

## II 試験研究の内容

# 林木品種改良事業

## －マツノザイセンチュウ抵抗性品種苗の接種検定（8年目）－

研究期間：平成28年度～令和6年度  
育林部 二本松裕太・柳澤賢一

中箕輪採種園に導入しているマツノザイセンチュウ抵抗性品種由来のアカマツ苗木に対し、マツノザイセンチュウ接種検定を実施した。今年度は接種実績の少ない品種を中心に107個体に接種したところ、接種苗全体の生残率は32.71%となり、同様の方法で実施したこれまでの接種検定結果と近似した。しかしながら、毎年接種検定を実施している品種の生残率は年度によって変動していた。今後、各品種の着果傾向も踏まえて採種園から産出される種苗全体としての性能を評価する必要がある。

キーワード：アカマツ、マツノザイセンチュウ抵抗性品種、家系苗、接種検定

### 1 研究の目的

マツノマダラカミキリが媒介するマツ材線虫病による松枯れ被害は、県内では1981年に初めて確認され、その後各地に拡大している。その対策の一つとして、アカマツ以外への樹種転換が行われているが、林地の条件によっては樹種転換が難しい場合があるため、マツノザイセンチュウ抵抗性品種（以下、抵抗性品種）から採取された種子で育成された苗木を導入することが考えられる。しかし、中箕輪採種園で育成されている抵抗性品種アカマツは、周辺の抵抗性を持たないアカマツが花粉親となって種子生産される可能性があり、抵抗性品種アカマツ由来の種子から育苗した苗（以下、家系苗）は抵抗性特性の低下が懸念されるため、継続的にマツノザイセンチュウ接種検定を実施してきた。これまでの接種検定では、通常の育苗環境下での接種苗の生残率は平均で約4割となっている。今年度は主に、これまで採種機会が少なく繰り返しの接種検定ができていない品種を中心に実施した。本調査は林木品種改良事業として実施した。

### 2 調査方法

#### 2.1 接種用苗木

今年度の供試体は、県営中箕輪採種園に導入されている県外産抵抗性アカマツ採種木のうち、表に示した品種の2年生の家系苗とした。毎年接種を実施している白石10号と接種実績の少ない3品種を対象とした。

2021年4月に赤玉土と腐葉土の混合培土を充填したプランター（60×18cm）に播種した。育苗は当センター構内の野外で行い、接種までにプランターあたり20本まで段階的に間引いた。線虫の接種は2023年8月に実施し、接種時及び接種後も引き続き野外で管理した。接種した懸濁液の流亡がないよう、接種時には苗木に雨水等の付着がないことを確認した。

#### 2.2 接種用線虫

マツノザイセンチュウは様々な系統に分化しており、毒性も異なることが知られている。接種検定には、強い毒性を持つマツノザイセンチュウとして全国で広く用いられている「島原個体群」（以下、センチュウ）を使用した。接種用センチュウは、直径11cmのガラスシャーレ、またはきのこ菌床袋（三鬼産業製、ミキパックMH-15φ35）の中でセンチュウのエサとなる糸状菌を繁殖させた大麦培地で増殖したものをを用いた。シャーレ内またはきのこ菌床袋内で十分に増殖したセンチュウは接種前日にベールマン法で抽出し、接種当日に5,000頭/0.05mlに調整した懸濁液（以下、懸濁液）を、視認しやすいよう食用赤色素で着色した。懸濁液は接種までにセンチュウの活性が低下しないよう冷蔵庫内で保管し、接種の際も直前までクーラーボックスで保冷した。

### 2.3 センチュウの接種方法

接種方法は戸田の剥皮接種方法（戸田 2000）を用いた。地際から3～5 cm の位置にメスを用いて縦方向に数 cm 程度の切り込みを形成層まで入れた後、切り込み面に搔き傷をつけた。樹皮は懸濁液を保持するため全て剥皮しきらず残存させた。次にマイクロピペットを用いて 0.05ml/本の懸濁液を注入した。また、剥皮が原因による枯死ではないことを確認するため、同じ方法でイオン交換水を注入する未接種区を設定した。接種後は引き続き野外で管理を行い、毎日灌水した。接種は8月3日に行い、生残調査は11月22日に目視で行った。判定は針葉の変色や萎凋傾向がないものを「生残」、針葉の色が薄くなり萎凋傾向が確認された個体を「変化有」、針葉が茶色に変色し完全に萎凋した個体を「枯死」とした。生残率は接種個体における生残個体の割合とした。

表 各品種の家系苗の供試本数

No.	品種名	播種時期	産地	接種区本数(本)	未接種区本数(本)
1	武芸川1号	2021春	岐阜県	18	2
9	鳥取319号		鳥取県	18	2
18	白石10号		宮城県	35	5
19	北蒲原3号		新潟県	36	4

### 3 結果と考察

合計 107 本にセンチュウを接種した結果、「生残」は 35 個体で接種区全体の生残率は 32.71% であった。生残率は品種によって差があり、武芸川1号は 50.00% (9 本/18 本) だったのに対し、鳥取 319 号は 11.11% (2 本/18 本) だった (図-1)。今回の接種検定により中箕輪採種園で採種できる 19 品種すべてで2回以上の検定が完了した。なお、未接種区では「枯死」及び「変化有」は確認されなかったことから、接種区での枯損はセンチュウ接種の影響と考えられた。

ほぼ同じ条件で実施したこれまでの接種検定では、年度によって対象にした品種や検体数は異なるが、2021、2022 年度を除けば、平均としては3～5割程度の生残率を示しており、本年度も同等の結果となった。しかし、図-2 に示した白石10号の各年度の接種検定結果からも分かるように、同品種であっても年によって家系苗の生残率が変動することをこれまでも指摘してきた。これは外部花粉の影響が一因となっている可能性があり、自然交配の条件下においては各品種の家系苗の抵抗性を単純に比較評価することは困難であると考えられた。

これまでの接種検定では各品種ごとに家系苗の生残率を調査してきたが、実際の種子採取事業では球果の結実が良い採種木から優先して種子が採取されるため、各品種の着果傾向も踏まえて採種園から産出される種苗全体としての性能を評価する必要がある。

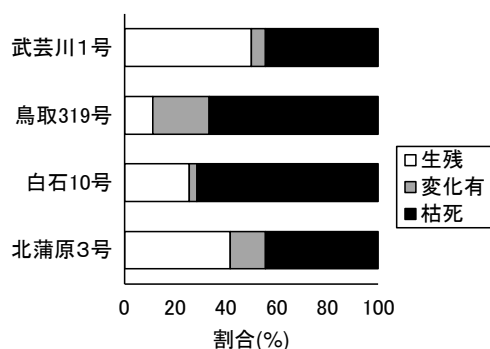


図-1 各品種別の接種苗生残状況

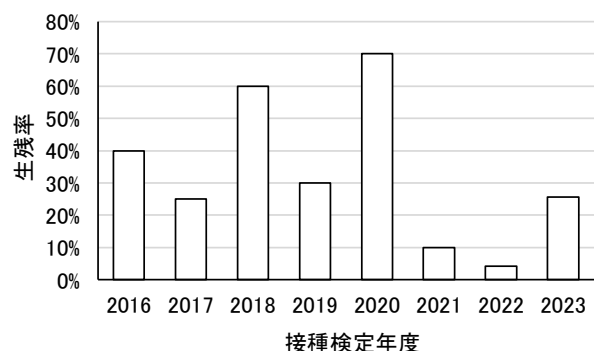


図-2 白石10号の過去8年間の接種検定結果

参考文献：宮下智弘ら（2018）きのこの菌床栽培袋を用いた効率的なマツノザイセンチュウの大量増殖. 日林誌 100:182-185.

戸田忠雄（2000）抵抗性マツを生産するためのザイセンチュウの培養技術と接種技術. 林木育種センター九州育種場年報 28:50-56.

# 大径・優良材生産を目指した人工林管理技術の確立

研究期間：令和元年度～5年度  
育林部 大矢信次郎

航空レーザー計測によって得られた単木樹高データを活用し、高齢級林分を含めたカラマツ樹高成長曲線を調製した。県下カラマツの単木樹高データから各林分の樹高中央値を求め、同林齢の樹高の四分位範囲内から4～20齢級において各林齢10林分を県下から偏りなくサンプリングし、各種成長曲線式の適合性を検討した。樹高成長曲線式から得られた地位指数（40年生時の樹高）は式の種類に関らず約20であり、カラマツの標準的な樹高成長をほぼ反映していると考えられた。この曲線をガイドカーブとして地位指数曲線を作成し、地位の優劣に対応した高齢級カラマツ人工林の樹高成長予測が可能となった。

キーワード：高齢級、航空レーザー測量、樹高成長曲線、地位指数

## 1 はじめに

長野県の人工林は、12 齢級以上の面積割合が全体で約 60%に達し、主伐・再造林を行う林分が徐々に増えてきている。一方で、明確な目標林型を定めず間伐を繰り返している事例もあり、高齢級林分の施業方針が定まっていない林分も見受けられる。そのため本研究では、大径・優良材の生産林を目標林型に掲げ、高齢級林分の将来の姿を予想する手法を開発する。本年度は、航空レーザー計測によって得られた樹高データを活用し、カラマツ人工林の高齢級林分を含めた成長予測に対応した樹高成長曲線の中心線及びそれに基づく地位指数曲線を調製した。なお、本研究は県単課題（平成 31～令和 5 年）として実施した。

## 2 試験の方法

林務部森林づくり推進課が平成 25～26 年度に行った航空レーザー計測によって得られたデータから、県下全市町村の単木樹高データ及び林相区分図を利用してカラマツの樹高成長曲線を調製した。各市町村の単木樹高データを林相区分図の樹種データ及び森林簿の施業班データを QGIS 3.28 により結合した後、信頼性の高いデータを得るため、森林簿データが次の 4 条件：①樹種が林相区分図と一致、②林種が人工林、③林分面積 0.5ha 以上、④混交率 100%（カラマツ純林）を満たす林分を抽出し、属性情報を csv ファイルに出力した。これらの情報が付与された単木樹高データを林分ごとに集計して樹高中央値を林分樹高とした（図-1）。各林齢の樹高分布の IQR（四分位範囲）を求め（図-2）、IQR 内において各齢級 10 林分ずつ県下市町村から偏りなくサンプリングした。対象齢級は信頼性の高いデータが必要数得られた 4～20 齢級とした。なお、昨年度の報告ではカラマツは高齢級において樹高が低下する傾向が認められ、この原因は冠雪害、雨水害等の気象害による幹折れ、梢端折れと推察されたが、各林齢の IQR 内で健全林分を含めてサンプリングすることで気象害の影響を極力排除した。サンプリングデータに各種樹高成長曲線式（ゴンペルツ、ミッチャーリッヒ、リチャーズ、ロジスティック）を適用し、その適合性を検討した。

## 3 結果と考察

各種曲線式で得られた成長曲線式のうち最も妥当と判断されたのはミッチャーリッヒ式で、地位指数 20（40 年生時に樹高 20m）に相当する曲線であり、県下の標準的なカラマツ林の実態をほぼ適切に反映していると考えられた（図-3）。今回作成したミッチャーリッヒ式の樹高成長曲線と従来使用してきた樹高成長曲線（平成 3 年版）を比較すると、今回の曲線は若齢期における成長がやや緩やかであるものの、80 年生を超えてからも樹高成長が継続する線形となった。次に、ミッチャーリッヒ式による樹高成長曲線（地位指数曲線 20 に相当）をガイドカーブとして地位指数 12、

16、24、28 の地位指数曲線を調製した（図-4）。これにより、高齢級カラマツ人工林の地位の優劣に応じた樹高成長予測が少なくとも100年生まで可能となった。今後、他の主要造林樹種でも同様の地位指数曲線を作成し、活用を進める予定である。

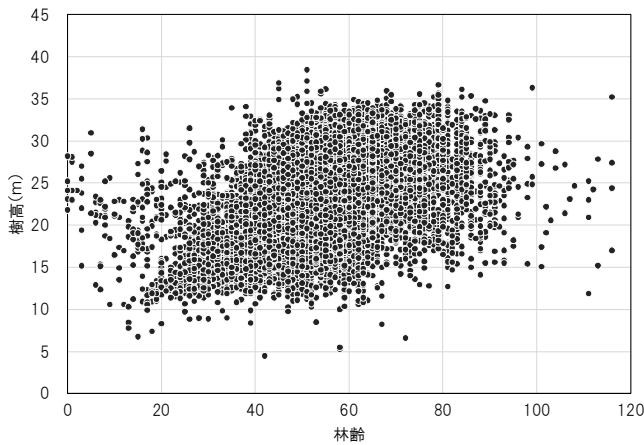


図-1. 航空レーザー計測によるカラマツ林分樹高中央値の分布

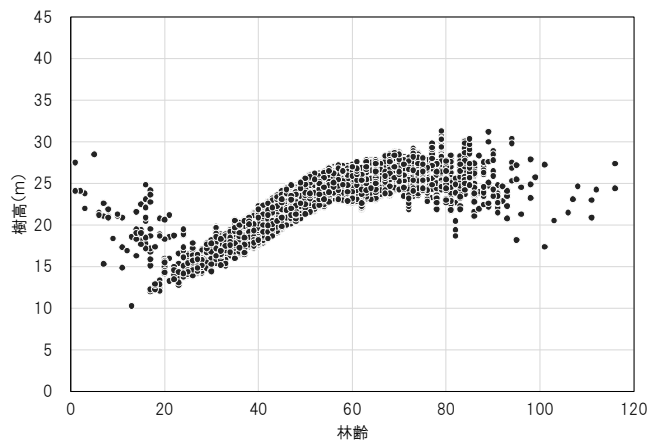


図-2. 各林齢の四分位範囲内における樹高中央値の分布

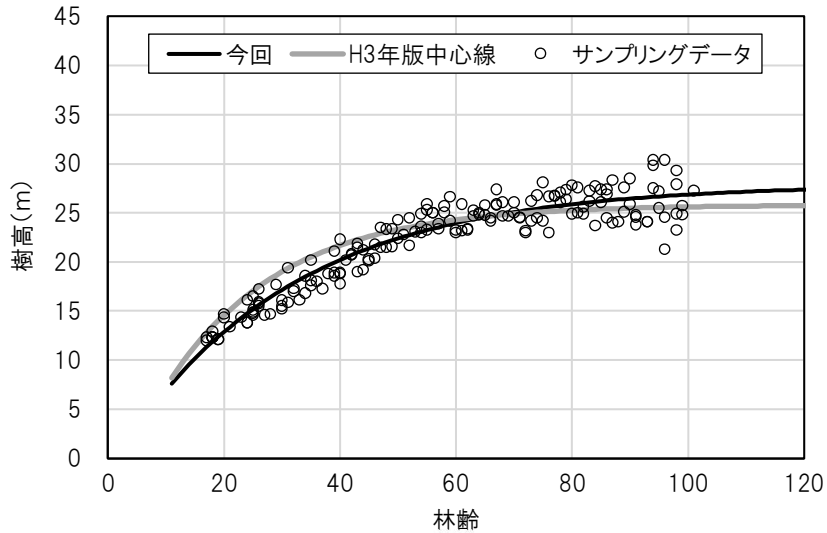


図-3. カラマツ林分サンプリングデータの分布と樹高成長曲線

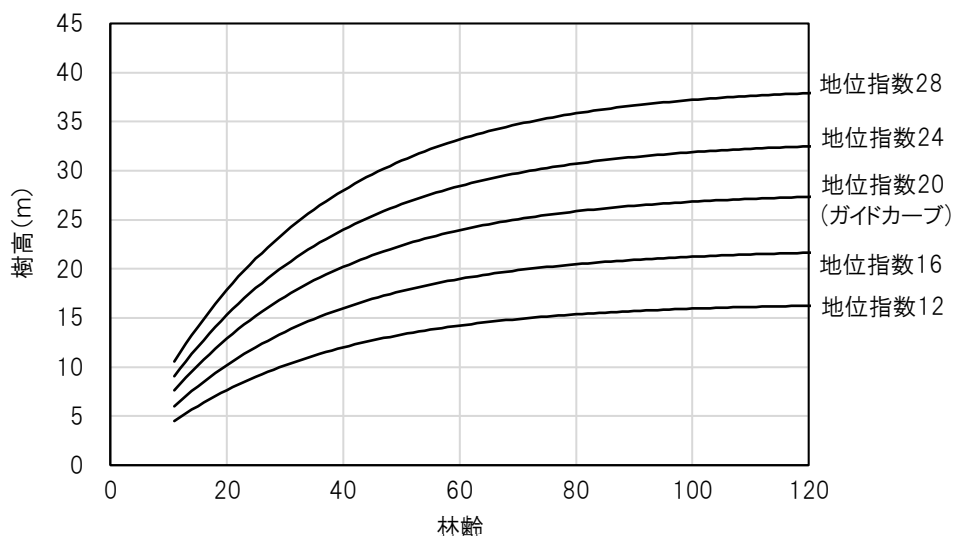


図-4. カラマツ林分地位指数曲線

# 日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発

研究期間：令和5年度～9年度  
育林部 大矢信次郎

スギとカラマツの樹高成長に及ぼす積雪深等の影響を評価するため、航空レーザー計測によって得られた長野県下の林分樹高データ及び国土数値情報メッシュ気候値を活用して一般化線形モデルによる解析を行った。その結果、積雪深はスギの樹高成長に影響を及ぼす要因として選択されなかったことから、耐雪性があることを示していた。また、両樹種とも10齢級以上であっても林齢は樹高に強く影響を及ぼしており、旺盛な樹高成長が継続していることを示していた。

キーワード：航空レーザー計測、単木樹高データ、最大積雪深

## 1 はじめに

人工林資源量の充実に伴い、長野県においても主伐、再造林を行う林分が増加しつつある。一方、主伐後に再造林を行う林分は3割程度にとどまっており、将来の木材生産林の確保が課題となっている。また、木材生産林を造成するにあたっては、林木の成長及び交通アクセスが良い、地位と地利に優れた林地を抽出し、採算性の高い林業を実現する必要がある。そこで本課題では、新たな地位と地利の評価技術を開発する。長野県では、新たな地位の推定に向けて航空レーザー計測（ALS）による樹高の広域測定データと林齢、樹種などの森林基礎情報、数値地形情報、および気候情報から高い精度で任意の林齢での樹高推定を可能とするモデルを構築する。なお、本研究は森林総合研究所を代表研究機関とした国委課題（令和5年～令和9年）として実施した。

## 2 試験の方法

人工林における気象条件、特に最大積雪深が林木の成長に与える影響を評価するため、航空レーザー計測（ALS）によって得られた長野県下の単木樹高データ及び国土交通省が公開している国土数値情報（平年値メッシュデータ 2020、1 km メッシュ）を活用して、長野県下のスギ及びカラマツの樹高成長と最大積雪深等の影響を評価した。対象とした市町村は、長野県北部の少雪～多雪地が分布する須坂市と多雪～豪雪地が分布する飯山市とした（図）。各市の単木樹高データに林相区分図の樹種データ及び平年値メッシュデータを付与したポイントデータから、森林簿上の樹種（スギ及びカラマツ）と一致した面積 0.5ha 以上の人工林で混交率 100%である林分（施業番号）を抽出し、各林分内のポイントデータの樹高中央値を林分樹高とした。これらのうち 10～16 齢級を対象に、応答変数を林分樹高、説明変数を林齢、年平均最大積雪深、年平均気温、傾斜、森林簿上の地位として、統計パッケージ R 4.3.2 により一般化線形モデルを用いて樹高に及ぼす各種因子の影響を評価した。

## 3 結果と考察

一般化線形モデルの結果、最適モデルで樹高に影響を及ぼすとして選択された説明変数を表-1（スギ）、表-2（カラマツ）に示した。年最大積雪深は、カラマツでは飯山でマイナスの効果、須坂でプラスの効果として選択され影響が判然としなかったが、スギでは飯山、須坂とも選択されなかった。このことは、年最大積雪深がスギの樹高成長に影響を及ぼしにくく、カラマツに比べて耐雪性があることを示唆しており、雪国に適応した樹種であることを支持していた。また、両樹種とも林齢と樹高の相関が強く出ており、10 齢級以上においても旺盛な樹高成長を示していることがうかがえる。年平均気温は特にカラマツの樹高に正の効果と及ぼすことが示され、寒冷地に適応した樹種であっても温暖である方が成長促進されることが示唆された。なお、森林簿

に記載されている地位は、スギ、カラマツとも地位の値（1～3）が大きいほど樹高が低くなることを示しており、小班単位の設定とはいえほぼ妥当であることが確認された。

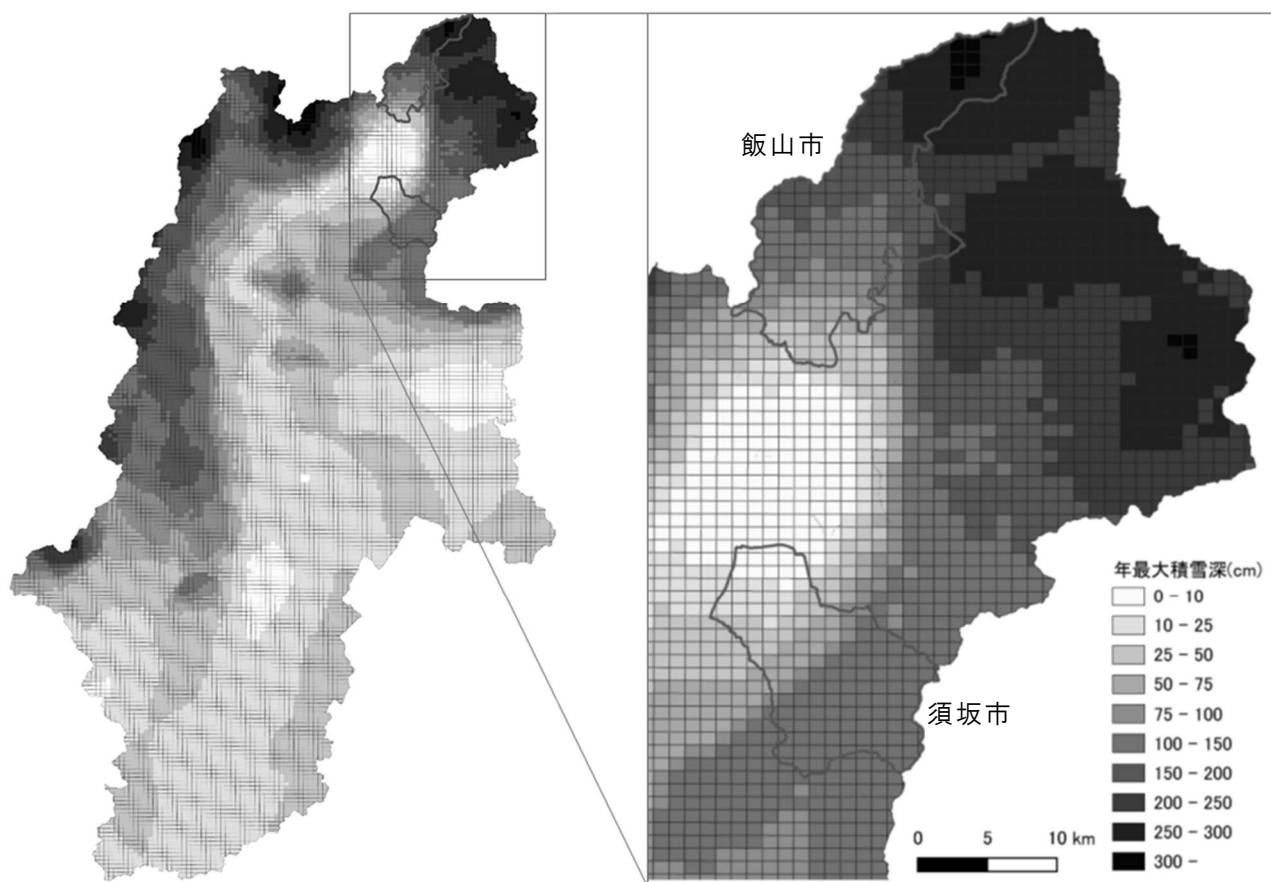


図-1 長野県及び解析対象地(須坂市、飯山市)における年最大積雪深の分布

表-1 スギの樹高に影響を及ぼすとして一般化線形モデルで選択された説明変数

[飯山市]

説明変数	推定値	標準誤差	P値
(切片)	2.91764	0.07446	<2e-16 ***
林齢	0.00692	0.00080	<2e-16 ***
年最大積雪深	-0.00018	0.00010	0.0843 .
地位(森林簿)	-0.07073	0.02808	0.0123 *

多雪～豪雪（積雪深25～300cm）、N=328

[須坂市]

説明変数	推定値	標準誤差	P値
(切片)	2.88691	0.06893	<2e-16 ***
林齢	0.00606	0.00058	<2e-16 ***
傾斜	-0.00510	0.00075	4.00e-11 ***
年平均気温	0.00108	0.00046	0.0194 *
地位(森林簿)	-0.03924	0.00953	4.48e-05 ***

少雪～多雪（積雪深31～130cm）、N=463

表-2 カラマツの樹高に影響を及ぼすとして一般化線形モデルで選択された説明変数

[飯山市]

説明変数	推定値	標準誤差	P値
(切片)	2.65362	0.23083	< 2e-16 ***
林齢	0.00689	0.00161	3.88e-05 ***
年平均気温	0.00505	0.00118	3.71e-05 ***
年最大積雪深	-0.00044	0.00017	0.0101 *
地位(森林簿)	-0.17349	0.07800	0.0280 *

多雪～豪雪（積雪深25～277cm）、N=127

[須坂市]

説明変数	推定値	標準誤差	P値
(切片)	2.45511	0.07436	< 2e-16 ***
林齢	0.00499	0.00064	2.35e-14 ***
年平均気温	0.00461	0.00040	< 2e-16 ***
年最大積雪深	0.00087	0.00022	6.24e-05 ***
地位(森林簿)	-0.05459	0.01384	8.78e-05 ***

少雪～多雪（積雪深16～130cm）、N=689

# 脱炭素社会の実現に資する森林管理技術の開発

研究期間：令和4年度～8年度  
育林部 大矢信次郎

再造林地に地拵え棚を残さない、あるいは燃料材として利用しやすい地拵え方法を検討するため、クラッシャー地拵えとレーキ地拵えが植栽木の成長に及ぼす影響を評価した。クラッシャー地拵えを枝条やササ地上部だけでなく表土も含めて行った場合はササの根が破碎され、レーキ地拵えを行った場合にはレーキの爪によってササの根が除去・切断されたため、競合植生の再生が抑制された。一方、クラッシャー地拵えを枝条及びササ地上部の破碎に限定して行った場合はササの回復が著しく、カラマツ植栽木の成長は抑制された。これらのことから、表土を含めたクラッシャー地拵えやレーキ地拵えを行うことにより下刈りが省力化されることが示唆された。

キーワード：地拵え、レーキ、クラッシャー、競合植生

## 1 はじめに

長野県は「2050 ゼロカーボン」を掲げ、脱炭素社会の実現に向けた施策を展開している。各分野でCO<sub>2</sub>排出量を減少させる努力が求められている一方で、森林にはCO<sub>2</sub>吸収源としての役割が求められ、より効果的に吸収能を発揮させることが期待されている。県内の人工林は12歳級以上の面積割合が64%に達していることから、効率的なCO<sub>2</sub>吸収のためには人工林の世代交代を計画的に進めていくことが必要である。また、再造林地に残置されている末木枝条、造材端材等の未利用材(D材)は植栽面積を減少させるが、これらをバイオマス燃料等として活用を進めることにより造林作業の効率化と化石燃料の利用削減が期待できる。

そこで本研究では、人工林のCO<sub>2</sub>吸収・固定能力を最大限に発揮させる施業方法を検討するとともに、未利用材の処理や利用により再造林地から得られる収益を向上させるための森林管理技術を開発する。今年度は、地拵え棚が生じず植栽面積の増大が見込めるクラッシャーによる地拵えと、バイオマス燃料として利用可能となるグラップルによるレーキ地拵えについて、植栽木の成長に与える影響を調査した。なお、本研究は県単課題(令和4年～令和8年)として実施した。

## 2 試験の方法

佐久穂町の財産区有林でクラッシャーによる地拵え及びグラップルによるレーキ地拵えが行われた再造林地にカラマツ苗を植栽し、その成長経過を調査した。クラッシャー地拵えは、散乱した枝条を破碎し散布するもので、地拵え棚が生成されないため植栽面積が減少しない。また、レーキ地拵えは、カラマツ材を接続した金属製の自作レーキ(大型の熊手、全長約10m)をグラップルロードでつかんで引くことによって林内の枝条を集めるものである。急傾斜地であっても作業道上から作業することでグラップルのリーチ+レーキの長さで約15m以内の枝条を収集可能である。枝条は作業道の法肩～法面に集積されるため、後にフォワーダで収集し燃料材として利用することも可能となる。試験地における主伐前の林床植生は主にクマイザサであり、再造林後の競合植生もササが主体となることが想定された。そのため、クラッシャー地拵えを枝条とササの地上部のみ破碎したクラッシャー弱区、それに加えてササの根系を表土とともに破碎したクラッシャー強区、レーキによる地拵えを行ったレーキ区の3区画を設定した。各区にカラマツ裸苗を40本ずつ植栽し、植栽直後及び1成長期後のサイズを測定した。また、夏季の競合植生の回復状況を把握するため、植栽木周辺の最大植生高及び群落高を測定し競合状態を評価した。

## 3 結果と考察

植栽したカラマツの樹高(図-1)、根元直径(図-2)、樹冠幅(図-3)ともクラッシャー強と



レーキは一定の成長量を示したが、クラッシャー弱は成長量が極めて小さかった。この原因は、夏季におけるササを主体とした競合植生がクラッシャー強とレーキでは比較的抑制されていた一方、クラッシャー弱では回復が著しかったためと考えられた。特に競合植生の群落高はクラッシャー弱では平均 60 cm を超えていたのに対して、クラッシャー強とレーキは 50 cm 未満に抑制されており（図-4）、植栽木がほとんど被圧されていなかったことによるものと推察された。その結果、競合植生の群落高がカラマツ植栽木の樹高以上である割合は、クラッシャー弱では 20% を超えていたが、クラッシャー強では 13%、レーキでは 5% にとどまっていた（図-5）。これらのことから、クラッシャーによる地拵えは枝条とササ地上部に加えて根系も破碎することで競合植生の抑制に寄与し、下刈りの省力化につながると考えられた。また、レーキによる地拵えもレーキの爪がササの根系を抜き取るあるいは切断することでササの再生を遅らせると推察され、下刈り省力化が期待できると考えられた。

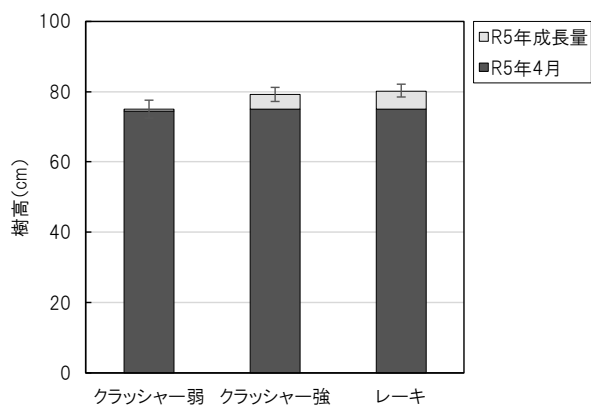


図-1 地拵え処理ごとの植栽木の樹高

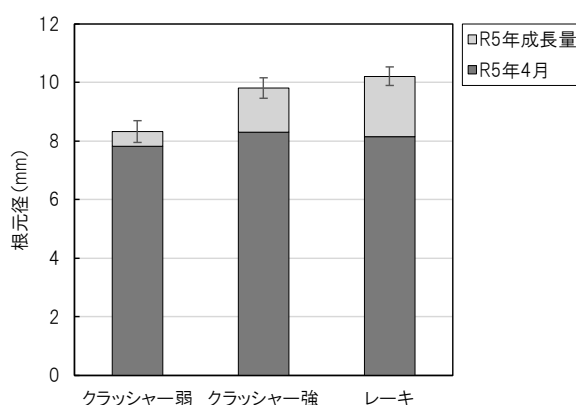


図-2 地拵え処理ごとの植栽木の根元直径

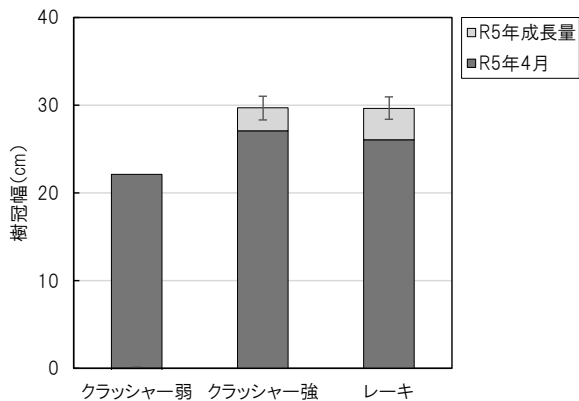


図-3 地拵え処理ごとの植栽木の樹冠幅

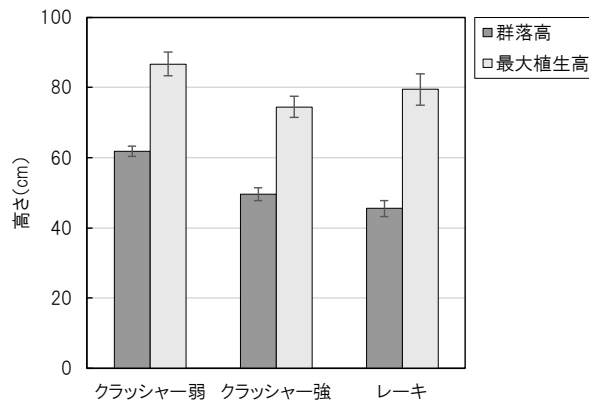


図-4 地拵え処理ごとの競合植生の高さ

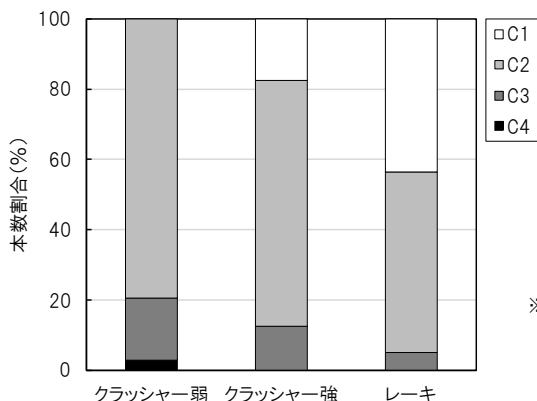


図-5 地拵え処理ごとの競合状態※

※ C1: 植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出 競合せず下刈り不要  
 C2: 植栽木の梢端が周辺の雑草木から露出  
 C3: 植栽木と雑草木の梢端が同位置 競合し、下刈り必要  
 C4: 植栽木が雑草木に完全に覆われている

# 未利用低質材有効活用手法の評価検証 —信州産業サステイナブルプロジェクト—

研究期間：令和5年度～9年度  
育林部 小山泰弘・柳澤賢一・二本松裕太

伐採時に発生した林地残材を林内に残置させることで、ニホンジカの行動が制限され、天然更新が容易になるのではと考え、東筑摩郡麻績村のコナラ林で皆伐を行い、枝条を棚積み集積させた。しかし、ニホンジカの個体密度が非常に高かったため、林地残材の有無にかかわらず、天然更新は出来なかった。とはいえ、ニホンジカは林地残材の無いところから採食しており、ニホンジカの個体密度が低ければ、防除できると考えた。

キーワード：林地残材、獣害防除、天然更新、ニホンジカ

## 1 はじめに

伐採時に発生した枝条は、運搬に手間がかかるため搬出コストが高く、林地に残されることが多い。主伐再造林を行う林分であれば、機械地拵えなどの際に枝条を集めて、搬出することも可能である。しかし、天然更新を目的とした森林では、前生樹からの萌芽に期待するため、機械を走行させた地拵えは難しく、林地残材の回収にさらに手間がかかってしまう。そこで、天然更新を目的とした森林を対象として、林地残材を林内で活用するための手法を検討することとした。

今回は、風倒木を放置するとニホンジカの被害が軽減したとの事例を参考に、林地残材を林内に集積または散乱させることで、ニホンジカが歩きにくい環境を創出し、結果としてニホンジカの食害を軽減できるのではないかと考え、ニホンジカが一定程度生息しているとされる麻績村有林で検討した。なお本研究は、長野県試験研究機関連携会議が2023～2027年度にかけて実施する「信州産業サステイナブルプロジェクト」の中で示された中課題「環境の負荷を軽減する技術の開発」の小課題「未利用資源を活用した地域循環モデルの構築」の一つとして、林務部の県単研究課題として実施しているものである。また、研究の一部は現地適応化実証試験として、信州の木活用課及び松本地域振興局林務課と連携して対応した。

## 2 方法

試験地は、表-1に示した2021年1～3月に皆伐した麻績村のコナラ林とした。試験地の中央に走る林道を境に林地残材をすべて搬出した搬出区と、林地残材を棚積みまたは林内に散乱させた棚積み区に分け、植生調査と赤外線カメラ調査を行った。棚積み区では作業手間を考え、作業道脇では作業道に平行して棚に積み上げ、作業道から離れた場所では散乱させており、ニホンジカの侵入を妨げる構造とはせず、歩きにくい環境のみを構築した。

植生調査は、2021年7月に各区内3か所で2×2mの方形枠を設置し、2022年8月と2023年10月に行った。赤外線カメラ調査は、方形枠の1か所がみえる林縁部に赤外線センサーカメラ(TR-20J)を地上1.5mの高さに各区1基ずつ設置し、2023年4月1日から同年11月29日までの8か月間観測した。

表-1 調査地の概要

調査地名	優占種	皆伐時林齢 (年)	伐採作業 面積(ha)	標高	斜面方位	傾斜	成立本数 (本/ha)	上層樹高 (m)	平均胸高 直径(cm)	
東筑摩郡 麻績村	コナラ	66	2021年 1～3月	2.25	950m	北	15°	443	23	31.3

### 3 結果と考察

コナラ林を伐採した結果、コナラの萌芽は発生したが、伐採当年夏にはすでにニホンジカの被害を受けており、その後3夏が経過した2023年秋まで経過しても、図-1のように発生した高木性広葉樹の平均樹高は20 cmに満たず、一般に植栽される苗木サイズに到達していなかった。この傾向は、搬出区と棚積区の間で違いはなく、林地残材を残しても天然更新に寄与できなかった。

この原因を現地に設置した赤外線センサーカメラで確認したところ、1日に1頭以上のニホンジカが確認できるほど多く(表-2)、これまでに当所で調査した中でも個体密度が非常に高いとされる北八ヶ岳で多く確認された箇所と同程度に相当していた。

このことから、ニホンジカの個体密度が高ければ、林地残材をニホンジカの防除に活用することは難しかった。しかし、センサーカメラに出現したニホンジカの出現状況を分析すると、春先の4~6月までは搬出区で多く、棚積区では8月以降の出没が多かった(図-2)ことから、ニホンジカが搬出区へ先に侵入し、搬出区の餌資源環境が悪化したことで、歩きにくい棚積区へ来た可能性が考えられた。このことから、個体密度が一定程度まで低い場合などでは、棚積区を避ける可能性が考えられ、林地残材がニホンジカの排除要因となる可能性が残された。

次年度以降はニホンジカの個体密度との関係を整理し、林地残材を活用した防除が可能な個体密度を検証する。

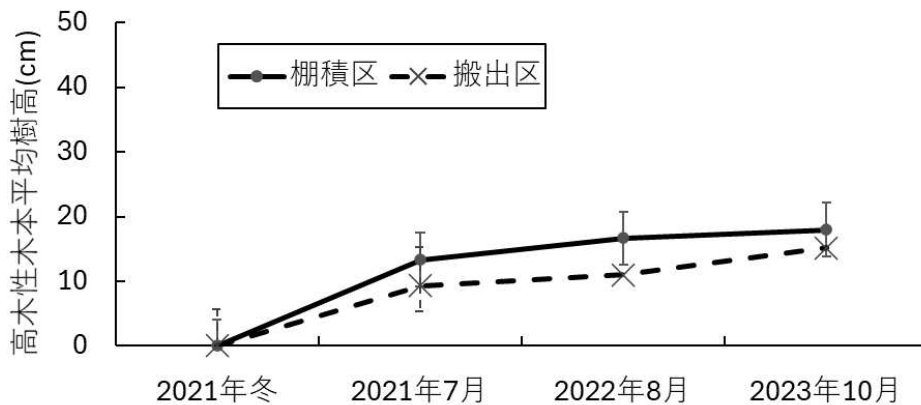


図-1 高木性種の平均樹高の変化

表-2 ニホンジカの撮影結果  
(2023/4/1~11/29)

	搬出区	棚積区
出現日数(日)	101	119
1日あたりの出現頻度 (回/日)	0.416	0.490
1日あたりの確認頭数 (頭/日)	0.918	1.802

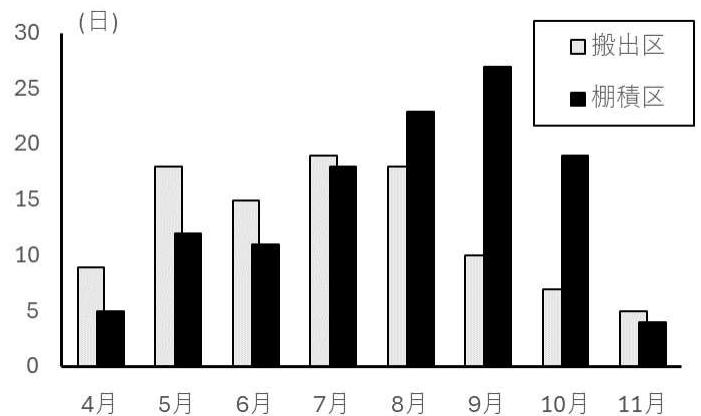


図-2 月別のニホンジカ出現日数

# 景観スケールにおける亜高山帯針葉樹林の更新に及ぼす 風倒攪乱と獣害の相互作用的影響 —森林の攪乱履歴がニホンジカの行動に及ぼす影響—

研究期間：令和元年度～5年度  
育林部 小山泰弘、柳澤賢一

北八ヶ岳麦草峠周辺の亜高山性針葉樹林で、赤外線カメラによりニホンジカの行動を4年半にわたって調査したところ、着葉期（6～10月）はほぼ毎日出現していたが、冬季の1～4月はほとんど出現しなかった。ニホンジカの出現場所には差があり、出現が少ない場所は林床にコケが優占していた。出現しにくい場所の条件を探索したところ、ニホンジカは、岩場のような歩きにくい場所を避けており、そのような場所ではササや単子葉植物などの餌資源が豊富であっても、出没しにくかった。つまり、歩きにくい環境の創出はニホンジカの食害を一定程度回避できる可能性が考えられた。

キーワード：亜高山性針葉樹林、ニホンジカ、ササ地、立木被害

## 1 はじめに

県内の森林ではニホンジカによる森林被害が深刻化しており、主伐後の天然更新が難しい事例が増えている。ニホンジカが多く生息する北八ヶ岳亜高山帯の針葉樹林では、森林被害が激しい場所とそうではない場所が認められる。そこで、ニホンジカの行動と立木被害との関係を分析し、更新が期待できる条件を探索した。

昨年までの結果で、立木被害は、ササ地で多いもののコケが優占する場合は被害率に幅があり、被害率の差は地面の歩きやすさに起因しているのではないかと考えた。そこで、調査最終年度となる本年度は、これまでのニホンジカの生息状況を整理するとともに、歩きやすさに注目してニホンジカの行動を推測した。なお、本研究は、群馬大学及び東京大学と共同で、科学研究費助成事業（基盤研究C 2019～2023年度）により実施した。

## 2 調査の方法

調査は、昨年度に引き続き、10台の自動撮影カメラ（TREL20J）を北八ヶ岳麦草峠周辺の亜高山性針葉樹林内に設置して実施した。自動撮影カメラは2019年7月1日から2023年10月27日まで設置し、撮影画像を分析してニホンジカ出現日と出現頭数を記録した。カメラの設定は、1回に1秒間隔で3枚撮影とし、60秒のインターバルで再度シャッターが反応することから、個体サイズや性別、角や鹿の子模様などの外見的特徴で個体を識別した。

立木被害は、カメラ前に4×50mのベルトトランセクトを設け、枯死木も含めた樹高50cm以上の全立木を対象にニホンジカの被害率を確認した。林床植生調査と歩きやすさの評価は各カメラの画角内で行った。林床植生は優占種によりササ、イネ科などの短茎植物、コケの3種類に区分した。歩きやすさの評価は、ニホンジカが足を踏み下ろした時の沈み込み量で評価するため、土研式貫入試験機を無作為に50か所で1回ずつ貫入させた貫入量で分析した。

## 3 結果と考察

2019年7月から2023年10月までの各カメラの合計月別出現状況は図-1のとおりで、着葉期の6～10月はほぼ毎日のように出没していたが、冬季の2～3月は出現しなかった。11月～1月の出現日数は、年により変化していたが、これは積雪の有無によると判断した。

調査期間中の6～10月に撮影されたニホンジカのデータを用いて、立木被害率との関係を調べ

たところ、図-2 のとおり林床植生がコケ型で、ニホンジカ出現率が20%を下回っている場合には立木被害率が低かった。しかし、同じコケ型でもニホンジカの出現率が高い場所があるなど、ニホンジカの出現率と林床植生との間には明瞭な関係が見られなかった。

貫入試験での貫入量の構成割合は、ニホンジカの出現率が低い(出現率 0.2 以下)場所では、貫入量が5 cm以下という硬い場所と、1回で25cm以上貫入する場所の両方が見られたが、ニホンジカの出現率が高い(0.45 以上)場所では、貫入量の大半が5~15 cmの間となっており、林床植生の種類と関係なかった(図-3)。つまりニホンジカは、林床植生の種類よりも貫入量のバラツキが大きい場所を避けていることが伺え、歩行中まれに、足が深く踏み込まれるような歩きにくい場所は、ニホンジカが近づきにくくなると考えられた。

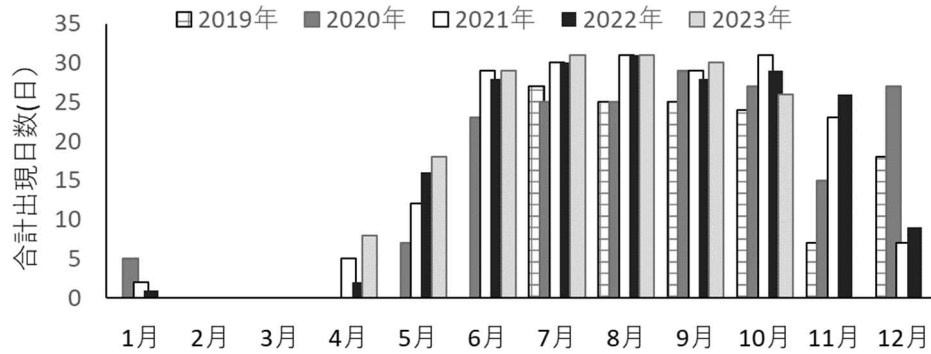


図-1 ニホンジカの出現状況 (2019年7月1日~2023年10月27日)

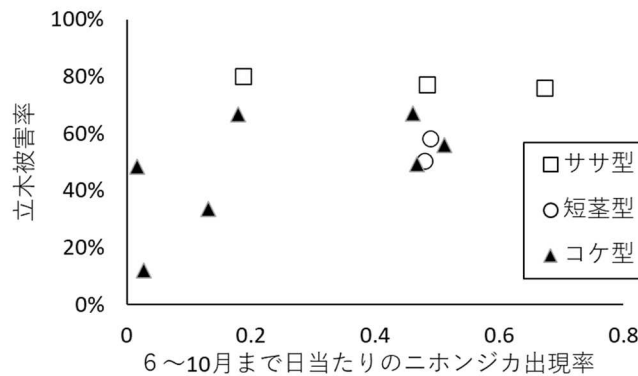


図-2 林床植生別の着葉期のニホンジカ出現率と立木被害率の関係

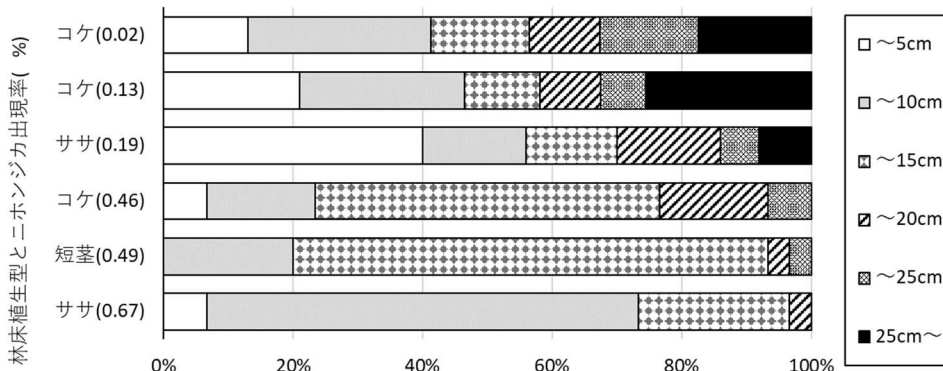


図-3 ニホンジカ出現率と貫入量の出現比率との関係

# マツ枯れ被害後の更新管理方法の研究

研究期間：令和2年度～6年度  
育林部 二本松裕太、小山泰弘、柳澤賢一

マツ枯れ被害地において伐採後の管理方法の違いによる天然更新の可否を筑北村で検討した。伐倒木を残置した調査地では伐採後3成長期で更新完了と判定したが、伐倒木が局所的にない場所では樹高2m未満の本数が少なく、シカの影響が部分的に見られた。伐倒木を搬出した調査地では2成長期を経ても2m以上の高木性樹種は見られず、シカの食害が顕著であり更新の可否に大きく影響してした。伐倒木を残置した場所の更新が有利だったことから、シカの出没状況を精査して更新可否の条件を明らかにする必要がある。

キーワード：マツ枯れ、伐倒木、天然更新、ニホンジカ

## 1 試験の目的

マツ材線虫病によるアカマツの枯損被害に対し、被害拡大防止、森林の健全化に向け、被害地及びその周辺のアカマツを全て伐採し、違う樹種に転換を図ることが各地で実施されている。これまでの報告では、アカマツ林では下層植生が繁茂しており前生樹が多く残ることから天然更新が容易であるとされるが、枯損木を伐倒して引きずって搬出する場合や丸太を直置きするなど前生樹を痛めた場合は更新が困難になることが予測される。また、被害木を伐採しないことで不用意な倒伏で前生樹が影響を受ける危険も考えられる。

本研究では、伐採木の処理に関して、被害木を伐採しない場合も含め、前生樹への影響が考えられる処理を行った場合でも天然更新が可能であるかを検証することとした。令和5年度は東筑摩郡筑北村内において、令和2年度に伐採し伐倒木が残置した箇所と、令和3年度に伐採し伐倒木を搬出した箇所の更新状況を調査した。本研究は県単研究課題（令和2～6年度）として実施した。

## 2 調査方法

アカマツの伐採や伐倒木の処理状況がその後の更新に与える影響を調べるため、筑北村内で枯損木の伐倒が実施されるアカマツ林2箇所を調査地を設定した（表-1）。それぞれの林分で枯損したアカマツを伐倒した後、調査区Aでは伐倒木を残置し、調査区Bでは伐倒木を枝条を含めて全て搬出した。更新状況の調査は令和5年10月に実施した。各調査区で2×2mの方形枠を10個以上ランダムに設置し、すべての樹種を対象として樹高2m以上、0.5m以上、0.5m未満（調査区Bのみ）の区分で個体数をカウントした。伐倒木を残置した調査区A内では伐倒木の分布にムラがあるため、方形枠ごとに伐倒木の有無を区別した。なお、1つの株から複数の萌芽枝が発生しているものは1本としてカウントした。

表-1 調査区の概要

調査区	施業内容	標高	斜面方位	伐採時期
A	アカマツ伐採 (伐倒木残置)	650m	西	R2.12～
B	アカマツ伐採 (伐倒木搬出)	660m	南	R3.11～

## 3 結果と考察

伐倒後3年が経過した調査区Aでは、樹高2m以上の高木性樹種が10,000本/ha以上成立し、更新完了と判定した（表-2）。ランダムに設置した11か所の方形枠のうち、4か所は伐倒木なし、7か所は伐倒木ありだったが、2m以上の高木性樹種の密度は伐倒木の有無によらず10,000本/ha程度で、伐倒木の被覆が更新を阻害することはなかった（図-1）。

また、伐倒木なし区では0.5～2mの成立本数が伐倒木あり区の半分以下となっていた（図-1）。0.5～2mの成立本数はどちらの区でも3,000本/haは上回っており植栽を必要とする本数ではな

かったが、2 m以上の成立本数が両区で変わらなかったことと異なった。枠内を観察したところ、伐倒木がある場合はニホンジカの痕跡が少なかった（7か所中1か所）が、伐倒木がない場合はニホンジカの痕跡が目立った（4か所中2か所）。サイズの小さい樹木がニホンジカによる枝葉食害を受けると枯損しやすいことから、ニホンジカによる食害影響があった可能性が考えられた。

調査区Bでは12か所の方形枠を設置して調査したところ、方形枠内の木本種は最大でも1.3mで、更新完了の目安となる樹高2mに達する木本種は認められなかった（表-3）。調査地Aでは伐採1年後から樹高2mを超える高木性樹種が確認されていたが、調査地Bでは伐倒後2年たっても成立本数は増えず更新が遅れていた（図-2）。この原因はニホンジカが更新木の枝葉を食害していることだった。ニホンジカの食痕はすべての方形枠で観察され、食害により更新ができない状況が鮮明となった。

シカの食害により更新が困難になる事例は県内でも報告があるが、比較的林床が明るく前生稚樹が多いアカマツ林であってもシカの存在が更新の成否に関わり、伐倒木の残置がシカの行動を制限することで更新に有利に働く場合がある可能性が示された。今後、両試験地におけるシカの出没頻度を確認し、出沒状況と更新可否の条件を明らかにする必要がある。

表-2 調査区Aにおける樹種別の成立本数

区分		2 m以上 (本/ha)	0.5m~2m (本/ha)
高木性樹種	コナラ	8,864	8,182
	その他	3,182	227
	計	12,045	8,409
中低木性樹種	ソヨゴ	909	2,500
	その他	2,727	1,136
	計	3,636	3,636

表-3 調査区Bにおける樹種別の成立本数

区分		2 m以上 (本/ha)	0.5m~2m (本/ha)	0.5m未満 (本/ha)
高木性樹種	アカマツ	0	417	5,625
	コナラ	0	833	2,708
	その他	0	417	833
	計	0	1,667	9,167
中低木性樹種	ソヨゴ	0	4,792	28,750
	その他	0	0	1,250
	計	0	4,792	30,000

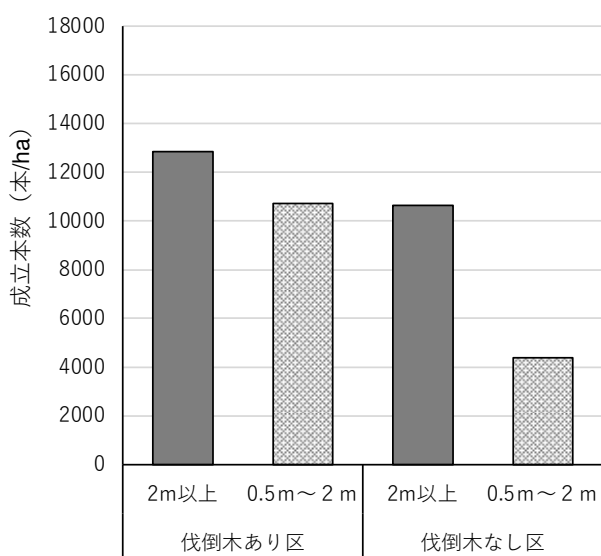


図-1 調査区Aにおける伐倒木の有無別の成立本数（伐採後3年）

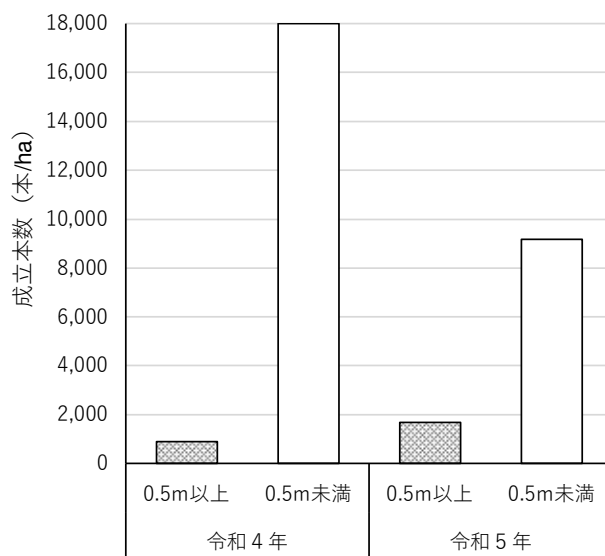


図-2 調査区Bにおける伐採後1年（令和4年）と伐採後2年（令和5年）の成立本数

# 高標高地におけるマツ材線虫病の被害実態に応じた 新たな防除手法の確立

研究期間：令和4年度～8年度

育林部 柳澤賢一

高標高地におけるマツ材線虫病（松くい虫）被害実態を把握するため、松本市の標高 1,200m を超える高標高地でドローンにより松枯れ木を探索し本病発生の最高標高地点を把握した結果、2023 年度は本病の最高標高地点が標高 1,408m 地点に達していた。一方、被害木から羽化脱出する媒介昆虫を標高別に調査した結果、標高 1,200m を超える高標高地では媒介昆虫の越冬が困難と考えられたことから、この標高帯の被害木は低標高側で発生した媒介昆虫が飛来し感染しただけで、この被害木から被害が拡大するリスクは低いと判断された。2024 年度は暖冬時の媒介昆虫の越冬について検討する。

キーワード：マツ材線虫病、高標高地、感染源リスク

## 1 はじめに

これまで各地域で枯れたアカマツの枯死原因を鑑定した結果、県内のマツ材線虫病被害木（以下、被害木）の最高標高は諏訪地域で発生した 1,090m であり、現在、標高 1,100m 以上は防除対象外となっている。しかし、1,100m 以上の高標高地においては枯れたアカマツの中に被害木があるかどうかは不明である。仮に被害木があったとしても、マツノザイセンチュウを保持した媒介昆虫が被害木から発生しなければ、被害は拡散しない。本年度は、標高 1,200m を超える高標高地でドローンによりアカマツ枯死木を探索し被害実態を把握するとともに、標高別で発生した被害木の感染源リスクを被害木から羽化脱出する媒介昆虫と保持線虫種から評価した。なお、本調査は県単課題（令和4年度～令和8年度）により、松本市本郷財産区および松本地域振興局林務課の協力により行った。

## 2 調査方法

### 2.1 被害木の最高標高地点探索

枯損したアカマツ（以下、松枯れ木）を把握するため、マツ材線虫病の激害化が問題となっている松本市里山辺及び三才山地籍の連続したアカマツ林（標高 800m～1,500m）を対象に、中でも高標高域にあたる 1200m 以上でドローン撮影による被害木の探索を行った。ドローンは Mavic 2 Zoom (DJI 社製) を用い、風速 5 m/s 以下の好天時に対地高度を 150m とし、オーバーラップ率は航行上（進行方向前後）で 80%、航行間（進行方向左右）で 60% として撮影した。撮影は 2022 年の当年枯れと年越し枯れの全数被害が出揃うと考えられる 2023 年 5 月末に行った。撮影した画像のオルソ化には、Agisoft Metashape (1.6.5) を用いた。オルソ画像上の松枯れ木のうち、葉の一部または全体が赤色または黄変したアカマツをそれぞれ赤変木または黄変木としてラベリングした。次に、赤変木または黄変木のオルソ画像上の緯度経度を参考に現地調査を行い、高標高側で発生した赤変木または黄変木 13 本から電動ドリル（15mm 刃）により材片を採取し、ボールマン法または DNA 診断キットにより病原体であるマツノザイセンチュウの有無を確認した。

### 2.2 標高別被害木の感染源リスク評価

枯死したアカマツの感染源リスクが標高別で異なるかを調査するため、2019 年から 2022 年までに標高 800m から 1,200m で発生した被害木のうち、カミキリムシ類の幼虫の痕跡であるフラスが見られる幹や枝を枯死確認の翌春に採取して当センターの昆虫網室内に保管し、成虫を発生させて体内の線虫種を調査した。体内線虫種の同定は、(国研) 森林総合研究所東北支所で行った。



### 3 結果と考察

#### 3.1 被害木の最高標高地点探索

ドローンによる松枯れ木探索結果を図-1に、枯死木別のマツ材線虫病鑑定結果を表-1に示す。これまで被害が確認されていた標高1,200mを超える標高で、ドローンにより黄変木と赤変木を確認した。そのうち、標高1,408mの枯死木がマツ材線虫病陽性となり、県内の本病の発生最高標高を更新した。赤変木の状態から、当該木は2022年の年越し枯れ木と考えられた。

#### 3.2 標高別被害木の感染源リスク評価

標高800mから1,200mで発生した被害木のうち、媒介昆虫であるマツノマダラカミキリ（以下、マダラ）またはカラフトヒゲナガカミキリ（以下、カラフト）が羽化脱出した被害木は、標高800mで6本中3本（50%）、1,000mで8本中2本（25%）、1,200mで2本中0本（0%）となった（表-2）。マダラはほとんどの個体がマツノザイセンチュウを保持していた。このことから、標高1,200m以上では、寒冷な気候により媒介昆虫の幼虫が越冬できなかったと推測された。この標高帯の被害木は低標高側で羽化脱出したマダラが飛来して感染したと考えられ、感染源リスクは低いと判断した。ただし、本年のように暖冬だった年は、この標高帯であっても媒介昆虫が越冬し羽化する可能性があるため、2024年度はその可能性について野外調査から明らかにする必要がある。

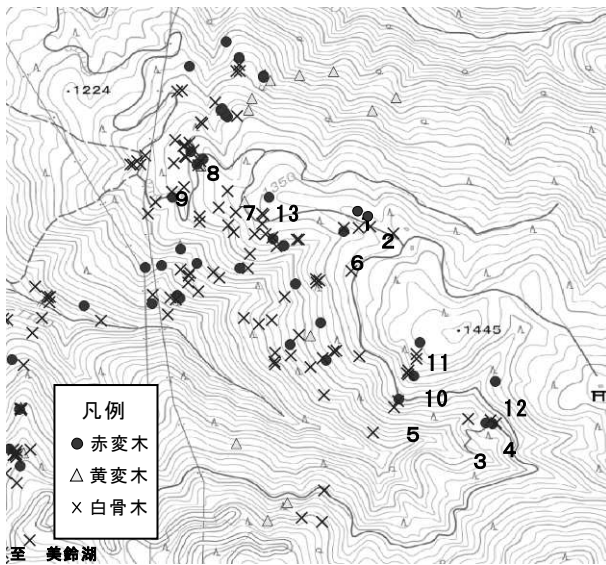


図-1 ドローンによる松枯れ木探索結果

表-1 枯死木別マツ材線虫病の鑑定結果

立木 No.	標高 (m)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	マツ材線虫病鑑定結果 +：陽性、-：陰性
1	1380	20	17	-
2	1380	27	19	-
3	1338	46	22	+
4	1345	24	18	+
5	1360	58	25	-
6	1360	50	23	-
7	1340	48	22	-
8	1310	50	25	+
9	1308	48	24	+
10	1408	32	18	+
11	1430	40	22	-
12	1390	40	25	+
13	1355	35	23	-

表-2 標高別被害木から羽化脱出した媒介昆虫情報

標高(m)	被害木				羽化脱出昆虫			
	枯死確認日	媒介昆虫 幼虫の痕跡	マツ材線虫病 鑑定結果※1	被害木採取日	昆虫種	頭数計 (頭)	初発日	保持線虫種※2 (保持割合)
800	2019.4.24	あり	+	2020.3.13	マダラ	1	2020.7.18	B.x (100)、B.m (0)
	2019.7.24	あり	+	2020.3.13	なし	0	-	-
	2020.8.25	あり	+	2021.4.27	マダラ	1	2021.7.28	B.x (100)、B.m (0)
	2020.9.24	あり	+	2021.4.27	マダラ	62	2021.7.9	B.x (90)、B.m (0)
	2021.4.26	あり	+	2022.4.28	なし	0	-	-
	2021.6.29	あり	+	2022.4.28	なし	0	-	-
1000	2019.7.12	あり	+	2020.3.13	カラフト	1	2020.6.6	B.x (0)、B.m (0)
	2019.7.12	あり	+	2020.3.13	マダラ	2	2020.7.14	B.x (100)、B.m (0)
	2020.8.25	あり	+	2021.4.27	なし	0	-	-
	2020.10.26	あり	+	2021.4.27	なし	0	-	-
	2021.5.31	あり	+	2022.4.28	なし	0	-	-
	2021.8.30	あり	+	2022.4.28	なし	0	-	-
	2022.6.29	あり	+	2023.4.28	なし	0	-	-
2022.7.26	あり	+	2023.4.28	なし	0	-	-	
1200	2022.6.29	あり	+	2023.4.28	なし	0	-	-
	2022.6.29	あり	+	2023.4.28	なし	0	-	-

※1 +：陽性、-：陰性

※2 B.x：マツノザイセンチュウ、B.m：ニセマツノザイセンチュウ

# ニホンジカの季節別生息状況に応じた効率的捕獲の実証

研究期間：令和元年度～5年度

育林部 柳澤賢一

シカの生息密度が低い木曾町新開において、ワナ設置未経験の狩猟初心者が自動撮影カメラを活用してニホンジカをワナ捕獲できるか実証試験を行った。捕獲前30日間にシカ1頭のみ撮影のあった箇所において、ワナ6基を設置したが、シカの捕獲はできなかった。その箇所におけるシカの平均日撮影頭数は0.033頭であったことから、シカの撮影頭数が30日間で1頭程度と少ない箇所では、シカのワナ捕獲は困難と判断された。シカの低密度地域では、農林業被害がある場合でも捕獲ではない方法を検討することが望ましいと考えられ、今後シカの生息密度に応じた対策方法の有効な組み合わせを明らかにする必要がある。

キーワード：ニホンジカ、自動撮影カメラ、日撮影頭数、低密度地域、くくりワナ

## 1 はじめに

長野県において農林業被害額が最も大きいニホンジカ(以下、シカ)は第二種特定鳥獣管理計画に基づき防除対策に加え重点的な個体数調整が進められているが、捕獲従事者の減少やシカの警戒心の高まり等により捕獲頭数が伸び悩んでいる。一方、ワナ猟免許所持者数割合は増加傾向で、ワナによるシカ捕獲頭数は全体の約9割となっている。シカ捕獲頭数の増加を図るためには、ワナによる効率的かつ持続可能な捕獲方法により捕獲を進めるとともに、初心者でも確実に捕獲できる方法を確立することで狩猟者としての定着を図る必要がある。そこで昨年度は、シカの密度が比較的高い塩尻市東山で自動撮影カメラ(ハイクカム SP2、以下、カメラ)を使った効率的捕獲を実証し、カメラの平均日撮影頭数が1.0頭以上であれば狩猟初心者でも捕獲ができることを示した。本年度は、シカの密度が低い地域でカメラデータを活用した捕獲できるか検証するため、木曾町でシカ捕獲実証試験を行った。なお、本課題は県林業大学校の協力により県単課題(令和1～5年度)として実施した。

## 2 方法

### 2-1 カメラ調査

カメラ調査および捕獲者は狩猟免許を取得したばかりの狩猟初心者と、ワナ設置経験のない捕獲者Cとした。調査地はシカの生息密度が低い長野県木曾町新開とし、捕獲箇所選定のため捕獲者がカメラ5台を見回りのしやすい図-1の地点に設置した。カメラは立木の地上1m程度の高さに固定し、獣道と推測される方向に向けた。撮影モードは静止画1枚撮影、撮影感度は中、インターバルは1分とした。カメラは捕獲開始約2か月前の2023年9月25日に設置し、捕獲期間中も継続して作動させた。捕獲開始前30日間の平均日撮影頭数をカメラ別に比較し、ワナ設置箇所を検討した。

### 2-2 捕獲実証

捕獲方法は笠松式足くくりワナ(直径12cm)6基を用いたワナ捕獲とした。ワナを設置する箇所は、カメラの平均日撮影頭数が多い箇所とした。ワナはカメラの画角内または隣接地とし、獣道上に設置した。捕獲実証期間は2023年11月15日から12月14日までの30日間とし、捕獲者が捕獲実証期間中は毎日ワナの見回りを行い、捕獲または誤作動した場合はワナを数m移設することとした。

## 3 結果と考察

### 3-1 カメラ調査

カメラ別のシカの平均日撮影頭数を表-1に示す。捕獲前30日間(2023年10月16日～11月14

日)にカメラ1以外ではシカが写らず、その平均日撮影頭数は0.033頭/日であった。今回のカメラ設置箇所では平均日撮影頭数が1.0頭以上となる箇所はなかったため、撮影頭数は少ないもののシカの撮影のあったカメラ1の周辺を捕獲候補地とした。カメラ1ではわな設置後にシカの撮影がなく、季節移動等の影響が考えられた。

### 3-2 捕獲実証

カメラ1付近においてワナ6基を30日間設置した結果、シカの捕獲はできなかった。カメラ1の平均日撮影頭数0.033頭/日は30日間に1頭だけが写ったという結果であり、このようにシカの撮影が少ない箇所では、シカの捕獲は困難と判断された。本試験地のようなシカの低密度地域では、農林業被害がある場合でも捕獲ではない方法を優先して検討することが望ましいと考えられ、今後シカの生息密度に応じた有効かつ費用対効果の高い対策方法の組み合わせを明らかにする必要がある。

一方、捕獲実証試験後もワナの設置を継続した結果、カメラ1の付近で2024年1月5日にタヌキ1頭を錯誤捕獲した。この捕獲時点から30日前のタヌキの平均日撮影頭数は1.267頭/日であり、シカのワナ捕獲が可能である1.0頭/日を超えていた。このことは、シカに限らず他の獣種でも撮影頭数が1.0頭/日を超えると捕獲できる可能性があることを示唆しており、今後、シカ以外の有害鳥獣の捕獲実証試験や錯誤捕獲を回避するためのカメラ撮影頭数基準を検討する必要がある。

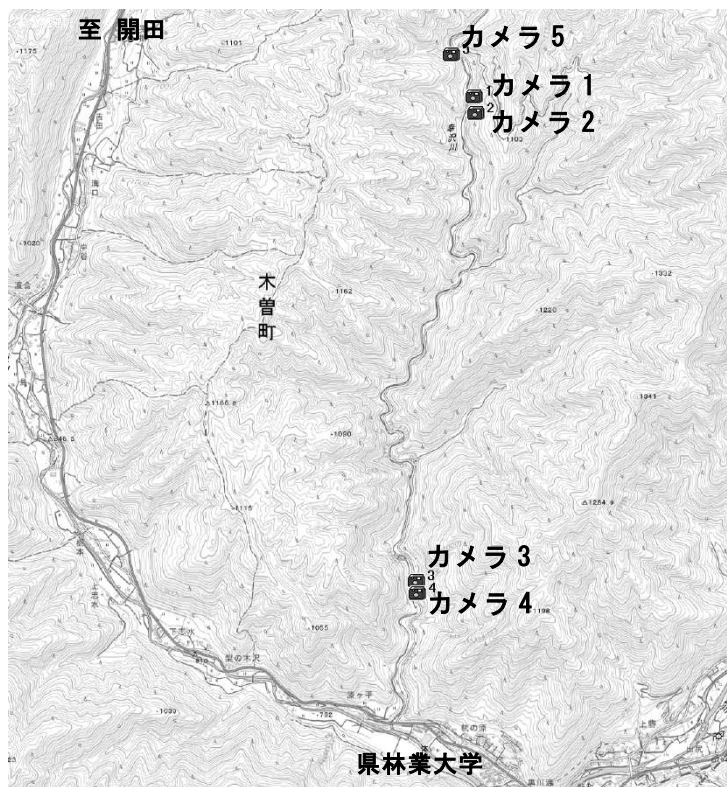


図-1 カメラ設置位置

表-1 カメラ別シカの平均日撮影頭数

カメラNo.	9/25~	10/16~	11/15~	12/15~	1/15~
	10/15	11/14	12/14	1/14	2/14
1	0.047619	0.033333	0	0	0
2	0.047619	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	-	-	-
5	0	0	-	-	-

# 防災教育支援のためのデータ共有技術の確立

研究期間：令和3年度～5年度

育林部 小山泰弘・柳澤賢一

防災上の不安解消の一つとして、市民生活に影響を与えることがあるツキノワグマの出没を捕獲記録で整理し、大量出没の予測に用いている堅果類豊凶調査との関係を整理した。その結果、堅果類豊凶調査箇所が、ツキノワグマが出没した捕獲場所と関係していない事例が認められたほか、出没に伴う捕獲時期が豊凶調査時期よりも早い地域があり、堅果類豊凶調査箇所の見直しや豊凶調査の効果検証が必要と判断した。

キーワード：ツキノワグマ、GIS、堅果類豊凶調査、捕獲

## 1 はじめに

山崩れや洪水などの災害を防止する働きは、森林の公益的機能の中で国民の関心が最も高いが、人的被害を最小限に抑えるためのハザードマップでは、地形や森林の情報はあまり反映されていない。そこで当所では、地形情報を把握したCS立体図等を開発し、防災減災対策として治山事業などで活用してきた。こうした情報を地域で活かすためには、社会教育を含めた支援が必要となり、地域住民の理解を得るための多くのデータ集積と共有が必要である。そこで、令和3年度から5年度にかけて県単研究課題として実施した。

本研究では令和3年度にCS立体図を用いた森林路網の判読を行い、現地との適合性を検証しながら路網データの整備手法を開発し、長野県が行う森林路網DX推進事業へ発展させた。令和4年度は、主伐再造林の適地判定に必要な気象害の影響を情報として整備するため、令和4年に点的で発生した気象害の情報を整理し、地理的情報から将来の被害予測につながらないかを検討した。こうしたことを受けた今年度は、ツキノワグマを対象として、林務部が実施している堅果類豊凶調査の結果と、実際に出没したツキノワグマの捕獲情報との関係を解析した。

## 2 方法

調査は、2010年から2014年までに県内で捕獲されたツキノワグマの捕獲調査票と、同時期に地方事務所林務課が実施した堅果類豊凶調査の結果について、位置情報を統合してその関係を整理した。堅果類豊凶調査については、当時と調査位置が変更された可能性もあることから、2018～2022年の結果も合わせて記録した。

この結果を、県の野生鳥獣保護管理計画で示されている県下8つの地域個体ユニットに区分して情報を整理するとともに、ユニットの範囲が広い場合には、捕獲情報を精査してさらに区分した。

## 3 結果と考察

今回整理した堅果類豊凶調査結果は毎年100件程度が報告されており、今回対象とした2010～2014年と2018～2022年までの10年分で1,174件となった。一方で、2010年から2014年までの捕獲記録は、2014年が大量出没年で640個体の記録があり、5年間の合計で1,701個体となった(表)。

表 調査対象とした堅果類調査と捕獲調査の件数

年	2010	2011	2012	2013	2014	2018	2019	2020	2021	2022	合計
堅果類調査(件)	110	99	121	112	111	119	119	127	125	131	1,174
捕獲情報(個体)	334	239	291	197	640						1,701

整理された情報をまとめた結果、図-1 で示したように、北アルプス北部ユニットの白馬小谷地区では、豊凶調査地が捕獲位置の山側にあり山での堅果類の豊凶と捕獲に一定の関係が予測されると判断できたが、越後三国ユニットの北部地区及び中野山ノ内地区では豊凶調査地が少なく、捕獲地点を反映していないことから、調査場所を見直すことが必要であると判断できた。

また、捕獲時期を地域別に整理したところ、図-2 のように越後三国の北部地区と北アルプス北部ユニットの白馬小谷地区は、堅果類が充実する9～10月の捕獲が過半数を占め、堅果類の豊凶が出没に影響を与える可能性が認められたが、北アルプス南部ユニットの木曾郡地区や南アルプスユニットの下伊那郡地区では7～8月の捕獲が秋を上回り、堅果類の結実前の出没により捕獲されることが多かった。越後三国ユニットの中野山ノ内地区や北アルプス北部地区の大町～松本地区は、両者の中間にあたるなど、地域差があった。この結果から豊凶調査の結果が当年の出没状況とは一致しないところも認められると考えられるため、堅果類の豊凶調査の効果は、出没に合わせた地区別の検証が必要であると判断した。

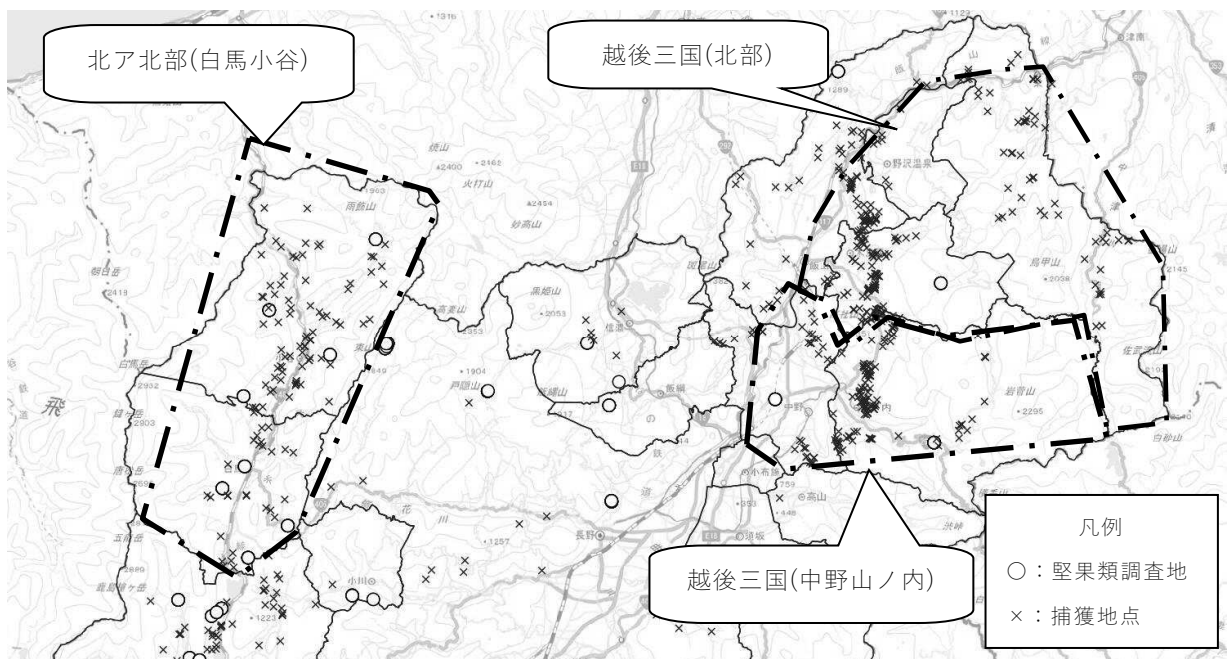


図-1 堅果類豊凶調査地とツキノワグマの捕獲位置との関係

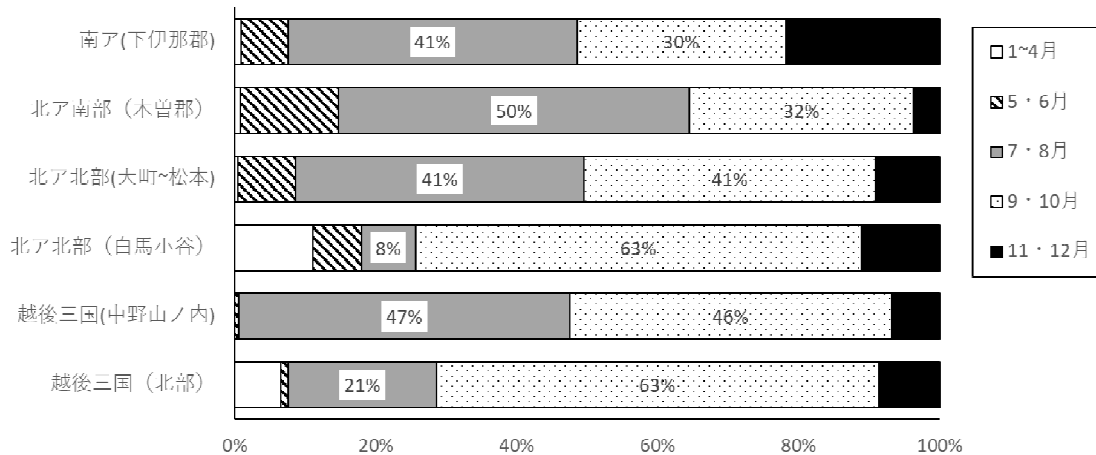


図-2 地域別に見たツキノワグマの捕獲時期割合

# ホンシメジ等の菌床栽培技術の開発

研究期間：令和元年度～5年度

特産部 片桐一弘・古川 仁・増野和彦

ナメコ栽培用大型ビン（容量1,400cc）を用いて、ホンシメジ栽培に適した培地や蓋の種別等を検討するとともに、令和4年度に県内で新たに入手した5菌株の栽培適性について検討した。その結果、広葉樹おが粉を主体とした当所の常法培地を用いて、フィルター付きの蓋を使用した場合、菌まわりが早くなることが示唆された。一方、菌まわりの早かった培地をすぐに発生処理しても、ほとんどの培地で子実体が発生しなかったことから、子実体発生のための最適な培養期間の検討が重要と考えられた。令和4年度に新たに入手した菌株のうち、栽培に適する可能性がある1菌株を選抜した。今後は、子実体発生実績のある菌株を用いて、これらの菌株に最適な培養期間等の栽培管理技術の検討を行う。

キーワード：ホンシメジ、人工栽培、菌床培地、大型ビン、菌まわり

## 1 はじめに

マツタケ等の菌根性きのこの人工栽培は不可能とされてきたが、近年ホンシメジについては菌床栽培技術が一部開発された。しかし、細部にわたる管理、培地調整等が必要とされることから実用化には課題が多い。また、近年のきのこ産地は市場価格の下落により中小規模生産者の経営環境が悪化している。そこで高単価が期待されるホンシメジ及びその近縁種など、高級きのこの実用的菌床栽培技術を開発し、中小規模生産者の経営に資することを目的とする。なお、本研究は令和元～5年度の県単課題として実施した。

## 2 試験の方法

ナメコ栽培用大型ビン（ポリプロピレン製、容量 1,400cc、株式会社千曲化成製、以下「大型ビン」）は、ビン口部が広く、きのこの発生面が大きいことや、発生したきのこがビン壁面に触れることによる変形が少ないと考えられる。また、先行研究<sup>1)</sup>において、大型ビンを使ったホンシメジの菌床栽培事例もあることから、当所では、令和4年度から本格的に大型ビンを用いたホンシメジの菌床栽培試験を開始した。令和4年度は、先行研究<sup>1)</sup>を基に、培地におが粉ではなく、広葉樹チップを用いた試験を行った。その結果、子実体発生が見られた菌株において、子実体発生培地割合（子実体発生培地数/供試培地数×100）が50%に満たないものが多く、全体的に子実体発生状況にバラツキが見られたものの、個体重量が増加するなど優れた特性も確認された。令和5年度も大型ビンに適した培地や蓋の種別等を検討するために、広葉樹おが粉を用いた当所の常法培地による栽培試験を行った。併せて、令和4年度に県内で新たに入手した5菌株の栽培適性について検討した。

主な栽培条件等は以下のとおり。[菌株] 令和4年度に新たに入手した5菌株を含む全11菌株 [培地] 太田<sup>2)</sup>によるものとし、基材の押麦:広葉樹おが粉=2:3（容積比）に、添加溶液を押麦と同体積加えて調整。一ビン当たり概ね550g充填し、表面を軽く転圧した後、中心とその周りに直径10mmの木製の棒を4本立てた。[ビン蓋] フィルター付き又はフィルターの無い2種類の蓋を使用。[滅菌] 120℃で60分間高圧滅菌 [接種] 種菌には、シャーレの寒天培地上で保管されていた菌糸体を、予め上記の培地を用いて、22℃定温で48日間培養したものをを用いた。培地表面及び木製の棒を抜いた穴に、一ビン当たり概ね6g接種 [培養] 22℃に設定した培養室にて、作業時以外は暗黒下で培養。[菌まわり調査] 培養45、62、121日目の計3回実施。培地全面に対して、菌糸体が蔓延した部分の割合を目視にて調査。[覆土] 菌まわり調査62日目以降で、蔓延率100%の試験区の一部又は全部に、pH5.3に調整した滅菌済みのピートモスを、厚さ1cm程度培地上面に敷

き詰めた。その後さらに1週間培養を継続した。[発生]培養終了後、室温15℃、湿度80%以上の発生室に移した。覆土上に幼子実体が認められたとき、蓋を取り除いた。なお、供試培地数は表のとおり。

### 3 結果と考察

菌まわり調査結果及び発生処理培地数を表に示した。最も早く蔓延率が100%となったのは、培養45日目のSW002、HG203、SW002R4Uのフィルター付きの蓋を使用した3試験区であった。培地の種類、一ビン当たりの充填量等が、当所の先行研究とは異なっているものの、当所の大型ビンを用いた試験の中では最も早かった。なお、令和4年度の試験でも使用したSW002においては、約50日間短縮された。

培養62日目には、フィルター付きの蓋を使用した7試験区で蔓延率が100%になり、121日目には全ての試験区で蔓延率が100%となった。一方、フィルターの無い蓋を使用した試験区の菌まわりは、フィルター付きの蓋を使用した試験区に比べ遅く、培養45日目、62日目の蔓延率の平均値には30%近い差が見られた。121日目の時点でも半分以上の菌株において100%に届かなかった。

培養62日目の調査以降に発生処理を行った16培地について、59日間子実体発生量調査を行った結果、令和4年度に新たに入手した菌株である、SW008のフィルター付きの蓋を使用した1培地のみ発生が見られた。発生個数は2個で、生重量は計5.4gと少量であった。なお、121日目以降の発生処理培地の子実体発生量調査、及び残った培地については、継続調査中である。

以上より、大型ビンを使ったホンシメジ栽培では、広葉樹おが粉を主体とした当所の常法培地を用いて、フィルター付きの蓋を使用した場合、菌まわりが早くなることが示唆された。一方、菌まわりの早かった培地をすぐに発生処理しても、ほとんどの培地で子実体が発生しなかったことから、

子実体発生のための最適な培養期間及び菌株特性の検討が重要と考えられた。令和4年度に新たに入手した菌株のうち、栽培に適する可能性がある1菌株(SW008)を選抜した。今後は、子実体発生実績のある菌株を用いて、これらの菌株に最適な培養期間等の栽培管理技術の検討を行う。

表 菌まわり調査結果及び発生処理培地数

菌株名 <sup>*1</sup>	蓋 <sup>*2</sup>	培地数	45日目		62日目		121日目		培地残数
			蔓延率 (%) <sup>*3</sup>	蔓延率 (%) <sup>*3</sup>	発生処理 培地数 <sup>*4</sup>	蔓延率 (%) <sup>*3</sup>	発生処理 培地数		
SW001	F	5	70	90		100	5	0	
	C	3	30	30		80		3	
SW002	F	5	100	100	2	100	3	0	
	C	4	80	95		100	4	0	
SW005	F	5	80	100	2	100	3	0	
	C	4	50	65		85		4	
SW006	F	5	90	100	2	100	3	0	
	C	4	60	70		85		4	
SW007	F	5	70	90		100	5	0	
	C	4	60	65		85		4	
SW008 <sup>**</sup>	F	5	90	100	2	100	3	0	
	C	4	50	55		75	1	3	
HG201	F	5	90	100	2	100	3	0	
	C	4	50	65		85		4	
HG203 <sup>**</sup>	F	5	100	100	2	100	3	0	
	C	4	80	80		100	4	0	
TK001 <sup>**</sup>	F	5	60	80		100	5	0	
	C	4	40	60		90		4	
SW001R4U <sup>**</sup>	F	5	50	50		100	5	0	
	C	3	20	20		85		3	
SW002R4U <sup>**</sup>	F	5	100	100	2	100	3	0	
	C	4	80	100	2	100	2	0	
計・平均	F	55	82	92	14	100	41	0	
	C	42	55	64	2	88	11	29	

\*1 「※」は令和4年度に新たに入手した菌株。\*2 Fはフィルター有り、Cはフィルター無し。\*3 調査区全部の平均値。\*4 調査日以降に覆土し、発生室へ移した培地数。

引用文献 1) 長谷川孝則ほか(2022)ほんしめじ「福島H106号」栽培用培地の検討、福島県林業研究センター研究報告第54号、1-14  
2) 太田明(2005)、菌根性きのこ安定生産技術の開発、林野庁、67-68

# 無菌感染苗木法を利用したマツタケ増産技術の開発と現地実証

研究期間：令和2年度～6年度

特産部 古川 仁・片桐一弘・増野和彦

「豊丘村(施業区)」、「辰野町」、「松川町B」試験地のマツタケ収量は平年比1～26%と非常に少なく、8月後半から9月にかけての降水不足と高温、さらに9月下旬の一時的な地温の上下動による原基形成不良が原因であったと考えた。

実験室内でマツタケ菌に感染したアカマツ苗のシロ拡大試験を行ったところ、接種・播種から概ね2年でシロ状物質が最大直径30cm程度となった。今後は本技術を活用した屋外環境下での試験を行う。

キーワード：気象条件、地温、降水、菌根合成、シロ

## 1 はじめに

近年長野県はマツタケ生産量全国一位を維持しており、全国的にも信州ブランドが確立され始めている。一方マツタケ生産現場では松くい虫被害の拡大、アカマツ林の高齢化による更新の必要性など、持続的な生産には課題が多く、新たなマツタケ増産技術の開発が必要である。

本課題では第1にマツタケ試験地における気象環境と子実体発生の関連を解析しながら、マツタケの生育に適した気象条件を探索する。つぎに実験室内で菌根合成を行い、シロ状物質形成に至った無菌感染苗木を林地移植しながら、移植後の屋外環境でもシロ拡大が期待される順化技術の検討を行う。

なお、本研究は令和2～6年度の国交課題で、信州大学農学部、(独)森林総合研究所、茨城県林業技術センターの協力を得て実施した。

## 2 試験の方法等

### 2.1 マツタケ試験地環境調査

豊丘村試験地、辰野町試験地、松川町B試験地における林内気温(地上10cm)、地温(地下10cm)、降水量の観測及びマツタケ子実体の発生量調査を行った。

### 2.2 無菌感染苗木のシロ拡大化試験

常法により令和4年1月に接種・播種を行い、無菌感染苗木を作製した。その後閉鎖系容器内で育成、シロ状物質形成を確認した苗木31本を、令和5年2月に円筒型ポリ容器(上部開口部直系35cm、高さ34cm)に移植した。移植後は恒温室内の開放系環境で育成を図った。令和6年2月にこれら苗木の樹勢が良好なもの2本の地下部観察を行った。

## 3 結果と考察

### 3.1 マツタケ試験地環境調査

表-1に各試験地のマツタケ発生状況を示す。全ての試験地で「本数」「生重量」「個重」は平年を下回り、とくに「本数」は平年比1～26%と大きく下回った。この原因は、令和5年8月中旬以降の気象状況が原因であったと考えられ、一例として図-1に辰野町試験地の気象状況を示し以下考察する。

辰野町試験地の初収穫日は10月19日と、平年(H.23～R.2)の9月28日に比べ3週間遅かった。これは、①8月後半から9月にかけての降水不足、②同時期の高温、③9月26日の一時的な地温低下(16.8℃)とその後の地温上昇といった気象環境が原因と考えられる。前述の①②はシロの原基形成を阻害し、③はようやく生じた原基を死滅に誘引した可能性が高いと考えられる。10月に入るとある程度のまとまった降水があり、地温もようやく低下したが、10月中旬以降は再び少雨状態となり、地温低下は進行することで原基形成の適期が終了し期間を通じ不作となったと考えた。また晩夏から秋季(8/15～10/31)にかけて降水が極端に少なく(辰野町試験地：平年比



27%)、このことによりかろうじて発生に至った子実体も生育できず、収穫されたものも個体重量が軽い、小ぶりなものが多くなったと考えられた(表-1)。

### 3.2 大型シロ作製試験

掘りとった2本の苗木地下部にはどちらも高さ7~10 cm、最大直径約30 cmのシロ状物質が形成されていた(写真-1)。円筒形ポリ容器移植時(令和5年2月)には直径約7 cm程度であったことから、外側に向かい約13 cm/年 拡大したと推定され、一般的な屋外でのシロ成長速度(10~15 cm/年)にほぼ匹敵していた。なお、シロ状物質は目視観察からはマツタケ菌糸体塊と判断したが、今後遺伝子解析に供する。

表-1 試験地等のマツタケ発生状況

試験地	豊丘村						長野県生産量 (t)
	対 照 区			施 業 区			
	本数 (本)	生重量 (g)	個重 (g)	本数 (本)	生重量 (g)	個重 (g)	
年度							
R.元	6	200	33	15	800	53	
2	21	1,490	71	275	15,110	55	
3	42	1,900	45	222	11,960	54	
4	29	1,570	54	322	16,580	51	
5	2	70	35	24	880	37	
平年値*	42	2,213	53	202	10,649	53	

試験地	辰野町			松川町B			長野県生産量 (t)
	本数 (本)	生重量 (g)	個重 (g)	本数 (本)	生重量 (g)	個重 (g)	
	年度						
R.元	6	274	46	27	1,662	62	6.9
2	4	242	61	92	9,448	103	8.6
3	64	4,105	64	164	14,331	87	31.8
4	17	1,253	74	218	14,445	66	22.6
5	4	163	41	1	83	83	1.6(速報値)
平年値*	16	760	49	98	8,208	84	23.7

\* H.23(2011)~R.2(2020)10年間の平均値

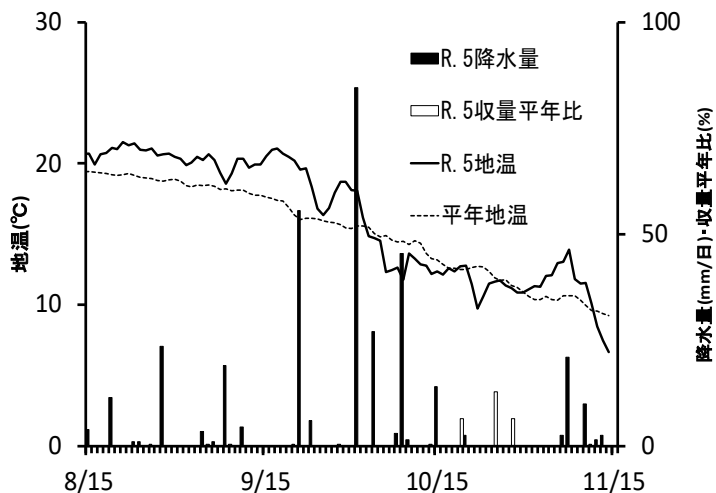


図-1 辰野町試験地の気象状況とマツタケ収量

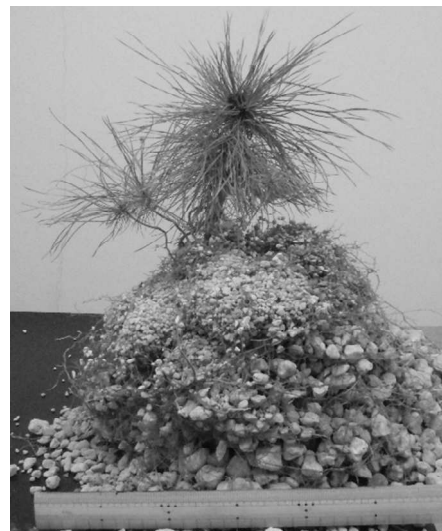


写真-1 苗木地下部に形成したシロ状物質

# 林地残材の精油利用と新たな活用法の開発

研究期間：令和3年度～7年度

特産部 加藤健一・古川仁

当センターが開発したドラム缶式精油採取装置は、他の同容量の精油抽出装置と比べ発生する水蒸気量が少ないため、この要因と精油特性（収量と構成成分）の関係について確認する必要がある。そこで、ヒノキ材とカラマツ枝葉を原料とし水蒸気量と精油特性の関係について試験を行った。その結果、水蒸気量が少なくても収量には影響がなく、また、ヒノキ材では水蒸気量が少ない蒸留では $\alpha$ -ピネンの成分が多くなるなど成分的な差が確認され、今後、他の樹種を含め更に詳細な関係性を解明していく。

キーワード：林地残材、針葉樹精油、水蒸気蒸留法、ドラム缶

## 1 はじめに

当所では、伐採現場の枝葉等林地残材から精油を採取し、新たな特用林産物として活用するため、簡易な精油採取装置（以下、ドラム缶式装置）を開発した。

一般的に水蒸気蒸留法で必要な水蒸気量は、「仕込み原料の重さ分」と言われているが、ドラム缶装置の水蒸気量は少なく、ドラム缶一杯分のヒノキ材を5時間蒸留する際の水蒸気量は仕込み原料の1/2以下、同様にカラマツ枝葉（4時間蒸留）では1/3以下である（表）。しかしながら、他の精油抽出装置と比較してドラム缶装置の精油収率は低い。

そこで本研究では、同一装置で仕込み量や水蒸気量を変えて抽出試験を行い、水蒸気量と精油抽出量の関係、及び水蒸気量と構成成分の関係を検証した。

なお、本研究は国交課題（令和3～令和7年度）として実施した。

## 2 試験の方法

カラマツ枝葉（塩尻市産・試験①）とヒノキ材（京都府産・試験②）を原料とし、チップパー機で粗粉碎した各試料について、単位重量当たりの水蒸気量を変えて各4回精油抽出試験を行った（表）。精油抽出にはドラム缶式装置（電気式）と、より多くの水蒸気を発生できるドラム缶式装置（薪焚き・ボイラー式）を使用し、精油抽出にはオイルセパレーターを用い、1時間毎に精油採取量を測定し、抽出した精油に含まれるテルペン類を森林総研樹木抽出研究室がガスクロマトグラフィー質量分析装置を用いて分析した。また、各サンプルについて、生薬試験法に基づき精油定量装置を用いて定量し、成分分析を行った。

## 3 結果と考察

### 3.1 水蒸気量と精油抽出量の関係

精油抽出結果を表に示した。カラマツ枝葉（①）については、水蒸気量が仕込み原料の1/3以下の抽出（①-1）の精油収率は3.0mL/kgで、その2.6倍の水蒸気量の抽出（①-2）の精油収率2.5mL/kgより2割多かった。ヒノキ材（②）については、水蒸気量が仕込み原料の1/2以下の抽出（②-1）の精油収率は10.4mL/kgで、その2倍強の抽出（②-2）の精油収率11.1mL/kgより7%少ない。

表 原料別、水蒸気量別の精油抽出量の比較

区分	原料	蒸留器(L) 熱源 容量	抽出 時間 (h)	仕込量		水蒸気 量 (L/kg)	精油 抽出量 (総量mL)	精油 収率 (mL/kg)	備考
				材(kg)	水(L)				
試験 ①	カラマツ 枝葉	200 電気 (200V 3kw)	4	41.3	35	0.32	124.4	3.0	①-1
				15.8		0.83	39.7	2.5	①-2
試験 ②	ヒノキ 材	200 電気 (200V 3kw)	5	36.2	45	0.42	375	10.4	②-1
				23.3		0.87	259	11.1	②-2

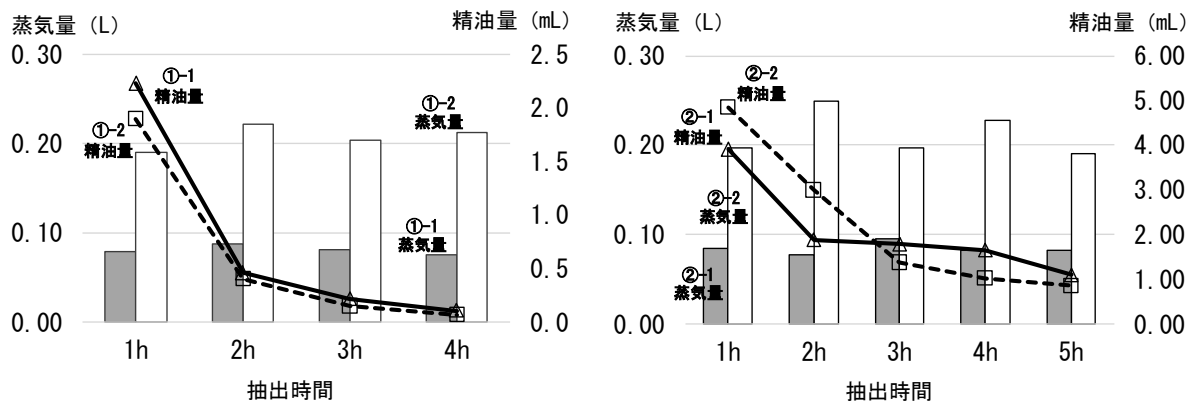


図-1 仕込み材料 1kg 当りの水蒸気量と精油抽出量の関係

かったが、概ね同等だった。

### 3.2 精油構成成分の比較

カラマツ枝葉精油の抽出時間毎の成分組成は、多少のバラツキはあったが精油全量では概ね一致した。一方ヒノキ材では、水蒸気量が少ない②-1は、分子量が小さい成分（ $\alpha$ -ピネン）の成分が多く、分子量が大きい成分の成分が少ない傾向が、精油全量及び全ての抽出時間において確認され、精油の構成成分に特徴的な違いがみられた（図-2）。

なお、定法に従い定量器を用いて抽出した各精油成分を分析した結果、各原料間における成分組成の違いはほとんど無かった。

### 3.3 まとめ

今回の試験の結果から、カラマツ枝葉とヒノキ材では水蒸気量の精油収率への影響は確認されなかった。また成分組成では、分子量が小さく揮発性の高い成分が主体のカラマツ精油では、水蒸気量の違いによる構成成分の大きな差はみられなかったが、ヒノキ材精油では水蒸気量が少ない②-1では分子量が小さい成分である $\alpha$ -ピネンの量が多く、水蒸気量が多い②-2では分子量が大きい成分の量が多いなど、精油の構成成分の違いが確認できた。

今後、他の樹種を含め更に詳細な関係性を解明したい。

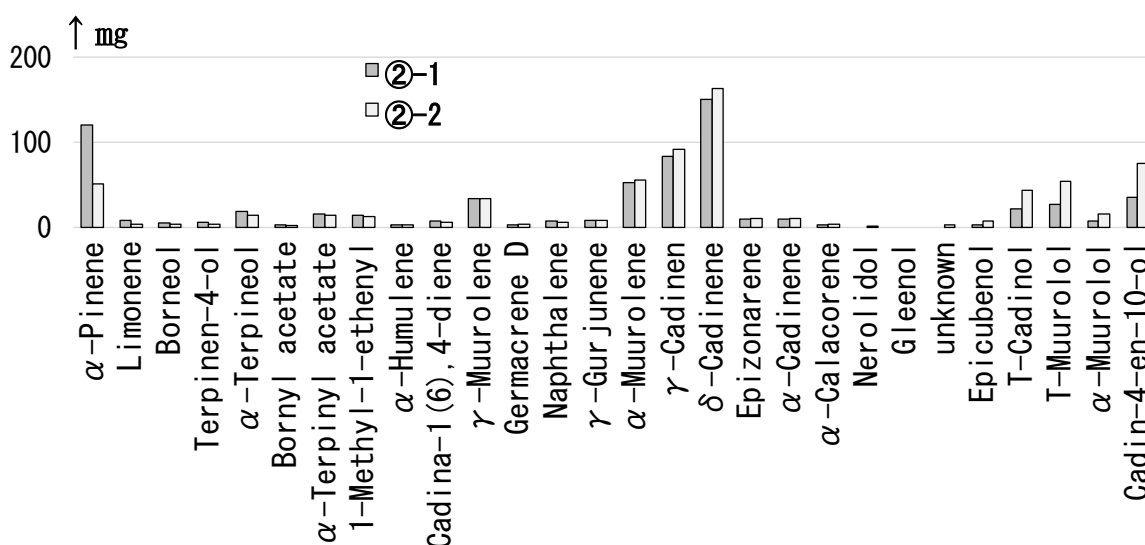


図-2 ヒノキ材精油の成分構成量の比較（精油全量）

# 新たな時代に対応した持続可能なシイタケ生産技術の開発

研究期間：令和5年度～9年度

特産部 片桐一弘・加藤健一・増野和彦

【原木シイタケ】原木に菌糸体が蔓延するほど化を、簡易的に判断（見える化）する技術の開発を目指し、ほど木の軟化とほど化及び子実体発生との関係を調査した。その結果、ほど化が進むとほど木が軟化することが確認できた。また、ほど木の軟化の程度により、子実体発生量を推定できる可能性が示唆された。

【菌床シイタケ】ビン栽培に慣れた本県の菌床きのこ生産者が、既存栽培施設を活用して菌床シイタケを栽培できるよう、現在袋栽培されている菌床シイタケのビン栽培技術の開発を目指し、高収量かつ短期栽培に適性のある菌株の選抜試験を行った。その結果、当所の先行研究においてビン栽培への適性が高いとされていた市販品種（チクマッシュCS-202）1菌株を選抜した。今後は、本品種を用いて、ビン口からシイタケがより発生しやすい栽培技術を検討する。

キーワード：原木シイタケ栽培、菌床シイタケ栽培、ほど化、ピロディン、ビン栽培

## 1 はじめに

持続可能な里山の地域資源（コナラ等の広葉樹）を活用した原木・菌床シイタケ生産は、山村地域の重要な産業である。一方で、生産者の高齢化による後継者不足や重い原木を扱う重労働であること、袋栽培より効率的なビン栽培技術の確立など様々な課題がある。そこで、原木及び菌床シイタケ栽培の既存栽培方法を見直すとともに、新たな技術を導入し、労度負荷軽減及び効率的な栽培技術を開発し、持続的な地域産業の振興を図ることを目的とする。なお、本研究は県単課題（令和5～9年度）、及び株式会社千曲化成との技術協力（令和5年度「菌床シイタケのビン栽培に適した品種選抜」）として実施した。

## 2 試験の方法

### 2.1 原木シイタケ栽培におけるほど化の見える化技術の開発

シイタケ菌糸体が原木の栄養分を分解・吸収しながら原木内に蔓延することをほど化という。このほど化を適切に進めていくことが、原木シイタケ栽培にとって非常に重要である。ほど化状況の判断は、積算温度やほど木の重量減少率を目安にしたり、ほど木を切断し断面を観察するなどの方法があるが、データの収集や経験則が必要であり、栽培初心者等には難しい。そこで、簡易的にほど化状況を判断（見える化）する技術の開発を目指す。本試験では、ほど木の軟化とほど化及び子実体発生との関係を調査した。以下に主な栽培等の条件を示す。[植菌～本伏せ] 令和5年2月に太さの異なる2種類（平均末口径：細物区7.2cm、太物区8.7cm）のコナラ原木に植菌し、ビニールハウスで仮伏せ後、人工ほど場で本伏せ[使用品種] 秋山種菌A-511号、富士種菌F818の2種[軟化調査] ピロディン（エフティーエス株式会社製）を用いたピンの貫入値を3回（仮伏せ終了時、本伏せ中、浸水前）調査[浸水発生] 令和5年10月に浸水操作を行い、子実体発生状況を調査した。各試験区の供試数は10。

### 2.2 菌床シイタケのビン栽培において高収量かつ短期栽培に適性のある菌株選抜試験

ビン栽培に慣れた本県の菌床きのこ生産者が、既存栽培施設を活用して菌床シイタケを栽培できるよう、現在袋で栽培されている菌床シイタケのビン栽培技術の開発を目指す。菌床シイタケのビン栽培においては、当所の先行研究より、一ビン当たりの収量の増加や、栽培期間の短縮が課題となっている。そこで本試験では、株式会社千曲化成の開発育成中の菌株等を用いた、高収量かつ短期栽培に適性のある品種選抜を行った。主な栽培条件を以下に示す。[培地・容器] 広葉樹おが粉：フスマ＝10：2（容積比）。ナメコ栽培用広口ビン（PP製、800cc）[菌株] 開発育成中菌株8、市販品種2の計10菌株[培養] 19-20℃定温。期間は70又は90日間[発生管理] 室温13～16℃。菌株毎に子実体の1番発生が終了した後、室温20～21℃の休養室にて10日間休養。休養後は再び

発生室へ移動し、2番発生を収穫、同様に3番発生まで収穫。調査期間90日間。供試数は12。

### 3 結果と考察

#### 3.1 原木シイタケ栽培におけるほだ化の見える化技術の開発

全ての試験区で仮伏せ終了時から浸水時にかけてピロディン貫入値が増加していた(図-1)。なお、浸水前の、各品種の細物、太物区間に有意差(t検定、 $p < 0.05$ )は見られなかった。次に、A-511の太物区におけるピロディン貫入値と子実体発生量との関係を図-2に示す。この両者の間には正の相関関係が確認された。同様の傾向は、F818の2区でも確認された。

以上より、ほだ化が進むとほだ木が軟化することが確認できた。一方、ほだ木の太さは軟化に影響を及ぼさないことが示唆された。また、ほだ木の軟化の程度により、子実体発生量を推定できる可能性が示唆された。今後は、さらに検証を重ねるとともに、ほだ化を簡易的に判断できる技術の開発を目指す。

#### 3.2 菌床シイタケのビン栽培において高収量かつ短期栽培に適性のある菌株選抜試験

70日培養の子実体発生量調査結果を図-3に示す。生重量が最も多かったのは、菌株10の121g/ビンであり、2番発生までに全て発生していた。なお、1番発生のみでは、全体の66%となる80g/ビンであった。個数も3.6個/ビンと最も多く、菌株3を除く他菌株間で有意差が見られた。また、菌株10は子実体形状が、他菌株に比べ良好なものが多かった。なお、90日培養も、70日培養と概ね同様の傾向であった。

以上より、二つの培養区において良好な子実体発生状況であった菌株10が、高収量かつ短期栽培への適性が高いと考えられた。なお、菌株10は当所の先行研究において、ビン栽培への適性が高いとされている市販品種(チクマッシュ CS-202)であった。今後は、本品種を用いてビン口からシイタケがより発生しやすい栽培技術を検討する。

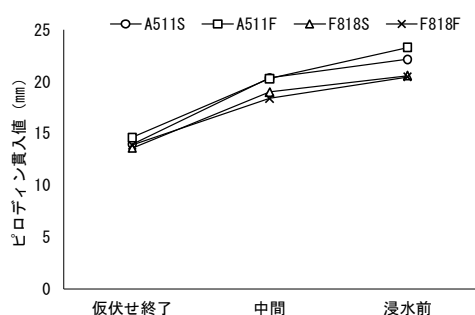


図-1 仮伏せ終了時から浸水前までのピロディン貫入値の推移

注) 凡例のSは細物区、Fは太物区。各試験区はほだ木10本の平均値。各ほだ木は3箇所測定した平均値。それぞれ近接箇所を3回測定。

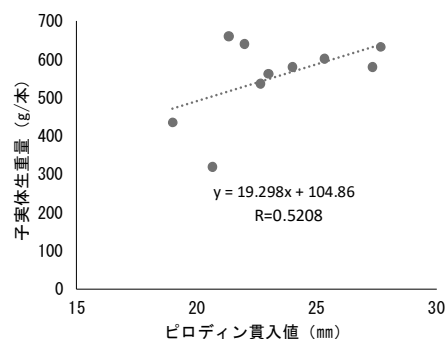


図-2 ピロディン貫入値(浸水前)と子実体生重量の関係(A-511F)

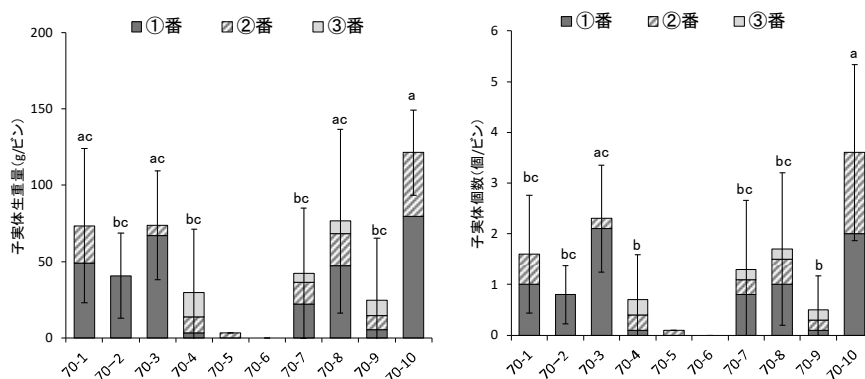


図-3 高収量・短期栽培に適性のある菌株選抜試験子実体発生量調査結果(70日培養)

(左図:生重量、右図:個数)

注) 異なるアルファベットは有意差があることを示す(Tukey-Kramer法、 $p < 0.01$ 、ただし個数の菌株3、4間のみ $p < 0.05$ )。垂線は標準偏差を示す。菌株5及び6は発生ビン数が少なかったため、統計処理から除外した。

# 里山の土地利用を活性化する山菜類の増殖

研究期間：令和4年度～8年度

特産部 加藤健一・片桐一弘

一般的なタラノメ露地栽培では収穫後、地際で幹を切り返し、幹は利用せず廃棄する。そこでタラノメの収穫量を増やすため、切り返した幹を活用し「ふかし栽培」を実施した。その結果、収穫まで約1ヶ月の期間を要し、5月中旬にタラノメを収穫できたが、その形状は良好でなく小ぶりだった。しかしながら近年、長野県内での露地栽培及び天然採取のタラノメの出荷時期が早まっていることから、形質が良好なタラノメを収穫する手法が確立されれば、栽培手法の選択肢の一つになり得ると考えられた。

キーワード：タラノキ、タラノメ、幹の切り返し、ふかし栽培

## 1 はじめに

タラノメ露地栽培で出荷できる新芽は、主に頂芽と副芽(写真-1)であり収穫量は限定的である。

一般的なタラノメ露地栽培では収穫後、地際で幹を切り返し(写真-2)萌芽更新により新たな幹を仕立て、切り返した幹は利用せず廃棄する。

しかしながら、幹には多数の側芽(写真-1)があり、この側芽がタラノメとして出荷できれば、収穫量の増収が見込まれる。

そこで本試験では、切り返したタラノキ幹をタラノメふかし栽培用の穂木(写真-3)として利用するタラノメ栽培を試みた。

なお、本研究は県単研究課題(令和5～令和9年度)として実施した。

## 2 試験の方法

### 2.1 タラノメふかし栽培

タラノメふかし栽培とは、畑等で育てたタラノキを晩秋の落葉後に地際から切断して穂木を調達し、これを一芽毎に切断して挿し穂(写真-4)を作り、冬季間、加温したビニールハウス内で水耕栽培してタラノメを収穫する促成栽培が一般的である。本研究もこの方法に準じて行った。



写真-1 タラノキの頂芽、副芽、側芽



写真-2 地際から幹を切り返した状況

写真-3 切り返した幹(穂木)

写真-4 一芽毎に切断した「挿し穂」

## 2.2 幹の切り返しと挿し穂の調整

タラノメ（頂芽と副芽）収穫後、長野市の圃場で2023年4月9日から4月15日にかけて幹の切り返しを適宜行い、穂木として日陰で保管した。

4月15日、丸鋸を用い側芽が挿し穂の最上部になるよう一芽毎穂木を切断した。

挿し穂は、セルトレイ（30 cm×30 cm、36セル）のセルに詰めて立たせ、径の小さな挿し穂は2本又は3本を1つのセルに詰めて立たせた。

挿し穂を挿したセルトレイ6枚をプラスチック製のトレイ（100 cm×60 cm×30 cm）に入れ、水耕栽培を行った。なおトレイの設置場所は屋外の良好な光環境下で、トレイの水は水深が5 cm程度となるよう3～4日毎に給水、水替えした。

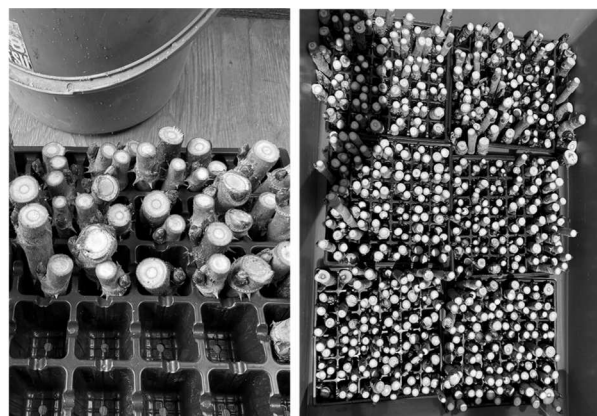


写真-5 セルトレイに立たせた穂木（写真左）

写真-6 セルトレイ6枚を入れたトレイ（写真右）

## 3 結果と考察

栽培開始から約1ヶ月後の5月14日にタラノメを収穫し、その状況を写真-7～9に示した。

収穫したタラノメの重量は1芽当たり4～5g程で、露地栽培の頂芽と比較すると1/4以下程度となった。また芽の形状は、太ることなく葉が展葉し、良好でなかった。

早春の3月頃に出荷される通常のふかし栽培のタラノメは、露地栽培のタラノメより早期に市場に出るため、芽が小さくても春を先取りした商品として市場性が高い。一方、今回試験したふかし栽培のタラノメは、露地栽培のタラノメ終了後の収穫となり、その市場性が課題である。

しかしながら近年は、長野県内での露地栽培及び天然採取のタラノメの出荷時期が早まり、春の大型連休期間中に十分に供給ができない状況が多い。このことから形質が良好なタラノメを収穫する手法が確立されれば、栽培手法の選択肢の一つになり得ると考えられた。



写真-7 水耕栽培中のタラノメ  
生育状況



写真-8 収穫状況  
(102g/20芽=5g/1芽)



写真-9 収穫適期を逃したタラノメ

# 美味しさを基準とした栽培きのこの流通・保存技術の開発

研究期間：令和4年度～6年度  
特産部 増野和彦・古川 仁

味認識装置による味分析を活用することで、美味しいナメコの生産技術の開発を図り、以下の結果を得た。

①野生株の栽培試験によって得られた子実体の味分析結果から、評価基準に最も適合する菌株を1系統選定した。次年度以降の官能評価の対照候補に加える。②家庭用冷凍庫相当の-20℃で冷凍保存した子実体を味分析に供したが、美味しさ向上の明確な傾向を認めることはできなかった。次年度に再検討したい。③モズク製造残渣を1ビン当り10g添加することで1番収量及び総収量が増加した。また、モズク製造残渣を1ビン当り10g及び50g添加することで得られた子実体の旨味値が増加した。これらにより、美味しいナメコの生産技術として培地材料にモズク製造残渣が活用できる可能性が示唆された。

キーワード：ナメコ、菌床栽培、味認識装置、冷蔵、冷凍

## 1 はじめに

味認識装置による味分析の手法を活用し、美味しく食べるための流通・保存方法を主に開発する。合わせて、新たな遺伝資源の収集と優良素材の選抜、美味しいきのこの生産技術の開発を行う。これにより、きのこの消費を拡大し、地域のきのこ産業の発展に資する。なお、本研究は一般社団法人長野県農村工業研究所（以下、農工研）からの受託課題（令和4年度～令和6年度）として実施したものである。

## 2 試験の方法

### 2.1 遺伝資源の収集と旨味による選抜

#### 2.1.1 遺伝資源の収集と保存

群馬県みなかみ町及び長野県内でナメコの遺伝資源を収集した。

#### 2.1.2 食味及び旨味成分による選抜

味認識装置により数値化したナメコの味を基準として「美味しい」ナメコの育種素材の選抜を図った。前年度に収集したナメコ野生株15系統について、ナメコ市販株1系統及び過去に選抜した野生株4系統を対照に菌床栽培試験を行い、生産効率上位の系統を一次選抜した。また、選抜した系統の子実体を味認識装置による味分析用試料として農工研へ送付した。菌床栽培方法及び味分析の概要は、以下のとおりである。培地組成；ブナおが粉：フスマ=10：2（容積比）、含水率65%、培養；20℃75日間、収穫；14℃、収穫調査；個数、収量、収穫所要日数、収穫子実体；-60℃で凍結後農工研へ送付。味認識装置による味分析：農工研保有「味認識装置 TS-5000Z」（株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー製）を用いた（以下のナメコ栽培・味分析も同様）。

### 2.2 美味しく食べるための生産・流通・保存方法の開発

#### 2.2.1 美味しくする冷凍技術の開発

冷凍時間と味分析；林業総合センターで菌床栽培したナメコ子実体について、家庭用冷凍庫相当の-20℃での冷凍期間（品種N008：23日間、27日間、40日間、品種N009：21日間、30日間、36日間、40日間）と味分析値の関係を検討した。

#### 2.2.2 美味しさを増す生産技術の開発

農産物残渣の活用；モズク製造残渣（以下、モズク）の培地添加量（1ビン当り0g、10g、50g、100g）と栽培で得られた子実体の味分析値の関係を検討した。

## 3 結果と考察

### 3.1 遺伝資源の収集と旨味による選抜

#### 3.1.1 遺伝資源の収集と保存



群馬県みなかみ町及び長野県内でナメコ野生株4系統を収集し、分離・培養して保存に供した。

### 3.1.2 旨味成分による選抜

栽培試験の結果に基づき、生産効率上位の4系統（木島平ナメコC-1、カヤの平ナメコD-1、カヤの平ナメコD-2、小谷ナメコE-1）を一次選抜した。一次選抜した系統の子実体を農工研に送付して味分析に供した。味分析の結果を図-1に示した。「苦味雑味値が小さく旨味値が大きい」ことを基準に比較すると、小谷ナメコE-1が最も良い素材であった。

## 3.2 美味しく食べるための生産・流通・保存方法の開発

### 3.2.1 美味しくする冷凍技術の開発

味分析の結果を図-2に示した。-20℃での冷凍期間が長くなる程、子実体の細胞壁が破壊され、旨味が多く浸出することを予想したが、一定の傾向が両品種とも見られなかった。

### 3.2.2 美味しさを増す生産技術の開発

栽培試験の結果を図-3に、味分析の結果を図-4に示した。培地へのモズク添加量が1ビン当たり10g区で1番発生量の収量及び総収量が無添加区に対して増加した。また、10g添加区、50g添加区で旨味値が無添加区に対して増加した。

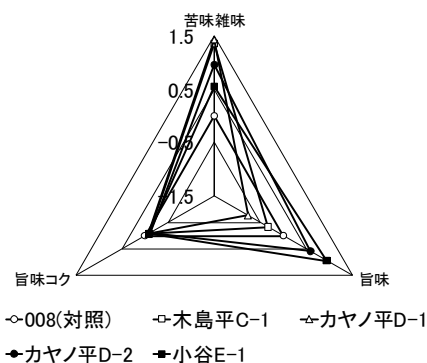


図-1 野生株の味分析結果（N008を0とした値に換算）

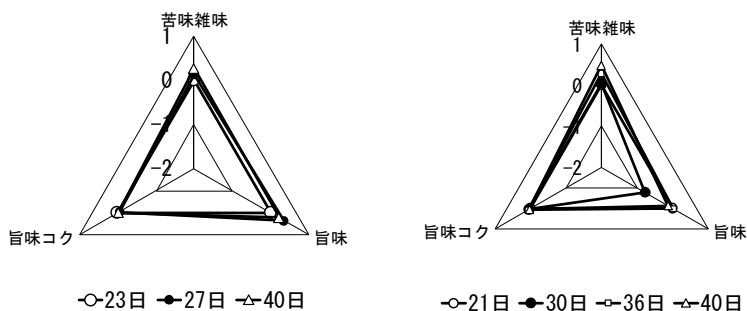


図-2 冷凍（-20℃）日数と味分析結果  
（左：品種N008、23日を0とした値に換算、右：品種N009、21日を0とした値に換算）

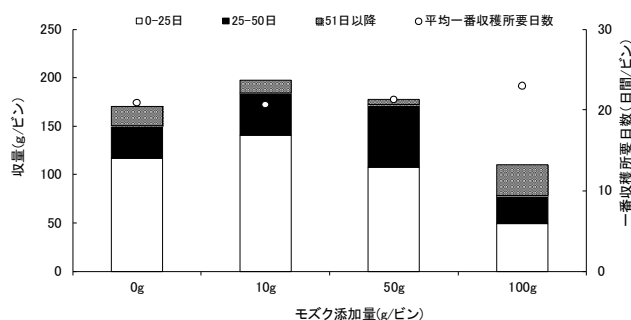


図-3 培地へのモズク添加効果の検討  
（品種N008）

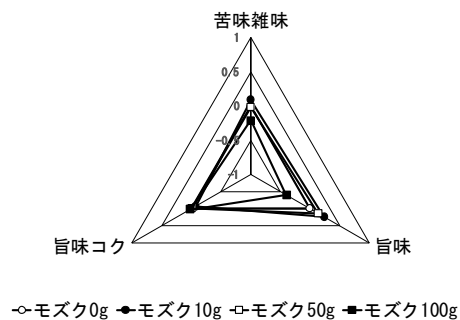


図-4 培地へのモズク添加量と味分析結果  
（品種N008、0g添加を0とした値に換算）

# マツタケ等有用菌根菌増殖に関する現地適応化調査試験（1）

## -マツタケ-

研究期間：令和2年度～6年度  
特産部 古川仁・片桐一弘

令和5年の松川町A試験地におけるマツタケ収量は平年比19%と非常に少なく、8月下旬から9月にかけての少雨、高温による子実体形成不良が原因であったと考えた。

無菌環境下でマツタケ菌に感染させた苗木（無菌感染苗、共生苗）は、林地移植後のシロ拡大に課題がある。この解決には多種多様な環境下における順化試験が重要であり、新たな試験地確保のため適地調査を行い令和6年における移植準備を進めた。

キーワード：気象条件、降水、地温、感染苗木

### 1 はじめに

さらなるマツタケの増産技術開発のため、子実体発生に関与する気象環境因子などのデータ収集を県内各地の試験地で継続的に行っている。これら試験地はデータ収集のみではなく、林業普及指導員等がマツタケ増産に関する技術普及発信の場となることも想定し、設定している。

無菌環境下でマツタケ菌を感染させたアカマツ苗木（無菌感染苗、共生苗）によるマツタケ山造成には、林地移植後のシロ拡大が課題である。課題解決には多様な環境下への多くの移植試験が必要であり、現在移植試験を進めると同時に新たな試験地確保も進めている。

本研究は、長野県特用林産振興会との共同研究（令和2～6年度）として実施した。

### 2 試験の方法

#### 2.1 気象観測と発生状況

県内3地点（上田市、松川町A、松本市）にマツタケ試験地を設定し、試験地内の気温（地上高10cm）、地温（地中10cm深）、降水量（松本市試験地のみ）の測定と子実体の発生状況調査を行った。なお松川町A試験地の降水量は、約200m離れた松川町B試験地における観測値を用いた。

#### 2.2 無菌感染苗（共生苗）の林地移植予定地の林況調査

無菌感染苗の移植候補地の現地調査（林況・地況調査）を行った。

### 3 結果と考察

#### 3.1 気象観測と発生状況

松本市及び上田市試験地は試験地内も含めマツ材線虫病によるアカマツの枯損が多く、とくに松本市試験地は枯損木も多く、子実体発生は平成29年の発生（数量1本、生重量64g）を最後にその後確認できていない。このことから松本試験地では平成28年以降は無菌感染苗の移植を進め、苗木の生育経過観察を行うと同時に、気象データの収集を継続している。

表-1には直近5年間に子実体発生がみられた上田市、松川町A試験地の状況を示す。松川町A試験地の本年の子実体収穫本数は20本と、平年（H.23～R.2）比19%と非常に少なかった。収穫期間は10/15～11/4（平年：9/30～10/25）と、初収穫が例年に比べ遅れたことから、収穫期間も短くなった。これらの要因は8月下旬から9月にかけての降水量が90mm（平年値232mm）と非常に少なく、かつ同期間の平均地温も21.0℃（平年値19.7℃）と高温であったことから、子実体発生に適した条件が確保されなかったためと考えた。ちなみに9月の高温、少雨が特徴であった令和元年の収穫状況も令和5年と似ていた。なお令和5年は10月に入ると一定の降水があり、地温も平年並み以下となったことからようやく10/15が初収穫となった。その後も地温はほぼ平年並み程度で推移したが、10月前半にあった降水は中旬以降11/7までなく、発生環境としては必ずしも適切で

はなく、発生量は低調となった。

### 3.2 無菌感染苗（共生苗）の林地移植予定地調査

下伊那郡喬木村の移植候補地を調査したところ、地質地形は花崗岩母材の急峻地で、候補地周辺では過去から現在にかけてもマツタケが発生していることから、マツタケ菌の生育には適していると考えられた。さらに苗木育成に必要とされる光環境も確保されていることから、苗木移植に適していると判断した。今後地元関係者と協議の上、令和6年度に苗木を移植し、順化技術の検証等を行う。

表-1 マツタケ試験地の子実体発生状況

試験地名	年	旬別子実体発生本数（本）									子実体発生量合計	
		9月			10月			11月			本数(本)	生重(g)
		上	中	下	上	中	下	上	中	下		
上田市	元										0	0
	2				3			1			4	320
	3										0	0
	4										0	0
	5										0	0
	平年値*			5	2	5		1			2	147
松川町A	元				3	5	11				19	1,107
	2				9	115	18				142	6,971
	3		101	63	10			6			180	11,588
	4		1	65	138	28					232	10,981
	5				5	14	1				20	836
	平年値*		31	62	45	29	12	5			107	5,830

\* H.23(2011)～R.2(2020)10年間の平均値

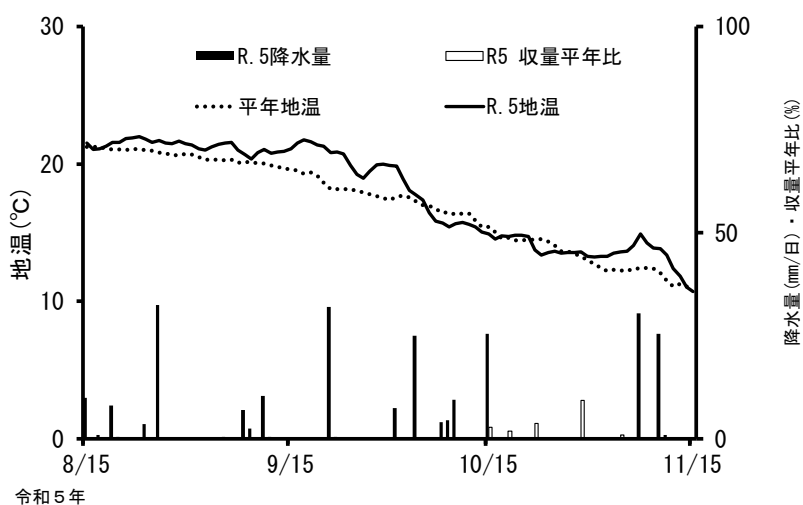


図-1 松川町A試験地における気象状況とマツタケ収量

# マツタケ等有用菌根菌増殖に関する現地適応化調査試験（2） ーハナイグチ・ホンシメジー

研究期間：令和2年度～6年度  
特産部 片桐一弘・古川仁・加藤健一・増野和彦

ハナイグチの試験地における子実体発生状況は、諏訪は豊作、辰野・安曇野は平年並み以上であった。諏訪は、ハナイグチの発生刺激温度とされる地温が17.5℃になった9月24日の前30日間の降水量が、平均の半分（49%）程度と少なかった。この期間の降水量が少ないことは、子実体発生量の増加に関連していると考えられている。よって、諏訪試験地においては、8月下旬から9月下旬にかけて少雨傾向であったことにより、ハナイグチの子実体発生が豊作となったことが示唆された。

ホンシメジの菌床埋設試験を行っている7試験地のうち、3試験地で子実体発生が確認された。うち1箇所は、2021年の菌床埋設以来初めて発生した。使用した菌株は、子実体発生実績がある菌株であった。今後も、子実体発生状況調査を継続し、適性菌株の探索及び埋設適地等について明らかにしていく。

キーワード：ハナイグチ、ホンシメジ、菌根菌、林地増殖、菌床埋設

## 1 はじめに

有用菌根菌であるハナイグチ・ホンシメジの林地増殖技術を普及するため、林業普及指導員ほか関係者と連携して県内各地に試験地を設け、継続的にデータ収集を行うとともに、普及啓発の拠点として活用している。本研究は、長野県特用林産振興会との共同研究（期間：令和2（2020）～6（2024）年度）として実施した。

## 2 試験の方法

### 2.1 ハナイグチ林地増殖試験

県内3箇所（表-1）の試験地において、森林施業（除伐）・孢子散布による子実体増殖効果や、気象環境と子実体発生との関係を調査するため、ハナイグチ子実体の発生状況を調査するとともに、試験地内の気温（地上高10cm）、地温（地中10cm）を測定した。子実体発生状況調査は、10月の上中旬に2回実施した。降水量は、各試験地に最も近い気象庁観測所データを使用した。

### 2.2 ホンシメジ菌床埋設試験

林地におけるホンシメジの子実体発生を目的に、ホンシメジ菌を培養した菌床を林内に埋設する試験を2015年から行っている。2023年は4～5月にかけて、既存の6試験地に菌床を追加埋設した（表-2）。菌株は、2022年に諏訪市の大熊生産森林組合の試験地において子実体発生実績のある、当所保有の2菌株（SW001、SW002）、及びこれまで本試験に使用したことのない3菌株の計5菌株を用いた。菌床は、ポリプロピレン製の栽培袋（培地重量500g）を用いて当所常法にて作製した。10～11月には、各試験地の子実体発生の有無を調査した。

## 3 結果と考察

### 3.1 ハナイグチ林地増殖試験

子実体発生量調査結果を表-1に示す。諏訪試験地の総発生量は123本で、2012年の調査開始以来最も多く豊作であった。辰野、安曇野試験地も平年並み以上の発生量であった。試験区別に見ると、諏訪、安曇野試験地は、子実体発生のおおぼ全てがA、B、C区であったことから、森林施業（除伐や孢子散布）による子実体増殖効果が確認された。辰野試験地については、対照区（D区）の子実体発生量が多かった。今後、子実体発生位置の解析を行い、要因を明らかにしていきたい。

次に、諏訪試験地の地温と降水量の推移を図-1に示す。ハナイグチの発生刺激温度とされる地温が17.5℃になった9月24日の前30日間の降水量が、平均の半分（49%）程度と少なかった。この期間の降水量が少ないことは、過去の試験データの解析結果から、子実体発生量の増加に関連し

ていると考えられている。よって、諏訪試験地においては、8月下旬から9月下旬にかけて少雨傾向であったことにより、ハナイグチの子実体発生が豊作となったことが示唆された。なお、他の2試験地の気象環境も同様の傾向であった。

### 3.2 ホンシメジ菌床埋設試験

試験地内の樹木（コナラ、ミズナラ、アカマツ）の根元に菌床を埋設した。埋設量と菌根形成や子実体発生との関連を調査するため、1箇所当たりの埋設量を2kgと4kgの2区分とした。

諏訪市の神宮寺生産森林組合で、2021年4月に菌床を埋設した4箇所のうち1箇所の近傍において、子実体発生を初めて確認した（図-2）。本箇所に埋設した菌床に使用した菌株は、これまでに子実体発生実績があるSW001であった。発生した子実体の組織分離株とSW001の保存菌株を用いた菌糸体の対峙培養を行い、帯線形成の有無等を調査した結果、発生した子実体と埋設菌株は同一株である可能性が高いと推察された。その他、諏訪市の南真志野及び大熊生産森林組合の試験地において、継続的な子実体発生が見られた。その他の試験地では子実体発生は確認されなかった。今後も、子実体発生状況調査を継続し、適性菌株の探索及び埋設適地等について明らかにしていく。

表-1 ハナイグチ試験区別子実体発生状況（2023年）

試験地名	試験区 <sup>*1</sup>	本数(本) <sup>*2</sup>	重量(g) <sup>*2</sup>
諏訪市	A	24 (7)	178 (154)
	B	5 (3)	206 (71)
	C	93 (6)	1,005 (166)
	D	1 (2)	8 (48)
	合計	123 (19)	1,397 (443)
辰野町	A	3 (2)	91 (34)
	B	0 (2)	0 (36)
	C	5 (3)	43 (65)
	D	10 (4)	158 (83)
	合計	18 (17)	292 (392)
安曇野市	A	15 (11)	230 (277)
	B	25 (7)	320 (171)
	C	13 (15)	285 (340)
	D	0 (2)	0 (37)
	合計	53 (35)	835 (968)

\*1 A：除伐（広葉樹、草本）+子実体（胞子）散布、B：除伐（広葉樹、草本）+子実体（胞子）2倍散布、C：除伐（広葉樹、草本）のみ、D：対照区（未施業区）。\*2 括弧内は2012-2022年のうち最大及び最小値を除いた平均値。平均値の試験区の和と合計値は合わない。

表-2 ホンシメジ菌床埋設試験地一覧

試験地	埋設年	埋設箇所数	ホンシメジ発生	
			年	箇所数
南真志野	2015	35	2018~2023	3
	小計	35		3
	2015	17		
大熊	2021	4	2022~2023	3
	2022	6	2023	1
	2023	6		
小計	33		4	
神宮寺	2018	6		
	2021	4	2023	1
	2022	6		
2023	6			
小計	22		1	
松川町	2015	12		
	2022	7		
	2023	6		
小計	25			
長野市	2016	24		
	2022	6		
	2023	6		
小計	36			
飯田市	2018	12		
	2022	6		
	2023	7		
小計	25			
塩尻市 林総セ	2021	4		
	2023	1		
	小計	5		
合計		181		8

注) 諏訪市は3つの生産森林組合有林に試験地を設置。

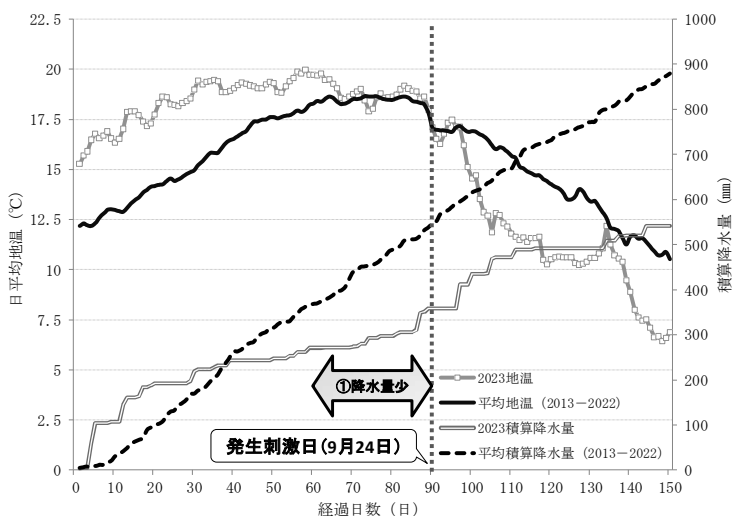


図-1 諏訪試験地 地温及び積算降水量の推移（2023年）

注) 発生刺激日の前後150日間（前90日、後60日）のデータ。降水量は気象庁の諏訪アメダス観測データ。



図-2 ホンシメジ子実体発生状況（神宮寺生産森林組合有林）

# 味認識装置を用いた味分析による日本産ナメコの「味」の見える化

研究期間：令和3年度～5年度

特産部 増野和彦・古川 仁

新たに長野県及び近隣地域から収集したナメコ野生株について味分析を行い、この結果と前年度までの結果を統合して散布図を作成した。これらを基に考察したところ、ナメコの味に一定の地域間差が認められ、評価基準である「苦味雑味値が小さく旨味値が大きい」に最も適合する菌株の比率が高い県は石川県であった。長野県は、最も美味しくない「苦味雑味値が大きく旨味値が小さい」に位置する菌株が46%あり、美味しいきのこの採取地としては適していなかった。

キーワード：ナメコ、菌床栽培、栽培特性、味認識装置

## 1 はじめに

味を切り口としてナメコの品種及び栽培技術を改良することが最終的な目標である。そこに向けて本研究では、日本国内から収集したナメコ野生株子実体について味認識装置による味分析によって味を数値評価する。さらに、得られたデータを基に特徴的な野生株を優良育種素材として選抜する。なお、本研究は科学研究費助成事業（課題番号；21K05721:令和3年度～令和5年度）の一環として実施した。

## 2 試験の方法

今年度は、以下の「問い」について研究を実施した。①全国からでなくとも長野県近隣地域で美味しいナメコの素材は集められるのか。②ナメコの味に地域間差はあるのか。

供試菌株；長野県林業総合センター保存(継代培養)のナメコ野生株から、長野県内及び近隣県の6地域のブナ林内で収集した30系統を新たに選定した。対照品種は現在最も利用されている市販品種(キノックス KX-N008、以下 N008)とした。栽培試験；対照品種及び選定した菌株について菌床栽培試験を行い、栽培特性を調査するとともに、得られた子実体を味分析に供した。栽培培地組成；ブナおが粉：フスマ=10：2(容積比)、含水率 65%。容器；ポリプロピレン製 800ml 広口ビン(口径 77 mm)。接種；寒天培地ごと直径 10 mmのコルクボーラーで打ち抜いた前培養菌糸体の切片を、1ビン当り4か所。供試数；1系統3本。培養；20℃75日間、発生；14℃、超音波加湿機で湿度 90%以上。収穫調査；収穫は子実体の傘の膜切れ前に、茎をハサミで菌床面の高さで切って行い、個数、収量(生重量)を測定、発生処理後一番収穫が得られるまでの所要日数(以下、一番収穫所要日数)を調査、発生処理後 100日間実施。収穫子実体；-60℃で凍結後、分析担当の一般社団法人長野県農村工業研究所(以下、農工研)へ送付。

味認識装置による味分析には、農工研保有「味認識装置 TS-5000Z」(株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー製)を用いた。

## 3 結果と考察

今年度新たに選定した長野県内及び近隣県の6地域のブナ林内で収集した30系統について味分析結果を得た。この結果と前年度までに得られた野生株46菌株の味分析結果について対照品種(N008)を0とした値に換算して統合し、旨味値と苦味雑味値の散布図を作成した(図-1)。図-1に示したとおり、散布図の座標を4エリア(I；旨味値+、苦味雑味値+、II；旨味値+、苦味雑味値-、III；旨味値-、苦味雑味値-、IV；旨味値-、苦味雑味値+)に区分した。美味しいナメコの評価基準「苦味雑味値が小さく旨味値が大きいこと」を適用すると、エリアIIが最も美味しいエリアとなり、エリアIVが最も美味しくないエリアとなる。まず、供試した野生菌株の採集地によって、日本国内を3つの地域(東日本地域；北海道、青森県、岩手県、秋田県、山形県、福島県、関東・中部地域；新潟県、富山県、石川県、長野県、西日本地域；京都府、奈良県、鳥取県、高知県、宮崎県)に区分した(表-1)。次に、図-1に示した味分析結果を基に、地域ごとに属するエリアの菌株数の頻度分布図を作成した(図-2)。なお、対照品種

N008と富山県採取の1系統は同じ味分析値で、ともに原点0となるためエリア区分からは除外した。図-2から、東日本からの採取菌株はエリアⅢに入る菌株数が全体の48%あり東日本は苦味雑味値の小さい菌株が多いことが認められた。さらに、5系統以上の供試菌株がある県について県別のエリア区分の菌株頻度分布図を作成した(図-3)。図-3から以下の3点が認められた。①美味しいナメコの評価基準に最も適合するエリアⅡの菌株が多い県は、石川県、新潟県であった。②富山県はエリアⅠに入る菌株が100%であり、旨味値の大きい菌株が多かった。北海道はエリアⅢに入る菌株が63%で、苦味雑味値が小さい菌株が多かった。③長野県は、エリアⅣに入る菌株が46%あり、美味しいナメコの評価基準に適合しない菌株が多かった。

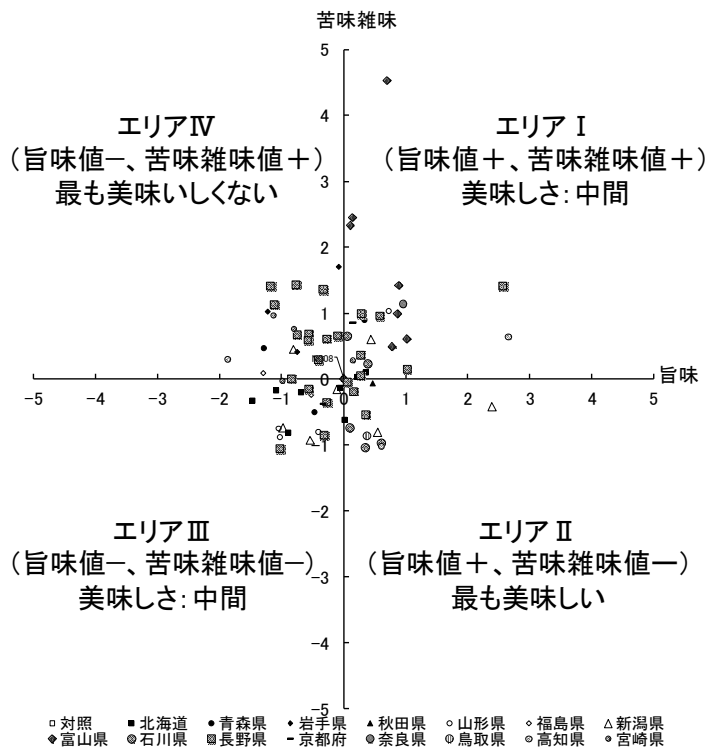


図-1 味分析結果(旨味値と苦味雑味値の散布図)とエリア区分

表-1 採取地の地域区分とエリア別菌株数

エリア	I	II	III	IV	計	地域区分
原点					2	
北海道	2	1	5	0	8	東日本
青森県	0	1	1	1	3	
岩手県	0	0	0	3	3	
秋田県	0	1	0	0	1	
山形県	1	0	3	0	4	
福島県	0	0	1	1	2	
新潟県	1	2	3	1	7	関東・中部
富山県	7	0	0	0	7	
石川県	2	3	0	0	5	
長野県	6	3	4	11	24	
京都府	1	0	1	0	2	西日本
奈良県	1	0	0	0	1	
鳥取県	0	1	0	0	1	
高知県	1	1	0	1	3	
宮崎県	1	0	1	2	4	
全国	23	13	19	20	75	
比率	31%	17%	25%	27%	100%	

原点の2菌株 N008,富山県有峰 A-6 はエリア区分からは除外

以上の結果から、今回の「問い」に対して以下の3点を考察した。①長野県近隣県では、美味しい菌株の採取には石川県、新潟県、富山県が適していた。②長野県内は、苦味雑味値が大きく旨味値が小さい菌株が多かった。③旨味値が大きく苦味雑味値が小さい県は石川県、旨味値が大きいのは富山県、苦味雑味値が小さいのは北海道及び新潟県等、採取地に関して一定の地域間差が見られた。

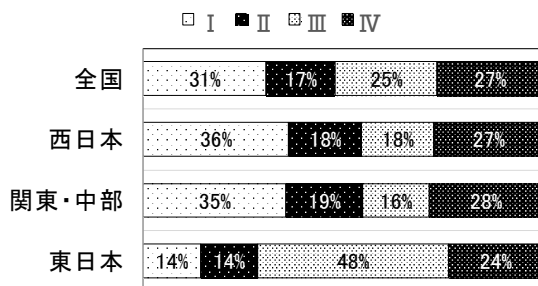


図-2 地域別のエリア別菌株数 (エリア区分は図1を参照)

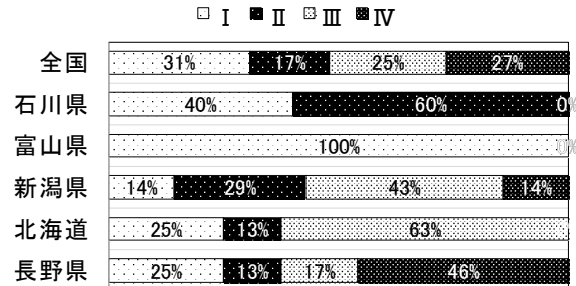


図-3 県別のエリア別菌株数 (エリア区分は図1を参照)

# 蒸気・圧力併用型乾燥機を用いた県産材乾燥スケジュールの検討（1）

## ーカラマツ心持ち正角材の減圧下における高温セット処理試験ー

研究期間：令和元年度～5年度  
木材部 奥原祐司・吉田孝久

蒸気圧力併用型乾燥機によりカラマツ心持ち正角材を減圧下における高温セット処理を4条件で実施し、その後、全試験材を中温乾燥しモルダーにより製品寸法（120角）に整形してから割れを測定した。その結果、最も割れが少なかった条件は、条件④の乾球温度120℃（温度差30℃）、処理時間12時間であった。また、仕上がり含水率は、各条件とも約12%であり、水分傾斜も少なかった。

キーワード：カラマツ、高温セット、圧力制御、割れ、含水率

### 1 はじめに

カラマツの心持ち材を人工乾燥する場合は、強度低下と割れの抑制を両立させ、かつ、燃料の高騰から短時間の乾燥方法を確立することが求められている。昨年度は、割れを抑制するため、減圧状態における高温セット処理の温度と時間を変化させた4条件を実施し、その後、中温乾燥を行った。本年度は、昨年度の試験体を製品寸法に整形し割れ幅等を測定した。なお、本研究は国交課題（令和1～5年度）として実施した。

### 2 試験の方法

試験材は、令和4年度業務報告の蒸気・圧力併用型乾燥機を用いた県産材乾燥スケジュールの検討(2)のエンドマッチした4条件の試験材を使用した（表-1）。乾燥後屋内に約6カ月間静置した後、モルダーにより120×120×1,000 mmに整形し、4材面の中で最大割れ幅をクラックスケール等により0.1 mm単位で測定した（写真-1）。その後、更に屋内で約6カ月間静置しコンベックスにより4材面の割れの長さを1 cm単位で測定した。なお、測定後、割れの総延長又は最大幅が大小の試験体を各2体について、長さ方向の中央部において試験片を切り出し、全乾法による含水率と水分傾斜を測定した。4条件の割れの比較は、高温セット後、中温乾燥後、整形後に測定した4材面の割れの総延長及び最大の割れ幅について統計処理により検討した。

表-1 各乾燥スケジュール条件

条件	蒸煮			高温セット				中温乾燥		
	温度 (°C)	圧力 (kpa)	時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	圧力 (kpa)	時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	時間 (h)
減圧なし 条件① (通常) 110°C18h	90	—	8	110	80	—	18	70	40	456
減圧 条件② 130°C6h	120	100	1	130	(90)	-30	6			
減圧 条件① 120°C12h	120	100	1	120	(90)	-30	12			
減圧 条件① 101°C24h	120	100	1	101	(90)	-53	24			

### 3 結果

#### 3.1 表面割れ

表-2に各処理後の各条件に対する1体あたりの割れの総長及び最大割れ幅を示す。割れの総延長について、中温乾燥後と整形後を比較したところ、すべての条件において数値が小さくなっていた。また、統計処理による各条件の割れ総延長を比較したところ、条件①と②及び③については有意差が見られた ( $p < 0.01$ )。よって、145 mmから125 mm（切削厚さ20 mm）に整形しても表層のドライイングセット効果により割れが抑制されたと思われる。また、最大割れ幅についても中温乾燥後よりも整形後の平均値が小さい値になっていることから同様にドライイングセット効果により割れ幅が



も整形後の平均値が小さい値になっていることから同様にドライイングセット効果により割れ幅が減少したと思われる。

### 3.2 含水率と密度

整形後の仕上がり含水率の結果を表-3 に示す。平均含水率は約 12%となり各条件による含水率の違いは見られなかった。また、水分傾斜を図-1 に示す。各条件ともに水分傾斜が少ない結果となり、内部まで乾燥していた。

全乾密度を表-4 に示す。各条件ともにほぼ同じ値であった。

表-2 各条件及び各処理後における割れの総延長及び最大幅

割れ総延長 (cm)	高温セット後				中温乾燥後				整形後			
	条件①	条件②	条件③	条件④	条件①	条件②	条件③	条件④	条件①	条件②	条件③	条件④
平均値	85.2	195.0	167.8	183.6	85.2	94.3	52.3	98.3	81.1	77.8	40.6	71.4
最小値	14.0	68.0	10.0	58.0	38.0	16.0	0.0	13.0	27.0	0.0	0.0	0.0
最大値	328.0	308.0	387.0	371.0	156.0	158.0	145.0	208.0	125.0	103.0	100.0	120.0
標準偏差	74.2	62.5	90.9	87.2	34.6	34.5	43.0	46.6	24.8	29.8	38.6	41.2
変動係数 (%)	87.1	32.1	54.2	47.5	40.6	36.6	82.2	47.4	30.5	38.3	95.0	57.8
個数	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

割れ最大幅 (mm)	高温セット後				中温乾燥後				整形後			
	条件①	条件②	条件③	条件④	条件①	条件②	条件③	条件④	条件①	条件②	条件③	条件④
平均値	2.6	2.4	2.7	3.3	3.4	2.6	1.4	2.6	3.2	2.5	1.5	2.3
最小値	0.2	0.7	0.2	0.3	1.2	0.4	0.0	0.3	0.6	0.3	0.2	0.2
最大値	5.0	4.0	6.0	6.0	6.7	4.9	4.7	6.7	6.7	4.9	5.3	6.4
標準偏差	1.6	1.1	1.5	1.5	1.8	1.3	1.4	1.9	1.7	1.4	1.4	1.8
変動係数 (%)	61.5	44.0	56.5	46.8	51.8	48.6	98.1	72.7	53.6	55.1	98.0	77.1
個数	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

表-3 各条件における仕上がり含水率

単位：%

	条件①	条件②	条件③	条件④
平均値	12.5	12.6	12.4	12.4
最小値	13.5	13.9	13.4	13.4
最大値	11.8	11.9	11.8	11.3
標準偏差	0.7	0.9	0.7	0.9
変動係数 (%)	5.8	6.7	5.4	7.6
個数	4	4	4	4

表-4 各条件における全乾密度

単位：kg/m<sup>3</sup>

	条件①	条件②	条件③	条件④
平均値	491	498	491	490
最小値	507	520	500	505
最大値	472	452	484	471
標準偏差	14	32	7	14
変動係数 (%)	3	6	1	3
個数	4	4	4	4

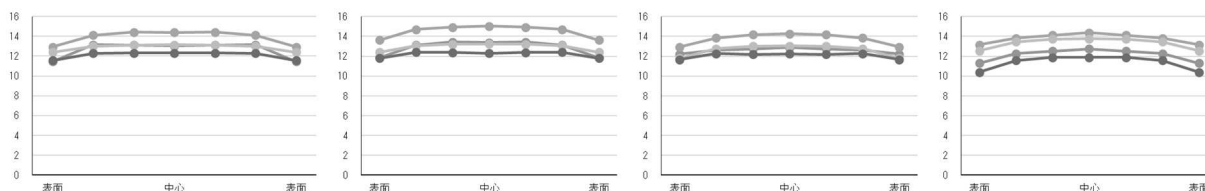


図-1 水分傾斜 (左から条件①、②、③、④)



写真-1 最大割れ幅測定状況

# 蒸気・圧力併用型乾燥機を用いた県産材乾燥スケジュールの検討（2） ーアカマツ平角材の乾燥試験ー

研究期間：令和元年度～5年度

木材部 奥原祐司・吉田孝久・吉川達也・山内仁人・小池直樹

2丁取りしたアカマツの平角材（130×235×4,000mm）の一方を蒸気・圧力併用型中温乾燥、もう一方を蒸気式中温乾燥により目標含水率15%の乾燥試験を実施した。その結果、蒸気・圧力併用型中温乾燥は、蒸気式中温乾燥と比較すると約半分の日数で乾燥することが可能と思われる。

キーワード：アカマツ、心去り平角材、蒸気・圧力併用型中温乾燥

## 1 はじめに

大径化によりアカマツ林は成熟期を迎えているが、松くい虫による被害が深刻化し、被害前の有効活用が課題となっている。また、今まではアカマツは、住宅用の太鼓材や丸太の横架材として利用されてきたが、プレカット化が進む最近の住宅建築では平角材としての利用は少ない状況にあった。そこで、県内の製材工場で製造可能な平角材に注目し、乾燥には時間を要することから時間短縮可能な蒸気・圧力併用型乾燥機による乾燥試験を実施した。なお、本試験は、国交課題（令和1～5年度）及びモカウッドジャパン（株）との技術協力により実施した。

## 2 試験の方法

供試材は、南箕輪村産のアカマツ丸太 12 本とした。丸太を図-1 のとおり製材（心去り平角材 2 丁取り）した。乾燥前に縦振動ヤング係数（以下、Efr と表記）を測定し、12 組の平角材の平均 Efr に近い試験体を乾燥用のテストピースとした。テストピースは、図-2 のとおり全乾密度試験片を採取後、残った試験体の両木口面をシリコンでシーリングした。

目標含水率 15%とし、一方を蒸気・圧力併用型中温乾燥、もう一方を蒸気式中温乾燥スケジュール（表-1、表-2）により実施した。なお、蒸気・圧力併用型中温乾燥の圧力制御は目標の湿球温度になるように圧力を調整し、蒸気式中温乾燥では、テストピースを乾燥機内の小扉付近に設置し概ね 24 時間ごとに質量を測定した。乾燥終了後には形質変化を測定した。また、曲げ試験後の非破壊部から全乾法による含水率と水分傾斜を測定した。

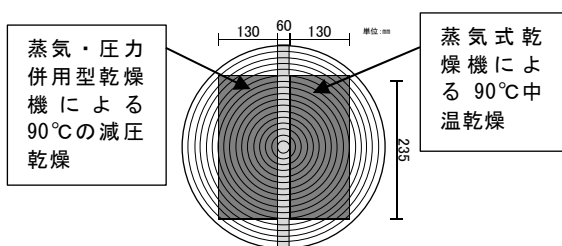


図-1 木取り方法

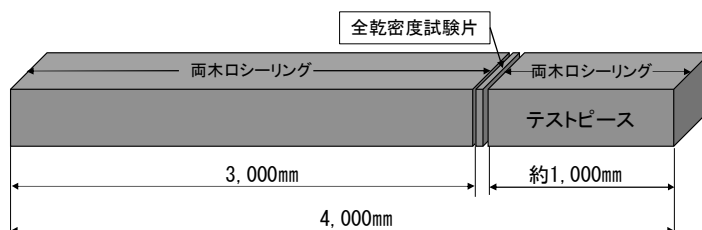


図-2 テストピースの木取り図

表-1 蒸気・圧力併用型中温乾燥スケジュール

乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	圧力 (kPa)	処理時間 (h)	備考
90	90	0	0	8	蒸煮処理
90	85	5	-43	16	中温乾燥
90	80	10	-53	24	
90	75	15	-62	24	
90	70	20	-69	24	
90	60	30	-80	120	
0	0	0	0	24	クーリング
合計				240	時間
				10	日間

表-2 蒸気式中温乾燥スケジュール

乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	処理時間 (h)	備考
90	90	0	8	蒸煮処理
90	85	5	40	中温乾燥
90	80	10	48	
90	75	15	48	
90	70	20	48	
90	60	30	264	
0	0	0	24	クーリング
合計			480	時間
			20	日間

### 3 結果

製材後の平角材の Efr（平均値±標準偏差）は、 $9.30 \pm 0.94 \text{ kN/mm}^2$ であった。

蒸気・圧力併用型中温乾燥結果を図-3、蒸気式中温乾燥結果を図-4に示す。概ね乾燥スケジュールどおり実施できたが、蒸気・圧力併用型中温乾燥における圧力制御の末期乾燥スケジュールの一部でプログラムエラーが発生し温湿度が上昇した。

平均含水率と平均全乾密度を表-3、水分傾斜を図-5に示す。含水率は、目標含水率15%よりも低い結果となり、特に蒸気式中温乾燥試験体ではより低い数値となった。水分傾斜は、蒸気・圧力併用型中温乾燥は10.8~12.0%、蒸気式中温乾燥は8.6~10.9%となった。

乾燥後の表面割れは、目標含水率よりも低い試験体の板目面に一部見られた。モルダー後の一部の試験体に削り残しが見られたが乾燥後の形質変化も使用上問題ない数値であった。製材寸法を25mmアップとしたが、20mmアップでも対応可能と思われる（写真-1、表-4）。

蒸気・圧力併用型中温乾燥の含水率が目標含水率15%よりも低いことから、末期乾燥スケジュールを5日間から3日間に短縮しても目標含水率15%を達成可能と思われる。また、蒸気式中温乾燥も目標含水率15%よりも低いことから、末期乾燥スケジュールを11日間から5日間に短縮しても目標含水率15%を達成可能と思われる。よって、蒸気・圧力併用型中温乾燥は、蒸気式中温乾燥と比較すると約半分の日数で乾燥することが可能と思われる。

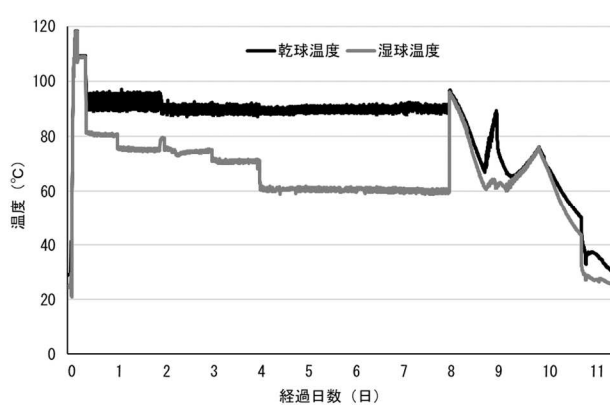


図-3 蒸気・圧力併用型中温乾燥履歴

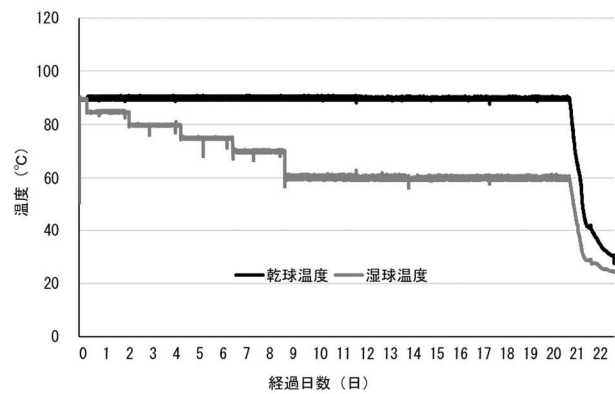


図-4 蒸気式中温乾燥履歴

項目	蒸気・圧力併用型中温乾燥	蒸気式中温乾燥
含水率 (%)	11.0	9.1
全乾密度 (kg/m <sup>3</sup> )	433	436

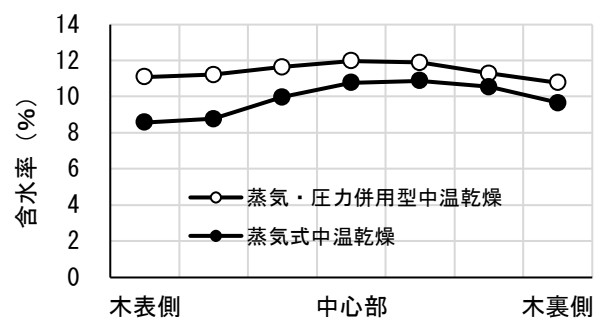


図-5 平均水分傾斜

	曲がり (mm)	反り (mm)	ねじれ (広) (mm/4m)	ねじれ (狭) (mm/4m)	カップ (mm)
平均値	0.77	3.05	5.95	1.36	1.76
最大値	0	0	0	0	7
最小値	8	7	26	10	4.48
標準偏差	2.22	2.84	7.32	3.16	1.06
変動係数 (%)	287.8	93.14	122.92	231.4	59.99
個数	22	22	22	22	22



写真-1 割れの状況

# 蒸気・圧力併用型乾燥機を用いた県産材乾燥スケジュールの検討（3） ーアカマツ平角材の強度試験ー

研究期間：令和元年度～5年度

木材部 山内仁人・奥原祐司・吉田孝久・吉川達也・小池直樹

大径アカマツ丸太から2丁取りした心去り平角材の一方に蒸気・圧力併用型中温乾燥、もう一方に蒸気式中温乾燥を施し、曲げ強度試験を実施した。その結果、いずれもアカマツ機械等級区分材の基準強度を満たした。

キーワード：アカマツ、心去り平角材、蒸気・圧力併用型中温乾燥、構造材基準強度

## 1 はじめに

アカマツ実大材について、これまでに行われてきた乾燥・強度試験は、心持ち材に高温セット・中温乾燥を施したものが多いが、材面割れの抑制が十分でないことや、輪生節等の欠点で破壊することで建設省（現国交省）告示の構造材の基準強度を下回ってしまう、等の課題があった。一方、県内森林のアカマツは大径化が進み、心持ち材に比べ材面割れの発生が少ない心去り材に製材することも可能となっているため、前項の2丁取りアカマツ心去り平角材（一方は蒸気・圧力併用型中温乾燥、もう一方は蒸気式中温乾燥を実施）を対象に曲げ強度試験を実施し、乾燥方法の違いが曲げ強さに及ぼす影響について検討した。なお、本試験は、国交課題（令和1～5年度）により実施した。

## 2 試験の方法

供試材は、前項（p）の南箕輪村産のアカマツ丸太12本から2丁取りした心去り平角材のうち、乾燥試験用のテストピース等を除いた10組・20体である。曲げ強度試験は、試験体をモルダールで105mm×210mmに整形後、節等を調査して製材のJAS（日本農林規格）構造用製材甲種Ⅱの規格に準じて等級区分した。

曲げ強度試験は、（財）日本住宅木材・技術センターの「構造用木材の強度試験マニュアル」に準じ、上部荷重点間距離1,260mm・下部支点間距離3,780mmの3等分点4点荷重方式、載荷方向はエッジワイズで実施した（図-1）。なお、載荷速度は15mm/分とし、試験機は当センターの実大材曲げ強度試験機UH-1000kNA（島津製作所製）を用い、最大荷重から曲げ強さを求めるとともに、試験体中央の変位量から、みかけの曲げヤング係数を求めた。

また、強度試験実施後、試験体の非破壊部から試験片を採取し、質量測定後103℃・24h乾燥した後、再度質量を測定して、全乾法による含水率を求めた。さらに、半数の試験体からは、水分傾斜測定用の試験片も採取し、小割してから同様に含水率を全乾法で求め、水分傾斜の有無・程度を確認した（図-2）。

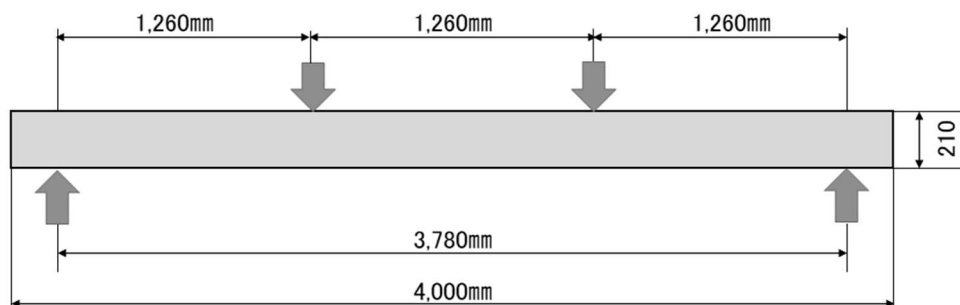


図-1 曲げ強度試験の方法

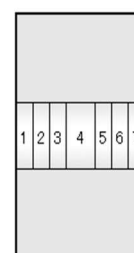


図-2 水分傾斜試験片の木取り図

### 3 結果

試験結果の概要を表-1に、全試験体の曲げヤング係数と曲げ強さの関係を図-3に示す。なお、仕上がり含水率等は前項（p）のとおりである。曲げ強さは、すべての試験体が、建設省告示1452号の機械等級区分アカマツ材の基準強度を上回ったが、蒸気・圧力併用型中温乾燥を施した試験体のうち、曲げヤング係数が低い2体の試験体が、同告示の無等級材の基準強度を下回った（図-3）。

蒸気式中温乾燥と、蒸気・圧力併用型中温乾燥それぞれの強度試験の結果を比較すると、曲げヤング係数は概ね同等の値を示したが、曲げ強さは、蒸気・圧力併用型中温乾燥を施したアカマツの方が、ややバラつきが大きかった（表-1）。

なお、曲げ強さが建設省告示の基準強度を下回った2体は、いずれも目視等級区分では2級相当であったことから、節等の外観で、低強度材を選別・除外することは難しいと考えられる。一方、上記低強度の2体は、機械等級区分ではE90相当の比較的ヤング係数が低い試験体であったことから、縦振動法等により原木や製材（粗挽）段階でヤング係数を測定し、その値が低いものは造作材等の非構造材用途とする、等の使い分けについては、検討の余地があると思われる。

表-1 蒸気式中温乾燥および蒸気・圧力併用乾燥アカマツ材の曲げ強度試験結果概要

	蒸気式中温乾燥			蒸気・圧力併用型中温乾燥		
	最大荷重 (kN)	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	最大荷重 (kN)	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )
平均値	53.2	10.42	43.2	50.1	10.19	40.8
最大値	85.4	11.87	69.5	75.2	11.82	61.1
最小値	41.5	8.26	33.7	27.4	8.48	22.3
標準偏差	13.9	1.04	11.3	15.6	1.04	12.7
変動係数%	26.1	10.02	26.2	31.2	10.18	31.0
目視等級	1級・3、2級・4、3級・2格外1			1級・1、2級・4、3級・3、不明2		

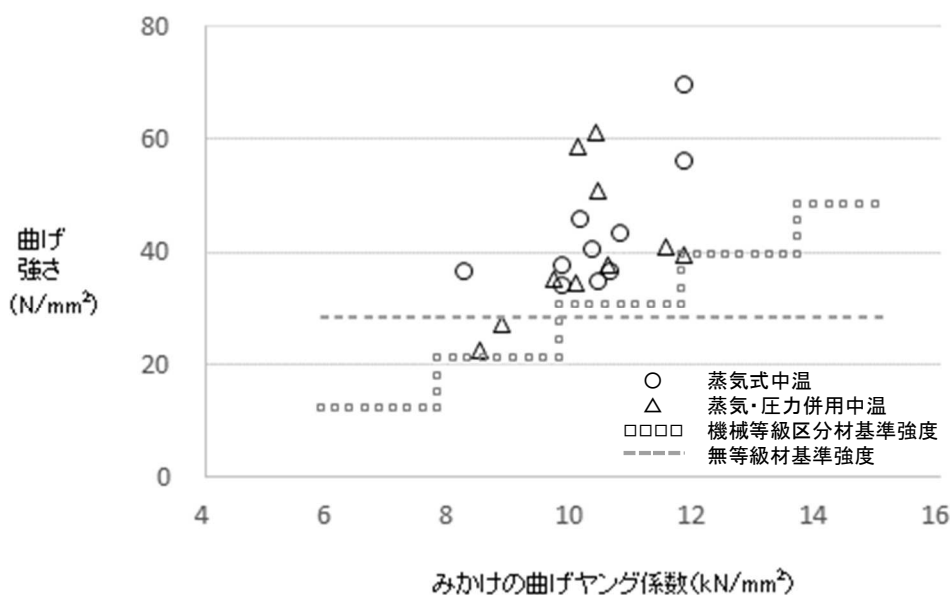


図-3 アカマツ蒸気式中温乾燥材と蒸気・圧力併用型中温乾燥材の曲げヤング係数と曲げ強さの関係

# 長野県産カラマツ平角材の丸太段階でのヤング係数の推定

研究期間：令和元年度～5年度

木材部 小池直樹、奥原祐司

北海道産カラマツの樹幹内半径方向強度分布に基づく製材品ヤング係数推定式が長野県産カラマツ心去り平角材に適用できることを確認し、木曽郡産カラマツの半径方向強度分布を用いて推定式に用いる新たな特性値を算出した。なお特性値を変更しても木曽郡産カラマツ平角材のヤング係数推定精度はほぼ変わらなかった。

キーワード：カラマツ、心去り平角材、縦振動ヤング係数、 $E_{fr}$ 、ヤング係数推定

## 1 はじめに

小・中径木から心持ち正角材を採材する場合、丸太のヤング係数を測定すれば正角材のヤング係数は高い精度で推定できたが、大径材の場合の多様な木取りの製材品のヤング係数推定は困難な場合がある。今回、北海道産カラマツで先行研究がある各種製材品のヤング係数推定法が長野県産カラマツ心去り平角材で適用可能か検証し、あわせて木曽郡産カラマツの半径方向強度分布を用いて多様な木取りの製材品であってもヤング係数が推定可能な長野県産カラマツ用の新たな特性値の算出を試みた。なお、本研究は県単課題（平成31年～令和5年）として実施した。

## 2 検証方法

丸太横断面内のヤング係数分布モデルは松本らが提唱した次式<sup>1)</sup>を用いた。

( $r < B$  のとき)

$$E_{fr-timber} = a \times \left( r - B + \frac{B^3}{3R^2} \right) + b \times \left( B - \frac{2R}{3} - \frac{B^3}{3R^2} \right) + E_{fr-log}$$

( $r \geq B$  のとき)

$$E_{fr-timber} = \frac{a \times B^3}{3R^2} + b \times \left( r - \frac{2R}{3} - \frac{B^3}{3R^2} \right) + E_{fr-log}$$

ここで、 $E_{fr-timber}$ ：製材品のヤング係数推定値 ( $\text{kN/mm}^2$ )、 $a$ ：未成熟材部の回帰直線の傾き ( $\text{kN/mm}^2/\text{mm}$ )、 $r$ ：樹心（髄）から製材品までの距離 ( $\text{mm}$ )、 $B$ ：境界値 ( $\text{mm}$ )、 $R$ ：丸太の半径 ( $\text{mm}$ )、 $b$ ：成熟材部の回帰直線の傾き ( $\text{kN/mm}^2/\text{mm}$ )、 $E_{fr-log}$ ：丸太のヤング係数 ( $\text{kN/mm}^2$ )

樹心（髄）から製材品までの距離については加藤らが考案した0.5mm間隔の点群法<sup>2)</sup>を用いて決定した。ヤング係数推定対象の平角材は当センターの平成30年度業務報告 p.130に記載した長野県木曽郡産カラマツ丸太10本から得られた心去り平角材19本とし、側面定規挽きのため $R$ は両木口の平均値、 $r$ は丸太長さ方向の中間地点の値を用いた。また、同一丸太の髄を含む板材10枚から半径方向に連続して採取された小試験体の曲げ試験結果を髄からの距離とヤング係数の関係にプロットし直し各丸太の $a$ 、 $b$ 、 $B$ の平均値から木曽郡産カラマツの特性値を新たに算出し、先行研究の特性値を代入した場合と推定精度を比較した。

## 3 結果及び考察

今回新たに算出した木曽の特性値 $a$ 、 $b$ 、 $B$ と先行研究の値を表-1に示し、上記式に特性値と丸太 $E_{fr}$ 及び半径の平均値（北海道： $E_{fr} = 10.0 \text{ kN/mm}^2$ 、半径=185mm、木曽： $E_{fr} = 12.27 \text{ kN/mm}^2$ 、半径=214.7mm）をそれぞれ代入して導いた産地別の半径方向ヤング係数分布モデルを図-1に示すが、北海道モデルは道内4産地それぞれ丸太5本計20本の平均値に基づいており<sup>1)</sup>、木曽モデルは1産地丸太計10本のみ結果に基づいている点に留意願いたい。また両産地の特性値を用いた場合の $E_{fr}$ 推定値と実測値の関係を図2、3に、 $E_{fr}$ 推定値とガラスハウス乾燥後の静的曲げヤング係数（ $MOE$ ）実測値の関係を図-4に、丸太 $E_{fr}$ 実測値と平角 $E_{fr}$ 実測値の関係を図-5に示すが、図-3～5内の決

定係数  $R^2$  は自由度を調整していない。全ての回帰係数が有意 ( $p < 0.05$ ) であり、産地別特性値の違いによる推定精度の違いはほぼなく、 $MOE$  も推定可能であり、また図-5 からカラマツの 2 丁取り心去り平角材の  $E_{fr}$  は丸太の  $E_{fr}$  から推定可能であった。

引用文献： 1) 松本和茂ほか 5 名、森林総合研究所編「大径材の使い方」、pp. 19-20 (2021)

2) 加藤英雄・長尾博文、木材工業、76(11)、pp. 484-487 (2021)

表-1 産地別の特性値

産地	回帰直線の傾き ( $\text{kN/mm}^2/\text{mm}$ )		$B$ : 境界値 (mm)
	$a$ : 未成熟材部	$b$ : 成熟材部	
北海道 <sup>1)</sup>	0.0583	0.0135	114
木曽	0.0592	0.0187	86

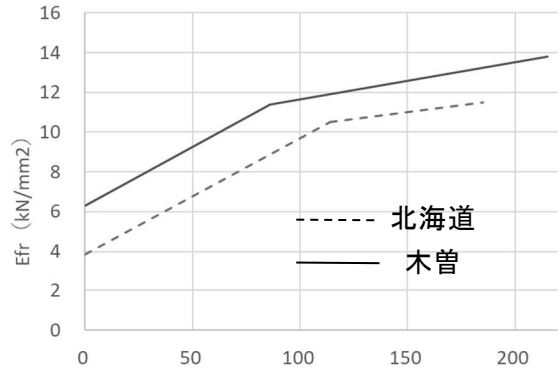


図-1 産地別の丸太半径方向  $E_{fr}$  分布モデル

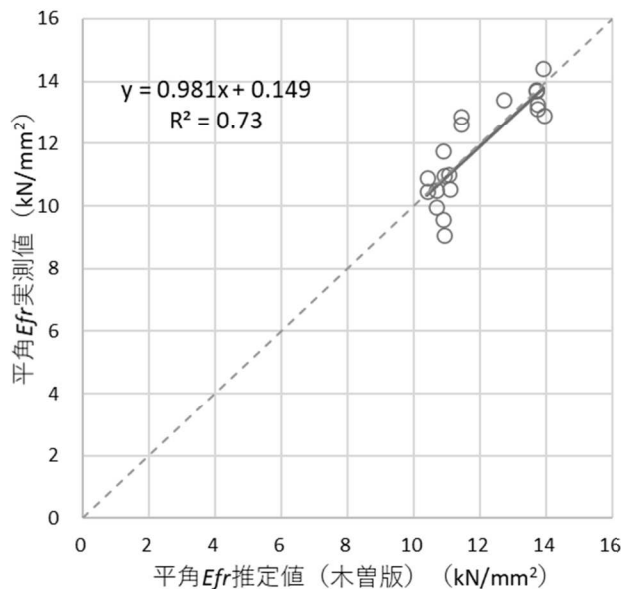


図-2 平角  $E_{fr}$  推定値 (木曽版) と実測値

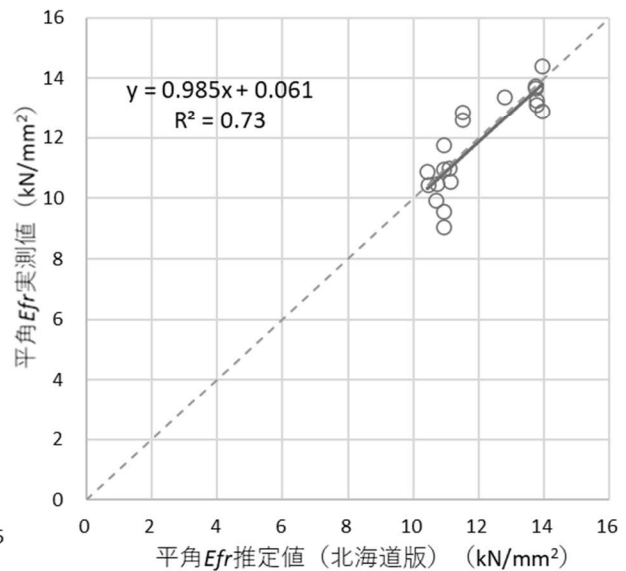


図-3 平角  $E_{fr}$  推定値 (北海道版) と実測値

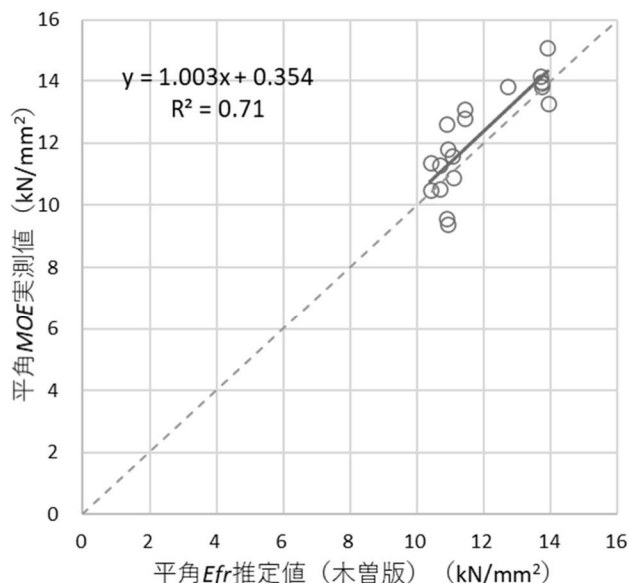


図-4 平角  $E_{fr}$  推定値 (木曽版) と  $MOE$  実測値

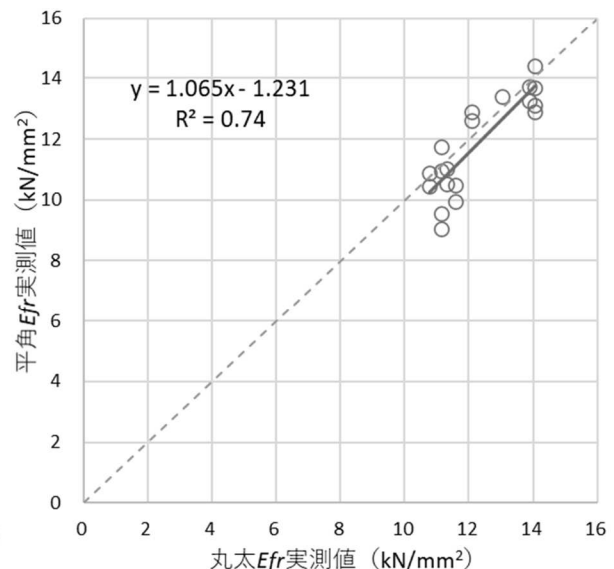


図-5 丸太  $E_{fr}$  と平角  $E_{fr}$

# 信州大学農学部附属手良沢山演習林のカラマツ及びヒノキ（１） ー長野県産カラマツ凍結丸太の融解に伴う縦振動ヤング係数の減少ー

研究期間：令和元年度～５年度  
木材部 小池直樹、吉川達也、奥原祐司  
北アルプス地域振興局 山口健太

長野県産カラマツ凍結丸太の縦振動ヤング係数について、融解に伴い約１割減少する例を報告する。

キーワード：カラマツ、丸太、凍結融解、縦振動ヤング係数、番玉

## 1 はじめに

長野県のカラマツ、ヒノキ人工林は高齢級化が進んでおり今後大径材の流通が増えると予想され、これに対応する各種試験を実施したので本稿（１）～（５）で報告する。

近年、原木供給側での丸太の縦振動ヤング係数（ $E_{fr}$ ）測定の機運が高まっているが、寒冷地における凍結した丸太については融解時と比較し $E_{fr}$ が平均で約16%高くなる例が北海道から報告されており<sup>1)</sup>、ヤング係数で丸太を選別する際注意を要する。本稿（１）では長野県内での事例調査を目的とし、冬季に伐採搬出されたカラマツ丸太について、木口の状況から凍結状態と判断した2月初旬と融解後の5月下旬とで $E_{fr}$ を比較したので報告する。

本研究（１）～（５）は長野県と信州大学の包括連携協定に基づき実施し、また国交課題（平成31年～令和5年）としても実施した。

## 2 試験方法

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター（AFC）手良沢山ステーション演習林（伊那市手良沢岡、図-1）の標高1040m地点の1964年植栽59年生カラマツ2本を2023年1月に伐採、長さ4.1mで玉切りし4番玉までを供試丸太とした。

丸太の測定は素材の日本農林規格附属書B縦振動ヤング係数試験に準じて行い、両木口の短径、長径、材長をコンベックスにより1mm単位、固有振動数はATA社製HG-2020spにより、質量はクレーンスケールにより0.5kg単位で測定し、次式により見かけの密度及び $E_{fr}$ を算出した。

見かけの密度(単位:kg/m<sup>3</sup>)

$$\rho = W / (D^2 \times \pi / 4 \times L \times 1 / 10,000)$$

W: 重量

D: 両木口の最大径と最小径の平均を平均した値(cm)

$\pi$ : 3.14

L: 材長(m)

縦振動ヤング係数(単位:kN/mm<sup>2</sup>)

$$E_f = (2Lf)^2 \rho / 10^9$$

L: 材長(m)

f: 固有振動数(Hz)

$\rho$ : 見かけの密度

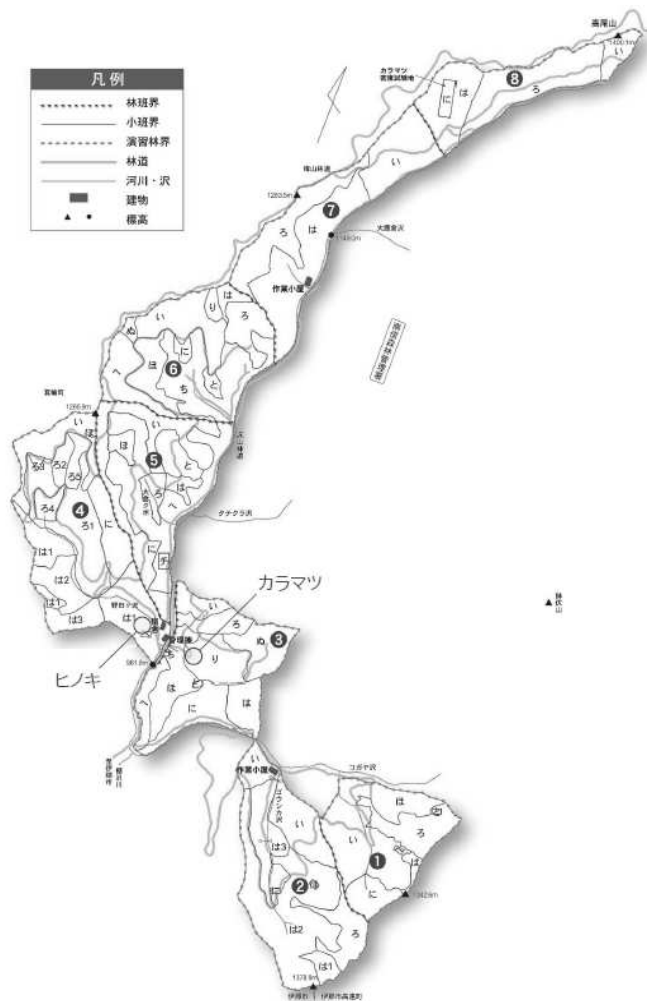


図-1 手良沢山演習林地図と伐採箇所



### 3 結果

測定結果を表-1、2 に、丸太ごとの  $E_{fr}$  の減少具合を図-2 に示す。

表-1 供試丸太諸元

伐採木 No.	番玉	丸太 No.	末口				元口				長さ (m)	細り (cm/m)
			短径 (cm)	長径 (cm)	平均径 (cm)	年輪数	短径 (cm)	長径 (cm)	平均径 (cm)	年輪数		
1	1番玉	カ1-1	41.5	42.0	41.8	65	51.5	56.0	53.8	70	4.135	2.902
	2番玉	カ1-2	39.0	39.5	39.3	58	41.0	41.5	41.3	65	4.080	0.490
	3番玉	カ1-3	37.0	37.5	37.3	55	38.0	38.0	38.0	58	4.110	0.182
	4番玉	カ1-4	34.0	34.5	34.3	50	37.0	37.5	37.3	57	4.065	0.738
2	1番玉	カ2-1	41.0	42.0	41.5	65	48.0	49.5	48.8	65	4.170	1.739
	2番玉	カ2-2	40.0	40.5	40.3	61	40.5	41.0	40.8	65	4.084	0.122
	3番玉	カ2-3	36.0	37.5	36.8	57	39.0	40.0	39.5	58	4.180	0.658
	4番玉	カ2-4	34.0	34.5	34.3	55	35.0	37.0	36.0	58	4.110	0.426

表-2 凍結丸太の融解に伴う  $E_{fr}$  減少率

丸太 No.	固有振動数 (Hz)				質量 (kg)		みかけの密度 ( $\text{kg/m}^3$ )			縦振動ヤング係数 ( $\text{kN/mm}^2$ )		
	2月7日	5月26日	減少率	(減少率) <sup>2</sup>	2月7日	5月26日	2月7日	5月26日	減少率	2月7日	5月26日	減少率
カ1-1	445.3	437.5	0.98	0.97	533.5	524.0	721	708	0.98	9.78	9.27	0.95
カ1-2	469.7	453.1	0.96	0.93	386.5	376.0	745	725	0.97	10.94	9.91	0.91
カ1-3	448.2	429.7	0.96	0.92	351.0	341.0	768	747	0.97	10.43	9.31	0.89
カ1-4	425.8	406.3	0.95	0.91	320.0	309.0	785	758	0.97	9.40	8.27	0.88
カ2-1	463.9	453.1	0.98	0.95	538.0	526.5	807	790	0.98	12.08	11.28	0.93
カ2-2	489.3	468.8	0.96	0.92	445.0	436.5	846	830	0.98	13.52	12.17	0.90
カ2-3	469.7	445.3	0.95	0.90	408.0	400.5	855	840	0.98	13.19	11.64	0.88
カ2-4	445.3	429.7	0.96	0.93	364.0	359.5	914	903	0.99	12.25	11.27	0.92

凍結丸太の融解後、全ての丸太で固有振動数と見かけの密度が低下し、これらの関数である  $E_{fr}$  も約 1 割減少した。みかけの密度の減少率は個体内ではほぼ同一だったが固有振動数の減少率は若干ばらつき、2 個体とも 1 番玉の減少幅が小さく、結果  $E_{fr}$  の減少も 1 番玉が 1 番低く抑えられていた。

### 4 考察

みかけの密度の低下は乾燥によるものと考えられる。今回は試験体数も少なく、北海道の報告<sup>1)</sup>より  $E_{fr}$  の減少幅が小さい理由は不明だが、北海道と長野の気温差による凍結度合いや丸太の含水率の違い等が考えられる。今後試験体数を増やし県内の凍結丸太の特性に迫りたい。

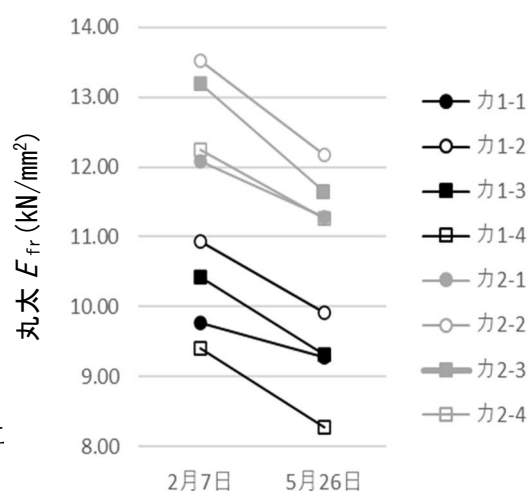


図-2 融解に伴う  $E_{fr}$  の減少

引用文献： 1) 藤原拓哉，林産試だより，2012年6月号，p.4

# 信州大学農学部附属手良沢山演習林のカラマツ及びヒノキ（２） ーヤング係数推定式の伊那産カラマツ製材品への適用についてー

研究期間：令和元年度～５年度

木材部 小池直樹、吉川達也、山内仁人、奥原祐司

既存のヤング係数推定式が伊那市産カラマツ製材品に適用できるか検討した結果、木曽産のカラマツ心去り平角材を推定した場合と比較すると推定精度が低下し、製材歩留まりに影響を与える可能性が示された。

キーワード：カラマツ、心去り平角材、縦振動ヤング係数、 $E_{fr}$ 、ヤング係数推定

## 1 はじめに

本稿（２）では原木需要者の関心が高い製材品のヤング係数推定について、伊那市産カラマツ製材品を例に検討した。

## 2 試験方法

カラマツ供試丸太は本稿（１）のものと同一である。全ての供試丸太は図-1、2 のとおり髓を含む板材（以下「髓板」とする）を採材後、側面定規挽き２丁取りで心去り平角材を採材したが、同一丸太から採材された心去り平角材であっても偏心等の影響で木口長辺の長さが異なることがあり、その場合本稿（５）で述べる乾燥試験のため小さい平角に揃える形で製材し直した。

丸太の測定は本稿（１）と同じく素材の日本農林規格に準じて行い、髓板及び平角の測定は製材直後に長辺短辺は電子ノギスで、質量は重量計を用いて測定し、それ以外は丸太の測定に準じて行った。

ヤング係数推定は松本らの提案した式<sup>1)</sup>を用いて行い、製材品の髓からの距離は加藤らが考案した0.5mm 間隔の点群法<sup>2)</sup>を用いて決定し、側面定規挽きのため $R$ は両木口の平均値、 $r$ は丸太長さ方向の中間地点の値を用いた。その後、本業務報告「長野県産カラマツ平角材の丸太段階でのヤング係数の推定」で示した木曽産カラマツ心去り平角の推定精度と比較し、また同稿で提案した新しい特性値も試した。

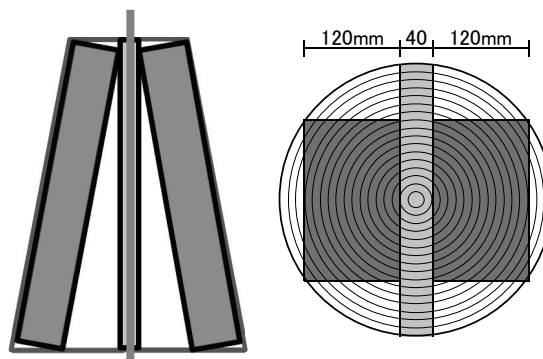


図-1 側面定規挽き図

図-2 木取り図

## 3 結果および考察

表-1 に平角の諸元を、表-2 に各推定方法ごとの推定精度を示し、図-3～11 に各推定値と実測値の関係を示すが、図-3～11 内の決定係数  $R^2$  は自由度を調整していない。

表-1 心去り平角材諸元

丸太 No.	平角 No.	長辺 (cm)	$E_{fr}$ (kN/mm <sup>2</sup> )	丸太 No.	平角 No.	長辺 (cm)	$E_{fr}$ (kN/mm <sup>2</sup> )
カ1-1	カ1-1-1	27.1	10.87	カ2-1	カ2-1-1	27.4	11.28
	カ1-1-2	26.8	8.73		カ2-1-2	27.1	10.40
カ1-2	カ1-2-1	26.2	10.31	カ2-2	カ2-2-1	23.8	10.59
	カ1-2-2	26.2	8.57		カ2-2-2	23.8	10.56
カ1-3	カ1-3-1	21.2	9.91	カ2-3	カ2-3-1	22.8	10.68
	カ1-3-2	20.8	7.68		カ2-3-2	23.2	10.36
カ1-4	カ1-4-1	19.2	7.03	カ2-4	カ2-4-1	18.9	8.92
	カ1-4-2	19.3	8.50		カ2-4-2	19.2	10.29

表-2 推定方法と推定精度

推定方法	ヤング係数推定対象ごとの 自由度調整済み決定係数( $R^2$ )			
	木曽平角	伊那平角	伊那髓板	伊那全製品
北海道版 推定式 <sup>1)</sup>	0.72	0.45	0.80	0.59
木曽版 推定式	0.71	0.43	0.76	0.56
丸太 $E_{fr}$	0.73	0.43	0.79	0.46

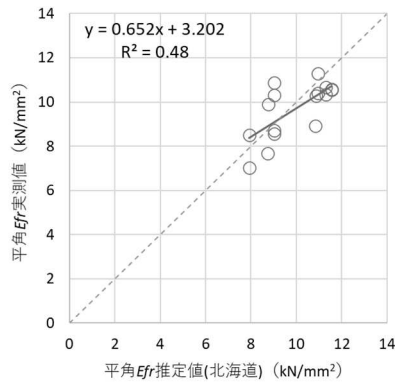


図-3 伊那平角  $E_{fr}$  推定 (北海道版)

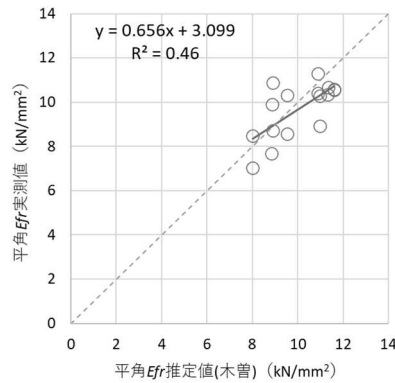


図-4 伊那平角  $E_{fr}$  推定 (木曽版)

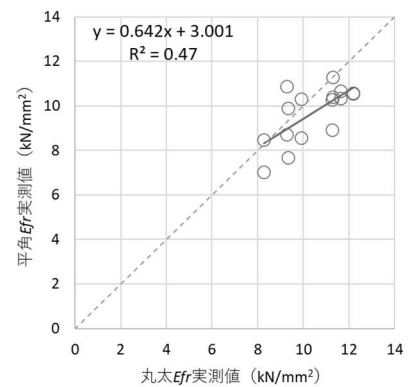


図-5 丸太  $E_{fr}$  と伊那平角  $E_{fr}$

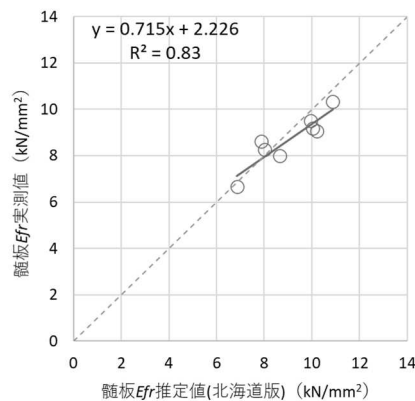


図-6 伊那髓板  $E_{fr}$  推定 (北海道版)

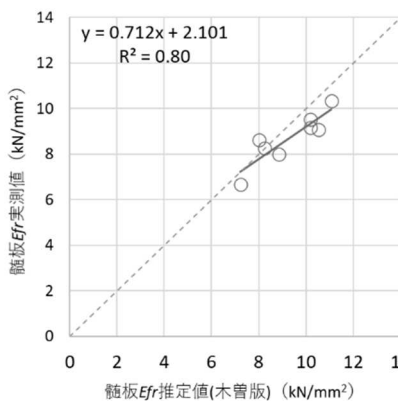


図-7 伊那髓板  $E_{fr}$  推定 (木曽版)

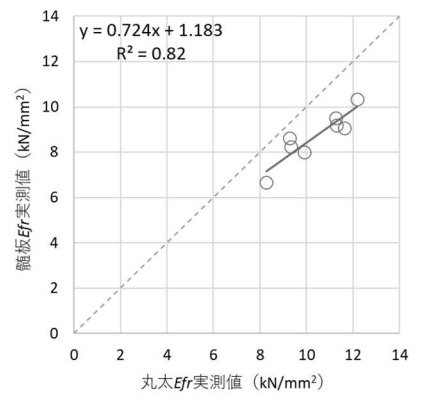


図-8 丸太  $E_{fr}$  と伊那髓板  $E_{fr}$

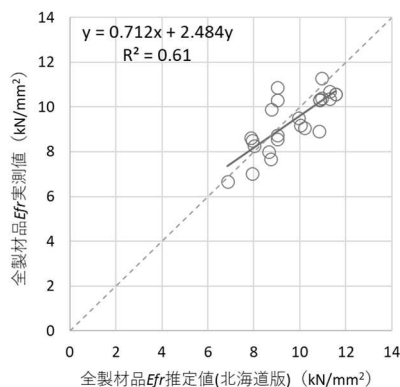


図-9 全製材品  $E_{fr}$  推定 (北海道版)

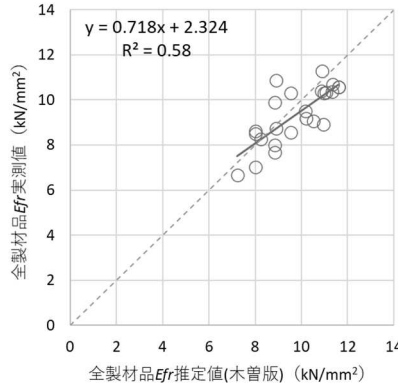


図-10 全製材品  $E_{fr}$  推定 (木曽版)

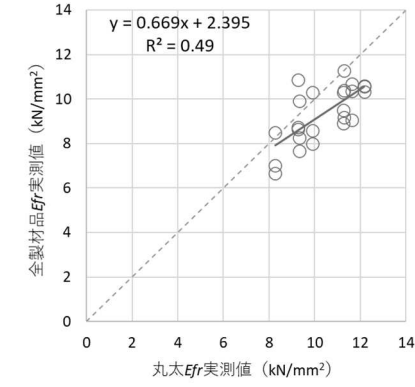


図-11 丸太  $E_{fr}$  と全製材品  $E_{fr}$

全ての回帰係数が有意 ( $p < 0.05$ ) であったが、木曽平角の推定精度と比較すると、今回の伊那平角においてはいずれのヤング係数推定方法も推定精度が低くなった。これは伊那平角が側面定規挽きで2丁取りした際に、同一丸太由来でありながら平角  $E_{fr}$  が均一でなかったことが原因と考えられる。類似のヤング係数偏在現象は長尺丸太に関する既報<sup>3)</sup>でも触れており、今後も偏心等の影響に関する継続調査が必要である。なお、北海道版と木曽版の推定式の精度を比較すると、北海道版の方が若干高い精度で推定できていた。また丸太  $E_{fr}$  を用いて製材品の  $E_{fr}$  を推定する際、平角のみ、あるいは髓板のみを推定する場合には推定式と遜色ない推定精度だったが、平角と髓板を一度に推定しようとする推定式より推定精度が下がった。これは複雑な木取りの製材品  $E_{fr}$  を丸太  $E_{fr}$  から推定することの困難さを示すものと考えられる。

引用文献： 1) 松本和茂ほか5名、森林総合研究所編「大径材の使い方」、pp. 19-20 (2021)

2) 加藤英雄・長尾博文、木材工業、76(11)、pp. 484-487 (2021)

3) 小池直樹ほか3名、令和3年度長野県林業総合センター業務報告、pp. 114-115 (2022)

# 信州大学農学部附属手良沢山演習林のカラマツ及びヒノキ（3） ーヤング係数推定式の伊那産ヒノキ製材品への適用についてー

研究期間：令和元年度～5年度

木材部 小池直樹、吉川達也、山内仁人、奥原祐司

既存のヤング係数推定式が伊那市産ヒノキ製材品に適用できるか検討した結果、心去り角材については推定が困難であることが分かった。

キーワード：ヒノキ、心去り角材、縦振動ヤング係数、 $E_{fr}$ 、ヤング係数推定

## 1 はじめに

本稿（3）では熊本県産ヒノキ（ナンゴウヒ及び実生ヒノキ）の樹幹内強度分布データに基づく製材品のヤング係数推定式が長野県産ヒノキの製材品に適用可能か検討した。

## 2 試験方法

本稿（1）図-1に示した標高1030m地点の1933年植栽90年生ヒノキ2本を伐採し、長さ4.1mで玉切りし4番玉までを供試丸太とした。全ての供試丸太は本稿（2）図-1の通り髓を含む板材（以下「髓板」とする）を採材後、角材は丸太径に合わせ側面定規引きとしたが、同一丸太から採材された心去り角材であっても偏心等の影響で木口長辺の長さが異なることがあり、その場合本稿（5）で述べる乾燥試験のため小さい角材に揃える形で製材し直した。なお、4番玉は髓板のみ採材した。丸太の測定は本稿（1）と同じく素材の日本農林規格に準じて行い、髓板及び平角の測定は本稿（2）と同様に行った。ヤング係数推定は平田の提案した次式<sup>1)</sup>を用いて行い、製材品の髓からの距離は加藤らが考案した0.5mm間隔の点群法<sup>2)</sup>を用いて決定し、側面定規挽きのため $R$ は両木口の平均値、 $r$ は丸太長さ方向の中間地点の値を用いた。

$$\text{ナンゴウヒ：}(r < 84 \text{ のとき}) \quad E_{fr-timber} = 0.085 \times (r - 84 + 84^3 / 3R^2) + E_{fr-log}$$

$$(r \geq 84 \text{ のとき}) \quad E_{fr-timber} = 0.085 \times 84^3 / 3R^2 + E_{fr-log}$$

$$\text{実生ヒノキ：}(r < 105 \text{ のとき}) \quad E_{fr-timber} = 0.064 \times (r - 105 + 105^3 / 3R^2) + E_{fr-log}$$

$$(r \geq 105 \text{ のとき}) \quad E_{fr-timber} = 0.064 \times 105^3 / 3R^2 + E_{fr-log}$$

ここで、 $E_{fr-timber}$ ：製材品のヤング係数推定値 (kN/mm<sup>2</sup>)、 $r$ ：樹心（髓）から製材品までの距離 (mm)、 $R$ ：丸太の半径 (mm)、 $E_{fr-log}$ ：丸太のヤング係数 (kN/mm<sup>2</sup>)

## 3 結果および考察

表-1に供試丸太及び角材の諸元を、表-2に各推定方法ごとの推定精度を示し、図-1～9に各推定値と実測値の関係を示すが、図-1～9内の決定係数 $R^2$ は自由度調整していない。

表-1 丸太及び角材諸元

伐採木 No.	丸太 No.	番玉	末口 平均径 (cm)	元口 平均径 (cm)	長さ (m)	細り (cm/m)	$E_{fr}$ (kN/mm <sup>2</sup> )	角材 No.	短辺 (cm)	長辺 (cm)	$E_{fr}$ (kN/mm <sup>2</sup> )
1	ヒ1-1	1番玉	39.0	48.3	4.100	2.256	9.15	ヒ1-1-1	12.4	21.0	10.71
								ヒ1-1-2	12.3	21.3	10.39
	ヒ1-2	2番玉	35.5	38.0	4.100	0.610	9.96	ヒ1-2-1	12.1	12.3	10.67
								ヒ1-2-2	12.4	12.4	9.81
	ヒ1-3	3番玉	29.3	34.5	4.060	1.293	9.79	ヒ1-3-1	9.3	14.8	9.84
								ヒ1-3-2	9.3	14.9	8.43
	ヒ1-4	4番玉	19.0	28.5	4.120	2.306	10.58				
2	ヒ2-1	1番玉	37.8	46.3	4.120	2.063	9.73	ヒ2-1-1	12.3	17.2	10.54
								ヒ2-1-2	12.3	17.3	10.66
	ヒ2-2	2番玉	33.3	38.5	4.085	1.285	10.95	ヒ2-2-1	12.1	12.3	11.07
								ヒ2-2-2	12.4	12.5	10.17
	ヒ2-3	3番玉	27.0	33.5	4.095	1.587	11.70	ヒ2-3-1	9.3	13.9	10.46
								ヒ2-3-2	9.3	12.8	12.18
	ヒ2-4	4番玉	20.3	27.5	4.095	1.770	12.01				

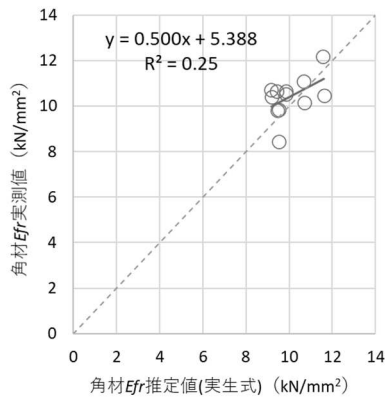


図-1 伊那平角  $E_{fr}$  推定 (実生式)

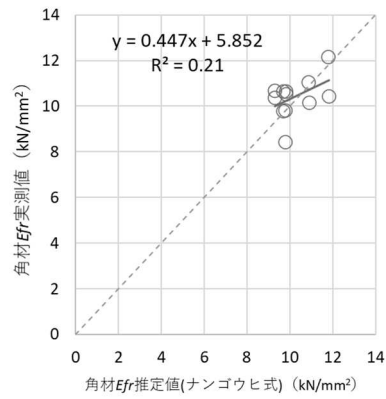


図-2 伊那平角  $E_{fr}$  推定 (ナンゴウヒ式)

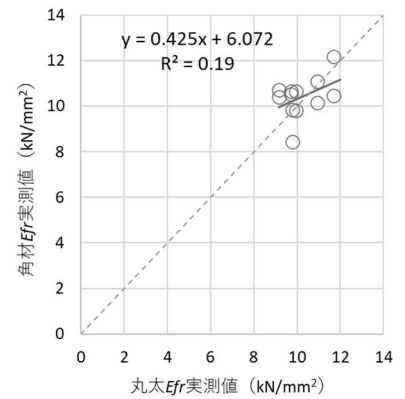


図-3 丸太  $E_{fr}$  と伊那平角  $E_{fr}$

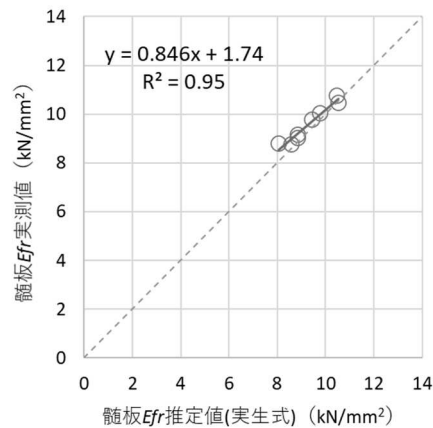


図-4 伊那髓板  $E_{fr}$  推定 (実生式)

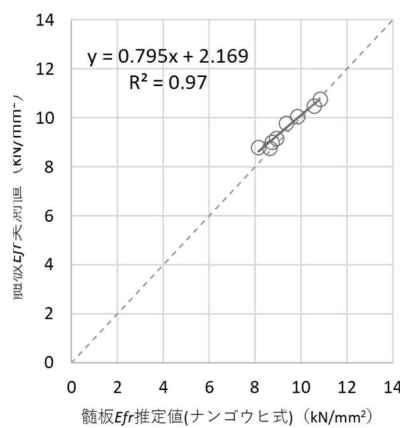


図-5 伊那髓板  $E_{fr}$  推定 (ナンゴウヒ式)

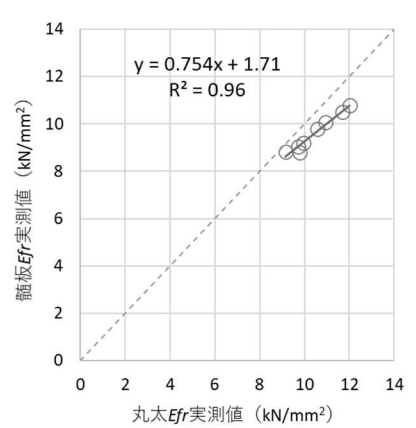


図-6 丸太  $E_{fr}$  と伊那髓板  $E_{fr}$

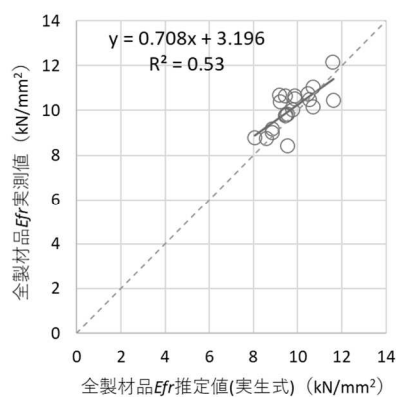


図-7 全製材品  $E_{fr}$  推定 (実生式)

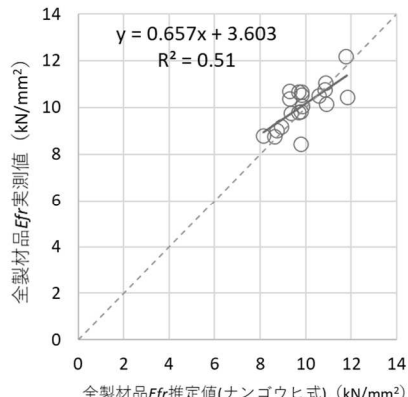


図-8 全製材品  $E_{fr}$  推定 (ナンゴウヒ式)

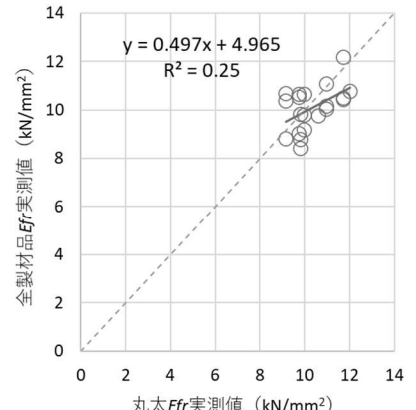


図-9 丸太  $E_{fr}$  と全製材品  $E_{fr}$

今回、髓板と全製品に関しては全ての推定方法で回帰係数が有意 ( $p < 0.05$ ) であったが、角材については全ての推定方法で回帰係数が有意でなかった。2立木分のヒノキ丸太に基づく結果であるため今後はサンプル数を増やしたうえで、必要に応じて長野県産ヒノキ用の新たなヤング係数推定式の導出を検討したい。

引用文献： 1) 平田晃久、熊本県林業研究指導所業務報告書第 53 号、2015 年 10 月、p.6

2) 加藤英雄・長尾博文、木材工業、76(11)、pp.484-487(2021)

表-2 推定方法と推定精度

推定方法	ヤング係数推定対象ごとの 自由度調整済み決定係数( $R^2$ )		
	伊那角材	伊那髓板	伊那全製品
ナンゴウヒ式	0.13	0.96	0.49
実生 ヒノキ式	0.17	0.94	0.50
丸太Efr	-0.09	0.96	0.21

# 信州大学農学部附属手良沢山演習林のカラマツ及びヒノキ（４） －半径方向全乾密度分布－

研究期間：令和元年度～５年度  
木材部 小池直樹

カラマツとヒノキの半径方向密度分布を調査した。その結果、カラマツでは外周を基準にした場合複数の番玉で共通する密度分布傾向が捉えやすく、また髄から外周に向かって密度の低下と再上昇が確認された。大径材においては既往研究とは異なる密度分布パターンで肥大成長している可能性がある。

キーワード：カラマツ、ヒノキ、全乾密度、半径方向分布、番玉

## 1 はじめに

一般的に密度とヤング係数の間には正の相関関係が存在する。長野県産カラマツ大径丸太内の半径方向密度分布については、佐久産の106年生カラマツを調査し外側で低下するとした朱の報告<sup>1)</sup>があり、ヤング係数分布との関係についての調査が待たれる。ヒノキについては大分県の精英樹3クローンの容積密度を調査し「髄付近で大きく、その後顕著な低下を示し、11-15年輪～中略～で最小値をとり、その後漸増する傾向にあった」とする津島らの報告<sup>2)</sup>があり、また熊本県産ヒノキについて「髄から外周に向かってヤング係数が増加する傾向」とする平田の報告<sup>3)</sup>がある。

今回、大径材でのデータ蓄積を目的としヤング係数分布調査に先立ち半径方向全乾密度分布を調査した。

## 2 試験方法

供試したカラマツ丸太の諸元は本項（１）表-1の通り、ヒノキ丸太の諸元は本稿（３）表-1の通りである。丸太は髄を含む40mm厚の板材に製材後、欠点を含まない任意の位置で長さ方向30mmでカットし、5年輪ごとに小試験体（30mm×30mm×5年輪分の幅、図-1）に調整し全乾密度を測定した。

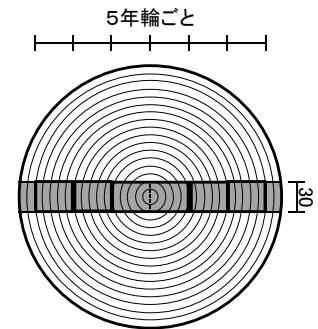


図-1 試験体木取り図

## 3 結果

半径方向密度分布を図-2～9示す。密度の値は髄を挟んだ両側の小試験体の平均値である。同じ密度データについて2つのグラフを示したが、番玉間に共通の傾向を捉えるため同じデータを髄を基準した一般的なものと、外周を基準にしたものである。カラマツは外周揃えのグラフの方が番玉間に共通の傾向を捉えやすく、45～50年輪あたりから外側の密度低下と13齡級（61～65年輪）相当部分での再上昇が確認できた。ヒノキは若干だが髄揃えのグラフの方が番玉間に共通の傾向を捉えやすく、髄から外側に向かって減少する傾向が確認できた。

## 4 考察

髄を基準にした場合、成熟材・未成熟材別の密度分布の傾向が捉えやすくなり、外周を基準とした場合、年輪が形成された年別の密度分布の傾向が捉えやすくなる。カラマツについては本業務報告の別稿で報告するが、カラマツ採種園精英樹9クローン分の丸太でも外周を基準にした方が番玉間に共通の全乾密度分布傾向を捉えやすかった。ヤング係数も同様の分布であると仮定すると、様々な番玉が混在する丸太群から得られた製材品のヤング係数を推定する場合には、外周基準でヤング係数を推定した方が推定精度が上がる可能性がある。

引用文献：1) 朱健軍、信州大学農学部演習林報告、38、pp.61-99(2002)

2) 津島俊二ほか、木材学会誌、52(5)、pp277-284(2006)

3) 平田晃久、熊本県林業研究指導所業務報告書第53号、2015年10月、p.6

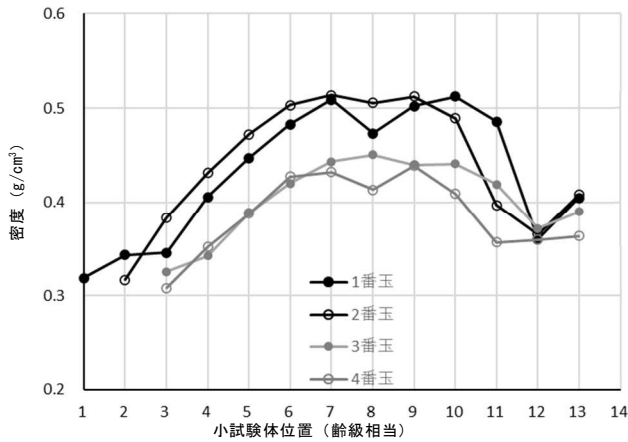


図-2 カラマツ No. 1 の密度分布 (外周基準)

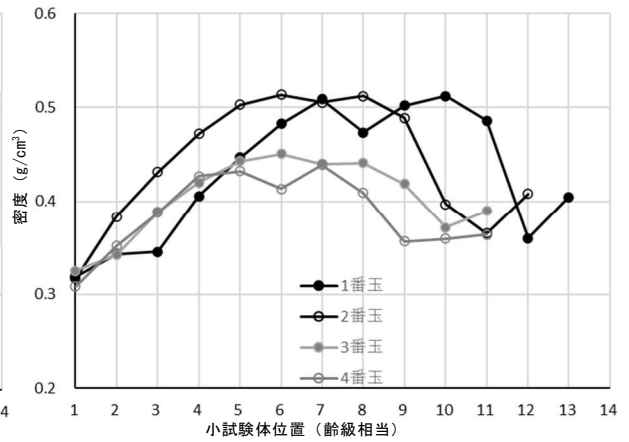


図-3 カラマツ No. 1 の密度分布 (髓基準)

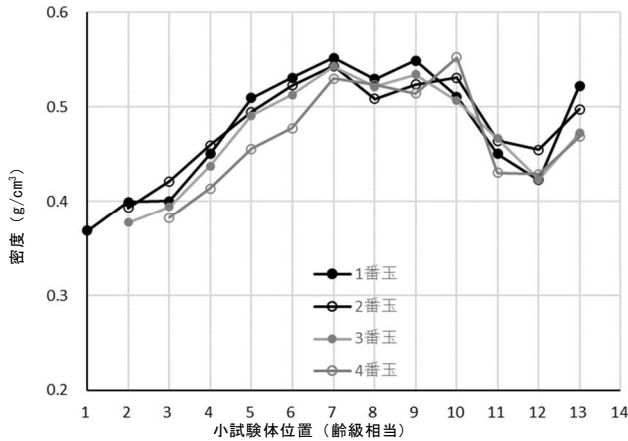


図-4 カラマツ No. 2 の密度分布 (外周基準)

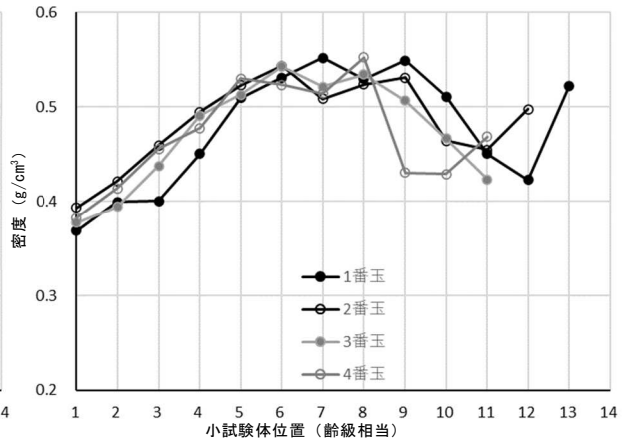


図-5 カラマツ No. 2 の密度分布 (髓基準)

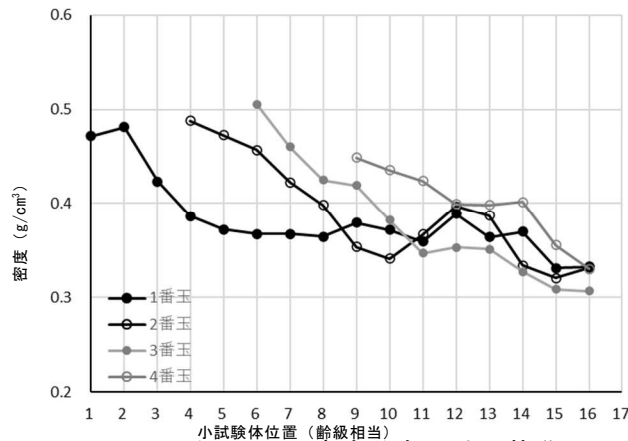


図-6 ヒノキ No. 1 の密度分布 (外周基準)

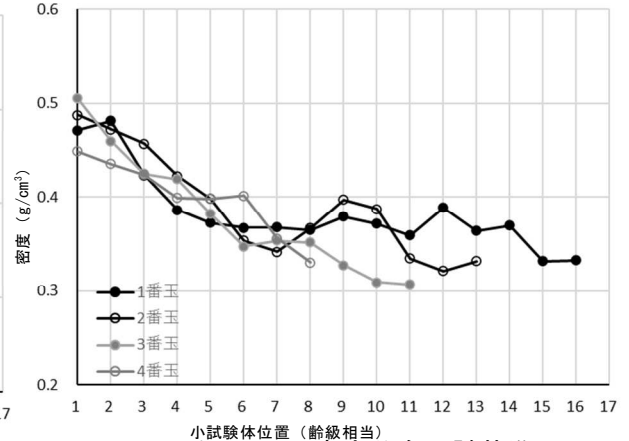


図-7 ヒノキ No. 1 の密度分布 (髓基準)

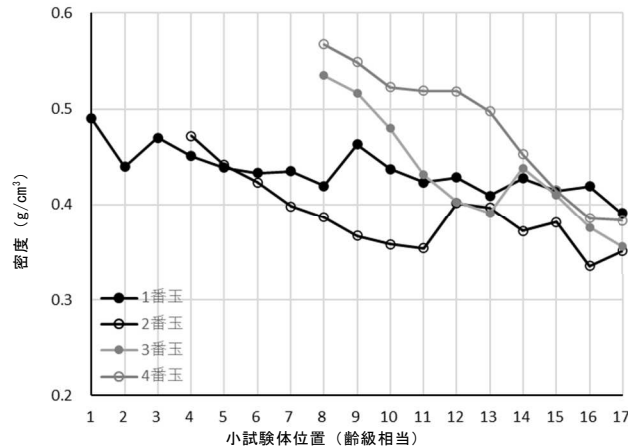


図-8 ヒノキ No. 2 の密度分布 (外周揃え)

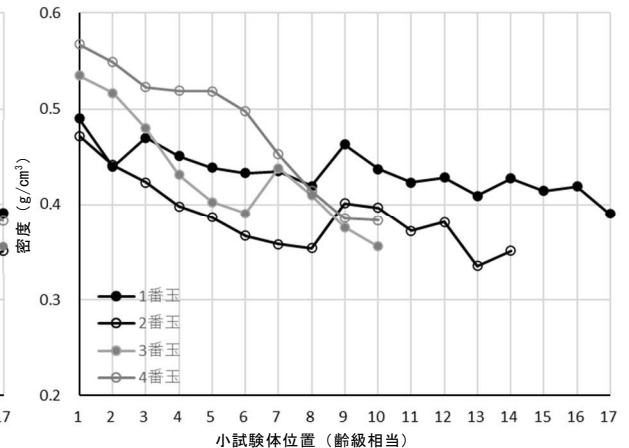


図-9 ヒノキ No. 2 の密度分布 (髓揃え)

# 信州大学農学部附属手良沢山演習林のカラマツ及びヒノキ（5） －カラマツ及びヒノキ心去り材のガラスハウス乾燥－

研究期間：令和元年度～5年度

木材部 小池直樹、吉川達也、山内仁人、奥原祐司

長野県産カラマツ及びヒノキの心去り平角材のガラスハウス乾燥を行った。その結果、天然乾燥と比較し乾燥前後の質量比が両樹種とも有意に小さく、ガラスハウス乾燥の有効性が示された。

キーワード：カラマツ、ヒノキ、心去り平角、天然乾燥、ガラスハウス乾燥

## 1 はじめに

長野県産カラマツ角材の乾燥試験はこれまでそのほとんどが正角あるいは心持ち平角について実施されており、心去り平角の知見は乏しい。また、長野県産ヒノキの心去り角材乾燥試験はこれまで当センターでは実施してこなかった。今回、カラマツ及びヒノキの心去り平角材（ヒノキについては一部正角を含む）の省エネルギー乾燥方法の開発を目的としガラスハウスを用いた乾燥試験を実施した。

## 2 試験方法

本稿（2）表-1、（3）表-1 の平角材を乾燥試験に供試した。ガラスハウス（写真-1）は建物の外壁を背面として利用し、正面口（南向き）はビニール巻き上げ式、天井及び側面はガラス製で、上部ファン2基でハウス内の空気を還流させている。カラマツ平角材は 90～95℃で 8 時間の蒸煮の後 28 日間の予備的な天然乾燥を行った後、同一丸太から採材された 2 丁取り平角 2 体のうち 1 体をガラスハウス内に移し、もう 1 体は天然乾燥を継続した（写真-2）。ヒノキは製材後すぐガラスハウス乾燥と天然乾燥を開始した。その後は両乾燥条件の温湿度の測定及び角材の定期的な質量測定を行った。なお、温湿度は両乾燥条件とも上下段に 1 個ずつ設置した温湿度計から得られたデータを平均した。ガラスハウス・天然乾燥ともにねじれ防止のためカラマツ材にのみ重しを乗せ、ヒノキ材は重しの上に乗せて乾燥させた。天然乾燥は屋根代わりに傾斜付き波板を乗せ雨等が材に直接当たらないようにした。

ガラスハウス乾燥と天然乾燥の乾燥前後質量比の差はウィルコクソン符号順位和検定によって  $t$  値の有意点を用いて危険率 5%で両側検定を行った。



写真-1 ガラスハウス外観



写真-2 天然乾燥

## 3 結果と考察

温湿度の測定結果の月平均グラフを図-1 に、月ごとのガラスハウス内外の温湿度差を表-1 に、樹種別の質量変化を図 2、3 に示す。なお、図 2、3 の試験体番号末尾 1 は天然乾燥（グレー線）、末



尾 2 はガラスハウス乾燥（黒線）の同一丸太由来の角材の乾燥経過を示している。カラマツは 28 日目にガラスハウスに入れてからの質量減少が顕著であった。ヒノキは製材直後にガラスハウスに入れたため 7 日目までの質量減少が顕著であった。また両樹種とも 10 月のガラスハウス乾燥において質量減少が大きく、温湿度差のピークが確認された月に効果的な乾燥が行われたと判断できる。

また表-2 に全ての角材の乾燥前後の質量比を示すが、ウィルコクソン符号順位和検定の結果、両樹種において乾燥方法間の乾燥前後の質量比に有意差が認められたため、ガラスハウス乾燥の方が質量減少率が大きく、仕上がり含水率が低くなることが期待される。今後角材は曲げ試験に供し、その際全乾試験により仕上がり含水率を確認する予定である。

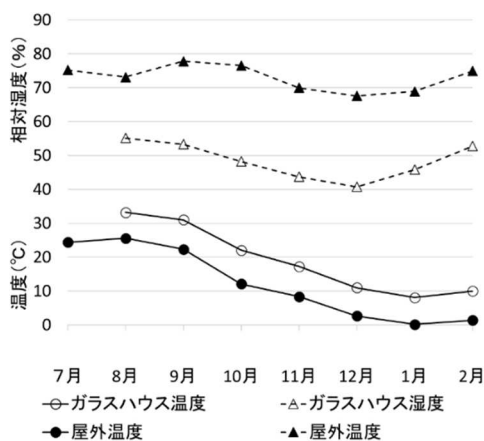


図-1 月平均温湿度変化

表-1 ガラスハウス内外の温湿度差

月	平均温度差 (°C)	平均相対湿度差 (%ポイント)
8月	7.6	18.0
9月	8.6	24.6
10月	9.9	28.3
11月	8.9	26.2
12月	8.3	26.8
1月	7.9	23.0
2月	8.6	22.1
平均	8.6	24.1

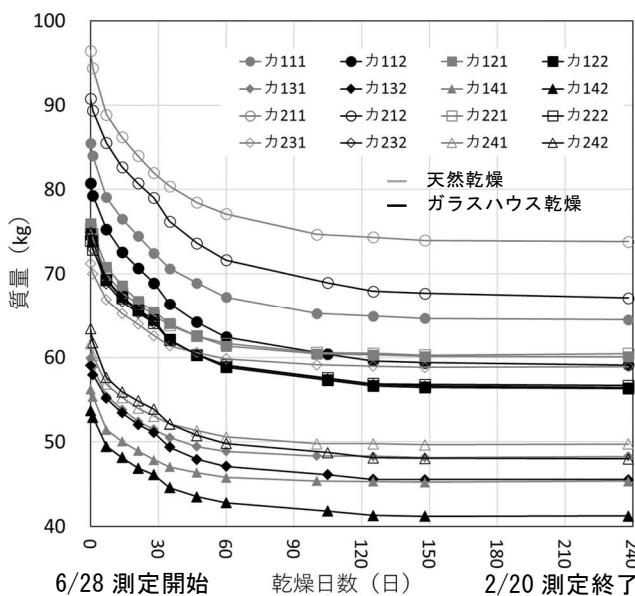


図-2 カラマツ心去り平角の乾燥経過

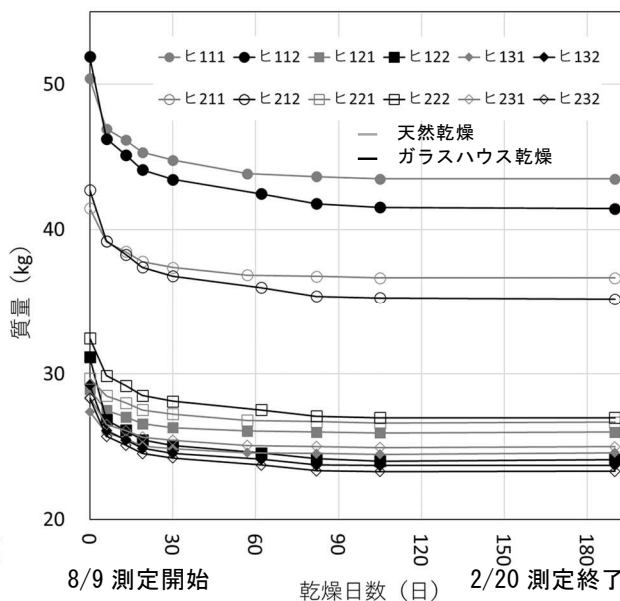


図-3 ヒノキ心去り角材の乾燥経過

表-2 乾燥前後の質量比

丸太No.	天然乾燥		ガラスハウス乾燥		丸太No.	天然乾燥		ガラスハウス乾燥	
	平角No.	質量比	平角No.	質量比		平角No.	質量比	平角No.	質量比
カ1-1	カ1-1-1	0.890	カ1-1-2	0.858	ヒ1-1	ヒ1-1-1	0.863	ヒ1-1-2	0.798
カ1-2	カ1-2-1	0.918	カ1-2-2	0.874	ヒ1-2	ヒ1-2-1	0.899	ヒ1-2-2	0.774
カ1-3	カ1-3-1	0.938	カ1-3-2	0.891	ヒ1-3	ヒ1-3-1	0.897	ヒ1-3-2	0.811
カ1-4	カ1-4-1	0.948	カ1-4-2	0.894					
カ2-1	カ2-1-1	0.901	カ2-1-2	0.849	ヒ2-1	ヒ2-1-1	0.884	ヒ2-1-2	0.824
カ2-2	カ2-2-1	0.931	カ2-2-2	0.884	ヒ2-2	ヒ2-2-1	0.898	ヒ2-2-2	0.831
カ2-3	カ2-3-1	0.942	カ2-3-2	0.880	ヒ2-3	ヒ2-3-1	0.880	ヒ2-3-2	0.823
カ2-4	カ2-4-1	0.938	カ2-4-2	0.891					

# 川上採種園のカラマツ精英樹の材質（１） －平均年輪幅－

研究期間：令和元年度～５年度  
木材部 小池直樹

採種園のカラマツ精英樹丸太の平均年輪幅を記録し既往研究と比較した。その結果、同一クローンの平均年輪幅が採種園では育種素材保存園の２倍以上になった例が確認できた。

キーワード：カラマツ、丸太、枝、精英樹、年輪

## 1 はじめに

現在、長野県内のカラマツ採種園の一部において採種のための伐採が行われている。育種素材保存園精英樹の年輪幅や強度等材質特性については既往研究<sup>1)2)</sup>があるが、採種園精英樹については未知であるため、将来の育種事業に貢献することを目的とし当該伐採木を供試し材質特性について調査した。本稿（１）では平均年輪幅について報告する。本研究（１）～（３）は県単課題（平成31年～令和5年）として実施した。

## 2 試験の方法

供試木と玉切り方法については令和4年度業務報告90p.に示した通りである。既往研究に合わせ年輪数と幅は元口側で測定し、平均年輪幅は元口の平均径を年輪数で除して得た。なお、玉切り後丸太の元口側から厚さ10cmの円盤を2枚採取し（図-1の着色部分）、本稿（2）以降の試験に供した。なお、採種園特有の断幹部周辺の萌芽枝が成長し幹状となった丸太も複数得られたため、これらも試験対象とした。

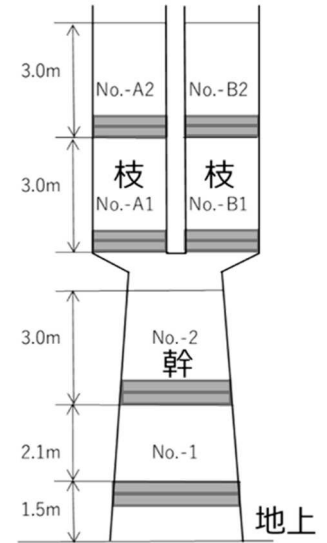


図-1 円盤採取図

## 3 結果および考察

結果を表-1に示す。また採種園精英樹の番玉別の平均年輪幅の変動について図-2～8に示す。

表-1 平均年輪幅

クローン名	丸太No.	年輪数	平均年輪幅		クローン名	丸太No.	年輪数	平均年輪幅	
			(mm)	既往研究 平均年輪幅 (mm)				(mm)	既往研究 平均年輪幅 (mm)
白田 5	005-1	55	8.3	3.8	諏訪 4	111-1	55	8.9	
	005-2	49	8.4			111-2	52	8.9	
南佐久 2	041-1	54	8.7	111-3		43	8.9		
	041-2	48	8.6	111-4		40	7.3		
	041-3	45	8.2	111-5		39	5.9		
	041-4	42	7.5	159-1	52	9.1	3.6		
	041-5	37	6.6	159-2	-	-	4.2		
	041-6	30	6.1	159-A1	42	7.5			
南佐久 1 2	051-1	53	9.0	4.1	北佐久 1	159-A2	38	6.8	
	051-2	47	6.4	4.9		159-A3	33	6.1	
	051-3	40	6.9	159-B1		42	7.0		
岩村田 8	075-1	62	4.5		159-B2	37	7.5		
	075-2	47	5.4		161-1	54	9.0		3.6
	075-3	43	5.1		161-2	-	-		4.4
	075-4	36	4.2		161-A1	25	7.3		
岩村田 3 8	086-1	55	7.3		161-A2	20	8.3		
	086-2	52	6.9		161-B1	23	8.4		
	086-3	47	6.8		161-B2	18	9.1		
	086-4	43	6.4		161-C1	24	9.7		
	086-5	40	5.6		161-C2	20	10.3		
北佐久 4	162-1	53	6.9	3.0					
	162-2	22	9.0	4.0					

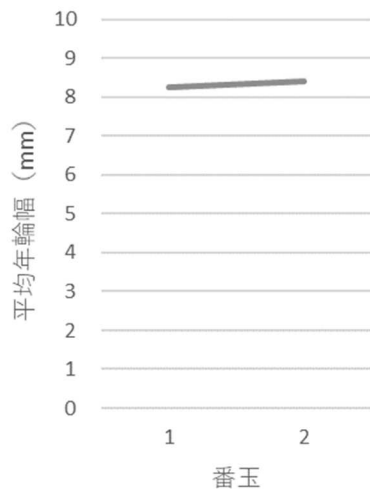


図-2 臼田 5 の年輪幅変動

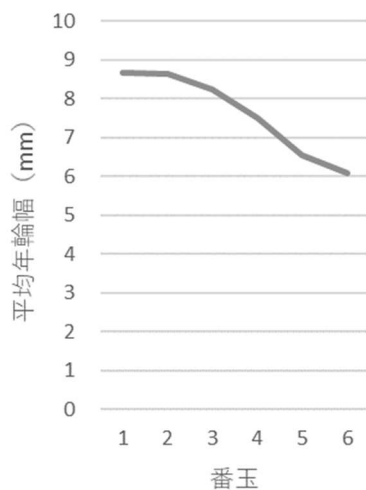


図-3 南佐久 2 の年輪幅変動

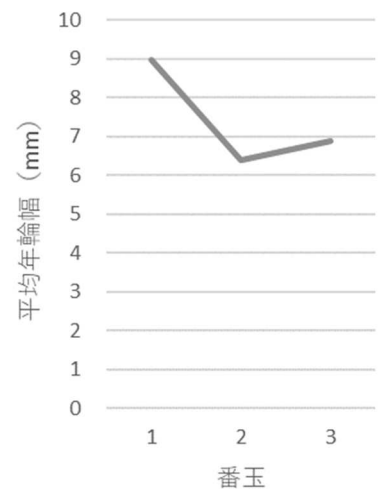


図-4 南佐久 12 の年輪幅変動

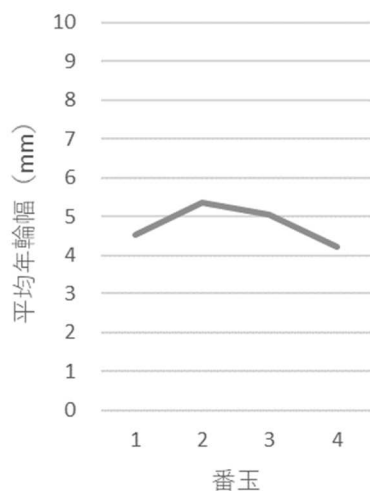


図-5 岩村田 8 の年輪幅変動

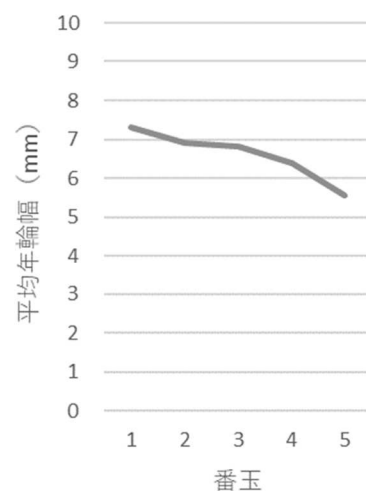


図-6 岩村田 38 の年輪幅変動

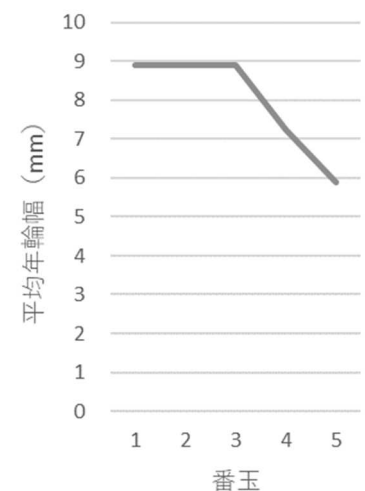


図-7 諏訪 4 の年輪幅変動

今回、既往研究にない5種類のカラマツ精英樹クローンについて年輪幅の個体値を記録することができ、また3番玉以上の個体値については全て初記録となる。

1番玉元口の年輪数は最大62、最小52、平均値は54.9であり、既往研究<sup>1)</sup>の1番玉元口の年輪数は最大37、最小22、平均値は32.3とあるため、生育期間に約20年の差がある。平均年輪幅について同一クローンの同じ番玉で比較できる箇所を見ると、今回の採種園精英樹の平均年輪幅は先行研究の育種素材保存園精英樹の年輪幅の2倍かそれ以上になっていることがわかり、令和4年度業務報告で報告した採種園精英樹丸太の方が育種素材保存園の同一クローン丸太より縦振動ヤング係数が低かったこととの関連について今後調査が必要と考える。また既往研究に個々の年輪数の記載がないため直接比較はできないものの、同一林齢までの平均年輪幅を比べた場合、その差はより大きかったものと考えられる。

個々の番玉別図ではクローン名「臼田5」と「北佐久4」を除き樹幹上部に行くにつれ平均年輪幅が狭くなる傾向が見取れ、「頭でっかち」にならないよう理にかなった生育をしているように思われるが、既往研究に1番玉と2番玉両方の平均年輪幅の記載がある4種類のクローンについて見てみると、全て2番玉の方が平均年輪幅が広くなっており、今回とは逆の結果になっている。この原因は不明だが表現型可塑性の観点から興味深い。

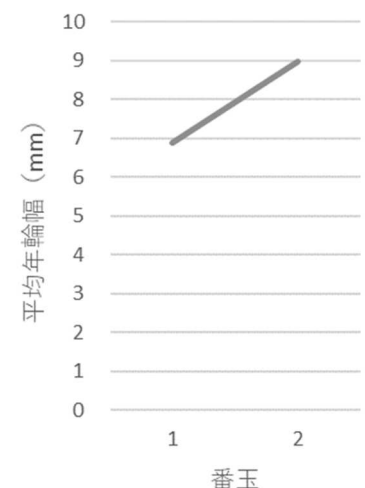


図-8 北佐久 4 の年輪幅変動

引用文献：1) 中田了五・藤澤義武・谷口亨，林育研報 21，pp. 85-105 (2005)

2) 橋爪丈夫ほか8名，長野県林総セ研報第25号 pp. 107-172 (2011)

# 川上採種園のカラマツ精英樹の材質（２） －繊維傾斜度－

研究期間：令和元年度～５年度  
木材部 小池直樹、吉川達也

カラマツ精英樹丸太の繊維傾斜度を測定した。その結果、既往研究と異なり成熟材部で最大の繊維傾斜度が確認できた丸太が多く、製材品のねじれへの影響が懸念される。

キーワード：カラマツ、丸太、精英樹、繊維傾斜度、樹幹内変動

## 1 はじめに

本稿（２）では繊維傾斜度の測定結果について報告する

## 2 試験の方法

本稿（１）で述べた丸太元口側の円盤２枚のうち１枚を割裂法<sup>1)</sup>（写真-1、2）により繊維傾斜度を測定した。すなわち円盤の片方の木口面に節等の欠点を避け髄を通る直線を引き、反対の木口面にはそれと平行な直線を引き、末口側の木口直線に両刃のナタをあてがい槌でナタの背を打撃し円盤を割り（写真-1、2）、元口側の直線と割裂線のずれを年輪界付近の晩材部上でデジタルノギスで0.01mm単位で測定した。

なお、繊維傾斜度は髄を挟んだ両側の平均値とし、S旋回を正、Z旋回を負の値とした。



写真-1 円盤末口側

写真-2 円盤元口側

## 3 結果

結果を表-1に、またクローンごとの樹幹内繊維傾斜度変動を図-1～9に示す。比較可能な既往研究<sup>2)</sup>では最大傾斜出現年輪が平均4.0だったクローン名「北佐久1」1番玉において、今回は48年輪で最大傾斜が確認された。また造林木9個体分の樹幹内変動を確認した中川<sup>3)</sup>は同一個体の各地上高において分布の形態がほぼ似通っていること、最大繊維傾斜度が樹心に近い位置で現れることなどを報告しているが、今回は樹心から離れた成熟材部で最大傾斜が現れる丸太の方が多く、図からは未成熟材部分でいったんは小ピークを示す繊維傾斜度が成熟材部で再度ピークを示す丸太が多いことが見て取れ、なおかつ同一個体内で分布が似通っているとも言い難い結果となった。

表-1 繊維傾斜度

クローン名	川上採種園				既往研究（育種素材保存園）			クローン名	川上採種園				既往研究（育種素材保存園）							
	丸太No.	平均傾斜 (度)	最大傾斜 (度)	年輪数	最大傾斜 出現年輪	平均傾斜 (度)	最大傾斜 (度)		最大傾斜 出現年輪	丸太No.	平均傾斜 (度)	最大傾斜 (度)	年輪数	最大傾斜 出現年輪	平均傾斜 (度)	最大傾斜 (度)	最大傾斜 出現年輪			
白田5	005-1	3.14	8.12	55	54			諏訪4	111-1	2.61	6.99	55	55							
	005-2	8.67	15.11	49	35				111-2	1.06	3.04	52	6							
南佐久2	041-1	1.91	4.09	54	13	3.85	8.22	北佐久1	111-3	4.36	6.29	43	38	1.82	3.42	4.0				
	041-2	3.29	4.96	48	32				111-4	1.88	3.49	40	36							
	041-3	1.53	3.74	45	4				111-5	4.94	8.18	39	33							
	041-4	2.34	3.37	42	42				159-1	2.83	4.35	52	48							
	041-5	0.56	3.24	37	7				159-A1	3.34	4.21	42	11							
	041-6	2.07	3.02	30	4				159-A2	2.12	3.57	38	6							
南佐久12	051-1	8.77	13.78	53	35			159-A3	3.26	4.98	33	23								
	051-2	7.17	9.91	47	28			159-B1	4.10	5.33	42	42								
	051-3	4.55	6.71	40	8			159-B2	4.37	5.64	37	37								
岩村田8	075-1	3.53	8.04	62	37			北佐久3	161-1	2.30	4.67	54	2	1.61	3.82	4.3				
	075-2	5.34	9.40	47	36				161-A1	1.89	2.74	25	3							
	075-3	4.27	7.52	43	31				161-A2	2.61	3.26	20	5							
	075-4	4.21	5.76	36	25				161-B1	2.80	3.55	23	13							
岩村田38	086-1	3.33	7.26	55	55			161-B2	2.13	3.33	18	2								
	086-2	4.17	6.01	52	44			161-C1	2.51	3.44	24	3								
	086-3	1.83	3.31	47	4			161-C2	2.64	3.97	20	5								
	086-4	2.31	3.73	43	8			162-1	2.56	8.17	53	8						6.08	8.09	10.5
	086-5	4.00	5.65	40	33			162-2	7.93	9.85	22	13								

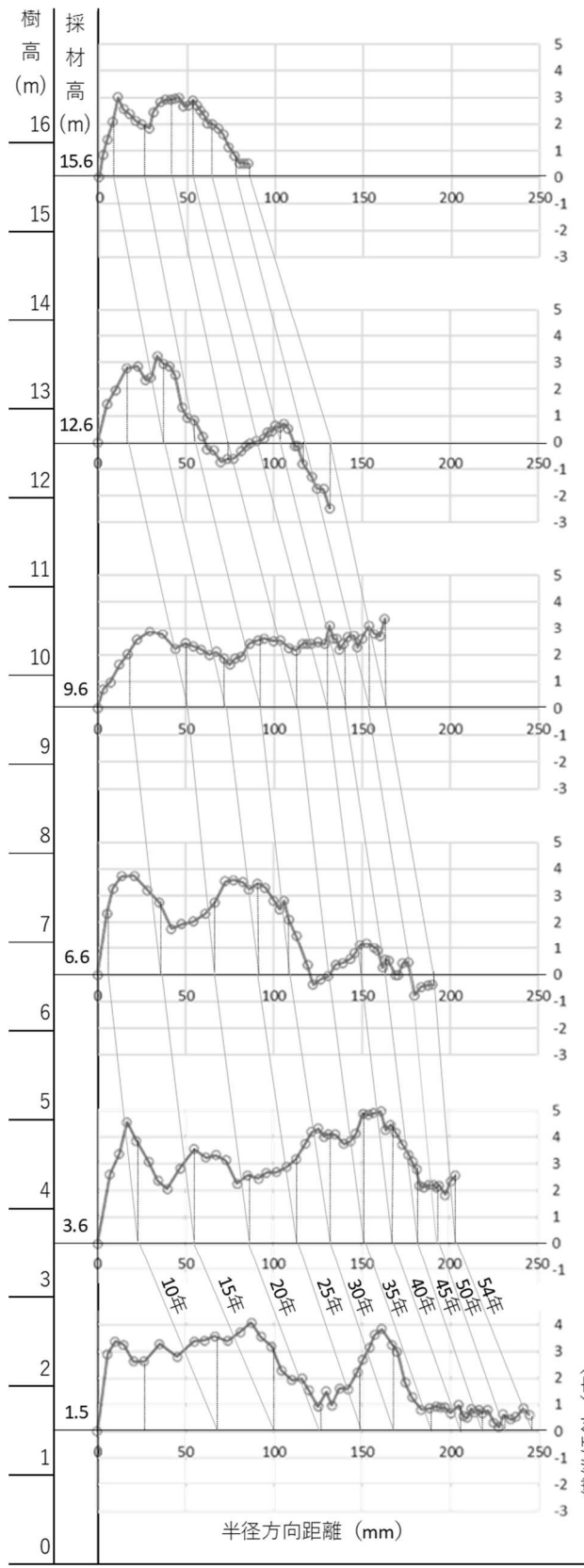


図-1 南佐久 2 の樹幹内繊維傾斜変動

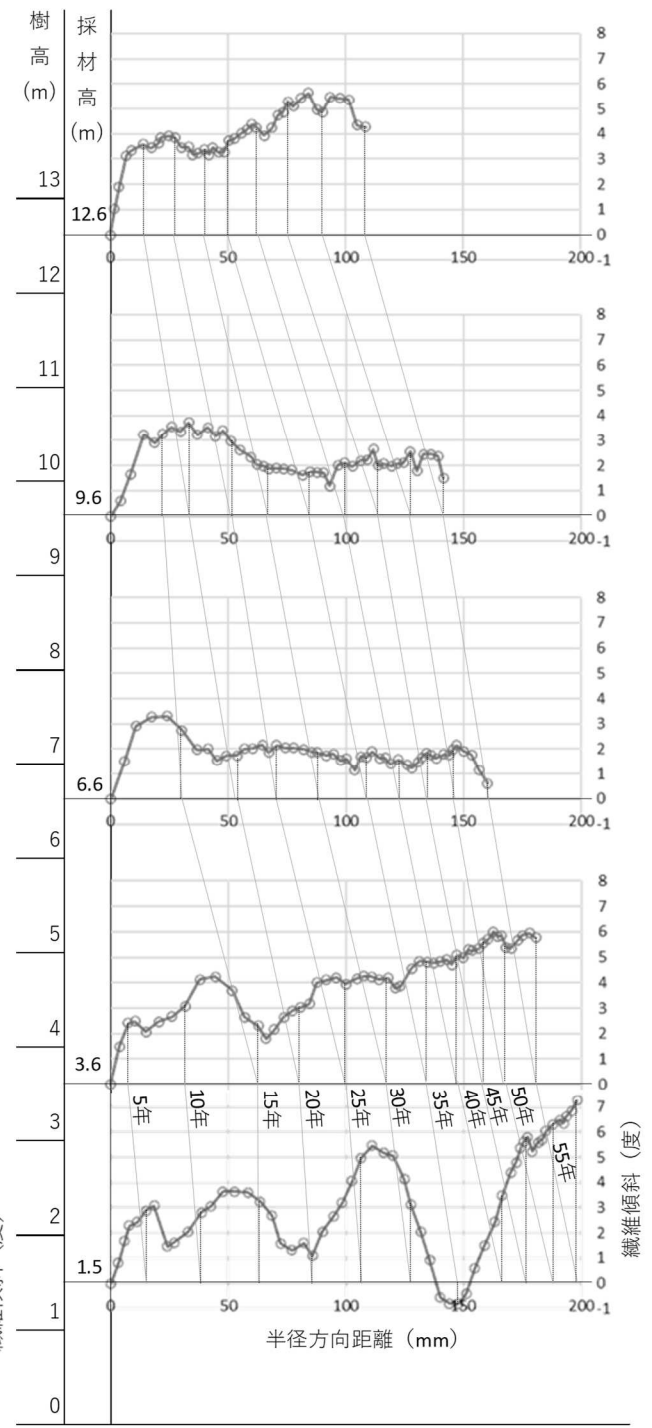


図-2 岩村田 38 の樹幹内繊維傾斜変動

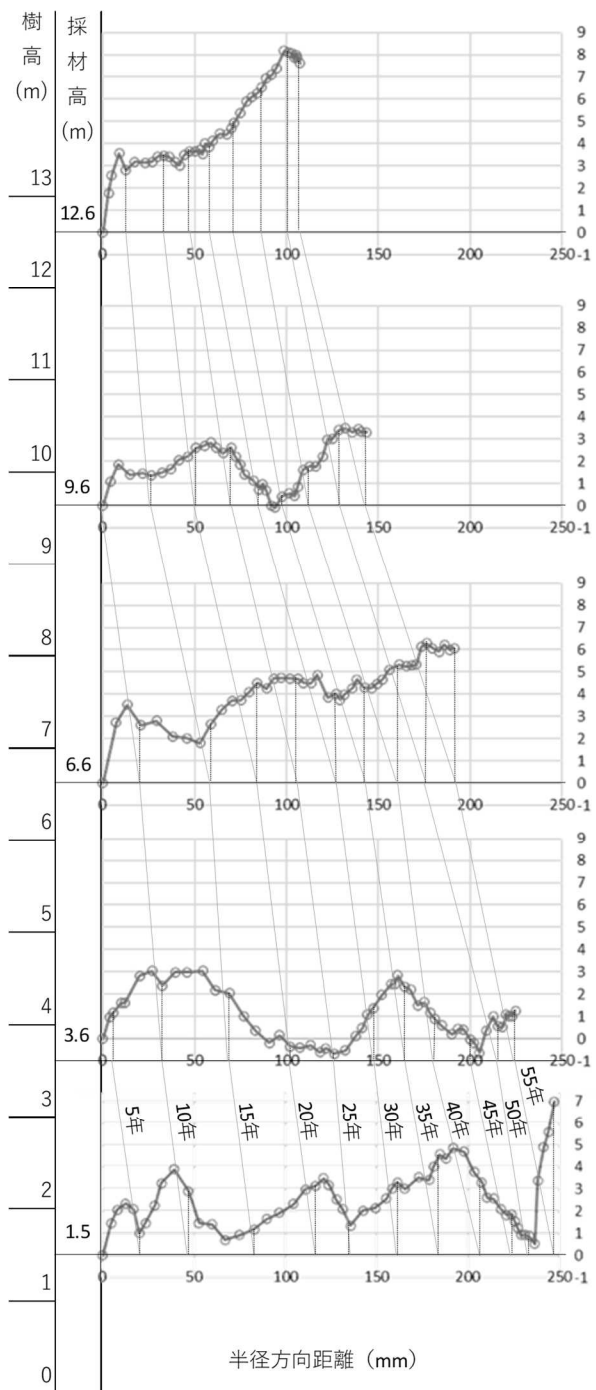


図-3 諏訪4の樹幹内繊維傾斜変動

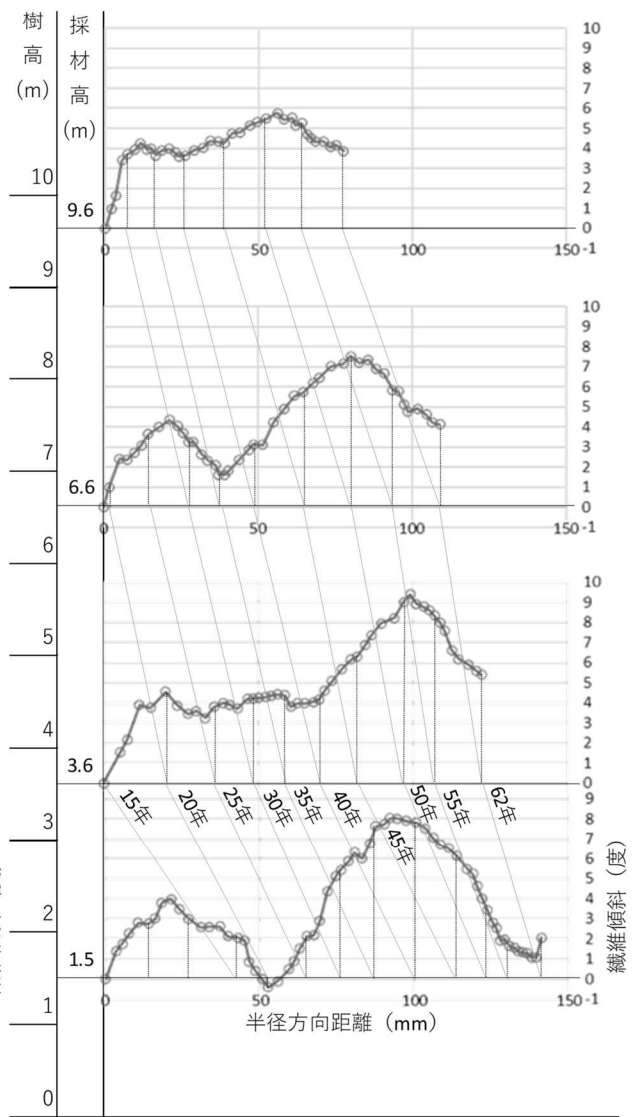


図-4 岩村田8の樹幹内繊維傾斜変動

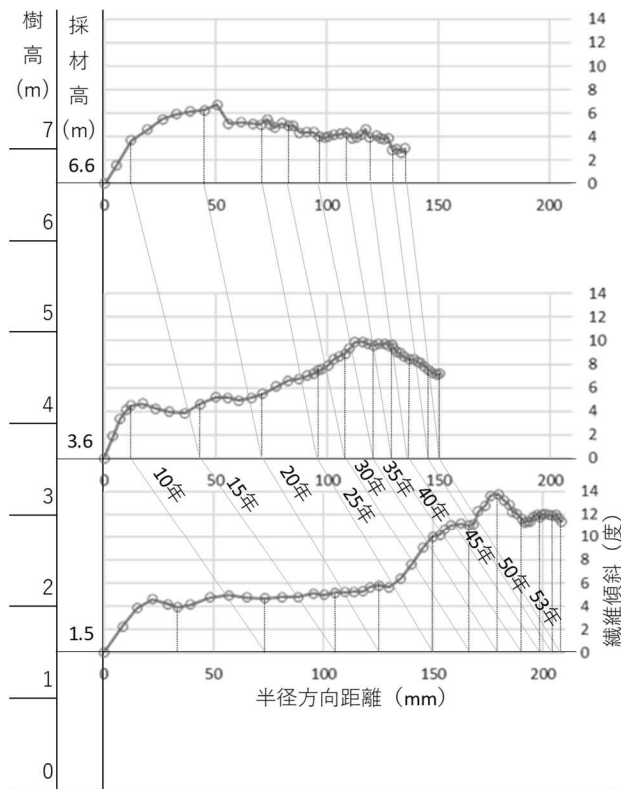


図-5 南佐久 12 の樹幹内繊維傾斜変動

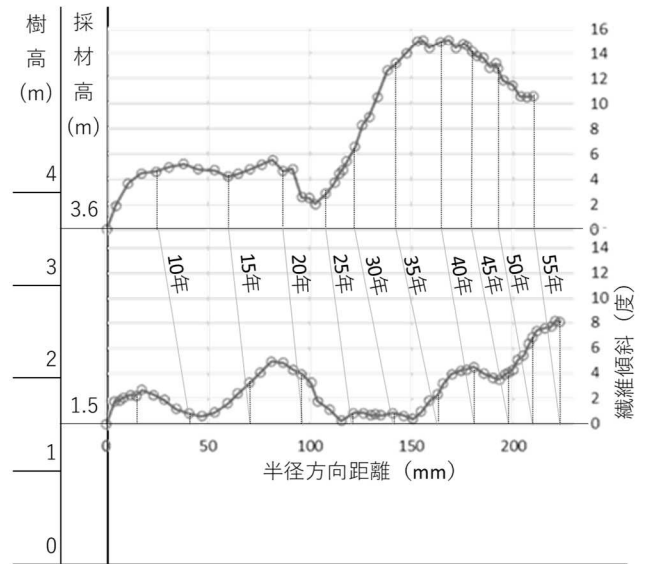


図-6 臼田 5 の樹幹内繊維傾斜変動

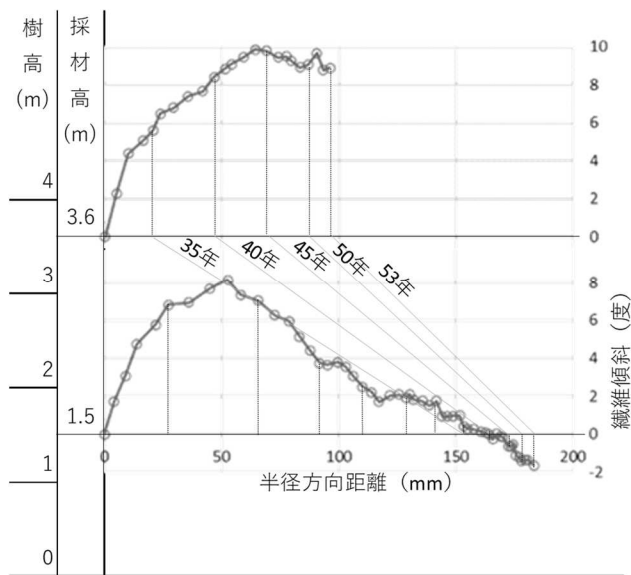


図-7 北佐久 4 の樹幹内繊維傾斜変動

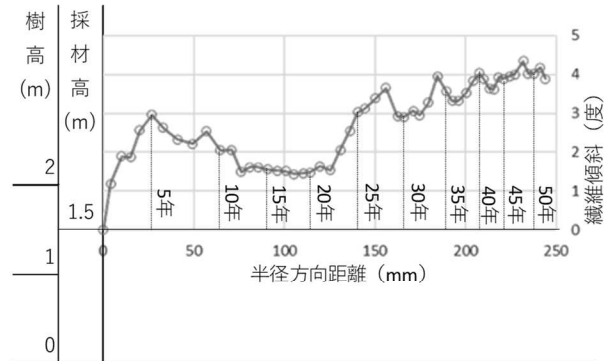


図-8 北佐久 1 の樹幹内繊維傾斜変動

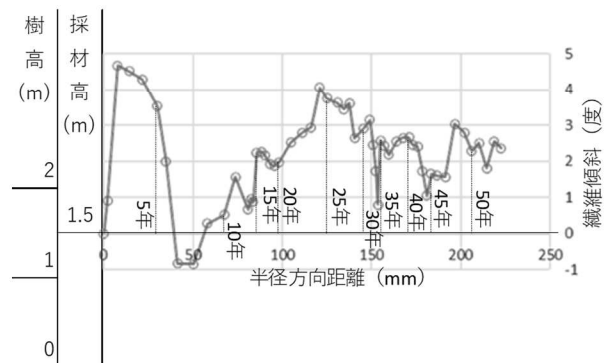


図-9 北佐久 3 の樹幹内繊維傾斜変動

引用文献：1) 大倉精二，信大農紀要 8，pp. 59-100 (1958)

2) 中田了五・藤澤義武・谷口亨，林育研報 21，pp. 85-105 (2005)

3) 中川伸策，林試研報 248，pp. 97-120 (1972)

# 川上採種園のカラマツ精英樹の材質（3） －半径方向全乾密度分布－

研究期間：令和元年度～5年度  
木材部 小池直樹

カラマツ精英樹丸太の半径方向密度分布を測定した。その結果、既往研究と異なる分布パターンが確認されたが、全乾密度のピークの林齢はほぼ同一だった。

キーワード：カラマツ、丸太、枝、精英樹、密度

## 1 はじめに

カラマツ精英樹の半径方向密度分布については、林木育種センター長野増殖保存園（小諸市）の精英樹丸太から採材した挽き板を用いて当センターで行った既往研究<sup>1)</sup>で「中心部が低く、外側に行くとき高くなる」、また「密度と *MOE, MOR, TS, CS*, 丸太  $E_{tr}$  間にはそれぞれ相関関係が認められる」と報告されている。今回、将来の育種事業に貢献するため林齢や生育環境、施業条件等が既往研究とは異なる採種園精英樹の半径方向密度分布を確認した。

## 2 試験の方法

本稿（1）で述べた丸太元口側の円盤2枚のうち1枚を髄を通る40mm厚の板材に製材後、欠点を含まない任意の位置で長さ方向30mmでカットし、5年輪ごとに小試験体（30mm×30mm×5年輪分の幅、図-1）に調整し全乾密度を測定した。

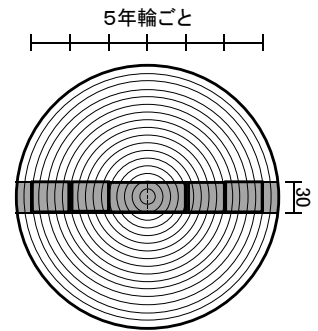


図-1 試験体木取り図

## 3 結果および考察

以下密度の値は髄を挟んだ両側の小試験体の平均値である。クローン名「諏訪4」の結果について、髄からの距離と密度という一般的な組み合わせの分布図（図-2）と、外周基準の齢級相当位置に密度をプロットし直した図（図-3）を示す。後者のパターンが番玉間に共通の全乾密度分布傾向を捉えやすいため、その他の8クローンについても横軸齢級の外周基準で図示する（図-7～14）。ほぼ全てのクローンで1番玉が6～8齢級時に形成された年輪で全乾密度のピークが確認され、それより外側は減少傾向が見られ、単純に増加するとしていた既往研究<sup>1)</sup>と異なる密度分布パターンが確認されたが、既往研究供試丸太1番玉の平均年輪数が32.3とあるため全乾密度のピークが確認できた林齢は矛盾せず、むしろ環境の違いがあってもどのクローンも30年生程度まで全乾密度が増加しながら生育する可能性が示された。また、今回の結果は立木全体で同じ年に同じ密度の年輪が形成され、図-9「北佐久1」の結果は同様の傾向が枝まで及んでいることを示唆する。

引用文献：1) 橋爪丈夫ほか8名，長野県林総セ研報第25号 p. 107-172 (2011)

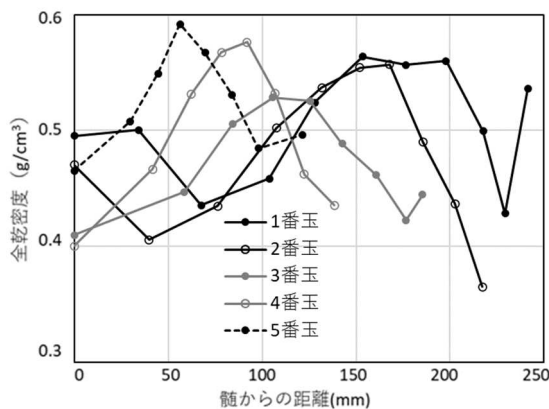


図-2 諏訪4の距離と密度（髄基準）

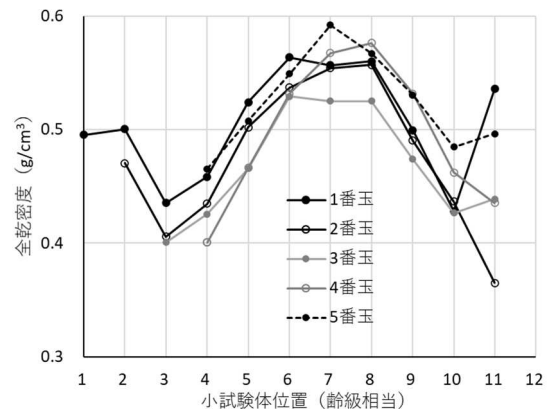


図-3 諏訪4の齢級と密度（外周基準）



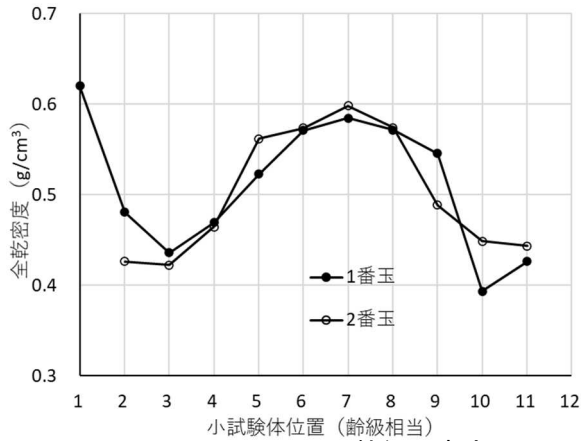


図-4 白田 5 の齢級と密度

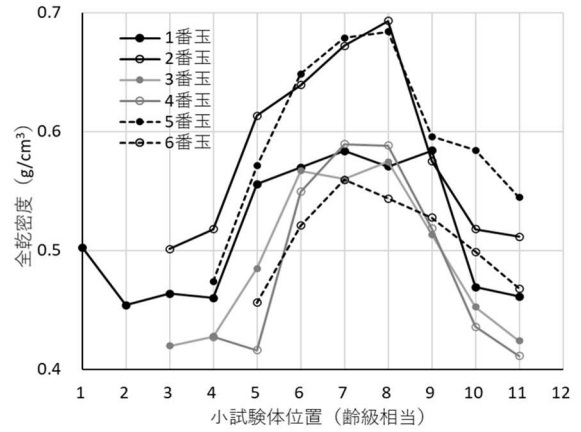


図-5 南佐久 2 の齢級と密度

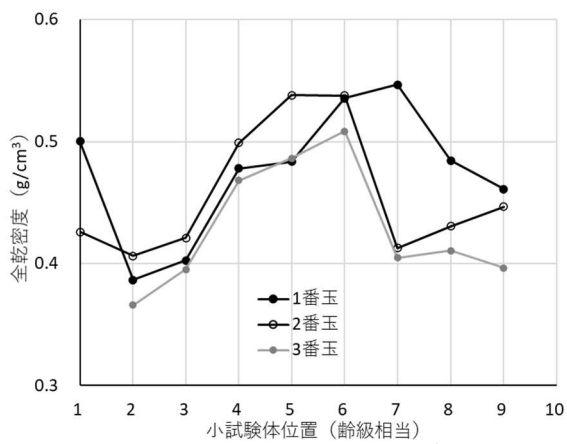


図-6 南佐久 12 の齢級と密度

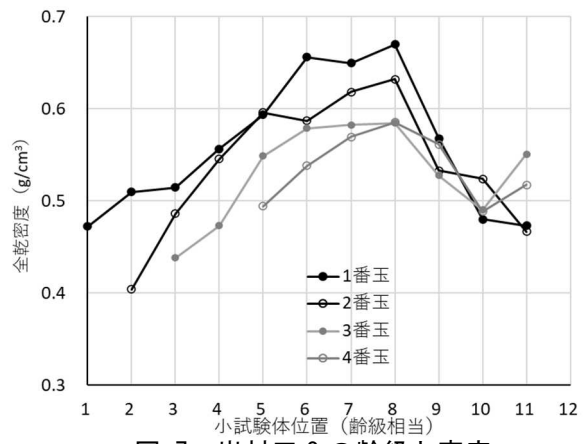


図-7 岩村田 8 の齢級と密度

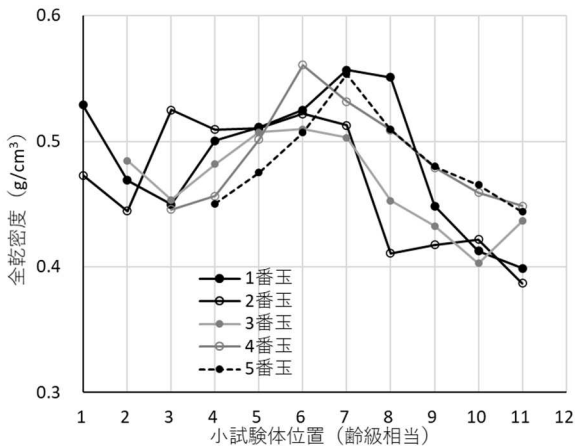


図-8 岩村田 38 の齢級と密度

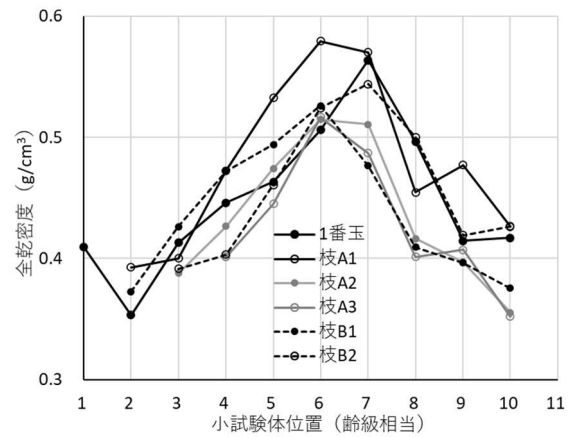


図-9 北佐久 1 の齢級と密度

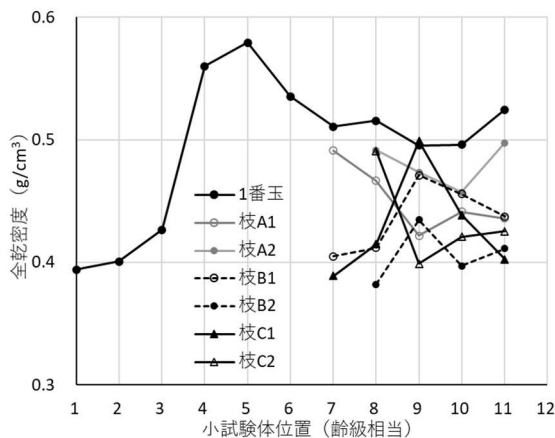


図-10 北佐久 3 の齢級と密度

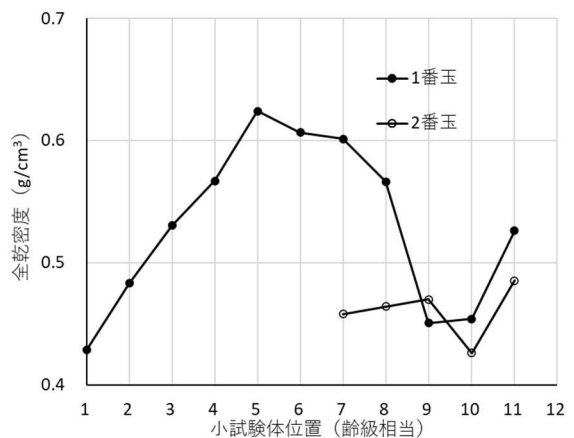


図-11 北佐久 4 の齢級と密度

# 暮らしの中で活かす県産広葉樹製品の開発（1）

## －異樹種混載による天然乾燥及びビニールハウス乾燥試験－

研究期間：令和4年度～8年度

木材部 奥原祐司・吉田孝久・吉川達也

40mmの広葉樹耳付き板材の天然乾燥及び自作したビニールハウスによる乾燥を実施した。その結果、ビニールハウス乾燥は天然乾燥よりも低い仕上がり含水率となり、ミズキは約9カ月、サクラは約8カ月で目標含水率8%に達した。また、ビニールハウス乾燥は水分傾斜や形質変化も少なく、このまま家具用材として利用することが可能と思われる。一方、コナラは、1年6カ月経過時点でも仕上がり含水率は9.3%であり、目標含水率に達しなかった。

キーワード：広葉樹、天然乾燥、ビニールハウス乾燥

### 1. はじめに

県内の私有林面積の約4割を占める広葉樹の主な用途は薪やチップであり家具用材の利用は少ない。しかし、県内の家具製造者等から県産広葉樹材の利用を望む声もあるが、県産広葉樹材を扱う製材・流通業者が少なく、希望する材の入手が難しいのが現状である。そこで、本試験では家具製造者等が比較的導入しやすい簡易な施設により、家具用材等に適した含水率8%まで乾燥できる手法としてビニールハウスを用いた広葉樹板材の乾燥スケジュールの検討を行った。なお、本試験は県単課題（令和4年～令和8年度）の一環として実施した。

### 2. 試験の方法

令和4年度業務報告P92の天然乾燥試験及びビニールハウス乾燥試験の供試材を使用し、定期的にテストピースの質量を測定した。約1年6カ月で乾燥試験を終了し、テストピースの長さ方向の中央付近から試験片を切り出し、全乾法による含水率及び全乾密度を求め、含水率の経過を推定した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 仕上がり含水率

天然乾燥とビニールハウス乾燥における各樹種の平均含水率の経過を図-1に示す。初期平均含水率は、ミズキが約36%、コナラが約40%、サクラが約33%であった。ビニールハウス乾燥における目標含水率が約8%になった経過日数は、ミズキ約280日、サクラ約230日であったが、コナラは約580日であっても最終含水率は9.3%であった。一方、天然乾燥の約580日の仕上がり含水率は、ミズキ13.5%、コナラ14.2%、サクラ11.8%であった（表-1）。

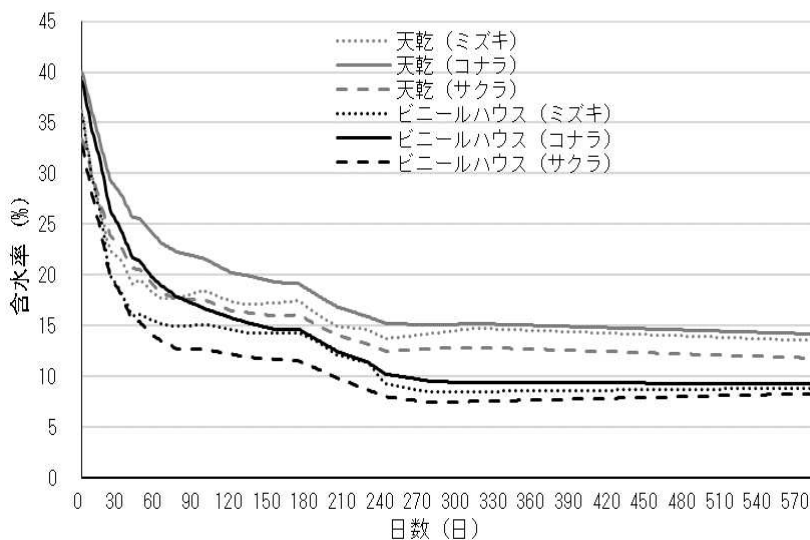


図-1 樹種ごとの平均含水率の経過

表-1 仕上がり含水率と密度

樹種	ビニールハウス乾燥		天然乾燥	
	含水率 (%)	全乾密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)	全乾密度 (kg/m <sup>3</sup> )
ミズキ	8.9	537	13.5	540
ナラ	9.3	705	14.2	702
サクラ	8.3	630	11.8	633



写真-1 天然及びビニールハウス乾燥

### 3.2 水分傾斜

天然乾燥とビニールハウス乾燥における各樹種を平均した水分傾斜を図-2 に示す。天然乾燥よりもビニールハウス乾燥の方が、水分傾斜が小さい結果となり、中心部であっても含水率は 10%を下回っていた。

### 3.3 温湿度

天然乾燥（屋外）とビニールハウス内の 1 年間の温湿度変化を図-3 及び表-2 示す。天然乾燥よりもビニールハウス内の温度は高く、湿度は低く推移していた。また、ビニールハウスの平均温度は屋外よりも 5.4℃高く、平均湿度は 17.4%低くかった。

### 3.4 形質変化

天然乾燥及びビニールハウス乾燥ともに形質変化（カップ、曲がり、反り、割れ）が少なく、使用上の問題は無いと思われる（写真-2）。

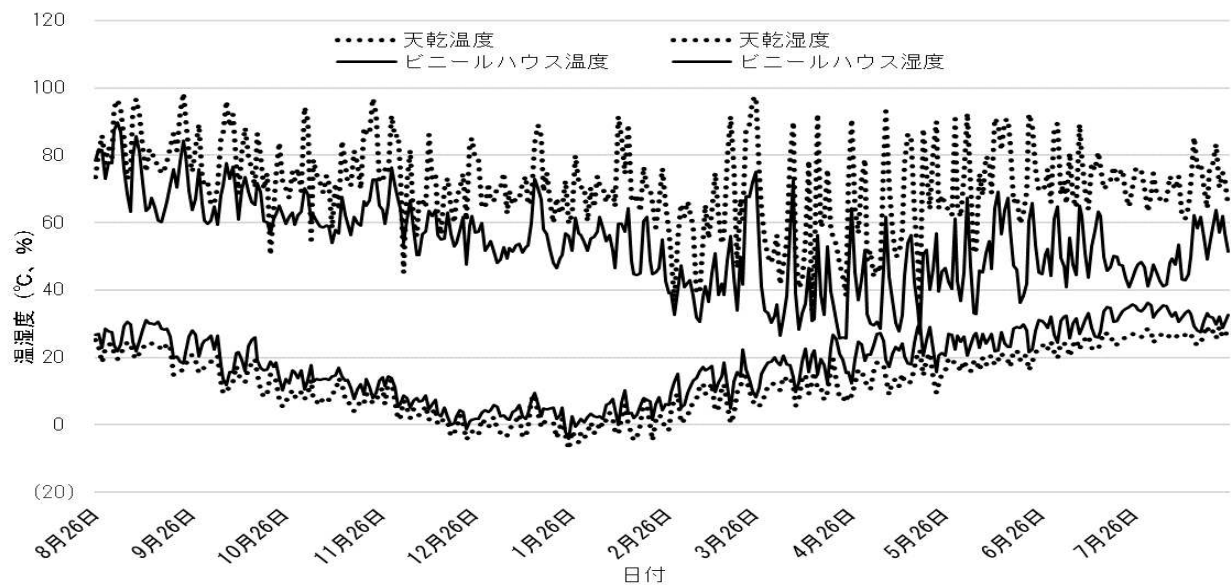
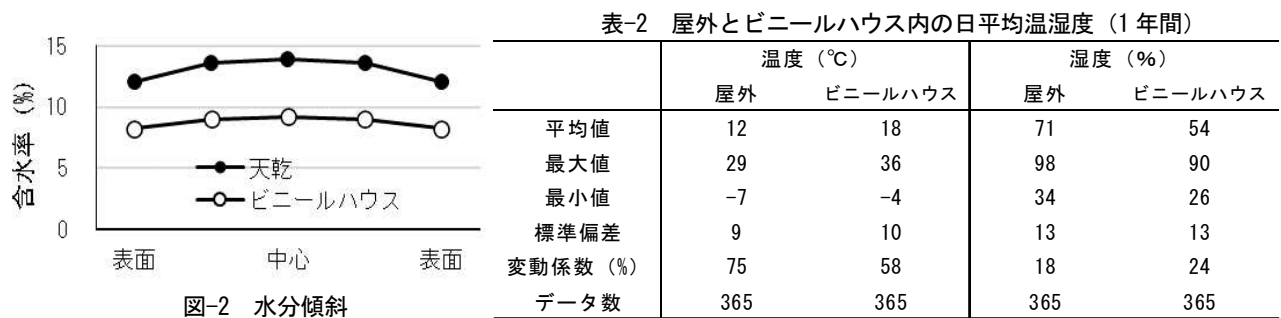


図-3 1年間の日平均温湿度変化（2022年8月26日～2023年8月25日）



写真-2 左：天然乾燥、右：ビニールハウス乾燥

# 暮らしの中で活かす県産広葉樹製品の開発（2）

## －異樹種混載による天然乾燥後の仕上げ人工乾燥試験－

研究期間：令和4年度～8年度

木材部 奥原祐司・吉田孝久・吉川達也

異樹種の広葉樹の板材（厚さ 30 mm）と角材（65～77 mm角）を同時に天然乾燥し、その後、同時に仕上げ人工乾燥を実施した。その結果、天然乾燥は板材及び角材ともに約 6 カ月間で角材のクリとコナラ除いて目標含水率 15%以下になっていた。仕上げ人工乾燥は 7 日間で角材のクリとコナラ除いて目標含水率 8%になっていた。

キーワード：広葉樹、天然乾燥、仕上げ人工乾燥

### 1. はじめに

県内の民有林面積の約 4 割を占める広葉樹の主な用途は薪やチップであり、家具用材の利用は少ない状況にあるが、県産材の使用を希望する家具製造者等が増加している。しかし、広葉樹材の乾燥には時間を要するため、賃乾燥を依頼したとしても、広葉樹乾燥には約 1 カ月間前後と長期間乾燥設備を占有するため、引き受けてもらえないケースが多い。そこで、天然乾燥により含水率 15%まで低下させた後、人工乾燥により目標含水率 8%程度まで低下させる、タイムスケジュールを確立すれば、人工乾燥設備の占有期間を短縮することが出来ることから乾燥試験を行った。なお、本試験は県単課題（令和 4 年～令和 8 年度）として実施した。

### 2. 試験の方法

供試材は、厚さ 30 mmの板材と 65～75 mmの角材とし、樹種はエンジュ、クリ、キハダ、コナラ、ブナ、ヤマザクラとした（コナラは板材のみ）。

天然乾燥試験では、2022.12.5～2023.6.14 まで 177 日間、当センター木材試験棟の日中日陰にならない場所に設置した。各樹種の板材及び角材からテストピースを複数設定し、月に約 2 回質量を測定しながら乾燥経過を観察した。

仕上げ人工乾燥試験では、天然乾燥後に蒸気式乾燥機により板材と角材を同時に表-1 のスケジュールで実施した。なお、乾燥機内の小扉近くにテストピースを設置し、定期的に質量を測定した。試験終了後にテストピースの長さ方向の中心部から試験片を切り出し、全乾法による含水率及び水分傾斜（5 分割）並びに全乾密度を求めた。

表-1 仕上げ人工乾燥スケジュール

ステップ	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	処理時間 (h)	EMC (%)	備考
1	50	40	10	24	8.6	現状含水率は20%と推定
2	55	42	13	24	7.1	
3	60	45	15	24	6.4	
4	65	45	20	24	4.8	
5	70	45	25	24+ $\alpha$	3.8	
イコライジング	70	54	16	12	6.0	含水率が6%になるまで
コンディショニング	70	63	7	12	10.3	EMCを6%に設定
クーリング	0	0	0	24	-	EMCを10%に設定
						ダンパー閉、スプレー弁閉

### 3. 結果と考察

各乾燥工程における各樹種の推定平均含水率の経過を図-1、図-2 及び表-2 に示す。天然乾燥後の目標含水率 15%は、板材及び角材ともに角材のクリとコナラを除いて約 6 カ月間で達成していた。また、仕上げ人工乾燥後の目標含水率 8%についても角材のクリとコナラを除いて概ね達成していた。全乾密度を表-4 に水分傾斜を図-3 に示す。クリとコナラ以外は、水分傾斜が少ない結果となり、家具用材と

して使用可能な乾燥材に仕上がった。なお、クリについては、全乾密度が 350~450kg/m<sup>3</sup> となり他の樹種よりも低い結果となったが乾燥速度が遅いことから今後は検討が必要である。

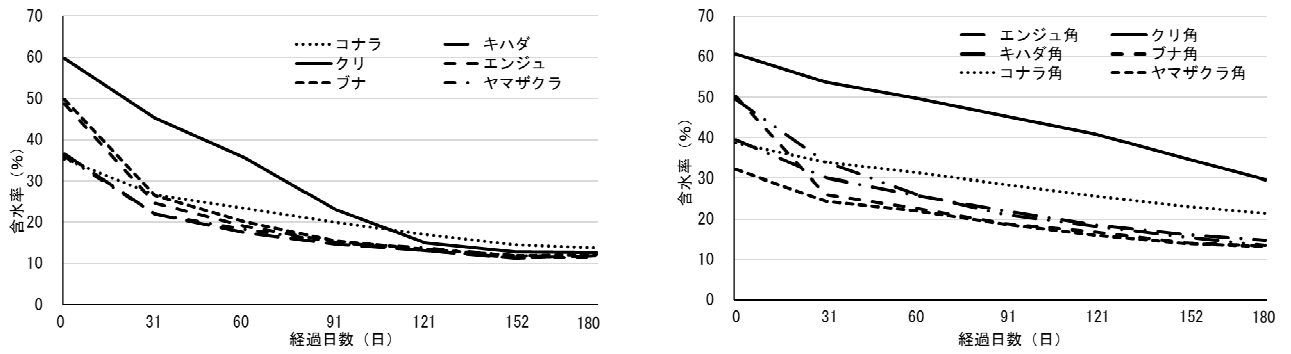


図-1 天然乾燥における各樹種の推定平均含水率の経過 (左：板材、右：角材)

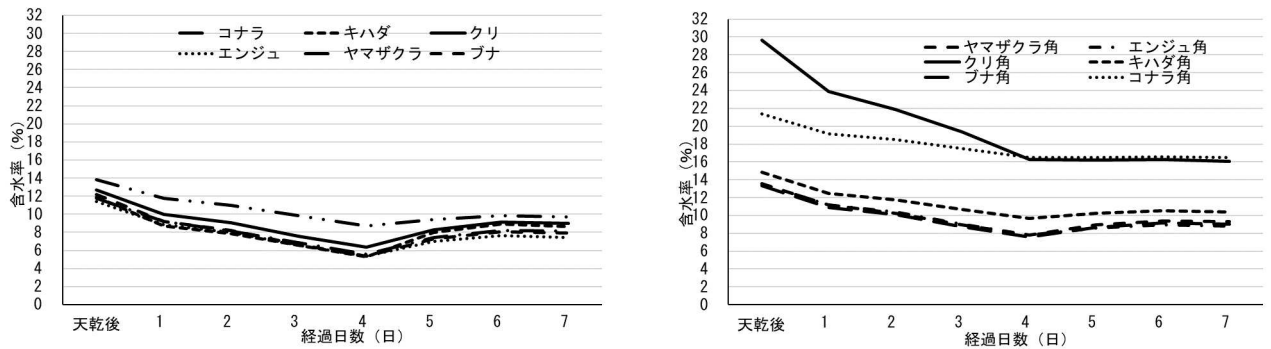


図-2 仕上げ人工乾燥における各樹種の推定平均含水率の経過 (左：板材、右：角材)

表-3 各乾燥工程における各樹種の平均含水率 (%)

形状 厚さ 樹種	板材 30mm						角材						
	コナラ	キハダ	クリ	エン ジュ	プナ	ヤマザ クラ	エン ジュ	クリ	キハダ	プナ	コナラ	ヤマサ クラ1	ヤマサ クラ2
天然乾燥前	35.3	36.6	59.7	48.6	49.7	35.9	49.4	60.6	39.4	50.3	38.7	32.2	50.6
177日間 天然乾燥後	13.8	11.9	12.7	11.4	12.0	11.8	13.6	29.6	14.8	13.3	21.4	13.2	13.9
7日間 人工乾燥後	9.8	8.9	9.1	7.6	7.9	8.2	8.9	16.3	10.5	9.1	16.6	9.8	9.0

表-4 各樹種の全乾密度

形状 樹種	板材						角材					
	コナラ	キハダ	クリ	エン ジュ	プナ	ヤマザ クラ	エン ジュ	クリ	キハダ	プナ	コナラ	ヤマサ クラ
全乾密度 (kg/m <sup>3</sup> )	776	522	354	588	664	582	582	448	701	621	748	609

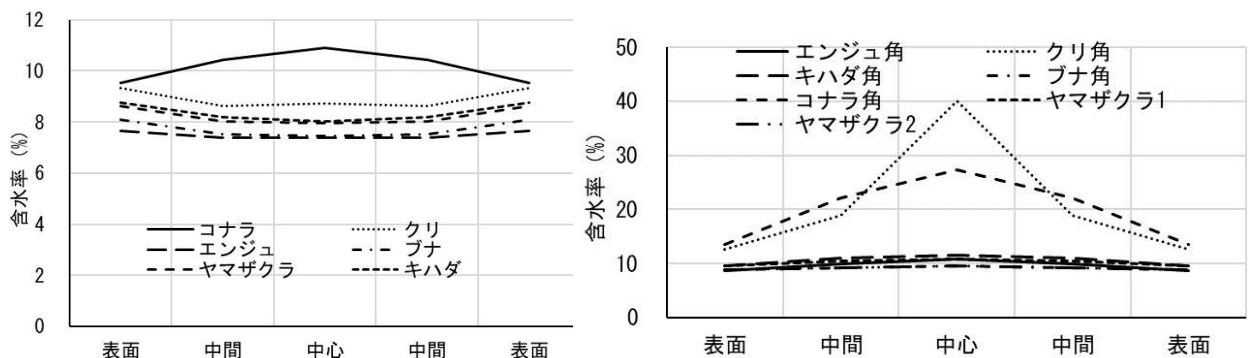


図-3 水分傾斜 (左：板材、右：角材)

# 新たな技術を活用した高品質木材開発（1）

## －アカマツ熱処理材の耐候性試験・木製治山えん堤部材の劣化調査－

研究期間：令和4年度～8年度

木材部 山内仁人・奥原祐司・吉田孝久・吉川達也・小池直樹

アカマツの熱処理材に保存処理（ACQ注入）を施した上で、松本合同庁舎敷地内の既設木製ベンチの更新用部材として設置するとともに、同処理材および比較用各種試験体を作製・設置し、耐候性試験を開始した。設置後約20年経過した木製治山えん堤の現地調査を行い、一部のアカマツ部材の交換を行った。

キーワード：熱処理、保存処理、耐候性試験、木製治山えん堤

### 1 はじめに

木材は屋外で風雨・紫外線・腐朽菌等に曝されると、劣化速度が顕著に増大するが、主要針葉樹種の中でも、アカマツは劣化しやすい辺材部が特に多く、屋外での活用の支障となっている。アカマツ青変材等の利用拡大を目的として、熱処理による吸水性の低下・寸法安定性の向上に加え、木材保存剤の注入を行い、防腐・防蟻性能の向上処理も行ったアカマツでベンチ等を作製し、耐久・耐候性試験を開始した。

また、木製土木施設の維持管理の参考とするため、設置後約20年経過した木製治山施設の現地調査等を行った。なお、本研究は国交課題（令和4～8年度）および松本地域振興局・諏訪地域振興局との協力により、アカマツ材はモカウッドジャパン（株）の提供を受け実施した。

### 2 試験・調査方法

アカマツ材（南箕輪村産・辺材部に青変菌の侵入あり）に①最高温度220℃の熱処理（ヒートウッド処理）を施した上で木材保存剤（ACQ）を注入し、松本合同庁舎屋外のベンチ計16基の座面材として2023年11月30日に設置した。なお、一部の部材は②熱処理のみ、及び③中温乾燥+ACQ注入（熱処理なし）とした（写真-1・2）。

また、色調の変化等の測定用に、上記①～③の各処理に加え、④中温乾燥のみを加えた4種類の試験片（L=200mm・W=105mm・D=30mm）を各処理20体ずつ、計80体作製し、スキャナで初期の色調等を記録するとともに、ミノルタ製色差計（CR-300）を用い、L\*、a\*、b\*値を測定した。測定を終えた試験片は、2024年3月21日に、松本合同庁舎南側の日中は日陰にならない場所に、南に向かって垂直（90度）、45度、水平（0度）で設置した（写真-3・図-1）。なお、試験片のうち、各処理5体ずつ、計20体の試験体は、直射日光の当たらない室内で保管し、紫外線や風雨の影響を除いた、経年変化観察用とした。

既設木製治山施設の現地調査は、職員研修を兼ね、2023年9月15日に岡谷市横川山萱の沢で実施した。木材の劣化診断は、目視による調査とともに、マイナスドライバーの刺突による調査を行った。

### 3 結果

松本合同庁舎に設置したベンチ及び試験片は、今後、経過観察を行い、実用上の問題点の有無等を検証するとともに、定期的（初期1年ごと）に色差計を用いた測定・スキャナによる画像記録等を行い、処理方法の違いによる劣化速度の違いを把握する。

現地調査を行った木製えん堤は、H15年度に施工されたハイブリッドタイプと呼ばれる形式のもので、同様の施設が県内に5基ほど存在するが、使用樹種は地域で異なり、当該施設ではアカマツの太鼓材が使用されていた（写真-4）。マイナスドライバーや、ピロディン・レジストグラフ等の劣化診断機器による調査は、木材の放射方向（繊維方向と直角方向）に機器の刃・錐を刺突・穿孔し、同方向の劣化深を把握する方法が一般的だが、当該施設は、最上部の部材以外は木口面しか露

出していないため、木口から繊維方向にマイナスドライバーを刺突する方法で行った。このため、各部材の劣化深さを定量的に判断することは困難であったが、えん堤全体のなかで、比較的劣化が進んでいる部分の有無を簡易的に把握することはできると考えた。

目視および上記マイナスドライバーの刺突による簡易調査の結果、袖部の常水のない部分は、劣化が進行し、部材の密度も低下している可能性が高いと思われた（写真-5）。一方、えん堤中央付近（放水路下）の常に流水に曝されている部分では、辺材部では多少の劣化が認められるものの、心材部は木口付近であっても、比較的初期の密度が維持できているように思われた。そこで、めり込み強度及び全乾密度の比較試験等を行うため、放水路下の木製部材6本、袖部の木製部材6本を新しい部材に交換した。交換した旧部材は、調査地下方の林道が被災し、橋梁の工事等により部材の運搬が困難であったため、通行止め解除後に回収し、上記試験を実施し、補修の必要性等の検討材料とする予定である。



写真-1 熱処理+ACQ注入材ベンチ



写真-2 中温乾燥+ACQ注入材ベンチ



写真-3 色調等測定試験片

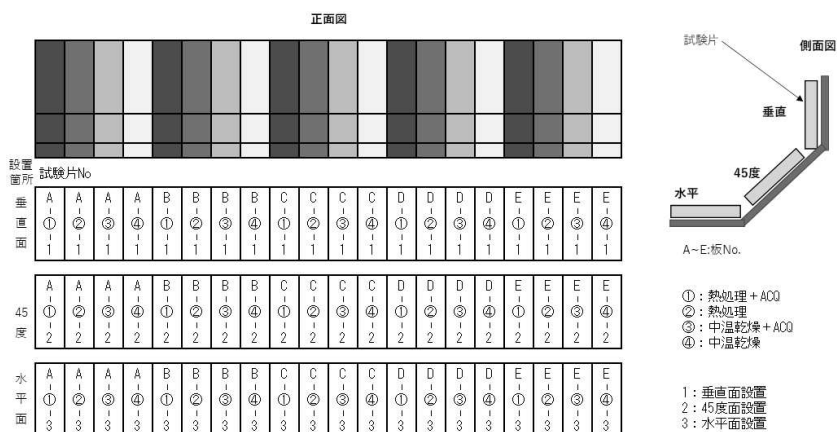


図-1 色調等測定試験片設置図



写真-4 岡谷市横川山萱の沢調査施設全景



写真-5 マイナスドライバー刺突状況

# 新たな技術を活用した高品質木材開発（2） ーヒートウッド（過熱水蒸気処理材）集成材の接着性能評価ー

研究期間：令和4年度～8年度

木材部 奥原祐司・吉田孝久

カラマツやアカマツ等の熱処理ラミナ及び中温乾燥ラミナを組み合わせた10種類の集成材を作製し、集成材のJASに規定されている造作用集成材の浸せき剥離試験を実施した。その結果、全10種類の集成材は判定基準を満たした。

キーワード：熱処理、集成材、接着性能

## 1 はじめに

住宅の断熱性能は 2025 年以降には更なる向上が求められることから、窓の高断熱化は必須、かつ、ゼロカーボンに向けた木材と複層ガラスを組み合わせた木製サッシの需要が見込まれる。また、外気に接する木材の腐朽劣化が課題となるため、一般的には防腐処理された材料を使用することが多く、定期的なメンテナンスが必要となることから手間と費用がかかるという難点がある。そこで、本研究では、過熱水蒸気処理木材（以下、ヒートウッドと表記）が木製サッシの枠材用集成材ラミナとして使用可能か接着耐久性試験を実施した。なお、本試験は、国交課題（令和4～8年度）及びモカウッドジャパン（株）との技術協力により実施した。

## 2 試験の方法

アカマツとカラマツを熱処理したヒートウッド集成材用ラミナと比較用のアカマツとカラマツの中温乾燥材ラミナ、ニヤトー中温乾燥ラミナ、サーモウッドラミナを供試材とした。なお、アカマツとカラマツは混載して熱処理及び中温乾燥を実施し、集成材は、ヒートウッド及び中温乾燥したラミナ等を3層組み合わせた10種類とした（図-1）。

作製した集成材から、含水率試験片と浸せき剥離試験片を図-2に従い切り出し、含水率試験片は、集成材1体につき中央部付近から節等の欠点を出来るだけ避けた位置で、長さ方向に30mmで採取した。

浸せき剥離試験片は、集成材1体につき両木口から30cm付近及び中央部付近の計3箇所から節等の欠点を出来るだけ避けた位置で採取した。浸せき剥離試験片の大きさは、56×75×75mmとし、長さ方向に75mmで切り出し（番号①、②、③）、数量は、9種類×5体×3個と1種類×1体×3個で計138片である。試験方法は、集成材のJASに規定の造作用集成材の浸せき剥離試験方法に準じて行った（図-3）。

A1	A2	N1	N2	N3
アカマツ	アカマツ	ニヤトー	ニヤトー	ニヤトー
アカマツ	アカマツ	アカマツ	ニヤトー	ニヤトー
アカマツ	アカマツ	ニヤトー	ニヤトー	ニヤトー

K1	K2	K3	K4	S
カラマツ	カラマツ	カラマツ	カラマツ	サーモウッド
カラマツ	カラマツ	カラマツ	カラマツ	サーモウッド
カラマツ	カラマツ	カラマツ	カラマツ	サーモウッド

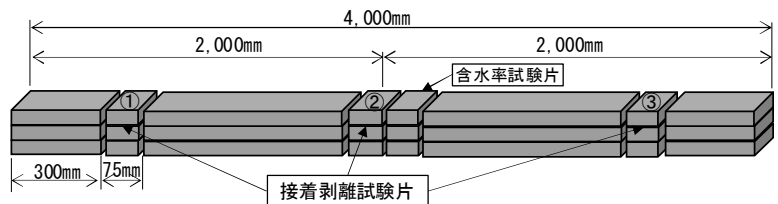


図-2 各試験片の切り出し位置

	は中温乾燥ラミナ
	は熱処理ラミナ

図-1 各集成材（3層）の組み合わせ

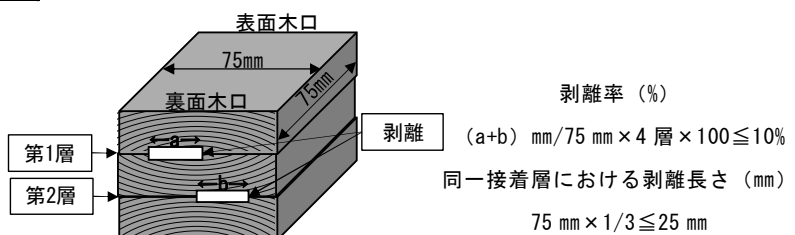


図-3 浸漬はく離試験片と判定基準



### 3 結果

集成材製造時における含水率及び浸せき剥離試験結果を表-1に示す。熱処理ラミナのみの集成材は含水率が低くなり、中温乾燥と熱処理ラミナの組み合わせでは含水率が高くなり、収縮率が異なるが、浸せき剥離試験では全ての供試材が判定基準を満たした。

表-1 浸せき剥離試験結果

試験体	集成材製造後の含水率(%)	両木口面における剥離率(%)	同左判定(10%以下)	同一接着層における剥離長さ(mm)	同左判定(3分の1以下)	総合判定	
A1	No. 1	3.6	0	○	0	○	○
	No. 2	3.8	0	○	0	○	○
	No. 3	3.8	0	○	0	○	○
	No. 4	3.7	0	○	0	○	○
	No. 5	3.3	0	○	0	○	○
A2	No. 1	9.0	0	○	0	○	○
	No. 2	9.3	0	○	0	○	○
	No. 3	9.0	0	○	0	○	○
	No. 4	9.4	0	○	0	○	○
	No. 5	9.3	0	○	0	○	○
K1	No. 1	3.3	0	○	0	○	○
	No. 2	3.3	0	○	0	○	○
	No. 3	3.2	0	○	0	○	○
	No. 4	3.1	0	○	0	○	○
	No. 5	3.0	0	○	0	○	○
K2	No. 1	6.5	0	○	0	○	○
	No. 2	7.2	0	○	0	○	○
	No. 3	6.1	0	○	0	○	○
	No. 4	6.2	0	○	0	○	○
	No. 5	6.2	5.9	○	17.7	○	○
K3	No. 1	9.0	0	○	0	○	○
	No. 2	8.8	0	○	0	○	○
	No. 3	8.8	0	○	0	○	○
	No. 4	8.9	0	○	0	○	○
	No. 5	8.8	0	○	0	○	○
K4	No. 1	8.0	0	○	0	○	○
	No. 2	7.3	0	○	0	○	○
	No. 3	7.5	0	○	0	○	○
	No. 4	8.3	0	○	0	○	○
	No. 5	8.0	0	○	0	○	○
N1	No. 1	11.6	6.1	○	18.2	○	○
	No. 2	12.3	0	○	0	○	○
	No. 3	10.5	0	○	0	○	○
	No. 4	10.7	0	○	0	○	○
	No. 5	10.1	0	○	0	○	○
N2	No. 1	14.4	0	○	0	○	○
	No. 2	14.3	0	○	0	○	○
	No. 3	13.5	0	○	0	○	○
	No. 4	12.9	0	○	0	○	○
	No. 5	12.0	0	○	0	○	○
N3	No. 1	15.1	0	○	0	○	○
	No. 2	14.7	0	○	0	○	○
	No. 3	16.9	0	○	0	○	○
	No. 4	15.2	0	○	0	○	○
	No. 5	15.6	0	○	0	○	○
S	No. 1	7.3	0	○	0	○	○

# 無垢構造材の製材・乾燥技術の開発とその性能評価

## 一木曽民有林産心持ちカラマツ平角天然・ガラスハウス乾燥材の曲げ強度試験一

研究期間：令和5年度～9年度

木材部 山内仁人・奥原祐司・吉田孝久・吉川達也・小池直樹

木曽産カラマツ心持ち平角材に高温セットを施した後、天然乾燥およびガラスハウスでの乾燥を行い、曲げ強度試験を実施した。その結果、おおむねカラマツ機械等級区分材の基準強度を満たした。

キーワード：木曽地域、カラマツ心持ち平角材、天然乾燥、ガラスハウス乾燥、曲げ強度

### 1 はじめに

木曽地域民有林の人工林樹種別面積および同素材生産量の1位はカラマツであるが、生産されたカラマツの多くは、原木のまま県外へ出荷され、合板等に加工されている。カラマツは、針葉樹人工林樹種の中で比較的ヤング係数が高いたわみにくいため、梁桁等の横架材へ用途拡大が期待されるが、高温人工乾燥時の熱による材質の劣化が他の樹種より顕著で、利用拡大の支障となっている。今回は、カラマツ心持ち平角材について、材面割れを防ぎ、かつ、材質劣化も最小限に抑える乾燥方法として、県内で普及している蒸気式乾燥機を用い、高温セットのみ施し、以降は天然乾燥やガラスハウス乾燥を施した試験体について曲げ強度試験を実施し、その効果について検討した。なお、本試験は、国交課題（令和5～9年度）および木曽地域振興局の依頼により実施した。

### 2 試験の方法

供試材は、令和3年度業務報告110p記載の木曽地域民有林産カラマツ丸太40本から製材した心持ち平角材のうち、2022年2月に高温セット処理を行った後に、天然乾燥を行ったグループの10体と、同ガラスハウス乾燥を行ったグループの10体、計20体である。天然乾燥およびガラスハウス乾燥の期間は2023年の6月までの約15ヶ月で、曲げ強度試験は試験体を120mm×210mmに整形後、(財)日本住宅木材・技術センターの「構造用木材の強度試験マニュアル」に準じ、上部荷重点間距離1,260mm・下部支点間距離3,780mmの3等分点4点荷重方式、載荷方向はエッジワイズで実施した(図-1)。なお、載荷速度は15mm/分とし、試験機は当センターの実大材曲げ強度試験機UH-1000kNA(島津製作所製)を用い、最大荷重から曲げ強さを求めるとともに、試験体中央の変位量から、みかけのヤング係数を求めた。

また、強度試験実施後、試験体の非破壊部から含水率測定用と水分傾斜測定用の試験片を採取し、全乾法により、含水率を求めるとともに、水分傾斜の有無・程度を確認した(図-2)。

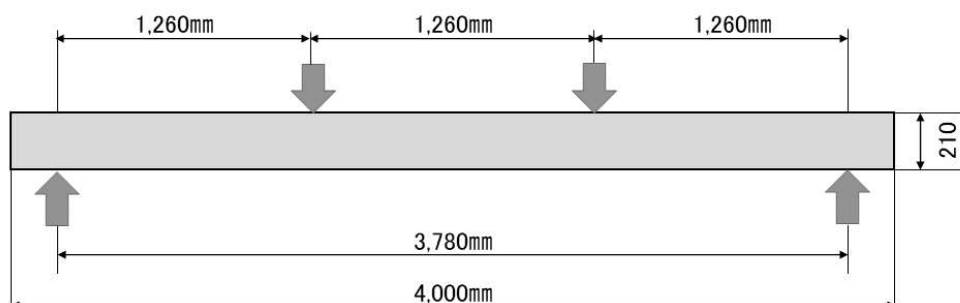


図-1 曲げ強度試験の方法

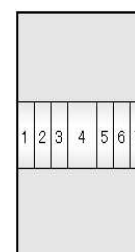


図-2 水分傾斜試験片の木取り図

### 3 結果

今回の試験結果と、令和3年度に行った加熱式蒸気乾燥カラマツ心持ち平角材の試験結果の概要を表-1に示す。仕上がり含水率は、加熱式蒸気乾燥の平均が25.3%だったのに対し、天然乾燥は13.5%、ガラスハウス乾燥は11.7%で、いずれも十分に乾燥していたが、ガラスハウス乾燥の方が

より低い含水率に仕上がっていた。また、水分傾斜も比較的少なく、中心部の含水率が15%を超えていた試験体も少なかった(図-3・4)。

曲げ強さの平均値は、天然乾燥が41.6N/mm<sup>2</sup>、ガラスハウス乾燥が41.3N/mm<sup>2</sup>で、ほぼ同じであった。また、建設省告示1452号の基準強度のうち、カラマツ無等級の基準強度を下回った試験体が、天然乾燥・ガラスハウス乾燥で各1体ずつ、同機械等級の基準強度を下回った試験体がガラスハウス乾燥で2体あったが、曲げ強さの平均値が29.5N/mm<sup>2</sup>で20体中14体が同告示の機械等級の基準強度に達しなかった加熱式蒸気乾燥の結果と比較すると、曲げ強さの改善効果が顕著であった(図-5・表-1)。

表-1 天然乾燥およびガラスハウス乾燥カラマツ心持ち平角材の試験結果概要

	天然乾燥				ガラスハウス乾燥				加熱式蒸気乾燥 (R3業務報告113pより)			
	最大荷重 (kN)	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	含水率 (MC%)	最大荷重 (kN)	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	含水率 (MC%)	最大荷重 (kN)	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	含水率 (MC%)
平均値	58.3	10.82	41.6	13.5	57.3	11.06	41.3	11.7	41.2	10.17	29.5	25.2
最大値	68.0	13.17	49.9	14.4	74.4	14.75	60.4	13.8	65.5	13.00	46.8	30.4
最小値	35.7	7.81	25.1	12.8	37.5	7.33	26.5	10.9	19.0	6.59	13.6	13.1
標準偏差	9.3	1.51	6.8	0.6	12.0	1.90	10.0	0.9	12.4	1.62	8.9	4.6
変動係数%	16.0	13.93	16.2	4.6	21.0	17.18	24.1	7.2	30.2	15.94	30.1	18.1

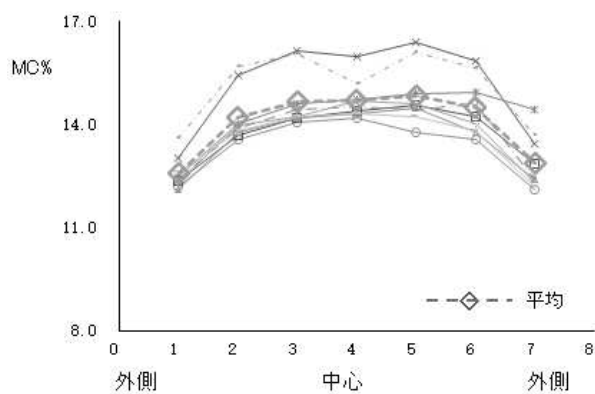


図-3 天然乾燥材の水分傾斜

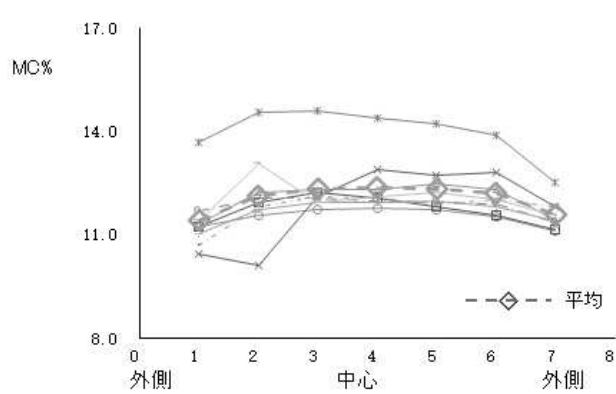


図-4 ガラスハウス乾燥材の水分傾斜

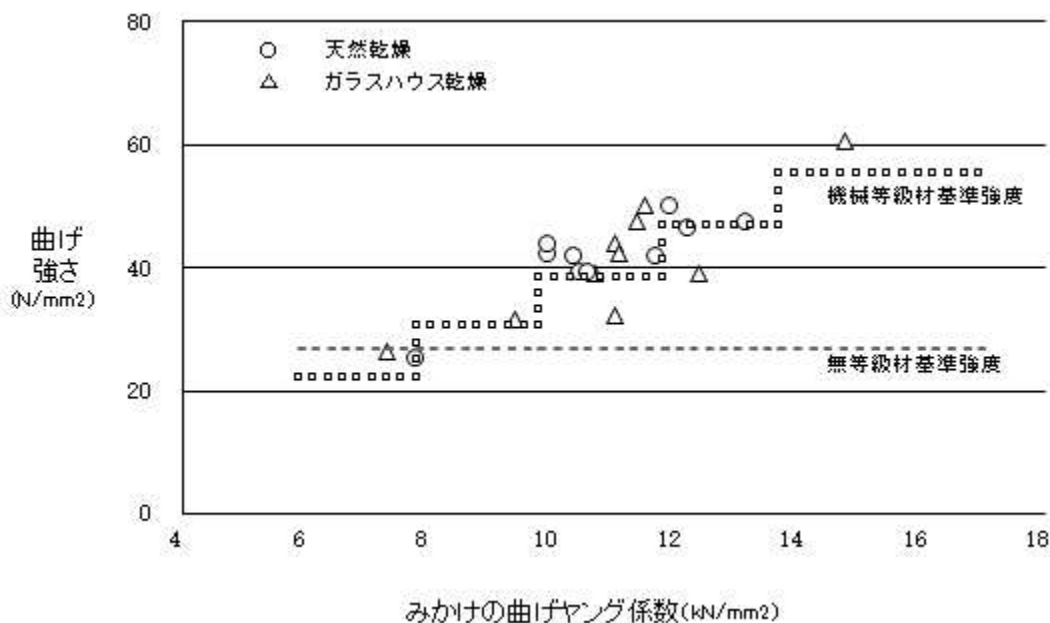


図-5 天然乾燥材とガラスハウス乾燥材の曲げヤング係数と曲げ強さの関係

引用文献

- 1) 山口健太・小池直樹・奥原祐司・吉川達也, 長野林総セ業報 p110-113 (2022)

# 高層木造を実現する強度・剛性に優れた積層圧密木質部材の開発（1）

## －圧密集成ラミナの曲げ試験－

研究期間：令和5年度  
木材部 小池直樹、吉川達也

圧密集成化したスギおよびトドマツラミナの曲げ試験結果を報告する。

キーワード：スギ、トドマツ、圧密木材

### 1 はじめに

都市部の高層建築の木造化を進める上で、これまで以上に強度の高い構造用木質材料が求められている。今回、全国に遍在し賦存量は多いが強度が求められる利用に適さなかった、スギ、トドマツを新しい圧密技術で高強度ラミナに加工し、高層・超高層木造用途の比較的小断面で強度に優れた木質材料とする技術の開発を目的とし曲げ試験を実施した。

なお、本研究(1)～(2)は令和4年度 CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業（実施主体：株式会社竹中工務店地方独立行政法人北海道立総合研究機構）及び県単課題（平成31年～令和5年）で実施した。

### 2 試験方法

全長 3650mm の板材から 2 枚ずつラミナを採材し、合計 530 枚を供試した。その内訳及び寸法について表-1 に示す。集成ラミナの作製は齋藤木材工業株式会社（小県郡長和町）が、圧密化は後藤木材株式会社（岐阜県岐阜市）が行った。なお、スギは岐阜県産、トドマツは北海道産であった。

表-1 ラミナ曲げ試験体一覧

スギラミナ（略号）	試験体数	寸法 mm	トドマツラミナ（略号）	試験体数	寸法 mm
単層（48OS）	40	105×48×1208	単層（48OT）	40	105×48×1208
非圧密 2層用（37OS）	40	105×37×917	非圧密 2層用（37OT）	40	105×37×917
3層用（26OS）	40	105×26×686	3層用（26OT）	40	105×26×686
圧密 単層（1S）	40	95×20×591	圧密 単層（1T）	40	95×20×591
2層（2S）	40	95×30×801	2層（2T）	40	95×30×801
3層（3S）	40	95×30×801	3層（3T）	40	95×30×801

2枚ずつ採材されたラミナ（No.-1、No.-2）は、曲げ試験にあたりそれぞれの荷重面は異なるようにした（木裏荷重 or 木表荷重等）。試験は集成材の日本農林規格曲げ C 試験に準じて行ったが、試験体中央の変位を測定することで曲げ強さに加え曲げヤング係数も算出した（写真-1）。変位は材の両側中立軸で測定、値を平均し曲げヤング係数の算出に供した。荷重速度は最大荷重に達するまでの時間が1分以上となるようラミナのタイプごとに速度を調整した。

曲げ試験後、試験体下面の曲げ破壊の起点となった節の長径を記録し、非破壊部から含水率試験片を切り出し全乾法により含水率を測定した。



写真-1 圧密集成ラミナ曲げ試験

### 3 結果

ラミナタイプごとの曲げ強さ (MOR) 及び曲げヤング係数 (MOE) の平均値 (ave)、変動係数 (CV)、圧密化による特性値の上昇率等を表-2 に、曲げヤング係数と曲げ強さの関係を図-1、2 に示す。なお本表の値算出にあたり、せん断破壊や荷重点外曲げ破壊したラミナの数値は除外していない。

表-2 ラミナ曲げ試験結果

スギラミナ (略号)	MOR (N/mm <sup>2</sup> )					MOE (kN/mm <sup>2</sup> )			
	ave	CV	5%下限値	ave上昇率	下限値上昇率	ave	CV	ave上昇率	
非圧密	単層 (48OS)	55.9	0.220	35.7			8.66	0.166	
	2層用 (37OS)	55.6	0.260	31.9			8.51	0.214	
	3層用 (26OS)	59.7	0.199	40.1			8.95	0.155	
圧密ラミナ	単層 (1S)	111.3	0.197	75.2	199.2%	210.6%	16.21	0.170	187.2%
	2層 (2S)	104.5	0.216	67.4	187.9%	211.2%	16.99	0.206	199.6%
	3層 (3S)	107.6	0.183	75.2	180.2%	187.5%	17.92	0.174	200.3%
トドマツラミナ (略号)	MOR (N/mm <sup>2</sup> )					MOE (kN/mm <sup>2</sup> )			
	ave	CV	5%下限値	ave上昇率	下限値上昇率	ave	CV	ave上昇率	
非圧密	単層 (48OT)	51.5	0.173	36.9			10.62	0.115	
	2層用 (37OT)	61.0	0.207	40.3			11.52	0.135	
	3層用 (26OT)	66.5	0.183	46.5			11.44	0.106	
圧密	単層 (1T)	115.8	0.202	77.4	224.8%	210.0%	20.96	0.121	197.4%
	2層(2T)	154.2	0.274	58.2	252.6%	144.4%	20.69	0.155	179.6%
	3層(3T)	103.3	0.238	62.8	155.4%	135.0%	20.55	0.142	179.6%

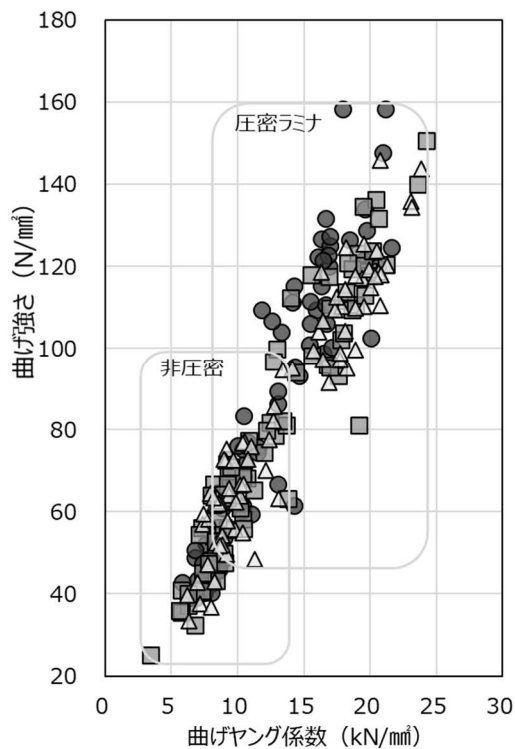


図-1 スギ圧密ラミナの曲げ特性

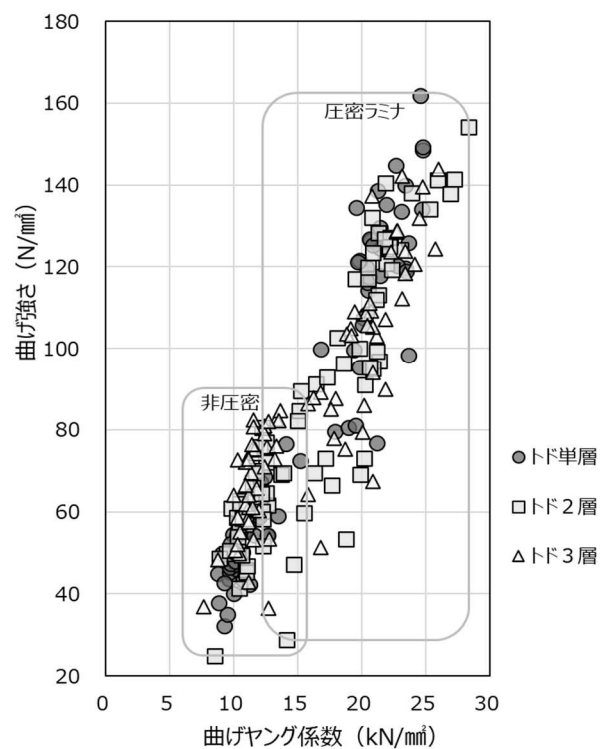


図-2 トドマツ圧密ラミナの曲げ特性

# 高層木造を実現する強度・剛性に優れた積層圧密木質部材の開発（2） －圧密集成材の曲げ試験－

研究期間：令和5年度  
木材部 小池直樹、山内仁人、奥原祐司、吉川達也

スギおよびトドマツの圧密集成ラミナを用いた圧密集成材の曲げ試験結果を報告する。  
キーワード：スギ、トドマツ、圧密木材、集成材

## 1 はじめに

前稿「高層木造を実現する強度・剛性に優れた積層圧密木質部材の開発（1）」に続き圧密集成材実大曲げ試験について報告する。

## 2 試験方法

実大集成材試験体一覧を表-1に示す。集成ラミナ及び集成材の作製は齋藤木材工業株式会社（小県郡長和町）が、圧密化は後藤木材株式会社（岐阜県岐阜市）が行った。なお、スギ材は全て岐阜県産であった。

表-1 集成材試験体一覧

スギ集成材（略号）	試験体数	寸法 mm	トドマツ集成材 （略号）	試験体数	寸法 mm
非圧密 単層（S0）	4	85×120×2360	非圧密 単層（T0）	4	85×120×2360
単層（S1）	4	85×120×2360	単層（T1）	4	85×120×2360
圧密 2層（S2）	4	85×120×2360	圧密 2層（T2）	4	85×120×2360
3層（S3）	4	85×120×2360	3層（T3）	4	85×120×2360

曲げ試験は集成材の日本農林規格曲げ A 試験に準じて行い、荷重速度は 15mm/min.とし、変位は材の両側中立軸で測定、値を平均し曲げヤング係数の算出に供した(写真-2)。曲げ試験後、試験体下面の曲げ破壊の起点となった節の長径を記録した。

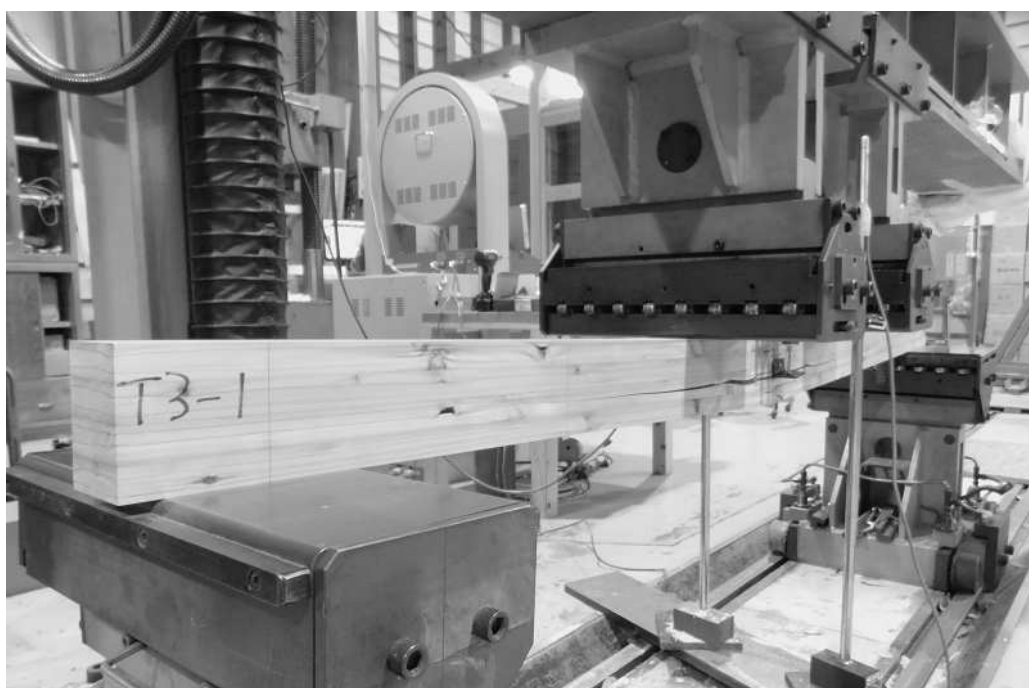


写真-1 圧密集成材実大曲げ試験

### 3 結果

圧密集成材の密度、曲げ強さ（MOR）及び曲げヤング係数（MOE）を表-2 に、曲げヤング係数と曲げ強さの関係を図-1、2 に示す。なお、荷重時間 1 分未満の破壊はみられなかった。

表-2 圧密集成材実大曲げ試験結果

スギ 集成材	試験体 No.	密度 kg/m <sup>3</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>	MOE kN/mm <sup>2</sup>	トドマツ 集成材	試験体 No.	密度 kg/m <sup>3</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>	MOE kN/mm <sup>2</sup>
非圧密 単層	S0-1	416.9	58.9	10.20	非圧密 単層	T0-1	412.6	61.0	11.89
	S0-3	417.5	50.2	9.43		T0-3	399.6	60.6	11.03
	S0-5	384.0	47.2	7.00		T0-5	389.8	34.7	9.53
	S0-7	374.5	56.3	9.04		T0-7	378.6	35.9	9.84
圧密 単層	S1-2	661.2	59.1	11.00	圧密 単層	T1-1	687.8	60.4	15.53
	S1-3	706.8	54.6	12.47		T1-3	705.4	81.8	16.84
	S1-5	691.0	76.8	14.08		T1-6	722.9	81.5	18.65
	S1-7	716.4	87.6	15.16		T1-8	748.2	103.0	20.59
圧密 2層	S2-1	776.1	40.9	12.63	圧密 2層	T2-1	699.7	65.2	15.65
	S2-3	713.4	69.2	13.25		T2-3	716.3	46.4	17.00
	S2-5	767.1	71.0	14.80		T2-5	753.9	88.9	18.56
	S2-8	802.5	102.6	17.54		T2-8	760.1	98.5	19.64
圧密 3層	S3-1	740.0	55.8	12.66	圧密 3層	T3-1	707.7	61.9	16.36
	S3-3	744.4	58.7	14.65		T3-3	764.2	66.4	18.47
	S3-5	737.3	60.2	14.79		T3-5	740.9	77.7	19.33
	S3-7	796.3	83.4	17.05		T3-7	796.3	69.1	20.53

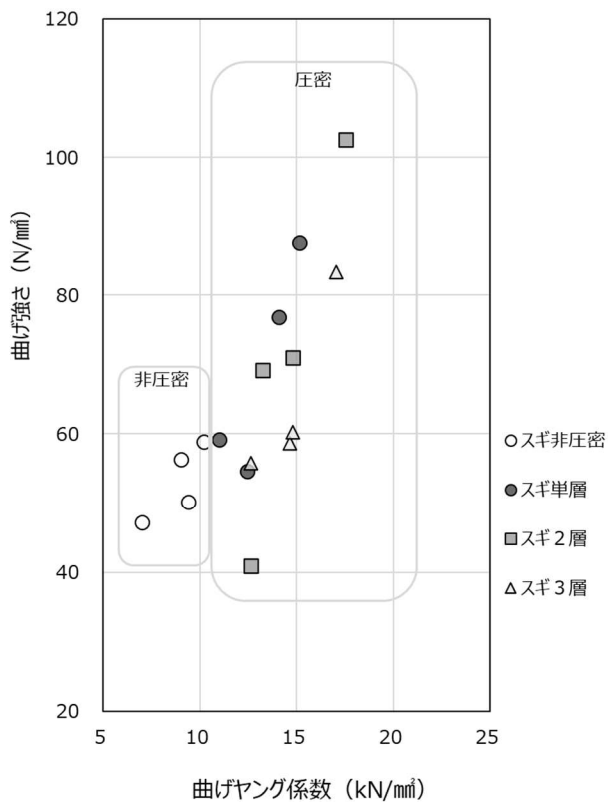


図-1 スギ圧密集成材の曲げ特性

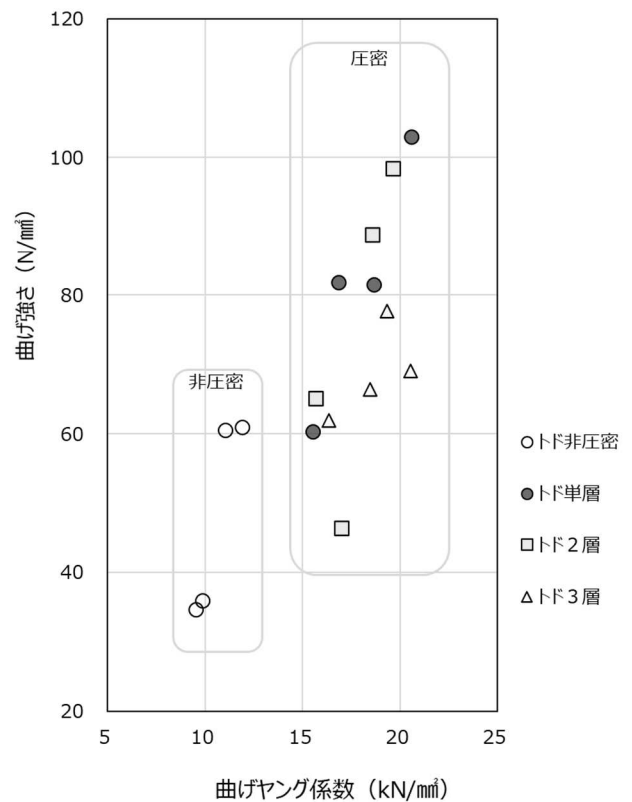


図-2 トドマツ圧密集成材の曲げ特性

# 構造用製材の含水率の変化による割れ等の発生

研究期間：令和4年度～5年度

木材部 奥原祐司・吉田孝久・吉川達也・山内仁人・小池直樹

既に人工乾燥が終了しているスギ正角（105×105×1,080mm）5グループ（G1～5）の計57体を強制乾燥により含水率をさらに低下させた。その結果、目標含水率10%よりも低下し全供試材の平均含水率は5～6%になっていた。収縮率は、各推定含水率20%、15%、10%における全供試材の平均収縮率は、1.05%、1.33%、1.75%であった。各推定含水率におけるグループごとの割れ（木口割れと材面割れを区分しない）の増加量は、推定含水率が低下するほど増加傾向が見られ、推定含水率20%と10%を比較した場合、2倍以上に割れが増加したグループも存在した。

キーワード：構造用製材、スギ、収縮率、

## 1 はじめに

JAS 構造用製材は、乾燥に伴う割れ等による接合部の耐力低下のおそれから、含水率 15%以下が求められる場合がある。含水率 20%の人工乾燥材が平衡含水率に達するまでの割れや変形等の発生や強度との関係については必ずしも十分に明らかにされていない。そこで、令和4年度に実施した含水率と割れ等の変化の測定を、引き続き強制乾燥条件下で平衡含水率以下まで乾燥させて割れや変形等の変化の検証を行った。なお、本試験は、受託事業（構造用製材の含水率の変化による割れ等の発生及び接合部の強度の検証）により実施した。

## 2 試験の方法

供試材は既に一度乾燥を終了しているスギ正角（105×105×1,080 mm）5グループ（G1～5）の計57体とし、各グループには質量を測定するモニター材を1本設定している（図-1）。

強制乾燥は、蒸気式乾燥機を使用し乾球温度 50℃、湿球温度 40℃の環境下において、約1カ月間実施し、その後、乾球温度 60℃、湿球温度 40℃の環境下において、約2カ月間実施した。

乾燥過程において、週に1回モニター材の質量を測定し、推定含水率が20、15、10%時にグループの全供試材の質量、寸法、割れ、カップをノギス及びクラックスケール等を用いて測定した。

寸法の測定場所は、図-2の丸数字の16カ所、また、カップは、A、B、C、Dの板目面の木口面、中央、切断面の12カ所で測定し、凹んでいる場合は、数値を読み取り+標記し、凸の場合は、数値は読み取らず+と標記した。最終の推定含水率10%時の測定後は、切断面の割れの長さ及び幅を測定した。節の測定は、A、B、C、D面のそれぞれの最大単独節及び最大集中節をスケールで測定した。含水率は、図-4のとおり木口面（1）、木口面から30cm（2）、中央（3）、切断面から30cm（4）、切断面（5）の5カ所から試験片を切り出し全乾法による含水率を測定した。

	G1	G2	G3	G4	G5
1	20	87	71	78	<b>110</b>
2	77	140	72	80	111
3	81	217	82	85	119
4	143	239	90	86	120
5	146	244	122	88	133
6	152	247	126	92	224
7	159	255	<b>136</b>	95	251
8	176	<b>259</b>	232	117	
9	184	261	262	121	
10	210	265	263	124	
11	211	280	264	<b>137</b>	
12	218			229	
13	<b>219</b>				
14	253				
15	271				
16	272				

図-1 全供試材の番号

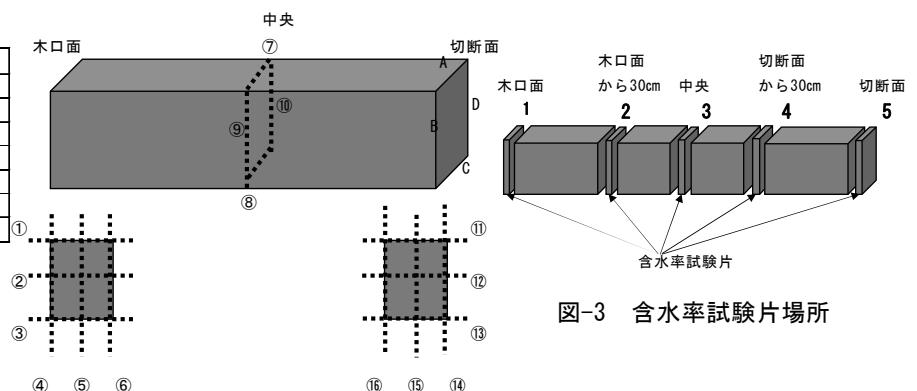


図-2 寸法等測定箇所

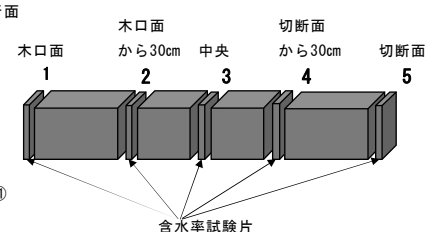


図-3 含水率試験片場所



### 3 結果

モニター材の全乾法による含水率を図-4に、各グループの試験終了時の平均含水率を表-1に示す。各グループの初期想定含水率は、G1：19.3%、G2：25.1%、G3：30.1%、G4：35.4%、G5：41.4%であったが、強制乾燥の実施後には、最終目標含水率10%よりも低下していた。また、長さ方向の含水率変化は、G1及び4については、木口面よりも中央の含水率が高くなり、G2、G3、G5は反対に低い結果となった（表-1）。

各推定含水率におけるグループごとの平均収縮率（板目方向のみ）を表-2に示す。一般的な板目の収縮率と比較すると、柁目部分が一部含まれることから収縮率は低い値になった。

各推定含水率におけるグループごとの平均カップ量を表-3に示す。推定含水率が低下するほどカップは大きくなった。

各推定含水率におけるグループごとの割れ（木口割れと材面割れを区分しない）の増加量を表-4に示す。推定含水率が低下するほど割れが多くなる傾向が見られ、推定含水率20%と10%を比較した場合、2倍以上に割れが増加したグループも存在した。

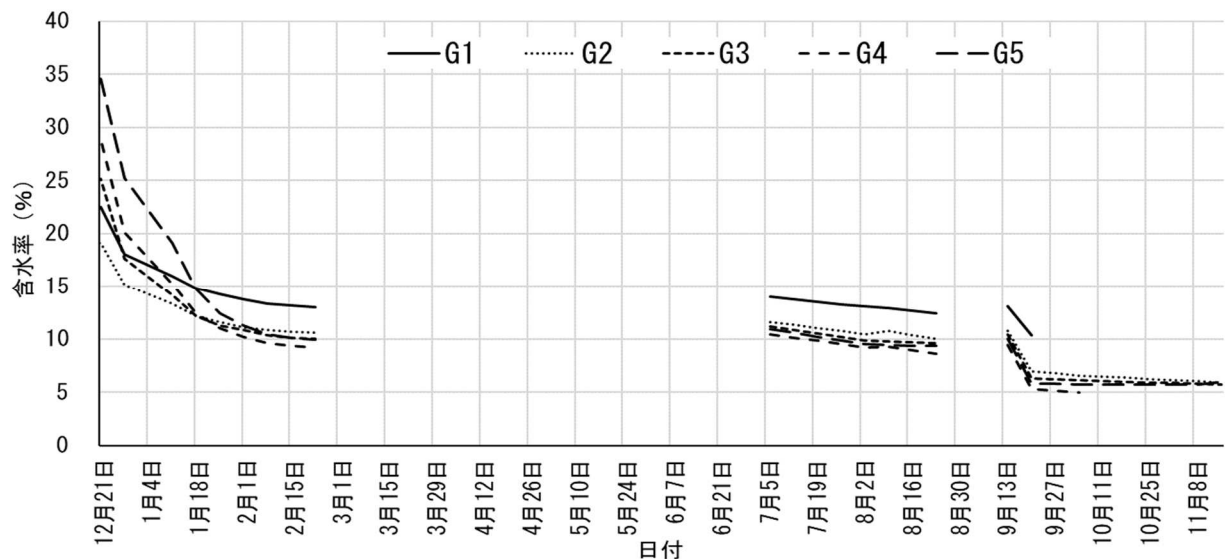


図-4 モニター材の含水率経過

表-1 各グループの最終平均含水率

	単位：%				
	1	2	3	4	5
G全体	6.5	5.7	5.7	5.0	5.7
G1	6.0	6.9	6.6	4.7	6.9
G2	6.7	5.0	5.1	5.2	5.0
G3	7.1	5.1	5.1	5.4	5.0
G4	6.8	5.0	5.1	5.2	5.0
G5	6.0	6.6	6.8	4.5	6.5

表2 各グループの推定含水率における平均収縮率

含水率	単位：%					
	G1	G2	G3	G4	G5	平均値
20%	—	0.68	0.90	1.01	1.58	1.05
15%	0.62	1.51	1.26	1.26	1.99	1.33
10%	1.20	1.79	1.82	1.86	2.09	1.75

表3 各グループの推定含水率における平均カップ

グループ	単位：mm			
	初期値	20%以下	15%以下	10%以下
G1	0.033	—	0.167	0.220
G2	0.034	0.165	0.237	0.317
G3	0.065	0.195	0.340	0.419
G4	0.020	0.194	0.266	0.370
G5	0.025	0.245	0.346	0.438

表4 各グループの初期値に対する割れの増加量

グループ	20%以下	15%以下	10%以下
G1	—	1.2	1.2
G2	2.7	3.2	5.3
G3	1.2	1.2	1.8
G4	1.2	1.2	2.1
G5	1.2	3.2	3.5

# 県内産カラマツ丸太のヤング係数

研究期間：令和元年度～5年度

木材部 山内仁人・吉川達也・奥原祐司・小池直樹

上田市・長和町・青木村及び木曽町・木祖村産のカラマツ丸太計116本について、縦振動法によるヤング係数の測定を行い、近年（2016年以降）の調査結果と併せてとりまとめた。ヤング係数の平均値は12.05kN/mm<sup>2</sup>で、Ef130以上が全体の67.0%を占め、過去の調査結果（1997～1998年・ヤング係数平均11.57kN/mm<sup>2</sup>、Ef130以上が46.7%）に比べ、ヤング係数の上昇傾向が顕著であった。

キーワード：上田地域、木曽地域、カラマツ、縦振動ヤング係数

## 1 はじめに

県内民有人工林の過半を占めるカラマツは成熟期を迎え、植栽時の想定伐期を超える林分が多くなっている。現在、カラマツは合板用の出荷が多く、他樹種に比べて価格的にも安定しているが、主伐・再造林を進め、持続的な森林経営を行っていくためには、合板以外の用途も開拓し、高付加価値化を図っていく必要がある。ヤング係数の測定は、非破壊で強度性能を推定でき、高齢級化が進む県内産カラマツの材質の変化を把握し、山元での良質材の選別・出荷にもつながると考えて、調査を実施した。

なお、調査は上田地域振興局（現地適応化試験）・木曽地域振興局（技術協力）と協力して実施し、2016年から昨年度までに実施した他の県内産カラマツ丸太の調査結果と併せて集計し、1997～1998年の当所及び林木育種センターの調査結果と比較して、高齢級化の影響について検討した。

## 2 試験の方法

調査した丸太の産地及び本数は、表1のとおりである。縦振動ヤング係数の測定は、素材の日本農林規格（JAS）の試験方法を参考に、現地もしくは市場土場で、以下の方法で実施した。

丸太の密度は、両木口の短径・長径・材長を1mm単位で、重量はクレーンスケールにより0.5kg単位で計測して求めた（式-1）。また、重量測定時に丸太を吊った状態で木口をハンマーで叩き、反対側の木口付近でATA社製HG-2020spを使用し固有振動数を計測し、密度と固有振動数、材長から縦振動ヤング係数を求めた（式-2）。

・式-1： $p = W / (D^2 \times \pi / 4 \times L \times 1 / 10,000)$ ・・・【見かけの密度（kg/m<sup>3</sup>）】

W：重量 D：両木口の短径と長径の平均値（cm） π：3.14 L：材長（m）

・式-2： $Ef = (2Lf)^2 p / 10^9$ ・・・【縦振動ヤング係数（kN/mm<sup>2</sup>）】

L：材長（m） f：固有振動数（Hz） p：見かけの密度

表-1 令和5年度調査結果概要

丸太産地	林齢	調査本数	末口		年輪数	元口		長さ（m）	固有振動周波数（Hz）	重量（kg）	見かけの密度（kg/m <sup>3</sup> ）	Ef平均（kN/mm <sup>2</sup> ）	Ef区分（本）			
			短径（cm）	長径（cm）		短径（cm）	長径（cm）						90	110	130	150
上田市真田	71	29	30.5	31.2	54.3	34.8	36.4	4.098	496.1	305.2	851	14.07	0	0	11	19
長和町	59	31	31.4	32.3	51.1	36.8	36.5	4.123	486.0	324.0	821	13.20	0	6	12	12
青木村	76	30	19.4	20.1	38.3	22.5	23.7	4.118	449.2	145.4	958	13.11	0	6	16	8
木曽町開田		14	26.6	27.6	40.9	31.3	32.2	4.148	470.7	247.1	867	13.25	1	1	7	5
木祖村		12	26.5	27.5	42.4	31.6	32.8	4.134	512.5	203.0	698	12.54		3	7	2
計・平均		116	26.9	27.7	45.4	31.4	32.3	4.124	482.9	244.9	839	13.23	1	16	53	46

\*末口短径～Ef平均の値は、各産地の平均値。また、Efの区分は素材のJASの表示規定に準じた。

### 3 結果

本年度の調査結果の概要を表1に示す。測定本数は116本で、内訳は、上田地域産が3地区・90本、木曾地域産が2地区26本で、ヤング係数の平均値は、13.23kN/mm<sup>2</sup>であった。なお、木曾地域では、時間的な制約等から地区ごとの調査本数が少なくなったため、ランダムサンプリングではなく、小径から大径まで、なるべく広いサイズの丸太の測定を行うようにした。

上記の本年度の調査を含め、近年（2016年）以降の調査結果を集計し、1997～1998年に行われた標準伐期期間内（林齢27～38年）の調査結果<sup>1)・2)</sup>との比較を行ったのが、表-2である。近年の調査のうち、2021年から本年度までの3年間に上田地域で行った調査では、出材した林分の林齢が57～76年で、それ以外の調査は林分を特定せずに行ったため、林齢は不明である。しかし、末口年輪数の平均値等から推定すると、他の調査で測定した丸太も、上記上田地域で行った3年間の調査と同等かそれ以上の高齢級の林分から出材された丸太が大半を占め、両者の比較は、実質的に、標準伐期（林齢40年まで）と長伐期（～80年前後）の比較になると考えた。

1997～1998年の調査で、縦振動ヤング係数の平均値が11.57kN/mm<sup>2</sup>、Ef130以上の割合が46.7%であったのに対し、今回とりまとめた2016年以降の縦振動ヤング係数の測定結果では、平均値が12.05kN/mm<sup>2</sup>、Efは130以上が67.0%で、ヤング係数の高い丸太の割合が増加していた（図-1）。長伐期化により、成熟材の割合が高い丸太が生産されるようになってきたことが、丸太のヤング係数の上昇に繋がったと考えられる。

表-2 2016年以降の長野県内のカラマツ丸太の調査結果と過去の調査結果

実施年度	調査場所	林齢	調査本数	末口平均年輪数	Ef平均 (kN/mm <sup>2</sup> )	標準偏差	変動係数%	素材のJASIに準じたEf区分(本)					
								Ef50	Ef70	Ef90	Ef110	Ef130	Ef150
2021-2023調査	上田地域	57-76	200	45.8	12.85	1.75	13.6			8	48	78	66
2016-2023調査	長野県内(上記含む)		424	52.9	12.05	1.71	13.6	0	0	21	119	173	111
1997-1998調査	小諸市A(中田ら2006)		472		11.4	1.3	11.2	1	1	49	228	180	13
	小諸市B(橋爪ら2011)		474	25.4	11.80	1.30	11.0		1	27	197	204	45
	A・B計・平均	27-38	946		11.57	1.30	11.2	1	2	76	425	384	58

\*小諸市のA・Bは、同一立木の一番玉(A)と二番玉(B)のデータである。



写真 現地でのヤング係数測定の様子

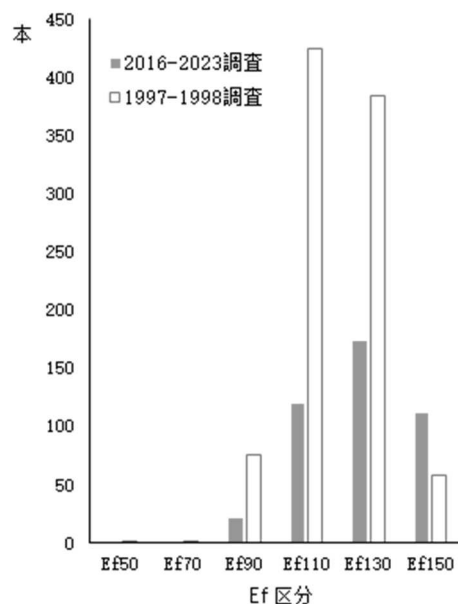


図-1 縦振動ヤング係数 (Ef) の分布比較比較

#### 引用文献

- 1) 中田了五・藤澤義武・谷口亨, 林育研報, p85-105(2005)
- 2) 橋爪丈夫・吉田孝久・武田孝志・東口洋子・藤澤義武・中田了五・谷口亨・中谷幸男, 長野林総セ研報 p107-172(2011)

# 県産大断面カラマツ太鼓材等の乾燥による形質変化と強度性能

研究期間：令和5年度

木材部 奥原祐司・吉田孝久・吉川達也・小池直樹・山内仁人

カラマツの丸太（一面挽き、背割り有り）を中温乾燥後、屋外に静置し形質変化を調査した。その結果、ねじれは発生せず、静置前後の背割れの幅の変化は小さかった。一方、太鼓材については、ガラスハウス乾燥及び中温乾燥後に強度試験を実施した。その結果、見掛けの曲げヤング係数は $11.83 \pm 1.03 \text{ kN/mm}^2$ 、曲げ強さは $57.0 \pm 5.7 \text{ N/mm}^2$ であった。

キーワード：カラマツ、丸太、太鼓材、高温セット

## 1 はじめに

カラマツの製材品は、正角や平角材の利用が一般的であるが、丸太や太鼓材の利用は少ない。そこで、地域材の利用拡大を図るため、2本のカラマツ丸太を一面挽き後に背割りを入れて、この面を2本合わせた柱材として利用するため、乾燥後の形質変化試験を実施した。また、カラマツ太鼓材を横架材として利用するため、乾燥及び強度試験を実施した。なお、本試験は、軽井沢町との技術協力により実施した。

## 2 試験の方法

### 2.1 丸太

供試材は、東信地域のカラマツ丸太4本（一面挽き、背割り）とした。3.5m材を約0.5m部分で切断し、3mの実大材試験体と0.5mのテストピース（両木口面をシリコンによりシーリング）に加工し、表-1の条件により乾燥を実施した。太鼓材と同時に中温乾燥後、軒下において約1カ月間養生後、一面挽きした面を製材機により再度、平滑に整形し屋外にて約4カ月間静置（写真-1）した。静置前後、一面挽きした面の3mのねじれ量及び背割り幅（各2カ所）を測定した。

### 2.2 太鼓材

供試材は、東信地域の太鼓材10本（b：140mm、d：末口平均直径174mm、元口平均直径199mm、長さ4,000mm）とした（図-1）。蒸煮（96℃、2時間）により樹皮を軟化させてからバール等により樹皮を取り除いた。その後、内5本を高温セット処理（表-4）し、残り5本と上記の丸太4本を同時に中温乾燥した（表-3）。曲げ試験方法は、高温セット処理有無各3本について、下部支点間距離（スパン）3,240mm、上部荷重点間距離1,080mmの3等分点4点荷重方式で実施した。載荷方向はエッジワイズ（下部支点及び中間には転倒防止の治具を設置し、上部荷重点にはクサビにより試験体を固定）、載荷速度は15mm/分とした。なお、以下の式により断面2次モーメント及び断面係数を求めた（b、dは、末口側と元口側を平均、hは末口側、元口側、切断面を平均）。非破壊部分から全乾法による含水率試験片を切り出した。

表-1 丸太乾燥条件

No.	乾燥条件
1	1. ガラスハウス乾燥 (2022.12.10～ 2023.6.19)
2	2. 中温乾燥（表-3）
3	1. 高温セット（表-2） 2. ガラスハウス乾燥 (2022.12.10～ 2023.6.19)
4	3. 中温乾燥（表-3）

表-4 太鼓乾燥条件

No.	乾燥条件
1～5	1. 蒸煮（皮むき） 2. 高温セット（表-5） 3. 中温乾燥（表-3）
6～10	1. 蒸煮（皮むき） 2. 中温乾燥（表-3）

表-3 中温乾燥スケジュール

ステップ	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	処理時間 (h)
1	90	85	5	24
2	90	80	10	24
3	90	75	15	24
4	90	70	20	24
5	90	60	30	24
送風				24

表-2 丸太高温セットスケジュール

ステップ	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	処理時間 (h)
1	90	90	0	24
2	110	80	30	48

表-5 太鼓高温セットスケジュール

ステップ	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	処理時間 (h)
1	90	90	0	6
2	110	80	30	24

$$A = d^2 (\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha) / 4$$

$$I = d^4 (6\pi - 12\alpha + 8\sin 2\alpha - \sin 4\alpha) / 384$$

$$Z = 2I/d$$

$$\alpha = \tan^{-1}(\sqrt{d^2 - b^2}/b)$$

I: 断面二次モーメント  
Z: 断面係数

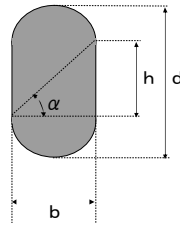


図-1 太鼓材

写真-1 屋外の静置状況

### 3 結果

#### 3.1 丸太

高温セット処理により高温セット処理なし材よりも一時的に含水率が低下していた(図-2)。また、中温乾燥後の含水率は表-6となり、目標含水率15%に近い結果となった。静置前後の3mにおけるねじれの発生は無く、また、背割り幅の屋外静置前後の変化は高温セット処理の有無に関わらず大きな違いは無かった(表-7)。今回は丸太の表面割れが直線的で繊維傾斜が少ない供試材であったと思われ、別個体で同様に試験を実施した場合は、ねじれが発生する恐れがある。

#### 3.2 太鼓材

見掛けの曲げヤング係数(MOE)と曲げ強さ(MOR)の関係を図-3に示す。全6体の平均値±標準偏差は、MOEが $11.83 \pm 1.03 \text{ kN/mm}^2$ 、MORが $57.0 \pm 5.7 \text{ N/mm}^2$ で5%下限値は $43.6 \text{ N/mm}^2$ であった。含水率の平均値は、高温セット有りが16.9%、高温セット無しが17.9%であり、水分傾斜も同様の傾向であった(図-4)。なお、高温セット処理の有無に関わらず割れは発生しており、違いは見られなかった。

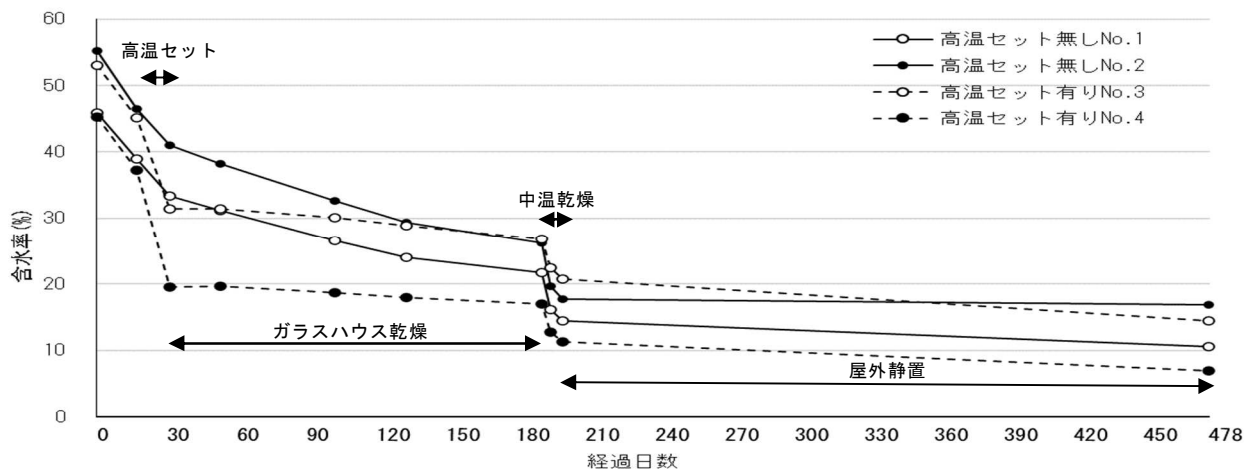


図-2 丸太の推定含水率変化

表-6 丸太の中温乾燥後推定含水率

高温セット	有り	無し
平均値 (%)	16.1	16.0
標準偏差	2.3	6.7

表-7 丸太の静置前後の背割り幅変化

高温セット	背割り幅変化 (mm)
無し	0.04
有り	1.15

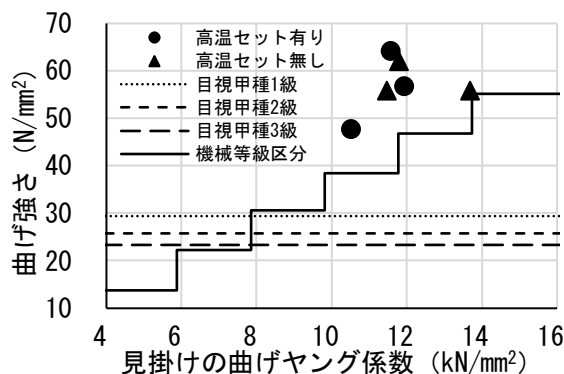


図-3 太鼓材のMOEとMORの関係

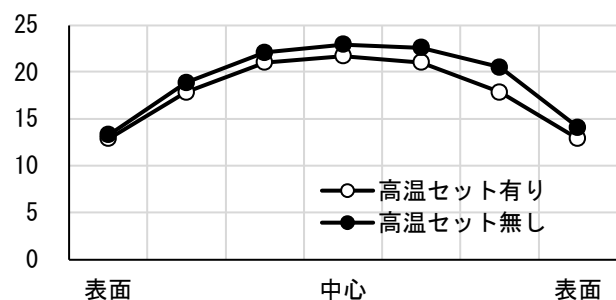


図-4 太鼓材の水分傾斜

# 白馬村産ミズナラにおけるカシノナガキクイムシ被害材の人工乾燥試験

研究期間：令和5年度

木材部 奥原祐司・山口健太※・吉田孝久・吉川達也・山内仁人

カシノナガキクイムシによる被害を受けたミズナラ丸太を板材（18mm厚）に製材し、末期温度80℃の中温乾燥を9日間実施した。その結果、目標含水率8%には達しなかった（幼虫は死滅）が、平均含水率約10%で水分傾斜の少ない乾燥材に仕上がった。なお、乾燥前の含水率は約30%であった。また、乾燥後の形質変化（割れ、曲がり、反り、カップ）が少なかったことから、製材時の板厚が15mmであっても仕上がりが10mm厚の製品が製造可能と思われた。

キーワード：カシノナガキクイムシ、ミズナラ、中温乾燥

## 1 はじめに

白馬村ではカシノナガキクイムシによるナラ枯れ被害（以下、カシナガ被害）が年々拡大している。また、カシナガ被害材の利用については、過去に岐阜県等でフローリング等への活用について検討はされているが、使用事例が少なく、人工乾燥方法についても、データが不足している。そこで、被害材を中温乾燥（末期温度 80℃）によりカシノナガキクイムシを死滅させ、かつ、家具用材等への利用を図るため、目標含水率 8%の乾燥試験を実施した。なお、本試験は、白馬村との技術協力により実施した。

## 2 試験の方法

白馬村において、令和5年11月上旬に伐採したカシナガ被害等の丸太3本（末口直径23~29cm、長さ2m）を200×18×2,000mmの板材（約40枚）に製材した（一部、クリ有り）。その内3枚をテストピースとして、図-1に示したとおり二分し、一方を人工乾燥、もう一方を天然乾燥（白馬村において試験中）した。なお、クロスカット時に試験片を切り出し、全乾密度を求めた。人工乾燥試験では、テストピースを乾燥機内の小扉付近に設置し概ね24時間ごとに質量を測定した。その時に全乾密度から求めた推定含水率を計算し、最も高い含水率のテストピースが目標含水率に達した時点で次のステップに移行した（表-1）。人工乾燥前後にテストピースの幅、厚さを測定し、収縮率を求めた。また、人工乾燥終了後にテストピースから長さ方向の中央付近において、全乾法による含水率と厚さ方向を3分割して水分傾斜の試験片を切り出した。

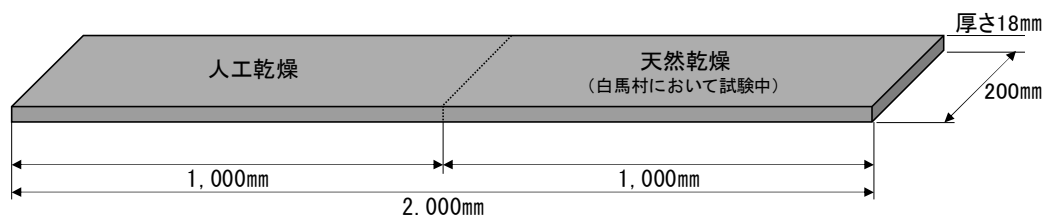


図-1 テストピースの木取り図

表-1 乾燥スケジュール

ステップ	乾球温度 (°C)	球温 (°C)	温度差 (°C)	時間 (h)	目標含水率 (%)	備考
1	55	51	4		40まで	14% (EMC)
2	55	48	7		40~35	10.7%
3	60	50	10		35~30	8.7%
4	65	50	15		30~25	6.4%
5	70	50	20		25~20	4.9%
6	75	50	25		20~15	3.8%
7	80	50	30		15以下	2.9%
イコライジング	80	70	10	24		8.2%
コンディショニング	80	75	5	24		11.6%
クーリング	0	0	0	24		ダンパー&スプレー弁閉

※ 現北アルプス地域振興局

### 3 結果

#### 3.1 含水率

約1日毎に各ステップを進め7日目にイコライジングに移行した。クーリング完了時のテストピースの推定含水率の平均値は10.6%（最小：4.0、最大18.7）であった。また、乾燥後に目視により、全試験体を確認したところカシナガの幼虫は死滅していた（写真-1）。

全乾法による含水率の経過を図-2、仕上がり含水率を表-2に示す。ミズナラの平均含水率は10.2%となり、目標含水率8%には達しなかった。末期乾燥スケジュールでは、含水率が5%まで低下していたが、イコライジング等により含水率が上昇したことが要因と推測する。また、全乾密度はミズナラ2が他のテストピースよりも高い結果となった。今後、目標含水率8%を達成するには、イコライジング等の設定温度差及び処理時間を変更する必要がある。また、乾燥後のミズナラ（厚さ18mm）の水分傾斜はほとんど無く、試作したマウスパッドの形質変化も見られなかった（写真-2）。

#### 3.2 形質変化

平均収縮率の結果を表-3に示す。ミズナラのテストピースは、板目面の外側が追衤となっており、また、厚さ方向は、板目に近い箇所を測定したため、厚さの収縮率は大きい値となった。乾燥後のミズナラの割れ、曲がり、反り、カップはほとんど見られなかったが、クリは木口割れが見られた（写真-3）。今回の乾燥試験では形質変化が大きいと想定し、製材時に厚さ18mmにしていたが、形質変化が少ないことから製材時の厚さ15mmでも10mm厚の製品が製造可能と思われる。

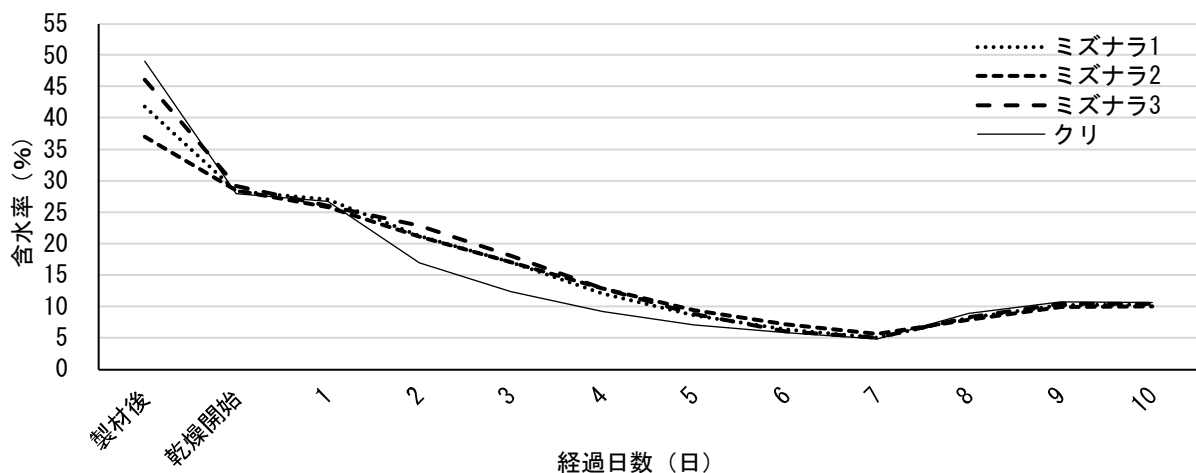


図-2 含水率の経過

表-2 仕上がり含水率と全乾密度

テストピース	含水率 (%)	全乾密度 (kg/m <sup>3</sup> )
ミズナラ1	10.3	676
ミズナラ2	10.0	798
ミズナラ3	10.4	672
平均値	10.2	715
クリ	10.6	550

表-3 収縮率

樹種	幅 (%)	厚さ (%)
ミズナラ	5.3	4.7
クリ	6.1	3.9



写真-1 乾燥後の穿入孔



写真-2 試作のマウスパッド



写真-3 乾燥後（左：ミズナラ、右：クリ）