

木材の乾燥方法と乾燥装置について

技術部 生産技術グループ 土橋 英亮

■はじめに

乾燥処理をしていない木材には多くの水分が含まれていて、置かれた環境になじむまで水分を放出して収縮します。収縮量が木材の幅・厚さ・長さ方向によって異なることや、表層と内部の水分減少に時間的なずれが生じること等に起因して、木材にはねじれや曲がり、割れ等の損傷が生じてしまいます。こうした欠点は美観だけでなく建物の不具合や、使用箇所によっては強度にも影響を及ぼしますので、木材を使う時には予め適度に乾燥しておく必要があります。また、木材の適度な乾燥はカビや腐朽の発生を防ぎ、接着力や釘の保持力、塗装性等の加工精度や強度性能を向上させることが知られ、古くから家具や建具等は乾燥材が使われてきました。近年では、北海道においてカラマツ・トドマツといった針葉樹人工林資源が充実してきており、これらの有効利用のため建築用途へ品質・性能の確かな乾燥材を安定供給することが求められています。

■木材の乾燥方法

木材を乾燥する方法には、天然乾燥と人工乾燥があります。天然乾燥とは、木材を棧積みして屋外で自然に乾燥させる方法です。天然乾燥には広い土地が必要で、原材料（原木や未乾燥の製材）の購入を借入金で賄っている場合には製品（乾燥製材）の販売までの期間が長期化することによって支払い金利の負担が増えますが、設備費はほとんど要らず、エネルギー経費もかからないという利点があります。しかし、乾燥の進行具合は天候に左右され、一般に長い期間が必要となります。また、到達できる乾燥の程度に限界があるので、使用環境を考慮した適度な乾燥状態まで木材を乾燥させることが出来ないことがあります。また、表面割れや腐朽にも気をつける必要があります。

一方、人工乾燥は各種の乾燥装置を使用してエネルギーを投入し、天然乾燥では到達できない乾燥状態まで短時間に木材を乾燥することができます。天然乾燥と違い乾燥条件をコントロールすることができるため損傷を防ぐことが可能になります。さらに、乾燥時間が推定できるので、乾燥材を計画的に生産

できる利点があります。

■木材の人工乾燥装置

現在最も普及している人工乾燥装置は蒸気式乾燥装置です。日本木材乾燥施設協会発行の乾燥機納入実績調査¹⁾では、平成23～27年の累計納入実績で、蒸気式乾燥装置が室数で全体の約80%、容量で全体の約91%を占めています（図1、図2）。この他にも、蒸気ではなく温水や電気ヒーターで加熱する乾燥装置、除湿式乾燥装置、減圧した状態で蒸気や高周波で加熱する乾燥装置、蒸気と高周波で複合的に加熱する乾燥装置等様々なものがありますので、簡単に説明します。

①蒸気式乾燥装置

図3は蒸気式乾燥装置の内部を模式的に示したも

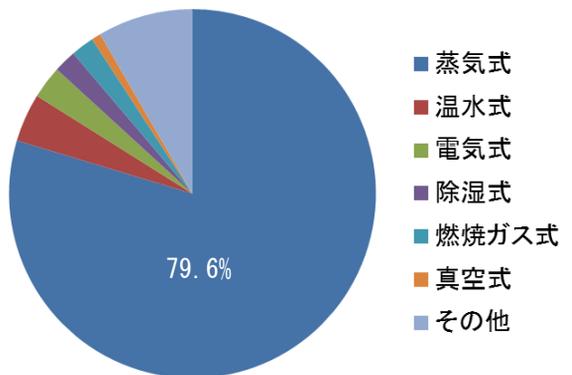


図1 平成23～27年に納入された乾燥装置の内訳 (室数基準, 全1,464室)

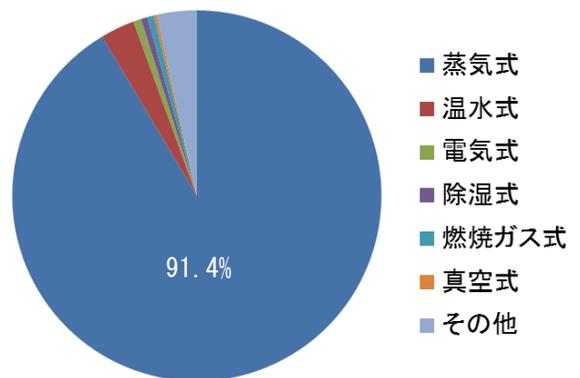


図2 平成23～27年に納入された乾燥装置の内訳 (容量基準, 全69,079m³)

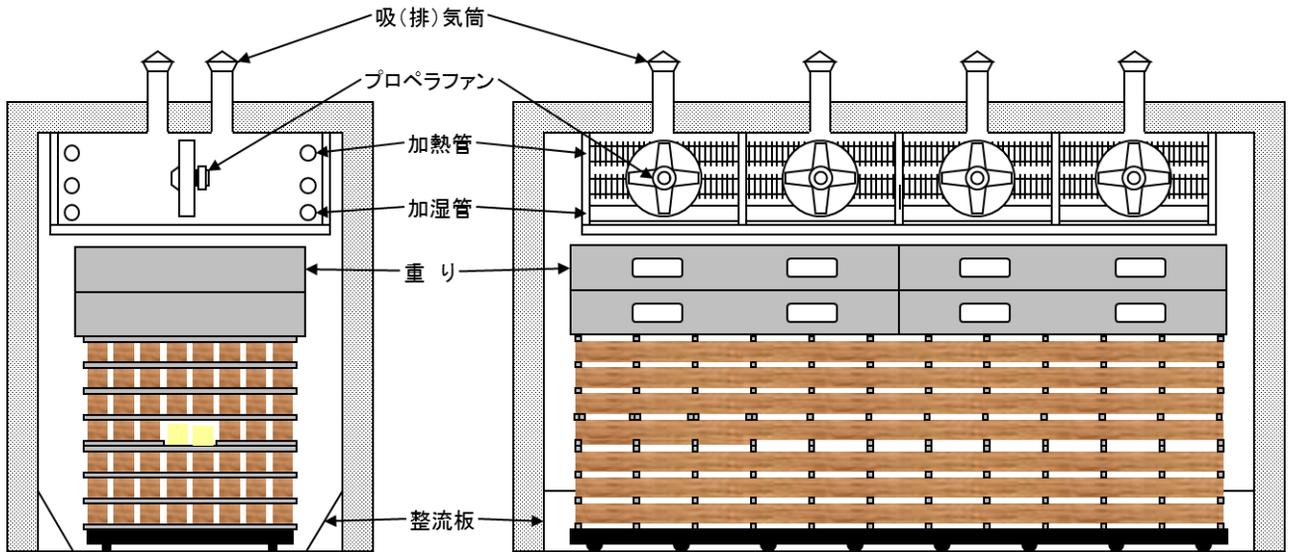


図3 蒸気式乾燥装置の模式図

のです。蒸気式乾燥装置では、外部に設置したボイラーで発生させた蒸気を加熱管に送り、室温を上げます。湿度の調節は加湿管からの生蒸気噴射と、吸排気筒のダンパー開閉あるいは吸排気用ファンの作動により外部の空気を取り込むことで行います。室内の温湿度のむらを少なくするために、プロペラファンは常時回転して室内の空気を循環させます。木材を栈積みした最上部には、ねじれ等の変形を抑制するために重りを載せるのが一般的です(写真1)。蒸気式乾燥装置は温湿度の調節が容易であり、乾燥温度の調節範囲が広く、生蒸気の噴射ができるので乾燥工程の末期に行う調湿処理や、ヤニ抜き等を目

的に行う蒸煮処理が可能です。

その一方、ボイラーが必要なので貫流ボイラー以外ではボイラー操作の有資格者が必要となり人件費が増え、設備費が比較的大きくなります。また、乾燥操作を習熟した専門の技術者が必要になります。木材の乾燥程度に応じて乾燥室内の温湿度を変更しながら乾燥を進めるのが一般的で、この温湿度の組み合わせを乾燥スケジュールと呼んでいます。乾燥スケジュールは、樹種や材料の厚さ、乾燥前の水分状態、目標とする乾燥の程度等を考慮して作成します。乾燥スケジュール作成の例は、林産試だより2011年4月号をご覧ください。

②除湿式乾燥装置

除湿式乾燥装置は昭和50年代から針葉樹建築用材の乾燥用として普及していきました。基本的には、乾燥機本体、除湿機、送風機、補助加熱器で構成される比較的簡易な構造なので導入しやすく、広葉樹内装用材や木工・工芸品等の乾燥にも使用されています。

除湿機を経て乾燥された空気は、送風機によって栈積内を木材から蒸発する水分を含みながら通り、再び除湿機で乾燥された空気になり循環し木材を乾燥させていきます。除湿機から発生する熱を用いて加温するため、乾燥室の温度を維持するには乾燥機本体の断熱性を確保する必要があります。特別な熱源を使用せず低温で乾燥できるので、蒸気式乾燥で見られるような損傷が少ないとされています。しかし、乾燥の後半は除湿機の稼働率が下がり、乾燥速度が遅くなりますので、木材を低含水率に仕上げる



写真1 栈積みの様子(蒸気式)

場合には補助熱源が必要になります。また、通常は加湿機能がないため湿度制御が困難であり、蒸気式乾燥装置で行う調湿処理は行えません。除湿式の乾燥機には他にも、遠赤外線を用いた除湿式乾燥装置や、除湿機を用いず木製の壁体に水分を吸収させる簡易な乾燥装置もあるようです。

③真空式乾燥装置（蒸気加熱、高周波加熱等）

真空式乾燥装置は、気圧の低いところで沸点が下がる現象を木材乾燥に応用したもので、減圧乾燥装置とも呼びます。水の沸点を下げた蒸発する温度を低くすれば、低い温度で乾燥が可能となります。装置内の圧力を下げるので大気圧に耐えられるよう、円筒形にする等形状や構造に工夫がされています。乾燥室内の圧力を下げて水の沸点を下げて、木材を加熱する必要があります。しかし、木材に熱を伝える役目の空気が少ない状態になっているので、蒸気加熱式減圧乾燥装置の場合は、圧力を下げる前に蒸気で加熱を行い、その後減圧状態にして沸点を下げて水分蒸発を促進し、再び空気を入れて加熱し、また減圧状態にするという操作を繰り返しながら乾燥を行います。これに対し、空気を使わずに木材を加熱する熱板加熱方式や、高周波を使って加熱する方法があります。高周波による加熱は、一般には馴染みがない方法ですが、イメージとしては、電子レンジによる加熱（マイクロ波加熱）に類似し、大きく異なるのは、加熱対象を電極板で挟む必要があるという点です。

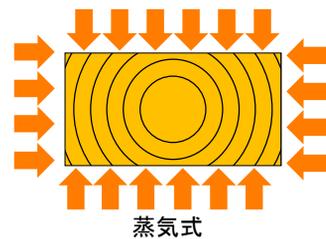
減圧乾燥法では、低めの温度で乾燥できるので狂い、変色等が少なく、通気性の良い材、短い材を乾燥する場合は時間短縮が期待できます。一方、設備費が高く、ランニングコストを含めた乾燥コストが高くなることや、適正な乾燥条件を得るまでに予備試験が必要で、乾燥室内の位置による乾燥むらが比較的大きいなどの特徴があります。

④蒸気・高周波加熱式乾燥装置

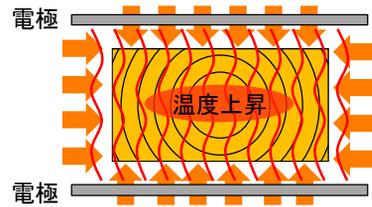
既に述べたとおり、蒸気式乾燥装置は蒸気を使って木材を外部から加熱します。このため、断面の大きな木材では内部の水分が表層部に移動して乾燥するのに長時間を要します。そこで高周波加熱を使って直接材内の水分を加熱して、乾燥を促進させようというのが、複合方式の蒸気・高周波加熱式乾燥装置です（写真2、図4）。蒸気式乾燥の乾燥スケジュールの適切な時期に高周波加熱を併用することで、乾燥日数の短縮や、表層と内部の水分量の差を小さくする効果が期待できます。



写真2 棧積みの様子（蒸気・高周波加熱式）



蒸気式



蒸気・高周波加熱式

➡:蒸気過熱

〰:高周波による内部水分加熱

図4 乾燥中の加熱のイメージ

■おわりに

ここまで、幾つかの乾燥装置について概略を紹介しました。木材乾燥装置には、対象とする木材の樹種や断面寸法、使用目的等により、向き不向きがあります。また、十分な性能を持った乾燥装置を使用しても、乾燥方法によっては乾燥材の品質に問題が生じることがあります。乾燥方法が確立している木材については、基本に則って丁寧な乾燥を行うことが大事だと思います。

■引用文献

1) 日本木材乾燥施設協会 KD REPORT VOL.59 (平成28年06月発行：<http://www.mokushin.com/kanso/kdreport/kdreport59.pdf>)