



コアドライの普及推進に関する協定調印式の様子
（「林産試ニュース」より）

木材人工乾燥装置の技術動向と道産材への適用について	1
「木材の屋外耐久性向上技術に関するフォーラム2013」の開催	4
原木の密度を測る	9
Q&A先月の技術相談から 〔ビスの引抜耐力〕	12
行政の窓 〔木育関連イベントのお知らせ〕	14
林産試ニュース	15

10
2014

林産試験場

木材人工乾燥装置の技術動向について

技術部 生産技術グループ 中 畷 厚

■はじめに

木製品製造業者にとって、乾燥材の品質と生産効率は経営に少なからず影響を及ぼすため、品質の向上と低コスト化を図る上で最適な乾燥工程を確立することは極めて重要です。製材の割れや曲がりや歩留まりを低下させ、乾燥材出荷後に生じる変形がクレームとなるケースもあるでしょう。乾燥に投入するエネルギーは生産工程の中で最も大きく¹⁾、化石燃料を使用している場合は燃料費負担も少なくありません。一方、住宅産業においては、プレカットの普及や住宅の高断熱・高气密化により、寸法変化の少ない乾燥材の使用が必須となっています。近年は、国産材自給率の向上のため、輸入材の品質・性能に対抗できる道産製材を供給していくことも重要な行政課題となるなど、木材加工の基本技術とも言える木材乾燥の意義・役割が益々重要になっています。

ここでは人工乾燥に関する情報提供を目的に、現在、国内で稼働している人工乾燥装置について概観しました。

■乾燥装置の種類と特徴

表1に人工乾燥装置の種類と主な特徴を示します²⁾⁴⁾。

・蒸気式乾燥装置

道内の人工乾燥材生産の実態調査⁵⁾によると、乾燥機420基の内、378基(90%)が蒸気式乾燥装置であり、国内でも最も普及しているタイプとなります。この装置の特徴は、40℃前後から100℃以上の高温まで広範囲の温度域を持つとともに、常圧下での湿度制御が容易な点です。このため、古くから様々な樹種・材種に対し乾燥試験が実施され、落ち込みやすい広葉樹材や割れやすい針葉樹心持ち正角・平角材などの難易度の高い製材を含め、樹種・材種を問わず適応性の広い装置と言えます。また、製材用途に応じて高温ないし中温タイプが選択でき、価格は中温タイプが廉価です。大きさは収容材積20m³前後が一般的ですが、近年は集成材ラミナや羽柄材の乾燥に特化して、100m³以上収容できる大型の中温乾燥装置も普及しています。製造メーカーも多く、機能性・メンテナンス性で各社独自の工夫・相違はあります

が、温度・湿度・風速制御といった基本性能で大きな違いはありません。

・除湿式乾燥装置

次いで多いのが除湿式乾燥装置です。針葉樹建築用材の乾燥が意識され始めた昭和50年代から急速に導入され、当初は構造材や羽柄材の乾燥を主体に用いられてきました。加熱と除湿をヒートポンプ式除湿機で行います。加熱によって発生する水蒸気を除湿機の蒸発器によって冷却・結露させ排出し、除湿機の冷媒(フロンガス)が凝縮器で液化する際に放熱し室内が加温され乾燥が進みます。しかし、乾燥後半に室内が低湿状態になると凝縮器からの放熱が少なくなるため、含水率をより下げたい場合には補助ヒーターによる加熱が必要です。温度は除湿機の種類によって低温型(40~50℃)と高温型(60~85℃)に分けられ、乾燥材の種類に応じて選択します。この方法は、一般に温度が低く無理な乾燥にならないので、材色がきれいで安全で操作も容易に行える反面、低温型は乾燥時間が長くなり、寒冷地では冬季の熱消費量が多く、特に低含水率域での乾燥効率が落ちるためヒートポンプによる省エネ効果が思ったほど期待できないことがあります。最近では、乾燥時間の短縮をねらった電熱式の高温型装置が導入される傾向にあるようです。

・木製乾燥装置

除湿式乾燥に類似の方法として、木製乾燥機があります。これは乾燥機躯体をスギ・カラマツなどの板材等で構成したまったく新しい発想の乾燥機です⁶⁾。低温乾燥のため木材本来の色艶・成分を保つなどの利点が強調されています。前述のような除湿機は用いていませんが、電熱ヒーター等で40℃前後に室内を加温し、水分蒸発により高湿度となった空気を木製内壁等に吸着させ、室内の湿度を徐々に下げながら乾燥を進める方法は、仕組みこそ異なりますが、除湿効果による乾燥方法と推測されます。加温は簡易な電熱ヒーター(＋簡易送風機)等によるもので、ヒートポンプ式と同様に省エネ効果が期待できますが、装置規模と除湿能力の関係や材種毎の仕上がり含水率、乾燥時間、割れ等の品質確認、データ収集が必要と思われる。

・蒸気加熱式減圧乾燥装置

蒸気加熱式減圧乾燥装置は、名称のとおり蒸気加熱と減圧乾燥を組み合わせた装置です。減圧することで沸点が下がるので比較的低い温度で乾燥が可能です。しかし、減圧状態では熱媒体が少なく効率が低下するため、常圧で加熱してから減圧して乾燥を促進し、温度が下がればまた常圧に戻し加熱することを繰り返すのが通常です。熱源と風速の確保が重要で、熱気（蒸気式）乾燥のみに比べ時間短縮が期待できるほか、比較的低い温度が適用できるため材色変化の少ない仕上がりが期待できます。装置躯体は、蒸気式乾燥装置に減圧機能が付加され、頑丈で気密性が重要となります。

・高周波加熱式減圧乾燥装置

この装置は、蒸気加熱式減圧乾燥とともに減圧法であることで同類ですが、加熱に高周波を用いるため、それぞれの特長を活かした急速乾燥を得意とします。減圧状態での乾燥は前述のとおりですが、高周波による加熱は誘電率の大きい水分子により多く作用するので含水率が高いほど発熱しやすく、内部加熱が可能です。このため水分傾斜や割れ・細胞のつぶれなどのない仕上がりが期待され、極めて大きい断面の構造材や価値の高い無垢厚板材などの乾燥に適しています。しかし、電力によるエネルギーコストと設備費が高く、コスト重視の針葉樹乾燥には不向きとされ、導入の際は採算性を十分検討する必要があります。ただし、今後は高品質な針葉樹構造用材（現し梁・桁材等）が要求されることも大いに考えられることから、適用の可能性がないとは言えません。なお、本法は熱効率を上げるため栈木を用いた栈積みが不要で、べた積み状態で円筒型真空缶体に収容し乾燥します。

・蒸気・高周波加熱式乾燥装置

同じく高周波加熱の利用と同時に蒸気加熱を併用する装置が、蒸気・高周波加熱式乾燥装置（熱気・高周波複合）です。前者との違いは、減圧加熱式ではなく熱風加熱のため栈積みが必要なことや、円筒型缶体に対し蒸気式乾燥装置を基本とするため収容材積も十分確保されます。蒸気による外周加熱と高周波による内部加熱が同時に行えるため、内部水分の拡散が促進されるとともに表面からの水分蒸発が効率的で、乾燥時間の短縮が可能となります。操作方法は、蒸気単独による蒸煮・高温処理の後、温度を100℃以下にして高周波加熱を3～5日程度併用する方法が一般的で、表面割れの抑制と水分傾斜の少な

い仕上がりが比較的短時間で得られるとの報告があります⁷⁾。さらに、初期含水率のバラツキの大きい樹種においては、仕上がり含水率の均一化を図るため、重量区分等によりグループ分けした栈積み（ロット）を乾燥装置に同時に入れ、ロット毎に高周波強度や加熱時間を変えることで全体を均一に乾燥することが提案されています。エネルギーコスト（電気・燃料）は時間に比例しますので、いかに時間短縮を図るかがポイントですが、内部水分の均一化と短時間でしかも比較的低コストで達成できる可能性があり、他の乾燥方法にない特長を有しています。

・燻煙乾燥装置

本装置は、燻煙処理室と製材端材や未利用除伐材等の廃材を燃やす燃焼室で構成され、燃焼室は処理室と隔壁を介す並列タイプならびに処理室の地下部に設けたオンドルタイプがあります。いずれも木質燃料を燃焼室で燻し、燃焼ガス（煙）を直接処理室に導きながら、丸太の熱処理や製材の乾燥を行う方法です。すなわち丸太の燻煙熱処理と製材の燻煙乾燥を目的とする2種類の方法に分けられ、室内の最高温度は、丸太処理の場合は120℃以上が一般的で、温度を降下させる冷却期間を含め2週間程度かけるのに対し、製材乾燥では100℃を超えない温度で、製材サイズによって3日から2週間程度の時間を要します。装置規模は数十から百数十m³と容量が大きく、通常はファンを使わずに自然対流式が主流のため温度むらの問題が指摘されています。丸太処理で明らかにされていることは、成長応力（樹木の成長に伴い発生する材内ストレス）の低減であり、製材時の挽き曲がりや反りが生じにくいことが利点です。また、含水率低下は辺材部の高含水率領域が主体となるため、丸太内含水率の分布が均一化する特徴があります。しかし、湿度の制御機能がなく高温処理のため繊維飽和点（含水率約30%）以下になれば表面割れが生じやすいので、繊維飽和点以上での熱処理が得策と見られています。一方、製材が対象の場合は十分な含水率まで乾燥が可能です。前述のとおり温度むらが大きい場合、含水率のバラツキに注意が必要です。板類は割れ等の損傷が少なく含水率のバラツキも小さいと思われませんが、柱など断面の大きい製材は品質の確認が必要です。いずれにしても安価な廃材燃料と複雑な操作を必要とせず大量処理が可能な装置ですが、設備コストは高めであることから製品用途や品質とともに考慮する必要があります。

■おわりに

人工乾燥装置は多種多様であり、それぞれに品質・時間・コスト面で得意・不得意が混在するため、導入の際は知識と見聞をもって判断する必要があります。総合的に見ると、これからは蒸気式乾燥装置が主流であることに変わりはないと思いますが、今後は国産材による建築材・内装材供給の要望が益々増加することも予想され、製材用途に合った乾燥方法の選択が重要となってきます。特に、大径化する国産針葉樹を平角材（梁・桁）に、未利用広葉樹を内装材に利用するなど、乾燥技術に大きく依存するような用途開発が既に求められてきています。乾燥技術は日々進化しており、装置メーカーや研究者の努力により新たな手法も提案され、今回ご紹介できなかった方法もいくつか挙げられます。また、人工乾燥以外にも、時間を要しますが天然乾燥（養生）も活用の仕方によっては有効な乾燥方法の一つです。これらの選択は乾燥技術者の理解取得にかかっており、扱う材種・用途に合った最良な乾燥工程の確立を目指してほしいと思います。

■引用文献

- (1) 中島史郎・大熊幹章：木材工業46(3)，127-131，1991
- (2) 社団法人全国木材組合連合会：乾燥材生産の技術マニュアル改訂新版，2006
- (3) 石川県林業試験場 石川ウッドセンター：安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル，5-9，2012
- (4) 社団法人北海道林産技術普及協会：テクニカルノート木材乾燥(改訂新版)，2010
- (5) 北海道水産林務部林務局林業木材課：人工乾燥材生産実態調査結果平成24年度版，2013(12月)
- (6) 例えば
http://www.sorachitanpan.com/product/bio.html
- (7) 寺西康浩ほか：奈良県森林技術センター研究報告，No. 28，29-40，1998

表1 木材乾燥装置の主な特徴

装置名	タイプ	主な特徴	設備費 ²⁾
蒸気式乾燥装置	高温型	<ul style="list-style-type: none"> ・中温乾燥装置を高温仕様として、加熱能力・性能等を高めた ・表面割れを抑制しつつ、乾燥時間の短縮が可能 ・長時間の高温処理は、内部割れが生じたり材質変性が起きやすい 	25,000千円/材積25m ³ ・1室
	中温型	<ul style="list-style-type: none"> ・研究蓄積も多く、樹種材種を問わず適用範囲が広い ・蒸煮ができ、応力除去やヤニ処理等が可能 ・適用温度は100℃以下で、断面の大きい材は、長い乾燥時間を要する ・ボイラー1基で多室の熱源供給ができ、大型化も可能 	40,000千円/材積30m ³ ・2室
除湿式乾燥装置	高温型	<ul style="list-style-type: none"> ・約60～85℃の温度範囲で、低温型に対し乾燥時間の短縮が可能 ・割れ抑制に有効な高温セットができない ・ヒートポンプを用いるため、省エネ化が期待できる 	12,000千円/材積14m ³ ・1室
	低温型	<ul style="list-style-type: none"> ・40～50℃の温度範囲で、材色がきれいに仕上がる ・電気使用のため、操作が容易で無理な温度上昇もなく安全である ・乾燥後期に湿度低下すると除湿効率が下がるため、低含水率の乾燥には不向き 	—
蒸気加熱式減圧乾燥装置		<ul style="list-style-type: none"> ・減圧下での乾燥のため、低温でも乾燥時間の短縮が可能 ・温度を低く設定できるため、材色変化が少ない ・蒸気式装置に減圧機能が付加されるため、設備費が高価 	—
高周波加熱式減圧乾燥装置		<ul style="list-style-type: none"> ・低温でも急速乾燥が可能 ・材内の含水率傾斜が少なく、割れ・落ち込み・変色等の損傷も少ない ・大きな断面の付加価値化製品の乾燥に適している ・設備費およびランニングコストが高い 	40,000千円/材積14m ³ ・1室
蒸気・高周波加熱式乾燥装置		<ul style="list-style-type: none"> ・内部加熱により、断面の大きな材も効率的な乾燥が期待できる ・断面全体の含水率傾斜を少なく乾燥できる ・設備費が高く、積込みの時の電極配置作業の手間がある 	65,000千円/材積20m ³ ・2室
燻煙乾燥装置		<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラー等の加熱機器が必要なく、製材端材や除伐木等が燃料利用できる ・丸太処理の場合、成長応力の除去効果がある ・燃料の種類や量によって加熱時間が異なるなど、操作には十分な経験を要する 	100,000千円/材積200m ³ ・1室

「木材の屋外耐久性向上技術に関する フォーラム2013」の開催

性能部 居住環境グループ 小林裕昇

■はじめに

公園に設置されている遊具の部材には、プラスチックや鉄・アルミ系素材のものが主に用いられています。もちろん木製の遊具もありますが、木材は「腐りやすい」、「塗装やメンテナンスに手間とコストが掛かる」などの理由が一因となり、遊具設置者、管理者から避けられているのが現状です。しかし、維持管理面における評価が低い一方で、素材としての木材を高く評価する意見もあり、各自治体の担当者からは、これらの課題を早急に解決してほしいという要望が数多く寄せられました。林産試験場では2010年度～2012年度にかけて、遊具の主要構成部材である支柱や横架材、床板および手摺などの各部納まりや接合方法について高耐久化の検討を進め、遊具の耐久性とメンテナンス性の向上を図る技術開発を行いました。開発した技術は道内24市町村、遊具関連企業12社に資料を配布したところ、道東や道北の自治体の新規木製遊具や既存木製遊具の補修に採用され、更に技術的な問い合わせもあったことから、行政の注目度が非常に高いことが分かりました。

本技術は遊具だけではなく、ウッドデッキ、ガードレール、木柵、高速道路などに設置される動物の進入防止柵、公園施設、木道、自然公園内の展望施設・看板・標識などに応用が可能です。そこで本技術の普及を図り、各自治体・関連企業と木材の屋外耐久性向上に関する知見を共有することを目的として耐久性向上フォーラムを2013年に開催しました。開催日程を表1に示します。

■フォーラムの開催について

フォーラムの開催は各振興局より地域の自治体関連部署、関連企業へ電子メールを使って告知してもらうとともに、林産試験場は建設業、土木、造園緑化、公園施設業などの各協会事務局とコンタクトを取り、会員の方々への情報周知をお願いしました。また開催情報を確実に伝えられるようにするため、参加申込用紙を兼ねた開催案内のチラシを作成し、国や道の関係機関、道内各自治体、建築土木緑化および、遊具関連団体や森林組合、木製品を扱っている企業へ郵送しました。チラシの最終的な送付件数は、2,253件となりました。

■フォーラムの概要

フォーラムでは、以下の3項目について情報提供を行いました。

①木製エクステリアの耐久性向上に関する設計

木製エクステリアの支柱地際部の腐朽は、放っておくと製品全体の安全に関わるため、適切に防腐処理された部材を使用しなければなりません。防腐剤を加圧注入した木材の耐用年数はおおよそ10年ですが、材質や注入時の状態によっては想定した耐用年数を満たさず補修や更新が早まることもあります。そこで最も腐朽しやすい地際の柱部分を地面に直接に接触させない構造とするため、地面より上で基礎と柱脚を固定する接合金具（写真1）を開発しました。また柱脚部だけではなく柱頭部の木口面は水分の吸収率が高く劣化しやすい箇所のため、木製の保護部

表1 開催スケジュール

開催日(2013年)	開催地	会場
9月26日(木)	旭川市	林産試験場・講堂
10月1日(火)	函館市	渡島総合振興局・会議室
10月2日(水)	室蘭市	室蘭市文化センター・大会議室
10月3日(木)	倶知安町	後志総合振興局講堂
10月10日(木)	釧路市	釧路市生涯学習センター・705, 706学習室
10月11日(金)	帯広市(幕別町)	幕別町百年記念ホール・講堂
10月31日(木)	新ひだか町	新ひだか町公民館・大集会室
11月13日(水)	稚内市	宗谷総合振興局・講堂
11月28日(木)	網走市	オホーツク文化交流センター・大会議室
12月19日(木)	札幌市	北海道立道民活動センター・かでる2・7

材を柱頭に取り付け（写真2）、直接水が当たらないようにすることで柱全体の耐久性向上を図りました。手摺の横木などの水平部材については、材の上面に割れが発生し劣化しやすい部分であることから、木口と同じように笠木で保護する手法を提案しました（写真3）。意外と見落とされやすいのが、床梁の劣化です。床材は木ねじを使用して梁に固定するため、梁の上面に無数の釘穴が開き、そこに水分が浸透して劣化が促進されていると考えられます。そこで床は裏面から鋼材でユニット化を図り（写真4）、それを梁に取り付けた金属製アングル（写真5）に固定することで、床梁上面の破損を最小限にする納まりを考案しました。

これらの技術の利用方法について、事例を交え詳細な説明を行いました。



【写真1】



【写真2】



【写真3】



【写真4】



【写真5】

②塗膜面を長持ちさせる塗装技術について

木製エクステリアにおける塗装は、塗装前の木材の状態が塗装後の耐候性能を左右します。時間が経過すると木材表面は、ヤニ（樹脂分）などの影響で塗料の木材に対する密着性が悪くなります。塗料の密着性は塗装直前にサンディングを行うことや、ヤニが吹き出している場合にはアルコールやシンナー等を用いて木材表面をきれいに拭くことで改善されます。また木材の表面仕上げは、塗料の塗布量や浸透性に影響を及ぼし、結果的に耐候性能を左右しま

す。サンディングの仕上げが粗い場合や粗挽き仕上げの耐候性能はプレーナー仕上げに比べて高くなりますので、これらの仕上げを積極的に利用することが重要と考えられます。フォーラムでは屋外で利用される塗料の種類や特徴、各種塗料の劣化形態とメンテナンスのタイミング、塗膜を長持ちさせるひと工夫について報告しました。

③耐久性向上技術を用いた木製エクステリアのライフサイクルコスト（LCC）の試算と経済波及効果について

LCCとは、ある製品や構造物などにおいて、調達・製造時の費用、完成後それを使用している間に掛かる全ての費用（補修や部材交換など）、そして最後に廃棄する費用を総合的に考えたもので、生涯費用とも呼ばれます。一般的に木製遊具のLCCは他素材と比較して不利ですが、地域外から購入しなければならない鋼製遊具と異なり、木製遊具は地域内から供給が可能のため地域への経済効果が大きいと考えられます。鋼製と木製の経済効果の差がLCCの差より大きいことが明らかとなれば、導入を進めるための一つの根拠と成り得ることから、地域にもたらす経済波及効果について産業連関分析を用い推計し、その結果を報告しました。

各会場では、屋外環境における木製品の耐久性向上技術の理解を深めてもらうことを目的として、本技術を用いた実大の遊具軸組モデル（部分）を展示しました（写真6）。情報提供後は、会場の参加者と木製資材利用に関する課題や問題点の把握、商品の改良や新たな技術開発などの意見交換を行いました。



【写真6】

■各開催地における指摘やご意見

木製遊具の設置やPL法との関連などについて質問がありました。また、旭川市、剣淵町、当麻町の各公園担当者より遊具の現状を話していただきました（旭川市・写真7）。

外部エクステリアでは含浸系塗料を使うことが多く、今回のフォーラムで造膜系塗装について情報提供したところ、それらの使い方や問題点、仕上げに対する影響などの質問が会場よりありました（函館市）。

木製ハイブリッド遊具の設計の考え方や塗装の維持管理コスト低減の質問がありました（室蘭市）。

木製ハイブリッド遊具の設計の依頼先、大型木製遊具の価格や廃棄時のコストについての質問がありました（倶知安町・写真8）。

釧路市ではフォーラムで情報提供する耐久性向上技術やライフサイクルコストについて以前より情報提供を行っていたことから、本技術を新規遊具に採用するに当たり公園施設業協会の安全規準に合致させるために、検討しなくてはならない項目が多かったという声をいただきました（釧路市）。



【写真7】



【写真8】

塗装について高い関心が示され、再塗装時の下地処理方法や含浸形と造膜形による塗膜の耐久年数の差について質問がありました（帯広市）。

遊具補修・更新に関する補助金について、LCCを踏まえた木質化についての道の施策はあるのか、木目を残したままで耐久性の高い塗装方法など、多くの質問が寄せられました（新ひだか町）。

造膜系塗料の入手方法や木製ハイブリッド遊具の樹種、LCC評価における基礎データなど情報提供に対して幅広い質問がありました。また価格を抑えた小型木製ハイブリッド遊具の要望もありました（稚内市）。

網走市近郊では耐久性向上技術の金具が補修に使われており、その状況を踏まえ、接合金具のデザインを再検討して欲しいとの意見がありました（網走市）。

札幌会場では情報提供の前に基調講演として、東海大学国際文化学部デザイン文化学科、田川正毅（たがわ せいき）教授を招き、「子どもの遊びと環境デザイン」という演目で、「なぜ子どもの遊び環境が必要か」、「子どもが遊ぶ理由」、「北海道の子どもの遊びと遊びの事例」などの内容でご講演をいただきました（写真9）。会場からは基調講演に対して、使用する子どもたちにとって木製や鋼製など材質の違いで反応に違いがあるのか、また情報提供に関しては木製遊具を作る場合の樹種は何を使ったら良いのか、部材は無垢材あるいは集成材のどちらが良いのか、木製ハイブリッド遊具は通常の木製遊具と比較してどのくらい補修費用が低く抑えられるのかなどの質問がありました（札幌市・写真10）。



【写真9】



【写真10】

■フォーラムの参加状況とアンケート結果

フォーラムの参加者は、合計で309名でした。各会場の参加者の内訳を表2に示します。出席者は官公庁からの出席が一番多く、続いて建築関係、木材関係となりました。木材関係の方々の出席が少なく、開催情報などの周知の方法が今後の課題となりました。

また、出席者にアンケートの記入をお願いしました。回答者は211名、回収率は68%です。参加された方々の年齢構成を表3に、参加理由を表4に、全体の満足度を表5に示します。参加された方々の年齢構成としては仕事の中核を担う40代、50代の出席が多かったことが分かります。参加理由としては、木材に関する業務に携わっていることが多く挙げられました。満足度としては、97%の方々に普通以上に満足していただいたようです。

■まとめ

フォーラム終了後、新規に設置する遊具や林道内の展望台への採用、木製エクステリア製品への応用について、道内自治体および企業より問い合わせがありました。このような状況も鑑み、ライフサイクルコストが低く、地域経済への波及効果が高い本技術を自治体や関連企業・機関等と継続して情報交換・収集を進め、木製資材利用に関する課題や問題点の把握を行うと共に、連携して情報発信、技術支援に積極的に取り組み普及を進めていきたいと考えます。

情報提供①の耐久性向上技術は、林産試験場ホームページで「木製遊具の耐久性向上を図る設計資料集」として公開しています。自由にダウンロード出来るようになっていきますので、木製品の開発や公園施設などの維持管理に活用していただければと思います。

ます。詳細はホームページをご覧ください。

【林産試験場ホームページ「木製遊具の耐久性向上を図る設計資料集」】

<http://www.fpri.hro.or.jp/manual/mokuyugu/mokuyugu.htm>

表2 参加者人数と内訳

開催地	参加者 (名)	(内訳)			
	計	官公庁	木材関係	建築関係	その他
旭川市	37	13	15	7	2
函館市	30	13	3	14	0
室蘭市	20	13	5	1	1
倶知安町	66	39	2	22	3
釧路市	25	16	5	4	0
帯広市 (幕別町)	20	15	3	2	0
新ひだか 町	18	14	3	1	0
稚内市	27	16	3	8	0
網走市	20	16	4	0	0
札幌市	46	13	16	10	7
合 計	309	168	59	69	13

表3 年齢構成

	合計	旭川	函館	室蘭	倶知安	釧路	帯広	新ひだか	稚内	網走	札幌
10-19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-29	16	0	1	4	3	1	1	0	0	1	5
30-39	25	3	1	2	5	4	3	0	2	1	4
40-49	65	6	8	2	11	8	3	2	9	7	9
50-59	55	8	6	2	13	4	4	9	4	1	4
60-69	28	3	5	2	7	2	1	0	2	0	6
70-	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2

※40～50歳代が中心

表4 参加理由

	合計	旭川	函館	室蘭	倶知安	釧路	帯広	新ひだか	稚内	網走	札幌
建築関係	42	7	6	2	9	5	3	0	5	2	3
木材関係	110	14	10	11	14	13	5	9	10	8	16
遊具に関心	59	7	5	3	15	5	4	2	4	3	11
知りたい情報	29	4	4	2	8	0	2	0	2	2	5
いつも参加	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
その他	9	0	1	0	4	0	0	0	1	0	3

表5 全体の満足度

	合計	旭川	函館	室蘭	倶知安	釧路	帯広	新ひだか	稚内	網走	札幌
満足	34	3	5	3	4	2	2	2	5	3	5
やや満足	89	6	11	5	16	13	5	3	7	6	17
普通	58	8	5	3	15	4	4	5	6	3	5
やや不満	4	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1
不満	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

原木の密度を測る

企業支援部 普及調整グループ 近藤佳秀

■はじめに

木材が十分に乾燥しているのかを判断するために、軽く持ち上げて手に伝わる重さの感触を確かめた経験はどなたにもあると思います。このとき、人間は目で体積を測り、手で重量を測って頭の中で密度を計算していると言えます。この判断は意外に正確で、実際検査ラインで水分計だけでなく手の感触をうまく活用して高速で正確な検査をされている方にお会いしたこともあります。

乾燥前の木材、さらには製材前の原木で同じことが出来るなら、乾燥材の品質は今よりも向上する可能性があります。また、乾燥コストの低減にも効果があるかもしれません。例えば、スギの黒心材やトドマツの水食い材などの高い含水率の原木を密度により分別することで、乾燥材の仕上がり含水率の均一化や、乾燥歩留まりの向上が期待できます。

しかし、原木は大きく重いためちょっと持ち上げるなんてことは出来ません。また、現実の生産ラインでは、栈積みをする作業員と乾燥機のオペレータは違うことがほとんどですので、オペレータが栈積み毎の、あるいは、栈積み内部の密度のばらつきを制御することは困難といえます。

栈積みに関しては、1台車あたりの材積はほぼ決まっているので、台車ごと重量を測って密度に読み換えることが可能と考えますが、原木については、形状も複雑ですので、簡単に密度を推定するのは難しいと思います。

そこで、今回はできるだけ簡単かつ正確に原木の密度を測る方法を試みたので、紹介します。

■密度測定法について

前章で軽く触れたように、密度は重さを体積で割ることで計算できます。重さは、重量計で正確に測れますので、体積をいかに正確に測るかが、密度測定では重要です。

原木の体積の測定法で一般的なのは、末口二乗法でしょう。これは、樹皮を除いた末口径を二乗して長さをかけることで計算します。例えば、末口が30cm、長さが3.65mの原木1本の体積は、

$$0.30 \text{ m} \times 0.30 \text{ m} \times 3.65 \text{ m} = 0.329 \text{ m}^3$$

となります。この原木の重さが200kgならば密度は、
 $200 \text{ kg} \div 0.329 \text{ m}^3 = 609 \text{ kg/m}^3$
 になります。この値がどこまで正確かについては、後の章で検証します。

JISでは、密度の測定法として、「固体の密度及び比重の測定方法」(JIS Z 8807:2012)が規格化されています。この中で、浮力法と呼ばれる方法が使われています。浮力法は、水中の物体の重さと空気中の物体の重さから、密度を計算する方法です。重さを量るだけで、体積が測れるため、簡単に正確な体積が求められ、同時に重さも量っているためすぐに密度が計算できます。余談ですが、「木材の試験法」(JIS Z2101:2009)では、幾何形状を測定して体積を算出する方法のみが採用され、浮力法である水銀法は削除されています。

■試験方法

浮力法では、原木を水中に沈める必要がありますので、専用の装置を制作しました(図1)。この装置は、側面から見るとEの字形をしていることと、上に重りを載せることで、浮力で原木が水上に浮かび上がらないよう工夫されています。また、ロードセルを使って原木の重さが測れるようになっています。

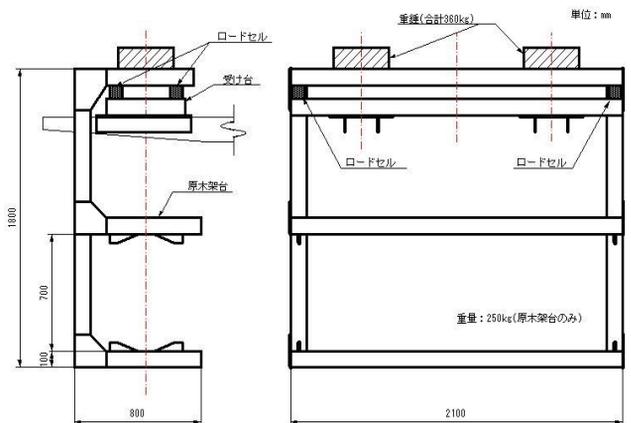


図1 浮力法による原木密度計測器具

密度の測定は、図2のように水中の原木の重さと、空気中の原木の重さを測定し、JIS Z 8807:2012に従って、次の式で算出しました。

$$\rho = \frac{W_1}{W_1 - W_2} (\rho_s - \rho_{air}) + \rho_{air} \quad (1)$$

ここで、

ρ : 温度tにおける試料固体の密度 (kg/m³)

W₁ : 空気中での試料固体のひょう量値 (kg)

W₂ : 試料固体の標準物質中でのひょう量値 (kg)

ρ_s : 温度tにおける標準物質の密度 (kg/m³)

ρ_{air} : 空気の密度 (kg/m³)

この式の中で、標準物質は水になりますので、 ρ_s は温度によらず1000 kg/m³、空気の密度 ρ_{air} は無視することとして0 kg/m³としました。



a) 空中の重量測定



b) 水中の重量測定

図2 原木密度計測の様子

試験には、北海道産のトドマツ原木15本を用いました。原木の長さは、365cmに採材時の伸びを加えたものとしてしました。また、密度が出来るだけばつ

くよう選びました。

原木を剥皮した後、両木口の最小径と長さをコンベックスで測り、電子重量計で重量を測定してから、浮力法による密度測定を行いました。

密度測定においては、特に水中で重量が安定するまでに時間がかかることから、一本あたりにかかる測定時間は1分以上であると見積もられました。

■試験結果および考察

浮力法による密度測定は、(1)式からわかるように、重量を測るだけで密度がわかります。従って、測定の精度も重量の測定精度から計算できます。今回の重量の測定精度は、空中で1.5kg程度でした。水中では原木を沈めたときの水の揺れが残るため、空中の2倍程度と見積もって、3.0kgとしました。これらの値とJIS Z 8404-2:2008に従って算出した密度の測定誤差は、計測値の1%程度となりました¹⁾。

浮力法による密度の測定精度が十分高いことがわかりましたので、末口二乗法により求めた密度と比較してみました。表1に結果を示します。表1には末口二乗法の他に、円錐台近似法と末口円筒近似法も示してあります。

表1 浮力法密度と幾何近似による密度の比較

		N = 15			
		円錐台近似	末口円筒近似	末口二乗法	浮力法
平均密度		703.6	817.7	642.2	640.2
樹の入り 出力法 標準偏差	平均	63.4	177.5	2.0	-
	標準偏差	30.5	55.6	38.1	-
	最大	122.0	252.3	67.9	-
	最小	-4.0	79.6	-54.2	-

単位: kg/m³

円錐台近似法は、末口径と元口径、長さから次の式で体積を求めます。

$$V = \frac{\pi}{12} \times (d_0^2 + d_0 \cdot d_1 + d_1^2) \times L \quad (2)$$

ここで、

V : 体積(m³)

d₀ : 最小末口径(m)

d₁ : 最小元口径(m)

L : 長さ(m)

この方法は、原木の細りを考慮しているので、研究目的でしばしば用いられます。

末口円筒近似法は最小末口径を直径とする円筒と見なす近似法で、式(2)の記号を使えば、

$$V = \frac{\pi}{4} d_0^2 \times L \quad (3)$$

で表されます。

サンプル数Nが15と少ないので、正確な比較とはいえませんが、末口二乗法の誤差の平均値が最も低くなりました。ただし、誤差の標準偏差（一本ごとの誤差のばらつき具合）は比較的大きいので、末口二乗法は、原木1本ごとではなく、数十本単位の材積や密度を求める用途に向いていると考えられます。円錐台近似法は、誤差の標準偏差が浮力法密度の平均値の4～5%と、今回検討した幾何近似法の中では精度が高かったのですが、過去に調べられた原木密度の標準偏差は平均値の10%(70～80kg/m³)程度であった¹⁾ことを考え合わせると、原木密度のばらつきに対し、円錐台近似法による計測で生じる誤差は大きいと言えます。

■おわりに

原木の密度を簡単かつ正確に測定する方法として、浮力法に着目して実験を行いました。結果として、精度は十分ですが、工場のラインに組み込むには測

定に時間がかかりすぎるようになりました¹⁾。

近年、ログスキャナと呼ばれる原木の形状測定装置が普及し始めています。この装置は、原木の曲がりや細り等を正確に測定して、木取りを計算し、製材歩留まりや価値歩留まりを改善するのが目的ですが、この装置に重量計を加えることで、密度も測定できるようになります。

しかし、ログスキャナの密度測定精度については別途検証する必要があります。この検証には、今回検討した浮力法が使えるのではないのでしょうか。

また、はじめにでは難しいと述べた原木体積の目視による見積もりですが、十分経験のある製材オペレーターなら、少し時間をかければ可能かもしれません。原木体積の目視による見積もりができれば、原木の重量を本機手前で測るだけで原木密度を推定できます。

原木を扱う際に、これまでの径級や長さ、節、腐れといった視点に密度、あるいは重量といった視点を加えることを、高品質で収益性の高い乾燥材の生産につながる技術として実用化できればと考えます。

■参考文献

1) 近藤佳秀：“浮力を用いた原木密度計測法の検討”，木材工業，68巻4号，p.156-160，2013

Q&A 先月の技術相談から

ビスの引抜耐力

Q: ビスの引抜耐力はどのくらいですか？

A: ビスは釘やボルト、ラグスクリューと同様に、せん断する方向の力に抵抗させるのが本来の使い方（図1）です。釘に比べると引抜抵抗が大きいことから、引き抜く方向の力に抵抗させて使う場合もあります（図2）が、その際には十分な安全をみて使用する必要があります。

木材用のビスには先穴が必要な木ねじや、先穴が不要なタップインねじ、内装用のコーススレッドなどがあり、いくつかの仕様は日本工業規格（JIS）に定められています（図3）。しかしナットのような雌ねじをあらかじめ用意する必要がないため、ねじの角度やピッチ、山径・谷径が異なるたくさんの種類のビスが開発されています。このため釘やボルトのように太さや長さだけをパラメータとして耐力を決めることはできず、実験によってそれぞれの耐力を確認する必要があります。

ただし JISに適合する木ねじについては、日本建築学会が引抜耐力を求める計算式を示しています。この式によると木ねじの許容引抜耐力は、木ねじの呼び径と有効打ち込み長さ、打ち込まれる木材の比重から計算される値に、荷重を負担する期間および

使用環境または含水率条件に応じた係数をそれぞれ乗じて算出する必要があります（式1）。

式に代入する木材の比重は表1に示す値を用いることができます。例えば呼び径4mmの木ねじを、有効打ち込み長さ25mmとしてトドマツ（基準比重0.32）に打ち込んだ場合の通常の使用環境での長期引抜耐力は252（N）となります。

このようにビスの引抜耐力は、ビスが打たれる木材の性質（比重、繊維方向、含水率など）、ビスの状況（ビスの径、ねじ込み深さ、材質など）に影響されます。式1は、JISに適合する木ねじを、適切な径の先穴をあけて打ち込んだ場合の耐力しか計算できませんが、種類が同じビスの耐力を比較する場合には参考となるでしょう。

なお、ビスを住宅の壁に打った場合、受け材となる木材がない位置では合板やOSBなどの木質面材のみが引抜に抵抗することになります。この場合の引抜耐力を計算するには、木質面材の比重を表2にしたがって補正した値を用いる必要があります。また壁の仕様によっては石こうボードしか貼られていないこともあります。石こうボードは木材に比べるとほとんど引抜力には抵抗できないので、耐力は期待できません。

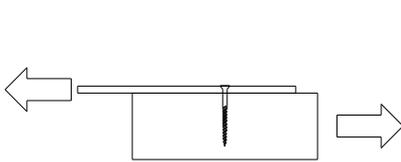


図1 せん断力を負担する場合

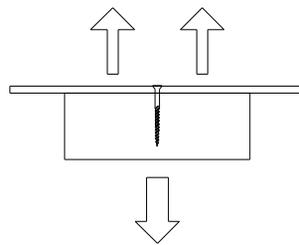


図2 引抜力を負担する場合

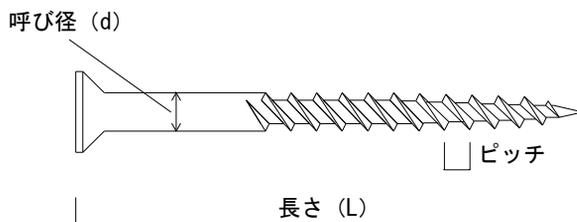


図3 ビスの形状の例（皿木ねじ）

また、ビスを複数本打ち込んだ場合は、すべてのビスが均等に力を負担するとは限らず、端部のビスに引抜力が集中することがありますので、単純に本数に応じて耐力を加算することは避けて、適切に低減する必要があります。

さらに、木材の木口面に打たれたビスやハンマで叩いて打ち込まれたビスは引抜には抵抗できないことに注意が必要です。

いずれにせよ、冒頭述べたように、構造上主要な

部分においてビスを引抜方向に抵抗させることは極力避けるようにし、やむを得ない場合は十分な安全率を設定して使用する必要があります。

参考資料

・木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法（日本建築学会）

（性能部 耐久・構造グループ 戸田正彦）

式1 木ねじ（JIS）の許容引抜耐力の計算式

$$P_a = 1/3 \times 38.1 \times r_0^{1.5} \times d \times L_r \times \begin{cases} 2.0 : \text{短期(10分)} \\ 1.43 : \text{中短期(3日)} \\ 1.60 : \text{中長期(3か月)} \\ 1.1 : \text{長期(50年)} \end{cases} \times \begin{cases} 1.0 : \text{通常の使用環境} \\ 0.8 : \text{断続的な湿潤状態} \\ 0.7 : \text{常時湿潤または施工時の} \\ \text{含水率が20\%以上} \end{cases}$$

ここで、

P_a : 引抜耐力 (N)

r_0 : 木材の基準比重

d : 木ねじの呼び径 (mm)

L_r : 木ねじの主材への有効打ち込み長 (mm)

表1 木材の比重

グループ	樹種	基準比重*
J1	べいまつ・くろまつ・あかまつ・からまつ・つが等 (比重が0.50程度のもの)	0.42
J2	べいひ・べいつが・ひば・ひのき・もみ等 (比重が0.44程度のもの)	0.37
J3	とどまつ・えぞまつ・べにまつ・スプルス・すぎ・べいすぎ等 (比重が0.38程度のもの)	0.32

*基準比重: 樹種グループ内の気乾比重(含水率15%)の下限値

表2 構造用木質面材の比重と基準支圧強度

実比重*		補正比重 基準支圧強度
公称比重	下限比重	
0.71 ≤	0.65 ≤	J1相当
0.62 ≤	0.57 ≤	J2相当
0.54 ≤	0.49 ≤	J3相当

*公称比重または下限比重のいずれかの要件を満たすもの

行政の窓

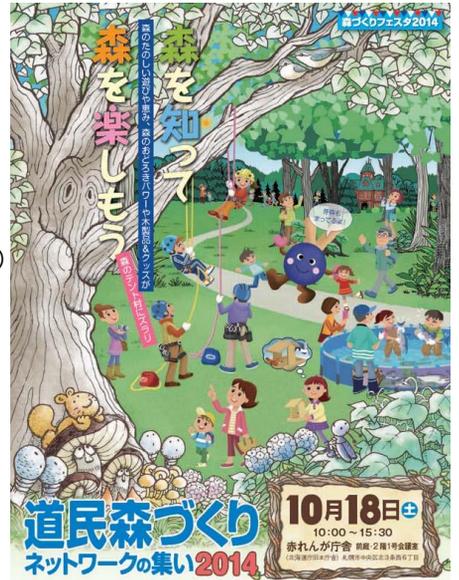
【木育関連イベント】：「道民森づくりネットワークの集い」
：「木育の10年をみつめて～木育next10」

道民森づくりネットワークの集い

- 日 時 10月18日(土) 10:00～15:30
- 場 所 道庁赤れんが前庭及び赤れんが庁舎
- 内 容
 - ・森のテント村～森を育てる活動や森の楽しみ方などを体験
 - ・森の交流広場～森知り博士の「森の循環〇×クイズ」など
 - ・木育コーナー～プチ木育ひろば、木育教室(マイ箸づくりなど)
 - ・森林山村多面的機能発揮対策事例報告会
「森林の力を活かすために」
 - ・講演会：「北海道の木と人を活かす家づくり」
講師：北海道大学農学研究院 平井卓郎特任教授
 - ・林業機械展示～恐竜のような林業機械を間近で見て、さわって！

[主 催] 北海道、道民森づくりネットワーク実行委員会、
北海道林業・木材産業対策協議会

詳しくは・・・ <http://www.dmn-tsudoi.net/>



木育の10年をみつめて～木育next10

平成16年度に北海道で木育が生まれて、今年で10年の節目をむかえました。

この10年をともに振り返り、木育のあらたなビジョンづくりのために「木育の10年をみつめて～木育next10」を開催します。

皆さんのご参加をお待ちしています。

- 日 時 10月19日(日) 10:00～16:00
- 会 場 道庁赤れんが庁舎2階1号会議室・前庭
- 内 容

オープニング～主催者挨拶

第1部「木育10年のふりかえり」スライドショー＋座談会

第2部「木育をすすめる人」事例発表

昼の部 木育カフェ「やってみよう木育！」

第3部「木育～人と森や木と」事例発表

第4部「木育のこれからを考える」

クロージング～「木育絵馬」に想いをこめて

- 申込み 事前申込みが必要です。(定員100名)

「北海道の木育」ホームページからお申し込みください。

[主 催] 北海道／木育ファミリー

[後 援] 林野庁北海道森林管理局

詳しくは・・・ <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sky/mokuiku/next10.htm>

木育の10年をみつめて —木育next10



平成16年度に北海道で木育が生まれて、今年で10年の節目をむかえました。木育発祥の地「北海道の木育」の10年を振り返り、木育のあらたなビジョンづくりのために「木育の10年をみつめて～木育next10」を開催します。皆さんのご参加をお待ちしています。

◎日時 平成26年10月19日(日) 10:00～16:00 (8時30分)

◎会場 北海道庁赤れんが庁舎2階1号会議室・前庭
札幌市中央区本町通5丁目 TEL.011-231-4111

◎主催 北海道、木育ファミリー

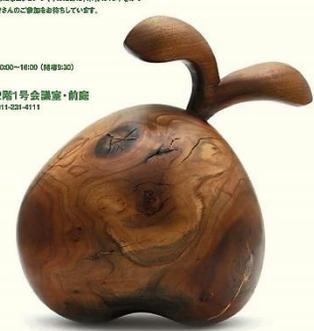
◎後援 北海道森林管理局

◎協賛 北海道山形県 北海道木育推進協議会

◎協賛 株式会社ハルキ

◎協賛 (株)GSD建設化設計

◎協賛 道庁赤れんが庁舎



「木育」：子どもをはじめとするすべての人びとが、「木とふれあい、木に学び、木と生きる」取組です。
詳しくはHPをご覧ください <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sky/mokuiku/index.htm>

(水産林務部森林環境局森林活用課木育推進グループ)

林産試ニュース

■木工作品コンクール受賞作品をホームページで紹介しています

第22回北海道子ども木工作品コンクールには、道内27の小中学校から昨年の1.5倍となる463点の応募がありました。先頃審査が行われ、木工工作個人の部「造形的作品部門」、同「実用的作品部門」、木工工作団体の部、レリーフ作品の部それぞれについて受賞作品が選ばれました。これらの作品を林産試験場のホームページで紹介していますのでぜひご覧ください。

(<http://www.fpri.hro.or.jp/event/grand/mkko/h26/h26mkko.htm>)

なお、全応募作品の展示を「木と暮らしの情報館」で行っています(10月5日(日)まで。10月4日は休館日)。展示終了まで日が無く恐縮ですがぜひお立ち寄りください。また、各受賞作品の講評などについて本誌11月号に取り上げる予定です。



第22回
北海道子ども木工作品
コンクール展 開催中!

今年も全道の小中学生がつくった木工作品が
463点集まりました!
かわいらしいもの、迫力がある
ものなど展示しているので
ぜひご覧ください。

開催期間: 平成26年9月13日~10月3日、10月5日
開催場所: 木と暮らしの情報館 (1階: レリーフ作品、2階: 木工工作個人・団体)
開催時間: 9:00~17:00



■「かみかわ知っ得セミナー」を開催します

10月23日(木)の12:20~12:55に、上川総合振興局(旭川市永山6条通19丁目1階 カムイミンタラホール)で「かみかわ知っ得セミナー」を開催します。当場の松本久美子研究員が『ペット共生型床材

の開発』というタイトルで、しっぽのある家族と楽しく暮らすための滑りにくい床材についてご紹介いたしますので、ふるってご参加ください。

■情報館とコロポックルの休館日が変わります

「木と暮らしの情報館」と「ログハウス木路歩来(コロポックル)」の休館日を、10月18日から、土・日曜日、祝日とします。平日は、これまでどおり開館(9:00~17:00)していますのでご利用ください。なお、木路歩来は11月1日から、情報館は12月1日から冬季休館となります。

■コアドライに関する協定調印式が行われました

9月18日(木)に、道総研プラザ(札幌市)において、当场で開発したカラマツのねじれや割れを抑える乾燥技術「コアドライ」の普及推進に向けた協定調印式が行われました。

調印式にはむかわ町、苫小牧広域森林組合、栗山町ドライウッド協同組合、および当场から代表者が出席し、道産カラマツ建材の普及に向けてコアドライを推進するための協定を結びました。

当日はテレビ局や新聞社等の報道関係者も多数取材に訪れるなど、コアドライに対する期待と関心の高さがうかがえました。

