

地 域 材 利 用 研 究 会 成 果 報 告 書

令和 3 年(2021 年) 3 月

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

地域材利用研究会

はじめに

地域材利用研究会は、関東・中部の林業関係試験研究機関と（国研）森林研究・整備機構森林総合研究所が連携し、各機関の木材研究を担う研究者が参画することで、平成 28 年度に活動を開始しました。前身の木材高度利用研究会や木質バイオマス利用研究会の成果・議論を受け継ぎつつ、新たな視点も取り入れて、地域材の利用に関する課題抽出やその解決に向けた意見交換を行ってきました。毎年の研究会では、担当機関が中心となり、各地域からの課題や要望を共有するとともに、現地見学会を開催して議論を深めてきたところです。最後となった令和 2 年度の研究会は、コロナ禍の影響でメール開催となりましたが、担当機関をはじめ参画機関の協力により、大径材の利活用に関する提案など今後の活動に資する有意義な意見交換が進みました。

この報告書は、本研究会の 5 年間の成果を取りまとめたもので、地域材の有効利用に向けた乾燥、品質管理、性能評価、耐久化等に関する技術開発をはじめ、未利用材のエネルギー利用や新たな需要開拓に関する取組とその成果が掲載されています。本研究会は、これらの成果のさらなる発展と地域材の利活用の推進を目指し、令和 3 年度からは地域材利活用推進研究会として新たなスタートを切る予定です。同じく令和 3 年度に開催される東京オリンピック・パラリンピックでは、日本の木材活用リレーなど、環境に配慮した大会の証として各所に木材・木質材料が使用されており、地域材への注目も高まっているところです。そのような中、多くの県の機関の参加によって次期研究会がこれまで以上に活性化し、地域材の利活用に資する多くの成果をあげることが願っています。

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

地域材利用研究会

幹事 国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所 研究コーディネーター 片岡 厚

目次

1	研究会の概要	1
(1)	概要	1
(2)	活動内容	1
2	研究成果	5
群馬県		
	自然公園用木製資材の高耐久化に関する研究	6
	実大強度試験機等の導入について	8
千葉県		
	未利用木質バイオマスの小規模で簡易な搬出方法の比較	10
	未利用木質バイオマスのチップ敷設による雑草抑制効果の検証	12
新潟県		
	新潟県産スギツーバイフォー材の強度特性	14
	木材乾燥機を用いた熱処理によるスギ心去り構造材の縦反り抑制	16
富山県		
	大径化した富山県産スギ材の構造利用技術の開発	18
	微粉碎化技術を応用した木質高機能膜の形成に関する研究	20
山梨県		
	バイオマス熱ボイラ用のチップ含水率について	22
	針葉樹材の薪利用について	24
長野県		
	ガラスハウスにおけるカラマツ太陽熱乾燥	26
	カラマツ心持ち平角材乾燥後の含水率	28
岐阜県		
	人工乾燥処理により反りを矯正した心去り平角の強度性能評価	30
	人工乾燥・蒸煮処理によるスギ心去り材の曲がりの矯正と低減	32
愛知県		
	地域産タケ材の品質評価と供給・流通ルートの開発	34
	木製土留工における残存曲げ強度の推定手法の検討	36
静岡県		
	スギ大径丸太の心材含水率を非接触で評価する技術の開発	38
	箱型減圧乾燥機を用いたスギひき板の減圧乾燥試験	40

本報告書は、「関東・中部林業試験研究機関連絡協議会 研究会設置・運営要領」 4 研究報告の提出・成果の公表(2)の規定に基づき、地域材利用研究会が作成したものである。

1 研究会の概要

(1) 概要

平成 28 年度に、森林総合研究所のほか関東・中部地区における 10 県の林業試験研究機関が参加し、「関東・中部林業試験研究機関連絡協議会研究会設置・運営要領」2 に基づき本研究会を設置した。設置期間は、令和 2 年度までの 5 年間で、毎年度研究会を開催し、参加機関の抱える、地域材利用に関わる課題解決に向けて、試験研究を連携して進めるための情報交換等を実施し、関東・中部地区における地域材利用に関する試験研究の技術研鑽を図った。

(2) 活動内容

各年度において表 1 のとおり研究会を開催した。会議では、「国への提案・要望事項」および「調査・事例紹介、地域の課題」について情報交換を行った。また、開催県における木材製品の生産現場等の視察を行い、現地検討を行った（令和 2 年度は、新型コロナウイルス感染拡大の影響を考慮し中止）。各年度の出席者は表 2 のとおりである。

表 1 研究会の開催経過

年度	開催日	開催県	会議場所	現地検討場所
H28	8/23~8/24	新潟県	PLAKA3 KENTO	新潟県営水面貯木場、新潟合板振興(株)
H29	9/5~6	千葉県	ホテル銀河	(株)KEYTEC
H30	6/26~27	愛知県	アイリス愛知	東海木材相互市場
R元	6/26~27	岐阜県	じゅろくプラザ	長良川木材事業協同組合
R2	8/18	静岡県	メール開催	—

5 年間の研究会において提出、情報提供された「国への提案・要望事項」は、20 件あり、表 3 のとおりである。各県さまざまな提案および要望があったが、特に大径材の利用に向けた連携に関すること、森林総研と各県との共同研究に関することが、多く挙げられた。

また、「調査・事例紹介、地域の課題」として 40 件の報告があり、その概要は表 4 のとおりである。大径材および心去り平角材に関するものが 9 件と最も多く、乾燥に関するものが 6 件、地域材の販路拡大に向けた取組に関するものが 5 件、バイオマス利用に関するものが 4 件、土木用材への利用に関するものが 3 件、報告された。地域により、ニーズや樹種など異なる面もあるが、地域材利用を促進させるための課題や問題点は未だ多く残されており、引き続き次期研究会において検討していくこととした。

表 2 各年度の研究会出席者名簿

機関名	開催年度（事務局、開催地）				
	H28（新潟県）	H29（千葉県）	H30（愛知県）	R元（岐阜県）	R2（静岡県）
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所	村田光司 小林功	村田光司 桃原郁夫 小林功 酒井武	桃原郁夫 伊神裕司 山田毅	伊神裕司 山田毅	片岡厚 伊神裕司 島田健一
栃木県林業センター	大塚紘平	—	—	—	—
群馬県林業試験場	町田初男	町田初男 工藤康夫	工藤康夫 小林慧	工藤康夫	工藤康夫 小林慧
千葉県農林総合研究センター 森林研究所	成沢知広	福島成樹 岩澤勝巳 成沢知広	黒田学	黒田学	黒田学
新潟県森林研究所	高橋喬 松本則行 岩崎昌一 倉島郁	岩崎昌一	岩崎昌一	岩崎昌一	岩崎昌一
富山県農林水産総合技術センター 森林研究所	柴和宏	大貫守	柴和宏	橋本彰	成田英隆
山梨県森林総合研究所	関岡真 三枝茂	小澤雅之	小澤雅之	小澤雅之	小澤雅之
長野県林業総合センター	今井信 奥原祐司	奥原祐司 山口健太	今井信 奥原祐司 吉田孝久 山口健太	奥原祐司 山口健太	今井信 奥原祐司 吉田孝久 山口健太
岐阜県森林研究所	富田守泰 土肥基生	富田守泰 土肥基生	富田守泰 土肥基生 田中健斗	山崎靖 水谷和人 富田守泰 土肥基生 田中健斗	土肥基生
愛知県森林・林業技術センター	釜田淳志	豊嶋勲 釜田淳志	前田徹 栗田悟 加藤充俊 豊嶋勲 石川敢太 上田耕大	小林寛生	蔵屋健治 上田耕大
静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター	渡井純	佐々木重樹	星川健史	星川健史	池田潔彦 長瀬亘

表 3 国への提案・要望事項

年度	機関(県) 名	国への提案・要望事項
H28(2016)	富山県	中大規模木造建築物へのスギ材の構造利用に関する「手引き」の作成
	山梨県	CLTのPRについて
	長野県	針葉樹大径材（心去材）の製材や材質特性、乾燥、強度に係る試験研究の連携
	岐阜県	短期技術研修の実施について
	静岡県	枝虫材の利活用
H29(2017)	群馬県	野生動物による剥皮被害材の有効活用について
	新潟県	大径材に対応したツインバンドソーの導入事例について
	山梨県	小規模な搬出を支援するツール開発
	長野県	針葉樹大径材（心去材）の製材や材質特性、乾燥、強度に係る試験研究の連携
	岐阜県	ハンディタイプの高周波含水率計に関する密度依存性への対策へ向けた資料収集
	静岡県	早生樹の特性・利用方法に関する研究開発
H30(2018)	群馬県	森林総研と各公設試による共同研究の実施
	長野県	針葉樹大径材（心去材）の製材や材質特性、乾燥、強度に係る試験研究の連携
	岐阜県	高周波水分計に設定する密度の分布測定
	静岡県	林業・木材産業全体に掛かる情報流通フォーマットの標準化
R元(2019)	群馬県	心去り材の性能試験における研究業務の分担
	静岡県	地域課題の解決に向けた研究事業への応募
	長野県	本研究会においての森林総研成果報告研修会実施のお願い
R2(2020)	群馬県	大径材の利用技術研究実施における各機関の連携、及び支援
	岐阜県	大径材利用の拡大に向けた強度データの相互利用について

表 4 調査・事例紹介、地域の課題

年度	機関(県) 名	調査・事例紹介、地域の課題
H28(2016)	栃木県	とちぎ材の販路拡大へ向けた取組
	群馬県	設置から6年経過したぐんま型木製ガードレールの状況
	千葉県	千葉県山武市における「さんむ木の駅プロジェクト」の現状
	富山県	スギ大径材からの心去り平角材の利用技術 国産材合板・県産材パネル型枠の利用拡大
	山梨県	山梨県内の人工林のスギ丸太から得られたラミナの造作材としての材質
	長野県	接着重ね梁の37条認定
	岐阜県	アベマキ材の乾燥スケジュールに関する研究
	静岡県	コナラ材の屋外耐久性向上技術
	愛知県	愛知県産材を使った耐力壁の開発について
	新潟県	大径材から製材した心去り正角材の強度性能について
H29(2017)	群馬県	クマ剥皮被害材の強度等性能試験
	新潟県	スギ大径材の枠組壁工法構造用製材および枠組壁工法構造用たて継材での利用について
	富山県	ボカスギ大径材の構造利用技術の開発
	山梨県	地域材をエネルギー利用するには
	長野県	「信州型接着重ね梁」新Aタイプの乾燥試験及び強度試験
	岐阜県	木材乾燥分野を中心とした技術相談の概要について
	静岡県	“森林の都”を実現する県産材の需要と供給の拡大のための技術開発
	愛知県	木製土留工の耐久性調査について
	千葉県	木質バイオマスの小規模で簡易な搬出方法の比較
H30(2018)	群馬県	尾瀬における木道施設資材の調査
	千葉県	木材流通状況の把握について
	新潟県	新潟県産材を活用した木造住宅の木材使用実態調査
	富山県	スギ大径材による心去り平角材の利用技術の開発
	山梨県	針葉樹材の薪利用について
	長野県	スギ大径材から得られた梁桁材の乾燥・強度試験—短時間で高品質に仕上がる乾燥方法の検討—
	岐阜県	乾燥コスト天元のための原木心材明度選別効果
	静岡県	多様なニーズに対応する県産材供給体制構築に関する技術開発
	愛知県	木製建造物の耐久性調査 地域産タケ材の利活用に向けた素材の品質評価と供給コスト調査
	千葉県	スギ心去り平角材の研究について
R元(2019)	千葉県	未利用木質バイオマスチップ敷設による雑草抑制効果の検証 木造公共建築物の長寿命化にかかる腐朽診断などの事例照会
	新潟県	木材乾燥機を用いた熱処理によるスギ心去り構造材の縦反り抑制
	富山県	スギ大径材による心去り平角材の乾燥及び強度試験
	山梨県	バイオマス熱ボイラ用のチップ含水率について
	静岡県	減圧乾燥によるスギひき板の高速乾燥
	長野県	カラマツ・スギ大径A材丸太の戦略的製品開発（林野庁補助事業：林業成長産業化総合対策補助金）
	愛知県	地域産タケ材の品質評価とタケ材を利用した集成材の曲げ性能
	岐阜県	原木グレーディング効果を取得する手法の提案

2 研究成果

各研究機関が本研究会の設置期間中に取り組んだ課題で、毎年度の研究会において報告や情報交換がなされたもののうち、2 題を選定し、その概要を研究成果として取りまとめた。これらの研究成果の詳細については、必要に応じて各研究機関にお問い合わせいただきたい。

自然公園用木製資材の高耐久化に関する研究

群馬県林業試験場 工藤 康夫

I はじめに

本県と福島県、新潟県の3県にまたがる尾瀬ヶ原は、本州最大の湿原である。ここには総延長約65kmの木道が敷設されており、環境省、また群馬県を始めとする各自治体、主たる土地所有者の東京電力が木道資材の交換を含めた維持管理を行っている。この木道資材にはカラマツ材が使用されているが、希少な動植物が生息する尾瀬の環境へ影響を及ぼさないよう、これらのカラマツは防腐処理を行っておらず、短期間での木道資材の交換は予算面などで管理者にとって大きな負担となる。

そこで、ケミカル系防腐材を使用しない高耐朽性木道資材を開発することを目的として、高温処理した木材（以下、熱処理木材）の腐朽促進試験を行い、試験開始後18ヶ月後の腐朽状況を調査した。また、冷涼な気候における尾瀬の環境を把握するため、木道周辺の無雪期（6月から10月）の温度及び湿度を昨年度に引き続き継続して測定した。

II 方 法

（1）熱処理木材の腐朽促進試験

カラマツ材の心材部と辺材部それぞれから、断面寸法20mm×20mm、長さ300mmの試験体10体を作製し、237.5℃で5時間の熱処理を行った。比較としてカラマツ材の心材部と辺材部から作製した同サイズの無処理試験体、CuAz防腐処理材それぞれ10体を用いた。これらを繊維方向約150mmを土中に埋設して恒温恒湿機内で温度28℃、相対湿度90%で18ヶ月間静置し（図-1）、JIS K1571に基づく腐朽劣化の評価を行った（表-1）。



図-1 ファンガスセラー試験

表-1 腐朽度の評価基準

腐朽度	評価基準
0	健全
1	部分的に軽度の腐朽
2	全面的に軽度の腐朽
3	「2」の状態の上に、部分的に激しい腐朽
4	全面的に激しい腐朽
5	腐朽によって形が崩れる

（2）木道周辺環境調査

前述のとおり、尾瀬は1年の半分の期間が雪に覆われる冷涼な気候である。平地に比べて木材腐朽菌の活動が低下することが想定されることから、木道周辺の気温湿度を把握するため山の鼻ビジターセンター近くの木道上に温湿度計（T&D社製、おんどとり）を設置し（図-2）、令和元年6月4日から10月1日までの木道付近の温度と湿度を継続的に測定し、温度と湿度から平衡含水率を求めた。



図-2 温度湿度の測定状況

Ⅲ 結果及び考察

(1) 熱処理木材の腐朽促進試験

図-3に腐朽促進試験を開始してから18ヶ月後の無処理材、図-4に熱処理材を示す。18ヶ月経過時点で無処理材は著しい劣化が確認された一方、熱処理材は部分的に軽度の腐朽に留まっていた。図-5に腐朽度の評価の結果を示す。無処理材はほとんどが腐朽度4以上であり、腐朽判定の結果でも腐朽による劣化が進んでいることが確認された。一方、熱処理木材は腐朽度1～2の軽微な腐朽に留まっていた。このことから、図-3 腐朽促進試験開始後18ヶ月の無処理材



図-4 腐朽促進試験開始後18ヶ月の熱処理材

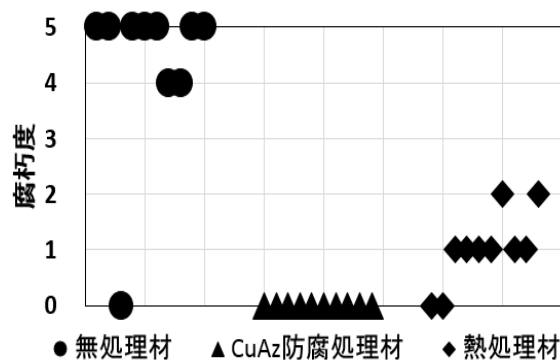


図-5 腐朽度の評価

(2) 木道周辺環境調査

図-6に令和元年6月4日から10月1日まで、図-7に同年10月30日から翌年6月10日までの木道周辺の温度推移、平衡含水率の推移を示す。夏期は期間を通しての木道周辺の平均温度17.3℃、最高気温31.2℃、また平衡含水率は平均で15.5%、最大で30.4%であった。7月と8月に日中の気温が30℃以上となり、平衡含水率が10%以下となることもあったが、期間全体を通しては全体的に低温で高い平衡含水率の環境であることが確認できた。さらに、冬期間は積雪下にあるため、温度は常に0℃で推移する一方で平衡含水率は25%前後の高い状態にあり、平地に比べて木材腐朽菌の活動が低調になる条件であることが確認できた。今後この気象データを参考に、ケミカル系防腐剤を使用しない木製資材の開発につなげていく予定である。

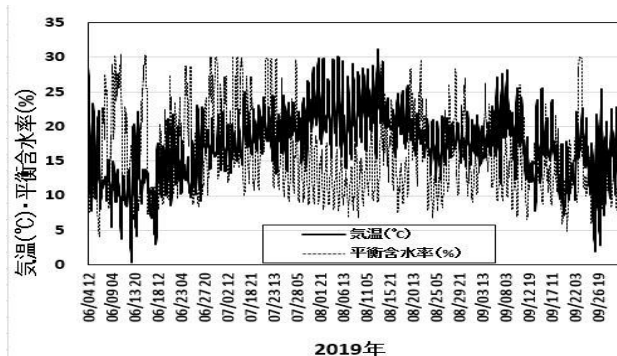


図-6 温度、平衡含水率の推移（6月～10月）

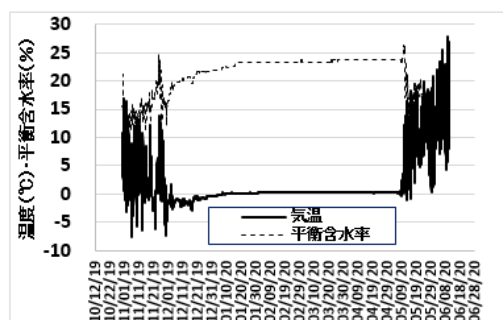


図-7 温度、平衡含水率の推移（10月～翌年6月）

実大強度試験機等の導入について

群馬県林業試験場 工藤康夫

I はじめに

群馬県林業試験場では、平成 10 年度の木材加工技術センター開設以来、木造住宅に使用する構造材の研究に主眼を置いた試験機器の整備を行ってきた。しかし、大径材の需要拡大対策が必要となってきたことや、近年の住宅着工戸数の減少や住宅工法の変化により、公共施設や教育施設等の大型建築への県産材利用を図る目的から、大断面、長尺材の試験研究が必要となっている。

しかし、従来の試験機器の能力では、これらの試験の実施が困難となるケースが多くあったことから、平成 29 年度(補正)地方創生拠点整備交付金事業を活用し、大型の実大強度試験機を始めとした試験機器の導入整備を行った(図-1)。

II 導入した試験機器

実大サイズの木材の様々な強度試験が可能な 1,000kN 実大強度試験機、任意の温度や湿度が設定でき、実大サイズの木材の環境試験が可能な恒温恒湿室、また、長尺材の搬入に必要となるホイストクレーン(最大抑揚荷重2t)、またデータロガーや変位計の機器類を導入した。

従来の実大強度試験機は最大荷重が 100kN、試験材の長さは 4メートルが限度であったが、今回導入した実大強度試験機(図-1)は、最大荷重 1,000kN、長さ 12メートルの木材まで強度試験を行うことが可能である。これまで強度試験では一般的な木造住宅用部材に限られていたが、大断面集成材などの大きな断面、長さのある大型木造建築物用部材の強度試験を行うことが可能になった。



図-1 1,000kN 実大強度試験機

III 導入した試験機器の稼働状況

(1) 中規模木造建築研究会設立による長尺・大断面製材品の開発

先に述べたとおり、住宅着工戸数の減少や、森林の高齢級化による素材丸太の大径化、また平成 31 年 4 月に「林業県ぐんま県産木材利用促進条例」が制定されたことから、群馬県においても非住宅木造建築用部材の開発が急務となっている。そこで川上(供給側)と川下(需要側)の連携を目的として、県内の学識経験者、設計事務所、木材業者、林業経営会社、また群馬県の建築課や林業振興課担当で構成された「群馬県中規模木造建築研究会」を設立し、非住宅木造建築に関する研究と検討を行っている。

当研究会で検討を重ねる中で「非住宅木造建築物に対応する長尺・大断面製材品の生産と供給、その性能や価格、納期等の情報を速やかに需要側への提示する必要性」の検討結果を得て、非住宅木造建築に必要となる長尺・大断面製材品の生産供給体制の構築を目指している。現在、6m以上の長尺材または大径材の生産が可能な林分を選定し、長尺大断面製材品供給の販売価格や納期、強度性能等のデータベース化構築を目指している。また、強度性能把握のため、当該の実大試験機を使用して長尺大断面製材品の試験を実施している。

(2) 企業や大学と連携した共同研究、受託研究の実施

(1)の試験とは別に非住宅木造建築への供給を目的として、既存の製材品または枠組み壁工法用部材を使用して生産が可能なNLT並びにDLTの開発を企業や大学と連携した共同研究、受託研究を実施している。このうちNLT(Nail-Laminated-Timber)とは、枠組み壁工法用部材を小端立てにして積層し、釘や木ねじでランバーどうしを留め付けた構造材であり、長さが3mもしくは4mに限られている国産の流通材をバットジョイントによってたて継ぎすることで、大空間が実現できることが大きな特徴である。

一方、DLT(Dowel-Laminated-Timber)とはNLT同様に既存の製材品や枠組み壁工法用部材を小端立てにして積層し、積層材を貫通した穴にダボ(Dowel)を打ち込んでランバーどうしを留め付けた構造材である。NLT、DLTいずれも一般に流通している部材と釘や木ダボだけで製作可能なため工務店や小規模な製材工場でも製作が可能であることから、構造用集成材の生産拠点が無い本県では将来非住宅木造建築に活用できる建材として期待できるものである。

令和元年度にはツーバイフォー建築協会からの受託研究によりNLTの性能試験を(図-2)、また令和2年度には株式会社長谷萬との共同研究によりDLTの開発研究(図-3)を実施している。これらの試験では、当該の実大試験機を使用して曲げ試験やダボのせん断試験を繰り返し実施している。

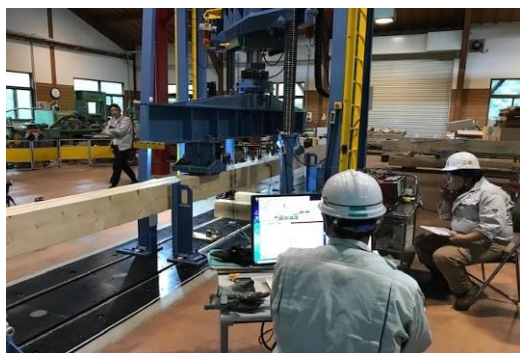


図-2 NLT 曲げ試験



図-3 DLT 曲げ試験

(3) 企業や団体等からの依頼試験の実施

さらに群馬県林業試験場では、県内、県外を問わず企業や団体等からの依頼試験を受け付けており、年度により増減はあるものの、年間20件前後の依頼試験を実施している。実質的に新規導入施設が稼働した令和元年度(平成31年度)からは、他県の企業等からの新規依頼も増加しており、依頼試験で実施した試験体の内80%以上が強度試験に分類されるものであった。

IV 最後に

以上のように、非住宅木造建築向けの特殊用材(長尺大断面材等)の開発、また首都圏から比較的近くである立地条件などにより、強度試験を中心とした試験研究課題や依頼試験が増加していくことが見込まれる。整備した施設の稼働率は運用開始後から現在に至るまで非常に高い状況にあり、当試験場は今後も地域の公設試験研究機関としての役割を担っていくと期待される。

未利用木質バイオマスの小規模で簡易な搬出方法の比較

千葉県農林総合研究センター森林研究所 黒田 学

成沢知広* (* : 現千葉県森林課)

1 目的

森林整備に伴い発生する間伐材や気象害による倒木・折損木、侵入竹等の材は、搬出コストとの採算性から林内に放置されることが多くなっている。他方、千葉県はボランティアによる里山活動が盛んな県でもあり、簡易な方法で効率的に搬出することが出来れば、多様な森林整備の担い手（森林所有者、里山活動団体、林業関係団体等）による木質バイオマスとしての有効利用が期待される。そこで、本研究では効率的な搬出方法を明らかにすることを目的として、斜面上方向の搬出（上げ荷搬出）ではスギ間伐材を、斜面下方向の搬出（下げ荷搬出）では竹材（モウソウチク）を対象に、簡易な搬出機器を用いた搬出方法による現地比較試験を行った。

2 方法

スギ間伐材の搬出試験（上げ荷搬出試験）では、勾配の異なる3つの傾斜地（ 0° 、 12° 、 19° ）において、2種類の軽ウインチ（ポータブルロープウインチ(写真1)、チェーンソーウインチ）と人力により、作業員2人が長さ2mの材1m³を20m搬出するのに要した時間を計測して、1時間当たりの搬出量を算出した。なお、試験は軽ウインチでは基本3回（チェーンソーウインチの 12° と 19° では2回）、人力では1回行った（ 19° は作業が困難であったため中断）。

竹材の搬出試験（下げ荷搬出試験）では、勾配の異なる2つの傾斜地（ 8° 、 26° ）において、2種類のシューター（半割したコルゲート管、修羅 iido(写真2)）と人力により、作業員2人が長さ3mの竹稈1m³を20m搬出するのに要した時間を計測して、1時間当たりの搬出量を算出した。なお、試験は各シューターでそれぞれ3回、人力では1回行った。



写真1 ポータブルロープウインチ

ポリエステル製のロープを使用してけん引する搬出器具。スリングベルトで樹木に固定して使用する。



写真2 修羅 iido

ポリカーボネート製の波板の両端に垂木を固定し、支柱で湾曲させて滑り台状にしたもの。

3 結果及び考察

スギ間伐材の搬出試験では、搬出方法の違いにより搬出量に差がみられ、ポータブルロープウインチは、いずれの傾斜地においても安定的に多くの材を搬出できた。また、チェーンソーウインチは作業中にオーバーヒートし、稼働に不安定な場面があったが、人力では搬出が困難な傾斜でも搬出作業を行うことが出来た。

竹材の試験では試験場所の傾斜とシューターの種類によって搬出量に差がみられた。緩斜面における半割コルゲート管の搬出では蛇腹状の形状のため、材が度々止まってしまう事があり、1時間当たりの搬出量は人力と大きな違いは見られなかったが、一方で修羅 iido ではおよそ 1.5 倍程の搬出量となった。急斜面においては、両シューターの搬出量に大きな差はなく、人力のおおよそ 1.7 倍程となった。

以上のことから、人力では厳しいような傾斜地においても、簡易的な搬出機器を導入することにより搬出作業を効率化することが可能であることが明らかとなった。

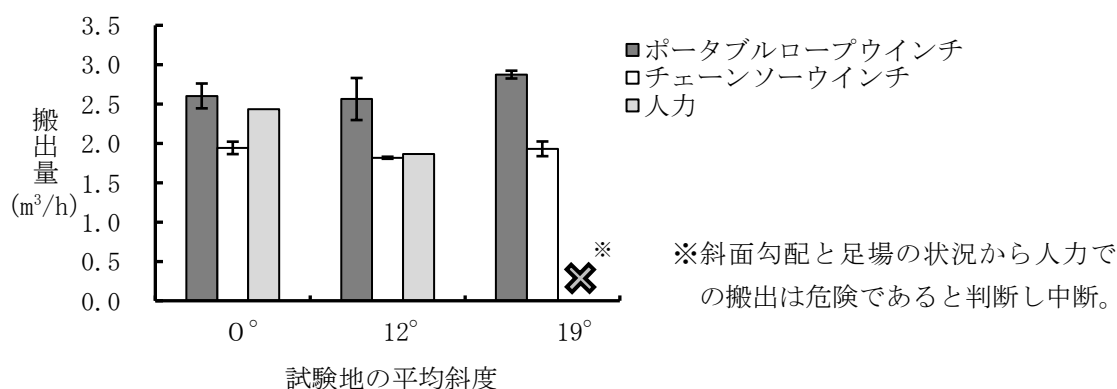


図1 スギ材の上げ荷搬出における1時間当たりの搬出量

- 注1) 搬出回数はポータブルロープウインチでは各3回、チェーンソーウインチは0°で3回、12°と19°で2回、人力は各1回実施
- 2) エラーバーは標準偏差
- 3) 搬出量は2人でスギ材1m³を20m搬出するのに要した時間から換算

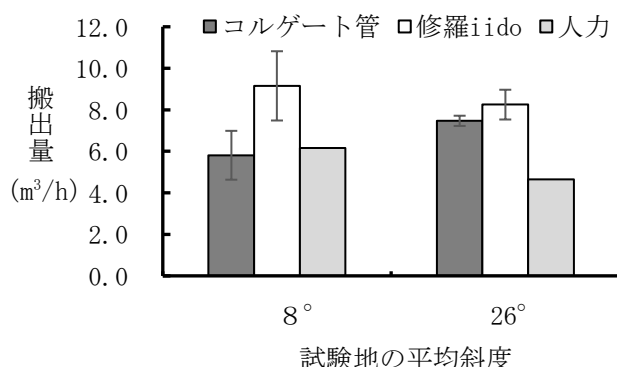


図2 モウソウチク材の下げ荷搬出における1時間当たりの搬出量

- 注1) 搬出回数は3回（人力のみ1回）
- 2) エラーバーは標準偏差
- 3) 搬出量は2人でモウソウチク材1m³を20m距離するのに要した時間から換算

未利用木質バイオマスのチップ敷設による雑草抑制効果の検証

千葉県農林総合研究センター森林研究所 黒田 学

1 目的

千葉県では非赤枯性溝腐病（以下、溝腐病）に罹患したサンプスギについて、伐採・搬出及び伐採跡地の植栽等の補助事業に取り組んでいるが、枝条や梢端部等は利用されずに林内に残されたままとなっている。このような林地残材については、森林資源の有効活用の観点から利用方法の開発が求められている。

一方、木材チップ等を造林地へ敷設することによる雑草抑制効果については、チップ厚 10～15cm 以上で効果があることが報告されているが、下刈りを省力化するための技術は確立されていない。また、溝腐病被害材の枝条や梢端部をチップ敷設して利用した例は見られない。そこで、本県では、下刈り作業の省力化による再生林の低コスト化を目的として、サンプスギの枝条や梢端部をチップ化して敷設することによる雑草抑制効果と、植栽苗木への影響について調査を行った。

2 方法

当森林研究所の 3 箇所の皆伐跡地に試験地を設定した（表 1）。試験地 A（写真 1）は面積約 150 m²の南斜面で 2018 年 4 月に 2.0m×2.0m 間隔で 3 年生スギ裸苗を、試験地 B（写真 2）は面積約 300 m²の平坦地で 2019 年 3 月に 2.0m×2.0m 間隔で 1 年生スギコンテナ苗を、試験地 C（写真 3）は面積約 300 m²の平坦地で 2020 年 3 月に 2.0m×2.0m 間隔で 3 年生スギ裸苗を植栽した。各試験地とも苗を囲むようにして 1 m²の広さの試験区枠を設置し、敷設するチップ厚を変えた処理区（チップ敷設厚：10cm、20cm）と、対照区として無敷設区を設けた（A は各 10 区、B は各 18 区、C は各 20 区）。試験地 A では 2018 年から、試験地 B では 2019 年から、試験地 C では 2020 年から調査を実施しており、植栽木と雑草木の垂直的な競合状態（図 1）や樹高成長量について 4 月～12 月の毎月 1 回それぞれ調査を行った。

表 1 各試験地の概要

	試験地A	試験地B	試験地C
調査開始年	2018年	2019年	2020年
面積	150m ²	300m ²	300m ²
植栽間隔	2.0m×2.0m	2.0m×2.0m	2.0m×2.0m
チップ敷設厚の種類	10cm,20cm,無敷設	10cm,20cm,無敷設	10cm,20cm,無敷設
試験区数	30区(各10区)	54区(各18区)	60区(各20区)
植栽苗木	3年生スギ裸苗	1年生スギコンテナ苗	3年生スギ裸苗
平均苗高	55.3cm	55.8cm	80.2cm
平均根元径	9.0mm	5.7mm	12.5mm
地況	18°(南斜面)	0°(平坦地)	0°(平坦地)



写真 1 試験区 A



写真 2 試験区 B



写真 3 試験区 C

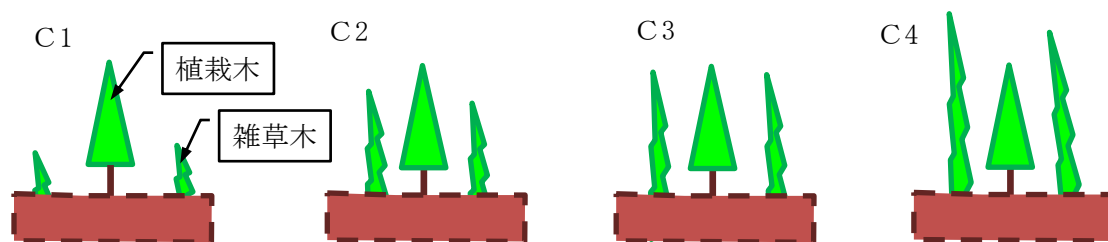


図1 植栽木と雑草木の垂直的な競合状態の模式図

C 1…植栽木の樹冠が周囲の雑草木群から半分以上露出 C 2…植栽木の梢端が周囲の雑草木群から露出
C 3…植栽木の梢端が周囲の雑草木群と同位置 C 4…植栽木が周囲の雑草木群に完全に被覆

3 結果及び考察

雑草木の繁茂が旺盛な6月～8月について、各試験地における試験開始1年目の競合状態を図2に示す。試験地Aでは1年目からアズマネザサが繁茂し、チップを敷設した試験区でも植栽木が被圧されるような状況となっていた。一方、試験地Bでは無敷設区は植栽木が被圧される傾向があるものの、チップを敷設した試験区は雑草の抑制効果が見られた。なお、試験地Cでは植栽苗が大苗であったことから、無敷設区においても雑草木との競合状態は低かった。これらのことから、雑草木の種類にもよるが、チップ敷設による雑草抑制効果に一定程度の効果が見られた。

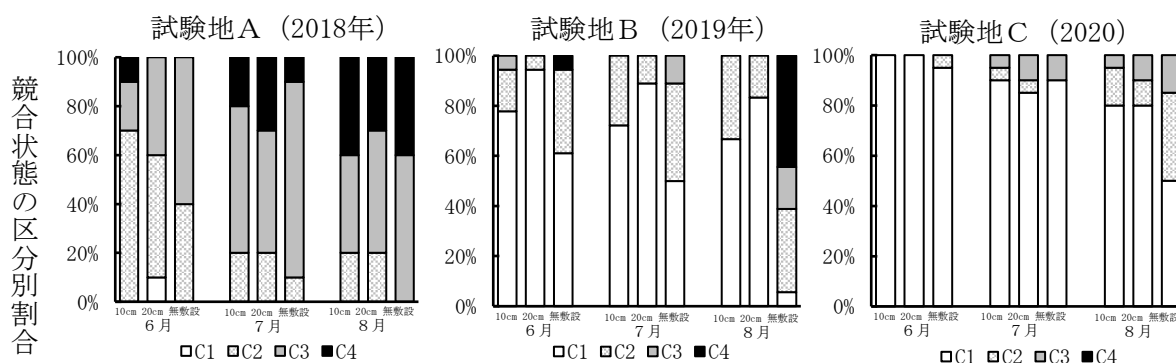


図2 試験地A～Cにおける試験1年目の競合状態

各試験地における、試験開始1年目の10月時点での樹高成長量を図3に示す。試験地Aと試験地Cではチップ敷設による樹高成長量に有意な差は見られなかった。一方、試験地Bではチップ敷設区と無敷設区では樹高成長量に有意な差が見られた。これは、試験地Bではチップ敷設により雑草木を抑制できたことで植栽木の成長が阻害されなかったことが要因と考えられた。

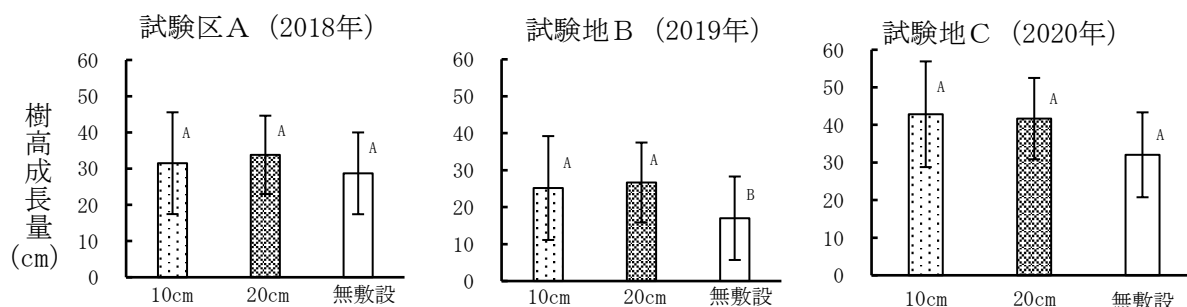


図3 試験地A～Cにおける試験1年目の樹高成長量

注1) 検定はTukey-Kramer法(JMPver. 5.0.1)による多重比較

※図中の異なるアルファベット間で5%水準の有意差あり

2) エラーバーは標準偏差

3) 試験地Bの10cm敷設区、試験地Cの10cm敷設区と20cm敷設区において、1個体ずつ枯損

新潟県産スギツーバイフォー材の強度特性

新潟県森林研究所 岩崎 昌一

1 はじめに

2015 年の「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」(以下, JAS) の改正や平成 12 年建設省告示第 1452 号の改正(2015 年)で国産材の基準強度が設定されたことで国産材が枠組壁工法で使いやすくなっている。国産のスギ・ヒノキ・カラマツ枠組壁工法部材の強度性能について調査が行われている¹⁾が, 新潟県産スギ材に関する研究は行われていない。このため, 新潟県産スギ枠組壁工法構造用製材(以下, NJ 材) および, 欠点を除去しフィンガージョイントによりたて継ぎした枠組壁工法構造用たて継ぎ材(以下, FJ 材)について強度特性を調査した。

2 方法

(1) 供試丸太と製材 供試丸太の概要を表-1 に示す。末口径により丸太を大(末口径 34 cm~42 cm), 中(末口径は 22 cm~28 cm), 小(12 cm~16 cm)に区分した。大丸太から断面寸法 41 mm×145 mm の板を, 中丸太および小丸太からは断面寸法 41 mm×93 mm の板を製材した。丸太 1 本あたりの製材枚数は, 大丸太が 9 枚~10 枚, 中丸太が 6 枚~7 枚, 小丸太が 2 枚であった。

(2) 試験体の作成 製材した板を蒸気式乾燥機により乾球温度 30℃~85℃, 乾湿球温度差 0℃~17℃で約 7 日間乾燥した。その後, JAS により甲種枠組材として目視等級区分を行った。

大丸太から製材した板については, 目視等級の高い板から順に長さ 3000 mm の曲げ試験体と長さ 2000 mm の縦引張り試験体を 40 枚ずつ採取した(NJ 材)。残りの板からは目視等級が特級になるように節等の欠点を除去しフィンガージョイントによりたて継ぎ材を製造した(FJ 材)。FJ 材からも長さ 3000 mm の曲げ試験体および長さ 2000 mm の縦引張り試験体を 40 枚ずつ採取した。これらの断面寸法を 38 mm×140 mm に調整した(206NJ 材, 206FJ 材)。

中丸太・小丸太を製材した板から, 長さ 2336 mm の曲げ試験体 105 枚と長さ 2000 mm の縦引張り試験体 100 枚を採取し, 断面寸法を 38 mm×89 mm に調整した(204NJ 材)。

後述する曲げ試験および縦引張り試験に供した試験体の健全部分や, 206FJ 材の残材から長さ 228 mm の試験体を切り出して縦圧縮試験体とした。この際, 206NJ 材にはできるだけ大きな節が, 206FJ 材にはフィンガージョイント部が含まれるように調整した。縦圧縮試験体の数は 204NJ 材が 100 枚, 206NJ 材が 50 枚, 206FJ 材が 40 枚である。

(3) 強度試験 『構造用木材の強度試験マニュアル』(日本住宅・木材技術センター, 2011 年)に準拠して曲げ試験, 縦引張り試験, 縦圧縮試験を行った。縦引張り試験のチャック間距離は 800mm とした。

3 結果と考察

丸太の径が大きくなるほど上位等級の出現割合が低下する傾向がうかがえた(図-1)。これは, 大径丸太に現れる節には大きなものがあるためと考えられる。曲げヤング係数, 曲げ強度, 縦引張り強度および縦圧縮強度の分布を図-2~図-5 に示す。全乾法含水率が 19% (JAS 含水率基準)を超えたものや縦引張り試験でチャック切れしたものを集計から除外した。

206NJ 材と 206FJ 材の曲げヤング係数の分布に有意差は認められなかった（*fisher* 正確確立検定 $p \geq 0.05$ ）（図-2）が、曲げ強度、縦引張り強度および縦圧縮強度では 206NJ 材と 206FJ 材の分布に有意差が認められ（*fisher* 正確確立検定 $p < 0.05$ ），206NJ 材の平均値の方が大きかった（図-3，図-4，図-5）。曲げや縦引張りでは 206FJ 材の多く（曲げ 37/38，縦引張り 27/30）がジョイント部で破壊していた。

参考文献

1) 国産材製材協会（2011）国産スギ，ヒノキ，カラマツの 2 × 4 住宅部材開発のための強度測定，データ収集事業成果報告書。

表-1. 供試丸太の概要

丸太区分	末口径 (cm)	長さ (m)	本数	材積 (m³)	縦振動ヤング係数 (kN/mm²)	加工材種
大	34-42	4	13	7.3568	7.05±0.93	206
中	24-28	3	10	1.9404	8.08±1.16	204
	22-26	3	10	1.7628	7.07±1.40	204
	22-26	3	10	1.7604	7.30±0.94	204
小	12-16	3	30	1.5324	7.95±1.14	204
計			73	14.3528		

※ 縦振動ヤング係数の標記は平均±標準偏差。

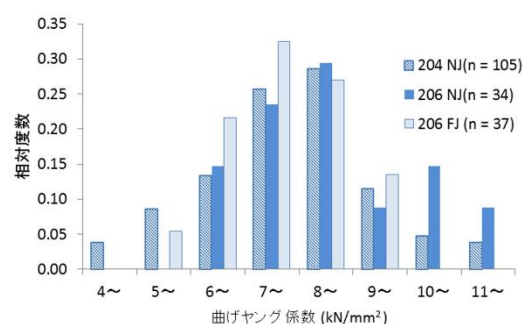


図-2. 曲げヤング係数の分布

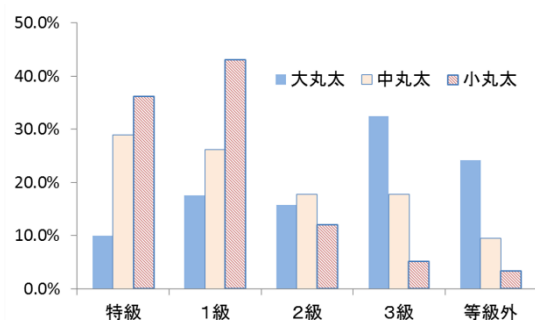


図-1. 等級別出現割合（甲種構造材）

※大丸太からは 206 材（断面寸法 38mm × 140mm）を採取。中・小丸太からは 204 材（断面寸法 38mm × 89mm）を採取。

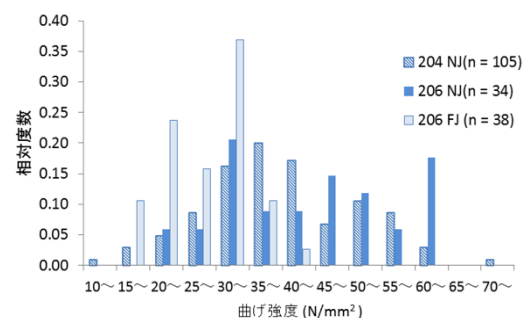


図-3. 曲げ強度の分布

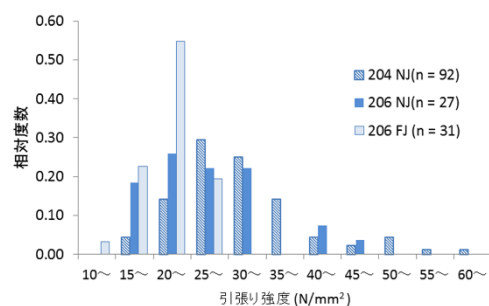


図-4. 縦引張り強度の分布

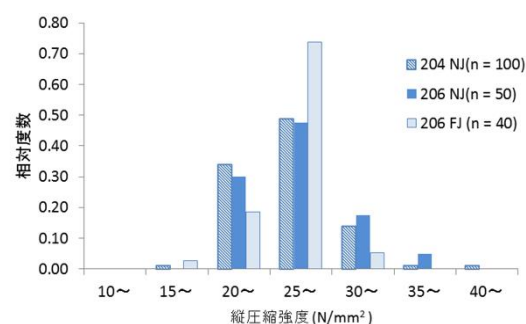


図-5. 縦圧縮強度の分布

木材乾燥機を用いた熱処理によるスギ心去り構造材の縦反り抑制

新潟県森林研究所 岩崎 昌一

1 はじめに

心去り構造材の製材では変形が発生しやすく、歩止りや作業効率向上のため変形抑制が求められている。製材時の変形抑制には丸太の燻煙熱処理による成長応力除去が有効であることが知られている¹⁾。また、丸太の蒸煮処理によりスギ心去り構造材の製材時の曲がりやが抑制されるが、その後の乾燥により蒸煮処理しない方の曲がりやが小さくなることも報告されている²⁾。本研究では、心去り構造材の2丁取り製材で生じる縦反りを抑制するため、製材工場で使用されている木材乾燥機を用いた熱処理の効果について検討した。

2 方法

(1) 供試木 新潟県産の長さ3m、末口径40cmのスギ丸太18本を供試木とした。

(2) 製材と熱処理 丸太18本から長さ3m、厚さ135mmの太鼓材を18本製材した。そのうち9本を木材乾燥機(東北通商株式会社製SDMⅡ~X 10m³タイプ)により熱処理した。スケジュールは以下の通りである。95℃で19時間蒸煮，乾球温度120℃湿球温度90℃で25時間，乾球温度105℃湿球温度77℃で26時間，乾球温度80℃湿球温度62~65℃で63時間。その後，すべての太鼓材から心去り正角(断面寸法135mm×135mm)を2本ずつ送材車付帯のこ盤で製材した。鋸断順を図-1に示す。



図-1. 太鼓材から正角を製材する鋸断順

※先，後は太鼓材からの切り出し順序を示す。

(3) 乾燥 新潟県森林研究所構内で2017年6月から10月までの4ヶ月間天然乾燥し、その後、厚さ20cmのコンクリート製の重量載荷物(440kg/m²)を載荷して中温乾燥(85℃で12時間蒸煮，乾球温度85℃湿球温度80℃で36時間，乾球温度85℃湿球温度75℃で36時間，乾球温度88℃湿球温度75℃で24時間，乾球温度90℃湿球温度75℃で24時間)を行った。乾燥処理後1週間経過してからモルダーにより，断面寸法120mm×120mmに調整した。

(4) 寸法・重量・含水率の測定 各段階の寸法，重量を測定した。また，モルダー仕上げ後に全乾法により含水率を測定し，寸法や重量と合わせて各段階の含水率を推定した。

(5) 縦反りの測定 各段階において材中央部における矢高を測定した。

3 結果と考察

無処理後出し正角や熱処理正角の縦反りはツインバンドソーで製材した心持ち正角の縦反りと同程度であったが，無処理先出し正角の縦反りの最大値が他のものより大きかった(図-2)。無処理後出し正角は成長応力の解放による変形がその後の鋸断により修正されたと考えられる。なお，製材直後の推定含水率は熱処理正角が40.0±17.9%(平均±標準偏差，以下同様)，無処理正角が87.4±24.1%であった。天然乾燥後には，無処理先出し正角の縦反りと無処理後出し正角や熱処理正角の縦反りとの間に有意差が認められた(Tukey test $p < 0.05$)(図-3)。熱処理後出し正角の中に木裏側に大きく反るものが見られたが，無処理後出し正角や熱処理先出し正角の縦反りとの

間に有意差は認められなかった (*Tukey test* $p \geq 0.05$)。なお、天然乾燥後の推定含水率は熱処理正角が $19.3 \pm 2.9\%$ 、無処理正角が $27.0 \pm 7.2\%$ であった。

人工乾燥後には、無処理先出し正角の縦反りの最大値は低下したが、熱処理後出し正角の縦反り（木裏側への反り）は大きくなった（図-4）。4つのグループの縦反りについて多重比較したところ、無処理先出し正角のみ他グループとの有意差が認められた (*Tukey test* $p < 0.05$)。なお、人工乾燥後の含水率は熱処理正角が $12.7 \pm 2.7\%$ 、無処理正角が平均 $16.7 \pm 3.2\%$ であった。

モルダー仕上げ後の正角の縦反りを図-5に示す。モルダー仕上げにより大半の試験体の縦反りは5mm以下となった。4つのグループの縦反りについて多重比較したところ、有意差は認められなかった (*Tukey test* $p \geq 0.05$)。なお、モルダー仕上げ後の含水率は熱処理正角が $13.1 \pm 1.3\%$ 、無処理正角が $16.1 \pm 3.0\%$ であった。

参考文献

- 1) 奥山剛・金川靖・服部芳明（1987）直接熱処理による丸太内残留応力の低下．木材学会誌 33：837-843
- 2) 野田龍・藤本登留・新貝敏憲（2015）スギおよびヒノキ乾燥材製品の生産における丸太熱処理の有用性．木材工業 70：584-587

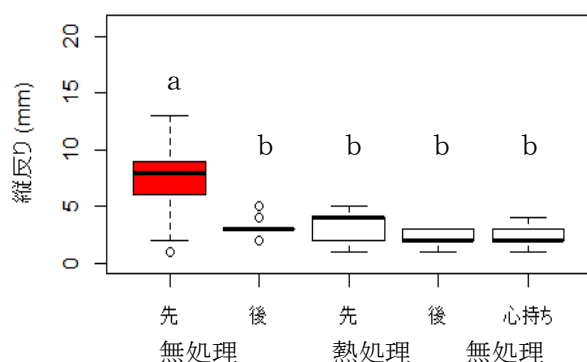


図-2. 製材直後の正角の縦反り $n = 9$ (各条件)

先、後は太鼓材から切り出された順序を示す。

a, b は多重比較 (*Tukey test*) によるグループ分けを示す。

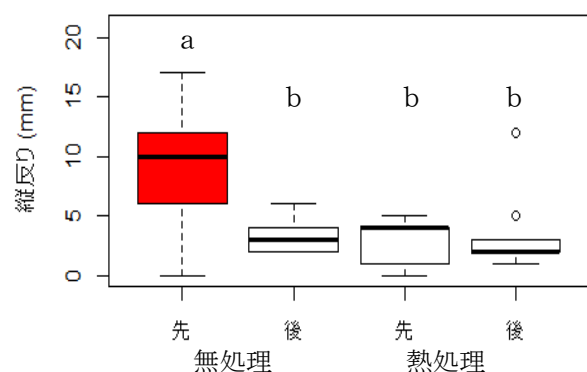


図-3. 天然乾燥後の正角の縦反り $n = 9$ (各条件)

記号等は図-2と同じ。

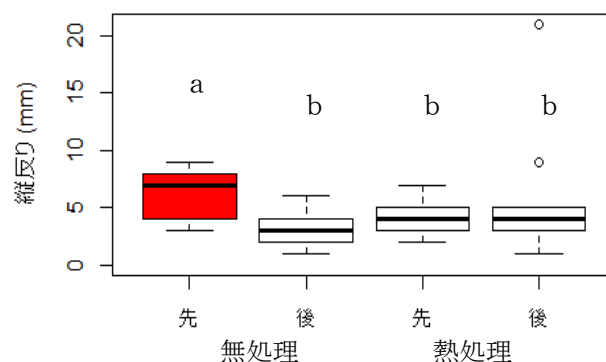


図-4. 人工乾燥後の正角の縦反り $n = 9$ (各条件)

記号等は図-2と同じ。

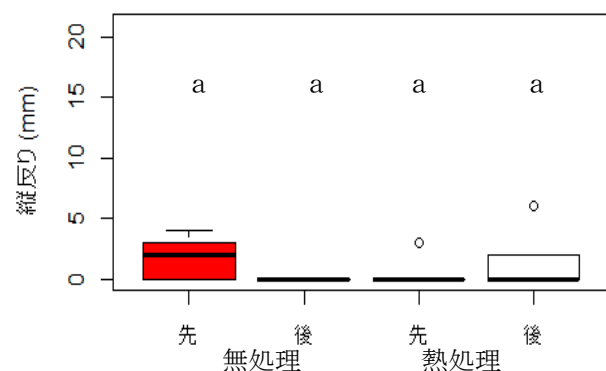


図-5. モルダー仕上げ後の正角の縦反り $n = 9$ (各条件)

記号等は図-2と同じ。

大径化した富山県産スギ材の構造利用技術の開発

富山県農林水産総合技術センター 木材研究所 柴 和宏

1 はじめに

木造住宅の柱や梁桁といった構造材は、建物の骨格を形成する重要な部材であるとともに、木材使用量の多くを占めています。これまで県産スギの中径材（末口径 30cm 未満）からは、「芯持ち」の構造材を製材してきました。その一方で、県産スギは高齢級化が進み、供給原木に占める大径材（末口径 30cm 以上）の割合が増加してきました。大径材では「芯去り」で構造材を採取することが可能になりますが（図 1）、製材工場では芯去り材を扱った経験がないため、「乾燥後に大きな材面割れが発生しないか?」、「強度は大丈夫か?」という点で不安視されてきました。

今回は、大径材から得られる梁桁用の芯去り平角材について、品質と強度に関する研究成果とその利用展開について紹介します。

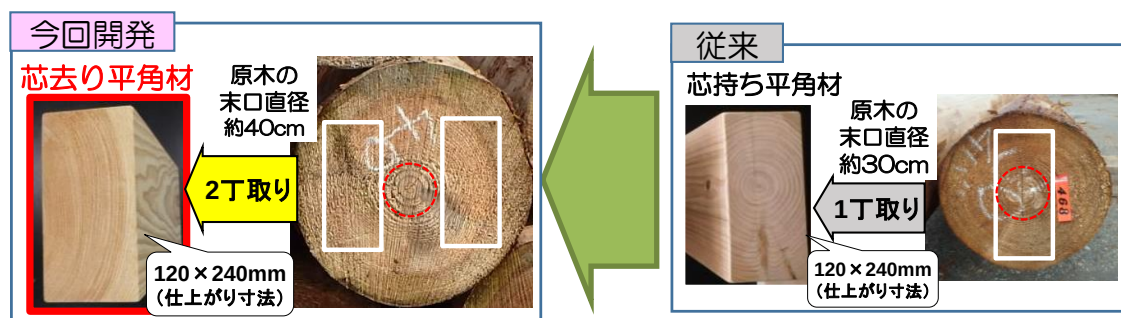


図1 芯去り平角材と従来の芯持ち平角材との違い

2 成果の概要

1) 芯去り平角材の仕上がり品質

- (1) 県産スギの主要品種である、「ボカスギ」（県西部から産出）と「タテヤマスギ」（県東部を中心に産出）について、原木丸太（末口径約 40cm、長さ 4m）から芯去り平角を製材したのち、天然乾燥させて表面をプレーナで仕上げました。一般に構造材は、建築後に寸法変化や狂いが生じないようにするため、含水率をあらかじめ 20% 以下にしておく必要がありますが、天然乾燥（数ヶ月から 1 年程度実施）によって（図 2）、概ねこの基準を満たすことができました。
- (2) 仕上がり後の材面割れは、4 材面のうち 1 材面（広い面の木表側）で見られ、その長さは材長 4m の全体に及ぶものがあっても、割れ幅は概ね 1mm 以内に抑えられていました（図 2、3）。また、節の出現は広い面の木表側で少なくなっており、その外観は良好でした（図 3）。



図2 乾燥後の含水率と材面割れの確認



図3 材面の仕上がり外観

2) 芯去り平角材の曲げ強度性能

- (1) 芯去り平角材の曲げ試験の結果を既往の芯持ち平角材データと対比させたとこ、芯去り材の曲げヤング係数は芯持ち材より高い傾向が認められました（図4）。
- (2) JASの機械等級区分材の基準値と比較すると、曲げヤング係数について、ボカスギではE50、E70材に、タテヤマスギではE70、E90に概ね相当しており、曲げ強さについても各等級の基準値を満足していました（図4）。芯去り平角材は規格外に判別されたものもみられないことから、構造用材に適していることが分かります。

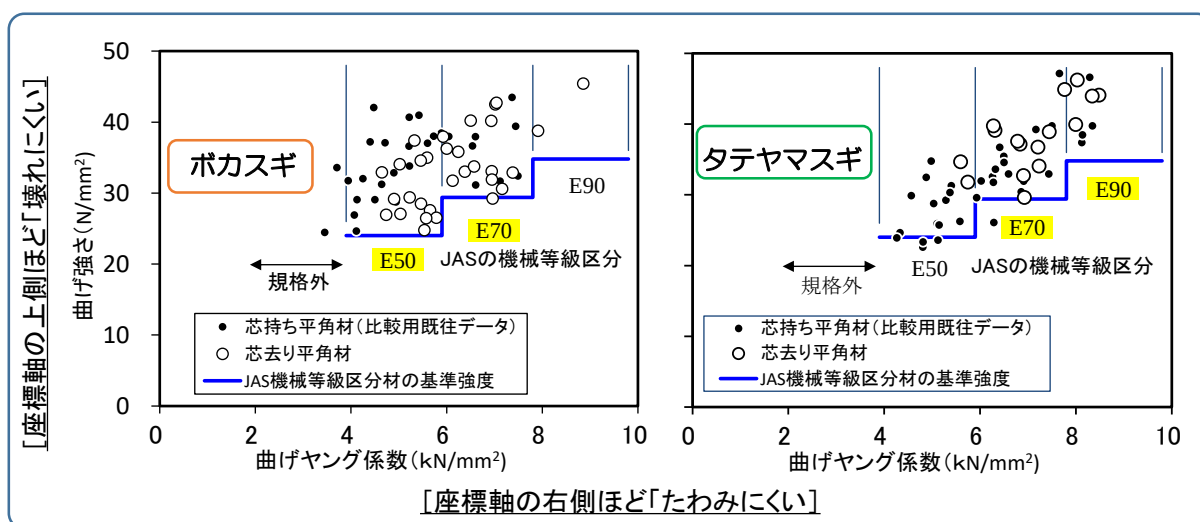


図4 芯去り平角材の曲げ強度性能

3 おわりに

芯去り平角材は、強度や品質の面で安心して構造利用できることから、住宅の梁桁材等での利用が始まりました（図5）。さらに、JASの規格材が必要となる中大規模建築物（広い空間を持つ建物）での部材としての利用も期待できます。

今後、非住宅建築物の木造化の推進がさらに求められるなか、大径材から断面のより大きい梁桁材を製造する技術や、長スパン梁への利用技術の開発を進めるとともに、地域の建築士などへの技術普及を通して県産材の利用促進につなげたいと考えています。

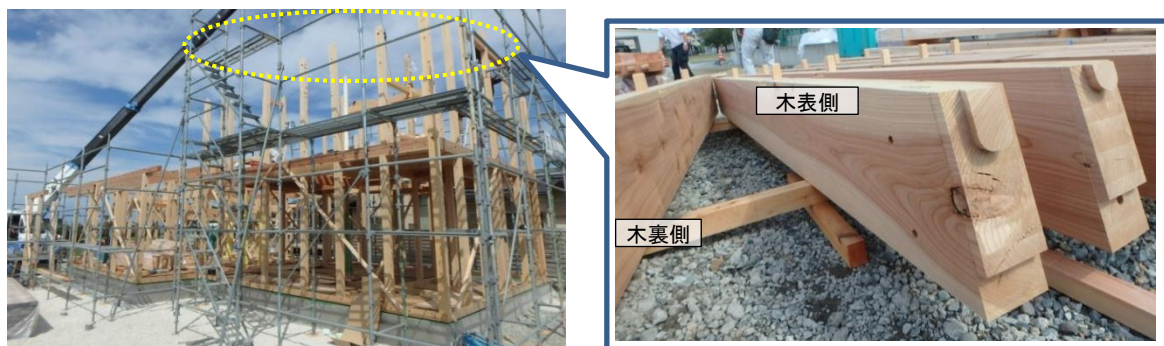


図5 芯去り平角材の利用例（建設中の住宅 登り梁を設置する前）

微粉碎化技術を応用した木質高機能膜の形成に関する研究

富山県 木材研究所 藤澤 泰士

1 研究の背景・目的

富山県木材研究所では、平成 19 年度より衝撃粉碎法を用いた高品質スギ木粉の製造技術に関する研究 (H19～H21 地域イノベーション事業等) を実施し、これまでに、(1) 木材の部位や含水率によって製造される木粉性状が異なること、(2) 特に、スギ未成熟部は繊維状に微粉碎されやすいこと、(3) 未成熟部木粉と PP・PE 等の熱可塑性樹脂を二軸混練すると、他の部位の木粉とより容易に微細繊維化すること (図 1) を明らかにしました。

この木粉を微粒子用粉碎機 (マスコロイダー) で湿式微粉碎したところ、一部がナノファイバー化して塗料化し、強固な木質膜を形成することができました。この木質膜は、木材由来の構造による断熱性と造膜性に優れており、暑熱対策用の塗料や高機能な塗膜を形成することが期待できます。そこで、本研究では、木質高機能膜の製造技術の基礎データを得ることを目的に、①木粉塗料の性状 (部位の影響、粘弾性) ②木質膜の性状 (表面堅さ、熱伝導率) について検討しました。

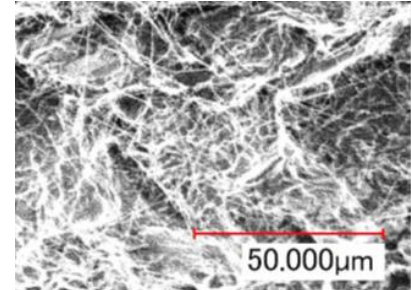
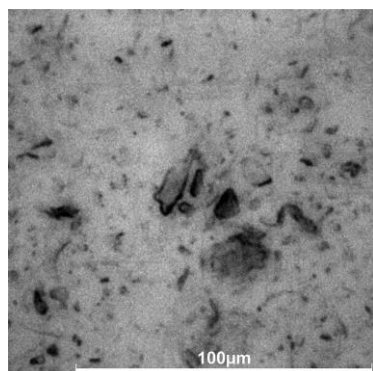


図1 WPC 混練により微細繊維化したスギ未成熟部木粉 (H21 地域イノベ報告書より)

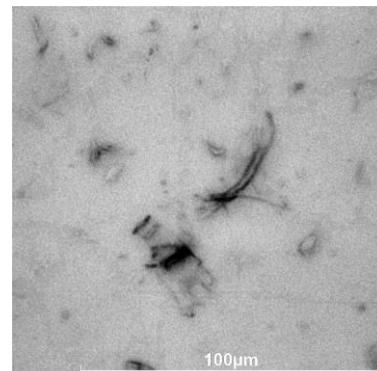
2 部位の影響

スギ大径材の根元部の辺材および心材から木粉を調製し、マスコロイダーにて湿式微粉碎処理を行い、その懸濁液を顕微鏡で観察しました。その結果、スギ辺材から調製した塗料 (a) は、粒径が約 30～50 μm の粒子に、一方、スギ心材から調製した塗料 (b) は、粒径が数 μm の粒子が非常に多いことが認められました (図 2)。

スギ根元材の心材部は、樹齢が若いときに形成した細胞組織が未成熟な未成熟材の割合が多く、強度性能も劣っています。一方、根元材の辺材部は、樹齢が高く、細胞組織が成熟し、強度性能も高い成熟材の割合が大きくなります。微細繊維化 (CNF 化) には、強度性能が低い根元部分の未成熟部が適していると考えられます。



(a) スギ辺材 (成熟部)



(b) スギ心材 (未成熟部)

図2 スギ大径材根元部から調製した木粉塗料の顕微鏡写真

次に、木粉塗料（スギ未成熟材）の粘弾性について、レオメータを用いて測定しました。図3に、木粉塗料の粘度 η の $d\gamma/dt$ 依存性を示します。木粉塗料の粘度 η は $d\gamma/dt$ 依存性は大きく、擬塑性流体としての特性が強く現れており、塗料として不可欠なチキソ性を有することが明らかになりました。

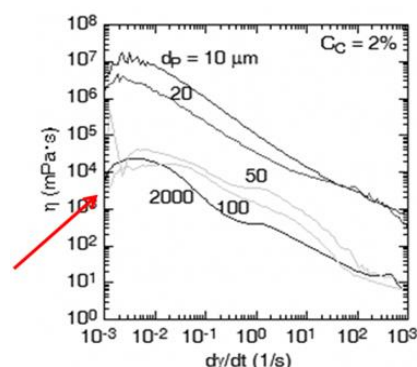


図3 塗料の粘度 η のせん断速度 $d\gamma/dt$ 依存性（スギ辺材）

3 木質膜の性状

① 表面堅さ(鉛筆硬度)

木粉塗料をアルミ板に塗装した後、加熱プレス処理を行い、プレス温度別の表面硬度（鉛筆硬度）を測定しました（表1）。鉛筆硬度はプレス温度が高くなるとともに向上し、特に、プレス温度160℃では6H～7Hと非常に高くなりました。市販のPC等を使用される硬質シートの鉛筆硬度が3～4H、また、自動車塗膜JIS（JIS D 0202）で塗膜硬度の評価が最大5Hと規定されていることを鑑みても、160℃でプレスした木質塗膜は、既存の塗膜と比較しても非常に硬質であると考えられます。硬質化には、塗膜を形成する過程で微細繊維化した組織が物理的に絡み合い、プレスにより水素結合などでさらに強固に結合したこと、また、加熱によるリグニン成分などの樹脂化等が複合的に影響していると推察されます。

表1 木質塗料の鉛筆硬度(アルミ板塗布)

原材料の種類	プレス温度				
	常温	40℃	80℃	120℃	160℃
スギ辺材	3B	HB	HB	6H	7H
スギ心材	3B	H	H	5H	7H

② 熱伝導性

木材は、熱伝導性が低く、断熱材としての応用が期待できます。そこで、スギ辺材と心材の木質膜の熱伝導率を定常法-熱流計法にて評価しました（表2）。木質膜の熱伝導率は、辺材が0.105 W/(m·K)、心材部分が0.082 W/(m·K)となり、市販の断熱塗料と比較して高い断熱性能を示しました。

表2 スギ辺材と心材を原料とした木質膜の熱伝導率

原材料の種類	熱伝導率 (W/(m·K))
スギ辺材	0.105
スギ心材	0.084
(参考) 市販の断熱塗料 (N社)	0.20
(参考) 市販の断熱塗料 (S社)	0.15

4 おわりに

木粉塗料の塗膜は、硬度、断熱性などで従来の塗料にはない性能があることが明らかとなりました。今後、環境負荷の少ない材料として、木粉塗料の用途展開、効率的な製造方法を検討していく予定です。

バイオマス熱ボイラ用のチップ含水率について

山梨県森林総合研究所 小澤 雅之

1 はじめに

2015年に採択された「パリ協定」から5年が経過し、世界各国で気候変動の緩和対策が行われているが、我が国でも2020年11月に脱炭素社会に向けて、国際社会を主導していく考えを示した。脱炭素社会の実現には温暖化効果ガスの排出削減が欠かせないが、特に化石燃料によるエネルギー使用削減が必要である。中でも熱源に関しては、従来の重油等から地域循環型資源である木質バイオマスへの転換が各地で行われるようになり、その筆頭としてチップボイラが挙げられる。しかし、燃料であるチップの供給に関しては、これまでパルプ材として利用が主であったため、燃料用に特化して製造しているところがなく、林地由来のチップ材は樹種や含水率が一定しておらず、品質が不明確である。そこで、地域において実際に重油ボイラからバイオマス熱ボイラへ転換した事業社に協力を仰ぎ、チップの含水率やその乾燥法について検討した。

2 実験方法

伐採後に発生した未利用材をチップ化して、ボイラ熱源にしている事業社の協力を仰ぎ、製造されたチップの粒度や含水率について実測した。また、チップに外部エネルギーを付与することなく天然乾燥させる方法を検討するために、実際の熱ボイラ用チップを用いて堆積魂モデルを構築し、夏場の晴天時にチップの天然乾燥について検討した。

3 結果および考察

移動式チップパ機で実際に破砕された未利用材由来のチップから、質量による粒度割合を図1に示す。チップパ機のスクリーン網目が50mmのため、6mm以下のものが質量比で約60%占める結果となった。次に、ボイラ投入直前のチップを採取し、全乾法による含水率を図2に示す。現地破砕したチップをそのままチップサイロへ送り込むため、含水率は一定しておらず、最大で77%、最小で42%を示した。一般的なパルプ用チップよりも形状が小さいため、ボイラ設置当初は適切な燃焼状態の発現を得るまで時間を要した。また、高い含水率を炉内に投入したため、燃焼挙動が不安定となり、炉内に負荷がかかったことが確認された。その後、対策や改善が行われ、適切な運転が継続されているが、チップボイラを設置するときには使用するチップの形状や含水率を十分に検討する必要がある。

チップを効率的かつ安定的に燃焼させるには、伐採直後の未利用材の含水率を安定化させることが必要である。そのためには乾燥が必要となるが、燃料として利用するものに対して外部エネルギーを投入して乾燥するのは合理的ではない。また、これまでの知見¹⁾から、チップを単純堆積させても堆積魂内部は乾燥しないことが判明している。そこでチップ堆積魂モデルを構築して、どの程度まで天然乾燥するかを検討した。図3のような堆積魂モデルの表面に15×30cmの標準地を設定し、そこから明らかに乾燥しているチップ(図4参照)を、明らかに湿潤したチップ(図5参照)が露呈するまで全て採取し、それを露呈させた状態で数日間放置した。採取した乾燥チップを標準地と同じ面積に再堆積させた時の厚さ、乾燥したチップおよび湿潤したチップの含水率を表

1 に示す。表面の含水率は 14.2%でその厚さは 12.5mm、その直下の含水率は 89.8%であったが、3 日後には湿潤したチップは乾燥し、その含水率は 14.1%、厚さは 31.1mm、その直下の含水率は 77.5%であった。これらのことからチップ堆積塊の表面付近では短期間で乾燥するが、その厚さは数 cm しかなく、それより下・内部では高い含水率状態を維持していることが推察された。

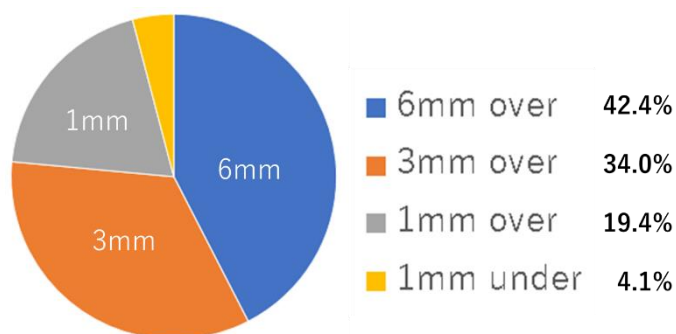


図 1 チッパ機で製造されたチップの粒度分布

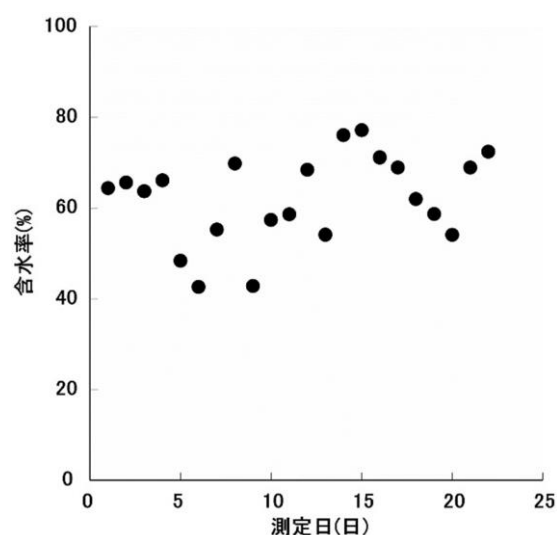


図 2 ボイラ投入直前のチップ含水率

表1 チップの含水率と採取したチップ厚

	初回	2回目	3回目
表面 ^{*1}	14.2	14.1	22.0
内部 ^{*1}	89.8	77.5	120.6
厚さ ^{*2}	12.5	31.1	20.3

*1:単位は%

*2:単位はmm



図 3 チップ堆積塊モデル



図 4 明らかに乾燥したチップ



図 5 明らかに湿潤したチップ

参考文献

- 1) 小澤 雅之(2020) 燃料用チップの天然乾燥. 山梨県森林総合研究所研究報告, 39:29-32

針葉樹材の薪利用について

山梨県森林総合研究所 小澤 雅之

1 はじめに

木材は太古から人類が暖を取るときの重要な熱源の一つであり、18世紀初頭の英国では製造業の熱源として利用されるなど、長期にわたり様々な場面で幅広く利用されてきたが、我が国では戦後のエネルギー革命や無煙化の潮流により化石燃料へと転換した。しかし、気候変動の緩和策として再生可能エネルギーの利用が飛躍的に増大し、木質資源もボイラやペレットストーブなどの高効率熱変換利用が進んでいる。一方、従来からある薪ストーブの需要も増加し、薪材を宅配する新しいサービスも登場した。そこで、林内に散在している針葉樹の小径木や間伐材などを薪材として利用するために、簡易な収集方法や針葉樹薪材の適切な乾燥方法について検討した。

2 実験方法

薪材の搬出について、林内に簡易の索を張り、小型のガソリンエンジンによる搬出機で運び出す方法とポータブルウィンチによる搬出(図1参照)について検討した。また、薪材の乾燥については、スギおよびヒノキを間伐した直後に薪割りし、それらを薪袋(図2参照)に入れて屋根のある場所とない場所とで1年および2年間天然乾燥させ、その期間中の質量変化を実測した。また、1年および2年間乾燥させた薪材について、薪ストーブ利用者の協力を頂き、実際の使用感についてアンケート調査した。



図1 ポータブルウィンチ



図2 乾燥用薪袋に入れた薪材

3 結果および考察

搬出作業について、小型搬出機およびポータブルウィンチの丸太1m³を10m搬出するのに必要な時間を作業回ごとに解析した結果を図3に示す。ポータブルウィンチよりも小型搬出機の方が短時間で作業ムラがないことが認められたが、この図には搬出作業中のトラブルによる中断時間などは除外した。調査を行った時点における小型搬出機では、索や機器由来による作業中断が頻発し、林内の索張りにも経験を要することが認められた。一方、ポータブルウィンチでは、搬出時間を要するが、小型搬出機のようなトラブルはほとんどなく、低速であるため初心者でも作業に困難を伴わず、時間を要した主なトラブルは地面の障害物等による支障であった。これらのことから、林内に散在した針葉樹材などの収集には、ポータブルウィンチの単機運用では搬出に時間がかかるため、現場に複数台投入することで作業性を改善できる可能性がある。

次に薪の乾燥について、例としてスギの乾燥期間中の質量変化を図4に示す。屋根の有無にか

かわらず、乾燥開始から約3ヶ月間で質量が急激に減少し、その後はほぼ質量減少が収まることが認められた。また、質量変化から計算した含水率を表1および表2に示す。伐採直後の含水率はヒノキよりもスギで高いが、乾燥開始120日程度で両者ともほぼ20%程度にまで低減することが認められた。さらに、これら薪材の品質を検討するため、実際に薪ストーブで使用してみたが、利用者からは、火持ちがして、暖かく、灰の排出量も少なく、また使いたいという回答を得た。

これらの結果から、針葉樹を薪材としてより利用していくために、経験者でなくても容易に扱える安価なポータブルウィンチを複数台用いて搬出作業における作業性の改善が必要であるが、伐採直後でも3ヶ月以上乾燥させることで含水率が低下し、薪ストーブでもしっかりと暖をとれることなどが認められた。

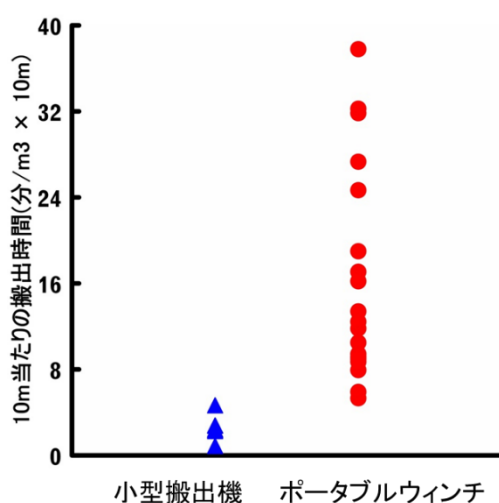


図3 丸太1m³を10m搬出に要した時間

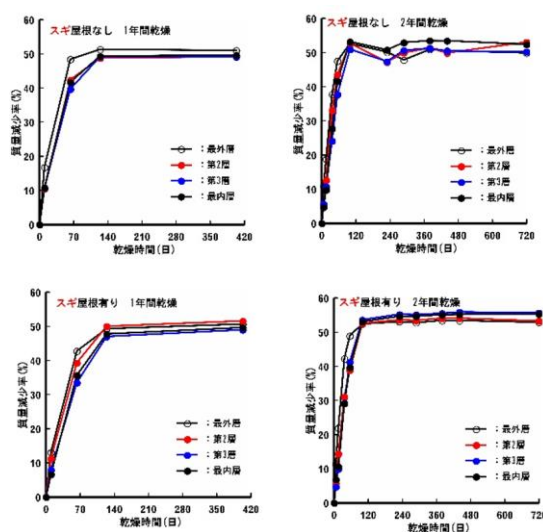


図4 ヒノキの乾燥期間中における質量変化

表1 スギ薪材における乾燥期間中の推定含水率

スギ	乾燥日数	0	36	63	99	124	379	403	440	719
1年間乾燥	最小	70.0		60.3		16.6		15.0	—	—
	最大	214.1		177.2		84.4		22.8	—	—
	平均値	133.9		110.5		41.3		18.2	—	—
2年間乾燥	最小	106.6	19.7		10.5		11.3		7.4	12.0
	最大	194.8	152.9		33.0		50.3		65.4	32.7
	平均値	149.2	73.1		17.7		17.0		17.9	17.5

表2 ヒノキ薪材における乾燥期間中の推定含水率

ヒノキ	乾燥日数	0	36	63	99	124	379	403	440	719
1年間乾燥	最小	33.4		24.4		16.2		14.0	—	—
	最大	170.8		115.8		41.7		42.0	—	—
	平均値	75.8		56.1		23.5		18.9	—	—
2年間乾燥	最小	80.1	19.3		11.3		11.5		11.7	12.2
	最大	161.7	116.9		33.4		44.1		41.4	52.2
	平均値	107.7	60.8		19.8		18.7		19.2	20.4

参考文献

- 1) 永田 正臣(1981) イギリス産業革命期の製鉄業と労働関係. 駒澤大学経済学論集, 92:191-19

ガラスハウスにおけるカラマツ太陽熱乾燥

長野県林業総合センター 木材部 奥原祐司・今井信・吉田孝久・山口健太

1 はじめに

県内人工林の過半を占めるカラマツ林は、成熟期を迎えつつある。そこで、カラマツ大径材の基礎的な材質（密度、反り、ねじれ等）及び強度特性（曲げ、圧縮等）を明らかにするため、県産の大径材カラマツの心去り平角（2丁取り）20本について乾燥試験を実施した。

2 調査方法

林齢 96 年生の林分から生産された県産カラマツの丸太（年輪末口径 378～500 mm、長さ 4m）11 本（写真-1）の内 10 本を図-1 のとおり製材（260×125×4000 mm）し、20 本の心去り平角材を供試材とした。丸太では、寸法、重量、年輪の測定その他、縦振動法（ハンディーグレーダ HG-2001）による動的ヤング係数（Efr）を測定し、製材後は、寸法、重量、反り、曲がり、高周波式含水率計、縦振動法による動的ヤング係数を測定した。

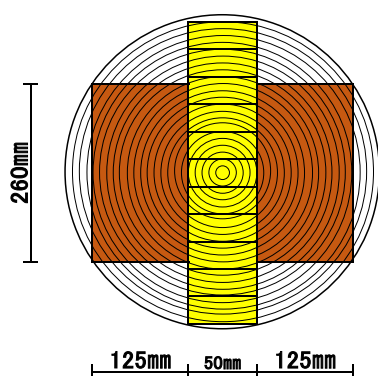


図-1 木取り図



写真-1 大径材カラマツ丸太 (11 本)

製材後は、蒸気式乾燥機で 90℃ 蒸煮を 12 時間実施し、その後、ガラスハウス（ファン等の送風装置及び夜間における補助加熱装置は無く天井窓が開閉可能、前面はビニールシートを巻き上げることで解放可能）において太陽熱乾燥を実施した（写真-2）。

乾燥状況を確認するため、供試材 20 本の内、3 本の重量を定期的に測定し、平衡に達した時点（約 1 年）で内 1 本（No.11-2）を端部から 1m の部分で含水率試験片と水分傾斜試験片（図-2 及び 3）を採取し含水率を測定した。残りの約 3m 供試材の切断面にはシリコンでコーティング後、引き続き重量を測定した。なお、ガラスハウスの温湿度を計測するため、3 個の温湿度計（写真-3）を上段、中段、下段に設置した（図-4）。



写真-2 ガラスハウスによる太陽熱乾燥

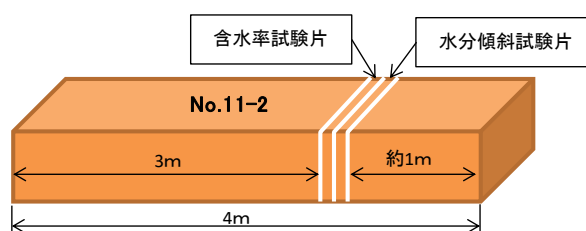


図-2 試験片採取位置

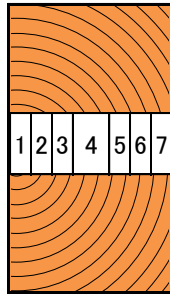


図-3 水分傾斜試験片

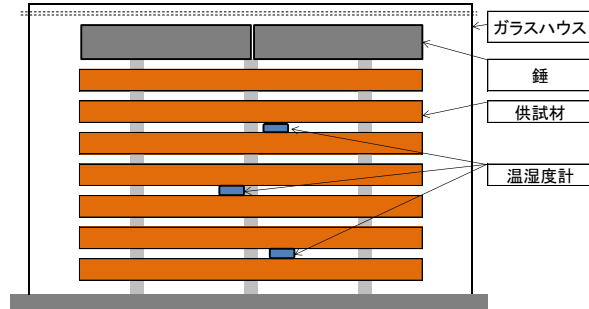


図-4 温湿度計設置箇所



写真-3 温湿度計

3 試験結果

製材後の平角の各種測定値を表-1 に、ガラスハウス内の月別平均温度を図-5 及び湿度を図-6 に、水分傾斜の全乾法による含水率を図-7 に示す。水分傾斜試験片の全乾法による含水率は、349 日経過後で表面 11~12%、内部 14%となっていた。また、含水率試験片の全乾法による含水率は、12.8%で、蒸煮前の推定含水率は 45%であり、約 6 ヶ月で 15%程度まで含水率が低下した(図-8)。

今後は、蒸煮直後は天然乾燥により初期の含水率を低下させてからガラスハウス内に移設し、送風装置があれば温湿度が均一化することで乾燥時間が短縮すると思われる。

表-1 製材後(20本)の供試材の各種測定値

	幅 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	重量 (g)	密度 (Kg/m ³)	縦振動 ヤング係数 (kN/mm ²)	反り (広い面) (mm)	曲がり (狭い面) (mm)	含水率計 含水率 (%)
平均値	260.00	124.70	4145	85594	637	11.88	3.5	0.4	43.2
最大値	262.02	127.99	4194	93553	718	14.40	8	3	56.0
最小値	258.08	122.92	4090	79396	597	9.06	0	0	29.0
標準偏差	0.93	1.30	24.23	3851.65	33.15	1.54	2.01	0.80	6.44
変動係数(%)	0.36	1.04	0.58	4.50	5.20	12.98	57.50	200.00	14.93

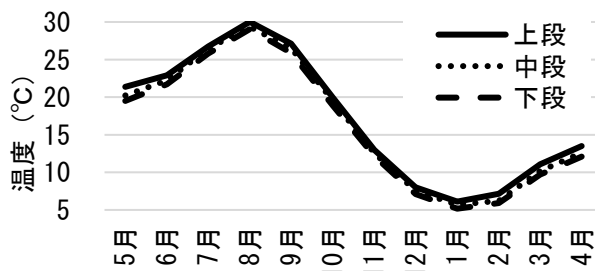


図-5 ガラスハウスの月別平均温度

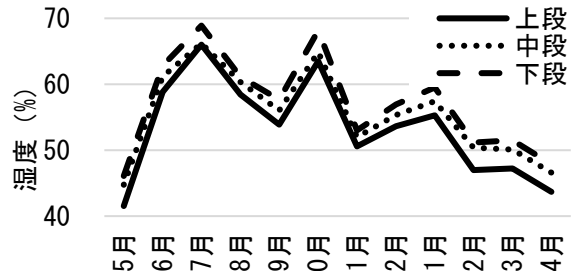


図-6 ガラスハウスの月別平均湿度

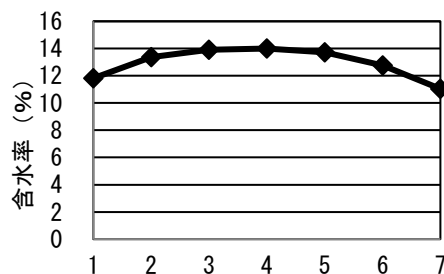


図-7 水分傾斜

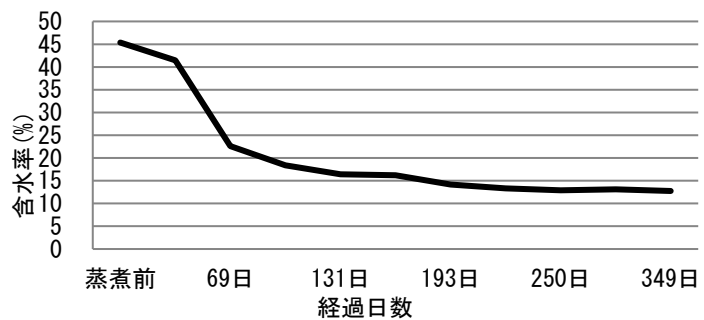


図-8 含水率経過

参考文献

吉田孝久・伊東嘉文(2010)高温セット処理を行った柱・桁の太陽熱乾燥ー農業用ビニールハウスの利用ー, 長野県林業総合センター 研究報告第 24 号, pp.171-195

カラマツ心持ち平角材乾燥後の含水率

長野県林業総合センター 木材部 山口健太・今井信・吉田孝久・奥原祐司

1 はじめに

県内の森林資源は成熟期を迎えており、針葉樹人工林大径材は断面の大きな構造材として利用できる径級となってきた。しかし、梁・桁等の断面が大きい平角材は、乾燥が難しく、効率的な乾燥方法を検討するための基礎的なデータが不足している。

本試験はカラマツ心持ち平角材を対象に、短時間乾燥が期待できる蒸気・圧力併用型乾燥のうち、圧力制御による高温セット処理（以下、圧力高温セット）を行った平角材と、蒸気式乾燥による高温セット処理（以下、蒸気高温セット）を行った平角材について、材内の含水率を計測して乾燥状況を把握し、基礎的なデータを収集するとともに、両者の比較を行うことを目的とした。

2 調査方法

東信地域で生産された末口直径平均 36.1 cm（最小 33.5、最大 39.5）、末口年輪平均 65（最小 58、最大 75）、長さ 4m のカラマツ大径材 20 本から、製材寸法 145×260×4000 mm の心持ち平角材を一丁取りで 20 体製材し、寸法等の諸形質を測定したあと、各 10 体に分け人工乾燥を行った。乾燥は、表-1 のとおり、一方を蒸気高温セット、残りの一方は圧力高温セットを実施した後、仕上げ乾燥として、両者合わせた 20 体を蒸気式乾燥機で約 20 日間 80℃ の中温乾燥を実施した（写真-1）。その後、仕上がり寸法 105×240×4000 mm への修正挽き加工を行い、各条件 3 体合計 6 体を、図-1 に示す箇所から全乾法による含水率と、抽出で水分傾斜を測定した。

表-1 乾燥スケジュール

乾燥方法	蒸気高温セット（10 体）	圧力高温セット（10 体）
Step1：前処理	乾球/湿球/温度差/時間 -/-/-/-	乾球/湿球/温度差/圧力/時間 -/-/-/-85~100kpa/-
Step2：蒸煮	90℃/90℃/0℃/8h	-/-/-/100kpa/8h
Step3：高温セット	110℃/80℃/30℃/18h	110℃/-/-/-53kpa/18h
Step4：中温乾燥	乾球/湿球/温度差/時間 80℃/70~50℃/10~30℃/478 h（約 20 日間）	



写真-1 乾燥状況

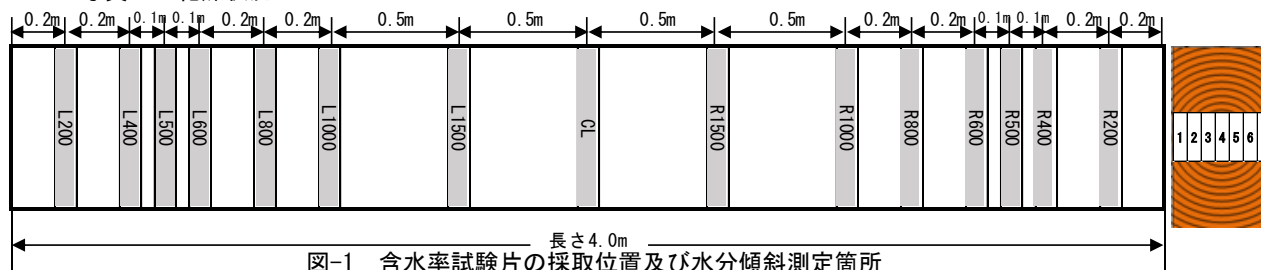


図-1 含水率試験片の採取位置及び水分傾斜測定箇所

3 試験結果

測定箇所毎の全乾法による含水率及び水分傾斜を図-2 に示し平均値を図-3 に示す。蒸気高温セットでは、平均含水率が 10.9%~20.9%、圧力高温セットでは、9.8%~19.8%となり、ほぼ同程度に仕上がり、両者とも目標とする含水率 20%を下回った。長さ方向の含水率についてもほぼ同じ傾向であるものの、木口部分と中心部分の差が約 10%あり、木口から中心部に向かって 1.0m の付近になるまで、含水率が増加していた。更に、両者とも木口部分の水分傾斜（0.5~1.5%）よりも中心部での水分傾斜（5.3~8.0%）が大きい結果となった。

それぞれの材の中心部（木口から 2m 部分）の水分傾斜について図-4 及び図-5 に示す。圧力高温セットでは材表層と材中心部とに平均値で 5.3%の水分傾斜が認められ、蒸気高温セットでは平均値で 8.0%の水分傾斜が認められた。

既往の試験結果¹⁾によると、乾燥後約 6 カ月の養生を行った心取り梁桁材では、長さ方向の含水率は概ね一定であり、材の中心部の水分傾斜も概ね緩やかな結果であった。カラマツ心持ち平角材においても同様の効果を確認するため、養生期間の検討を行うと共に、圧力高温セットによる乾燥時間短縮の可能性等について試験を実施していきたい。

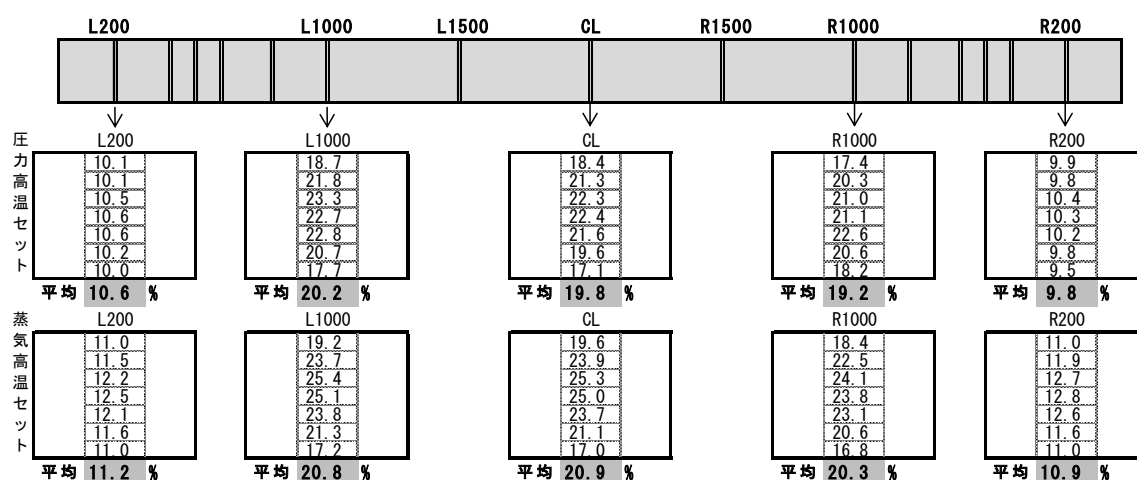


図-2 測定箇所別の含水率及び水分傾斜平均値

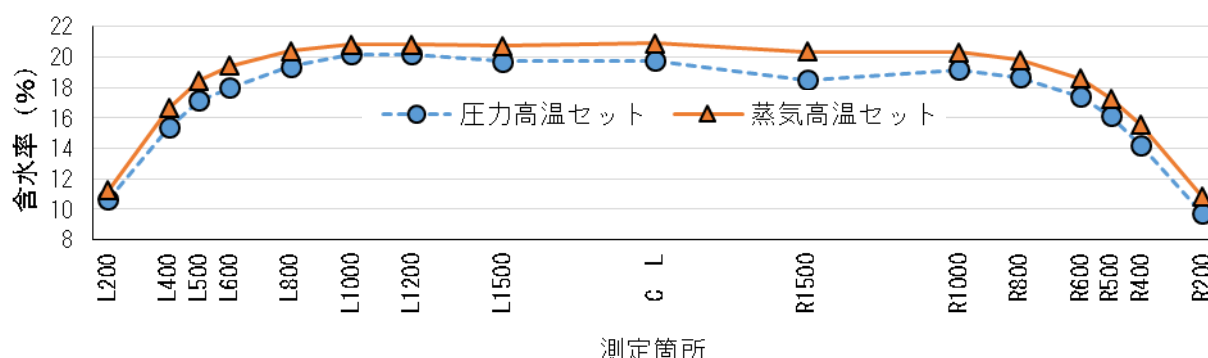


図-3 長さ方向の含水率（全乾法）

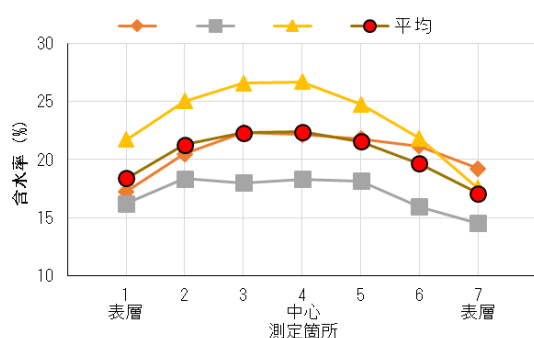


図-4 中心部の水分傾斜（圧力高温セット）

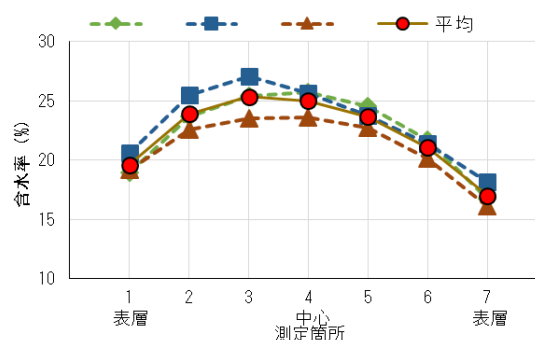


図-5 中心部の水分傾斜（蒸気高温セット）

参考文献

1) 山口健太・吉田孝久・今井信・奥原祐司(2019)人工乾燥と養生を行った心取り梁桁材の含水率, 長野県林業総合センター平成 30 年度業務報告, p.134-135

人工乾燥処理により反りを矯正した心去り平角の強度性能評価

岐阜県森林研究所 田中 健斗

1 はじめに

国産大径材の割合が増加し、心持ち正角 1 丁取り以外の木取りとして、心去り正角 4 丁取りや心去り平角 2 丁取り等の複数木取りが可能となっている。心去り材は製材時に成長応力が解放され放射方向に大きな反りが発生することが知られており、当所では死荷重負荷を併用した人工乾燥処理により心去り材の反りの矯正が可能であることを明らかにした。ここでは、心去り平角が上記の人工乾燥処理により強度低下していないかを検証するため、蒸煮＋乾燥処理で反りを矯正した心去り平角に対して、曲げ強度試験を実施した。

2 試験方法

岐阜県産及び九州産のスギ大径材から製材された心去り平角および岐阜県産心持ち平角（寸法 105 mm×180 mm×4000 mm）を各 30 本、計 90 本使用した。人工乾燥処理は全ての材を 1 つの乾燥機に入れ、表-1 に示すスケジュールで実施した。栈積みの際、蒸煮・乾燥工程で反りを矯正する目的で、図-1 のように反りの方向が上下方向に交互になるよう栈積みし、底面 1 m²あたり 630kg が負荷する箱状の重しを積載して乾燥を行った。

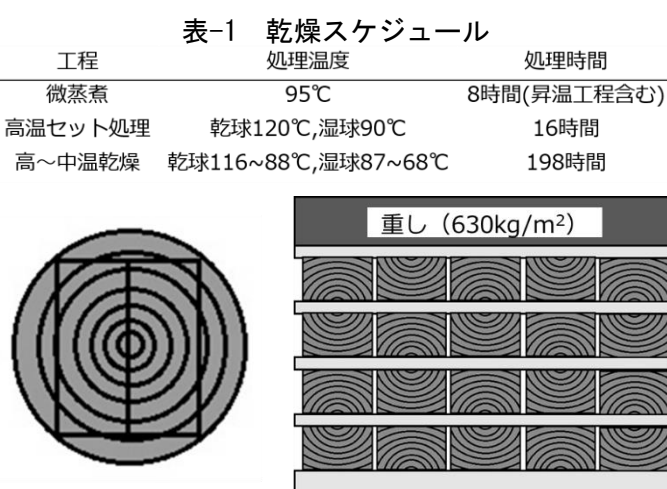


図-1 心去り平角の製材木取りおよび栈積みイメージ

モルダーによって寸法調整を行ったのち、FFT アナライザ（小野測器製、CF-4700）を用いて縦振動法により動的ヤング係数（Efr）を測定し、機械等級区分を決定した。曲げ試験については、財団法人日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験マニュアル」（以下「強度試験マニュアル」という。）に従い、スパン 3,240 mm、荷重点間距離 1,080 mm の 3 等分点 4 点荷重とし、試験体が破壊するまで荷重を加えた。試験機は実大強度試験機（前川試験機製作所製、IP-100B-B2）を使用し、荷重速度は 30 mm/min で載荷した。試験結果から曲げヤング係数（MOE）、曲げ強さ（MOR）を算出した。得られた数値を基に、強度試験マニュアルの含水率調整の提案式及び寸法効果調整係数の調整式を用いて、梁せい 150 mm、含水率 15% の場合の MOE、MOR を算出した。

3 結果と考察

表-2 に、試験体の各種測定値の平均値および標準偏差を示す。心

持ち平角の MOE、MOR はそれぞれ 10.4 kN/mm²、50.8 N/mm²であったのに対し、心去り平角の MOE、

表-2 試験体の各種データ（カッコ内は標準偏差）

試験体種類	試験体数 (本)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	Efr (kN/mm ²)	MOE (kN/mm ²)	MOR (N/mm ²)
心持ち平角	30	440 (47)	20.8 (9.5)	9.17 (1.41)	10.4 (1.3)	50.8 (7.4)
心去り平角 (岐阜)	30	375 (27)	14.4 (5.5)	8.63 (1.51)	8.76 (1.42)	39.8 (8.6)
心去り平角 (九州)	30	407 (34)	23.1 (10.6)	7.14 (1.76)	7.43 (1.13)	39.3 (5.7)

MOR は岐阜県産が 8.76 kN/mm²、39.8 N/mm²、九州産が 7.43 kN/mm²、39.3 N/mm²であり、心去り材は心持ち材よりも MOE、MOR とともに低い値を示した。これは、試験体の平均密度が心持ち平角の 440 kg/m³に対し、心去り平角がそれぞれ 375 kg/m³、407 kg/m³と低いことが影響していると考えられた。

図-2 に、Efr と MOE の関係を示す。どの種類についても、Efr と MOE の間には高い相関関係がみられた。

図-3 に、MOE と MOR の関係を示す。心持ち平角については、機械等級区分による基準強度をすべて上回っていた。岐阜県産心去り平角については、製材 JAS の機械等級区分による基準強度を下回るものが一部見られたが、それらの材は全て製材 JAS の甲種構造用 II の目視等級区分で、節により 2 級以下と判定されたものであった。図中に○を付した岐阜県産心去り平角 2 本については、せん断により破壊した。しかし、すべての試験体において、平成 27 年 8 月 4 日国土交通省告示第 910 号で定められた無等級材の基準曲げ強度 22.2 kN/mm²を上回っており、使用上問題のないことが確認された。

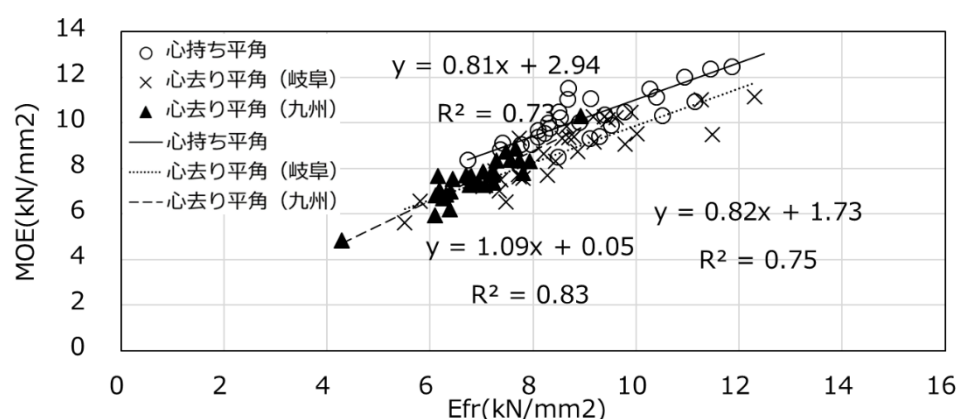


図-2 Efr と MOE の関係

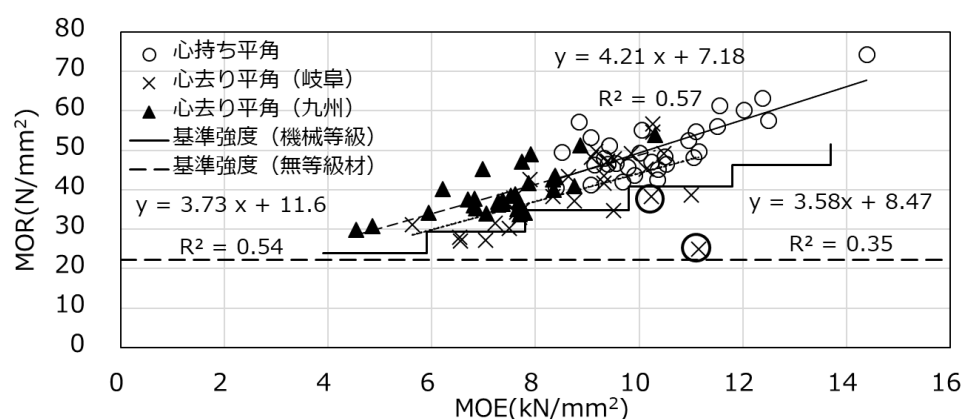


図-3 MOE と MOR の関係

本研究は、林野庁令和元年度木材産業、木造建築活性化対策補助金（低層建築物を中心とした無垢構造材等利用拡大事業のうち横架材・2×4 部材などの製品・技術開発—代表中国木材株式会社社長堀川智子）により実施した。

人工乾燥・蒸煮処理によるスギ心去り材の曲がりの矯正と低減

岐阜県森林研究所 土肥基生

1 はじめに

スギ人工林の長伐期化に伴って木材市場に流通するスギ丸太も大径化が進んでおり、今後は1本の丸太から複数の製材品を取る木取りが増加すると考えられる。しかし、丸太の中心の髓を外して製材した心去り材では曲がりが発生するため、製材歩留りが大きく低下することが問題となる。そこで本研究では、曲がりを人工乾燥の工程で矯正する方法や製材前の蒸煮処理により曲がりを低減させる方法について、製材会社と共同で検討した。

2 試験方法

(1) 2丁取り、3丁取り製材

2丁取り製材は、岐阜県産スギ 15 本（径級 22 cm～24 cm、長さ 4m）をツインバンドソーにより 101 mm×204 mmの心持ち平角状に製材した後、髓付近をセンターカットし 101mm×101mm の正角材を得た（図 1）。3丁取り製材は、同スギ 15 本（径級 36cm～40cm、長さ 4m）をツインバンドソーにより 101 mm×309 mmの心持ち平角状に製材した後、ツインバンドソーで 101mm×101mm の正角材に小割りし、髓を含まない両側の心去り材を試験材とした。人工乾燥は、高温セット処理を含む中温乾燥（初期蒸煮：95℃－8 時間、乾球温度：120℃～80℃、湿球温度：85℃～60℃）とし、製材後と乾燥後の矢高を比較した。なお、乾燥時の栈木厚は 27mm、栈木間隔は約 50 cmとし、栈積み 1m²当たりの重しの荷重は 630kg とした。

(2) 4丁取り製材

岐阜県産スギ原木 20 本（径級 30 cm～32 cm、長さ 4m）を、ツインバンドソーで正角材（206mm×206mm）に製材した後、半数の 10 本を蒸気式木材乾燥機で蒸煮処理(85℃-72 時間)を行った。蒸煮終了後に全ての材をシングルバンドソーで 102 mm正角に小割り製材し、蒸煮の有無による反り・曲がりの程度を比較した。その後すべての小割り正角材について(1)と同様の条件で高温セット処理を含む人工乾燥を行い、反り・曲がりの測定を再度行った。

3 結果と考察

(1) 2丁取り、3丁取り製材

乾燥前後での反り矢高の変化を図 2 に示す。2丁取りでは平均 20 mmの矢高が 5.5 mmに、3丁取りでは平均 12 mmの矢高が 4 mmとなり、それぞれ 1/4～1/3 に低減される結果となった。乾燥後の矢高にバラつきはあるものの製材 JAS 規格（甲種 2 級）の基準値 0.5%をすべての材がクリアする結果であった。乾燥工程で矢高が減少した要因としては、乾燥初期段階で製材中の残存成長応力が低減されたことや、荷重の効果により乾燥終了段階にかけて直材状に固定されることが考えられた。

(2) 4丁取り製材

小割り製材後の矢高を図 3 に示す。蒸煮処理なし材の矢高は、曲がり反りともに 12 mm程度であるのに対し、蒸煮処理材では 8 mm程度となり、矢高は約 2/3 に低減された。これらの乾燥後の結果を図 4 に示す。蒸煮処理なし材では曲がり矢高にほぼ変化はないが、反り矢高は 12 mmから 5 mm

へ低減された。蒸煮処理材についても、曲がり矢高に変化はないが、反り矢高は8 mmから4 mmへ低減された。蒸煮処理による小割り製材後の矢高の減少は成長応力の低減によるものと考えられる。しかし、荷重による矯正効果が期待できない横方向の曲がり矢高が乾燥後にも比較的大きく残っており、実用上は更なる低減方法の検討が必要と思われた。

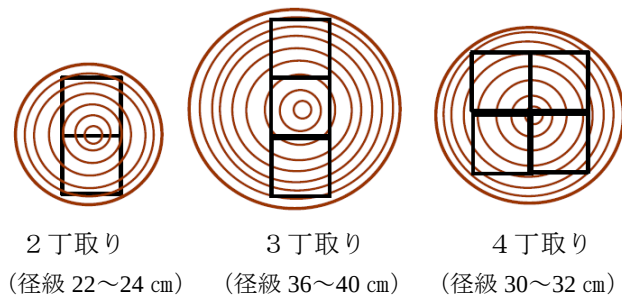


図1 心去り材の製材木取り
(製材寸法はいずれも 101×101mm)



写真1 左：製材直後に発生した矢高（2丁取り）
右：処理後に矢高が矯正された製材

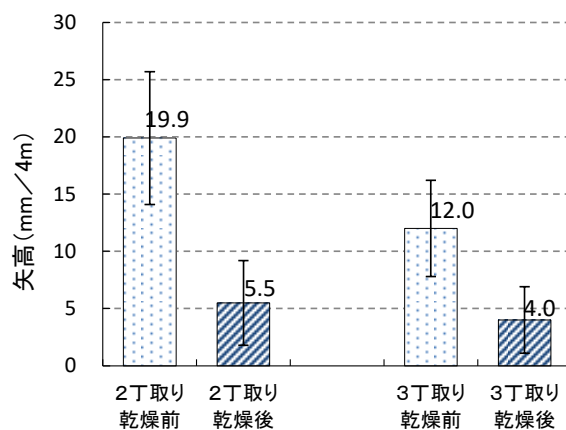


図2 乾燥前後の反り矢高の変化



写真2 4丁に小割り製材する前の蒸煮処理

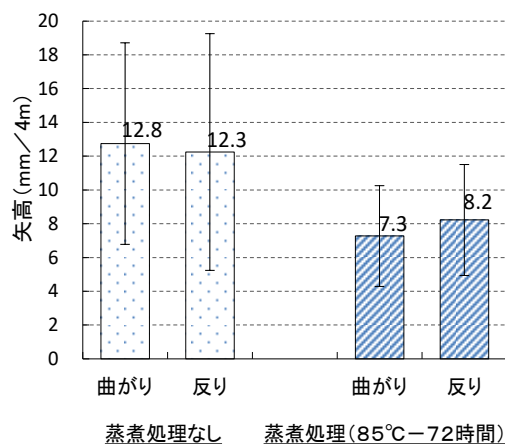


図3 4丁取り 製材(小割り) 後の矢高※

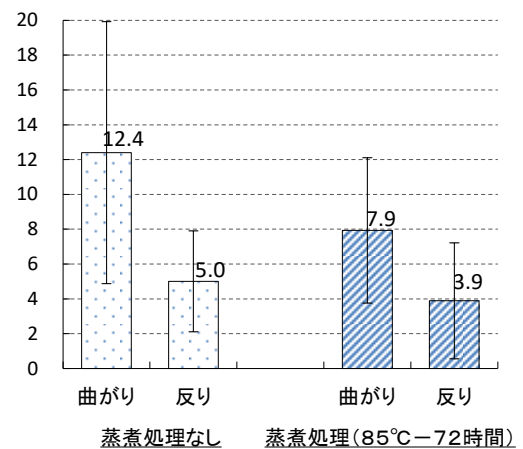


図4 4丁取り 乾燥後の矢高※

※ 4丁木取りで発生する矢高は、便宜上製材する時点の向きを基準とし、上下方向に発生する矢高を「反り」、左右方向に発生する矢高を「曲がり」とした。

地域産タケ材の品質評価と供給・流通ルートの開発

愛知県森林・林業技術センター 藏屋 健治、豊嶋 勲※、小林 寛生※

※ 現 新城設楽農林水産事務所

1 はじめに

近年、多くの地域で手入れが行き届かずに放置されている竹林が増えています。この研究では、それらの竹林を適正に管理していくため、効果的な伐採方法を検討しました。また、タケ材の利用による竹林管理を推進するため、タケ材の性質・性能を明らかにする手法を開発するとともに、供給コストについても調査を行いました。



写真-1 伐採1年後の竹林回復状況
(西尾市)

2 効果的な伐採方法の検討

竹林再生の効果的な抑制方法を検証するため、立竹を伐り倒す高さについての検討を行いました。立竹を地際から伐る従来通りの伐採方法と、腰の高さ（高さ約1.0m）で伐る腰高伐採の試験区を設定し、その後の竹林の回復状況を調査しました。

その結果、腰高伐採区では地際伐採区と比べ、伐採後3年目までは再生する竹の材積が抑制されることがわかりました（図-1）。

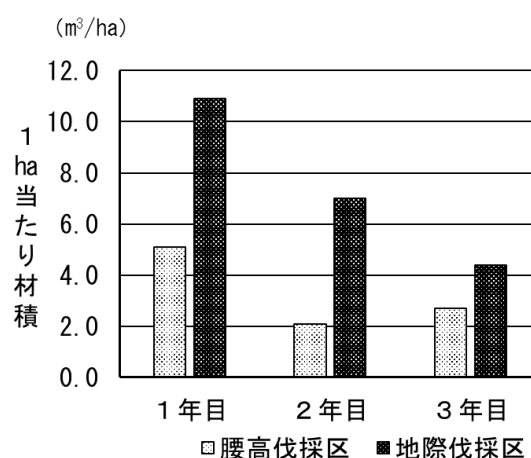


図-1 再生竹の材積の推移（西尾市）

3 地域産タケ材の品質評価

材料の性質を表すものにヤング率があります。ヤング率とは物質に働く応力とひずみとの関係を表すもので材料の強さの尺度となり、ヤング率の値が高いほどその材料が硬いと言えます。

今回、県内3か所の竹林で3年生以上と判断した立竹を無作為に伐採し、元口から1.8mごとに玉切り1番玉から3番玉までの試験材を作製しました。その後、それぞれの重量、元口・末口の直径及び肉厚、縦振動法による固有振動数及びFAKOPPを用いた応力波伝播速

度の計測を行いました。

調査の結果、立竹の高い部位ほどヤング率が大きいという結果となりました。また、立竹の応力波伝播速度がヤング率と相関があることを明らかにしました（図－２）。これらから、立竹から効率よくヤング率の高いタケ材を推測し利用することが可能となりました。

4 供給コストについて

路網条件の異なる２か所の立竹を皆伐し、竹林から運び出し、輸送するまでのコストを試算しました。それぞれの試験地の作業仕組みと路網条件については表－１のとおりです。

その結果、道路際の竹林では24円/kg、道路から約300m離れた竹林では55円/kgとなりました。タケ材を加工して内装材などに用いる場合の調達価格の上限が25円/kg程度

表－１ 作業仕組みと路網条件

試験地	伐採・玉切	集材・集箱	搬出	積込	路網条件
西尾フィールド	チェーンソー	グラップル	—	人力	作業道隣接
豊橋フィールド	チェーンソー	人力	小型運搬車	人力	道路まで300m

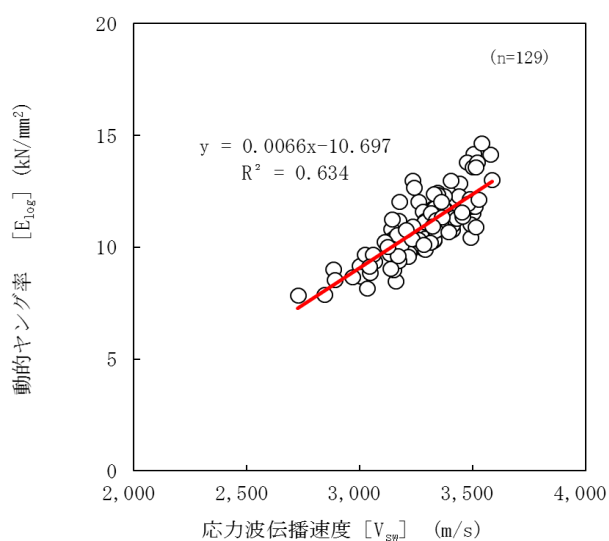
度とされていますので、道路際の竹林であれば何とか利用でき、逆に道路から離れた竹林では、利用が難しそうであるという結果となりました。

引用文献

サポインプロジェクト委員会（2016-2017）高知県・福岡県タケ利用事例調査レポート（未公表）

Chan M. J. , J. C. Walker , C. A. Raymond (2011) Effects of moisture content and temperature on acoustic velocity and dynamic MOE of radiata pine sapwood boards. Wood Sci. Technol. 45:609-626

Suga H , Inoue A , Kitahara F (2011) Derivation of two-way volume equation for bamboo, phyllostachys pubescens. J For Res. 16:261-267



図－２ 応力波伝播速度とヤング率の関係

木製土留工における残存曲げ強度の推定手法の検討 ー木製構造物の耐久性調査ー

愛知県森林・林業技術センター 上田 耕大、釜田 淳志※

※ 現 新城設楽農林水産事務所

1 はじめに

木材利用促進の一環として、全国的に様々な木製構造物が設置されています。愛知県においても、1997年度から治山事業において大型木製構造物（土留工、床固工など）が設置されています。これら木製構造物の維持管理を適切に実施していくために、構造物の残存強度を確認する手法の開発が求められています。そこで本研究では、各種劣化測定調査と曲げ試験を実施し、設置後9～19年経過した構造物の残存



写真－1 ウッドブロック設置状況

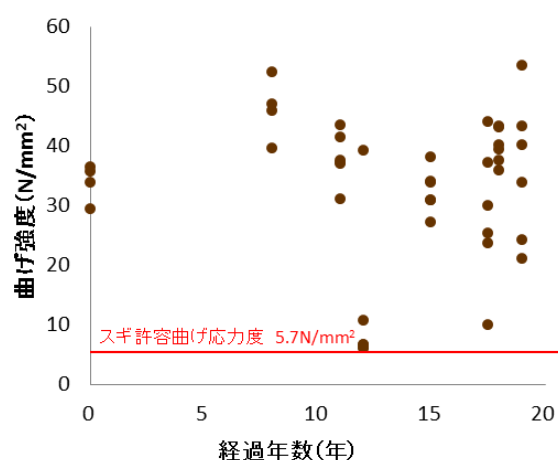
曲げ強度の確認と、レジストグラフ、ピロディン及びマイナスドライバー法の3種による残存強度推定手法の検討を行いました。なお、調査対象は県内設置箇所数が多い木製土留工のウッドブロック（写真－1）としました。

2 設置経過年数と残存曲げ強度の関係

現地から採取した横木部材を中央集中載荷法により曲げ強度の測定を行いました。

その結果、部材の曲げ強度は6.1～53.5 N/mm²となりました（図－1）。

これは建築基準法施行令第89条に基づくスギ無等級材の許容曲げ応力度（長期、湿潤）の5.7 N/mm²よりも高い値でした。設置後19年経過した構造物においても部材としての機能は維持されており、防腐処理が部材の劣化の抑制に効果的に働いていることがわかりました。

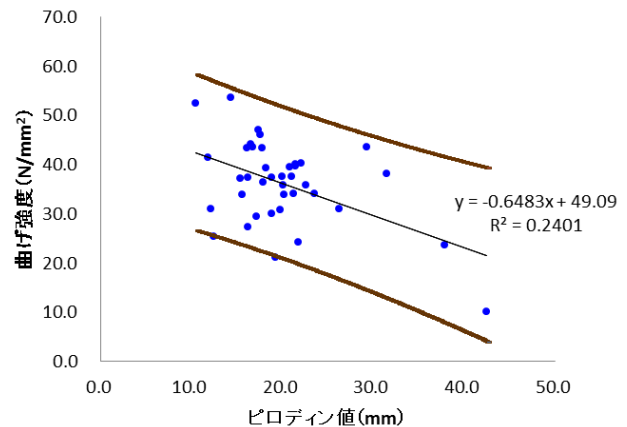


図－1 ウッドブロックにおける経過年数と残存曲げ強度の関係

3 各種劣化測定手法による曲げ強度の推定

レジストグラフによる劣化厚から算出した健全厚と残存曲げ強度に、有意な正の相関があることがわかりました。レジストグラフにより健全厚を算出することで、曲げ強度の推定ができると考えられます。

ピロディン及びびびマイナスドライバー法では、いずれも測定値と曲げ強度に有意な負の相関があることがわかりました。また、これらのデータセットから95%の上限・下限予測値をウッドブロックにおいて算出しました。これらの関係性より、現地での劣化調査から残存曲げ強度の推定が一定の精度で可能となりました（図－2）。この結果を用いて、「木製土留工維持管理の手引き」を作成しました。



図－2 ピロディン値と曲げ強度の関係

引用文献

明石浩和・森拓郎・田淵敦士・三好岩生・宅間健人（2015）既設木製治山ダムの部材の曲げ強さ．材料 64-5：387-392

石川芳治・内藤洋司・落合博貴・上原勇（2003）各種試験に基づく木製施設の耐久性，腐朽度および曲げ強度評価法．砂防学会誌 56-4：21-31

木製治山構造物技術指針検討会（2016）木製治山構造物技術指針（案）（耐久性を期待する木製治山構造物の設計・施工・維持管理）．

尾崎健一郎・鴨下直史・山本高也・大林育志（2010）山腹等における木製構造物の耐久性モニタリング調査．愛知林セ報 47：36-46

林野庁（2004）森林土木木製構造物設計等指針及び森林土木木製構造物設計等指針の解説等

田淵敦士・村田良浩・高奥信也・明石浩和（2011）木製治山ダム部材における曲げ強度の経年変化．材料 60-4：277-281

津島俊治・栗崎宏・長谷川益夫（2005）大分県における土木用木製構造物の劣化原因と耐用年数．木材保存 31-5：199-206

ウッドブロック普及協議会（2005）ウッドブロック施工手引書．

和多田友宏・臼田寿生・土肥基生（2015）木製治山ダムの劣化に及ぼす諸要因の検討．岐阜県森林研研報 44：11-16

スギ大径丸太の心材含水率を非接触で評価する技術の開発 -丸太の心材含水率を知り性能の確かな製品製造に活かす-

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター

池田潔彦・長瀬亘

1 目的

林齢増に伴い大径化した丸太の心材率は高くなりますが、スギの心材含水率が個体間に大きなばらつきがあり、梁・桁等の平角製材品に加工する場合、人工乾燥後に目標含水率に達しないものがあるなど、効率良く乾燥性能の確かな製品製造する際に支障があります。そこで、丸太段階で心材含水率を効率良く評価し区分する手法が必要です。そこで、低周波域電磁波とガンマ線を利用した計測装置を試作し、(図1) スギ大径丸太の心材含水率を推定する共に、丸太から製材・乾燥した平角製材品の乾燥性能の関係を調べました。本研究は、農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業先導プロ(うち先導プロジェクト)」の支援を受けて実施しました。

2 スギ大径丸太心材含水率を非接触・非破壊で知る

スギ大径丸太を試験体とし、低周波電磁波(周波数 52MHz)の位相(電気信号の遅れ)や減衰(電気信号の減少)及びガンマ線が透過数と丸太の心材含水率との関係を調べました。その結果、低周波電磁波では、位相は丸太全体の含水率に、減衰は丸太外周部付近の含水率と、位相から減衰を減じた値が丸太の心材含水率と相関関係のあることが分かりました(図2)。また、ガンマ線センサでは丸太横断面のガンマ線透過数が丸太心材含水率に準じた値を示すこと、一秒間の検出数から含水率が推定できることが分かりました。更に、スギ大径丸太心材内部の含水率分布や、外層・内層の含水率を調整した円筒型モデル試験体の横断面について、ガンマ線センサを用い評価した結果、ガンマ線検出量の変動から含水率の内部分布を推定できることも分かりました。

3 丸太心材含水率から平角の乾燥性能を予測し製造に活かす

末口径 36cm 未満と 36cm 以上のスギ大径丸太について、低周波電磁波及びガンマ線センサの計測値と丸太から製材・人工乾燥後の平角製材の心材含水率(マイクロ波式水分計で計測)との関係を調べた結果、有意な相関関係が認められました(図3)。また、電磁波やガンマ線の測定値から心材含水率が 100%以下と推定された丸太から製材・乾燥した平角製材は、含水率が 20%以下となる比率が高い結果となり、丸太の含水率で乾燥性能を予測し区分する効果を検証することができました。今後は、丸太内部の含水率分布評価に基づく推定精度向上を図ると共に、選別する際の区分閾値の選定等を進めると共に、実用化に向けて工場等への装置のモニター導入を図りレイアウトの設定等を進めていきます。

参考文献

池田潔彦(2015) 超短波域電磁波による原木など高含水率域の水分量非破壊評価手法, 木材工業, 70(12), 607-610.

池田潔彦・杉山晃宏(他)(2019) ガンマ線によるスギ大径の丸太含水率分布推定, 国際非破壊木材シンポジウム論文集, 21, 672-679.

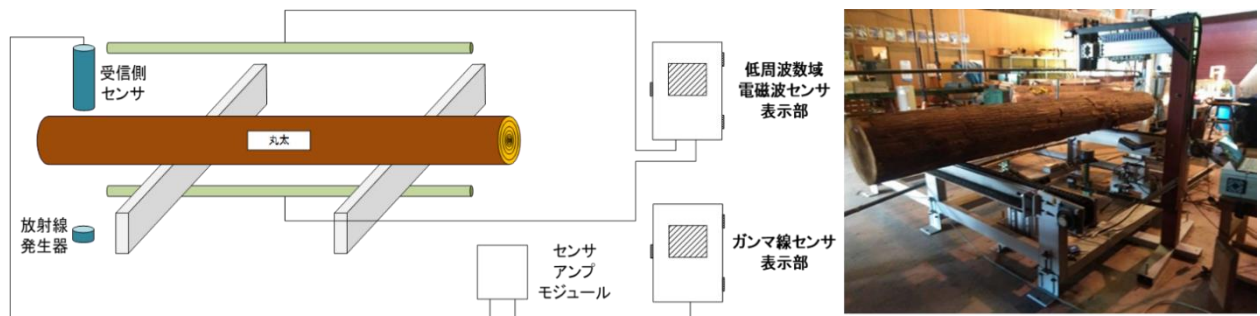


図1 低周波電磁波及びガンマ線を利用したセンサによる丸太含水率を推定する装置

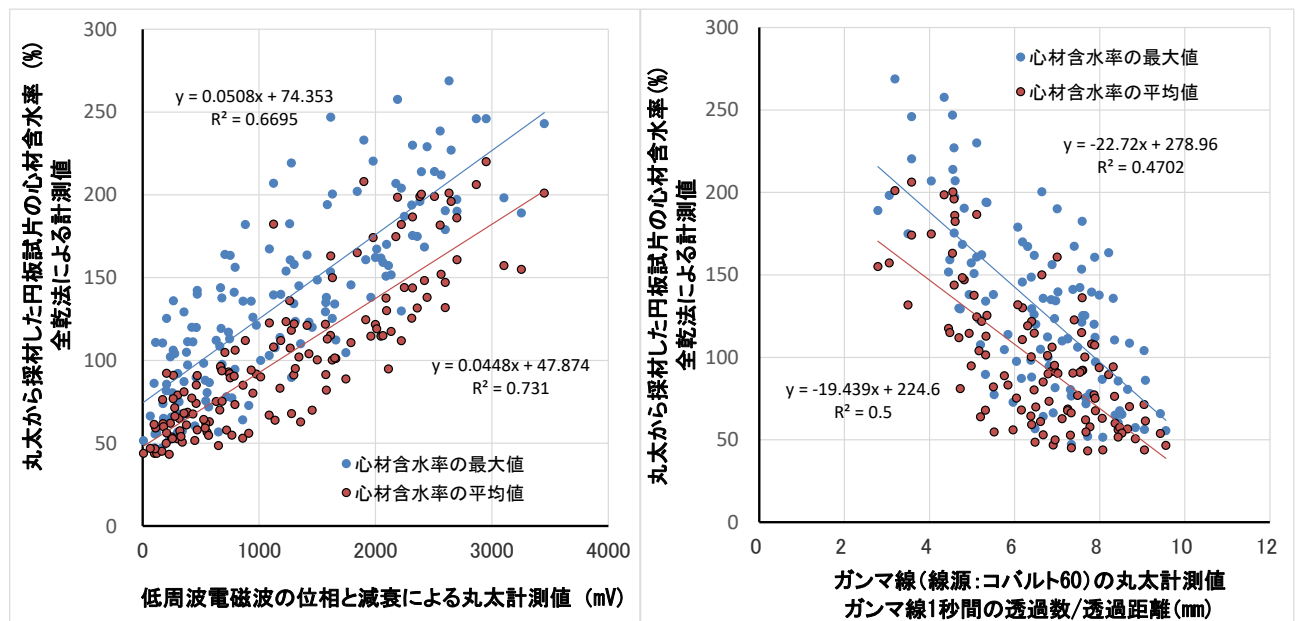


図2 スギ大径丸太の非接触センサ計測値と丸太の心材含水率の関係

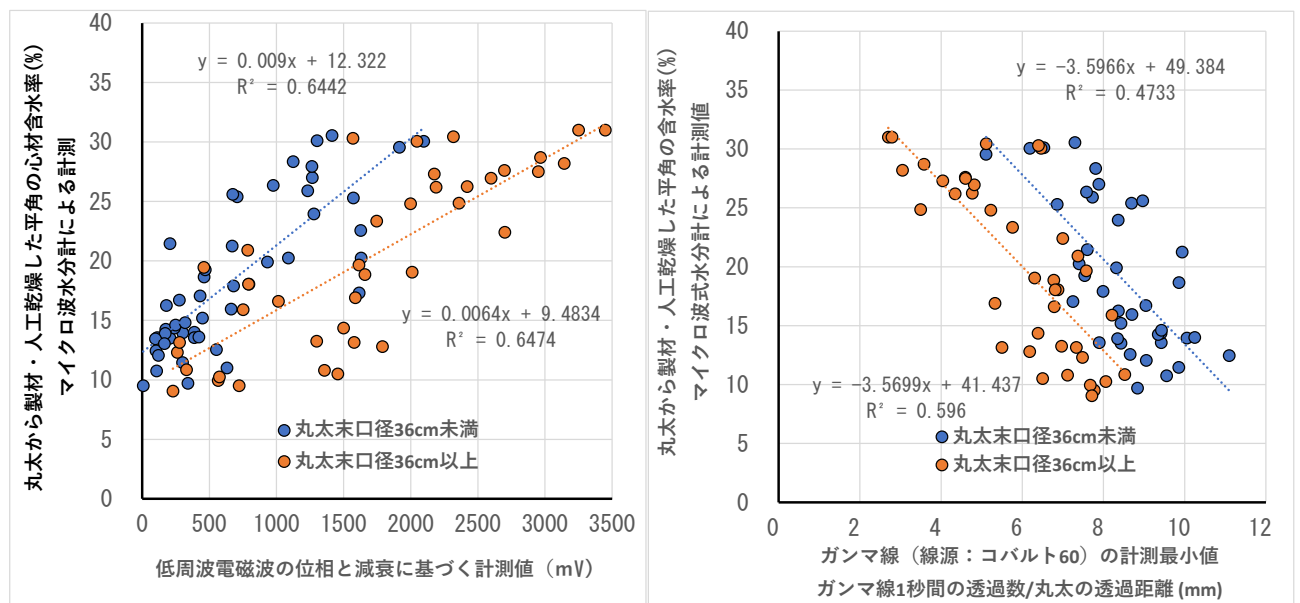


図3 スギ大径丸太の非接触センサ計測値と丸太から製材・人工乾燥した平角心材含水率の関係

箱型減圧乾燥機を用いたスギひき板の減圧乾燥試験

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

長瀬 亘・池田 潔彦・星川 健史※

※ 現 静岡県立農林環境専門職大学

1 目的

国内生産される構造用集成材の4分の3が輸入ひき板を利用して製造されており、スギ等の国産材ひき板を用いた生産量は約33万m³である。国産材を用いた集成材生産を増やすためには、スギ等の国産材ひき板の安定供給とひき板生産コストの低減が必要である。このため本研究では、一般流通材である間柱と共通の寸法のひき板を原料とすることと、従来の乾燥方式に比べて乾燥処理時間の短縮が期待できる減圧乾燥法を用いることによってひき板生産コストの低減を図ることとした。減圧乾燥法は、乾燥庫内を減圧状態にすることにより沸点を下げ、水分の蒸発を促進して従来法では50mm厚で9日間かかっていた乾燥時間の短縮が期待される。また、乾燥処理温度が比較的低いために乾燥後の材色も元と変化が少ない。しかし、実大の乾燥機を用いた実証は例がなく、乾燥機の能力・特性に合わせた乾燥スケジュールの開発が必要と考えられる。本研究では、実大の箱型減圧乾燥機を用いて、容量に満載にしてスギ50mm厚のひき板の減圧乾燥試験を行い、乾燥性能の評価を行う。

2 方法

静岡県内の製材工場で稼働している箱形減圧乾燥装置（O-MAX OHV3-3HV、大井製作所（図1））を用いてスギひき板（50mm×135mm×4000mm）560枚の減圧乾燥を3回行った。乾燥スケジュールは、90℃での蒸煮6時間の後、1回目は減圧乾燥（90℃、400hPa）66時間の約3日、減圧乾燥90時間の約4日および減圧乾燥120時間の約5日である。目標含水率は12%とした。乾燥前に、試験体560枚のうち、重い試験体、軽い試験体が入るように選定した48～55本について、寸法と重量を測定した。乾燥後、寸法、重量を測定した。約3日および約5日のスケジュールは、そのうち20本を選定したものについて、約4日のスケジュールについてはすべての試験体について、両木口から50cm、中央部から厚さ2cmの含水率測定用試験片を採取し、全乾法にて含水率を測定した。



図1 箱型減圧乾燥機

3 結果と考察

各乾燥スケジュールにおける生材時の密度、乾燥後の密度および含水率を表1に示す。乾燥後の密度および含水率は、約3日、約4日、約5日の順に小さくなる結果となった。また、約3日のスケジュールでは、平均含水率が15%を超えていたのに対し、約4日および約5日のスケジュールでは15%を下回る結果となった。各乾燥スケジュールの乾燥後含水率の比較を図2に示す。

含水率が 12%以上の個体は、約 3 日、約 4 日および約 5 日の各条件で 65%、18%、10%であった。15%以上の個体は、約 3 日、約 4 日および約 5 日の各条件で 50%、15%、5%であった。乾燥後の、材長方向の含水率の分布を見てみると、中央で高い傾向となった。約 3 日の乾燥スケジュールは、別途他機関にて乾燥機容量の 1/6 で成功した乾燥スケジュールであるが、容量に対して満載の場合は乾燥不良（含水率 15%以上）が多く認められた。これは、装置の脱水能力不足や、庫内環境のムラによって生じたと考えられる。約 4 日および 5 日の条件では、減圧乾燥工程が長くといったことで良好な乾燥状態が得られた。約 4 日の乾燥スケジュールにおける、乾燥後の含水率と乾燥前の推定含水率の関係を図 3 に示す。乾燥前の含水率が 100%を超える場合は、乾燥後においても含水率が 15%を超えるものがいくつか見られる傾向にあった。

表 5 生材時の密度、乾燥後の密度
および含水率

乾燥スケジュール		生材の密度 (kg/m ³)	乾燥後の密度 (kg/m ³)	乾燥後の含水率 (%)
3日	mean	594	441	18.6
	S.D.	111	60	14.1
4日	mean	626	415	10.3
	S.D.	134	49	4.8
5日	mean	580	395	9.8
	S.D.	144	45	2.2

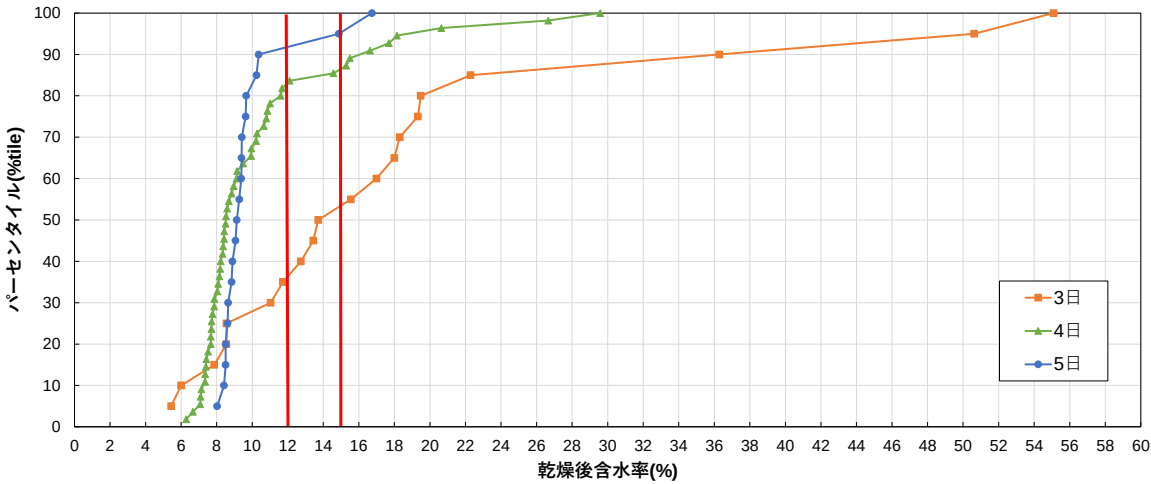


図 2 各乾燥スケジュールの乾燥後含水率の比較

4 まとめ

スギ 50 mm 厚ひき板の減圧乾燥により約 3 日間の乾燥スケジュールは、50%の試験体が含水率 15%を上回ったが、約 4 日の条件では 85%の試験体を、約 5 日間の条件では 95%の試験体を含水率 15%以下に乾燥することができた。

謝辞

本研究は、農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）」の支援を受け実施した。

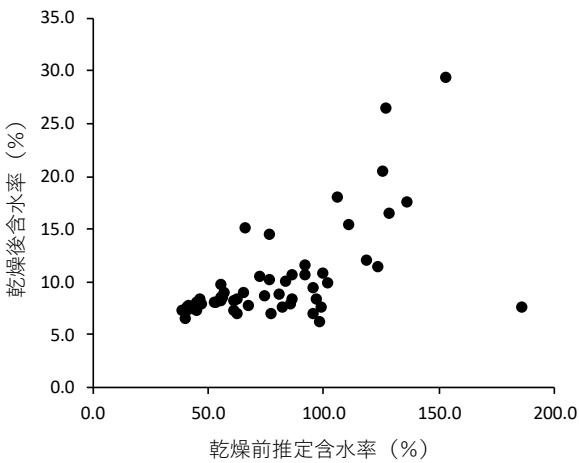


図 3 約 4 日の乾燥スケジュールにおける乾燥後の含水率と乾燥前の推定含水率の関係

地域材利用研究会参加機関名簿

機関名	所在地	電話番号 (代表)
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所	茨城県つくば市松の里 1	029-829-8118
群馬県林業試験場	群馬県北群馬郡榛東村新井2935	027-373-2300
千葉県農林総合研究センター 森林研究所	千葉県山武市埴谷1887-1	0475-88-0505
新潟県森林研究所	新潟県村上市鶴渡路2249-5	0254-72-1171
富山県農林水産総合技術センター 木材研究所	富山県射水市黒河新4940	0766-56-2915
山梨県森林総合研究所	山梨県南巨摩郡富士川町最勝寺2290-1	0556-22-8001
長野県林業総合センター	長野県塩尻市大字片丘5739	0263-52-0600
岐阜県森林研究所	岐阜県美濃市曾代1128-1	0575-33-2585
愛知県森林・林業技術センター	愛知県新城市上吉田字乙新多43-1	0536-34-0321
静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター	静岡県浜松市浜北区根堅2542-8	053-583-3121

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

地域材利用研究会 成果報告書

令和3年（2021年）3月 発行

発行 地域材利用研究会 令和2年度事務局

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

〒434-0016 静岡県浜松市浜北区根堅 2542-8

電話番号 053-583-3121

印刷 松本印刷株式会社

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会事務局

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所 企画部研究管理科地域連携戦略室

〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1

電話番号 029-829-8118

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/kanchu/>