

令和 6 年 度

森林・林業交流研究発表集録

林 野 庁
近畿中国森林管理局

森林・林業交流研究発表集録の発刊にあたって

昨年、管内では、元日に能登半島地震、9月に奥能登豪雨災害という大きな自然災害が発生いたしました。近畿中国森林管理局といたしましては、「奥能登地区山地災害復旧対策室」を設置しまして、奥能登地区民有林直轄治山事業の実施などを通じまして、被災地の復旧・復興に全力で取り組む所存です。



さて、令和3年に閣議決定された現行の「森林・林業基本計画」では、新技術を活用して伐採から再生林・保育に至る収支のプラス転換を図る「新しい林業」の展開や、木材産業の競争力の強化などに取り組むこととされています。

こうした取組の基礎となるのが、新たな技術の開発や導入となるわけですが、その成果の現場への普及・定着を図るためには、研究・教育機関を含むすべての関係者が連携して取り組むことが不可欠で、こうした観点から、当該森林・林業交流研究発表会も位置づけられるものです。

本研究発表会は、昭和43年（1968年）から国有林の「業務研究発表会」として開催し、当局職員はもとより各種研究機関、高等学校の皆様等、多様かつ新鮮な視点からの発表の場となっています。これまで発表された課題数は、累計1千4百課題を超え、各地域における新たな技術の開発・導入・普及に関する幅広い情報・経験の共有や、次世代を担う若手の方や学生の皆様の人材育成にも貢献しているものと考えます。

本収録の、23課題（特別発表4課題を含む）につきましても、低コスト造林の取組、檜皮採取試験、ICTを活用した林分の出材予測や山間奥地の治山事業におけるICT施工など、時期にかなったテーマも多く、今後の地域の森林・林業の発展に大いに貢献するテーマと考えられます。

発表いただきました皆様に厚く感謝申し上げますとともに、研究発表当日、平日開催にもかかわらず多数の皆様方のご参加をいただいたこと、鷹尾森林総合研究所関西支所長をはじめ審査委員の皆様にご多忙中にもかかわらずご出席ご審査いただきましたこと、御来賓として一般社団法人日本森林技術協会の小島理事長、一般財団法人日本森林林業振興会の合田支部長にもお越しいただき、改めまして感謝申し上げます。

今回の研究発表会を契機として、皆様の益々の御活躍により地域の課題解決に向けた取組が進展し、森林の有する公益的機能の高度発揮と、林業の成長産業化が実現することを祈念いたします。

令和7年3月

近畿中国森林管理局長 高橋 和宏

目 次

| | |
|-----------------------------|---|
| 森林・林業交流研究発表集録の発刊にあたって | 1 |
|-----------------------------|---|

| | |
|----------|---|
| 目次 | 2 |
|----------|---|

研究発表

I 森林技術

| | |
|--------------------|---|
| ○京都フォレストスタイル | 6 |
| ～森林資源の循環～ | |

| | |
|-------------|---------|
| 京都府立北桑田高等学校 | 海 東 広 大 |
| | 小 鴉 皇 介 |
| | 細 谷 夏 穂 |
| | 安 井 汰 斗 |

| | |
|--------------------------------------|---|
| ○通信環境の悪い山間奥地における ICT 施工の導入について | 8 |
|--------------------------------------|---|

| | |
|---------|---------|
| 福井森林管理署 | 尾 方 祐 貴 |
| | 湯 地 純 子 |

| | |
|------------------------------------|----|
| ○地上レーザシステムを活用した測量設計業務の検証について | 13 |
|------------------------------------|----|

| | |
|---------|---------|
| 鳥取森林管理署 | 山 名 優 紀 |
| | 富 田 光 祐 |

| | |
|--|----|
| ○篠原山国有林における低密度植栽を行った樹齢 32 年のヒノキの成長量と 非破壊試験による強度性能 | 21 |
|--|----|

| | |
|---------------------|---------|
| 広島北部森林管理署 | 森 永 啓 吾 |
| 広島県立総合技術研究所林業技術センター | 渡 辺 靖 崇 |

| | |
|------------------------------|----|
| ○ビッターリッヒ法を応用した森林調査法の検討 | 26 |
|------------------------------|----|

| | |
|---------------|---------|
| 島根森林管理署 | 西 村 貫 太 |
| 近畿大学農学研究科 | 小 澤 瑞 樹 |
| 近畿大学農学部環境管理学科 | 井 上 昭 夫 |

| | |
|----------------------------------|----|
| ○地上レーザスキャナを活用した材積予測の検証について | 35 |
|----------------------------------|----|

| | |
|---------|---------|
| 滋賀森林管理署 | 竹 内 秀 行 |
| | 早 子 航 |

| | |
|------------------------------|----|
| ○採材計画策定支援システムを用いた採材の検証 | 43 |
|------------------------------|----|

| | |
|---------|---------|
| 三重森林管理署 | 近 藤 慎 吾 |
| | 田 中 廉 大 |

| | |
|---------------------------------------|--------|
| ○技術開発「檜皮採取試験」の結果報告…………… | 50 |
| ～24年間の取組の概要と成果～ | |
| 京都大阪森林管理事務所 | 内橋 由博 |
| 山口森林管理事務所 | 佐藤 博雅 |
| | 村木 藍海 |
| ○センダン及びヒノキの混交植栽試験について…………… | 58 |
| ～植栽3年目の経過報告～ | |
| 兵庫森林管理署 | 福本 真也 |
| | 宮里 有紀 |
| | 永田 晴規 |
| ○広葉樹の高密度混植による風倒被害地の再生について…………… | 64 |
| ～植栽15年目を迎えて～ | |
| 広島森林管理署 | 片山 樹 |
| | 岡本 博己 |
| | 柄澤 奈奈恵 |
| ○10年程度経過した無下刈り林分の現況について…………… | 67 |
| 森林技術・支援センター | 安田 裕二 |
| ○冬下刈の取り組みについて…………… | 75 |
| ～成長期前後における植栽木の成長量等の検証～ | |
| 岡山森林管理署 | 柴田 和紀 |
| | 安田 真菜 |
| ○アテ空中取り木苗を摘葉することによる活着率向上の可能性について…………… | 81 |
| (国研) 森林研究・整備機構 森林整備センター | 河原田 裕二 |
| 金沢水源林整備事務所 | 池田 海羅 |
| ○レーザースキャナによる計測材積と実測材積、また搬出材積との比較…………… | 84 |
| 兵庫県立森林大学校 | 貴志 倫生也 |

Ⅱ 森林保全

| | |
|--------------------------------------|-------|
| ○木質バイオマス燃料としての松くい虫被害木の活用について…………… | 92 |
| ～国有林材を活用したSDGsへの取組～ | |
| 石川森林管理署 | 植村 茜 |
| | 山口 静瑠 |
| ○ドローンによる獣害防護柵巡視における視認性向上の工夫について…………… | 100 |
| 和歌山森林管理署 | 畑中 宣輝 |
| | 正司 康智 |

- クヌギ林とクリ林の育成による「広葉樹林業」のモデル構築…………… 103
 ～大都市近郊の里山で豊かな生物を育み、生物の多様性を未来につなぐ～
 大阪府森林組合豊能支店 橋田 卓也
 小島 洋平

Ⅲ 森林とのふれあい

- 地域の緑を守りたい！…………… 112
 ～小学生との森林教室を通して～
 鳥取県立智頭農林高等学校 酒本 昇
- 森林資源（木材）の利用を広げる…………… 117
 ～木工教室と SNS の利用～
 兵庫県立山崎高等学校 石橋 広夢
 上川 一輝
 春名 陽太

特別発表

- 山口県の新しい林業に向けた技術開発…………… 120
 山口県農林総合技術センター 農林業技術部 林業技術研究室 田戸 裕之
 川元 裕
 岸ノ上 克浩
 大池 航史
 田坂 英之
 木村 衣里菜
- シイタケを害虫から守る…………… 125
 一天敵等を利用した低環境負荷型総合防除を目指して－
 （国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所
 関西支所 向井 裕美
- ミツマタの倍数性育種…………… 130
 ー交雑による6倍体ミツマタ生産に向けた取組ー
 （国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所
 林木育種センター関西育種場 山口 秀太郎
 柏木 学
 河合 慶恵
 山田 浩雄
 （国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所
 林木育種センター遺伝資源部 玉城 聡
 磯田 圭哉

| | |
|----------------------------|--------|
| ○ウバメガシはどのような林で増えやすいのか..... | 135 |
| 和歌山県林業試験場 | 山下 由美子 |

| | |
|---------------------|------------|
| 審査委員講評 | 139 |
|---------------------|------------|

| | |
|-------------------|------------|
| 受賞結果 | 144 |
|-------------------|------------|

| | |
|---------------------|------------|
| 審査委員名簿 | 146 |
|---------------------|------------|

※ 本文の名前欄の○印は代表発表者

京都フォレストスタイル

～森林資源の循環～

京都府立北桑田高等学校京都フォレスト科

2年 ○海東 広大
○小鴉 皇介
○細谷 夏穂
安井 汰斗

1 課題を取り上げた背景

私たちが暮らす日本は、国土面積 3,780 万 ha に対して、森林面積は 2,505 万 ha となっており、国土の約 2/3 を占めています。国土における森林の割合は、フィンランド、スウェーデンに次いで第3位となっており、日本は世界有数の森林大国といえます。このような日本の中で、私たちの通う北桑田高校がある京北地域は、京都市の北西部に位置する里山です。総面積の 93% が森林になっており、森林や山がはぐくむ清流などとても豊かな自然に恵まれた環境です。そんな自然豊かな京北は、昔から木材の生産地としてその名が知られています。その歴史は、約 1,200 年前にまでさかのぼります。新しく都となった平安京を造成するために建築用の木材を供給する中心地となっていました。

京都フォレスト科では、この京北地域において、美しい山林を守り、次世代に残していくために、自分たちにできることはないかと考え、山林管理に取り組んできました。森林資源の循環と有効活用をテーマにプロジェクト学習に取り組むこととなりました。

2 経過

(1) 北桑田高校京都フォレスト科の活動

私たちが学んでいる京都フォレスト科では、山林管理実習の中で、演習林や地域の森林整備を行っています。実習でありながら、本格的な山林整備を学び、山主の依頼を受け、山林を適切に管理することで、地域の貢献にもつなげ、地域を守っています(写真—1)。

実習では、毎回ミーティングと安全確認を実施してから伐採作業に入ります。伐採後は、玉切りを行い、造材した木材はフォワードを使って搬出していきます。また、間伐した木については、枝払い作業も行います。しかし、枝払い作業を行っている中で感じた課題がありました。幹は原木として搬出しますが、枝葉については山に放置されたままになっているのです。山積された枝葉は、伐採、下刈作業の妨げや景観悪化、自然災害の発生にもつながります。このままではせっかくの森林資源が、循環できていないのでは、と考えました。

このような課題がある中、美しい山を守り、後世に残していくために何ができるか、自分たちにできることを悠久班で検討してきました。そして、実習を通じて学んだ山林管理の経験を生かし、将来に渡って美しい山を残す悠久の森づくりに取り組んでいくことを決意しました。



写真—1

(2) 枝葉処理への取り組み

山林整備や台風被害の風倒木の処理で生じた大量の枝葉が、山林内で放置されていることが課題となっています。枝葉は、自然に分解されるまでには長い年数がかかってしまい、そのままでは作業の妨げになるだけでなく、景観の悪化や自然災害の発生にもつながります。今回、大量の枝葉を処理する方法として、ウッドチップパーを導入・活用し、枝葉をチップ状に粉砕することで、山積された枝葉の解消を行い、森林資源の循環に取り組みました。(写真—2、3)



写真—2



写真—3

3 実行結果

ウッドチップは、防草や燃料用など多様な用途での活用がされていますが、国内ではまだまだ利用が進んでいません。そこで、森林資源の新たな活用の可能性として、枝葉のウッドチップから腐葉土を作成する取組を行ってきました。今回、前年度から引き継いで作成してきた腐葉土については、地域の農業者に販売も行いました。さらに、これまでから継続して取組を実施している小学生との植林活動を通じた「悠久の森」づくりの中でも、ウッドチップから出来た腐葉土を活用し、次世代につなげる取組としました。(写真—4、5)



写真—4



写真—5

4 考察

今回のプロジェクトを通じて、ウッドチップから腐葉土を作成し、農業者への販売や地域での活動に活用し、新たな森林資源活用の形を作ることができました。通常の山林管理の中では、放置されたままになっていた枝葉をチップ化することで有効活用するこの取組は、北桑田高校ならではの山林管理スタイルを築く一歩となりました。近年 SDGs や森林環境税の導入など森林に対する注目が高まっている中で、この森林資源の循環を目指す本取組の意義は大きいと考えます。

今後は、チップから出来た腐葉土の成分調査を通じて腐葉土の効果も示しながら地域で活用してもらい、京都の農林業に幅広く普及させていくことで、さらなる資源循環を進めていきます。

通信環境の悪い山間奥地における ICT 施工の導入について

近畿中国森林管理局 福井森林管理署 治山技術官 尾方 祐貴
係員 ○湯地 純子

1 背景

令和元年に「公共工事の品質確保の促進に関する法律」が改正されて以降、近畿中国森林管理局管内では「遠隔臨場」や「ICT 施工の導入」の推進に努めてきました。しかし、国有林の治山工事現場は市街地から離れた山間部が多く、通信環境が悪いなどの理由で ICT 施工の導入は進んでいないのが現状です。また、令和 6 年 4 月から建設業においても時間外労働の上限規制が適用され、労働時間や休日労働を適正に管理することが必要となり、これまで以上に「働き方改革への対応」や「生産性向上への取組」について求められるようになりました。

そのため、今回は通信環境の悪い山間奥地において、施工管理の効率化などの効果が期待できる ICT 施工を選定し導入に向け取組を行いました。

2 工事箇所の概要

福井県南部の三方上中郡若狭町に所在する河内国有林は、滋賀県との県境付近に位置しており、年間平均降水量は 2,033 mm で冬季には降雪の多い地域です。令和 2 年の 1 月から 2 月にかけて、異常な降雪と急激な融雪によって、2.4ha の大規模崩壊が発生しました（写真 - 1）。推定される崩壊土砂量は約 17 万 m³ で、若狭町や地域住民から早期の復旧が要望されています。現在も多くの不安定土砂が溪流内に堆積していることから、土砂の流出を防止することを目的に、溪間工（鋼製杵谷止工 29.45 t）を施工している工事箇所です。

この箇所は、モバイル通信のエリア外（図 - 1）であり、これまで近畿中国森林管理局管内で ICT 施工を導入してきた市街地に近い通信環境の良い箇所とは異なった条件下にあります。また、ICT 施工の対象は、掘削工（土砂）500m³ 程度と掘削面仕上げ 60m² の比較的小規模な施工地です。ただし、左岸側の一部には推定岩盤線があり、岩盤掘削についてはバケットでの掘削ができないため、ICT 施工の対象外としています（図 - 2）。



写真 - 1 大規模崩壊地



図 - 1 モバイル通信エリア

引用：NTTドコモ サービスエリアマップ

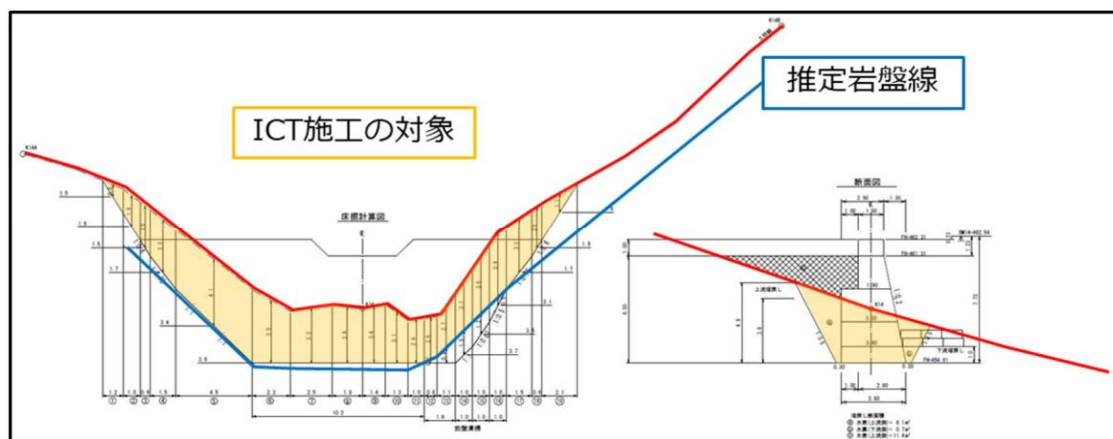


図 - 2 ICT 施工の対象（掘削図）

3 ICT 施工の導入に向けて

「森林整備保全事業 ICT 活用工事（土工） 試行実施要領」では、（１）３次元起工測量、（２）３次元設計データ作成、（３）ICT 建設機械による施工、（４）３次元出来形管理等の施工管理、（５）３次元データの納品の５段階に分けられ、このうち３次元起工測量と ICT 建設機械による施工については受注者の希望によることとされています。今回は受注者と協議し、全ての段階を実施することとしました。

今回の工事箇所は、モバイル通信のエリア外、山間部の谷地形で衛星の捕捉が困難、左岸側は樹木で覆われているなどの現場条件を考慮し、３次元起工測量と ICT 建設機械による施工の手法について、検討を行う必要がありました。

4 手法の検討

まず、３次元起工測量の手法として、これまで ICT 施工で実施されている主なものには、空中写真測量（無人航空機）、無人航空機搭載型レーザスキャナー、地上型レーザスキャナーの３つがあります。それぞれのメリット・デメリットについて整理（表 - 1）を図り、通信環境が不要であり、かつ溪間工 1 基に必要な測量範囲が小面積であるため、測量機器設置の移動回数が少なく効率的と判断される、地上型レーザスキャナーを用いた測量手法を採用することとしました。

続いて、ICT 建設機械による施工については、現場条件から、衛星を使用する ICT 建設機械による施工は困難であったため、衛星を使用しないトータルステーションによる施工を選定する必要がありました。また、工事箇所までの林道は狭く、搬入できるバック

表 - 1 主な測量方法

| | メリット | デメリット |
|------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 空中写真測量 | ・短時間・広範囲で測量可能 ・人が立ち入れない場所で行える | ・通信環境が必要 ・地表の障害物の影響を受ける |
| 無人航空機搭載型レーザスキャナー | ・少人数で可能 | ・通信環境が必要 ・2つに比べコストが高い |
| 地上型レーザスキャナー | ・通信環境は必要ない ・地表の障害物の影響を受けない | ・無人航空機に比べ測量時間が長い |

表 - 2 ICT 建設機械の選定フロー



GNSS：衛星測位 TS：トータルステーション
MC：マシンコントロール MG：マシンガイダンス

ホウの大きさが 0.45m³ 級までと限られていたため、現場条件や工事規模などを考慮し、小規模土工に使用されている杭ナビショベルを採用し、マシンガイダンス (MG) による施工を行うこととしました (表 - 2)。

5 ICT 施工の流れ

ICT 施工は実施要領に則り、(1)～(5)の順で行いました。

(1) 3次元起工測量

手法の検討で採用した、地上型レーザスキャナー (写真-2) を使用し起工測量を行いました。外部業者に委託し実施したため、はじめに測量範囲の確認を行いました。機器の設置場所は、現地の高低差や起伏などを考慮し7箇所としました。今回使用した地上型レーザスキャナーの場合、1回のスキャン時間は約2分で、事前準備から約2時間で起工測量が完了しました。また、起工測量の精度確認のため、検証点 (写真-3) を複数箇所設置しトータルステーションにより測点間距離を計測しました。



写真 - 2 地上型レーザスキャナー



写真 - 3 検証点

(2) 3次元設計データ作成

起工測量で取得した点群データ (図 - 3) から、不要な点を削除し、3次元設計データを作成しました。図 - 4 は当初設計と起工測量の結果を示した図面で、黒線が当初設計、赤線が起工測量結果です。地上型レーザスキャナーは細かい起伏等の地形データを取得でき、より正確な地形を把握することが可能となりましたが、当初設計と比較したところ、相違が少なかったため、今回は当初設計データを採用しました。

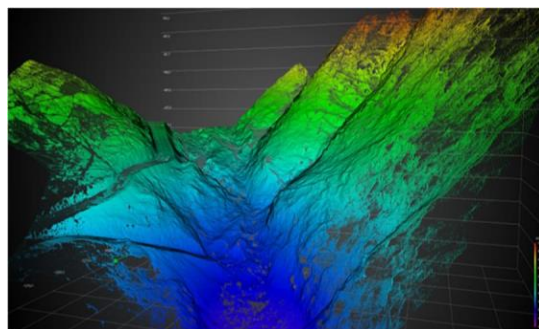


図 - 3 3次元起工測量の点群データ

(3) ICT 建設機械による施工

手法の検討で採用した、杭ナビショベルを使用する前に、杭ナビショベルで取得したバケット刃先座標と、トータルステーションで計測したバケット刃先座標を比較し、十分な精度であるか確認を行ったうえで、施工を開始しました。杭ナビは、見通しの良い場所に設置することで (写真 - 4)、バックホウに取り付けたプリズムを自動で追尾し機械位置を把握することができます。また、アームなどに取り付けたセンサーによってバケットの刃先座標を自動で計算するため、オペレーターは機械位置や

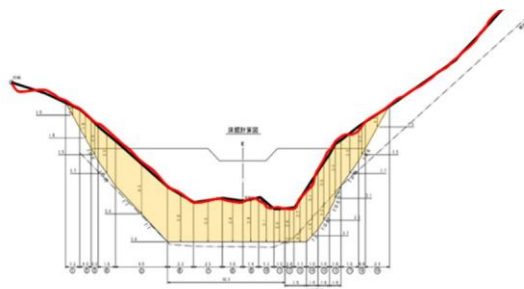


図 - 4 起工測量結果

刃先座標を手元のモニター（図 - 5）でリアルタイムに確認することが出来ます。これにより、床掘状況と設計データを比較しながら作業を進めることが可能となりました。

杭ナビショベルを使用するうえで、機械の移動や機械が揺れて動いた場合には、機械の位置情報を正確に把握する必要があるため、その都度 90 度以上の旋回作業が必要になります。



写真 - 4 杭ナビショベル

（４）３次元出来形管理等の施工管理

起工測量と同様に、地上型レーザスキャナーで出来形計測を行いました。出来形計測は、上下流や床掘内から 7 箇所計測し約 1 時間で完了しました。

（５）３次元データの納品

取得した点群データから出来形管理図（図 - 6）を作成しました。ヒートマップ（図 - 7）を作成することで、床掘設計値に対する差を最小・最大箇所に色分けでき、床掘確認を行う際に、容易に床掘面の状況を判別することが可能となりました。受注者は工事完了の際に、３次元データを納品します。

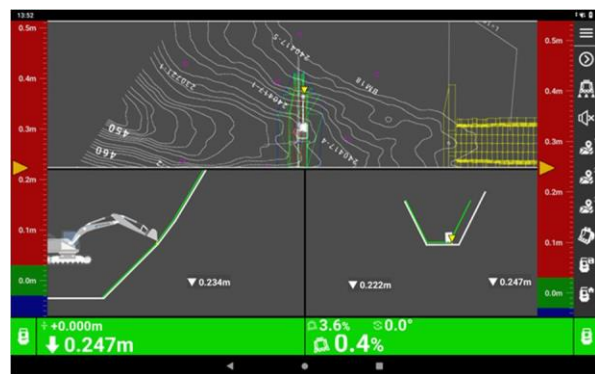


図 - 5 手元のモニター

6 取組結果

今回の工事箇所では起工測量から丁張設置まで 2～3 日は必要でしたが、ICT 施工を導入した結果、事前確認から約 2 時間で測量が完了しました。従来は丁張設置に伴い、作業員が足場の悪い高所・急傾斜地での危険を伴う作業が必要でしたが、地上型レーザスキャナーを用いることで危険箇所への立入がなくなり、安全性の向上にも繋がりました。床掘は、500m³ 程度の作業で従来は 15 日間程かかるところ、11 日間で作業が完了しました。通常は床掘の途中で作業を止め検測を行う必要がありますが、杭ナビショベルを用いたことで、オペレーターは床掘状況と設計データの比較をモニター上でリアルタイ



図 - 6 出来形管理図

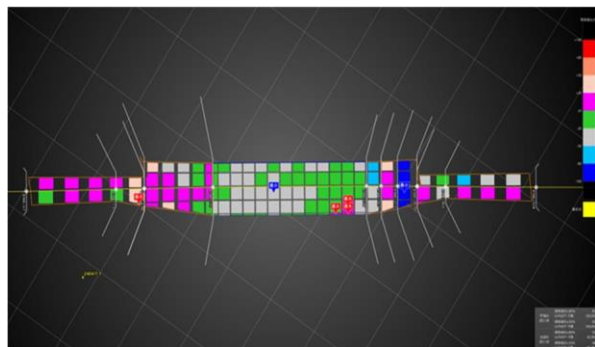


図 - 7 ヒートマップ

ムに確認でき、差分の検測が不要になったことから掘削機械を止めることなく、手戻りなしで効率よく作業を実施できました。この結果、起工測量から出来形計測完了まで従来と比べ8日間短縮することができました（表 - 3）。なお、従来日数は、受注者への聞き込みにより算出しています。

実際に施工した受注者の意見として、従来行っていた丁張設置や床掘状況の確認などの作業が不要となり、作業効率が向上した、3次元設計データを作成し完成イメージ（図 - 8）を関係者全員で共有できたなどが挙げられ、好印象でした。

また、地上型レーザスキャナーの起工測量や杭ナビショベルの精度は、起工測量で精度基準 $\pm 20\text{mm}$ に対し $+2\text{mm}$ 、杭ナビショベルのバケット刃先座標精度は標高較差 $\pm 50\text{mm}$ に対し $+6\text{mm}$ とどちらも高い精度であり、出来形管理をする上で十分な精度があることが確認できました。

表 - 3 作業日数の比較

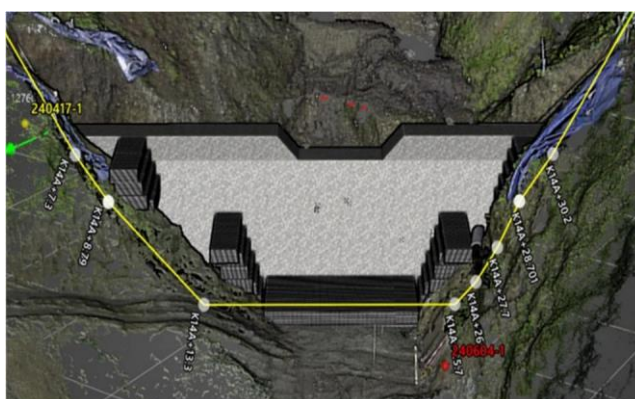


図 - 8 完成イメージ

7 考察

今回導入した手法により、通信環境の悪い山間奥地であっても ICT 施工による一定の成果が得られました。また、施工精度も高く、小規模施工地においても生産性の向上や安全性の確保などにも効果が認められる結果となったことから、働き方改革への対応を進めるためには、ICT 施工の導入は有効な手段であると考えます。しかし、起工測量から電子納品までを全て受注者自ら行うには、機器の購入など初期費用が高額となり、外部委託やリースに頼らざるを得ないため、ICT 施工に係る全般での経費も高額になります。これらの点については、現状の課題です。

今後も山間奥地や小規模土工での手段の検証や森林土木分野での導入促進に向け、発注者・受注者間で情報共有し技術の研鑽に努め、ICT 施工の導入に向けて取り組んでいきたいと思います。

引用文献

1) NTT ドコモ、サービスエリアマップ、

https://www.docomo.ne.jp/area/service_area/map/?rgcd=03&cmcd=5G&scale=2048000&lat=35.690767&lot=139.756853&icid=CRP_AREA_technology_5g_CRP_AREA_service_area_map

(最終閲覧：2025/02/06)

地上レーザシステムを活用した測量設計業務の検証について

鳥取森林管理署 大山治山事業所 治山技術官 ○山名 優紀
治山グループ 係員 富田 光祐

1 はじめに

(1) 研究の背景

現在、治山・土木工事において、測量業務の簡略化及び外業業務の効率化を目的として、UAV 等を活用した調査測量が行われていますが、現地の状況によっては、地表面が樹木に覆われ、UAV による測量が困難な箇所などがあります。

このような場所における測量手法として、地上レーザ測量システムを活用した測量があります。

また、近年の豪雨の増加などにより、毎年のように山林や林道に被害が出ており、従来の測量方法では、治山・土木業務の経験を要することから、場合によっては、測量時に経験豊富な人材を揃えることが難しい場合もあり、効率的で経験を要しない測量方法が必要です。

(2) 研究の目的

このような背景から、主に立木の材積調査などに用いられている地上レーザ測量機器の森林三次元計測システム OWL が各森林管理署へ配備されていることを踏まえて、治山・土木業務の経験が少ない職員でも操作可能である、本機器を用いた測量方法の検討を行いました。

更に、本機器を用いた測量の際のデータの結合方法や測量回数などのパターンを提案することで、そのパターンに基づいて測量を行えば、治山・土木業務の測量経験がない職員でも、測量及び周辺の侵食状況等の把握を行えるようになることを目的として、本研究を実施しました。

2 機材と方法

(1) 地上レーザ測量システムを用いた測量

ア 機材

今回の測量では、OWL 計測機器（AME-OL200 型）（株式会社アドイン研究所）（写真－1）、データ管理ソフトウェア OWL Manager（株式会社アドイン研究所）、治山支援ソフト OWL Construction（株式会社アドイン研究所）、L 杭（長さ 50cm）、再帰性反射テープ（写真－2）を使用しました。



写真－1 OWL 計測器



写真－2 反射テープ及び杭

イ 測量の概要

調査地は鳥取県西部に位置する西伯郡大山町大山国有林 606 林班い 3 小班で、大山南壁の景勝地「三ノ沢」として知られ、多くの観光客が訪れる箇所です。

三ノ沢の下流部である今回の調査地は、上流から供給される土砂や流水によって、狭い溪床内に侵食が散見される状況です。また、一部の既設堰堤では基礎部が洗堀を受けている状況も見られます（写真－3、写真－4）。



写真－3 三ノ沢ドローン写真



写真－4 調査地状況

ウ 測量の方法

今回の調査地では、OWL 計測器を使用した場合、1 回の計測では調査範囲すべてを網羅することができないため、複数回計測して、それらのデータを結合させる必要がありました。

計測データを結合させるためには、結合させるデータ同士で、同一の反射板にレーザを当てる必要があります。そこで今回は、50 cm の L 杭の頂部に高さ 3 cm、幅 1.5 cm の反射テープを全面に張り、現地の下草に隠れないように地上部に杭が 40 cm 出るように設置しました。

また、反射テープと OWL 計測器の距離について、OWL 計測器は 22.5 秒モードで計測 1 回あたり 1,944,000 点のレーザを飛ばすため、そのレーザが反射テープ 2.25 cm²（反射テープの短辺である 1.5 cm を 1 辺とした正方形面積）に 1 点以上当たる距離で、かつ計測回数を減らすために最大の距離を 5 m（単位止め）としました。

図－1 のとおり、今回 OWL 計測器を地上 1.9 m の高さに固定したことから、OWL 計測器と反射テープとは高さ方向に 1.5 m の高低差があるため、OWL 計測器と反射テープとの水平距離は 4.7 m となりました（図－2）。

なお、杭と OWL 計測器の間隔は次の計測箇所においても同じように 4.7 m 以下とする必要があることから、杭は OWL 計測器を中心に正形状に設置することとしたため、OWL 計測器と杭との間の距離は図－2 のとおり最小で 3.36 m となりました。

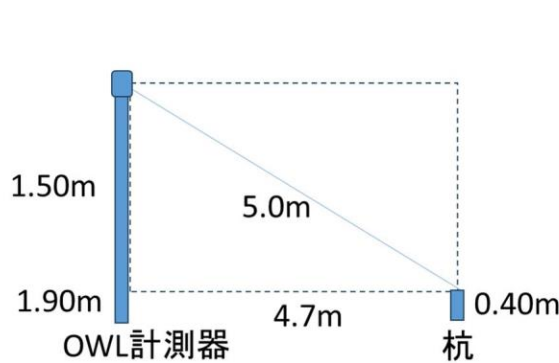


図-1 杭と OWL 計測器の距離

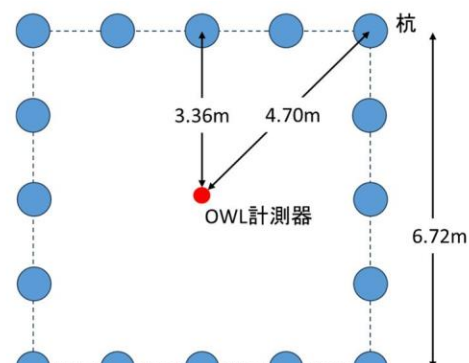


図-2 杭設置位置模式図

また、杭の設置に係る業務の効率化を検討するため、OWL のマニュアルに則り、5つの杭を設置する「パターン1」と、OWL 計測器は本来、空間全体を計測するためのものですが、今回は縦断線と横断線が測量できれば問題なく、計測する範囲が狭いことから杭を3本に減じた「パターン2」の2パターンで杭を設置して、測量を行いました。

測量の流れについては「パターン1」、「パターン2」ともに概ね次のとおりです。

まず、現地踏査を行い、測量範囲、堰堤設置予定位置を決定します。その際に、堰堤設置予定位置の横断線上に目印となるように杭を設置します。

図面作成は OWL Manager や OWL Construction を用いて、この杭を目印に行います。

測量後にソフト上で杭の設置状況を確認する際、その杭が結合用の杭と間違わないように設置する必要があります。

そのため、杭の置き方など結合用の杭と目印用の杭とを判別できるように設置します。

今回の測量では、目印用の杭は結合用の杭と比べて設置間隔を小さくし、結合用の杭と区別しました。

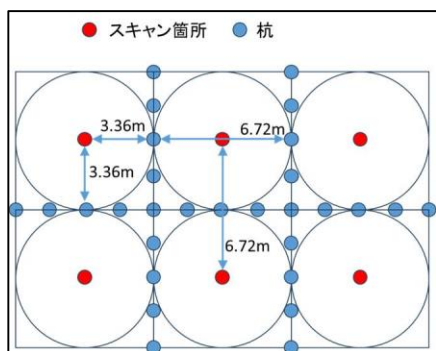
次に、結合用の杭を設置しながら、縦断測量を一筆書きとなるように計測していきます。現地で使用する杭の本数を減らすため、杭を移動させながら計測していきます。

また、湧水や侵食が見られる箇所については、杭でつなげながら計測をしていきます。OWL 計測器で計測箇所の画像を見ることはできますが、確認用としてデジタルカメラでも現地写真を撮っておくようにします。

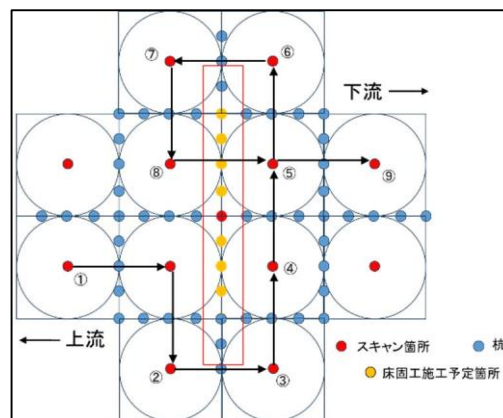
以上の手順で縦断測量を行い、堰堤設置予定箇所付近まで計測したのち、縦断測量と一筆書きでつながるように横断測量を行い、横断測量が完了したのちに、続きの縦断測量へとつなげていきます。

次にパターンごとの実際の測量時の杭の設置方法です。

「パターン1」における杭設置位置の縦断測量時の模式図は図-3のとおりで、横断測量時の模式図は図-4のとおりです。現地状況に応じて杭の設置位置は変わりますが、杭間距離が6.72m間に5本となるように杭を設置していきます。

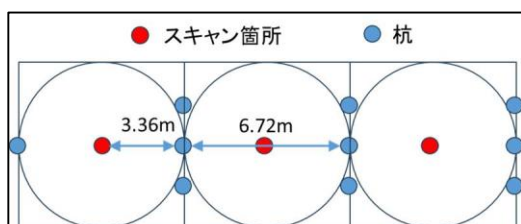


図－3 パターン1縦断測量時の模式図

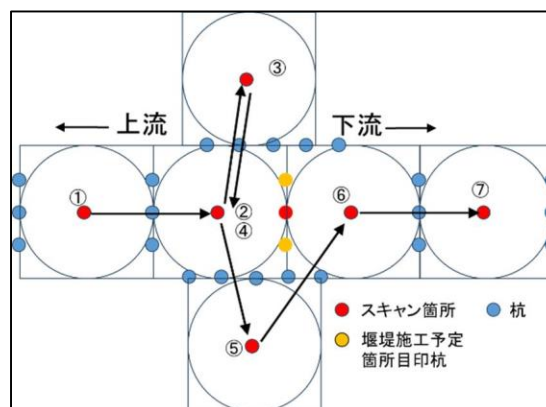


図－4 パターン1横断測量模式図

パターン2における杭設置位置の縦断測量時の模式図は図－5のとおりで、横断測量時の模式図は図－6のとおりです。パターン1と同様に、杭間距離が6.72m間に5本となるように杭を設置していきますが、両端の2本は設置せず3本の設置とします。



図－5 パターン1縦断測量模式図



図－6 パターン2横断測量模式図

3 結果と考察

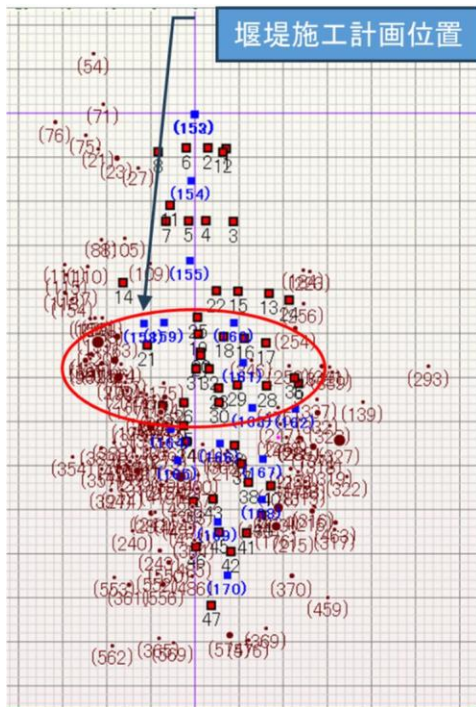
(1) 測量結果及び図面化について

ア パターン1

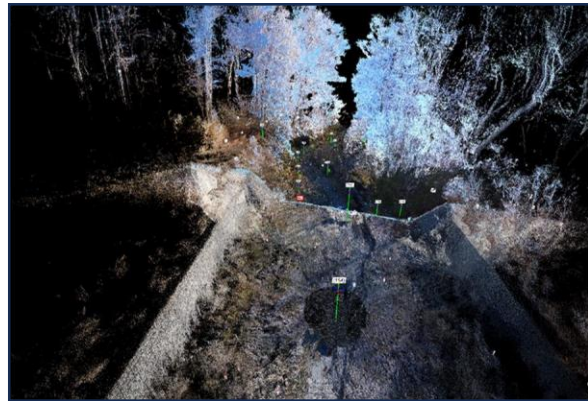
パターン1の方法で測量したデータは、以下の画像－1、画像－2のとおりです。データを結合した結果、既設堰堤をまたぐ箇所については測量データと実際の地形とで、ずれが生じていましたが、そのほかの箇所については問題なく結合できていました。

イ パターン2

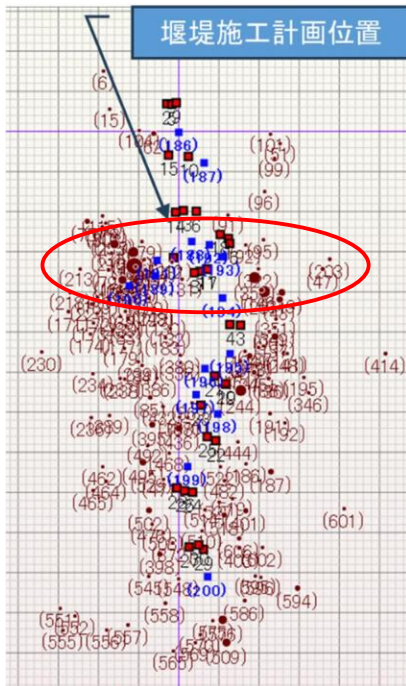
パターン2の方法で測量したデータは、以下の画像－3、画像－4のとおりです。パターン1と同様に、データを結合した結果、既設堰堤をまたぐ箇所については測量データと実際の地形とで、ずれが生じていましたが、そのほかの箇所については問題なく結合できていました。



画像－１ パターン１結合結果



画像－２ パターン１結合結果
(ウォークスルー画面、既設堰堤から下流側)



画像－３ パターン２結合結果



画像－４ パターン２結合結果
(ウォークスルー画面、既設堰堤から下流側)

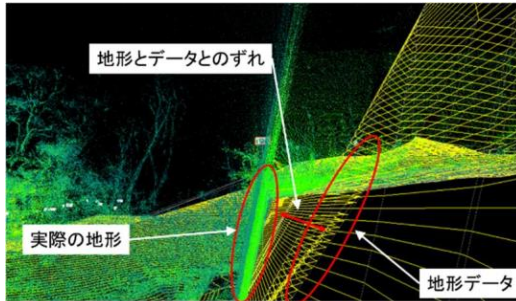
ウ 測定の注意点

今回、OWL を用いて測量及び図面化を行った結果、５点注意すべきことが分かりました。

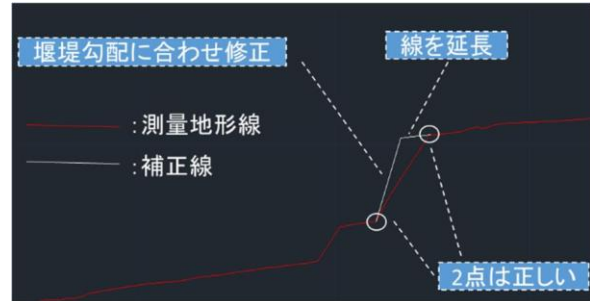
１点目は、堰堤を乗り越える箇所の計測データの結合結果についてです。画像－

5のように既設堰堤を乗り越える箇所について、測量データと実際の地形とで、ずれが見られたということです。

OWL のデータでは、既設堰堤の天端高と既設堰堤と地盤が交わる箇所は現地と一致するため、既設堰堤の高さや設置勾配をメジャー及びスラントを用いて別途計測し、図面化した際に修正する必要があります（画像－6）。



画像－5 地形とデータのズレ



画像－6 図面上での補正方法

2点目は、杭の設置・運搬方法についてです。測量で使う杭について、結合のためだけに設置している杭は、その箇所の計測が完了したら抜けても問題はありません。

そのため、杭の設置方法を検討する必要があります。今回の現場では、5 cmから10 cmほどの小石が多く、その小石を土台にして杭が刺さらない場所でも杭を設置しました。現場での対応として、支柱を持っていくなど、杭が自立するような方法を考える必要があります。

また、杭については現地で杭を繰り返し使いますが、それでも多くの杭を現地に持っていく必要があります。

持ち運びを考慮して杭を小さくすると、その分反射板も小さくなるため、確実にレーザを反射板に当てるためには計測回数を増やす必要があります。

そのため、持ち運びしやすくかつ反射板の大きさを確保できるような杭を用意する必要があります。

3点目は、測量現場状況についてです。OWL 計測器を用いた治山・土木工事の測量においては、地形データを知りたいため、適正に地表面にレーザを当てる必要があります。

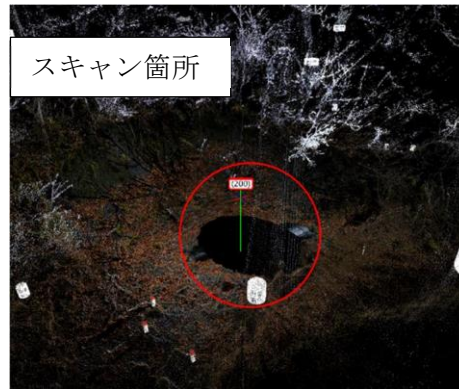
トータルステーションやコンパスでの測量であれば、地面に設置したプリズムやポールが計測器具から視認できて初めて測量をすることができます。

しかし、OWL 測量では、立木情報を得るために開発されたということもあり、レーザが下草などに遮られて、地表面に当たらない場合でも、その下草を地表面として測量データが作られます。

そのため、下草や灌木などが繁茂している場合、現地では適正に地形データを計測できているかどうか判断が困難です。現地にノートパソコンを持っていき、計測ごとに結果を表示させて確認すれば、地表にレーザが当たっているか分かりますが、作業効率を考えると現実的ではありません。そのため、下草が繁茂して、レーザが地表面に届かないおそれがある場合は刈払いを念入りに行う必要があると考えます。

4点目は、計測をする位置についてです。画像－7のとおり計測箇所直下は、地形データを取得することができません。立木の材積調査をする際には、ほとんど問題にならないことですが、地形データを知りたい治山工事の測量では、注意する必要があります。特に横断測量時は、従来のトータルステーションでは、堰堤設置予

定位置の上に機械やプリズムを設置して測量を行うため、その習慣で、堰堤設置予定位置で計測をしてしまうことも考えられます。横断測量で堰堤設置予定位置の地形データを取得するためには、その位置から少し離れた位置で計測を行うように注意が必要です。



画像－7 計測箇所のデータ

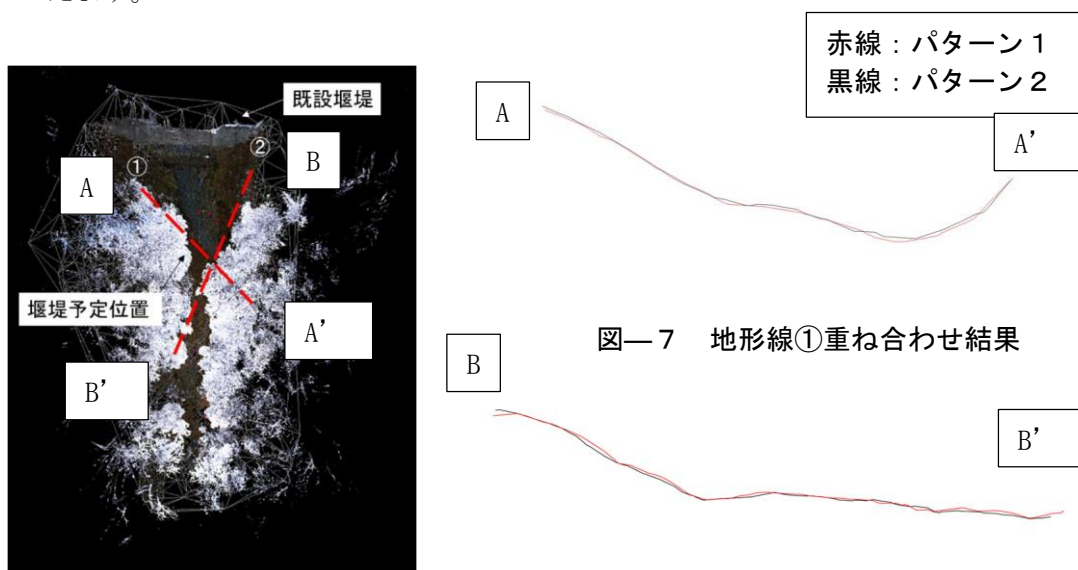
5点目は、基準点設定についてです。今回使用した治山支援ソフト OWL Construction では、方向角を出すことが困難であり、従来、基準点設定はミリ単位で計測することから、基準点設定には高い精度が求められます。そのため、今回の方法では OWL 計測器のみでの基準点設定は困難であると考えられ、別途トータルステーションを用いて、基準点を設定する必要があります。

(2) パターン1とパターン2の比較

ア 図面上の誤差

画像－8のとおり、2点を結んだ地形線を2箇所抜き出し、比較した結果、①、②両方の側線の地形データとも「パターン1」、「パターン2」で大きな誤差はないことが分かり、誤差が大きな箇所でも 20cm 程度でした。(図－7、図－8)

今回使用した図面化ソフトでは、取得したい地形線を手動で設定するため、その際の誤差もあることから、同じ地形線を作成することは困難であり、厳密な誤差は算出できませんでしたが、これらの誤差は設計に影響が出る程のものではないと考えます。



図－7 地形線①重ね合わせ結果

画像－8 基準地形線位置図

図－8 パターン2地形線②

イ 測量方法の比較

今回、1人で行った測量時間は、「パターン1」で60分掛かり、「パターン2」では30分となりました。杭の数や計測回数を減らすことができ、その分時間短縮につながりました。

また、上記のとおり測量結果において、両者に大きな差はなく、また今回のような幅15mほどの溪間であれば、「パターン2」の手法で両岸の侵食状況も問題なく把握することが可能であると分かりました。

(3) 考察

今回の研究結果を踏まえて、森林三次元計測システム OWL を用いた溪間の測量は次のような場合で有効であると考えられます。

1点目に、小さな侵食などが散見される溪床です。

従来であれば、堰堤施工のほかに侵食などにより護岸工や河床整理工が必要な現場で、追加断面の測量データを取得する必要があるような場合は、経験に基づく判断で、その場で測量箇所を決定していましたが、森林三次元計測システム OWL では、立体的な情報把握が機械的に可能なため、現地でそのような判断をする必要がなく、事務所等に戻った際に職場の治山・土木業務の担当者と、机上で確認しながら測量をすることが可能となる点が有効であると考えます。

2点目に、トータルステーションを併用する測量です。

森林三次元計測システム OWL での測量は、溪岸の傾斜が急な箇所では測量が困難であり、またトータルステーションのみの測量では、視距が短い現場などでは据え付けに時間がかかり、かつ面的な情報を得ることができません。

双方のメリット・デメリットを補うため、溪岸の傾斜が急な現場においては、縦断測量を森林三次元計測システム OWL で行い、横断測量をトータルステーションで行うことにより、より安全で現地状況を立体的に情報把握できるような測量が可能になると考えます。

4 今後の展望

今回は森林三次元計測システム OWL を用いた測量の先行事例が少なく、杭の置き方や計測箇所などを、必ずレーザが反射テープに当たるように設定したため、杭の本数や計測箇所が多くなる結果となりました。

治山・土木工事における測量は、立木の材積調査とは異なり、地形データが重要です。

そのため、草本や地面の凸凹といった様々なレーザの障害物があるなかで、いかにして杭の置き方や計測回数を減らしていけるのかが、今後森林三次元計測システム OWL での測量が行われていくかどうかに関わってくると考えます。

今回は幅15m程と狭い溪床で検証を行いました。より広い溪床でも検証を行い、どれくらいまでの規模の溪間であれば、溪床中央の計測のみで縦断測量をしながら、溪岸の侵食状況も読み取ることができるのかの検証など、より多くの現場で測量をしてデータを集め、測量方法をパターン化することが重要であると考えます。

篠原山国有林における低密度植栽を行った樹齢 32 年のヒノキの成長量と 非破壊試験による強度性能

広島北部森林管理署 森林技術指導官 ○森永 啓吾
広島県立総合技術研究所林業技術センター ○渡辺 靖崇

1 課題を取り上げた背景

現在、低コスト林業の実現のため、植栽密度を 2,000 本/ha 以下とする「低密度植栽」が注目されています。「低密度植栽」が植栽木に与える影響について、成長量を調査した事例はありますが、材質に与える影響を調査した事例は少ないです。

本研究では、3つの植栽密度から採取した供試体を用いて、成長量の調査（樹幹解析）を行うとともに、立木の状態で応力波伝搬速度の計測と丸太の状態で縦振動法による動的ヤング係数の測定を行い、植栽密度の違いが材質に与える影響を簡易的に評価しました。

低密度植栽による植栽木の材料強度への影響を及ぼす要因として、未成熟材の割合の増加があります。スギやヒノキの場合、植栽から15年生程度の間に幹の中心に形成される部分は「未成熟材」といい、その後外側に形成される「成熟材」の部分と比べ強度が低いことが分かっています。植栽密度が高いほど、初期の成長が抑えられるため未成熟材の割合を減らすことができ、高強度の材を作ることができます。では、低密度にすればするほど未成熟材の割合が多くなるかということ、そうではありません。植栽密度を減らすほど、自然発生する植生が増え、それらと植栽木との競争により、初期成長がその影響を受けるからです。

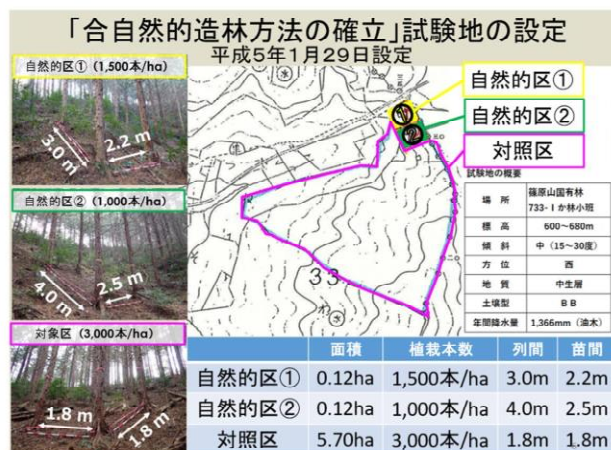
低密度植栽が植栽木の材料強度に与える影響についていくつかの報告がありますが、植栽地域による違いもあるため、まだまだ調査事例を積み上げていく必要があります。

2 経過

(1) 低密度植栽の試験地

篠原山国有林（神石高原町）にて、平成4年度に超低コストな施業方法「合自然的森林施業方法の確立」¹⁾の試験地を設定し、10年間の生育調査を実施しています。植栽樹種はすべてヒノキで、植栽密度は1,000本/ha、1,500本/ha、3,000本/haの3区を設定しています。（図－1）

そこで植栽密度が材料強度へ与える影響を調査しました。なお、林齢は調査時には32年生（2022年時点）でした。



図－1 「合自然的森林施業方法の確立」

(2) 成長量の調査方法・樹幹解析

各試験区3本、合計9本、各試験区の平均直径に近い3本を選木し、丸太を採取しました。伐採した丸太から1～2mごとに1枚の円盤型試験体を採取し、試験体をスキャナーで用いて画像化しました。画像化したものをQGIS(フリーソフト)に取り込み年輪幅を4方向測定し、測定した年輪幅をSDA (Stem Density Analyzer ver1.09)に取り込み、成長量(体積)を計算しました。(図-2、図-3)

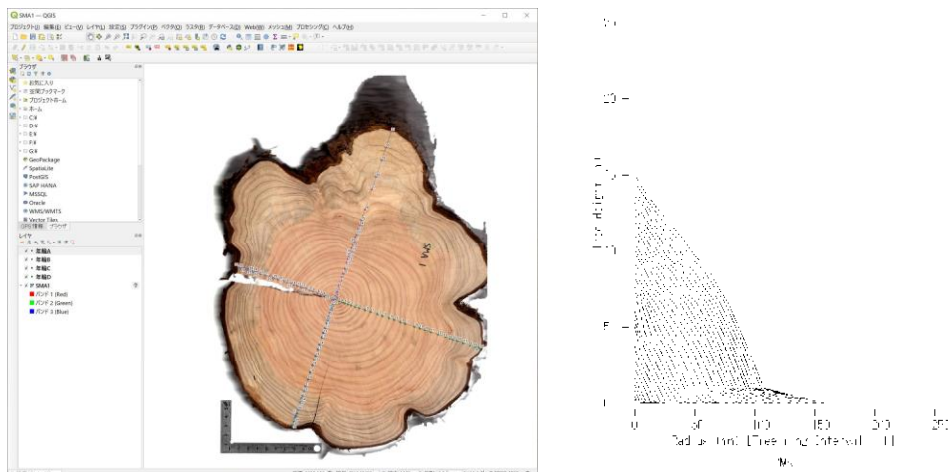


図-2 QGISで年輪幅を測定している様子とSDAで解析した結果

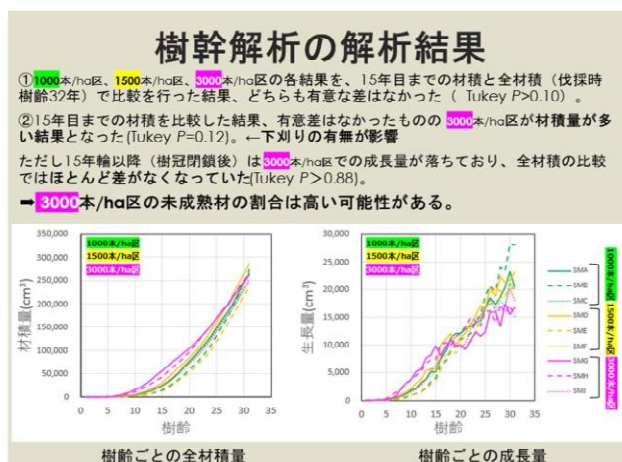


図-3 「樹幹解析の解析結果」

(3) 材料強度の測定方法・立木の応力波伝播速度測定 (FAKOPP) と原木丸太の縦振動法による動的ヤング係数の測定

立木の状態で材料強度を推定する方法として「応力波伝播速度」を計測する方法があります。応力波伝播速度はFAKOPPという機械を用いて計測を行いました。その方法は、FAKOPPの打込みセンサーを立木の上側、受信センサーを下側に打ち込み、送信機に打撃を与えて出る応力波が受信センサーまでの到達する時間を測るものです。この到達時間を「応力波伝播時間」といい、その値と、打込みセンサーと受信センサーの距離から「応力波伝播速度」を簡単に計算することができます。「応力波伝播速度」が分かれば動的ヤング係数を求めることができ動的ヤング係数と材料強度には正の相関関係があることが分かっているので、「応力波伝播速度」を計測することで材料強

度を推定することができます。測定本数は各試験区5本の合計15本。試験区の中で胸高直径が平均値に近い5本を選出しました。（図－4）

その後、立木を伐採し、「構造用木材の強度試験マニュアル」に従って原木丸太の状態でクッション材の上に置いた縦振動法により丸太の木口をハンマーで叩き、固有振動数をFFTアナライザーで測定し、動的ヤング係数を計測しました。試験体数は各試験区から立木3本（立木1本につき丸太3本採取）の合計27体を選出しました。（図－5）



図－4 立木の応力波伝播速度測定（FAKOPP）



図－5 原木丸太の縦振動法による動的ヤング係数の測定

3 実行結果

(1) 成長量の調査結果・樹幹解析

1,000本/ha区、1,500本/ha区、3,000本/ha区の各結果を、15年目までの材積と全材積（伐採時樹齢32年）で比較を行った結果、どちらも有意な差はありませんでした（Tukey $P>0.10$ ）。

15年目までの材積を比較した結果、有意差はなかったものの3,000本/ha区の材積量が多い結果となりました（Tukey $P=0.12$ ）。下刈り施業の有無が影響したと考えられます。

ただし15年輪以降（樹冠閉鎖後）は3,000本/ha区での成長量が落ちており（図3）、全材積の比較ではほとんど差がなくなっていました（Tukey $P>0.88$ ）。3,000本/ha区の未成熟材の割合は高い可能性があります。（図－6）

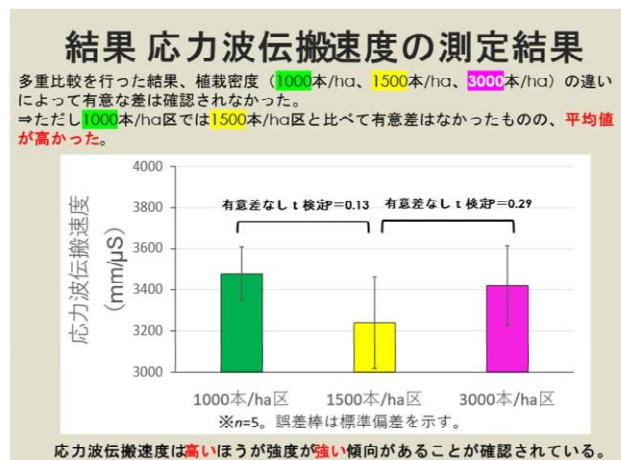
(2) 材料強度の測定結果・立木の応力波伝播速度測定（FAKOPP）と原木丸太の縦振動法による動的ヤング係数の測定

多重比較を行った結果、植栽密度（1,000本/ha、1,500本/ha、3,000本/ha）の違いによって有意な差は確認されませんでした。

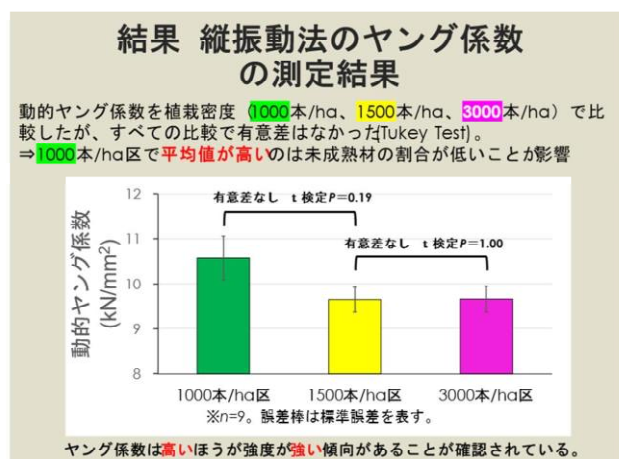
ただし、1,000本/ha区では1,500本/ha区と比べて有意差はなかったものの、平均値が高い結果となりました。

また、動的ヤング係数を植栽密度（1,000本/ha、1,500本/ha、3,000本/ha）で比較を行った結果、すべての比較で有意差はありませんでした（Tukey Test）。1,000本/ha区で平均値が高いのは、未成熟材の割合が低いことが影響したと考えられます。

（図－7）



図－6 立木の応力波伝播速度測定（FAKOPP）結果



図一 7 原木丸太の縦振動法による動的ヤング係数の測定

4 考察

今回の解析において次の結果が得られました。

- (1) 成長量・樹幹解析を測定した結果、植栽密度の違いによる成長量の差はありませんでした。
- (2) 立木の応力波伝播速度を測定した結果、植栽密度の違いによる有意な差は認められませんでした。
- (3) 原木丸太の縦振動法による動的ヤング係数を測定した結果、植栽密度の違いによる有意な差は認められませんでした。
- (4) 以上の結果から、本研究の試験体数は少ないため、結論は限定的ではあるものの低密度植栽（1,000～1,500 本/ha）が材料強度に与える影響について、通常植栽（3,000 本/ha）と比較してほとんどないという結果となりました。また、下刈りを省略することで低密度植栽においても初期成長が抑えられ比較的高い強度の材が得られる可能性が示唆されました。

ただし、今回行った強度推定方法は、簡易的な指標を用いたものであるもので、実際の曲げ試験を実施し、丸太から板を製材したのち無欠点試験体を採取し、JIS Z2101に従って曲げ試験と丸太から 2×4 材を製材しているの節径比の測定を実施等の詳細な強度試験を調査する必要があります。

引用文献

- 1) 弘兼光秀（1996）合自然的造林方法の確立（第一報）

ビッターリッヒ法を応用した森林調査法の検討

島根森林管理署 森林官（大田担当区） ○西村 貴太
近畿大学農学研究科 環境管理学専攻 博士前期課程2年 小澤 瑞樹
近畿大学農学部環境管理学科 教授 井上 昭夫

1 はじめに

(1) 研究の背景

国有林野事業においては、人工林資源の充実を背景として、国産材の安定供給体制の構築に貢献するため、地域の需要に対応しながら立木販売や間伐等の森林整備の結果得られる素材の販売により国有林材の安定的な供給を進めていくこととしており、今後、収穫調査量も増大していく見込みとなっています¹⁾。

収穫調査は、国有林における立木の販売等に向けて区域の標示と実測、立木の樹種、本数、材積、品質等の計測・調査を行うものであり、森林官の主たる業務のひとつです。一方で、近年の職員数減少²⁾及び現場系非常勤職員（筆者担当区内の平均年齢は満76.7歳（令和6年度））が高齢化している実情を踏まえ、これらの調査には、リモートセンシング等の技術を活用し、効率化・省力化を図っていくことが喫緊の課題となっています。

特にドローン画像による森林調査は、ドローンレーザや航空機レーザのような類似の上空からの森林調査技術に比べて低コストで実施できるという利点があります³⁾。しかし、ドローン画像による森林調査にはいくつかの問題があります。まず、ドローンの撮影と解析には、経験と技術を要する煩雑な解析が必要です⁴⁾。また、ドローン画像による研究の多くは単木レベルでの森林調査を目的としていますが、現行の森林管理は密度管理図や収穫表をもとに、林分レベルの情報をもとに行われます⁵⁾。そのため、単木レベルでの精緻なデータを収集しても、森林管理への応用の際には、平均直径や平均樹高のような林分レベルの情報に集約する必要があります。単木レベルでの精緻なデータをそのまま森林管理に活用しないのであれば、林分レベルの簡便な調査でも十分だと考えられます。

(2) 研究の目的

このような背景から、ドローンを用いた林分レベルでの簡便な森林調査法として「空中ビッターリッヒ法」という方法を提案しました⁶⁾。ビッターリッヒ法とは、オーストリアの W. Bitterlich 氏によって 1948 年に考案された、単位面積当たりの胸高断面積合計 (m^2/ha) を推定する手法です。具体的には、林内の一点に立ち、周囲の立木の胸高直径を一定の水平視準角で視準し、胸高直径が測帯からはみ出ている場合には1本、ちょうど同じ幅であれば0.5本と数え、 360° 見渡してカウントした本数に測帯の幅に応じて決定された断面積定数をかけて算出します。さらに、このビッターリッヒ法を同齢単純林における平均樹高の推定に応用したものが平田法であり、空中ビッターリッヒ法は、平田法を地上からではなく、上空から実施しようとするものです。これにより、ドローンによって空撮した写真上での立木本数（梢端数）のカウントのみの作業によって、同齢単純林における平均樹高と林分密度を確率論的に推定できます。しかし、この方法を森林調査に実装するには、あらかじめ検討すべき課題があります。例えば、ドローン画像を撮影する際に定角 θ の角度は何度にすれば良いのか、また、どのくらいのドローンの飛行高度から写真を撮影すれば良いのか、さらには、1林分あたり何枚くらいの写真を撮影すれば良いのかといった最適な条件について検討する必要があります。そこで本研究では、空中ビッターリッヒ法における方法

論の確立を目的として、航空機レーザ計測データを用いたシミュレーションによって、上記の3課題について検討しました。

このようにして、平均樹高と林分密度が推定できれば、相対幹距を求めることで要間伐林分を抽出できます。あるいは、平均樹高をもとに主伐可能な林分も抽出できる可能性があります。しかし、航空機レーザ計測データでは、胸高直径や林分材積を直接には計測できません。モデルによる胸高直径の推定は可能ですが、精度の面で問題があり、現在のところ、収穫調査の代替とするのは難しいです。このような観点からみると、先に抽出された要間伐林分や主伐可能な林分については、収穫調査を行うことが望ましいですが、その作業についても可能であれば簡略化したいと考えました。この点において、全天球カメラを用いたビッターリッヒ法による収穫調査が有用と考えました。これは、調査対象林分の任意の地点で撮影された全天球パノラマ写真（上下左右360°を正距円筒図法で表現した写真）を利用し、一般社団法人 日本森林技術協会が公開している「簡易林内計測ツールⅡ」⁷⁾上でビッターリッヒ法によるカウントを行い、データ分析を行うものです。

これまで他局において全天球カメラを活用した既往研究^{8) 9) 10) 11) 12)}が行われていますが、その正確度と精度については言及されていないことから、現地調査及びデータ分析を行い、本手法による材積推定の正確度及び精度の検証、さらには本調査法の普及を目的として、本研究を実施しました。

2 資料と方法

(1) 航空機レーザ計測データを用いたシミュレーション

ア 航空機レーザ計測データの概要

シミュレーションに用いた航空機レーザ計測データは、奈良県吉野郡東吉野村と川上村において取得されました。このデータより、地形や樹高、林分密度が異なる1 haの針葉樹人工林を6林分抽出し、解析に用いました（表－1）。

表－1 対象林分の概要

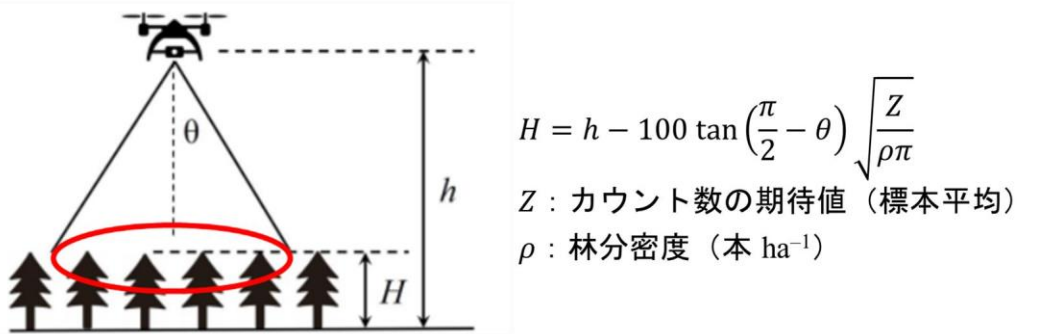
| プロット名 | 平均樹高 (m) | 林分密度 (本 ha ⁻¹) | 平均傾斜角 (度) |
|--------|----------|----------------------------|-----------|
| 平地プロット | 15.1±2.2 | 1453 | 13.4 |
| 斜面プロット | 21.7±2.3 | 1062 | 23.4 |
| 尾根プロット | 13.3±2.0 | 1704 | 22.4 |
| 谷プロット | 14.8±2.1 | 1445 | 24.8 |
| 高木プロット | 24.1±1.9 | 1007 | 13.2 |
| 低木プロット | 12.4±2.1 | 2115 | 12.8 |

イ 空中ビッターリッヒ法の概要

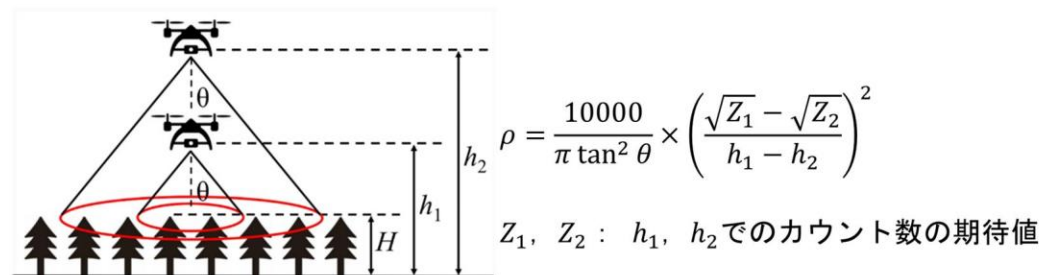
この方法は、ドローンを使い、撮影した写真上での立木本数のカウントのみの作業によって、平均樹高を推定しようとするものです。具体的には、図－1のように地上高でホバリングさせたドローンから、一定の角度 θ で見下ろした範囲内に梢端の入る立木本数をドローンによって撮影した写真上でカウントします。この作業を複数地点で繰り返し、その期待値（標本平均）を数式に代入することによって、林分の平均樹高を推定できます。なお、この方法によって樹高を正確に推定するためには、平田法と同様、写真を1地点だけで撮影するのではなく、複数地点において撮影する必要があります。

平均樹高の推定に必要な林分密度については、異なる2つの地上高で写真を撮影

することによって推定できます。具体的には、円錐の範囲内に梢端の入る立木本数を写真上でカウントしたのち、同地点で撮影する高度を変えて同様にしてカウントすることで、その差分から林分密度を推定できます（図－2）。以上のように異なる地上高において、ドローンによって写真を撮影し、その画像上で一定の範囲に梢端の見える立木をカウントすることで、林分密度と平均樹高を推定しようとするのが空中ビッターリッヒ法です。



図－1 林分密度が既知の場合における空中ビッターリッヒ法の模式図



図－2 林分密度が未知の場合における空中ビッターリッヒ法の模式図

ウ シミュレーションの方法

まず、航空機レーザ計測データより抽出したそれぞれのプロットにおいて、地形をならし、立木の樹頂点を抽出しました。次に、抽出した樹頂点をもとに、樹木と立木位置を計測し、このデータを用いて空中ビッターリッヒ法のシミュレーションを行いました。

シミュレーションでは、まずプロット内に一様乱数を用いて1つの標本点をランダムに設定しました。次に、その標本点を中心とし、一定の半径の円を描き、その円内に梢端の入る木の本数をカウントしました。この円が、定角でドローンから地上を見下ろした円の範囲に相当します。

また、林分密度を推定するために、同地点の異なる高さから上記と同様に本数をカウントしました。そして、このようなカウントをプロット内の複数地点で繰り返し、カウント数の期待値を求め、空中ビッターリッヒ法の式に代入することで、林分の平均樹高と林分密度を推定しました。

エ シミュレーションの条件

本研究では、定角を5度から25度の5度間隔、ドローンの飛行高度を40 mから100 mの10 m間隔、標本点数を2点と5～20点 ha^{-1} までの5点間隔でそれぞれ変化させ、これらすべての組み合わせごとに、空中ビッターリッヒ法によって平均樹

高と林分密度を推定するシミュレーションを 10,000 回ずつ、すべてのプロットで合計 3,150 万回にわたり繰り返しました。そして、推定された平均樹高と林分密度それぞれの精度の指標として変動係数を、正確度の指標として相対平均誤差を求めました。こうして算出された推定値の精度と正確度がともに 10%以下となるような条件の組み合わせを、空中ビッターリッヒ法の実施において最適な撮影条件に設定することとしました。

(2) 全天球カメラを用いたビッターリッヒ法

ア 調査対象林分と各小班内のポイント数

島根森林管理署管内において、令和 4 年～5 年の間に収穫調査業務委託による樹高標準地／直径毎木調査が行われた分収育林地のうち 4 つの小班を調査対象としました（表－2）。調査対象とした各小班内で 7～10 点（うち標準地内を 3～5 点含む）のサンプリングポイントを設定し、全天球カメラを用いた写真撮影による調査を実施しました。

表－2 対象林分の概要

| ポイント No. | 国有林 | 林小班 | 事業区分 | 伐採方法 | 樹種 | 林齢 | 林地傾斜 | 下層植生 | 面積 (ha) |
|-------------|-----|--------|------|------|-----|----|------|------|------------|
| P1 | 程原 | 235ろ | 立木販売 | 皆伐 | スギ | 62 | 中 | 中 | 3.42 |
| P2 | 後畑 | 280ち | 立木販売 | 皆伐 | ヒノキ | 72 | 中 | 中 | 0.45 |
| P3 | 後畑 | 280ほ | 立木販売 | 皆伐 | ヒノキ | 66 | 急 | 中 | 5.29 |
| P4 | 雲井山 | 1213は1 | 立木販売 | 皆伐 | ヒノキ | 66 | 難 | 中 | 11.56 |

イ 現地調査

撮影機材には THETA V (RICOH 社製) を使用しました。現地調査では各ポイントで 3 枚ずつ写真を撮影しました。なお、材積の算出には樹高の測定が必要ですが、それぞれの方法で計測した樹高の違いによる数値の変動を避けるため、樹高については収穫調査業務委託において計測されたデータを流用しました。

ウ 事務所内業務

分析ツール（簡易林内計測ツールⅡ）を起動し、断面積定数や平均樹高などのデータを入力します。なお、ツール内の設定では林分材積式法、形状係数法が選択できますが、近畿中国森林管理局におけるビッターリッヒ法を用いた収穫調査では林分材積式法を採用している¹³⁾ため、前者を用いました。この後、現地調査で撮影された 3 枚の写真から、パノラマ写真の両端に立木がなく、最も鮮明である写真を選定し、分析に用いました。具体的な作業としては、測帯（カーソル）を立木の胸高位置に合わせ、①測帯より立木が大きい場合は 1 本とカウント（ピンク色表示）し、②測帯と立木の幅が一致する場合は 0.5 本とカウント（緑色表示）します。1 ポイントあたり 5 分程度で分析が終了し、集計結果は csv 出力しておきます。また、写真－1 のように各画像は拡大することができるため、既往研究⁸⁾でも指摘されているように視力等の個人差がつきにくく誤差の軽減につながるという利点があります。



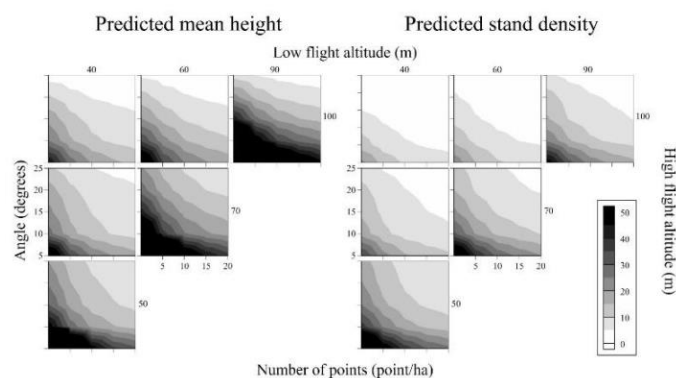
写真－１ 簡易林内計測ツールⅡに取り込んだ全天球写真

材積算出の後には、毎木調査の値と①標準地、②全天球カメラを用いたビッターリッヒ法、③全天球カメラを用いたビッターリッヒ法（標準地内）のそれぞれの値を比較しました。比較するにあたっては、それぞれの正確度の指標として平均誤差率を、精度の指標として変動係数を用いました。

3 結果と考察

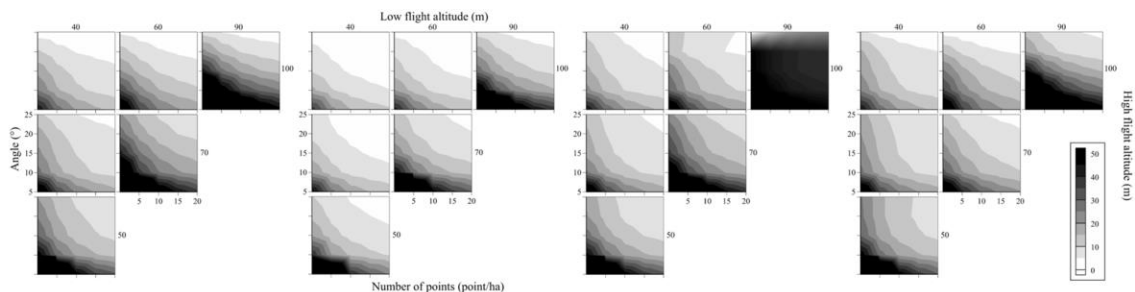
(1) 航空機レーザ計測データを用いたシミュレーションの結果

平地プロットにおける定角、標本点数、異なる２つの飛行高度の組み合わせによって推定した平均樹高と林分密度の変動係数の変化を図－３に示しました。その結果、定角が大きく、標本点数が多く、２つの飛行高度の差が大きいほど、平均樹高の推定精度が高くなっていることがわかりました。



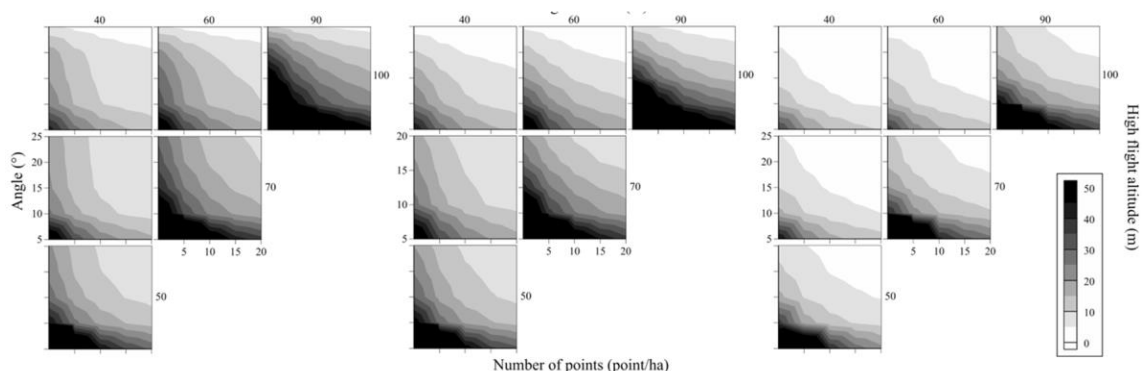
図－３ 平地プロットにおける撮影条件の組み合わせによる変動係数の変化

また、図－4～図－7のとおり地形の異なる4プロットの平均樹高の変動係数の変化を見ると、平地プロットや斜面プロットでは色の薄いエリアが多いことから、地形が滑らかなほど、平均樹高の推定精度が比較的高くなると考えられます。



図－4 平地プロット 図－5 斜面プロット 図－6 尾根プロット 図－7 谷プロット
それぞれの撮影条件の組み合わせによる平均樹高の変動係数の変化

次に、樹高と林分密度が異なる3プロットの結果について、図－8～10より、低木プロットから高木プロットに行くにつれて、色の薄いエリアが多くなっていることから、樹高が高く、林分密度が低くなる、すなわち高齢林分になるほど推定精度が高くなると考えられます。



図－8 低木プロット 図－9 平地プロット 図－10 高木プロット
それぞれの撮影条件の組み合わせによる平均樹高の変動係数の変化

以上の結果をもとに、推定値の精度と正確度がともに 10%以下となる条件を満たす中で、実行の容易さの観点から、写真上でのカウント数を抑えるために、できるだけ小さい定角、低い飛行高度、できるだけ少ない標本点数を検討したところ、定角 10 度、ドローンの飛行高度を 40 m と 70 m、標本点数 15 点 ha⁻¹ の部分が、すべてのプロットに共通していることから、このことを最適な条件として提案します。

次に、この最適な条件下でシミュレートした 10,000 個の平均樹高と林分密度のヒストグラムをプロットごとに示しました（図－11）。この図より、いずれのプロットにおいても真値とヒストグラムのピークがおおむね一致しており、精度は 5.8% から 9.6%、正確度は -7.7% から 1.5% の範囲で平均樹高を推定できることが示唆されました。

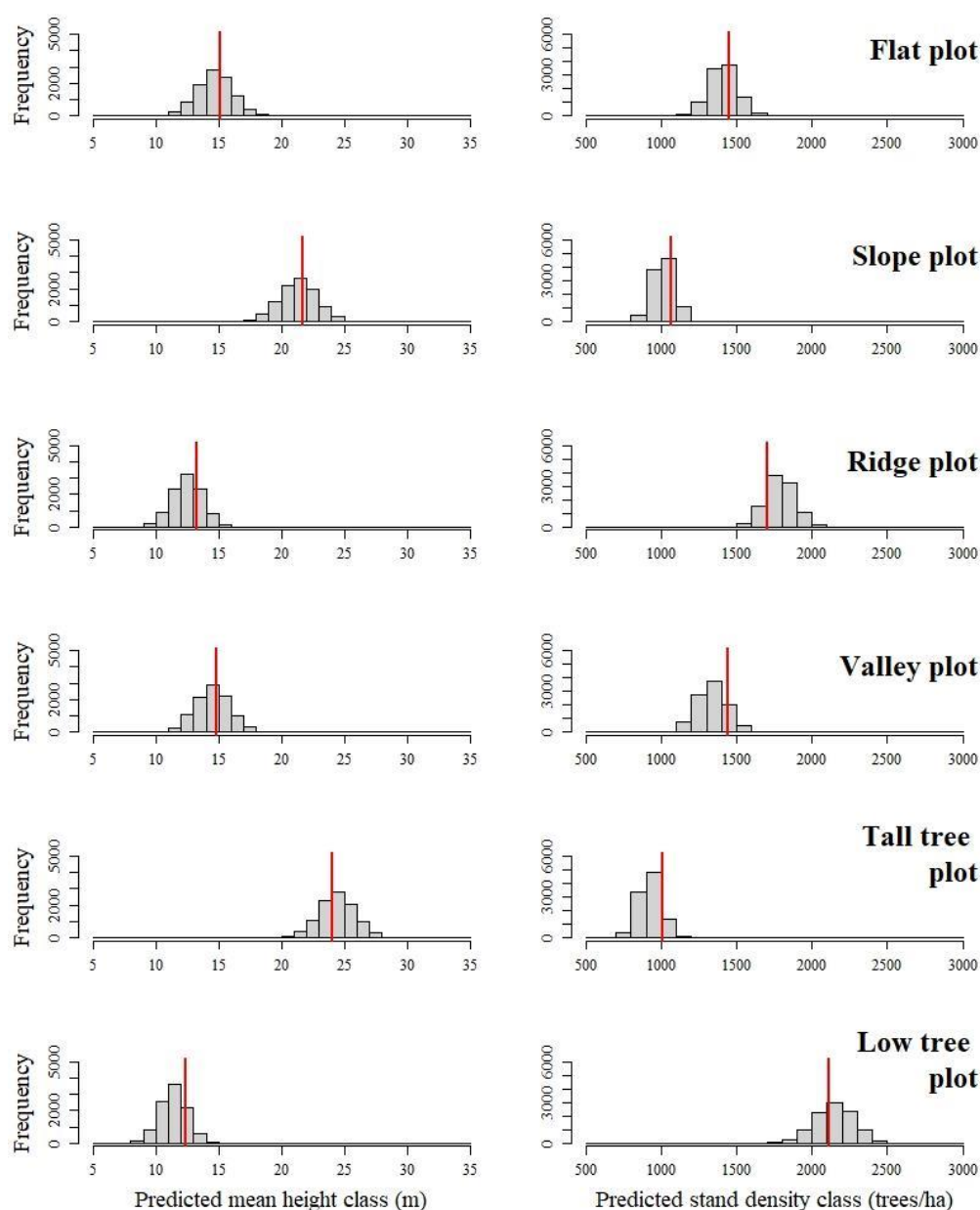
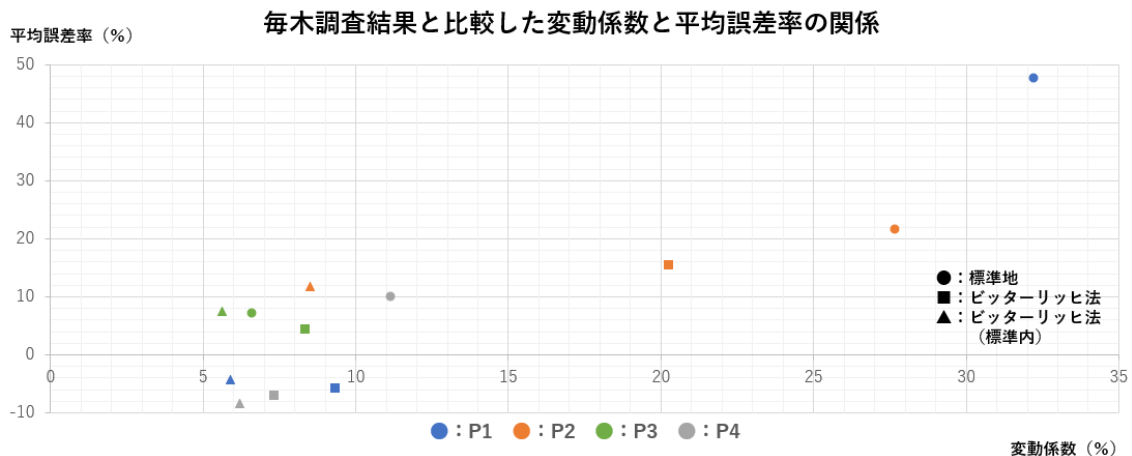


図-11 最適な条件でシミュレートした平均樹高と林分密度の頻度分布

(2) 全天球カメラを用いたビッターリッヒ法

ア 材積推定の正確度及び精度検証

毎木調査データを基準として標準地調査データと比較した変動係数と平均誤差率の関係を図-12に示しました。ポイント3を除いては、より原点に近づくにつれて、●→■→▲と分布していることから、全天球カメラを用いたビッターリッヒ法は標準地調査に比べて、正確でかつ精度の高い調査方法である可能性が示唆されました。また、ポイント3においてもビッターリッヒ法（標準地内）のデータは標準地のデータに比べて変動係数が小さいことから、精度の高い調査方法であることが分かりました。



図－12 毎木調査結果と比較した変動係数と平均誤差率との関係

イ 考察

既往研究⁸⁾でも指摘されているとおり標準地調査法では、調査対象小班の標準的な場所にプロットを設定する必要があり、これには事前踏査や、職員毎の個人差や経験による誤差が生じることがあります。一方で、この方法はプロットレスサンプリングのため、現地での作業は任意の地点で写真撮影を行うのみであり、調査時間や調査コスト等の省力化につながるだけでなく、誤差が発生しにくく調査行程の削減にもつながると考えられます。また、森林官の業務としては収穫調査以外にも、各森林計画区の施業実施計画の策定にあたり署長意見書を作成する必要がありますが、本方法（筆者作成マニュアル）を活用し樹冠や林床植生の把握、森林調査簿の修正等に役立ててもらえれば幸いです。

4 今後の展望

(1) 航空機レーザーデータを用いたシミュレーション

手動による立木本数のカウント作業には時間と労力を要することから、現在、機械学習による立木本数の自動カウントプログラムを開発しています。このプログラムが完成すれば、今回のシミュレーションの結果も踏まえ、実際の林地での実証試験を行うことを計画しています。なお、実証試験にあたっては、連携協力協定に基づき調査フィールドとして国有林を活用することも検討します。以上のような研究を進めていくことで、ドローン画像上での「カウントのみ」による森林調査法を確立していきたいと考えています。

(2) 全天球カメラを用いたビッターリッヒ法

今後、マニュアルが活用されるにつれて、他署で普及することを期待するとともに、さらなるデータ蓄積に励み、収穫調査規程が改正され本方法が採用されることを期待します。また、空中ビッターリッヒ法等の方法との組み合わせにより、それぞれの方法の得意分野を活かした正確で精度の高い森林調査法を模索したいと考えています。

引用文献

- 1) 林野庁 令和4年度収穫調査へのリモートセンシング技術の導入検証等委託事業報告書、2023
- 2) 近畿中国森林管理局 令和5年（令和4年度実行結果）事業統計書

- 3) Wang Y, Lehtomäki M, Liang X, Pyörälä J, Kukko A, Jaakkola A, Liu J, Feng Z, Chen R, Hyyppä J (2019) Is field-measured tree height as reliable as believed. *ISPRS J Photogramm* 147: 132-145
- Silva CA, Hudak AT, Vierling LA, Valbuena R, Cardil A, Mohan M, de Almeida A, Broadbent EN, Almeyda AM, Wilkinson B, et al. (2022) A shiny-based application and R package for extracting forest information from LiDAR data for ecologists and conservationists. *Methods Ecol Evol* 13: 1164-1176
- 4) Goodbody TRH, Coops NC, Marshall PL, Tompalski P, Crawford P (2019) Digital aerial photogrammetry for updating area-based forest inventories: a review of opportunities, challenges, and future directions. *Curr For Rep* 5: 55-75
- Wijiesingha J, Astor T, Schulze-Brüninghof D, Wachendorf M (2020) Mapping invasive *Lupinus polyphyllus* Lindl. in semi-natural grasslands using object-based image analysis of UAV-borne images. *PFG* 88: 391-406
- 5) Tang X, Pérez-Cruzado C, Vor T, Fehrmann L, Álvarez-González JG, Klein C (2016) Development of stand density management diagrams for Chinese fir plantations. *Forestry* 89: 36-45
- Newton PF (2021) Stand density management diagrams: modelling approaches, variants, and exemplification of their potential utility in crop planning. *Can J For Res* 51: 236-256
- Lee SH, Kim DH, Jeong JH, Han SH, Kim S, Park HJ, Kim HJ (2022) Developing a yield table and analyzing the economic feasibility for *Acacia* hybrid plantations in achieving carbon neutrality in southern Vietnam. *Forests* 13: 1316
- 6) 小澤瑞樹・井上昭夫 航空機レーザデータを用いたシミュレーションによる空中ビッターリッヒ法の検討、日本森林学会大会講演要旨集 135、2024
- 7) 森林の未来を導く森林クラウド～羅森盤～, 「【号外】簡易林内計測ツールⅡの公開」, <http://rashinban-mori.com/>, (2024年12月10日閲覧)
- 8) 中部森林管理局森林技術交流発表会 全天球カメラを活用した林況調査の効率化の取り組みについて、2023
- 9) 北海道森林管理局北の国・森林づくり技術交流発表会 新しいツール（ドローン・全天球カメラ）を用いた森林調査の精度検証、2020
- 10) 北海道森林管理局北の国・森林づくり技術交流発表会 森林調査の簡素化について～全天球カメラの活用～、2021
- 11) 北海道森林管理局北の国・森林づくり技術交流発表会 全天球カメラを活用した森林調査の具体的手法について、2022
- 12) 関東森林管理局 令和4年度森林・林業技術等交流発表会 360度カメラの活用
- 13) 収穫調査規程（昭和55年8月28日付け55大利第314号大阪営林局長通知）
最終改正 令和6年3月25日付け5近資第190号

地上レーザスキャナを活用した材積予測の検証について

滋賀森林管理署 森林技術指導官 竹内 秀行
総務グループ係員 早子 航

1 課題を取り上げた背景について

日本の人工林は利用期を迎えており、木材の利用拡大が重要な課題となっています。そのためには、ニーズに合った木材を効率的に採材する必要があります。特に、伐採前に樹木の形状を把握し、どのような材がどれくらい採れるのかを正確に見積もることが求められます。

近年、その手法の一つとして3次元地上レーザスキャナ(以下「地上レーザ」という。)が注目されています。国有林や一部の民有林では、地上レーザによる収穫調査の導入が進みつつあります。近畿中国森林管理局では、アドイン研究所等が開発した「OWL」を活用しており、従来の収穫調査と同様に胸高直径や樹高を計測することができます。さらに、OWLは10cm間隔で立木の直径を計測するため、曲がりや細りといった樹木の形状をより詳細に把握することが可能です。

従来の収穫調査では、調査者が目視で樹木の形状(直材、根曲がりなど)を判定していましたが、その判定は調査者の主観に左右される傾向がありました。一方、地上レーザを活用すれば、レーザ照射によって樹高や胸高直径を測定できるだけでなく、樹木の形状や細り・曲がりの程度を客観的に評価できます。

さらに、OWLによる計測データを活用して採材シミュレーションを行うことで、実際の樹幹形状を反映した採材予測が期待できます。これまで、OWLを用いた樹高や胸高直径、材積の精度検証は多く行われてきましたが、樹幹形状を考慮した採材予測に関する研究事例は少ないのが現状です。

そこで、本研究では、OWLを用いて立木の形状および採材予測(シミュレーション)の精度について検証を行いました。

2 調査の方法について

(1) 調査箇所について

調査は、滋賀県多賀町八ツ尾山国有林において、令和6年度に活用型間伐(搬出間伐)を実施した区域から調査対象木24本(スギ13本、ヒノキ11本)を抽出して、調査を実施しました。調査対象箇所の詳細は表-1に示すとおりです。

表-1 調査対象箇所の詳細

(2) 使用機材について

使用した地上レーザは、当局が導入しているアドイン研究所製の「OWL」です。その仕様は表-2に示すとおりです。

| | 林齢 | 密度(本/ha) | 傾斜(度) | 調査木数 |
|--------|----|----------|-------|------|
| スギ伐採区 | 72 | 600 | 7 | 13 |
| ヒノキ伐採区 | 43 | 2,050 | 3 | 11 |
| 計 | | | | 24 |

(3) 調査内容について

本調査では、OWL で計測された値と実測値を比較し、以下の項目について検証を行いました。

ア 立木のデータについて

OWL システムの基本ソフト「OWLManager」により解析される以下のデータ：

- ・樹高
- ・胸高直径
- ・樹高毎直径（高さ毎の直径）
- ・矢高（根元 50cm～6 m）

イ 採材シミュレーション（立木から採材された丸太）について

OWL システムのオプションソフトである採材シミュレーションソフト「採材計画策定支援システム」により算出される以下のデータ：

- ・採材された丸太数（長さ）
- ・末口直径
- ・材積
- ・JAS 規格による曲がり区分（1～4 等）※詳細は表－3 を参照

表－2 地上レーザ（OWL）の仕様

| | |
|---------|-----------|
| レーザ到達距離 | 30m |
| レーザ照射数 | 43,200点/秒 |
| レーザ操作範囲 | 鉛直から±135° |
| 計測間隔 | 10m 以下 |

表－3 JAS 規格による曲がり

| | 14cm未満 | 14cm以上30cm未満 | 30cm以上 |
|----|--------|--------------|-----------------------------|
| 1等 | 25%以下 | 10%以下 | スギ5%以下 ヒノキ10%以下 |
| 2等 | 25%超 | 10%超30%以下 | スギ5%超10%以下 ヒノキ10%超20%以下 |
| 3等 | | 30%超 | スギ10%超20%以下 ヒノキ20%超30%以下 |
| 4等 | | | スギ20%超 ヒノキ30%超 |

基準：最大矢高/末口直径×100

(4) 調査の手順について

ア 実測での調査について

実測での調査の手順は以下のとおり実施しました。

- ① 調査対象木の伐採前に胸高直径を計測。
- ② 調査対象木伐採後、樹高、樹高毎直径（1 m間隔）、矢高（根元 50cm～6 m）を計測。
- ③ 採材（長さ 4 m、末口径 14cm 以上）後、末口径、矢高を計測。

イ OWL での調査について

OWL での調査の手順は以下のとおり実施しました。

- ① 対象箇所を OWL で計測し、基本ソフト「OWLManager」により解析を行い、単木データ（樹高、胸高直径、樹高毎直径、矢高）を算出。
- ② ①のデータを基に、採材シミュレーションソフト「採材計画策定支援システム」によりシミュレーションを実施。

なお、ソフトの採材設定は、実際の採材に近づけるよう、以下の条件で行いました。ただし、切出高は実際の採材では樹木ごとに異なるため、平均値を用いました。

- ・長さ指定：4 m
- ・切出高さ：0.3m
- ・最小末口径：14cm
- ・切出余裕：10cm

3 調査結果について

(1) 立木のデータについて

ア 胸高直径・樹高について

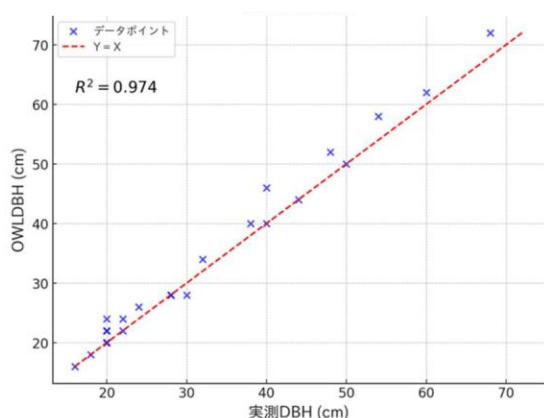
精度の検証については、平均平方二乗誤差 (RMSE) と実測値の平均に対する RMSE の割合 $(1 - (\text{RMSE} / \text{実測平均値}) \times 100)$ を用いました。

胸高直径については、表－4 及び図－1 のとおり RMSE は 2.4cm、精度は 92.8% と高い値を示しました。一方、樹高については、表－4 及び図－2 のとおり、RMSE は 4.2m、精度 79.2% とやや低い値を示しました。

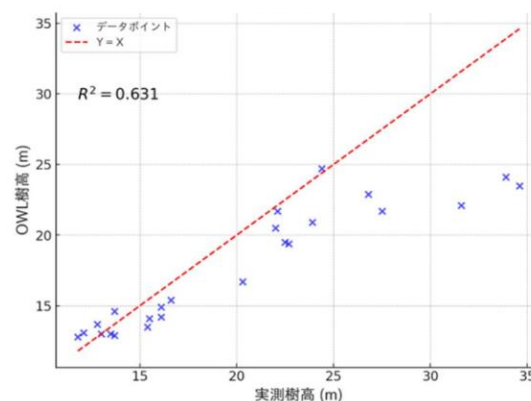
なお、樹高が 25m 以下の場合、表－4 のとおり RMSE は 1.8m、精度 89.6% と比較的高い精度を示しました。一方、25m を超えると RMSE は 8.5m、精度 72.6% と低下する傾向が見られました。この結果は、OWL のレーザ照射距離が 30m であることに加え、枝葉の影響により、25m を超えると樹木の梢端までレーザが届かなくなるためと考えられます。

表－4 実測と OWL の胸高直径・樹高の比較

| 胸高直径 (DBH) | | 樹高 | |
|------------|------|----------|------|
| RMSE (cm) | 精度% | RMSE (m) | 精度% |
| 2.4 | 92.8 | 4.2 | 79.2 |



図－1 実測と OWL の胸高直径の比較



図－2 実測と OWL の樹高の比較

イ 矢高について

立木の根元 (50cm) から 6 m までの矢高については、値が非常に小さく計測誤差が相対的に大きくなるため、表－6 及び図－3 のとおり、精度が 74.9% と低い値となりました。しかし、RMSE は 0.90cm であり一定の精度は確保されています。

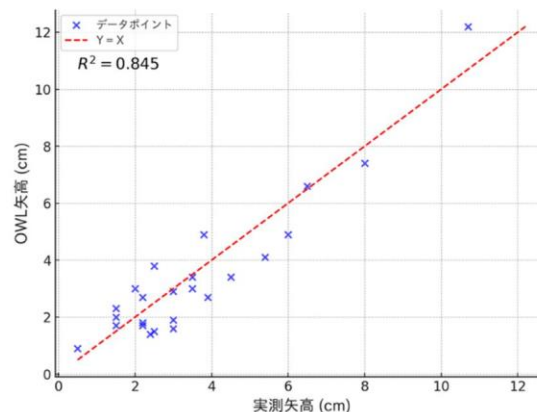
誤差の原因としては、根元部分 (1.2m 未満) がレーザ計測されておらず、相対幹距比による補正値が適用されていることが考えられます。

表－5 実測と OWL の樹高比較 (25m 以下・25m 超)

| | 樹高 | |
|--------|----------|------|
| | RMSE (m) | 精度% |
| 25m 以下 | 1.8 | 89.6 |
| 25m 超 | 8.5 | 72.6 |

表－6 実測と OWL の矢高の比較

| 矢高 | |
|-----------|------|
| RMSE (cm) | 精度% |
| 0.90 | 74.9 |

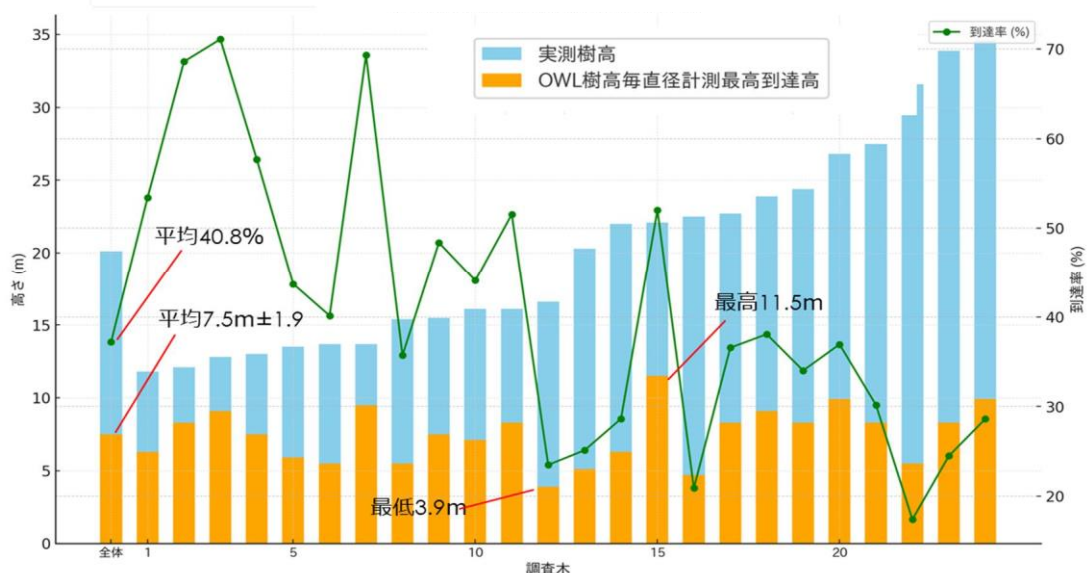


図－3 実測と OWL の矢高の比較

ウ 樹高毎直径について

樹高毎直径が計測されている高さは、図－4 のとおり全体の平均が 7.5m（標準偏差±1.9m）、範囲 3.9m～11.5mとばらつきがみられました。また樹高に対する平均到達率は 40.8%でした。

OWL は点群データを処理し、一定の基準を満たした直径の高さまで算出するため、レーザの照射条件に応じて計測可能な高さが異なる結果となりました。



図－4 実測と OWL の樹高毎直径最高到達高の比較

樹高毎直径の精度は、表－7 及び図－5 のとおり全体で RMSE6.0cm、精度 79.3% でした。また、高さごとの精度を確認したところ、図－7 のとおり樹高が高くなるほど RMSE の値が大きくなり、精度が低下する傾向が見られました。また、誤差は図－8 のとおりプラス方向に偏る傾向が見られました。ただし、採材シミュレーションにおいては、枝葉などの影響により直径に異常値が含まれる場合や、直径データが取得できない高さについては、相対幹曲線を用いて補正が行われています。

具体的には、相対幹曲線から求めた直径と OWL で計測した直径を比較し、偏差が大きいものを除外して計算を行います。また、OWL で直径データが得られない

表－7 実測と OWL の樹高毎直径の比較

| 樹高毎直径 | |
|-----------|------|
| RMSE (cm) | 精度% |
| 6.0 | 79.3 |

高さについては、相対幹曲線を基に補完直径を算出します（アドイン研究所、聞き取り、2025 年）。

補完直径の計算式は以下の通りです。

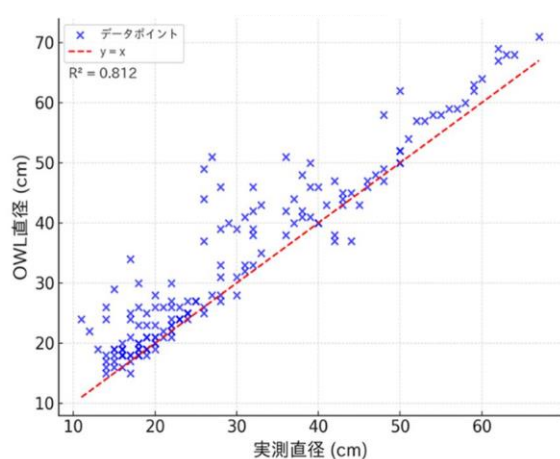
式：補間直径(h)=D(h)/D(h0)×d0

相対幹曲線から計算した高さ h の直径：D(h)

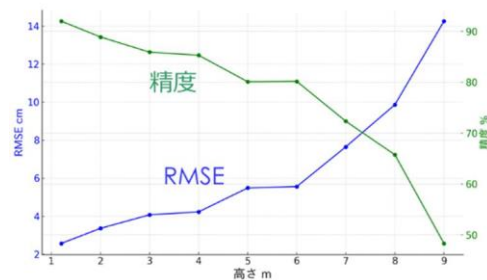
相対幹曲線から計算した高さ h0 の直径：D(h0)

OWL で計測された最後の高さ:h0

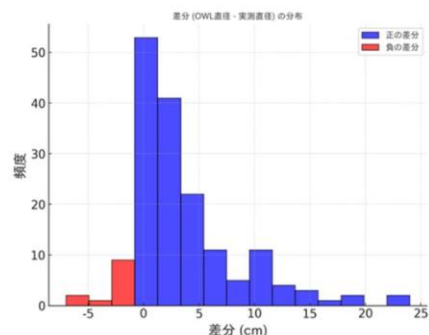
OWL で計測された最後の直径:d0



図－5 実測と OWL の樹高毎直径の比較



図－6 高さ毎の RSME・精度



図－7 樹高毎直径の誤差の分布

(2) 丸太（採材シミュレーション）のデータについて
ア 全体の結果について

採材シミュレーションで採材された丸太の本数は、表－8のとおり、実測では68本、OWLでは58本で、その差は-10本でした。また、材積は実測で21.8m³、OWLでは20.0m³となり、差は-1.8m³で、いずれもOWLの方が少ない結果となりました。

表－8 実測と OWL による採材シミュレーションの結果の比較

| 等級 | 実測 | | OWL | | 差 | |
|----|----|--------|-----|--------|--------|--------|
| | 本数 | 材積 | 本数 | 材積 | 本数 | 材積 |
| 1 | 49 | 16.962 | 28 | 8.556 | -42.9% | -49.6% |
| 2 | 19 | 4.846 | 28 | 10.576 | 47.4% | 118.2% |
| 3 | | | 2 | 0.834 | | |
| 計 | 68 | 21.808 | 58 | 19.966 | -14.7% | -8.4% |

※丸太の長さはすべて 4 m

イ 玉番号別の比較について

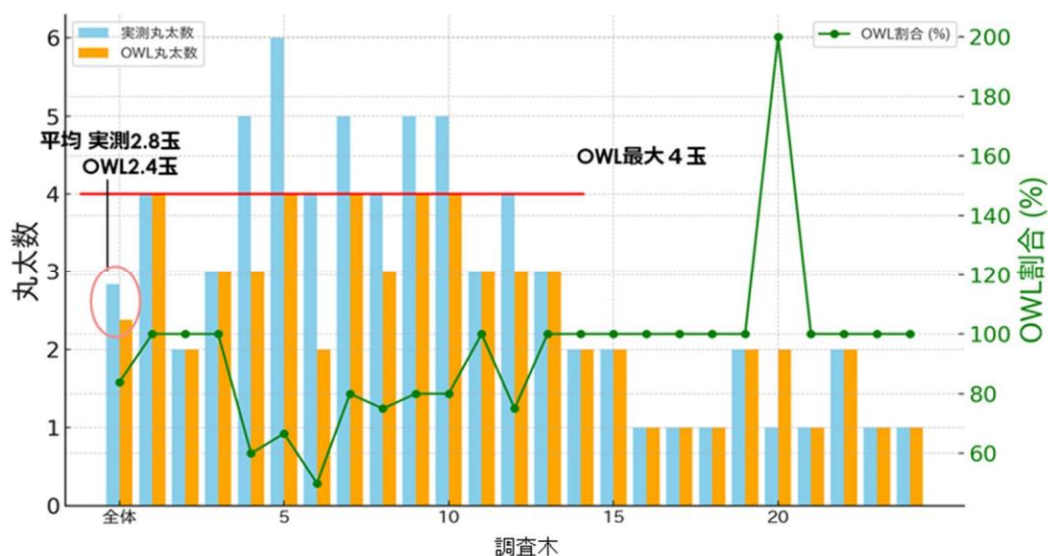
丸太の玉番号別の調査結果については、実測では丸太は6番玉まで計測されてい

るのに対し、OWL の最大の採材丸太数は4玉で、4玉を超えるものは計測できていません。

しかし、実測で計測された4玉以下の丸太については92%がOWLで計測されていることが確認されました。

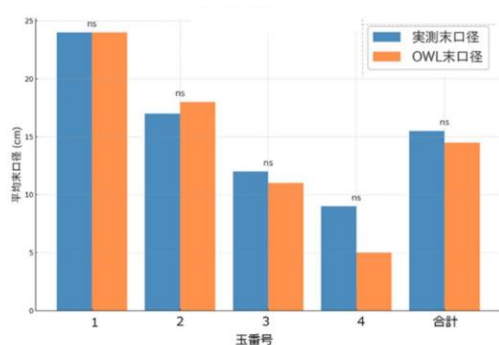
表－9 玉番号別の実測とOWLの比較

| 玉番号 | 実測 | | OWL | | 差 | |
|-----|----|------|-----|-----|-----|------|
| | 本数 | 材積 | 本数 | 材積 | 本数 | 材積 |
| 1 | 24 | 8.7 | 24 | 9.1 | 0 | 0.4 |
| 2 | 17 | 6 | 18 | 6.3 | 1 | 0.3 |
| 3 | 12 | 4 | 11 | 3.5 | -1 | -0.5 |
| 4 | 9 | 2.2 | 5 | 1.1 | -4 | -1.1 |
| 5 | 5 | 0.8 | 0 | 0 | -5 | -0.8 |
| 6 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | -1 | -0.2 |
| 計 | 68 | 21.9 | 58 | 20 | -10 | -1.9 |

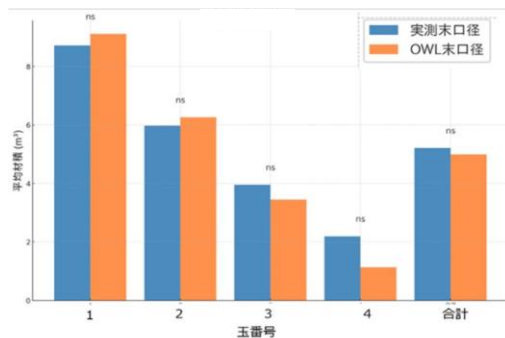


図－8 実測とOWLの丸太数比較

1～4玉の実際に採材された丸太とOWLによるシミュレーション結果の丸太の末口径・材積を比較したところ、図－9、10のとおり各玉番号及び合計の丸太の平均において有意な差はみられませんでした。



図－9 実測とOWLの1～4玉の末口径比較



図－10 実測とOWLの1～4玉の材積比較

実際の丸太と OWL での丸太の曲がり区分の比較した結果、図-11 のとおり 2～4 番玉では区分の一致率が約 80%以上と高く、等級の平均でも有意な差が見られませんでした。一方、元玉では一致率が 50%で低く、平均も有意差が確認されました。全体では、一致率 70%で平均は有意差が認められました。

しかし、注意が必要なのは、樹高毎直径の計測を超える範囲については、曲がりとは計測できないため、システム上一定値として処理されることです。

今回の調査では、樹高毎直径の平均が約 8 mであったため、3 玉目以降の OWL の等級の多くは一定値である 1 等級として処理されていました。

元玉では等級に差が見られましたが、内訳を見ると、図-12 のとおり、元玉の 1 等は OWL で 67%減少し、2 等は 111%増加していました。この原因として、OWL では 1 等または 2 等のいずれかが採材可能であれば採材する設定になっているのに対し、実際の丸太採材では、直材を確保するために、主に根元部分の曲がりを伐採して調整が行われることが挙げられます。しかし、OWL のシミュレーションでは根元部分の曲がりが計測されておらず、一律に伐採高が設定されるため、根元部分での直材採材に必要な調整が行われていないことが要因と考えられます。

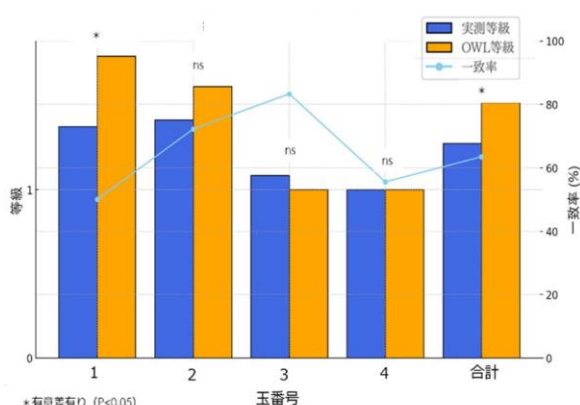


図-11 実測と OWL の 1～4 玉の曲がり区分

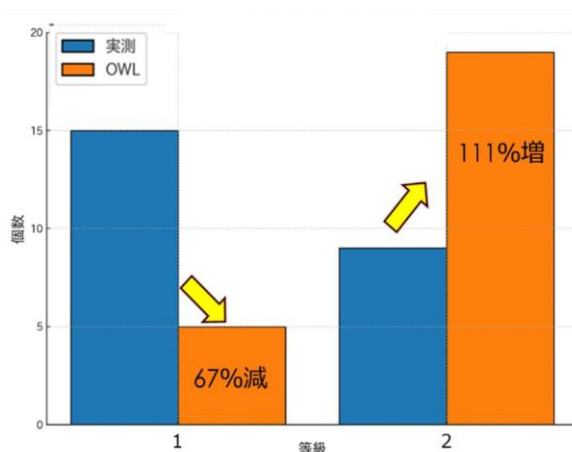


図-12 実測と OWL の元玉の等級別丸太数の比較

4 考察について

OWL による立木計測について、胸高直径は実測値と概ね一致しており、実用範囲内と考えられます。ただし、樹高についてはやや過少傾向が見られ、特に 25m を超える場合は、レーザの照射距離や枝葉の影響により計測が困難になります。そのため必要なサンプル数を実測し、樹高の補正を行う必要があります。

また、樹高毎直径は一定の高さまで計測されていますが、レーザの照射条件の違いにより計測可能な高さにばらつきが生じています。今後は、ばらつきを改善し、より高い位置の計測が可能となるような技術的な改良が求められます。

OWL の採材シミュレーションでは、樹高ごとの直径が樹木の上部まで計測されていないため、上部の丸太は採材シミュレーションの対象外となっています。しかし、上部で採材される丸太はごく一部であることから、シミュレーションによる採材本数や材積は、概ね実測結果と一致していました。一方で、樹高ごとの直径が根元部分や高所で計測されていないため、曲がりの精度には改善の余地があります。特に根元部分の元玉は市場価値が高いため、曲がりの計測精度や採材精度の向上が求められます。

現状では完全ではないものの、主に元玉・2 番玉の曲がりを含めた採材シミュレーション

ョンが実施されています。また、曲がりの計測が少なく、節の多い3番玉以降の丸太については、C材やD材と仮定することで、木材販売において重要となる元玉や2番玉の採材シミュレーションを概算的に把握するためのツールとして活用可能であると考えられます。

5 今後の課題と改善の方向性について

今後の課題として、OWLシステムのソフトの改善が重要となりますが上記課題を踏まえて以下のとおり改善の方向性を示します。

(1) 樹高毎直径の計測可能な高さの改善

現状では直径データが取得できない高さは相対幹曲線による補完を行っています。しかし、計測した周辺の樹木の直径データを活用することで、補間精度の向上が期待されます。また、類似の条件や樹種のデータを蓄積し、高さごとの直径変化パターンをモデル化することで、欠損部分をより柔軟に補完できると考えられます。この方法により、実際の林分に即した立木材積の把握が可能となり、採材シミュレーションの精度向上にも寄与すると期待されます。

(2) 採材シミュレーションの最適化

現在の仕様では、曲がり区分の等級に基づき硬直的に採材する傾向があります。しかし、実際の市場では、曲がりの少ない直材を優先して採材することが求められます。そのため、曲がりの少ない材を優先的に採材できる設定の導入が必要です。さらに、現状では根元部分の曲がりが計測されていないため、立木周辺の刈払いを前提とし、根元部分の計測を可能とする設定の導入が求められます。これにより、市場ニーズに即したシミュレーションが可能となり、採材効率や収益予測の精度向上が期待されます。

採材計画策定支援システムを用いた採材の検証

三重森林管理署 業務グループ 係員 ○近藤 慎吾
係員 田中 廉大

1 背景

採材計画策定支援システムとは、地上型3次元レーザスキャナ OWL で計測した立木データと、素材の市場価格を使用して最適な採材をシミュレーションするソフトで、採材される素材の末口径、長級及び曲がり进行推定し、材質ごとに推定出材数量、推定販売金額を算出します。ただし、当システムを用いた採材シミュレーションが森林管理署の素材生産事業で用いるのに十分な精度があるかは十分検証されていません。

当システムでは、出材する素材をA材（直）、B材（やや曲）、C材（曲）、D材（バイオ材）の4等級から判断し、それぞれの材質での推定出材数量を算出します。一方、国有林野事業で行われている素材生産事業では、委託販売材、システム販売一般材及びシステム販売低質材の生産を行っており、材質が良ければ委託販売材、中程度の材質であればシステム販売一般材、材質が低ければシステム販売低質材に仕分けられます。素材生産事業を計画する際、これら3種類の材がどれだけ出材するか、予定数量を設定する必要があり、出材する素材の材質ごとの材積を把握することが重要です。現状では、収穫調査で得られた立木材積量と、過去の出材実績を勘案し、各種材の予定数量を設定しています。ただし、出材数量が予定数量から大きく増減することがあり、精度の向上が課題となっています。



写真1 国有林の素材生産事業で生産された素材
左から委託販売材、システム販売一般材、システム販売低質材

そこで、素材生産事業で生産される委託販売材、システム販売一般材、システム販売低質材をそれぞれ、当システムで推定されるA材（直）、B材（やや曲）、C・D材（曲・バイオ）とすることにより、材質ごとの出材数量を推定し、各販売の計画販売数量を設定する際に活用できないかと考えました。本研究では、当システムによる採材シミュレーションを使用して推定した材質ごとの出材数量と、実際の出材実績を比較し精度を検証することにより、各販売数量の計画等に当システムを活用できないか検討しました。

2 妙婦谷国有林 令和5年度皆伐箇所（590は林小班）での検証

（1）検証方法

令和5年度妙婦谷国有林にて実施された素材生産事業の皆伐小班（590は林小班）に

て、収穫調査時に使用された標準地内の立木を対象に、OWL 計測を行いました。次に得られた立木データを用いて、採材シミュレーションにより素材の材質ごとの推定出材数量及び推定販売金額を算出しました。

得られた推定出材数量、及び推定販売金額を当該小班の契約面積で面積拡大し、小班全体の販売実績と比較しました。



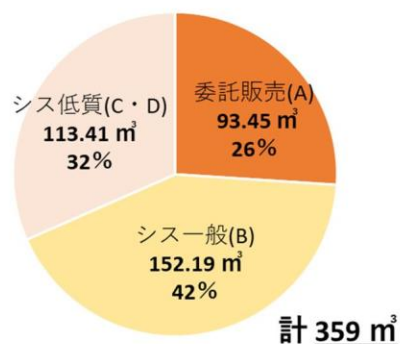
写真 2・3 妙婦谷国有林検証箇所の林況、及び OWL 計測の様子

(2) 採材シミュレーションの方法

採材計画策定支援システムでは、素材の材質を 4 等級から判別しますが、採材シミュレーションを行うにあたって、それぞれの材質の樹材種及び長級・径級別の市場価格を設定する必要があります。本検証では、A 材（直）を委託販売材、B 材（やや曲）をシステム販売一般材、C・D 材（曲・バイオ）をシステム販売低質材と仮定し、A 材（直）は委託販売先の市場の聞き込み平均販売単価、B（やや曲）はシステム販売一般材の協定単価、C・D 材（曲・バイオ）はシステム販売低質材の協定単価をそれぞれ樹材種・長級・径級ごとに設定しました。また、長級については国有林における素材生産事業で通常行われている採材に準拠し、A 材（直）及び B 材（やや曲）は 3 又は 4 m、C 材（曲）については 2、3 又は 4 m に限定しました。また、D 材（バイオ材）については、A から C 材どれにも該当しない材質の低い部分で、切り捨てられる部分とし、長級は初期設定の 1 m としました。

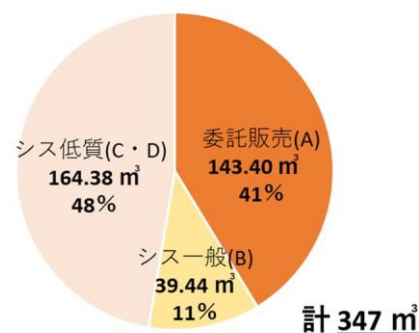
(3) 検証結果

採材シミュレーションを行った結果、材質ごとの推定出材数量は、システム販売一般材が 42% と一番多く、次いでシステム販売低質材 32%、委託販売材 26%、合計で 359 m³ となりました（図 1）。対して販売実績は、システム販売低質材が 48% と一番多く、次いで委託販売材 41%、システム販売一般材は 11% と一番少なく、合計で 347 m³ となり（図 2）、材質ごとの出材数量が、推定と実績で大きく異なっていました。それに伴い、推定販売金額が、販売実績より約 36 万円少なくなりました。また、立木本数について、OWL 計測立木データの立木本数は 92 本だったのに対し、収穫調査時では 83 本となっており、過大に立木本数を計上していました。このことから OWL 計測立木データを採材シミュレーションに使用する際は、立木本数等現地林分と相違がないか確認を行う必要があると考えられたため、もう一度別の素材生産事業地にて、より詳細な検証を行いました。



販売金額 ￥3,862,991-

図1 推定出材数量、及び推定販売金額



販売金額 ￥4,219,344-

図2 販売実績、及び販売金額

3 悟入谷国有林 令和6年度間伐箇所（40い林小班）での検証

(1) 検証方法

令和6年度悟入谷国有林で実施された素材生産事業の間伐箇所の一部区域(0.075 ha)内の立木を対象にOWL計測を実施し、得られた立木データの立木位置及び立木本数に、現地林分との相違がないか現地での確認を行ったうえで、間伐木のみ妙婦谷国有林と同様の採材シミュレーションを行い、出材数量を推定しました。また、実際に採材作業に立会い、採材された素材の末口径と長級、販売種を調査し、推定出材数量と販売実績の比較を行いました。

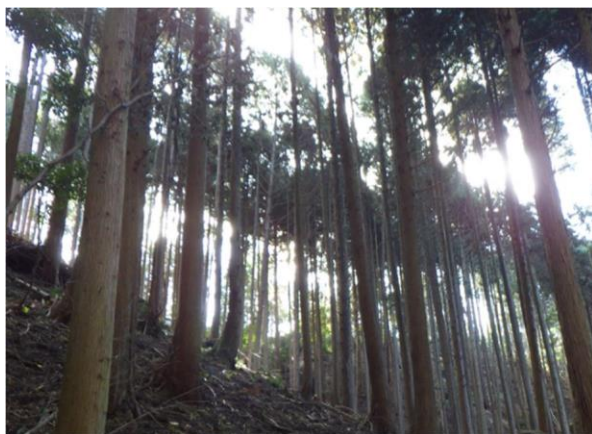


写真4・5 検証箇所の林況及び採材の様子

(2) 検証結果

まず、OWL計測立木データの立木位置及び立木本数が現地林分と相違がないか現地で確認を行った結果、立木がない5箇所にノイズとみられる立木を認識しており、現地に立木があるにも関わらず、OWL計測立木データには計上されていない未認識立木が1本ありました(写真6)。これらノイズ立木は、採材シミュレーションを行うにあたり、OWL計測立木データから削除しました。また、未認識立木については間伐木ではなかったため、そのままとしました。

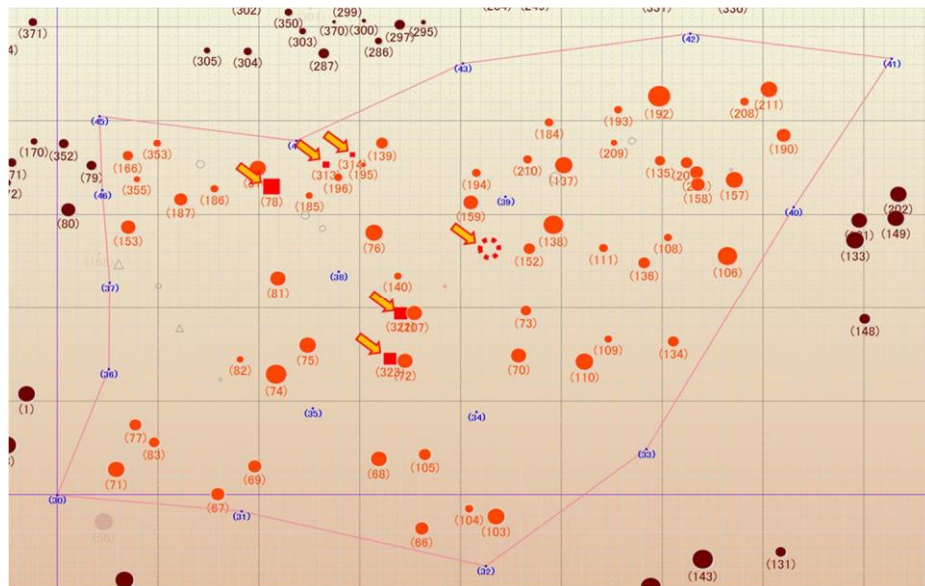


写真6 OWL計測立木データの立木位置図
矢印で示した点がノイズ立木、点線箇所が未認識立木

採材シミュレーションで材質ごとの推定出材数量を算出した結果、委託販売材が一番多く65%、次いでシステム販売一般材が28%、システム販売低質材が一番少なく7%、合計で10.775 m³となりました(図3)。対して販売実績は図4のとおり、システム販売低質材が一番多く49%、次いでシステム販売一般材36%、委託販売材が一番少なく15%となり、合計で11.614 m³が出材しました(図4)。委託販売とシステム販売低質材の材積割合が大きく異なる結果となりました。

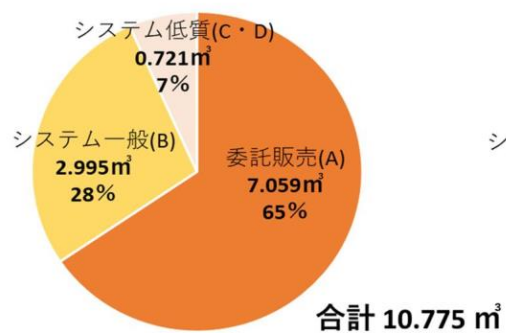


図3 推定出材数量

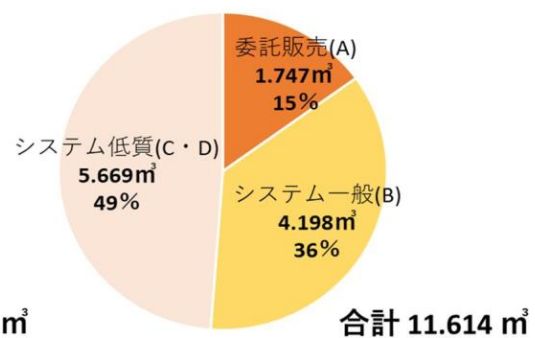


図4 販売実績

表 1 立木ごとの出材本数及び出材材積の
推定・実績比較
(青：推定より減少、赤：推定より増加)

| | | 出材本数(本) | | 出材材積(㎡) | | |
|-----|-----|---------|----|---------|--------|------------------------|
| 間伐木 | 樹種 | 推定 | 実績 | 推定 | 実績 | 実績-推定 |
| 879 | スギ | 6 | 5 | 0.705 | 0.665 | -0.040 |
| 880 | | 6 | 6 | 1.414 | 1.345 | -0.069 |
| 882 | | 7 | 5 | 0.436 | 0.423 | -0.013 |
| 892 | | 5 | 4 | 0.543 | 0.471 | -0.072 |
| 894 | | 6 | 5 | 0.901 | 0.924 | 0.023 |
| 898 | | 6 | 6 | 1.075 | 0.987 | -0.088 |
| 899 | | 3 | 5 | 0.233 | 0.325 | 0.092 |
| 904 | | 4 | 6 | 0.604 | 0.711 | 0.107 |
| 905 | | 3 | 5 | 0.248 | 0.503 | 0.255 |
| 911 | | 4 | 5 | 0.260 | 0.375 | 0.115 |
| 921 | | 6 | 5 | 1.104 | 1.126 | 0.022 |
| 861 | ヒノキ | 3 | 4 | 0.136 | 0.188 | 0.052 |
| 862 | | 5 | 6 | 0.947 | 0.871 | -0.076 |
| 867 | | 3 | 5 | 0.185 | 0.306 | 0.121 |
| 868 | | 3 | 4 | 0.102 | 0.135 | 0.033 |
| 874 | | 3 | 5 | 0.136 | 0.207 | 0.071 |
| 875 | | 6 | 5 | 0.371 | 0.245 | -0.126 |
| 876 | | 4 | 7 | 0.354 | 0.754 | 0.400 |
| 888 | | 6 | 6 | 1.022 | 1.053 | 0.031 |
| | | 89 | 99 | 10.774 | 11.614 | 平均：0.095 標準偏差：0.090 |

また、出材数量の推定・実績比較を立木ごとに行った結果、推定出材数量が過小・過大となる立木が見られました(表1)。その中でも、推定出材数量を大きく上回る実績となった立木、推定出材数量を下回った立木、推定出材数量が実績とあまり変わらなかった立木に着目してより詳細に比較を行いました。

まず推定出材数量より実績が多くなったヒノキ(立木 No. 876)の詳細比較です。採材シミュレーションではA材3本、B材1本の合計4本、0.354 m³の出材が推定されました(表2)。対して実績では委託販売材4本、システム販売低質材3本の合計7本、0.754 m³が出材し、出材本数が推定より3本多く、出材数量は推定の2倍以上となりました(表2、写真7)。また、末口径についても、各玉番で推定より実績が大きくなっていました。このことから推定出材数量と実績の大きな乖離が生じたと考えられます。

表 2 立木 No. 876 推定・実績別の素材の長級・径級・材質

| 玉番 | 推定 | | | 実績 | | |
|----|---------|--------|----|---------|--------|-----|
| | 長級(m) | 径級(cm) | 材質 | 長級(m) | 径級(cm) | 販売種 |
| 1 | 4 | 22 | B | 3 | 26 | シス低 |
| 2 | 3 | 16 | A | 3 | 22 | 委託 |
| 3 | 4 | 12 | A | 3 | 20 | 委託 |
| 4 | 4 | 8 | A | 3 | 20 | 委託 |
| 5 | | | | 3 | 16 | 委託 |
| 6 | | | | 3 | 14 | シス低 |
| 7 | | | | 3 | 10 | シス低 |
| 材積 | 0.354m³ | | | 0.754m³ | | |



写真 7 立木 No. 876 の採材後の様子

次に推定出材数量より実績が減少したヒノキ(立木 No. 875)についての詳細比較です。採材シミュレーションでは、3m A材が3本、4m A材が1本、1m D材が2本の合計0.371 m³の出材が推定されました(表3)。対して実績では3m のシステム販売低質材5本の0.245 m³の出材に留まりました(表3、写真8)。出材が推定された素材の末口径が実績よりも大きく、推定出材数量が過大となったと考えられます。また推定の材質判定は、実績と異なっていました。推定では、2番玉でD材と判別される程度の曲がり予想されていたの

に対し、実際は根際の部分に大きな曲がりがあり、そのほかは通直でしたが節が多く、すべてシステム販売低質材と判断されていました。

表 3 立木 No. 875 推定・実績別の素材の長級・径級・材質

| 玉番 | 推定 | | | 実績 | | |
|----|-------|--------|----|-------|--------|-----|
| | 長級(m) | 径級(cm) | 材質 | 長級(m) | 径級(cm) | 販売種 |
| 1 | 3 | 22 | A | 3 | 16 | シス低 |
| 2 | 1 | 20 | D | 3 | 14 | シス低 |
| 3 | 1 | 18 | D | 3 | 12 | シス低 |
| 4 | 3 | 16 | A | 3 | 11 | シス低 |
| 5 | 4 | 12 | A | 3 | 10 | シス低 |
| 6 | 3 | 8 | A | | | |
| 材積 | 0.371 | | | 0.245 | | |



写真 8 立木 No. 875 の採材後の様子

最後に、推定と実績で採材数量があまり変わらなかったスギ立木（立木 No. 921）についての詳細比較です。推定では 3m A 材が 3 本、4m A 材が 1 本、4m C 材が 2 本、合計 6 本の 1.104 m³ ですが（表 4）、実績では 3 m のシステム販売一般材が 1 本、低質材が 1 本、4m のシステム販売一般材が 3 本の合計 5 本、1.126 m³ が出材しました（表 4、写真 9）。推定と実績で、素材の長級・径級・末口径の間に大きなズレはなく、推定出材数量と実績の差も小さくなったと考えられます。ただし、推定では立木の中ほどに C 材となるほどの曲がりがあったのに対し、実際は立木の根本付近に大きな曲がりがあり、1 番玉がシステム販売低質材となりました。また、根本以外は通直でしたが節が多い等材質が悪く、2 番玉以降はシステム販売一般材と判断されており、材質判定は推定と実績で大きく異なる結果となりました。

表 4 立木 No. 921 推定・実績別の素材の長級・径級・材質

| 玉番 | 推定 | | | 実績 | | |
|----|-------|--------|----|-------|--------|-----|
| | 長級(m) | 径級(cm) | 材質 | 長級(m) | 径級(cm) | 販売種 |
| 1 | 3 | 36 | A | 3 | 34 | シス低 |
| 2 | 4 | 28 | A | 4 | 30 | シスー |
| 3 | 4 | 22 | C | 4 | 24 | シスー |
| 4 | 4 | 18 | C | 4 | 18 | シスー |
| 5 | 3 | 14 | A | 3 | 14 | シスー |
| 6 | 3 | 8 | A | | | |
| 材積 | 1.104 | | | 1.126 | | |



写真 9 立木 No. 921 の採材後の様子

4 考察

採材シミュレーションによる推定と実際に出材した実績で、材質ごとの推定出材数量が大きく異なっていました。この原因として、採材シミュレーションでは立木の形状から採材される素材の曲がりや節や腐れ、傷等の曲がり以外の形質は考慮されていないことが考えられました。また、推定出材数量が実績より過大または過小となる立木が見られました。上述の推定出材数量が過大だったヒノキ（立木 No. 875）と、過小となったヒノキ（立木 No. 876）は図5で示したとおり、立木が混みあった場所に位置しており、OWL 計測立木データ

の精度が落ちていることが一因となっていると考えられました。最後に、OWL 計測立木データで見られたノイズ立木について、原因については不明ですが、OWL 計測を行う際にはノイズ立木除去のため、現地の立木位置と相違がないことを確認する作業が必要であると考えられました。

これらの事から、採材計画策定支援システムは、各販売の数量設定などへは活用は難しいと考えられます。一方、推定出材数量については大きなズレはありませんでした。より多くのデータを収集し、精度について検証する必要がありますが、素材生産事業の生産数量設定等に活用できるのではないかと考えます。ただし、OWL 計測立木データが実際の林分と相違がないか確認を行ったうえで、混みあっている林分では立木位置等を考慮し、OWL 計測の測点を増やす等の精度を保つ工夫が必要であると考えられます。

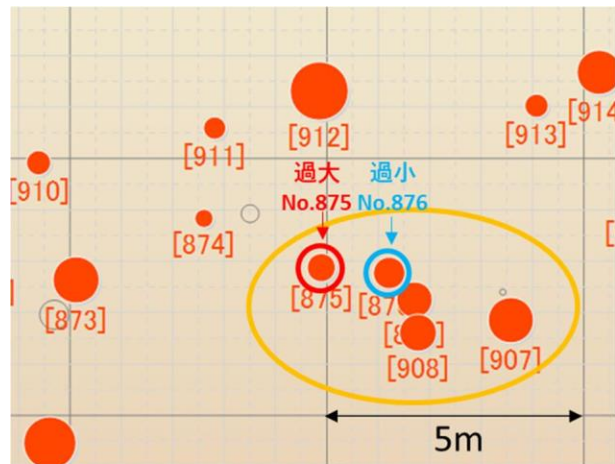


図5 立木位置図

技術開発「檜皮採取試験」の結果報告
～24 年間の取組の概要と成果～

京都大阪森林管理事務所 総括森林整備官 ○内橋 由博
山口森林管理事務所 地域技術官 佐藤 博雅
山口森林管理事務所 総務グループ 係員 ○村木 藍海

1 課題を取り上げた背景

我が国には重要文化財に指定されている檜皮葺きの建造物が約 700 棟あり、これらを維持するためには、年間 3,500 m²の葺き替えが必要になると試算されています。その檜皮葺きの原料である檜皮の生産については、原皮師の減少や樹齢 70 年以上のヒノキ立木減少に加え、檜皮採取が樹木の成長阻害や材質低下をもたらすのではないかと懸念から森林所有者等が檜皮採取に難色を示す場合があります。伝統建築物の維持に必要な檜皮材の安定供給体制が危ぶまれています。

そのような状況の中、近畿中国森林管理局では、安定的な檜皮供給体制の確立に向け、原皮師養成のための研修フィールドの提供、国有林からの計画的な檜皮供給に加え、森林総合研究所関西支所及び京都大学とそれぞれ共同試験を実施しました。

2 試験地及び試験内容

檜皮採取が樹木に与える影響については、平成 9 年から平成 11 年の間において北海道大学、東京大学、京都大学及び福岡大学の各演習林で類似の試験が行われていたため、それらの結果を踏まえつつ、国有林において長期にわたる試験を実施し、檜皮採取がもたらす立木への影響、コスト等を明らかにすることとしました。

(1) 試験地

近畿中国森林管理局管内における育種区の内、気候差を考慮し、スギの植栽が比較的多い、内陸部に所在する京都大阪森林管理事務所管内の鞍馬山国有林とヒノキの生育が良好な瀬戸内部に所在する山口森林管理事務所管内の城山国有林内の林齢 99～100 年生（平成 14 年当時）のヒノキ人工林に試験地を設定し、各試験地内に檜皮採取試験木と剥皮を行わない対照木を設定しました（写真－1）。

平成 14（2002）年度から令和 4（2022）年度までの 21 年間に 3 回の剥皮採取を実施するとともに、（2）の各項目に関し調査しました。計画や調査結果の取組を含めて平成 12（2000）年度から令和 5（2023）年度までの 24 年間の取組です。

(2) 調査項目

- ア 樹幹影響調査
- イ 胸高直径、樹高調査
- ウ 成長錐調査
- エ 樹幹撮影、樹皮の色度調査
- オ 檜皮採取量調査
- カ 材質・価格調査



写真－1 試験地内のヒノキ立木

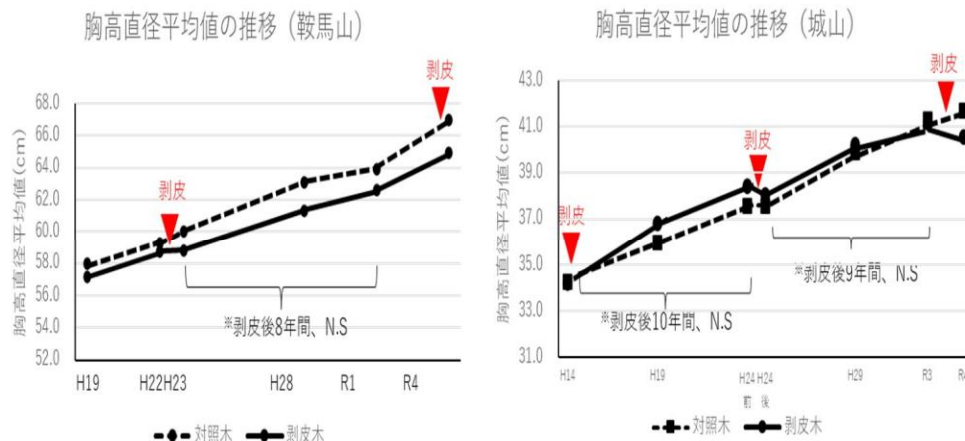
3 試験結果

(1) 樹幹影響調査

目視により樹幹を観察したところ、樹勢はいずれも良好であり、剥皮木と対照木との間で特段の差はありませんでした。樹皮は、剥皮後にヤニ滲出が見られたため、鞍馬山において、平成 23 (2011) 年の 2 回目の剥皮の際に試料を採取し顕微鏡で観察したところ、剥皮の影響による傷害樹脂道が形成されたことを明確に示す根拠は得られませんでした。

(2) 胸高直径、樹高調査

剥皮後の胸高直径成長量（樹皮含む）について、鞍馬山・城山ともに、試験木と対照木の成長量に差は見られませんでした。（図－1）



図－1 胸高直径成長量調査（樹皮含む）

(3) 成長錐調査

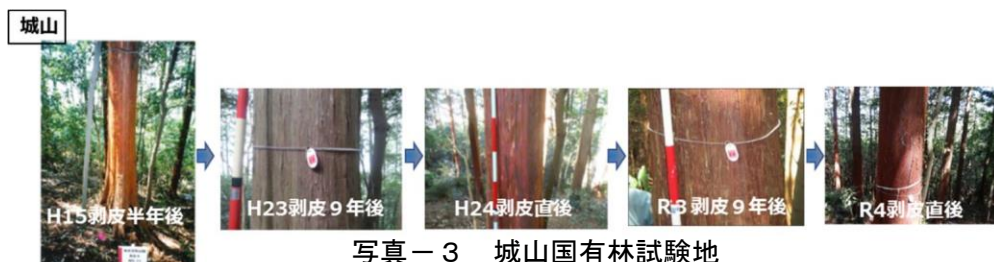
鞍馬山は令和 3 (2021) 年、城山は平成 23 (2011) 年まで、成長錐を用い年輪幅を調査した結果、剥皮の前後で明瞭な変化はみられませんでした。

(4) 樹幹撮影・樹皮の色度調査

樹皮の色調は、剥皮後赤色から暗灰色に徐々に回復し（写真－2、3）、鞍馬山のみ実施した「測色計」による樹皮の色調変化の測定でも約 5 年間で、試験木と対照木との色調の差がほとんど無くなるといった結果を得ています。



写真－2 鞍馬山国有林試験地



写真－3 城山国有林試験地

(5) 檜皮採取量調査

檜皮採取においては、1回目の剥皮の際は利用できない部分が多くあると言われて
いることから、鞍馬山試験地(表-1)と城山試験地(表-2)において、平成14(2002)
年度の1回目の剥皮と令和4(2022)年度の3回目の剥皮の歩留り等を比較しました。
檜皮採取時の1本当たりの採取全重量に対する利用可能重量から歩留まり率を算出し
たところ、3回目の歩留まりの方がよい傾向がみられ、城山試験地においては有意差
がみられました。

表-1 鞍馬山国有林試験地

| 剥皮木NO. | 原皮師 | | DBH(cm) | | 樹高(m) | | 採取全重量(kg) | | 利用可能重量(kg) | | 歩留り | |
|--------|------|-----|---------|------|-------|------|-----------|------|------------|------|-------|-----|
| | 経験年数 | | H14 | R4 | H14 | R4 | H14 | R4 | H14 | R4 | H14 | R4 |
| 11 | A | 24年 | 53.4 | 55 | 24.0 | 24 | 22.0 | 17.2 | 10.5 | 12.4 | 48% | 72% |
| 12 | | | 62.5 | 66 | 27.5 | 30 | 20.5 | 30.8 | 10.2 | 25.5 | 50% | 83% |
| 13 | B | 5年 | 66.2 | 68 | 29.8 | 29 | 46.5 | 41.4 | 29.3 | 24.6 | 63% | 59% |
| 14 | | | 59.7 | 60 | 27.0 | 30 | 36.0 | 24.9 | 15.7 | 10.1 | 44% | 41% |
| 15 | C | 38年 | 62.1 | 71 | 28.6 | 29 | 37.2 | 55.6 | 16.9 | 34.3 | 45% | 62% |
| 16 | | | 52.4 | 56 | 26.3 | 27 | 30.7 | 32.3 | 15.5 | 21.2 | 50% | 66% |
| 平均 | | | 59.4 | 62.7 | 27.2 | 28.2 | 32.2 | 33.7 | 16.4 | 21.4 | 51% | 63% |
| 有意差 | | | | | | | n. s. | | n. s. | | n. s. | |

※ n.s.:非有意

表-2 城山国有林試験地

| 剥皮木NO. | 原皮師 | | DBH(cm) | | 樹高(m) | | 採取全重量(kg) | | 利用可能重量(kg) | | 歩留り | |
|--------|------|-----|--------------|------|-------|------|-----------|------|------------|------|-----|-----|
| | 経験年数 | | H14 (剥皮後) | R4 | H14 | R4 | H14 | R4 | H14 | R4 | H14 | R4 |
| 11 | A | 15年 | 41 | 47.6 | 24.5 | 25 | 8.8 | 6.4 | 2.6 | 3.4 | 30% | 53% |
| 12 | | | 41 | 50.6 | 20.0 | 23.9 | 12.0 | 23.0 | 4.0 | 18.8 | 33% | 82% |
| 13 | | | 34.2 | 41.0 | 23.4 | 22 | 5.5 | 11.7 | 1.2 | 8.4 | 21% | 72% |
| 14 | | | 36.3 | 45.6 | 22.5 | 24 | 3.4 | 3.7 | 0.5 | 2.1 | 13% | 57% |
| 15 | | | 30.4 | 38.2 | 19.0 | 23.8 | 6.2 | 11.9 | 1.2 | 8.0 | 19% | 67% |
| 16 | B | 8年 | 27.5 | 32.2 | 24.2 | 23.3 | 1.4 | 3.4 | 0.3 | 1.4 | 23% | 41% |
| 17 | | | 30 | 35.4 | 26.0 | 23.6 | 3.0 | 2.6 | 0.6 | 1.2 | 21% | 46% |
| 18 | | | 34 | 41.3 | 25.0 | 24 | 6.0 | 16.4 | 1.8 | 12.6 | 30% | 77% |
| 19 | | | 32.1 | 37.4 | 23.5 | 23 | 3.4 | 4.0 | 1.2 | 2.0 | 35% | 50% |
| 20 | | | 35.8 | 42.5 | 22.0 | 22.3 | 10.8 | 14.9 | 5.0 | 11.5 | 46% | 77% |
| 平均 | | | 34.2 | 41.2 | 23.0 | 23.5 | 6.1 | 9.8 | 1.8 | 6.9 | 30% | 71% |
| 有意差 | | | | | | | * | | ** | | ** | |

※ *:p<0.05 ** :p<0.01

檜皮採取量については、胸高直径、樹高がより大きい鞍馬山において城山よりも1
本当たりのヒノキから多く採取されていることから、胸高直径が大きく採取可能な高
さが長ければ、剥皮表面積が広くなり、1本当たりの檜皮採取量が増加する結果が得
られています(図-2、3)。

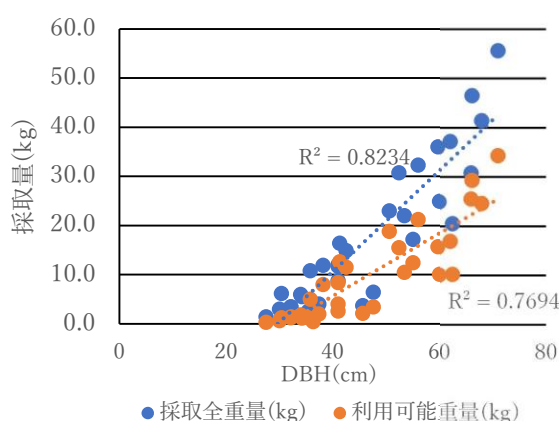


図-2 胸高直径と檜皮採取量との関係
(鞍馬、城山のH14、R4剥皮木)

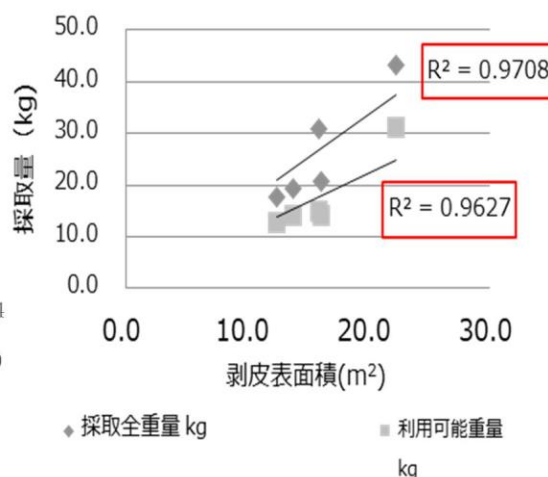


図-3 剥皮表面積と檜皮採取量との関係
(城山、H30年度調査結果)

また、城山試験地近隣で檜皮採取による収入を試算（表－３）すると、120 年生～150 年生程度で、300～500 本/ha の林分では、２回目の剥皮で 40 万円/ha 前後となりました。（注：ヘクタール当たりの檜皮採取本数は林分によりまちまち）

表－３ 収入額の試算

| | ヒノキ 1 本あたり 檜皮採取量（販売数量） kg/本 | haあたり 採取可能本数 本/ha | 収入試算額 千円/ha |
|-------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------|
| H30 試算 1 | 8.7 | 263 | 389 |
| R2 試算 2 | 8.1 | 275 | 379 |
| R2 試算 3 | 8.1 | 300 | 413 |
| R4 試算 4 | 6.6 | 350 | 393 |
| R4 試算 5 | 6.6 | 400 | 449 |

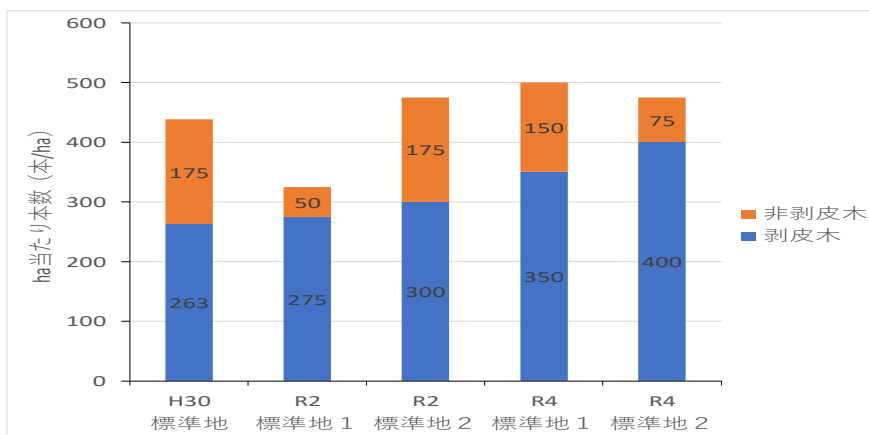
※販売単価：170円/kg(税抜き、R4実績)で算出。

※試験地に隣接する檜皮採取林分において、1本当たりの檜皮採取量、ha当たり檜皮採取本数を調査（3ヵ年）した結果。

- ・H30標準地 城山国有林61ほ1林小班（119年生）、2回目採取
- ・R2標準地 城山国有林63に1（146年生）、に2（152年生）、2回目採取
- ・R4標準地 城山国有林61い1（117年生）、と（120年生）、2回目採取

表－４ ヘクタール当たり檜皮採取量

| | 採取量 (kg/本) | 剥皮箇所 | 林齢 | 剥皮回数 |
|-----|---------------|---------|-------------|------|
| H30 | 8.7 | 61ほ1 | 119年生 | 2回 |
| R2 | 8.1 | 63に1、に2 | 146年生、152年生 | 2回 |
| R4 | 6.6 | 61い1、と | 117年生、120年生 | 2回 |



図－４ ヘクタール当たり檜皮採取本数



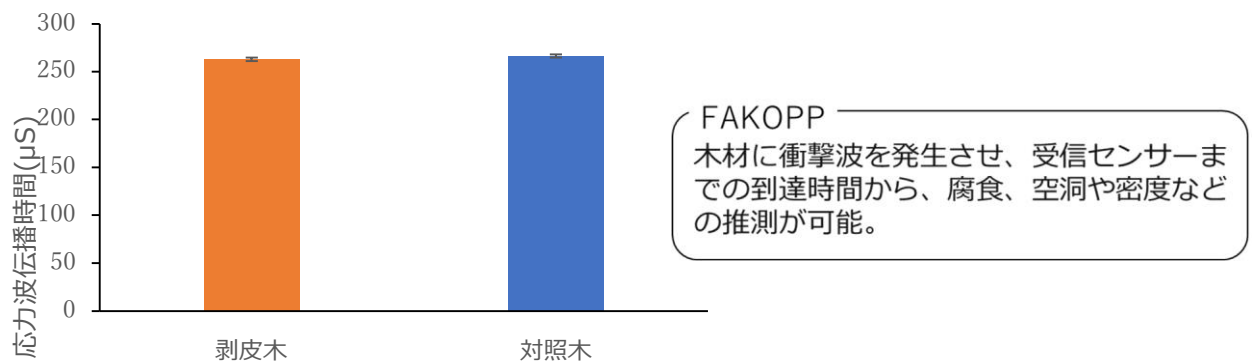
写真－４ 檜皮採取の様子



写真－５ 採取した檜皮

(6) 材質、価格調査

材質は、城山試験地の剥皮木、対照木（非剥皮木）合計 20 本について、応力波伝播時間を測定しました（写真－６、７ FAKOPP での測定）。応力波伝播時間を測定することにより、立木の状態で強度や腐食、空洞、密度を推測することができます。測定の結果、剥皮の有無による伝播時間の差はみられませんでした。（図－５）



図－５ 剥皮木と対照木の応力波伝播時間



写真－６ FAKOPP 調査の様子(試験木)



写真－７ FAKOPP 調査の様子(対照木)

また、城山国有林の 3 回剥皮後の試験木と対照木を各 2 本ずつ、4m（写真－８）と 3m（写真－９）に玉切り、市場で委託販売（入札方式）を行い価格調査を実施しました。



No. 1 对照木（1 番玉）4 m 36 cm（直材） 75,800 円/m³



No. 11 剥皮木（1 番玉）4 m 38 cm（直材、節） 26,000 円/m³

写真－8 4 m 材（城山国有林）



No. 3 对照木（1 番玉）3 m 30 cm（直材） 28,000 円/m³



No. 15 剥皮木（1 番玉）3 m 32 cm（小曲材、節、傷） 12,000 円/m³

写真－9 3 m 材（城山国有林）

試験木と対照木のいずれも丸太の断面に剥皮による異常（変色、年輪幅の減少等）は認められませんでしたでしたが、いずれも試験木の方が対照木よりも安価となりました（表－５）。この結果について、市場関係者及び買受者に理由を問い合わせたところ、剥皮木に成長段階での曲り、節、腐れ、傷等があったことによるもので、檜皮の採取の有無が価格に影響したものではないとの回答を得ました。

表－５ 価格調査結果

| | | No.1 (対照木) | No.11 (剥皮木) | No.3 (対照木) | No.15 (剥皮木) |
|----------|---------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 胸高直径(cm) | | 47.0 | 47.7 | 39.1 | 38.5 |
| 樹高(m) | | 22.7 | 26.7 | 23.0 | 25.0 |
| 1番玉 | 長さ(m) | 4 | 4 | 3 | 3 |
| | 元口径(cm) | 44.5 | 45.0 | 36.0 | 37.0 |
| | 末口径(cm) | 37.2 | 38.5 | 30.5 | 33.0 |
| | 材質 | 直材 | 直材、節 | 直材 | 小曲材、節、傷 |
| | 価格(円/㎡) | 75,800 | 26,000 | 28,000 | 12,000 |

(7) 調査結果のまとめ

(1) から (6) までの各調査項目の実施時期を表－６にまとめています。以上のことから、檜皮採取による成長量への影響は見受けられず、樹皮の色調も剥皮から５年程度で同程度となり、年輪幅の差もみられませんでした。１本当たりの檜皮の採取量は１回目より２回目、３回目の方が増加傾向にあり、剥皮によりヘクタール当たり４０万円の収入が見込まれると試算されました。

表－６ 調査等実績

鞍馬山試験地

| | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 元 | 2 | 3 | 4 | 5 | 備 考 | |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|-----|--------------|
| 檜皮採取 | ◎ | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| ①樹幹影響調査 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | 創、病虫害発生状況等 |
| ②胸高直径調査 | ◎ | | | | ◎ | ○ | | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | | ◎ | ○ | ○ | ○ | ◎ | | | | ◎ | | H18年度以降は周囲長 |
| ②樹高調査 | ◎ | | | | ◎ | | | | ◎ | | | | | ◎ | | | | ◎ | | | | ◎ | | 測程で測定 |
| ③成長錐調査 | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | ● | ● | | | 成長量、（材質変化） |
| ④樹幹撮影 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | |
| ⑤樹皮の色度調査 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | ◎ | | | | | | | | | | | | | | | | | | H20以降調査せず |
| ⑥檜皮採取量等調査 | ◎ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ◎ | | 1本あたり採取量、歩留り |
| 中間・完了報告 | | | | | | ◎ | | | | | ◎ | | | | | ◎ | | | | | | ◎ | | |

城山試験地

| | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 元 | 2 | 3 | 4 | 5 | 備 考 | |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|-----|------------------------------|
| 檜皮採取 | ○ | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | ○ | | |
| ①樹幹影響調査 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ | | 創、病虫害発生状況等 |
| ②胸高直径調査 | ○ | | | | | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | | 直径巻尺で測定 |
| ②樹高調査 | ○ | | | | | ○ | | | | ○ | | | | ○ | | | | | ○ | ○ | | ○ | | ブルーメライズで測定 |
| ③成長錐調査 | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | 成長量、（材質変化） |
| ④樹幹撮影 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| ⑥檜皮採取量等調査 | ○ | | | | | | | | | | ● | | | | | | | ◆ | ◆ | ◆ | | | | 1本あたり採取量・歩留り 1haあたり採取可能本数 |
| ⑦材質・価格調査 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | ○ | 材質変化、市売価格調査 |
| 中間・完了報告 | | | | | | ○ | | | | | ○ | | | | | ○ | | | | | | ○ | | |

◎は、当初予定どおり実施したもの。●は、当初予定から一部変更し実施したもの。○は、追加的に実施したもの。◆は、試験地近隣の檜皮採取対照林で実施したもの。

4 考察

本共同研究を通じて、剥皮に伴うヒノキ立木の成長や素材の材質への影響は見られないことが明らかとなり、檜皮採取による樹木の生長阻害などの懸念を払拭する根拠が得られたと考えられます。

重要文化財建造物を維持するために必要となる檜皮の確保のため、今後、本研究成果を森林所有者等に周知することで、副産物収入を目的とした全国的な檜皮提供の促進につながり、ひいては檜皮安定供給体制の確立の一助となると考えます。

既に各種イベント、セミナー等において本研究成果の普及を行っておりますが、今後もこうした取組を継続していく考えです。

謝辞

本試験の実施にご協力いただいた「森林総合研究所関西支所」、「京都大学フィールド科学教育研究センター徳山試験地」、「公益社団法人 全国社寺等屋根工事技術保存会」、長期間にわたる本試験に携わられた関係者の皆様に御礼申し上げます。

センダン及びヒノキの混交植栽試験について ～植栽3年目の経過報告～

兵庫森林管理署 地域業務対策官 福本 真也
森林整備官 ○宮里 有紀
業務グループ 係員 永田 晴規

1 課題を取り上げた背景

センダンは、植栽後20～30年という短い期間での主伐が可能となる早生樹で、造林樹種として注目されています。カーボンニュートラルの実現に向け、早生樹への期待が高まる中、兵庫森林管理署では、センダンとヒノキを混交植栽した試験地を設定しました。本試験では、植栽から20～30年でセンダンの主伐収入を得て、さらにその後30年後にヒノキの主伐収入を得ることにより、ヒノキ単木よりもhaあたりの収益を上げる施業体系を確立するためのデータを収集、検証することを目的としています。

本試験は、京都府立大学及び林木育種センター関西育種場と共同で実施するものあり、京都府立大学ではセンダンとヒノキを混交植栽することで針広混交林として成林するかについてその可能性を検討し、林木育種センター関西育種場ではセンダンとヒノキを混交植栽することで、センダンの成長や通直性等の優良形質木の特性評価を行うこととしています。

今回は、試験開始3年目の過程について、センダンの生育状況及び保育コスト等を中心に報告します。

2 試験の概要

(1) 試験地の概要

試験地は、兵庫県たつの市札楽山国有林576と林小班に設定しました。試験地の面積は0.53ha、センダンの生育に適した温暖な地域に位置し、瀬戸内式気候の暖温帯林です。標高は約150m、傾斜は約15度、南東向き斜面のなだらかな地形となっています。（図－1、2）



図－1 札楽山国有林位置図



図－2 試験地位置図

(2) 試験材料

ヒノキは兵庫県産の実生苗441本（2年生）と、センダンは成長形質と幹曲がり等

の特性を調査するために、兵庫県内及び中国地方から選抜したセンダン優良形質木由来の実生苗（2年生）13系統、100本を植栽しました。（表－1）

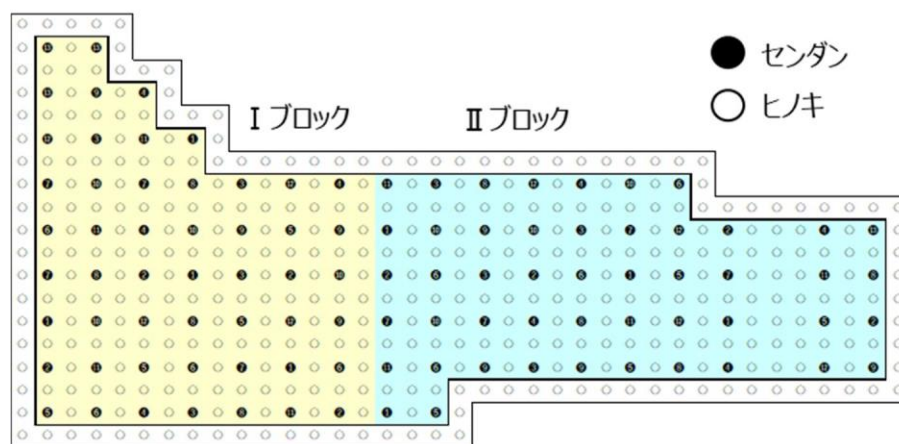
表－1 センダン系統別一覧

| 系統 | 系統名 | 母樹の由来 | 本数 |
|----|-------|-----------|-----|
| 1 | 兵庫県1号 | 第一高等学院 | 8 |
| 2 | 兵庫県2号 | 隆国寺1本目 | 8 |
| 3 | 兵庫県4号 | 山口小学校 | 8 |
| 4 | 兵庫県5号 | 東河小学校 | 8 |
| 5 | 鳥取県1号 | 重箱緑地公園 | 8 |
| 6 | 鳥取県3号 | 山名寺 | 8 |
| 7 | 岡山署1号 | 加茂山1本目 | 8 |
| 8 | 岡山署2号 | 加茂山2本目 | 8 |
| 9 | 島根県1号 | 雪舟橋公園 | 8 |
| 10 | 島根県3号 | 広瀬小学校 | 8 |
| 11 | 広島県1号 | 備北丘陵公園 | 8 |
| 12 | 広島県2号 | 実留下谷のセンダン | 8 |
| 13 | 兵庫県3号 | 隆国寺2本目 | 4 |
| 計 | | | 100 |

（3）植栽方法

センダンの苗は、5m間隔で植栽を行いました。13系統の特性比較を行うため、2ブロックからなる乱塊法により配置しました。また、ヒノキの苗は、センダンの間に2.5m間隔となるように植栽を行いました。（図－3、4）

苗木の植栽は、2022年3月に実施しました。

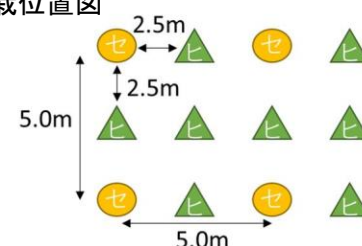


図－3 センダンの系統別植栽位置図

（4）調査方法

ア 成長量調査

根元径及び苗高を、植栽時に1回、それ以降は年2回計測しました。



図－4 センダンとヒノキの植栽間隔

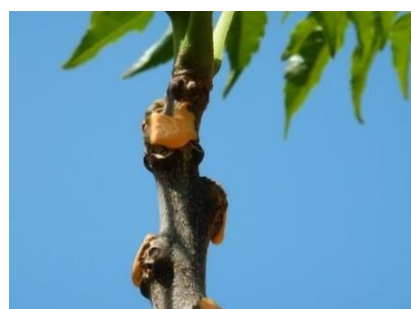
イ 功程調査

センダンの生産目標は高値で販売可能な末口 30cm 以上、4m の直材とし、20 年程度での主伐を目指しています。4m の通直材を採材するために、樹幹を通直に仕立てる必要があることから、芽かき作業で頂芽以外の側芽をすべて取り除きました。側芽を取り除いた後、切断面から腐れや菌の侵入を防止するためにトップジン等の薬剤を塗布しました。（写真－１、２）これらの作業時間を計測し、功程を算出しました。また、芽かき作業は、植栽１年目は春に１回、２年目以降は春から秋までの間で年２回実施することとし、2022 年 5 月、2023 年 5 月・8 月、2024 年 5 月・12 月の計 5 回実施しました。芽かき作業は生産目標の材が生産可能となる苗高約 4.5m まで実施します。

下刈り作業は、植栽後 1 年目は省略し、以降は年 1 回、2023 年 8 月、2024 年 7 月に全刈りを実施しました。



写真－１ 芽かき作業の様子



写真－２ 芽かき後の薬剤塗布状況

ウ その他保育作業

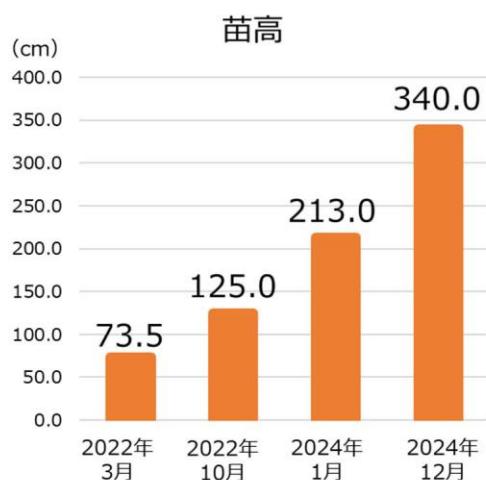
成長を促進するために、IB 化成肥料等の緩効性肥料を 2022 年 3 月、2023 年 5 月、2024 年 1 月の 3 回施肥しました。なお、肥料は 1 本あたり約 250g を施肥しています。

3 実行結果

(1) センダンの成長量

ア 苗高

2022 年 3 月の植栽時には中央値は 73.5 cm、2024 年 12 月時点では中央値は 340.0 cm となり、植栽時から 3 年間で 266.5 cm 成長しました。（図－５、写真－３）



図－５ センダン苗高の全個体の中央値の推移



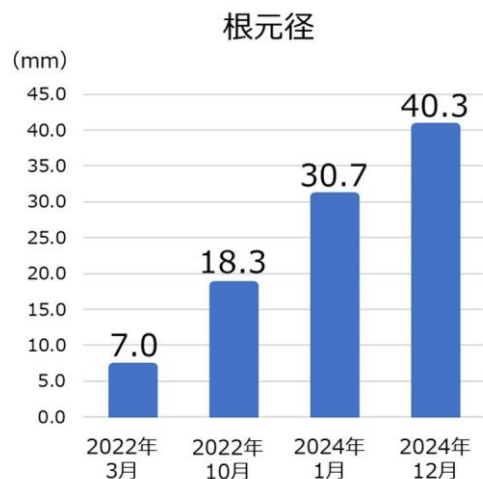
写真－３ 2024 年 12 月時点のセンダンの様子

イ 根元径

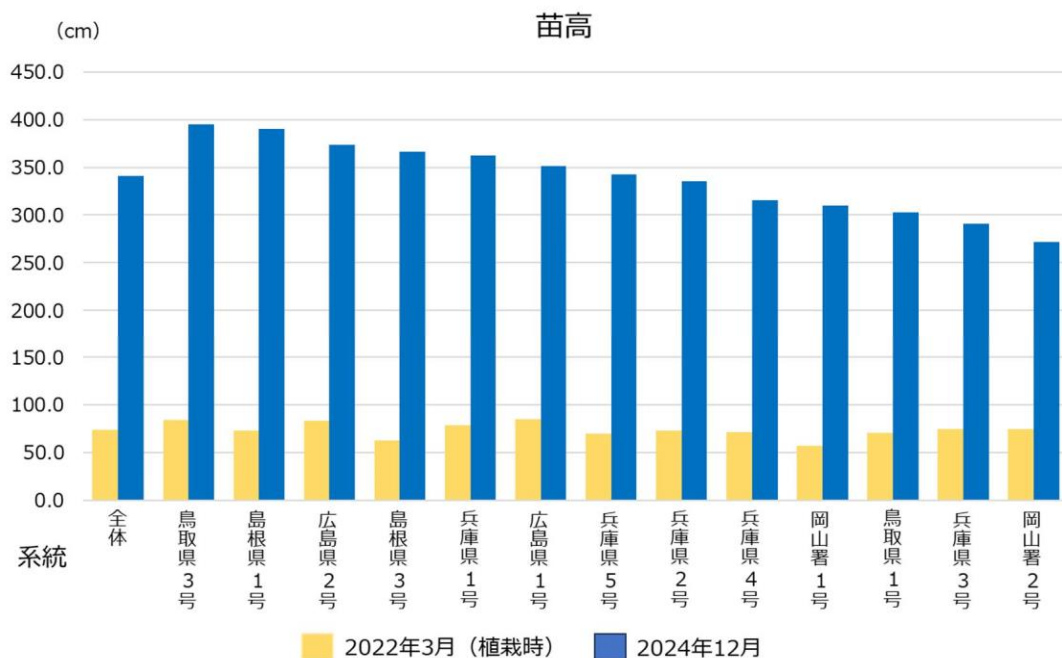
2022 年 3 月の植栽時には中央値は 7.0 mm、2024 年 12 月時点では中央値は 40.3 mm となり、植栽時から 3 年間で 33.3 mm 肥大成長しました。（図－6）

ウ 系統別の苗高

2024 年 12 月時点で最も成長の大きい系統は、鳥取県 3 号で 395.0 cm、最も成長の小さい系統は岡山署 2 号で 271.6 cm となり、その差は 123.4 cm となりました。（図－7）



図－6 センダン根元径の全個体の中央値の推移



図－7 3年目における系統別の苗高（平均値）

(2) 芽かき及び下刈に係るコスト試算

ア 芽かき

植栽 1 年目は春に 1 回実施、2 年目以降は年に 2 回実施しました。ha あたりの人工数平均は 3.12 人日/ha となり、植栽後 3 年間の ha あたりの労賃のみのコストの合計は 332,428 円となりました。（表－2）

イ 下刈

1 年目は下刈を省略し、2 年目以降は年 1 回全刈を実施しました。ha あたりの人工数平均は 3.72 人日/ha となり、植栽後 3 年間の ha あたりの直接費のみのコストの合計は 170,000 円となりました。（表－3）

表－２ 芽かき回数と所要人工数（400 本/ha）

| | 人工 (人日/ha) | 労賃単価 | コスト (円) | 備考 |
|-------------|---------------|--------|------------|----------------|
| 2022 年 5 月 | 2.90 | 19,800 | 57,420 | 職員実行 |
| 2023 年 5 月 | 3.04 | 21,200 | 64,448 | 職員実行 |
| 2023 年 8 月 | 3.00 | 21,200 | 63,600 | 職員実行 |
| 2024 年 5 月 | 3.68 | 22,000 | 80,960 | 職員実行（脚立使用） |
| 2024 年 12 月 | 3.00 | 22,000 | 66,000 | 職員実行（高枝のこぎり使用） |
| 合計 | 15.62 | | 332,428 | |
| 平均 | 3.12 | | | |

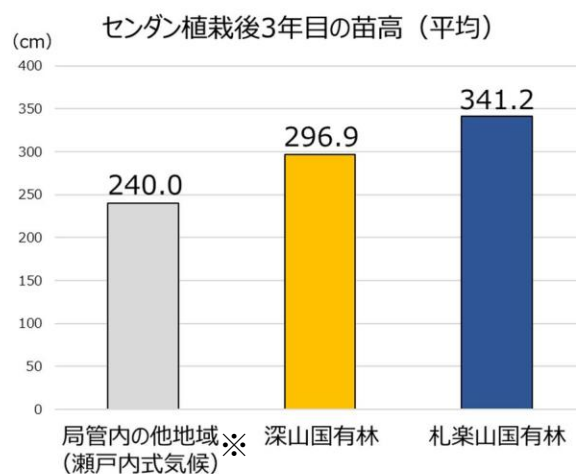
表－３ 下刈回数と所要人工数

| | 人工 (人日/ha) | 直接費 | コスト (円) | 備考 |
|------------|---------------|--------|------------|--------|
| 2023 年 8 月 | 3.72 | 83,000 | 83,000 | 請負（全刈） |
| 2024 年 7 月 | 3.72 | 87,000 | 87,000 | 請負（全刈） |
| 合計 | 7.44 | | 170,000 | |
| 平均 | 3.72 | | | |

4 考察

札楽山国有林のセンダンは、3 年間で苗高約 340cm に成長し、現時点で枯死も見られない状況です。近畿中国森林管理局管内ではセンダンの植栽試験を実施しており、瀬戸内式気候に属する 6 箇所※の平均成長量（近畿中国森林管理局、2022 年）や、そのうち同じ兵庫県内に位置する深山国有林のセンダンの平均成長量と比較すると、植栽 3 年目時点では、札楽山国有林のセンダンの成長はそれらを上回り、植栽環境として適していると考えられます。（図－8）

また、宮崎県の山地にセンダンを



図－8 センダン植栽後3年目の苗高（平均）

※滋賀県 1 箇所、大阪府 1 箇所、兵庫県 1 箇所、岡山県 3 箇所

5m 間隔で植栽した際の 2 年目までのコスト（林野庁、2022 年）と比較すると、札楽山国有林のコストが 7 万円ほど高くなりました。これは、地形条件や労賃単価等の違いにより単純比較はできないことからあくまで参考となりますが、札楽山国有林では植付時にヒノキを混交植栽しているため、植栽時の苗木代等が増えたことが原因と考えられます。また、1 年目以降の保育作業のみを比較すると、札楽山国有林は 1 年目の下刈を省略したことにより宮崎県の事例に比べ約 24 万円安くなっています。（表－4）

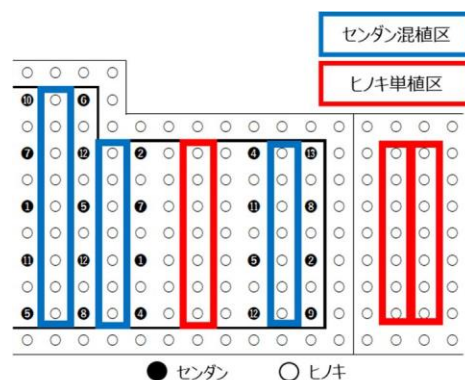
今後の取組としては、2032 年までセンダンの成長量調査及び保育コストの検証を継続します。芽かき作業は 4m 材が生産可能となる苗高約 4.5m に達するまで行い、下刈作業は植栽 5 年目の 2026 年まで実施することとしています。

また、センダンとの混植によるヒノキの生育への影響を調べるために、センダンと混交植栽している箇所に「センダン混植区」、ヒノキのみを植栽している箇所に「ヒノキ単植区」を各 3 プロットずつ設定し、2024 年～2032 年までヒノキの根元径、苗高、胸高直径を計測していきます。（図－9）

今後も、センダンとヒノキの混交植栽による施業体系の確立を目指し、両樹種の主伐時期や間伐時期の検討、伐採方法の検証等を含め、必要なデータの蓄積に努めていきます。

表－4 センダン単一造林地（400 本/ha、山地）
と ha あたりのコスト比較（試算値）
（単位：万円/ha）

| | | 札楽山 | 宮崎県 |
|------|------|-----|-----|
| 植栽時 | 地拵 | 18 | 8 |
| | 植栽 | 7 | 3 |
| | 苗木代 | 19 | 4 |
| 1 年目 | 芽かき① | 6 | 7 |
| | 下刈 | — | 11 |
| 2 年目 | 芽かき① | 6 | 13 |
| | 下刈 | 8 | 12 |
| | 芽かき② | 6 | 7 |
| 計 | | 71 | 64 |
| 3 年目 | 芽かき① | 8 | |
| | 下刈 | 9 | |
| | 芽かき② | 7 | |
| 合計 | | 94 | |



図－9 ヒノキ成長量調査プロット図

※獣害対策費は含まない

※端数処理により合計と内訳の計は必ずしも一致しない

引用文献

- 1) 熊本県：センダンの育成方法、2023
- 2) 林野庁：早生樹利用による森林整備手法ガイドライン、2022
- 3) 近畿中国森林管理局：近畿中国森林管理局でのセンダン植栽試験、2022

広葉樹の高密度混植による風倒被害地の再生について ～植栽 15 年目を迎えて～

広島森林管理署 業務グループ 係員 ○片山 樹
地域林政調整官 岡本 博己
首席森林官 柄澤 奈奈恵

1 はじめに

広島県南部の呉市と東広島市にまたがる野呂山（のろさん、最高点 839m）は、かつて弘法大師が修行を行ったと伝えられ、古くから霊山として信仰の対象となってきました。また、山頂からの眺望が素晴らしいことから、瀬戸内海国立公園に指定されており、登山、ハイキング、キャンプなどのレクリエーションが盛んで年間を通じて多くの人々に親しまれています。

今回取り上げた取組は、野呂山の山頂部に位置する野路山国有林（山名とは文字が異なります）において、平成 16 年 10 月の台風 23 号によって大規模な風倒被害が発生したことから、多種類の広葉樹を高密度で植栽する手法を用いて再生を行うこととなったものです。



図 1 位置図

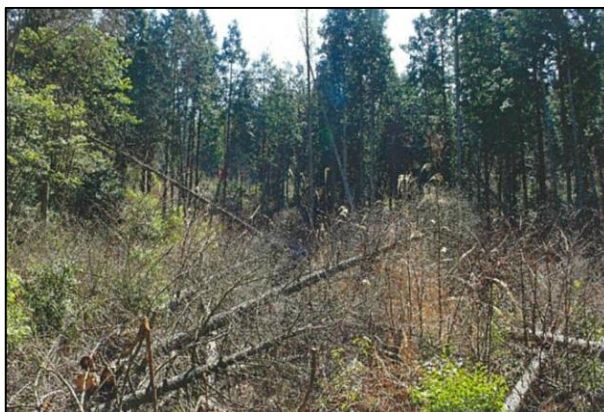


写真 1 風倒被害の様子

2 取組の概要

対象地は小班面積 4.52ha のうち約 14%に当たる 0.65ha で、カシ類を主体とした常緑広葉樹 7 種と高木性の落葉広葉樹 5 種をそれぞれの樹種をランダムな配置となるように植栽してあります。植栽密度は、3 万本/ha を標準とし、一部の箇所については、さらに高密度（4～10 万本/ha）としています。

また、標準密度で植栽する箇所の一部については、植栽前に重機によって林地の掘り起こしを行って風倒木の処理で生じた幹や根株、枝葉などを埋め戻し、植栽後に雑草木の繁茂を抑制するために敷き藁を行いました。

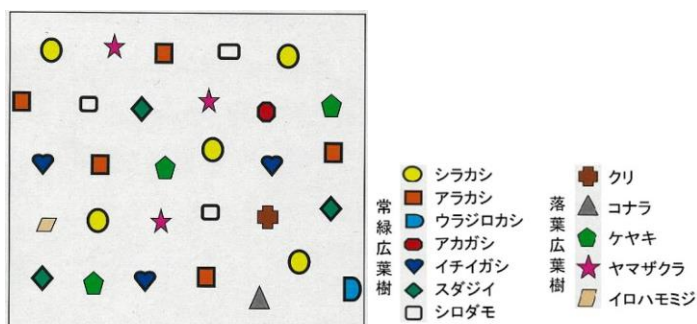


図 2 植栽配置の例



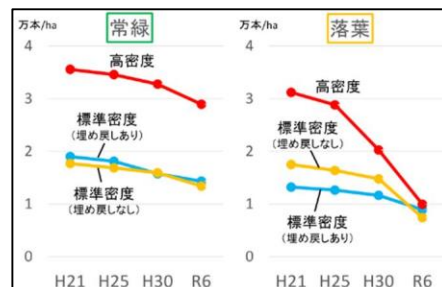
写真 2 植栽後の様子

植栽後の経過を観察するため、対象地を植栽密度、埋め戻しの有無により「標準密度(埋め戻しあり)」、「標準密度(埋め戻しなし)」、「高密度」の3区域に区分し、面積10 m²の方形プロットを346箇所にて5年ごとに生存木の樹高を測定しています。

3 調査結果

立木密度については、常緑広葉樹は緩やかに減少が続いており、今後も枯死は継続するものと考えられます。落葉樹は、高密度の区画で枯死が激しく、令和6年の時点では、いずれの区画もほぼ同程度の立木密度になっています。また、処理木の埋め戻しの有無で比較すると「埋め戻しあり」の方がやや枯死率が低い傾向が見られます。

グラフ1 立木密度の推移

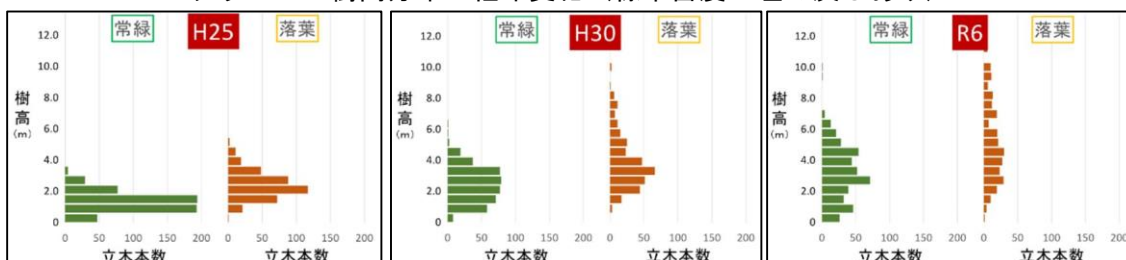


樹高の分布については、「標準密度(埋め戻しあり)」の区画では、平成30年の時点で一部の落葉樹が大きく成長し、高木層を形成し始め、令和6年になると常緑樹が中低木層、落葉樹が中高木層を占める構造が明確になりつつあります。

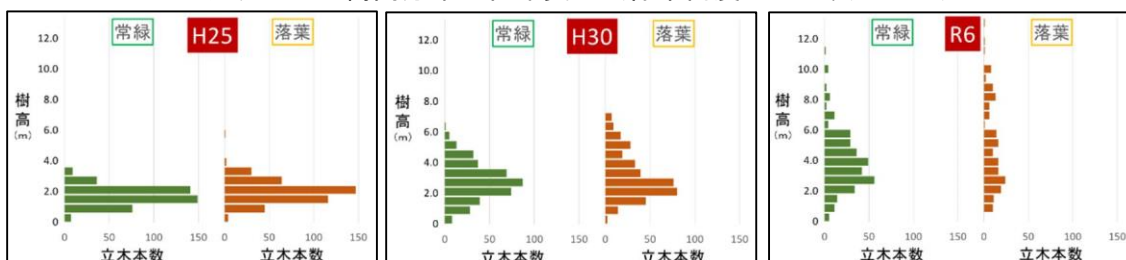
「標準密度(埋め戻しなし)」の区画では、平成30年の時点で落葉樹がそれほど成長しておらず、樹高分布に大きな違いはありませんでしたが、令和6年になると常緑樹が中低木層、落葉樹が中高木層を占める構造に変化しつつあります。

「高密度」の区画では、平成30年の時点で落葉樹に成長が著しいものがあり、高木層への移行が始まっており、令和6年度になると落葉樹の本数が大きく減少しながらも高木層を優先し始めている様子が明瞭に認められます。

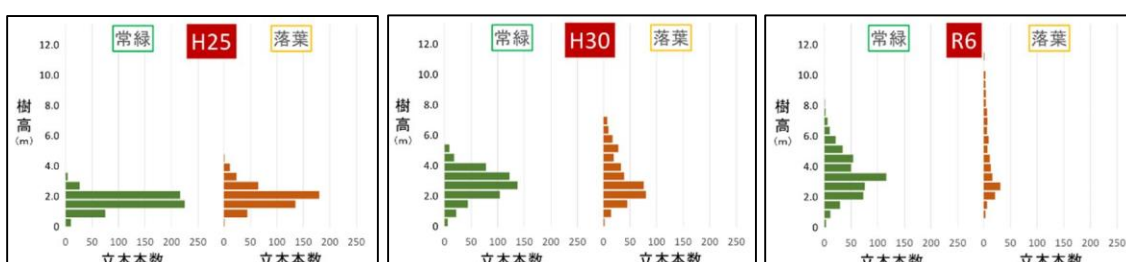
グラフ2 樹高分布の経年変化(標準密度・埋め戻しあり)



グラフ3 樹高分布の経年変化(標準密度・埋め戻しなし)



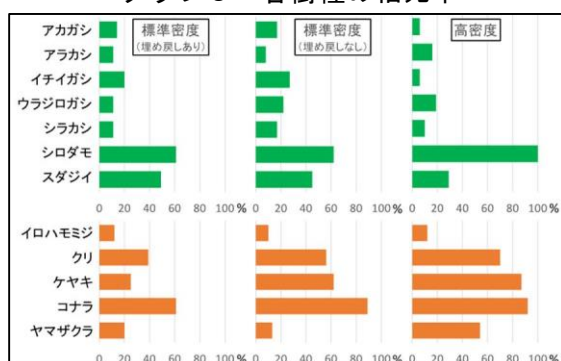
グラフ4 樹高分布の経年変化(高密度)



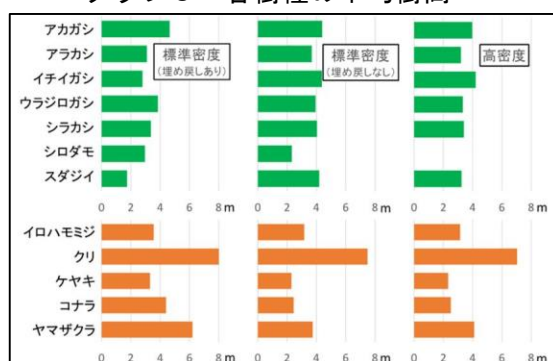
樹種ごとの枯死率で見ると、常緑樹ではシロダモがかなり高く、カシ類はどの条件でも10%から20%程度に留まっています。また、落葉樹ではイロハモミジを除いて、全般的に枯死率が高く、特に「高密度」の区画で非常に高くなっています。埋め戻しの有無で比較すると、埋め戻しありの区画で枯死が少ない傾向がみられますが、埋め戻しによる効果あるいは敷き藁の影響が考えられます。

また、樹種ごとの平均樹高を見ると、常緑樹、落葉樹ともに3メートルから4メートル程度が多く、クリの成長が最も良いという結果になりました。埋め戻しの有無で比較すると、常緑樹は「埋め戻しなし」の区画の方が高く、落葉樹は逆に「埋め戻しあり」の区画の方が高い傾向が見られます。これは落葉樹が早く成長したことによって、常緑樹の成長が遅れたのではないかと推測され、枯死率と同様に埋め戻しによる効果、または敷き藁の影響が考えられます。

グラフ5 各樹種の枯死率



グラフ6 各樹種の平均樹高



4 まとめ

植栽から15年が経過し、耐陰性の高いシイ・カシ類が多く生き残って中低層で優位となりつつある一方、落葉樹は枯死率が高いものの、徐々に高木層を形成し始めていることから、今後、落葉樹が混交した常緑樹林として成立していくものと考えられます。

今後、こうした手法を用いる時には、今回の結果や他の事例を参照しながら、コスト面も含めて、植栽密度や落葉樹と常緑樹の割合などを検討するとよいのではないのでしょうか。

10 年程度経過した無下刈り林分の現況について

森林技術・支援センター 業務係長 安田 裕二

1 課題を取り上げた背景

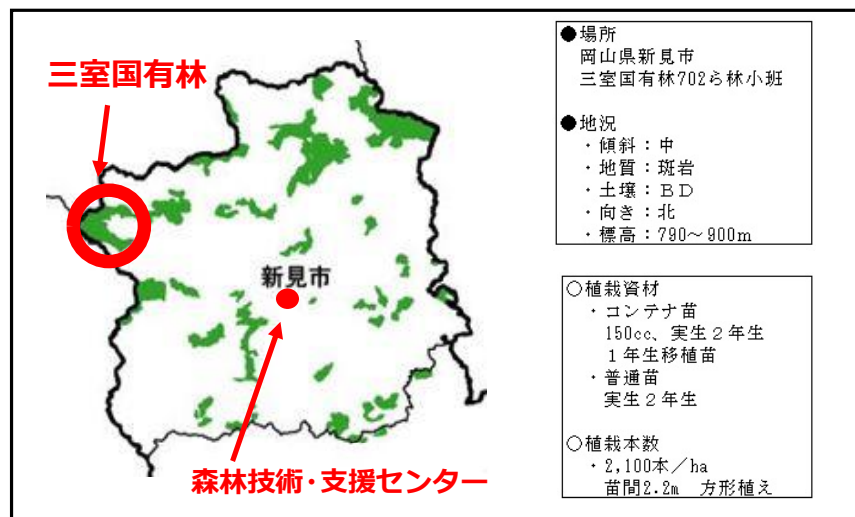
人工林が成熟して利用可能な段階に入中、森林の持つ多面的機能を維持・向上させながら、持続的な林業生産活動を営んでいく必要があります。

このためには、下刈りなどの造林コストの削減を図り、林業経営の採算性を向上させていくことが重要です。

このような状況を踏まえ、植栽から 10 年程度が経過した無下刈り林分において、成長経過を明らかにし、低コスト造林の検証を行いました。

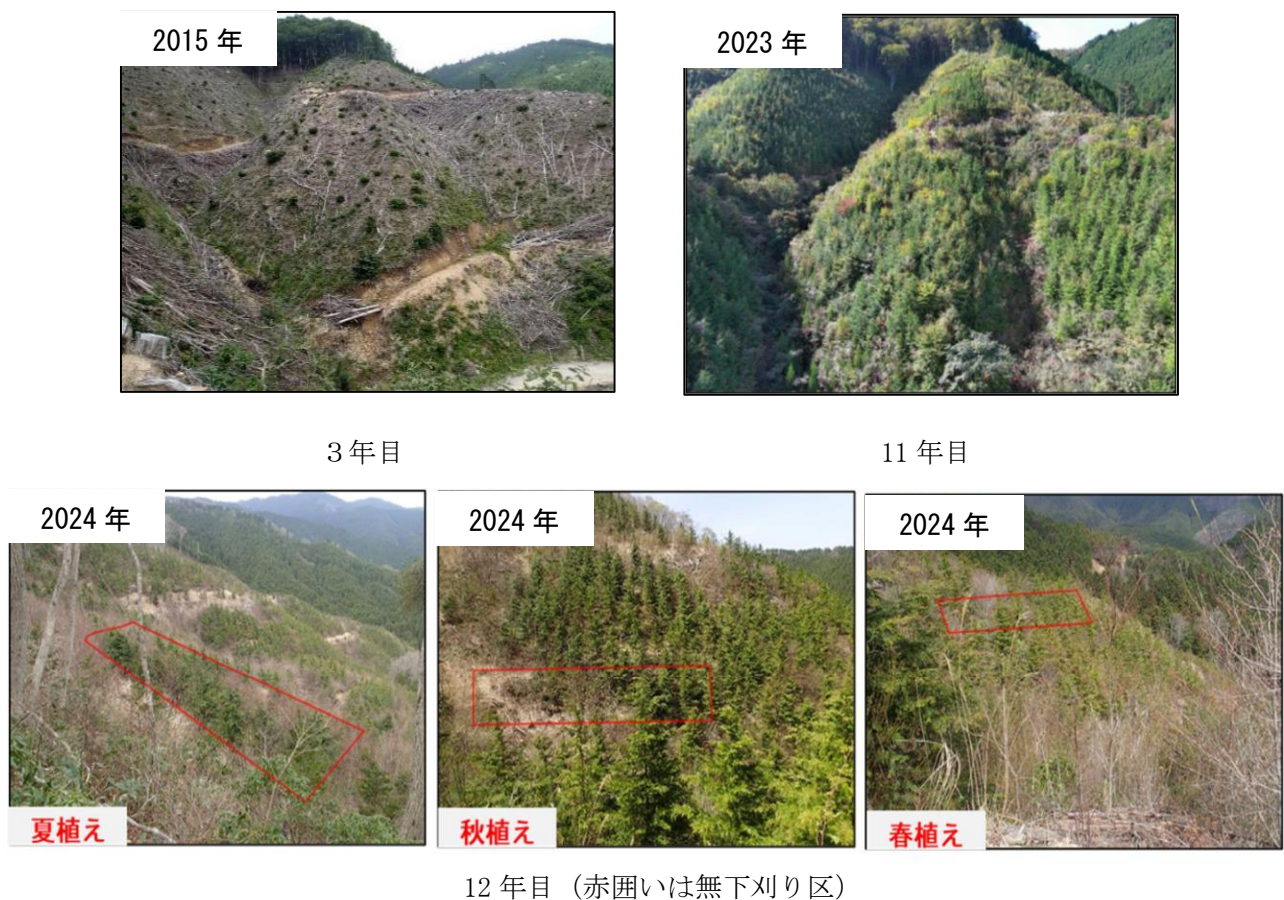
2 調査地概要

平成 24 年から平成 28 年にかけて森林総合研究所関西支所との共同研究として、植栽時期を変化させてコンテナ苗と普通苗の活着状況や初期成長を比較した岡山県新見市の三室国有林を活用して調査を行いました。植栽試験地の詳細は、以下のとおりです（図－1）。



図－1 植栽試験地の詳細

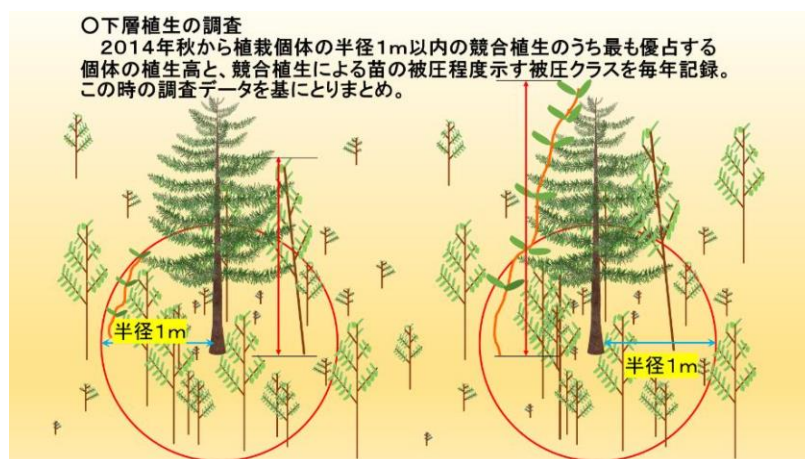
これまでの経過としては、平成 25 年 7 月頃までに一貫作業システムにより約 5 ha の皆伐を実施しています。同年 8 月と 10 月、翌年 5 月に一定の区画を設け、ヒノキコンテナ苗及び普通苗を植栽し、現在 12 年生の林分になっています。施業履歴としては、平成 29 年に下刈りを 1 回実施していますが、この時、無下刈り区域を同時に設定しています。現在までの経過は写真－1 のとおりです。



写真－1 現在までの経過

3 初期植生と現在の競合状況

当初の試験では、植栽個体の半径1m以内の競合植生のうち、最も優占する個体の植生高と、競合植生による苗の被圧程度を示す被圧クラスを記録しています(図－2)。



図－2 下層植生の調査

各年の各植栽区における競合植生の内、記録数の多かった競合植生の割合は、1年目は元々生えていた「カンスゲ」、2年目からは「クマイチゴ」が最も多くなりました。

一番多くの割合を占めていた「クマイチゴ」について、3成長期分の出現数と植生高をまとめると(図-3)、1成長期目は、水色の31個体が植生高20cm以下で多くを占めました。赤色の2成長期目になると植生高の山が右側に移っていき、1成長期目の倍の40cm前後が多く、灰色の3成長期になると植生高の山がさらに右側に移り、平均でも100cmを超え、大きいものでは200cmを超える状況となりました。

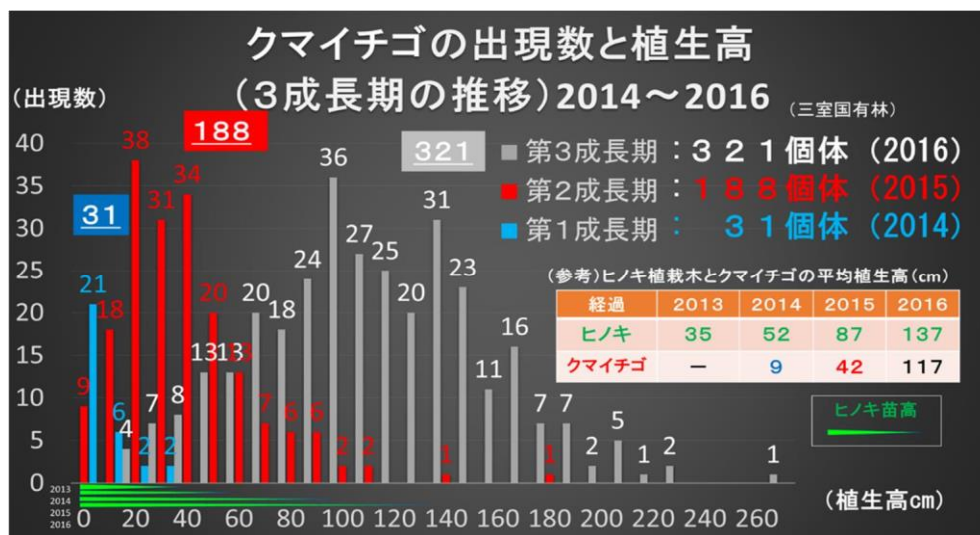


図-3 クマイチゴの出現数と植生高

クマイチゴは、先駆樹種と呼ばれ、強い光条件を好み、葉は強い光の利用に適していると言われる柵状状態であり、地下茎を張り巡らして栄養繁殖を行って茂みを形成します。1年目は地下茎でつながり、2年目で養分を蓄えたことから、3年目に一気に成長したと考えられます。

植栽木と雑草木の競合状態を表す「C区分」で被圧クラスの割合をみると、2014年はほとんどがC1クラス、2015年はC2クラスが少し現れていました。2016年にC3クラスが10%程度になりましたが、3年目時点で下刈りには至らず、4年目で最初の下刈りを実施しました(図-4)。

現在(2024年)の無下刈り区は、下刈り区と比べてサクラやエゴノキなどの樹種と競合しており、普通苗区域はいずれも3割程度の競合、コンテナ苗の春秋植え区で1～3割程度の競合、コンテナ苗の夏植え区では半数以上の競合が確認されましたが、今のところ、ヒノキの生育自体は形質不良木などが見受けられず、順調な成長を見せている印象です。

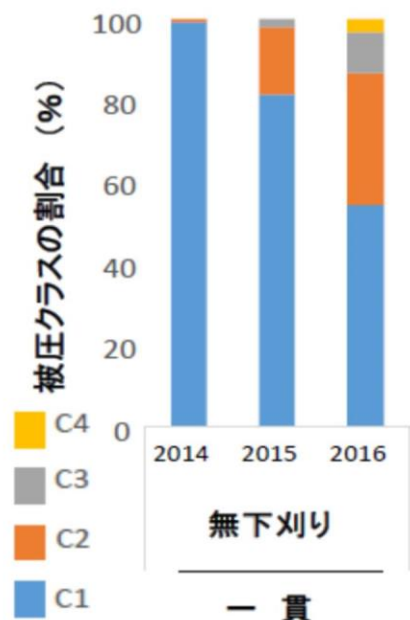


図-4 被圧クラスの割合(%)

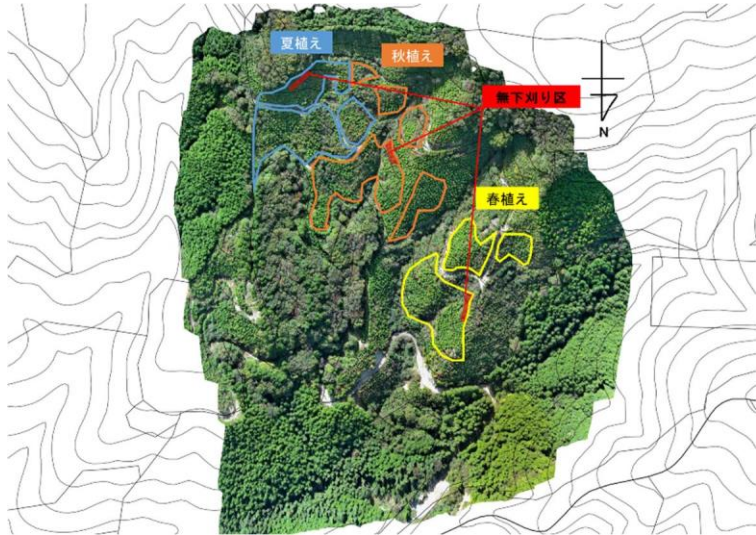
4 調査内容

(1) 調査項目

当初の試験地を活用し、10 年程度経過した林分の現況を調査しました。コンテナ苗と普通苗合計 104 本について植栽時期及び下刈り有無ごとに、樹高と胸高直径を測定して比較しました。

(2) 試験地位置

試験地の位置（図－5）については、図下方が北で標高が低くなっており、斜面の向きは北向きです。無下刈り区は、赤く示した区域にそれぞれ設定してあります。



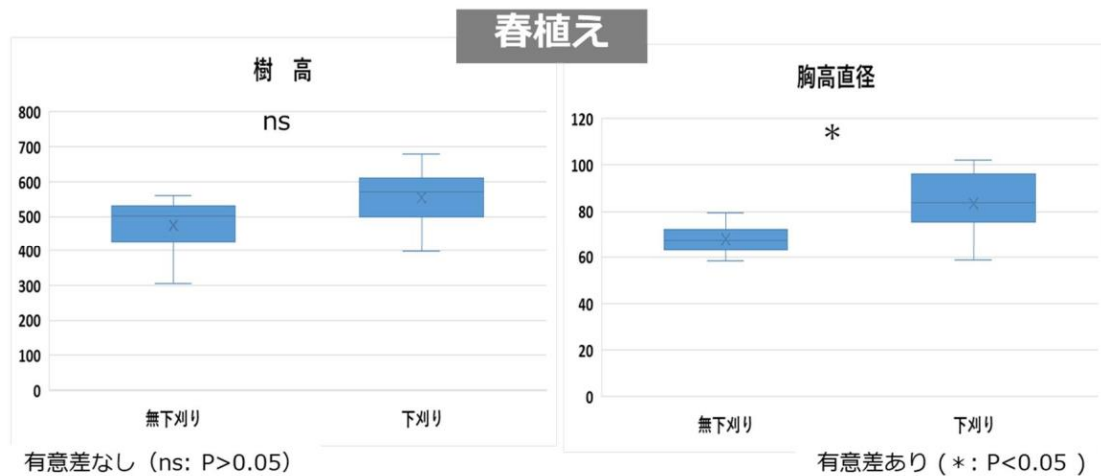
図－5 試験地の位置

5 調査結果

(1) 下刈り有無別の生育状況（コンテナ苗）

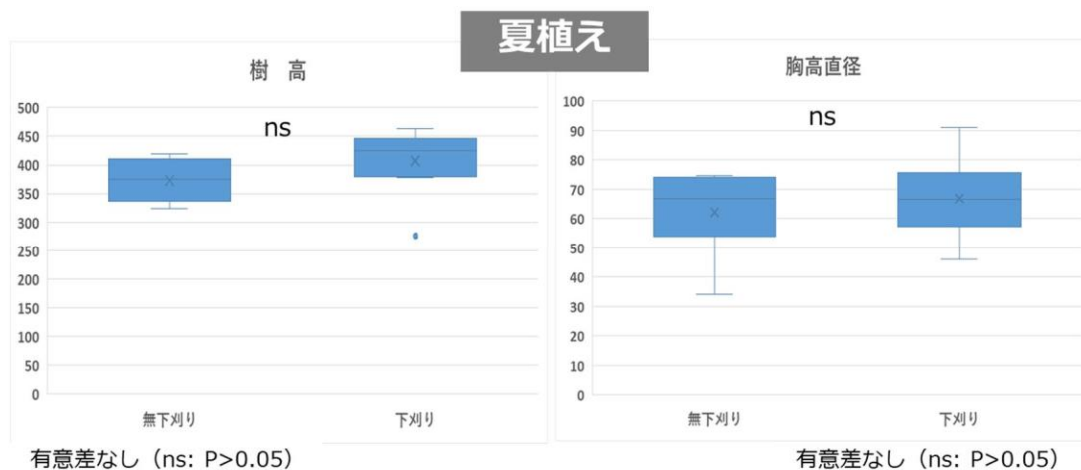
樹高、胸高直径について、T検定で比較を行いました。

コンテナ苗の下刈り有無で比較した結果では、春植えの胸高直径に有意差が確認されました。この原因としては、春植え無下刈り区は、皆伐から植栽まで期間があいたこと、比較的谷よりの植栽地であったことから、植栽した時点で既に雑木が多く繁茂し、その後も被圧された結果ではないかと考えます（図－6）。

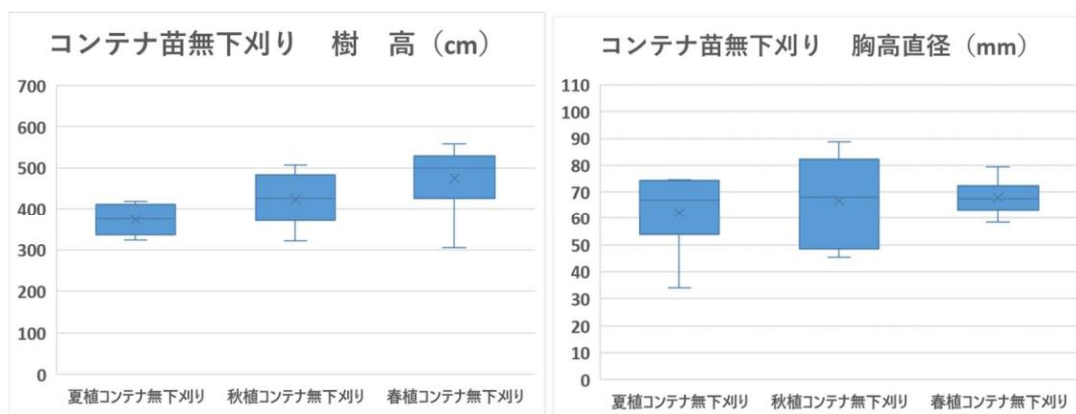


図－6 樹高及び胸高直径（コンテナ苗_春植え）

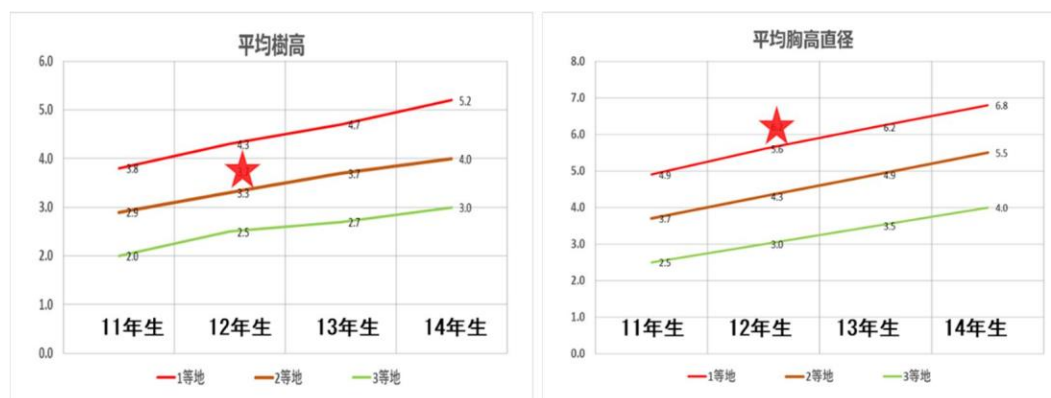
次に、半数以上に競合樹種がみられたコンテナ苗の夏植え無下刈り区については、下刈り区と比較しても特に有意差はありませんでしたが（図－7）、春植えと秋植えの成長を比較した場合、樹高、胸高直径ともに、低い傾向が確認されました（図－8）。一方、夏植え無下刈り区の成長について、収穫予想表兵庫・岡山地域と比べると、樹高はやや劣るものの、おおむね1等地と同等の成長でした（図－9）。



図－7 樹高及び胸高直径（コンテナ苗_夏植え）



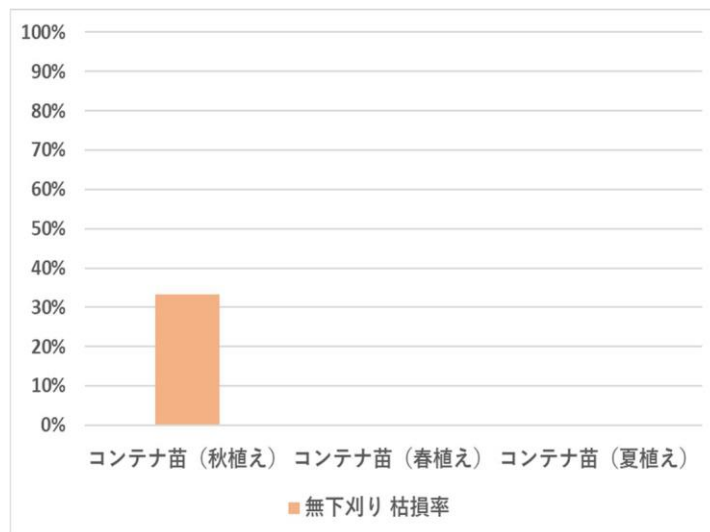
図－8 無下刈りコンテナ苗の植栽時期別比較



図－9 収穫予想表兵庫・岡山地域との比較（夏植えコンテナ無下刈り）

また、コンテナ苗の無下刈り区枯損率は、秋植えで3割程度の枯損が確認されました（図－10）。原因としては、植栽場所が谷部に集中しており、旺盛な雑木に被圧され枯損したことが考えられます。

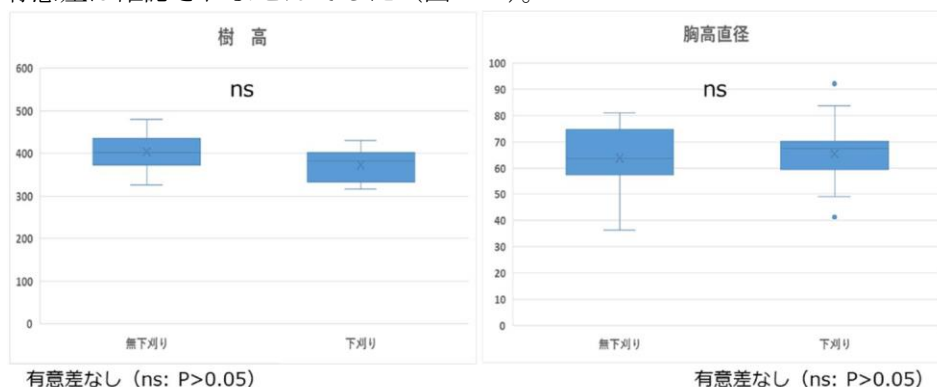
なお、コンテナ苗全体で下刈り有無を比較した結果は、無下刈り区は下刈り区より成長が劣るものの、下刈り有無による有意差は確認されませんでした。



図－10 無下刈り区の枯損率（コンテナ苗）

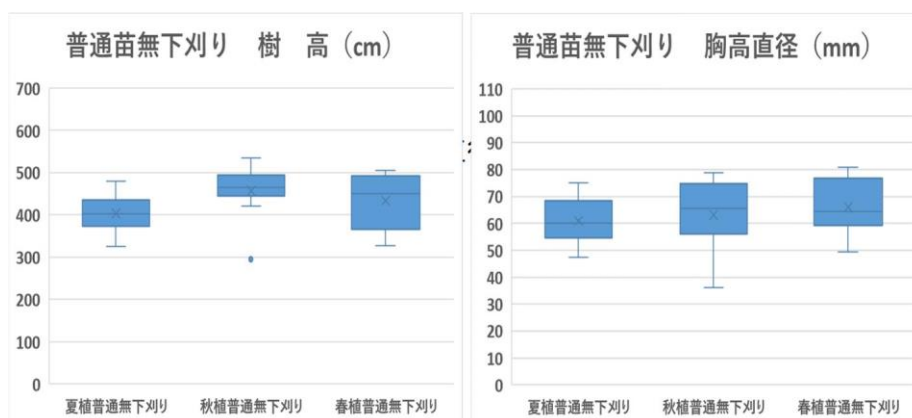
（2）下刈り有無別の生育状況（普通苗）

植栽時期に関わらず普通苗全体で下刈り有無を比較した結果ですが、下刈り有無による有意差は確認されませんでした（図－11）。



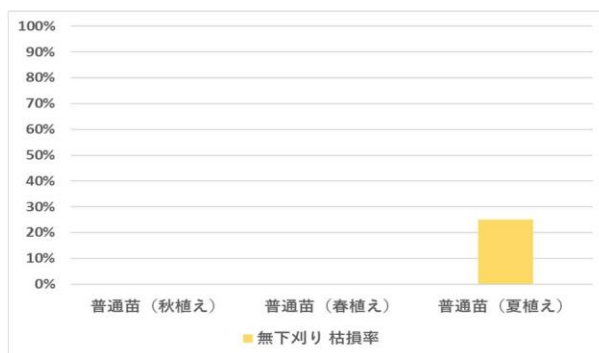
図－11 樹高及び胸高直径（普通苗_全体）

一方、無下刈り区を植栽時期により比較したところ、夏植え区は他の時期と比べ、やや成長が劣る結果でした（図－12）。



図－12 無下刈り普通苗の植栽時期別比較

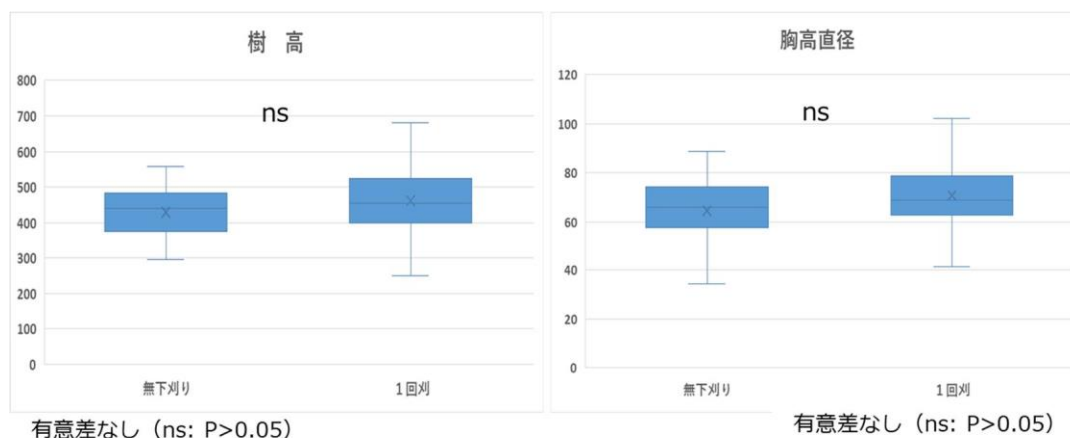
また、普通苗の夏植え無下刈り区では、枯損が多く確認される結果となり、これは、普通苗の植栽時期が夏場は適さないことが理由として考えられます（図－13）。



図－13 無下刈り区の枯損率（普通苗）

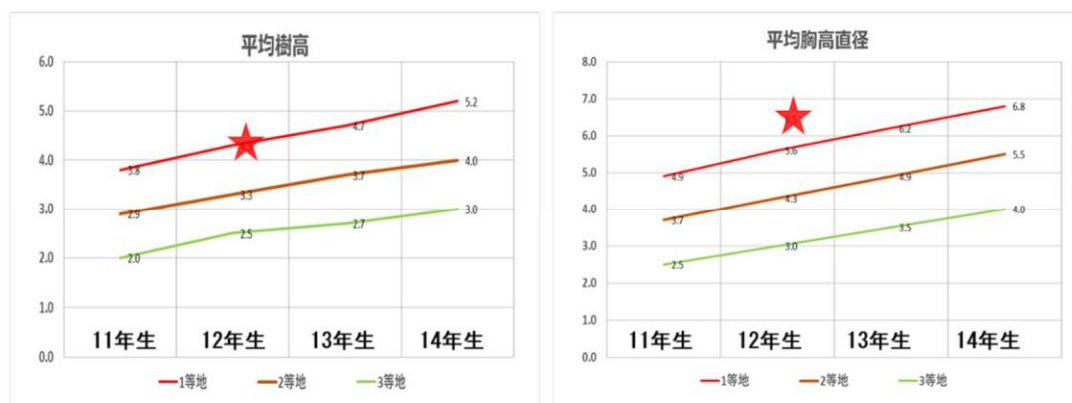
（3）下刈り有無別の生育状況（コンテナ苗＋普通苗）

全体を比較した結果ですが、無下刈り区は樹高と胸高直径ともに下刈り区よりやや劣るものの、下刈り有無による有意差はありませんでした（図－14）。



図－14 樹高及び胸高直径（コンテナ苗＋普通苗_全体）

収穫予想表兵庫・岡山地域と比べたところ、赤色星印のとおり、おおむね1等地と同等の成長でした（図－15）。

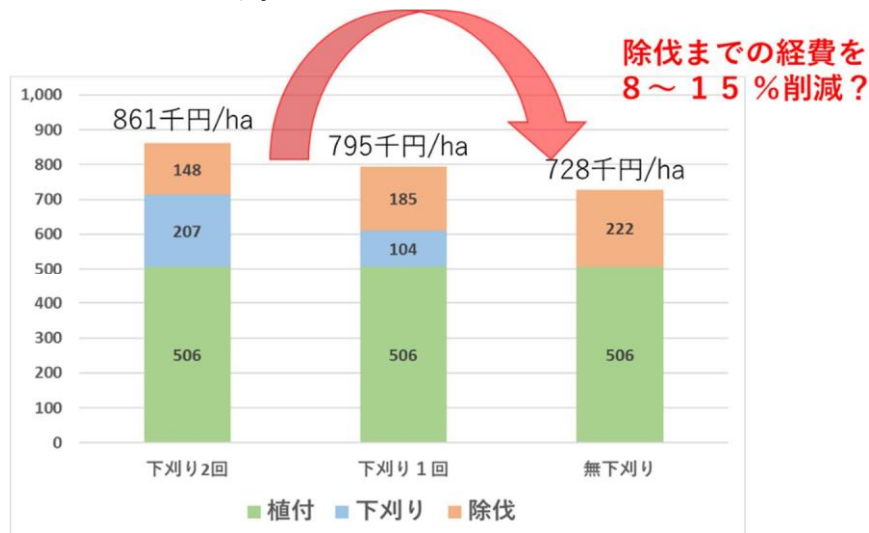


図－15 収穫予想表兵庫・岡山地域との比較（無下刈り区）

以上の結果から、無下刈り区は下刈り区と比べて成長はやや劣る部分もありましたが、良好な成長が確認できました。

6 除伐までの造林コスト比較

除伐までの ha 当たりの経費を試算しました（図－16）。無下刈り区の林内は競合樹種でかなり混みあっている関係から、除伐に係る経費は下刈りを実施した箇所と比べ、かなり増しが予想されますが、植栽から除伐までの経費を合計した場合、8～15%ほど削減ができるのではと予想されます。



図－16 除伐までの造林コスト比較

7 考察

4年目に1回下刈りを行った箇所と無下刈り箇所の比較では、成長にほとんど差がなく、1等地並みの成長をしていました。

この要因としては、雑草木に完全に覆われる植栽木が少なかったこと、競合植生が主にクマイチゴで植栽木の上部を覆ったとしても、斜めから光が届いていたことが考えられ、このような場所では無下刈りでよい可能性が示されました。

ただ、枯損を考えると谷部の下刈りは必要となる可能性があります。また、伐採から植栽まで期間があいてしまうと、初期成長で競合植生に被圧され成長への影響が懸念されます。

なお、無下刈りとした場合でも、高木性樹種が成長していずれ競合することとなるので、除伐を行う必要がありますが、除伐までのコストは少なくなる可能性があります。

冬下刈の取り組みについて
～成長期前後における植栽木の成長量等の検証～

岡山森林管理署 森林整備官 ○柴田 和紀
造林対策官 ○安田 真菜

1 課題設定の背景

(1) 冬下刈について

下刈作業は一般的には夏に実施しますが、夏の下刈作業には多くの危険が伴います。近年は全国的に記録的な猛暑が続いており、炎天下での下刈作業には熱中症対策が欠かせません。また、夏はハチやマムシ、マダニといった危険生物が活発に活動する時期でもあり、その安全対策も欠かせません。

岡山森林管理署では、これらの危険を回避するとともに、労働負担の軽減や労働安全性の向上を図る観点から、夏季（7月～8月）を避けて下刈作業を実施する冬下刈を試行しています（写真－1）。



写真－1 冬下刈作業の様子

(2) 冬下刈に対する評価と疑問

実際に冬下刈を実施した事業体への聞き取り調査を行ったところ、「身体への負担が軽く、作業効率が上がる」など評価する意見もありましたが、「植栽木が雑草木に被圧され枯死するのではないか」など疑問視する意見もありました。

そのため、冬下刈実施区域における植栽木の樹高成長量や枯死の有無を調査することにより、雑草木が繁茂する夏季以外に下刈を実施しても、植栽木は枯死せず成長するのか検証することとしました。

2 調査内容

(1) 調査地について

調査地は、令和5年度に冬下刈を実施する国有林内の3地点に設定しました（図－1）。

| | | |
|---|----|--|
|  | 場所 | ①土倉山国有林862い2、い3 (岡山県岡山市) |
| | 位置 | 中腹～尾根(北向き) |
| | 履歴 | 令和3年4月 植付 令和6年2月 冬下刈 |
| | 場所 | ②佐与谷山国有林505ぬ1 (岡山県高梁市) |
| | 位置 | 中腹(南向き) |
| | 履歴 | 令和元年10月 植付 令和3年1月 冬下刈 令和6年1月 冬下刈 |
| | 場所 | ③三室国有林583に (岡山県新見市) |
| | 位置 | 谷～中腹(南向き) |
| | 履歴 | 令和4年4月 植付 令和5年10月 冬下刈 |

図－１ 調査地点の情報

(2) 調査方法について

調査地毎に調査対象の植栽木を 12 本ずつ無作為に選定し、冬下刈実施前の令和 5 年 5 月から 11 月及び冬下刈実施後の令和 6 年 5 月から 11 月を調査期間として、樹高調査と定点撮影を毎月 1 回実施し、併せて植栽木の枯死の有無を調査しました。(写真－2)



写真－2 調査の様子

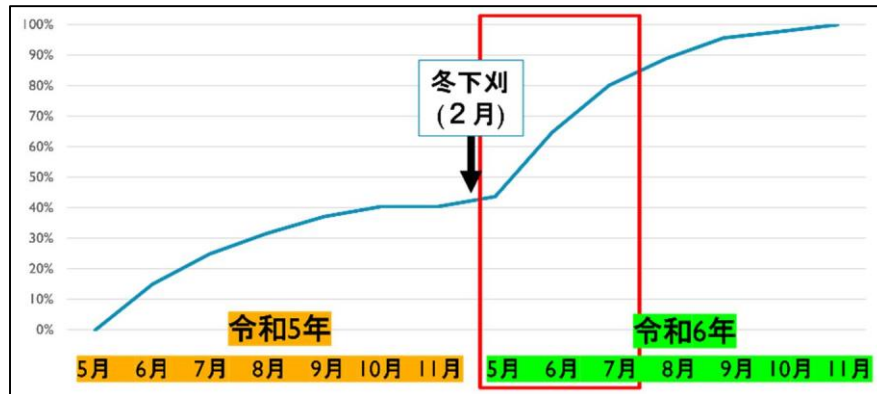
3 調査結果

冬下刈実施前後の植栽木の成長傾向を把握するため、調査期間内における樹高の総成長量を 100% とし、調査を開始した令和 5 年 5 月時点を 0%、調査を終了した令和 6 年 11 月時点を 100% とし、調査期間内の樹高成長量の推移をグラフにまとめました。また、定点写真の比較により、植栽木の被圧状況と樹高成長量との関連性を確認しました。

(1) 土倉山国有林

ア 植栽木の樹高成長量

令和 5 年度よりも令和 6 年度の方が樹高成長量が大きく、特に冬下刈実施後の令和 6 年 5 月から 7 月の 2 ヶ月間で総成長量の約 30% 成長していました(図－2)。



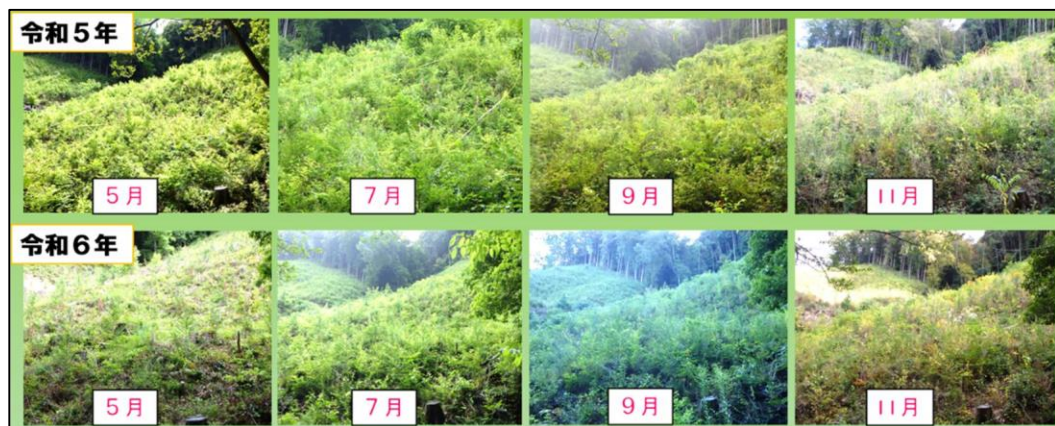
図－２ 樹高成長量（土倉山国有林）

イ 植栽木の被圧状況

冬下刈実施後の令和6年5月は植栽木がまだ優位ですが、6月から7月にかけて雑草木が大きく成長し、8月には被圧されていることが分かりました（表－1、写真－3）。

表－1 植栽木と雑草木の平均樹高

| | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| R5 植栽木/雑草木 | 111/140 | 123/145 | 130/150 | 135/170 | 139/180 | 142/200 | 142/200 | (cm) |
| R6 植栽木/雑草木 | 144/30 | 160/120 | 172/170 | 178/180 | 183/190 | 185/200 | 187/200 | |



写真－3 定点写真の比較（土倉山国有林）

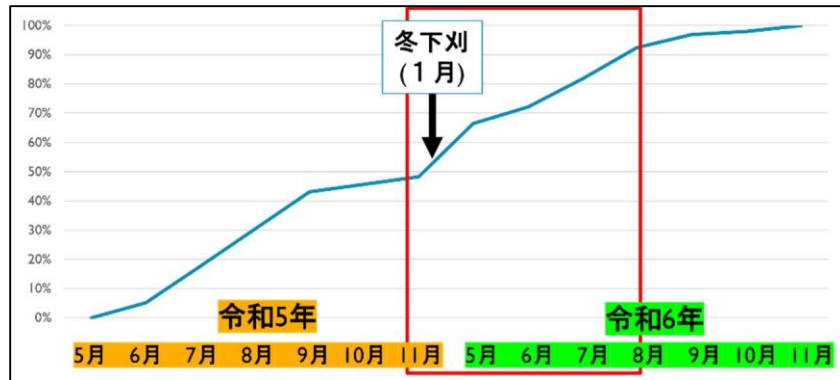
ウ 植栽木の枯死の有無

枯死した植栽木はありませんでした。

（2）佐与谷山国有林

ア 植栽木の樹高成長量

冬下刈を実施した令和6年1月をまたぐ令和5年11月から令和6年5月にかけて総成長量の約20%成長し、その後8月まで緩やかに成長していました（図－3）。



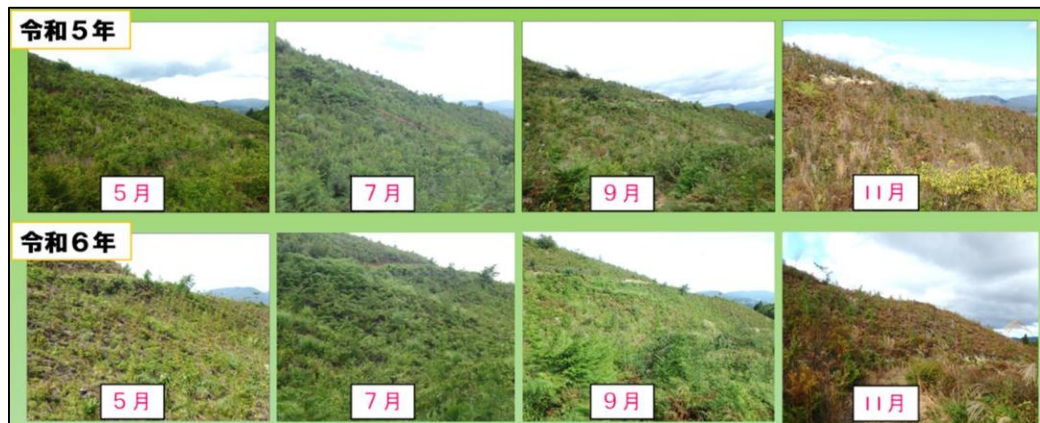
図－３ 樹高成長量（佐与谷山国有林）

イ 植栽木の被圧状況

冬下刈実施後の令和６年５月は植栽木がまだ優位ですが、６月から７月にかけて雑草木が大きく成長し、８月には被圧されていることが分かりました（表－２、写真－４）。

表－２ 植栽木と雑草木の平均樹高（佐与谷山国有林）

| | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| R5 植栽木/雑草木 | 144/120 | 148/150 | 152/170 | 156/200 | 160/210 | 161/210 | 162/210 | (cm) |
| R6 植栽木/雑草木 | 168/40 | 170/110 | 173/170 | 176/180 | 178/190 | 178/190 | 179/190 | |



写真－４ 定点写真の比較（佐与谷山国有林）

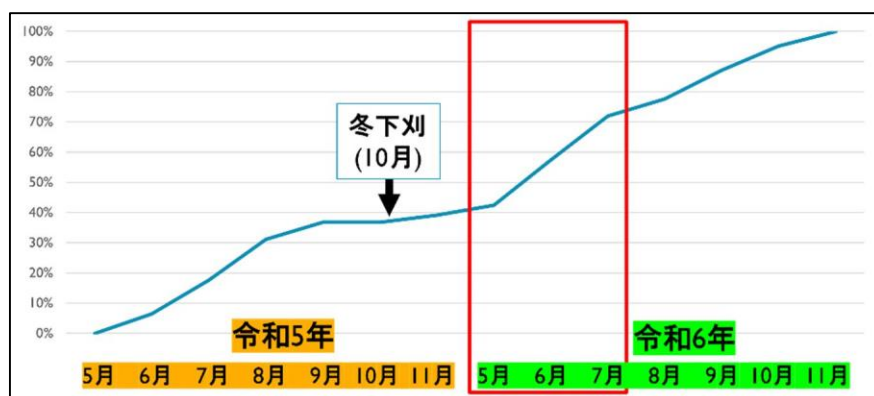
ウ 植栽木の枯死の有無

枯死した植栽木はありませんでした。

（３）三室国有林

ア 植栽木の樹高成長量

令和５年度よりも令和６年度の方が樹高成長量が大きく、特に冬下刈実施後の令和６年５月から７月の２か月間で総成長量の約 30%成長していました（図－４）。



図－4 樹高成長量（三室国有林）

イ 植栽木の被圧状況

冬下刈実施後の令和6年5月は植栽木がまだ優位ですが、6月から7月にかけて雑草木が大きく成長し、7月には競合していることが分かりました（表－3、写真－5）。

表－3 植栽木と雑草木の平均樹高（三室国有林）

| | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | |
|---------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| R5 植栽木/雑草木 | 92/100 | 99/130 | 111/180 | 125/200 | 131/210 | 131/下刈後 | 133/下刈後 | (cm) |
| R6 植栽木/雑草木 | 135/40 | 137/110 | 168/170 | 173/190 | 183/210 | 192/210 | 197/210 | |



写真－5 定点写真の比較（三室国有林）

ウ 植栽木の枯死の有無

枯死した植栽木はありませんでした。

4 考察

(1) 課題に対する検証結果

調査結果から、冬下刈でも植栽木は枯死することなく成長することが分かりました。

さらに、冬下刈実施後は雑草木に被圧される夏までの間に大きく成長することも分かり、植栽木は枯死せず成長するのかという疑問を解消する結果が得られました。

なお、本調査では夏下刈実施区域との比較は行っていないが、夏下刈が植栽木の樹高成長に最も効果的であることを前提として考察すると、冬下刈の場合は、夏下刈に比べて下刈作業実施後に雑草木に被圧されるまでの期間が短くなるため、大きく成長できる期間も短くなり、結果的に夏下刈に比べて樹高成長が遅れる可能性があります。

このことから、冬下刈を実施する場合は夏下刈に比べて下刈回数が増える可能性があると考えられます。

(2) 夏下刈と冬下刈のメリット・デメリット

前述のとおり、冬下刈は夏下刈に比べて植栽木の成長が遅れる可能性があります、枯死せず成長するうえ労働安全性も高いと言えます。

林業経営の視点から植栽木の成長を重視して夏下刈を選択するのか、作業環境の視点から労働安全性を重視して冬下刈を選択するのか、それぞれのメリットとデメリットを踏まえて判断する必要があります（図－5）。

| | 夏下刈 | 冬下刈 |
|-------|--|--|
| メリット | <ul style="list-style-type: none"> ・ 植栽木の成長促進 ・ 下刈実施後の雑草木の再生力低下 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 労働安全性の向上 ・ 身体への負担軽減 ・ 誤伐リスクの低下 |
| デメリット | <ul style="list-style-type: none"> ・ 炎天下での作業による生命の危険 ・ 危険生物 ・ 林業従事者の離職のきっかけ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 夏下刈に比べて植栽木の成長が遅れる可能性 ・ 下刈回数が増える可能性 |

図－5 夏下刈、冬下刈のメリット・デメリット

以上のことから、下刈の実施に当たっては、①植栽木の成長を重視して毎回夏下刈を実施する、②労働安全性を重視して毎回冬下刈を実施する、③初回は植栽木の初期成長を促すため夏下刈を実施し、植栽木がある程度成長した2回目以降は冬下刈を実施するなど、どのような視点に重きを置いて下刈方法を選択するのか、事業発注者や林業経営者など、それぞれの立場から柔軟に判断することが求められると思います。

アテ空中取り木苗を摘葉することによる活着率向上の可能性について

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林整備センター

近畿北陸整備局 金沢水源林整備事務所 造林係係長 ○河原田 裕二
造林係係員 池田 海羅

1 課題を取り上げた背景

石川県の能登地方では古くからアテ（ヒノキアスナロの地方名、青森ヒバと同一種）の植栽が行われています。石川県の人工林の主な樹種別の面積構成率は、スギ 71%、アテ 12%、マツ 9%で、アテの造林面積は約 1 万 2 千ヘクタール、そのうち 99%が能登地方に分布しています。

石川県ではアテを昭和 41 年に県の木に制定し、平成 5 年には木材流通において「能登ヒバ」としてブランド化されました。さらに、令和 5 年には日本森林学会により「能登のアテ林業」が林業遺産に認定されました。

また、アテの苗木は主に空中取り木によって能登地方で生産されており、供給量は限られています。



写真-1 アテ空中取り木苗

森林整備センターが実施する水源林造成事業においても能登地方の一部でアテを植栽していますが、近年、夏の少雨や高温により干害の発生頻度が高くなっており、貴重なアテ空中取り木苗（写真-1）の活着率を高めることが課題となっています。

その対応策として「苗木の葉を摘みとり蒸散を抑えることで活着率を上げる摘葉処理」が有効なのではないかと考えましたが、アテ空中取り木苗で実施した事例は見つからず、効果は不明でした。

本研究では、摘葉処理したアテ空中取り木苗の試験植栽を実施し、活着率が向上するか検証しました。

2 経過

(1) 試験地概要

試験地は石川県穴水町鹿島の分収造林契約地内（図-1）に設定しました。

試験地の標高は 70m から 80m、傾斜は 20 度から 30 度、斜面方位は北西、土壌型は B D です。

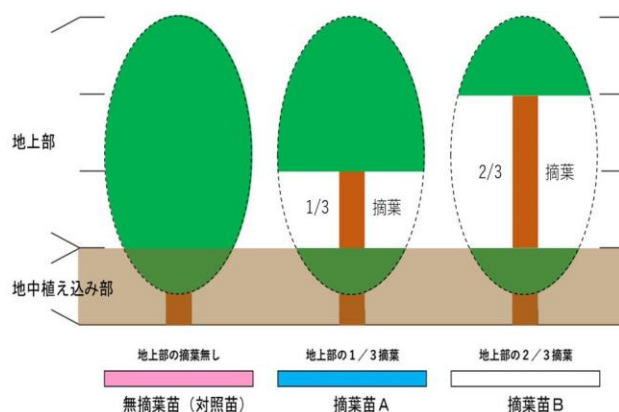


図-1 試験地位置図

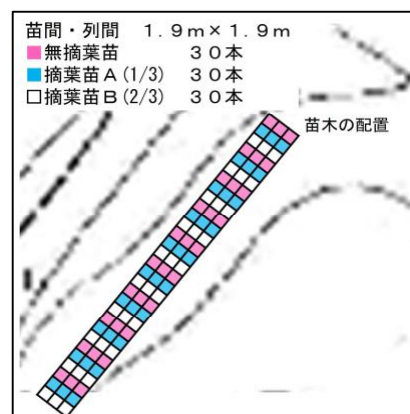
(2) 調査方法

苗木は下枝からの発根を促すため最下枝部までを植え込み、地上部を摘葉することとしました（図-2）。

摘葉苗 A は 1/3 を摘葉し、摘葉苗 B は 2/3 を摘葉しました。試験地には、摘葉苗 A、摘葉苗 B、および無摘葉苗（対照苗）の 3 種類をそれぞれ 30 本、3 本ずつ交互に植栽（図-3）し、活着率および成長量を調査しました。



図－２ アテ空中取り木苗の摘葉方法



図－３ 植栽した苗木の配置

3 実行結果

活着率について、図－４のとおりの結果となりました。

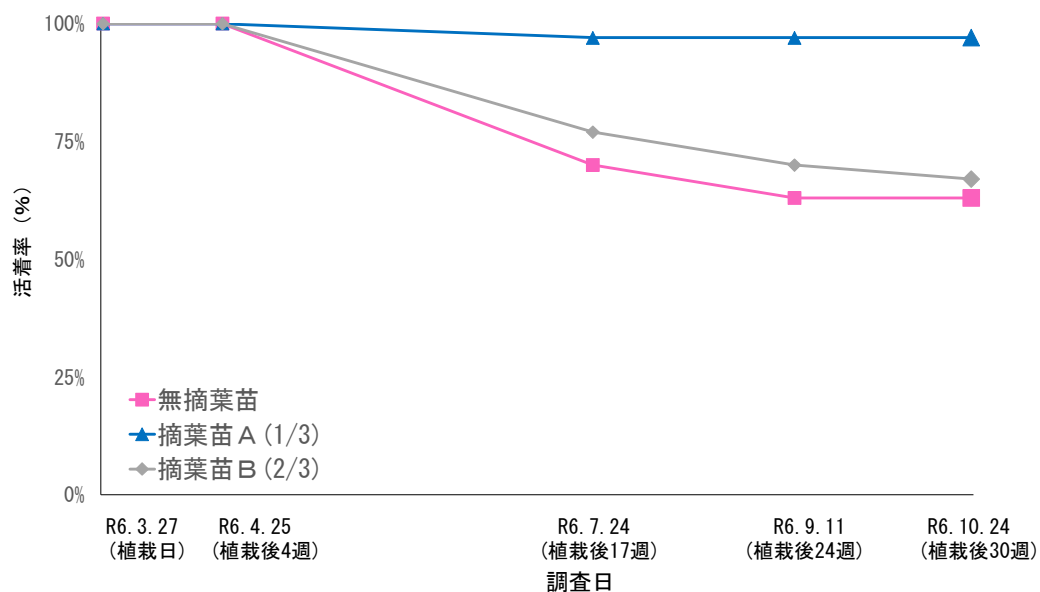
植栽後４週までは３種類とも活着率 100%であり、夏をむかえた植栽後 17 週目には 3 種類すべてで一部の苗木に枯れが発生しました。

また、植栽後 30 週では摘葉苗 A の活着率 97%が最も良く、次いで摘葉苗 B の 67%、無摘葉苗の 63%が最も低いという結果となりました。

成長量については、表－１のとおりの結果となりました。

植栽後 30 週まで生存した苗木のみを比較対象としました。植栽直後は地際が安定していないため、植栽時の地際径は測定せず、植栽後 4 週の測定値と植栽後 30 週の測定値との差から平均成長量を算出しました。

平均成長量は無摘葉苗が 1.45mm、摘葉苗 A が 1.56mm、摘葉苗 B が 1.91mm で、平均成長率は無摘葉苗が 120%、摘葉苗 A が 120%、摘葉苗 B が 124%と 3 種類の苗木に成長差はほとんどみられませんでした。



図－４ 活着率の経過

表－１ 成長量

| 調査日 | 経過日数 | 無摘葉苗 | | 摘葉苗 A | | 摘葉苗 B | |
|-----------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | | 比較 苗 (本) | 平均 地際径 (mm) | 比較 苗 (本) | 平均 地際径 (mm) | 比較 苗 (本) | 平均 地際径 (mm) |
| R06/04/25 | 29 (約 4 週) | 19 | 7.36 | 29 | 7.99 | 20 | 7.80 |
| R06/10/24 | 211 (約 30 週) | 19 | 8.81 | 29 | 9.56 | 20 | 9.71 |
| | 平均成長量 | | 1.45 | | 1.56 | | 1.91 |

4 考察

摘葉苗 A、摘葉苗 B の活着率はともに無摘葉苗より高いという結果となりました。

摘葉苗 B の活着率が摘葉苗 A より低くなった要因としては、摘葉によるストレスが大きすぎたため、蒸散を抑えるメリットが打ち消された可能性が考えられます。

以上のことから、アテ空中取り木苗においても摘葉処理は活着率の向上に一定の効果があると認められました。

ただし、摘葉量が多すぎると活着率向上の効果は減少すると考えられます。

また、今回は調査期間が短かったため 3 種類の苗木で地際径の成長量に差はみられず、摘葉が苗木の成長量に与える影響は不明です。

今回の検証のみで結論づけるにはサンプル数も少なく、また、摘葉による成長量への影響を調査するには調査期間が短かったため、今後は試験地を増やし引き続き調査を行っていきたいと考えています。

樹高の成長量については苗木の芯立ち後に調査を実施する予定です。

引用文献

- 1) 石川県 林業：令和 4 年石川県統計書、56、2024
- 2) 石川県農林水産部 能登のあて、1997
- 3) 石川県農林総合研究センター林業試験場 よくわかる石川の森林・林業技術 No. 15 能登のアテ（能登ヒバ）、2016
- 4) 月刊「林業新知識」編・鶴岡政明 造林・育林編空中取り木：イラスト図解造林・育林・保護、86～87、全国林業改良普及協会、2008
- 5) 山下直子 研究の“森”から (No. 259) 葉を摘みとると苗木が活着しやすくなる：季刊森林総研 No. 36、18～19、国立研究開発法人森林総合研究所、2017
- 6) 一般社団法人日本森林学会 林業遺産選定一覧 <https://www.forestry.jp/forestryheritage/> (2025 年 2 月 18 日)

レーザースキャナによる計測材積と実測材積、また搬出材積との比較

兵庫県立森林大学校 専攻科2年 貴志 倫生也

1 目的

レーザー測量により森林資源の可視化が容易になりました。しかしながら計測した森林資源すべてが丸太にならず、梢端部や枯損部、根曲がりの部分は造材時に現地に残されるため、搬出材積は計測材積から目減りすると考えられます。計測材積と搬出材積がどの程度乖離するかが判明するとより精度の高い見積りが可能となります。

そこでレーザー測量と毎木調査による調査結果および搬出材積を比較することで森林経営の視点による森林資源の把握に役立てます。

2 地上型レーザースキャナについて

地上型レーザースキャナとは、レーザーを地上から連続的に照射し、その反射波により点群データを取得することで樹高・材積などを計測する3次元測量器のことを指します。

例として株式会社アドイン研究所の『OWL (アウル)』や株式会社 woodinfo の『3D Walker II』等が挙げられます。(写真-1) 今回は右の『3D Walker II』を使用して試験しています。

株式会社アドイン研究所『OWL(アウル)』



株式会社 woodinfo『3D Walker II』



画像出典 株式会社アドイン研究所 OWLの特長 (AME-OL10x型)
https://www.owl-sys.com/owlfeatures/owl_feature

写真-1 地上型レーザースキャナの例

3 試験地

(1) 試験地概要

今回日本土地山林株式会社に協力いただき、兵庫県朝来市神子畑にある社有林にて調査を実施しました。(図-1)



※1 森林基本図の林班ではなく、社有林を管理するための区分け

図-1 試験地概要-社有林

(2) 試験地詳細

プロットA (804m² ヒノキを中心に 81 本) およびプロットB (506m² スギ 67 本) の2地点を設定し、合計0.1ha以上の範囲を調査しました。(図-2) スギ・ヒノキともに62年生になります。

プロットAの方がプロットBより傾斜が急なため歩きにくい場所になります。



図-2 試験地詳細ープロット設定

4 調査方法

(1) レーザー測量

令和6年(2024年)5月29日にバックパック型の『3D Walker II』を用いて立木位置図の情報(樹高、胸高直径、材積等)を取得し、立木ごとの計測材積を記録しました。

(2) 毎木調査

令和6年(2024年)6月10日に直径巻尺による胸高直径、トゥルーパルスおよびバーテックスによる樹高、目視による樹種を調査しました。

レーザー測量の立木位置図の番号とナンバリングテープを紐付け、毎木調査を行い、野帳に記録しました。このデータをもとに立木幹材積表を用いて実測材積を算出します。

(3) 寸検調査

令和6年(2024年)7月26日に調査対象地から間伐により搬出された丸太についてコンベックスで末口直径、丸太の長さを測定しました。また目視により樹種を記録しました。

1cm刻みの末口直径から末口二乗法で求めた値を利用可能材積、2cm刻みの末口直径から末口二乗法で求めた値を搬出材積として算出します。

(4) 伐倒木調査

令和6年(2024年)9月30日に切り株のナンバリングテープから伐倒木を特定しました。また枯損により切り捨て間伐された立木を記録し、今回の材積比較対象から除きます。

先述の調査と今回の調査結果から、搬出材積と計測材積の比較が可能となります。

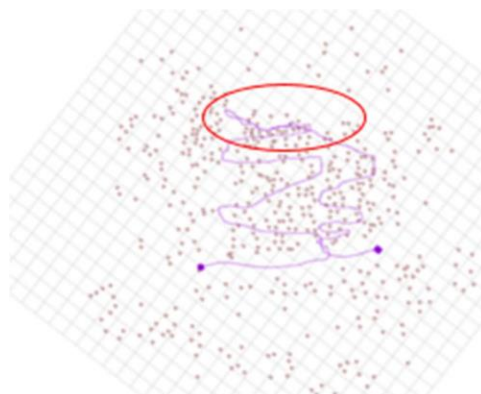
5 試験経過

(1) レーザー測量

一つのプロットでの計測は15分以内かつ一人で行うことが可能です。プロットAを測定した際のトラッキングデータに表示されているように上に登るにつれて傾斜が急なため、林地残材が多いところで2回同じ箇所の通過を余儀なくされました。(写真－2)(図－3)



写真－2 プロットA測量時の様子



図－3 トラッキングデータ

(2) 毎木調査

人の手による胸高直径と樹高測定 of 毎木調査について2人1組の4人で2時間程度となり時間を要しました。下名が測定時に樹高が適しているか不安があり、樹高測定の習熟度による測定結果への影響を思案しました。

(3) 寸検調査

間伐・造材・搬出後の丸太が一つの極積みになった状態で測定しました。(写真－3)

スギに関してはプロットA・プロットBを識別せず計算しました。

末口二乗法による材積計算で搬出材積合計は14.01m³となりました。(表－1)



写真－3 搬出後の丸太

表－1 末口二乗法による利用可能材積と搬出材積

| 利用可能材積合計[m3] | 搬出材積合計[m3] | スギ(15本)[m3] | ヒノキ(18本)[m3] | アカマツ(2本)[m3] |
|--------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| 14.6572 | 14.0092 | 8.6076 | 4.4608 | 0.9408 |

(4) 伐倒木調査

切り株を確認し、どの立木が伐倒・搬出されたのか確認しました。(写真－4)

ナンバリングテープが剥がれている切株もありましたが、立木位置図により位置関係から特定することができました。

下図の赤丸で示した箇所が3割間伐により伐採搬出された立木で、比較対象となります。(図-4) 枯損木で切り捨てられたものは対象外とします。



写真-4 伐倒木調査の様子



図-4 伐倒対象位置図

(5) スキャンデータ解析見学

レーザー測量時のスキャンデータについてデータ加工いただき、処理手順を見学しました。データ処理する際に人の手が必要な箇所があり、本来は切り株ですが立木として認識された誤生成データを除去する必要があります。(図-5)

動画撮影したデータを反映するのに時間を要しますが、その間に他の作業ができるので作業効率に優れていると考えます。



図-5 立木と切り株のスキャンデータ

6 調査結果

(1) 胸高直径

プロットAではレーザー測量した胸高直径の方が少し高い値になる傾向にあり、プロットBでは毎木調査した胸高直径の方が少し高い値になる傾向がありました。

(図-6)

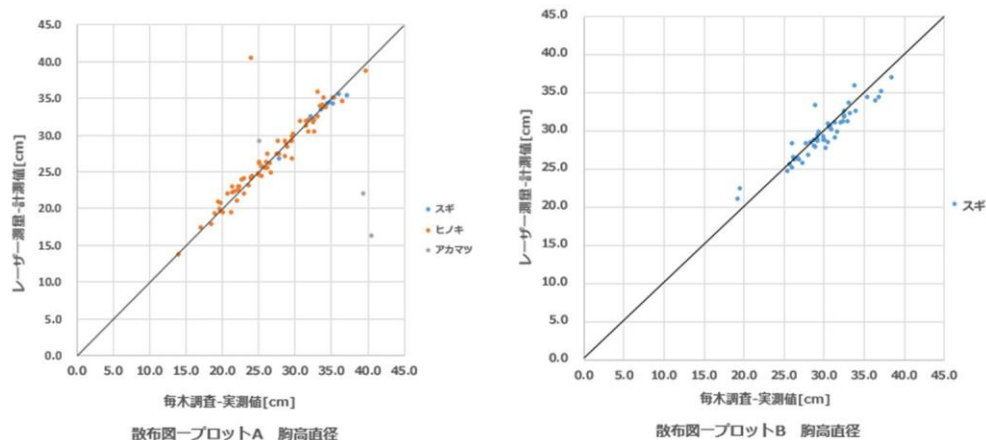


図-6 レーザー測量と毎木調査による胸高直径の相関

外れ値についてレーザー測量でおよそ 40cm と測定されたヒノキについては、隣接する 2 本が 1 つの立木としてみなされたのではないかと推察されます。アカマツについては根曲がりが大きく、毎木調査で測定する箇所と異なるのではないかと推察されます。

(2) 樹高

下名が測定したプロット A 並びにプロット B についてグラフではレーザー測量の計測値が毎木調査の実測値より高いように見えますが、下図のプロット B 測定者(吉本)と比較しますと、測量の経験の差や立地条件で本来の樹高よりも低く測定したと推察されます。(図-7) プロット A ではその傾向がより顕著になります。

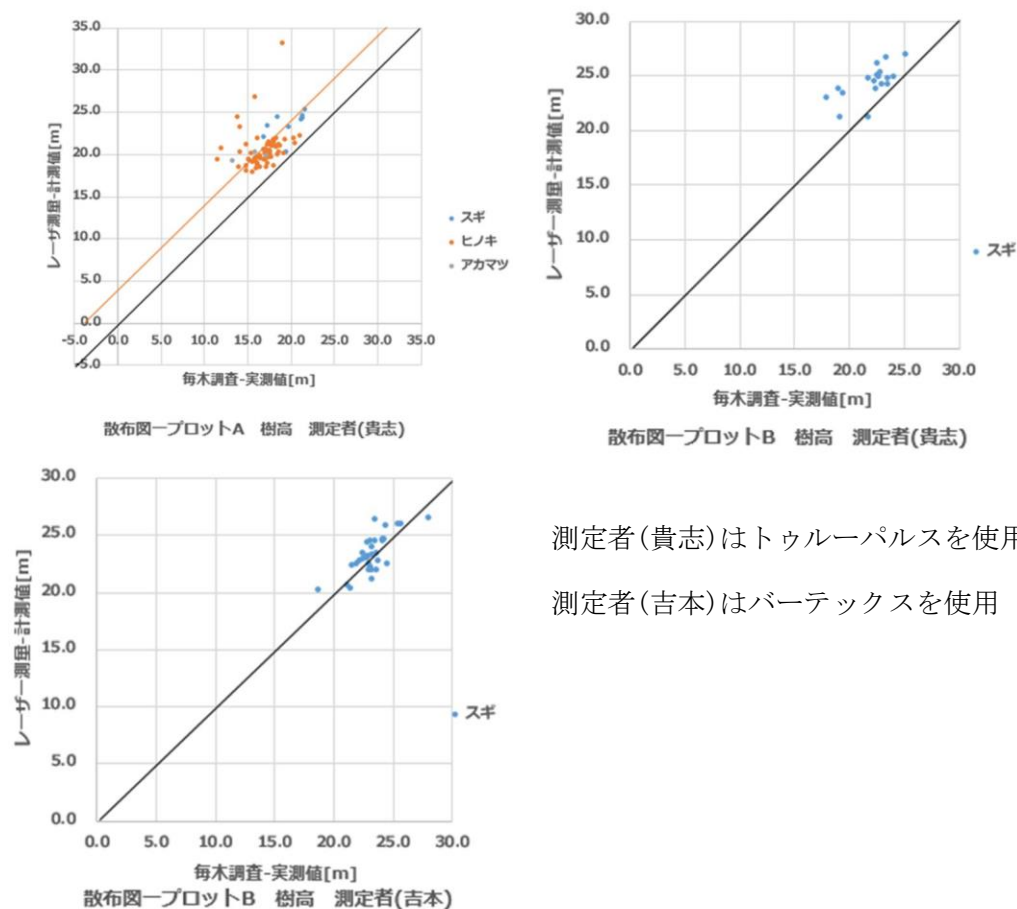


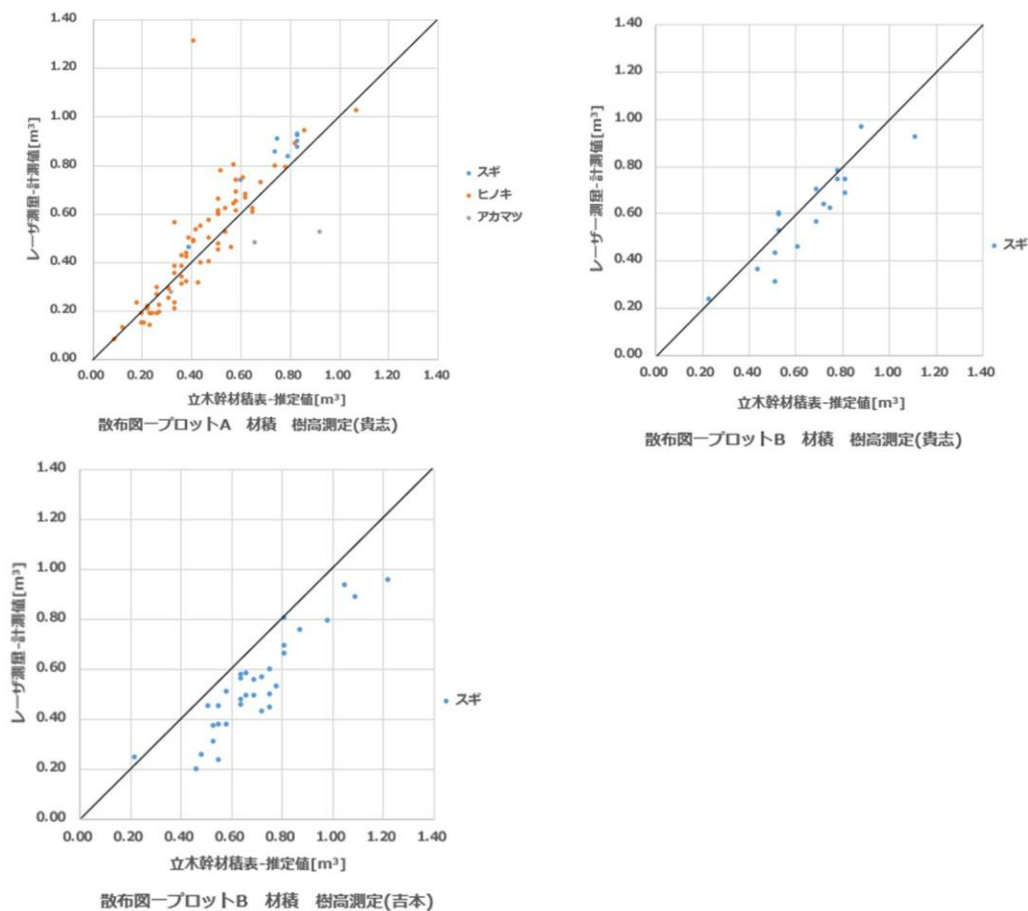
図-7 レーザー測量と毎木調査による樹高の相関

(3) 材積

プロット A ではレーザー測量の計測値のほうが高くなる傾向になり、プロット B では立木幹材積表の推定値のほうが高くなる傾向が推察されます。(図-8)

下図のプロット B 測定者(吉本)がより本来の樹高に近い値を測定していたと仮定すると、毎木調査と立木幹材積表から求めた材積は、レーザー測量の材積より高くなる傾向があると推察されます。

外れ値について、プロット A でレーザー測量の計測値 1.31m^3 を記録したヒノキについては、胸高直径の外れ値と同じく隣接する 2 本が 1 つの立木とみなされたデータでした。

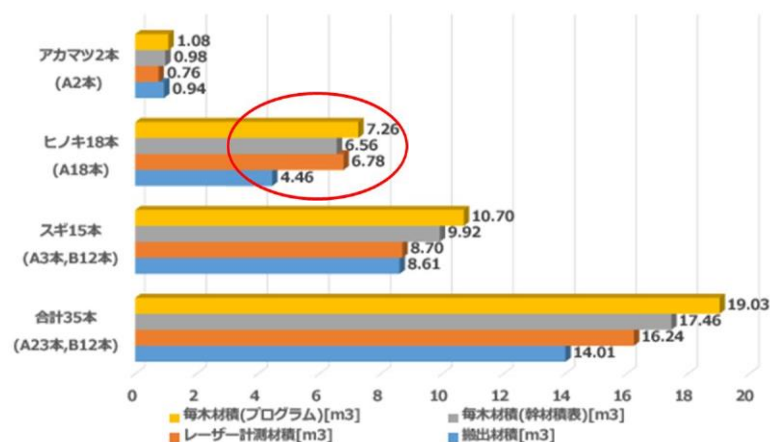


図－8 レーザー測量と毎木調査による材積の相関

(4) 搬出材積との比較

寸検による搬出材積はスギ・ヒノキ・アカマツの丸太合計で 14.01m³ でした。レーザーによる計測材積の合計は 16.24 m³ となり、毎木調査による計測では 17.46m³ でした。レーザーと毎木調査による計測材積から搬出材積が占める割合を確認すると、レーザー測量による材積では 84.1%、毎木調査による材積では 75.4% になりました。

(図－9)



図－9 樹種ごとの材積と合計材積の比較

図の赤丸部分で示すプロット A のヒノキ 18 本がレーザー計測材積と搬出材積との差に大きく影響を及ぼしたと推察されます。

下名が毎木調査の樹高測定で本来の樹高より低く測定したことを考慮しますと、立木幹材積表による材積に占める搬出材積の割合は更に低くなると考えられます。

7 考察

搬出材積との比較でレーザー計測の材積との乖離が大きいヒノキについて、プロット A の測定結果が影響を与えていることから傾斜が急な場所では、姿勢を一定に保つことが困難なため、レーザー照射時に振れ幅が大きくなったことが要因と考えられます。またスギ・ヒノキの樹形による違いなど樹種による影響も考えられます。

8 総括

今回のレーザー測量と毎木調査および搬出材積との比較について毎木調査よりもレーザー測量の方が測量した材積に占める搬出材積の割合が大きい結果が得られました。調査時の労力や人の手による誤差、測量経験による精度を考慮しますとレーザー測量に優位性があると実感しました。(表-2)

レーザー測量で精度の高いデータを得るには姿勢を一定に保つ、レーザーの当たりやすいコース設定が必要になると考えられます。また調査対象に応じて樹種や木の状態を詳細に確認できる毎木調査も必要になると考えられます。

測量結果は条件によって変わりますので条件による比較・分析を行い、レーザー測量によるデータ精度の向上を目指し、取り組んで参りたいと考えています。

表-2 レーザー測量と毎木調査作業比較

| レーザー測量 | 毎木調査 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">・ 測量は短時間かつ一人作業が可能で多くのデータが取得可能・ 搬出材積の値に近い計測材積の結果が得られた・ 精度の高いデータを取得するには姿勢を一定に保つ、レーザーの当たりやすいコース設定が必要・ データ加工に一定の技術を要し、機材や編集ソフトの初期費用がかかる | <ul style="list-style-type: none">・ 樹種や木の状態を詳細に確認できる・ 樹高の測定については経験の差が大きい・ 人の手が関わる部分が多く、人為誤差が発生しやすい |

謝辞

本研究を進めるに当たって日本土地山林株式会社様のご協力をいただきました。特に山林事業部 吉本 壘様にはレーザー測量データの加工等、幅広くご支援いただき、心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 細田和男・光田 靖・家原敏郎
「現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法」
森林計画学会誌 44 巻 2 号：23～39 ページ、2010 年 12 月発行
※搬出材積との比較で森林総合研究所「幹材積計算プログラム」を使用した
(図-9)

参考文献

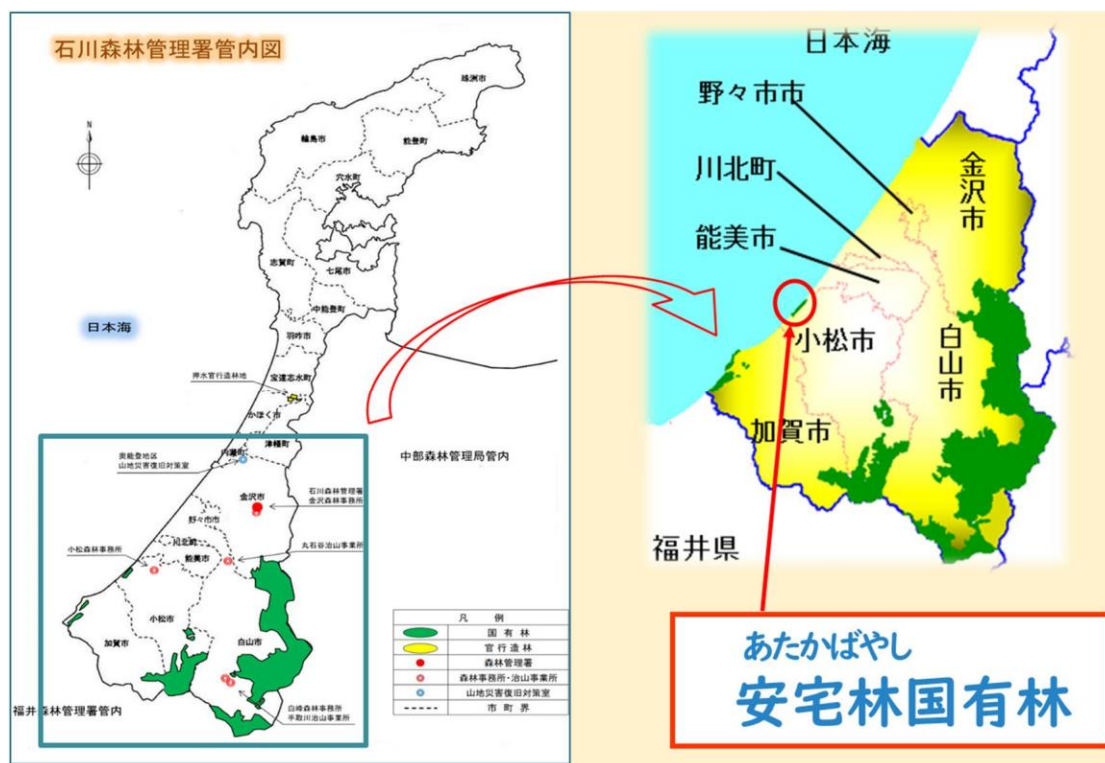
- 1) 川北憲利・長島啓子・田中和博 (2018) 地上型レーザースキャナーを用いた森林計測の精度検証 森林計画誌 51 : 27～56
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjfp/51/2/51_47/_pdf/-char/ja
- 2) 千葉 幸弘 (2017) 地上レーザー計測による森林調査のこれから 森林科学 80 シリーズ うごくもり 32 : 32～35
- 3) 新潟県森林研究所 森林研究所たより 地上レーザー計測による森林調査（林業にいがた 2021 年 6 月号記事）(2025 年 1 月 31 日)
<https://www.pref.niigata.lg.jp/site/shinrin/rin-nii-202106.html>
- 4) 森林立地学会 60 周年事業 樹木の成長と森林バイオマス(2025 年 1 月 31 日)
<https://shinrin-ritchi.jp/wp/60ani/biomass/>
- 5) 広島県立総合技術研究所林業技術センター 涌嶋 智 正確な森林評価で「儲かる」山に！ 地上型三次元レーザースキャナによる森林計測（ひろしまの林業 2017 年 7 月号記事）(2025 年 1 月 31 日)
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/267716.pdf>

木質バイオマス燃料としての松くい虫被害木の活用について
～国有林材を活用したSDGsへの取組～

石川森林管理署 総務グループ 係員 ○植村 茜
森林整備官 ○山口 静瑠

1 安宅林国有林と地域

安宅林国有林は、石川県小松市の西部に位置（図－１）し、日本海からの強風による潮害や海岸からの飛砂を防ぐための海岸防災林として、内陸の水田・畑・住宅などを守る役割を担っています（写真－１）。



図－１ 安宅林国有林位置



写真－１ 安宅林国有林上空

安宅林国有林はレクリエーションの森に指定されており、「日本美しい森お薦め国有林」にも選定され、白砂青松の風景林やリラクゼーションの場として親しまれています（写真－２）。また、小松市立安宅小学校と「遊々の森」の協定を締結しており、地域の方々と協力して「松葉かき」（写真－３）を行い、安宅林国有林はクロマツ林を守り育てる大切さを学ぶ場にもなっています。



写真－２ 安宅林国有林の歩道



写真－３ 松葉かき

２ 被害予防と被害木処理方法

石川県内の海岸林の国有林においては、近年、松くい虫被害が拡大しています。そのため、樹幹注入（写真－４）、薬剤の地上散布（写真－５）による予防対策や被害木駆除の徹底が求められています。特に被害木駆除においては、被害木を漏れなく調査したうえで、樹幹内からカミキリムシの幼虫が脱出するまでに、くん蒸処理・産業廃棄物処理・破碎処理の方法により殺虫しなければなりません。



写真－４ 樹幹注入



写真－５ 地上散布

安宅林国有林において、これまで実施してきた被害木の処理については、「安宅の関」などの景勝地があり、特に景観に配慮するよう地元からの強い要請があるため、被害木を林外へ搬出し産業廃棄物として処理する方法を行ってきました。

平成 28 年度から令和 4 年度までの被害材積の数量は、おおよそ 40 m³/年で推移していましたが、令和 5 年度は 195 m³/年に増加し、令和 6 年度は令和 4 年度以前と比べ約 20 倍の 757 m³/年となり、急激に被害が拡大しました（図－２）。



図－2 松くい虫被害の材積集計（事業実施年度集計）

3 課題検討と収支改善

（1）課題の検討

令和6年度の駆除に係わる当初予算は1,500万円でしたが、被害材積が大幅に増加（写真－6）したため、従来の産業廃棄物処理では、5,000万円を超える多額の経費が必要となることが分かりました（図－3）。



写真－6 被害木の集積



図－3 被害拡大による経費増加

そこで、トラック運搬経費と最も高額な産業廃棄物処理経費の削減に着目し、林内で破碎処理することを検討したところ、以下の3点の条件を満たす必要がありました。

- ① 破碎後の木片を、森林病虫害等防除法施行規則第1条により決められている厚さ以下（6 mm以下（木材チップパーは15 mm以下））に破碎すること。
- ② 駆除事業を実行する請負事業体が、木材チップパーを所有又はリースすることができ、破碎作業を行うヤードが確保できること。
- ③ 安宅林風景林としての景観保全と地元からの要請により、木材チップを林外に搬出すること。

以上の3点の条件を調査したところ、①と②は満たすことができましたが、③木材チップを林外に搬出することが課題として残りました。

そこで、破碎処理（写真－7）により大量に発生する木材チップ（写真－8）を活用するためバイオマス発電の燃料として販売することを検討し、近隣のバイオマス発電企業や買受実績のある業者へ聞き込みを行ったところ、買受希望があることがわかりました（図－4）。



写真－7 破碎処理



写真－8 木材チップの集積

近隣企業への販路拡大

The map displays the Kansai region, including Osaka Prefecture, Hyogo Prefecture, Kyoto Prefecture, Nara Prefecture, Wakayama Prefecture, Mie Prefecture, Shiga Prefecture, and Fukui Prefecture. Red star markers indicate the locations of biomass power generation facilities. A pink circle highlights the 'listening range' (聞き取り範囲) around the facility in Shiga Prefecture.

● バイオマス発電施設位置

○ 聞き取り範囲

提供元: Bing
© GeoNames, Microsoft, Zenith

図-4 近隣企業への聞き取り

ところが、大量に発生する木材チップを林内で集積しておくことができないため、破砕処理作業と同時に林外への運搬作業を進めなければなりません。本来であれば数量が確定後、代金納入、搬出・引渡しとするところを、過去の販売数量の実績から重量換算し、請負事業の発注前までに販売数量の確定を行いました。売払いの結果は、数量 581.83 t、販売金額約 300 万円となりました。

今回の事業では、まず、被害木の伐採・玉切り後、林内の作業ヤードへの運材・集積（図－５）を行います。次に破碎機によるチップ化（図－６）を行い、最後にバイオマス発電施設への搬入（図－７）を行う流れとなります。



圖一5 運材・集積



図ー６ 破碎・チップ化



図ー７ チップの積込・搬入

(2) 収支の比較・改善

令和6年度の被害材積 757.19 m³を処理方法別に試算した概算単価は、くん蒸処理① 33,000 円/m³、産業廃棄物処理②67,000 円/m³であるのに対し、破碎処理は③29,000 円/m³となり、最も安価な処理方法となりました（表ー1）。

表－１ 処理方法別の単価比較

| (円/㎡) | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| 処理方法 処理工程 | くん蒸処理 | 産業廃棄物処理 | 破碎処理(林内) |
| 伐倒・玉切り | 16,000 | 16,000 | 16,000 |
| 集積 | 2,000 | 2,000 | 2,000 |
| くん蒸処理 | 15,000 | — | — |
| 破碎処理 | — | — | 11,000 |
| トラック運搬 | — | 2,000 | — |
| 産業廃棄物処理 | — | 47,000 | — |
| 合計 | ① 33,000 | ② 67,000 | ③ 29,000 |

757.19 ㎡を処理した場合の駆除処理方法別の経費は、くん蒸処理費①約 2,500 万円、産業廃棄物処理費②約 5,100 万円、破碎処理費約 2,200 万円となりました。さらに破碎処理では、木材チップを売払うことで約 300 万円の収入を得たことにより、その合計は③約 1,900 万円です。産業廃棄物処理を行った場合と比較すると、約 3,200 万円の収支改善をすることができました（表－２）。

表－２ 収支改善

| 処理方法 | 経費 (円/757.19㎡) | 販売収入 (円/581.83トン) | 合計(円) |
|----------|----------------------|----------------------|------------------------|
| くん蒸処理 | 24,987,270 | — | ① 24,987,270 |
| 産業廃棄物処理 | 50,731,730 | — | ② 50,731,730 |
| 破碎処理(林内) | 21,958,510 | +2,902,550 | ③ 19,055,960 |
| | ①くん蒸処理 －③破碎処理(林内) | | ②産業廃棄物処理 －③破碎処理(林内) |
| 収支改善効果 | 5,931,310円 | | 31,675,770円 |

(3) SDGs への貢献

松くい虫被害木をチップ化し、バイオマス燃料として活用することで、全世界が目標に掲げる SDGs「持続可能な開発目標」の 17 目標の内、「エネルギーをみんなに そしてクリーンに」の達成に貢献できました。

加えて、木材は二酸化炭素を吸収しながら成長することで炭素を固定させるため、燃料として使用することはカーボンニュートラルに繋がり、今回の取組は、「気候変動に具体的な対策を」の達成にも貢献することもできました。

4 今後の取組と課題

(1) 今後の取組

木材チップの買受希望を把握する中で、販売が可能であることが分かりましたが、バイオマス発電で燃料として活用する場合、木片の大きさを調整しているため、買受は原木(被害木)のままが良いとの情報がありました。今後においては原木での売払いを検討し、実施していきます。

(2) 今後の課題

令和 6 年能登半島地震や能登豪雨により被害を受けた石川県奥能登地域では、山地崩壊により多くの立木がなぎ倒され、下流の施設や家屋等の財産への 2 次被害の発生が危惧されています(写真－9・10)。



写真－9 山地崩壊現場



写真－10 山地崩壊現場

被災地では、今もなお多くの被害木が現地に残っており、その搬出や活用を検討する必要があります。今回発表した被害木の活用で得た知識を活かし、被災地での倒木や流木の迅速な処理に役立てたいと考えています。

ドローンによる獣害防護柵巡視における視認性向上の工夫について

和歌山森林管理署 業務グループ 係員 ○畑中 宣輝
治山グループ 係員 正司 康智

1 課題を取り上げた背景

主伐・再造林が進む現在において、シカ被害対策は重要な課題です。シカ被害を防ぐため多くの造林地には周囲を一周する形で防護柵が張られています。しかし、一か所でも防護柵が破損すれば、そこから食害等が発生する事が問題となっています。そのため、防護柵の巡視は必須とも言えます。そのような状況下で、近年では防護柵巡視の省力化を企図して、ドローンによる巡視が行われている例もあります。

問題点として、従来の防護柵やその支柱には黒色のものが多く採用されており、ドローンから確認する際に、山の影や林内に入るとネットの位置が分かりづらく視認性が悪いという課題があります（写真1）。特に、日光の加減によっては全く視認できない状態になることもあります（写真2）。



写真 1 林内による視認性不良

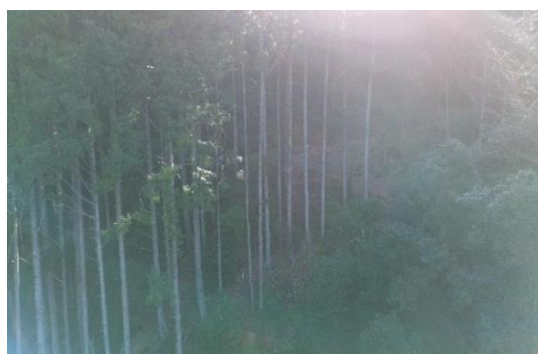


写真 2 日光による視認性不良

2 試験地

一つ目の試験地である色付きネットとオレンジ色支柱の組み合わせで防護柵を張った箇所は、坂泰山国有林 14 万林小班です（図1）。ここは令和5年度に防護柵設置を行った箇所です。それぞれ黒色ネット 260m（図中①）、オレンジ色ネット 250m（図中②）、青色ネットを 180m（図中③）施工しました。



図 1 試験地（色付きネット＋オレンジ色支柱）

二つ目の試験地である緑色アニマルネットの箇所は日光山国有林 248 号林小班です(図2)。令和3年度の森林整備事業で皆伐に伴い防護柵を設置した箇所です。緑色のアニマルネットを 890m 設置しています。

検証内容については、防護柵に不具合や被害が発生していると仮定するため、障害物に見立てた人を防護柵の近くに配置し、その見え方をドローンから確認しました。

ただし、ドローンからの確認ではネットの破れや固定アンカーの抜けといった小さな被害は確認困難なことからこの試験においては、倒木、ネットの垂れ下がり、支柱折れなどの被害を想定しています。



図 2 試験地(アニマルネット)

3 試験結果

(1) 視認性の検証



写真 3 使用材料

オレンジ色支柱と黒色ネット(写真4)では、ネットの視認性は悪く、透けて見えます。一方で、オレンジ色の支柱は黒色の支柱と比較して視認性に優れています。そのため、倒木などの大きな損壊に関しては判別できると考えられます。

オレンジ色支柱とオレンジ色ネット(写真5)は、今回見比べる中で最も視認性が高いです。そのため、ネットの破れも視認可能です。また、日光の眩しさがあっても、視認しやすい色です。

オレンジ色支柱と青色ネット(写真6)では、黒色ネットと比較すれば、視認性は高いですが、オレンジ色ネットと比べると視認性に劣っています。また、日光の加減によっては、黒色と同様の見え方になる場合もあります。



写真 4 黒色ネット



写真 5 オレンジ色ネット



写真 6 青色ネット



写真 7 アニマルネット

緑色のアニマルネット(写真7)では、16mmと目合が細かく、それによってくつきりとネットが視認できます。そのため、ネットの破れも大きなものであれば視認可能です。一方で、アニマルネットは全ての条件で設置できるわけではなく、雪や風、土石が貯まりやすい場所は避けるべきなど場所を選ぶため、注意が必要です。

(2) コスト比較

次に、それぞれの資材のコスト面での比較を行っていきます。オレンジ色の支柱と黒色の支柱は同じ価格であり、ネットについても、黒、オレンジ、青は同じ価格でした。また、緑色のアニマルネットは他のネットより低コストとなりました。

4 まとめ

以上の試験結果およびコストの比較から、オレンジ色の支柱を使用することで、遠くからの防護柵の位置が確認しやすくなりました。ネットの色は、オレンジ色の防護柵が最も視認性が高く、青色・緑色も黒色と比べれば視認性に優れていました。以上から視認性の為には色付きの防護柵が有効であることが検証されました。

5 今後の取組

今後の取り組みとしては、一つ目に試験箇所の継続的な観察・検証です。日光をはじめとした防護柵の経年劣化や下草の繁茂によって防護柵の視認性にどのような影響が出てくるか、比較しながら観察していきます。また、防護柵の色によって動物の侵入行動が変容する等の影響があるかどうか検証したいと考えています。

二つ目に、手動飛行での防護柵巡視とドローンの自動飛行機能を組み合わせた場合との工程面での比較検討を行いたいと考えています。

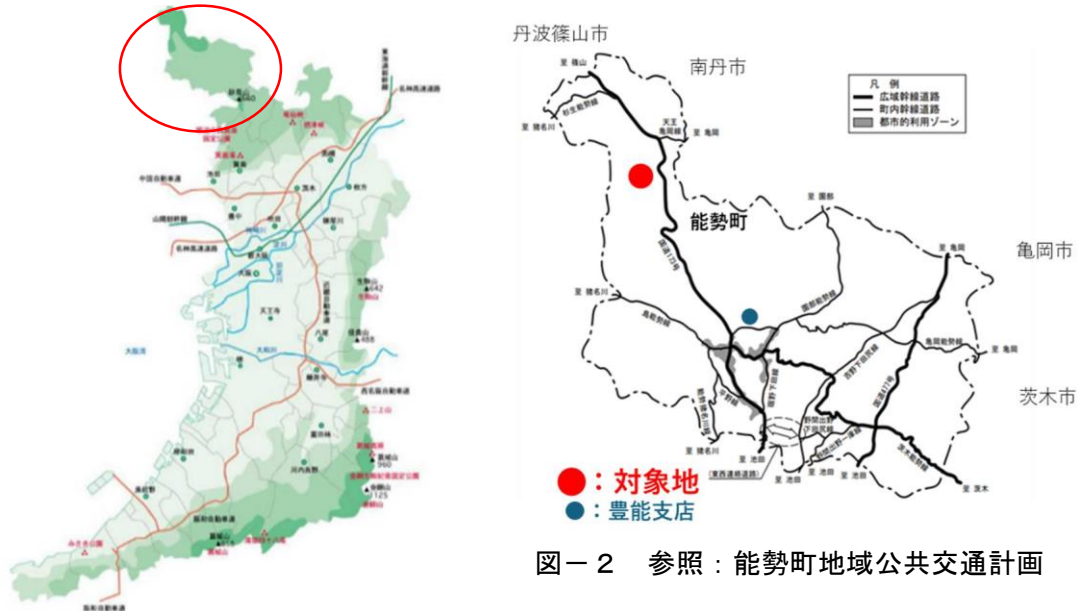
クヌギ林とクリ林の育成による「広葉樹林業」のモデル構築
～大都市近郊の里山で豊かな生物を育み、生物の多様性を未来につなぐ～

大阪府森林組合豊能支店 主任 ○橋田 卓也
主任 小島 洋平

1 課題を取り上げた背景

事業地のある能勢町は、大阪府の最北端に位置し（図－1）、里山の原風景が残る府内きっての農山村が広がっています（写真－1）。町内の森林の約4割が雑木林で、古くは薪炭林として利用されたクヌギ林（写真－2）や山の斜面地にある栗山が多くみられ、そうした広葉樹林が豊かな生物多様性を育んでいます。他方、森づくりへの関心の低下や担い手不足などから、管理放棄による森林の高齢化や枯損木の跡地の藪状化などが進行し、シカやイノシシの生息域の拡大を招く状況にあります。

そこで地元生産森林組合が所有し、長年放置されていた雑木林（里山）（図－2）を対象に、近年需要が旺盛なストーブ用クヌギ薪の生産のほか、能勢町発祥の栗（銀寄）の植栽もあわせて実施し、放置された里山を価値のある森林に転換する「広葉樹林業」のモデルを構築することにしました。



図－2 参照：能勢町地域公共交通計画

図－1 参照：大阪府「大阪の森林と林業」



写真－1 能勢町の里山の原風景



写真－2 台場クヌギ林

2 経過

(1) 一次的目的

ア 広葉樹林業の構築①（持続可能な薪の生産）

大阪府森林組合豊能支店では薪ストーブユーザー向けに広葉樹薪を年間 10,000 束～15,000 束取り扱い、販売開始から 2・3 か月ほどで完売するほど需要があります。また、薪の生産と同時に椎茸原木（写真－4）も生産することにより、資源を無駄にしないようにしています。

イ 広葉樹林業の構築②（地域の特徴を生かした持続的な特産品の生産）

クヌギで作られた菊炭（写真－5）は、茶の湯炭として使われ、煙が出ず、かつ火持ちが良く、見栄えが良いのが特徴です。

能勢町発祥の栗（銀寄）（写真－6）は高品質なブランド栗として人気があり、消費者の購買意欲も高い状況にあります。

広葉樹は針葉樹と比べて収穫サイクルが早いこと、材積あたりの単価も高く、伐採後に萌芽による天然更新（写真－7）が可能で再造林費用が不要な点から持続的・循環的で経済的価値のある稼げる地域にあった林業が可能と考えています。



写真－3 組合で取り扱う広葉樹薪



写真－4 椎茸原木として利用



写真－5 池田炭（能勢菊炭）



写真－6 能勢町発祥の栗（銀寄）



写真－7 伐採更新状況（台場仕立て）

(2) 二次的目的

ア 生活レベルでバイオマス利用促進

一次的目的で生産した薪を薪ストーブ（写真－８）に使用することにより、カーボンニュートラルの観点で地球温暖化抑制につながります。

イ 生物多様性の維持向上

今回整備対象とした里山は、大阪府により生物多様性を保全すべきとするホットスポットに指定されていて、加えて環境省の重要里地里山の選定エリアに含まれており、当該地において、更新伐や植栽、作業道の敷設など広葉樹整備実施計画を作成するにあたり、希少な植物種や森林生態系（写真－９）を維持する上で必要な残置樹木の抽出等を、資料調査や植物相調査などを基に、現地の状況を考慮した調査により実施しました。

ウ 地域産業や文化の維持、振興

「池田炭」（写真－５）は古くは千利休も使用したといわれ、茶道の分野で茶の湯炭として使用されてきました。能勢の菊炭は地域の特産品の一つになっており、クヌギ材生産は地域産業・文化の維持につながると考えています。



写真－８ 薪ストーブ



写真－９ モリアオガエルの卵塊

(3) 事業実施方針

ア 職員が直接関わることで技術習得

資料調査や植物相調査などは、組合職員直営にて実施し若手職員の技術習得のフィールドとして活用しました。（写真－10）

イ 事業による森林資源量の把握やコスト解析

調査結果を基に、森林資源量の把握や、森林整備の内容を検討、施工することによって、設計と実際施工費を比較してコスト解析を行います。

能勢町含め府内では植栽苗木に獣害対策としてツリーシェルターを使用していますが、シカの食害から植栽苗木だけでなく下層植生の保護にも有効と見込まれるパッチディフェンスの設置を計画し、実際に組合が施工した際の人工などを確認し、今後のマニュアル作成に生かしていきたいと考えています。

また、今後クヌギやクリの植栽を進めるうえでの参考情報とするため、シカの行動をモニタリングするセンサーカメラの設置も試行しました。（写真－11）



写真-10 森林調査状況



写真-11 センサーカメラの設置

(4) 林況調査

ア 資料調査

対象地域の概況把握を目的に、現地に入る前に事前調査として資料調査を行いました。

環境省提供の植生図(図-3)、国土交通省提供のシームレス植生図、地質図(図-4)、行政発行のレッドリスト(写真-12)などを基に対象地の概況把握を行い、植物相調査等の事前準備を行いました。

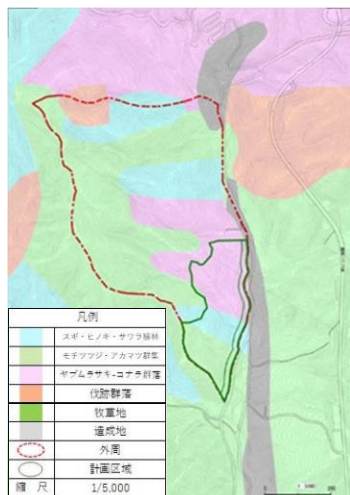


図-3 植生図



図-4 地質図



写真-12 レッドリスト

イ 植物相調査(表-1)

植生の多様性向上、貴重種の保護保全を目的に、資料調査等を基に、任意のルートを複数回に分け踏査し(写真-13)、目視できる範囲の植物種を確認しました。ルートは尾根、谷、斜面を網羅し、特に作業道開設予定地は丁寧に調査(写真-14)を行いました。

植物リストの作成(表-2)、残置樹木の選定、貴重種保護の計画を立てました。

ウ 資源量調査(表-3)

資源量の把握を目的に、踏査等の調査結果により植生区分ごとに、プロットの設置箇所をおおまかに設定し、現地にて15m角のプロットを作成しました。毎木調査(写真-10)を基に幹材積計算を行い、対象樹林(写真-16)の伐採材積の確認や、収量予想を立て、施業完了時に実際の収穫量との比較を計画しています。

エ 土壌及び微地形調査

施業案の検討のために、プロットや作業道開設予定地などで検土杖を用いて土壌深（写真－17）を調査しました。

微地形などによる表層崩壊地を現地確認することで、当初の施業案と検討し、作業道開設の線形変更、湧水がある地点（写真－18）については地盤の安定化のために一部布団籠の設置を計画しました。

また、区域内の斜面にて、岩が表層に出ている区域（写真－19）があり、斜面保護の面より樹木を残す残置樹林に設定しました。

表－1 植物相調査

| 植物相調査結果の概要 |
|--|
| 調査時期 植生調査は5月20日に実施し、希少種移植の6月26日と保全木選定の9月11日に目視できる範囲の植物種の確認を行う。 |
| 調査の結果 60科126種を確認した。夏秋の調査を実施していないので、草種数は比較的少ないが、木本はナツツバキ、アオハダ、ウラジノロキ、など落葉樹を主に73種を確認した。木本の出現種数は多く、比較的多様性が高い林分と認められた。常緑樹が少ないことも特色で、アラカシ、シラカシ、ヤブツバキ、カナメモチ、ネズミモチなどは確認できていない。 なお、環境省や大阪府のレッドリストに記載されている希少種は視認できなかったが、シソバタツナミとナツツバキを希少種とした。 <u>シソバタツナミ</u> ：京都府のレッドリストでは準絶滅危惧種に指定され、調査対象林分に隣接する京都府南丹地方に分布と記述されている。移植対象種とする。（写真-15） <u>ナツツバキ</u> ：大阪府植物目録で稀と記載され、自生地は対象林分の所在地、能勢町山辺と記載されている。伐採することなく、生育しているすべてを保全対象とする。 |



写真－13 踏査状況①



写真－14 踏査状況②



写真－15 シソバタツナミ

表－2 植物リスト

| 森力山辺実施地の植物相－1（6月調査） | | |
|---------------------|------------|------------------------------------|
| 科名 | 種名 | 学名 |
| 1 コバノイシカグマ科 | コバノイシカグマ | Dennstaedtia scabra |
| 2 コバノイシカグマ科 | イワヒメワラビ | Hypolepis punctata |
| 3 イノモトソウ科 | オオバノイノモトソウ | Pteris cretica |
| 4 シシガシラ科 | シシガシラ | Blechnum niponicum |
| 5 オンダ科 | ヤブソテツ | Cyrtomium fortunei var. fortunei |
| 6 マツ科 | アカマツ | Pinus densiflora |
| 7 ヒノキ科 | ヒノキ | Chamaecyparis obtusa |
| 8 ヒノキ科 | スギ | Cryptomeria japonica var. japonica |
| 9 ドクダミ科 | ドクダミ | Houttuynia cordata |
| 10 モクレン科 | ホオノキ | Magnolia obovata |
| 11 モクレン科 | タムシバ | Magnolia salicifolia |
| 12 クスノキ科 | カナクギノキ | Lindera erythrocarpa |
| 13 クスノキ科 | ダンコウバイ | Lindera obtusiloba |
| 14 クスノキ科 | クロモジ | Lindera umbellata var. umbellata |
| 15 サトイモ科 | マムシグサ | Arisaema japonicum |
| 16 キンコウカ科 | ノギラン | Metanarthecium luteoviride |

表－３ 資源量調査（毎木調査）

| 毎 木 調 査 の 結 果 | | | | | | |
|---------------|-----------------------------------|----------|-----------|------|-----|----------|
| 調査目的 | 森林資源量（薪）の把握のため、伐採対象樹林の幹材積を解析する。 | | | | | |
| 調査方法 | 植生調査対象地点において毎木調査（樹高、胸高直径測定）を実施する。 | | | | | |
| 調査地点 | 相観植生 | 主な樹種 | 材積量 m^3 | 斜面方向 | 微地形 | 土壌深 mm |
| 1 | アカマツ－コナラ | コナラ、アカマツ | 211 | 南西 | 斜面上 | 35 |
| 2 | コナラ－アオハダ | コナラ、アオハダ | 194 | 東 | 斜面上 | 43 |
| 3 | コナラ－アカマツ | コナラ | 137 | 南東 | 斜面上 | 45 |
| 4 | コナラ | コナラ | 247 | 東 | 尾根 | 25 |
| 5 | コナラ－アカマツ | コナラ、アカマツ | 252 | 東 | 斜面上 | 45 |
| 6 | リョウブ－コナラ | リョウブ、コナラ | 182 | 南西 | 斜面中 | 78 |

概ね東向きの尾根の両斜面に広がる林分で、地質は火成岩のため風化が進行し、複雑な微地形を形成し、皺状の谷地形を存在する。斜面に風化土が堆積しアカマツからコナラ林へ遷移途上の林分である。平均蓄積予想在籍は203 m^3 と広葉樹林としては比較的高い。



写真－16 コナラ-薪材としての材積予想



写真－17 検土杖にて土壌深確認



写真－18 湧水がある地点



写真－19 残置樹林の設定（除地）

（５）林況調査から派生する関連作業

ア 貴重種保護

対象地内に「シソバツナミ」を確認し、作業道開設予定地上にあった為掘り取り、移植を行いました。（写真－20）

イ 残置樹木選定

植物相調査の結果で作成された植物リストを解析し森林植生の多様性に寄与すると考えられる樹木を残し（表－４）、落葉樹種は苗木の成長に好影響を与えることも配慮した残置割合とし現地で選木しました（写真－21）。

ウ 斜面安定化法の検討

土砂災害の抑制として、パッチディフェンスを千鳥状に配置し、萌芽更新や下層植生の保護をすることで、土砂災害の抑制になると考えています。

エ 残置樹林（除地）の抽出

モリアオガエルなどの森林生態系保全のために必要な樹林も現地で確認し、残置樹林の抽出をおこないました。

表－４ 残置樹木の選定結果

| 残置木 | 理 由 |
|-----------------------|--|
| アオハダ | 調査地の林分で多く生育している。林分の多様性を保全するため、一部を母樹として残置し下種更新を図る。 |
| ウラジロノキ、エゴノキ、コシアブラ、シラキ | 調査地の林分では少ないものの、落葉樹林の構成種なので、母樹として残置し、多様性を保全するため下種更新を図る。 |
| ヤマザクラ、ホオノキ、タムシバ | 能勢の里山を代表する樹木なので、母樹として残置し、多様性を保全するため下種更新を図る。 |
| ナツツバキ | 大阪府下では稀にしか生えていない樹木なので、全てを残置する。将来の観光資源として期待する。 |
| コナラ | 上層木伐採後の成長速度を解析するため、コナラの若木を数本残置する。 |



写真－20 貴重種移植



写真－21 残置樹木の選定



写真－22 ナツツバキ



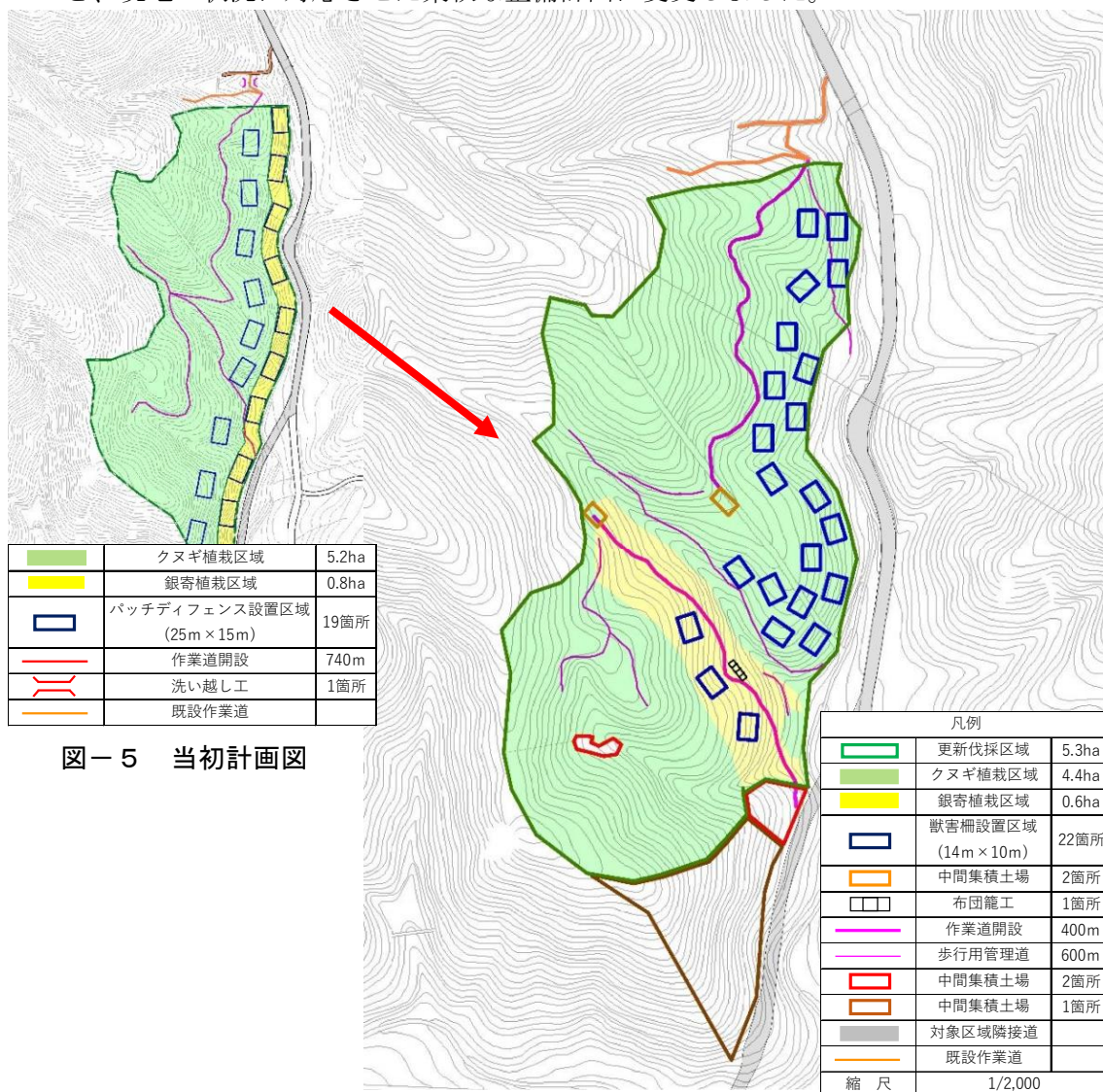
写真－23 アオハダ

3 実行結果

(1) 林況調査を反映させた森林整備計画の変更（図－5、6）

今までの林況調査を基に、作業道開設の線形変更、更新伐採区域と薪材等搬出エリアの設定、獣害対策の設定、植栽時の注意点などが確認できました。

植物に詳しい組合長の指揮下のもと、組合職員が主体となって植物相調査などを行ったので、職員は里山植物を同定できるようになりました。希少種の移植ほか、ナツツバキなどの残置木の抽出やモリアオガエルなど生物多様性を考慮した除地の設定など、現地の状況に対応させた柔軟な整備計画に変更しました。



図－6 変更計画図

4 考察

当事業は現在も整備の進行中ですが、職員が経験した大径広葉樹伐採、集材、クヌギやクリの植栽、パッチディフェンス設置の各歩掛、樹木の見分け方など、実務に役立つ情報を地域に提供します。あわせてパッチディフェンスとツリーシェルターの食害防止効果の比較検証や広葉樹のフルイ苗とコンテナ苗による生育の違いなどの経過も広く情報提供し、森林組合と地域の人たちとが協働して生物の多様性が高い里山を維持していこうと考えています。

参考文献

- 1) 生物多様性センター, 「自然環境調査 Web-GIS」, <http://gis.biodic.go.jp/webgis/index.html> (令和 7 年 2 月 21 日)
- 2) 国土数値情報ダウンロードサイト「国土数値情報」 <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (令和 7 年 2 月 21 日)
- 3) 大阪の生物多様性ホットスポット
- 4) 大阪府レッドリスト 2014
- 5) 京都府レッドデータブック 2015
- 6) 大阪府植物目録

**地域の緑を守りたい！
～小学生との森林教室を通して～**

鳥取県立智頭農林高等学校 森林科学科 3 年 酒本 昇

1 はじめに

智頭農林高等学校のある智頭町は、鳥取県南東部の中国山地の山間に位置し、町の森林率は 93%を占めています。しかし、全国的に問題になっているニホンシカの食害が、町内でも発生しており、私たちの学校の上板井原演習林では、ススキの草原がシカの食害によって裸地化し、土砂崩壊が進んでいます。

私たちは、2019 年から「緑をとりもどせプロジェクト」と称して、ススキの植生、忌避樹木の植栽、防護柵の設置、巣植えの効果検証などを行い、ススキの草原の復元と森林化を試みてきました。

本年度は、これまでの研究を継続しつつ、新たに、地元の智頭小学校との交流として「森林教室」に取り組みました。

2 ススキのプロット植栽と忌避樹木の生育調査

(1) 方法

ア ススキのプロット植栽

昨年度、小面積の 4m 四方の正方形プロットを防護柵で囲むことで、シカの食害防止を試み、一定の成果を得られました。先輩たちは、雪圧によって防護柵が崩壊しないように、積雪前の 1 月に防護柵を撤去、斜面に倒し、杭に固定しました。3 月、新芽の成長に備えて、再び防護柵で囲いました。今年度は、植栽面積を増やすために、新たに 3 つのプロットを設置することとしました。

イ 忌避樹木の生育調査

2023 年の秋に植栽した忌避樹木の中には、新芽を展開している苗がありました。そこで、ススキと同じように 1 辺 4m の正方形プロット状に、防護柵で囲いました。

(2) 結果

ア ススキのプロット植栽

プロット内のススキは、順調に生育し、植栽面積が拡大しました。(写真－1)

イ 忌避樹木の生育調査

植栽した忌避樹木のうち生育が確認されたものは、オオバアサガラとゴマギだけとなりその他の樹種、すべての枯死が確認されました。オオバアサガラは、順調に生育し、50cm の伸長が確認されました。(写真－2)



写真－1 ススキの生育状況



写真－2 オオバアサガラの生育状況

(3) 考察

小面積のプロットを防護柵で囲うことで、ススキの活着、生育が可能なが再確認できました。防護柵の設置と積雪前の撤収は、重労働が伴うために、一度に多くのプロットを設置することはできませんが、今後も、ススキの繁茂の拠点となるプロットを増

やしながら経過観察を続ける必要があります。

忌避樹木の生育調査については、樹種による違いは顕著で、オオバアサガラ、ゴマギが有力な植栽樹種といえます。単植えと単木植えによる活着、生育の違いは確認できませんでした。

また、シカの食害以外で多くの樹種が枯死したことから、養分や水分の影響が考えられ、植栽後の施肥と植栽場所の検討が必要とわかりました。

3 地元の小学生との森林教室と森林業に関する意識調査

本年度より、智頭町立智頭小学校との交流として、小学5年生との「森林教室」を実施しました。

(1) 目的

智頭小学校5年生は、総合的な学習の時間で「林業について学ぶ」というテーマを設定、そのテーマに沿って、町役場で林業について学ぶと同時に、林業技術の実践と林業後継者の思いを知るために、専門高校で学ぶ私たちとの森林教室を計画しました。

本校としては、「森林教室」を通して、継続研究の成果を拡大させつつ、地元のかかえる課題の解決に向けて共に行動してくれる仲間として、小学生の林業に対する関心の高まりを期待しました。そこで、森林教室による意識の変化を確認したいと思いました。

(2) 計画

目的の達成のために、森林教室では、植樹体験と枝打ち体験を計画しました。また、小学生の意識の変化を検証するために、森林教室の実施前と実施後でアンケートを行い、分析することとしました。

(3) 方法

表－1 調査アンケートのテーマと質問一覧

意識調査の方法は、森林総合研究所多摩森林科学園の大石康彦氏と井上真理子氏から助言をいただき、調査対象者に対する質問紙調査としました。質問内容は、「自然環境の感受性」をテーマとするもの8問、「自然環境への認識」をテーマとするもの4問、「環境活動への意欲」をテーマとするもの3問、「総合の力」をテーマとするもの6問の、合計21問としました。(表－1) 質問について5件法により回答を求めました。

| テーマ | 番号 | 質 問 |
|-----------|-----|---------------------------|
| 自然環境への感受性 | Q1 | 森へ行くことが好きだ |
| | Q2 | 森の木を伐るのはかわいそうだ |
| | Q3 | 自然の中に行くと新しい発見がある |
| | Q4 | 天気や季節の変化に気づくことができる |
| | Q5 | 森は暗くて怖い所だ |
| | Q6 | 森の中について活動することができる |
| | Q7 | 自然の中の活動は気持ちがいい |
| | Q8 | 草花や自然の景色を見て感動することがある |
| 自然環境への認識 | Q9 | 学区内(智頭町)は自然が豊かだと思う |
| | Q10 | 森の生き物のことをよく知っている |
| | Q11 | 自然と人間の生活には深いつながりがある。 |
| | Q12 | 森の木を切ってもよい時がある |
| 環境活動への意欲 | Q13 | 智頭町の自然を守る活動をしたい |
| | Q14 | 環境問題に興味・関心がある |
| | Q15 | 将来、自然や環境に関わる仕事をしたい |
| 総合の力 | Q16 | 調べたい課題を自分で見つけることができる |
| | Q17 | 課題について、調べたりまとめることができる |
| | Q18 | 調べたいことを、発表して人に伝えることができる |
| | Q19 | この「森林教室」は、ほかの教科の学習に役立つと思う |
| | Q20 | この「森林教室」の授業は好きだ |
| | Q21 | 課題を見つけて、調べてまとめる活動は楽しい |

分析は、森林教室の前と後に、同じ質問紙調査を行います。事前アンケートをa、事後アンケートをbとするとウイルクソンの符号順位検定により対立仮説「aとbの平均順位に差があり、平均順位は時期によって変動する」が支持されるかを検証しました。有意水準pが0.05以下で、森林教室による学習者の意識の変容を検証しました。

(4) 結果

ア 森林教室の実施
第1回 植林体験

当日は、顧問の先生の「なぜ、木を植えないといけないのか」と題する 20 分の話から始め、(写真－3) 高校生 1 人が小学生 5、6 名を担当し、(写真－4) 班で行動しました。植栽プロットに移動後 (写真－5)、植栽方法を説明しました。(写真－6) 小学生 1 人が 1 本植栽し、自分の名前を書いた木の札をつけました。(写真－7)

5 月下旬とは思えない暑さでしたが、小学生たちは懸命に植樹体験を実施しました。(写真－8) その後、質問タイムがあり、高校生活や、なぜ林業を学ぼうと思ったか等の話をしました。



写真－3 授業風景



写真－4 班分けの状況



写真－5 植樹現場に移動



写真－6 植樹方法の説明



写真－7 児童の植樹風景



写真－8 植樹後の集合写真

第2回 枝打ち見学と木登り機の体験

小学生が見やすいよう、作業道の斜面下側の高い木に、高校生が登り、枝打ち作業を見てもらいました。(写真－9) その後、小学生に木登り機の体験をしてもらいました。全員が 2m の高さまで木登りをしました。(写真－10) その後、なぜ枝打ちが必要なのかを節のある板を使って、説明しました。(写真－11)



写真－9 枝打ち作業の見学



写真－10 木登り機の体験



写真－11 説明風景

イ アンケートの分析

小学校から「事後アンケート」を受け取り、データの解析を行いました。事前・事後アンケートの平均順位と検定の p の値を一覧にしました。(表－2) p が 0.05

以下となった質問は、「森は暗くて怖いところだ」が 0.017、「自然と人の生活には深いつながりがある」と「森の木を切ってもよいときがある」が共に 0.049 で、事前と事後の間に有意な意識の変容が認められました。その他の質問については、有意な意識の変容は認められませんでした。

表－２ 各質問に対する回答の平均順位と検定結果の一覧

| テーマ | 番号 | 質問 | 平均順位 | | p 値 |
|-----------|-----|---------------------------|--------|--------|--------|
| | | | 事前 | 事後 | |
| 自然環境への感受性 | Q1 | 森へ行くことが好きだ | 2.3428 | 2.1714 | 0.6292 |
| | Q2 | 森の木を伐るのはかわいそうだ | 2.9428 | 2.8571 | 0.6475 |
| | Q3 | 自然の中に行くと新しい発見がある | 1.8000 | 1.8857 | 0.8445 |
| | Q4 | 天気や季節の変化に気づくことができる | 2.0000 | 2.0000 | 0.9773 |
| | Q5 | 森は暗くて怖い所だ | 3.4285 | 2.8000 | 0.0177 |
| | Q6 | 森の中にいて活動することができる | 2.2000 | 2.0000 | 0.9058 |
| | Q7 | 自然の中の活動は気持ちがいい | 1.8000 | 1.7714 | 0.7532 |
| | Q8 | 草花や自然の景色を見て感動することがある | 2.4571 | 2.1429 | 0.1398 |
| 自然環境への認識 | Q9 | 学区内（智頭町）は自然が豊かだと思う | 1.2286 | 1.2571 | 0.1422 |
| | Q10 | 森の生き物のことをよく知っている | 3.0857 | 3.0571 | 0.7605 |
| | Q11 | 自然と人間の生活には深いつながりがある。 | 2.1714 | 1.7714 | 0.0499 |
| | Q12 | 森の木を切ってもよい時がある | 2.1944 | 1.6857 | 0.0494 |
| 環境活動への意欲 | Q13 | 智頭町の自然を守る活動をしたい | 2.0550 | 2.0285 | 0.5321 |
| | Q14 | 環境問題に興味・関心がある | 2.0555 | 2.5277 | 0.2348 |
| | Q15 | 将来、自然や環境に関わる仕事をしたい | 3.7222 | 3.3714 | 0.3655 |
| 総合の力 | Q16 | 調べたい課題を自分で見つけることができる | 2.8056 | 2.7143 | 0.6026 |
| | Q17 | 課題について、調べたりまとめることができる | 2.8611 | 2.8000 | 0.4229 |
| | Q18 | 調べたいことを、発表して人に伝えることができる | 2.6944 | 2.6857 | 0.9723 |
| | Q19 | この「森林教室」は、ほかの教科の学習に役立つと思う | 2.1290 | 2.0285 | 0.6378 |
| | Q20 | この「森林教室」の授業は好きだ | 2.2692 | 1.8286 | 0.3520 |
| | Q21 | 課題を見つけて、調べてまとめる活動は楽しい | 2.5172 | 2.1714 | 0.2013 |

（５）考察

意識アンケートについて、事前事後の意識の変容に有意な違いが見られたものが３問で、テーマ【自然環境に対する豊かな感受性の育成】の中で、「森は暗くて怖いところだ」の質問に対し、「そう思わない」から「そう思う」のほうに意識の変容が見られました。私たちは「森林教室」を通して、森や自然に親しんでもらいたいと思っていたのですが、逆の結果が見られました。これは、実際に作業をした場所が枝打ちを行う必要がある暗い林分であったこと、また、作業に際して安全に気をつけるように高校生から声かけが行われた事が理由と考えられます。下層植生が繁茂する明るい林分を紹介することが、森に親しむ動機付けを与えるために必要だと言えます。

【自然環境への認識】をテーマにした「自然と人の生活には深いつながりがある」と「森の木を切ってもよいときがある」の二つの質問に意識の変容がありました。自然と人間の生活には深い関わりがあり、人間が林業という産業を通して、自然に働かせることが、森林の持つ公益的機能の発揮につながることを、少しでも小学生の意識の中に芽生えさせたのかもしれない、と思いました。

【環境教育への意欲】のテーマで、意識の変容が見られなかったことから、林業の後継者となる高校生側が、環境活動への意欲を伝えていく必要があると思いました。そのために、チェーンソーなどを使った伐倒、造材の作業する場面もカリキュラムに含める必要があると思います。【総合の力】をテーマとする質問でも変容は見られませんでした。今後、高校生の側から一方的に説明するだけでなく、小学生が学んできたことや感じた

ことを、一緒に共有する活動も盛り込むことで、「総合の力」の点でも意識の変容を促すことができたと思います。

(6) まとめ

小学生との森林教室の開催は、安全面などで不安があり、緊張もしましたが、十分な下準備を行うことで無事行うことができました。(写真-12, 13) 小学生が不慣れな斜面や山の中に一緒に入って作業して、笑顔を見せてくれことは、大きな励みとなりました。(写真-14)

今後は、継続研究を続けることで、地域の緑を復元することを続けていきたいと思います。そして、小学生にその活動の必要性を伝える事で、私たちの生活と自然と「緑を守る」ことの大切さをわかってもらいたいと思います。



写真-12 準備作業風景
(現場への橋作り)



写真-13 準備作業風景
(植樹場所の整地)



写真-14 枝打ち体験後の
集合写真

森林資源（木材）の利用を広げる ～木工教室と SNS の活用～

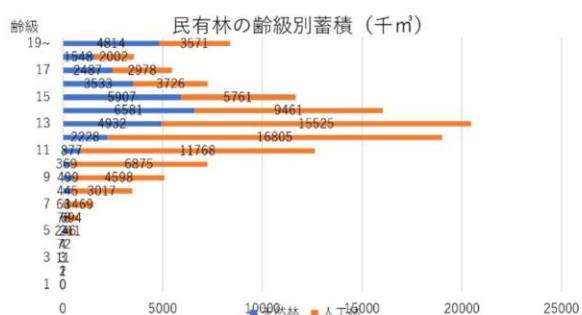
兵庫県立山崎高等学校 森と食科 2年 ○石橋 広夢
○上川 一輝
○春名 陽太

1 活動の背景・目的

兵庫県立山崎高等学校は、兵庫県宍粟市山崎町にあり、県下で唯一の森を学ぶ「森と食科」が開設されています。そして、私たちの住む宍粟市は、面積のうち 90%が森林となっており兵庫県の中でも林業・木材業が盛んな地域です。とくに「宍粟材」は県内素材生産量の 3 割を占め、県内有数の木材産地として知られています。

兵庫県の森林の現状について紹介したいと思います。兵庫県の森林面積はおよそ 56 万ヘクタール、県土の 67%を占めます。その 95%が民有林となっています。

兵庫県林業統計書によると、民有林の中でも人工林の 81%で 11 齢級、つまり 50 年から 55 年生以上になっていることがわかります。人工林の 8 割が利用期をむかえており、採る、使う、植える、ことが大切です。伐採、更新、保育から構成される森林管理の中で、今回はこの採る、使うに焦点をあてて活動を行いました。



図－1 民有林の齢級別蓄積

2 実施計画

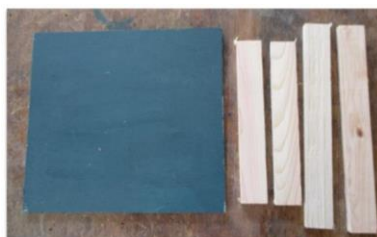
森林資源（木材）の活用に関わるため、木工教室や木工品の販売イベントなどを通し、木材の利用に関する活動を計画しました。さら、木工品に関心が高まるような製品の開発にも取り組み、また森林の役割などについても紹介し、森林保全の大切さを周知したいと考えました。オープンハイスクールやセミナーなど、木工体験を通して、森林の大切さや木工の楽しさを知ってもらいます。

また、PR を兼ね木工品の製造・販売・普及活動を地域のイベントで出展することにした。また、昨年より開設した SNS の活用もします。

3 実施内容

(1) 体験教室

本校の実習で伐ったヒノキ材を利用したミニ黒板を計画しました。材料の準備のしやすさ、製作のしやすさを考え、3 種類の材でできるようにしています。



写真－1 ミニ黒板の材料



写真－2 ミニ黒板

木工体験教室では、オープンハイスクールに

中学生 83 名、夏休み子どものくらしセミナー（西播磨県民局と連携）に小学生 28 名が参加しました。

子どものセミナーで実施したアンケートでは、高評価を得ることができました。また、体験への満足度も高く難易度も適正であったと考えました。

表－１ アンケート（子どものくらしセミナー）

| パペット劇は楽しかったですか。 | 楽しかった | 少し楽しかった | ふつう | あまり楽しなかった | 楽しなかった |
|------------------|-------|---------|-----|------------|---------|
| | 23 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 森や木の大切さはわかりましたか。 | わかった | 少しわかった | ふつう | あまり分らなかった | わからなかった |
| | 20 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| 黒板を作るのは楽しかったですか。 | 楽しかった | 少し楽しかった | ふつう | あまり楽しなかった | 楽しなかった |
| | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 黒板を作るのは難しかったですか。 | 難しかった | 少し難しかった | ふつう | あまり難しくなかった | 難しくなかった |
| | 5 | 8 | 5 | 3 | 4 |
| また木工をしてみたいですか。 | してみたい | 少ししてみたい | ふつう | あまりしたくない | したくない |
| | 23 | 2 | 0 | 0 | 0 |



写真－３ パペット劇

（２）木工品の製造・販売・普及活動

くらしのセミナーの木工教室には80名以上の申し込みがあり、抽選で親子20組になりました。体験教室やアンケートの結果より、「木工体験」または「体験から得られる学び」に需要があると考え、木工製作キットの開発に取り組みました。そのキットを用いて教室を開催したり、また自宅で作れるように販売もすることにもしました。製作キットは、（１）の木工教室の作品をベースにし、釘や紙やすりをセットにしました。特に苦労したのが説明書です。モニターを本校職員の家族に依頼し、その結果をうけて改善を重ね完成させました。

合板や塗料、釘など購入した材料費はおよそ100円となったことから、300円でキットを販売、体験教室の参加費も300円とすることにしました。

20,000人の来場が見込まれる兵庫県西播磨県民局主催の西播磨フロンティア祭で木工教室を実施しました。結果として用意した25セットが完売しました。体験教室への参加理由を聞いてみると「子供が体験を希望した」、「作ってみたかった」などでした。木工体験を実施するメリットとしては、関心を持ってもらえるということ、また、作品をお客様に作ってもらうので自分たちの製作時間が短縮できるということがあげられます。

3 木工品の開発

開発した木工品の一部です。販売会が11月に実施されたので、季節の小物を多く作りました。値段設定も手にとりやすい100円から1,000円にしました。

季節の木工品など、新製品の木工品を販売し、地域のイベントでは好評を得ることができました。



図－２ 説明書

表－２ 材料費

| 購入した材料 | 1セット当たりの金額(円) |
|------------------|---------------|
| 合板(厚さ4mm) | 45 |
| 黒板塗料 | 19 |
| 真鍮釘(16本+予備) | 11 |
| 紙やすり(2種類180,320) | 13 |
| 釘用小分け袋 | 2 |
| 外用袋 | 8 |
| 説明用紙 | 2 |



図－3 木工品

表－3 販売物

| 販売物 | 個数 |
|-------------|----|
| スツール | 3 |
| 木馬 | 1 |
| クリスマスオーナメント | 15 |
| クリスマスリース | 3 |
| クリスマスツリー | 5 |
| マグネット | 5 |
| 小物入れ | 5 |
| カッティングボード | 8 |
| ハロウィンオーナメント | 5 |
| ミニ黒板 | 5 |
| 木工体験（ミニ黒板） | 25 |

4 SNS の活用

本科の SNS を開設し、PR に努めています。木工品の製作の様子や演習林の実習の様子を、学校風景と一緒に投稿しています。PR を始めた令和 5 年では 1 年で 157 人だったフォロワーが、令和 6 年の 1 年間で 471 人になりました。販売物に QR コード入りのカードを同封するなどの工夫をしています。継続するとフォロワーが増えることも分かったので、今後は木工製品の PR、動画配信などを行いたいと考えています。

5 活動・研究の成果

目標に掲げていた木材の利用を推進することができました。ただ、十分な量とは言えず、今後も続けていくことが大切です。製品を見て木や森林に関心を持つ方も多く意義はあったと感じました。また、体験教室では想像を超える参加があり、需要の高さを実感しました。今後は SNS を活用し、製作方法を動画で見せるなどの工夫をしたいと思っています。森林保全に関するパペット劇を実施することで、子どもにも関心を与えるきっかけになったと思います。今後は改善を加え、継続して活動できるようにしていきたいです。

6 今後の課題

今後は、活動を継続的に続けていくとともに、周囲への啓発活動も重要であると考えています。活動を発展させ、地域の子どもたちに木の良さ、森の良さを広めていきたいです。そして、「伐って、使って、植える」のように持続的な森林作りに携わりたいと思っています。

山口県の新しい林業に向けた技術開発

山口県農林総合技術センター 林業技術研究室長 ○田戸 裕之
専門研究員 川元 裕
専門研究員 岸ノ上 克浩
専門研究員 大池 航史
専門研究員 田坂 英之
専門研究員 木村 衣里菜

1 はじめに

人工林の半分以上が伐期を迎える中、「伐って、使って、植えて、育てる」資源の循環利用のサイクルを継続的に行うためには、低い生産性や林業労働の危険性が問題となっており、これを抜本的に改善していく必要があります。

このため、従来の施業等を見直し、新技術の活用により、伐採から再造林・保育に至る「新しい林業」に向けた取組を推進することが必要です。

本県で行っている新しい林業への取り組みについて紹介します。

2 取組内容

(1) 伐って

伐る前の資源量調査において、航空レーザ計測と各種地上レーザ計測をどのように使うのが現実的なのか検討を行いました。

航空レーザ計測は、県内でも森林におけるインフラとして整備面積が広がっており、コストがかからず利用できるデータです。航空レーザ計測は、樹高については精度が高いものの、胸高直径はそこまでの精度がなく、木材の質を図ることは全くできていないのが現状です。しかし、林内の状況を確認することが必要としても、林内の調査をすべて毎木調査や地上レーザ計測で行うのはコストがかかり、サンプル調査が必要になります。しかし従来調査では、サンプル調査の場所が全体を表すかどうか

からなかったため、あらかじめサンプル箇所の評価を行い、箇所を決定しました。また、サンプルを不特定な場所に置くのではなく、再現可能な場所として表せる調査方法として検討しました。

調査地の全体をできるだけ通る直線を図1のとおり伐採予定地に6本設定し、ラインのバッファー5mの10m幅のプロットを設定します。プロット上にある樹頂点の樹高によりヒストグラムを作成しそれを全体のヒストグラムと比較をします。図2のとおりライン1が全体をよく表しているため、ライン1がこの調査地のサンプル調査値とします。

そして、ライン1の地上レーザ計測(LA03)による全体の推定値と調査地全体の材積について表のとおり比較したところ、3.5%の差があったものの大きな差ではなく、サンプル調査の可能性を示唆しました。

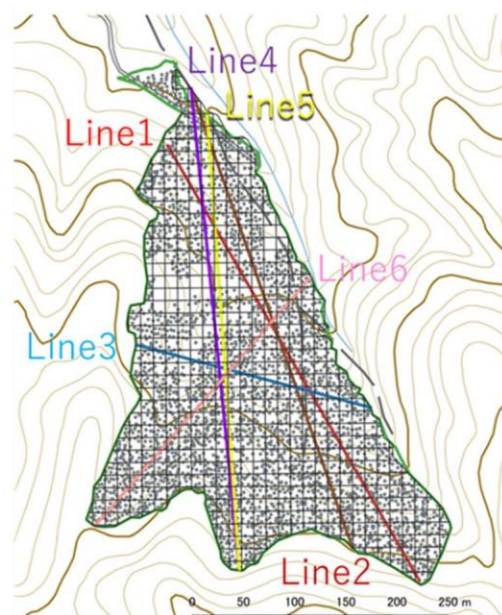


図1 航空レーザの樹頂点とサンプルラインの設定

特別発表

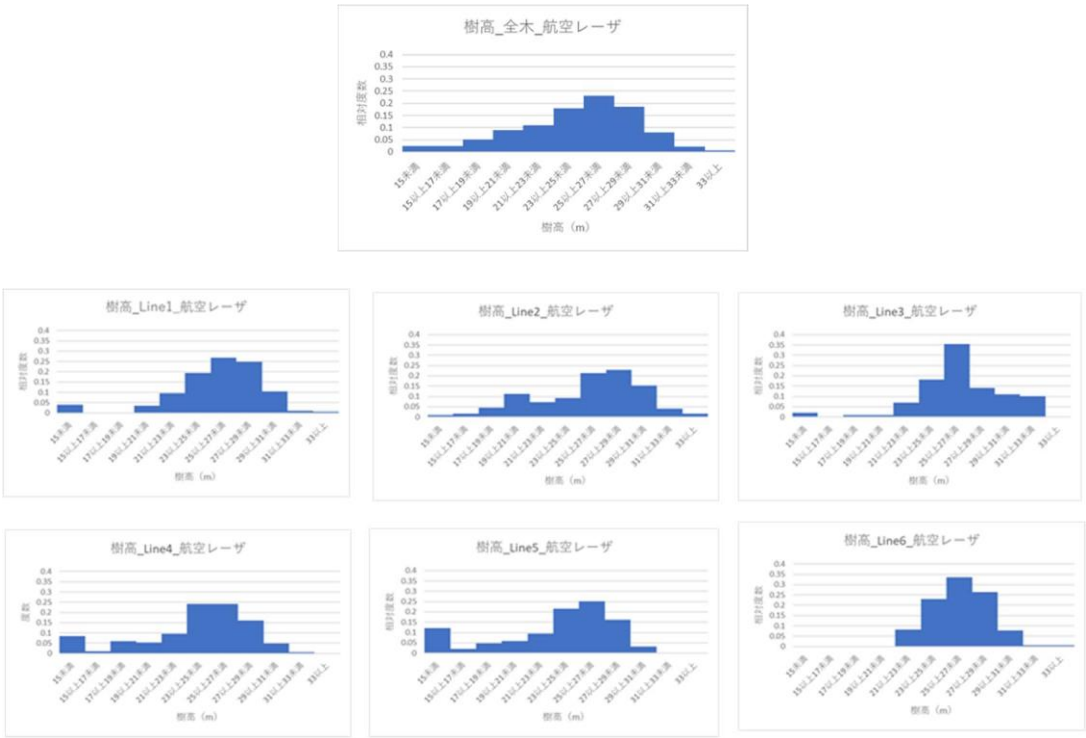


図 2 地上レーザ計測と実測の関係

表 1 ランインプロットと全体調査の比較

| 計測方法 | 計測面積 (ha) | 計測材積 (m ³) | | 全体の立木 材積 (m ³) | ②を基準と した差異率 |
|-----------------|--------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------|
| ランインプロット | 0.41 | 298 | 全体面積に割り戻した 立木材積を右欄に算出 | 4,116 ① | 3.5% (①-②)/② |
| 手動による毎木 調査結果 | 5.66 | 3,978 | — | 3,978 ② | — |

また、伐る場面では、労働災害の最も多い伐採現場において、無人で行えるラジコン式伐倒作業車について、実証しましたので紹介します。



図 3 ラジコン式伐倒作業車の作業状況

ラジコン式伐倒作業車(図3図)は、上げ荷と下げ荷で伐倒実証を行いました。トラブルがあり目標値の作業生産性 11 m³/人日には届かなかったものの、今後の改善で目標値以上が期待できるものでした。

特別発表

(2) 使って

JAS 等の認証木材により付加価値をつけるため、目視等級区分がワンストップで確認できる木材品質管理システムを開発しています。

木材伐採量の増加、建築基準法の改正もあり、木材価格を安定させて流通させるためには、製材品の品質確保が必要不可欠になっています。特に、図4のとおり山口県で行っている優良県産木材認証制度を製材品の品質を保証するものとするために、ワンストップで計測を行い、データを入力するシステムの開発を行っています。

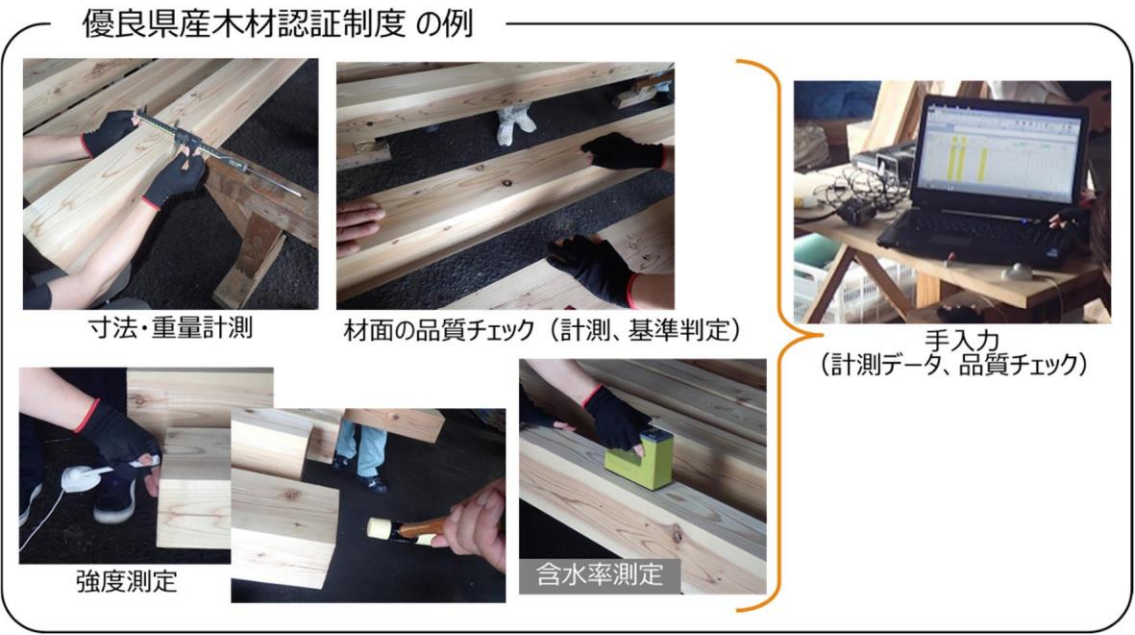


図 4 従来の優良県産木材計測方法

(3) 植えて

特定苗木の低コスト育苗及び苗木植栽後の現地実証を実施しています。

低コスト育苗では、図 のとおり従来2年育苗して得苗率6割であったものを、1年から1年半育苗で得苗率7割を達成しました。また、育苗で問題となる根腐れ病について、抑制できる培土の開発を目指しています。

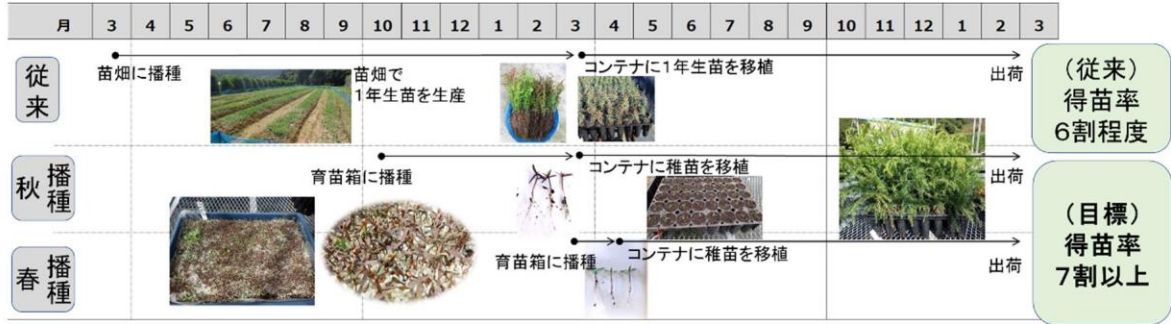


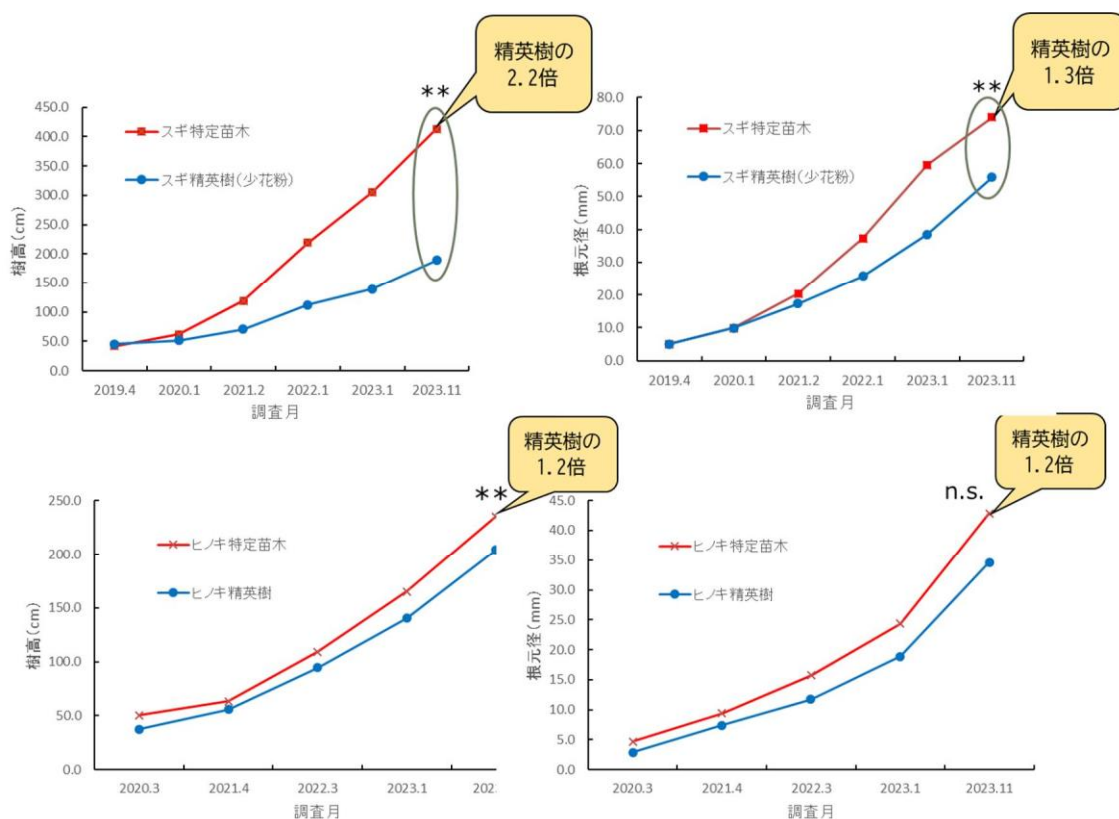
図 5 コンテナ苗の育苗期間短縮による低コスト育苗

苗木植栽後の現地実証について、図 のとおりスギは特定苗木が有意に成長が早く目標の1.5倍以上でしたが、ヒノキでは伸長成長では有意に成長が早かったですが、肥大成長に有意な差はありませんでした。

下刈り省力化では、スギで5成長期で3回の下刈り省力を行い、ヒノキは4成長期で3回の下刈り省力を行った結果、伸長成長に顕著な差はなく、肥大成長は下刈り省力するこ

特別発表

とにより抑制されるものの、他の競合植物に対して劣勢とならず、成長していることを確認しました。木本が優占する調査地でしたが、下刈り省力が可能であることが確認されま



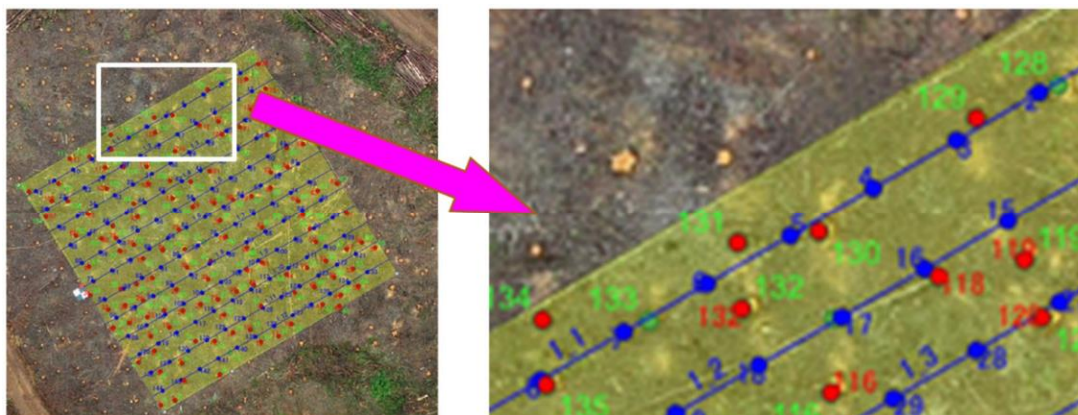
した。

図 6 特定苗木と精英樹の成長比較

(4) 育てる

過酷な夏の下刈り作業は、林業において機械化が進んでいない作業種目です。植栽デザインを利用した植栽、下刈りについて紹介します。

多目的造林機械を林業技術体系の中に組み込むために、図 のとおりあらかじめ造林地を設計して地拵え・植栽・下刈り工程を行いました。



- ◆ 機械で処理する根株 (●) と植栽列 (● —) を決定。(植栽列上で機械走行を妨げないもの (●) は残す。)
- ◆ 植栽間隔は、ha 当たり植栽本数と機械の刈幅等から決定。

図 7 多目的造林機械導入を前提とした植栽デザイン

特別発表

操縦は、図 のとおりスマートグラスを装着し植栽木や走行ルートを確認しながら行いました。作業効率は人力に比べて、少なくとも 1/3 を削減することができました。



図 8 スマートレンズ装着時の後継とスマートレンズ装着状況

3 実行結果

航空レーザは林分全体を見るには長けている反面、立木の質を見ることはできず、地上レーザは全体を見るにはコストの面で問題があります。立木評価では、両者を活かした調査方法について、全体を航空レーザで確認することにより、サンプル抽出と樹高計測を行い、DBH と丸太の質的評価を目視と地上レーザ計測により行う方法について、地上レーザ計測機の今後の進歩も期待して提案します。

木材品質管理システムは、今年度はまだ試作品なので改良する部分が多くあります。今後の改良により、製材業者の品質管理意識の醸成と林業普及指導のツールとして使っていけるものを開発します。

特定苗木については、今後本格的な出荷植栽が始まります。そのために、環境要因等による成長特性等を把握して、植栽地における成長及び収穫の将来予測ができるよう、土台となる調査地を作っていきたいと考えています。

植栽デザインは、今までの林業施業に新たな林業機械を持ち込むのではなく、林業機械を持ち込むための施業技術を作るものとして、今後の高性能林業機械を導入する際、機械とマッチングした林業技術体系の構築が必要であることが示唆されました。

4 考察

林業資源の循環サイクルを維持させるために、新しい技術を持ち込み、新しい林業への技術開発及び実証を行っています。新しい技術の今後の進歩・改良及び現場での工夫が必要なが多くありますが、今後も、林業の持続的かつ健全な発展のために、研究を行っていきます。

シイタケを害虫から守る
—天敵等を利用した低環境負荷型総合防除を目指して—

森林総合研究所関西支所 ○向井 裕美

1 はじめに

シイタケは、我国の栽培きのこ類（年間産出額 2,000 億円以上）の生産額の三割を占める重要な品目です（農林水産省「令和 5 年度日本の林業産出額」より）。近年、シイタケをはじめとする食用きのこ類の栽培では、おが粉を固めてつくる「菌床」を用いた栽培（菌床栽培法）による生産が増加しています。菌床栽培法では、数千から一万に及ぶ菌床を栽培ハウスのなかに並べ、発生したシイタケを収穫します（図 1 A）。温度や湿度が安定した施設内で通年栽培できるようになり、シイタケは安定的に生産することが可能になりました。しかし一方で、野外で虫の活動が活発になる夏の時期を中心に、多様な菌食昆虫による害虫被害が発生し、害虫防除が喫緊の課題となっています。食用きのこ類の栽培では、消費者の安心・安全を求めるニーズが高く、化学農薬に依存しない害虫防除技術や栽培管理法の開発が強く求められています（向井・北島，2019；高梨ら，2022）。

ナガマドキノコバエ類（ハエ目：キノコバエ科）は、全国各地の菌床シイタケ栽培ハウスで広く発生が確認されており、増殖速度が速く被害が深刻化しやすい害虫です（Sueyoshi, 2014；森林総合研究所，2020）。ナガマドキノコバエ類の幼虫は、吐糸や粘液を綴って菌床表面に住処をつくり、菌床や子実体（シイタケ）を餌として摂食しながら成長し、やがて生殖可能な成虫となります（図 1 B）。幼虫による食害は、菌床を劣化させシイタケの収量低下に繋がるだけでなく、流過程で商品であるシイタケから幼虫がみつきり異物混入として問題になることもあります（図 1 C）。本害虫の防除は、これまで黄色粘着シートや乳酸発酵液によるトラップなどによる成虫の捕殺や、菌床表面の洗浄による幼虫除去が主に行われてきました（森林総合研究所，2020）。しかし、一旦栽培ハウスに侵入したナガマドキノコバエ類は、短期間で世代を繰り返して被害を拡大するため、防除は容易ではありません。

本稿では、ナガマドキノコバエ類を主な防除対象として、森林総合研究所において近年取り組んでいる 2 つの新規防除技術；1）天敵寄生バチを利用した生物的防除、2）振動を利用した物理的防除、について解説します。

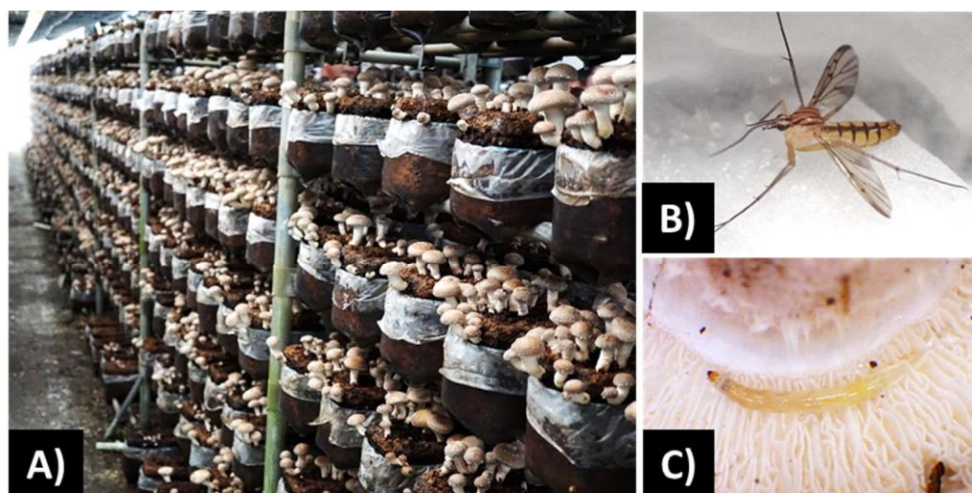


図 1 A) 菌床シイタケ栽培の様子。B) ナガマドキノコバエ類の雌成虫。
C) シイタケの傘に潜むナガマドキノコバエ類の幼虫。

2 天敵寄生バチを利用した防除法の検討

(1) ナガマドキノコバエ類に寄生するハチの発見

ナガマドキノコバエ類に寄生するハチは、調査の過程で偶然発見されました。実験に使用するため、生産者の菌床シイタケ栽培施設から数百に及ぶナガマドキノコバエ類の幼虫を採集し、プラスチックケースの中に1個体ずつ幼虫を入れて飼育をしました。すると、ナガマドキノコバエ類の幼虫だけを入れたはずの飼育容器の中から、体長7 mm程度の黒くて小さな虫が出てくることに、私たちは気が付きました。この虫について詳しく調べた結果、ハエヒメバチ類（ハチ目ヒメバチ科）の仲間であることが明らかになり、日本では学術的記録のない未記載種であったことから、「シイタケハエヒメバチ」という和名がつけられました（Watanabe et al., 2020）。

ヒメバチ科の多くは、雌成虫が宿主昆虫の体の内部に卵を産み付け、宿主を生かしたまま幼虫の体を餌として成長し、最後には宿主を殺す“飼い殺し型寄生”と呼ばれる生態をもっています。シイタケハエヒメバチがナガマドキノコバエ類の幼虫に対してこのような習性をもつのかを確認するため、シイタケハエヒメバチの雌成虫にナガマドキノコバエ類の終齢幼虫を与えて観察しました。その結果、ほぼすべての雌成虫が、幼虫に対して腹部の先端にある産卵管を突き刺す行動を示しました（図2）。産卵管を挿入されたナガマドキノコバエ類の幼虫は、しばらく麻酔をかけられたように行動を停止しますが、その後再び動き出し、餌を食べて発育を続けました。しかし数日後、ナガマドキノコバエ類のものとは異なる形態の蛹が形成され、その蛹からシイタケハエヒメバチの成虫が1個体だけ出てくることが確認されました。以上の観察から、このハチは、ナガマドキノコバエ類の幼虫を自身の子供の餌として利用する、単寄生性の寄生バチ（以下、寄生バチと呼ぶ）であることが明らかになりました（Mukai & Kitajima, 2019, 2021）。



図2 ナガマドキノコバエ類の終齢幼虫に産卵管を挿入するシイタケハエヒメバチの雌。

(2) 天敵寄生バチによる防除効果

この寄生バチについて詳細な観察を継続した結果、ナガマドキノコバエ類に対して高い寄生能力を示すことが明らかになりました。たった1個体の雌成虫が、平均15日間の生涯におよそ141個体のナガマドキノコバエ類の幼虫に寄生行動を示し、その9割に相当する127個体を死亡させ、最終的に81個体の次世代の寄生バチを生産することが明らかになったのです（Mukai & Kitajima, 2021）。

寄生バチのナガマドキノコバエ類に対する防除効果を検証するため、実験用の模擬栽培施設のなかに寄生バチとナガマドキノコバエ類を同時に放飼する実験を行いました。森林総合研究所敷地内の模擬栽培施設内にメッシュテントを8個設置して、各テントに導入した1台の栽培棚に菌床を30個並べました。全ての菌床にナガマドキノコバエ類の終

齢幼虫を2個体ずつ、計60頭を放飼しました。半数のテントには寄生バチの既交尾雌成虫を5頭放飼して寄生バチ処理区としました。実験に使用した終齢幼虫が成虫になり、卵を産んで次世代の幼虫が増殖する時期に、菌床上のナガマドキノコバエ類の幼虫数を調査しました。その結果、寄生バチ処理区では、ナガマドキノコバエ類の幼虫の多くが実験開始直後に寄生され、ほとんど蛹まで発育できていないことが明らかになりました。次世代のキノコバエの幼虫数は、寄生バチ処理区では対照区に比べて有意に減少し、増殖率は98%も抑えられました (Mukai & Kitajima, 2019; 図3)。

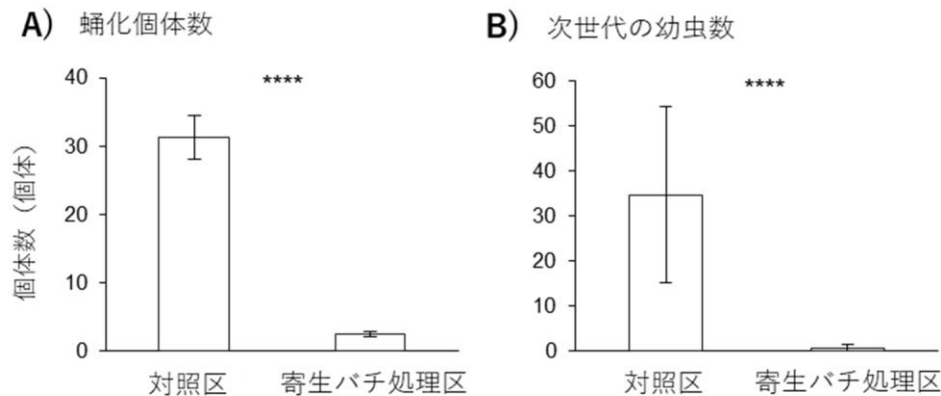


図3 ナガマドキノコバエ類に対する寄生バチによる防除効果。A) 蛹化した個体数、B) 次世代の幼虫数、を示す。****は、GLMを用いた統計解析により、 $P < 0.0001$ を示す。Mukai & Kitajima, 2019の図を改変。

3 振動を利用した防除法の検討

(1) 振動によるきこ害虫防除の取り組み

ほぼすべての昆虫は振動を受容する特別な器官を備えており、様々な行動を誘発する刺激として振動を利用しています。昆虫のこのような特性を応用して、害虫の増殖の原因となる生殖や成長に関わる行動を振動により阻害して被害を抑制する、“振動防除技術”の開発が近年目覚ましく進んでいます (Takanashi et al., 2019; Yanagisawa et al., 2024)。農業害虫であるコナジラミ類を対象とした研究では、植物等に振動を与えて植物体上の害虫の行動を制御するための振動発生装置の開発が進んでおり、化学農薬に依存しない新規技術として注目を集めています (Yanagisawa et al., 2024)。私たちの研究グループでは、このような振動防除技術のシイタケ栽培への適用を検討しました。

(2) 振動によりナガマドキノコバエ類は防除できるか

ナガマドキノコバエ類の行動制御に有効な振動を特定するため、幼虫に振動を与える実験を行いました。ナガマドキノコバエ類の終齢幼虫1個体をガラスシャーレに置き、下方から振動を与え、引き起こされる行動を詳細に観察しました。25 Hz から 1,500 Hz までの単一周波数を持続時間1秒ずつ断続的に与えると、幼虫は100 Hz と 1,000 Hz 付近で加振された振動に対して顕著な驚愕反応やフリーズ反応などを示しました (向井ら, 2023)。

そこで、実際の菌床シイタケ栽培状況を模倣した模擬栽培施設内で、100 Hz から 1000 Hz 以下までの特定の振動周波数を振動発生装置により再現し、ナガマドキノコバエ類の幼虫の成長に対する振動の影響を調査しました。ナガマドキノコバエ類の終齢幼虫10個体をひとつの菌床上にのせ、栽培棚に並べました。振動発生装置を金属製の栽培棚に固定し、持続時間2秒、休止時間13秒にて振動を与え、菌床を加振しました。その結果、振

動を与えた処理区（振動処理区）では、無処理区に比べて幼虫の成長が著しく遅延し、蛹や成虫の発生が遅延することが示されました。さらに、生殖可能な成虫の発生率は、振動処理により3割以上低下することも明らかになりました（高梨ら，2022；図4）。

シイタケ栽培では慣習的に、原木や菌床を叩いて子実体の発生を促すことが知られています。最新の研究成果では、振動により菌糸成長を促進する結果も得られており（Kobayashi et al., 2023）、振動が害虫だけでなく子実体発生にどのような影響を与えるのかを詳細に解明することで、害虫を防除しつつ、子実体の品質向上や収量増加も可能にする振動の特定が可能になるかもしれない、と期待しています。

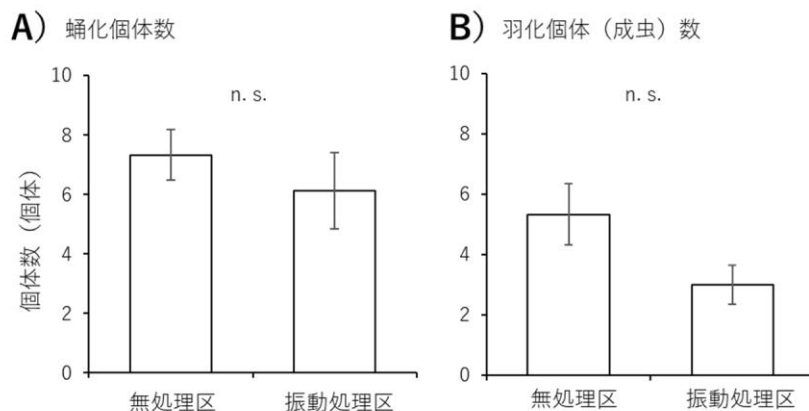


図4 ナガマドキノコバエ類に対する振動による防除効果。A) 蛹化した個体数、B) 羽化した個体（成虫）数、を示す。n. s. は GLM を用いた統計解析により、いずれも $p > 0.05$ （統計的有意差なし）を示す。高梨ら，2022 の図を改変。

4 おわりに

天敵寄生バチや振動は、ナガマドキノコバエ類の防除に有効であること示されました。ナガマドキノコバエ類を宿主とする寄生バチは、シイタケハエヒメバチ以外にも複数種存在することや、国内各地に広く分布していることなどが明らかとなっており（Watanabe et al., 2024）、これらの寄生バチをナガマドキノコバエ類の“土着天敵”として利用するための研究課題が進められています。また振動はナガマドキノコバエ類だけでなく他の害虫種にも有効であることから（Kobayashi & Takanashi, in press）、害虫種に限定されない汎用性の高い防除技術として期待が高まっています。

食用きのこ類の栽培では、自然栽培の特徴を活かしつつ防除効果を高める総合防除という観点から、“総合的害虫管理（Integrated Pest Management; IPM）”の確立が求められています。害虫の多くは、周辺の森林等野外環境から栽培ハウス内に侵入し、増殖を繰り返すことで被害拡大に繋がると考えられており、現時点では害虫となっていないまでも潜在的に害虫化する可能性を秘めています。実際に、ナガマドキノコバエ類以外の害虫による被害も年々増加しています。このような状況での防除を実現するため、例えば天敵と害虫とが混在する栽培ハウスでは害虫にのみ選択的防除効果を示す振動特性を抽出するなど、各防除技術を組み合わせた効果的・実用的な使用方法を今後慎重に検討していく必要があると考えています。

本稿で紹介した研究は、JSPS 科研費 20K15562、23K23658、23K26954、生研支援センターイノベーション創出強化研究推進事業（JPJ007097）、生研支援センターオープンイノベーション研究・実用化推進事業（JPJ011937）による助成を受けました。共同研究者の皆様、調査や実験供試虫の採集にご協力いただきました各県担当者様及び生産者様に

は、厚くお礼申し上げます。

引用文献

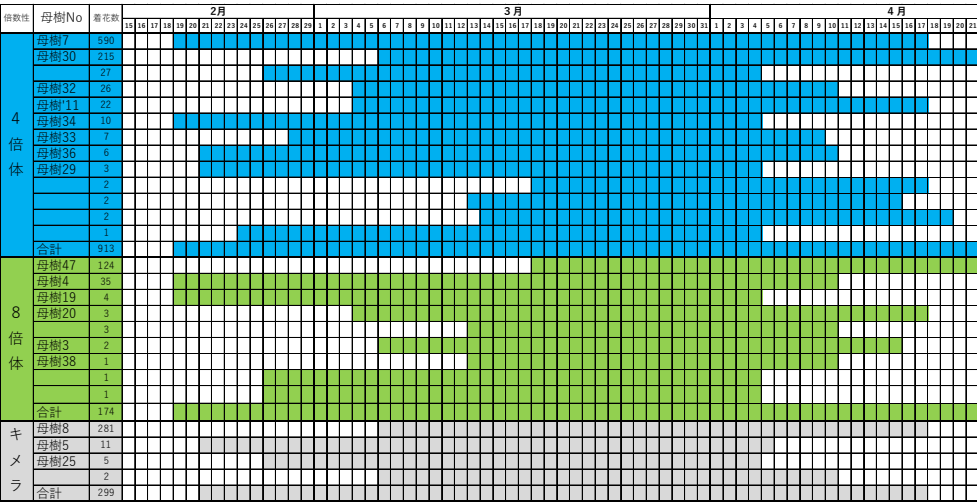
- 1) 向井裕美, 北島博, 「菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエ類を駆除する天敵寄生バチの発見」山林, 29-36, 2019
- 2) 高梨琢磨, 向井裕美, 八瀬順也, 「振動を用いた昆虫の行動制御と害虫防除」JATAFF ジャーナル, Vol.10 (8) , 19-24, 2022
- 3) Sueyoshi M., “Taxonomy of fungus gnats allied to *Neoempheria ferruginea* (Brunetti, 1912) (Diptera: Mycetophilidae), with descriptions of 11 new species from Japan and adjacent areas. Zootaxa, vol.3790, 139-164, 2014
- 4) 森林総合研究所, 「しいたけ害虫の総合防除 改訂第2版」, 2020
- 5) Watanabe K., Mukai H., Kitajima H., Sueyoshi M., “The ichneumonid parasitoids of the fungus gnats genus *Neoempheria* Osten Sacken (Diptera: Mycetophilidae) infesting edible fungi in the sawdust-based cultivation houses,” Jpn. J. Systematic Entomol., vol.26, 53-61, 2020
- 6) Mukai H., Kitajima H., “Parasitoid wasps regulate population growth of fungus gnats genus *Neoempheria* Osten Sacken (Diptera: Mycetophilidae) in shiitake mushroom cultivation” , Biol. Control, vol.134, 15-22, 2019
- 7) Mukai H., Kitajima H., “Laboratory evaluation of *Orthocentrus brachycerus* (Hymenoptera: Ichneumonidae), as a potential biological control agent in mushroom cultivation” , J. Appl. Entomol., vol.145, 348-357, 2021.
- 8) Takanashi T., Uechi N., Tatsuta H., “Vibrations in hemipteran and coleopteran insects: behaviors and application in pest management” , Appl. Entomol. Zool., vol.54, 21-29, 2019.
- 9) Yanagisawa R., Tatsuta H., Sekine T., Oe T., Mukai H., Uechi N., Koike T., Onodera R., Suwa R., Takanashi T., “Vibrations as a new tool for pest management - a review” , Entomol. Exp. Appl. vol.172, 1116-1127, 2024
- 10) 向井裕美, 高梨琢磨, 小野寺隆一, 阿部翔太, 小野利文, 「振動を用いた害虫の行動及び成長の制御によりキノコ類を保護する方法」, 特許第5867813号, 2023
- 11) 高梨琢磨, 向井裕美, 平栗建史, 「振動による昆虫の行動制御に基づく害虫防除技術」, 電子情報通信学会論文誌B Vol. J105-B, 761-770, 2022
- 12) Kobayashi C., Mukai H., Takanashi T., “Vibrations and mushrooms: Do environmental vibrations promote fungal growth and fruit body formation?” , Ecology, vol.104, e4048, 2023
- 13) Watanabe K., Mukai H., Sueyoshi M., “Review of the Ichneumonid Parasitoids of the Fungus Gnats Infesting Edible Fungi in Japan, with a New Species of *Orthocentrus* Gravenhorst, 1829” , Jpn. J. Systematic Entomol., vol.30, 182-195, 2024

特別発表

ミツマタの栽培品種は4倍体ですが、関西育種場では、コルヒチン処理により人為的に8倍体のミツマタを作出してきました。今回、これまでに作出した人為8倍体と通常の4倍体を自然交雑させました。自然交雑は、四国増殖保存園内のスギ林床に植栽したミツマタにおいて実施し（図－2）、令和2年から令和4年にかけて、自然交雑させた種子を採取し、2年間育苗後、倍数性を調査しました。倍数性の調査は、フローサイトメーターにより相対DNA量を計測して判定しました。相対DNA量を計測した結果、個体内のサンプルの採取位置によって、検量線のピークが変動する個体や2か所にピークが出現する個体など、同一個体内に異なる倍数性の細胞が混じっている可能性がある個体はキメラと判定しました。なお、令和6年に自然交雑させたミツマタの開花パターンを調査した結果、多くの親個体で開花が同調し、その期間は2週間程度ありました（図－3）。



図－2 自然交雑時の母樹の配置



図－3 開花パターンの例（令和6年春）

(2) 人工交配による6倍体の作出

令和2年と令和4年に、4倍体を花粉親、8倍体を母樹とする人工交配を実施し、人工交配により得られた種子を採取し、2年間育苗後、前述と同様に倍数性を調査しました。なお、人工交配はピンセットを用いて、花粉親から葯を挟み取り、雌しべに花粉を付着させました。全ての人工交配で除雄は行わず、袋掛けは令和4年のみ実施しました（図－4）。



図－４ 令和４年に袋掛けをして人工交配を行ったミツマタ

(3) クローン増殖技術の開発

4倍体と8倍体の保存や採種園造成に際して、クローンの増殖技術は必須であることから、令和4年から令和5年にかけて、クローン増殖技術の開発に取り組みました。増殖試験は6倍体の交雑親となる4倍体と8倍体を用いて、さし木発根率とつぎ木活着率を調査しました。さし木は、4月に長さ15cm程度のさし穂を鹿沼土にさし付け、ミスト灌水を行いつつ育成し、10月に発根調査を実施しました。つぎ木は4月につぎ木を行い、10月に活着の有無を調査しました。

3 実行結果

(1) 自然交雑による6倍体の作出

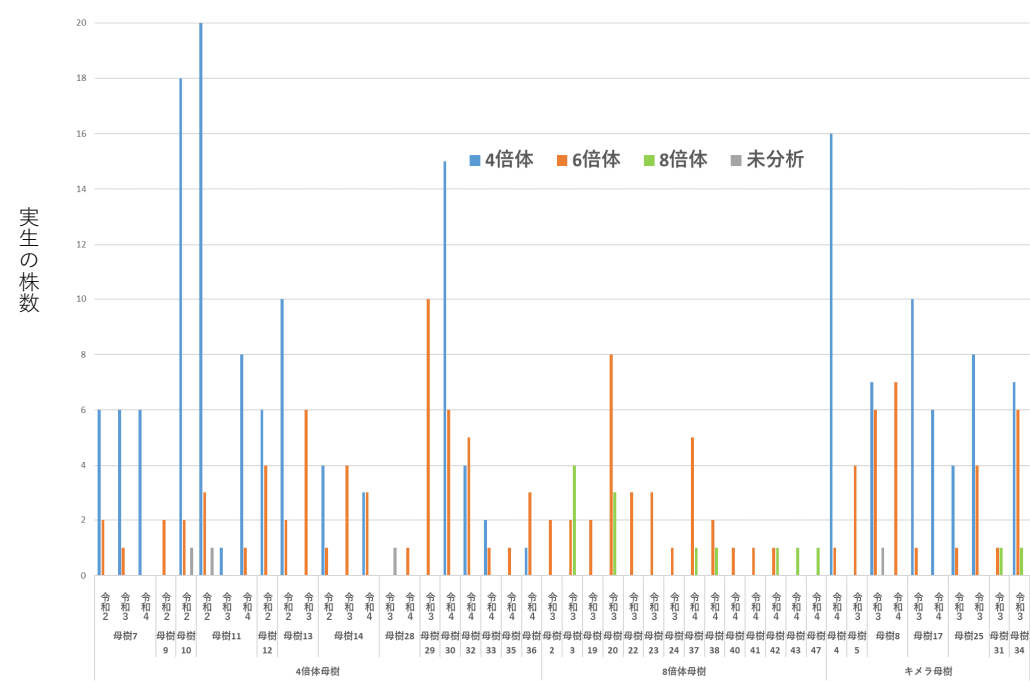
自然交雑の結果を図－5に示します。8倍体を母樹とした場合、高い確率で6倍体が産出されました。一方、4倍体を母樹とした場合、令和3年は6倍体を多く産出しましたが、それ以外の年で6倍体の産出率は低く、年により産出率は大きく変動していました。

(2) 人工交配による6倍体の作出

令和4年の人工交配の結果を表1に示します。一般の4倍体ミツマタは自殖率が低いことから(中平 1953)、人為的に作出した8倍体でも自殖率が低いのであれば、4倍体と8倍体を人工交配させる時に除雄を行わずに6倍体を産出できると考えられます。今回、8倍体の母樹47を自殖させた結果、種子が形成されなかったことから、ミツマタは8倍体でも自殖しないと考えられ、6倍体を産出させる人工交配の際に、除雄は必要ないことが示唆されました。

人工交配による6倍体の産出結果を図－6に示します。人工交配は、袋掛けの有無にかかわらず、8倍体を母樹とした場合、産出した実生のほとんどが6倍体となりました。この結果から除雄と袋掛けを行わない人工交配でも、6倍体を高確率で産出できることがわかりました。一方、キメラを親として用いた場合は、6倍体以外の倍数体を産出しました。このことから、キメラは交雑親としての利用に適さないと考えられます。

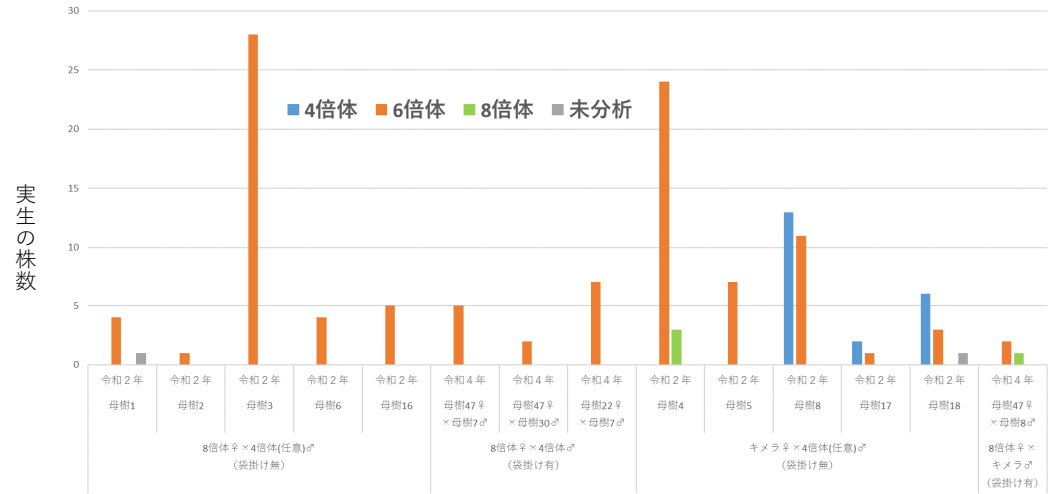
特別発表



図－5 自然交雑における6倍体の産出率

表1 人工交配の結果（袋掛け有り令和4年）

| ♀母親 | | ♂花粉親 | | | |
|-------------|--------|------------|-------------|-------------|------|
| | | 母樹7 4倍体 | 母樹30 4倍体 | 母樹20 キメラ | 自殖交配 |
| 母樹47 8倍体 | 花数 | 26 | 6 | 20 | 16 |
| | 種子数 | 203 | 57 | 119 | 0 |
| | 種子数/花数 | 7.81 | 9.50 | 5.95 | 0.00 |
| 母樹22 8倍体 | 花数 | 2 | | 2 | |
| | 種子数 | 37 | | 12 | |
| | 種子数/花数 | 18.50 | | 6.00 | |



図－6 人工交配における6倍体の産出率

特別発表

(3) クローン増殖技術の開発

クローン増殖試験の結果を表2に示します。さし木発根率は、4倍体で0%~73%、8倍体で5%~88%の範囲にあり、母樹によって発根率に差がみられました。つぎ木は、4倍体の2母樹、8倍体の5母樹からそれぞれ3本または10本のつぎ木を実施した結果、8倍体の1個体を除き高いつぎ木活着率を示しました。これらの結果から、多くの母樹がさし木またはつぎ木で増殖できることがわかりました。

表2 ミツマタのクローン増殖試験

| 倍数性 | 名称 | さし木 | | | | | | つぎ木 | | | | | |
|-----|--------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|--------|-------|------|--------|
| | | 令和4年 | | | 令和5年 | | | 令和4年 | | | 令和5年 | | |
| | | さし付本数 | 発根本数 | 発根率 | さし付本数 | 発根本数 | 発根率 | つぎ木本数 | 活着本数 | 活着率 | つぎ木本数 | 活着本数 | 活着率 |
| 4倍体 | 対照No.8 | | | | 20 | 3 | 15.0% | | | | | | |
| | 母樹30 | 15 | 1 | 6.7% | 20 | 0 | 0.0% | 3 | 3 | 100.0% | | | |
| | 母樹7 | 15 | 11 | 73.3% | | | | 3 | 3 | 100.0% | | | |
| | 対照No.5 | 8 | 0 | 0.0% | | | | | | | | | |
| 8倍体 | 母樹2 | 8 | 3 | 37.5% | 15 | 1 | 6.7% | | | | 3 | 0 | 0.0% |
| | 母樹20 | 8 | 7 | 87.5% | | | | | | | 3 | 3 | 100.0% |
| | 母樹5 | 10 | 5 | 50.0% | | | | | | | 3 | 2 | 66.7% |
| | 母樹22 | | | | | | | | | | 3 | 2 | 66.7% |
| | 母樹47 | 10 | 5 | 50.0% | 20 | 1 | 5.0% | | | | 10 | 6 | 60.0% |

4 まとめ

本研究の結果から、4倍体と8倍体を混植した採種園を造成することで、効率的に6倍体のミツマタを生産できることが示唆されました。また、クローン増殖試験において、さし木またはつぎ木により多くの母樹が増殖できました。事業規模でのつぎ木増殖は、大量の台木を準備する必要があること、さし木に比べ難易度が高く、その技術者を確保する必要がありますが、採種園へ導入する規模であれば、つぎ木は実用的な増殖技術と考えられます。さし木によるクローン増殖が困難な場合でも、つぎ木によるクローン増殖で、選抜した優良母樹を採種園に導入できると考えられます。

今後は、高収量の6倍体を産出する優良母樹を選抜するとともに、国産ミツマタの安定供給を目指し、より効率的かつ大量に6倍体ミツマタの苗木が生産できる手法の開発に取り組んでいきたいと考えています。

引用文献

- 1) 岡村政則 ミツマタの人為8倍体の育成：日林九支研論文集、54、67~68、2001
- 2) 独立行政法人種苗管理センター 遺伝資源 栽培・特性調査マニュアル みつまた：11、2009
- 3) 中平幸助 ミツマタの人為6倍体について：育種学雑誌、7(2)、56~62、1957
- 4) 中平幸助・江藤利光 ミツマタの人為6倍体の収量とせん維および紙質について：育種学雑誌、7(3)、29~32、1958
- 5) 山口秀太郎 ミツマタの倍数性育種-高収量6倍体を産出する優良母樹の選抜-：林木育種センター年報 令和6年度版、130~133、2024
- 6) 中平幸助 ミツマタの稔性について：育種学雑誌、2(3)、150~153、1953

ウバメガシはどのような林で増えやすいのか

和歌山県林業試験場 主査研究員 山下由美子

1 背景

紀州備長炭の原木には、主にウバメガシや一部にアラカシが利用されています。現在、本県の適切な伐期で更新されなかった備長炭原木林は高齢林化・大径木化するなど、原木林の林分構造は多様化しており、伐採後の更新や資源劣化が懸念されています。原木林のより確実な更新には、萌芽性や堅果生産に関する情報が不可欠ですが、ウバメガシの繁殖特性はほとんど分かっていません。そこで、ウバメガシの萌芽性や堅果生産に関する調査を行いました。

なお、本稿は山下（2019）、山下・栗生（2019）、山下（2021）で報告した内容を中心にまとめたものです。

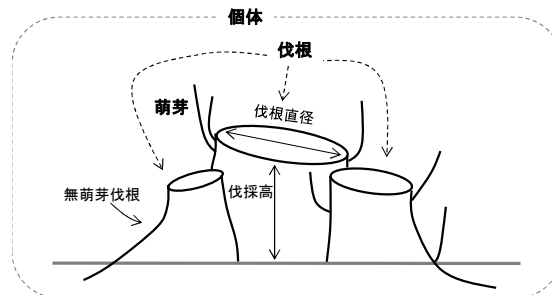
2 これまでの主な取組み

(1) 大径木・高齢林化しても萌芽するか

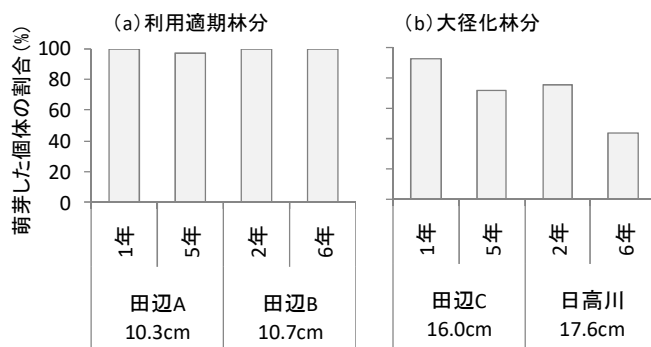
ウバメガシの萌芽再生に林齢、伐根直径や伐採高の違いがどのように関係しているかを明らかにするため、ウバメガシ林伐採地4林分において、伐採約1～2年後（期首）と伐採5～6年後（期末）の萌芽状況を調査しました（写真－1）。調査林分は平均伐根直径によって「利用適期林分」、「大径化林分」に区分しました（図－1）。萌芽した個体の割合は期首・期末とも利用適期林分で高かったのに対し、大径化林分では期末に減少していました（図－2）。大径化林分の萌芽率は、期首・期末とも伐根直径が大きいほど、伐採高が高いほど低下しました。以上から、ウバメガシは高齢化によって大径木化すると萌芽力は低下し、無萌芽の枯死個体が増加することが分かりました。原木径が大きい場合には、伐採高を低くすることで生存率の低下を抑えられると考えられました。



写真－1 萌芽したウバメガシ



図－1 萌芽した個体と伐根の模式図（山下 2019）



図－2 利用適期林分(a)と大径化林分(b)における萌芽した個体の割合の変化(山下 2019)
棒グラフの下部は、伐採から経過した年数、調査地名、平均伐根直径を示す。

(2) カシノナガキクイムシの穿入生存木は萌芽可能か

カシノナガキクイムシによる穿入生存木の伐採後の萌芽状況を明らかにするため、串本町の被害林を伐採した2林分において、切株状態のウバメガシを対象に穿孔状況及び伐採1年後と伐採約5年後の萌芽更新状況を調査しました。1年後と約5年後とも個体の枯死率に穿孔の有無による違いはみられませんでした。約5年後の枯死率は1年後よりも高くなりました。1年後と約5年後の萌芽数と萌芽長に穿孔の有無による違いはほとんどみられませんでした(図-3)。このことから、穿入生存木を伐採した後も、直ちに個体は枯死せずに多くの個体で萌芽が発生し成長することが確認されました。ただし、高齢化によって大径化した木や(マスアタックとよばれる)穿孔密度の高い木を伐採した場合は、伐採5～6年後に個体の生存率が低下することには留意する必要があります。

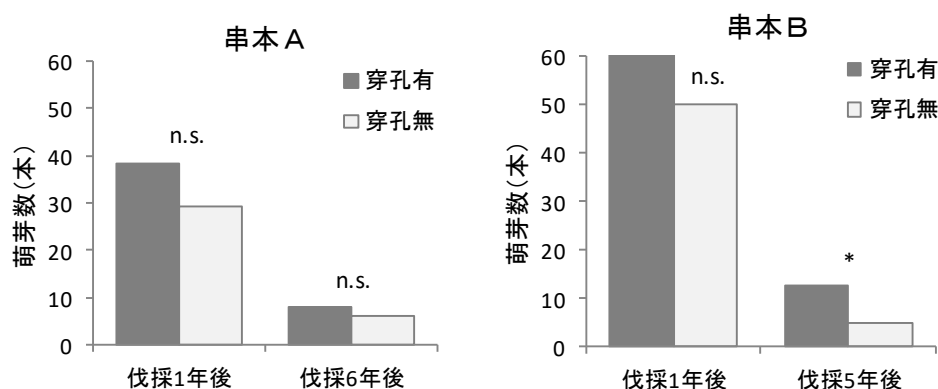


図-3 串本町2林分における穿孔有無別の萌芽数の変化(山下・栗生 2019)

*は有意差がある(マンホイットニーのU検定、 $p < 0.05$)ことを、
n.s. は有意差がない($p > 0.05$)ことを示す。

(3) 萌芽更新後、いつ開花結実を開始するか

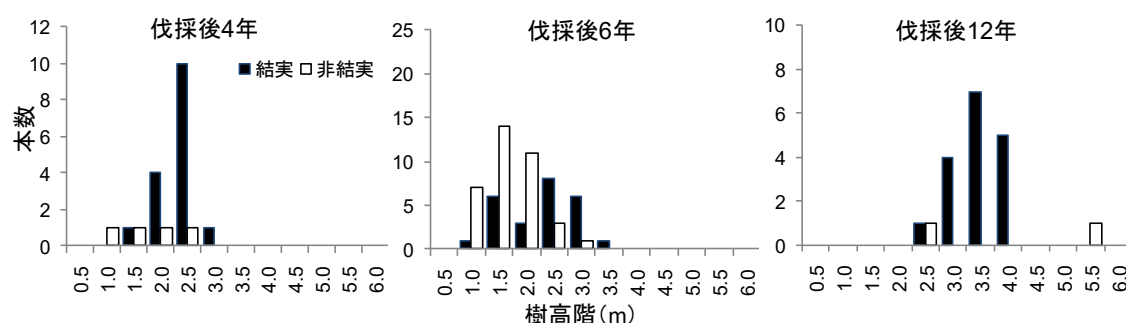
萌芽更新したウバメガシの開花・結実年齢を調べるため、伐採後経過年数が3、5、11年と異なるウバメガシ3林分で調査を行いました(写真-2)。開花調査は4月下旬～5月上旬に、結実調査は翌年の9月中旬に行いました。萌芽更新したウバメガシは少なくとも3年で着花し、4年で結実することが確認できました(図-4、写真-3)。ウバメガシの開花最小樹高は0.55m、結実個体の最小樹高はウバメガシ0.96mでした。全ての調査地において、開花・結実個体の割合は、アラカシよりもウバメガシで高いことから、ウバメガシの開花結実の開始はアラカシよりも早く、早い段階で堅果生産する個体が多いことが示唆されました。



写真-2 伐採3年後の調査地



写真-3 萌芽更新4年で結実したウバメガシ



図－4 ウバメガシの結実幹、非結実幹別の樹高階分布

(4) 若齢林と高齢林で落下堅果数は異なるか

林分の発達段階の違いによる堅果生産量を比較するため、択伐※を行った若齢2林分（択伐から3、6年経過）と大径木化した高齢2林分の堅果生産量を2年間調査しました（写真－4、写真－5）。開口部0.5m²の種子トラップを1調査地につき9～14トラップ設置しました。定期的に種子トラップの内容物の回収を行いました。堅果は、成熟堅果と未熟堅果に区分し、それぞれの個数と乾燥重量を測定しました。択伐を行った若齢林では、高齢林よりも1m²あたりに落下した成熟堅果数が多く、堅果1個当たりの重量が大きい傾向がみられました。

※ 従来から紀州備長炭原木林では、数本ある萌芽幹のうち一定直径級以上の幹だけを択伐し、利用径級に達していない幹を残存させる択伐萌芽更新が行われてきました（和歌山県1992、和歌山県2015）。



写真－4 択伐を行った若齢林



写真－5 大径木化した高齢林

3 ウバメガシはどのような林で増えやすいのか

これまでの結果から、択伐を行った若齢林は萌芽活性が高いこと、開花結実の開始が早く、幹直径1cmの太さで既に結実年齢に達していることが分かりました。択伐によってシイなどの不要木を除去しているの、林内は明るく、更新サイトに適した環境であると言えます。さらに、残存しているウバメガシの幹は被圧状態から開放されているので、堅果生産力が高まり、実生更新にプラスな状態になっていると考えられます。よって、択伐を行った若齢林は、萌芽更新・実生更新のどちらにとってもよい環境、すなわちウバメガシの増えやすい（優占しやすい）林である考えられました。一方、大径木化した高齢林は萌芽活性や堅果生産力が低く、林内は暗いことから、萌芽更新・実生更新のどちらにとっても不利な環境、すなわちウバメガシの増えにくい林といえます。大径木化したウバメガシは非常に重く、伐倒木の搬出が困難であること、炭に焼く前に薪割り機で半分～1/4に割る作業が必要なこと、小径木と比べて炭の単価が低いことなどが

ら、原木林としての価値も下がると考えられます。総括すると、ウバメガシは原木径 6 ～12 cm で萌芽更新しやすいため、短いサイクルで伐採を繰り返すほど、更新（萌芽更新や堅果生産による実生更新）に有利になる可能性があります。利用径級で択伐することは、優良な備長炭原木林の確保に必要であると言えるのではないのでしょうか。

引用文献

- 1) 山下（中森）由美子 ウバメガシの萌芽更新に及ぼす伐根直径と伐採高の影響、日林誌 101(5)：235-241、2019
- 2) 山下（中森）由美子、栗生 剛 カシノナガキクイムシ穿孔後に伐採されたウバメガシの萌芽再生の可能性、日林誌 101(6)：272-277、2019
- 3) 山下由美子 萌芽更新したウバメガシとアラカシの開花結実特性、森林応用研究 30(1)：11-16、2021
- 4) 和歌山県 紀州備長炭原木林の択伐施業について、1992
- 5) 和歌山県農林水産部林業振興課 紀州備長炭原木林の「択伐」技術マニュアル、2015

令和6年度 森林・林業交流研究発表会 審査委員講評

審査委員長

◎国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所

支所長 鷹尾 元

皆様、二日間にわたりお疲れさまでした。非常に楽しく為になる発表を聞かせていただきありがとうございました。

審査委員としましては非常に悩んだ結果の今回の賞の授与でしたが、本当に僅差、どちらにしようかというのを非常に迷った挙句の結果であり、賞をもらわなかった方々もぜひ悲観されずに素晴らしかったところを持ち帰っていただければと思います。

今回の発表につきまして賞を取られた方々のそれぞれの発表につきまして、一言申し上げたいと思います。

◆近畿中国森林管理局長賞

○通信環境の悪い山間奥地における ICT 施工の導入について

福井森林管理署

通信状況が非常に悪いという中で、どのように ICT の施工を生かしていくかということで、測量から施工まで一貫して取り組まれて、この結果、施工者から非常に良い評価を得られたということで、まだまだクリアすべき問題はあるとは言っても、非常に悪い状態の中で完成した素晴らしい事例だったのではないかと思います。

○地域の緑を守りたい！

～小学生との森林教室を通して～

鳥取県立智頭農林高等学校

非常にわかりやすい発表をしていただきました。植生回復に関するこれまでの継続的な取り組みに加えまして、小学生との交流の中でアンケート調査を行い、これを非常にしっかりと解析した結果、森林教室をやった後では森林が気に入ったかと思ったらかえって怖くなってしまったという意外な事実までつきつめた結果が出てきた、非常に楽しい素晴らしい成果だったと思います。

◆国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所長賞

○クヌギ林とクリ林の育成による「広葉樹林業」のモデル構築

～大都市近郊の里山で豊かな生物を育み、生物の多様性を未来につなぐ～

大阪府森林組合豊能支店

関西地方の里山は非常に廃れていて問題になっているところですが、そこを積極的に利用し、組合の技術力を生かして、地べたを這って地道な調査と設計によって、新しい広葉樹林の施業を始めたということが高く評価されました。今後は地元と共に、広葉樹林の高付加価値の林業をどんどん進めていただければと思います。

◆国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所林木育種センター

関西育種場長賞

○アテ空中取り木苗を摘葉することによる活着率向上の可能性について

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林整備センター金沢水源林整備事務所
アテ林業という能登の特有の林業は、なかなか他には馴染みがないものです。今年の大地

震と水害で林業も被災した中で、このアテ林業を非常にわかりやすく説明していただいた上で、復興に向けて新しい技術に取り組んだ、素晴らしい成果を示してくださったということが評価されました。

◆一般社団法人 日本森林技術協会 理事長賞

○冬下刈の取り組みについて

～成長期前後における植栽木の成長量等の検証～

岡山森林管理署

今、夏の下刈はいろいろな問題を抱えている、温暖化でますますひどくなっている中で、どうしたらそれを軽減できるかという観点から、冬下刈というのは皆さん取り組まれてきているところなんです。そういった中でも、月々の成長まで追いかけて貴重な成長のデータを取ったということが非常に評価されました。冬下刈というのは、今では多くの方々が興味を持っておられるところでもありますので、ぜひ他の地域との比較ですとか、連携とかをして、ますます参考になる事例、成果を上げていただければと思います。

◆一般財団法人 日本森林林業振興会 会長賞

○技術開発「檜皮採取試験」の結果報告

～24年間の取組の概要と成果～

京都大阪森林管理事務所・山口森林管理事務所

非常に貴重でなかなかこういった取り組みというのはなされていない、あるいはこういったことも林業としてあるということも、気がつかなかったところですが、特に近畿地方においては、檜皮は貴重な文化財を支える非常に大切な資源であります。しかし、檜皮を取ることに山持ちさんの抵抗感が非常に大きいということもある中で、木材の成長や材質には影響はなく、副収入も上がるといった点を20年以上にわたるこの取り組みの成果として実証的に示したということは、非常に評価されるものだと思います。この成果が今後、近畿地方の山持ちさんや、それから他所のヒノキの生産地に波及していくことを期待しております。

◆森林・林業交流研究発表会 審査委員長賞

○木質バイオマス燃料としての松くい虫被害木の活用について

石川森林管理署

松くい虫の被害は急激に増えてきています。災い転じて福となすと言いますか、一石何鳥と言いますか、国有林の経営に素晴らしい貢献をするだけではなくて、地域のバイオマス需要にも応えたところが評価されました。こういう発想の転換というのが非常に面白いものだと思います。これをきっかけに、ますますこの地域を支える資源の供給ができるようになったらいいと思いますし、またこの明るい話題がほかにも波及して行って、どんどん使われていくことを期待しています。

○ドローンによる獣害防護柵巡視における視認性向上の工夫について

和歌山森林管理署

現場ならではの発想で、現場で苦労されている方が、どうやって巡視を省力化していくかという発想をもとに、素晴らしい成果が出てきたということが評価されました。今後、発表でも言及されていましたが、どんなふうに動物への効果があるかということ解析していただき、あるいは景観に与える影響などについても、検討していただければと考えております。

全体を通して、最初にも申し上げましたけれども、賞を差し上げたご発表と差し上げられなかったご発表、紙一重のところが多かったわけですが、ただどこを分けたか、あるいは賞を受けた方々でも、まだまだもしかしたら直すところがあるかもしれないというところを、総合的に申し上げたいと思います。

まず、こういった研究や開発の取組をなぜやったのかというのが伝わるかどうかということです。「ここにそういったものがあつたからそれやったらこうなりました。」というだけでは「そうですか、それは私の山には関係ありません」ということになってしまいます。自分の取組んだものは、似たようなものはどこにあって、他所とは違うのはどこで、あるいは、自分はなぜそこに注目して取組んだからこういうことをしたということが、最初にわかりやすく説明していただけると、こういう話は自分にとってはこういう風に絡んでくるのだなというのが分かるようになって、そして成果というのが他の人にとっても役に立つようになってきます。そういう説明が足りなかった発表は「ええ、ふ〜ん」ということで終わってしまうことにもなりかねませんでした。

次に、今回はレーザーで材積を求めるなど、レーザー関係の似たような取組がありました。せっかくこういう似たような取組み、やっていることがお互い分かったところですから、ぜひ今度は情報交換をお互いにして、連携して一緒にやるとか、じゃあここ私はこっちを分担して、じゃあこっちを分担してとか、そういったことで繋がっていくことによって、より大きな、より人のために役に立つ情報が得られると思います。ぜひ今回をきっかけに一緒に取組んでいただければと思います。

それから、皆さん研究に一生懸命取り組んでこられたことだと思います。一生懸命やっていると得てして、私自身もそうですけれども、周りが見えなくなってきた、もう世界はそれだけしか見えなくなってくる。みんなこれを知っているはずだ、知らない奴はいるはずがないという気分になってきてしまいます。そうすると、今喋っていることをみんなが知っているのかしらというところで立ち止まれなくなって、いきなり自分の言葉で話し始めてしまうことがあります。これはなかなかやりがちな失敗です。今日どういう方が話を聞きに来ていて、そういう方は何については良く知っていて、何についてはもしかして知らないのではないかとこのところを考えながら、説明について準備していただくと、同じことをやっていても、もっと伝わったかもしれないなというところがいくつかありました。

そして最後に、一生懸命に準備されてきたこのプレゼンテーション、いよいよこの勝負の時に、棒読みになっていた方もいらっしゃいました。棒読みは何が悪いかというと、うつむいてずっとしゃべって、聞いている方々が見えないので、「今の言葉は届いた。今の言葉は響かなかった。今の言葉は届けなくちゃいけなかった。」ということがわかりません。そういったことが、皆さんの顔を見ていればわかって、やりとりしながらしゃべれます。一人でしゃべっていても、実はやりとりをしています。ところがずっと下を向いていると、このやりとりがないので、そういう言葉は聞いている方には抜けていってしまい、なかなか心に響きません。せっかく用意された原稿ですので、原稿を全く見ずに話せということはありますが、半分ぐらいは目を上げて話せるまで練習してくると大分変わると思います。これはある意味プレゼンのテクニックでもあるわけですが、結局、全体を通して申し上げたいことは、聞いている方々のことを考えて話しているかということになると思います。そういったことをちょっと工夫すれば、同じ中身でも非常に素晴らしいものになって、次は賞が取れるかもしれません。ぜひ皆さん、今後も引き続き頑張っていただければと思います。

ありがとうございました。

審査委員

◎国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター

関西育種場 場長 山田 浩雄

森林・林業に携わる若い皆さんが、日々の業務や学業の中で感じる疑問や直面する問題を発表課題に設定して、それらを解決すべく取り組まれた内容は、どれも興味深く、身を乗り出して聞き入ってしまう発表ばかりでした。ありがとうございました。今回取り組まれた成果が、それぞれの疑問や問題の解決、そして業務への実装に繋がることを期待いたします。

発表課題の中には、問題解決に向けての方法が斬新な課題、意外な結果が得られた課題、諸先輩の取り組みをさらに発展させた課題、他の業務などへの応用も期待できる課題などがありました。それぞれの発表課題のアピールポイントはどこなのか？を見極めて、プレゼンを準備することが大切だと感じました。

◎京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 森林・人間関係学研究室

教授 立花 敏

まず見やすいスライドや分かりやすい発表構成を準備して臨んだ方が多かったという印象を持ちました。また、管内森林管理署の皆さんに加えて府県の技術センターや森林大学校、高校等から多様な発表があったことも喜ばしいことでした。発表内容では、現場が抱える課題について現状を分析して改善提案する発表や、10年、15年、24年という長期間にわたって収集したデータを分析した発表があり、それらの成果を管内で共有し、活かしていくことの必要性も認識しました。更なる発表件数の増加に期待したいです。

今後への課題として特に2点を記します。まず、当研究発表会でこれまでに紹介された成果や、他の森林管理局における発表会の成果を踏まえることです。つぎに、フロアとアイコンタクトを取りながら発表することです。それにより、一層活発な発表の場になると思います。

◎フィールドソサイエティ 事務局長 久山 慶子

人の暮らしが森林環境に大きく支えられていた歴史を顧みることなく日々をやり過ごせるようになって、長い時間が経ちました。けれども、受け取り続けるべき恩恵を思うとき、植生豊かな森林の機能、命溢れる草地の恵みなどに代わるものはないはずです。

さまざまな方法や視点で森林を、緑を、「守る」「育てる」「有意義に使う」ための発表をお聴きして、そんな基本的な価値観、自然観の共有こそが望まれました。

環境問題では切迫した言説も囁かれますが、各地の山や森の保全・再生は具体的に地道に取り組まれ続けなくてはなりません。この発表や交流の機会がそれぞれの意義や目標の再確認につながり、いっそう意欲的に歩まれることを祈念いたします。

◎和歌山県林業試験場 場長 東山 貢

審査委員として初めて交流研究発表会に参加し、二日間で19課題の発表を視聴させていただきました。特に感心したのは皆さんがパワーポイントで作成した発表資料がとても見やすくわかりやすかったことです。

管内の森林管理署それぞれの地域課題に沿った発表内容はどれも興味深く、私も初めての見聞もあり好奇心をそそられました。また、3府県の高校生の発表もとても好感が持てました。事務局からの補足説明では、数年にわたって各高校とも継続して取り組んでいるとのことで次年度の発表も大いに期待しています。

引き続き、各地域の課題解決に向けた研究、普及活動で成果が挙がることを祈念します。

◎山口県農林総合技術センター 林業技術研究室 室長 田戸 裕之

発表会に参加し、高校、林業事業体、大学、森林管理事務所等幅広い団体からの発表を聞かせていただきました。全19 課題すべての発表がスムーズに流れており、スキルの高さに驚きました。また、各団体が抱える地域の問題を課題化され、業務の問題解決・ICT 技術を使った取り組み・広葉樹による森林の多様性から木材利用まで、幅の広い分野で、今日的な課題が検討されており、各発表の今後の研究について、興味がわき今後も研究内容を追跡させていただきたいと感じました。今後も成果をまとめ公表していただき、地域連携で問題解決につながる体制にさせていただきますようお願いいたします。

◎近畿中国森林管理局 計画保全部長 三浦 祥子

今回の発表会で特徴的だったことは、森林・林業分野の様々な問題解決に向けて、ICT 活用による森林資源調査や事業施工等について、さらに効率的かつ精度を向上させるための緻密なデータ収集と分析の検証をしている課題が多く、大変レベルの高い興味深い内容でした。

ICT 技術は日進月歩で発展していますので、森林・林業分野以外の ICT 技術も活用しながら、これまで取り組んできた成果をさらに進展させて、将来の森林・林業 DX につながることを期待しています。

◎近畿中国森林管理局 森林整備部長 石上 公彦

発表者の皆様には、それぞれの立場で、業務の傍ら課題に取り組まれ発表された皆様に敬意を表します。

冬下刈の取組は、炎天下の重労働である下刈の労務負担の軽減が期待され、通信状況が悪い山間奥地の森林土木工事への ICT 施工の導入も、今後大いに期待できると感じました。また、小学生との森林教室などを通じて地域の緑を守る取組、アテ空中取り木苗の活着率向上に向けた取組、松くい虫被害木の木質バイオマス燃料利用など地域の特色を生かした活動、長年の試験成果を取りまとめた檜皮採取試験など、多くの素晴らしい発表を聴かせていただきました。

今後も引き続き地域の課題解決に取り組み、地域の森林・林業の再生や森林保全の活動などに反映していただくことを期待しています。

受賞結果

近畿中国森林管理局長賞

○通信環境の悪い山間奥地における ICT 施工の導入について

福井森林管理署 湯地 純子
尾方 祐貴

○地域の緑を守りたい！

～小学生との森林教室を通して～

鳥取県立智頭農林高等学校 酒本 昇

（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所長賞

○クヌギ林とクリ林の育成による「広葉樹林業」のモデル構築

～大都市近郊の里山で豊かな生物を育み、生物の多様性を未来につなぐ～

大阪府森林組合豊能支店 橋田 卓也
小島 洋平

（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター 関西育種場長賞

○アテ空中取り木苗を摘葉することによる活着率向上の可能性について

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林整備センター金沢水源林整備事務所
河原田 裕二
池田 海羅

一般社団法人日本森林技術協会 理事長賞

○冬下刈の取り組みについて

～成長期前後における植栽木の成長量等の検証～

岡山森林管理署 柴田 和紀
安田 真菜

一般財団法人日本森林林業振興会 会長賞

○技術開発「檜皮採取試験」の結果報告

～24 年間の取組の概要と成果～

京都大阪森林管理事務所 内橋 由博
山口森林管理事務所 佐藤 博雅
村木 藍海

森林・林業交流研究発表会 審査委員長賞

○木質バイオマス燃料としての松くい虫被害木の活用について

～国有林材を活用した SDGs への取組～

石川森林管理署 植 村 茜
山 口 静 瑠

○ドローンによる獣害防護柵巡視における視認性向上の工夫について

和歌山森林管理署 畑 中 宣 輝
正 司 康 智

審査委員名簿

| | |
|---------|---|
| 審査委員長 | 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所 支 所 長 鷹 尾 元 |
| 審 査 委 員 | 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター 関西育種場 場 長 山 田 浩 雄 |
| 〃 | 京都大学大学院 農学研究科 教 授 立 花 敏 |
| 〃 | フィールドソサイエティー 事 務 局 長 久 山 慶 子 |
| 〃 | 和歌山県林業試験場 場 長 東 山 貢 |
| 〃 | 山口県農林総合技術センター農林業技術部 林業技術研究室長 田 戸 裕 之 |
| 〃 | 近畿中国森林管理局 計画保全部長 三 浦 祥 子 |
| 〃 | 近畿中国森林管理局 森林整備部長 石 上 公 彦 |

令和7年（2025年）3月発行

令和6年度 森林・林業交流研究発表集録
（通算57回）

編集・発行 近畿中国森林管理局
〒530-0042
大阪市北区天満橋1丁目8番75号
TEL：050-3160-6749（技術普及課）
E-mail：kc_fukyu@maff.go.jp