

# 林産試 だより

ISSN 1349-3132



合同企業説明会の様子  
(北森カレッジニュースより)



原料は？



どうやって作る？



乳牛にも使える？

令和6年3月22日(金)  
10:00~12:00  
会場: 釧路市生涯学習センター  
(705・706号室 釧路市常興町4番28号)  
アクセス: 釧路市生涯学習センターホームページ参照  
定員: 50名(先着順) 参加費無料  
申込締切: 令和6年3月18日(月)



主 催: 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

令和5年度林産技術セミナーチラシ  
(林産試ニュースより)

- ・ 高強度カラマツ材の接着性改善の取組み . . . . . 1
- ・ CLTのラミナの断面寸法とローリングシア強度の関係について . . . . . 4
- ・ 行政の窓〔令和4年 特用林産統計について〕 . . . . . 7
- ・ 林産試ニュース・北森カレッジニュース . . . . . 8

3  
2024



道総研

(地独)北海道立総合研究機構  
林産試験場

# 高強度カラマツ材の接着性改善の取組み

技術部 生産技術グループ 中村 神衣, 宮崎 淳子

## ■はじめに

大径化したカラマツでは、強度の高い成熟材の部位から得られるラミナが増加します。林産試験場では、高強度カラマツ集成材の製造を目的とした研究が進められてきました。その検討中、これまで通常のカラマツ材に使用されてきた接着剤である水性高分子ーイソシアネート系接着剤（API）で高強度カラマツ材を接着した場合、接着不良が発生することが明らかになりました。本報告では、APIを用いた高強度カラマツ材の接着不良が生じる条件の解明およびその改善に向けた取組みについてご紹介します。

## ■北海道産カラマツ高強度集成材の取組み

林産試験場では、中大径のカラマツ丸太の外側から得られる高強度な部位を用いて、LVL<sup>1)</sup>や集成材<sup>2)</sup>の研究開発を行ってきました。一般的にカラマツ集成材は、強度等級E95が主流ですが、強度の高いラミナを用いることでE120の製造も可能となり、北海道内の集成材メーカーで製品化されています（図1）。

## ■カラマツ高強度集成材の接着

構造用集成材に用いられる代表的な接着剤を表1に示します。接着層の色が黒褐色になるレゾルシノール樹脂（PRF）は、耐水性等の性能が現状では最も高く、PRFを用いて製造した集成材は集成材の日本農林規格（JAS）<sup>3)</sup>に規定される使用環境におけるA（屋外用途）、B（屋内用途、耐火性能）においても使用することができます。接着条件は、常温でプレスする場合、8時間以上を要します。高周波プレスを用いれば、数十分程度に短縮され、効率的に生産することができます。

一方、接着層が白色系であるAPIは、主に使用環境C（屋内用途）で使用され、PRFよりも安価で、常温で20～60分程度のプレスで接着が可能です。最近の接着剤価格の高騰がさらにAPIの需要を後押ししています。

しかし、E120、E135の高強度カラマツ集成材を上記2種類の接着剤を用いて製造し、接着性能を調べたところ、PRFでは、良好な接着性能が得られた一方、APIを用いた場合、JAS<sup>3)</sup>の基準に満たないものがある

【従来の強度等級】

E95
L110
L100
L90～70
L100
L110

E105
L125
L110
L100～80
L110
L125

【高強度集成材】

E120
L140
L125
L110～90
L125
L140

E135
L160
L140
L125～100
L140
L160

図1 カラマツ高強度集成材（数字が高いほどヤング係数が高いことを示す）

表1 構造用集成材に使用される代表的な接着剤

	耐水性 耐久性	使用 環境	価格	ホルム アルデヒド	接着層 の色	プレス
PRF	◎	A, B, C	高価	含む	黒褐色	常温 8～24時間 高周波 数分
API	○	C (一部B)	安価	なし	白色系	常温20～60分

りました<sup>2)</sup>。そこで、APIを用いた高強度カラマツ材の接着不良が生じる条件の解明およびその改善方法について検討を行いました。

### ■ラミナ強度等級と密度

今回使用したラミナについて、ラミナの強度等級と密度の関係を調べたところ、強度等級が上がるにつれて、密度も上がる傾向が認められました(図2)。また、L100以上では、各強度等級内における密度のばらつきが大きくなる傾向が見受けられました。L110~L140は、平均値が550kg/m<sup>3</sup>程度で、それほど差はありませんでしたが、L160以上になると密度550kg/m<sup>3</sup>以下のラミナがほとんど出現しなくなることが分かりました。

### ■高強度カラマツ集成材における接着不良

高強度カラマツ材にAPIを用いた場合の接着不良が発生する条件を明らかにするため、厚さ30×幅105×300mmのラミナを5層積層した集成材の小型試験体を作製し(図3)、JASに準拠した減圧加圧剥離試験を行いました(図4)。E95、E105、E120、E135、E150の同一等級集成材について、2つの接着条件を検討しました。①主剤と硬化剤を100:15の配合比率とし、プレスを60分行う一般的な接着条件、②主剤:硬化剤を100:20となるよう硬化剤を増量し、

プレスを120分に延長する条件で、製造試験を行いました。

得られた剥離試験の結果について、強度等級と接着性能の関係、およびラミナ密度と接着性能の関係を検討しました。その結果、強度等級がE105以上で剥離率が高いものが発生しました(図5、15部60分)。そのうち、接着不良が生じた試験体は、密度550kg/m<sup>3</sup>以上で発生し、密度550kg/m<sup>3</sup>未満では、接着不良が発生しにくいことが分かりました。

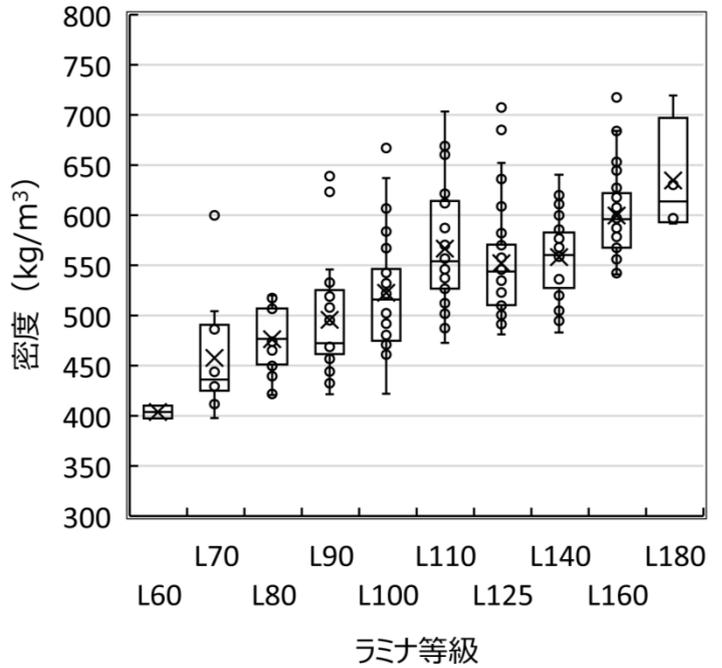
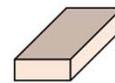


図2 ラミナ等級と密度

#### ◆材料



	道産カラマツ原木	ラミナ	供試ラミナ
寸法等	末口径32~34cm	厚37×幅115×長3650 mm	厚30×幅105×長300mm
作業		縦振動法でヤング係数測定	密度測定→550kg/m <sup>3</sup> で分類

#### ◆集成材の製造

##### ローラー塗布



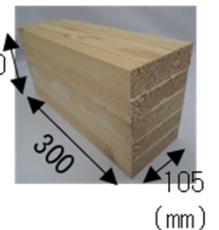
##### 積層



##### プレス



##### 小型試験体



接着剤	水性高分子-イソシアネート系接着剤
配合比	主剤:硬化剤=100:15, 100:20
塗布量	250 g/m <sup>2</sup>
積層数	5層
強度等級	同一等級E95, E105, E120, E135, E150

プレス圧	1.0MPa
プレス時間	60分, 120分
周辺温度	20°C

図3 試験体作製概要

### ■接着性改善の試み

密度550kg/m<sup>3</sup>以上の高密度材における剥離の抑制を期待して、硬化剤を通常の15部から20部に増量しプレス時間を60分から120分に延長したところ、高密度材であっても、剥離率が減少しました（図5, 20部120分）。

### ■おわりに

カラマツの大径化により高強度なラミナが生産され、カラマツ材の用途拡大、付加価値向上が進められています。その一つにカラマツ高強度集成材があり、APIによる接着が確実になることで、生産コストの削減、生産性の向上等が期待されます。今回は、小型試験体による試験で得られたデータですが、実用化に向けた接着技術の開発に展開できるよう、さらなる検討を進めていきます。

### ■参考文献

- 1) 古田直之, 中村神衣, 平林靖, 宮崎淳子, 松本和茂: 北海道産カラマツにおける原木半径方向の位置による単板選別がLVLの強度性能に及ぼす影響, 木材学会誌, 66(2), 93-100 (2020).
- 2) 松本和茂: 外国産樹種並みの高い強度の集成材を道産カラマツで, 林産試だより12月号, 4-6(2019).
- 3) JAS 1152: 集成材. 農林水産省 (2023年7月31日改正).

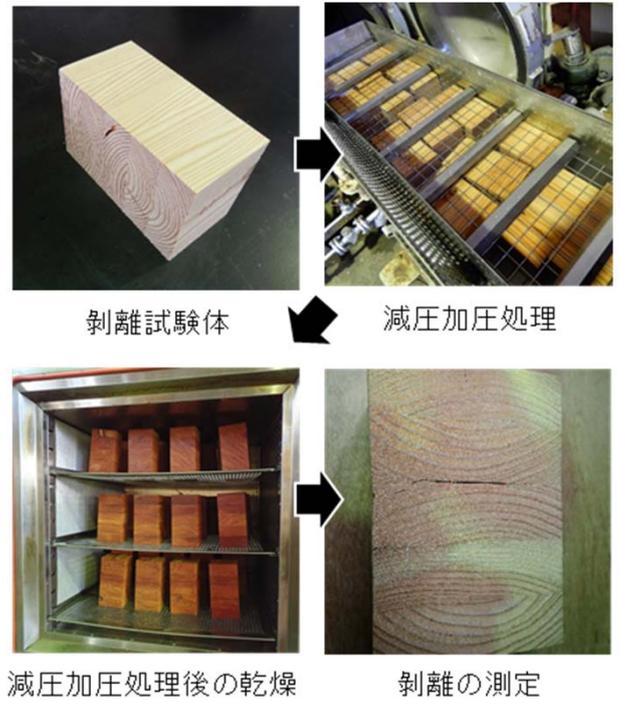


図4 減圧加圧剥離試験の様子

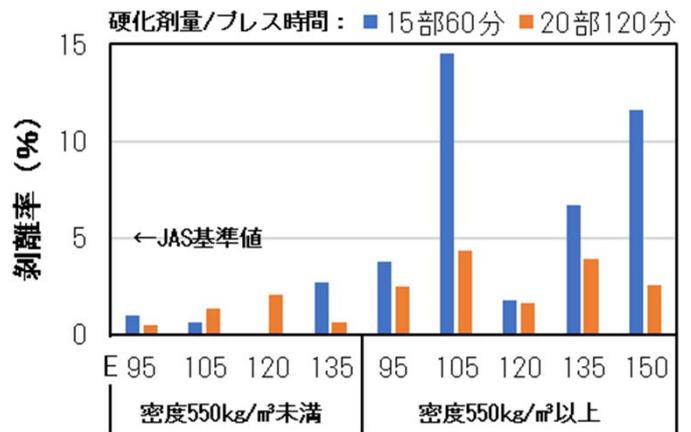


図5 剥離試験の結果

# CLTのラミナの断面寸法とローリングシアー強度の関係について

性能部 保存グループ 川合 慶拓

## ■はじめに

直交集成板（Cross Laminated Timber, 以下CLT）は、ひき板（ラミナ）の繊維方向を直交するように積層・接着した木質材料であり、CLTの長さ方向に対してラミナの繊維方向が平行する層を平行層、直交する層を直交層（図1）と呼びます。CLTは、コンクリートよりも軽量であり、断熱性に優れる等の利点を有することから、中大規模建築物に利用した事例が増えており、今後も更なる利用が予想されます。

CLTを建築物の床や屋根などの水平材として利用すると、荷重が部材の積層方向に伝わり、部材は平行四辺形のような形に変形します（図2(a)）。その際、部材内部には、変形に抵抗する力（せん断応力）が発生し、直交層には、ラミナの繊維が転がるように作用します（転がりせん断、ローリングシアー）（図2(b)）。なお、せん断応力とは、せん断力を、受ける断面の面積で割った値であり、せん断強さ（強度）は、物体がせん断で破壊した時のせん断応力です。木材の繊維直交方向のせん断強度（ローリングシアー強度）は、他の方向のせん断強度より小さいため、CLTの積層方向に荷重を付与した試験では、ローリングシアーによる直交層のせん断破壊が顕著に見られます（図3）。そのため、CLTを建築材料として利用する上で、ラミナのローリングシアー強度を把握することは重要です。

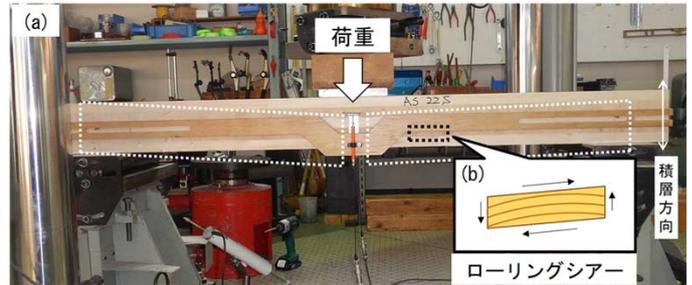


図2 荷重によるCLTの変形(a)と直交層ラミナに生じるローリングシアー(b)



図3 ローリングシアーによって破壊した直交層のラミナ

既往の研究<sup>2-4)</sup>では、ローリングシアー強度はラミナの断面寸法によって異なり、幅が大きなラミナほど、または厚さが小さなラミナほど高い強度を示す傾向となっています。一方、CLTの積層方向のせん断の基準強度（面外せん断強度）は、樹種群ごとに一定の数値に規定<sup>5)</sup>されているものの、ラミナの断面寸法については特に考慮されていません。ラミナの断面寸法とローリングシアー強度の関係を明らかにすることによって、CLTの面外せん断強度の合理的な評価が可能になると考えられます。本稿では、ラミナの幅の条件を変えた6種類の試験体を製作し、ローリングシアー強度との関係を調べた結果について紹介します。

## ■実験方法

国内の規格では、ラミナのローリングシアー強度を測定する試験方法は特に定められていません。そこで本研究では、既往の文献<sup>2)</sup>を参考に、欧州の規格<sup>6)</sup>を応用した試験（図4(a)）を実施し、ローリングシアー強度の測定を行いました。試験体の各寸法を（図4(b)）に示します。ラミナの樹種は北海道の

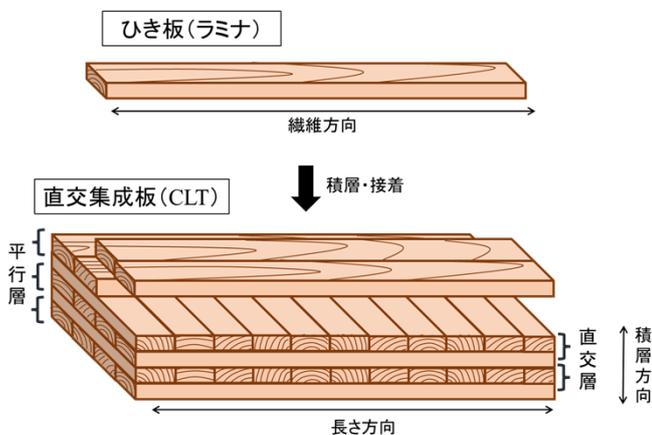


図1 直交集成板（CLT）の概要図

代表的な樹種であるカラマツを使用しました。また、ローリングシアー強度の測定対象であるラミナを直交層ラミナ、その両側の二枚のラミナを平行層ラミナと呼称しました。直交層ラミナと平行層ラミナの接着には、水性高分子イソシアネート系接着剤を使用しました。

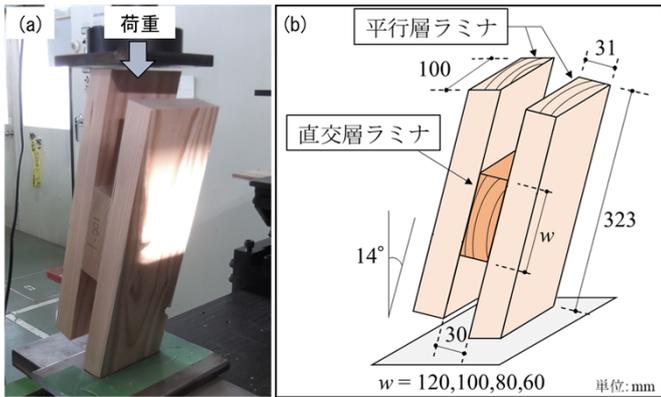


図4 ローリングシアー試験の様子(a)と試験体の寸法(b)

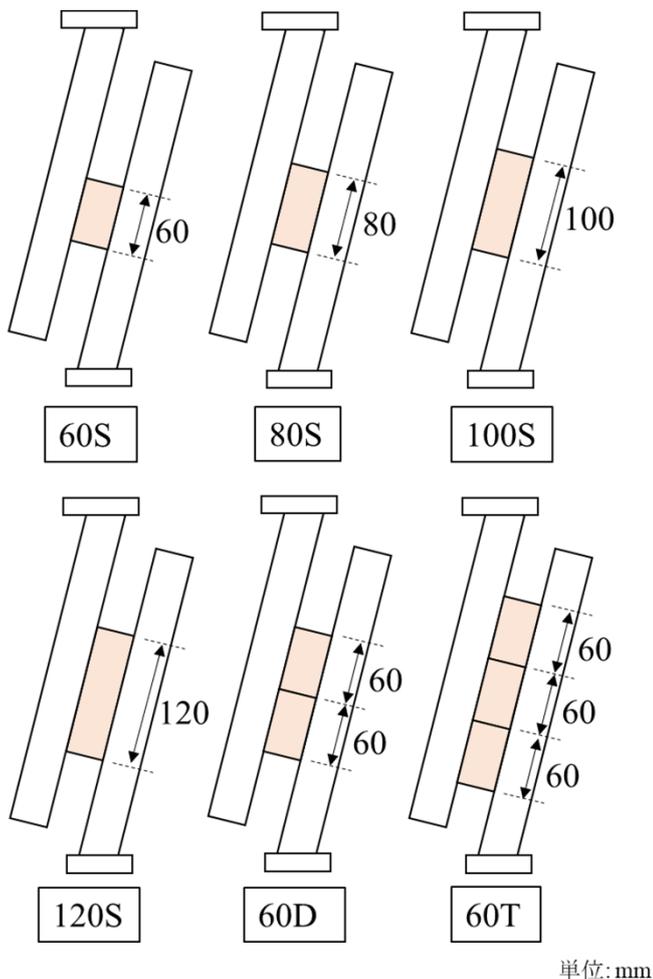


図5 直交層ラミナの幅寸法

直交層ラミナの幅 (  $w$  ) は、60 mm (60S) , 80 mm (80S) , 100 mm (100S) , 120 mm (120S) , 幅60 mmのラミナを二枚並べた試験体 (60D) , 幅60 mmのラミナを三枚並べた試験体 (60T) の6条件としました (図5)。ただし、60Dおよび60Tの直交層ラミナ同士の接着は行いませんでした。試験体数は、60T以外の条件では17体、60Tでは32体としました。加力試験は、インストロン型強度試験機 (TENSILON RTD 2410, (株)オリエンテック, ロードセル容量100 kN) を用いて実施しました。ローリングシアー強度 (  $\tau_{max}$  ) は、以下の式 (1)より求めました。

$$\tau_{max} = \frac{P_{max}}{100w} \times \cos 14^\circ \quad (1)$$

ここで、 $P_{max}$ : 最大荷重 (N),  $w$ : 直交層ラミナの幅 (mm)

### ■結果と考察

図6に各条件の試験結果と平均値を示します。ラミナ幅の違い (60S~120S) で比較すると、ローリングシアー強度は、幅の大きなラミナであるほど増大する傾向にあり、既往の研究<sup>2,3)</sup>と同様の結果となりました。また、同じせん断面積 (直交層ラミナ全体の幅が同じ120Sと60D) の比較では、60Dの方が低くなり、ラミナを分けることによってローリングシアー強度が低下することが分かりました。一方、ラミナの枚数の違い (60S, 60D, 60T) の比較では、60Dが若干高い値を示したものの統計的には有意な差異とならず、枚数による強度の明確な変化は見られない結果となりました。

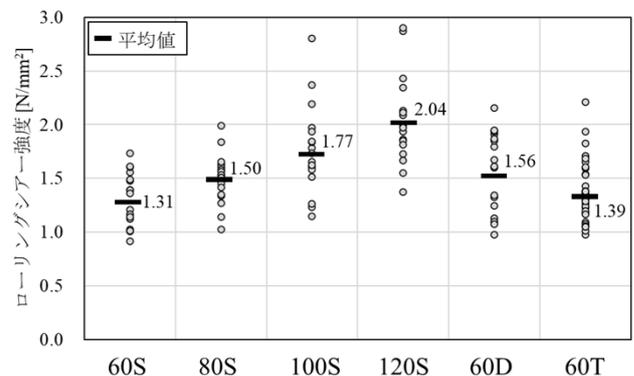


図6 ローリングシアー試験の結果

本研究の60S~120Sの結果と既報値<sup>7,8,9,10)</sup>を参考に、カラマツのラミナ断面の幅厚さ比 (幅 / 厚さ) とローリングシアー強度の関係を図7に示します。なお、図中のローリングシアー強度は、本研究では全試験

体の値、既報値では平均値を示しており、回帰直線は本研究の結果から求めました。その結果、得られた回帰直線は既報値と概ね一致し、ローリングシア一強度はラミナ断面の幅厚さ比と比例関係にあることが示されました。

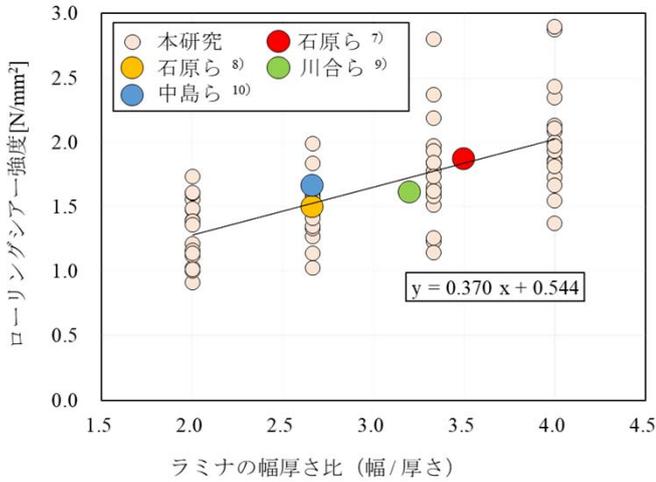


図7 ローリングシア一強度とラミナの幅厚さ比の関係

■おわりに

本研究では、ラミナの断面寸法とローリングシア一強度の関係について検証し、幅厚さ比によってローリングシア一強度を評価できる可能性が示唆されました。今後は、CLTの面外せん断強度について更なる検討を行い、CLT建築の利用促進に繋がる成果を挙げられればと思います。

■参考文献

- 1) 一般社団法人日本CLT協会: 利用例集 (建築) <https://clta.jp/case/> 2024年2月19日閲覧
- 2) Ukyo, S., Shindo, K., Miyatake, A. : Evaluation of rolling shear modulus and strength of Japanese cedar cross-laminated timber (CLT) lamina. *J Wood Sci.* 65 (31), 416-428 (2019).

- 3) Ehrhart, T., Brandner, R., Shickhofer, G., Frangi, A. : Rolling shear properties of some European timber species with focus on cross laminated timber (CLT): test configuration and parameter study. In Conference paper of international network on timber engineering research (INTER), Volume: 2nd Meeting, Sibenik, Croatia, 24-27 August (2015)
- 4) Li, M. : Evaluating rolling shear strength properties of cross-laminated timber by short-span bending tests and modified planar shear tests. *J Wood Sci.* 63 (4), 331-337 (2017).
- 5) 平成30年国土交通省告示第1324号: 特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件(平成13年国土交通省告示第1024号)の一部を改正する件. 国土交通省 (2018).
- 6) EN Standard 408 (2012) Timber structure—structural timber and glued laminated timber—determination of some physical and mechanical properties. European Committee for Standardization, Brussels.
- 7) 石原亘, 高梨隆也, 大橋義徳, 松本和茂, 戸田正彦, 植松武是 : カラマツ及びトドマツCLTの面外せん断強度 (第1報) 荷重方式及びスパン条件がせん断強度に与える影響. 木材学会誌66 (4), 214-224 (2020).
- 8) 石原亘, 川合慶拓, 高梨隆也, 宮崎淳子, 大橋義徳 : 圧縮型せん断試験による国産針葉樹CLTのローリングシア一強度-樹種および含水率による影響-. 木材学会誌68 (1), 36-42 (2022).
- 9) 川合慶拓, 小泉章夫, 澤田圭, 佐々木義久 : 道産材を用いたCLTの直交層構成の違いによる面外せん断強度への影響について. 第68回日本木材学大会要旨集 (CD-ROM), 2018, I15-P-09.
- 10) 中島昌一, 荒木康弘, 大橋義徳, 中島史郎, 宮武敦 : 実大水平載荷実験によるCLTの幅方向のせん断強度の評価-樹種の違いが幅方向のせん断強度に与える影響-. 日本建築学会構造系論文集, 84 (760), 843-849 (2019).



# 行政の窓



## 令和4年 特用林産統計について

### 【特用林産物生産額】

令和4年における道内の特用林産物の総生産量は約17,605トン（前年比96%）、総生産額は約92億円（前年比89%）と、共に5年連続前年を下回りました。

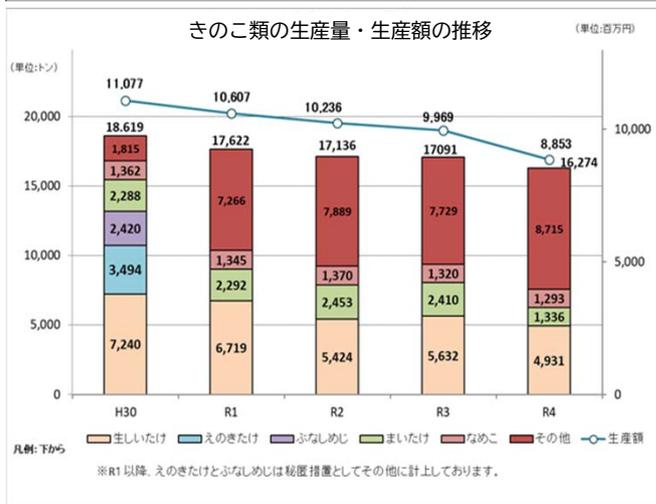


### 【きのこ類の生産動向】

令和4年のきのこ類の生産量は16,274トン（前年比95%）、生産額は約89億円（前年比89%）でした。いずれも前年を下回ったのは、道内で最も生産量の多い「生しいたけ」（原木及び菌床）生産量が4,931トン（前年比87%）と、前年を下回ったことが影響しています。

次いで生産量の多いえのきたけ、3位のぶなしめじは、秘匿措置※3としておりますが、共に前年からほぼ横ばいの生産量でした。

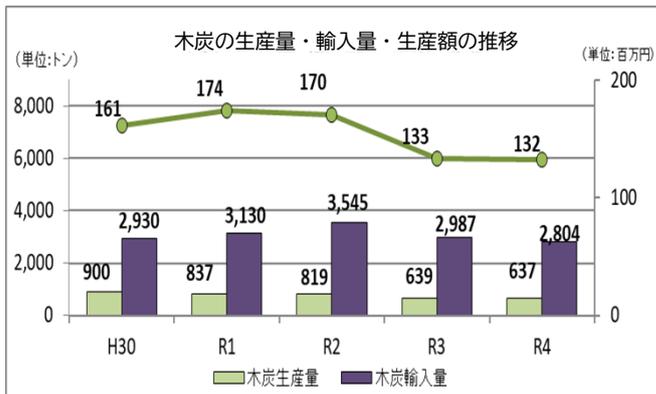
道内品種別生産量は、これら3品目で全道きのこ生産量の約70%を占めています。



### 【木炭（黒炭）の生産動向】

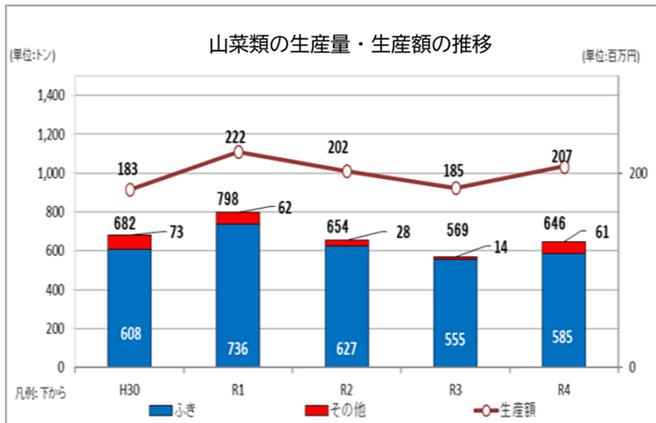
令和4年の生産量は637トン（前年比99%）、生産額は約1.3億円（前年比100%）と、共に前年からほぼ横ばいとなりました。

なお、令和4年は輸入木炭も、2,804トン（前年比94%）と、直近5年で最も少ない輸入量となりました。



### 【山菜類の生産動向】

令和4年は生産量が646トン（前年比113%）、生産額は約2億円（前年比112%）と、いずれも前年を上回りました。



- ※1 上記数値は、全て速報値となります。
- ※2 上記生産額は、全て推計額となります。
- ※3 統計調査の公表にあたって、調査対象者数が2以下の場合、個人又は法人その他の団体に関する調査結果の秘密保護の観点から秘匿措置を施しております。

（水産林務部林務局林業木材課木材産業係）

# 林産試ニュース

## ■令和5年度林産技術セミナーを開催します

林産試験場の研究成果を普及するとともに、多くの方からご意見等をいただき今後の研究課題に繋げるため、令和5年度林産技術セミナーを、3月22日（金）「釧路市生涯学習センター」で開催します。

本セミナーでは、「木質粗飼料とは何か？」から始まり、木質粗飼料の原料になる樹種、牛に好まれる製造条件、黒毛和牛への給与効果などについて説明します。また、最新の研究成果である乾乳牛への給与実証試験の結果についてもお話しします。詳細はにつきましては、林産試験場ホームページ（<https://www.hro.or.jp/forest/research/fpri/koho.html>）をご覧ください。



原料は？



どうやって作る？



乳牛にも使える？

（林産試験場 広報担当）

## 北森カレッジニュース

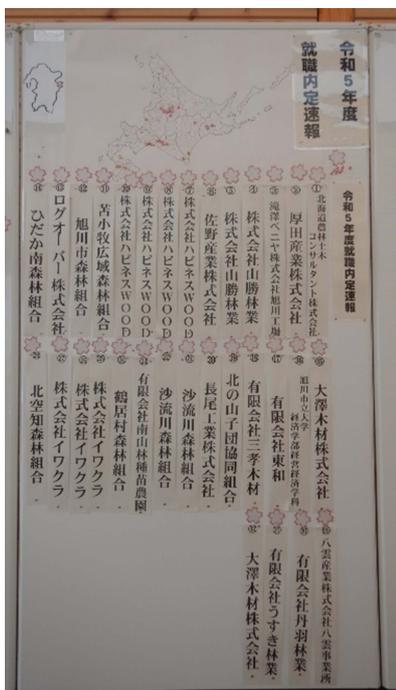
### ■北森カレッジの就職活動状況

北森カレッジでは、3期生が令和5年7月から就職活動を開始し、令和6年1月末日現在、約9割の生徒が内定をいただきました。

北森カレッジには、令和5年度に128社、251人の求人があり、生徒たちを採用したいと求人票を提出していただいた企業等の皆様に感謝申し上げます。求人倍率は年々高くなる状況ですが、継続的な求人票の提出について、ご理解のほど、よろしく願いいたします。

現在、4期生向けの求人票の受付も開始しており、3月12日及び13日には合同企業説明会を開催する予定で、4期生の就職に向けた取組も早々に始まっているところです。

昨年度の合同企業説明会には、88社もの企業等の皆様に参加をいただき、北森カレッジ生に対する期待の高さを感じています。



【内定速報の掲示板の様子】



【昨年度の合同企業説明会の様子】

（北海道立北の森づくり専門学院 那須 貴洋）

林産試だより

2024年3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6年3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