

兵庫県木材利用技術研究会

うっど・うえ〜ぶ



木裏荷重

木表荷重

スギ上下心去り平角材の曲げ試験

目次

巻頭言	更なる県産木材の利用に向けた技術支援	2
活動報告	令和3年度 森林林業フォーラム「大径材を伐って使って、植える」	3
試験研究成果報告		
	スギ心去り平角材の乾燥後の経過（心持ち平角材との比較から）	6
	スギ大径材から得られた上下心去り平角の曲げ性能と材面の品質	8

2022.6

Vol.37

巻頭言

更なる県産木材の利用に向けた技術支援

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

兵庫県木材利用技術研究会会員の皆様には、平素より県産木材の利用促進並びに利用技術の向上にご尽力、ご協力いただいておりますことに、心から感謝申し上げます。本年4月から森林林業技術センターの所長を務めています。どうぞよろしく願い申し上げます。

さて、ご承知のように、令和2年の新型コロナウイルス感染症拡大の影響による木材需要の減少から一転して、令和3年は、世界的な木材需要の高まりやコンテナ不足など国際的な需給が逼迫、木材の輸入量が減少して木材価格が高騰する「ウッドショック」が発生しました。

さらに、今般、ロシア・ウクライナ情勢の悪化、原油・物価の高騰や記録的な円安も重なり、新型コロナウイルスの感染拡大する以前と比べ、木材を取り巻く状況が大きく変化してきています。

一例ですが、国産針葉樹合板（12mm厚）の流通価格は、平成19年7月に付けた最高値1,240円/枚を令和3年11月に突破した後、最高値を更新し続け、令和4年6月には2,000円/枚と推移しています。〔1㎡当たり10万円に到達〕

今後さらに、国産材の需要が高まるとともに、国内の木材需給が逼迫する恐れがあることから、国では予備費を活用して、需要が高まっている国産材の増産にかかる輸送費支援、国産材製品への転換を図る設計・施工法の導入支援などが決定しました。加えて、県では、県産木材を活用した住宅の建築・リフォーム経費を支援する「県産木材価格高騰対策事業」が6月補正で決定しました。

これらの支援により、県産木材への転換が進んでいくことを期待しています。

国産材の需要が高まる一方で、これまで梁や桁に外材等を利用してきた建築関係者からは、スギを利用することへの不安の声もあります。

そこで、当センターが開発した高強度梁仕口Tajima TAPOS®の普及をより一層図っているとこです。去る5月8日の神戸新聞で紹介されたように、昭和住宅（加古川市）の平屋プランに県産スギ材と併せて採用していただくことになりました。

また、スギ大径材から製材した「上下心去り平角」（丸太の半径方向を梁高さ方向とする二丁取り心去り平角）の曲げ性能試験を当センターで行った結果、木裏荷重（木表面を下面に使用）した8試験体は、JASの機械等級区分構造用製材の基準強度を全て満たしていることが確認できました。その成果を、製材工場はもとより設計士や工務店等にも広く周知していくことで、スギ利用に対する不安を払拭できればと考えています。

これらの既存研究に加え、令和4年度から、新たに3つの試験研究課題として、①「割れや変形のないスギ平角材の乾燥手法の確立」、②「スギ等横架材における含水率・寸法・クリープ挙動の長期検証」、③「スギ心材の黒変を抑制する技術の確立」に取り組んで参ります。

いずれの研究も、今後、大径化が進むスギの新価値の創出につながる技術開発で、県立農林水産技術総合センター第5期中期業務計画の重点化方向にも沿った取り組みです。今後とも、県産木材の利用を進める取組を技術面でしっかり支えて参りたいと考えていますので、皆様のご理解とご協力をお願いします。

活動報告

令和3年度 森林林業フォーラム「大径材を伐って使って、植える」

1 はじめに

森林林業技術センターでは、「ひょうご農林水産ビジョン2030」のめざす姿の実現に向け、県産木材の利用を促す技術開発や低コストで効率的な主伐再造林モデルの構築、減災効果の高い森林整備手法の開発に取り組んでいます。

今回の森林林業フォーラムは、戦後植林されたスギ・ヒノキ人工林の成熟化に伴い木材の大径化が進む中、大径材の利用や伐採後の森林づくりに向けた取り組みを紹介し、木材利用の必要性や課題を共有するとともに、今後の大径材利用や森林づくりについて共に考えることを目的として令和4年1月11日～1月31日に実施しました。

なお、本フォーラムは、兵庫県木材利用技術研究会の令和4年度研修会としても位置づけされており、本研究会の会員を含め、県内の林業、木材産業関係者に広く案内をしました。

また、開催方法については、新型コロナウイルス感染症の拡大防止を図るとともに、より多くの方々に視聴いただけるよう、YouTubeによるオンデマンド配信としました。



写真1 映像会社によるビデオ収録状況

2 フォーラムの概要

1 パネルディスカッション収録

令和3年12月3日（当センター講堂にて）

2 公開 令和4年1月11日～1月31日
（YouTube オンデマンド配信）

3 視聴実績 148名申し込み、319回視聴

4 講演

(1) 森林・木材の“大径材化問題”（センター 林業専門技術員 小長井信宏）

兵庫県の人工林資源は高齢化し、大径材の流通が増加しており、川上（素材生産）と川中（加工流通）における大径材化の影響と、川下（木造建築）において今後期待される大径材利用の可能性について紹介しました。

(2) 大径材利用上の問題 スギ辺材・移行材・心材の材質変異から考える（センター 課長（木材活用担当） 永井智）

スギ樹幹内の組織が年数を経て辺材から心材に移行する過程について、顕微鏡写真等を用いて説明するとともに、「なぜ心材の乾燥は難しいのか」、「大径材利用の問題は、心材利用の問題とも言えること」について概説しました。

(3) スギ大径材を活かす製材木取り（森林総合研究所 主任研究員 松村ゆかり氏）

心去り平角の2丁取りは、大径材ならではの木取りのひとつで、要求性能を満たす心去り平角を効率的に生産するため、丸太形質や木取りと心去り平角の品質の関係について検討しました。丸太段階でのヤング係数による選別が有効であることや、挽材順によって心去り平角の反りの大きさが異なること等が明らかになりました。

(4) 大径材を乾かす スギ心去り平角材の乾燥（センター 研究員 藤本千恵）

心去り平角材には、乾燥仕上げ後も反りなどの変形が発生するのではないか、という懸念があります。そこで、人工乾燥後のスギ心去り平

角材と心持ち平角材について、乾燥後の状況を24週間計測し、寸法および反りの変化において、心去りと心持ちに差があるかを調べました。その結果、乾燥後24週間の寸法（梁せい・長さ）変化および反り変化には、心去りと心持ちに有意な差がないことを確認しました。

(5) スギ大径材を用いた準不燃木質材料の開発（センター 研究員（当時）山田範彦）

準不燃木質材料の需要が高まっています。水溶性薬剤を減圧加圧注入して不燃性を付与しますが、製材品では部位や方向によって注入性が異なり、注入むらが生じがちです。そこでロータリ単板の裏割れを利用し、さらに内層単板の繊維方向を表層単板のそれと直交したLVB（単板積層ボード）とすることで、むらなく必要量薬剤を注入した準不燃木質材料の開発に向けて一定の目途が立ちました。

(6) 針葉樹を植える スギコンテナ苗の成長と獣害の防除（センター 林業専門技術員 尾崎真也）

兵庫県では、主伐後の再造林を推進していますが、植栽の効率化と植栽苗木の低コスト獣害対策（シカ食害対策）が課題となっています。スギコンテナ苗の生育状況と当センター専門技術員が森林組合、県農林振興事務所普及員と協同してセンサーカメラを使って行ったシカ被害防除法の検証試験結果について紹介しました。

(7) 早生樹を探る コウヨウザンの3年間の成長（センター 主任研究員（現 光都農林振興事務所 課長補佐）高山勉）

短伐期で収穫が可能といわれているコウヨウザン（中国・台湾原産、ヒノキ科）の植栽試験をR1年度から3箇所で開催しています。平均樹高が3年でスギの1.6倍となるなど、良好な成長をしている試験地もありました。樹高に影響を与えている要因についても検討を行いました。

(8) 針葉樹人工林を伐採して広葉樹林にする方法を考える（センター 研究員 伊東康人）

兵庫県では、奥地など収益性が低く伐採が進まない高齢人工林を伐採し、その跡地に広葉樹を導入することにより、森林の有する多面的機能を高度に発揮する多様な森林づくりを推進しています。本発表では、その方法の一つである伐採後に広葉樹を植栽する方法について考え、その事例を紹介しました。

5 パネルディスカッション

(1) テーマ

- ・大径材利用の現状と今後の展望
- ・これからの森林づくり（再造林樹種など）

(2) 司会

所長（現 林務課 役付専門員）岩本順造

(3) パネリスト

- ・日本土地山林（株）山林事業部部长 柘岡望氏
- ・（株）木栄 専務取締役 芦田猛氏
- ・森林総合研究所 主任研究員 松村ゆかり氏



写真2 パネルディスカッションの状況

(4) 主な話題

川中の製材工場における大径材への対応は全国的にはすすんだ事例もあり、大径材から柱角をノーマンツインバンドソー・ノーマンオートテーブルで9丁取りしている事例から、300mm角など特殊サイズへの対応や側板で役物板を製材する他県での事例が松村氏より紹介されました。

芦田氏からは、規格品サイズの対応が得意な量産工場に対抗するため、バラエティ豊富な平

角のサイズの在庫を持つことによる「半別注」体制による(株)木栄の戦略が紹介されました。

また、スギ大径材の乾燥の難しさへの対応が課題であり、当センターでの試験研究への取組に期待する声もあがりました。

一方で、川上素材生産側での大径化のデメリットとメリットについて柘岡氏に尋ねたところ、奈良県の大径材を0.25m³クラスのグラブで対応している事例をもとに、工夫次第で解決できるとしつつも、効率化の面で0.45m³クラスの導入も検討したいという考えもあるようです。

また、人工林の少子高齢化により、細丸太の生産が全国的に減少しているため、牡蠣養殖いかだの用材が不足しており、特定の需要ではあるが大径化が影響を落としている事例も紹介されました。

とはいうものの、人工林の少子高齢化の改善に必要な主伐再生林を実施するにあたって、日本土地山林(株)の所有林ではシカの食害が特に著しいため、再生林の成功が極めて困難と考えられており、シカ害防除技術の確立が必要であると改めて認識させられました。

森林総研では、再生林樹種についてはコウヨウザンのほか、ユリノキ、センダン、ユーカリなどプロジェクトで検証したものもあり、今後樹種に適した用途などの技術データの公表をめざすとのことです。

パネルディスカッションのまとめとして、大径化に伴う乾燥技術や使用機械等の問題はあつものの、地域や企業等による力強い取組がすすめられており、人工林の少子高齢化も大きな問題ではなく工夫次第なのではないかと考えさせられました。当センターとしてもこれらの取組との連携を進めて技術開発を行い、得られた成果については関係機関と一体となって普及に努めて現場におろしていきたいので、関係者のみなさんにはご支援をお願いしたい、と所長の岩本がまとめました。

3 さいごに

今回のフォーラムは、「大径材」をキーワードに川上から川下までの幅広いテーマで発表と議論が展開されました。このフォーラムを通じて、大径材化の課題は、川上から川下にいたる林業・木材産業界の共通課題であることを改めて痛感しました。

このフォーラムの視聴者が、視聴を通じて気づきやヒントをそれぞれの仕事に活かしていただき、加えて当センターの成果が広く普及されていくことを祈念します。



写真3 発表者・パネリスト揃っての閉会

大径材を 伐って 使って、 植える




【視聴可能期間】
令和4年
1/11 (火) 13:00
~ **1/31** (月) 17:00

兵庫県立森林水産技術総合センター 森林林業技術センター
令和3年度 **森林林業フォーラム** (YouTubeオンデマンド配信)

申込方法 **1月5日(水) 17:00** 締切 視聴無料

①森林林業技術センターHPからお申込み (<http://suisan.hyogo.go.jp/suisan/forest/>)
トップページから申込み受付フォームにアクセスできます。
②QRコード(二次元バーコード)からお申込み
申込み受付フォームに接続する必要があります。
■申込み受付フォームはInternet Explorerではご利用いただけません。
■ブラウザはGoogle ChromeまたはMicrosoft Edge、Firefoxをお使いください。
■上記の方法での申込みが難しい場合は、お電話(0795-62-2128)で当センターまでお問い合わせください。

主催：兵庫県立森林水産技術総合センター森林林業技術センター



申込み受付
フォーム

図1 フォーラムのチラシ

(森林林業技術センター 林業専門技術員
小長井信宏)

試験研究成果報告

スギ心去り平角材の乾燥後の経過（心持ち平角材との比較から）

1 はじめに

全国的な人工林の高齢級化に伴って、大径材の利用拡大が求められています。大径材の利用方法の一つとして、中心を外した心去り平角材があります（図1）。しかし、心去り平角材には乾燥後でも反りや曲がりが発生するのではないかという懸念があり、利用を阻む一因となっています。

そこでこの試験では、人工乾燥後のスギ心去り平角材及び心持ち平角材の含水率や寸法、反りを測定し、心去り平角材の乾燥後における変形の経過について検討しました。

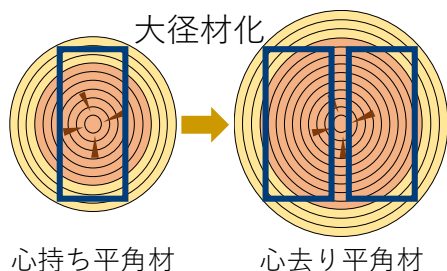


図1 心持ち平角材と心去り平角材の模式図

2 試験方法

試験体は、兵庫県産のスギ心去り平角材（以下、心去り）及び心持ち平角材（以下、心持ち）各10本としました（製材寸法 225mm×135mm×4,000mm）。県内の製材工場において高温乾燥された材を未仕上げ・未選別の状態で直ちに当センターに搬入し、両端から30cm以上内側で含水率差測定用の試験片を採取した後、試験体の長さを4,000mmから3,000mmにしました。採取した試験片は図2のとおり25等分し、ブロックごとに含水率を測定した後、ブロックの含水率を外側と内側ごとに平均し、内側の平均含水率から外側の平均含水率を引いて、含水率差としました。

試験体は2週間ごと（8週以降は4週間ごと）に24週間（2020年8月25日～2021年2月15日）、重量及び長さ方向中央での寸法・反りを計測しました。試験期間中は、平衡含水率が平均12.3%の屋内に試験体を静置しました（写真1）。

乾燥24週間後、試験体の両端から30cm以上内側と中央から試験片を採取し、全乾法により含水率を測定しました。乾燥24週間後の含水率と試験体の重量から、試験体の全乾重を推定し、乾燥直後の含水率を算出しました。



図2 含水率差測定の様式図



写真1 試験体の外観

3 結果・考察

含水率は乾燥直後に平均20.4%でしたが（図3）、乾燥24週間後には平均16.4%まで減少し、全ての材で含水率25%以下となりました（図4）。

内側－外側で求めた乾燥直後の含水率差は平均12.6%で、含水率差が20%以上の試験体もあ

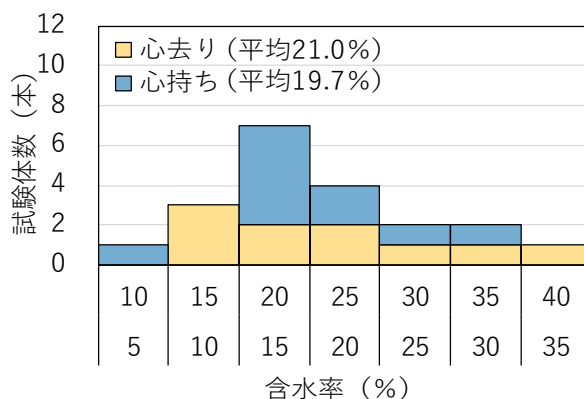


図3 乾燥直後の含水率(n=20)

りました(図5)。試験片全体の含水率と比較すると、外側の含水率は試験片全体より5%前後低い傾向が見られました(図6)。なお、一般によく使用される高周波含水率計の測定深度は1~2cm程度であり¹⁾、外側の含水率しか計測できないため、乾燥直後は高周波含水率計の計測値より実際の含水率が高いことに注意が必要です。

梁せい寸法は乾燥後24週間で心持ち、心去りとも減少しました(図7)。含水率の減少に伴い、

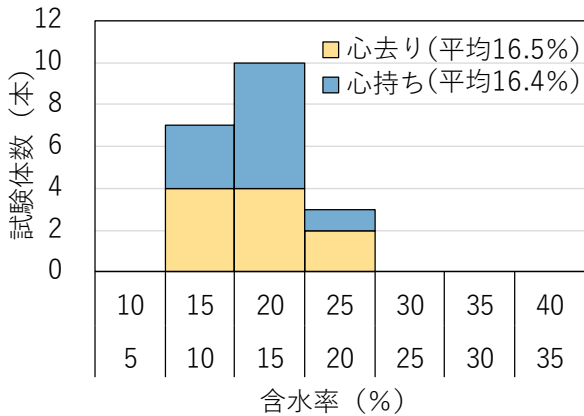


図4 乾燥24週間後の含水率(n=20)

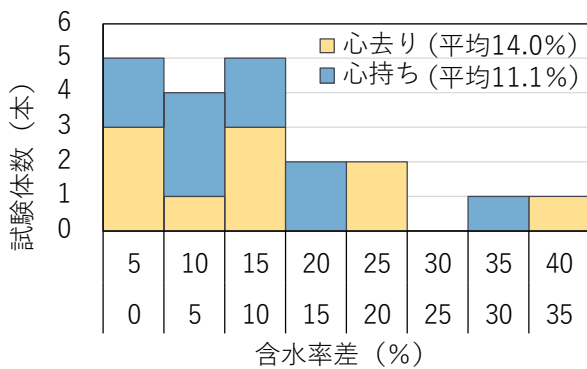


図5 乾燥直後の含水率差(n=20)

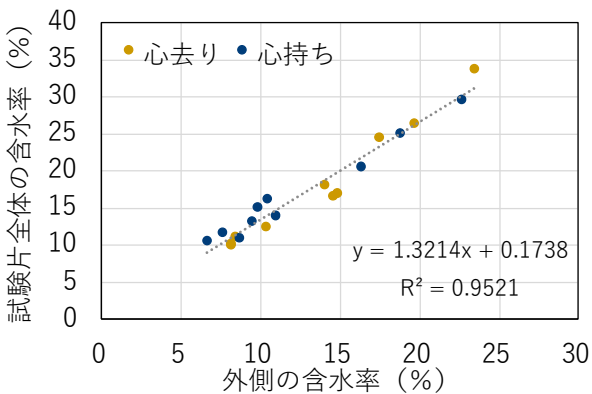


図6 乾燥直後における外側と試験片全体の含水率の関係(n=20)

※「試験片全体の含水率」は含水率差測定用試験片の隣接部から採取した試験片により測定しました。

梁せい寸法が減少したと考えられます。乾燥直後に対する乾燥24週間後の梁せい寸法の変化量は、心去りと心持ちに有意な差がありませんでした(Student's t-test)。

反り量は心去り、心持ちとも乾燥直後から減少する傾向が見られました(図8)。心去りは乾燥後でも反り等の変形が発生するのではないかと懸念に反し、心去りの反り量が増加することはありませんでした。また、乾燥直後に対する乾燥24週間後の反り量の変化量は、心去りと心持ちに有意な差がありませんでした(Student's t-test)。

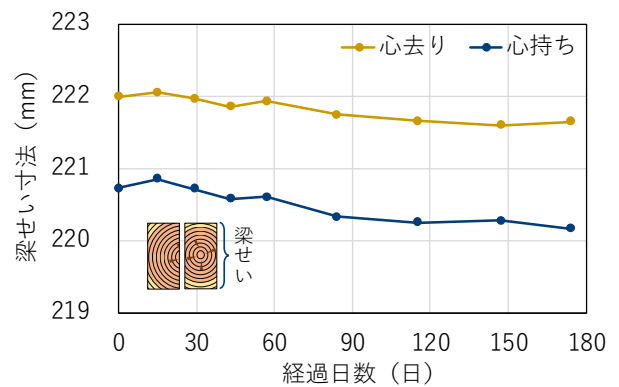


図7 24週間の梁せい寸法の挙動(n=20)

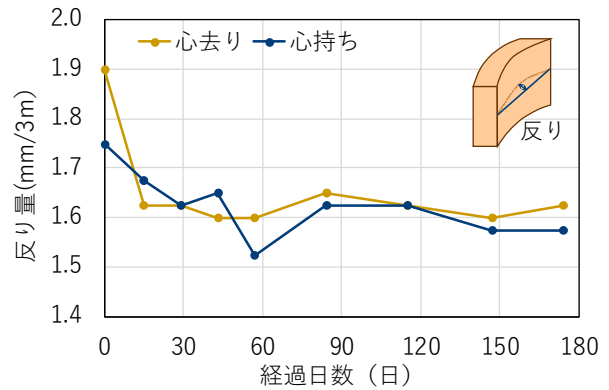


図8 24週間の反り量の挙動(n=20)

4 おわりに

乾燥直後に対する24週間後の梁せい寸法と反り量の変化量は心去りと心持ちで差がなかったことから、乾燥後は心去りも心持ちと同じように取扱うことができると考えられました。

今後もスギ心去り平角材の乾燥手法等を研究し、心去り平角材の普及を進めていきます。

(森林林業技術センター研究員 藤本 千恵)

参考文献 1) (公財)日本住宅・木材技術センター(2019): 針葉樹製材乾燥の手引き(第2版). 16-17

試験研究成果報告 (兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 5:12-18, 2022 から転載)

スギ大径材から得られた上下心去り平角の曲げ性能と材面の品質

緒 言

スギ人工林の高齢級化に伴い、大径化したスギ丸太の産出量が増加し、その用途開発と販売戦略の確立が課題となっている(遠藤、2018)。大径材では、1本の丸太から平角材を2本生産すること(心去り二丁取り)が可能となるが、これまでは中径材から得られる心持ち材が利用されてきた背景もあり、製材所や工務店などの関連業界やエンドユーザーには「心去り材は弱い」という意識が根強く、心去り材は敬遠されているのが現状である(椎葉ら、2015)。したがって、心去り平角を大径材の用途として確立していくためには、その強度性能データを蓄積し、公表していくことが必要である。

心去り平角の研究は、従来、丸太の半径方向を梁幅方向とする二丁取り心去り平角(以下、左右心去り平角と略記)について行われてきた(例えば後藤ら(2017)、岩崎・涌井(2021))。一方、丸太の半径方向を梁せい方向とする二丁取り心去り平角(以下、上下心去り平角と略記)の研究については、椎葉ら(2015)の報告が認められる程度である。上下心去り平角では、梁せい方向の広い2材面が柾目となり、上下面に木表面ないし木裏面が存在するため、左右心去り平角とは材面の品質が大きく異なるとともに、木表面、木裏面の上下配置の違いによって曲げ性能が異なる可能性がある。そこで本研究では、上下心去り平角を供試材として、曲げ性能、材面の品質、およびそれらの関係について検討を行った。

材料および方法

1 供試材

兵庫県産の末口径44~46cmのスギ丸太8本を用いて、県内製材工場において、丸太の中心軸と平行に製材する「中心定規挽き」により、図1に示す木取りで上下心去り平角を16本製材し、中温乾燥(70℃)後、仕上げ加工を行った。仕上

がり寸法は幅120mm×梁せい180mm×長さ4,000mmである。

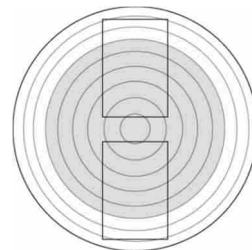


図1 供試材の木取り(模式図)

2 試験方法

「構造用木材の強度試験マニュアル」(日本住宅・木材技術センター、2011)に基づき、万能強度試験機((株)島津製作所製、AG-250kNX)により、スパン3,240mm(梁せいの18倍)、荷重点間距離1,080mmの3等分点4点荷重方式で実大曲げ試験を行った。このとき、同一の丸太から製材した2本ごとに、1本を木裏面から、もう1本を木表面から加力することとし、測定項目は曲げヤング係数、曲げ強さ、および曲げ比例限度とした。曲げ比例限度は、荷重変位曲線において最大荷重の10%と40%の2点を結んだ直線を、最大荷重の40%を超える領域に延長したものを基準の変位として、最大荷重の40%を超える各荷重時について、測定プロットの変位を基準の変位で除し、その比率が1.03を超える直前の測定プロットの荷重値から算出した。曲げ試験後の試験体において、端部から約100cm離れた部位から長さ約25mmの含水率試験片を採取し、全乾法により試験時の含水率を求めた。強度試験データは、ASTM D1990-07により含水率15%時の値に補正した(日本住宅・木材技術センター、2011)。ただし、補正は規格の内容にしたがって含水率15%±5%の範囲で実施することとし、含水率が20%を上回る試験体は20%とみなして15%時に補正した。

強度試験に先立ち、製材の日本農林規格(以下、JASと略記)の造作用製材に準拠して、材面の品

質（無節・上小節・小節・並）を4面すべてについて調査した。また、JASの目視等級区分構造用製材甲種IIに準拠して、節径比（最大節径／節の存する材面の幅）および集中節径比（最大集中節径／節の存する材面の幅）を4面すべてについて計測した。計測に際しての材面の区分を図2に示す。JASでは広い材面（B面・D面）の材縁部について、1材面の2つの材縁部を合わせて計測するが、本研究では木裏面（A面）側と木表面（C面）側を区別して計測した。さらに、同目視等級区分構造用製材甲種IIに準拠して平均年輪幅を計測した。平均年輪幅は元口、末口両木口で計測した年輪幅の平均とした。

統計解析はソフトウェア R4.0.0 (R Core Team (2020)) を用いて行った。

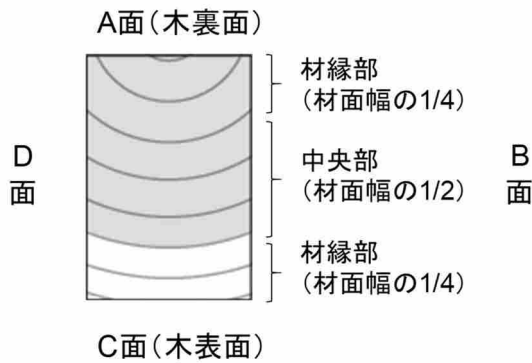


図2 材面の区分（末口側基準）

結果および考察

1 曲げ性能

表1に強度試験結果の総括表を示す。図3は、含水率15%時の曲げヤング係数、図4は、含水率15%時の曲げ強さである。いずれも木裏面から加力したもの（木裏荷重）と木表面から加力したものの（木表荷重）に分けて示している。曲げヤング

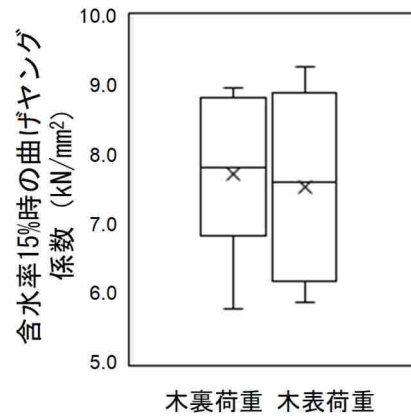


図3 荷重面別の含水率15%時曲げヤング係数

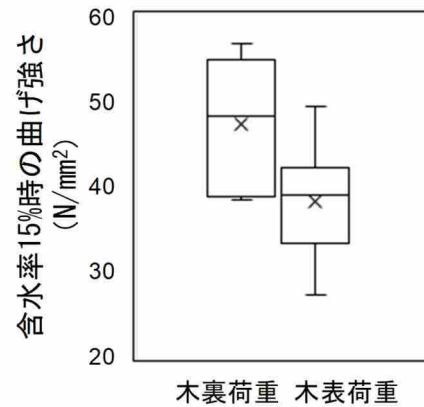


図4 荷重面別の含水率15%時曲げ強さ

係数は、木裏荷重と木表荷重に有意差はみられず（対応のあるt検定、 $p \geq 0.05$ ）、曲げ強さは、木裏荷重が木表荷重に比べて有意に大きかった（対応のあるt検定、 $p < 0.01$ ）。橋爪（1999）はカラマツ心去り正角材（二方桁角、四方桁角）について、荷重方向で曲げヤング係数に違いは認められず、曲げ強さでは木裏荷重は木表荷重の約1.3倍であったとしている。本研究のスギも曲げヤング係数は同様の結果であり、曲げ強さでは木裏荷重は木表荷重の約1.2倍であった。

表1 強度試験結果の総括表

荷重方向	本数 (本)	含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)	測定値				含水率15%時補正值			
				密度 (kg/m^3)	曲げヤング係数 (kN/mm^2)	曲げ比例限度 (N/mm^2)	曲げ強さ (N/mm^2)	密度 (kg/m^3)	曲げヤング係数 (kN/mm^2)	曲げ比例限度 (N/mm^2)	曲げ強さ (N/mm^2)
木裏荷重 (木裏→木表)	8	22.2 (5.9)	4.3 (1.0)	380 (50)	7.22 (1.00)	30.0 (4.9)	42.2 (6.6)	347 (48)	7.72 (1.11)	32.7 (5.9)	47.2 (8.0)
木表荷重 (木表→木裏)	8	21.8 (4.2)	4.1 (0.9)	382 (40)	7.01 (1.24)	25.8 (6.1)	34.3 (5.3)	351 (40)	7.54 (1.38)	27.8 (7.5)	38.2 (6.8)

() 内は標準偏差

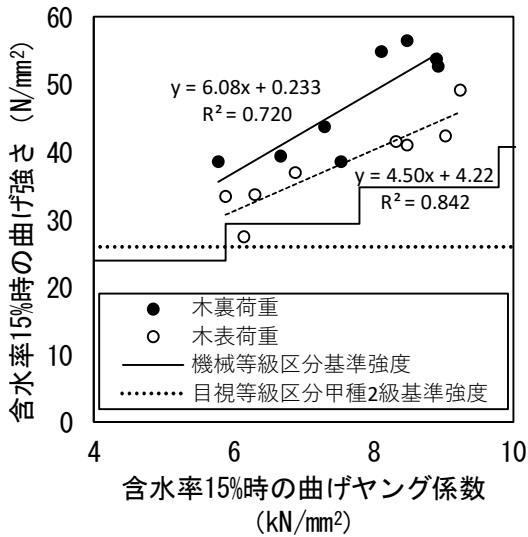


図5 含水率 15%時曲げヤング係数と含水率 15%時曲げ強さの関係

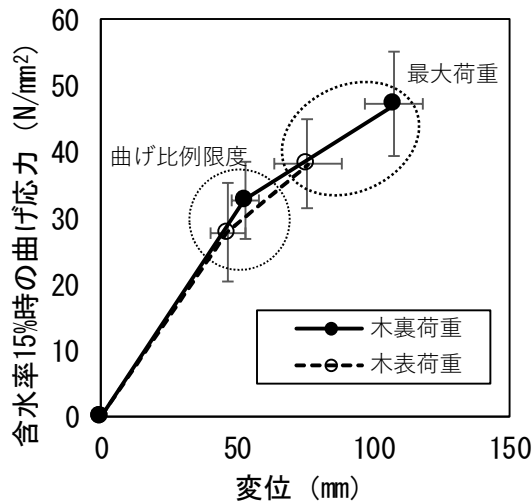


図6 変位と含水率 15%時曲げ応力の関係
※ 誤差バーは標準偏差

図5に含水率 15%時の曲げヤング係数と曲げ強さの関係を示す。JASの目視等級区分構造用製材甲種構造材 2級の基準強度 25.8N/mm^2 はすべての試験体が満たしていた。また、同機械等級区分構造用製材の基準強度については、木裏荷重はすべて満たし、木表荷重は下回るものが1本あった。この1本の曲げ強さが小さかった要因については「3 曲げ強さの推定」で考察する。

図6は、変位と含水率 15%時曲げ応力の関係で、木裏荷重および木表荷重について、曲げ比例限度時および最大荷重時の平均変位・応力を示している。比例限度時から最大荷重時までを塑性域とすると、木裏荷重で塑性域が長かった。

以上より、供試材はJASの機械等級区分構造用製材の基準強度をほぼ満たし、また、木表面を下面とする方が上面とするよりも曲げ性能に優れる結果となった。

2 材面の品質

図7に、JASの造作用製材の規定に基づく、各材面における材面の品質の割合を示す。木表面であるC面の無節の割合が高く、木裏面であるA面は並が大部分を占めた。C面の規格外は、すべて強度に影響しないとされる(中山ら、2013)材面の短小割れであった。

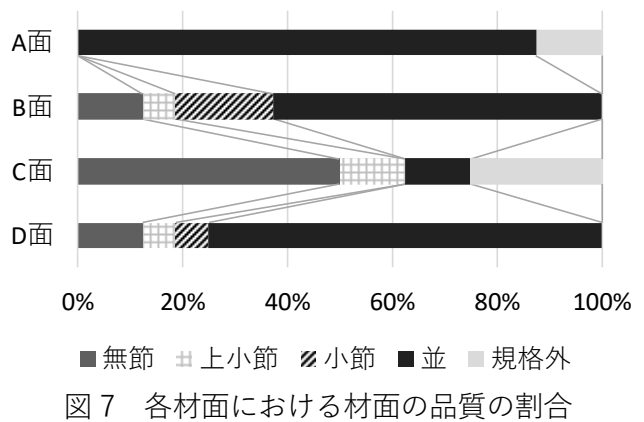


図7 各材面における材面の品質の割合

図8および図9に各材面の節径比および集中節径比を示す。節径比、集中節径比とも、木表面であるC面や、側面であるB面・D面におけるC面側の材縁部の値が小さく、B面・D面の中央部およびA面側の材縁部、そして木裏面であるA面の値が大きい傾向が見られた。A面には5本(31%)に流れ節が見られた。

以上より、桁目となる側面も含めて木表側に欠点が少なく、横架材として使う場合、木表面を下面にすると化粧性に優れる結果となった。

3 曲げ強さの推定

曲げ強さに影響を及ぼす要因を検討するため、まず、引っ張り側となる下面の節径比および集中節径比、荷重方向、含水率 15%時曲げヤング係数、含水率 15%時密度、および平均年輪幅と、含水率 15%時曲げ強さとの単相関係数を求めた(表2)。その結果、含水率 15%時の曲げヤング係数との単相関係数が最も大きく、次いで含水率 15%時の密

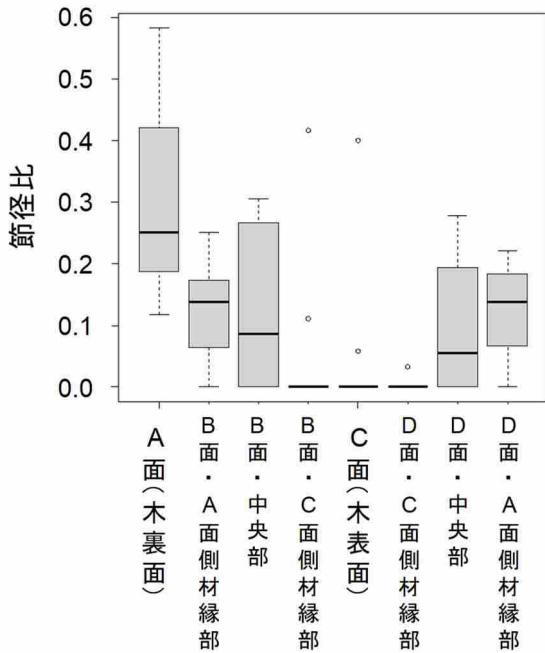


図8 各材面の節径比

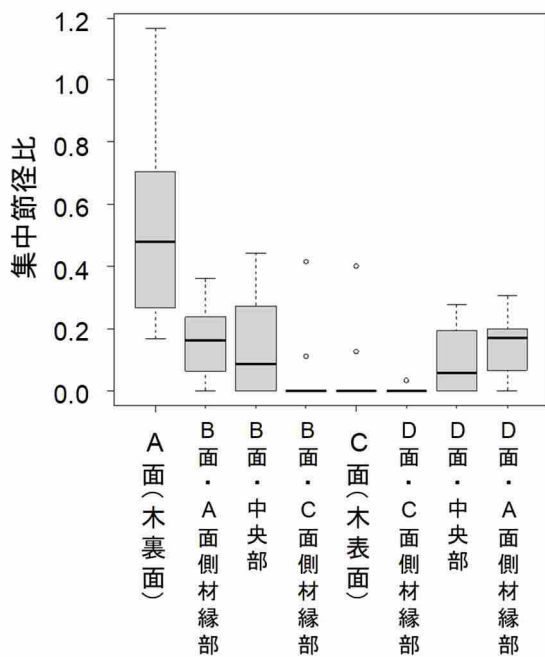


図9 各材面の集中節径比

表2 含水率15%時曲げ強さとの単相関係数

項目	単相関係数
含水率15%時曲げヤング係数	0.77 ***
含水率15%時密度	0.71 **
荷重方向	0.55 *
下面の節径比	-0.54 *
下面の集中節径比	-0.49
平均年輪幅	-0.33

*: 単相関係数が危険率5%で有意なことを示す

** : 単相関係数が危険率1%で有意なことを示す

*** : 単相関係数が危険率0.1%で有意なことを示す

表3 含水率15%時曲げ強さの重回帰分析結果

応答変数	説明変数	偏回帰係数
含水率15%時 曲げ強さ	含水率15%時密度	0.161***
	下面の節径比	-32.2***
重相関係数		0.955

*** : 偏回帰係数が危険率0.1%で有意なことを示す

度との単相関係数が大きかった。また、集中節径比よりも節径比との相関が高いことは、松元・石田(2015)によるスギ心持ち平角と同様であった。

次に、曲げ強さを推定する目的で、表2に示した6つの項目を説明変数候補として、赤池情報量規準(AIC)を基準に、含水率15%時曲げ強さに影響を及ぼしている要因について重回帰分析を行った(表3)。その結果、最小AICモデルとして選択された説明変数は含水率15%時密度と下面の節径比であった。図10に含水率15%時の密度と曲げ強さの関係、図11に下面の節径比と含水率15%時の曲げ強さの関係を示す。密度は力学的性質に大きく影響し、強度と比例関係にあるとして扱われる場合が多く(石丸ら、2017)、図10においても曲げ強さとの間に明瞭な比例関係が認められる。図11では、木裏荷重は下面が木表となりすべてに節がなく、木表荷重は下面が木裏となりすべてに節が存在し、それらが曲げ強さに影響していることが窺える。これらの結果を踏まえて、「1 曲げ性能」において、JASの機械等級区分構造用製材の基準強度を下回った1本(図5、含水率15%時の曲げ強さ27.4N/mm²)は、含水率15%時密度が287kg/m³と低く(図10)、かつ、下面に節が存在する木表荷重であった(図11)ことが、基準強度を下回る要因になったものと考えられた。一方、同一丸太から製材され、含水率15%時密度が271kg/m³とさらに低い(図10)試験体であっても、下面に節のない(図11)木裏荷重では、含水率15%時の曲げ強さ38.5N/mm²と基準強度を十分に上回っていた(図5)。さらに、下面に節のない木裏荷重では、下面に節が存在する木表荷重と比較して塑性域が長かった(図6)。これらのことから、上下心去り平角の場合、節の少な

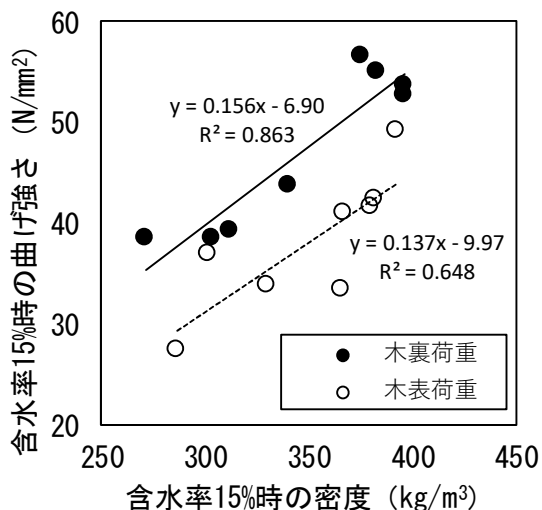


図 10 含水率 15%時密度と含水率 15%時曲げ強さの関係

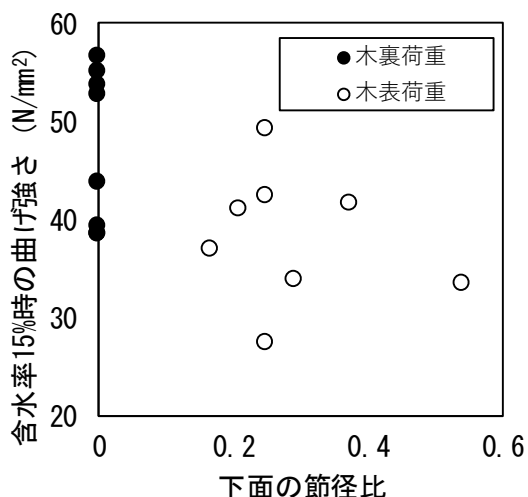


図 11 下面の節径比と含水率 15%時曲げ強さの関係

い木表面を下面とする利用は、強度的にも合理的であると考えられた。

ま と め

兵庫県産スギ大径材について、上下心去り平角を二丁取りし、それらの曲げ性能や材面の品質を検討した。その結果、木表面を下面に使うと曲げ強さが大きく、側面も含め、木表側は木裏側に比べて節が少なく美観に優れていた。上下心去り平角は、木表面を下面にする「見せる梁」への利用に適していると考えられる。

謝 辞

本報告をとりまとめるにあたり、曲げ比例限度の算出方法についてご助言をいただいた国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所研究専門員の長尾博文氏に深く感謝の意を表します。

引用文献

遠藤日雄(2018):「スギ大径材問題」とその打開に向けて. 山林 2018.7, 2-7.

後藤崇志・中山茂生・古野毅 (2017): 島根県産スギ心去り角と心持ち角の材質及び強度特性の比較 正角と平角での曲げ性能. 木材工業 72(7), 262-267.

橋爪丈夫(1999): 長野県産カラマツ材の強度特性(I) 心去り正角の曲げ強度. 木材工業 54(1), 8-13.

石丸優・古田裕三・杉山真樹編 (2017): 木材の物理 (海青社), P160.

岩崎昌一・涌井克彦 (2021): 新潟県産スギ材の強度特性 (7) 心去り正角材・平角材の曲げ強度. 新潟県森林研究所研究報告 61, 40-48.

松元浩・石田洋二 (2015): 県産スギ心持ち平角材の曲げ強度性能. 石川県林業試験場研究報告 47, 22-26.

中山茂生・間水博文・大国隆二(2013): 島根県産スギ構造材の干割れと曲げ強度性能との関係. 島根県中山間地域研究センター研究報告 9, 137-143.

日本住宅・木材技術センター (2011): 構造用木材の強度試験マニュアル, 8-10・89.

R Core Team (2020): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

椎葉淳・荒武志朗・松元明弘・森田秀樹(2015): 大径材から得られたスギ心去り平角材の曲げ性能. 日本森林学会誌 97(4), 203-207.

(森林林業技術センター主任研究員 (現 光都農林振興事務所課長補佐) 高山 勉、森林林業技術センター課長 (木材活用担当) 永井 智)

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 1 年度実績 501 件、令和 2 年度実績 626 件、令和 3 年度実績 612 件



兵庫県木材利用技術研究会

うっど・うえ～ぶ

Vol.37 2022 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