



ISSN 1341-8394

令和5年度

森林総合研究所事業報告

2024年10月

山梨県森林総合研究所

目次

I 試験研究事業

希少植物等の生息域外保全研究	2
再造林の低コスト化に関する研究	4
カシノナガキクイムシの被害拡大に及ぼす因子に関する研究	6
山梨県におけるコウヨウザンの植栽可能性に関する研究	8
ニホンジカによる鉄道衝突事故の要因解明と対策に関する研究	10
小規模流域における土砂流出対策のための水文地形的要因に関する研究	12
落葉広葉樹伐採後の更新初期過程に関する研究	14
針広混交林化のための間伐手法に関する研究	16
UAV、ICT 機器を活用した森林整備事業の業務効率化	18
産業用マルチコプターを用いたマツクイムシ防除等の検討	20
素材生産性向上に着目した工程管理手法の検討	22
カシノナガキクイムシ被害木の有効利用に関する研究	24
県産構造用製材品の品質管理基準に関する研究	26
デジタル木材検収システム検証試験	28
バッテリー式草刈機による下刈り作業の検証	30
林業重機「フォワーダー」の無人運転化に関する研究	32
高齢級人工林の適切な管理技術に関する研究	34
トリュフ栽培に適した森林環境に関する研究	36
森林空間を利用した山菜等栽培方法に関する研究	38
山梨県産キノコの抽出成分に関する研究	40
下刈り作業の機械化に向けた研究	42
スマート林業導入のための森林資源量のデジタル化	44

II 受託等調査研究事業

カシノナガキクイムシ生息状況モニタリング	47
カシノナガキクイムシ発生予察	49
県有林モニタリング調査	51
森林環境税モニタリング調査	53
富士スバルライン沿線緑化試験	55
ニホンジカとその個体数管理が森林限界・樹木限界に及ぼす影響の解明	57
ニホンジカによる植生への現在の影響は深刻なのか？ 過去数千年の個体群動態からの検証	59
水源涵養機能の確保に向けたニホンジカと森林下層植生の管理に関する研究	61
ヒノキ花粉症対策品種の円滑な生産支援	63

III 種苗林木育種事業等

苗木養成	66
採種園の管理	66
種子採取	67
種子の発芽検定	68
富士吉田試験園の概要	69

IV 八ヶ岳薬用植物園

「山の幸教室」開催実績	72
利用状況	73

V 森の教室

開催事業実績	75
利用状況	76

VI 研修事業

基礎研修（教員指導者養成研修）	79
専門研修	80
技能者養成研修	81

VII 普及指導事業

研究業績の発表	83
林業相談・現地指導・講師派遣	85
視察見学・広報活動・研修受入	92

VIII 総務

組織・職員	94
位置	96
予算	97
土地・建物	98

I 試 驗 研 究 事 業

生 產 科
環 境 科
資 源 利 用 科

1 課題名 希少植物等の生息域外保全研究

2 研究期間 令和元年度～令和8年度

3 担当者 西川浩己・林 耕太

4 目的

本県には山梨県レッドデータブック・環境省レッドデータブックに絶滅危惧ⅠA類にランク付けされた非常に貴重な種が多数生育している。本県では希少野生動植物種の保護に関する条例、種の保存法、森林法等により、これらの保護に努めている。しかし、自生地では野生動物による食害、不法採取等による個体数の減少が認められ、多数の種が絶滅の危険にさらされている。そのため当研究所では、希少種について、所内で増殖・保存技術の開発を行っている。希少種の現地外保存においては、将来的な遺伝的多様性まで考慮すると、種子からの増殖が望ましいが、個体数が著しく少ない種の場合は植物体からの増殖も検討する必要がある。また、将来的な絶滅のリスクが生じた場合に備えた自生地に戻すための技術開発も検討する必要がある。

そこで本研究では、バイテク等により、希少植物種の保護・増殖および現地適応のための技術の開発を行う。

5 試験方法

1) ホザキツキヌキノウの増殖

ホザキツキヌキノウ（スイカズラ科）は、山梨県レッドデータブック・環境省レッドデータブック共に絶滅危惧ⅠA類にランク付けされており、その生息地は日本においては山梨県のみとされている。現在生育の把握されている個体もごくわずかであり、生育地での保護と共に生息域外保全の必要性が高まっている。そこで、自生地より採取した種子による増殖方法を検討するため、発芽可能な充実種子の識別を行った。

2) タカネマンテマの試験管内での安定保存

タカネマンテマ（ナデシコ科）は、山梨県希少野生動植物の保護に関する条例で指定されているが、自生地では個体数が減少し、山梨県レッドデータブックでは絶滅危惧ⅠA類にランクされ、絶滅の危険性が極めて高い。これまでタカネマンテマの保護のため、組織培養による増殖法を開発し、培養保存技術についても検討してきた。培養している幼植物体の安定保存のため、継代培養における移植時期について検討した。

3) クガイソウの無菌条件化での人工種子の作成

クガイソウについては、試験管内での保存を行っているが、将来的な絶滅のリスクが生じた場合に備え、自生地に戻すための技術を検討する必要がある。培養物を自生地で育苗でき、運搬が容易な手法として5～7mm程度の長さの腋芽を含む切片を1/2MS培地のみのアルギン酸ゲルでコーティングしてカプセル化して人工種子の作成を検討した。

6 結果と考察

1) ホザキツキヌキノウの増殖

2023年度に採種した種子について水選、エタノール選を行った。水選、エタノール選で沈む種子が多く観察された。沈んだ種子については、爪切りで種皮を処理し播種した（写真1）。現在経過を観察中である。

2) タカネマンテマの試験管内での安定保存

幼植物体の安定保存のため、継代培養における移植時期を120、180、240日間隔として、幼植物体を育成した。120、180日間隔で移植した場合、シュートは伸長・発根して、緑色の生

育活性のある幼植物体が育成された（写真2）。しかし240日間隔で移植した場合、幼植物体は枯死した。今後の培養保存では、180日間隔での移植が必要であると考えられた。

3) クガイソウの無菌条件化での人工種子の作成

栄養成分のない蒸留水のみで固化した培地でも、人工種子は発芽、発根することが可能であった（写真3）。今後の非無菌条件化での播種について検討が可能となった。



写真1 クガイソウの播種の状況

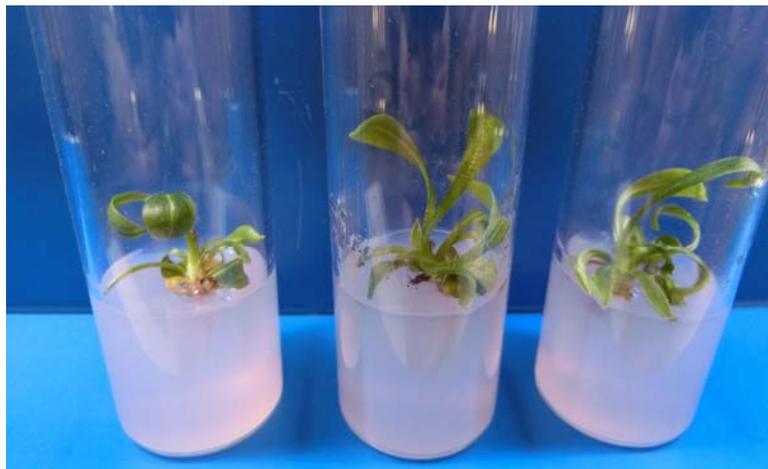


写真2 タカネマンテマの試験管内保存（移植したシュートの伸長・発根）



写真3 クガイソウの無菌条件化での人工種子の発芽・発根

1 課題名 再造林の低コスト化に関する研究

2 研究期間 令和4年度～令和7年度

3 担当者 長谷川喬平・長池卓男・林 耕太

4 目的

造林コスト削減のため低密度植栽における最適な下刈方法や獣害防除方法について調査し、低コストで確実な再造林手法について検討する。今年度は北杜市高根町清里の試験地について報告する。

5 試験方法

1) 試験地概要

当該箇所は標高1200～1300mに位置し、2022年に架線による全木集材でカラマツを主伐（皆伐）し、2023年の春にカラマツの裸大苗（規格呼称「大外」苗長80cm以上）を1200本/haで植栽した造林地である。獣害防止柵や単木防除資材などは施工していない。

造林地は、主伐時の材積を重視するため間伐は基本的に実施せず、侵入してきた広葉樹も収穫対象とするため除伐もしない計画である。大苗植栽により下刈の省力・省略も狙いであることから、2023年は下刈を実施していない。

2) 調査プロットおよび調査内容

試験地内に0.06ha（20×30m）の調査プロットを2箇所設定し、2023年の8月に植栽木の調査を行った。また植栽木と周囲の植生との競合状態を山川ら（2016）の基準を参考として調査した。

3) 広葉樹侵入量調査

2023年9月に調査プロット内で更新している高木性広葉樹について、プロットを10m×10mのグリッドに区切り、その中で周囲の植生よりも高い（梢端が露出している）個体をカウントした。一株から複数萌芽している場合は、株を単位としてカウントした。

6 結果と考察

植栽木の枯死率を図1に示す。枯死率はプロット1で約12%、プロット2で21%であった。大苗は活着率が低くなると言われるが、8割程度は活着していることから、大きな問題にはならないと思われた。ただし、植栽本数が少ないため今後の本数の減少にも注意が必要となる。

植栽木の平均樹高はプロット1で116cm、プロット2で113cm程度であった。100cmを超えるものが多かったためか、植生との競合状態は60～70%はC2かC1であり（図2）、周囲の植生から樹冠が抜け出ているものが多かった。植栽木と競合している植生はキイチゴ類が多く、翌年も同程度の高さにしかないと想定されるため、下刈は不要となる可能性もある。

広葉樹の侵入状況はプロット1では全体平均で本数密度2100本/ha、平均樹高69.9cmであった。プロット2では本数密度1733本/ha、平均樹高79.4cmであった。これらの多くは前生稚樹やそれらの萌芽個体であると考えられた。また植生に被圧されて今回の調査では対象外となった個体も相当数確認している。したがって広葉樹の更新も期待される。

以上の点から、現時点ではカラマツと広葉樹の混交林状態となることが予測される。

参考文献

山川博美・重永英年・荒木眞岳・野宮治人（2016）スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響. 日林誌 98:24-246

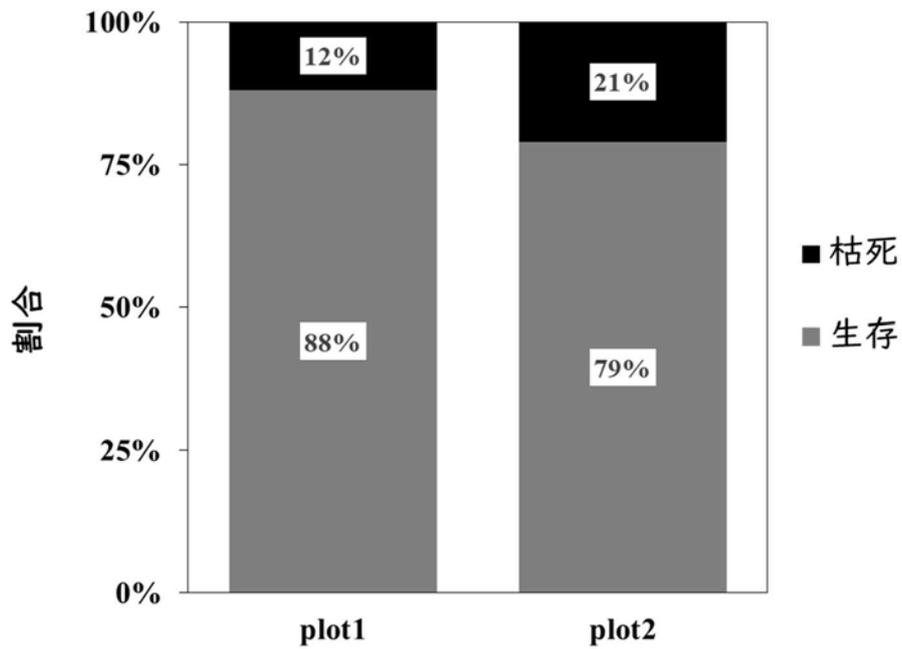


図 1 植栽木の枯死率

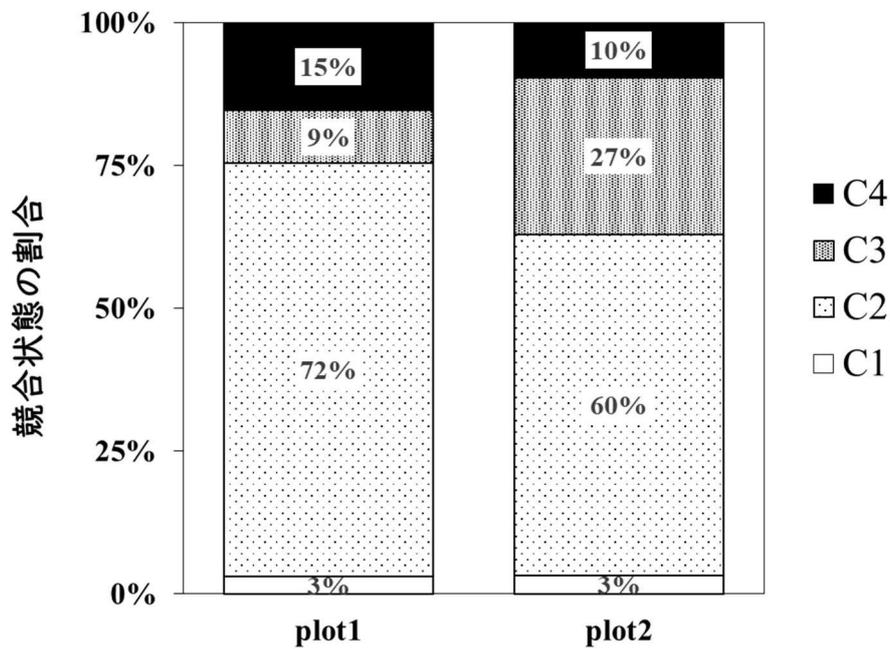


図 2 競合状態の割合

- C1：植栽木の樹冠の半分以上が周囲の植生より高く被圧を受けていない
- C2：植栽木の樹冠の半分以上被圧を受けているが梢端や樹冠上方は抜け出ている
- C3：植栽木の梢端と周囲の植生の高さが同じくらい
- C4：植栽木が周囲の植生に完全に被圧されている

1 課題名 カシノナガキクイムシの被害拡大に及ぼす因子に関する研究

2 研究期間 令和4年度～令和5年度

3 担当者 長谷川喬平・大澤正嗣

4 目的

ナラ枯れ被害の拡大防止のため被害木の処理（薬剤処理や粘着シート敷設）が実施されているが、被害量の増加に伴い処理の負担が大きくなっている。ナラ枯れはカシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）が媒介し、被害木を放置しておくとその中で繁殖する。被害木の処理はこのカシナガの駆除を目的に行うものである。しかし、積雪の多い日本海側では800m以上の標高ではカシナガが繁殖に失敗するという報告がある。カシナガが繁殖できないのであれば被害木を処理する必要がなくなるため、負担を抑えることができる。山梨県では標高1500mまで被害が確認されていることから、繁殖限界は日本海側よりも高いと想定されるため、本県におけるカシナガの繁殖限界を調査する。

5 試験方法

試験木は2022年にナラ枯れにより枯死した鳴沢村の県有林内のミズナラ13本を用いた。2022年11月25～12月2日に伐倒し、1.5mに玉切りを行った。上部にもカシナガの穿孔が確認された枯死木は2番玉まで使用し、合計24本の丸太を作成した。

未被害地に被害木を持ち込めないため、既に被害が出ている富士山麓を設置箇所とした。標高900m～1600mにかけて、100m毎に被害木丸太を3本設置した。設置期間は2022年12月初旬～2023年5月末とし、針葉樹林内の立木に立て掛けて設置した（写真1）。2023年6月に研究所に持ち帰り、トラップの中に入れ（写真2）、カシナガが羽化してくるか観察を行った。

6 結果と考察

2023年の10月まで発生を観察したところ、カシナガと同じナガキクイムシ科であるチュウガタナガキクイムシの発生がみられた（標高1000、1100、1400、1500、1600m地点に設置丸太）。しかし、カシナガはどの標高から持ち帰った被害材からも捕獲されなかった。

2023年の冬に試験木を割材したところ、すべての丸太からカシナガの坑道と思われる穿孔痕跡や、蛹室の形跡などは確認された。そのため、カシナガは穿孔後の繁殖活動中に死亡したものと考えられる。しかし、環境条件によるものなのか、病気や天敵等によるものであるかは不明である。

2023年は他にも「カシノナガキクイムシ被害木の有効利用に関する研究」において、山中湖村の標高1000m地点にナラ枯れ被害木の丸太（ミズナラ、30cm）を12本、「カシノナガキクイムシ発生予察」において、富士吉田市の標高800m地点に被害木丸太（ミズナラ、30cm）2本について、同様の発生観察を実施した。これら被害木のうち800mに設置した被害木は、本試験と同じく鳴沢村の県有林内から、標高1000mに設置したものは、山中湖村内の民有林内で発生した枯死木を用いた。しかし、いずれの被害木からもカシナガの発生は見られなかった。

以上の結果から、今年度の繁殖限界となる標高は明らかにできなかった。本試験研究課題は今年度で終了するが、2023年12月にも同様の内容で被害木の設置を行っているため、継続して調査を実施し発生の観察を継続する予定である。



写真 1 被害木設置状況



写真 2 羽化トラップ

1 課題名 山梨県におけるコウヨウザンの植栽可能性に関する研究

2 研究期間 平成31年度～令和5年度

3 担当者 長池卓男・西川浩己・長谷川喬平

4 目的

早生樹造林は、用材用としてコウヨウザンなど、木質バイオマス用としてヤナギ類などを対象に、近年増加している。2016年5月改正の森林・林業基本計画においても、「再生利用が困難な荒廃農地の森林としての活用」のため、「早生樹種等の実証的な植栽等に取り組む」とされている。将来的に、山梨県においてもコウヨウザン等の早生樹造林が行政課題となる可能性があり、その実行可能性を先行的に研究する必要がある。一方で、特に外来早生樹に関しては定着・拡散が世界的に問題となっているため、導入にあたっての検討が必要である。

そこで本研究では、コウヨウザンについて、植栽適地判定、主要造林樹種との成長比較、逸出に関連する天然更新可能性を明らかにすることで、山梨県における植栽可能性について研究する。

5 試験方法

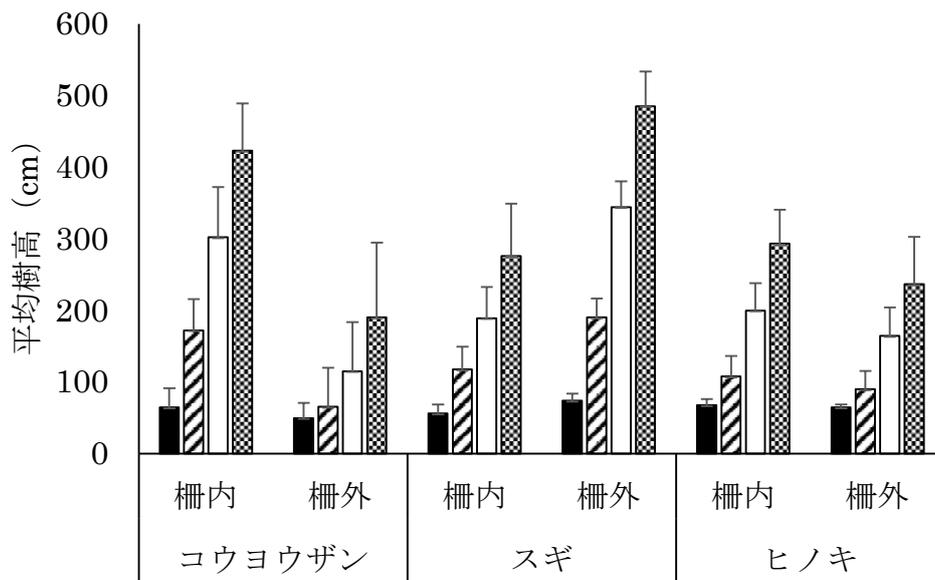
2019年5月、当所苗畑（富士川町）、南部林木育種園（南部町）にコウヨウザン・スギ・ヒノキの試験植栽地を造成し、成長経過を把握・比較する研究を開始した。富士川町ではコウヨウザン40本、スギ・ヒノキを各30本植栽した。南部町では、植生保護柵内外に、この3種をそれぞれ10本ずつ植栽した。また、シミック八ヶ岳薬用植物園（北杜市）では、コウヨウザンを15本植栽した。また、2020年3月、当所苗畑に7本、南部林木育種園の柵内外に10本ずつ、4月に八ヶ岳薬用植物園に13本のコウヨウザンをそれぞれ補植し、成長やニホンジカ等による食害傾向を記録した。

天然更新可能性を評価するために以下の試験を実施した。2019年6月、コウヨウザンを植栽した場所と、隣接する林内において、50×50cmの調査区を5ヶ所ずつ設置し、それぞれに0.3g（約40粒）播種し、覆土した。その後、この調査区内で発生・生存した実生を計数した。この調査は、当所苗畑（富士川町）、南部林木育種園（南部町）、シミック八ヶ岳薬用植物園（北杜市）において実施した。

6 結果と考察

図1に、南部町での2023年12月まで植栽木の平均樹高の変化をそれぞれ示した。柵内ではコウヨウザン>ヒノキ>スギの順で、柵外ではスギ>ヒノキ>コウヨウザンの順で、高かった。コウヨウザンは、特に柵内外での樹高差が大きく、柵外での成長はニホンジカやノウサギによる摂食に大きく影響されていた。写真1は、2020年3月に南部町に植栽した植生保護柵内外のコウヨウザンである。植生保護柵外では、樹高や枝張りが小さく、摂食による影響が大きい。したがって、ニホンジカやノウサギによる摂食の影響が懸念される場所では、スギやヒノキよりも防除の必要性が高いと思われた。

図2に、播種したコウヨウザンの実生数を示した。植栽地では発生は見られなかったが、林内では発生していた。播種当年および翌年まで実生は生存していたが2年後に実生は消滅していた。実生発生後の光環境等が改善されることがあれば実生の生存可能性が高まることが示唆された。

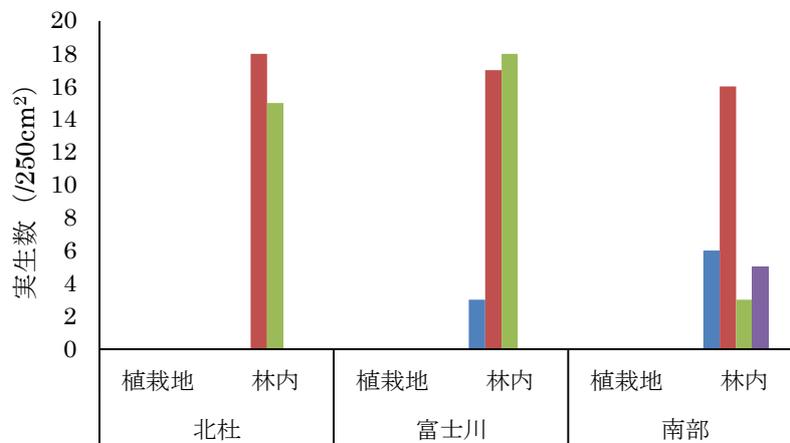


■ 2019年11月 ▨ 2021年4月 □ 2021年12月 ▩ 2023年12月

図1 南部町における3種の平均樹高の変化 (2019年5月植栽)



写真1 植生保護柵内外のコウヨウザン



■ 2019年7月 ■ 2019年8月 ■ 2019年11月 ■ 2020年5月 ■ 2021年5月

図2 天然更新可能性調査の結果

1 課題名 ニホンジカによる鉄道衝突事故の要因解明と対策に関する研究

2 研究期間 令和3年度～令和5年度

3 担当者 林 耕太・長池卓男

4 目的

県内のJR身延線においては、これまでも侵入防止柵の設置をはじめとして対策を実施しているが、ニホンジカとの衝突事故は近年多発しており、2009年度の36件から2022年度には約300件に増加している。レールの鉄分がニホンジカを誘引している可能性があるものの、衝突事故発生地点の多くは、田畑、人家等が近接しており、電車の往来の危険性からも休息場所や餌場として適地ではなく、必ずしも安全な場所ではない線路へニホンジカが侵入している理由については不明な点が多い。そこで、山梨県内のJR身延線沿線を対象に、鉄道衝突事故が多発する要因を明らかにする研究を行った。

5 試験方法

1) 沿線地域でのニホンジカの行動

2021年5月から峡南地域のJR身延線沿線の線路脇、山林、農地、富士川河川敷に自動撮影カメラ(Lt1-Acorn 6210 Plus)を合計28台設置してニホンジカの沿線での出没頻度を観察した。撮影はタイムラプス撮影を用いてニホンジカの有無に関わらず5分間隔で撮影を行った。また、タイムラプス撮影した写真はMegaDetector (Beery et al., 2019)という機械学習モデルを用いて動物が撮影された画像を検出して、ニホンジカの撮影個体数を計数した。

2) 線路上の動画撮影による行動記録

線路脇に設置したカメラのうち3台は動画撮影を行い、午後4時から午前6時の夜間帯に出現したニホンジカを赤外線センサ検知によって30秒間撮影した。撮影されたニホンジカについて行動様式(レール舐め・食草・警戒・座り込み)を記録した。

3) 線路への出没箇所の特徴

JR東海から提供されたニホンジカ出没箇所と衝突箇所のデータを用いて、どのような環境で線路にニホンジカが出没し、事故が発生しているか統計解析を行った。周囲の環境要因には高解像度土地利用土地被覆図(JAXA提供)、数値標高データを用いた。

6 結果と考察

1) 周辺地域でのニホンジカの行動

自動撮影カメラに写ったニホンジカの出没量を調べた結果、山林内だけでなく田畑や河川敷にも多数のニホンジカが出没していたことが確認された(図1、2)。中でも河川敷には毎年出産期や繁殖期に多く出没していた場所もあり(図1)、ニホンジカの生活環に重要な役割を果たしていることが示唆された。一方で線路に出没したニホンジカは山林や河川敷と比べると数は多くはないものの、年間を通して出没しており、列車の運行のない深夜から明け方に集中して出没し、列車の運行をある程度避けて行動している様子が確認できた(図2)。

2) 線路に鉄を舐めて来ているのか?

線路上でのニホンジカの行動を動画撮影したところ、線路を舐めている様子はほとんど観察されなかった。線路脇で草を食んでいるか単に移動している個体が大半であり、出没要因として鉄分欲求を支持する結果は得られなかった。

3) 衝突箇所にはどのような特徴があるのか?

JR東海から提供を受けた衝突事故や発見報告のデータを統計解析した結果、森林に隣接している場所でニホンジカが多く線路に出没しているが(図3)、出没時期の変動は山林より河川

敷の方が近く（図 5）、線路へ出没するシカは人間活動に馴れた一部のシカが多いことが示唆された。またフェンスや擁壁等の物理的障壁は事故防止効果が高くなかった（図 4）。

以上の結果から富士川河川敷がニホンジカにとって有用な場所になっており、その対策が鉄道衝突事故並びに地域の被害対策のために重要であることが明らかになった。また農地等に出没する人馴れた個体が鉄道衝突事故の原因にもなっていることが示唆され、地域の獣害対策が鉄道事故対策上でも重要だと考えられた。線路への物理的侵入防止には限界があり、列車をより警戒させる手段の方が有効な可能性が示唆された。

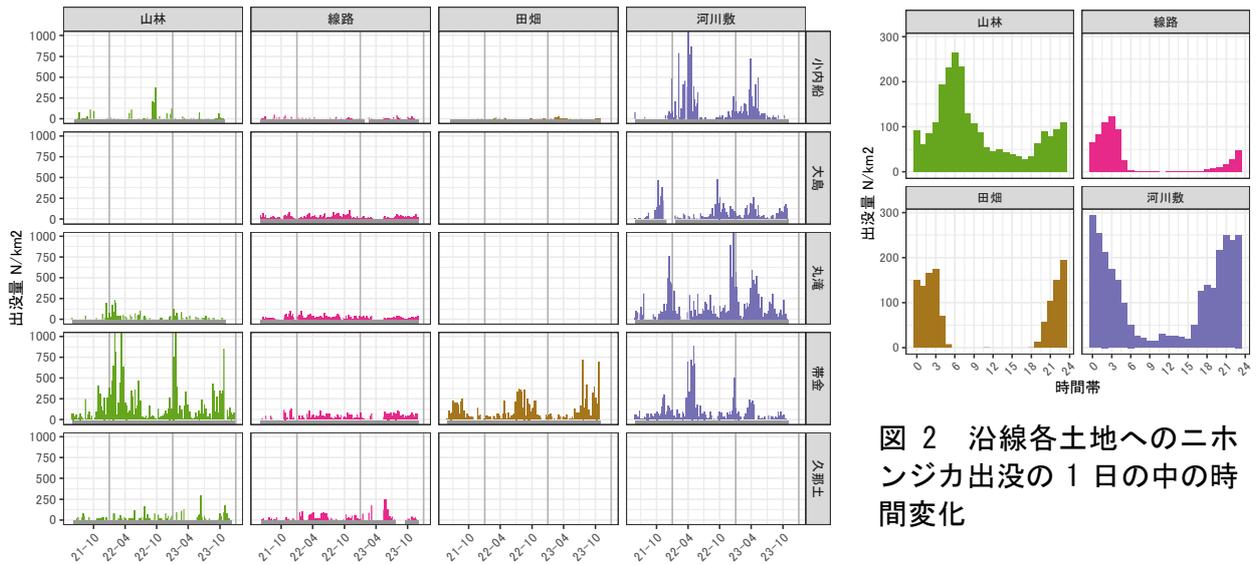


図 2 沿線各土地へのニホンジカ出没の 1 日の中の時間変化

図 1 沿線の各土地へのニホンジカ出没の季節変化

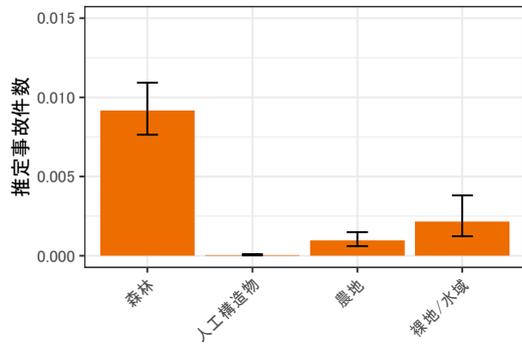


図 3 周囲の環境の衝突事故への影響

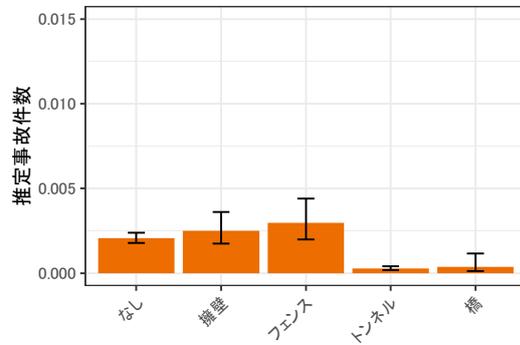


図 4 侵入障害物と事故発生量の関係

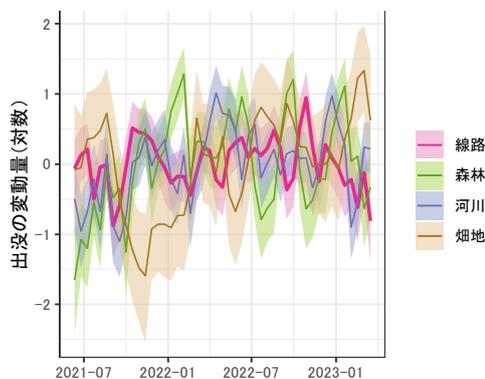


図 5 線路と周辺のカメラへのニホンジカの出没

1 小規模流域における土砂流出対策のための水文地形的要因に関する研究

2 研究期間 令和3年度～令和6年度

3 担当者 廣瀬 満・長池卓男

4 目 的

近年は気候変動等によって、多くの集中豪雨や台風の強大化、線状降水帯など気象の変化が激しく、毎年のように「数十年に1度の大雨」が発生している。普段は流水が確認できない河川でも、雨の強度が一定以上になると、流木や土砂流出の可能性があるが、その発生は気象条件と現地の状況から、実際にいつ、どのようなタイミングで起きているかは確認できていない。降雨強度の高まりが土砂流出を多発させており、土砂流出の発生予測はその対策のためにも必要とされている。

山地から土砂流出が発生する要因としては、傾斜、土砂堆積量、地質等の地形的要素や植生状況などの素因と、降水量、浸透量、河川流量等の水文要素の誘因がある。それらの関連について明らかにすることは、土砂流出の発生条件の予測に繋がると考えられる。小流域の土砂流出に及ぼす水文地形的要因を解明し、流域の土砂発生源対策に向けた解析を行う。

5 試験方法

- 1) 小流域内にセンサーカメラを設置し、定期的に撮影された画像から流出を把握する。また、下流のダム堆積量を計測し、降水量との関係を解析することで土砂流出応答について明らかにする。
- 2) 流域の解析を行い、土砂流出の要因となる素因と誘因についての関係性について解析し、小流域の治山事業等への技術基準を検討する。

6 結果と考察

- 1) 試験流域では普段は流水が確認できないが、タイムラプスカメラの解析から、降雨後に流水が現れ、侵食痕も確認できた。このことから、降雨による流水の出現と土砂の運搬が起きていることがわかった（写真1）。また、下流の砂溜工の土砂堆積量について3Dレーザー測量を行い、解析中である（写真2）。



写真1 2023年6月8日降雨時の流水状況

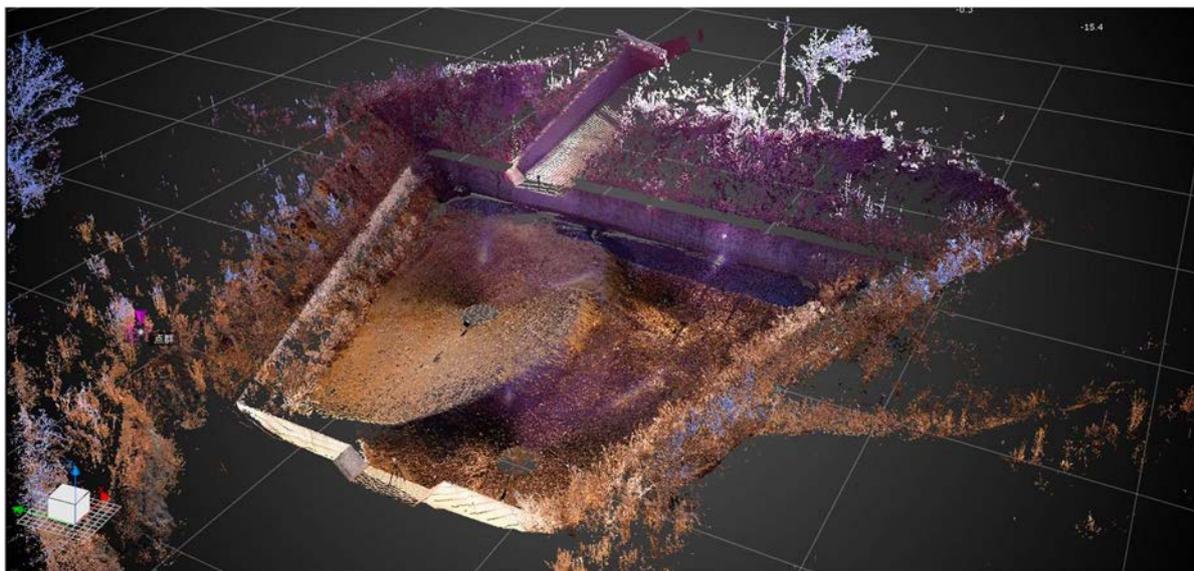


写真 2 下流砂溜工の土砂堆積状況 (3D レーザ画像)

2) タイムラプスカメラの撮影状況と降水量、林内雨量等からイベントごとに降雨、流出解析を行った。図 1 は 2023 年 6 月 8 日の降雨イベントである。総降水量 50 ミリで最大時間雨量は 9 ミリ、最大 10 分間雨量は 2 ミリである。降雨開始直後は流水は確認できないが、イベント後半の連続した降雨時に濁流が起き、水と土砂の運搬が起きていることが確認できた。

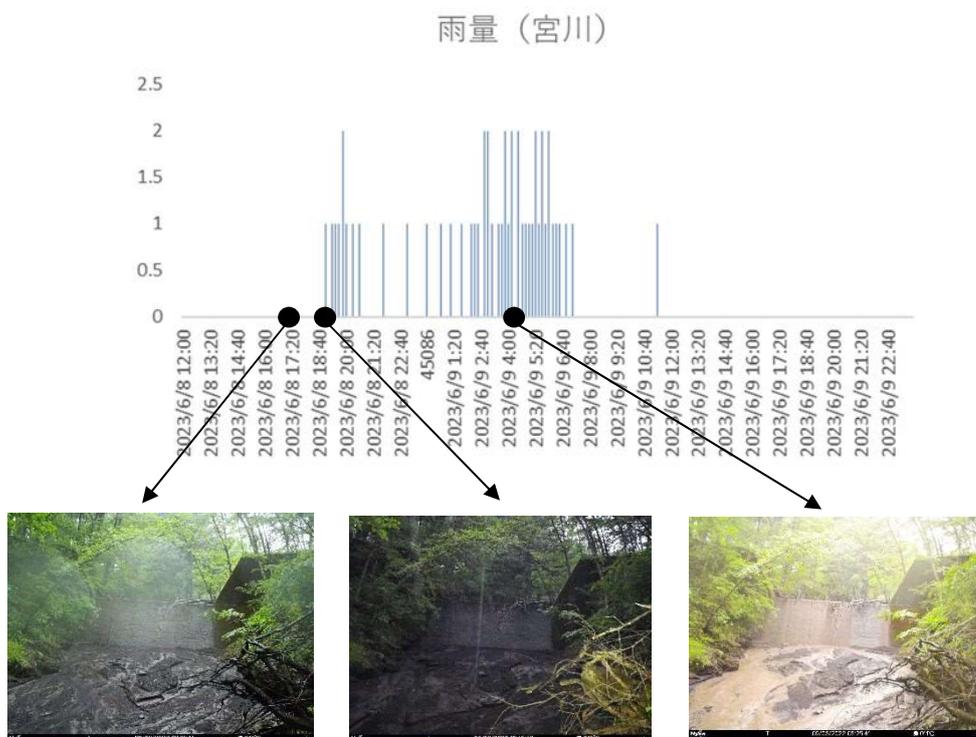


図 1 降雨イベント時の降水量と現地の流出の様子

1 課題名 落葉広葉樹伐採後の更新初期過程に関する研究

2 研究期間 令和4年度～令和6年度

3 担当者 長池卓男・長谷川喬平・林 耕太・玉田勝也

4 目的

主に薪炭林として利用されてきた落葉広葉樹林の多くは、木質資源として利用されないことにより老齢・大径化している。その有効活用やナラ枯れ罹患リスク低減のために林分の更新が求められており、2021年度からの第4次県有林管理計画では「広葉樹資源の利活用の推進」が重点取組事項としてあげられている。

落葉広葉樹林は多樹種で構成されていることが多く、構成樹種によって管理方法が異なることが想定されるため、県内の落葉広葉樹林を類型化する必要がある。また、実際に伐採する林分においては、林分やニホンジカの状況を施業前から把握し、施業後の変化を記録する。伐採後のいくつかの林分については、植生保護柵を設置し、ニホンジカの更新に及ぼす影響を定量化する。これらの結果を基に、どのような樹種組成やサイズ構造をもつ林分は、伐採後に天然更新が可能かをニホンジカの生息状況と合わせて明らかにする。

5 試験方法

2022年度に、落葉広葉樹林を類型化するために調査実施予定地を約30林分抽出した。そのうち、富士川町～北杜市にかけての11林分に調査地を設定し、樹種やサイズ構造を把握した。調査区の大きさは、10×40mで、胸高直径3cm以上の立木を対象に毎木調査を実施した。また、ニホンジカによる樹皮剥皮の度合いや、ナラ類についてはカシノナガキクイムシの穿孔の有無も記録した。

6 結果と考察

表1に、調査区の概要を示した。出現樹種数は、12～21種に範囲した。立木密度で優占していた樹種には、アカシデ、イヌブナ、コナラ、ミズナラ、リョウブ等が見られた(図1)。中北418林班り1小班は、コナラが立木密度、胸高断面積合計ともに優占し(図2)、その平均胸高直径は29.4cmと、比較的発達した林分であった。峡南120林班ろ5小班はコナラにカシノナガキクイムシの穿孔が見られたが枯死木は見られなかった。

表1 調査林分の概況

管内	林小班	斜度(度)	方位	標高(m)	出現樹種数
中北	43と6	40	SE	1250	12
中北	48い13	25	WSW	1115	18
中北	55り5	25	SSE	1230	13
中北	458い18	25	ESE	1120	14
中北	459い18	25	ESE	1245	19
中北	459い12	30	N	1290	18
中北	418り1	0	—	870	16
峡南	110い8	35	NNW	1440	21
峡南	120い2	30	SE	1090	21
峡南	129い6	40	S	1270	14
中北	407い1	35	SSE	1310	13

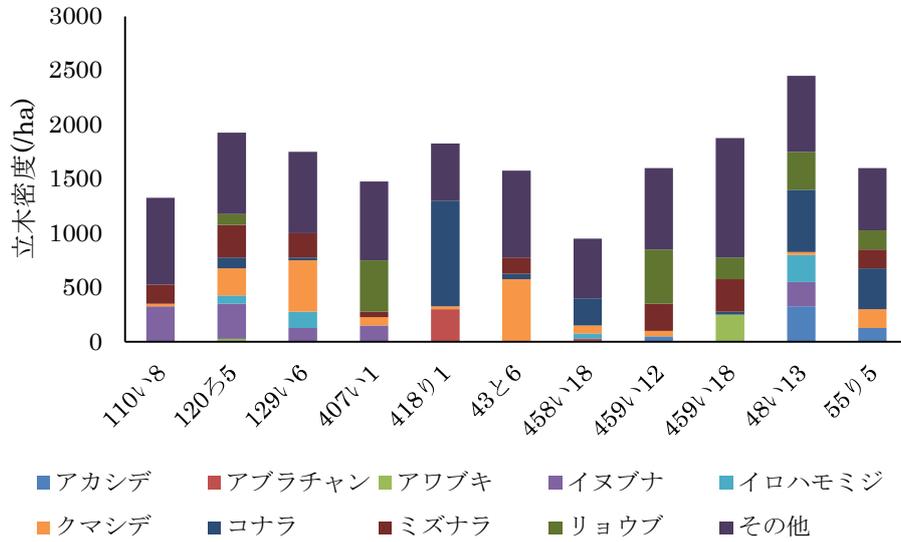


図1 調査区の立木密度

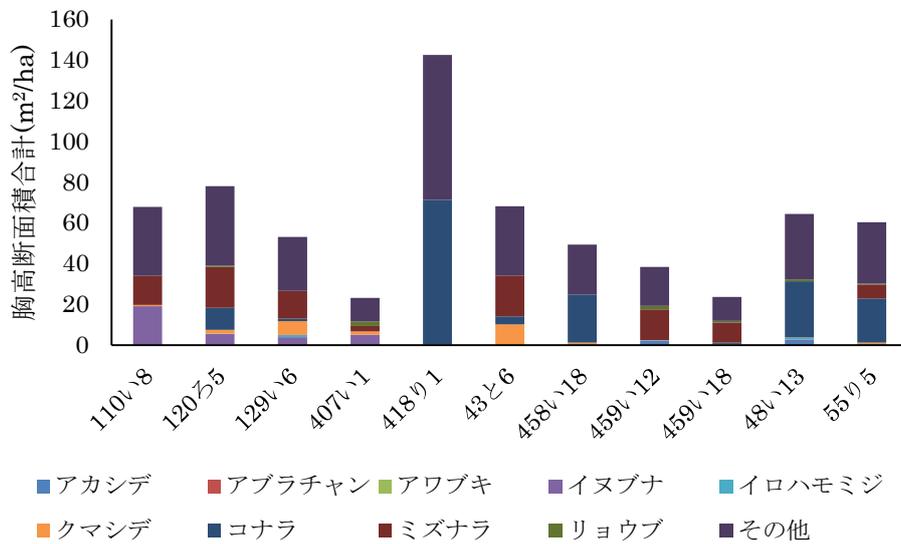


図2 調査区の胸高断面積合計

1 課題名 針広混交林化のための間伐手法に関する研究

2 研究期間 令和4年度～令和5年度

3 担当者 長池卓男・長谷川喬平

4 目的

2019年4月施行の森林経営管理法により、森林所有者が森林の管理を行う意思がなく、林業経営に適していない森林は、2019年度から開始された森林環境譲与税を活用し、市町村が管理を行うこととなった。一方で、市町村には林業技術職は少ないため、林業経営に適した森林・適していない森林の判断等、技術的な支援が必要とされている。

また、山梨県では2012年より森林環境税を導入し、保育作業が進んでいない針葉樹人工林を対象に針広混交林化を目指した抜き伐りを実施している。しかし、実施後も針広混交林化が進んでいない人工林も見られている。

市町村森林経営管理を支援するために、林業経営に適した森林の判断や針広混交林化のための技術的な検討を行うための研究を実施する。

5 試験方法

2023年度は、県有林の作業団で公益移行林である森林において、針広混交林化の状況を把握した。対象林分は、2005年に鳴沢村の標高約1500mのシラビソ人工林（当時44年生）を約10m幅で伐採した林分で、2007年に5種の落葉広葉樹（ブナ、ミズナラ、ヤマハンノキ、イロハモミジ、ヤマザクラ）が1000本/haの密度でランダムに植栽された。2010、16、23年に、シラビソ人工林生育木、落葉広葉樹植栽木、天然更新木の成長と生残を調査した。

6 結果と考察

シラビソ人工林生育木（胸高直径3cm以上）はダケカンバなど少数の天然更新木を含め、2010年の502本/haから2023年の471本/haと若干の減少が見られた。落葉広葉樹植栽木は、2010年の646本/ha、2016年の397本/ha、2023年の332本/haと約半減していた。中でもヤマハンノキの減少が著しかった。天然更新木（樹高30cm以上）は、2010年には見られなかったものの、2016年に267本/ha、2023年に274本/haが見られ、そのほとんどはカラマツであった。平均樹高では、落葉広葉樹植栽木は2010年の150cm、2016年の240cm、2023年の361cm、天然更新木では2016年の189cm、2023年の346cmであった。落葉広葉樹植栽木を樹種別で見ると、ヤマハンノキが最も高く、次いでヤマザクラであった（図1）。カラマツの天然更新木は、その約半数がニホンジカによって剥皮されていた（図2）。

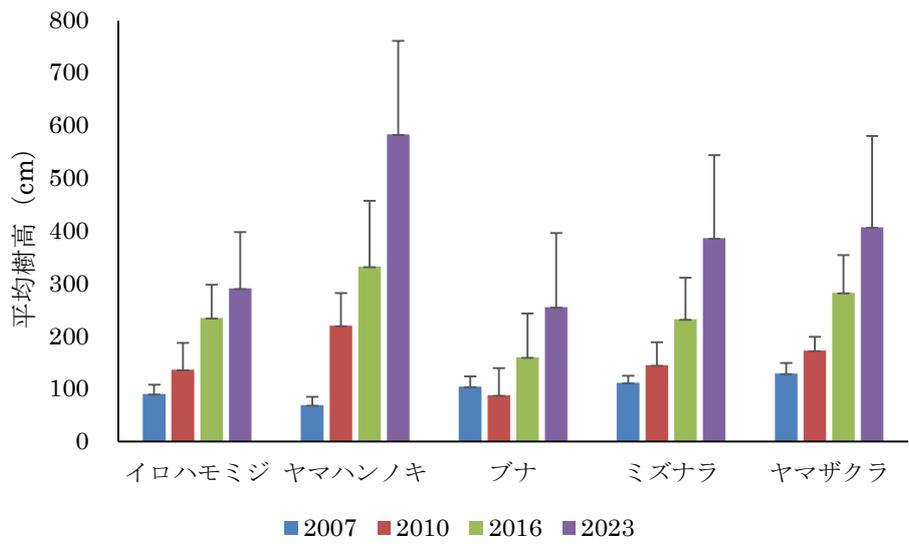


図1 平均樹高の変化

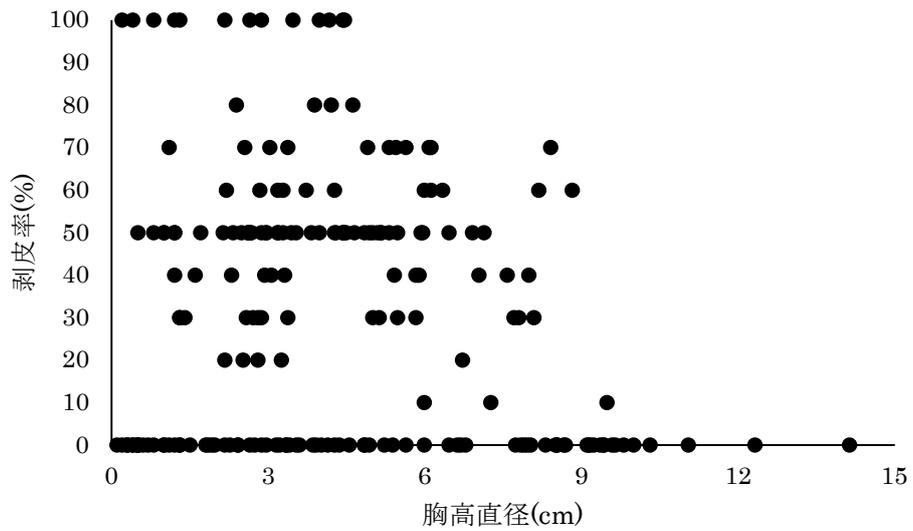


図2 天然更新したカラマツにおける胸高直径とニホンジカによる剥皮率 (幹の全周に対する剥皮されている部分の割合)

1 課題名 UAV、ICT機器を活用した森林整備事業の業務効率化

2 研究期間 令和3年度～令和5年度

3 担当者 大地純平・小澤雅之

4 目的

現場ニーズを踏まえ、県森林整備事業を中心にUAV、ICT機器を活用した計画および検査業務効率化手法を開発し、普及する。

5 試験方法

1) UAVを用いた業務効率化（間伐作業地の撮影、作業前後比較方法）

2023年度は、UAVを用いた写真計測により間伐作業地の作業確認を行うことができるか実際の作業地での試験を実施し、課題について検討した。

間伐作業地の作業前後の比較を行うため、間伐作業前、間伐作業後に撮影（計2回）を行いオルソ画像、表層モデルを作成し比較した。撮影は県内4か所の間伐作業地を試験地として設定し、小型汎用UAV「MAVIC 3T（DJI社製、写真1、以下「M3T」）」を使用して撮影を行った。UAVによる撮影は、自動航行アプリケーションを使用し、対地高度70mでの地形追従モードでの撮影を行った。

2) 単木解析による本数、樹冠分離による樹冠占有面積での比較

UAV撮影で得られた写真はSfM画像処理ソフトウェア「Pix4D」を用いてオルソ化、三次元点群化処理し解析を行った。また、単木位置、単木樹冠の抽出には作業の簡便化を念頭に、森林解析ソフト「DF Scanner」の自動処理機能を使用し結果を出力して比較、考察を行った。

6 結果と考察

1) UAVを用いた業務効率化（間伐作業地の撮影、作業前後比較方法）

UAVによる撮影は間伐前を2023年10月から11月に、間伐後の撮影を2024年3月に行い、オルソ画像を作成した（図1、2）。UAVでの撮影は何れも午前中に行っているが、間伐前オルソ画像の撮影で季節的な太陽高度、当日の天気の影響により、樹冠の影等が変化する傾向が見られた。

2) 単木解析による本数、樹冠分離による樹冠占有面積での比較

間伐前後のオルソ画像の差分を比較することで作業の状況を実感的に把握することも可能であるが、定量的な判断を行うために単木位置の抽出、樹冠占有面積の算出し間伐前後の比較を行った（図3～6、表1）。

対象とする作業地の間伐前立木本数は1214本、間伐後立木本数は985本、間伐率18.86%（約2割）となった。樹冠占有面積については、間伐前は2.04ha、間伐後は1.89haと樹冠占有面積の間伐による減少率は7.28%となった。

以上のことから、単木抽出結果について

は目視での判読確認でも大きな誤判読が見られなかったことから、単木解析、立木本数による間伐率の確認において十分な評価が行える可能性がある。樹冠占有面積については影部分を樹冠の一部として取り込んでいる（過剰評価）部分もあり、撮影条件を極力揃えオルソ画像の品質を向上させる、自動判読のパラメーターを手動で設定するなどの対策が必要と考えられる。

表1 間伐前後の単木、樹冠面積の変化

	立木本数[本]	樹冠面積[ha]
間伐前	1214	2.04
間伐後	985	1.89
間伐率[%]	18.86	7.28

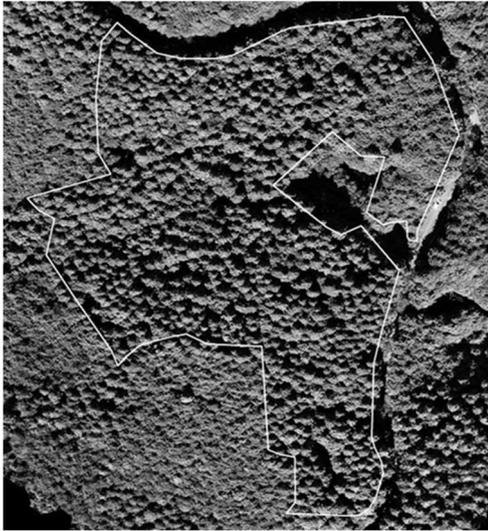


図1 間伐前オルソ画像

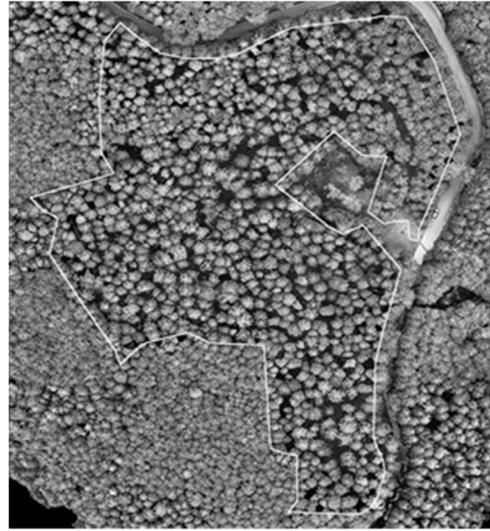


図2 間伐後オルソ画像



図3 間伐前単木位置図

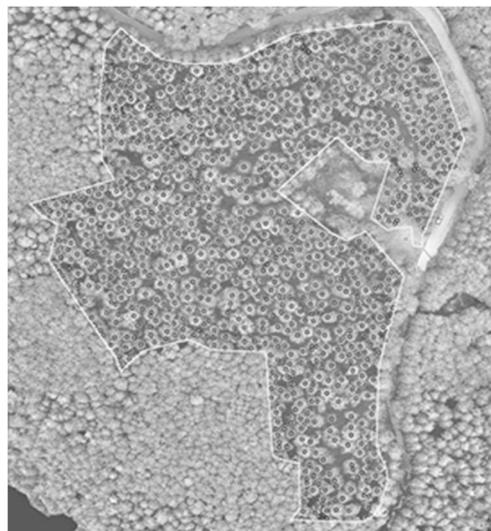


図4 間伐後単木位置図



図5 間伐前樹冠配置

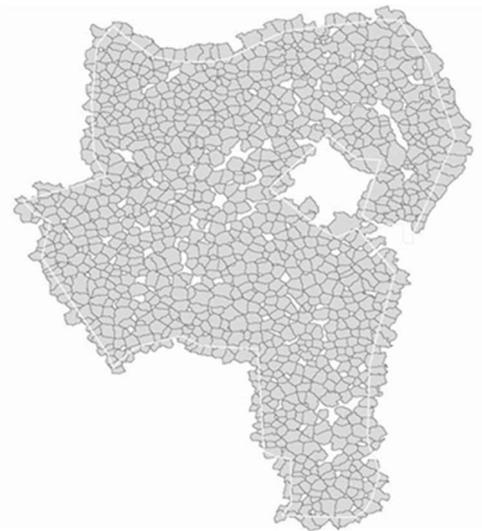


図6 間伐後樹冠配置

1 課題名 産業用マルチコプターを用いたマツクイムシ防除等の検討

2 研究期間 令和3年度～令和5年度

3 担当者 大地純平・小澤雅之

4 目的

急峻地や広範な森林に点在するマツ類の複数単木を対象とし、産業用マルチコプター（以下「産業用MC」）による薬剤散布特性を明らかにすることで効率的な運用手法を確立する。

また、産業用MCを用いた抵抗性マツ等の種子投下手法を開発し、薬剤散布との組み合わせが可能な「松くい虫対策」を提示する。

5 試験方法

1) 移植ポットを用いた苗木の育苗

UAVでの搬送を前提とした生分解性移植ポットを試作し、試作した移植ポットに1～2年生の苗木（アカマツ）を植え付け、育苗を行った。培土には芝目土、桐生砂、鹿沼土をベースに元肥としてプロミックス、マグアンプを混合したものをを用いた。育苗は、イネ育苗箱に培土を敷き詰めた育苗補助台（水分の保持および細根の伸長を目的とする。）に移植ポット苗を並べ（写真1）、移植ポットの底部スリットより細根の先端が観察できるまでを育苗期間とした（写真2）。

2) 研究所内試験地での移植試験

一定期間育苗した移植ポット苗14個（うち一個は試験中に破損喪失）を現地に模した研究所内、苗畑試験地（幅1m、高さ30cmの畝、秋季）に静置し、活着の成否、苗木の状態を確認した。移植は2023年10月に秋季移植として3月時点での活着状況を評価した。春季移植については2024年5月に新たに追加試験を予定している。

6 結果と考察

1) 移植ポットを用いた苗木の育苗

苗木を移植ポットに植付けしてから、ポット底面のスリットより細根先端が出るまでに、2～4週間程度の期間を要した。

2) 研究所内試験地での移植試験

移植ポット苗を2023年11月7日に試験地に静置し、2024年3月25日までの140日間観察を行った。移植期間中、試験地周辺で時間当たり1mm以上の降雨があった日は合計31日、合計降水量は436mmとなった（気象庁降水記録「富士川」より試算）。2023年10月、2月、3月は7～8日の降水日が、2023年11月、12月、2024年1月には2～3日の降水日があり、期間中各月に2回以上の降水日があった（例年程度）。

2024年3月25日に生存の有無を確認したところ、残存移植ポット苗13個のうち、10個生存、3個が枯死し、移植後の生存率は77%弱となった。生存した移植ポット苗のうち、新梢の発生や枝葉の状態が良く、活着が十分認められる個体は7個、残り3個は一部に葉の黄変や葉数の減少が見られ、生存し活着が十分認められる個体は全体の半数（54%）程度となった。

以上のことから、事前に行った夏季移植試験においては酷暑の影響もあり、移植ポット苗は全枯損であったのに対し、秋季移植試験においては、7割以上の移植ポット苗が生存する結果であった。良好な結果を得られた要因としては、地域の移植期間中の月平均気温は例年3.9～9.4℃と冷涼で、期間中各月に2回以上の降水日があったことなどが、移植ポット苗の生存に寄与していると考えられた。今後、実際の移植地で移植ポット苗を使用する際は気候的に穏やかで、一定間隔で降水や霧等からポットへの給水が期待できる地域、時期での施工が移植成功の要因になると考える。



写真1 「移植ポット苗」養生の様子



写真2 移植ポット底面からの発根



写真3 移植ポット苗秋季移植試験の状況



写真4 2024年3月確認時生存個体（左）と枯死個体（右）

1 素材生産性向上に着目した工程管理手法の検討

2 研究期間 令和3年度～令和5年度

3 担当者 小澤雅之・武居正道

4 目的

生産性を向上させるためには、日報等により各工程の生産性を把握し、その工程の効率化と全体の流れを改善することが有効であると考えられる。

特に、中小規模の林業経営体において、各工程の生産性を把握することにより、効率を高めることが可能であり、安価に生産性を把握できる日報は有効な手段であると考えられる。生産性を把握できる日報を使用してもらい、そのデータを分析することで、林業経営体自ら行える生産性向上手法を開発し、効率を高めるための生産工程の構築を目的として研究を行う。

5 試験方法

生産効率を向上させるために、各生産工程における作業員の行動を把握するため、各作業員にスマートウォッチを装着し、GPSデータ等を取得した。このデータを用いて作業員の行動解析を行った。今回は、併せて作業をビデオカメラにて録画し、スマートウォッチで得られたデータをビデオ映像と重ね可視化することを試みた。

6 結果と考察

被験者（森林作業員）にウェアラブル端末（Xiaomi社 Redmi Watch 2 LITE）を装着し、収穫間伐における、位置情報・消費エネルギー・最大心拍数などのデータ収集を行った。本報では、峡南地域の森林組合で行った収穫間伐作業時に、主にグラップルに乗車し、集材作業等を行った乗務員の心拍数と第三者視点で録画した映像から、運転業務における乗務員の心拍数の変化について検討した。

図1に当日のグラップル乗務員の心拍数の経時変化を示す。10秒ごとの心拍数をプロットしたが、最小値51、最大値124、平均値80.2、標準偏差は11.4であった。また、図2に心拍数の度数分布を示す。心拍数70～79が1244回で最も多く、次いで心拍数80～89の883回となった。

今回の心拍数の平均値80.2を基準とすれば、心拍数100を超えるような周期が10数回認められたが、最初と最後の周期は伐採地への往路、復路の自動車の乗車に伴うものであった。

心拍数が最大値124を示した時の作業をビデオ映像で確認すると、グラップルから下車し、伐採木をチェーンソーで短く切る、枝葉を切り落とすなどの作業であった。

また、これ以外にもグラップルから下車し、ウインチ不調に伴う修理や、グラップルからウインチを引っ張り出す作業のときに心拍数の上昇が認められた。

一方、グラップルに乗車しているときの心拍数は平均値付近であり変動しないが、道幅が他よりも狭いところでの伐採木の集材・運搬作業(図3)、伐採作業を伴うグラップルの操縦などにおいて心拍数が増える傾向が認められた。また、グラップル近くに別の作業員の存在を認識し、かつ安全な距離を十分に保ちつつ操縦する時にも心拍数が増える傾向が認められた。なお、心拍数が増加していた時間帯であっても、録画画像からは原因を見いだせなかった事例が数例あった。

一般的に心拍数は運動や緊張に伴い上昇するとされているが、今回の結果でグラップル乗車時に心拍数が増えた際の作業は、他の作業よりも緊張等を伴っていることが想像でき、計測データ等と結果とよく合致する。このように、機器を用いて心拍数を計測することで、作業時における身体負荷の状況を可視化でき、数値で比較化できる可能性を示せた。

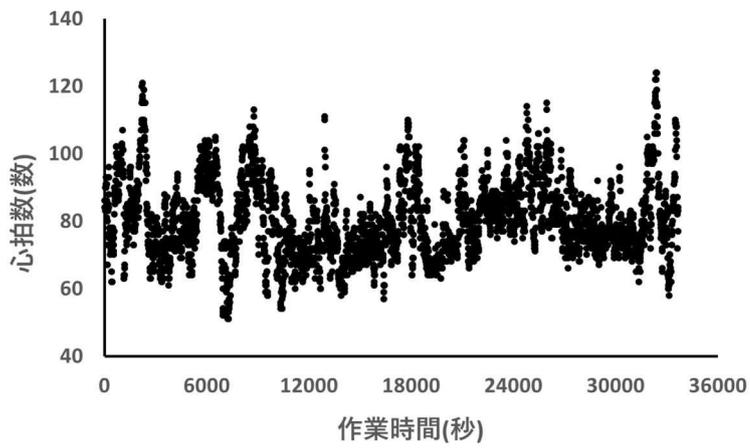


図1 心拍数の経時変化値

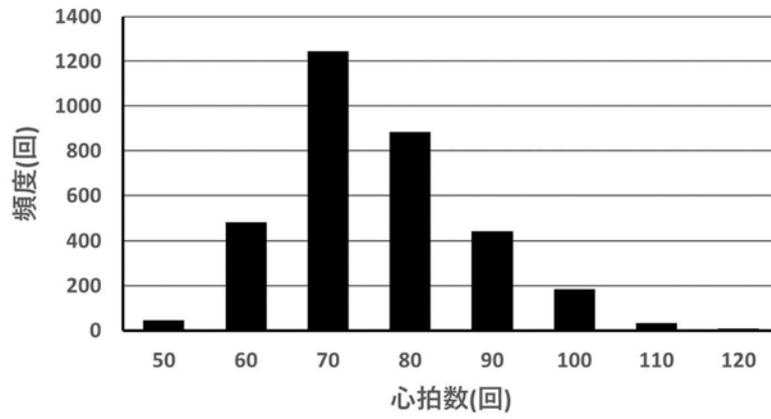


図2 心拍数の度数分布



図3 狭い道幅での集材作業

1 課題名 カシノナガキクイムシ被害木の有効利用に関する研究

2 研究期間 令和4年度～令和5年度

3 担当者 小澤雅之・伊原隆伸

4 目的

増加するナラ枯れ被害木についてその有効利用の可能性を調査し、被害木を森林資源として活用する方法として、気軽に取組める被害材を活用した木工作キットを試作し、木材に触れ合う機会創出の拡大について検討した。

5 試験方法

1) 被害部の状態と被害割合

富士・東部林務環境事務所管内で発生したミズナラ被害木丸太を製材所で厚さ4cm程度の板材に製材した。各板の両面を写真撮影し、画像解析ソフトimageJを用いて被害部と非被害部とを分別し、被害部の面積を算出した。

2) 被害材を利用した木工作キットの試作

被害丸太から製材した板材を長さ40cm程度に切断し、約半年間室内で自然乾燥させた後、幅10cm程度に板材し、木工作キットの素材とした。木工作キットに用いる動物のデザイン画、アクセントとして用いる目、耳、角および尻尾の部品は銅管やアルミ板とし、市販の木工用接着剤、クランプ、鉄ヤスリ、紙ヤスリ、塗料を用いた。完成には概ね10日要したが初心者でも大人でも木材加工に関する一連の作業を気軽に体験できるようにした。

6 結果と考察

1) 被害部の状態と被害割合

カシノナガキクイムシによる被害は主に辺材部に集中しており、その特徴はせん孔や不規則な黒線による変色の発生である(図1)。せん孔については、板目面上に直径数mmの穴が開けられるが、その穴は樹幹と垂直に接線方向へと走行し(図2)、食害痕も確認された。このせん孔を前報で示したように表面塗装したとしても、さらに表面下部のせん孔全体を閉塞させることは難しく、切削した際に隧道のようなせん孔痕が露出することも懸念された。

板材表面に現れるせん孔痕は、丸太から切り出す板材の位置に依存する。そのため、同じ丸太から切り出した板材であっても、図3の板材における被害部の割合は23.6%であったが、図4では被害部の割合を算出すると39.1%を示した。図4だけに着目すると材全体あるいは丸太全体に被害がおよんでいるように見て取れるが、丸太から切り出した位置によって被害部の割合は変化すると思われた。

2) 被害材を利用した木工作キットの試作

心材部の被害状態確認と被害を受けていない健全部材の利活用を検討するために、木工作キットの試作を行った。被害が認められない心材部の板材にウシ胴体を3分割した下絵を貼り付け(図5)、3つの胴体を糸ノコで切り出し(図6)、木ダボと市販の木工用接着剤を両面塗布しクランプを用いて結合させた(図7)。接着した胴体を鉄ヤスリにより全体に丸みを持たせ(図8)、細かいところは紙ヤスリで仕上げを行った。ここまでの工程で心材部から材を無作為に切出したが、前述のせん孔痕や変色等は認められなかった。

目、耳、角、尻尾を取り付ける箇所穴と溝をつけ、市販の銅管やアルミ板から切り出したそれらを取り付けた(図9)。塗装はまず、下地剤により下塗りした後、ラッカー系塗料を筆塗りし、最後に各金属パーツを取り付けたが、完成まで約10日であった(図10)。今回のキッ

トの特色は、現在用途が少ない被害材をある程度「切り抜きパーツ」として揃えることで、販売前に被害の有無が確認でき、木材の切削、加工、接着および塗装など木材加工に関する一連の作業が体験できること、木材は柔軟に多様なデザインに対応できことなど実感できるものとなっている。



図1 被害部のせん孔痕と黒線



図2 辺材接線方向に認められたせん孔痕



図3 被害が少なく見える材面



図4 被害が多く見える材面

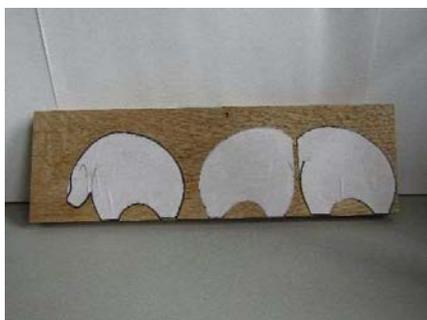


図5 下絵を板に貼付けた様子



図6 板から切り出した胴体



図7 接着時のクランプ止め



図8 鉄ヤスリによる丸みだし



図9 金属パーツを取付けた様子



図10 完成したウシの様子

1 課題名 県産構造用製材品の品質管理基準に関する研究

2 研究期間 令和4年度～令和5年度

3 担当者 三枝 茂

4 目的

構造用製材の日本農林規格を取得していない事業所においても、同規格の品質基準（強度、材面品質）の測定を容易に行えるようにするための簡易性能測定方法（簡易曲げ試験装置、材面品質を容易に測定できる専用定規・治具）の開発を行う。

5 試験方法

1) 簡易曲げ試験装置の製作と性能評価方法

昨年度製作した試験体上部より人力で重石を積み重ね荷重を負荷する簡易曲げ試験装置（1号機）を改良して、フォークリフトの操作で試験体上部より荷重を負荷する簡易曲げ試験装置（2号機）の製作を行った。また、2号機とは逆に、試験体下部に重りを吊り下げフォークリフトの操作で荷重を負荷する簡易曲げ試験装置（3号機）の製作を行った。1～3号機共に2段階（初期・最終）で荷重を負荷し、その時の荷重の差 ΔP からたわみの差 Δy を測定して、曲げヤング係数を求めた。各試験装置は、試験材を置く支持台の支点間スパンが2520mm、荷重点間スパンが840mmの3等分点4点荷重方式とした。支持台に荷重を負荷すると若干変形があるため、降下量を測定してたわみ値の補正を行った。図表1に各試験機の全容、初期・最終の荷重および支持台の降下量の補正值を示す。これらの試験機で105mm角×長さ3mのヒノキ、スギ柱材各10本使用して曲げヤング係数の測定を行った。比較試験として、当研究所の実大強度試験機（オリエンテック製テンシロンUTA-250KN）で曲げヤング係数の測定とFFTアナライザーを用い、打音式により縦振動ヤング係数の測定を行った。

2) 材面品質を測定する定規の製作

ステンレス製直尺、プラスチック製の巻き尺、ひも、半透明のプラスチック製シートを加工して105mm角×長さ3m柱材専用の材面品質測定定規（①節、②集中節、③丸み、④木口貫通割れ、⑤材面貫通割れ、⑥目まわり、⑦曲がり、⑧平均年輪幅、⑨繊維走行の傾斜比、⑩腐朽）を作製した。①～⑦および⑨の各定規には1～3級の等級の境界に緑、黄、赤のテープを貼り判別しやすいように区分けした（図2）。

6 結果と考察

1) 簡易曲げ試験装置の性能

打音式で測定した縦振動ヤング係数および1～3号機で測定した曲げヤング係数と当所の実大強度試験で測定した曲げヤング係数の差を図3に示す。打音式はヤング係数の差の範囲が1号機では1.3GPaと大きかったが、2号機で0.5 GPa、3号機で0.4 GPaとなった。3号機は試験材のセッティングやダイヤルゲージの読み取りなどの作業が行いづらいという欠点が見られたため、作業性を考慮すると2号機の方が使い勝手が優れていた。

2) 材面品質を測定する定規の全容

作製した材面品質を測定する定規を図4に示す。②および③は昨年度試作した定規のサヤ部分を薄く滑らかにスライド出来るように改良を行った結果、節径比などを加算して積算することが容易になった。④および⑤の定規は巻き尺タイプとひもタイプの2種類を作製した。前者は測定範囲（貫通割れの合計）150cmまで、それ以上は後者の定規を使用する。⑧は目盛の間隔が6mm、8mm、10mmの3本の定規を作製した。⑩は半透明のプラスチック製シートで作製し、幅105mm×長さ30cm（緑、黄）、幅105mm×90cm（黄）で腐朽面積を測定して等級の判定を行うことができる。



図表 1 製作した簡易曲げ試験装置の種類と積載荷重、支持台の補正值

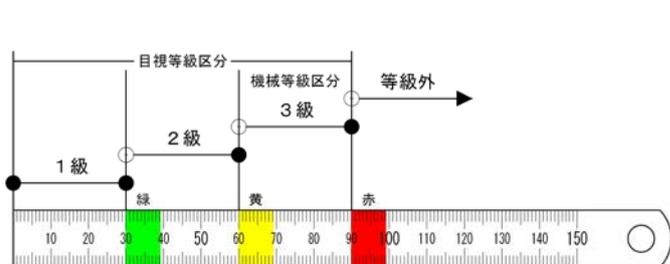


図 2 定規と等級の境界線

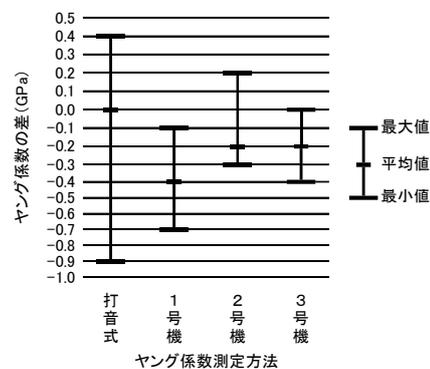
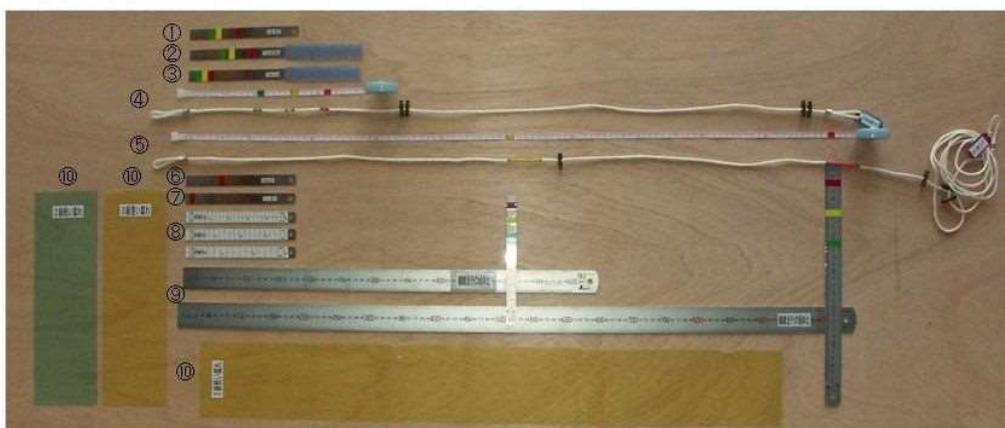


図 3 簡易曲げ試験装置の性能



① 節	⑥ 目まわり
② 集中節	⑦ 曲がり
③ 丸み	⑧ 平均年輪幅 (1~3級用)
④ 木口貫通割れ (巻き尺タイプ、ひもタイプ)	⑨ 繊維走行の傾斜比 (50cmタイプ、1mタイプ)
⑤ 材面貫通割れ (巻き尺タイプ、ひもタイプ)	⑩ 腐朽 (2、3級軽い腐れ、3級重い腐れ)

図 4 製作した 105mm 角×長さ 3m 柱材専用の材面品質測定各種

1 課題名 デジタル木材検収システム検証試験

2 研究期間 令和4年度～令和5年度

3 担当者 大地純平・戸沢一宏

4 目的

デジタル木材検収システム（スマホなどのアプリ）による検知・集計は、手検知と比較して、格段に手間が減り、コスト低減も可能であるが、各アプリの検知精度の情報が少なく、導入が進んでいない。

そこで同じはい積に対して同時に各社のアプリを使用・比較し、各アプリの精度・使い勝手について検証し、その検証結果を明示することにより、各事業体等においてアプリ導入を促進し、効率的な林業生産の一助とすることを検討する。

5 試験方法

1) アプリの選定および調査方法

現在市販等されている、木材検収アプリとしてMapryを用いた。MapryはLiDAR機能を用いた3次元解析による検知ができ、また検収システムとしては現在無料であること、写真撮影に気を使わないことなどが利点としてあげられる。このアプリを用い、手検知と本数・材積・検知時間について比較検討した。

2) 調査地等概要

調査は山梨県南巨摩郡身延町地内において行った（写真1）。

樹種はスギ・ヒノキ、樅の数は6、本数は約600本、材長は3mと4mで調査した。調査者は、アプリによる検知は研究員1名が担当し、手検知については、森林組合職員1名、研究員1名が担当した。

6 結果と考察

1) 手検知とMapryによる比較

表1に、樅1-6に対しての手検知とアプリによる本数、材積、1樅および1本あたりの検知時間（データ入力時間を除く）を示した。本数では手検知620本に対し、アプリでは627本が認識された。また、検知時間については、全体で13%、1本あたりで15%の時間短縮となった。

2) 径級比較

図1に樅1-6での径級別度数分布を示した。Mapryによる検知結果では、全体的に小径に検知される傾向であった。

3) 材積比較

図2に樅別の材積について、手検知結果とMapryの比較を示した。おおよそ-10%の範囲に入っており、この精度で検出が可能であることが判明した。

4) 比較結果

Mapryでの検知試験を行った結果、使用するには以下の点に注意が必要であることが挙げられる。

- 検知する面を汚さない（泥などの付着により、検知できないことがあった）。
- 樅の検知面をなるべく揃える（20cm程度奥になると、検知できないことがある）。
- 検知面に対して、iPhoneを傾けずに測定する（傾けて測定すると測定結果が大きくなることを確認された）。
- 樅の高さを2m程度にする（センサーが斜めに当たらないようにする）。

以上のことに注意して検知を行うことにより、10%程度の誤差で測定が可能であることが判明した。

表 1 Mapry と手検知による本数、材積、1 桧および 1 本あたりの検知時間の比較

項目 検知方法	本数		材積(m ³)		検知時間(秒/桧)		検知時間(秒/本)	
	Mapry	手検知	Mapry	手検知	Mapry	手検知	Mapry	手検知
桧1	86	85	8.17	8.29	210	260	2.44	3.06
桧2	41	41	3.30	3.70	140	164	3.41	4.00
桧3	139	137	16.07	16.87	385	428	2.77	3.12
桧4	47	47	5.55	7.15	137	168	2.91	3.57
桧5	118	116	14.40	15.63	322	330	2.73	2.84
桧6	196	194	18.67	20.92	503	580	2.57	2.99
合計	627	620	66.16	72.56			平均 2.81	3.27

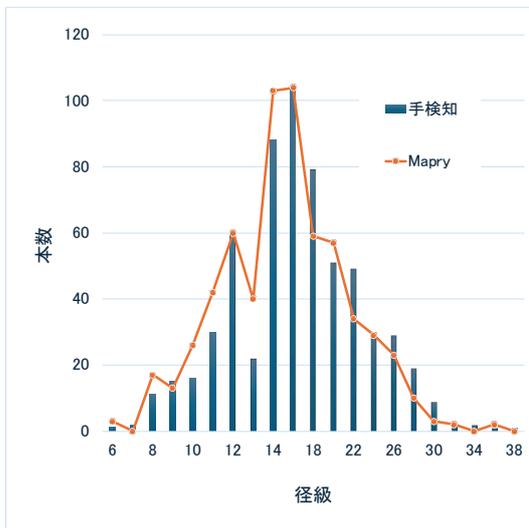


図 1 径級別本数比較結果

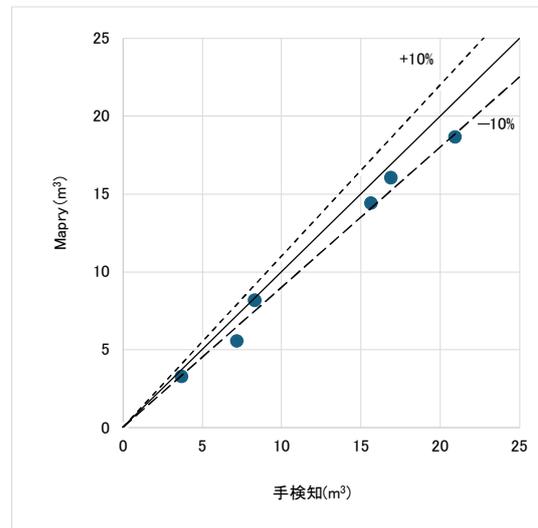


図 2 桧別材積比較結果



写真 1 Mapry による検知の状態

1 課題名 バッテリー式草刈機による下刈り作業の検証

2 研究期間 令和5年度～令和6年度

3 担当者 玉田勝也・大地純平・長谷川喬平

4 目的

近年市販され始めたバッテリー式刈払機は、エンジン式刈払機と比較して、排ガスがなく、騒音、作業熱、振動も少ないとされ、身体作業強度は低いと思われる。バッテリー式刈払機を造林地における下刈りに導入した場合を想定し、駆動動力源の違いが作業負担に及ぼす影響について調査した。

5 試験方法

バッテリー式草刈り機2機種、エンジン式草刈り機1機種の合計3被験機種について一定範囲内の草刈りを行い（写真1、2）、作業時間を比較する。作業中の気温及び湿度、作業者の心拍数、血中酸素濃度、単位時間当たりの作業面積、VAS法を用いた疲労感の評価及び Borg スケールによる自覚的な運動強度を測定した。

6 結果と考察

1) 作業環境

全作業中の気温は、最低 28.1℃、最高 35.1℃であり、熱中症のリスクが高い状態であった。

2) 作業負担

バッテリー式もしくはエンジン式刈払機で、作業時における心拍数に差はなかった。バッテリー式刈払機では自覚的な運動強度が高くなっており、バッテリー式の方が重いことに起因すると思われた。



写真1 調査の様子(バッテリー式)



写真2 調査の様子(エンジン式)

1 課題名 林業重機「フォワード」の無人運転化に関する研究 — 整地における無人自動運転化技術の確立 —

2 研究期間 令和5年度～令和7年度

3 担当者 小澤雅之・大地純平

4 目的

林業従事者の人材不足や高齢化が進み、労働災害も全産業の11倍を示すなど人材確保や労働災害の根絶など諸問題が存在している。一方、森林が気候変動緩和に重要な役割を担うなど、林業は欠くことができない産業である。そこで、さらなる生産性向上と労働災害低減のために林業ICTを用いたDXを導入し、林業用重機であるフォワード(以後、FD)の無人運転化を目標に、「FDの電子制御」、「森林作業道における自律移動システムの評価・改良」、「電子制御化FDへの自律移動システムの搭載及び整地における挙動解析」等に取り組む、整地環境での走行が可能となるまでを目指す。

5 試験方法

1) 無線操縦による電子制御システム

市販されている有人機FDMST-700VDL(株式会社諸岡製)を用いて、搭乗者が乗車しなくても走行できる無線操縦による電子制御システムの開発を行った。電子制御システムの開発は共同研究機関である山梨県産業技術センターがドローン用制御システムを応用して作製した。FDの前後と左右の動作を制御する油圧部の操舵軸2本にそれぞれハイトルクサーボモータを取付け(図1)、前述の受信機に送られてきた信号により操舵軸を動かせるようにした。共同研究を実施している民間企業社有地内において本システムによるFDの走行試験を行った。

2) 走行コースの地形計測

FDの無人走行には、GNSS計測と無人機によるレーザ計測での機体位置情報が必要になるが、無人機でのレーザ計測の誤差を検証するため、予め基準値データとの比較が求められる。そこでFD無人走行コースとして設定した山梨県森林総合研究所構内実習林及び和泉山実習林の基準値データ取得を行った。コース上の道(舗装路、砂利敷、森林作業道等)や周辺の植生、人工設置物等について、それらに座標を付与した点群データ(LASデータ)を得るため、レーザ計測機としてHovermap(Emesent社製)を、GPS取得にはDG-PR01RWS(ビズステーション株式会社製)を用いてRTK測位した。

6 結果と考察

1) 無線操縦による電子制御システム

送信機から半径350m前後内であれば、無線によりFDは遅延無く正常に作動し、最遠部(約350m)からでもFDの動作には遅延が認められなかった。一方、送受信範囲から外れると送信部は機体を見失い、FDは反応しなくなったが、再び範囲内に戻れば機体の操縦を確保することができた。

この無線によるFDの操縦は、手元の送信機を用いることで、FD乗車時と同じ操縦ができ、直線および曲線/回転走行についても、前進・後進とも問題なく操縦できたが(図2)、送信機側ではFDからの視界を得ることができず、遠距離での安全確認が困難になった。また、FDを南進させ(往路運転)、180度回頭し北進させるような場合(復路運転)では、送信機での左右操作が往路と復路とでは逆転/反転するため、操縦には注意と慣れが必要であった。

2) 走行コースの地形計測

構内試験走路では、舗装道路、砂利道、森林作業道、平地土場等を含む路上の状況変化の

多い試験走路を設定し、周長743mを対象に計測を行い、図3のような計測結果を得た。また、和泉山実習林については、既に森林作業道及び林業専用道が作設されており、合計1040.2mを対象に高低差のある森林内作業道を想定して計測を行い、図4のような計測結果を得た。今後、現在開発中の無人走行FDのモデル機を用いて、これら両走行コースを試走させ、モデル機によるレーザ計測の誤差を検証する予定である。

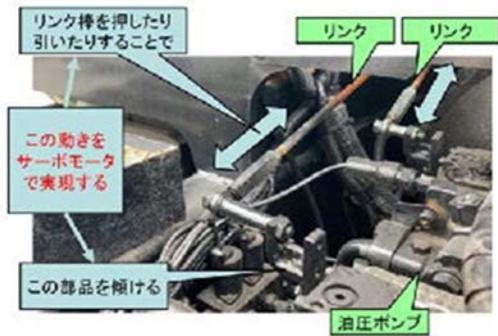


図1 サーボモータの取付



図2 旋回走行試験を行っている無人機



図3 構内試験走路のレーザ計測結果



図4 和泉山実習林のレーザ計測結果

1 課題名 高齢級人工林の適切な管理技術に関する研究

2 研究期間 令和2年度～令和5年度

3 担当者 長谷川喬平・長池卓男

4 目的

県内人工林の多くが利用可能な時期を迎えて森林資源は充実しつつある。こうした人工林の一部は資源の蓄積や大径材生産等を目指し、伐期を延長して長伐期施業が実施されている。しかし、人工林施業指針の基礎となる収穫表は高齢級に対応しておらず、今後の成長量等などの情報が不足している。そのため、高齢人工林の成長量等を把握し収穫表の更新を行うとともに、適切な管理方法について検討を行う。

最終年度である今年度は、昨年度までの樹高成長曲線を使用し、暫定的な林分材積表（別名：現実林分収穫表など）の作成を行った。

5 作成方法

林分材積表の作成方法は複数あるが、今回は図1左の手順で作成した。①林分材積表は地位別に作成するため、立木密度の影響を受けないとされる上層樹高を樹高成長曲線から求める。②林分全体の材積には下層も含めた全木が必要であるため、上層樹高と平均樹高の関係を求める。③平均樹高と平均胸高直径の関係を求める。④平均胸高直径から平均単木材積および本数密度の関係を求める。⑤最後に予測された平均幹材積と本数密度を乗算し、林分全体の幹材積を計算する。これらの手順から林齢・齢級別の平均樹高、平均胸高直径、本数密度、林分材積などを予測して林分材積表を作成した（以下、暫定版）。表記の方法などは平成15年に作成された県有林版の現実林分収穫表（以下、県有林版）に合わせた。

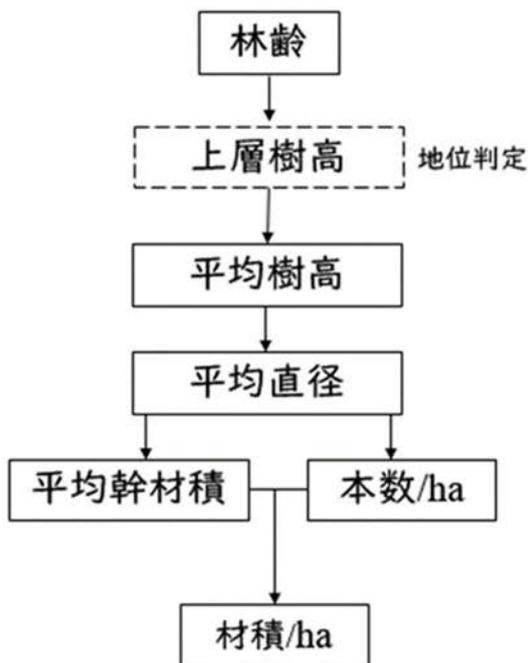
6 結果と考察

図1右に作成した林分材積表を示す。既存の収穫表と比較するため16齢級まで作成した。これ以上の齢級も作成可能である。

図2に民有林で使用されている林分材積表（以下、民有林版）および県有林版を示す。16齢級時の樹高を比較すると、民有林版は18.9m、県有林版は18.0mだが、暫定版では20.4mと約2m上方修正されている。胸高直径は民有林版では22.4cm、県有林版で23.1cmだが暫定版では28.3cmと5cm以上の上方修正がされている。林分材積は県有林版の329m³に対して464m³と140m³近く上方修正された。しかし、民有林版の442m³とは大きな差がない結果であった。これは暫定版では直径成長が上方修正された分、本数密度の減少が早いためであると考えられる。

林分材積表は規範的な施業を想定して作成される収穫予想表（別名：正常林分収穫表など）とは異なり、現実にある林分の実態から地位別・齢級別にその平均像を求めるものである。民有林版が作成された昭和50年代の民有林では、間伐が進まずに高い本数密度であったことが想定される。近年は間伐が実施されていることから、暫定版では胸高直径が上方修正され、一方で本数は減少したと考えられる。

林分材積表は先述のとおり現実林の平均像を示している。そのため、施業方法や立地環境の違いにより、平均から大きく外れることも珍しくない。しかし、地位さえ分かれば予測できるため、広域的な予測には使いやすい。収穫予想表は施業の内容を規定しており、規定通りの施業を実施すれば大きく外れることは少ないが、地位に加えて施業体系別に作成されるため広域的には使用しづらい。民有林で使用されるヒノキの収穫予想表は地位、植栽本数、目的材の違い（一般材か良質材か）により50パターン作成されている。こうした特徴を考慮し、どのような収穫表を作成するか、実際に使用する人たちの意見をまとめて作成する必要がある。



樹種	ヒノキ						地位(中)	
	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年成長量	平均成長量		
年齢	cm	m	本/ha	m ³ /ha	m ³	m ³		
I								
II								
III								
IV	11.1	7.6	2762	178.45	10.02	8.9		
V	13.3	9.1	2304	228.53	8.7	9.1		
VI	15.3	10.6	1960	272.05	7.41	9.1		
VII	17.1	11.9	1697	309.1	6.25	8.8		
VIII	18.8	13.2	1491	340.33	5.24	8.5		
IX	20.3	14.4	1328	366.54	4.4	8.1		
X	21.7	15.4	1195	388.52	3.69	7.8		
XI	23.1	16.4	1087	406.96	3.1	7.4		
XII	24.3	17.3	998	422.46	2.62	7.0		
XIII	25.4	18.2	923	435.54	2.21	6.7		
XIV	26.4	19	860	446.61	1.88	6.4		
XV	27.4	19.7	806	456.01	1.6	6.1		
XVI	28.3	20.4	760	464.03	1.37	5.8		

図 1 林分材積表の作成手順と作成した林分材積表

昭和58年度山梨県林務部作成 人工林林分材積表(ヒノキ)

地位	林齢	樹高(m)	本数(本)	直径(cm)	断面積(m ²)	幹材積(m ³)
3	10	5.6	2,989	9.3	21.3	62.9
	15	7.6	2,675	11.4	28.7	115.0
	20	9.8	2,301	13.5	34.6	117.9
	25	11.9	1,936	15.6	38.7	240.9
	30	13.8	1,662	17.4	41.4	297.3
	35	15.4	1,469	18.9	43.1	342.6
	40	16.5	1,340	20.1	44.2	376.2
	45	17.4	1,255	20.9	44.9	399.7
	50	17.9	1,201	21.4	45.3	415.5
	55	18.3	1,167	21.8	45.5	425.8
	60	18.5	1,145	22.1	45.7	432.5
	65	18.7	1,131	22.2	45.8	436.8
	70	18.8	1,123	22.3	45.8	439.4
75	18.8	1,117	22.4	45.9	441.1	
80	18.9	1,114	22.4	45.9	442.2	

ヒノキ・地位(中) 植栽本数: 3,000

年齢	主林木平均胸高直径(cm)	主林木平均樹高(m)	主林木1ha当本数(本)	1ha当幹材積(m ³)	1ha当連年成長量(m ³)	1ha当平均成長量(m ³)	成長率(%)
I							
II	(2.9)	(3.1)		(9)		(1.1)	
III	5.1	4.5	2,698	20	(2.2)	1.5	(15.2)
IV	7.4	6.1	2,329	40	4.0	2.2	13.3
V	9.8	7.7	1,998	69	5.8	3.0	10.6
VI	12.0	9.3	1,736	104	7.0	3.7	8.1
VII	14.1	10.8	1,518	141	7.4	4.3	6.0
VIII	15.9	12.1	1,353	177	7.2	4.7	4.5
IX	17.5	13.3	1,222	210	6.6	4.9	3.4
X	18.8	14.4	1,124	238	5.6	5.0	2.5
XI	19.9	15.3	1,048	263	5.0	5.0	2.0
XII	20.9	16.1	983	282	3.8	4.9	1.4
XIII	21.6	16.7	940	298	3.2	4.7	1.1
XIV	22.2	17.2	905	311	2.6	4.6	0.9
XV	22.7	17.7	876	321	2.0	4.4	0.6
XVI	23.1	18.0	854	329	1.6	4.2	0.5

図 2 昭和 58 年に作成された林分材積表および平成 15 年に作成された県有林版現実林分収穫表

※ここでは「地位3等」と「地位中」は同じ意味で使用される。

1 課題名 トリュフ栽培に適した森林環境に関する研究

2 研究期間 令和3年度～令和5年度

3 担当者 林 耕太・戸沢一宏

4 目的

トリュフの一種であるアジアクロセイヨウシヨウロは山梨県内にも自生していることが確認されており、高付加価値をもった特用林産物としてその有効活用が期待されている。これまでに農水省委託プロジェクト研究「高級菌根性きのこ栽培技術の開発」が当研究所も参画した中で行われ、トリュフ感染苗の作出に成功しているが、植栽後に土の中でトリュフ菌がどのような状態になっているかを確認する手法は確立されていない。そこで本研究ではリアルタイムPCRを用いて土壤菌量を定量する手法を開発し、感染苗植栽箇所のトリュフ菌の土中の動態を明らかにすることを目的とした。

5 試験方法

1) 土壤中のトリュフ菌を確認する手法の開発

土壤中のトリュフ菌量をリアルタイムPCRにより調査するためにアジアクロセイヨウシヨウロに特異的なDNAプライマーを設計した。NCBIデータベースに登録されている塩基配列から種特異的かつリアルタイムPCRに適したプライマーを設計した。

2) 植栽した感染木のトリュフ菌の動態

県内2カ所（北杜市および小菅村）に植栽したトリュフ感染木各9株の株元の土壤を2ヵ月に一度採取し、トリュフ菌量を定量した。土壤は各感染木の株元から半径20cmの位置で1回の採取で4方向から採土管を用いて採取した。4方向から採取した土壤は混合したのち2mmメッシュの篩で篩い分けたのち、篩下の土壤0.5mgをDNA抽出用に取り分け、1)で設計したプライマーを用いてリアルタイムPCRによりDNA量を定量した。リアルタイムPCRにはStepOne™（Thermo Fisher Scientific社のApplied Biosystems™）を用いた。

3) 全植栽木の感染状況

全ての感染木へのトリュフ菌の感染状況を調べるため、2023年7月に北杜市および小菅村に植栽した全ての感染木（北杜市30本、小菅村25本）の株元の土壤を採取してDNA量を定量した。土壤の採取及びDNAの定量法は2)と同じ方法を用いた。

6 結果と考察

1) 土壤中のトリュフ菌を確認する手法の開発

設計した7つのプライマーで、県内で採取された複数のトリュフ子実体のDNAが増幅され、プライマーダイマーの発生もなく、有効性を確認した。このうちもっともPCR増幅効率の良かったITS領域のプライマーを植栽木のトリュフ菌の動態と感染状況の確認に用いた。

2) トリュフ菌の動態（図1）

植栽したトリュフ感染木の株元の土壤を2ヵ月に一度採取し、トリュフ菌量を定量した。その結果、北杜市の圃場に植栽した感染木には調査期間を通して高い菌量を保っている株があることが明らかになり菌の定着に成功している様子が観察された。また調査期間の途中までトリュフ菌量が低密度だったものが高密度な状態に遷移する様子が観察された株もあり、感染状況が改善する場合もあることが分かった。ただ菌の定着に成功していない株の大半は期間を通して大きな変化がなかったことから、植栽初期の感染状態が大切であり、十分に感染状態を維持した感染苗を植栽することが重要であることが示唆された。小菅村の植栽木は高い密度でトリュフ菌を観察することはできず、トリュフ菌のDNAの増幅は定量限界以下若しくは定量限界に

近い値のみであった。

3) 全植栽木の感染状況(図2)

2023年7月に全植栽木の感染状況を調査したところ、北杜市に植栽した感染木30本のうち10本で定量限界以上のトリュフ菌を株元の土壌から検出し、そのうち9本で0.1mg/gの比較的高い密度で検出された。一方小菅村の植栽木では定量限界以上の土壌で検出されたのは2株のみで、その2株とも0.1mg/g未満の低い濃度での検出であった。これらの結果から北杜市に植栽したものの一部では接種したトリュフ菌が植栽後も維持されており、今後の発生に期待が持てるものと考えられた。

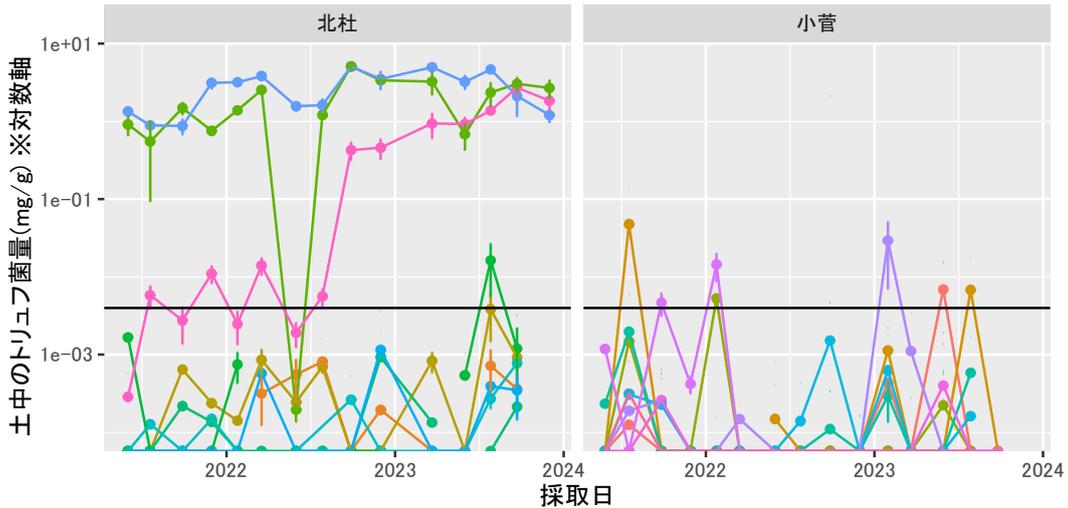


図1 リアルタイム PCR で定量した植栽木株元の土壌中のトリュフ菌量の推移

黒い横線は定量限界を表し、線より下は検出が安定しないため参考値とした。

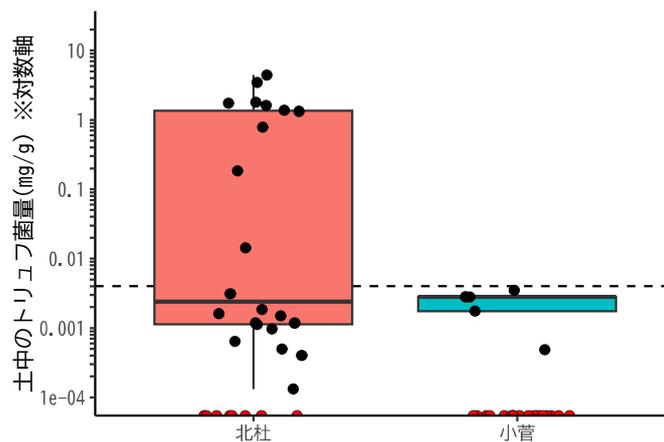


図2 北杜市および小菅村に植栽した全感染木の株元土壌中のトリュフ菌量

点線は定量限界を表し、線より下は検出が安定しないため参考値とした。
X 軸上の赤丸は菌量が 0.0001 mg/g 未満で定量できなかったものを表す。

1 課題名 森林空間を利用した山菜等栽培方法に関する研究

2 研究期間 令和3年度～令和5年度

3 担当者 戸沢一宏・長谷川喬平

4 目的

これまで、薬用植物園で行ってきた特用林産物の栽培方法について、山梨県内の標高、上層木樹種、開空度など、異なる環境で栽培を行い、森林環境に応じた栽培種・栽培方法についてマニュアルを作成する。

また、付加価値の高い山菜の選抜を行う。

5 試験方法

1) 特用林産物適地の調査

これまでに調査した土壤水分と日照、標高と過去の知見から山菜類の適地を検討した。

2) 植栽植物の調査

県内に大月市(418m)、山中湖村(992m)、早川町(483m)、笛吹市(芦川1,010m)に設定した試験地において生存率・成長率について調査した。また、環境条件については開空率について調査した。

6 結果と考察

1) 植栽植物の調査

図1、2に山菜類の適地をまとめた。これらのチャートと各植物のマニュアルを作成したので、これらを参考に植栽指導を行なっていく。

2) 特用林産物適地の調査

表1に植栽地の環境、植栽した植物の生存率、自生種、開空度の調査結果を示す。自生種では、開空率が低く場所ではフキが生育し、60%程度では、ウコギ・タラノメなどの小灌木が適していた。植栽した植物は、山中湖のタラノメを除き、昨年枯死した植物は少なく、育成は順調に進んだ。

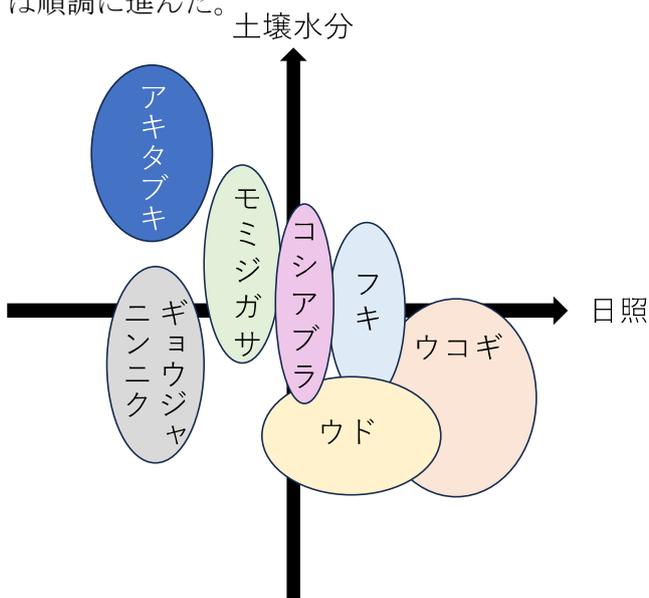


図1 山菜類の適地（土壤水分と日照）

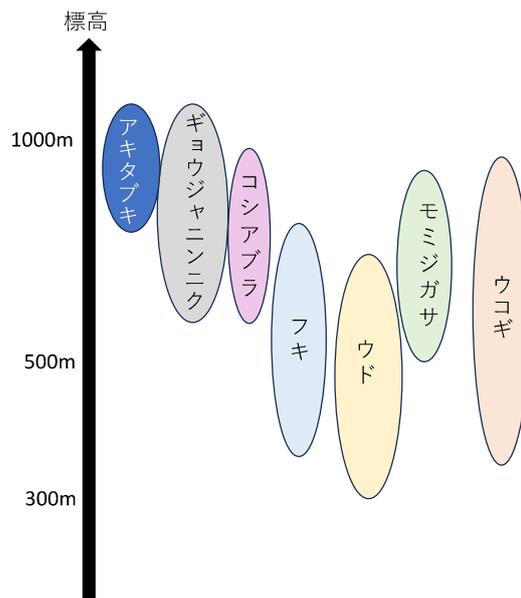


図2 山菜類の適地（標高）

表 1 各試験地の状況と植栽植物の生存率

試験地	標高・特徴	植栽植物	生存率(%)	自生種	開空率(%)
大月市	418m 上層木が多いため、 比較的暗い	ギョウジャニンニク	91	フキ	18
		モミジガサ	90		
		ウコギ	89		
山中湖村	992m 整備された、明るめ の森林	ギョウジャニンニク	85	フキ、 サンショウ、 ワラビ	34
		モミジガサ	80		
		アキタブキ	80		
		タラノメ	40		
早川町	483m 整備された、明るめ の森林 植生は多い	ギョウジャニンニク	86	サンショウ、 ウコギ、 フキ、 タラノメ	60
		モミジガサ	81		
		アキタブキ	70		
		ウコギ	85		
芦川村	1010m 整備された、明るめ の森林 植生は多い	ギョウジャニンニク	81	ハリギリ、 ウコギ、 ウド、 ワラビ	58
		モミジガサ	80		
		アキタブキ	86		
		ウド	81		

1 課題名 山梨県産キノコの抽出成分に関する研究

2 研究期間 令和4年度～令和6年度

3 担当者 戸沢一宏

4 目的

山梨県は、シイタケ、マイタケ等のきのこ類をはじめとした特用林産物があり、これらを山梨県産ミネラルウォーターで抽出することで、より風味豊かな抽出物を得られる可能性がある。

そこで、山梨県産きのこを山梨県産ミネラルウォーターにより抽出し、抽出液に含まれるアミノ酸等の成分に対する影響を調査し、最適な組み合わせについて検討する。さらに、濃縮や乾燥等の製品化へ向けた技術開発を行う。

5 試験方法

1) 味覚センサーによるきのこ味覚成分の分析

山梨県内栽培されているきのこの味覚成分の分析を行うため、味覚センサー（インテリジェントセンサーテクノロジー [ISET] 社製 SA402B）を用いて旨味・雑味等を測定し、旨味成分の強いきのこを選抜する。

ISET社製 SA402B は、基準サンプルに対して旨味等の味覚成分を相対的に測定するセンサーであることから、基準物を菌床椎茸とし、それに対する旨味・苦味・渋味・旨味コク・苦味雑味・苦味刺激を相対的に評価した。

2) きこの混合比の検討

味覚センサーの結果を元に、旨味成分の強く、生産量を考慮した混合比について検討を行なった。



写真1 ISET 社製 SA402B

6 結果と考察

1) 味覚センサーによるきのこの味覚成分の測定

渋味等の味覚成分のレーダーチャートを図1に示した。ヒラタケ、タモギタケ、ヒマラヤヒラタケ、ヤナギマツタケが旨味成分の強い結果となった。逆にシイタケについては、菌床・原木とも旨味が少なく、苦味や雑味等が多い結果となった。

2) きこの混合比の検討

旨味、渋み等の総合的な味覚センサー測定結果から、旨味を強く押し出すために、ヒラタケとヒマラヤヒラタケを中心に、香り付けとしてシイタケ、マイタケを用いることとした。試飲及び生産量を考慮して、表1のような混合比を決定した。今後、製品化に向けての検討を行う。

図1 きのこと類の味覚成分レーダーチャート

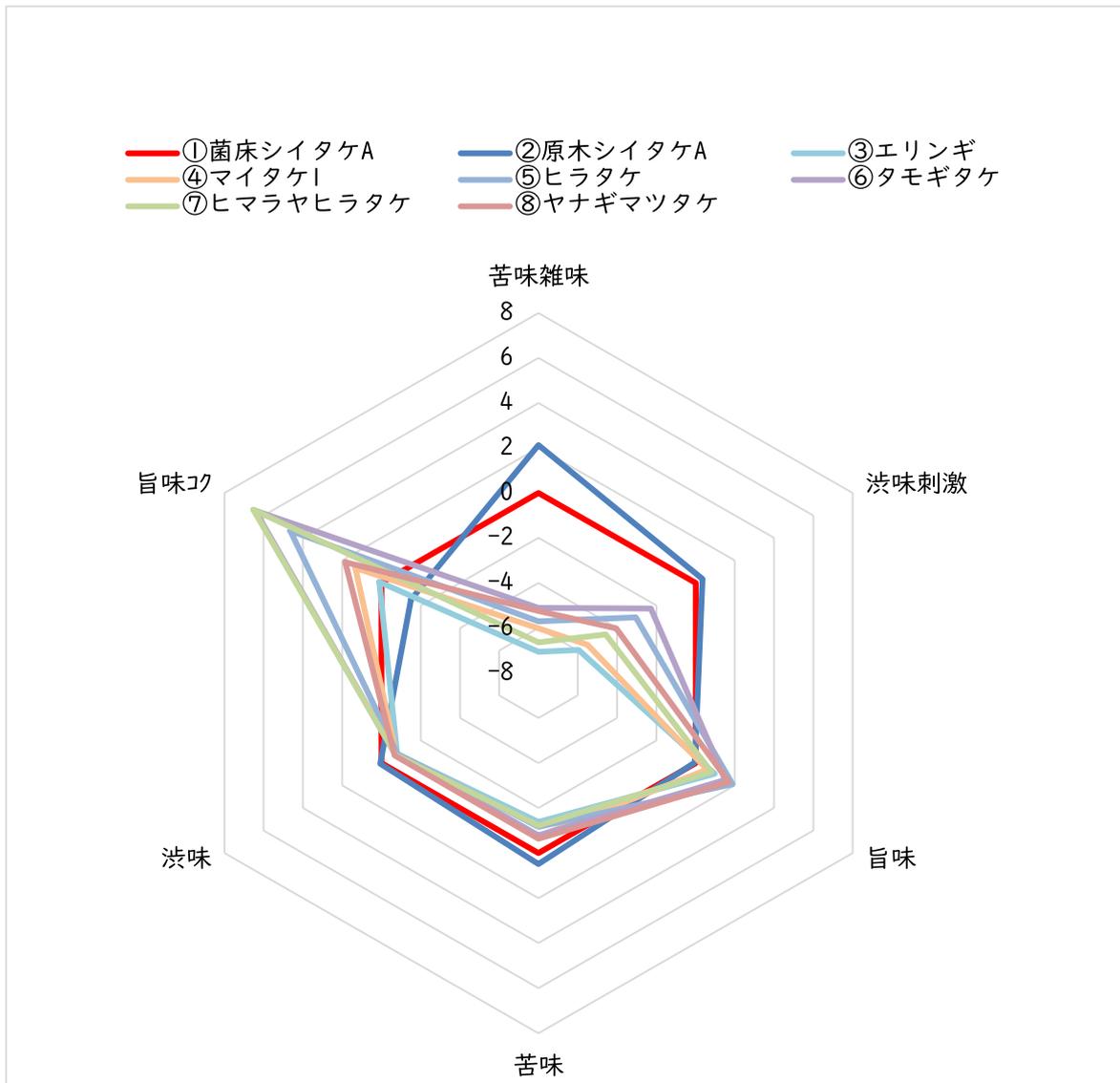


表1 きのことだし試作品の混合比

きのこ 試作品	きのこ				
	ヒラタケ	ヒマラヤ ヒラタケ	シイタケ	マイタケ	昆布粉末
試作品1	6	2	2	0	0
試作品2	6	2	0	2	0
試作品3	6	2	2	0	1

1 課題名 下刈り作業の機械化に向けた研究

2 研究期間 令和4年度～令和6年度

3 担当者 大地純平・長谷川喬平・戸沢一宏

4 目的

下刈りの負担軽減のため、自走式草刈機による遠隔作業が可能となるシステムを構築すること。

5 試験方法

1) UAVによる植栽木位置把握

RTK-GNSS搭載UAV用により造林地の写真撮影を行い植栽木の位置を把握し、自走式草刈機等で下刈りを行う際の効率的な作業コースの選定を行う。

2) 自走式草刈機の遠隔操作、目視外遠隔操作による下刈り作業

遠隔操作式自走式草刈機にFPVカメラユニットを製作し、目視外での自走式草刈機操作および下刈り作業の効率化について検討を行った。

肩掛け式草刈機と、FPVカメラユニットを搭載した目視外自走草刈機（以下「目視外自走草刈機」）の傾斜地における作業効率を比較するため、傾斜約30度の研究所内法面に設置した試験地で下刈り試験を実施し、伐根や植栽木が無い状況での下刈り作業効率を比較した。

6 結果と考察

1) UAVによる植栽木位置把握

2013年度試験では、県内に構築中のRTK測位基地局の運用試験と合わせてRTK測位UAVでの試験地撮影と植栽木位置把握試験を実施し位置精度15～50cm程度の誤差（解像度2cm）のオルソ画像を取得可能であった。苗木の判別については、ヒノキ大苗（65cm上）等においてはオルソ画像からの把握が可能であるが、植栽直後のカラマツコンテナ苗、展葉が遅いものについては判別が難しかった。

2) 自走式草刈機の遠隔操作、目視外遠隔操作による下刈り作業

試作したFPVカメラユニットを自走式草刈機に搭載し、通常遠隔操作および目視外遠隔操作試験を行った。自走草刈機そのものの、最大電波到達距離（操作可能距離）は150m程度であったが、目視内での操作において植栽木を確認しながら下刈り操作する場合は、5～10mの範囲内であれば植栽木を視認しながら操作することは出来なかった。一方でFPVカメラユニットを搭載した場合、最大電波到達距離（操作可能距離）は映像送受信機の仕様から、100m程度となった。FPVカメラからの映像を頼りに下刈り操作する場合、苗木が草丈より多少でも高い場合などは10m以上の遠隔操作でも植栽木を確認しながらの操作が可能であったが、草丈が植栽木を超える場合は従来式以上に慎重に操作する必要があった。

傾斜地における肩掛け式草刈機と目視外自走草刈機の下刈り作業結果は、肩掛け式草刈機が131.29㎡を処理するのに「44分32秒」要したのに対し、目視外自走草刈機では136.78㎡を「12分30秒」で処理を完了し、目視外自走草刈機は従来作業の「3.56倍」の処理が可能であった。

以上のことから、自走草刈機の下刈り能力は非常に高く、目視外遠隔操作での下刈り作業が可能になれば、作業員（オペレーター）の労働負荷は大幅に削減することが可能になる。一方で現状は、伐根や残置枝条など障害物への対応、下刈り作業地の植栽木配置の把握、長距離へ安定した映像伝送が可能なFPVカメラユニットの作成などの課題が挙げられる。今後は、実際の下刈り作業地での試験を行い、システムのアップデートを進めていく。



写真1 試作FPVカメラユニットと自走式草刈機



図1 下刈り作業前の状態

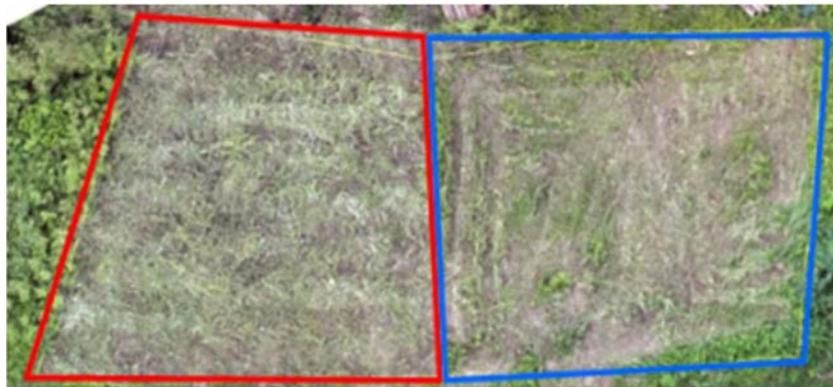


図2 下刈り作業完了後の状態

従来作業（左枠内）
 作業区面積：131.29 m²
 作業時間：44分32秒

自走草刈機（右枠内）
 作業区面積：136.78 m²
 作業時間：12分30秒

目視外自走草刈機は従来作業の3.56倍での作業が可能

1 課題名 スマート林業導入のための森林資源量のデジタル化

2 研究期間 令和5年度～令和6年度

3 担当者 大地純平・戸沢一宏

4 目的

より高精度な調査に適したシステムや中小事業者でも比較的容易に導入できるシステム構成を検討し、現場の状況（事業規模、地形、ネット接続の有無など）に応じた森林資源量調査や分析手法の確立を目的とする。

5 試験方法

1) 全木調査および標準地調査（サンプル調査）に適した調査手法の検証

高価格～低価格帯のレーザー計測、ドローンレーザー、ドローン画像計測など、地上、上空からの各種スマート計測手法による森林計測を行い、精度比較、計測結果の効果的な組み合わせ等について検証する。

2) ICT機器との連携、調査マニュアルの作成

収集、蓄積した森林資源情報はタブレット端末などの携帯デバイス、ネットワーク等を介した情報共有が不可欠であることから、その手法についてマニュアルにまとめ普及する。

3) 事業や林況に応じた調査手法の確立

事業規模や林況によって全木調査、標準地調査のどちらを採用するのか、場合によっては従来型計測を組み合わせるなど、状況に応じたより最適な手法を提示する（2024年度実施）。

6 結果と考察

1) 全木調査および標準地調査（サンプル調査）に適した調査手法の検証

全木調査については、UAVを用いた写真・レーザー計測、ウォークスルー式の地上レーザー計測機を用いた全木調査を比較し、精度検証を進めている。研究所内実習林に精度検証試験地を設定し、精度検証に必要な教師データ（高精度地上・UAVレーザー計測）を取得した（図1）。今後、比較対象とする低価格地上レーザー計測機としてMapry社製LA03を用いて全木調査での有効性を検証する。

図2に標準地調査についてのタブレット端末のLiDarセンサーを用いた短距離レーザー計測

（Mapry林業）の計測状況を示した。胸高直径について、タブレット端末のLiDarセンサーと輪尺による計測結果の比較を行った。Mapry林業と輪尺で胸高直径計測結果を比較したところ、ほぼ±20%以内で測定出来ることが分かった（図3）。測定時間は、Mapry林業50.2sec/本、輪尺54.3sec/本とほぼ変わらないが、測定後のデータ入力については、Mapry林業は測定データをCSV等のPCデータとして直接出力できることから、紙媒体から手入力でPCデータを作成する必要がある輪尺での計測と比べ、効率的であった。

2) ICT機器との連携、調査マニュアルの作成

標準地調査については、タブレット端末のLiDarセンサーを用いた短距離レーザー計測の精度・効率性が確認でき、詳細については、マニュアルに掲載していく。今後も、マニュアル作成に必要な検証データを収集しつつ、事業課と連携、調整しつつマニュアル化を進めていく。

また、各調査機器やアプリケーションの使用法、現場での活用を前提としたデータ活用方法について研修、講習会を実施しスマート林業への導入を促進する予定である。

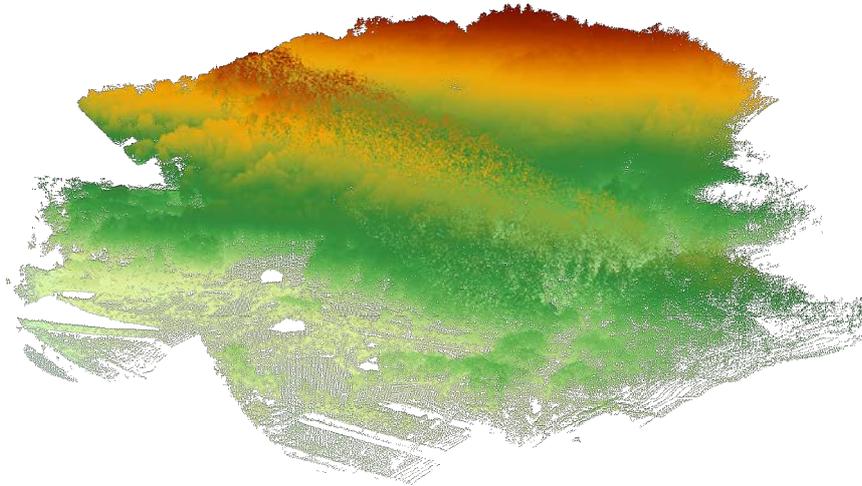


図1 研究所実習林教師データ用UAVレーザー計測結果概要（点群データ）

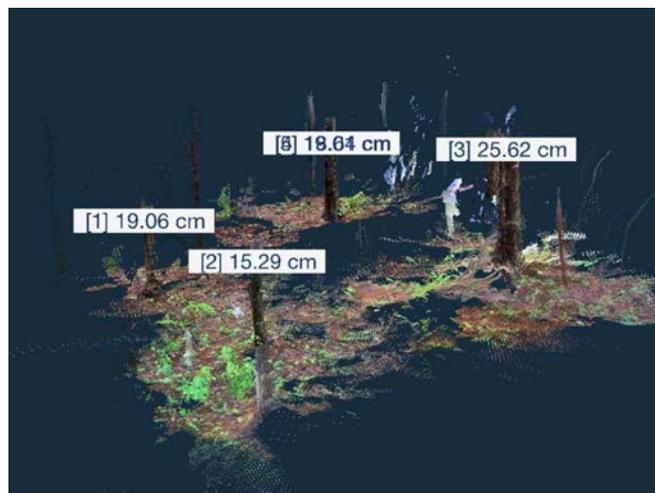


図2 タブレット端末LiDerによる標準地単木計測結果（点群データ）

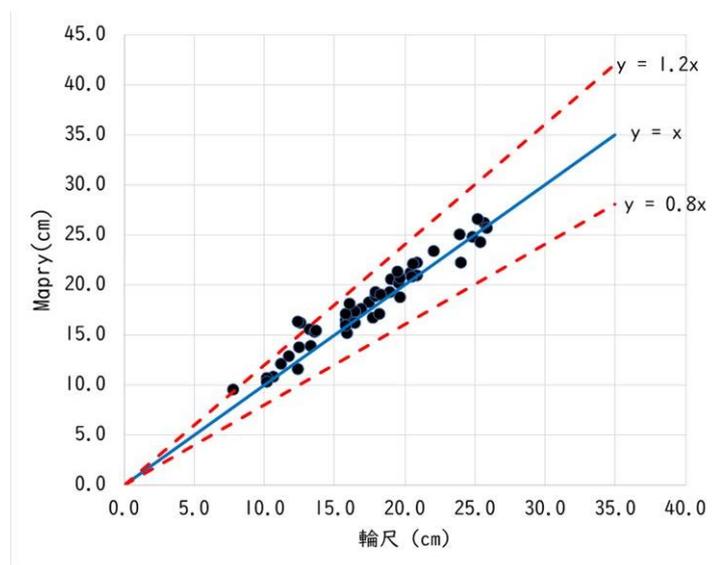


図3 Mapry林業（タブレット端末LiDer）と輪尺（手計測）の比較