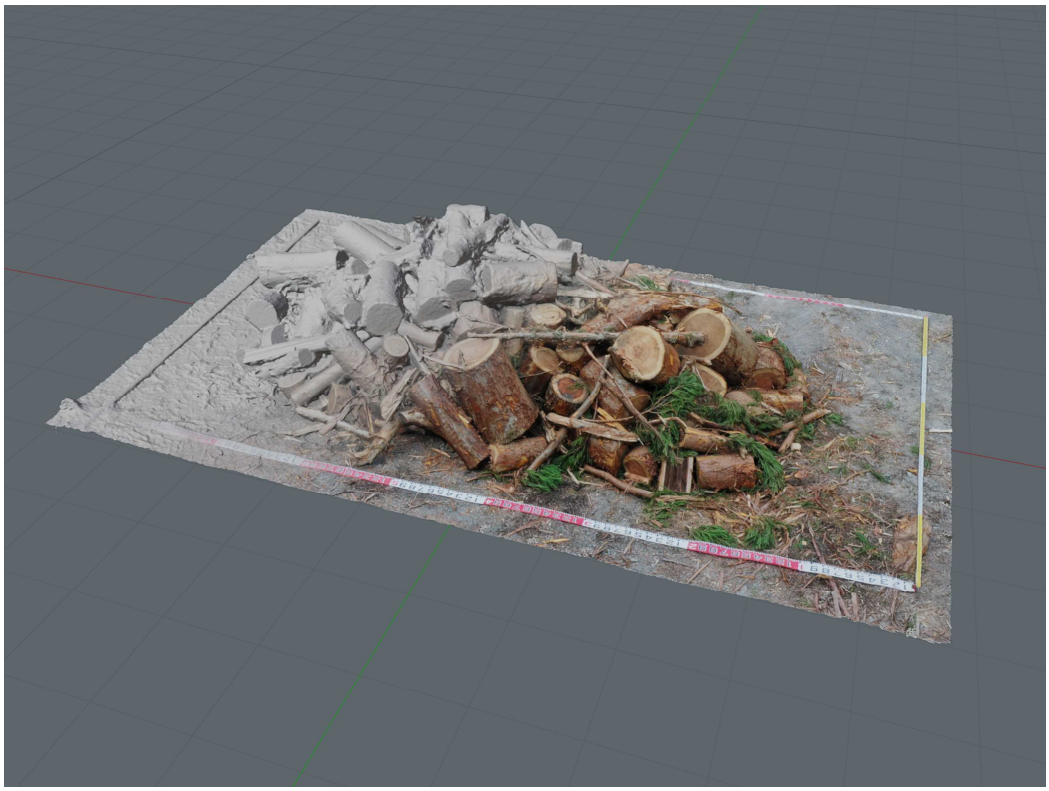
令和５年度

研　究　成　果　報　告　書



体積測定のために作成したスギ端材３Ｄモデル

令 和 ６ 年 ４ 月

高知県立森林技術センター

目　　次

■ 原木生産の拡大

1　先端林業機械を活用した新たな作業システムの研究 （森林経営課）・・・・・・・・・・・・・ 1

（自走式木材破砕機による枝条等処理の体積変化率について）・・・・・・・・・・・・・・・・1

（UAV 空撮画像と SfM 技術を用いた中間土場の枝条・端材体積の測定）・・・・・・・・・・ 3

2　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

3　スギの収穫量予測と UAV 等による資源量把握に関する研究（森林経営課）・・・・・・・・・・ 7

■ 木材産業のイノベーション

4　乾燥材の効率的な生産システムに関する研究（資源利用課）・・・・・・・・・・・・・・・・・9

5　高知県産材の品質向上及び安定化に関する研究（資源利用課）・・・・・・・・・・・・・・・・11

■ 木材利用の拡大

6　高知県産ヒノキの効率的利用に関する研究（資源利用課）・・・・・・・・・・・・・・・・・・13

7　木造建築物の温熱環境に関する研究（資源利用課）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15

8　土木用木製構造物に関する研究（資源利用課）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17

■ 中山間対策

9　土佐備長炭原木確保のためのウバメガシ林造成に関する研究（森林経営課）・・・・・・・・・19

10　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）・・・・・・・・・・ 21

11　イタドリの品種選抜に関する研究（森林経営課）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23

12　木炭の生産向上に関する研究（資源利用課）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25

● その他の実績等

林業技術の普及（企画支援課）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 27

森林技術センターこの１年・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29

令和５年度依頼試験等実績・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31

組織図・・・ 33

先端林業機械を活用した新たな作業システムの研究

（自走式木材破砕機による枝条等処理の体積変化率について）

森林経営課：山﨑敏彦、中村知道

■目　的

近年国内では、ICT 等の先端技術を活用した林業機械の開発が進みスマート林業の普及促進が各地で展開されている。本県は急峻で複雑な地形が多いことから、先端林業機械の導入が停滞しており、十分な機械の稼働を裏付けるデータがない。また、現場での作業は常に危険で労働強度も高く、担い手の確保に支障が出ている。そこで、本県のような急峻で複雑な地形での先端林業機械の稼働状況を検証し、効果的な作業システムの構築と原木生産から植栽・保育に至るトータルコストの低減を図ることを目的とする。

本年度は、令和５年度高知県スマート林業実証等支援事業の自走式木材破砕機に関する調査を実施した際、スギの端材主体とヒノキ枝条を主体とした残材について、中間土場に置かれた状態から、破砕処理（ピンチップ）後における各段階での体積変化を調べたので、その変化率について報告する。

■内　容

2024 年２月に三原村倉谷山で、株式会社高知林業が皆伐を実施している山林から発生する林地残材について、**図１**の調査プロットから発生した端材主体（スギ）と、枝条主体（ヒノキ）を中間土場（三原村皆尾）に運搬した。なお、スギはヒノキと異なり、伐木や集材の過程で枝が折れ林床に散在する（**図２**）ため、集造材後の中間土場での枝条は少なくなる。

中間土場に置かれた元の体積は、UAV 空撮画像を用いた方法（撮影は端材等にブルーシートを掛けた状態）で求め、破砕処理後のピンチップ体積を 4t 箱ダンプの荷台容積（$9.9m^3$）から求めた（本誌 3～4 ページ参照）。土場置き体積の推定は、端材主体（スギ）は全量測定し、枝条主体（ヒノキ）については、①中間土場に置かれた元残材測定、②4t 箱ダンプ４車分を破砕機付近へ移動、③4 車分除いた後の残り山の体積を測定、①から③を差し引いて算出した。残材の破砕処理については、株式会社諸岡の自走式木材破砕機 MC-4000（諸元を**表１**に示す）を用いた。破砕処理状況を**図３**と**図４**に示す。

表１　調査対象機 MC-4000 の諸元

項　　目	仕　　様
機械質量	17,140kg
ホッパー口径[外径(内径)]	2,500(2,000)mm
車両寸法[長×幅×高]	6,270×2,940×2,880mm
出力	354kw／2,100min^{-1}

■成　果

各段階毎の体積変化率は**図５**のとおりである。端材主体（スギ）は元の体積から 1.44 倍に増え、枝条主体（ヒノキ）は元の体積から 0.43 倍となり、枝条の破砕処理は大きな減量効果があることが認められた。このことから伐出時に枝が折れにくく、造材時に多くの枝条が発生するヒノキ林分での効果が期待される。

なお、ベースマシン 0.45m³ クラスのグラップルによる破砕機へ連続投入処理を行った場合の 1 時間あたりピンチップ生産量は、端材主体（スギ）で 53m³、枝条主体（ヒノキ）で 46m³ と、試算された。

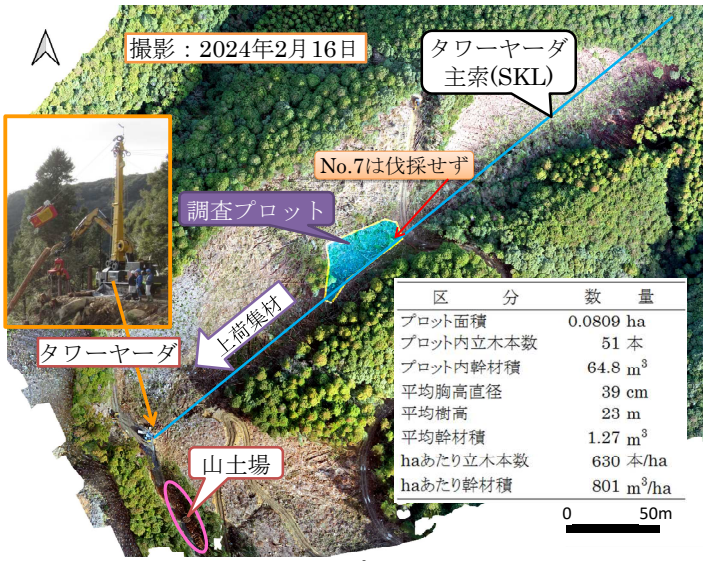


図 1　調査地（プロット）位置図

図 2　集材後の林床枝条状況

図 3　端材主体（スギ）破砕処理状況

図 4　枝条主体（ヒノキ）破砕処理状況

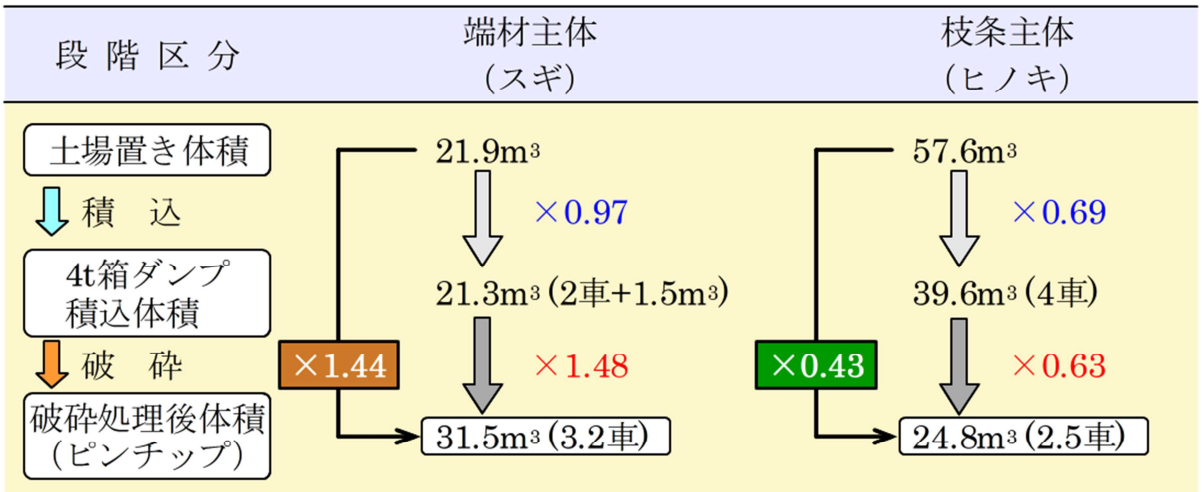


図 5　段階毎の体積変化率

先端林業機械を活用した新たな作業システムの研究

(UAV 空撮画像と SfM 技術を用いた中間土場の枝条・端材体積の測定)

森林経営課：中村知道、山﨑敏彦

■目　的

近年国内では、ICT 等の先端技術を活用した林業機械の開発が進みスマート林業の普及促進が各地で展開されている。本県は急峻で複雑な地形が多いことから、先端林業機械の導入が停滞しており、十分な機械の稼働を裏付けるデータがない。また、現場での作業は常に危険で労働強度も高く、担い手の確保に支障が出ている。そこで、本県のような急峻で複雑な地形での先端林業機械の稼働状況を検証し、効果的な作業システムの構築と原木生産から植栽・保育に至るトータルコストの低減を図ることを目的とする。

本年度は、令和 5 年度高知県スマート林業実証等支援事業の自走式木材破砕機に関する調査の際に UAV（Unmanned Aerial Vehicle）空撮画像と SfM（Structure from Motion）技術を用いた中間土場の端材体積の測定を試行した。

■内　容

2024 年 2 月に三原村皆尾で UAV 空撮画像と SfM 技術を用いた端材体積の測定を試行した。中間土場に設置したスギ端材の周囲に、長さの指標となる標尺や紅白ロッド等を設置し（**写真 1**）、UAV（Mavic2 pro）を用いて対象物をあらゆる方向から手動飛行で撮影した。自動飛行を用いなかったのは、端材の設置箇所と林縁が近く一部自動飛行ができない箇所があったためである。撮影データは SfM 処理ソフト（Metashape Professional）を用いて解析し、深度マップから 3D モデルを作成した（**図 1**）。作成した 3D モデルは底面がないため 3D モデル加工ソフト（Blender）を用いて底面を作成し、Blender のアドイン「3D-Print Toolbox」を用いて体積と 8 箇所（うち点 A は端材がない地面）の断面積を 3D モデルから算出した。比較手法として、トータルステーション（FX-105F）で 3D モデルの断面積算出地点と同じ 8 箇所の立体形状の変化点（目視による設定）を測量し（**写真 2・図 2**）、断面積から体積を算出した。また、4t 箱ダンプ(容積 9.9m^3)に積み込みを行い、ダンプ積載端材の体積を測定した。ヒノキ枝条も計測を行ったが、枝条はダンプ積み込み時に圧縮効果があり体積が大きく変動するため（本誌 1~2 ページ参照）、スギ端材のみで比較を行った。

■成　果

中間土場の端材測定では SfM 技術を用いた測定では 19.0m^3、トータルステーションを用いた測定では 18.4m^3 であった。ダンプ積載端材の体積は 21.3m^3（2.15 車（9.9m^3×2.15））となった（**表 1**）。また、断面積による比較は**表 2** のとおりであり（**表 2・図 3**）、断面形状の凹凸が異なるものの大きく離れる値とはならなかった。これにより UAV 空撮画像と SfM 技術を用いた測定方法でも端材等の体積測定が可能であることが明らかとなった。

※今回使用した SfM 処理ソフトは針形状の物体生成を苦手とするため、枝条が多い場合は撮影前に枝条の山をブルーシートで覆う等（枝等を覆った状態で）の処置が必要である。

写真 1　標尺等設置状況

図 1　作成した 3D モデル

写真 2　トータルステーションによる測定

表 1　スギ端材の体積測定結果

区　　分	体積(m^3)
UAV 空撮+SfM 処理	19.0
トータルステーションを用いた測定	18.4
ダンプ積載端材 (9.9m^3/車)	21.3 (2 車+1.5m^3)

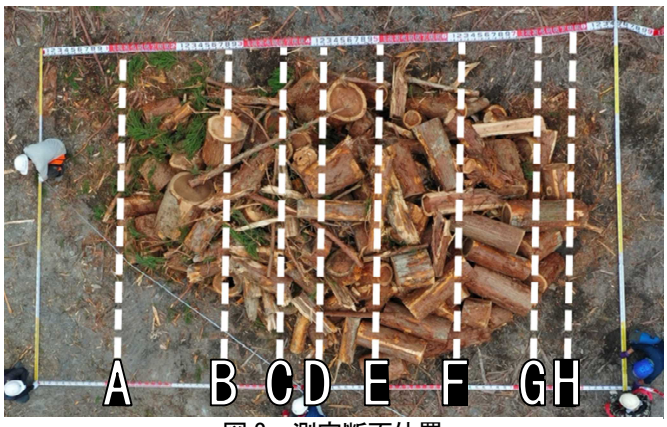
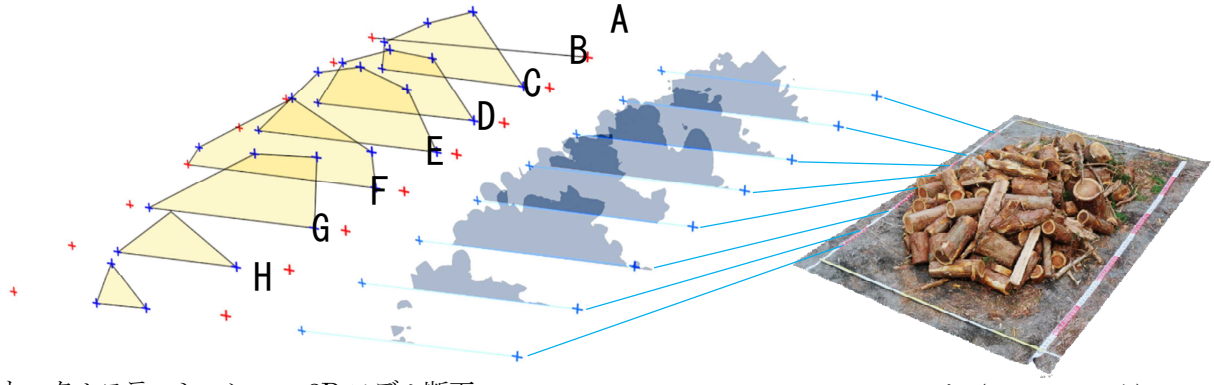


図 2　測定断面位置

表 2　断面積と断面積から求めた体積測定結果

断面	トータルステーション(m^2)	3D モデル(m^2)
A	0.00	0.00
B	2.85	2.74
C	3.20	3.10
D	4.24	3.95
E	4.54	4.39
F	3.52	3.18
G	1.32	1.39
H	0.48	0.11
体積	18.4 m^3	17.4 m^3



トータルステーション　　3D モデル断面　　3D モデル(テクスチャ有)

図 3　作成した断面図・3D モデル

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

（下刈りを省略した林分における除伐の省略）

森林経営課：渡辺直史、藤本浩平

■ 目　的

持続的に木材資源を生産・供給していく森林を育成するためには、皆伐後の再造林が不可欠であるが、植栽・下刈り等に要する経費は、現在の木材価格に対して非常に高額である。このため、皆伐後の植林が行われない再造林放棄地が増加し、健全で安定した森林蓄積を持続できなくなることが懸念されており、低コストで育林する技術の開発が急務となっている。

当センターの過去の研究から、育林低コスト化の方法として下刈りの省略は可能であることが分かったが、下刈りを省略した林分で除伐も省略できれば更なる低コスト化、省力化が期待できる。今回は下刈りを省略した試験地で除伐の有無による成長比較を行った結果を報告する。

■ 内　容

2010 年度に「毎年下刈り」、「隔年下刈り」、「無下刈り」の処理区を設定したスギ林下刈り省略試験地のうち植栽時の競合植生量が異なる 2 カ所の試験地（**表 1**）で除伐の有無による成長比較を行った。下刈り省略試験では各処理区に 3 反復の試験区を設定していたため（**図 1**）、2 試験区で除伐を実施し（除伐有 1、除伐有 2）、残る 1 試験区は除伐を行わずに対照区（除伐無）とした。除伐実施前後の成長率（当年樹高÷前年樹高）を除伐の有無で比較した。除伐の必要がない競合植生とスギの競合状態を探るため、除伐前に競合植生の上に出ているスギ樹冠面積（**図 2**）に着目して、樹冠面積と除伐後 4 年間の成長率（除伐 4 年後樹高÷除伐前樹高）の関係を徐伐の有無で比較した。

表 1　試験地の競合植生（植栽 2 年目夏）

東石原			南川		
優占種	植被率	群落高	優占種	植被率	群落高
全体	74%	146cm	全体	121%	187cm
ｱｶﾒｶﾞｼﾜ	43%	169cm	ﾀﾗﾉｷ	58%	249cm
ｸﾛﾓｼﾞ	8%	137cm	ｺｶﾞｸｳﾂｷﾞ	24%	83cm
ﾉﾘｳﾂｷﾞ	5%	134cm	ﾉﾘｳﾂｷﾞ	7%	180cm
ﾔﾏｳﾙｼ	3%	115cm	ｸﾛﾓｼﾞ	8%	149cm
ﾀﾞﾝﾄﾞﾎﾞﾛｷﾞｸ	3%	30cm	ﾜﾗﾋﾞ	8%	119cm

全体植皮率は出現種ごとの植皮率の合計
全体群落高は出現種ごとの高さの加重平均

図 1　試験区の配置
（南川：無下刈り）

■ 成　果

東石原試験地では、「無下刈り」でも除伐の有無で樹高成長に差は無く、南川試験地「無下刈り」では、除伐の実施により樹高率が大きく増加した（**図 3**）。除伐前の樹冠面積と除伐後 4 年間の樹高成長率の関係をみると、競合植生に完全に覆われた個体（除伐前樹冠面積＝0）は除伐を行うことにより成長率は大きくなったが、競合植生の上に樹冠が出ている個体では除伐の有無による成長率の差は無かった（**図 4**）。植栽初期に競合植生が多かった南川試験地「無下刈り」では**図 2** のように

競合植生に完全に覆われた個体が多かったため、樹高成長に除伐の影響が出たと考えられる。

本試験地のように、競合植生がアカメガシワやタラノキなどの先駆樹種の場合、スギの樹冠が競合植生の上に出ている林分では、除伐の省略が可能であると考えられる。

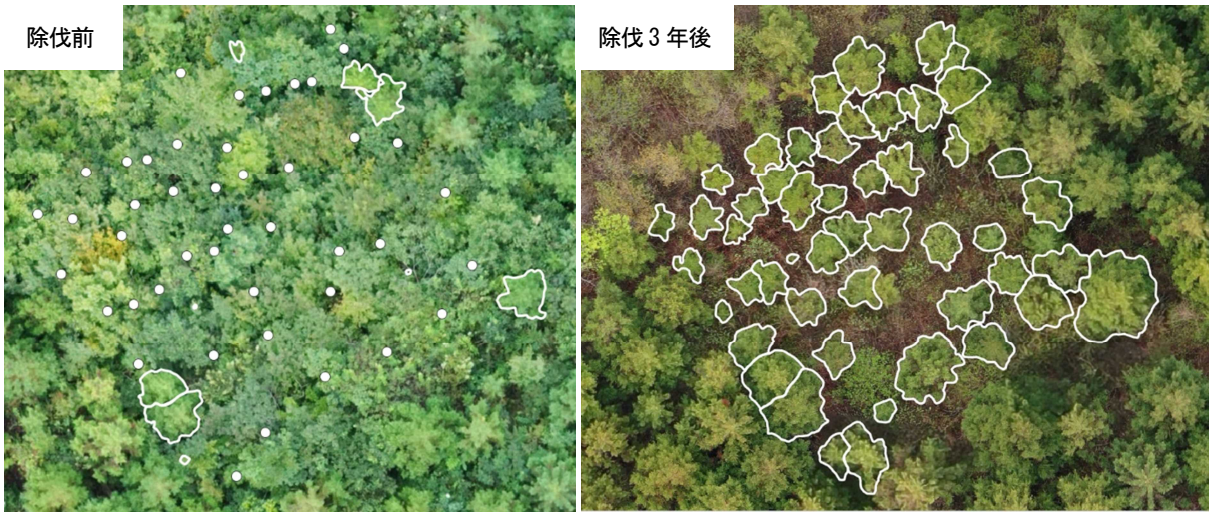


図２　除伐前後のスギ樹冠（南川試験地無下刈り）

除伐前の白い点は競合植生に完全に覆われている個体

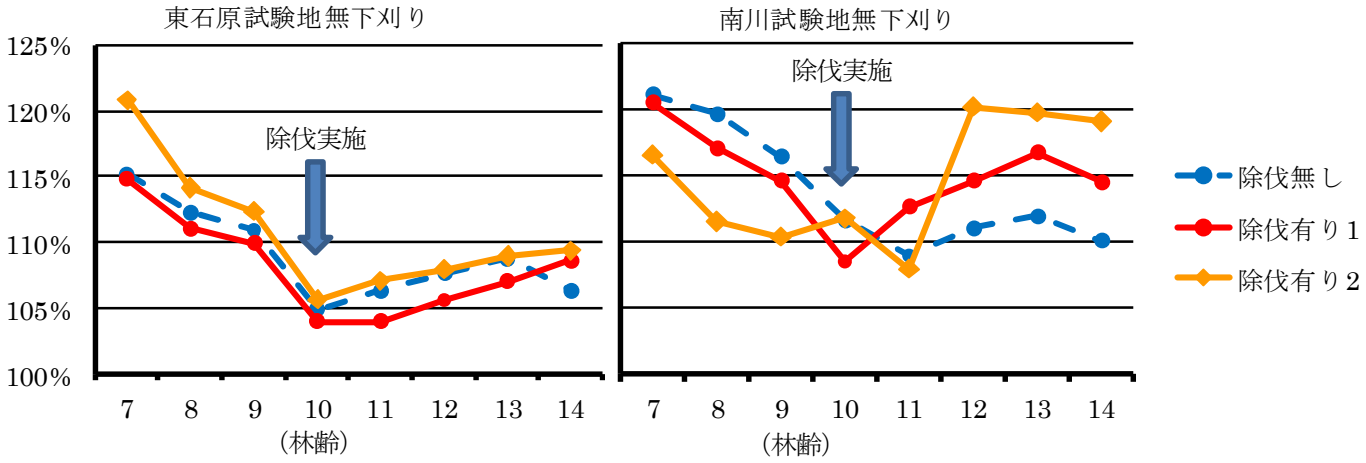


図３　除伐前後のスギ樹高成長率

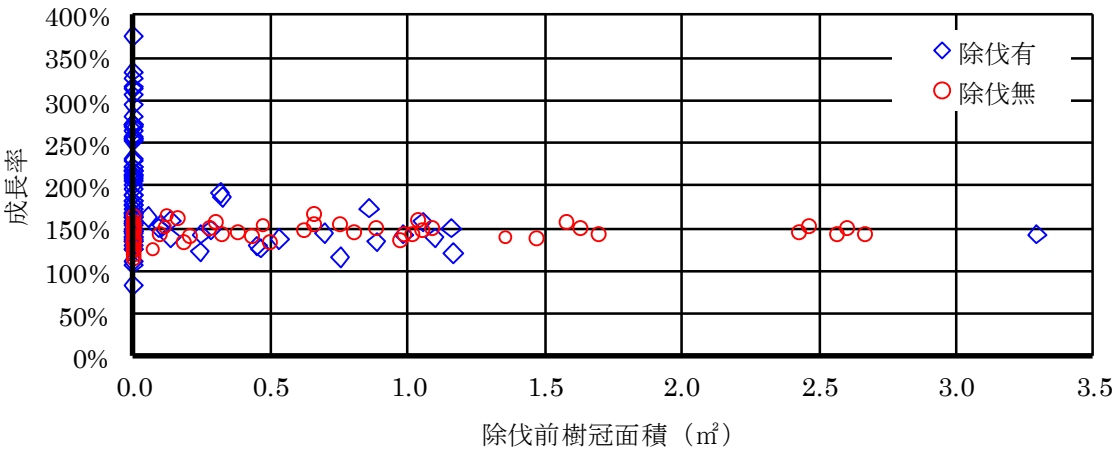


図４　除伐前樹冠面積と除伐後４年間の樹高成長率

スギの収穫量予測と UAV 等による資源量把握に関する研究

（タワーヤーダシステムを用いた間伐施業地における間伐後 10 年の成長要因について）

森林経営課：中村知道、山﨑敏彦

■ 目　的

近年のスマート林業の推進等によって、森林の情報を効率的に管理・活用するため GIS を導入する林業事業体や市町村が増加している。これまでの森林簿に基づく森林資源データだけでなく、林分の資源量等のより正確な情報をリアルタイムに提供する必要性が生じている。しかし、森林情報を取得する方法のひとつである航空レーザ計測は、コストが高く頻繁に行うことが難しいため、より簡易な方法で森林情報を取得することが求められている。本研究では、航空レーザ計測に頼らない材積推定方法を考案するとともに、長伐期森林施業指針を補正するためのデータを充実させることを目的とする。

本年度は、2013 年 2 月にタワーヤーダによる間伐施業地の調査を行った林分において、間伐後 10 年目に行った調査解析結果について報告する。

■ 内　容

平成 24 年度公益信託農林中金 80 周年森林再生基金タワーヤーダシステム検証地（香南市香我美町舞川撫川地区のプロット）で間伐後 10 年目の毎木調査を行った（**図 1**）。プロット面積は 0.25ha で樹種はスギ・ヒノキの混交林であった。2013 年 2 月の調査では、樹高の測定を VertexIII、胸高直径を直径巻尺、立木位置をトータルステーション FX-105F で測定した。2023 年 3 月の調査では、樹高・胸高直径の他に、個体周辺の立木本数が成長に影響を与えるかを解析するために、5m竿を用いて単木から半径 5m 以内の立木本数の測定を行い、単木ごとの立木密度とした。その他に平成 30 年度航空レーザ計測成果の微地形図からトータルステーションで測定した立木位置を元に QGIS を用いて単木ごとの傾斜角度と、SAGA GIS を用いて単木ごとの TWI（地形的湿潤度指数）を算出した。解析は「10 年間の胸高直径成長量」を応答変数に、「2013 年の樹高」「2013 年の胸高直径」「間伐後の立木密度」「傾斜角度」「TWI」を予測変数として、統計解析ソフト R を用いて重回帰分析を行った。また、応答変数を「10 年間の樹高成長量」とし、予測変数は前述と同じ条件でも解析を行った。

■ 成　果

毎木調査の結果は**表 1** のとおりである。10 年経過した 2023 年 3 月時点で残存木の幹材積が 955.4m^3/ha、平均成長量は 17.08m^3/ha であった。

重回帰分析の結果は**表 2** および**表 3** のとおりである。10 年間の胸高直径成長量は 2013 年時点の胸高直径が大きい個体ほど増加し、周囲の立木密度が高い個体ほど減少した。また、10 年間の樹高成長量は 2013 年時点の胸高直径が大きい個体ほど増加し、2013 年時点の樹高が高い個体ほど減少した。

解析結果から間伐前の胸高直径が大きく、樹高と間伐後の立木密度が低い個体は、その後の成長が大きいことが示唆された。

■今後の計画

本年度の成果よりスギ・ヒノキの成長量推定は過去の胸高直径・樹高・立木密度が重要であることが示唆された。しかしながら、航空レーザ計測や UAV 空撮画像を用いた樹頂点抽出は立木密度が高いほど抽出本数の精度が下がることが知られており、成長量を推定する場合の課題となることが考えられる。そのため、UAV 以外の他機器（地上型レーザースキャナ等）の活用や併用などの解決方法を探索する予定である。

図 1　調査地の立木位置図

表 1　2013 年の間伐前後と 2023 年の毎木調査の結果

	2013 年間伐前	2013 年間伐後	2023 年 2 月
平均胸高直径(cm)	31.5	32.0	34.9
平均樹高(m)	23.6	23.6	25.2
幹材積(m^3/ha)	1,027.3	784.7	955.4
プロット内立木密度(本/ha)	1180	872	860
本数間伐率(%)	-	26.8	-
材積間伐率(%)	-	23.6	-
平均成長量(m^3/ha)	-	-	17.08

表 2　10 年間の胸高直径成長量（cm）の解析結果

	推定値	標準誤差	t 値	p 値	
切片	-0.94000	0.77077	-1.220	0.22400	
2013 年胸高直径	0.12514	0.01531	8.173	0.000281	***
2013 年樹高	0.02773	0.03929	0.706	0.48107	
立木密度	-0.15951	0.04379	-3.642	0.00034	***
TWI（地形的湿潤度指数）	0.01970	0.03592	0.548	0.58398	

* 0.05>p　** 0.01>p　***0.001>p

表 3　10 年間の樹高成長量（m）の解析結果

	推定値	標準誤差	t 値	p 値	
切片	1.72984	0.64944	2.664	0.008331	**
2013 年胸高直径	0.07265	0.01290	5.631	0.000000057	***
2013 年樹高	-0.11648	0.03311	-3.518	0.000532	***
立木密度	0.02647	0.03690	0.717	0.473913	
TWI（地形的湿潤度指数）	-0.00456	0.03027	-0.151	0.880394	

* 0.05>p　** 0.01>p　***0.001>p

乾燥材の効率的な生産システムに関する研究
（乾燥経過予測モデルの妥当性とセンシング方法の検討）

資源利用課：溝口泰彬、沖 公友

■目　的

近年、木材産業界においても高齢化・後継者不足に伴う技術者不足や技術継承などが問題となっている。中でも製材工場の乾燥工程は、製造プロセスの終盤にあり、製品の品質を左右するため安定した製造管理が求められている。しかし、製材工場ごとに取扱製品の種類や量、品質および所有する乾燥設備が異なるため、それぞれが複雑な管理を行っており、繁忙期には乾燥工程がボトルネックとなることもある現状である。

そこで本研究では、乾燥工程における製造管理の効率化を図るため、IoT等のデジタル技術を活用し、乾燥設備および材料の乾燥経過を監視するモニタリングシステム（**図1**）の構築を目的とした。

今年度は乾燥経過モニタリングシステムにおける予測モデルの妥当性とセンシング方法について検討したので報告する。

図１　乾燥経過モニタリングシステムのイメージ

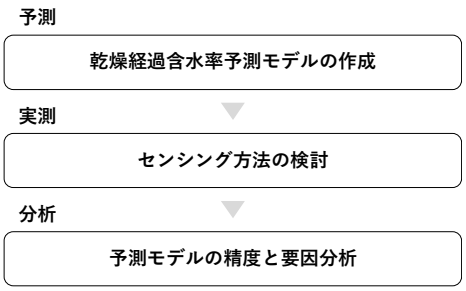


図２　乾燥経過モニタリングシステムの概要

■内　容

乾燥経過モニタリングシステムの概要を**図2**に示す。昨年度作成した乾燥経過含水率予測モデル（以下、予測モデルという）の妥当性を検討するため、実際の乾燥工程における経過含水率の実測値と予測モデルを比較した。また、経過含水率の実測のため、モニタリング材の選定方法とその取得方法について検討した（**図3**）。

予測モデルは、スギ正角105×105×3000mm、初期含水率45%～110%を想定、乾燥時間を110時間のものを採用した。モニタリング材の選定は、1ロット中の初期含水率の平均値±標準偏差付近の材を低含水率材、中含水率材、高含水率材として設定した。その方法は、効率性を重視した高周波含水率計を採用し、その有効性を検討した。また、経過含水率の実測データの取得方法には、打込み式センサーを採用し、事前に全乾法による含水率との関係性を確認した。

図３　乾燥経過予測モデル実証試験の様子

■成　果

高周波含水率計によるロット全体の初期含水率分布を**図4**に示す。そこから選定したモニタリング材の初期含水率は、80.9±15.6%であり、全乾法による初期含水率の平均値と比較して5.0ポイントの差が見られた。一方で、標準偏差の差は0.3ポイントとほとんど差が見られなかった。高周波含水率計の補正を行うことで、モニタリング材をより正確に選定できると考えられる。

打込み式センサーの経過含水率と全乾法による経過含水率の関係を**図5**に示す。打込み式センサーの経過含水率は、全乾法による経過含水率に対して、多少のばらつきがあるものの、両者には正の相関が見られ、経過含水率の取得方法として有効であると考えられる（**図6**）。

経過含水率の実測値と予測モデルを**図7**に示す。高含水率材および中含水率材における経過含水率の実測値は、概ね予測モデルの予測範囲内に収まることが確認された。一方、低含水率材においては、初期の段階で予測モデルと違う経過を示したことが確認された。予測モデルおよびセンサーの精度向上と要因分析のため、さらなるデータの蓄積が必要である。

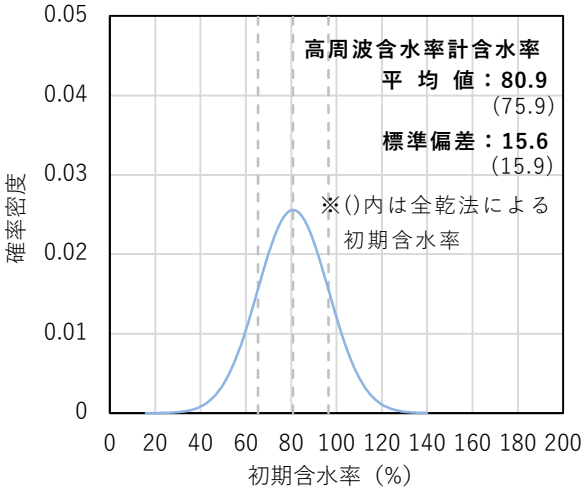


図 4　高周波含水率計による初期含水率分布

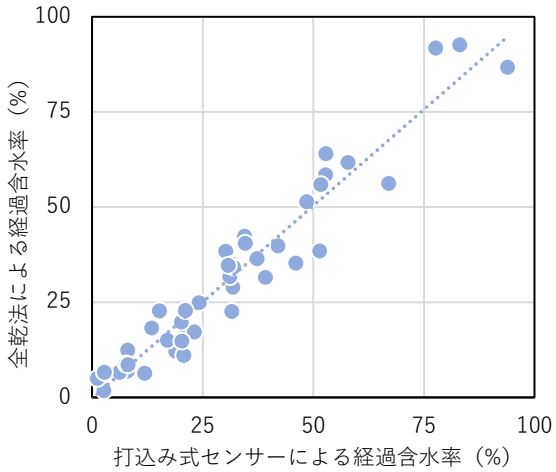


図 5　打込み式センサーの経過含水率と全乾法による経過含水率の関係

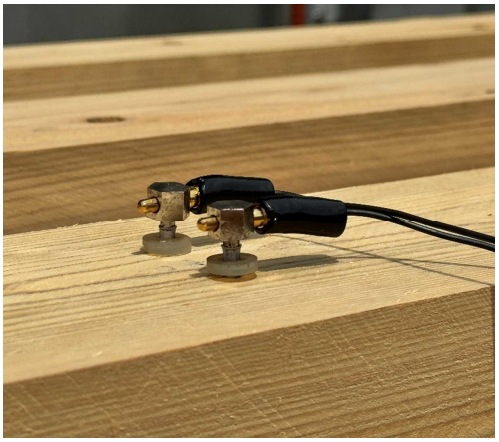


図 6　経過含水率の実測に用いた打込み式センサー

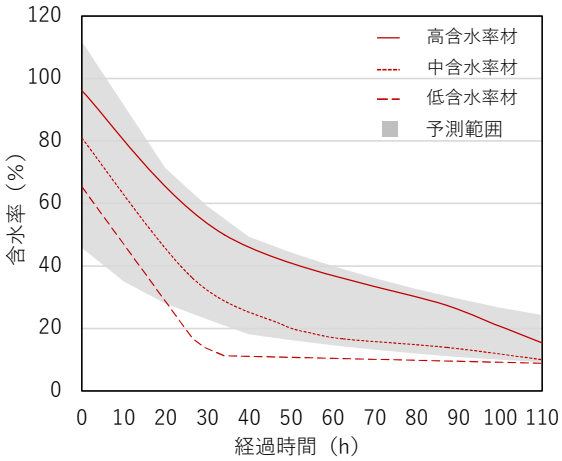


図 7　乾燥経過含水率予測モデルと乾燥経過の実測値

高知県産材の品質向上及び安定化に関する研究
（JAS 製材工場における製品の目視等級と機械等級の出現状況）

資源利用課：深田英久、沖 公友

■目　的

高知県では、近年、人工林の高齢級化に伴う丸太の大径化が進み、構造用製材を適寸径外の丸太から生産せざるを得ない状況となりつつある。一方、適寸径外の丸太からの構造用製材のデータが乏しく、製品の品質（JAS 目視・機械等級）にどのように影響しているか明らかになっていないため、県内の製材工場で生産されている製品の丸太の大径化に伴う品質の変化について把握する必要がある。

本研究では、高知県産材の品質の向上及び安定化を目的として、各地域における事業体が取り扱う製品の品質調査と各事業体の技術的課題への支援を行う。

本年度は、県内の JAS 製材工場において適寸径及び適寸径外の丸太から製材されたスギ及びヒノキ平角の目視等級と機械等級について各等級の出現割合を調査した。

■内　容

県内の JAS 製材工場の中から３工場を選定し、適寸径（径級 22～28cm）と適寸径外（径級 32～38cm）の丸太から製材されたスギ及びヒノキ平角製品（105×210 ㎜角、L=３～４m、１丁取り）各 50 本について、製材の JAS に基づき、節等の目視等級を決定する欠点を測定し、目視等級区分の出現割合を、また、縦振動法によりヤング係数を測定し、機械等級区分の出現割合を調査した（**写真 1**）。

写真１　製品測定の様子

■成　果

スギ平角の目視等級区分の出現割合とその欠点内訳、機械等級区分の出現割合を**図１**に示す。目視等級は、適寸径の丸太から製材した製品では１級の割合が最も高かったのに対し、適寸径外では２級の割合が高く、規格外の製品もあった。目視等級２級以下の製品の欠点は、適寸径、適寸径外いずれからの製品も節による割合が高く、適寸径外からの製品には年輪幅による欠点の割合も高かった。機械等級は、適寸径では E90 の割合が、適寸径外では E70 の割合が高かった。

ヒノキ平角は（**図 2**）、目視等級は適寸径、適寸径外ともに２級の割合が高く、適正径外では適寸径に比べて１級の割合が低く、３級の割合が高かった。目視等級２級以下の製品の欠点は、適寸径、適寸径外ともに節による割合が高かった。機械等級は、適寸径、適寸径外ともに E110 の割合が最も高かった。

原木の適寸径と適寸径外との違いにより、スギ平角では適寸径外からの製品には目視等級、機械等級ともに品質の低下がみられたが、ヒノキ平角ではスギ平角に比べて目視等級、機械等級ともに明確な差はみられなかった。

■今後の計画

原木丸太の大径化が進むなかで、適寸径外の丸太による製品が一層増加すると考えられる。１丁取りのみならず、複丁取りの正角・平角についても調査を行い、品質の向上につなげていきたい。

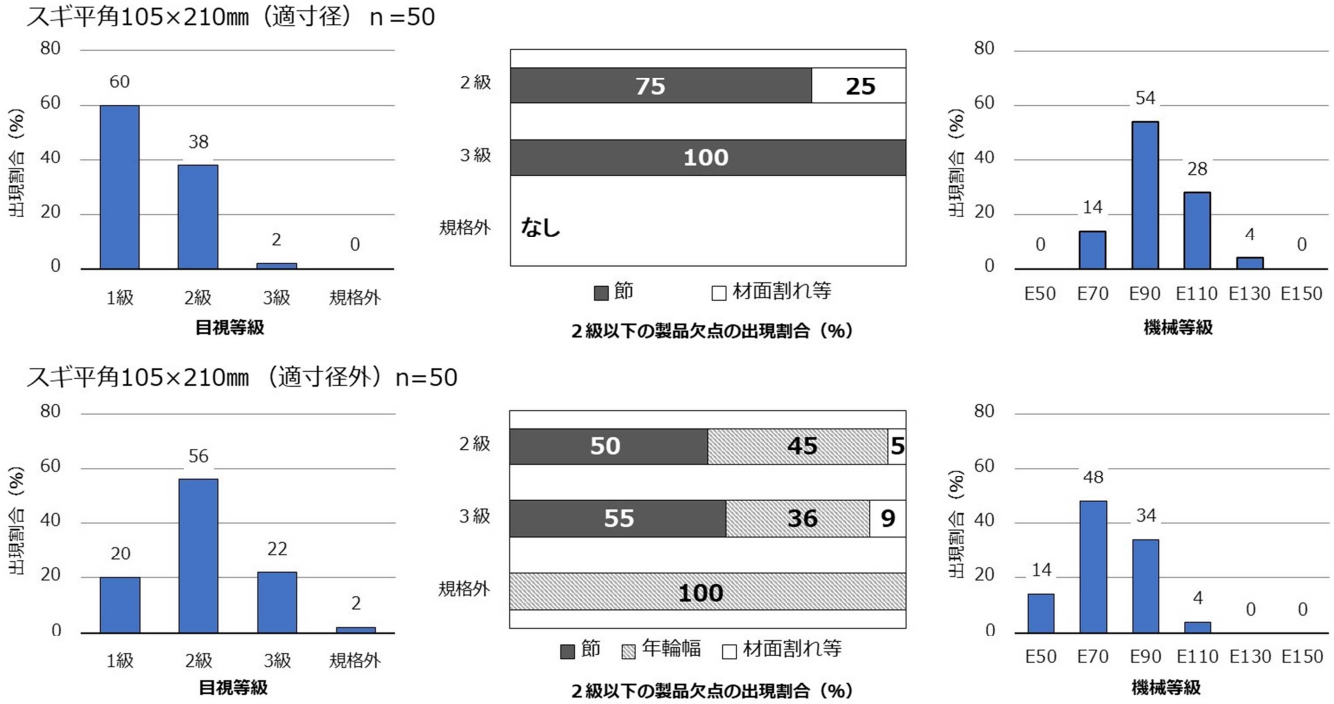


図１　適寸径及び適寸径外丸太からのスギ平角の目視等級と製品欠点、機械等級の出現割合

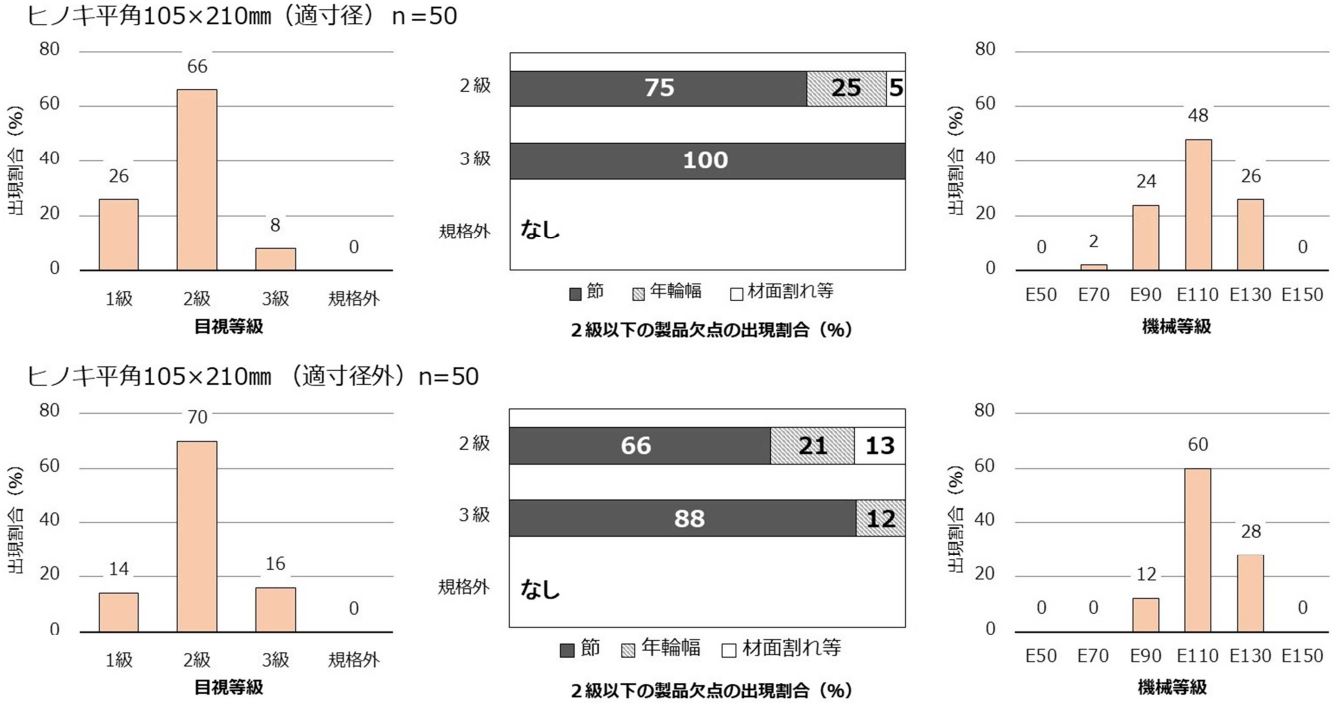


図２　適寸径及び適寸径外丸太からのヒノキ平角の目視等級と製品欠点、機械等級の出現割合

高知県産ヒノキの効率的利用に関する研究
（ヒノキ集成材 GIR 接合の活用）

資源利用課：盛田貴雄、沖 公友

■目　的

高知県の人工林は、高齢級化に伴う大径化が進んでおり、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主体とした住宅用構造材・羽柄材及び構造用集成材・CLT向けラミナなどに移行し、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材料の品質管理と供給体制の整備を目的とする。

本報告の製品は、ヒノキ中・大径木の良材による幅広の板材（幅210mm、厚さ30mm）を構造材として利用した集成材である。

本年度は、ヒノキ集成材を木造建築物の柱、梁に活用する接合方法の一つである、GIR（グルード・イン・ロッド、鋼棒挿入接着 **図1**）接合の構造性能を検証し、GIR接合を活用した建築物が施工されたので報告する。

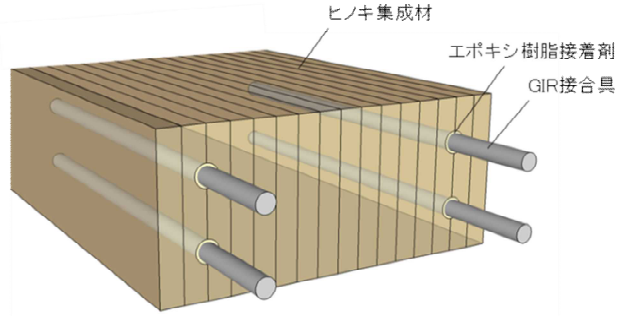


図１　ヒノキ集成材 GIR 接合部

■内　容

図 2 にヒノキ集成材 GIR 接合を活用した建築物と試験体の概要を示す。試験体は、柱脚接合部と柱−梁接合部の 2 タイプとした。試験体の試験方法と評価方法は、「木造ラーメンの評価方法・構造設計の手引き 2016 年版」を参考にした。各タイプ 3 体の試験体の正負交番繰り返し加力試験を行って、建築物の構造設計に必要となる接合部の変形抵抗性能を評価した。

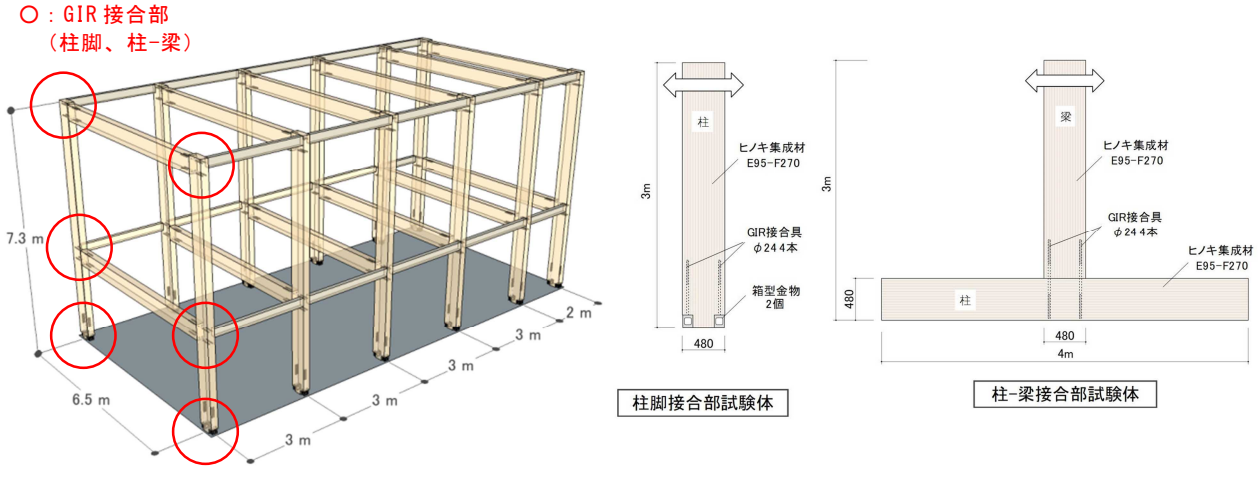


図２　ヒノキ集成材 GIR 接合を活用した建築物と試験体の概要

■成　果

２タイプの試験体の荷重-変形角曲線を**図３に**示す。柱脚接合部、柱-梁接合部ともに、構造設計に必要な変形抵抗性能は十分な性能を示した。なお、柱脚接合部の耐力は、壁倍率４倍程度の壁（幅 1m）の耐力に相当する性能であった。

試験を行ったヒノキ集成材GIR接合を活用した建築物（用途：事務所）が施工された。建築物の外観を**図4**に、施工状況を**図5～図6**に示す。

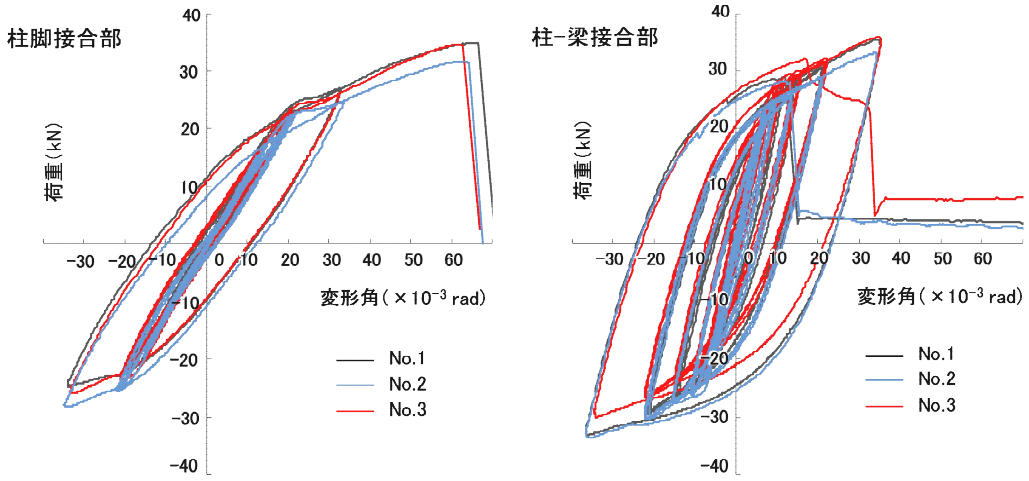


図３　試験体の荷重-変形角曲線

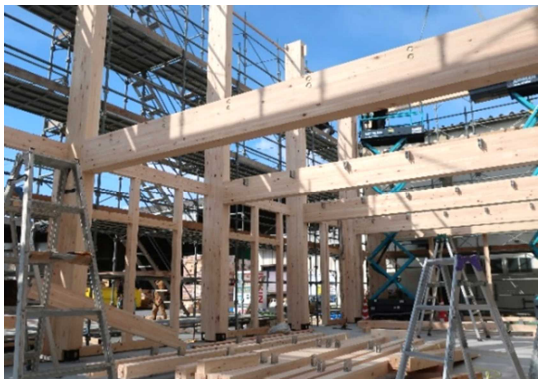


図４　GIR 接合を活用した建築物の外観

図５　GIR 接合部（柱脚）の施工状況

図６　GIR 接合部（柱-梁）の施工状況

木造建築物の温熱環境に関する研究

（室内環境における気密性能変化と温湿度変化）

資源利用課：竹嶋一紗、沖 公友

■目　的

脱炭素社会に向けて、住宅の省エネ基準への適合義務化が進められており、木造建築物においても省エネ基準への対応が急務となっている。

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、今後の木造化推進に向けて、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気密性能や断熱性能を実際の温熱環境測定により検証する。

本年度は、CLT を用いた非住宅建築物において継続的に測定を行っている気密性能、温湿度の結果から、木造建築物における気密性能の経年変化とその影響による事務室内の温湿度環境変化について報告する。

■内　容

測定対象の建築物は、CLT に一部木造軸組を併用した 2 階建て、延べ床面積 121.25m^2 の馬路村森林組合事務所とした。壁にスギ CLT と幅はぎパネルの 2 種類の木製壁パネルを使用し、床下には基礎断熱を採用している。空調には空気集熱式ソーラーシステムを採用しており、冬場はダクトを通して屋根で暖められた空気を床下から室内に送り、夏場は屋根で暖められた空気を屋外へ排出する仕組みとなっている。

気密性能は、（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気密性能の指標である相当隙間面積（C 値）を算出した（**図 1**）。

温湿度環境は、事務室内、床下、屋外に設置した温湿度センサーにより通年で温湿度の測定を行った（**図 2**）。今回は、主に事務作業を行っている事務室内の温湿度環境を厚生労働省の事務所衛生基準規則に照らし合わせて評価した。

図 1　気密測定状況

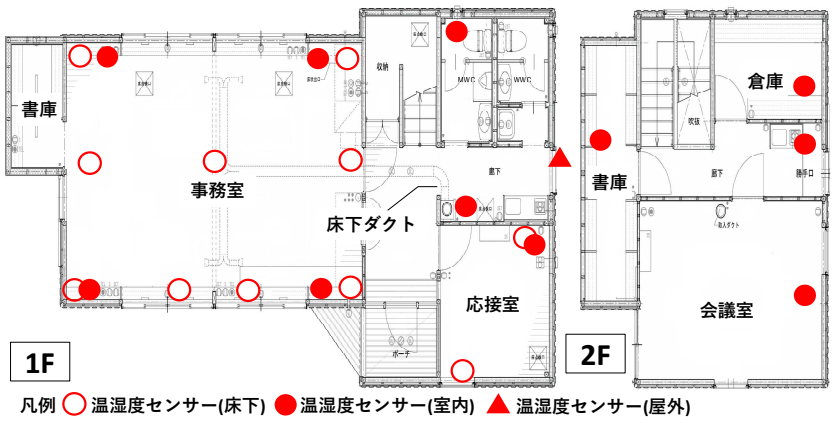


図 2　温湿度測定状況

■成　果

相当隙間面積（以下 C 値）と建物全体の平衡含水率（月平均）の推移（2018～2024 年）を**図 3** に示す。C 値は 1.8～2.5 ㎠/㎡で推移していた（平均 C 値：2.1 ㎠/㎡）。省エネ基準（平成 11 年基準）における基準値（温暖地基準：5.0 ㎠/㎡以下、寒冷地基準：2.0 ㎠/㎡以下）と比べても十分小さい値であった。C 値は年間の平衡含水率の増減に対して逆に減増する変化を示しており、2018 年から C 値の推移に大きな変化は見られなかった。

事務室内（勤務時間内）の温湿度分布（2023 年）を**図 4** に示す。事務室内環境の温湿度と事務所衛生基準規則の温湿度範囲（温度：18～28℃、相対湿度：40～70%）を照らし合わせると、夏季・冬季ともに適合していない場合が存在した。冬季に低湿度状態になりやすい傾向にあり、低湿化対策として加湿の必要性が認められた。

床下の温湿度分布（2023 年）を**図 5** に示す。床下環境の温湿度を見ると、冬季において 30℃近い値を示す場合が存在した。主に昼の時間帯のダクト付近の温度が高い傾向にあったことから、空気集熱式ソーラーシステムの効果によるものと考えられる。また、カビの発生基準と照らし合わせると、測定データの内、発生基準範囲に入る割合は 3.4%であった。別途測定を行っている床下断熱を採用した住宅の床下環境が 23.6%であったことから、本建築物はカビの発生リスクが軽減された環境であると考えられる。

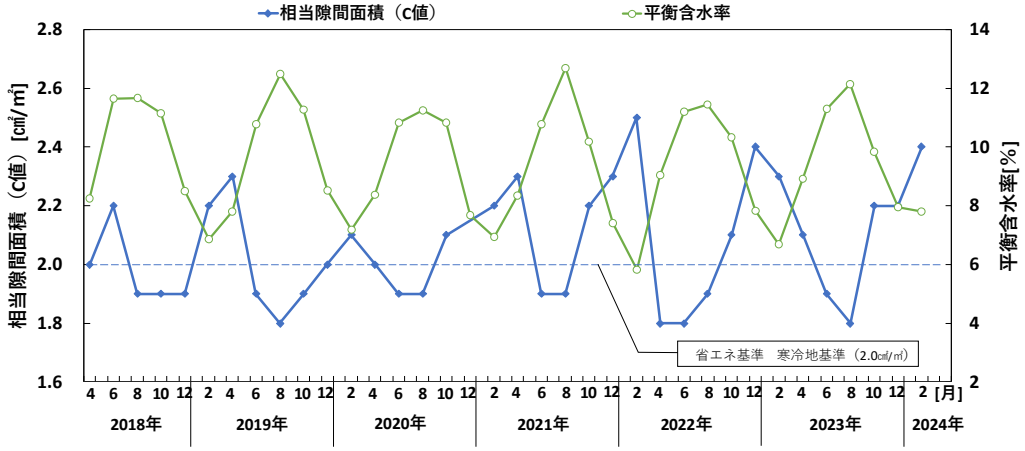


図 3　相当隙間面積（C 値）と平衡含水率（月平均）の推移（2018～2024 年）

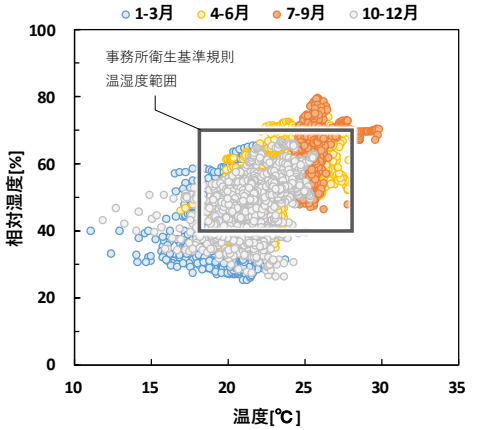


図 4　事務室内（勤務時間内）の温湿度分布（2023 年）

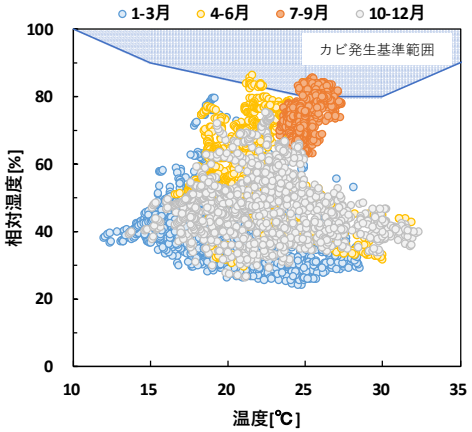


図 5　床下の温湿度分布（2023 年）

土木用木製構造物に関する研究
（有色系の屋外用木材保護塗料の屋外暴露試験）

資源利用課：沖 公友、溝口泰彬

■ 目　的

屋外に施工された木製構造物の老朽化が進む中、構造上の安全・安心の確保及び美観の維持・向上のため、効率的に維持管理を行うことが、施設管理者にとって重要な課題となっている。木製構造物の維持管理は、その施設の性格や管理者の事情により異なり、その対応方法（点検、修繕、補修、撤去、更新）もさまざまである。そのため計画的な維持管理を画一的に取り扱うことが難しく、突発的な不具合の発見により、施設の利用停止や緊急修繕など場当たり的な対応が少なくないのが現状である。

本研究では、屋外木製構造物の長寿命化を目的として、既設構造物の劣化調査や試験データから、多種多様な屋外木製構造物の耐久性とメンテナンス方法について検討する。

本報告では、現在、高知県内で使用されている有色系の屋外用木材保護塗料の耐候性能を把握するため、屋外暴露試験を実施したので報告する。試験は塗膜タイプ（浸透、半造膜、造膜）の異なる塗料の屋外暴露による変色と撥水度について比較を行った。

■ 内　容

供試体は、寸法 300×75×10mm の柾目のスギ 、ヒノキ板をそれぞれ作製し、**表１**に示す３タイプ７種類の木材保護塗料（日本建築学会材料規格「JASS 18 M-307」適合品）を用いた。各塗料は、それぞれ暗色系（D）と明色系（L）の２色を用意し、スギ 、ヒノキそれぞれの試験片にメーカー推奨の塗装方法により塗装した。供試体は、１色の塗料につき各２個と無塗装のものを用意した。屋外暴露試験は、高知県立森林技術センター屋外暴露試験場（北緯 33 度 37 分 56 秒、東経 133 度 42 分 40 秒）にて 2022 年 10 月から南面 45 度で試験を開始し、定期的に供試体の暴露前との色差（ΔE^*_{ab}）と撥水度（%）を測定し、供試体２体の平均値で変色と撥水度維持の評価を行った。

表１　屋外暴露試験に用いた塗料の内訳

塗膜タイプ	塗料記号	色	供試体記号
無塗装	A	－	A
浸透（油性）	B1	暗色	DB1
		明色	LB1
	B2	暗色	DB2
		明色	LB2
	B3	暗色	DB3
		明色	LB3
半造膜（水性）	C1	暗色	DC1
		明色	LC1
	C2	暗色	DC2
		明色	LC2
造膜（水性）	D1	暗色	DD1
		明色	LD1
	D2	暗色	DD2
		明色	LD2

色差の測定は、日本電色工業株式会社製 NF333 を用いて、供試体の定位３箇所における明度 L^*、色座標 a^*、b^*の平均値から暴露試験前後の変化量ΔL^*、Δa^*、Δb^*を求め、(1) 式から色差ΔE^*_{ab}を算出した。測色条件は、光源を D65、視野角を 10 度、測色部の直径を 8mm とした。

$$色差（\Delta E^*_{ab}）＝\{(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2\}^{1/2} \cdots (1)$$

撥水度は、質量を測定した供試体（W）に純水１g を滴下し質量（W_1）を測定し、１分経過後に供試体上の水分を拭き取り、再び供試体の質量（W_2）を測定して（2）式から算出した。

$$撥水度（\%）＝（W_1－W_2）／（W_1－W）\times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

■ 成　果

屋外暴露 12 ヶ月までの外観変化を**図１**に、色差の変化を**図２**、**図３**に示した。暗色系、明色系ともに、浸透タイプ（B1、B2、B3）の色差が比較的大きく、各塗料の色差の経年変化は、スギ、ヒノキにおいて、同様の傾向がみられた。外観的にも浸透タイプの明色系（LB1、LB2、LB3）は、塗装表面に菌類の繁殖と思われる黒色の斑点が認められ、特にスギにおいて多くみられた。半造膜、造膜タイプ（C1、C2、D2）においては、暗色系、明色系ともに色差が比較的小さく、スギ、ヒノキともに変色が抑えられている印象であった。同じ造膜タイプの D1 は、ヒノキでの色差が大きく、外観でも、表面に浸透タイプ同様の黒色の斑点が認められ、同タイプの塗料と違う傾向を示した。**図４**、**図５**に屋外暴露 12 ヶ月における撥水度の変化を示す。無塗装（Ah、As）の状態では、暴露開始直後から撥水度が急速に低下し、4 ヶ月で 50%以下の値を示すのに対し、本試験に供した７種類の塗料については、12 ヶ月でも 90%以上の撥水度が維持されていた。

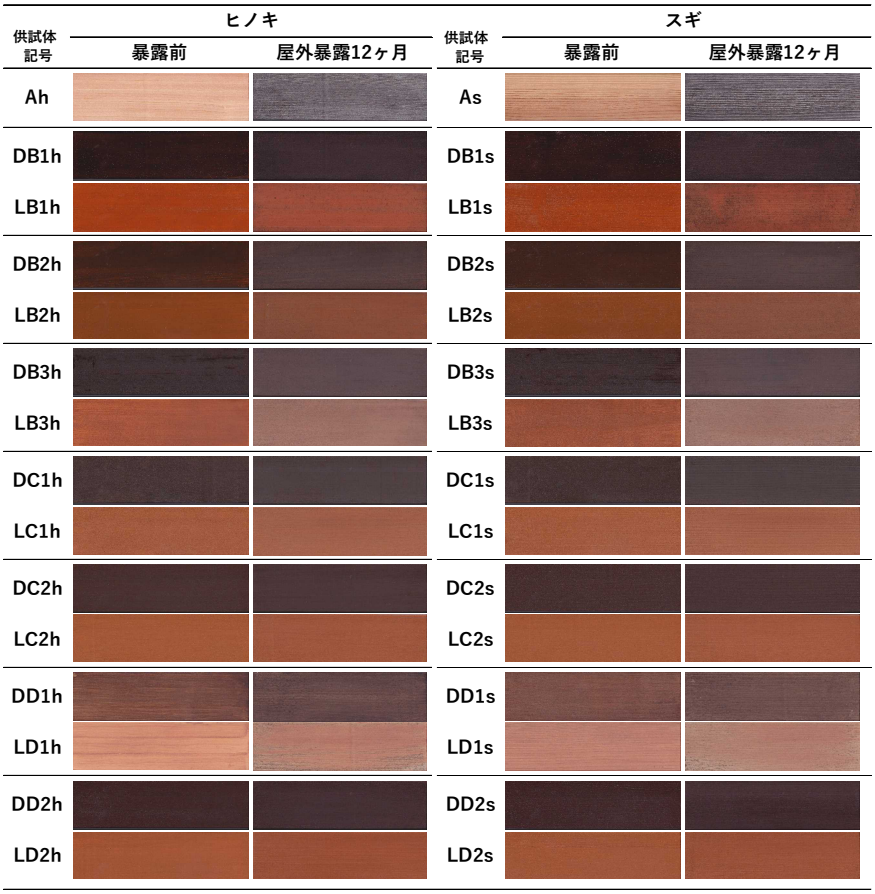


図１　屋外暴露 12 ヶ月の供試体の外観変化例
（供試体記号末尾のｈはヒノキ、ｓはスギ）

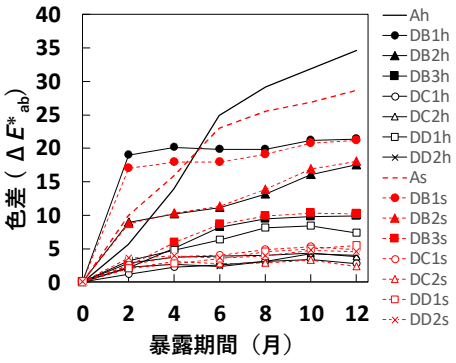


図２　暗色系塗料供試体の屋外暴露 12 ヶ月の色差の変化

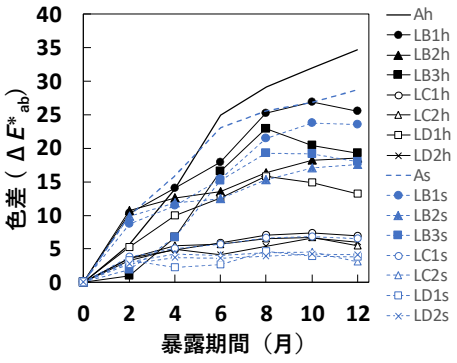


図３　明色系塗料供試体の屋外暴露 12 ヶ月の色差の変化

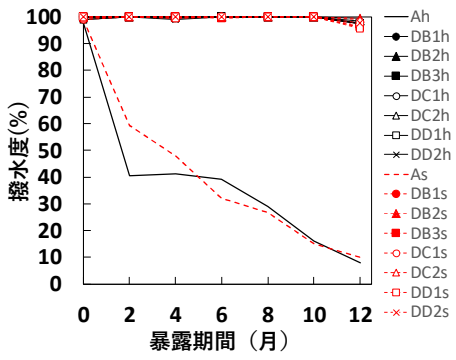


図４　暗色系塗料供試体の屋外暴露 12 ヶ月の撥水度の変化

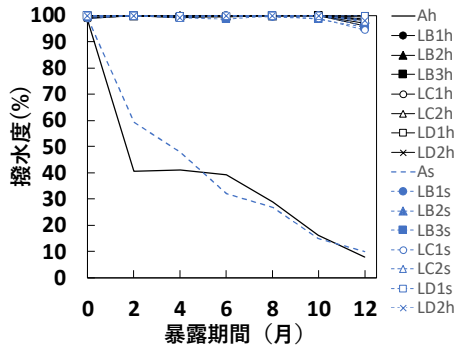


図５　明色系塗料供試体の屋外暴露 12 ヶ月の撥水度の変化

土佐備長炭原木確保のためのウバメガシ林造成に関する研究

（ヒノキ人工林伐採跡地に植栽したウバメガシの成長）

森林経営課：藤本浩平、黒岩宣仁

■ 目　的

備長炭（白炭）は黒炭と比較して火力が安定していることから業務用の需要が高く、増産が要望されている。高知県は備長炭出荷量が国内一であるが、将来的に原木確保の安定性が懸念されている。本研究では、備長炭の原木であるウバメガシの資源量を確保するために、針葉樹人工林皆伐地への植栽や大径木を伐採した後の萌芽更新を検討し、持続的に原木供給できるウバメガシ林（薪炭林）の再生を目指す。

ウバメガシの適正植栽本数は「炭（白炭）の手引き」（徳島県 1996）によると 10,000 本/ha とされている。令和３年度の高知県造林補助事業の植栽密度の上限は 3,000 本/ha であるが、この植栽密度で成林するかはウバメガシの植栽事例が少なく、明らかではない。また、成長の遅いウバメガシが競合植生により生育が阻害されないかを検討する必要もある。

ヒノキ人工林伐採跡地にウバメガシ植栽地を設定し、本年度は２年目の成長および周囲の植生について継続調査を行った。

■ 内　容

備長炭の生産地である大月町で試験地を設定した。ヒノキ皆伐地に 10m×10m の試験区を設定し（**図 1**）、2022 年５月にウバメガシ２年生苗を 10,000 本/ha および 3,000 本/ha で植栽した。2023 年９月に試験区内の下刈りを行った。

期首として 2022 年６月に、第１生育期末として 2023 年２月に、第２生育期末として 2024 年１月に樹高および根元径を測定した。なお、株立ちしているものについては全ての根元径を測定した。また、試験区に隣接する３カ所で 2023 年９月に周辺植生の調査を行った。

■ 成　果

植生調査区①ではススキが優占していたが、木本植物では全植生調査区でカラスザンショウやアカメガシワが優占種であった（**表 1～3**）。伐採前のヒノキ林の林床で多くみられた常緑広葉樹の萌芽や先駆種によってウバメガシを完全に覆うような被圧はみられなかった。

植栽したウバメガシの生育は旺盛で２生育期を過ぎたウバメガシの樹高は半数以上が 100cm を超えた（**図 2**）。第１生育期と比較して第２生育期の樹高相対成長率が大きく、第１生育期、第２生育期とも植栽密度の違いによる樹高相対成長率に有意な差はみられなかった（**図 3**）。

根元径は、株立ちしているものについては最も太い直径を代表として**図 4** に示した。第１生育期の根元径相対成長率は 10,000 本/ha 区より 3,000 本/ha 区の方が大きかったが、第２生育期では両者で根元径相対成長率に有意な差はみられなかった（**図 5**）。

■今後の計画

ウバメガシ植栽木の成長調査を継続し、競合植生による被圧の影響について検討を行う。

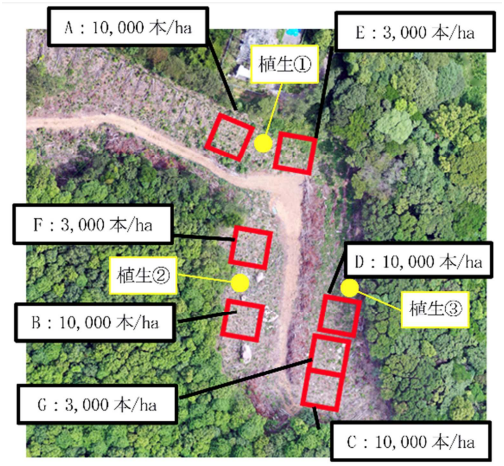


図１　試験地の概要

表１　植生調査区①の植生（植被率の上位５種）

種名	高さ（m）	植被率（%）
ススキ	0.8 ～ 1.2	60
カラスザンショウ	0.6 ～ 1.9	15
アカメガシワ	0.4 ～ 1.3	3
ホウロクイチゴ	0.3 ～ 0.6	2
ニガイチゴ	0.7 ～ 1.2	1
植生①全体	植生高：1.9m以下植被率：90%	

表２　植生調査区②の植生（植被率の上位５種）

種名	高さ（m）	植被率（%）
カラスザンショウ	1.2 ～ 2.0	80
アカメガシワ	0.5 ～ 1.4	30
ヒメユズリハ	0.9 ～ 1.5	20
オトコエシ	1.0 ～ 1.6	8
ハマセンダン	1.3 ～ 1.7	2
植生②全体	植生高：2.0m以下植被率：95%	

表３　植生調査区③の植生（植被率の上位５種）

種名	高さ（m）	植被率（%）
カラスザンショウ	0.8 ～ 2.5	35
アカメガシワ	0.7 ～ 1.5	25
ヒメコウゾ	0.8 ～ 1.2	15
ハマセンダン	0.9 ～ 1.5	10
ススキ	0.9 ～ 1.4	5
植生③全体	植生高：2.5m以下植被率：95%	

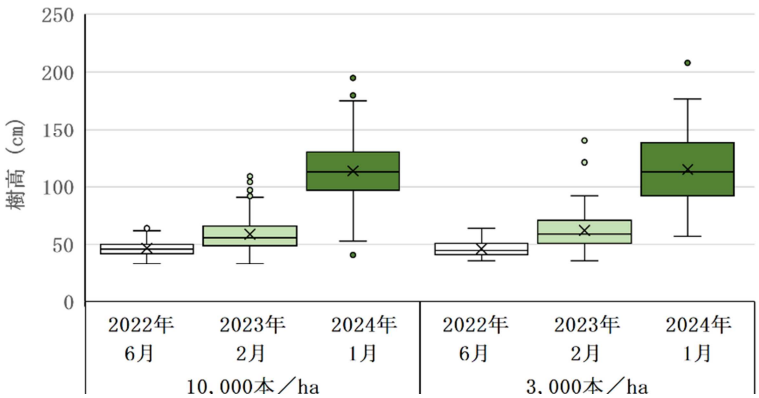


図２　試験区毎のウバメガシ植栽木の樹高の推移

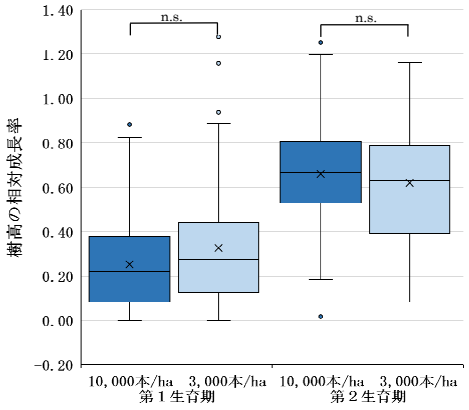


図３　樹高の相対成長率（t 検定）

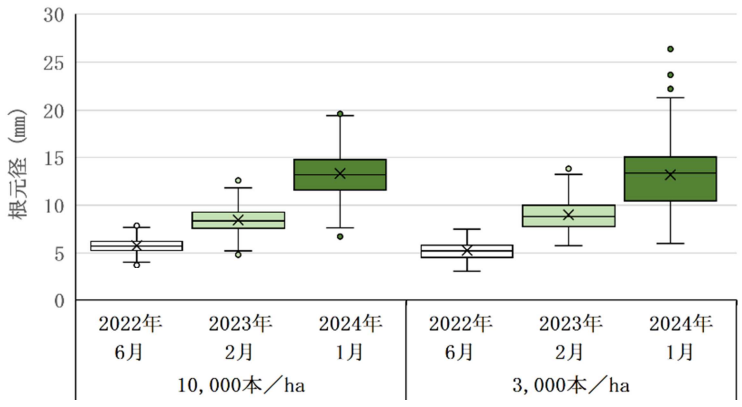


図４　試験区毎のウバメガシ植栽木の根元径の推移

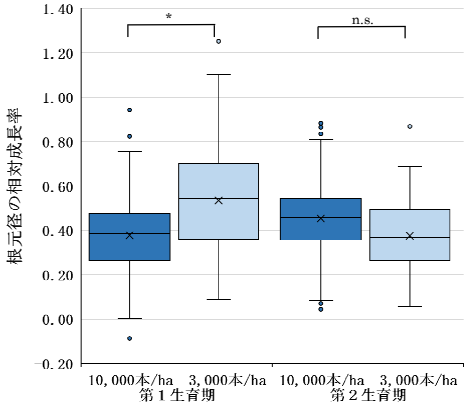


図５　根元径の相対成長率（t 検定 ＊：p<0.05）

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

（冷凍保存子実体を用いた感染苗作出）

森林経営課：和食敦子、渡辺直史

■ 目　的

2017 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、高知県内で黒トリュフを栽培するための研究に供するため、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。

今回は、冷凍保存をしていたトリュフを利用してコナラ、ウラジロガシ、シデ類苗への胞子散布によるトリュフ感染苗の作出を試みた結果を報告する。

■ 内　容

1）実験に使用したトリュフ

2021 年 10 月に採取して－30℃で冷凍保存しておいたトリュフ（イボセイヨウショウロ）を使用した（**写真 1**）。トリュフを常温に戻した後、トリュフ子実体の外皮（外側の皮）を削って取り除いて細かく切り、乳鉢の中で滅菌水とともに乳棒ですりつぶした。これを滅菌水に入れ胞子懸濁液を作成した。

2）ポット苗への胞子懸濁液散布

2022 年 10 月に、あらかじめ無菌状態で育成していた苗木（ウラジロガシ 2 ポット、シデ類 2 ポット）の培土表面に胞子懸濁液を散布し、無菌室で育成した。さらに、2023 年 7 月に無菌状態で育成していたコナラ苗 6 ポットに胞子懸濁液を散布し、無菌室で育成した。

3）菌根の識別

胞子散布の 4 ヶ月後に根を実体顕微鏡と光学顕微鏡で観察し菌根の形成を確認した。形成された菌根の DNA を次の方法で識別し形成された菌根がトリュフのものであるか判定を行った。

Kinoshita et al.(2018)*で解析された高知県産のイボセイヨウショウロとアジアクロセイヨウショウロ、当センターで解析した黒トリュフ子実体、イボタケの一種、カビの一種の塩基配列を比較して黒トリュフ 2 種に特異的な塩基配列を決定した。この配列をもとに 22～23 量体のフォワードプライマーおよびリバースプライマーを設計した。この作成したプライマー（以下、特異的プライマー）と ITS プライマーを組み合わせて菌根の識別に用いた。

* Akihiko Kinoshita(Kazuhide Nara, Hiromi Sasaki, Bang Feng, Keisuke Obase, Zhu L. Yang, Takashi Yamanaka),2018, Using mating-type loci to improve taxonomy of the *Tuber indicum* complex, and discovery of a new species, *T. longispinosum,*PLOS ONE,https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193745

■ 成　果

胞子懸濁液を散布した苗木全てで菌根の形成が確認された（**写真 2～4**）。確認した苗の菌根から DNA を抽出し、特異的プライマーを用いて PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）で増幅した。PCR で得られた DNA で電気泳動を行った結果、すべての苗でバンドを確認した。特異的プライマーで増幅できるのは黒トリュフ２種が持つ特異的な DNA だけであるため、バンドを確認した苗は黒トリュフが感染していると判断した。確認のため、このうちウラジロガシ 2 ポットの菌根 DNA の ITS 領域の塩基配列を調べた結果、イボセイヨウショウロと一致した。このことから、①一般的に感染苗作出には採取直後の黒トリュフ子実体が用いられているが、冷凍保存した黒トリュフ子実体を用いても感染苗作出が可能であること、②特異的プライマーを使用して PCR で増幅した DNA を電気泳動し、バンドの有無を確認するだけの簡易な検査で黒トリュフ感染苗の識別が可能であることが分かった。

■今後の計画

黒トリュフ子実体の冷凍保存最適温度を探るため、黒トリュフ子実体を異なる温度で保存し、それらの胞子散布後の菌根形成率を調べる。

写真１　実験に使用したトリュフ

写真２　ウラジロガシの菌根

写真３　シデ類の菌根

写真４　コナラの菌根

イタドリの品種選抜に関する研究

（一次選抜系統の早晩性と１年目の成長）

森林経営課：黒岩宣仁、山﨑敏彦

■ 目　的

高知県では、中山間地の振興に向けてイタドリの生産と加工販売に取り組んでおり、食の安全性や品質を保つために、現在、自然採取から耕作地栽培への転換が進められているところである。県内では品質を重視して選抜された１系統のみの普及を進めているが、収量の増加が期待出来る多収性系統や収穫期の延長が期待出来る早晩性の系統などが求められている。本研究は県内の広域からイタドリを収集保存し、生産者の要望に応じた優良系統を選抜することを目的とする。本年度は、早晩性、害虫の発生および試験供用苗の１年目の成長について報告する。

■ 内　容

収集した 152 系統の親株の中から 2022 年 4 月中旬に一次選抜した 38 系統と、対照系統 2 系統（高知県選抜 1、和歌山県選抜 1）計 40 系統 400 株の挿し木苗を、「高知県イタドリ栽培・加工指針（2020）」に準拠して 2022 年 12 月上旬に当センターの圃場に植え付けた。早晩性を調べるために、植え付け約 4 ヶ月後の 2023 年 3 月中旬から地上に出た芽の数を 2～4 日おきに記録し、系統毎に芽の数が最多になる日を調査した。さらに育成期間中に発生した害虫についても記録した。一方、本研究では検討会において生産するイタドリの規格を草丈 40cm 以上、茎の根元径 1.5cm 以上の展葉前の若茎と定義したが、植え付け 4 ヶ月後では規格サイズの若茎は出なかった。そこで、本年度は栄養成長が休止した 2023 年 10 月中旬に地上部を刈り取って茎を定温乾燥機に入れ 105℃で 48 時間乾燥させて重量を測定し、系統間の比較を行った。

■ 成　果

図 1 に 3 月上旬に若茎が出はじめて最多に達した日を系統毎に示し、**図 2** に 6 月の生育状況を示した。若茎の出そろう時期は系統によって約１ヶ月程度の差があった。

一方、害虫については若茎が出そろう頃に若い葉や茎を食害するコガタルリハムシの幼虫（**図 3**）および成虫が発生した。また、7 月～10 月頃、11 株に穿孔性害虫の食害痕（**図 4**）を確認したが、穿孔性の害虫の確認は難しく種類は特定できなかった。**図 5** に１株当たりの茎の乾燥重量（平均）を示した。2 つの対照系統に比べて乾燥重量が重い系統があったが、今回の茎の乾燥重量が 2 年目以降に計測する若茎の収量に比例するかは今後確認する必要がある。

■今後の計画

植え付け 2 年目の 2024 年 3 月～4 月に規格サイズ（根元径 1.5cm 以上、草丈 40cm 以上）の若茎の本数、根元径と草丈を計測し、3 年目には若茎を採取して収量、皮の剥ぎやすさ、茎の厚み等の評価を行う。一方、高知県立大学の研究により、イタドリ葉に含まれるポリフェノール類の有用性が高まっており、その含量は系統毎に異なることが確認されている。そこで、有用なポリフェノール類を葉に多く含む系統の選抜を行う。

月	3								4		
日	10	14	17	20	22	24	27	29	31	3	13	20
一ノ谷３		■										
南川５		■										
西谷４			■									
松葉川３			■									
県内対照			■									
中ノ川			■									
西石原４				■								
不寒冬３				■								
県羽根１				■								
須川２				■								
大又山１				■								
久才川１					■							
丸山２					■							
伊勢川３					■							
桑の又川３						■						
東川８						■						
奥白髪３						■						
伊勢川２						■						
久才川２						■						
奥白髪１						■						
県外対照						■						
大野原							■					
蜷川２							■					
竹屋敷２							■					
西谷６							■					
猪野々１							■					
西石原５							■					
魚梁瀬３							■					
不寒冬１							■					
行者２							■					
山試２								■				
大正市ノ又１								■				
成山２								■				
下道２								■				
樫山２									■			
西谷５									■			
県羽根５									■			
別府６											■	
猪野々３											■	
下道３												■

※　芽数が最多に達した日を示す

図１　一次選抜系統の早晩性

図２　試験供用苗生育状況（2023/6/21）

図３　食害するコガタルリハムシの幼虫（2023/3/29）

図４　穿孔性害虫の食害痕（2023/11/29）

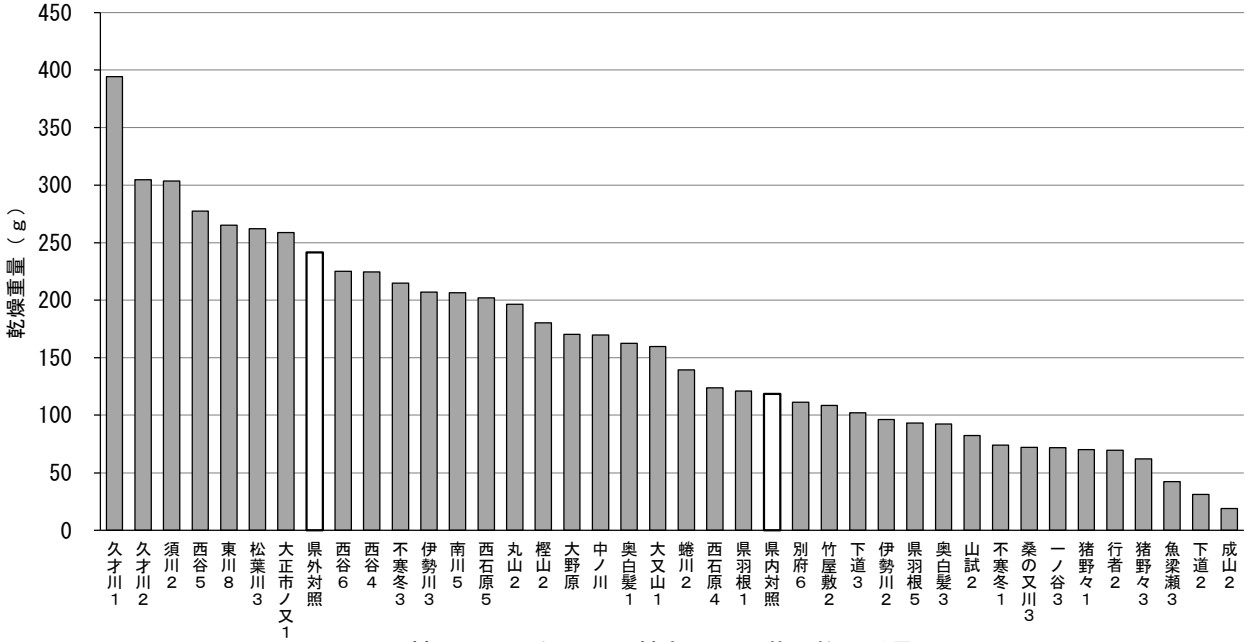


図５　植え付け１年目の１株あたりの茎の乾燥重量（平均）

木炭の生産向上に関する研究
（白炭原木の乾燥防止対策の検証）

資源利用課：北沢晴花、山﨑　真

■ 目　的

木炭は、県内中山間地域における貴重な収入源の一つである。本県の白炭は、2014年から全国一の生産量となっているものの、原木のウバメガシ（以下ウバメ）は分布が限られるうえ、資源量が減少しており、ウバメからその他のカシ類（以下カシ）への原木の転換が進んでいる。製炭では、原木が折れずに長い状態のまま窯出しできれば良質な炭が多くなり収益が上がるが、そのような良質な製品の割合はウバメに比べてカシでは少ない。

一方で本県の黒炭は、生産量とともに生産者も高齢化等により減少しており、黒炭の製炭技術の継承が困難となり、新規就労者の参入を妨げている。

これら白炭及び黒炭の課題解決のため、白炭ではカシ原木から良質な製品を多く製造する方法を検討し、黒炭では新規就労者向けの製炭マニュアルを作成する。

白炭の過去の研究（高知県立森林技術センター平成29年度研究成果報告書）において、含水率の低いカシ原木を用いて製炭すると製品の品質が低下する傾向がみられたことから、本年度はカシ原木の乾燥対策を行い、その効果を検証した。

■ 内　容

カシの白炭の材料として主要な樹種のアラカシの原木（L=180cm）を用意し、8～9月の平均温湿度と同等に設定した恒温恒湿槽内で横に寝かせて保管した「通常保管（n=12，**図1**）」と、同環境で元口のみを浸水して保管した「浸水保管（n=9，**図2**）」の2処理区を設けた。保管期間は、過去の研究で調べた実際の製炭の窯くべ時（夏季）の平均含水率（53%、全乾法による）に「通常保管」の原木の平均含水率が達するまでとし、伐採直後と保管後の含水率を比較するとともに、原木の元口直径と水分減少の関係を調べた。

また、「浸水保管」により末口までの水分保持が可能かを検証するため、元口から30cmごとに厚さ2cmの円盤を採取し、全乾法により含水率を算出して繊維方向の含水率分布を調べ、同じ方法で調べた「別に用意した伐採直後の原木(n=12)」の含水率分布と比較した。

■ 成　果

通常保管と浸水保管の原木の伐採直後と保管後の含水率を**図3**に示した。通常保管では、伐採直後に比べて、保管後は平均17.9ポイントの減少に対し、浸水保管では平均3.7ポイントの減少であった。また、含水率の平均値は、伐採直後では、両処理区の間に有意な差は認められず、保管後では、通常保管が浸水保管より有意に低く、尚且つ浸水保管の伐採直後と保管後の間に有意な差が認められなかった。

原木の元口直径と水分の減少（含水率の低下）の関係を**図4**に示した。通常保管では元口直径と水分の減少との間に有意な相関はみられなかったが、浸水保管では

元口直径が大きいほど水分の減少が小さかった（r=－0.75）。

原木の元口からの距離ごとの含水率を、原木中心部（90cm 位置）の含水率を１とした相対値とし、伐採直後と浸水保管後とで、「原木ごとの繊維方向における含水率（相対値）分布について比較したもの」を**図 5** に、「原木ごとの含水率（相対値）の最大値と最小値の差について比較したもの」を**図 6** に示した。両処理区ともに原木の元口からの距離ごとの含水率分布に一定の傾向がみられず（**図 5**）、また、最大値と最小値の差の平均値に有意な差がみられなかった（**図 6**）。これらのことから、元口のみの浸水保管により水分が末口まで伐採直後と同程度に保たれたと考えられる。

■ 今後の計画

浸水保管したアラカシ原木を用いて製炭試験を行い、製品のうち高品質の割合が通常保管に比べて増加するか検証する。

図 1　「通常保管」の原木の保管状況

図 2　「浸水保管」の原木の保管状況

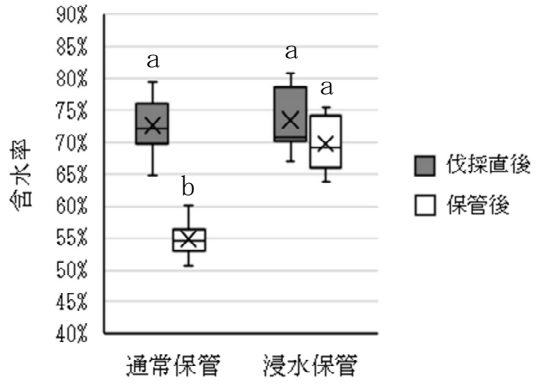


図 3　通常保管と浸水保管の原木の伐採直後と保管後の含水率

注：異なるアルファベットは有意差があることを示す（$P<0.01$）

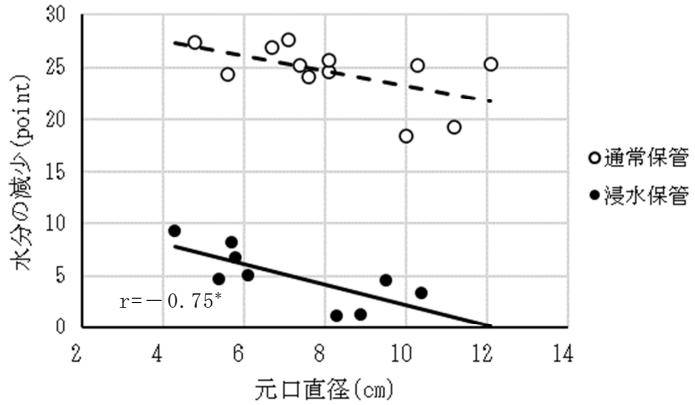


図 4　通常保管と浸水保管の原木の元口直径と水分の減少の関係

注：*は無相関検定により有意性があることを示す（$P<0.05$）

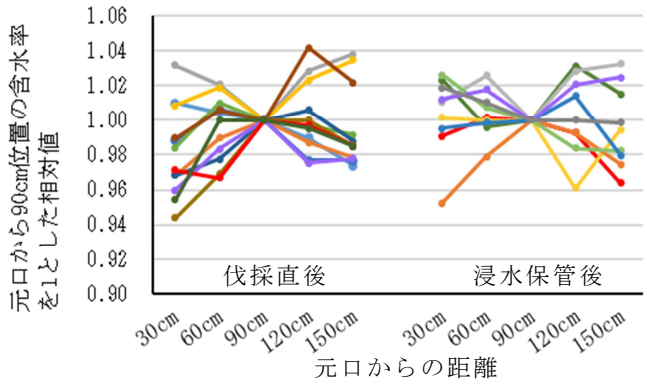


図 5　伐採直後と浸水保管後の原木の繊維方向における含水率分布

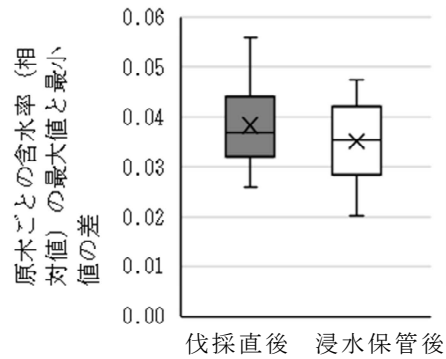


図 6　伐採直後と浸水保管後の原木の繊維方向における含水率（相対値）の最大値と最小値の差

注：両者の間に有意な差は認められなかった（$P>0.05$）

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		141
林業技術職員 基礎研修	業務を円滑に推進するために必要な森林・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。	11
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。	78
特用林産総論	高知県における特用林産の現状と将来性、分野別特用林産物の紹介	23
きのこ①	原木きのこ栽培の季節管理、現地実習、野生きのこの情報整理	10
山菜等	イタドリの可能性と品種選抜、イタドリ栽培の基礎と実際、ゼンマイ栽培について	15
花き類①	花木類流通の現状、山取花木需要の現状、山取花木の収穫と管理（病虫害防除と剪定管理）、優良系統の増殖方法	5
花き類②	シキミ・サカキの病虫害（種類と生態、防除方法等）、現地実習	9
きのこ②	原木及び菌床きのこ栽培の種類、原木きのこ栽培の手法と管理	8
花き類③	シキミ・サカキの栽培管理、出荷時の注意点、剪定実習	8
ＧＩＳ研修	GISを見る・印刷する、GIS情報検索、距離・面積測定、GIS地図情報編集、ジオリファレンス、架線縦断図作成	13
樹木病虫害研修	病虫害の基礎知識、マツクイムシ、ナラ枯れ、苗木庭木の病虫害、現地観察・写真の撮り方、防除事業の事務手続について	11
ドローン研修	ドローンの基礎知識（座学）、組立・安全点検・操縦練習（実技）、自動飛行による定点調査	4
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条第8号)	16
チェンソー研修：安全衛生教育	伐木等の業務に係る安全衛生教育(労働安全衛生法第60条の2第2項	6
チェンソー研修：補講	旧特別教育修了者の補講	2
(2)林業事業体等		132
緑の雇用集合研修(座学:７日)		55
森林施業プランナー育成研修(一次研修:３日)		15
架線作業主任者講習(実技:７日)		5
労働災害防止の集団指導会(座学：１日)		57
計		273

2　普及指導業務

区分	主な内容	件数(件)
(1)スマート林業実証等支援	先端機械の実証データ取得支援。実際に現場での実証作業をもとにデータ取得、整理	3
(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(山菜等)

特用林産研修(花き類①)

特用林産研修(きのこ②)

GIS研修

樹木病虫害研修

チェーンソー研修

チェーンソー研修

ドローン研修

ドローン研修

架線作業主任者講習(実技)

架線作業主任者講習(実技)

スマート林業等実証支援

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

森林技術センターこの１年

１　森林技術研究成果セミナー

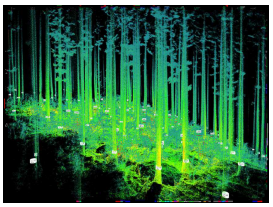
令和５年12月４日(月)に、森林・林業・木材産業関係者や林業普及指導員等を対象にしたセミナーを高知城ホールで開催し、27名が参加しました。

「スギの収穫量予測とUAV等による資源量把握に関する研究」、「サカキ・シキミの栽培技術向上に関する研究」、「乾燥材の効率的な生産システムに関する研究」「木炭の生産向上に関する研究」の口頭発表などを行い、研究成果の内容や活用方法等について解説しました。

２　令和５年度林業試験研究外部評価会

令和５年９月29日に当センターの試験研究課題について、外部の有識者等による外部評価会を実施しました。この評価会は、次年度以降の試験研究に反映させることを目的として、研究期間の中間で行っています。

本年度は、「スギの収穫量予測とUAV等による資源量把握に関する研究」、「乾燥材の効率的な生産システムに関する研究」「木炭の生産向上に関する研究」の３課題について、４名の評価委員から助言及び評価を受けました。



３　マツ材線虫病への対応（技術支援）

令和５年７月14日の高知新聞に「入野松原　松枯れ激減」という記事が掲載されました。

黒潮町の入野松原でマツ材線虫病被害が拡大したことに対応して、平成31年２月20日に行われた四万十森林管理署主催の現地検討会に出席し、被害拡大の原因と対策について助言を行いました。その後も県幡多林業事務所と連携して黒潮町への技術支援を継続しています。

適切な管理を行う事で被害が減少し、入野松原の再生が進んでいます。

４　高知県立林業大学校での林業架線関係（講師）

当センターの職員は、高知県立林業大学校の外部講師としての位置づけで多くの分野を受け持っています（令和５年度講師実績のべ56日）。

高知県は林業架線集材が盛んな地域です。この架線技術をわかりやすく学ぶために、林業大学校大型実習棟内に配置した架線シミュレータを用いて様々な索張りを行い、動作原理の解説や運転実習を繰り返し、研修生の引き出しやその中身を増やせるように取り組んでいます。

５　非住宅木造建築フェア 2023

令和５年11月１日～2日に非住宅分野における木造化・木質化に関する製品展示会「非住宅木造建築フェア2023」が、デジタル化・DX推進展、大阪・関西万博開催支援EXPO、住まい・建築・不動産の総合展と同時開催され、木造非住宅に関する企業や団体29社と同時開催関連企業197社が参加し、インテックス大阪で開催されました。

高知県からは、高知都市木造ワーキングで当センターで実験を行った、高知GIR接合モデルや土佐組子耐力壁などを出展し、多くの来場者へ展示物の材料、品質、性能などの説明を行いました。

６　東京 WOODcollection モクコレ 2024

令和６年１月11日～12日に日本各地の木材製品が集まり、木材の需要喚起と利用拡大を推進する国産木材の展示商談会「東京WOODcollectionモクコレ2024」が39都道府県、約300社が参加し、東京ビッグサイトで開催されました。

高知県からは、建材、家具メーカーを中心に、県産材を活用した木材製品関連企業10社が出展しました。出展された建材、家具製品は、当センターで性能試験や開発を行った製品も多数出展されており、多くの来場者へ製品の品質、性能などの説明を行いました。

令和５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		7	うち県内企業　　4　件
	音　響　性　能		うち県内企業　　件
	製　品　性　能	7	うち県内企業　　4　件
	木質ｴﾈﾙｷﾞｰ		うち県内企業　　件
	水　質　分　析		うち県内企業　　件
	そ　の　他		うち県内企業　　件
設　備　利　用		1	うち県内企業　　1　件

■　技術相談・指導

区　　分	件数（件）	人数（人）	備　　考
森　林　経　営	0	0	
森　林　管　理	85	198	森林施業、GIS関係等
育　苗　・　育　種	25	67	コンテナ苗等
森　林　保　護	30	43	獣害、病虫害等
緑　　化	22	127	造園木、庭木の管理等
林　業　機　械	60	95	集材方法等
特　用　林　産	51	58	きのこ類、シキミ・サカキ、木炭等
製　材　・　乾　燥	26	32	乾燥施設等
木材利用（建築）	97	175	木造住宅用部材等
木材利用（土木）	28	46	土木工事用木製構造物等
木材利用（家具類）	12	20	木製家具等
木質バイオマス	1	1	バイオコークス
そ　の　他	68	207	商品開発、製品管理、強度試験測定等
計	505	1,069	

■　講師

研　修　等　の　名　称	依　　頼　　主	件数（件）	人数（人）
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	39	397
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	21	270
チェーンソー研修、特用林産研修　等	県（本庁・出先機関）	14	141
架線作業主任者研修、労働災害防止研修 等	その他	17	300
計		91	1,108

■　委員

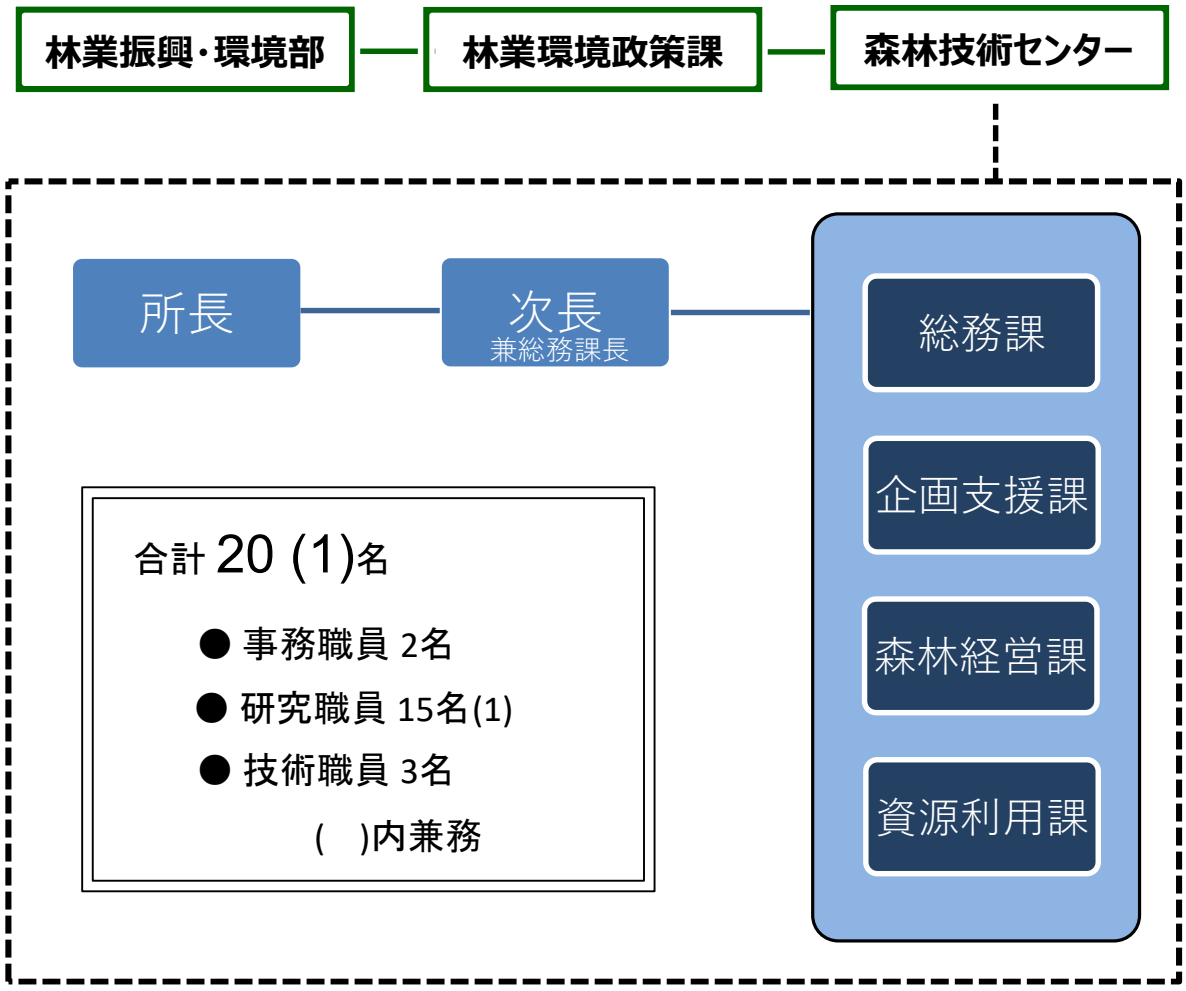
委　員　会　等　の　名　称	主　　催　　者	件数（件）	備　考
四国森林管理局技術開発委員会、黒潮町入野松原再生計画検討委員会　等	国・市町村 等	10	
林業専用道等技術審査会　等	県	1	
樹木医学会、森林立地学会、応用森林学会	学会	3	
森林作業システム高度技術者育成事業に係る検討委員会	その他	3	
計		17	

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	林野庁	1	4	
視察	四国林政連絡協議会	1	24	
視察	愛媛県林業研究センター	1	4	
視察	高知大学農林海洋科学部	4	92	
視察	高知県立幡多農業高校	1	15	
視察	茨木里山を守る会	1	21	
視察	台湾からの高知県視察団	1	12	
視察	土佐材セミナー	1	8	
計		11	180	

組　織　図


林業振興・環境部
林業環境政策課
森林技術センター
所長
次長
兼総務課長
総務課
企画支援課
森林経営課
資源利用課
合計 20 (1)名
● 事務職員 2名
● 研究職員 15名(1)
● 技術職員 3名
(　)内兼務