

# 林産試 だより

ISSN 1349-3132



就職活動状況  
(北森カレッジニュースより)



年始の様子  
(林産試ニュースより)

・複合バルキング処理による木材の寸法安定化について	1
・Q&A 先月の技術相談から廃菌床の敷料利用について	4
・哀愁の接合部試験	6
・行政の窓 [「HOKKAIDO WOOD BUILDING」について] （水産林務部林務局林業木材課利用推進係）	7
・林産試ニュース・北森カレッジニュース	8

2  
2022



道総研

(地独)北海道立総合研究機構  
林産試験場

# 複合バルキング処理による木材の寸法安定化について

利用部 バイオマスグループ 長谷川 祐


## ■はじめに

深刻化する温暖化への対策として、化石資源由来のプラスチックをできるだけ減らす動きが加速しています。プラスチックについては、マイクロプラスチックや使い捨てプラスチックによる海洋汚染や環境負荷に対する懸念も高まっていることから、バイオマス由来で低環境負荷材料の元祖とも言える木材への利用回帰が進むことが期待されます。木材を利用してもらう側としても、プラスチックの代替として目を向けてもらえるよう、材料としての性能を高めてアピールすることが重要と考えられます。


木材の材料としての特徴の一つに、湿度変化に伴う寸法変化があります。これは木材が水分を吸・脱着する性質によるため、これによって木造建築物では室内の湿度変化が穏やかになる（調湿機能）と言われています<sup>1)</sup>。一方で、このような寸法変化は、木製品の変形や割れなどの原因となる場合があり、木製品に対する信頼性の低下や用途の制限につながる可能性があります。防湿性塗料の重ね塗りや合板など寸法変化の小さな木質材料を用いることで対応可能な場合も多いのですが、対応方法のバリエーションを増やしておくことで、従来手法では不適とされてきた用途に進出できる可能が生まれます。

木材の寸法変化を抑制する方法として、以前、アセチル化処理についてご紹介しました<sup>2,3)</sup>。アセチル化により、木材の寸法変化は無処理木材の25～35%程度に抑制できます。例えば、無処理木材が10ミリ寸法変化した場合、アセチル化木材ならば3ミリ前後に抑制できることとなります。それでは、これよりもさらに寸法変化を抑制することは可能なのでしょうか。今回は、基礎的な研究内容になりますが、複合バルキングという手法による高寸法安定化への取り組みについてご紹介します。



## ■水分による木材の寸法変化の基本メカニズム


複合バルキング処理の話の前に、水分による木材の寸法変化が生じる仕組みについて説明します。木材の構成成分のうち、寸法変化に大きく関与するのはセルロースであることが知られています<sup>4)</sup>。セルロースは、に示すようにグルコース（ブドウ

糖とも呼ばれます）が直鎖状に連なった分子構造をしており、隣接する分子鎖同士が結晶構造を形成している部分（結晶領域）と結晶が乱れている部分（非晶領域）があるとされています<sup>5)</sup>。

結晶領域は隣接セルロース分子鎖同士が水素結合で強固に結び付いているため化学的に安定で、そのため通常では水分子が入り込むことはできないとされています。一方、に示すように、非晶領域は水酸基同士の水素結合が不完全なため、外部から水分子が入り込んで領域を押し広げることができます。つまり、水分の吸脱着に伴う木材の寸法変化は、この非晶領域での水分子の出入りによると考えられています<sup>1)</sup>。

## ■複合バルキング処理とは？

からもわかるように、寸法変化の原因となるセルロース非晶領域の水酸基をなんらかの方法でブロックして水分子が入り込めないようにできれば、木材の寸法を安定化できることとなります。その方法としては、熱処理によって水酸基の数自体を減らす方法や水酸基同士を架橋（薬剤分子を介して結合）させることで膨潤を抑制する方法等が知られます。前述のアセチル化処理は、アセチル基により木材水酸基を置換する方法です。アセチル基は、疎水性でかさ高い分子であるため、に示すように、アセチル基が導入された木材の非晶領域は膨潤した状態で固定化されます。このように、水分によって膨潤する領域を予めかさ高い分子で膨潤させておくことをバルキング処理と呼びます。ちょうど、お腹いっぱいご馳走を食べて、もうそれ以上食べることができない状態に似ています。

複合バルキング処理は、に示すように、この膨らんだ状態の上にさらに別の成分で木材をバルキング化しようという発想です。人も、食後の後のスイーツは別腹というように、お腹いっぱいでも食べられる場合があります。これと同じで、バルキング化した木材に追加で種類の異なる薬剤によるバルキング処理を施すことで、一層強固な寸法安定性を実現しようというものです。

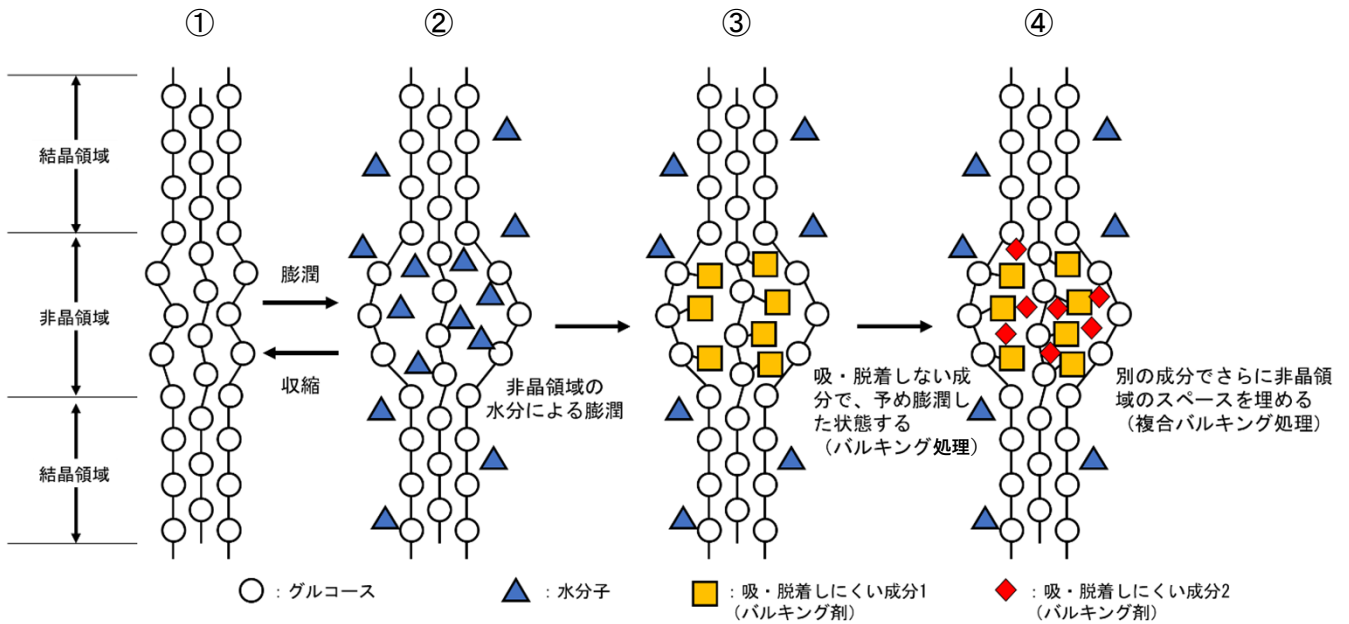


図1 セルロースの水分による寸法変化のメカニズムと複合バルキング処理による抑制方法のイメージ

■複合バルキング処理の寸法安定化効果

今回、複合バルキング処理の供試材としては、図2に示すようなトドマツの木口試験体を用いました。

トドマツ材は比較的密度が小さな針葉樹材ですが、水分による接線方向の寸法変化が大きいことが知られています<sup>6)</sup>。この試験体に一つ目のバルキング処理として気相アセチル化を行いました。気相アセチル化とは、無水酢酸という薬剤を蒸気にしてアセチル化する方法です<sup>2)</sup>。次いで、このアセチル化した試験体に二つ目のバルキング処理として、有機溶媒に溶かした多価アルコールのアセチル化物を含浸しました。多価アルコールとは、分子内に二つ以上の水酸基をもつアルコール類の総称で、身近なものとしては保湿剤のグリセリンや甘味料のソルビトールやキシリトールなどが挙げられます。含浸した試験体は105℃で加熱して溶媒を飛ばし、浸水（減圧

30分→加圧1.5 MPa・2時間→常圧に戻して48時間浸せき）と送風乾燥（60℃・24時間→105℃・24時間）を交互に3サイクル繰り返し、もっとも寸法変化が大きい接線方向の寸法変化を測定しました。その結果を表1に示します。

表中のバルキング処理した試験体の寸法変化率はバルキング処理後の寸法を基準にしています。また、ASE（Anti-swelling efficiency）は下記式で表されるもので、寸法安定性の度合いを示す指標です。値が100に近いほど寸法安定性が高く、100で寸法変化がないことを意味します。

$$ASE(\%) = [(S_c - S_t) / S_c] \times 100$$

ここで、

S<sub>c</sub> : 浸水時の無処理材の寸法変化率

S<sub>t</sub> : 浸水時のバルキング処理木材の寸法変化率

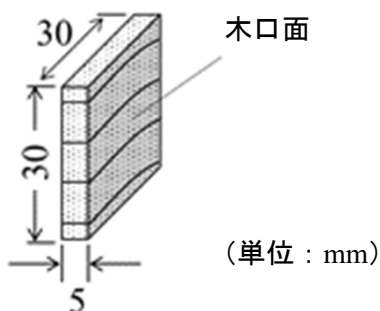


図2 木口試験体

絶乾状態から飽水状態の高含水率域に至る寸法変化率は、トドマツ無処理材では約11%を示したのに対して、アセチル化したものは約4%（ASEとして62%前後）に減少しています。さらに複合バルキング処理を施したものは1%前後（ASEとして90%前後）まで減少しています。これらの数値は吸水と乾燥を繰り返してもほぼ一定であり、高い寸法安定化の効果が持続することがわかりました。

表1 各試験体の浸水工程時の寸法変化率と抗膨潤能 (ASE)

バルキング 処理条件	W <sub>1</sub>		W <sub>2</sub>		W <sub>3</sub>	
	寸法変化率 (%)	ASE (%)	寸法変化率 (%)	ASE (%)	寸法変化率 (%)	ASE (%)
無処理	11.0	-	10.7	-	10.9	-
バルキング処理 (アセチル化)	4.0	63.6	4.1	61.7	4.0	63.3
複合バルキング処理 (アセチル化 +多価アルコールアセ テート含浸)	1.2	89.1	0.9	91.6	0.8	92.7

W<sub>n</sub>: 浸水<sub>n</sub>回目

■まとめ

今回は、木材の吸放湿に伴う寸法変化を抑える方法として、複合バルキング処理について紹介しました。トドマツの小試験体を用いた実験では、吸水時の寸法変化は無処理木材に比べて1/10以下になり、その効果も持続することがわかりました。今後は、吸水と乾燥をさらに繰り返した際の効果の持続性や他樹種に適用した場合の効果を調べると共に、高寸法安定性を活かした製品の試作を行う予定です。

■参考文献

- 1) 則元 京：日本木材加工技術協会関西支部編：“木材の基礎科学”，海青社（1992）.
- 2) 長谷川祐：林産試だより，8月号（2010）.
- 3) 長谷川祐：林産試だより，7月号（2013）.
- 4) Mariaux, A. Le Retrait du Bois et ses Constituants Chimiques. *Holzforschung*, 12 (2), pp.51-57 (1958).
- 5) 西野 孝：セルロース系材料における基礎と応用，*材料*, 57 (1), pp.97-103 (2008).
- 6) 堀岡邦典：森林総合研究所研究報告，68，pp.15-66 (1954).

# Q&A 先月の技術相談から

## 廃菌床の敷料利用について

**Q:** バイオマス関連の機械メーカーで、廃菌床（キノコ栽培に用いた後の培地）などのバイオマス資源を乾燥させる機械を製造しています。乾燥させた廃菌床を家畜敷料に利用する事業を想定し、売り込みを検討しています。注意点等があれば教えてください。

**A:** 近年のキノコ栽培は、原木を用いたほだ木栽培よりも、おが粉などを使った菌床栽培が主流となっています。収穫を終えた菌床が廃菌床となります。

菌床は基材となるおが粉に、米ぬか、フスマ、市販されている醸造かすなどからつくられた栄養添加剤などを混ぜ、水分を調整してビンや袋に詰め、オートクレーブなどにより滅菌した後、種菌を接種、キノコの種類に合わせて温湿度、照度を管理して3～4か月程度で収穫しています。

菌床に使われるおが粉には値段が比較的高い広葉樹が用いられていますが、キノコの種類によっては針葉樹のおが粉を使える場合もあります。最近ではキノコ栽培も盛んで、価格競争も激しくなっており、より安く入手できる基材を求め、トウモロコシの芯を粉砕したコーンコブが使われる場合も多くなっています。コーンコブを基材に用いると、収率を上げることができるそうです。このコーンコブを用いたキノコ栽培は、特にエノキタケで進んでいます。また最近では、ブナシメジやエリンギなどにも用いられるようです。コーンコブのほかに、コットンハル（綿実の殻）やバガス（サトウキビの搾りかす）なども利用されることがあります。

一方で畜産業界では、木質バイオマス発電の影響もあり、木質敷料の価格上昇や不足が生じ、代替品を含めた敷料の確保が課題となりました。

このような状況下、平成27年度から農林水産省の家畜排せつ物利活用事業で、(公社)中央畜産会が委託先となり企画検討会や調査等を行いました。その中で代替敷料の調査を行ったところ、長野県では廃菌床を敷料に利用しているということで、私が企画検討会委員として長野県で調査した内容<sup>1)</sup>を元に、これまでの知見と合わせて紹介します。

### ■調査概要

長野県もキノコ栽培が盛んで、キノコのキャラク

ターが歌っているCMで知られる会社の本社も長野県にあります。一方、畜産としては、名産であるリンゴを餌として飼育しているブランド黒毛和牛、「信州牛」があります。この信州牛を飼育する農家では40年以上前から近隣のキノコ農家から廃菌床を受け入れている（写真1）とのことで、廃菌床に処分料がかかるようになったころから、畜舎まで運んでくるキノコ農家が増えたそうです。

ただ、受け入れ可能な廃菌床には条件があり、ここではおが粉を用いたエノキタケ栽培の廃菌床でした。この農家での聞き取りでは、「ナメコの廃菌床は水分が高く敷料には向かない、ブナシメジも水分が高い。エノキタケでもコーンコブ基材の廃菌床は水分が多く使えない」とのことでした。また、「コーンコブの廃菌床は匂いもきつく、住宅地が近いと使いにくい」との話もありました。

### ■敷料として使用するにあたって

敷料に求められる性能で重要なことは、糞尿を留めておく保水力です。もともと水分の多いものは、その分、その後に保水できる水分は少なくなってしまう。

機械を用いて乾燥させるとのことですので、保水量は乾燥した分増やすことができます。ただし、おが粉とコーンコブでは、保水力（量）に違いが生じると考えられます。



写真1 敷料として保管されている廃菌床

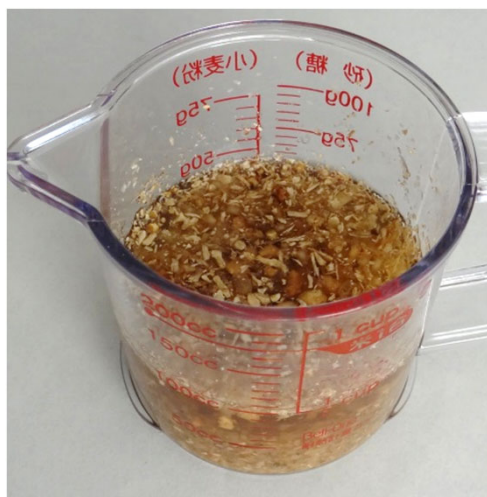


写真2 三晩水に浸けたコーンコブ



写真3 廃菌床敷料で飼育される信州牛

おが粉は親水性が高く、わらなどに比べて表面に付着する水が増えることによる保水力が高くなっています。一方、コーンコブはどうかというと、微生物グループのキノコ担当者によると、菌床の仕込みの時の水分は、おが粉とコーンコブで大きな差はない（両者とも約60～65%）が、コーンコブは水の吸い込みが悪いとのことでした。実際、キノコ栽培に使われるコーンコブを見ると、穂軸だけでなく、コーン（種子）の皮やその付け根の部分が含まれており、写真2に示すように、これらの部分は、三晩水に浸しても、水を吸わず浮いていました。これらの部分は保水力が低いといえるでしょう。

このように水を吸わないことが、同じおが粉培地と水分量でも、触ったときの差として感じ取られ、畜産農家の聞き取りに現れたと考えられます。加えて匂いがきついというのも、保水しきれない水が嫌気性（酸欠状態）状態を引き起こし、腐敗による悪臭が発生したものと考えられます。

家畜の中には、敷料を口にするという話も聞きます。その際の安全性ですが、もともと菌床は食品を生産する培地であり、廃菌床自体が家畜の健康被害を引き起こすことは考えにくく、前述の農家（写真3）でも採食による死亡事故は起きたことはないとのことでした。ただし、管理が悪いと、カビの発生も考えられることから注意が必要かもしれません。実際、この農家でも梅雨時期のカビ発生に注意しているとのことでした。

先に紹介したように、おが粉とコーンコブの違いから、乾燥させて使用する場合でも、おが粉の廃菌床とコーンコブの廃菌床では、保水力の差が出て、

使用できる期間などに違いが現れることが想定されます。敷料として販売する際には、基材の種類を把握し、おが粉か否かで価格差をつけてもよいかもしれません。

#### ■使用後の堆肥化

さて、敷料として使用した廃培地ですが、聞き取りを行った畜産農家では、使用した敷料はたい肥化して、県内の野菜農家やリング農家に販売しているとのことでした。一般的に、敷料として使用されたおが粉は糞尿とともに堆肥化され、農地に施用されますが、おが粉をそのまま敷料として使った場合の堆肥よりも、廃菌床はキノコの菌糸により分解されており（キノコは木材腐朽菌）、土にかえりやすいといえます。コーンコブ基材であっても同様にたい肥として利用可能で、さらに分解が進みやすいと考えられます。

#### ■最後に

このように廃菌床を敷料として扱うことは資源の有効利用につながるとともに、利用後の堆肥も利用しやすいものが期待できます。廃培地を敷料として利用する際、乾燥させることが前提であっても、基材が何かを把握し、畜産農家に価格を含めその違いを理解してもらうことが必要と思われます。

#### 参考

1) 公益社団法人中央畜産会：おが粉代替敷料利活用マニュアル（2017）。

（技術部 製品開発グループ 山崎 亨史）

# 哀愁の接合部試験

岩田 聡

昨夏にあらうことか肩を脱臼してしまい不自由しました。肩から先、腕を上げよと命じてもいうことをきいてくれません。腕に力を伝える伝達回路が破断してしまったので、たかだか腕1本の重さも支えられないのだとか。

木造建築においても、つなぎ目となる接合部が重要です。柱と梁、CLT（直交集成板）壁とCLT天井など、接合部が固定されなければ強固な構造物はできません。どんなに傑出した選手が、たとえば大谷翔平クンのような誰もが認めるすぐれた選手がいてもチームが優勝できなかつたりするように、強度のあるカラマツ集成材クンがすぐれた木質材料であっても、その接合部が支えなければ、天井がかたむいたり、ずれたりしてチーム木構造はなりたないのです。

これらの接合部にはビスや鋼板などの接合金物を使用されます。あるCLTの建築物では、接合金物だけで数百万円もかかってしまったといいます。接合部は、耐久性などのほか、コスト低減や施工性向上が求められるのです。

林産試験場では木質材料の接合部の研究を進めており、最近では、CLTの接合について研究を実施しました。この研究においても、まずはじめに試験体づくりです。マザーボードとなるCLT製造を道内工場に依頼し、それを1,000×500×150mmの試験体に切り分けます。切断は丸ノコを使い、丸ノコの刃が120mmなので、表側から切り込んだあと、ひっくり返してもう1回切り出します。ひっくり返すにはCLTの製造工場のような専用機械はないので、フォークリフトと人力です。

試験データは、1つの接合方法につき、一般に6体の平均値をとります。接合方向は、強軸方向と弱軸方向の2種、樹種をカラマツとトドマツの2樹種とすると、6×2×2=24セットになります。接合方法のL字、U字など接合金物やビスの種類なども変えると、10種以上に及びます。つまり240セット以上の試験体が必要になるのです。

1セットの試験体の重さはCLT試験体40kg×2で80kgあり、これに接合金物の重さが加わります。

接合部の強度測定の一つとして引張試験を行うときは、CLTを治具に固定しなければいけません。CLTの一方に試験機治具固定用の穴を7カ所あけます。治具側はどんな力がかかってもずれない最強不動のものが求められます。接合金物を引っ張っている間に治具側にゆるみが生じれば正確なデータがとれないからです。治具用穴あけにはNCルーターを用いました。表側から一回穴をあけ、人力でひっくり返し、裏側から表側と一致するように貫通させます。表裏でずれないように、かつ治具の金具の穴とも一致させます。そして最後に、接合金物が破壊するまで荷重をかけ、データを測定します。

重量物のCLTを製造し、緊張と細心の操作で穴をあけ、接合金物でつなぎ、できあがった試験体を試験機に設置する。そして、荷重をかけて破壊する。下手をすると治具側に破損ができて失敗におわったりもする。240もの試験体を作ってはこわし、作ってはこわす、苦勞して製作した試験体がむなしく廃棄物になっていく。この繰り返し作業が接合部の試験研究なのです。



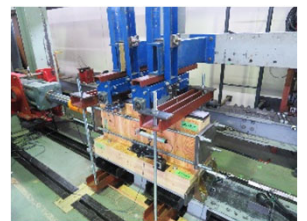
引張強度試験  
手前が測定対象の接合金物、奥側が治具。



引張試験の試験体  
手前が治具側で、7カ所の穴あけが必要。



床と壁の接合部の  
垂直荷重試験



床と壁の接合部の  
水平荷重試験



CLTのマザーボードから試験体を切り出す。写真は厚さが90mmのため1回で切断。



接合方法の一つ「引きボルト」。たてかけてあるボルトをCLT内部に入れる長い穴が必要。

接合部は過剰な装備をすれば強度は上がっても、施工性、コストに課題が残ります。それぞれの部材のもつ特性を踏まえたバランスのとれた接合部はどのようなものか、試作しながら破壊を繰り返し追究していく必要があるのです。

(林産試験場長)

# 行政の窓

## 「HOKKAIDO WOOD BUILDING」について

国では10月1日に「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行され、今まで以上に建築物での木材利用が期待されています。このたび、道では10月から「HOKKAIDO WOOD BUILDING」登録制度を開始しましたので、その概要をお知らせします。

### ◆HOKKAIDO WOOD BUILDING登録制度

「HOKKAIDO WOOD BUILDING」登録制度は、対象となる建築物を登録し、PRする制度です。対象となる建築物は、北海道内で完成し、原則として構造材や内装材、外装材に道産木材を使用した非住宅（ただし、兼用住宅の事務所・店舗等は含む）であり、2019年4月以降に竣工したものです。

登録を届出できるのは、HOKKAIDO WOODのメンバーに登録している者で、HOKKAIDO WOODブランドを積極的にPRする意欲がある当該建築物の建築主・設計者・施工者のいずれかとしています。登録手続きに費用はかからず、登録届及び添付書類を提出いただき、道で届出内容を確認後、写真1に示す木製の登録証を交付します。



写真1 木製の登録証

この木製登録証を施設内に掲示していただく事により、HOKKAIDO WOODの認知度の向上を図るとともに、建築物の木造化・木質化を推進することで道産木材の利用拡大を目指しています。

道では、北海道産木材を「HOKKAIDO WOOD」としてブランド化してロゴマークやキャッチフレーズを使ったPRに取り組んでいます。「HOKKAIDO WOOD BUILDING」の木製登録証も「HOKKAIDO WOOD」ロゴマークを使用しています。



### ◆登録状況

令和3年10月1日に、「ザ ロイヤルパークキャンパス 札幌大通公園」（札幌市：写真2）をHOKKAIDO WOOD BUILDING第1号として登録しました。同ホテルは、低中層（1～7階）がRC造、中層部（8階）がRC造と木造のハイブリッド、高層部（9～11階）が純木造という国内初となる高層のハイブリッド木造ホテルです。地産地消をベースに「北海道を体感する」をコンセプトに掲げており、構造材や外装部に道産木材（トドマツ・カラマツ・タモ）が多く採用されています。



写真2 ホテルのロビー

また、令和3年12月20日には、「(株)イトイグループホールディングスCLT社屋」（士別市）、「美深町立仁宇布小中学校」（美深町）、「厚浜木材加工場」（厚岸町）、「認定こども園 日本赤十字社 釧路さかえ保育園」（釧路市）、「箱館醸蔵有限公司」（七飯町）、「北海道森林組合連合会」（札幌市）の計6件を登録し、令和4年1月14日現在でHOKKAIDO WOOD BUILDINGは7件となりました。

HOKKAIDO WOOD BUILDINGは随時、登録を受け付けています。基準を満たし、必要書類の提出をすれば登録可能です。登録の詳細や登録状況は、次のURLよりホームページを確認してください。

[https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/02\\_riyousuisin/hwb.html](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/02_riyousuisin/hwb.html)



HOKKAIDO WOOD BUILDING  
公式ホームページ

（水産林務部林務局林業木材課利用推進係）



# 林産試ニュース

## ■旭川市の年始

林産試のある北海道旭川市は、北緯43度に位置し、1902年（明治35年）1月25日に日本最低気温のマイナス41℃が観測され、その記録は現在でも更新されていません。今年の年始は11日連続の真冬日から始まり、「晴れは冷え込みが厳しく、冷え込みがゆるむと雪が降る」の定石（？）から外れて、冷え込んだ中で雪かきをしなければならない日が結構続きました。新型コロナウイルスの感染者数も落ち着いたかにみられた年末年始でしたが、1月中旬頃からオミクロン株の猛威を知らせるニュースが増え、月末には全道に「まん延防止等重点措置」が適用されることとなりました。再度、皆様には来場等を控えていただくようお願いします。そして、今年こそは沈静化することを祈っています。

## ■意見交換会

新型コロナウイルスによる規制が緩和されている中、1月12日に上川水平連携協議会との意見交換会が開催され、林産試からは2つの話題（製材からプレカットまでを行う垂直統合型・垂直連携型事業体の成立条件の解明、プレカット向けトドマツKD羽柄材生産における技術的課題への対応）を提供しました。久しぶりに会う地元関係業者の方々との対面式の会議に、日常が戻りつつあるかのような期待を抱かせる会議となりました。



上川水平連携協議会との意見交換会

## 北森カレッジニュース

### ■就職活動状況！

北森カレッジが開校して初の卒業生となる第1期生の就職活動も終盤です。コロナ渦の中、就職活動が思うようにいかないこの時期に、生徒の8割が内定を頂くことができます。

「北森カレッジの第1期生」という期待に応えるべく、合計6週間に渡るインターンシップを真剣に取り組み内定につながった生徒も多々おり、努力が結果

に結びついたのでと思います。

第2期生は、3月15日に北森カレッジが主催する合同企業説明会を控えており、その数か月後には就職活動が始まります。

北森カレッジでは、引き続き生徒一人一人に丁寧な個別相談などを行い、確実に就職できるよう努めてまいります。

（北海道立北の森づくり専門学院 高橋 悠也）



【面接練習風景】



【内定速報掲示板】

林産試だより

2022年2月号

編集人 林産試験場  
HP・Web版林産試だより編集委員会  
発行人 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
森林研究本部 林産試験場  
URL：<http://www.hro.or.jp/fpri.html>

令和4年2月1日 発行  
連絡先 企業支援部普及連携グループ  
071-0198 北海道旭川市西神楽1線10号  
電話 0166-75-4233 (代)  
FAX 0166-75-3621