

林産試 だより

ISSN 1349-3132



旭川教育大学生見学の様子（カンパ材のマンドリンを試弾）
（林産試ニュースより）

生産者と消費者の要望に応える道産タモギタケ新品種 「えぞの霞晴れ33号」の開発	1
外国産樹種並みの高い強度の集成材を道産カラマツで	4
Q&A 先月の技術相談から 〔道産建築用材の自給率（2015年度における推計結果）〕	7
行政の窓 〔スマート林業の推進について〕	8
林産試ニュース	9

12
2019

林産試験場

生産者と消費者の要望に応える道産タモギタケ新品種「えぞの霞晴れ33号」の開発

利用部 微生物グループ 米山 彰造

■はじめに

タモギタケは昭和50年代以降、北海道において瓶栽培が普及し、生産量が増加しました。昭和60年から道内企業が参入し安定生産されるようになり、北海道特産きのこととして位置づけられています。平成29年の道内生産量は315トンで国内生産量の76%を占め、全国一の生産量です¹⁾。

タモギタケは生鮮品だけでなく、健康食品等の加工品としても販売されており、その健康機能性が、消費者から注目されています。これまで、免疫賦活作用、血糖値上昇抑制効果、抗酸化活性、皮膚の保湿作用といった様々な健康機能性に加え、タモギタケに多く含まれているエルゴチオネインという成分が学習・記憶能力向上作用を有すること²⁾が公表されており、更なる価値向上が期待されています。

一方で、タモギタケは食用きのこの中で成長が早く旺盛なため、きのこが成熟する時に大量の胞子が生産施設内に飛散します。生産企業から胞子飛散による従業員のアレルギー様症状や換気扇、空調設備等への汚染に関する相談があり、胞子の飛散がほとんどない品種の早期開発が求められていました。

そこで、林産試験場は、消費者ニーズとして健康機能性成分であるエルゴチオネインを多く含むこと、また、生産者ニーズとして、胞子がほとんど飛散しない無胞子性であることの2つの条件を満たす新品種開発に関するプロジェクトに参画しました。林産試験場は、既に胞子のほとんど出ない基盤品種を有していましたので、これを、エルゴチオネイン含量が高い品種に改良することとしました。

■健康機能性成分エルゴチオネイン

硫黄原子を含むアミノ酸の一種であるエルゴチオネインは、消費者の知名度は低いものの非常に有益な健康機能性成分で、100年以上前にライ麦の麦角から発見されてから、カビ類やきのこを含む多くの菌類にも含まれることや、その生体内での合成経路も明らかにされました³⁾。その後、エルゴチオネインが動物の血液中に存在することが発見されてから、生体内における役割が研究されました。ヒト等の動物はエルゴチオネインを合成できませんが、臓器や神経組織にも広く分布し、ビタミンEの数千倍の抗

酸化力を持ち、老化抑制や炎症を抑制する効果が確認されてきました。それだけではなく、エルゴチオネインは血液を介して脳の神経細胞等にも取り込まれ、マウス実験により学習・記憶能力の向上にも効果を持つ成分であることがわかってきました。すなわち、ヒトや動物はきのこを含む菌類等を摂取することで、エルゴチオネインを体内に補給し、随所で利用しています。

食用きのこ類に含まれる多糖類を主とした成分の抗腫瘍活性等の効果は知られていましたが、エルゴチオネインは今まで注目されていませんでした。2000年代以降、タモギタケを含むヒラタケ属やヒトヨタケ属のきのこ類にエルゴチオネインが多いことが示され、林産試験場におけるきのこの種類ごとの成分評価においても、タモギタケに非常に多いことを確認しました(図1)。このデータを基に、エルゴチオネイン含量の高いタモギタケ品種の育成が今後の健康食品開発に繋がると考えました。

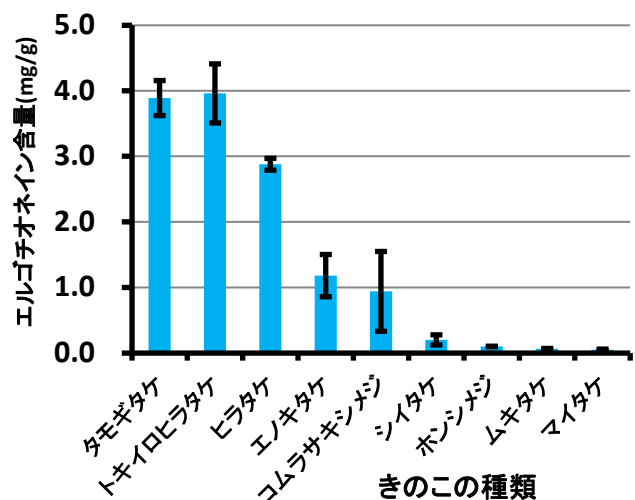


図1 きのこの種類ごとのエルゴチオネイン含量

■タモギタケの野生株の選抜

まず、林産試験場で保有しているタモギタケ野生株の中に、さらにエルゴチオネイン含量が多い株があるのではないかと考え、それら30株の含量を調べました。その結果の一部を図2に示します。平均値は4.3mg/gとなり、菌株CやHのように含量が1mg/gに満

たない菌株から、菌株Kのように平均値の2倍の菌株まで、含量の差が数十倍異なることがわかりました。そこで、含量の多い菌株は含量を多くする何らかの遺伝子を持っていると推測し、菌株Kに、これまで育種してきた、胞子をほとんど発散しない菌株を交配することで、無胞子性かつエルゴチオネイン含量が多い菌株を多数得ることができ、その菌株群から実用性の高い優良株を選抜することができると考えました。

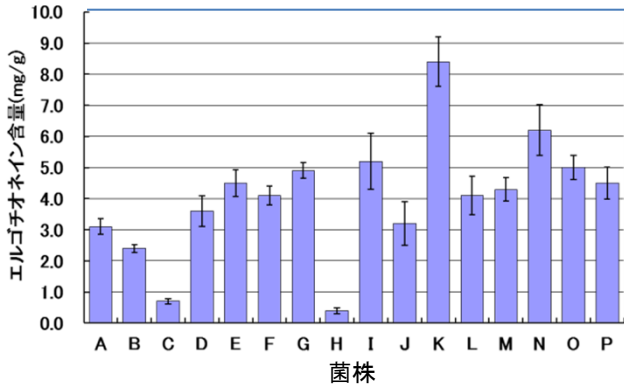


図2 タモギタケの菌株別のエルゴチオネイン含量

ここで重要なのは、栽培して無胞子性であること、きのこの収量が現行品種と同等以上であること、きのこの形が漏斗状になりにくいこと等の条件をクリアすることです。これには相当数の交配株を作って選抜することになり、栽培試験に多くの時間を費やすこととなります。

そこで、これまでの研究蓄積をもとに、無胞子性のDNAについて、胞子を形成する遺伝子の変異（無胞子性）箇所を特定⁴⁾し、きのこの栽培をしなくても菌糸から抽出したDNAを増やして、無胞子性のDNAのシグナルを検出する技術（マーカーアシスト選抜）を開発（図3）し、並行して選抜に活用しました。

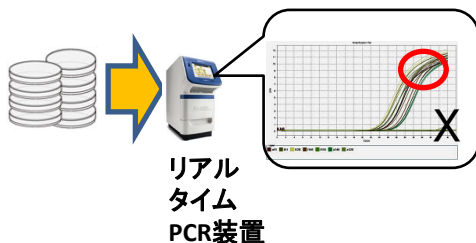


図3 マーカーアシスト選抜の模式図
シャーレ中で培養した菌糸からDNAを抽出し、リアルタイムPCR装置（DNAを増やし、そのシグナルを検出する装置）により無胞子性のDNAのシグナル（赤丸）を検出した。×は胞子有りのDNAのため、シグナルが出ない。

このマーカーアシスト選抜により、500株ほど作った交配株の中から、栽培試験をせずに約250株を選抜することができました。

絞り込んだ250株については、試験場内で瓶数百本レベルの栽培試験を繰り返し行い、食味性、きのこの収量、形質等の項目を評価しました。その結果、実用レベルに近い菌株を4菌株選抜しました。選抜された菌株は、形質が特に良い、収量が多い等それぞれ特徴があることから、最終段階として、企業の生産施設において、規模を拡大した栽培試験を行い、実用的なレベルに達しているか確認しました。

■実生産施設での栽培試験

第一段階の選抜では施設内の栽培環境下で、瓶100本規模の試験を2回繰り返し、形質の安定性や収量、収穫までの期間のバラツキを評価し、1菌株に絞り込みました（写真1）。

第二段階目では、この1菌株について、瓶1,000本規模の試験を2回繰り返すとともに、加工適性の試験も行って、現行品種との比較を行いました。その結果は以下のとおりです。

- ・生産効率：同等
- ・エルゴチオネイン含量（乾燥きのこ1g当たり）、生産量（1瓶当たり）：現行品種の+20%以上
- ・加工適性：同等
- ・食味性：同等
- ・胞子発散量：現行品種の1/1000レベル
- ・形質：現行品種に比べ、軽度の屈地性異常
平山型からときに漏斗型



写真1 規模拡大試験における開発株（上）と現行品種（下）

最後に、選抜株の無孢子性により、発生室等の施設環境がどう変化するか確認するため、更に規模を拡大し、1万本の栽培試験を行って、空気中の浮遊物質の調査を行いました（写真2）。

この調査にあたっては、道総研環境科学研究センター環境保全部の協力を得て、エアサンプラーを使用した空気中の浮遊物質測定を実際の生産施設内で行いました。

その結果、空気中の浮遊物質量は1/10以下に減少し、無孢子性である開発株の有効性を実用規模で確認できました。

また、本研究開発では、無孢子性についてはDNAマーカーアシスト選抜を活用しましたが、エルゴチオネインを多く生産する遺伝子についても研究を進め、特定の遺伝子領域の塩基を別の塩基に置換することで、含量が高まる可能性を見出しており⁵⁾、今後の更なるタモギタケの育種場面において活用が期待できます。



写真2 1万本規模の大量栽培試験の様子
(右写真のエアサンプラーから空気を吸引し、空気中の胞子を含む浮遊物質を測定する)

開発株は孢子飛散の影響を低減することになみ、「えぞの霞晴れ33号」と命名し、農林水産省から出願公表⁶⁾されました。今後は共同開発企業と連携し、生産の拡大と加工食品開発を図っていきたいと考えています。

なお、本研究開発は農林水産省イノベーション創出強化研究推進事業（開発研究ステージ27036C 平成27～30年度）の一部として実施したものです。

■参考文献

- 1) 北海道水産林務部林業木材課：平成29年度北海道特用林産統計，p. 7 <<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/tokusan/tokusantoukei.htm>>.
- 2) 米山 彰造：第8章タモギタケ，「きのこの生理機能と応用開発の展望」，江口文陽監修，S&T出版，東京，pp. 234-241 (2017).
- 3) Seebeck, F. P. : In Vitro Reconstitution of Mycobacterial Ergothioneine Biosynthesis., J. Am. Chem. Soc., 132, pp. 6632-6633 (2010).
- 4) 米山彰造，白井伸生，東智則，佐藤真由美，松本晃幸：日本育種学会第132回講演会要旨集，盛岡，p.161 (2017).
- 5) 前田楓，米山彰造，東智則，佐藤真由美，齋藤沙弥佳，富山隆広，松本晃幸：日本育種学会第135回講演会要旨集，千葉，p.159 (2019).
- 6) 農林水産省品種登録ホームページ，第249回品種登録出願公表（令和10月1日官報公示）<<http://www.hinshu2.maff.go.jp/gazette/syutugan/contents/249syutugan.pdf>>.

外国産樹種並みの高い強度の集成材を道産カラマツで

技術部 生産技術グループ 松本 和茂

■はじめに

道内のカラマツ人工林は成熟期を迎えており、そこから伐採される丸太も以前より径の太いものが増えてきています。道内のカラマツ製材工場では、これまで小中径の間伐材を原材料として梱包材やパレット材等の輸送用資材を主に生産してきましたが、今後、径の太い丸太の出材量の増加を見据えた、太い丸太ならではの用途開拓が必要です。

太い丸太の利用方法としてまず頭に浮かぶのは、住宅の梁のような断面の大きな部材の生産ですが、カラマツは乾燥させたときに割れやねじれが発生しやすいため、品質の確かな建築用材を生産するのは容易ではありません。林産試験場ではこれらの課題を克服するためにコアドライという乾燥技術を開発し、現在、その技術の普及を図っているところです。

本研究では、別の視点として、カラマツ大径材の強度に着目して、従来よりも高い強度のカラマツ集成材の開発に取り組みました。木造住宅の部材別使用割合をみると、強度性能が求められる床梁等の横架材の国産材自給率は9%と極めて低く、外国産樹種集成材が圧倒的なシェアを誇っています。そこで、従来カラマツでは製造が難しかった外国産樹種集成材に匹敵する高い強度（JASの強度等級E120以上）の集成材の実現を目指しました。

■カラマツ大径材の材質特性

カラマツは、**図1**のように若齢時に形成された樹心に近い部位（未成熟材）と樹齢15~20年生以降に

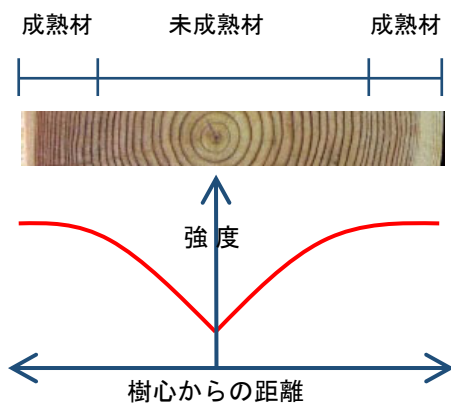


図1 カラマツの横断面における強度分布

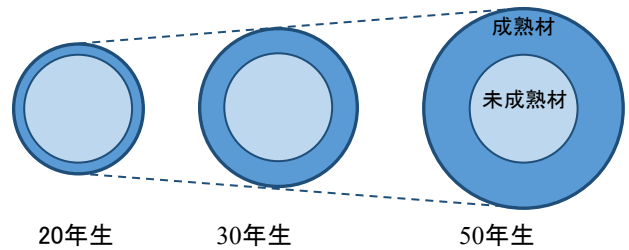


図2 樹齢ごとの断面内の未成熟材部位のイメージ

形成された外周部位（成熟材）との強度の差が大きく、外周部の方が強度が高いという性質があります²⁻⁴⁾。そのため、**図2**のように樹齢が増えるほど高強度部位の材積が増えていくので、この強度の優位性を活かすことがカラマツ大径材の活用のポイントとなります。そこで、外周の強度の高い部位から集成材用ラミナ（挽き板）を、樹心付近の部位からは従来用途の梱包材・パレット材を、という部位による使い分けをすることで、従来よりも高強度な集成材の製造が可能と考えました。

■側取りラミナの強度分布

断面内の部位の違いでどれくらい強度に差があるのかをみるために、**図3**のように樹心を含む部位（タイコ材部）と、その両側の半月状の部位（背板部）の双方から集成材用ラミナを採取し、強度の指標値であるヤング係数を測定しました。両者のヤング係数分布の違いを**図4**に示します。タイコ材ラミナのヤング係数平均値10.5GPaに対して、その両側の背板部から取ったラミナ（以下、側取りラミナ）の平均値は12.3GPaとなり、側取りラミナの強度的な優位性は明らかでした。

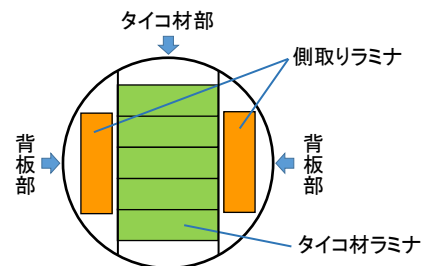


図3 側取りラミナの木取り

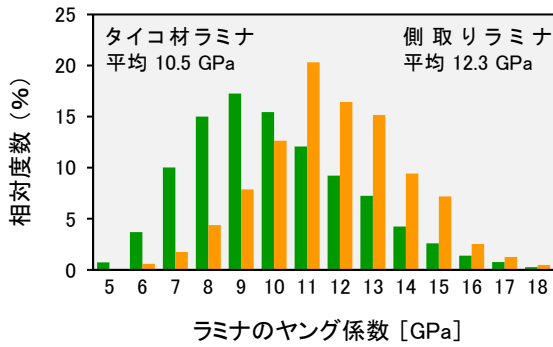


図4 ラミナのヤング係数分布の比較

現状ではカラマツ集成材の標準的な強度等級はE95-F270ですが、この側取りラミナのヤング係数分布であれば、それよりも2ランク上位の強度等級E120-F330の集成材が製造可能と判断されました。

■民間製材工場におけるラミナ側取り製材試験

これらの結果を基に、民間の製材工場（株）サトウ・帯広市）で、樹心を含むタイコ材部からは従来製品（梱包・パレット材）、その両側の背板部からは集成材用ラミナという木取りで製材試験を行いました（写真1）。木取り条件と得られたラミナの強度等級分布の一例を図5、6に示します。図6のパターンでは、タイコ材部の製材幅が120mmであったことから、タイコ材部の上下端の2枚もラミナを取ることから、原木1本から高強度が見込まれるラミナが4枚得られました。いずれのパターンでもラミナの等級L140以上の出現割合が25%以上となり、強度等級E120-F330の集成材が製造可能な水準でした。

ここで、製材のねじれの発生に大きく影響する材質指標である繊維傾斜角に着目すると、カラマツで

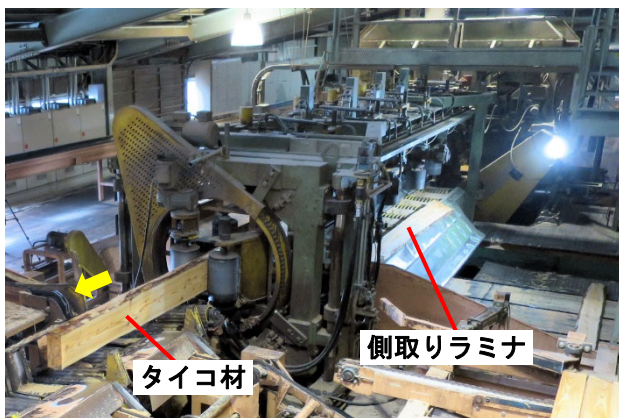
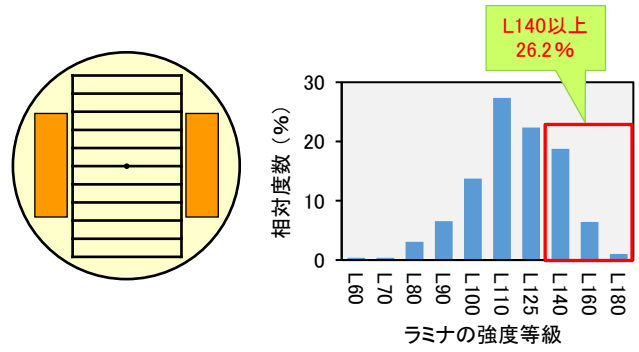
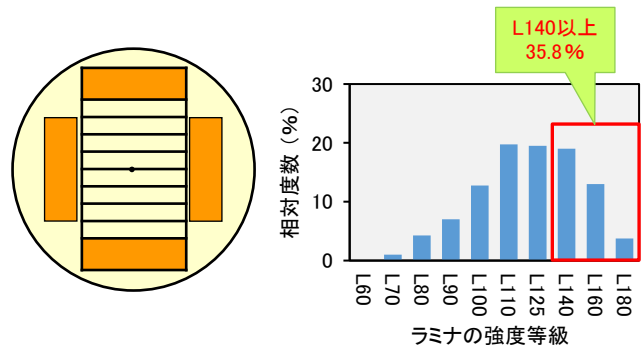


写真1 ラミナ側取り製材試験



- ◆原木径級：26cm
- ◆ラミナ断面寸法：37×119mm
- ◆タイコ材部製材の寸法：22×124mm

図5 木取り条件とラミナの強度分布（その1）



- ◆原木径級：28cm
- ◆ラミナ断面寸法：37×120mm
- ◆タイコ材部製材の寸法：22×120mm

図6 木取り条件とラミナの強度分布（その2）

は樹心付近で角度が大きく外周部の方が小さい傾向があることから、側取りラミナの乾燥後のねじれを測定してみました。その結果、側取りラミナは従来のラミナに比べてねじれが非常に小さいため、製材時の歩増し量を従来よりも小さく設定できることが分かりました（図7）。

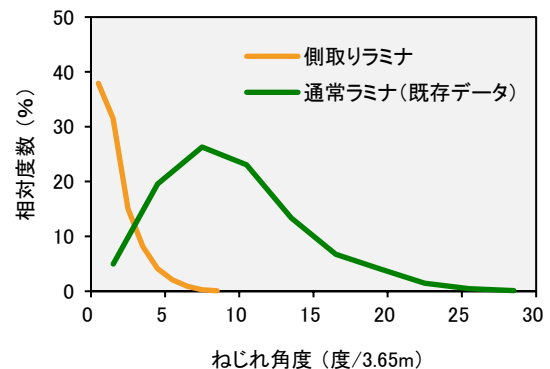


図7 ラミナのねじれ角度の比較

■民間製材工場におけるラミナ集成材製造試験

得られた側取りラミナを用いて、民間の集成材工場（協）オホーツクウッドピア・北見市）で高強度集成材の製造試験を行いました。同工場で扱う集成材用の接着剤は、水性高分子イソシアネート系接着剤とレゾルシノール樹脂接着剤の2種類あるのですが、当初は生産性の高さともコスト的に優位なことから水性高分子イソシアネート系接着剤を用いて検討を進めました。

製造した集成材を林産試験場で曲げ強度試験（写真2）に供した結果、全ての試験体でJASの強度等級E120-F330の基準値を満たしていましたが、集成材から切り出したブロックを用いて減圧加圧剥離試験を行ったところ、JASの接着性能の基準値を満たさないものもありました。一般的に、材の密度が高くなるほど接着性能は低下する傾向があることから⁹⁾、この結果は側取りラミナの密度の高さが影響したと考えられます。このため、側取りラミナの接着には接着性能のより高いレゾルシノール樹脂接着剤を用いる必要があると判断しました。



スパン：8100 mm
断面：120×450mm(15ply)

写真2 集成材の曲げ強度試験

■生産体制の整備

（協）オホーツクウッドピアでは、こうした一連の検討の結果、道産カラマツによる強度等級E120-F330集成材の製造条件を確立しました。今年度春には、レゾルシノール樹脂接着剤を使用する場合の生産性を格段に向上させることが可能な高周波加熱式プレス機を導入するなど、生産体制を整備しており、高強度集成材の供給が可能となりました。

また、道内の別の集成材メーカー（株）ハルキ八雲工場でも、カラマツ高強度集成材のJAS取得に向けて、今年度より生産体制の整備とJAS申請に必要なデータの取得に取り組んでいるところであり、林

産試験場は技術支援を行っています。

■おわりに

カラマツは国産材の中でも比較的強度の高い樹種であり、大径化するとその長が更に顕在化していきます。こうしたカラマツの強度特性に着目することで、集成材としての利用を推進し、大径化が進むカラマツの需要拡大、価値向上に繋がることを期待します。

本技術開発の一部は、農林水産省 革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）「北海道産カラマツによる外材製品に対抗可能な高強度積層材の生産システムの実証（管理法人：生研支援センター）」によって実施したものです。

■参考文献

- 1) 林野庁：平成27年度 森林・林業白書，p.154，(2015).
- 2) 重松頼生：カラマツ造材木の材質，とくに生長と関連して（I）カラマツ造林木の材質形成，木材工業，45，pp.445-451（1990）.
- 3) 塩倉高義：針葉樹幹材における未成熟材の区分とその範囲，木材学会誌，28，pp.85-90（1982）.
- 4) 古田直之・平林靖・宮崎淳子・大橋義徳：北海道産カラマツ単板の原木半径方向の材質変動と枝打ちの効果，木材学会誌，62，pp.163-171（2016）.
- 5) 堀岡邦典：材質改良に関する研究（第6報）接着に關与する木材の性質，林業試験場研究報告，89，pp.105-150（1956）.

Q&A 先月の技術相談から

道産建築用材の自給率（2015年度における推計結果）

Q1：道産建築用材の自給率はどのくらいですか？最新のデータを教えて下さい。

A1：既報（林産試だより2012年10月号）にて2010年度における自給率を推計しています。今回、新たに2015年度における自給率を推計しましたのでご報告します。

建築用材は、製材、集成材、合板の3種類の製品を対象とし、製品材積の需要量ベースで道産材自給率を（1）式に基づき推計しました。なお、出荷量や輸移入量を需要量として分析しています。

$$\text{北海道における建築用材の道産材自給率 (\%)} = \frac{A}{A+B+C+D} \times 100 \quad (1)$$

ここで、

A：道産製品；道産原料による製品の道内出荷量(m³)

B：準道産製品；輸入原料による製品の道内出荷量(m³)

C：輸入製品；製品の道内輸入量(m³)

D：移入製品；製品の道内移入量(m³)

算出のための各値は統計資料・業務資料から入手し、一部は単位換算を行って使用しています。また、不足するデータは製造メーカーへのヒアリングなどで補っています。算出方法の詳細については、既報をご覧ください。

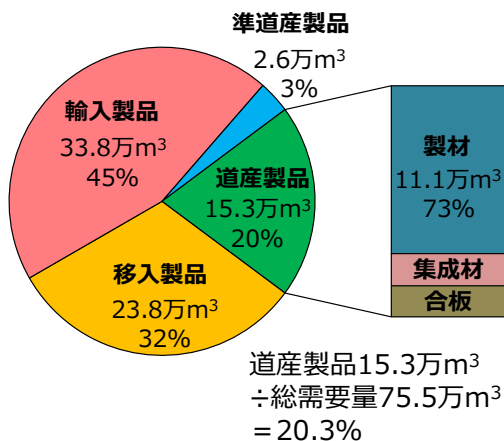


図1 道産建築用材に占める産地別需要量

2015年度の道産建築用材に占める産地別需要量を図1に示しました。建築用材の総需要量は、75.5万m³と推計されました。このうち道産原料による製品の道内出荷量は15.3万m³であり、建築用材の道産材自給率は20.3%と算出されました。2010年度と比較すると、総需要量は3.8万m³低下しており、道産材自給率は1.4ポイントと僅かですが低下していました。

製品別の需要量を図2に示しました。製材は49.0万m³、集成材は24.3万m³、合板は2.2万m³と推計されました。2010年度に6.2万m³であった合板の需要量は65%も減少していました。その他、製材需要量は3万m³の減少（6%減）、集成材需要量は3.3万m³増加（16%増）していました。各製品の道産材自給率は、製材が22.7%、集成材が8.8%、合板が93.6%と算出され、供給源別割合は、製材では輸入製品が、集成材では移入製品が大きな割合を占めていることが分かります。道産材のシェアは、製材が1.6ポイント増加した一方で、集成材は2.6ポイント減少していました。

現在、国土交通省ブランド化事業、グリーン化事業で建築された住宅の積算書からも別途道産材自給率の算出を行っています。その結果についてはまたご報告したいと思います。

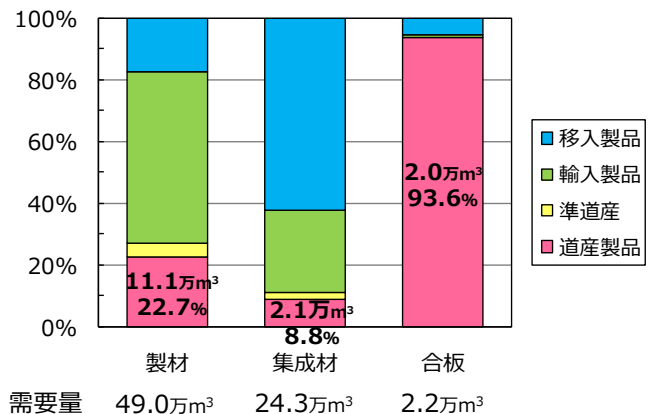


図2 各製品の需要量と産地別材積の割合

(利用部 資源・システムグループ 古俣 寛隆)

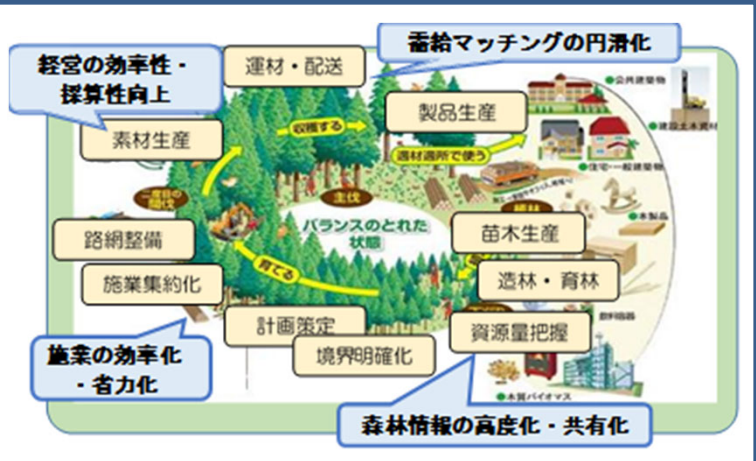
行政の窓

スマート林業の推進について

本道のカラマツ・トドマツなどの人工林は本格的な利用期を迎えており、今後の人口減少が見込まれる中で、林業においてもICT等の先進技術を活用し、素材生産性を向上させるとともに、労働安全の確保などによる担い手の育成・確保が重要です。道では、ICT等の先進技術を活用した「スマート林業」の実現に向けた取り組みを進めています。

○スマート林業の目指す方向性

- 地理空間情報やICT等の先進技術を活用し、安全で働きやすく、効率的な森林施業や需要に応じた木材の安定供給を実現する。
- さらなる労働力不足が懸念される中で、ICT等の先進技術を活用し、生産性を向上させるとともに、林業を魅力ある職場とし、担い手の育成・確保を進める。



○今年度の取組

道内市町村や森林組合、木材関連団体、大学及び研究機関等が参画する「スマート林業EZOモデル構築協議会」が中心となって、川上から川下までの各段階において、幅広いICT等の先進的な技術の活用について検討を進めています。

ICTハーベスタ現地実演会 in 芦別

- 最も高く販売できる採材を自動で行う「バリューバックング」などの機能を備えたICTハーベスタの現地実演会を開催。製材工場など木材産業を含めた関係者が広く参加。
- 開催月日
令和元年（2019年）8月6日（火）
- 開催場所
芦別市内民有林
- 参集人数：62人



ハーベスタの実演・検討

現地検討会 in 下川

- AIによる森林資源情報の自動判別や、UAVの自動操縦技術など、最新の森林資源把握手法の検討を実施。協議会構成員及びオブザーバーが参加。
- 開催月日
令和元年（2019年）10月16日（水）～17日（木）
- 開催場所
下川町内
- 参集人数：38人



ドローン実演



室内検討

(水産林務部林務局林業木材課林業木材グループ)

林産試ニュース

■北大生が訪れました

10月28日（月），北海道大学で研究林を使つての研究を選択した学生13名が，同大学北方生物圏フィールド科学センター森林圏ステーション北管理部長吉田俊也教授らとともに来場しました。

同大学研究林と林産試験場は，カンバ類やアカエゾマツ等の研究で協力関係にあります。多様な分野の学生たちは，林産試験場の設備や研究の様子を熱心に見学していました。



【加工試験棟見学の様子】

■旭川教育大生が訪れました

11月1日（金），北海道教育大学旭川校理科教育専攻の学生42名が教授とともに来場しました。未来の教師たちが木材利用について理解を深め，次世代に伝えてもらえるよう期待しています。



【概要説明聴講の様子】

■道森連が訪れました

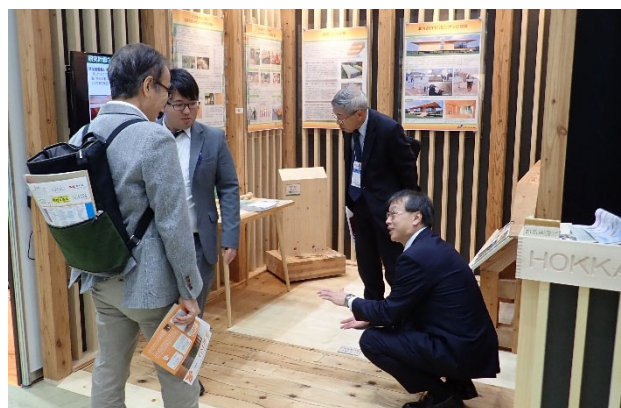
11月13日（水），北海道森林組合連合会より阿部徹代表理事長ほか8名が，同連合会業務委員の現地研修会の一環として視察のため来場しました。



【研究開発成果品視察の様子（ダケカンババット）】

■ジャパンホーム&ビルディングショーに出展しました

11月13日（水）～15日（金），東京ビッグサイトで開催された『Japan Home & Building Show 2019・第14回ふるさと建材家具見本市』で，企業・団体等を含む北海道パビリオンの中に林産試験場ブースを出展し，ステージプログラムで研究成果のプレゼンテーションを行いました。



【展示ブース（上），プレゼンテーション（下）の様子】

林産試だより

2019年12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 林産試験場
URL：http://www.hro.or.jp/fpri.html

令和元年12月2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