

令和2年度

# 研究成果報告書



令和3年4月

高知県立森林技術センター

# 目 次

## ■ 原木生産のさらなる拡大

### <生産性の向上による原木の増産>

- 1 再造林における苗木や資材類の運搬方法に関する研究（森林経営課）・・・ 1

### <持続可能な森林づくり>

- 2 長伐期施業等に対応したスギ林管理技術の研究（森林経営課）・・・ 3

- 3 成長の早い苗木を用いた再造林低コスト化に関する研究（森林経営課）・・・ 5

（スギ特定母樹コンテナ苗の育苗密度・根鉢容量と成長・形状の関係について）・・・ 5

（コウヨウザン育苗時の最適な灌水頻度）・・・ 7

- 4 竹林の有効利用に関する研究（資源利用課・森林経営課）・・・ 9

## ■ 木材需要の拡大

### <住宅・低層非住宅建築物等における木材利用の促進>

- 5 減圧及び高周波を用いた高付加価値乾燥材の少量多品種生産に関する研究（資源利用課）・・・ 11

- 6 CLT（直交集成板）等を使用した木造建築物の音響性能向上に関する研究（資源利用課）・・・ 13

- 7 高知県産ヒノキの効率的利用に関する研究（資源利用課）・・・ 15

- 8 木造建築物の温熱環境に関する研究（資源利用課）・・・ 17

- 9 土木用木製構造物に関する研究（資源利用課）・・・ 19

## ■ 中山間地域の振興

### <森の恵みを余すことなく活用する>

- 10 ウバメガシ林の再生に関する研究（森林経営課）・・・ 21

- 11 スギ・ヒノキ人工林の林床を活用した山菜等の栽培に関する研究（森林経営課）・・・ 23

- 12 サカキ・シキミの栽培技術向上に関する研究（森林経営課）・・・ 25

- 13 地域に産する黒トリュフの感染苗作出技術に関する研究（森林経営課）・・・ 27

## ● その他の実績等

林業技術の普及（企画支援課）・・・ 29

令和2年度依頼試験等実績・・・ 31

組織図・・・ 33

# 再造林における苗木や資材類の運搬方法に関する研究

## (簡易架線における主索張力計算手法の検証)

森林経営課：山崎敏彦・山崎真 企画支援課：大廻隆寛

### ■ 目 的

近年の再造林については、ニホンジカ等による食害を防ぐ目的で、シカネット等の鳥獣害防止施設の整備が必要な箇所が増加し、過去5年間（H26～H30）の高知県造林事業における再造林・鳥獣害防止施設の実績を見ても、増加傾向にある。本県のように急峻で複雑な地形の多い森林では、高密度な路網整備や機械化が困難な森林が多く、苗木だけでなく、獣害防護資材の運搬のため、作業員の労働強度や作業コストが高くなってきており、再造林の推進には、運搬の省力化が必要となっている。本研究では、苗木や獣害防護資材の効率的な運搬と、造林作業者の軽労化を図るため、簡易な架線を利用することによる造林資材を運搬する手法の開発と検証を目的とする。

本年度は、使用するワイヤロープの選択、端末アイ加工強度の確認、ロープ途中での捆線方法等の基本試験を実施した後、当センター構内（架線作業主任者講習地）で主索張力等の測定を行い、その結果から簡易な張力算出方法の適応性を検討したので報告する。

### ■ 内 容

水平支間長 180m、支間傾斜角 10 度の主索張り調整で荷掛および荷外しが可能なスラックライン式で、表 1 に示す主索用ワイヤロープと作業索用ワイヤロープを用いた。図 1 のようにシカネット用支柱（皮膜鋼管支柱φ33mm×2.4m）を安定して運ぶための単管パイプを用いた長さ 1.8m の 2 点吊り搬器（空搬器質量 12kg）と、シカネット設置 100m 分の資材類で最も質量が大きい支柱 50 本（10 本/束×5 束、控用支柱含む質量 67kg）を組み合わせ、試験を行った。

負荷索試験として、搬器荷重（吊り荷+空搬器+作業索）0.789kN を上支点近くで吊り荷が地面から離れるところまで主索を張り上げ、小型ウインチドラム作業索を逆転させ自重で下支点側へと移動させた。その過程で支間中央部（主索張力が最大になる位置）での搬器位置をトータルステーションで測定し、主索位置を確認し張力を測定した。

無負荷索試験は、搬器を上支点近くの出発点へ小型ウインチドラム作業索を巻き取り、その後主索位置の印を施し、小型ウインチドラム主索をゆっくり逆転させ搬器をおろし荷および搬器を外し、前述の印の位置まで無負荷状態の主索を張り上げ、索揺れが安定したところで支間中央部の主索位置をトータルステーションで測定し、主索位置を確認し張力を測定した。なお、張力の測定については、ロードセル（容量 10kN）と計測用データロガーを用いた。

表 1 使用したワイヤロープの諸元

区 分	ワイヤロープ	
	主索用	作業索用
構 成	6×19 G/O	6×19 G/O
種 別	B種	S種
ロープ径	5mm	3mm
破 断 力	14.3kN	5.49kN
単 位 質 量	0.091kg/m	0.033kg/m

※S種は東洋製綱（株）の規格

## ■ 成 果

図2の索張り縦断面図のレイアウトにおいて表2必要箇所についてトータルステーションを用いて測量し、位置関係の数値を得た。その実測値や計算値について表2に、使用した器資材の質量および重量を表3に示す。

次に式1と式2に数値をあてはめ計算をした。その結果と実測主索張力を表4に示す。両方の式に共通して必要なのは、主索ロープ長の1/2重量と搬器荷重で、式1の特徴は支間水平距離と垂下量を用いるのに対し、式2では主索の支点中央索内角が必要な点である。表4を見ると、無負荷索は実測値と同等であるが、負荷索は実測値をやや上回る結果となった。計算値が高いほど安全側に立つのでこの差では実用上問題ないものとする。このことから索張りの架設・運転時に管理の必要なポイントとして、支間水平・斜距離と垂下量または支間中央索内角の把握が必要となる。

なお、式2で算出された負荷索張力3.65kNに衝撃が加わったとして3割増しにすると4.75kNとなり、今回使用した主索の破断力14.3kNを4.75kNで割ると安全係数3.0となり、機械集材装置または運材索道における主索安全係数2.7を上回り安全であることがわかる。



図1 2点吊り搬器と吊り荷の様子

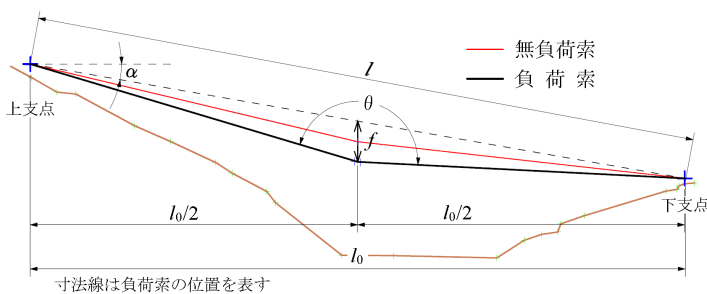


図2 索張り縦断面図

式1

$$T = \frac{(w_{1/2} + P)l_0}{4f}$$

式2

$$T = \frac{w_{1/2} + P}{2\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$

表2 検証するための実測値および計算値

記号	名 称 (単位)	実測・計算値	
		負荷索	無負荷索
$l_0$	支間水平距離 (m)	179.87	179.87
$f$	中央垂下量 (m)	11.13	5.63
$\alpha$	支間傾斜角 (度)	9.88	9.88
$l$	支間斜距離 (m)	182.58	182.58
$\theta$	支点中央索内角 (度)	166.30	173.04

表3 使用した器資材の質量および重量

記号	名 称	値	備 考
$p$	主索の単位質量	0.091 kg/m	表1より
$w_{1/2}$	主索の1/2重量	0.081 kN	$w_{1/2}=p \times l \div 9.8 \div 1000 \div 2$
$P_0$	積荷質量	67.0 kg	
$P_c$	空搬器質量	12.0 kg	
$p'$	作業索の単位質量	0.033 kg/m	表1より
$w'$	作業索重量	0.015 kN	$w'=p' \times l \div 4 \times 9.8 \div 1000$
$P$	搬器荷重	0.789 kN	$P=(p_0+p_c) \times 9.8 \div 1000 + w'$

## ■今後の計画

ウインチ新規導入のコスト低減を図るため、軽トラックホイールに取り付けた試作ドラム(図3)を利用した方法で搬器を動かすことと、任意の場所で作業索のみのコントロールで荷の上げ下げができる方法を検証する。また、今回得られた結果から現場で架設や管理のしやすい早見表および負荷索時の安全性向上のための簡易張力警報装置等の試作に順次取り組む。

表4 主索張力の計算値と実測値

区 分	主索張力区分(kN)	
	負荷索	無負荷索
式1	3.51	0.65
式2	3.65	0.67
実測値	3.38	0.67



図3 軽トラックホイールに取り付けた作業索用ドラム

# 長伐期施業等に対応したスギ林管理技術の研究

## (新たな森林計測方法の検証)

森林経営課：山崎 真・渡辺直史・山崎敏彦

### ■ 目 的

適切な森林管理を行うためには森林の現況を把握することが重要である。近年、このような森林の現況を測定する手法が多様化している。本研究では、航空レーザ計測、UAV（ドローン）による空撮、地上設置型3Dレーザスキャナから得られる計測データについて精度を比較した。

### ■ 内 容

吾川郡仁淀川町の条件の異なるスギ林3カ所（長者甲、用居、加枝）に20m×20m(400m<sup>2</sup>)の調査地を設置し（表1）、それぞれの調査地において、航空レーザ計測の成果、UAVによる空中写真、地上設置型3Dレーザスキャナにより計測した単木ごとの樹高（地上3Dレーザスキャナは樹高と胸高直径）を、毎木調査の実測値と比較することで精度を検証した。なお、各計測手法は下記のとおりである。

【航空レーザ計測（航空L）】林野庁が平成30年度に行った航空レーザ計測の成果（Lasデータ）から0.5mメッシュのDEM（数値標高モデル）およびDSM（数値表層モデル）を作成し（図1）、それらの差分からDCM（樹冠高モデル）を作成した。作成したDCMからプログラム言語であるRのライブラリForestToolsを用いて単木（樹頂点）位置を抽出し樹高を算出した。

【UAV空中写真計測(UAV)】対象調査地をUAV(Mavic2 Pro)で空撮し、SfM処理ソフトウェア(Agisoft MetaShapeProfessional)を用いて撮影画像からオルソ画像と0.1mメッシュDSMを作成した（図2）。作成したデータの位置および標高は、航空レーザによる0.5mメッシュDEMの同一点(CP:コントロールポイント)を合わせることで補正した。補正した0.1mメッシュDSMと航空レーザ計測による0.5mメッシュDEMの差分からDCMを作成し、単木（樹頂点）位置の抽出と樹高の算出は航空レーザ計測と同様にRを使用した（図3）。

【地上設置型3Dレーザスキャナ計測(地上L)】対象調査地を森林3次元計測システムOWLによりスキャンし、得られた点群データ（図4）をOWLManagerで処理して単木位置と樹高および胸高直径を算出した。

### ■ 成 果

調査地における計測値と実測値の比較を表2に示す。単木(樹頂点)検出率は、それぞれの計測手法による立木の検出割合を示す。航空LおよびUAVによる計測では、長者甲及び用居で90%以上の検出が可能であったが、加枝は67%であった。加枝は立木本数が多く、樹頂点が樹冠に到達していない立木が多数あったことから、樹冠上空からの検出率が低くなったと考えられる。また、それぞれのデータで誤検出が発生しており、Rのパラメータ設定を検討する必要がある。なお、地上Lの単木検出率は100%であった。

樹高の実測値に対する相対誤差を比較すると、航空LおよびUAVは、長者甲および用居では低めに算出されるものの実測値の樹高に対してほぼ5%以内に収まった。加枝でUAVによ

る樹高が高く算出されたのは、他調査地と比べて地形が急峻で複雑であることから、CPの設定位置や数量に問題があるためと考えられる。なお、地上Lでは樹高が低く計測されており、これはレーザが樹頂点まで正確に達していないためと考えられる。地上Lによる胸高直径は平均誤差が1cm程度であった。

## ■今後の計画

- ・各データの単木抽出精度および樹高計測精度の向上
- ・誤差が発生しやすい条件での測定手法の検討
- ・新たな森林計測方法から材積を算出する手法の検討

表1 調査地の概要（面積0.04ha）【実測値】

調査地	平均山腹勾配	立木本数	平均樹高	平均胸高直径
長者甲	13度	26本	25.7m	35.5cm
用居	19度	36本	23.9m	34.8cm
加枝	36度	46本	25.5m	29.1cm

表2 航空レーザ、UAV、地上設置型3Dレーザスキャナによる計測値と実測値の比較

調査地	単木（樹頂点）検出率			樹高平均相対誤差			樹高最大誤差量			胸高直径
	（%）			（%）			（m）			平均誤差量
	航空L	UAV	地上L	航空L	UAV	地上L	航空L	UAV	地上L	地上L
長者甲	96	92	100	-3.2	-0.5	-15.0	-1.7	-1.7	-6.7	1.2
用居	92	92	100	-4.4	-2.2	-12.0	-2.2	1.8	-5.9	0.8
加枝	67	67	100	6.5	11.4	-7.4	5.5	4.3	-9.7	0.5

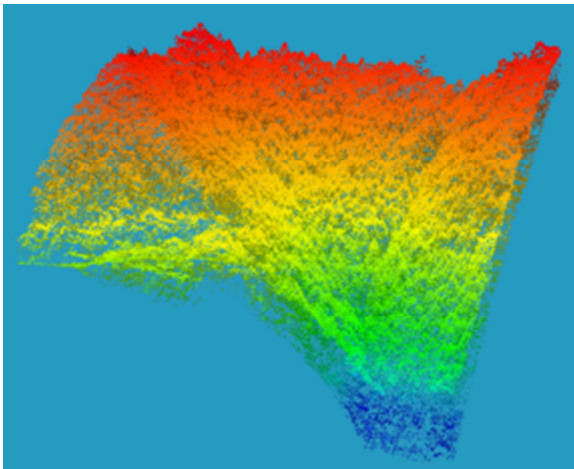


図1 航空レーザデータ解析状況（加枝）

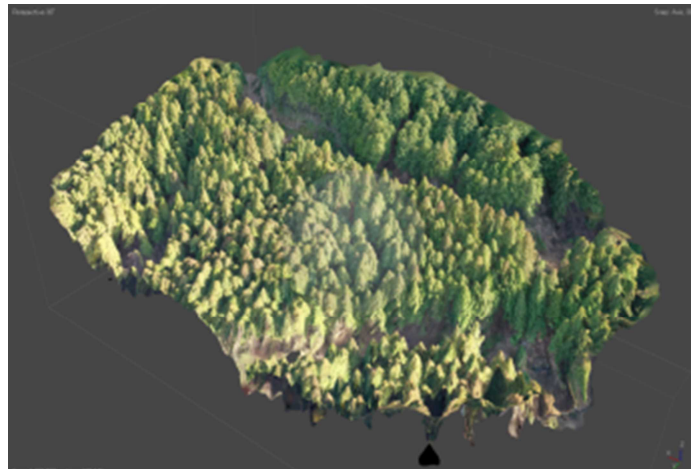


図2 UAV空中写真SfM処理状況（用居）

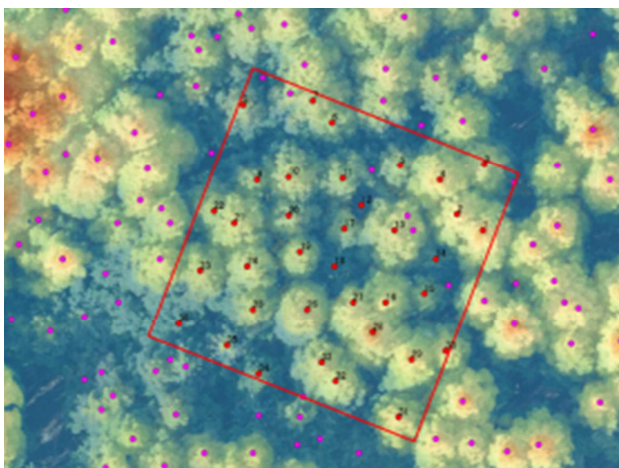


図3 UAV空中写真樹頂点抽出状況（用居）

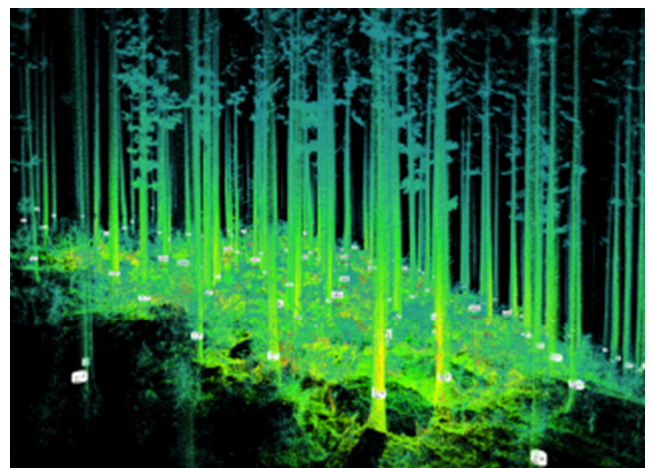


図4 地上設置型3Dレーザスキャナ解析状況（長者甲）

## 成長の早い苗木を用いた再造林低コスト化に関する研究

(スギ特定母樹コンテナ苗の育苗密度・根鉢容量と成長・形状の関係について)

森林経営課：藤本浩平・渡辺直史・黒岩宣仁

### ■ 目的

大型製材工場やバイオマス発電所の稼働に伴い、伐期に達した人工林の皆伐が増えることが考えられ、再造林の必要性が高まっている。再造林の推進にむけて、より成長の早い系統の活用やコンテナ苗の利用が期待されている。

育種事業により従来の精英樹や第二世代精英樹の中から成長や材質が優れ、花粉の量が少ない系統が特定母樹として指定され、採種園が整備されているが育苗事例は少ない。また、近年コンテナ容器による育苗が増加しており、根鉢容量150cc・40穴タイプのコンテナ(図1)で育苗された苗が主流を占めているが、適正な密度であるか検証は不十分である。

本研究では、スギ特定母樹の種子から密度を変えて育苗したコンテナ苗の苗高成長と形状について比較を行った。

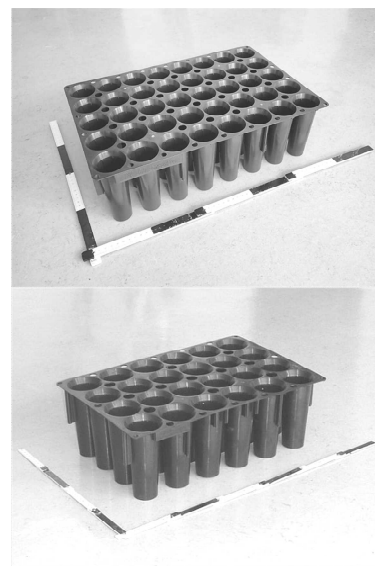


図1 マルチキャビティコンテナ  
(上 JFA150 下 JFA300)

### ■ 内容

林木育種センター(茨城県十王町)で採種された特定母樹種子(林育2-15、林育2-71)および四国増殖保存園(高知県香美市)で採種された特定母樹種子(西育2-6、西育2-144)を用い、根鉢容量と育苗密度の異なる条件で育苗を行った。

育苗容器はJFA150およびJFA300を用い、密度調節を行うためにインナーポットを用いた。培土はココピートオールドを用い、肥料はほぐした状態の培土1Lに対して、20gのハイコントロール085(180日)を混合し、JFA150:3g/孔、JFA300:6g/孔になるように調整した。

2020年3月31日に播種、5月にコンテナへ移植し、7月に育苗密度を設定して育苗を行った。処理区は、根鉢容量150ccではコンテナあたり40本、30本、24本、12本の4処理区、根鉢容量300ccではコンテナあたり24本、12本の2処理区で計6処理区とした(図2)。

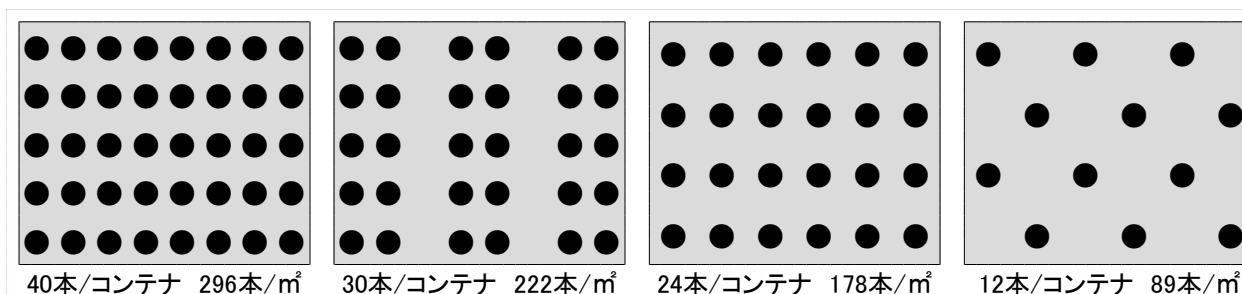


図2 コンテナでの育苗密度概念図

育苗密度設定時の7月に苗高を、翌年3月に苗高および地際径を測定した。苗高を地際径で除して比較苗高（形状比 H/D）を算出した。

### ■ 成 果

育苗密度による苗高成長の差は、150cc、300ccともみられなかった（図3）。地際直径は育苗密度が低いほど太く、それに伴い比較苗高が低くなる傾向がみられた。根鉢容量をみると、150ccと比較して300ccで苗高が高く、地際径も太い傾向がみられた。比較苗高は、24本/Cと12本/Cでは根鉢容量にかかわらず有意な差はみられなかった。育苗密度あるいは根鉢容量の違いでコンテナ内での苗高や地際径のばらつきに違いはみられなかった。

同じ育苗密度と根鉢容量で4系統を比較したところ、苗高では系統間差はみられたが、地際径ではみられなかった（図4）。

### ■今後の計画

第2生育期での出荷規格の到達時期を確認し、育苗密度や根鉢容量が得苗率へ与える影響について評価する。また、より多くの系統での育苗段階での違いを検証するとともに、林地へ植栽後の初期成長についても検証する。

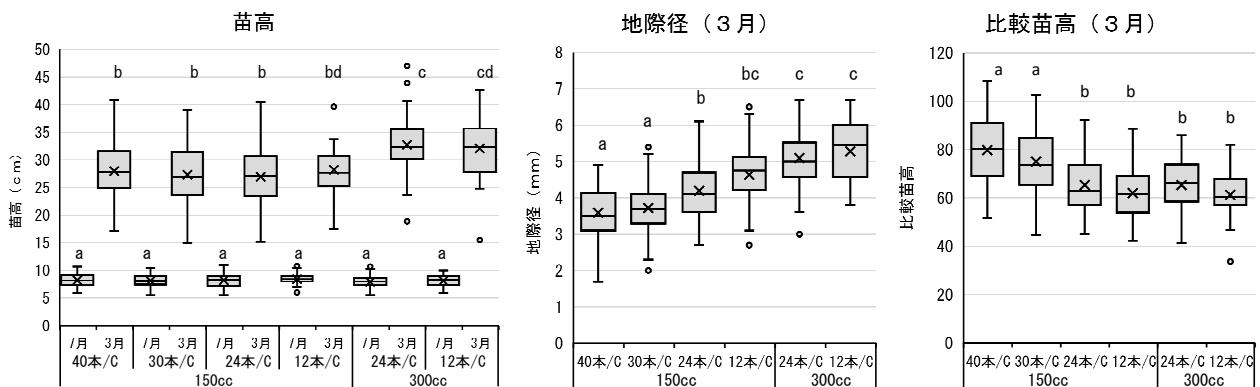


図3 第1生育期の苗高成長と地際径および比較苗高の育苗密度・根鉢容量比較

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で有意差がみられたことを示す (p<0.05)

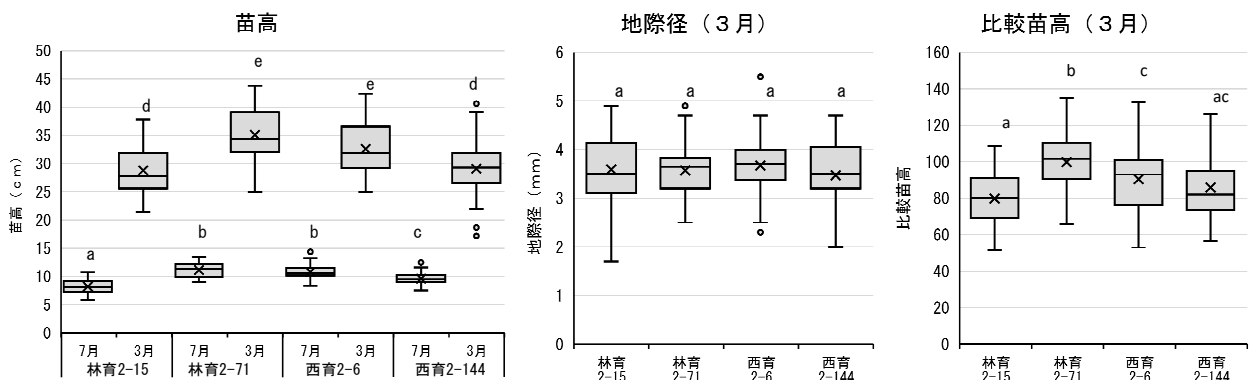


図4 第1生育期の苗高成長と地際径および比較苗高の系統間比較（150cc 40本/コンテナの条件下）

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で有意差がみられたことを示す (p<0.05)



## 成長の早い苗木を用いた再造林低コスト化に関する研究

(コウヨウザン育苗時の最適な灌水頻度)

森林経営課：渡辺直史・黒岩宣仁・藤本浩平

### ■ 目的

原木の増産のために皆伐が行われているが、持続的な木材生産には伐採後の再造林が必要である。近年、再造林樹種として成長が早く萌芽更新が期待できるコウヨウザンが注目され、各地で研究や調査が行われている。しかし、研究が始まって日が浅いことから、育苗に関する知見などは十分に整理されていない。そこで、育苗における最適な水管理を探るため、灌水頻度を変えた育苗試験を行った。

### ■ 内容

2020年1月と2月にコウヨウザン種子を育苗箱に播種し、発芽後本葉が展開したタイミングでコンテナに移植した。移植は4月14日から6月4にかけて行い、コンテナは150ccリブタイプを使用した。移植後はハウス内で朝夕2回の灌水で育苗を行い、梅雨明け後の7月下旬に灌水頻度を“1日2回(朝夕)”“1日1回(朝)”“2日に1回(朝)”の3種類として育苗を行った(図1)。灌水量はコンテナ底から水が流れるほど十分な量とし、1回の灌水時間は15分、1キャビティ当たり灌水量は287ccであった。2020年7月下旬と2021年2月上旬に苗高の測定、2月下旬に根元径の測定、3月に根鉢形成の判定を行った。根鉢形成の判定は表1の基準で目視により行った。移植日が異なるとその後の育苗期間が異なり最終測定時の苗木サイズに影響を与えるため、移植日を4月24日～5月1日、5月14～20日、6月3～4日の3グループに分けて解析を行った。

### ■ 成果

2021年2月の苗高は、早く移植して灌水頻度が高いほど高くなり(図2)、根元径も同じ傾向であった。根鉢形成は、2日に1回の灌水で基準1のD判定、基準2の5判定が多くなった。1日2回の灌水と1日1回の灌水を比較すると、基準1では1日1回の灌水のみにA判定が出現し、B判定は1日1回の灌水の方が多かった。基準2では1日1回の灌水の方が根系形成は良かった(図3)。同じ苗高で比較しても、基準1、2ともに1日1回の灌水で根鉢形成が良い方の判定が多くなった。また、灌水頻度を変えた後の枯死率は、2日に1回の灌水が1.8%、1日1回の灌水が0.7%、1日2回の灌水が0%であった。

### ■ 今後の計画

今後、さらに灌水頻度を下げた育苗や灌水頻度を変える時期を早めた育苗試験を行っていく。

表1 根鉢形成の判定基準

判定基準1	判定基準2
A: 出荷可能	1: 根系形成が根鉢表面の80~100%
B: 運搬時に崩れるが1/3以上残る	2: 根系形成が根鉢表面の60~80%
C: 運搬時にほぼ崩れてしまう	3: 根系形成が根鉢表面の40~60%
D: コンテナから抜くときに崩れる	4: 根系形成が根鉢表面の20~40%
	5: 根系形成が根鉢表面の0~20%

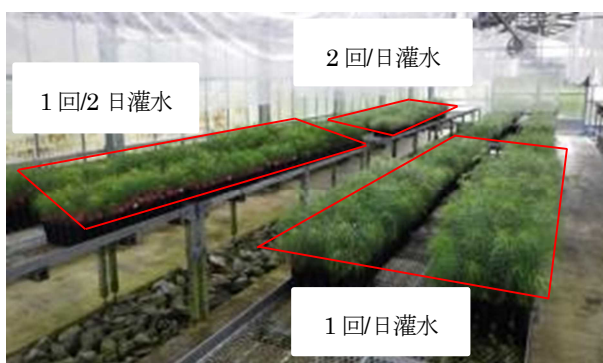


図1 育苗状況

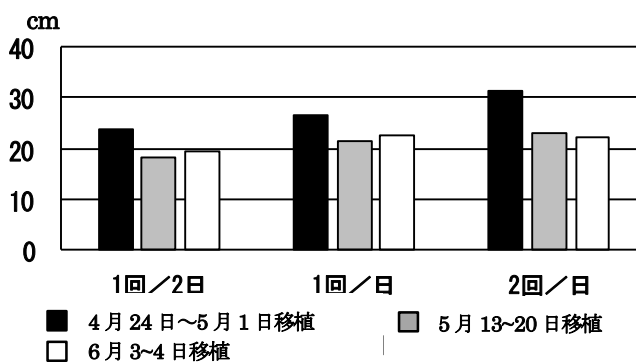


図2 2021年2月の苗高

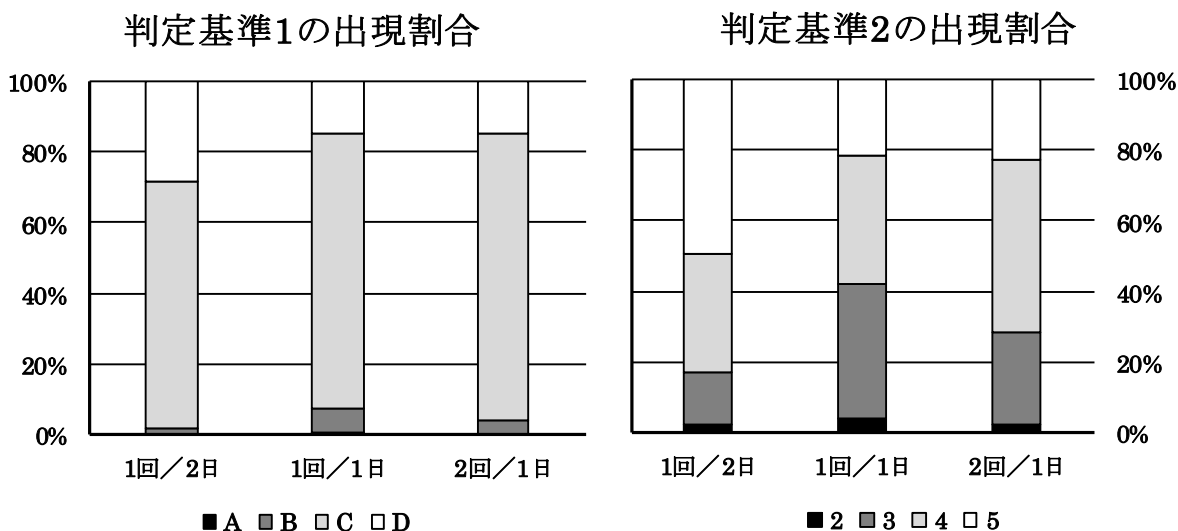


図3 各判定基準の出現割合

判定基準2の1判定は出現しなかったためグラフから省いている

## 竹林の有効利用に関する研究

(高知県幡多地域における竹林分布の把握)

資源利用課：近田典章・沖公友・市原孝志・溝口泰彬 森林経営課：山崎真

### ■目的

近年、竹材の需要低下や筍の輸入量の増加、竹林所有者の高齢化などを主な要因とした放置竹林が増加し、人工林や農耕地など、人の経済圏・生活圏に侵入しつつあるため、その管理について問題視されている。

高知県においても例外でなく、竹林の現状とそれを取り巻く環境を把握し、管理についての対策を講じる必要がある。しかし、竹林の基礎的データは乏しく、竹林の詳細な分布状況も把握出来ていないのが現状である。そこで、本研究では高知県における竹林の分布状況を、リモートセンシング手法により把握し、各地域における各種情報との関係性を探るための基礎的データを整備する。

本年度は、高知県幡多地域において竹林分布状況の把握を行った。

### ■内容

#### 1) 竹林の目視判読

高知県幡多地域（黒潮町、宿毛市、四万十市、三原村、土佐清水市、大月町、）**図1**を対象として、GoogleEarth画像を用いて、竹林を判読し地理情報を得た。なお、竹林と判読して境界を結んだエリアを一つの竹林とし、面積を算出した。この得た地理情報は、竹林自動判読化に向けた教師データとして利用する。

#### 2) 市町村別の竹林面積割合等の解析

竹林の地理情報から、市町村別の全体、森林法第5条第1項に基づく地域森林計画対象森林（以下5条森林）及び5条森林以外の国有林を除く森林（以下5条森林以外）における竹林面積、竹林割合を求めた。また、黒潮町、大月町において500m<sup>2</sup>未満、500m<sup>2</sup>以上1,000m<sup>2</sup>未満、1,000m<sup>2</sup>以上2,000m<sup>2</sup>未満、2,000m<sup>2</sup>以上の区分で竹林規模の個数割合の構成比を求めた。



図1 竹林分布調査地

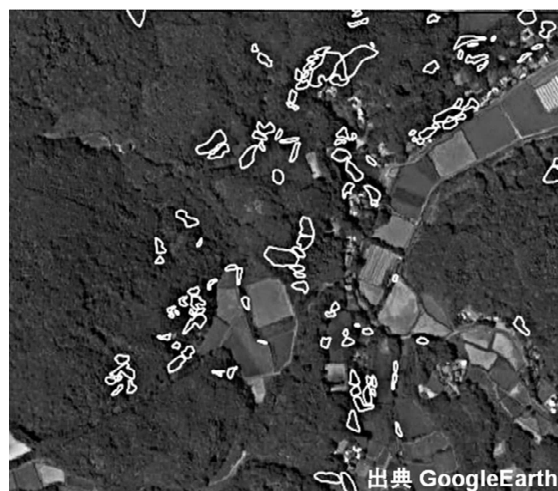


図2 竹林の目視判読の例

### ■成果

#### 1) 竹林の目視判読

**図2**にその目視判読の一例を示す。

GoogleEarth画像を用いての目視判読は、広葉樹と竹林との判読が困難な場合が多く見られた。

表1 市町村別の竹林の現況

	全体			5条森林			5条森林以外		
	面積 (ha)	竹林面積 (ha)	竹林割合 (%)	面積 (ha)	竹林面積 (ha)	竹林割合 (%)	面積 (ha)	竹林面積 (ha)	竹林割合 (%)
黒潮町	18,846	125	0.7	12,975	74	0.6	3,943	50	1.3
大月町	10,294	72	0.7	7,146	38	0.5	2,300	34	1.5
宿毛市	28,620	107	0.4	19,016	51	0.3	4,783	55	1.2
四万十市	63,229	203	0.3	42,197	86	0.2	9,810	117	1.2
三原村	8,537	13	0.2	4,370	8	0.2	1,067	5	0.5
土佐清水市	26,634	39	0.1	16,298	18	0.1	3,849	21	0.5

## 2) 市町村別の竹林面積割合等の解析

市町村別の竹林の現況を表1に示す。全体の竹林面積と、5条森林の竹林面積については、四万十市、黒潮町の順に多かった。また、5条森林以外の竹林面積については、四万十市、宿毛市の順に多いことが分かった。次に、全体の面積に対する竹林割合については、黒潮町、大月町ともに0.7%であった。5条森林の面積に対する竹林割合については、黒潮町0.6%、大月町0.5%の順に多かった。また、5条森林以外の面積に対する竹林割合については、大月町1.5%、黒潮町1.3%の順に多かった。6市町村すべてにおいて5条森林の竹林割合よりも5条森林以外の竹林割合が多いことが分かった。

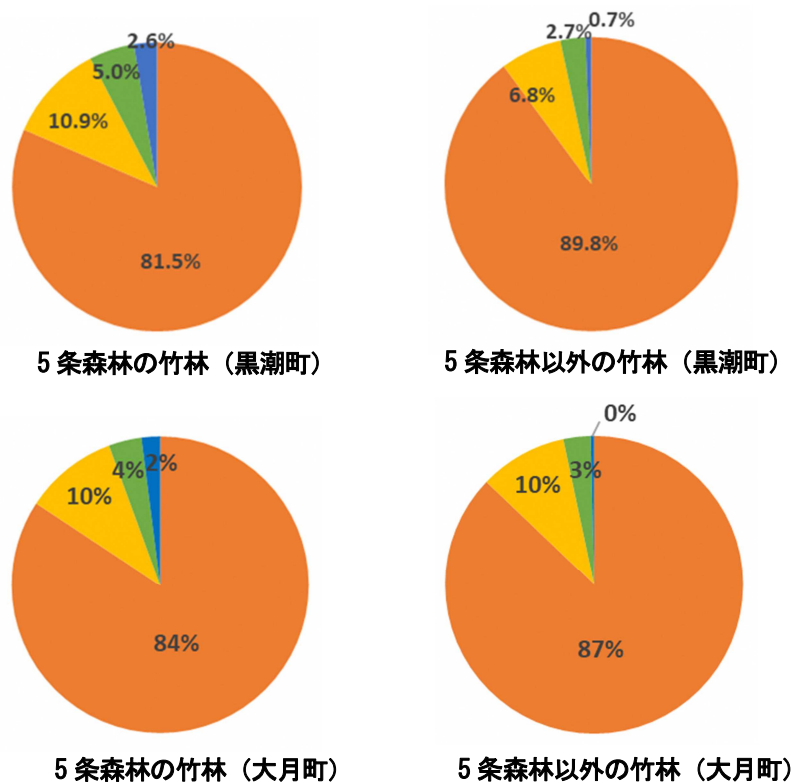


図3 竹林規模の個数割合の構成比

■ 500m²未満 ■ 500m²以上1,000m²未満 ■ 1,000m²以上2,000m²未満 ■ 2,000m²以上

表1内の竹林割合の多い黒潮町と

大月町について竹林規模の個数割合の構成比を図3に示す。500m²未満の竹林については、5条森林の竹林、5条森林以外の竹林ともに80%以上の高い値を示した。このため、比較的小規模な500m²未満の竹林が多いことがわかった。

次に500m²以上1,000m²未満、1,000m²以上2,000m²未満の竹林規模の個数割合の構成比については、5条森林の竹林、5条森林以外の竹林ともに大きな変化が見られなかった。

しかし、2,000m²以上の竹林において、5条森林の竹林は、黒潮町が2.6%、大月町が2%であるのに対し、5条森林以外の竹林においては、黒潮町が0.7%、大月町が0%であった。

5条森林以外の2,000m²以上の竹林において、著しく少ないことが分かった。

## ■ 今後の課題1

今後は、リモートセンシング手法により高知県下の竹林分布状況を明らかにするとともに、竹林の自動判読の精度向上と、分布状況を基に農林業センサスなど各種統計データと併せて解析を行う予定である。

## 減圧及び高周波を用いた高付加価値乾燥材の 少量多品種生産に関する研究 (シミュレーションによる仕上がり含水率分布の予測と検証)

資源利用課：溝口泰彬・近田典章・市原孝志

### ■ 目 的

近年、県内の製材工場では、非住宅建築物で用いられる大きな断面の部材や住宅の邸別一括注文のような少量で多くの断面の部材などの生産に柔軟に対応することが求められている。一方で、人工乾燥を行う製材工場では、一つの乾燥機を同一部材で揃えられないことも多く、様々な断面での混載乾燥を余儀なくされている。

そこで本研究では、乾燥方式（蒸気式、減圧式等）や乾燥条件の異なる各種断面の乾燥試験を行い、混載乾燥時の乾燥特性を把握することを目的とした。

今年度は、3断面を組み合わせた混載乾燥試験を行い、シミュレーションによる仕上がり含水率分布について検討したので報告する。

### ■ 内 容

仕上がり含水率の予測と検証の流れを図1に示す。1) 心持ちスギ柱材の3断面を対象として、混載による蒸気式乾燥試験を行った（表1上部）。2) 試験結果から試験体ごとに「乾燥曲線モデル<sup>1)</sup>」を導出し、乾燥中の任意の時間（1.5、7、10、12、14、18日経過時）における含水率を推定した。3) 推定した仕上がり含水率を目的変数、試験体の見かけの密度と断面を説明変数とする一般化線形モデルを任意の時間でそれぞれ導出し、4) これに高知県産心持ちスギ柱材の密度分布（表2）を用いて各断面の仕上がり含水率を予測した。5) 予測値の検証には、10日間の混載乾燥試験（表1下部）、の結果から各断面における仕上がり含水率割合とシミュレーションによって予測された仕上がり含水率割合を比較した。

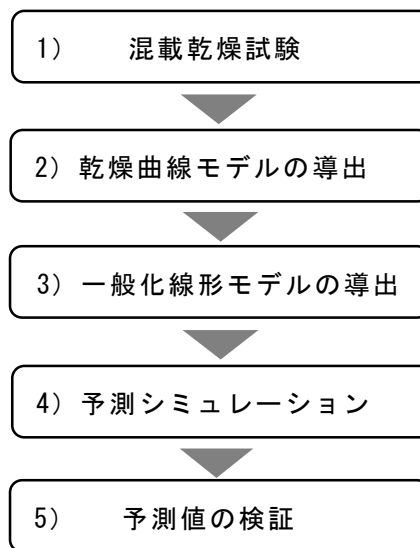


図1 仕上がり含水率予測シミュレーションの構築と検証の流れ

表1 試験体の概要と乾燥スケジュール

試験タイプ	仕上げ寸法 (mm)	n	初期含水率 (%)				乾燥スケジュール		
			平均	標準偏差	最大	最小	蒸煮	高温セット	中温
シミュレーション用	105×105×3000	28	87	32	158	658	95°C/95°C 12h	120°C/90°C 24h	90°C/60°C 408h
	120×120×3000	24	93	34	170	671			
	180×180×3000	24	92	29	158	669			
検証用	105×105×3000	15	86	21	129.1	52.6	95°C/95°C 12h	120°C/90°C 24h	90°C/60°C 204h
	120×120×3000	13	85	17	107.8	51.9			
	180×180×3000	9	89	24	133.7	64.8			

表2 高知県産心持ちスギ柱材の密度分布

乾燥前寸法 (mm)	乾燥前見かけ密度 (kg/m <sup>3</sup> )				n
	平均	標準偏差	最大	最小	
120×120×3000	634	107	1087	423	432
135×135×3000	622	103	1059	400	1161
195×195×3000	629	117	994	429	103

## ■成 果

シミュレーションによって予測された仕上がり含水率の分布を図2に示す。ここでは特に、人工乾燥を行う上で重要な基準の1つである含水率20%以下となる割合について言及する。仕上がり含水率が20%以下となる割合は、時間の経過とともに各断面で増加した。しかし、約8割を含水率20%以下に仕上げたい場合、それぞれの断面で必要な乾燥日数は異なり、105角では10日、120角では12日、180角では18日必要であることが分かった。このことから、メインターゲットとなる断面の種類と数量、どの程度の歩留まりを得たいか等を考慮して乾燥時間を調整する必要があると考えられる。

次に、予測値の検証用に10日間混載乾燥した仕上がり含水率の分布を図3に示す。シミュレーションによって得られた仕上がり含水率の予測値（10日経過時点）と比較すると、105角についてその差は約8ポイントだったが、120角、180角については、約20～30ポイント程度の差があった。このシミュレーションの一般化線形モデルでは、説明変数として乾燥前の見かけの密度を用いるため、予測精度は高知県産スギ材における見かけの密度分布データの正確性に左右されるため、さらなるデータの蓄積により、正確な予測が可能になると考えられる。

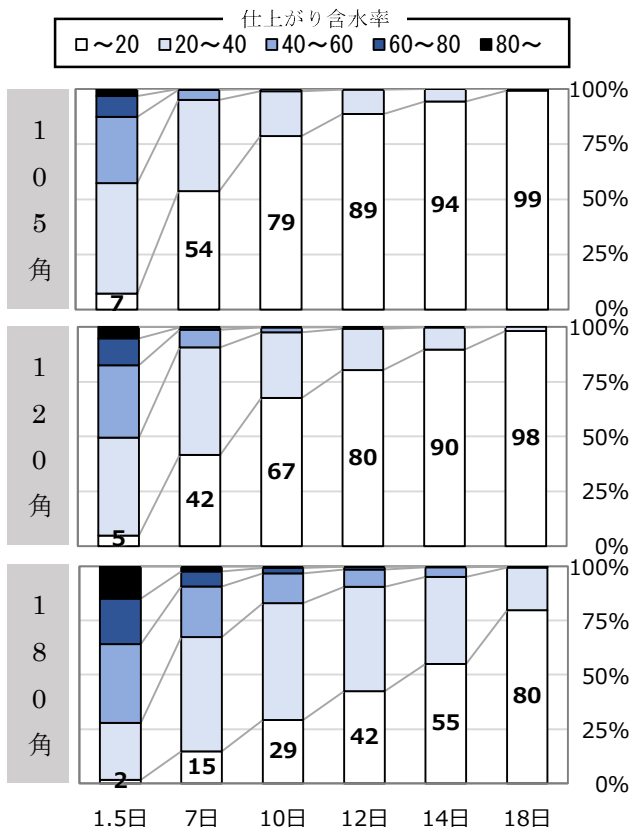


図2 シミュレーションによる  
仕上がり含水率分布の推移

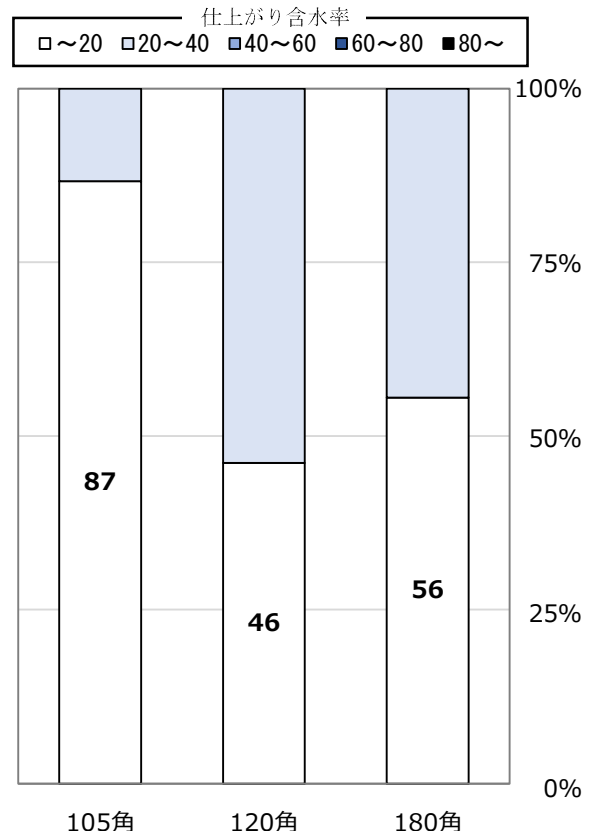


図3 10日間混載乾燥した時の  
仕上がり含水率分布

## 参考

- 1) 渡辺ら:スギ心持ち正角の高温乾燥への改良版乾燥曲線モデルの適用(第71回日本木材学会大会, 2021)

# CLT（直交集成板）等を使用した木造建築物の音響性能向上に関する研究 （SWP 板を用いた壁仕様についての検討）

資源利用課：市原孝志、近田典章、溝口泰彬

## ■ 目 的

近年国内では、新たな木質系材料として板材を直交に貼り合わせてパネル状に成形した CLT（直交集成板）を使用した建築が増加している。また、県内では CLT に加え SWP（幅はぎパネル）による建築も始まっている。これらの木質系材料を使用することで新たな分野（非住宅）への広がりが期待される。しかし、これらの木質系材料は軽量であるのがメリットの一つであるが、建築物の壁や床に使用した場合、音響性能が低く、その解決には多くの課題が残されている。本研究は、当センター音響実験施設内で CLT 等による床及び壁の実験・検討を行い、県内に建築された CLT 等建築物の音響データを収集し、音響性能の高い壁や床の仕様を解明することを目的とする。

本年度は、SWP を用いた壁の仕様について空気音遮断性能を検討した。

## ■ 内 容

当センターの音響実験施設において、表 1 に示した SWP を用いた各種壁試験体について JISA 1416<sup>1)</sup> を参考に試験を行い、建築基準法施行令の基準と比較した。

試験体は、図 1、図 2 に示すように、音源側と受音側の間にある開口部（高さ約 2.8m、幅約 3.7m、面積約 10m<sup>2</sup>）に設置した。測定は、音源側のスピーカーを鳴らし、音源側の 5 箇所の音圧レベルを測定した。受音側は、壁試験体を透過してきた音を音源側と同様に 5 箇所で測定するとともに、残響時間を測定し、透過損失を求めた。なお、透過損失は値が大きいほど壁の性能が高いことを示す。

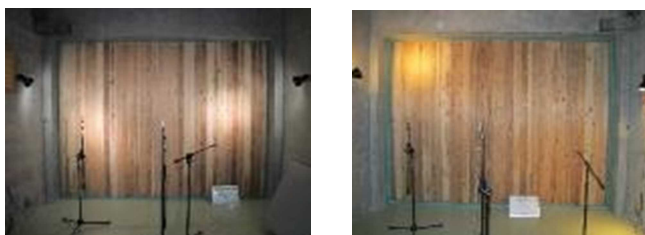


図 1 試験体設置状況（左：音源側、右：受音側）

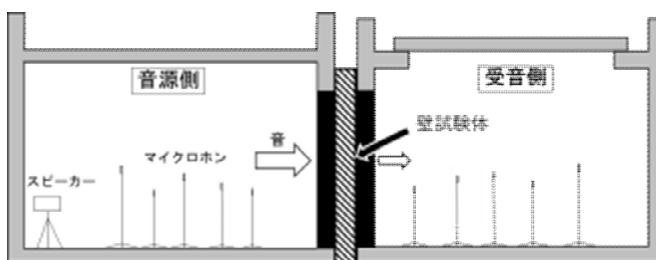


図 2 測定状況の概要

表 1 壁試験体の概要

No.	仕様			壁厚	備考
	間柱	SWP (t=28)	Pv (1層目t=12.5, 2層目t=9.5) Gw (24k, t=50)		
1		両面	なし	有り	図3参照
2	タイプA	片面	石膏ボード	〃	
3		〃	普通硬質石膏ボード	〃	
4		両面	石膏ボード	〃	
5		〃	普通硬質石膏ボード	〃	
6			両面	なし	〃
7	タイプB	片面	石膏ボード	〃	
8		〃	普通硬質石膏ボード	〃	
9		両面	石膏ボード	〃	
10		〃	普通硬質石膏ボード	〃	

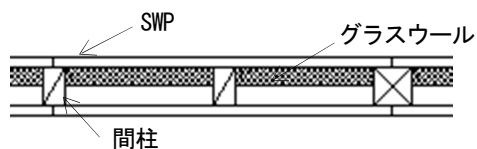


図3 タイプA (試験体1) の断面

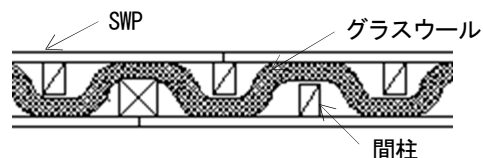


図4 タイプB (試験体6) の断面

## ■ 成果

建築基準法施行令第22条の3において長屋又は共同住宅の各戸の界壁の技術的規準が  $R_r$ -40 相当以上とされている。この規準を参考として試験結果に当てはめると図5から図6に示したとおりであった。

タイプAの試験体1から試験体5のすべての試験体において、いずれか又はすべての周波数帯が  $R_r$ -40 相当以下であった。なお、SWP片面仕様で石膏ボードの試験体2と普通硬質石膏ボードの試験体3、両面仕様で石膏ボードの試験体4と普通硬質石膏ボードの試験体5を比較したところ、普通硬質石膏ボードを使用した仕様の性能が高くなる傾向がみられた。また、石膏ボードを使用しSWP片面仕様の試験体2と両面仕様の試験体4、普通硬質石膏ボードを使用しSWP片面仕様の試験体3と両面仕様の試験体5を比較したところ、SWP片面仕様と両面仕様において、ほとんど性能に差がみられなかった(図5)。

タイプBの試験体6から試験体10において、SWPを現しで使用した試験体6は  $R_r$ -40 相当以下であった。しかし、それ以外の試験体では、すべての周波数帯が  $R_r$ -40 相当以上の結果であった。そして、タイプAの試験体2から試験体5と同様に、壁面に使用するのは石膏ボードより普通硬質石膏ボードを使用した仕様の性能が高かった。また、SWP片面仕様と両面仕様を比較すると片面仕様の試験体の性能が高い傾向がみられた(図6)。

なお、これらの試験結果は実験室のものであるため、実際の建築物では施工状況等により低下する可能性がある。

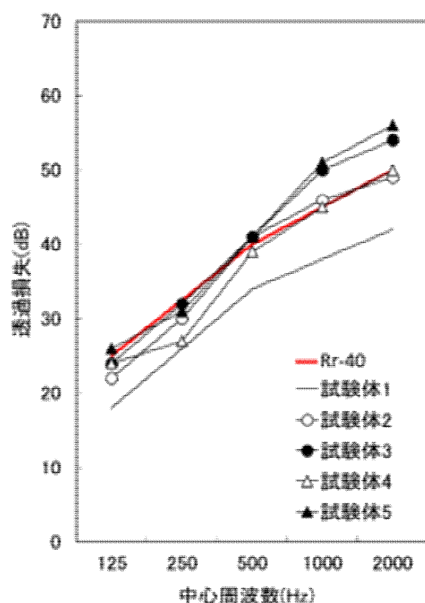


図5 タイプAの試験結果

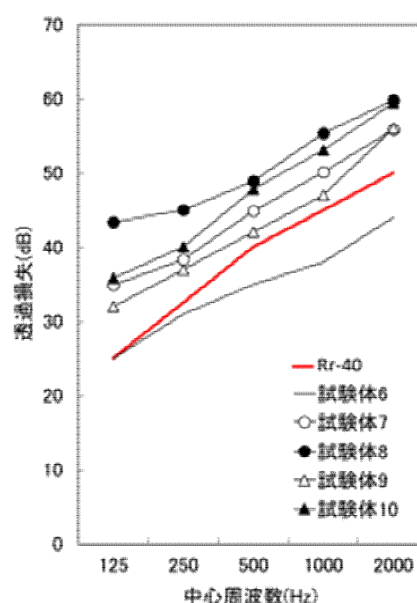


図6 タイプBの試験結果

## 参考文献

- 1) JIS A 1416 実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法



## 高知県産ヒノキの効率的利用に関する研究 (ヒノキ組子耐力壁の構造性能)

資源利用課：沖 公友・盛田貴雄

### ■目的

高知県の人工林は56%がヒノキ林で、そのうち約47%が11齢級以上となり主伐時期を迎えている(図1参照)。一方で、長伐期化に伴う大径化も進んでおり、その利活用が林業の活性化への課題の一つとなっている。現在のヒノキの需要は、住宅建築様式の変化に伴い、かつての和室向け高級材需要から一般材を原材料とした土台、柱等の構造材、構造用集成材、CLT向けラミナ、羽柄材などに移行し、新たな対応が求められている。本研究では、県産ヒノキの新たな製品展開に必要な各種データの蓄積を目的とする。

本報告の製品は、ヒノキ需要の中でも特に厳しい環境下にある中・大径木の良材による役物を面格子材として利用した耐力壁である。一般的に木造非住宅の耐力壁は、構造用合板などの面材系のものが多く、採光・通風・意匠性が損なわれるものが多く、欠点とされていたが、大きな開口を有する組子細工のような本製品は、意匠性、快適性及び耐震性を備えた優れた製品といえる。

本年度は、ヒノキ組子耐力壁の新たなバリエーションとして幅広タイプと背高タイプを加え、3種類のサイズにおける耐力性能を検証したので報告する。

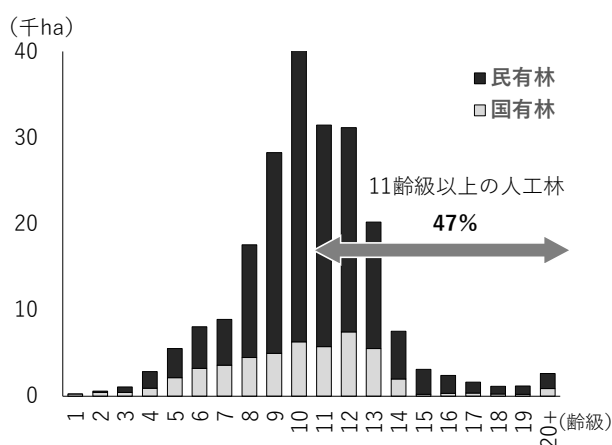


図1 高知県ヒノキ人工林齢級別面積

### ■内容

図2に3タイプの試験体を示す。面内せん断試験の試験方法と評価方法は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計2017年版」に準拠し、各タイプの試験体3体から短期基準せん断耐力を求めた。

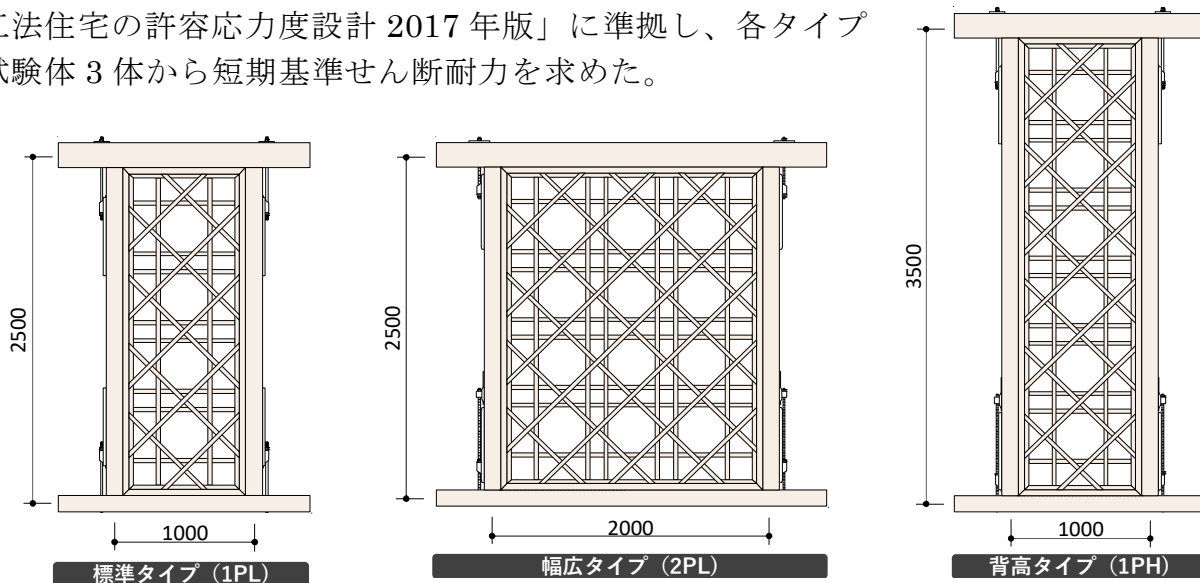


図2 ヒノキ組子耐力壁試験体

## ■ 成 果

3タイプの試験体の終局の試験状況を図3に、荷重と見かけのせん断変形角曲線を図4に示す。3タイプとも斜材端部の取付ビスを起点に緩やかに壁全体の変形が進む安定した挙動を示し、せん断変形角が1/15radを超えても大きく耐力が低下しない変形性能を確認した。また求められたせん断耐力から3タイプとも高い耐力性能を有していることを確認した(表1)。

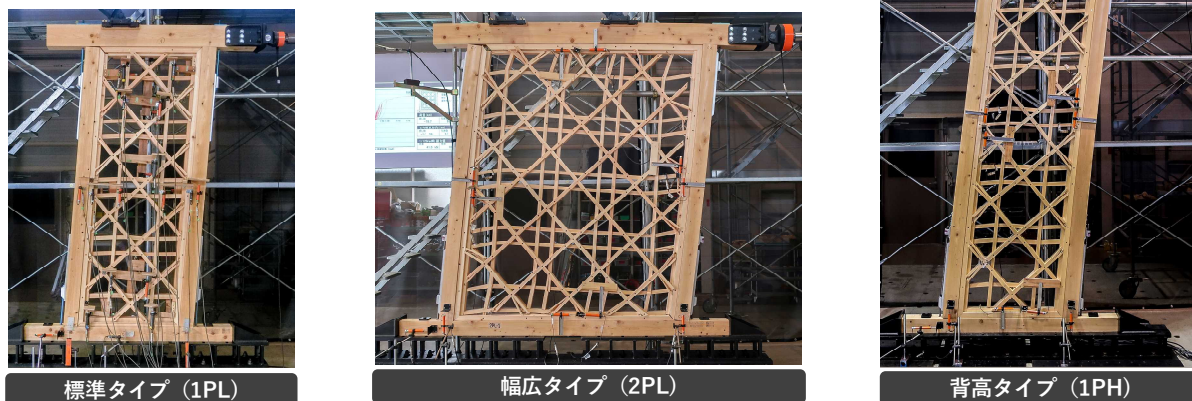


図3 各タイプの試験状況(終局)

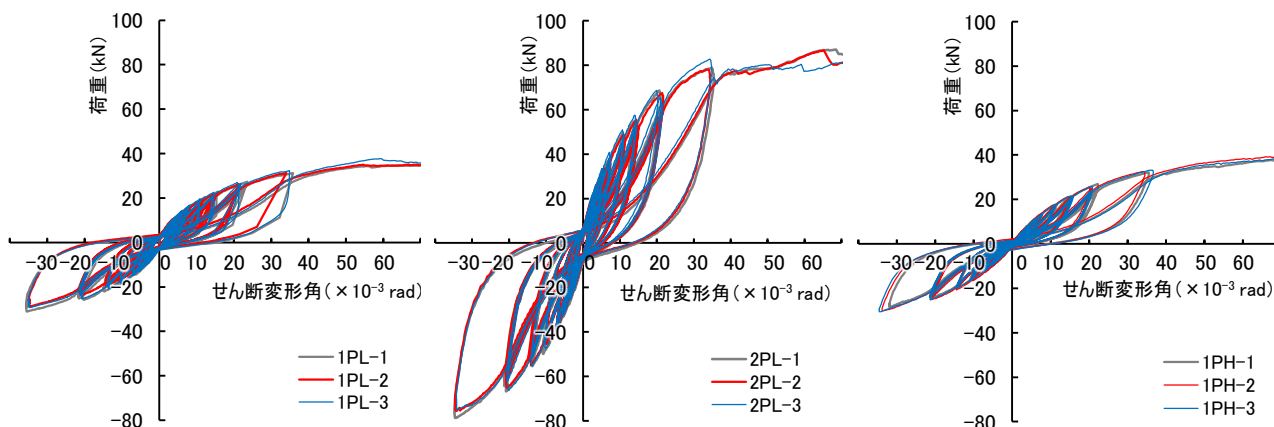


図4 各タイプの荷重-せん断変形角曲線

表1 各タイプの短期基準せん断耐力と壁倍率換算値

	標準タイプ (1PL)			幅広タイプ (2PL)			背高タイプ (1PH)		
	平均値	ばらつき係数	50%下限値	平均値	ばらつき係数	50%下限値	平均値	ばらつき係数	50%下限値
せん断耐力特性値 (kN)									
(a) 降伏耐力 $P_y$	19.88	0.960	19.08	50.59	0.936	47.35	22.20	0.993	22.04
(b) 終局耐力 $P_u \times (0.2/D_s)$	15.79	0.997	<u>15.74</u>	40.06	0.953	<u>38.18</u>	14.47	0.982	<u>14.21</u>
(c) 最大耐力 $P_{max} \times 2/3$	23.89	0.978	23.36	56.99	0.987	56.25	25.46	0.989	25.18
(d) 1/120rad時耐力 $P_{120}$	16.53	0.988	16.33	41.67	0.975	40.63	14.40	0.995	14.33
短期基準せん断耐力 $P_0$	15.74			38.18			14.21		
換算壁倍率 (倍)	8.03			9.74			7.25		

※ ばらつき係数 =  $1 - (\text{標準偏差} / \text{平均値}) \times \text{信頼水準75\%における50\%下限値を求めるための係数} 0.471$   
 50%下限値 = 平均値  $\times$  ばらつき係数  
 短期基準せん断耐力  $P_0 = (a), (b), (c), (d)$ の50%下限値の最小値  
 換算壁倍率 =  $(P_0 \times \alpha) / (1.96 \times \text{壁の長さ})$       $\alpha = 1$

## ■ 今後の計画

組子耐力壁で最大サイズの幅広-背高タイプの耐力試験と性能算定式の検討を行う。

## 木造建築物の温熱環境に関する研究 (室内環境における温湿度変化と気密性能変化)

資源利用課：竹嶋一紗・沖 公友・盛田貴雄

### ■目 的

近年、住宅・建築物における消費エネルギーが著しく増加しており、省エネ対策の強化が求められている。2019年5月公布の改正建築物省エネ法には、中・大規模の非住宅建築物について省エネルギー基準への適合義務化が盛り込まれた。しかし、現段階で基準を達成していない木造建築物も少なくないため、早急な対応が必要である。こうした中、本県では、新しい建築材料である CLT を用いた建築物が相次いで建てられており、それらは高い断熱性能を持つと期待されているが、実際にその温熱環境を測定して検証した事例は少ない。そこで本研究では、木材の更なる利用促進に向けて、CLT などの新しい建築材料を使用した木造建築物における断熱性能や気密性能、温湿度測定等から木造建築物の温熱環境を把握することを目的とする。

本年度は、CLT 建築物において継続的に行っている温湿度、気密測定などの結果から、木材の経年変化が与える室内環境の温湿度変化と気密性能変化について報告する。

### ■内 容

測定対象は、2階建て、延床面積 121.25m<sup>2</sup> の、CLT に一部木造軸組を併用した馬路村森林組合事務所とした。応接室の壁には、CLT と幅はぎパネル (以下 SWP) の2種類の木製壁パネルを使用し、床下は基礎断熱を採用している。

今回は、木材の経年変化が温湿度環境および気密性能に与える影響について取り上げる。

温湿度環境は、事務室の床下・室内の4ヶ所の値の平均値と外気の月別平均値を用いた。

気密性能試験は、2018年4月から隔月に実施した。(財)建築環境・省エネルギー機構の「住宅の気密性能試験方法」を参考に、気密測定器を用いて圧力差と通気量を測定し、気密性能の指標である相当隙間面積を算出した。また、温湿度変化による木材の膨張・収縮を観測するため、スケールを用いて木製壁パネルの間隙幅を測定した(図2)。施工時のクリアランスは2.0mmである。

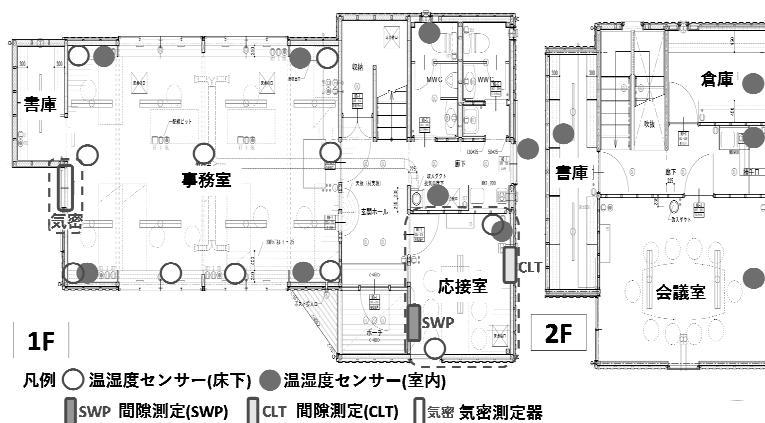


図1 測定実施状況

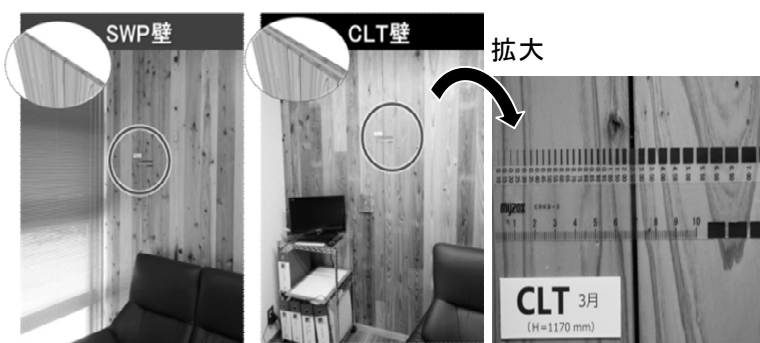


図2 木製壁パネルの間隙幅測定状況

## ■ 成 果

### 1) 温湿度

床下、室内、外気の温湿度推移（月別平均値）を図3に示す。

室内の温湿度環境と事務所衛生基準規則（温度：17℃～28℃、相対湿度：40%～70%）を照らし合わせると、夏季、冬季ともに基準を満たさない月が存在した。特に冬季の湿度は基準よりも下回る傾向にあった。

毎年湿度基準を下回っていた1月から、2021年における事務室内4ヶ所の一日の温湿度推移を図4に示す。1日を通して、室内湿度は低く乾燥した状態であった。室内北側と南側で温湿度分布が異なっており、温度は最大で6.9℃、湿度は15.9%の差が生じていた。このことから、室内の温湿度差を解消するため、加湿の必要性が認められた。

### 2) 気密性能

相当隙間面積と相対湿度の推移を図5に、木製壁パネルの間隙幅の推移を図6に示す。

年間の相対湿度の増減に対し、相当隙間面積は逆に減増することが確認できた。また、相当隙間面積は1.9 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>の最小値を軸としてプラス方向に変化する傾向にあった。

壁間隙の変動幅はCLT壁では小さく、SWP壁では大きい結果となったが、SWP壁の変動は前年と比べ、半分程度となっていた。SWP壁の変動は、相当隙間面積同様、0mmを軸にプラス方向に変化する傾向が確認できた。

## ■ 今後の計画

引き続き、馬路村森林組合事務所において、温熱環境及び気密性能の測定を行うとともに、一般木造住宅における温熱環境の測定およびその影響（結露等）を調べていく。

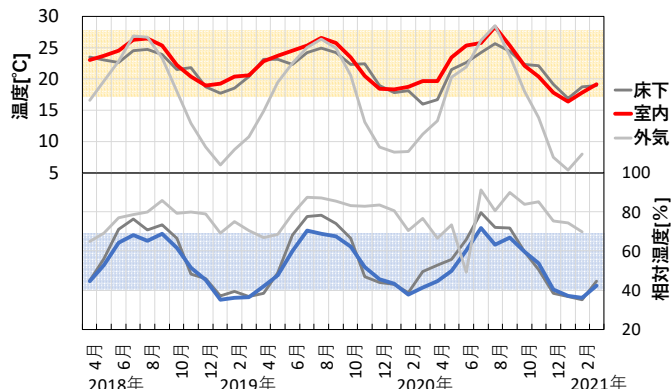


図3 床下、室内、外気の温湿度（月別平均値）の推移

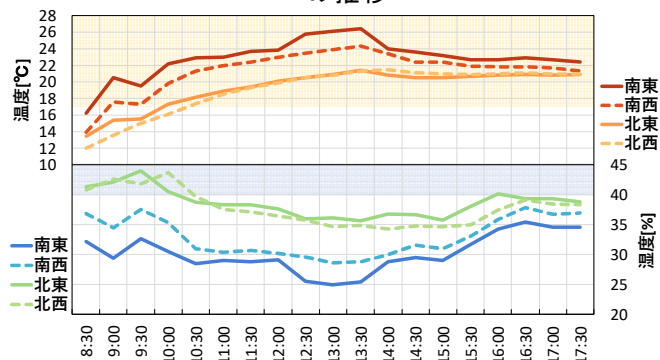


図4 2021年1月4日における事務室内の温湿度推移

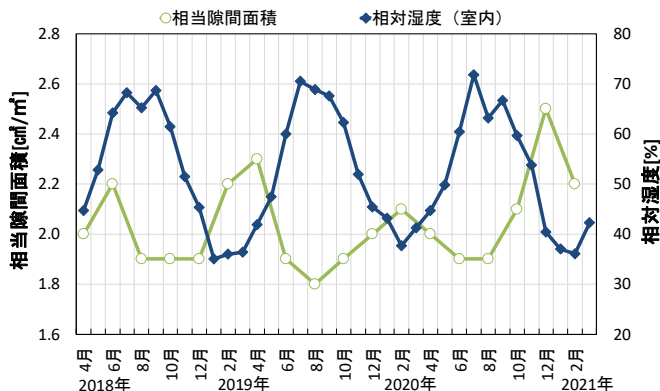


図5 相当隙間面積と相対湿度の推移

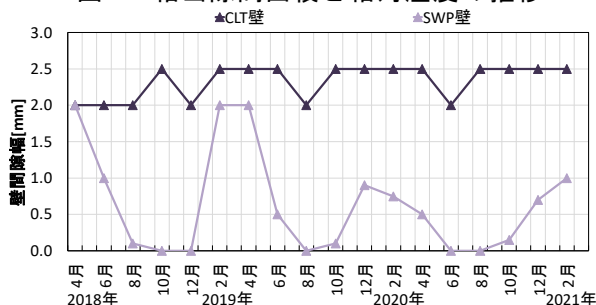


図6 木製壁パネルの間隙幅の推移

## 土木用木製構造物に関する研究 (既存木製構造物の修繕方法に関する検討)

資源利用課： 盛田貴雄・沖 公友・竹嶋一紗

### ■目的

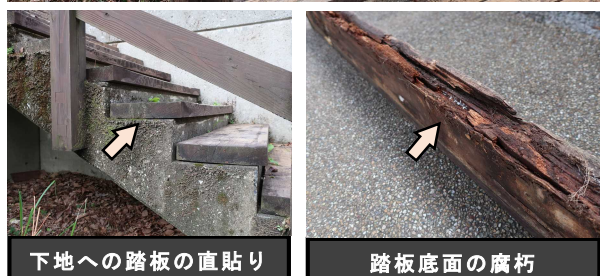
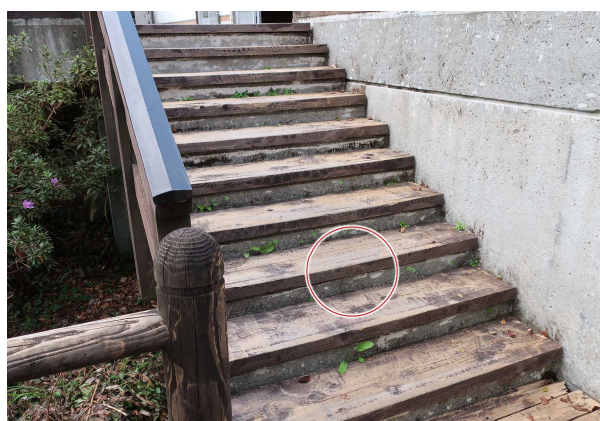
これまで県内で施工された外構用木製構造物は、経年劣化に対しての材料、構造などの設計方法や、点検、修繕などの維持管理方法が十分確立していないため、コンクリート製、鋼製及び樹脂製の製品に替わってきているのが現状である。

本研究では、県内で施工された外構用木製構造物の劣化調査とその修繕方法を試験検討することにより、経年劣化を考慮した設計方法や維持管理方法を確立することを目的とする。

本報告では、本年度行った調査のうち、外構用の木製構造物として劣化の直接的要因となった構造を有していた木製階段と木製看板について、調査結果とその修繕方法を検討したので報告する。

### ■内容

調査した木製階段と木製看板（図1、図2）は、いずれも施工後20年以上経過していた。木製階段は、コンクリート製の下地に踏板が直貼りされており、水はけや通気性が悪く、踏板底面が腐朽している状況であった。木製看板については、支柱脚部が箱型の金物に挿入されていたが、この金物に水抜き穴が無く、雨水が滞留する構造になっており、支柱脚部が激しく劣化している状況であった。木材腐朽度測定器ピロディンによる測定でも、いずれも要交換と判断されるレベルの腐朽度であった。これらの状況を踏まえて、修繕方法を検討・実施することとした。



下地への踏板の直貼り

踏板底面の腐朽



支柱金物内の雨水の滞留

支柱脚部の腐朽

図1 木製階段の外観及び劣化状況

図2 木製看板の外観及び劣化状況

## ■成 果

木製階段の修繕状況を図3に示す。コンクリート製の下地に防腐処理した根太を後付けアンカーで固定し、その上に踏板を取り付けて、踏板底面に空間を設ける方法で修繕を行った。この方法により、踏板底面の水はけや通気性を改善し、踏板の劣化の低減が期待できる。

木製看板の修繕状況を図4に示す。木製看板では、支柱が挿入されていた金物に雨水が滞留しており、水抜き加工を検討したが、金物が地中に埋設されており、水抜きの効果が十分期待できなかつた。そこで、新たに逆T型の金物を既存金物の上部に溶接し、防腐処理した支柱をボルト接合する方法で修繕を行った。この方法により、支柱と金物との空間が確保され、金物での雨水の滞留も無くなり、支柱の劣化の低減が期待できる。



図3 木製階段の修繕状況



図4 木製看板の修繕状況

## ■今後の計画

引き続き、既存の木製構造物の劣化状況の調査を行うとともに、それらの構造物の修繕方法を検討して、木製構造物の耐久設計や維持管理のための調査・試験データを蓄積していく計画である。

## ウバメガシ林の再生に関する研究

(薪炭林皆伐地に植栽したウバメガシ苗木の成長)

森林経営課：黒岩宣仁・藤本浩平・和食敦子 企画支援課：黒岩準彦

### ■ 目的

近年、国産備長炭の需要が高まっている。高知県は土佐備長炭の生産量を増大させる取組を展開しているが、ウバメガシの資源量は限られるため、ウバメガシ林の造林技術の確立が急務となっている。そこで本研究は、実際の薪炭林を試験地とし、皆伐跡地への植栽等、低コストで普及が期待できる造林技術の開発を目的とする。本年度は4年間の植栽地の苗木の成長について報告する。

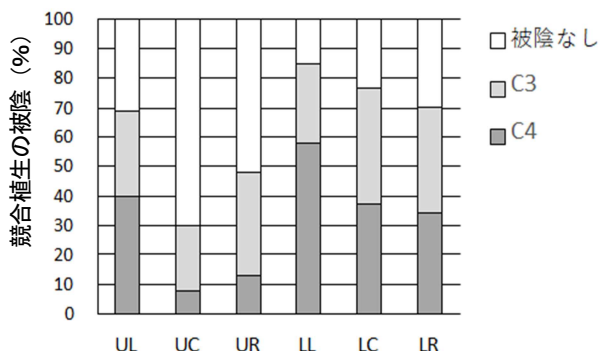
### ■ 内容

2017年に室戸市羽根の薪炭林に試験区を設定し、皆伐後の春期と秋期に3年生のウバメガシの苗木1200本を植栽した。図1に示す6区画(1区画10m×10m)を設けて毎年冬期に、形状(樹高、枝張り、根元直径)や雑草木との競合状況等を調査し、植栽密度1本/m<sup>2</sup>と3本/m<sup>2</sup>、斜面の上下、雑草木との競合等による成長の違いを調査した。

### ■ 成果

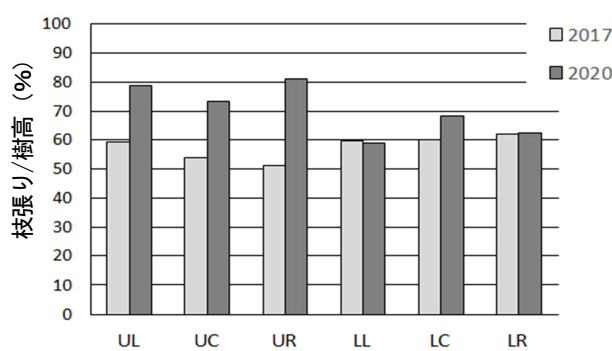
図2に各区画の雑草木との競合状況を、図3に樹高と枝張りの平均値から求めた樹形を示す。斜面下部で雑草木との競合が高まり、競合が少ない斜面上部で枝が広がって樹形が球形に近づいている。

図4に植栽後4年間の樹高の成長過程を、図5に同じく枝張りの成長過程を示す。苗木成長は樹高も枝張りも経年と共に個体差が大きくなっている。樹高では概ね斜面下部の成長が良く、枝張りは植栽密度1本/m<sup>2</sup>のUR(上右)とLC(下中)の成長が良い。なお、図は省略したが、根元直径は植栽密度3本/m<sup>2</sup>で雑草木との競合も大きいLL(下左)が他に比べて有意に低い値となった。



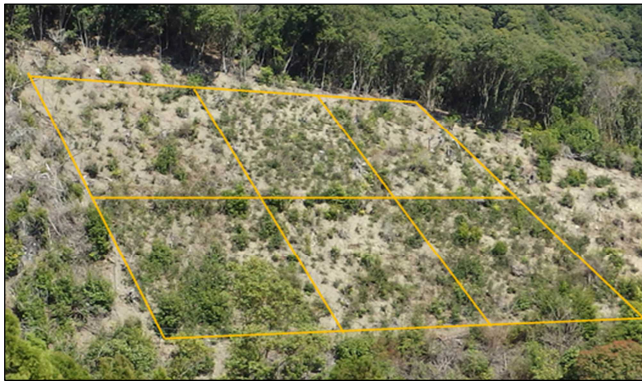
※C3は植栽木と同程度の高さ C4は被陰される状態

図2 競合植生の被陰状況 (2020.12)



※100%で樹高と枝張りが等しい球形の状態

図3 樹形 (枝張り/樹高)



<b>UL</b> (上左) 植栽密度1本/m <sup>2</sup> 植栽2017秋	<b>UC</b> (上中) 植栽密度3本/m <sup>2</sup> 植栽2017秋	<b>UR</b> (上右) 植栽密度1本/m <sup>2</sup> 植栽2017春
<b>LL</b> (下左) 植栽密度3本/m <sup>2</sup> 植栽2017春	<b>LC</b> (下中) 植栽密度1本/m <sup>2</sup> 植栽2017春	<b>LR</b> (下右) 植栽密度3本/m <sup>2</sup> 植栽2017春

図1 試験地の現況と植栽試験区位置図

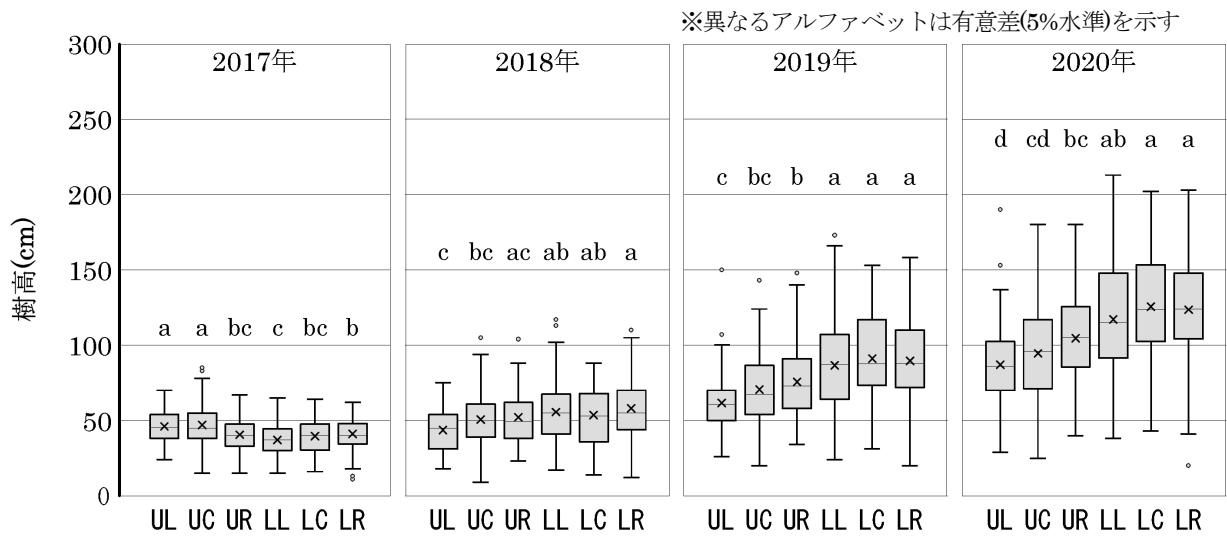


図4 植栽試験区毎の樹高成長経過図

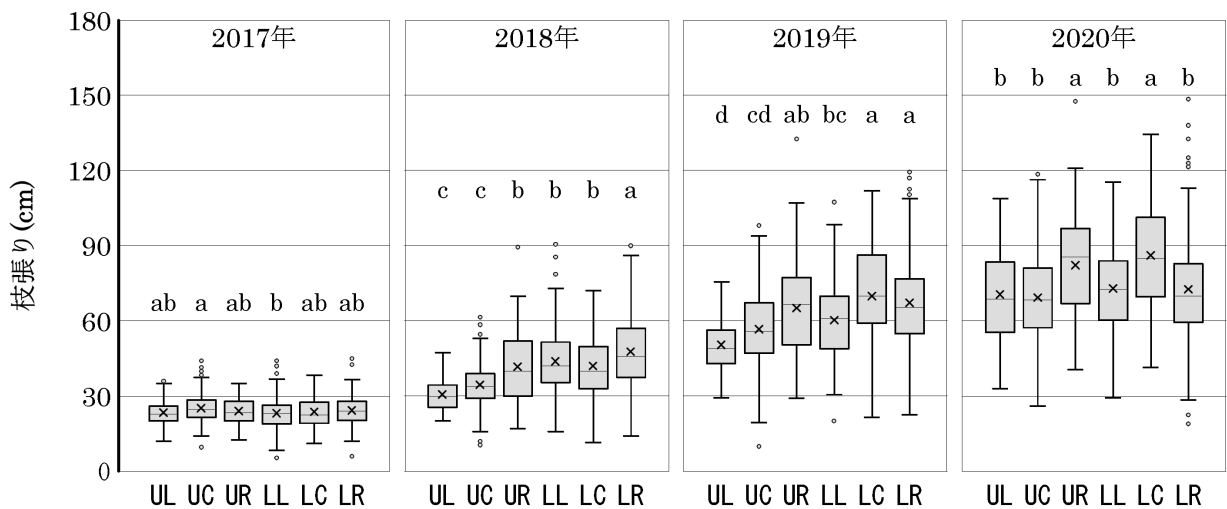


図5 植栽試験区毎の枝張り成長経過図

### ■今後の計画

最終年度である次年度は、引き続き各試験項目の計測を行い、5年間の苗木の成長量を把握し、植栽密度、立地、競合植生などとの関係を明らかにする。また、択伐の効果や直播き苗の実効性の検証などを行い、調査結果をとりまとめる予定である。



## スギ・ヒノキ人工林を活用した山菜等の栽培に関する研究

(試験品目の選定と1年目の成長)

森林経営課：黒岩宣仁・和食敦子 企画支援課：黒岩準彦

## ■ 目的

高知県では、中山間地域の人口減と高齢化が加速し、県は対策として集落活動センターを核とした支援を行い、中山間地域での特用林産物の生産普及を目指している。その中で中山間地域において生産される山菜等は、全国的な担い手不足で供給量の低下が懸念される反面、消費者の健康志向、食の多様化等で需要の拡大が期待されている。また、この栽培に中山間地域の大半を占めるスギ・ヒノキ人工林の林床を活用できれば、広い栽培面積が確保され、林業経営者の副収入源になり、中山間地域の活性化につながる可能性がある。

そこで、本研究は、山菜に限らず多くの商品作物の中から、高知県のスギ・ヒノキ人工林での栽培に適した品目を選定し、次の本格的な栽培試験につなげることを目的とする。

## ■ 内容

商品作物として流通している山菜、薬用植物、花卉等の中から人工林への適応性、市場性、公的研究機関での試験実績などを考慮して、表1に示す24品目を選出し既存文献等の情報を収集した。さらに、この情報をもとに将来性や温暖多雨である高知県への適応性等を検討して、試験に供用するクサソテツ、ウワバミソウ、ヒメウコギ、トウギボウシ、オオバギボウシ、ハラン、モミジガサの7品目を選定した。

令和2年4月に当センター内に試験地を整備し、選定した7品目を植え付け1年目の成長量を調査した。

表1 候補品目

山菜等（食）	モミジガサ（しどけ）、ウワバミソウ（みず）、ヒメウコギ、オオバギボウシ（うるい）、ワサビ、クサソテツ（ごごみ）ミヤマイラクサ（あいこ）、アマドコロ、コシアブラ、イタドリ、ツワブキ、ワラビ、アケビ （計13品目）
薬用植物等（薬・健）	オウレン、イカリソウ、トチバニンジン（チクセツニンジン）、オクタネニンジン（チョウセンニンジン）、ウラジロガシ、クロモジ、（計6品目）
花卉等（観賞）	ハラン、ハナイカダ、ハイノキ、ナツハゼ、アセビ（計5品目）

試験地は表2に示すとおりで、湿度と照度が保たれる凹地形を選び間伐を行った後、スケルトンバケット装着の油圧ショベルで雑草木の根や礫を除去し耕耘した。獣害用防護柵を設置し、各試験区の中央に照度、温度、湿度を測定する気象観測装置を設置した。試験区の均質性を保つため、小区画に分けて植栽し、施肥は行わなかった（図1, 図2）。令和2年5月に植栽して計測し、栄養成長が休止する9月に再度計測した。計測項目は表3のとおりである。

表2 選定品目と植栽

選定品目	総数(株)	密度植栽 株数/m <sup>2</sup>	植栽 総面積m <sup>2</sup>	ヒノキ上		ヒノキ下		スギ	
				面積m <sup>2</sup>	小区面積 × 箇所数	面積m <sup>2</sup>	小区面積 × 箇所数	面積m <sup>2</sup>	小区面積 × 箇所数
クサソテツ	100	5	20	5	2m <sup>2</sup> ×1 3m <sup>2</sup> ×1	5	2m <sup>2</sup> ×1 3m <sup>2</sup> ×1	10	1m <sup>2</sup> ×1 3m <sup>2</sup> ×1 2m <sup>2</sup> ×3
モミジガサ	100	5	20	6	2m <sup>2</sup> ×3	4	2m <sup>2</sup> ×2	10	2m <sup>2</sup> ×5
ウワバミソウ	100	10	10	0	-	4	2m <sup>2</sup> ×2	6	1m <sup>2</sup> ×2 2m <sup>2</sup> ×2
ヒメウコギ	50	3	16	4	2m <sup>2</sup> ×2	4	2m <sup>2</sup> ×2	8	2m <sup>2</sup> ×4
トウギボウシ	50	5	10	2	2m <sup>2</sup> ×1	3	3m <sup>2</sup> ×1	5	2m <sup>2</sup> ×1 3m <sup>2</sup> ×1
オオバギボウシ	50	5	10	5	2m <sup>2</sup> ×1 3m <sup>2</sup> ×1	2	2m <sup>2</sup> ×1	3	3m <sup>2</sup> ×1
ハラン	50	3	16	4	2m <sup>2</sup> ×2	4	2m <sup>2</sup> ×2	8	2m <sup>2</sup> ×4



図1 ヒノキ人工林試験地

表3 計測項目

計測項目	高さ(草丈)	葉張り	葉長	葉幅	葉数	茎径	基本数	茎枝数	成長率因子
クサソテツ	○	○			○	○			茎断面積合計
ウワバミソウ	○	○				○	○	○	茎断面積合計
ヒメウコギ	○	○				○	○		茎断面積合計
トウギボウシ	○	○			○	○			葉枚数
オオバギボウシ	○	○			○	○			葉枚数
ハラン	○	○	○	○	○	○			葉面積
モミジガサ	○				○	○			



図2 スギ人工林試験地

### ■ 成果

品目によって計測部位が異なるため成長率で比較した。表3の成長率因子を用いて算出した成長率を図5に示す。スギ林がヒノキ林より概ね成長が良く、モミジガサは夏に大半が枯死した(図3)。ハランやヒメウコギの成長は緩やかであった。ギボウシ類も成長は緩やかで、オオバギボウシよりトウギボウシの成長が良かった。クサソテツも成長は緩やかで地下茎を伸ばし個体数が増加した。ウワバミソウの成長率は大きく増加した(図4)。しかし、これらの品目は木本や多年草であり、成長をはじめるまでに時間がかかる種類もあるため、評価には2年目以後の成長量の把握が重要である。

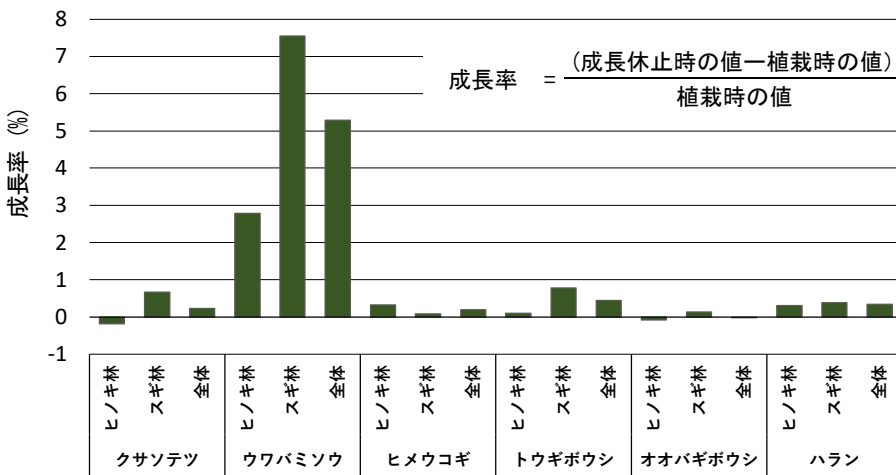


図5 スギ・ヒノキ人工林下での試験品目の成長(1年目)



図3 枯死したモミジガサ



図4 ウワバミソウ生育状況

### ■今後の計画

前年度に引き続き2年間、栄養成長初期と終期の計測を行い、人工林を活用した栽培に最適の品目の選定を行う。

## サカキ・シキミの栽培技術向上に関する研究

(サカキ苗の人工被陰下での栽培試験)

森林経営課：藤本浩平・黒岩宣仁

### ■ 目的

サカキやシキミは、安定した需要が望める特用林産物である。サカキは国産品の代替となっていた中国産品の価格上昇もあり、市場では品質の高い国産品の需要が高い。サカキは人工林下での栽培に適しており、林業経営者にとって安定した副収入源となることが期待される。

しかし、栽培に適した光条件については不明な点が多いことから、照度の異なる条件下で、サカキ実生苗を育成し、成長を測定した。

### ■ 内容

苗の個体差をできる限り小さくするために同一個体から採種した1年生サカキ苗を用い、初期条件を揃えるために主軸を15cmで切りそろえて試験に供した。供試苗を育苗したガラス温室内に遮光率35%、60%、90%の遮光ネットを用いた網室を設定し、サカキ苗を各網室内および網室外（対照区）で育苗した（図1）。灌水はミスト自動灌水で各区とも同一条件とした。ガラス温室内の各網室内および網室外と屋外の5カ所に照度を記録するためのロガー（TR-74Ui）を設置し、1時間毎の照度（lx）を記録して8:00～16:00の値を用いて相対照度を求めた（表）。

2019年4月に網室で各区49本ずつ育苗を開始し、2019年4月、7月、2020年6月に苗高を測定した。葉は前年葉と当年展開葉を区別して長さおよび最大幅を測定した。

表 各試験区の光条件設定

	A区	B区	C区	D区
遮光ネットの遮光率表示	90%	60%	35%	—
相対照度	0.8%	3.9%	4.5%	20.5%

### ■ 成果

1年後の枯死率はA区で8%、B区で2%、C区で0%であった。A区は新梢の伸長がほとんどみられず（図1）、葉サイズは他の遮光区より明らかに小さかった（図2）。対照区であるD区と比較して、B区、C区とも苗高が高く、葉のサイズが大きかった。B区がC区より苗高が高いものの有意な差はみられず、苗高や葉の大きさはほぼ同様の傾向であった。

被陰下では葉を大きくすることで環境に適応しているものの、相対照度が1%程度では生育に悪影響がみられることが明らかとなった。

### ■ 今後の計画

実際の林内での生育状況との比較を行い、照度管理について検討する。成果は普及指導活動に利用できるように栽培マニュアルに掲載する。



図1 網室内の状況 (2021年2月 左A区、右C区)

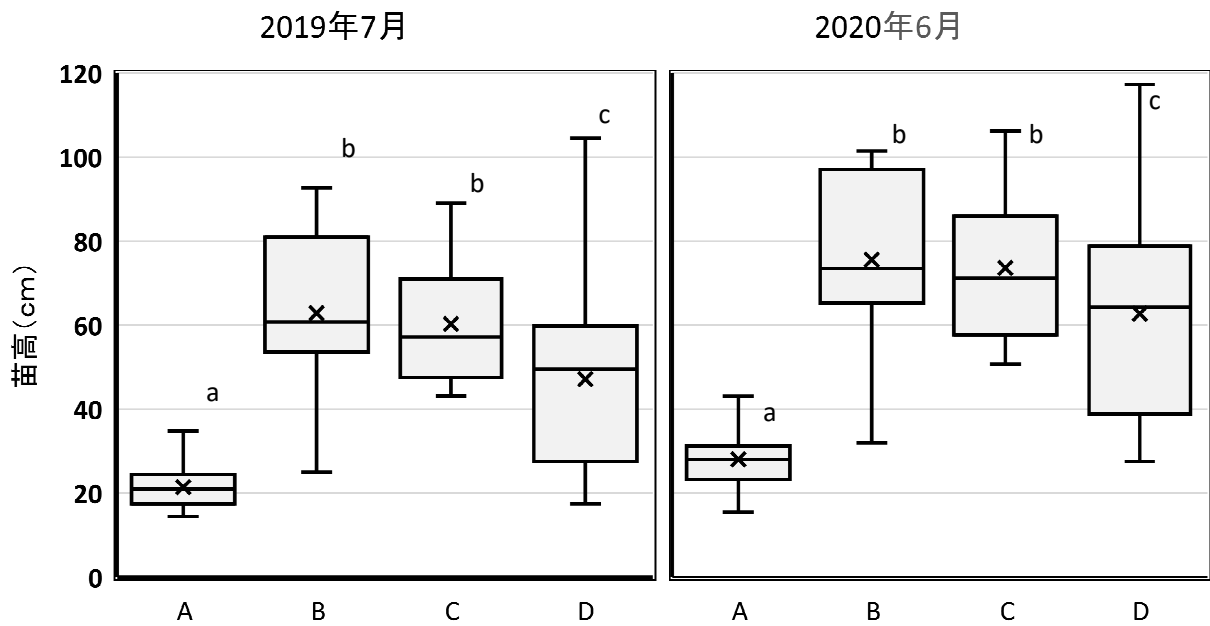


図2 試験区毎の苗高

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で有意差がみられたことを示す (p<0.05)

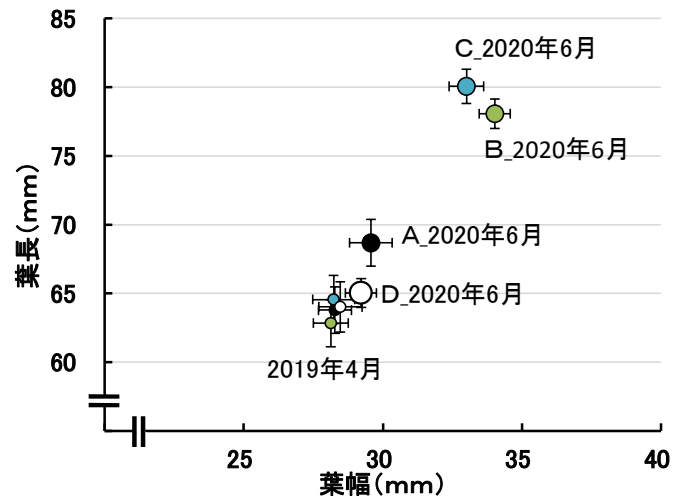


図3 試験区毎の葉の大きさ

## 地域に産する黒トリュフの感染苗作出技術に関する研究

森林経営課：和食敦子・黒岩宣仁・渡辺直史

### ■ 目 的

平成29年に馬路村内で黒トリュフ2種（イボセイヨウショウロ、アジアクロセイヨウショウロ）が確認された。トリュフ（写真1）は高級食材として扱われる食用きのこの一つで、国内で消費されているトリュフの多くは海外産である。トリュフの仲間（セイヨウショウロ属）は日本各地で発見されており、国産トリュフの栽培化に向けて森林総合研究所を中心に研究が行われている。栽培化に向けた試験を行うためには菌株を保有する必要があるが、トリュフは樹木の根を菌糸で覆い共生して生活する菌根菌の一種であるため、菌糸など菌体のみでの保存は難しいとされている。このため、トリュフが根に感染している苗（以下、トリュフ感染苗）の状態での保存および増殖が不可欠である。本研究では、黒トリュフ栽培化に関する研究に供するため、トリュフ感染苗を作出することおよびその技術を確立することを目的とする（図1）。今回は、苗木への孢子散布とトリュフ発生地へのコナラ種子播種を行った結果を報告する。

### ■ 内 容

#### 1) 孢子散布による感染苗作出

コナラ種子を30%過酸化水素水で殺菌し、オートクレーブで滅菌した培養土（赤玉土：パーライト＝1：1）に2019年11月に播種した。育苗に供したビニールポットと鉢底網は次亜塩素酸ナトリウム水溶液に30分以上浸して殺菌した。採取してきたトリュフから孢子（写真2）懸濁液（写真3）を作成し、2020年9月にコナラ苗（写真4）19本に散布した。コナラ苗は競合菌の混入を防ぐため室内で育成した。

#### 2) トリュフ発生地への種子の播種による感染苗作出

トリュフ発生地にコナラ種子50個を2019年10月に播種し、2021年1月にその実生を掘り取ってポットに移植した。次年度の実生採種のため2020年11月にトリュフ発生地にアカガシ種子50個を播種した。

### ■ 成 果

#### 1) 孢子散布による感染苗作出

育成したコナラの根を目視および顕微鏡により観察した結果、19本中15本で菌根の形成を確認した（写真5）。菌根の確認されたコナラ苗2本と根のみのサンプル2つを森林総合研究所に送りDNAによる種の同定を依頼した結果、根のみサンプルの1つはトリュフの菌根であると確認された。

#### 2) トリュフ発生地への種子播種による感染苗作出

コナラ実生45本を採取できたが、根が少なかったため菌根の確認は行わずハウス内で育苗している。

## ■今後の計画

胞子散布による感染苗作出、トリュフ発生地への種子播種による感染苗作出を継続して行う。また、発生地の環境データの取得、感染苗を植栽する発生試験地の設定を行っていく。

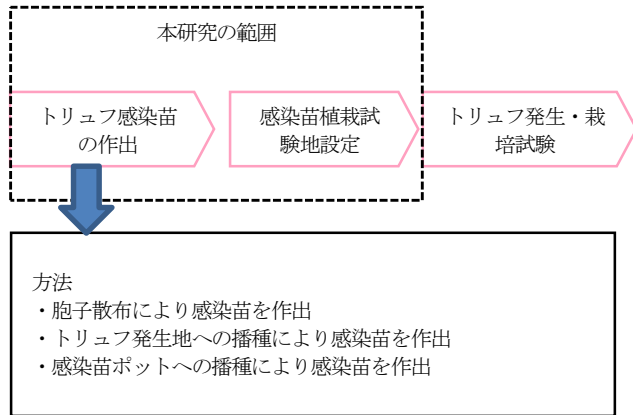


図1 研究フロー



写真1 トリュフ子実体

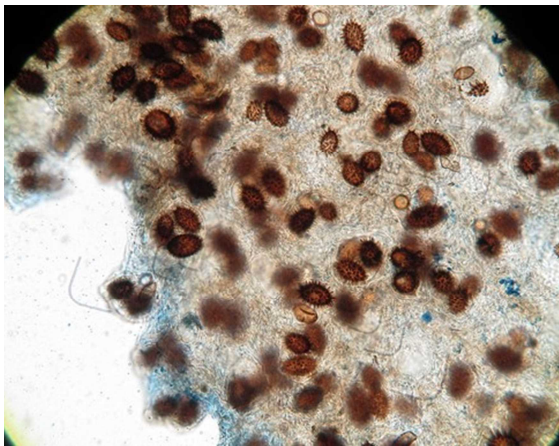


写真2 トリュフ胞子



写真3 トリュフ胞子懸濁液



写真4 コナラ無菌苗



写真5 コナラの根に形成された菌根

## 林業技術の普及（企画支援課）

## 1 人材育成、研修業務

研修の名称	主な内容	人数(人)
(1) 林業技術職員等		316
林業技術職員 基礎研修	森林・林業・木材産業に関する技術的な基礎知識及び実技を習得する。	6
特用林産研修（全7回）	中山間地域の振興に不可欠な特用林産物生産の実態を知り、栽培や振興に必要な知識を習得する。	126
特用林産総論	高知県の特用林産の種類、分野別特用林産産業の紹介、地域の活性が期待できる新たな品目	29
花き類①	山取花木の種類と市場性、増殖技術（挿し木、接ぎ木、取り木）	26
花き類②	シキミ・サカキの市場の動向、病虫害の種類と防除方法	12
きのこ①	菌床の基礎、菌床栽培で発生する害虫と防除方法等（座学）、菌床シイタケ栽培施設（視察研修）	16
きのこ②	原木きのこ栽培の種類、シイタケ原木栽培、病虫害防除（座学）、シイタケ・ナメコ原木栽培（実習）	14
花き類③	シキミ・サカキの剪定技術、管理と出荷方法	24
山菜	山菜の種類と栽培、高知県に適した品目と栽培方法	5
林業架線講習	集材機の据え付け、支柱作設、索張り、主索の安全係数の点検、ワイヤー加工など見学・体験	1
ドローン研修（基礎編）	ドローンの関係法令、リモートセンシングなど活用方法（座学）	14
ドローン操作研修	ドローン操作の練習方法（座学）、飛行前チェック・ドローンの操作（実習）	7
ウバメガシ育苗研修	育苗・植栽技術について、ポット苗・コンテナ苗の特徴（座学）、コンテナへの播種（実習）	15
技術研修会	地形に適した作業システムの選択に関する研修	70
チェンソー研修：特別教育	伐木等の業務に係る安全衛生特別教育（労働安全衛生規則第36条台8号）	16
チェンソー研修：補講	旧特別教育修了者の補講（7回）	61
(2) 林業事業者等		159
緑の雇用集合研修（座学：7日）		113
森林施業プランナー育成研修（一次研修：3日）		7
架線作業主任者講習（実技：7日）		4
労働災害防止の集団指導会（座学：1日）		35
計		475

## 2 普及指導業務

区分	主な内容	件数(件)
(1) 森林組合の生産性向上	森林組合の生産現場の生産性向上支援。実際に現場を確認し、改善指導や提案を繰り返して、生産性向上の支援を実施	6
(2) 林業普及指導事業外部評価会	林業普及指導員の活動成果について、外部評価委員による評価を受け、普及指導活動の改善に結びつけるため外部評価会を実施	1

林業技術の普及（企画支援課） 状況写真



林業技術職員 基礎研修(座学)



林業技術職員 基礎研修(実習)



林業技術職員 基礎研修(実習)



特用林産研修(座学)



特用林産研修(実習)



特用林産研修(現場視察)



ドローン操作研修(座学)



ドローン操作研修(実習)



ウメガシ育苗研修(実習)



架線作業主任者講習(実技)



架線作業主任者講習(実技)



架線作業主任者講習(実技)



森林組合の生産性向上(提案)



森林組合の生産性向上(指導)



森林組合の生産性向上(指導)



林業普及指導事業外部評価会



林業普及指導事業外部評価会



林業普及指導事業外部評価会



## 令和2年度 依頼試験等実績

## ■ 依頼試験及び設備利用

区 分	件数 (件)	備 考
依 頼 試 験	19	うち県内企業 17 件
音 響 性 能	3	うち県内企業 1 件
製 品 性 能	15	うち県内企業 15 件
木 質 エ ネ ル ギ ー	1	うち県内企業 1 件
水 質 分 析	0	うち県内企業 0 件
そ の 他		うち県内企業 件
設 備 利 用	8	うち県内企業 7 件

## ■ 技術相談・指導

区 分	件数 (件)	人数 (人)	備 考
森 林 経 営	6	23	現場管理等
森 林 管 理	76	181	森林施業等
育 苗 ・ 育 種	7	8	コンテナ苗等
森 林 保 護	56	99	獣害、病虫害等
緑 化	15	58	造園木の管理等
林 業 機 械	73	204	集材方法等
特 用 林 産	50	94	きのこ類、シキミ・サカキ、木炭等
製 材 ・ 乾 燥	81	96	乾燥施設等
木 材 利 用 ( 建 築 )	79	97	木造住宅用部材等
木 材 利 用 ( 土 木 )	8	9	土木工事用木製構造物等
木 材 利 用 ( 家 具 類 )	13	15	木製家具等
木 質 バ イ オ マ ス	2	2	木質チップ、木質ペレット等
そ の 他	42	114	含水率、強度試験測定等
計	508	1,000	

## ■ 講師

研修等の名称	依頼主	件数(件)	人数(人)
緑の雇用集合研修、森林施業プランナー育成研修等	林業労働力確保支援センター	15	153
造林学、架線技術、木実構造設計、材料実験・測量(梁曲げ試験)等	林業大学校	32	334
チェーンソー研修、特用林産研修等	県(本庁・出先機関)	16	171
架線作業主任者研修、労働災害防止研修等	その他	10	195
計		73	853

## ■ 委員

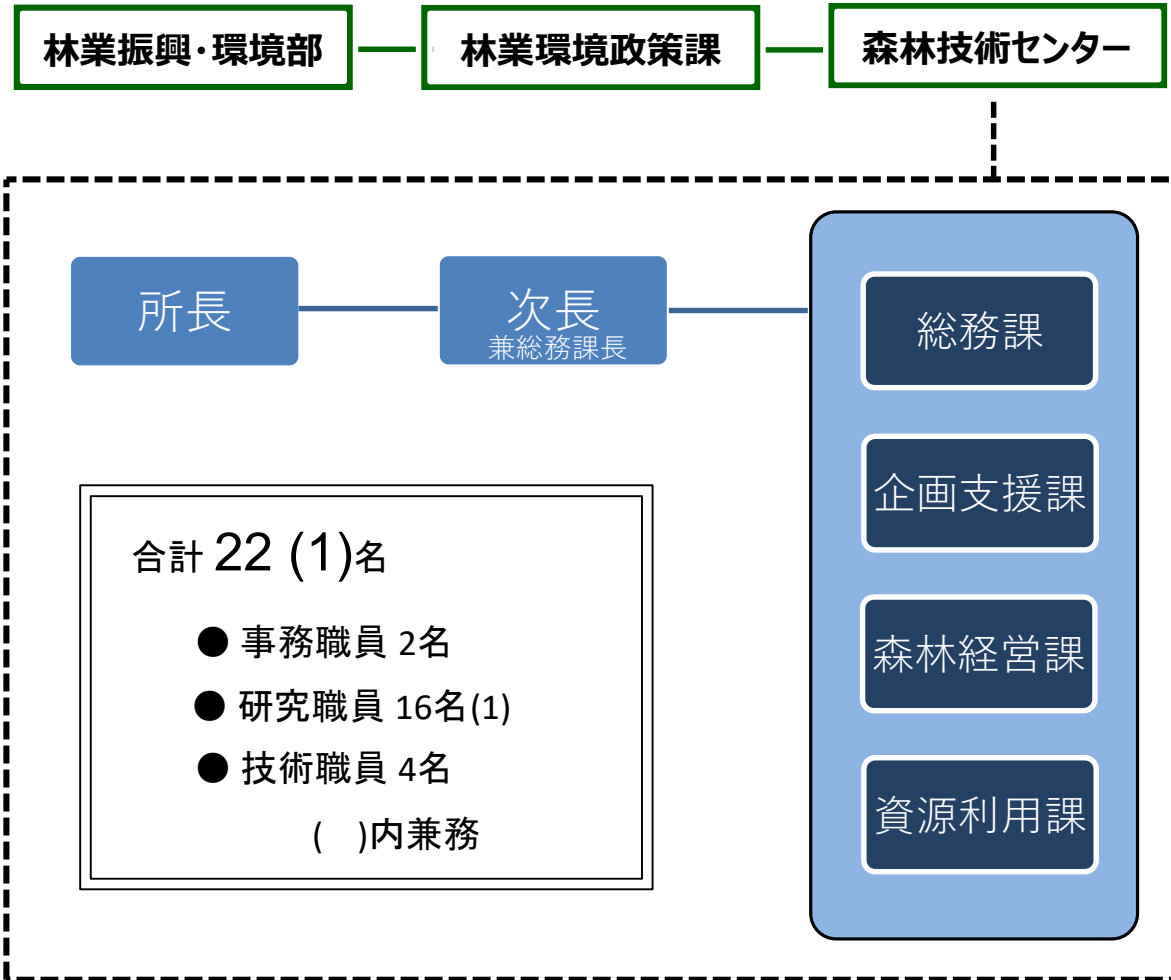
委員会等の名称	主催者	件数(件)	備考
四国森林管理局技術開発委員会、香美市未来の森づくり委員会等	国・市町村等	10	
地形情報整備委託業務プロポーザル審査委員会等	県	2	
森林作業システム高度技術者育成事業に係る検討委員会、学会等	その他	4	
計		16	

注) 件数は、委員等への参加回数。

## ■ 視察・インターンシップ

区分	所属	件数(件)	人数(人)	備考
視察	徳島県	2	4	
視察	森林総合研究所林木育種センター	1	2	
視察	高知県立幡多農業高校	1	15	
計		4	21	

## 組 織 図



表紙の写真：ドローンにより撮影した高知県立森林技術センターの全景（H30年6月）

この研究成果報告書についてのお問い合わせ先

高知県立森林技術センター

〒782-0078 高知県香美市土佐山田町大平80

T E L 0887-52-5105      F A X 0887-52-4167

E-mail 030102@ken.pref.kochi.lg.jp

U R L <https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030102>

**※本誌から転載・複製する場合は、当センターの許可を得てください。**