

# 兵庫県木材利用技術研究会

# うっど・うえ〜ぶ



## 森林林業技術センター公開デーを開催しました

森林林業技術センターの研究内容や施設を一般に公開する「公開デー」を令和4年11月19日（土）に開催し、施設見学ツアーや研究成果の紹介、木工体験、チェーンソーアートの実演等を実施しました。施設見学ツアーでは、日頃は立ち入ることが出来ない木材実験棟の見学だけでなく、実際に木材を破壊する強度測定の実演等をお見せし、来場者に好評をいただきました。新型コロナウイルスの影響により令和に入って初めての開催となりましたが、過去最多に並ぶ約200人が来場されました。

## 目次

巻頭言	合法伐採木材等の流通及び利用の促進に関する法律の見直しを契機に	2
活動報告	令和4年度 試験研究成果・事例発表会を開催	3
試験研究成果報告		
	スギ大径材の価値向上のための加工技術の開発	4
	樹幹全体でみるスギの心材形成過程～高含水率心材・黒心材の発生要因の解明を目指して～	5
行政からのお知らせ	令和5年度 林務課 木材関係予算の概要	8

2023.6

Vol.38

## 巻頭言

# 合法伐採木材等の流通及び利用の促進に関する法律の見直しを契機に

兵庫県立農林水産技術総合センター 森林林業技術センター  
所長 谷口 俊明

令和5年5月8日から新型コロナウイルス感染症が2類から5類へと緩和されました。緩和されたといっても感染力が急に弱くなるわけではありませんので、木材利用技術研究会会員の皆様には、引き続き、感染防止対策に取り組んでいただきますようお願いいたします。

さて、このところの人流も活発で4月の訪日外客数は190万人を超え(2019年同月比67%)、コロナ前の水準が視野に入るまでインバウンドは堅調に回復し、それに伴う国内消費もコロナ前の水準に回復しています。また、日経平均株価は3万円を超え33年ぶりのバブル後最高値を更新するなど、経済活動の動きが数値でも見えてきました。

このような動きは、2025年の大阪・関西万博に向けて大きな弾みになり、兵庫全体をパビリオンに見立て、SDGsを体現する地域の活動現場への誘客を促進する「ひょうごフィールドパビリオン」の展開にもつながり、ひいては地域経済の活性化など、好循環が期待されます。

ご承知のように、東京五輪を契機に、国立競技場など木材利用への関心が高まり、都市(まち)の木造化推進法[令和3年10月1日に施行]やSDGsの動きも重なり、非住宅分野における木造建築物は増加しました。特に、中高層木造ビルの建設はNEWSバリューも高く、テレビ新聞ネットで盛んに取り上げられるなど、木造で建築することが、驚きから当たり前に変わりつつあるのではないのでしょうか。

こういった好循環の流れが、大阪・関西万博やその先の未来に向かって、更に加速していくことを願ってやみません。

こういった情勢の中で、表題の法律が今国会(第211回)で可決し5月8日に公布されました。

この法改正は、違法に伐採された木材の規制を強化するもので、米欧などでは、罰則を伴う規制が既に導入されている中、日本では罰則がなく、G7関連会合などで違法伐採の根絶に向けた取組が課題として取り上げられるなど、対策の強化が求められていました。

罰則や規制強化という言葉でネガティブなイメージをもたれるかもしれませんが、日本では海外のような違法伐採が少ないという点を長所と捉えれば、国際商品と言われる木材の中において、国産材の信用性を高めるとともに需要拡大を図るチャンスではないでしょうか。

林野庁資料によると、昨年の米国向けの木材輸出額は62億円(対前年比117%)、そのうち製材が29億円と全体の50%を占め、その樹種は99%がスギで、フェンスやデッキに利用され、近年資源量が減少しているWRC代替材として、今後も需要は高まると予想されています。

※WRC：ウェスタルレッドシダー

とりとめのない話になりましたが、この法律改正を契機に、国内の需要増加に留まらず、製品輸出量の拡大に向けて、国産材の利用に弾みがつくことを期待してやみません。

最後になりましたが、森林林業技術センターでは、スギ大径材の付加価値向上につながる試験研究や但馬テイポス等の開発技術の普及により、県産木材の利用促進を支援して参りますので、ご理解とご協力の程よろしく申し上げます。

## 普及報告

## 令和4年度 試験研究成果・事例発表会を開催

当センターにおける日頃の試験研究・調査への取り組みとその成果について、森林・林業・木材産業関係者や県市町担当者等に広く知っていただくことを目的に、去る令和4年12月7日(水)、ハイブリッド形式(対面 + Microsoft Teams によるオンライン)で試験研究成果・事例発表会を開催しました。

今回は、「長期スパンでの研究・調査から見えてきた成果や知見」をサブタイトルとして、以下の内容について4名が発表を行いました。

#### 樹木根系の形状と樹木の倒れにくさについて (上席研究員 藤堂 千景)

樹木の倒れにくさには、樹木地上部だけでなく、地下部である根系が関係していることが知られています。しかし、根系の形状と倒れにくさの関係については、まだよくわかっていません。

今回の発表では、根系の横への広がり(水平根の広がり)と深さ方向の広がり(垂直根の深さ)が倒れにくさとどう関係しているのか、樹種の違いによる根系の形状の違いがどのように倒れにくさに関係しているのかについて報告しました。

#### コナラ、ミズナラ林に設置したシカ排除柵の樹木更新への効果 (林業専門技術員 尾崎 真也)

兵庫県では、シカの採食により天然林の下層植生の衰退が進行し、林床が裸地化して土壤浸食が激化し森林の公益的機能が損なわれている林分も多くみられます。

この対策として各地でシカ排除柵を設置し、柵内の植生回復を行うとともに樹木の更新について調査が行われていますが、長期間継続して検証した事例はほとんどみあたりません。

そこで、シカが高密度に生息するコナラ、ミズナラ林において、2003年にシカ排除柵を設置

して2021年まで18年間の植生の変化を調査した結果や、柵の設置が樹木の更新に及ぼす効果について検討した結果について報告しました。**スギ採種園におけるカメムシ類による種子加害とその防除**(職員 中川 湧太)

兵庫県のスギ採種園では、ここ数年、種子発芽率の低下が問題となっており、この原因の一つとして、カメムシ類による種子加害の深刻化が考えられます。これを受けて、令和3年度から、スギ採種園におけるカメムシ類の発消長調査や防除時期の検討を進めています。

今回は、スギ採種園におけるカメムシ類の種子加害状況を約30年前と現在とで比較するとともに、加害状況を踏まえた対応について報告しました。

#### スギの心材形成過程とそれを制御する要因～材質の変異を知り利用に生かすために～ (課長(木材活用担当) 永井 智)

高含水率心材や黒心材といった木材利用上の課題を抱えるスギ材について、1)丸太内辺材・移行材・心材における気体透過性の変異、2)樹幹内辺材・移行材・心材における水分・空隙分布、3)樹幹全体における辺材・移行材・心材分布と年輪(成長層)分布、を相互に関連づけ、なぜ、どのようにして辺材は低含水率移行材化し、着色心材化するのか、高含水率心材・黒心材は発生するのか、その予防方法はあるのか、について考察し、報告しました。

ハイブリッド開催は初めての試みでしたが、対面・オンラインを合わせて70名の参加をいただく中、ほぼハプニングもなく、各発表について活発な質疑応答が行われるなど、盛況のうちに終了することができました。ご参加下さいました皆様、誠に有難うございました。

## 試験研究成果報告

# スギ大径材の価値向上のための加工技術の開発

### 1 はじめに

県内人工林から生産される丸太の大径化が進むなか、用途の少なから取引単価が低調な大径木の価値向上のために、新たな利用方法の創出と製材歩留りの向上が急務となっています。

そこで、当センターでは、これまでにスギ大径丸太の半径方向を梁せいとする二丁取り心去り平角（上下心去り平角、図 1A,B）の曲げ性能や材面の品質について検討してきました<sup>1)</sup>。上下心去り平角を採材した残部からは柾目板（図 1C,D）を作製し、CLT（Cross Laminated Timber=直交集成板）を生産することを検討しています。

本研究では、製材歩留りの向上を目的として、CLT JAS（日本農林規格）における目視等級区分ラミナの品質基準の内「節及び穴」の項目で 2 等の基準を満たさないラミナ（以下、等外ラミナ）で作製された CLT の利用可能性について検討しました。

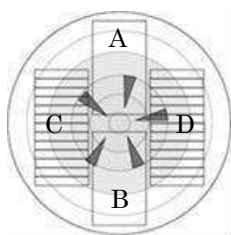


図 1 上下心去り平角と CLT に使用する柾目板の木取り（模式図）

### 2 実験方法

長さ方向に縦継ぎしていない等外ラミナを幅方向に無作為に並べ、3 種類の接着剤（いずれも

水性高分子イソシアネート系樹脂、接着剤 A：集成材用、接着剤 B：集成材（耐火）用、接着剤 C：CLT 用）により 3 層 3 プライの CLT（Mx60-3-3（幅 1,000 mm、厚さ 36 mm、長さ 2,000 mm））各 1 体を作製し、CLT JAS の理化学検査のうち、曲げ試験、ブロックせん断試験、減圧加圧剥離試験、含水率試験を実施しました。



写真 1 曲げ試験の実施状況

### 3 結果

試験結果は表 1 のとおりです。減圧加圧剥離試験の一部を除いて、全ての試験項目について JAS 適合基準値を満たすことができました。これらの結果から、JAS 基準を超える節及び穴のある等外ラミナで作製された CLT であっても、CLT JAS の基準を満たす品質の製品が生産でき、大径材の製材歩留りの向上に繋がる可能性が見出されました。

（森林林業技術センター主任研究員 浅田 佐知子）

【文献】1) 高山・永井（2022）兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 5：12-18.

表 1 試験項目ごとの JAS 適合基準と試験結果

試験項目	曲げ試験		ブロックせん断試験	減圧加圧剥離試験		含水率試験	
	項目 (単位)	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )		曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	接着層全層の剥離率 (%)		同一接着層での剥離割合 (%)
JAS 基準値	5.2	4.2	15.5	70	10	40	15
適合条件	平均値が基準値以上	全試験片で基準値以上	全試験片で基準値以上	全試験片で基準値以上	全試験片で基準値以下	全接着層で基準値以下	平均値が基準値以下
接着剤 A 使用	5.9	5.2~6.6	24.0~41.9	100	0	0	10.5~12.0
接着剤 B 使用	6.3	5.9~6.7	34.4~41.7	96~100	0~2	0~4	11.0~11.5
接着剤 C 使用	6.1	5.1~6.7	28.6~34.6	95~100	0~17	0~35	10.5~11.5

## 試験研究成果報告

# 樹幹全体でみるスギの心材形成過程

～高含水率心材・黒心材の発生要因の解明を目指して～

### 1 はじめに

スギの心材含水率は40～250%とばらついている<sup>1)</sup>ため、均質な乾燥材を量産することは容易ではありません。また、スギの心材含水率と心材色



図1 スギ横断面

(明度)は相関関係にあり<sup>2)</sup>、含水率が高いほど心材色は黒い傾向にあります。スギの心材直径は樹幹の肥大成長に伴い直線的に増大する<sup>3)</sup>ため、高含水率心材や黒心材の発生は、大径化するスギ材の利用を推進する上での障害となっ

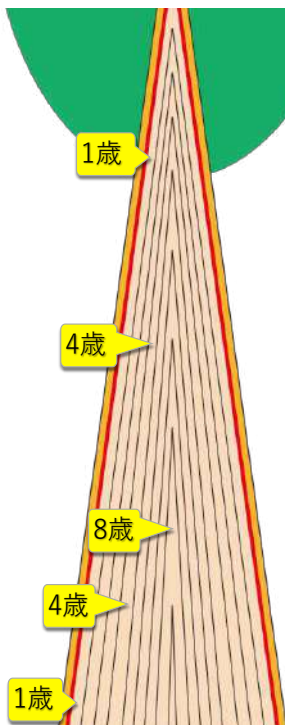


図2 樹幹内の成長層分布と放射柔細胞の年齢 (模式図)

が断たれていることから、放射方向における水分・物質移動経路を探るべく、様々な研究が行われてきました<sup>4,7)</sup>。しかし、高含水率心材・黒心材の発生要因の解明に繋がる確定的な報告はまだありません。

ところで、樹幹を立体的にみると、年輪は円錐状のコーンが毎年重なっていくような成長層からなります(図2)。当年に形成されたばかりの成長層は、樹幹のどの高さ

でも辺材として水分を運ぶ役割を果たしますが、その後、各成長層がどのように移行材化し、心材化していくのかはよく分かっていません。

一方、既往研究により、スギの放射柔細胞(図3)は心材形成に寄与していること<sup>8,9)</sup>、すなわち辺材

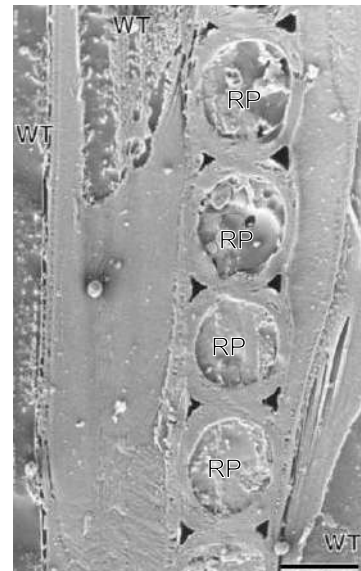


図3 立木凍結法により採取したスギ辺材の接線断面<sup>5)</sup>

RP:放射柔細胞、WT:飽水状態の仮道管、バーの長さ:10 μm.

では生きた細胞として種々の生活機能に積極的な役割を担っており<sup>8)</sup>、移行材で細胞死に先立って心材成分を生成し<sup>10,11)</sup>、その死後に心材が形成される<sup>8,11)</sup>ことが知られています。しかし、放射柔細胞が地上高によってどのようなタイミングで死ぬのか、何が放射柔細胞死を引き起こすのか、については良くわかっていません。これまでの研究では、形成層からの年数<sup>12,13)</sup>や距離<sup>14,15)</sup>が放射柔細胞死に関与する要因として議論されてきました。しかし、移行材や心材の形成は樹幹の内部で進行しており、樹幹全体にわたって放射柔細胞の生死を直接観察することは容易でないことなどから、明確な結論は得られていません。

ここで見方を変えてみると、放射柔細胞も仮道管と同様に形成層から分裂しているため、放射柔細胞の年齢は、樹幹のどの高さにおいても、形成層から内側へと数えた成長層(すなわち年輪)の数と同じといえます(図2)。そこで本研究では、

既往の研究<sup>14)</sup>から「放射柔細胞が生きていることが既知である辺材」、「死んでゆくことが既知である移行材」、そして「死んでいることが既知である心材」の樹幹内分布を詳細に解析することにより、1) 個々の成長層が辺材から移行材化し、心材化する過程を明らかにすること、2) 放射柔細胞が形成層で形成されてからの年数あるいは形成層からの距離、のどちらが放射柔細胞死に影響しうるのかについて検討すること、3) 放射柔細胞死が引き起こされる要因を探ること、そして4) 樹幹全体において辺材-心材間の水分・物質移動経路を探ること、を目的としました。

## 2 実験方法

供試木はスギ生立木5本(29年生3本、55年生2本)としました。実験の概略を図4に示します。各供試木について、伐倒直後に地際から梢端に至る基準線を樹幹表面に記した後、長さ20cmの短丸太を中央高さが1m間隔となるよう採取しました(計85個;図4A)。実験室において、帯鋸盤(図4B)あるいは丸鋸盤により、短丸太の中央高さから厚さ6mmの円板を1枚採取し、樹幹表面に記された基準線の位置を揃えつつ、直ちに軟X線照射装置(Softex, M-60;図4C)により横断面の軟X線画像を、次いでフラットベッドスキャナ(図4D)により実体画像を採取しました。画像解析ソフトImageJ(図4E)により、供試木ごとに、高さ方向を通じて節や欠点などがほぼ認められない放射方向一方向を特定し、形成層から髓に至る直線を記し、その直線に沿っ

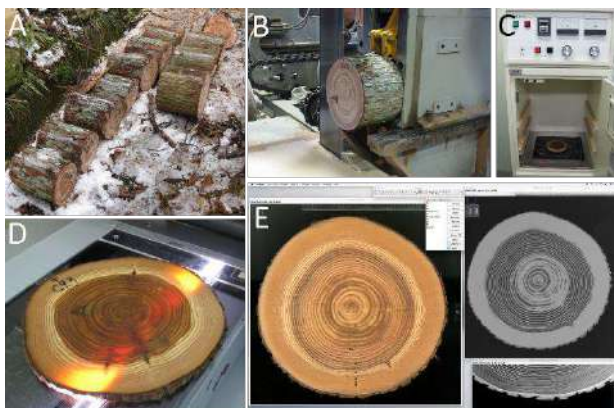


図4 実験の概略

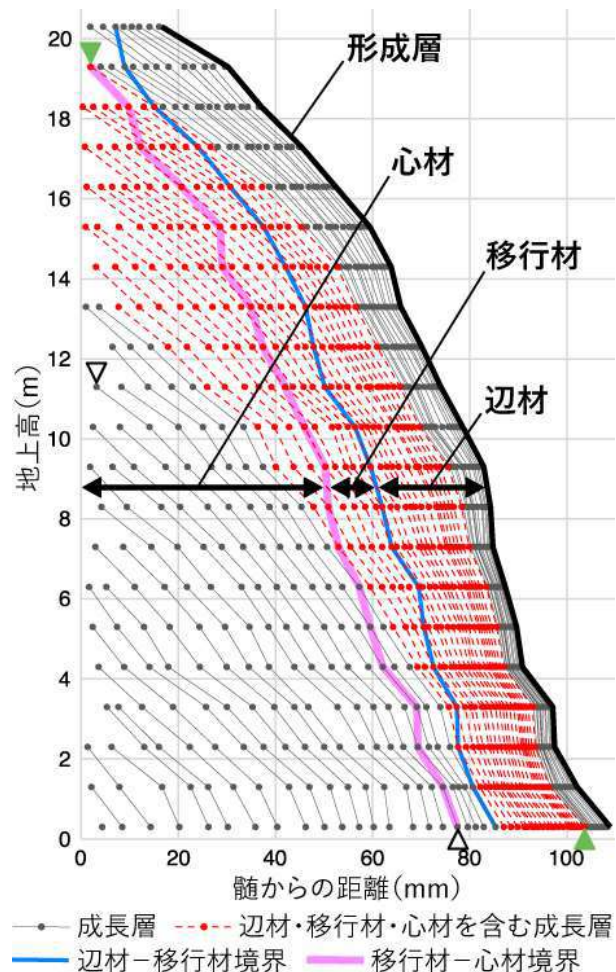


図5 55年生スギ樹幹内における成長層および辺材・移行材・心材の分布<sup>16)</sup>(一部改変)

て、樹皮側からの年輪数、各年輪の幅、辺材・移行材・心材の年輪数と放射方向幅を測定し、高さ方向で再構築しました。また、地上高を説明変数、辺材・移行材・心材の年輪数あるいは幅を応答変数とし、個体差をランダム効果とする線形混合効果モデルを設定し、辺材・移行材・心材の年輪数や幅が地上高によってどのように異なるか、統計的に解析しました。

## 3 結果と考察

樹幹内における成長層および辺材・移行材・心材の分布例を図5に示します。形成層から辺材-移行材境界までの年輪数、および、形成層から移行材-心材境界までの年輪数は、どちらも樹幹上方ほど有意に少なくなっていました。また、すべての供試木において、辺材、移行材、心材を基

部から頂部へとその順に含む成長層（図 5 の赤破線）が放射方向で連続して認められました。例えば、頂部が心材化し始めた成長層（図 5 の▼▲）から、頂部から基部までを通じて心材化を完了した成長層（図 5 の▽△）までの年数は、29 年生 3 個体平均で 9.3 年、55 年生 2 個体平均で 23.5 年でした。これらの結果から、目的 1) については、「個々の成長層では、頂部から基部へと数年から数十年をかけて心材化する」ことがわかりました。上述した通り、放射柔細胞は辺材で生きており、心材で死んでいることから、同一年に形成された放射柔細胞といえども、高さによって、寿命には数年から数十年のばらつきが存在することは明らかです。したがって、放射柔細胞の年齢は、個々の細胞死ひいては心材化の時期を決定する因子とはならないことがわかりました。

対照的に、形成層から辺材-移行材境界までの放射方向距離、および、形成層から移行材-心材境界までの放射方向距離は、どちらも樹幹の高さによらず一定と評価されました。したがって、目的 2) については「形成層からの放射方向距離は、放射柔細胞死ひいては心材化の時期決定に影響している」と結論しました。なお、目的 3) については「放射柔細胞は酸欠によって死を迎える」と結論したのですが、そこに至った理由については紙面の都合上割愛しますので、別誌<sup>16,17)</sup>を参照願います。

さて、「同一成長層内に辺材から心材への移行過程が存在する」という本研究の結果は、同時に、「辺材と心材が年輪境界を横切ることなく、移行材を介して、同一成長層内の軸方向で繋がっている」ことを示しました。スギ移行材では、ほとんどの早材仮道管からは水分が消失していますが、晩材仮道管は辺材および心材と同様、基本的に水分で満たされています<sup>5,18)</sup>。したがって、目的 4) については「図 5 の赤破線で示した成長層について、軸方向における辺材-心材間の水分・物質移動経路として検討する意義がある」ことが明らかになりました。

今後、組織・細胞レベルの分析を樹幹全体で進

めることにより、高含水率心材や黒心材の発生要因を解明し、造林・施業方法等の提案に繋がります。

（森林林業技術センター課長（木材活用担当） 永井 智）

## 引用文献

- 1) 中田ら (1998) 木材学会誌 44:395-402.
- 2) 森川ら (1996) 九州大学農学部演習林報告 74:41-49.
- 3) 井原 (1972) 九州大学農学部演習林報告 46:1-129.
- 4) Okada ら (2012) Journal of Wood Science 58:1-8.
- 5) Nagai ら (2012) American Journal of Botany 99:1553-1561.
- 6) Nakada ら (2019) Wood Science and Technology 53:407-424.
- 7) Kuroda ら (2020) Forests 11:562.
- 8) Nobuchi ら (1985) Mokuzai Gakkaishi 31:965-973.
- 9) Nakaba ら (2016) Planta 243:1225-1236.
- 10) Nagasaki ら (2002) Phytochemistry 60:461-466.
- 11) 今井 (2012) 木材学会誌 58:11-22.
- 12) Yang ら (1994) Trees 9:35-40.
- 13) Nawrot ら (2008) Journal of Forest Science 54:409-417.
- 14) Nobuchi ら (1987) Mokuzai Gakkaishi 33:88-96.
- 15) Spicer ら (2007) Plant, Cell and Environment 30:934-943.
- 16) Nagai ら (2022) Trees 36:1853-1863, <https://rdcu.be/cSxaA>.
- 17) 永井ら (2022) 日本木材加工技術協会第 40 回記念年次大会 (東京) 講演要旨集, 29 - 30.
- 18) Kuroda ら (2009) Trees 23:1163-1172.

## 行政（兵庫県農林水産部林務課）からのお知らせ

### 令和5年度 林務課 木材関係予算の概要

令和5年度の林務課の予算の概要について、木材産業に関わる部分のみを記載します。

#### 1 林業・木材産業の経営基盤の強化

林業・木材産業事業者に対して、低利・無利子の資金を融通することにより、林業及び木材産業の健全な発展、木材生産及び流通の合理化の促進を図る。

林業・木材産業改善資金貸付金	100,000 千円
木材産業等高度化推進資金	780,007 千円
県産木材利用促進特別融資事業	50,000 千円

#### 2 県産木材の利用拡大

##### ① 公共・民間施設の木造・木質化の推進

展示効果が見込める公共施設や民間施設での木造化、木質化を進めるとともに、公共土木工事での県産木材の利用を進める。



写真1 「ひょうご木の街木質化推進事業」を活用して木質化した民間施設

ひょうご木の街木質化推進事業（拡充事業）	12,000 千円
非住宅木造建築物研修の実施	500 千円

##### ② 県産木材を使用した住宅の建設促進

県内工務店による県産木材を利用した魅力的な木造住宅の設計及び「ひょうご木の匠」登録工務店による工務店グループによる県民向け住宅展示・相談会の開催を支援するとともに、

「ひょうごの木の家」設計支援事業について、横架材に県産材を使う設計をした場合、基準補助額300千円/件に100千円/件を加算し、400千円/件を支援し、県産木材の利用意義のPRと県産木造住宅の建築促進を図る。

「ひょうごの木の家」設計支援事業	51,500 千円
「ひょうごの木の家」建築促進事業	2,000 千円

##### ③ 県産木材を使用した木製品の普及

県産木材を使用した製品の取扱事業者を「ひょうご木製品マイスター」として登録し、木製品活用事例集等により広く県民



写真2 県産木材製品

に紹介することで、県産木製品の普及・導入促進に繋げ、県産木材の利用拡大を図る。

ひょうごの木づくり啓発推進事業（拡充事業）	580 千円
-----------------------	--------

##### ④ 県産木材の利用意識の醸成

住宅建築を検討している県民等を対象に、山での伐採作業から製材所での加工の様子、このような県産木材を使った木造住宅等の現地見学及び県産木材情報のプラットフォームとなるHPの作成・公開を通じて、県産木材の利用意識の醸成を図る。

ひょうごの木づくり普及啓発	10,710 千円
---------------	-----------

※ 金額は令和5年度県当初予算ベース



# 木材活用部から会員へのお知らせ

## 依頼試験の紹介

木材活用部では、木材・木質材料の JIS または JAS に準じた材料試験（曲げ等の強度試験、密度、含水率の測定等）を依頼試験として実施しています。柱、梁や集成材を実大の寸法で実施することも可能です。手数料は 1 試験項目につき 3,200 円からとなっています。詳しい試験項目や手数料等についてはお問い合わせ下さい。

また、依頼試験では対応できない要望について、受託研究等での対応が可能な場合もありますのでお気軽にご相談下さい。

※ 令和 2 年度実績 626 件、令和 3 年度実績 612 件、令和 4 年度実績 217 件



兵庫県木材利用技術研究会

うっど・うえ〜ぶ

Vol.38 2023 年 6 月発行

編集・発行

兵庫県木材利用技術研究会

兵庫県立農林水産技術総合センター

森林林業技術センター木材活用部内

〒671-2515 宍粟市山崎町五十波 430

TEL(0790)62-2118 FAX(0790)62-9390

兵庫県木材利用技術研究会

うっど・うえ～ぶ

2023.6 Vol.38