 高周波真空式乾燥法	7
高周波真空乾燥	7
爆砕高周波真空乾燥	8
(3) 天然乾燥	9
(4) 除湿式乾燥	9
(5) その他の乾燥方法	9
高周波・蒸気複合式乾燥法	9
液相式乾燥法	10
組み合わせ乾燥法	10
3 . まとめ	11
謝 辞	12
参考文献	12

1. 木材乾燥の必要性

(1) 木材の水分

森林の立木から伐り出された木材は、大量の水分を含んでいます。木材の重量を木繊維(Wo)とその中に含まれる水分(Ww)に分けて、 $Ww / Wo \times 100(\%)$ で表される値を**含水率**と言います。

伐採、製材直後のいわゆる生材の状態では、木繊維の細胞壁に含まれる**結合水**に加え、細胞内腔に**自由水**が存在します。生材の含水率は樹種や伐採時期により様々で、同一樹種でも個体により差がありますが、スギでは多くが100%を超えており、200%以上の場合も珍しくありません。

木材中の水分は空気中に放散され、含水率は低下します。

自由水がなくなった状態を**繊維飽和点**といい、殆どの樹種では含水率は約30%まで低下します。さらに結合水も減少し、空気中の湿度と均衡し、**気乾状態**となります。この時の含水率を**平衡含水率**といい、地域や季節により変動しますが、日本ではほぼ14～16%です。(図1参照)

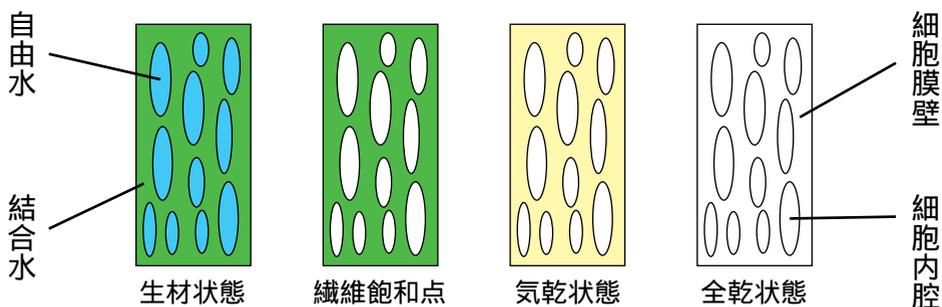


図1 木材内の水分の変化(「林業技術ハンドブック」¹⁾参照)

(2) 木材の収縮とトラブル

生物材料である木材は、細胞組織の配列方向との関係で、物理的性質が異なる異方性材料です。

繊維飽和点付近から木材は収縮を始めますが、その収縮率は図2に示す3方向により異なります。スギの気乾状態までのおよその収縮率は、**軸方向** 0.03%、**放射方向** 1.1%、**接線方向** 3.5%です（「木材の人工乾燥」²⁾より引用）。例えば、幅10cmの板目板では乾燥により接線方向で3~4mm収縮することになります。

この放射方向と接線方向の収縮率の差異が、木材乾燥において、割れやそりを生じ、大きな障害となります。



図2 スギ材の3断面3方向

したがって、未乾燥材を使って建物を建築すると、木材が乾燥することにより、後日様々なトラブルが発生します。

例えば

- ・床梁が収縮 梁背の減少 床面の沈下、凹凸（図3）
- ・柱が収縮 壁面に引張り壁、クロスに亀裂
- ・床板、腰板が収縮 隙間が発生

これらは、僅かな狂いのよう
に感じますが、住宅としての機
能を損なうこととなります。

(3) 乾燥材使用の利点

平衡含水率に達した木材は、
その後の伸び縮みが抑制され、
前記のようなトラブルが軽減
されます。

このように、**木材を安定した
材料として使用するためには、
乾燥することが欠かせません。**

日本農林規格（JAS）では
材の種類、用途毎に含水率を表1のように定めています。



図3 平角材の収縮

左から未乾燥材、集成材、人工乾燥材
の梁材（原寸36cm）を約1年間放置し
たもの
未乾燥材の収縮量は他の2体より1cm
以上多かった（協力；ニューハウス工業）

表1 JASにおける針葉樹製材品の含水率基準^{3~5)}

分類		含水率	表示
針葉樹	構造用製材	15,20又は25%	D15,D20,D25,SD15,SD20
	造作用製材	15又は18%	D15,D18,SD15,SD18
	下地用製材	15又は20%	D15,D20,SD15,SD20

注) SDは仕上げ材、Dは未仕上げ材

乾燥することにより得られる効果には、寸法の安定化の他、重量の軽減による荷扱いの改善、含水率の低減による腐朽菌や害虫に対する耐久性の向上などがあります。

(4) スギの人工乾燥の難しさ

天然乾燥を含め、乾燥することにより木材には材面割れ、反り、曲り、擦れなど損傷が発生する場合があります。

スギ材を乾燥する場合、**心材の初期含水率が高いため**、乾燥に長時間を要します。乾燥初期に材表層と内部の含水率の差により、表層に引張り応力が発生することによって材面割れが起こり易くなります。特に厚さの大きい材や心持ち角材の乾燥に当たっては注意が必要です。

反りや曲りなどの狂いは、収縮率の違いや異常細胞、残存応力に起因して発生することが多く、**棧積みの際に棧木の間隔を密にし、重しをかけることで、ある程度小さくすることができます。**

熱変色は、敷居、鴨居などの造作材の場合に特に問題となるので、高温を避けることが必要です。

また、スギは生材状態では**個体による含水率のばらつきが大きい**ことから、乾燥後の含水率を均一に上げることが難しいとされています。効率的に乾燥するためには、材の重量が材中に含まれる水分量を反映していることから、重量の近似した個体をロットとして、選別することも有効な方法です。

そこで、乾燥効率を上げるためには、仕上がり製品の目的によって、適した乾燥方法を選択することが重要です。

具体的なスギ材の乾燥方法について、次章で詳しく解説します。

2. スギ材に適用される乾燥方法

(1) 蒸気式乾燥法 中温乾燥



現在最も多く普及している乾燥方法で、乾燥温度は約50～90℃が一般的です。温度、湿度、空気循環により乾燥を進めます。

乾燥スケジュールとしては低い温度で湿度の高い状態でスタートし、徐々に温度を上げつつ湿度を下げっていく方法がとられています。

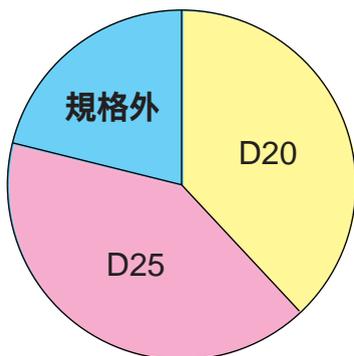
含水率15%以下まで乾燥するには2～3週間が必要です。
多種多様な樹種、材種に対応できるのが大きな特徴です。

試験例1)

初期含水率：79.6%

乾燥日数：14日間

仕上がり含水率：



乾燥材の様子

高温乾燥



最近、急速に普及している乾燥方法です。一般的に、蒸気式乾燥法の中で100 以上の温度で乾燥する方法を高温乾燥と呼んでいます。乾燥温度を高くすると乾燥時間を短くすることができます。

木材は、高温ほど柔らかくなり、伸びやすいという性質があります。

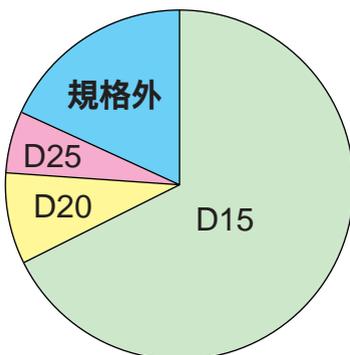
この性質を利用して材面割れを抑えることが可能になりました。しかし、乾燥スケジュールの取り方によっては内部割れが発生する確率が高くなるので注意が必要です。

試験例2)

初期含水率：99.3%

乾燥日数：8日間

仕上がり含水率：



乾燥材の様子

(2) 高周波真空式乾燥法 高周波真空乾燥



極板の間に乾燥させる木材を挟み込み、減圧（真空）下で高周波加熱を行いながら乾燥する方法です。

減圧された条件下に木材を置くと水の沸点が下がるので、低い温度で乾燥を進めることができます。また、高周波は電子レンジで加熱する原理と似ており、木材の内部

から加熱します。この両方の長所を効率的に複合させたのが高周波真空乾燥です。

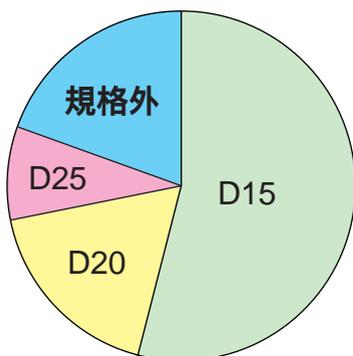
断面の大きな材の乾燥に適しています。

試験例3)

初期含水率：96.8%

乾燥日数：7日間

仕上がり含水率：



乾燥材の様子

爆砕高周波真空乾燥



スギなどの針葉樹は、水分通導の役割を持つ弁（壁孔）を持っています。壁孔は、心材物質の沈着や乾燥によって閉鎖してしまうので、水分の通導が低下してしまいます。

そこで、加圧・急解圧の繰り返し（爆砕）により壁孔を破壊し、水分の通導を良くした後、高周波真空乾燥を行います。

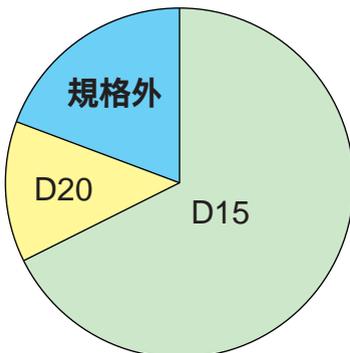
断面の大きな材の乾燥に適しています。

試験例4)

初期含水率：90.1%

乾燥日数：6日間

仕上がり含水率：



乾燥材の様子

(3) 天然乾燥



天然乾燥は、自然の温湿度と風を利用した乾燥方法です。特別な装置を必要としませんが、気象条件に左右されるので、北陸地方では、保管倉庫など屋根のある場所を実施する必要があります。年間の風向きを考えた積みが必要で

(4) 除湿式乾燥法



除湿乾燥機は、一般家庭の暖房除湿エアコンが工業的に用いられていると考えればよく、木材が投入されている乾燥室内を加熱（暖房）し、蒸発してくる水分を冷却結露させて除湿して温湿度を制御します。低温で緩やかな条件で乾燥するので、変色が少ないのが特徴です。

(5) その他の乾燥方法

高周波・蒸気複合式乾燥法

蒸気式乾燥（外部から加熱）と高周波加熱（内部から加熱）の長所を複合させた方法です。中温蒸気乾燥を行いながら高周波乾燥を行います。今後は特に断面の大きな梁・桁材等の乾燥に活用されていくものと考えられています。

液相式乾燥法



この乾燥方法は、棧積みした木材をパラフィンなどの油脂中に浸漬したまま100℃以上の温度で加熱する方法です。

湿度の調整が無く、浴槽内の温度コントロールで乾燥を進めるため、蒸気式乾燥のような乾燥スケジュール管理が不要です。

組み合わせ乾燥法

それぞれの乾燥（処理）方法の特徴を生かして、乾燥前処理と本乾燥とを使い分ける例も多数みられます。

表2 乾燥前処理と本乾燥の組み合わせ例

乾燥前処理	本乾燥
天然乾燥	蒸気式
	除湿式
	高周波真空
蒸煮減圧 (スピドラ)	天然乾燥
	蒸気式
	除湿式
	高周波真空
高温蒸気	天然乾燥

3. まとめ

これまでに取り上げた乾燥方法をスギに適用する場合、どの乾燥方法がどのような用途（部材）に適しているのでしょうか？

林業試験場の試験データやこれまでに発表されている報告など^{6,7)}をもとに相対的に評価して一覧表を作成しました。この評価は、原木の品質、乾燥機の型式、乾燥スケジュールなどによって変化しますので、一つの目安としてご活用下さい。

乾燥方式	材面割れ	材色	乾燥時間	コスト	適する部材
中温蒸気	B	B	B	B	板・柱
高温蒸気	A	C	A	A	板・柱
高周波真空	B	A	A	C	柱・平角
爆砕高周波	B	A	A	C	柱・平角
天然乾燥	C	A	C	A	板
除湿	B	A	C	C	板
高周波蒸気	A	B	A	B	板・柱
液相	A	C	A	B	柱

注) 材面割れ、材色、乾燥時間、コストについては、心持ち柱材を乾燥した場合を想定しています。Aは、材面割れが少ない、材色の変化がない、乾燥時間が短い、乾燥コストが安い、ことを表し、Cは、材面割れが多い、材色の変化が大きい、乾燥時間が長い、乾燥コストが高い、ことを表します。

謝 辞

この資料をとりまとめるにあたり、木材乾燥試験及び資料の提供にご協力頂きました、協同組合能登ウッド、株式会社ヤスジマ、協同組合金沢パワーウッド、南加賀木材協同組合、三善工業株式会社に対し、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 「林業技術ハンドブック」
全国林業改良普及協会、p886(1990)
- 2) 寺沢・筒本、「木材の人工乾燥」
社団法人日本木材加工技術協会、p18(1976)
- 3) 農林水産省告示第143号
針葉樹の構造用製材の日本農林規格(1991)
- 4) 農林水産省告示第1084号
針葉樹の造作用製材の日本農林規格(1996)
- 5) 農林水産省告示第1085号
針葉樹の下地用製材の日本農林規格(1996)
- 6) 「わかりやすい乾燥材生産の技術マニュアル」
社団法人全国木材組合連合会(2002)
- 7) 「品質・性能向上技術調査・開発事業報告書」
財団法人日本住宅・木材技術センター(2003)



この普及資料に関する問い合わせは、最寄りの農林総合事務所
または林業試験場にお尋ね下さい。

平成16年3月発行